

第 1 章 緒 言

緒 言

大学は学部、研究所教授会の自治を中心とした運営がなされているが、その巨大化とも相俟って組織が硬直化し、大学全体としては自らの改革を行うことが困難な状況にあることは周知である。

しかし、変動する社会から大学だけが学問の自由をとりでに外部からの批判に耳を貸さない時代は終わった。外部の批判をまともに受取り、それに対して大学の論理を説明する責任は学問の自由とも大学の自治とも矛盾するものではない。6月30日「大学審議会」が文部大臣の諮問に対する答申として「21世紀の大学像と今後の改革方策について」（中間まとめ）を公表した。その答申に前後して、東北大学にも「大学の在りかた」を考える委員会が発足し、検討が始まっている。大学が自ら過去の古色そう然とした衣を着替える時が来ている。

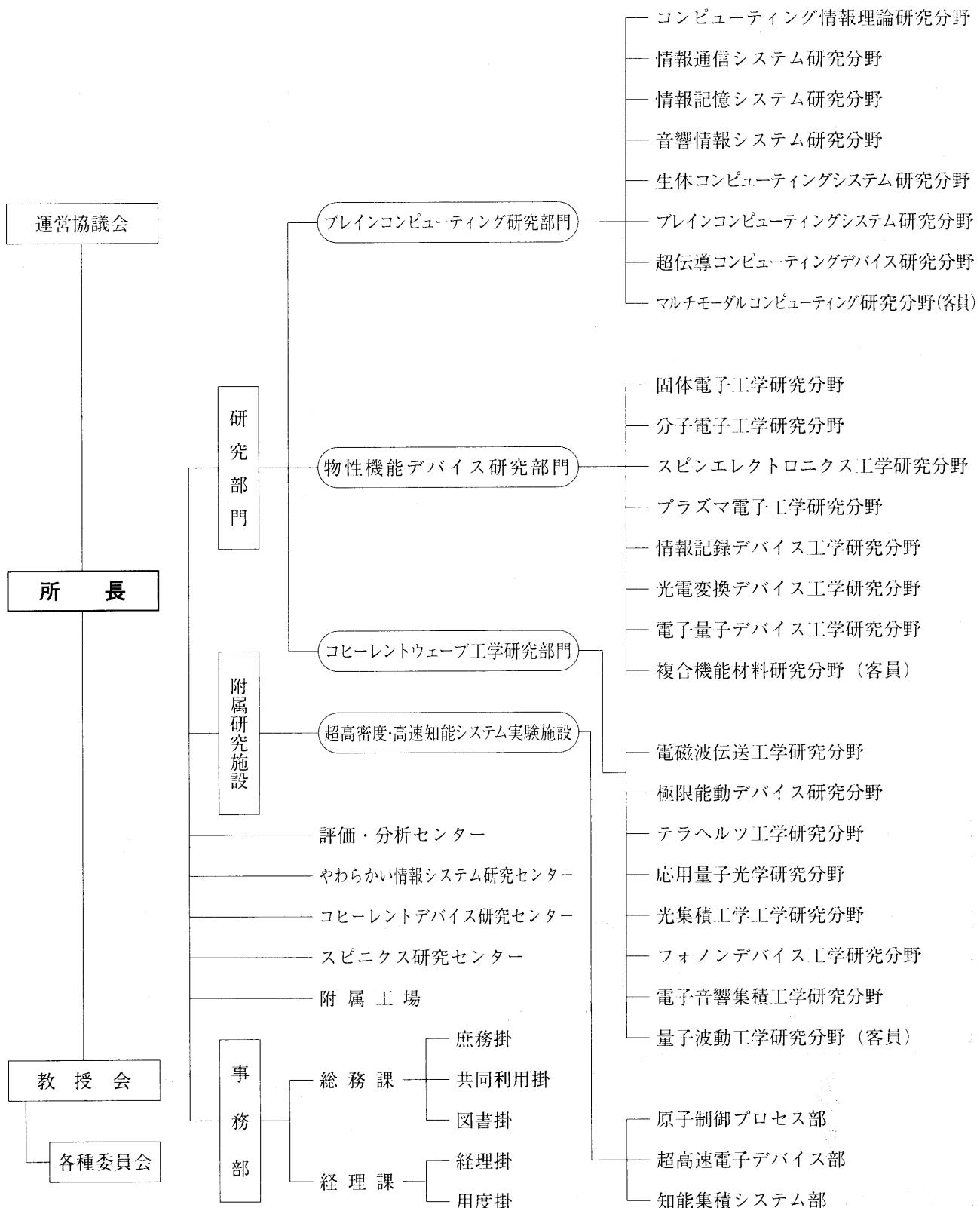
このような状況のなかで「大学の附置研究所はいかにあるべきか」と言う問題がある。附置研究所は文部省直轄の研究所、科学技術庁、通産省、郵政省等の研究所や重点化された大学院との違いを明確にしその存在意義を社会に説明する必要がある。昨年以来、当研究所においても毎月の教授会を中心議題として審議してきた。附置研究所としての特徴的運営とは何か、又、その結果としての特徴ある研究成果とは何か等について議論を行っており、本年度実施予定の外部評価の方法に反映する考えである。全国大学附置及び文部省所轄研究所長会議でも第一常置委員会で議論が行なわれているところであるが、結論は単純ではない。そのひとつには研究所の設置目的と研究所のそれ迄の伝統も極めて重要であり、一般論と研究所の個性が混在して来るからである。しかし、研究所の設置目的を実行するにあたり、大学にしかない学際性を充分に生かし将来の新しい発展を目指した先見性のある研究が求められていることは確かである。幸い、電気通信研究所には附置研究所の特徴を生かした数々の研究業績があり、又、産業界とも共同研究、産業界を含む共同プロジェクト研究が着実に増大しており現代社会の要望に応えている。

なお、又電気通信研究所の科研費は平成9年度迄の4年間、毎年約5千万円の増大があり、全国平均の約2倍の伸び率を示している。本年度は全教官の充足率は92.0%（前年度87.4%，前々年度82.8%）迄向上させることができた。充足率の違いは当然研究成果に反映するものと期待している。

電気通信研究所長
沢 田 康 次

第 2 章 組織・運営

2.1 組織図



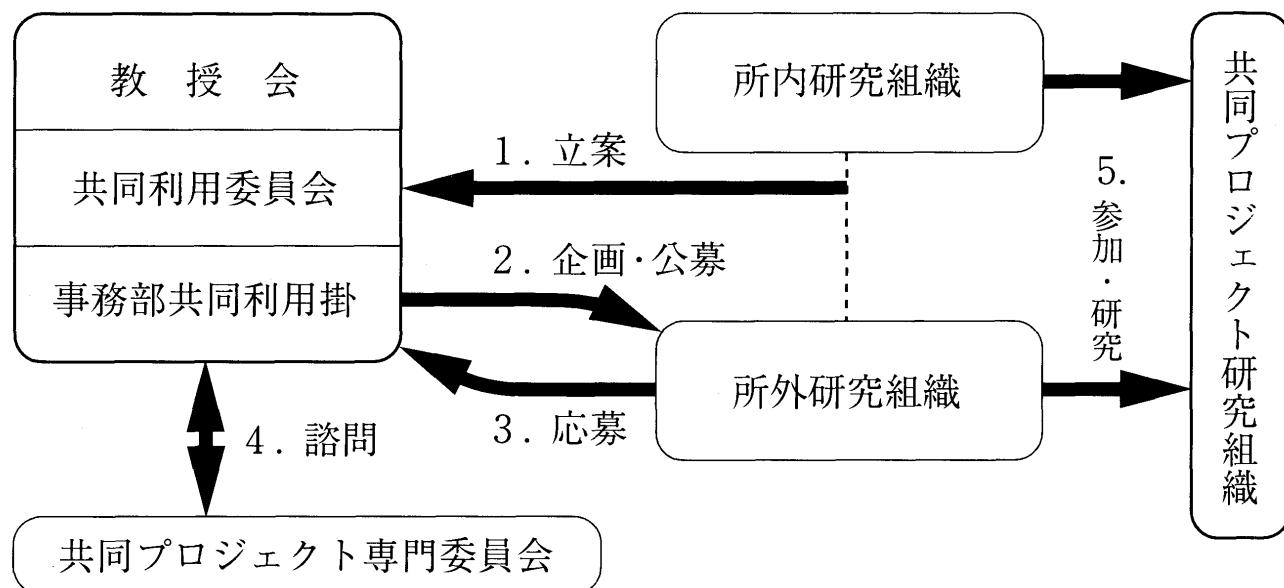
2.2 共同研究組織

本研究所は平成6年に国立大学附置の共同利用研究所に改組され、全国で唯一の情報通信に関する共同利用研究所となった。本研究所はこれまで半導体材料、デバイス、磁気記録、光通信、電磁波技術、超音波技術、音響通信、非線形物理工学、コンピュータソフトウェアなどの諸領域において数々の世界的業績を上げてきた。また、半導体プロセス技術、デバイス試作技術、ウルトラクリーン基盤技術など国内外に例を見ない技術を有していた「超微細電子回路実験施設」は改組を機として「超高密度・高速知能システム実験施設」としてさらに設備を充実して発足した。実験施設ではこれらの技術を発展させると共に大規模知能システムの先導的研究開発を目指すことになった。

本研究所の各分野・実験施設の各部の充実により、情報通信に関する研究環境が一層整備されつつある。これを背景として、本研究所の各研究分野・部の研究者は研究所の目的達成のための基礎研究に加えて、全国の情報通信の科学技術の研究に携わる研究者と有機的な連携を取りながら、本研究所を中核とする総合的な共同研究プロジェクト研究を行っている。

共同プロジェクト研究の研究組織は次のような手続きを経て構成される。まず毎年所内の研究組織が研究者の英知を集めるために所内外から広くご意見を戴き、それを基に「共同プロジェクト研究」を立案する。それを「共同利用委員会」が審査し、課題を企画する。この課題は「事務部共同利用掛」より全国の国公私立大学及び研究機関に通知され、各共同プロジェクト研究への参加者を公募する。これにより応募研究者を含めた共同プロジェクト研究組織が編成される。これを研究所内外の委員からなる「共同プロジェクト専門委員会」に諮問し、その意見を尊重して「教授会」が最終的に共同プロジェクト研究実行案が承認し、実行に移される。

運営協議会は、本研究所の「共同プロジェクト研究」に関する運営の大綱について所長の諮問に応じて審議する。



2.3 教育組織

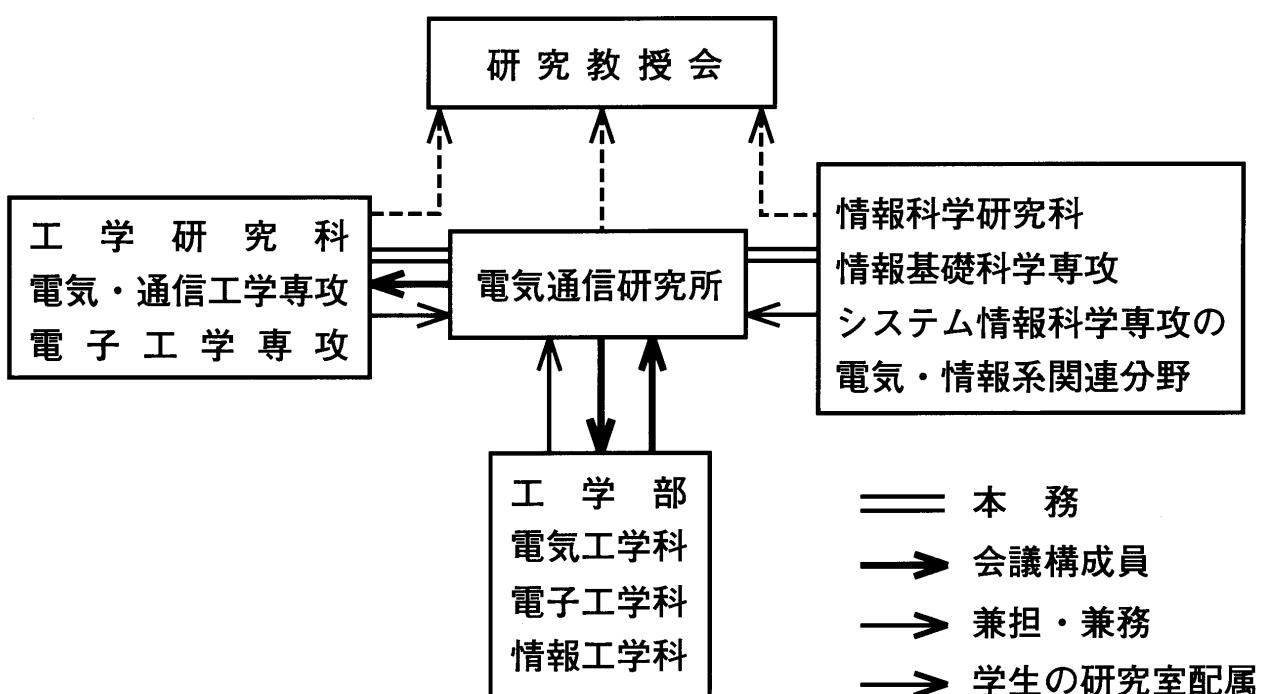
東北大学電気通信研究所（以下、通研と略称）は、発足時から設立母体である電気工学科と協力体制をとり、教育・研究の成果を挙げた。その後、通信工学科、電子工学科、情報工学専攻、情報工学科が順次設立されたが、「一体運営」の協力関係は維持された。

現在、通研と電気・情報系との間には下図に示す教育組織がある。大学院重点化に伴い、通研教官と大学院の関係は兼担から兼務へ変わり、情報科学研究科が本務の教官は工学研究科を兼担することになった。その結果、昨年度は、通研の22研究分野のうち6研究分野が工学研究科電気・通信工学専攻に、11研究分野が電子工学専攻に、1研究分野が情報科学研究科基礎情報科学専攻に、4研究分野がシステム情報科学専攻に所属し、通研で研究指導を受けた大学院学生の総数は201名、一研究室当たり平均9.1名に達した。

通研と電気・情報系学科の関係で特徴的な点は、全教官が兼務として互いに協力し合っていることである。通研の教授・助教授は全員、学部学生に対する講義を担当し、助手は実験を指導して教育に協力している。一方、電気・情報系の教官が通研兼務であるので、学部学生が通研の各研究室に配属される。学生にとって選択の幅が広がり、余裕のある研究指導が受けられる。一方、通研にとっても若い行動力は魅力があり、後継者発掘の機会も多くなる。通研が電気通信の分野で多くの成果を挙げてきた背景には、このような教育面での協力関係があった。

通研と電気・情報系の中核に、両組織の教授で構成される研究教授会がある。教授会通則に基づく会議とは別の性格の、部局を横断して形成された会議であって、教育問題など相互に関連する重要事項はここで審議される。教育上の具体的な事項の実行、運用に関しては、大学院に主任会議、電気・情報系4学科に教務委員会があり、通研からも委員が参加している。

通研は工学研究科、情報科学研究科の関連分野と協力体制をとり、研究のみならず教育でもCOEとしての責務をはたしている。



第 3 章 研究活動

3.1 ブレインコンピューティング研究部門の目標と成果

自分を取り巻く外部の環境を瞬時に認識し、それに即応するための制御情報を作り出す生体の機能の源泉は、脳に存在する。その脳における情報処理を担っているのは、神経回路網を構成する神経細胞の電気化学的活動であり、その伝搬は、電気通信の一環であるとみなすことができる。

本部門の目標の第一は、脳の機能を模したブレインコンピューティングに関する研究である。すなわち、脳で行われる高度に知的な情報処理である概念形成、言語処理、判断、推論等の機能を、脳の神経回路や生体の超並列分散システムを参考に、理論的に体系化し、得られた成果を基に、脳と同等な機能をもつ高次情報処理システムの実現を目指すものである。目標の第二は、ヒューマンインターフェイスに関する研究である。高度情報化社会においては、誰もが、何時でも、どこからでも、情報を容易に発・受信できるシステムの実現が求められている。特に、高齢化社会において、感覚機能の衰えた高齢者やハンディキャップをもつ社会的弱者にも、容易に参加できるシステムの実現が求められており、目的を与えるだけでシステムが作動するようなヒューマンインターフェイスの実現が望まれる。

第一の目標に対するアプローチを主体とする研究分野は、生体コンピューティングシステム、ブレインコンピューティングシステム、超伝導コンピューティングデバイス、情報記憶システム研究分野であり、第二の目標に対するアプローチを主とする研究分野は、コンピューティング情報理論、情報通信システム、音響情報システム、マルチモーダルコンピューティングの各研究分野である。以下、具体的なテーマごとに、研究の概要を述べる。

Flexible Computingに基づく情報通信システムの研究 人間とコンピュータが共生する情報システムへ向けて、次世代の情報処理の基本となる「Flexible Computing」の概念を提唱し、それに基づく「やわらかいネットワーク」の構成論の確立を目指した研究である。その基本となるエージェント指向コンピューティング基盤として、ADIPS97フレームワークを開発し、それを用いてやわらかいネットワークのプロトタイプである「やわらかいビデオ会議システム」を試作し、その有効性を確認した。また、共生空間と呼ばれるネットワーク社会のモデルとして試作された複数のエージェントからなる機能層の改良を行い、オフィスワークを対象としたプロトタイプシステムにより、その効果を確認した。さらに、次世代分散システムのやわらかい設計手法の開発を目指して、リアルタイム性の高い制御用LANを対象としたプロトコル方式、遠隔共同作業支援方式、高品質マルチメディア通信サービスのためのルーティング方式等の提案と実証を行った。

聴覚情報処理過程の解明 情報通信システムにおいては、情報の発・受信の担い手としての人間における情報処理の仕組を明らかにすることが不可欠であり、聴覚情報処理過程は、快適な通信システム実現のための重要なモードの一つである。本分野の目標は、聴覚系の情報処理過程を明らかにすると共に、その知見を応用して、高度な音響通信システムや快適な音環境を実現することである。本年度は、動的な変化音と音色の多次元知覚空間との関係について重点的に研究を行い、聴覚系には時間包絡の立上りを強調する動特性があると仮定することで実験結果が説明できることを、モデルにより明らかにした。

三次元音場の制御と音像知覚過程の研究 音源から聴取者までの音響伝達関数を、キルヒホッフの積分定理に基づいて精密に制御するため、空間を、音源から聴取者を囲む仮想球面までと、この球面から聴取者の耳もとまでの2つに分割することにより、聴取者の移動に伴う伝達関数の変化に追随できるシステムが実現できることを示し、試作システムを、国際学会等においてデモンストレーションに供した。

快適な音環境を目指して 高齢者向けの次世代デジタル補聴器のための両耳ラウドネス補償アルゴリズムの開発、壁面材料の特性を考慮に入れた三次元音場の精密推定のための基礎研究などを進展させた。

無限定テクノロジーの設計原理の解明とその応用 外部環境が複雑な時空間構造をもち、その変化が予測不可能な場合、生命体がそのような環境を認識し、運動を制御することは、定義不可能な無限定問題である。脳は、環境が予測不可能な変化を示す場合でも、柔軟に対処する。これは、脳が、1)それ自身無限定システムで、要素の性質と要素間の関係が状況に応じて決まる、2)自己言及的であり、環境との間に調和的関係を作り出すことができる、3)認識を行うためにAbductionが必要であり、情報は生成的である、という性質をもつためであると考えられる。本年度は、「真性粘菌変形体の外界認識と行動」を研究し、位相

勾配を形成する結合振動子系に、振動子自身が生成する「振動子の内部モデル」を加え、両者の比較を行うことで位相勾配を濃度勾配に変換するメカニズムを有するモデルを提案することにより、自己言及性を導入した。また、認識問題として、ナメクジにおける記憶の生成の研究から、下等動物にAbductionに相当する仮説生成能力があることを明らかにした。さらに、前年度に引き継いで、実時間で目的と環境を調和させるような歩行パターンをシステムが自ら作り出す運動制御の研究を行った。

生命状態の自己組織の研究 生物における生命状態を数理的に定義する目的を持って、腔腸動物ヒドラの構成細胞を解離し、その無秩序集合体から個体が生成される過程の研究を行っている。無秩序状態から秩序的集団運動への遷移と、それに伴う神経ネットワークの再生の定量的な検証に加えて、本年度は、細胞のランダムな動きとコヒーレントな動きの存在が、細胞の再配列に果す役割を確認できた。

非線形非平衡系の普偏法則の研究 自然現象や生命現象を含む複雑系における構造と情報の自己組織に関する研究で、本年度は、水銀の熱対流系の実験から、乱流中の普遍構造と転移を、静電場によって長距離的に相互作用する回転子系の実験から、非局所相互作用する結合振動子系の性質を考察し、また、フラクタルパターンを特徴づけるエントロピースペクトラムの概念を提案して、その有効性を示した。

ブレインコンピュータの研究 フラクタルなシナプス構造をもつ階層型ニューラルネットワークモデルを構成して、その有用性を示し、多数のエージェントによって構成される系の群機能の効率を検討した。さらに、多層フィード・フォワード型ニューラルネットワークの学習過程などの研究を継続している。

超伝導を利用した高速・低消費電力・超高感度電子デバイスとシステムの研究 人間の脳の優れた情報処理能力を実現するのに必要な、大規模で高密度の集積回路を実現するには、高速で発熱量の少ない素子が求められる。また、脳の神経活動を高精度に計測する必要がある。超伝導体を利用した演算デバイスは、これらの要求に適しており、人工脳ともいべき大規模な超伝導コンピュータシステムを目指した超高速・低消費電力の超伝導演算デバイスおよび人工神経回路の研究を行っている。本年度は、シリコン基板上に作製した高温超伝導粒界型ジョセフソン素子を用いて、テラヘルツ帯までの応答特性を評価し、有望であることを見出した。また、SrTiO₃(STO)バッファ層を用いてMgO上に高温超伝導ランプ型接合の作製に成功し、その特性を評価した。さらに、ビスマス系高温超伝導体の単結晶を育成して、そのデバイス応用の可能性を評価した。

スピニックスストレージの研究とそのテラビット情報ストレージシステムへの応用 情報通信の高度ネットワーク化に伴い、音声や映像を含む多様、かつ膨大なデータを取り扱う環境が進んでいるが、現在のところ、これに対応できる唯一の手段は、磁気ストレージである。情報記憶システム研究分野では、単磁区磁性微粒子、すなわち電子スピニン群にデータを書込むという新しいスピニックスストレージの概念を導入し、垂直磁気記録によってテラバイト級の超大容量ストレージの実現を目指した研究を行っている。本年度は、磁気抵抗効果型ヘッドによる高分解能・高SN比の実現、また、垂直磁気記録システムのデジタル信号評価の研究を行い、成果を挙げた。

人間の知覚過程におけるクロスモダリティの研究 マルチモーダルコンピューティング客員研究分野では、本年度は、マルチモーダル知覚に基づく心理物理学的実験手法の研究を行った。すなわち、ラウドネスという聴覚モードの知覚と、線分の空間広がり角の知覚という視覚モードの知覚を組み合せ、両者の主観的等価点を求めることによって、ラウドネス関数が精密に測定できることを明らかにし、実験システムを構築した。また、難聴者のラウドネス関数の測定から、最小可聴値がほぼ等しい人でも、ラウドネス関数の形状は大きく変ることが明らかとなり、さらに、健聴者においても、高周波数領域では同様な現象が見られることから、健聴者の高周波数領域におけるラウドネスの知覚のメカニズムと、難聴者のラウドネス知覚のメカニズムの類似性が示唆された。

情報通信システム研究分野

「Flexible Computing」に基づいた 情報通信システムの研究

1. 分野の目標

当研究室では、1992年より、人間とコンピュータが共生する情報システムへ向けて、次世代の情報処理の基本となる「Flexible Computing」の概念を創成し提唱している。情報通信を含めこれまでの情報処理は、コンピュータに代表されるように合理性（効率、機能、経済性）を評価基準として発達してきた。その結果、富と豊かさの獲得に成功したが、環境破壊や人間喪失など失ったものも多い。これをモダン情報システムと呼ぶ。このような、モダンの限界を越える21世紀へ向けたポストモダンは何か。本研究では、ポストモダンの基本的な考え方として、「Flexible Computing」を提唱している。この概念は、モダンの長所を生かし、失ったものを取り戻し、人類と自然が調和しながら発展するための考え方であり、モダンに「共生」を加えた考え方に基づいている。ここで、共生とは、人間と機械（コンピュータ、ネットワーク、ロボット、……）がそれぞれの長所を生かしつつ、緊張と対立を含みながら協調・調和することである。

本研究の目的は、このような「Flexible Computing」に基づいた人間とコンピュータが共生する情報システムの構成論を確立することである。現在のコンピュータや情報ネットワークは、前もって決められた使い方で固定的な処理や機能のみを提供する、いわゆる「堅い」システムである。このようなシステムでは、ユーザが操作法を少しでも誤ると正しく動作しない。また、使用法を熟知した専門家を対象とし、利用者層が限定されている。国内外で話題となっている情報ハイウェイやインターネットも堅いシステムである。本研究の目的は、上述のような現在の堅いシステムの限界に対してブレークスルーをもたらす新しい考え方として、Flexible Computingに基づいたやわらかい情報システムの基本概念を創成し、さらにこれに基づくモデルを構築し、その系統的な構成論を確立することである。具体的には、世界に先駆けてエージェント指向プログラミング環境を開発し、これを用いてネットワーク上に、人間と秘書エージェントなど多彩なエージェントが共生する空間（サイバースペース）を構築する。このようなシステムで

は、ユーザの利用法が変化あるいは誤った場合、また故障などによりシステム内に変化が生じた場合でも、システム自身が自律的に変化しユーザが必要とする環境を提供することができる。このような人間指向のやわらかい情報システムの構成問題は次の3つの副問題に分割でき、それぞれについて今年度の成果を要約する。

2. 過去1年間（97年4月から98年3月まで）の主な成果

(1) やわらかい情報システム

(a) エージェント指向コンピューティング基盤

やわらかい情報システムは、ネットワーク環境上で動作するエージェント指向システムとして実現される。その設計開発を効果的に支援するために、ADIPS97フレームワークと呼ぶエージェント指向システム開発環境（エージェント指向コンピューティング基盤）を開発した。

(b) やわらかいネットワーク

ネットワーク環境上に配置された種々のエージェントが協調・連携して動作することにより、利用者要求や動作環境の変化を検出し、そのネットワーク上で稼働するアプリケーションの特性を自律的に調整する機能を実際に検証するために、ADIPS97フレームワークを用いて、やわらかいネットワークのプロトタイプである「やわらかいビデオ会議システム」を試作し、その有効性を確認した。

(c) 共生空間

やわらかいネットワークをベースとして構築されるネットワーク社会のモデルを共生空間と呼んでいるが、今期は、その基盤として試作された共生空間基盤と呼ぶ複数のエージェントからなる機能層の改良を行い、オフィスワークを対象としたプロトタイプシステムにより、その効果を確認した。やわらかい情報システムに関する研究の一部は、今期まで、情報処理開発協会（通産省）の「創造的ソフトウェア開発」のプロジェクト研究としての支援を受け、当初の目標を達成して完了した。本研究の成果は、学会での研究発表やマスメディア等を通して、国内外で高く評価されている。

(2)次世代分散システムのやわらかい設計手法

高度なネットワークシステムや分散システムの設計開発を効果的に支援するための研究を行った。具体的には、リアルタイム性の高い制御用LANを対象としたプロトコル方式、遠隔共同作業支援方式、或いは、高品質マルチメディア通信サービスのためのルーティング方式等の提案と実証を行った。

(3)マルチメディアヒューマンインタフェース

やわらかい情報システムとその利用者（人間）との高度なインタフェースを実現するために、個人向けシステムのヒューマンインタフェースの設計法に関する研究を行い、過去の設計事例を活用して、個々の利用者の要求に即したヒューマンインタフェースを効果的に支援する手法を提案し、プロトタイプの試作を通してその有効性を確認した。

(4)受賞、国際会議など

(a)電子情報通信学会・情報ネットワーク研究賞
平成9年4月 (b) 平成8年度・情報処理学会・論文賞
平成9年5月(c)IEEE Fellow 平成9年11月 (d)12th ICOIN (12th International Conference on Information Networking) 最優秀論文賞 平成10年1月 (e)研究成果の報道:テレビ放送（NHK（2回）、TBC）や新聞（朝日、読売、日経、河北など）で研究成果が紹介された。(f)国際会議の主催 1) General Chairman, 1997 IFIP TC6/WG6.1 Joint International Conference on Formal Description Techniques for Distributed Systems and Communication Protocols, and Protocol Specification, Testing and Verification (FORTE/PSTV'97), 1997.11 2) General Chairman 12th International Conference on Information Networking (ICOIN-12), 1998.1

3. 職員名

教 授：白鳥 則郎（1993年より）

助教授：木下 哲男（1996年より）

助 手：菅沼 拓夫、杉浦茂樹

秘 書：八巻美智子

4. 教授のプロフィール

1946年 宮城県生れ

1977年 東北大学大学院博士課程修了

1984年 東北大学助教授（電気通信研究所）

1990年 東北大学教授（工学部情報工学科）

1993年 東北大学教授（電気通信研究所）

1997年 IEEE Fellow

昭和47年より現在まで、主としてコンピュータネットワークの研究に従事。初期はネットワーク

の性能評価を行い、昭和52年よりプロトコルの仕様化環境、昭和60年より通信ソフトウェアやヒューマンインターフェースの研究に従事。平成4年に人間とコンピュータが共生する情報システムへ向けて「Flexible Computing」の概念を提唱し、爾来その研究開発を中心に推進している。

5. 過去1年間（97年4月から98年3月まで）の発表論文

- 1) Chotipat Pornavalai, Goutam Chakraborty, Norio Shiratori, QoS Based Routing Algorithm in Integrated Services Packet Networks, Technical Report, 97-1-006, pp.1 - 24 , April 22, 1997
- 2) 菅沼拓夫, 藤田茂, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, マルチエージェントに基づくやわらかいビデオ会議システムの設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.6, pp.1214-1224, 1997.6
- 3) Bhed Bahadur Bista, Kaoru Takahashi, Tetsuo Kinoshita and Norio Shiratori, Making Changes in Formal Protocol Specifications, IEICE Trans. Commun., vol.E80-B, No.6, pp.974-978, June 1997
- 4) Naohito Ogasawara, Kiwamu Sato, Hiroshi Nunokawa and Norio Shiratori, Task Metaphor in metaphor network, 7th International Conf.on Human-Computer Interaction, pp.9, August 24-29, 1997
- 5) Chotipat Pornavalai, Goutam Chakraborty and Norio Shiratori, QoS Routing Algorithms for Pre-Computed Paths, Proc. of the Sixth Inter. Conf.on Computer Communications and Networks (ICCCN '97), pp. 248-251, September 22-25, 1997
- 6) Chotipat Pornavalai, Goutam Chakraborty and Norio Shiratori, A New Distributed QoS Routing Algorithm for Supporting Real-Time Communication in High-Speed Networks, IEICE Trans. Commun., vol.E80-B, No.10, pp.1493-1501, Oct 1997
- 7) Chotipat Pornavalai, Goutam Chakraborty and Norio Shiratori, Routing with QoS Constraints in Integrated Services, Proc. of the IEEE Conf.on Protocols for Multimedia Systems and Multimedia Networking (MmNet'97) , pp. 152- 161, Nov 24-27, 1997
- 8) Norio Shiratori(基調講演), Post Modern Distributed Systems, 1997 International Conf.on Parallel and Distributed Systems (ICPADS'97) , December 10-13, 1997
- 9) Takuji Karahashi, Makoto Katukura, Takuo Suganuma, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita,

Norio Shiratori, Extension of Cooperation Protocol for a Flexible Videoconference System, IEEE Inter. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.34- 37, Jan 21-23,1998

10) Makoto Katukura, Takuji Karahashi, Takuo Suganuma, Kenji Sugawara, Tetsuo Kinoshita and Norio Shiratori, Development of Flexible Network and Flexible Video Conferencing System, IEEE Inter. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.52 - 57, Jan. 21-23, 1998

11) Goutam Chakraborty, Chotipat Pornavalai, Debasish Chakraborty and Norio Shiratori, Routing In Multimedia Communication Proc. of the Inter. Conf.on Computers and Devices for Communication (CODEC-98), pp. 245- 250, 1998 (招待講演)

12) Tatsuhiko Sugiyama, Susumu Konno, Tetsuo Kinoshita, Kenji Sugawara, Norio Shiratori, Interaction Techniques for Visual Programming based Design of the 3D Object' s Behaviors and Its Implementation, IEEE Inter. Conf. on Information Networking (ICOIN-12)

pp.722 -725 , January 21-23, 1998

13) Bhed Bahadur Bista, Kaoru Takahashi,Tetsuo Kinoshita, Norio Shiratori, A Flexible Approach for Extension of Communication Protocols, IEEE Inter. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.64 -69, January 21-23, 1998

14) Takashi Katoh, Hideki Hara,,Tetsuo Kinoshita, Kenji Sugawara, Norio Shiratori, Behavior of Agents Based on Mental states, IEEE Inter. Conf. on Information Networking (ICOIN-12) , pp.199 - 204, January 21-23, 1998

6. 著書

- 1) ソフトウェア工学の基礎知識, 昭晃堂 (1997)
白鳥則郎, 高橋 薫, 神長裕明
- 2) コンピュータネットワーク, オーム社 (1997)
白鳥則郎, 水野忠則, 高橋 修, 佐藤文明
- 3) Formal Description Techniques and Protocol Specification,Testing and Verification (FORTE X / PSTV XVII'97) CHAPMAN&HALL (1997) , Tadanori Mizuno, Norio Shiratori, Teruo Higashino and Atsushi Togashi
- 4) 情報ネットワーク社会の未来－サイバー社会を創る知的情報技術－(株)富士通経営研修所 (1997) 寺野隆雄, 白鳥則郎, 他16名

音響情報システム研究分野

高次音響情報通信システムの実現を目指して

○分野の目標

通信システムでは、情報の発信と受容の担い手として、人間は大きな役割を担っている。したがって、誰もがどんな環境でも快適に通信できるシステムを作り上げるために、人間における情報処理の仕組を明らかにすることが不可欠である。人間の知覚情報処理系のなかで、聴覚モードは重要な情報処理過程の一つである。通信路の両端に人間がいる場合には、聴覚はとりわけ大きな役割を果している。

本分野の研究目標は、聴覚系の情報処理過程を明らかにすると共に、その知見を応用して高度な音響通信システムや快適な音環境を実現することである。

○平成9年度の研究成果

1. 聴覚情報処理過程の解明

聴覚系における情報処理過程の研究では、音の大きさ（ラウドネス）や、音の高さ（ピッチ）、音色、両耳相互作用による音像定位などの聴覚による知覚が、音のどのような物理特性をどのように情報処理した結果に基づいているのかを明らかにしようとするものである。本年度は、音色知覚過程、ラウドネス知覚と三次元音像定位知覚過程について重点的に研究を行った。

・音色知覚過程の研究

音色知覚過程の研究では、本年度は、動的な変化音と音色の多次元知覚空間との関係について重点的に研究を行った。この研究では、時間包絡の体系的な相違が音色に及ぼす影響を調べ、その影響を説明する聴覚モデルの構築を通じて、聴覚系の動特性を検討した。

その結果、時間包絡の相違が、そのまま音色相違として現れるとは限らないことを、聴取実験により示した。また、この現象を、聴覚系に時間包絡の立ち上がりを強調する動特性があると仮定することで説明できることをモデルにより示した。さらに、振幅変調音のパラメータの一つである変調度と音色との対応には、変調フィルタバンクが関与している可能性を示した。

・ラウドネス知覚の研究

ラウドネスは、ピッチ、音色と並んで聴覚の基

礎的な知覚要因である。平成9年度は、特に、最小可聴域値から40dB程度の音圧レベルまでの、低レベル域におけるラウドネス知覚実験を行い、このデータに基づいて、音圧レベルとラウドネスの関係を記述するラウドネス関数の精密なモデルを構築した。

本研究は、音響標準特性として重要な、等ラウドネス知覚特性の現行国際標準（ISO 226）を全面的に見直すための国際共同研究の一環として行っているものである。

・三次元音像知覚過程の解明

本研究では、特に、人間が音像を判断するための物理的情報を統合的に包含していると考えられる頭部音響伝達関数に着目して考察を行った。音像定位の要因に関しては、頭部音響伝達関数を用いて距離定位をモデル化することにより、近距離の距離定位において頭部音響伝達関数が重要な手がかりになっていることが明らかになりつつある。

また、三次元音像知覚における聴取者の移動に伴う伝達関数の動的な変化の役割りを明らかにするため、聴取者の移動に追随して伝達関数を変化することが可能な実時間デジタル信号処理システムの構築を行った。

2. 快適な音環境の実現を目指して

高度な音響通信システムを開発しても、それを用いる音環境が劣悪では意味がない。そこで本研究分野においては、人間の音知覚に関する知見とデジタル信号処理技術に基づいて、快適な音環境を実現するため研究にも取り組んでいる。

・デジタル補聴器の研究

高性能で快適な補聴器システムの実現は、高齢化社会の進展による老人性難聴者の急増を見越したとき、極めて重要な課題である。我々が、現在実用化を目指しているデジタル補聴システムは、本学の耳鼻咽喉科との共同研究によるものである。この補聴システムでは、入力信号を実時間で周波数分析し、ある時点のある周波数における出力が健聴者と同じ大きさ（ラウドネス）になるように利得を決定することによって、出力音を常に最適なスペクトルとレベルに保つというものである。このアルゴリズムに基づく補聴器は、平成

7年から実際に市販されるに至っている。

本年度は、次世代のデジタル補聴器への適用を目指し、両耳ラウドネス補償アルゴリズム開発のための実時間システムの構築と、ラウドネス補償アルゴリズムを発展させて、更に音色までのレベルで補償を行うためのアルゴリズムの基礎検討を行った。

・三次元音場の精密数値解析と制御手法の研究

音楽ホールやスタジオ内のように高質な音場における音情報を、臨場感と精密に伝送することができれば、コンサートホールなどの音環境を重視する室内空間の音響特性の設計支援など、その工学的有効性は極めて高い。そのためには、音場の解析と制御手法の研究が極めて重要である。このような立場から、室内のインパルス応答を高精度に推定する手法について研究を進めた。特に、壁面の境界条件が室内のインパルス応答の推定精度に及ぼす影響について考察を行い、多孔質吸音材料などで構成される壁面を含む室内の音場を精密に解析するためには、材料内部への音の伝搬を考慮することが必要であることを示した。

・音環境の評価に関する研究

今年度は、環境音の知覚を調べることを目的として、従来の研究で用いられてきた「音色を表現する評価語」に加え、「音を聞いた際に人がいだく感情を表現する評価語」と「音の持つ情報に関する評価語」を用いた評価実験を行った。実験結果を因子分析した結果、第一～第三因子として、「美的」、「明るさ」、「量的」という音色の3因子に相当する因子が得られた。また、これらとは独立に、「音の定位情報に関する因子」、「音源情報に関する因子」、「音の存在意義に関する因子」、「懐古・郷愁因子」が得られた。更に、人が音を聞いた際にいだく感情は、音の美的要因と相関があることが分かった。

○研究テーマ

1. 聴覚における音色知覚過程の研究
2. 等ラウドネスレベル知覚の研究
3. 三次元音像知覚過程の解明と制御
4. 聴覚のモデル化とその計算論に関する研究
5. 三次元音場の精密数値解析と制御手法
6. 音環境の心理的影響の研究
7. デジタル補聴器システムの研究
8. 能動制御による音場制御の研究

○職 員

- 教授 曽根 敏夫 (1981年より)
助教授 鈴木 陽一 (1989年より)

助教授 小澤 賢司 (1998年より)
助手 高根 昭一
技官 斎藤 文孝

○曾根敏夫プロフィール

1958年3月東北大学工学部電気工学科卒、1963年3月同大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。東北大学工学部助手、同助教授、同教授を経て現職。大学院当時から、人間の聴覚を対象とする音響学の研究に従事。音響機器、ホールの音響特性の主観評価と物理特性の関連、聴覚における情報処理過程、騒音の評価と低減策、騒音中における音信号の伝送、音像の定位、デジタル補聴器、ラウドネス特性等の研究に従事。平成6年4月から平成10年3月まで大型計算機センター長を務めた。

○平成9年度の主な発表論文

1. T. Harima, S. Takane, Y. Suzuki and T. Sone: Localization of virtual sound image generated by two sources located on the median plane, J. Acoust. Soc. Jpn. (E), 18 (1997) 205-208.
2. H. Takeshima, Y. Suzuki, M. Kumagai, T. Sone, T. Fujimori and H. Miura: Equal-loudness levels measured with the method of constant stimuli-Equal-loudness level contours for pure tone under free-field listening conditions (II)-, J. Acoust. Soc. Jpn. (E), 18 (1997) 337-340.
3. 武藤憲司、柴山秀雄、島田一雄、鈴木陽一、曾根敏夫：ファジィ制御を用いた学習同定法のステップゲイン修正法、日本音響学会誌、53 (1997) 941-948.
4. S. Takane, T. Miyajima, Y. Yamada, D. Arai, Y. Suzuki and T. Sone: An auditory display based on virtual sphere model, Proc. ASVA 97, (1997) 379-384.
5. T. Sone and F. Saito: Role of regional governments under the new Basic Environment Law in Japan, Proc. Inter-Noise 97, (1997) 1709-1712.
6. Y. Suzuki, H. Hidaka, T. Kawase, S. Takahashi, K. Ozawa, M. Ohashi, T. Sone and T. Takasaka: A hearing aid based on narrow-band-loudness compensation principle and its clinical evaluation, Proc. International Conference on new frontiers in biomechanical engineering, (1997) 171-174.
7. Y. Suzuki and T. Sone: Perceptual cues in three dimensional sound localization (Invited), Proc. 1997 Annual Meeting of the Acoustical Society of Korea, (1997) 9-22.

生体コンピューティングシステム研究分野

無限定テクノロジーの設計原理の解明とその応用

近代科学の成功は、因果律と自他分離の記述によるところが大きい。しかしこの方法論は全ての自然現象に成り立つわけではない。もし、生命システムにおける認識や運動の制御が自他分離で記述可能であるとすれば、認識や運動制御が観察者がシステムの外から観ることで理解できるということになる。しかし対象である生命体が認識したかどうかは、システムの外から観測しただけでは知ることは出来ない。系をとりまく環境が複雑な時空間構造を持ち、かつその変化が予測不可能な場合、生命システムがこの様な環境を認識したりそこで運動を制御することは定義不可能な無限定問題である。つまり、環境の複雑さを全て数え上げて限定すると言う従来のやり方は、予測不可能な変化ということから原理的に不可能である。

脳が無限定問題に対処出来るとすれば、脳は次のような必要条件を有しなければならない。

1) システム自身は無限定でなくてはならない。

Ashbyの必要多様度の法則があって、複雑に変化する環境に対処するにはシステムは外界を上回る複雑性を持たなくてはならない。そのためにはシステムの性質を予め規定しておく方法では外界の複雑性に対処できないので、要素の性質と要素間の関係が予め決まっているようなシステムではこの要求を満足することは出来ない。要素の性質と要素間の関係が状況に応じて決まるようなシステムを無限定システムという。

2) システムは自己言及システムでなければならぬ。

システムは環境との間に適切な関係を作り出すと言う能動性を持っていなければならない。これをシステムの自律性と言い、自己組織現象や現在の複雑系の研究と異なっている点である。自律的に適切な関係を作ると言うことは、無限定なシステムを環境に応じて限定すると言うことであるから、要素と要素間の性質を決定する情報を自ら獲得することが必要になる。通常生命システムと環境の間でやり取りされる情報は、それ自身曖昧性や不完全性が含まれており、限定するのに十分な情報は得られない。無限定問題を限定するには拘束条件が必要で、これまでの科学の方法論であればシステムの外部から人間が拘束条件を与えるこ

となる。生命システムが自律性を持つということは、拘束条件を自ら作り出すことによって無限定を限定することを意味する。これは生命システムにおける情報処理は自他分離の記述法が適用できることを意味しており、拘束条件を作り出すためには自らが判断する基準、つまり、自己言及性を有することである。従って、生命システムの目的を作り出すためにはシステム自身が自己言及的であることはもちろん、その目的の下でシステムと環境との間に調和的関係を作り出すためにはシステムを構成する要素自身もまた自己言及的であることが必要となる。

3) 認識を行うにはシステムはAbductionが出来なくてはならない。

近代科学の論理はself-evidentな公理系を用いて演繹(deduction)と帰納(induction)を用いて展開される。しかしながら公理系の枠そのものは人間が外から与えるもので、公理系自身に意味をつける機構が入っているわけではない。Top downとBottom upだけではいわゆる解釈学的悪循環が生じる。これを避けるには仮設発想が必要で、これをAbductionと言う。

つまり、生命システムの場合は、情報は存在するものではなくて生成的なものとして取り扱う必要があるということである。

この方針の下に行なった研究に「真性粘菌変形体の外界認識と行動」がある。粘菌は最も下等な真核生物であり、環境の変化に応じて粘菌の形態を変化させることの出来る生活環を持っている。ここで扱うのは粘菌変形体と呼ばれる多核单細胞の時期の粘菌である。これは自然界においてはその面積が数cm²から栄養状態が良ければ数m²にも及ぶ場合があり、極めて複雑な環境下においても個体として協調的な行動をすることが出来る。行動中は時々刻々粘菌はその形を変えているので、全体と部分の位置関係は時々刻々変化することになる。特に分化した組織である神経等を持たない粘菌が「どのようにして」全体として統一された行動をとりうるのかが問題である。

ここでは位相勾配を形成する結合振動子系に、振動子自身が生成する「振動子の内部モデル」を加え、両者の比較を行うことで、位相勾配を濃度

勾配（＝位置情報）に変換するメカニズムを実現するモデルを提案した。本モデルでは振動子XとX自身が生成するRとの比較によって位相のラプラスianを評価した。つまり、システムはXの振幅の評価基準であるRをシステム自身が生成することになるので、自分自身を評価基準（reference）とする自己言及（self-reference）性を導入したことに相当する。これは真性粘菌変形体の立場から環境を認識し、自ら行動する現象を説明したことになる。これまで自己組織の研究は全体と個の関係を研究してきた。自律システムはそれに加えて内部と外部との関係を研究することになる。そもそも「自律的」であるということの本質は自分で自分を制御できるということである。それは評価基準そのものを自ら生成して参照する、すなわち自己言及を行うことにはかならない。この方法論は生物の発生や再生においても位置情報は本質的であると指摘されてきたが、この位置情報がどのようにして形成されるのかという問題への適用が期待出来る。

認識問題としては「下等動物の記憶の生成」機構の研究を行った。粘菌の場合は記憶が存在しないので、現在とその直前の状態を自己言及的に処理をするが、より高等な生物は経験を基により正確な情報を処理することが可能になっている。記憶を用いる方法は、無限定問題を解く際に自分が保有している記憶を用いるというより高次の自己言及性であることが出来る。下等動物であるナメクジは数十万の神経細胞からなる脳神経説を有し、味と匂いの連合学習が可能で、しかも1回の経験で記憶することが可能である。また1つの記憶と関連して2次の学習が可能である。行動学的な解析はAbductionに相当する仮設生成能力があることが明らかになり、その仮設を自己の記憶を基に照合し、判断することが出来ることが判明した。これは従来の情報システムがKnowledge Aquisition Bottle Neckといわれる問題を抱えていることに比べると、自己に意味のある匂いを順次獲得していくことが出来ると言う意味で興味のある問題である。本年度はこの記憶獲得の機構を明らかにするために、生理学的な実験と解剖学的な研究を詳細に解析した。このことにより情報生成の機構の仮設を提案することができた。さらにこの機構について詳しく研究を行っている。記憶をシステム論的に論じたモデルは皆無であると言つて良いのでこの研究はその意味で重要である。

さらに、前年度からの継続として実時間で目的と環境を調和させるような歩行パターンをシステムが自ら作り出すことが出来る運動制御の研究を

行った。さらに論理的に体系化を図ることにより、自律分散システムの新しい制御論として発展させた。この方法論を電力システムなど大規模でかつ予測できないような変化をするシステムをリアルタイムで制御する方法論としてその応用を図っている。

職 員

教 授 矢野 雅文（1992年より）
助 手 牧野 悅也
助 手 坂本 一寛
助 手 鈴木 章夫

研究テーマ

1. 視覚認識における図と地の分離の研究
2. 記憶の生成とその時空間的発展のメカニズム
3. 運動パターンの自律生成の研究
4. コンテキストに依存する神経回路の役割の研究
5. 不特定話者の音声認識の研究

＜矢野雅文；福岡県久留米市生まれ、九州大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学、学術振興会奨励研究員、東京大学助手、講師、助教授を経て1992年より現職。物としての生物を研究することより、「こと」としての生命現象に興味がある。その究極は脳における情報生成にあると考え、通研に移ったのを機として本格的に脳の研究を開始する。チャレンジングなテーマゆえに時間も掛かると思われるが、腰を据えて取り組む予定。将来の情報システムの基礎を作りたい。＞

主な研究発表

1. Removal after addition of NO-generating agents and 8-bromo-cyclic GMP causes morphological change of cultured cerebellar astrocytes: a new mode of NO action, A. Tomita, S. Yoshida, M. Yano, Y. Kirino, S. Kawahara and H. Shimizu, Brain Res. 744, 344-346 (1997)
2. An Insect Robot Controlled by Emergence of Gait Patterns., Kazushi Akimoto, Shigemichi Watanabe, Yoshinari Makino and Masafumi Yano, Artificial Life and Robot 1, (1998) (in press)
3. A Model of Organization of Size Invariant Positional Information in Taxis of Physarum Plasmodium, Haruki Miura & Masafumi Yano, Progress of Theoretical Physics (in press)

ブレインコンピューティングシステム研究分野

脳の情報処理機構の解明とブレインコンピューティング アーキテクチャの構築を目指して

分野の目標：

沢田研究室では、生体を含めて自然界に形成される構造の自己組織機構とその情報生成、情報処理機構、その延長としての生命状態の物理数学的理論の枠組みの構築、及び、脳の知的情報処理機構の構成論的解明を目指している。非線形数理と生物に関する理解なしには、脳機能の解明は不可能である。

過去1年間の主な成果：

過去1年間の主な成果：本研究室の研究分野は、主として3つに分けることができる。

[I] ブレインコンピュータ

- 1) フラクタルなシナプス結合を持つ階層型ニューラルネットワークモデルを構成し、ソナーデータの分類問題についてその汎化能力を評価した。ランダム結合に較べフラクタル結合なネットワークは汎化能力に優れており、効率を犠牲にすることなくニューラルネットワークの結合数を減じられる可能性を示した。
- 2) 多数の相互作用するエージェントによって構成される系の群機能を解析し、パック収集のタスクについて統計的手法によってその効率を検討した。
- 3) 循環的で非対称な結合を持つニューラルネットワークモデルにおけるリミットサイクルの安定性を解析し、時系列学習と時系列生成への応用方法を提案した。
- 4) 砂時計型と呼ばれる多層フィード・フォワード型ニューラルネットワークにおいて、多様なパターン入力をバックプロパゲーション学習させ、パターンの特徴が極少数のニューロンで表現される過程、およびパターンの再構築過程について解析するとともに、情報の縮約と汎化に関するネットワークの性能を議論した。
- 5) ニューラルネットワークの汎化情報処理を囮碁の解法に応用し、正解手の探索が効率的に行なわれることを見いだすとともに、定量的な性能評価を行なった。
- 6) 強化学習アルゴリズムをボールの壁打ちモデルに適用し、ボール運動の予測と運動の制御を行

ない、その制御系としての特性を解析した。さらに、対戦型問題等にモデルを拡張することにより、自律的にリミットサイクルやカオスなどの多様な挙動が発現すること見いだし、系の安定性と柔軟性においてカオスの果たす役割を論じた。

7) 階層型ネットワークによってゲーム戦略を生成するモデルを構成し、「鬼ごっこ」ゲームにおける系の挙動と戦略の有効性をシミュレーションによって解析した。

[II] 生命状態の自己組織

生物における生命状態を数理的に定義する目的を持って、腔腸動物ヒドラの構成細胞を解離しその無秩序集合体から個体が再生される過程を研究している。その主たる成果は、

- 1)これまで、複雑系としての生命状態を数理的に扱う情報理論を提案しており、これにより生命状態、一個の細胞生命から多細胞生命への遷移などが説明可能になった。これを検証する目的で、ヒドラ解離細胞集合体を用いて実験を行ない、初期の無秩序状態から、秩序的集団運動状態への遷移、また同時期におこる神経ネットワークの再生を定量的に検証してきた。

97年度においては、擬二次元系においてヒドラ解離細胞集合体内の細胞の運動を定量的に計測し、細胞のランダムな動きとコヒーレントな動きの存在とそれらが細胞の再配列に果たす役割を見いだし、細胞集合体の再生過程に関する描像を与えた。

- 2)多くの生物の形態形成の基本となる上皮細胞の褶曲や反転機構について、内外反転ヒドラを用いた実験と力学モデルの両面から研究を進めている。

3)さらに、細胞性粘菌に見られる細胞分化の実験によって、生物の分化と自律協調メカニズムの解明、およびそれらの数理モデルの構築を目指している。

[III] 非線形非平衡系の普遍法則

自然現象や生命現象を含む、複雑系における構造と情報の自己組織に関して、研究を行なっている。97年度の主たる成果は、

- 1) 水銀の熱対流系の実験を広範囲のレイリー数に渡って行ない、系を特徴づける無次元数間のスケーリング関係や温度揺らぎ等の測定から得られた知見をもとに、乱流中の普遍構造と転移を議論した。
- 2) 静電場によって長距離的に相互作用する回転子系を実験及びコンピュータシミュレーションによって解析し、引き込みやカオス発生等の多様な振る舞いを見いだすとともに、非局所相互作用する結合振動子系の性質を議論した。
- 3) フラクタルなパターンは、自然界に数多くあるが、これらを特徴づける新たな指標として、エントロピースペクトラムの概念を新たに提案し、種々の自己組織モデルについてその有効性を示すとともに、拡散律速凝集モデルにおけるフラクタル次元の導出法を見いだした。

職 員

- 教 授 沢田 康次（1972年より）
 助教授 佐野 雅己（1990年より）
 助 手 早川 美徳
 助 手 早川 吉弘
 学振研究員 大内則幸
 学振研究員 Antoine Naert
 学振研究員 Jean-Paul Rieu

教授のプロフィール：

60年代に固体中のプラズマの研究からスタートし、70年代に液体ヘリウムの超流動現象や各種音波の研究、ソリトンの研究、化学反応系や流体系に代表される非線形非平衡系の散逸構造の研究を行なう。80年代は、非線形系のカオスやフラクタルの研究、生物の形態形成の研究、超伝導量子磁束による量子コンピュータの開発を経て、現在までブレインコンピュータの原理と設計の研究を行なっている。

過去1年間の発表論文、解説記事、著書 発表論文

1. J. P. Rieu, N. Kataoka, and Y. Sawada:
 “Quantitative analysis of cell motion during sorting in two-dimensional aggregates of dissociated hydra cells”, Physical Review E 57, pp924-931(1998).
2. B. Chakraborty, Y. Sawada, G. Chakraborty:
 “Layered fractal neural net: computational performance as a classifier”, Knowledge-Based Systems 10, pp177-182(1997).
3. Shinji Chiba and Yasuji Sawada:
 “Nonlinear dynamics of coupled charged rotators”,

Physical Review E 56, pp2635-2648(1997).

4. 沢田康次:
 「非線形と自己組織」、電子情報通信学会誌 80 No.11, pp1204-1208 (1997) .
5. A. Naert, T. Segawa, M. Sano:
 “High Reynolds Number Thermal Turbulence in Mercury”, Physical Review E 56, pp1302-1305 (1997).
6. Yoshinori Hayakawa and Shinichi Sato:
 “Statistical Theory of Diffusion-Limited Growth in Two Dimensions”, Physical Review Letters 79, pp95-98(1997).
7. Shinichi Sato and Yoshinori Hayakawa:
 “Entropy spectrum for distribution of history probabilities in growth models”, Physical Review E 55, pp7793-7796 (1997).

国際会議プロシードィング

8. Ken Sugawara, Masaki Sano and Ikuo Yoshihara:
 “Cooperative Acceleration of Task Performance: Analysis of Foraging Behavior by Interacting Multi-robots”, Proc. of the IPSJ International Symposium on Information Systems and Technologies for Network Society pp314-317(1997).
9. Y. Sawada, Y. Hayakawa, and H. Tokoro:
 “Subjecthood, Imagination and Creation - an Approach to the Architecture of Mind-”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp97-99.
10. T. Yamana, K. Nakajima, Y. Hayakawa, and Y. Sawada:
 “Application of chain Neural Network with a Cyclic Connection for Taking in External Cyclic Pattern”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp201-204.
11. Y. Hayakawa, M. Tomita, H. Souma, F. Ishida, and Y. Sawada:
 “Structurization for Neural Network”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp205-208.
12. N. Sasaki and Y. Sawada:
 “Neural Networks for Solving Go Games”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp241-244.
13. Y. Hayakawa, D. Suzuki, and K. Takahashi:

- “Design of an Artificial Neural Network Simulation System for Realtime Signal Processing”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp245-248.
14. S. Ochiai, M. Sano, and Y. Sawada:
“Motion Control and Prediction by Reinforcement Learning”, “Applications of Hierarchical Networks to Tag Game by Reinforcement Learning”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp249-252.
15. M. Ito, Y. Hayakawa, and Y. Sawada:
“Applications of Hierarchical Networks to Tag Game by Reinforcement Learning”, Proc. of the 2nd R. I. E. C. International Symposium on Information Processing Systems Based on the Brain Information Principles, pp253-256.

解説記事

16. 佐野雅己, 濑川武彦:
「秩序, カオス, 亂流」, 数理科学, No.418
(1998) pp22-28.

超伝導コンピューティングデバイス研究分野

超伝導を利用した高速，低消費電力， 超高感度電子デバイスとシステム

○本研究分野の目標

人間の脳の優れた情報処理能力を人工的に実現しようとする上で必要となる、これまでにない大規模かつ高密度の人工集積回路には高速性はもちろん熱発生の極端に少ない演算素子が求められる。また、人工神経回路の規範となる、脳の機能には未解明な点が多く残されており、脳機能障害等を的確に診断する上からも、脳の神経活動を高精度に計測することが求められている。

超伝導体を利用した演算デバイスは、電気抵抗が無いため非常に低消費電力でしかも高速であることが確かめられている。また、超伝導体を利用した磁気計測デバイスは脳の神経活動によって発生する極めて微弱な磁気（脳磁界）を検出する能力を持っている。

本分野では、脳神経活動を計測可能な超高感度超伝導磁気計測デバイスの研究を行うとともに人工脳ともいるべき大規模な超伝導コンピュータシステムを目指した超高速・低消費電力超伝導演算デバイスおよび人工神経回路の研究を行う。

○本研究分野の研究成果

1) シリコン基板上に作製した高温超伝導粒界型ジョセフソン素子を用いてテラヘルツ帯まで広域の応答特性を詳細に評価した。その結果、70Kの高温で2.5テラヘルツ信号まで直接応答ができる事を確認した。また、微弱な磁界を印加することによってテラヘルツ信号への応答を増大できることが見出され、これらの素子は高温におけるテラヘルツ帯までの広域検出器として有望であることが結論づけられる。

2) SrTiO₃ (STO) バッファ層を用いてMgO基板上に高温超伝導ランプ型接合の作製に成功し、これらの接合のミリ波・サブミリ波領域における特性を測定した。得られた接合はSTO単結晶基板上に作製された接合と同等以上の特性を示した。この接合のジョセフソン発振線幅から見積もられる接合の雑音温度は低温金属系の接合と同程度であった。

接合はサブミリ波照射に対して明瞭な応答を示すとともに、ジョセフソン自己発振ミキシングも確認された。これらの結果は、MgO基板上の高温

超伝導ランプ型接合がミリ波・サブミリ波領域で応用可能であることを示している。

3) ビスマス系高温超伝導体の単結晶育成を目的として、SrO-Bi₂O₃-CaO-CuO系の相平衡関係を確立した。ビスマス系同族体の中で、Tc~110K (n=3) 相は共析変態を経由することでその育成が至難であるが、Tc~85Kのn=2相の育成条件を明らかにし浮遊帯域溶融法によってその単結晶を育成しデバイス応用の可能性を評価した。

4) 高温超伝導体がシリコンと反応すると絶縁化する性質を利用し、Bi系高温超伝導単結晶へシリコンイオンを注入し微細な超伝導パターンを形成することに成功した。高温超伝導体の層状構造を利用した固有ジョセフソン接合は、これまで高温超伝導体を物理的に加工して作製されていたが、シリコンイオン注入法により初めて埋め込み型の接合として作製することが可能となった。今後この上に高温超伝導薄膜をエピタキシャル成長させることにより複数の固有接合を超伝導体で配線した多接合回路への応用が期待される。

○職 員

教 授 山下 努 (1991年より)

助教授 中島 健介 (1993年より)

助 手 菅井 徳行

助 手 明連 広昭

助 手 陳 健

COE外国人研究員 S.E.Safranjuk

COE非常勤研究員 金 相宰

JST研究員 王 華兵

○山下努教授プロフィール

1939年4月11日生まれ、専門=電子デバイス工学、電子材料工学。研究分野=超伝導エレクトロニクスと超伝導材料。最終学歴=東北大学博士課程・電子工学専攻、1963年修了。工学博士<東北大学>1969年。学位論文「ジョセフソン素子に関する研究」。学会=応用物理学会、電子情報通信学会、電気学会。略歴=電気通信研究所助教授を経た後、長岡技術科学大学電気系教授を歴任。南京大学情報物理系客員教授。著書「超伝導回路」共立出版 (1981), 「薄膜ハンドブック」オーム社

(1933), 「ジョセフソン効果の物理と応用」近代科学社 (1988), 新潟日報文化賞受賞 (1985)。

○発表論文

- 1) "AC currents in a vortex state of layered superconductors", S.E Shafranjuk, M.Tachiki, Yamashita, T., Phys. Rev. B, Condens. Matter, vol.57, no.1, 582-589, 1 Jan., 1998
- 2) "High frequency responses of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ Josephson junctions on Si substrates fabricated by focused electron beam irradiation", Sang-Jae Kim, H.Myoren, Jian Chen, K.Nakajima, T.Yamashita, M.Esashi, Jpn. J. Appl. Phys. 2, Lett., vol.36, no.8B, L1096-1099, 15 Aug.,1997
- 3) "Terahertz response for bicrystal YBCO Josephson junctions" K. Nakajima, Jian Chen, H.Myoren, T.Yamashita, Peiheng Wu, IEEE Trans. Appl. Supercond., vol.7, no.2, PT.3, 2607-2610, June, 1997
- 4) "Superconducting electronic specific heat dependence on temperature : intrinsic origin of the upturn at low T", C.Buzea, T.Yamashita, K.Nakajima, N.Rezlescu, C.G.Buzea, M.Agop, Phys. Status Solidi B, vol.201, no.2, 465-470, 1 June, 1997
- 5) "Anisotropic resistivity of in-plane-aligned $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (100) films on LaSrGaO_4 (100) substrates", H.Myoren, R.Bergs, T.Tachiki, J.Chen, K.Nakajima, M.Suzuki, T.Yamashita, H.Sato, M.Naito, Jpn. J. Appl. Phys. 1, vol.36, no.5A, 2642-2645, May, 1997
- 6) "Penetration of AC fields into anisotropic layered superconductors", S.E.Shafranjuk, M.Tachiki, T.Yamashita, "Phys. Rev. B, Condens. Matter, vol.55, no.13, 8425-8429, 1 APRIL, 1997
- 7) " Sr_2CuO_3 -(Bi 1 Pb 0) CuO_y - Ca_2CuO_3 擬三成分系における超伝導相",菅井徳行, 山下努, J.Ceram.Soc.Jpn., 105, 1027-1031, 1997
- 8) "Intrinsic Josephson Effect in High Tc single Crystals and Its Applications for Electron Devices", T.Yamashita, FED Jouranla vol.8, Suppl. 2, 5-9, 1997
- 9) "Mixing at terahertz frequency band using $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ bicrystal Josephson junctions", J.Chen, H.Myoren, K.Nakajima, T.Yamashita, Appl.Phys.Lett, vol.71, no.5, 707-709, 1997
- 10) "THz mixing properties of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ grain boundary Josephson junctions on bicrystal substrates", J.Chen, H.Myoren, K.Nakajima, T.Yamashita, Physica C293 288-291, 1997
- 11) "Odd-gap spikes observed by tunneling spectroscopy for La-Sr-Cu-O single crystal", K.Nakajima, T.Arai, S.E.Shafranjuk, T.Yamashita, I.Tanaka, H.Kojima, Physica C293,292-295, 1997
- 12) "Josephson junction arrays on Si membrane using focused electron beam irradiation", S.J.Kim, K.Nakajima, J.Chen, H.Myoren, T.Yamashita, M.Esashi, Physica C282-287, 2467-2468, 1997
- 12) "Micro-crystal electronics by cuprate superconductors", T.Yamashita, Physica C293, 31-35, 1997

マルチモーダルコンピューティング研究分野（客員分野）

人間の知覚過程における クロスモダリティの研究に向けて

○分野の目標

ブレインコンピューティング研究部門の目的である、人間の脳で行われている高度な情報処理過程の解明と、その人工的実現のためには、人間と外界との情報処理インターフェースを構成する視覚、聴覚などの諸感覚器官を通しての知覚過程に関する理解が不可欠である。

それは、ひとつには、人間の脳に比肩する高度な情報処理能力を持つコンピュータは、当然のことながら人間と同様の知覚情報処理能力をもつことが期待されるからである。更には、そのような高度のコンピュータは、人間のさまざまな知覚過程を通して、人間との自然なコミュニケーション、すなわちマルチモーダルコミュニケーションの能力を有することが期待される。近年のマルチメディア通信、臨場感通信への関心の高まりも、マルチモーダルコミュニケーションの実現の期待を背景にしたものであることは言をまたない。

人間の知覚過程においては、それぞれの過程が独立な情報処理過程として機能しているばかりでなく、複数の知覚過程が影響を及ぼし合い、連係して機能している。すなわち、知覚過程のクロスモーダル性である。

「マルチモーダルコンピューティング研究分野」では、そのような人間の知覚過程のクロスモーダル性に着目し、音、テキスト、画像を入力とし、それらの情報を一体化したマルチモーダル情報処理について、更には、マルチモーダル情報処理システムを用いた人間と機械の間のマルチモーダルコミュニケーションについて、実績をもつ外国の専門家を迎えて研究を遂行する。

本分野は特に、ブレインコンピューティング研究部門の「情報通信システム研究分野」における研究、特に人間と機械を含む系での情報の伝達手段の開発、また、「音響情報システム研究分野」における聴覚を基本とする人間のコミュニケーションへのクロスモーダル的アプローチなどに基礎資料を提供するものと期待されている。

このように、本分野は、ブレインコンピューティング研究分野における学際性を基調とした共同研究体制の構築のために重要な位置を占めている。

○過去一年間の主な成果

ヘルマン客員助教授の着任に伴い、前年度まで進めてきた時間的変動音に対する聴覚の情報処理過程に関する研究については取りまとめを行い、新たに、マルチモーダルマッチングに基づいて人間の情報処理過程を解明するための研究に着手した。特に、聴覚における感覚的な音の大きさ（ラウドネス）に関する情報処理過程を中心に研究を進めた。

(1)マルチモーダル知覚に基づく心理物理学的実験手法の研究

人間のさまざまな知覚過程を定量的に評価するため、さまざまな心理物理学的実験手法が開発され、用いられてきた。しかし、いずれの方法においても、人間の判断のゆらぎによる実験結果の変動が大きく、この問題への対処が人間の知覚過程を精密に測定するうえで重要な課題となっている。

人間の聴覚におけるもっとも基本的な知覚量であるラウドネス(感覚的な音の大きさ)の測定においても同様で、ラウドネス関数(音の強さに対するラウドネスの変化)を個人ごとに精密に測定するには、極めて多くの労力が必要であった。

しかし、ラウドネスという聴覚モードの知覚と、線分の空間広がり角の知覚という視覚モードの知覚を組み合わせ、これらの主観的等価点を求めるにより、ラウドネス関数が精密に測定できることが、本分野のヘルマン客員助教授の研究から明らかになってきた。この手法は、マルチモーダルマッチング法と呼ばれている。

そこで本年度は、このマルチモーダルマッチング法を用いて、さまざまな周波数の音の間で、ラウドネスの主観的等価点を精密に測定するための実験システムの構築と、聴取実験を行った。この研究の成果は、現在ISO(国際標準化機構)で作業が進められている等ラウドネス曲線の全面改定にあたって、新しい正確なデータとして提供することを予定している。

(2) ラウドネス知覚の精密計測手法の研究

音響情報システム研究分野では、難聴者のラウドネス関数を健聴者とできる限り同じにすることを信号処理の規範とする、ラウドネス補償型デジタル補聴器の開発を行っている。この補聴器は従来型の補聴器に比べ高い補聴能力を示すことが、これまでの実験によって明らかになっている。しかし、その性能を最適化するためには、難聴者個々人のラウドネス関数をできる限り精密に測定することが不可欠であることは明らかである。

そこで、音響情報システム研究分野との連係のもと、ラウドネス関数の精密測定を行った。

難聴者のラウドネス関数は、最小可聴域値が健聴者に比べ高い値になっているが、音のレベルが域値を超え、いったん聞こえはじめると、ラウドネスが急激に上昇し、いわゆるリクルートメント現象（補充現象）を呈することが極めて多い。健聴者であっても、可聴範囲の上限に近い10 kHzを超える周波数領域では、ラウドネス関数が難聴者の場合と極めてよく似たリクルートメント現象を示すことが明らかになってきたが、これまで体系的な測定は行われていなかった。

そこで、1 kHzから20 kHzまでの広い周波数範囲にわたって、ラウドネス関数を詳細に測定する聴取実験を行った。その結果、高周波数域では、最小可聴域値がほとんど同じ被検者の場合でも、個人ごとに、ラウドネス関数の形状が大きく異なることが明らかになった。すなわち、高周波数域においては、難聴者に見られるリクルートメント現象その他のさまざまなラウドネス関数の形状が、健聴者においても同様に観察された。これは、健聴者の高周波数領域におけるラウドネスの知覚と難聴者のラウドネス知覚のメカニズムの類似性を示唆するもので、極めて興味深いものである。

(3) ランダム振幅変調信号の知覚に関する研究

この研究は、人間の聴覚系における動的な情報処理過程を解明することを大きな目的として、振幅変調信号のエンベロープを正弦的およびランダムに変化した場合の変化の検知限について検討したものである。

正弦波、擬似ランダムおよびランダム信号を変調信号として用い、純音を搬送波として振幅変調を行い、変調度あるいは変調度と変調周波数の両方がランダムに変化する場合について検知限を求めた。その結果、低い変調周波数の場合は、正弦波振幅変調、擬似ランダム信号振幅変調、およびランダム信号振幅変調の検知限の間に差は認められなかつたが、高い周波数ではランダム変調の場

合の検知限は、正弦波変調の場合より小さくなることが明らかになった。

本年度は、これらの結果を取りまとめることに重点を置いて研究を行った。

○職員名

助教授 ローナ・P・ヘルマン (1997年4月より)

○過去一年間の発表論文等

- Edward Ozimek, Jacek Konieczny, Yoiti Suzuki and Toshio Sone: Random changes in envelope of AM tones and their detection, *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 19 (1998) 83-94.
- Rhona Hellman, Hisashi Takeshima, Yoiti Suzuki, Kenji Ozawa, Takanori Yamaguchi, Yusaku Sasaki, and Toshio Sone, Equal-loudness relations at high frequencies: Implications for loudness growth, *The 16th International Congress on Acoustics* (1998, in press).
- Rhona Hellman, Hisashi Takeshima, Yoiti Suzuki, Kenji Ozawa, Takanori Yamaguchi, Yusaku Sasaki, and Toshio Sone, Equal-loudness relations at high frequencies, *J. Acoust. Soc. Am.* (投稿中)

情報記憶システム研究分野

スピニックストレージの研究と そのテラビット情報ストレージシステムへの応用

分野の目標

マルチメディアなどに代表される情報通信の高度ネットワーク化に伴い、コード情報だけでなく、音声や映像などを含む、多様かつ膨大なデータを取り扱う大規模情報システムの開発と普及が進んでおり、処理すべき情報量が飛躍的に増大している。これに対応する次世代のインフラストラクチャとして、情報システムの三要素である伝達、処理、蓄積の、全てに亘ってバランスの取れた発展が不可欠で、特に、莫大な情報を蓄積できる唯一の手段である磁気ストレージの高密度・大容量化及び高速化を図っておかないと、これがシステム全体のスループットや容量限界を決める重大な隘路になるおそれがある。

本分野では、ストレージの性能向上のためには磁性連続膜に情報を書き込むという従来のマクロ的な見方で進めるのはもはや不十分であるという視点に立ち、これから超高密度化の研究には、ストレージメディアの構成要素である単磁区磁性微粒子、云い換えれば電子スピノ群、にデータを書き込むという新しいミクロな概念が必要であると考えて、これをスピニックストレージと呼ぶことを提案し、新しい磁気ストレージ工学の展開を模索している。今後の磁気ストレージ工学の展開には、スピノの挙動に根ざした学問体系の確立とそれに基づいたシステムの設計原理を導く必要がある。

一方でこれらの動画情報を中心とする大容量情報の普及に備えるには、テラバイトクラスの超大容量高速ファイルシステムの実現が必要である。限界が見え始めた従来方式に対して、本分野で提案され研究開発が進められてきた垂直磁気記録方式が改めて注目されている。格段に高い記録密度がすでに実証されているだけでなく、現在の磁気記録装置の製造技術のインフラを大きく換えることなく技術移転できる可能性が見えてきたからである。実用方式として具体化するには、垂直磁化方式の利点を活用しながら、さらにヘッド、メディア、信号処理、システムアーキテクチャ、などを総合的、システム的に検討する必要がある。

これらの観点から、本分野ではこれまでのデバイス中心の研究範囲を広げ、システム的な視点を

取り入れたデバイス研究を行うとともに、従来のわが国の情報ストレージ分野では大きく立ち遅れているストレージサブシステムの研究を、大容量映像ファイルシステムを視野に入れて開始しつつある。

本分野では、このような背景のもとで研究を行ない、以下に示す主な成果を得ている。

過去一年間の主な成果

(1)スピニックストレージ方式の基本コンセプトの構築と検証

本分野ではこれまでに研究を蓄積してきた垂直磁気記録の高密度性を新しい情報ストレージシステムとして展開させることを目指して具体的な研究を進めている。すでに、ヘッドメディア系を精密にモデル化した磁気記録再生の三次元大規模コンピュータシミュレーションを用いて、100nm程度のトラック幅で、25nm程度のビット間隔の高密度性を確認している。これは、40Gbit/cm² (250 Gbit / inch²)に相当する超高密度である。この高密度性にマルチトラック並列記録一括再生等の超高密度スピニックストレージの基本コンセプトを組み合わせたテラバイト級の超大容量ストレージの実現を目指している。

(2)MRヘッドを用いた垂直磁気記録ハードディスクの記録再生性能の研究

垂直磁気記録の優れた記録再生分解能はすでに十分な確認がされているが、今後の超高密度ストレージシステムとしての展開には高感度再生ヘッド（磁気抵抗効果型ヘッド、MRヘッド）による高SN再生が不可欠で、その適合性を明らかにしておくことが緊急の課題である。昨年度は、高分解能MRヘッドを用いて理論的、実験的に検討を加え、垂直記録磁化に対する応答を等化するために開発した等化器を用いて従来に比べて2倍程度の高い分解能を示すことを確認できた。さらに、このときに得られる再生信号のSN比についても高密度領域で従来ディスクより10dB以上優れていることを確認した。

(3)垂直磁気記録システムのデジタル信号品質評

価に関する研究

垂直磁気記録方式を用いた復調系の試作を行い、エラーレートが評価できる環境を整えた。最近のハードディスク系ではパーシャルレスポンス方式と最尤復号方式を組み合わせる高度な線形信号処理方式（PRML方式）が主流であるが、本研究においては垂直磁気記録系に適合するよう新たに微分系の等化回路を開発してこれを組み込んだ新PRML方式を実現した。本所情報記録デバイス工学研究分野で開発された浮上型広帯域単磁極ヘッドと高分解能垂直二層膜ディスクを用い、高感度磁気抵抗効果型ヘッドにより信号の読み出しを行った。符号変換系は8/9変換である。本装置を用いて、最終的なストレージとしての特性に大きな影響を及ぼすヘッドディスク系の非線形現象についての測定を行い、垂直磁気記録ではビット長80nm程度の高密度まで非線形性は小さく、位相シフト量でみた場合にはむしろ高密度で歪みが減少する傾向を示すことが明らかになった。これは従来の長手記録と対照的な性質で、高密度ほど減磁界が低下して安定になる垂直磁気記録の性質が反映したものと考えられる。

本年度は垂直磁気記録に適合する変復調系の研究と試作が目標であり、本方式による高密度記録時のエラーレートと冒頭に示した基礎電磁変換特性との関連等のデジタル信号品質に関する研究は次年度に詳細な検討を加える予定である。

(4) 第4回垂直磁気記録国際会議の主催

本分野では、垂直磁気記録を中心とする高密度磁気記録に関する包括的な国際会議である「垂直磁気記録国際会議」を主体的に運営している。この会議は、これまでの実績から垂直磁気記録に関する国際的な成果を統合して本格的に議論し合う唯一の場との国際的評価を得ているものである。昨年度は1989年の第一回目から数えて第4回目にあたる会議を、10月20日から秋田県秋田市で開催し、130余の発表件数と300余名の参加者を得て、材料、デバイス、方式、システムなど広範な分野で議論を行なった。本分野からは中村教授が実行副委員長及びプログラム部会長を務め、本所からは村岡助教授がプログラム部会幹事、丹助手が展示部会委員と、積極的に会議運営に参加した。研究発表においても、中村教授と村岡助教授がそれぞれ招待講演を行うとともに、高再生感度MRヘッド、新規等化方式を用いた実用性の高い高密度垂直磁気記録、垂直磁気記録の信号安定性、などを発表した。

職 員

教 授 中村 慶久 (1987年より)
助 手 山田 洋

教授プロフィール

昭和43年東北大学大学院工学研究科博士課程了。同年、同大電気通信研究所助手、昭和46年助教授を経て、昭和62年より教授、現在に至る。磁気記録の高密度化に関する研究、とくに磁気記録機構の解明と超高密度磁気記録方式の研究開発に従事。セルフコンシスティントベクトル記録理論の確立、垂直磁気記録方式の研究、高分解能高感度磁気ヘッドおよびそのマイクロ加工と物性の研究などを行ない、最近は大規模計算機シミュレーションの研究や超高密度スピニックストレージの提唱とその記録再生理論の研究、高速大容量ファイルシステムの研究などに従事。電気学会、電子情報通信学会、映像情報メディア学会、日本応用磁気学会、各会員。映像情報メディア学会副会長。IEEE フェロー。

研究テーマ

1. マルチトラック並列記録の研究
2. 高速変復調チャネルの研究
3. 磁気記録チャネルの非線形性の研究
4. 3次元磁気記録シミュレータの研究
5. 大容量動画像ファイルストレージシステムの研究

主な研究発表

1. 清水幸也、中村慶久：“三次元シミュレータによる垂直記録媒体のノイズ解析”，日本応用磁気学会誌, Vol.21, No.4-2, pp. 305-308 (1997)
2. 村岡裕明、中村慶久：“MRヘッドを用いた二層膜垂直磁気記録の高密度化とその展望”，日本応用磁気学会誌, Vol.21, No.6, pp. 966-971(1997)
3. Y. Nakamura: “Technical Issues for Realization of Perpendicular Magnetic Recording”, J. Magn. Soc. Jpn, Vol.21, Supplement No.S2, pp.125-134 (1997) (Invited)
4. H.Muraoka and Y. Nakamura :“Quantification of Perpendicular Magnetic Recording with Double Layer Media”, J. Magn. Soc. Jpn, Vol.21, Supplement No.S2, pp.157-162 (1997) (Invited)
5. H. Muraoka, Y. Satoh and Y. Nakamura :“Multi-track recording utilizing multi-level partial response”, J. Magn. Magn. Mat., Vol.176, pp.73-77 (1997)

3.2 物性機能デバイス研究部門の目標と成果

物性機能デバイス研究部門は、高速・高密度通信および情報処理に必要な電子、光、磁気デバイスおよびそれらを構成する基礎となる材料の物性機能とデバイス加工プロセスを研究している。客員研究分野1を含めて8研究分野からなり、部門の研究領域は半導体、磁性体、誘電体材料の物性、表面物性、ナノ構造物性、デバイス加工プロセス、新電子デバイスなどを網羅している。

1. 固体電子工学研究分野

○ 分野の目標

固体電子工学研究分野では、新しい構造・動作原理に基づく超微細デバイス、回路、及び、アキテクチャーに関する研究、及び、超微細デバイスの高性能化を目指して、超薄膜ゲート絶縁膜の高品質化に代表される材料物性に関する研究を行っている。以上の研究を通して、高度情報社会の基盤となる超高速・超低消費電力な超高機能集積回路を実現する事を目標としている。

○ 過去一年間の主な成果

高性能デバイスに関する研究においては、新しい3次元構造MOSデバイスであるMulti-Pillar-Surrounding Gate Transistor (M-SGT)における駆動電流特性を解析的に定式化すると共に、ゲート容量モデル、ゲート抵抗モデル等を提案し、世界で初めて、M-SGTにおける高速動作性・低消費電力動作性のメカニズムを明らかにした。これにより、M-SGTが将来の超高速・超低消費電力なシリコン集積回路の基本素子として有望であることを示した。また、回路、アキテクチャーに関する研究においては、各サブ回路ブロック毎に最適な電圧を供給するアキテクチャーに基づく高速・低消費電力な集積回路を目指して、新しいコンセプトの高い電圧変換効率を有する降圧電圧回路を提案した。これにより、外部電圧5V、内部電圧1.5Vの場合、従来の降圧回路を用いた場合と比較して、消費電力を1/5以下にすることに成功した。

2. 分子電子工学研究分野

半導体プロセスにおける表面物理・化学過程をミクロに明らかにし、その知見を基に、より高品質の結晶性薄膜をより低温で実現することを目的としている。97年度の成果は以下の通りである。

- (1) Si水素化物によるSiガスソース分子線エピタキシー (GSMBE) に関し、シランおよびジシランのSi表面吸着過程および成長速度活性化エネルギーの決定機構を明らかにした。
- (2) Si表面上にPが存在することにより水素脱離が抑制されること、それは脱離エネルギーの増大と反応次数の高次化によるものであることを明らかにした。
- (3) 以前報告したSi成長時の光電子強度振動現象が表面周期構造の交代に由来することを、光電子強度振動とRHEED振動の直接比較から明らかにした。
- (4) Si表面の初期酸化過程をリアルタイム光電子分光法で観察し、酸化温度650°C以下ではラングミュア吸着型、それ以上では二次元核成長型の酸化モードを示すこと、高温酸化の方が低温酸化に比べより荒れた酸化膜/Si界面を示すを見出した。
- (5) 燃焼炎法によるダイヤモンド薄膜堆積に関し、基板に負バイアスを段階的印加することで核成長を促進する段階的バイアス印加法を開発し、平板微結晶ダイヤモンドの形成に成功した。

3. スピンエレクトロニクス研究分野

本分野では、ナノ構造の制御された磁性薄膜をキーマテリアルとし、その電磁変換機能、磁気電気変換機能、磁気弾性機能などに立脚した新しいマイクロ集積化した磁気デバイスを創生し、次世代情報通信機器やブレインコンピュータの入出力インターフェースの一層の小型化・高機能化を推進するとともに、生体内駆動型磁気マイクロマシンシステムを具現化してゆく。本年度の成果を要約すれば以下の通りである。まず携帯電話の受信フロントエンド用インピーダンスマッチング素子を想定し、Fe系高電気抵抗膜による1GHz駆動磁性薄膜インダクタを試作し空心に対する優位性を実証した。また昨年、将来の「室温SQUID」

を目指して開始した高周波キャリア型マイクロ磁気センサによって 2×10^{-8} Tの磁界感度を達成した。これらに関わる透磁率測定装置の帯域を、個人携帯情報端末の周波数帯域をほぼカバーする1MHz～3.5GHzに拡大することに成功した。昨年試作した2次元電磁ノイズマッピング装置に改良を加え、製品化された。一方、螺旋構造をもつマイクロ磁気アクチュエータが静脈流の流速に抗して泳動可能であることを示し、生体内駆動用磁気マイクロロボットへの端緒を開いた他、材料磁石の薄膜化を図る目的でデュアルイオンビームスパッタ装置を導入した。薄膜磁気電気変換機能素子ではFigure of Meritが10万に及ぶ極めて高機能な素子が得られた。

4. プラズマ電子工学研究分野

プラズマと気体および固体表面との相互作用の解明をもとに、新材料・電子デバイスの開発に必要な知的プラズマプロセスの基盤技術を構築するための研究を行う。

5. 情報記録デバイス工学研究分野

垂直磁気記録を基礎とする超高密度磁気記録とそのデバイスの研究、並びに微細磁性物性の研究を行い、主として以下の成果を得た。

先ず、昨年来続行してきた記録用浮上型薄膜型単磁極ヘッドの試作を完了した。このヘッドはインダクタンスが極めて小さく広帯域性を有すると同時に、コンパクトな磁気回路であるため記録感度も優れていることを確認した。本ヘッドはMRヘッドと組み合わせることにより、今後、新しい垂直磁気記録デバイスとしての幅広い展開が図れるものと期待される。

磁気メディアについては、高電気抵抗のフェライト基板を裏打ち層とする二層垂直磁気ディスクを試作し、上述のヘッドを用いて記録再生特性を測定した結果、高抵抗裏打ち軟磁性層が高周波書き込み特性の改善に寄与することが確認できた。さらにこれまで指摘されている課題のうち、記録磁化の安定性に関してメディア記録層の熱磁気緩和、単磁極ヘッドの外部磁界集束効果による再生減磁などについても調べ、デバイスパラメータの最適化により改善できることを示した。

記録再生特性と記録再生理論の研究では、狭シールドギャップのMRヘッド再生について、実験的理論的にヘッドとメディアのパラメータ依存性を明らかにでき、これを通じ、MRヘッド再生垂直磁気記録系に超高密度記録再生の高いポテンシャルがあることを改めて確認した。

以上の研究は昨年度までに得ている垂直磁気記録の持つ可能性を実用的な視点から補強するもので、次世代超高密度記録と目されている超20Gbits/inch²のための具体的なデバイス提案を目指して研究を進めている。

6. 光電変換デバイス工学研究分野

固体表面における光と電子の相互作用を通じて光電変換デバイスの基礎となる表面物性と固体表面で起きる物理・化学現象を研究し、得られた知見を原子レベルで制御された機能性表面・界面および薄膜の作製、発光素子の開発、光エネルギー変換などに応用することを目的としている。

GaAs/Al_{0.4}Ga_{0.6}As多重量子井戸構造のSTM発光分光を行い、通常のSTM像計測に用いられる0.1～0.5nAという非常に低いトンネル電流で発光スペクトルが測定できることを見いだし、井戸幅に応じて発光ピークがシフトすることを確認した。

銀探針によるSi(111)−7×7再配列構造の観察に初めて成功した。さらに、原子分解能でトポグラフ像が得られるSTM走査条件でSTM発光強度の測定を行い、市販のPt-Ir合金探針の場合に比べて20倍以上のSTM発光強度を得た。

有機金属気相成長(MOCVD)法により作製したGaN表面近傍の振動的および電子的特性を高分解能電子エネルギー損失分光を用いて初めて評価した。

ラビングされたポリイミド膜の分子配向分布をFT-IR法により測定し、その配向分布と液晶分子の平均配向方向との関係を調べ、基板面に対するポリイミド分子の骨格構造の平均傾斜角は、ラビング条件およびポリイミドの分子構造(アルキル側鎖の有無、及びその長さ)に依存することを明らかにした。

7. 電子量子デバイス工学研究分野

最近の半導体微細プロセスの進展により電子の持つ波動性に着目した全く新しい原理に立脚するデバイ

スの可能性が開けてきた。波動性の持つ干渉や回折などの効果を利用することにより従来にない高密度で高度の機能を有するデバイスの開発が期待される。本分野においては物質を原子単位で配列制御した微細構造材料を作り、例えは量子細線、量子ドット、超微粒子などの微細構造物性を研究する。併せて電子のコヒーレント量子波としての性質を応用した高密度高速電子波デバイスを開発する。

8. 複合機能材料研究分野（客員）

○目標

量子力学の第一原理に立脚した計算により、実際の物質における様々な現象に内在する原子スケールの素過程を解明し、ミクロな原理とマクロな現象のミッシング・リンクを発見することが目標である。さらにはその結果から、新現象・新物質の予言をめざし、新機能を有する材料・変調構造の創製を狙いとする。

○97年度の主な成果

- (1)水素化Si (100) 面でのエピタキシャル成長では、水素の存在が成長した薄膜のモフォロジーを大きく左右する。水素被覆 Si (100) 面でのSi飛来原子の吸着形態と拡散機構を第一原理計算によって調べ、Si原子は表面上の水素を置換して吸着し、水素の捕獲・放出を伴う複雑な原子プロセスによって拡散することを示した。
- (2)SiO₂中の酸素空孔について第一原理計算を行い、酸素空孔には構造的に二種類の安定な形態があること、相対的な安定性は荷電状態（キャリヤー捕獲状態）によって、大きく異なることが判明した。また二種類の構造では禁制帯中での電子準位構造が質的に異なり、これがリーク電流の微視的原因となることを示唆した。

固体電子工学研究分野

知的情報化社会の基盤を支える 新しい半導体デバイス・システムの研究

○分野の目標

固体電子工学研究分野では、高度情報社会の基盤となる超高速・超低消費電力・超高機能・高集積回路を実現するデバイス、回路、及び、アーキテクチャーの提案をめざして以下の4テーマに関する研究をしている。

近年の高集積回路は、高度情報社会を支えるキーデバイスの一つであると共に、日本の基幹産業となっている。従来、DRAM、CPU、Flash Memoryを始めとする高集積回路は、その寸法の微細化により、高速化・低消費電力化・高集積化・低コスト化を実現し、電子・情報産業は近年急成長してきた。しかし、今後、ディープサブミクロンサイズのMOSデバイスに於いては、従来の延長の縮小化では、将来の超高性能集積回路システムを実現する事はできず、今後とも電子・情報産業の急成長を維持することは困難であると考えられている。

本研究室では、新しい構造、及び、動作原理に基づく超微細デバイス、回路、及び、アーキテクチャーに関する研究を行うことによって、現在の高集積回路に於ける高速動作、低消費電力動作、微細構造化を律速している問題に対して技術的ブレイクスルーを起こす事をめざしている。また、MOSトランジスター物理的限界を材料的に決める薄膜ゲート絶縁膜における高品質化、及び、薄膜化の研究も行う。

研究テーマ

1. 高性能アクティブデバイスに関する研究
2. 超高速・超低消費電力な回路に関する研究
3. 高性能アーキテクチャーに関する研究
4. 薄膜ゲート絶縁膜における絶縁性劣化と破壊機構に関する研究

○過去一年間の主な成果

1) 高性能アクティブデバイスに関する研究においては、新しい3次元構造MOSデバイスに関する研究を推進した。具体的には、本研究では、完全空乏型SURROUNDING GATE TRANSISTOR(SGT)の静的動作特性を解析した。具体的には、世界で初めてSGTにおけるゲート容量モデル、しきい

値モデル、チャネル中を伝導する電荷のモビリティーモデルを提案し、解析的に定式化した。これにより、SGTにおいて、シリコン柱を細く微細化するにつれて、単位面積当たりのゲート容量は大きくなり、しきい値は小さくなり、チャネル中を伝導する電荷のモビリティーは小さくなることを定量的に明らかにした。更に、これらの結果を用いて、完全空乏型SURROUNDING GATE TRANSISTOR(SGT)の強反転領域における電流・電圧特性のモデルを提案し、解析的に定式化した。これにより、SGTの電流・電圧特性におけるゲート酸化膜厚、シリコン柱半径等のデバイスパラメータ依存性を、世界で初めて定量的に明らかにした。この研究結果により、従来の平面型MOSトランジスタと比較して、SGTは高駆動能力を有し、将来の超高速シリコン集積回路の基本素子として有望であることを示した。

さらに、完全空乏型SURROUNDING GATE TRANSISTOR(SGT)におけるショートチャネル現象、及び、ショートチャネルSGTの静的動作特性を解析した。世界で初めて、ショートチャネル現象におけるしきい値モデルを提案し、解析的に定式化した。具体的には、完全空乏化条件下であるので、チャネル表面とゲート電極、ソース電極、ドレイン電極とのキャパシタンスカップルと考え、チャネル表面ポテンシャルの変動を定量化した。これにより、SGTにおけるしきい値のチャネル長依存性を定量的に明らかにした。これによりSGTにおいて、シリコン柱を細く微細化するにつれて、ショートチャネル現象が抑制されデバイス特性が安定することが定量的に明らかにされた。更に、これらの結果を用いて、ショートチャネル領域における完全空乏型SURROUNDING GATE TRANSISTOR(SGT)の電流・電圧特性のモデルを提案し、解析的に定式化した。これにより、SGTの電流・電圧特性におけるチャネル長、ゲート酸化膜厚、シリコン柱半径等のデバイスパラメータ依存性を、世界で初めて定量的に明らかにした。この研究結果により、従来の平面型MOSトランジスタと比較して、SGTは高駆動能力を有し、将来の超高速シリコン集積回路の基本素子として有望であることを示した。

2) 超高速・超低消費電力な回路に関する研究及び、高性能アーキテクチャーに関する研究においては、少ない消費電力で大負荷電流を供給できる新しい降圧回路を提案した。ここで、消費電流は降圧回路のグランドに流れる電流であり、負荷電流とは降圧電圧の出力端子から負荷回路に流れる電流である。本提案の降圧回路は参照電圧を発生する回路と降圧電圧の変動を抑制する新しい低消費帰還回路の2つの回路から構成されている。この帰還回路は、充放電電流で降圧電圧を安定化させるとともに、待機時においては電力を消費しない。本提案の降圧電圧回路は、外部駆動電圧5Vを3Vに降圧させる条件下で、約 $100\mu A$ の消費電流で50mAの負荷電流を駆動できることを回路シミュレーションにて確認した。この性能は、従来の降圧回路と比較して、負荷電流あたりの消費電流を約1%までの低減を可能にしている。さらに、待機時の消費電流は $1\mu A$ 以下であることも確認した。この研究結果より、大負荷電流を駆動できる低消費電力降圧回路を実現する新しいコンセプトと具体的な回路を提案した。以上により、この技術は、大きな負荷電流を低消費電力に駆動する必要のある高機能ULSIにおいて有効であることを示した。

○職員名

教 授 弁岡富士雄（1994年より）
 助教授 遠藤 哲郎（1997年より）
 助 手 桜庭 弘（1996年より）
 助 手 レンスキ・マルクス（1998年より）

○教授のプロフィール

1971年東北大学大学院工学研究科電子工学博士課程を修了。工学博士。1971年株東芝に入社。1994年退社。同10月東北大学情報科学研究所教授。現在東北大学電気通信研究所教授。研究分野は、集積回路を中心に半導体分野。今日に至るまで、2層多結晶シリコンを用いたEPROMの発明で昭和55年度全国発明表彰発明賞を受賞、昭和53年度第1回渡辺賞を受賞、その他フィールドシールド、多層配線、DRAM、SRAM、EPROM回路及びフラッシュEEPROM等の発明で関東地方発明表彰発明奨励賞を5回受賞、また、1995年1月1日IEEE Fellow Awardとなり、1997年には、フラッシュEEPROM及びNAND型EEPROMの発明及び、技術の確立の功績により、IEEEより、MORRIS N.LIEBMANN MEMORIAL AWARDを受賞。

○過去一年間の発表論文、解説記事、著書

- (1) T.Endoh, T.Nakamura and F.Masuoka, "An Accurate Model of Fully-Depleted Surrounding Gate Transistor(FD-SGT)", IEICE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS, E80-C, No.7, 905-910 (July, 1997)
- (2) T. Endoh, T. Nakamura and F. Masuoka, "An Analytic Steady-State Current-Voltage Characteristics of Short Channel Fully-Depleted Surrounding Gate Transistor(FD-SGT)", IEICE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS, E80-C, No.7, 911-917 (July, 1997)
- (3) 遠藤, 富永, 弁岡,, "Multi-SGTの高速動作に関する解析", 電子情報通信学会誌, C-II, Vol.J80-C-II, No.8, 284-285 (8月, 1997)
- (4) T.Endoh, K.Shimizu, H.Iizuka, and F.Masuoka, "New Reduction Mechanism of the Stress Leakage Current Based on the Deactivation of Step Tunneling Sites for Thin Oxide Films", IEICE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS, E80-C, No.10, 1310-1316 (October, 1997)
- (5) T.Endoh, H.Iizuka, R.Shirota and F.Masuoka, "New Write/Erase Operation Technology for Flash EEPROM Cells to Improve the Read Disturb Characteristics", IEICE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS, E80-C, No.10, 1317-1323 (October, 1997)
- (6) T.Endoh, K.Shimizu, H.Iizuka, and F.Masuoka, "A New Write / Erase Method to Improve the Read Disturb Characteristics Based on the Decay Phenomena of Stress Leakage Current for Flash Memories", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, Vol. 45. No.1, 98-104 (January, 1998)
- (7) 山葉, 平出, 弁岡, "配線中チタンの水素吸蔵に依るトランジスタ特性への影響", 電子情報通信学会, 信学技報, SDM97-181(1998-01), 25-32 (1月, 1998)
- (8) F.Masuoka, "Technology Trend of Flash Memory", Electrochemical Society Proceedings Volume 97-3, 533-545 (May, 1997) [Invited Speaker]
- (9) F. Masuoka, "Flash Memory Technology", 韓日 Workshop on Multimedia-Communication Technology, Tokyo, 22-29 (November 7-8, 1997)
- (10) 弁岡, "フラッシュメモリ", 第58回応用物理学学会学術講演, 第21回応物学会スクール, Siデバイスの新機軸—ポストDRAMを見据えて, 秋田大 (10月4日, 1997)
- (11) 弁岡, "半導体メモリ", 画像のデジタル記録, (映像情報メディア学会編), オーム社, 第10章,

261-277 (1997年6月)

- (12) 弁岡, “フラッシュメモリの高集積化技術”, 半導体研究Vol.43, デバイスとプロセス [11] (西澤潤一編), 工業調査会, 127-161 (1997年7月)

分子電子工学分野

半導体プロセスの表面科学 ——原子オーダ制御に向けて——

本分野の目標

本分野では半導体プロセスで用いられる結晶・薄膜について、(1)これらをどう作るか（結晶成長・薄膜堆積）、(2)これらをどう観るか（結晶・薄膜評価）を研究している。(1)では、超高真空下での化学反応を用いて単原子層単位で成膜制御するガスソース分子線エピタキシー（GSMBE）を中心に、その表面素過程の解明とプロセスの低温・高品質化を目指している。(2)では作られた結晶・薄膜の結晶構造、化学状態を光電子分光法、赤外吸収法、オージェ電子分光法、昇温脱離法、トンネル顕微鏡、高速反射電子線回折などによって評価しており、それらとデバイス特性との関連を明らかにすることを目標としている。

従来、薄膜評価は成膜プロセスの終了後に別の場所で行われてきたが、GSMBEという超高真空成膜プロセスを採用することで、成膜中にこれを行なうことが可能になった。本分野では上に述べた各種表面分析手段をプロセス装置に組み込み、結晶成長あるいは酸化プロセスにおける表面化学反応を原子・分子レベルで明らかにしている。これらの知見はGSMBEに限らず従来のCVDプロセスの表面化学の解明にも大いに貢献している。本分野では評価結果を成膜条件にフィードバックさせる＜その場評価・制御プロセス＞、あるいは分子・原子の物理・化学的な特性を利用したく自己組織化プロセス＞の構築をさらにめざしている。

過去一年間の主な成果

(1) Si GSMBEに関する研究

本分野ではシランおよびゲルマンを用いたSi系GSMBEの成長機構に関し、特に表面水素の振る舞いに注目して研究を進めている。これまでに(a)成長温度約600°Cを境として、水素脱離過程が律速の低温領域と原料ガス吸着過程が律速の高温領域とに分かれること、(b)シラン吸着は表面ダングリングボンド4個を要して行われること、(c)成長中の水素脱離は水素分子として行われるにも関わらず一次過程であること、(d)Geの混入はSi表面の水素脱離過程を促進すること、(e)シランを用いたGSMBEの成長凍結表面からの水素脱離の反応次数が高次過程を含むこと、(f)シランにゲルマンを

添加した場合、成長低温領域において水素脱離過程が促進されること、(g)成長凍結表面からの水素脱離機構がシランとジシランの場合で異なること、(h)シランのSi(100)表面上へのシラン吸着過程が吸着温度によって変化すること——等を明らかにしている。

今年度はこれらの成果を踏まえ、(1)シランだけでなくジシランもSi(100)表面上への吸着過程が吸着温度によって変化すること（文献1,13）、(2)水素脱離律速である低温領域の成長速度活性化エネルギーは水素脱離エネルギーそのものとは異なり、吸着と脱離のバランスから決定されること（文献2,13）を明らかにした。

この研究はまたSiエピタキシープロセスにおける重要なn型ドーパントであるフォスファイン吸着Si(100)表面からの水素脱離過程へと展開され、Si表面上のPは(a)脱離エネルギーの増大、および(b)反応次数の高次化という2因子を通して水素脱離を抑制することを明らかにしている。（文献14）

(2) Si成長時の光電子強度振動に関する研究

本分野では、Siエピタキシー時に表面準位からの光電子を「その場」観察すると単原子層の成長に伴って光電子強度が振動する光電子強度振動現象を初めて見いただしている。この現象は固体ソースMBEやガスソースMBEといった成長方法によらず観察され、この光電子強度振動現象がSi(100)表面に交互に出現する2x1と1x2の周期構造の交代に対応し、表面電子構造のバンド分散の異方性に由来することをこれまでに明らかにしている。今回、光電子強度振動とRHEED振動を比較し、前者がまさしく2x1と1x2の周期構造の交代に対応する2原子層を周期とする振動であることを直接確認した（文献4）。

(3) Si初期酸化過程に関する研究

Si表面の初期酸化過程をその場光電子分光法で観察し、酸化温度650°C以下ではラングミュア吸着型、それ以上では二次元核成長型の酸化モードを示すことをこれまでに明らかにしている。今回、リアルタイム光電子分光法によるSi-2p内殻準位の酸化に伴う時間変化から両酸化モードの存在を再

確認し（文献12），酸化膜/Si界面は高温酸化の方が低温酸化に比べ荒れていること（文献10）を見出した。

(4)燃焼炎法によるダイヤモンド微結晶薄膜の形成

燃焼炎法によるダイヤモンド薄膜堆積は、大気圧下で高い成長速度が実現できるきわめて有望な技術である。これまでに磁場印加法、不活性ガスカーテン法といった新技術の開発を行ってきた。本年度は成長中に基板に負電圧を段階的に印加することにより核成長を促進できることを見出し（文献3），平板微結晶ダイヤモンドの形成に成功した（文献11）。

職員名

教 授 Rene Franchy(1997年より)

助教授 末光 真希 (1990年より)

助 手 遠田 義晴

教授のプロフィール

1979年ミュンヘン工科大学大学院博士課程修了。Ph.D。専門は固体物理および表面科学、光化学。合金(NiAl, CoGa)の低温での窒化および酸化に基き、窒化物(AlN, GaN)，酸化物(Al₂O₃, Ga₂O₃)あるいは酸窒化物(AlON, GaON)極薄膜の形成と評価の基礎的研究を行っている。ドイツ物理学会、ドイツ真空学会員。

過去一年間の発表論文

1. M. Suemitsu, H. Nakazawa, T. Morita, and N. Miyamoto, Observation of hydrogen-coverage- and temperattrue-dependent adsorption kinetics of disilane on Si(100) during Si gas-source molecular beam epitaxy, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36(1997), pp. L625-L628.
2. H. Nakazawa, M. Suemitsu, and N. Miyamoto, Effects of adsorption kinetics on the low-temperature growth-rate activation energy in Si gas-source molecular beam epitaxy, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36(1997), pp. L703-L704
3. T. Abe, M. Suemitsu, and N. Miyamoto, Effects of multi-stepped negative biasing on microcrystalline diamond film formation with combustion-flame method, J. Cryst. Growth Vol. 178(1997), pp. 315-320.
4. Y. Enta, H. Irimachi, and M. Suemitsu
Comparison between ultraviolet-photoelectron spectroscopy and reflection high-energy electron diffraction intensity oscillations during Si epitaxial

growth on Si(100), J. Vac. Sci. Technol. Vol. A15 (1997), pp. 911-914.

5. In situ monitoring of gas source molecular beam epitaxy of silicon with disilane by ultraviolet photoelectron spectroscopy, H. Sakamoto, Y. Takakuwa, Y. Enta, T. Horie, T. Hori, T. Yamaguchi, N. Miyamoto, and H. Kato, Appl. Surf. Sci. Vol. 117/118(1997), pp. 77-81.
6. EELS on ordered chromium compounds formed on multicomponent Fe-15%Cr-X(100)alloy surfaces, R. Franchy, J. Boysen, P. Gassmann, and C. Uebing, Appl. Surf. Sci. Vol. 119(1997), pp. 357-362.
7. Adsorption and reactions of NO on NiAl(111) at 75 K, G. Schmitz, F. Bartolucci, P. Gassmann, J. Masuch, and R. Franchy, J. Chem. Phys. Vol. 107 (1997), pp. 7459-7466.
8. Growth of GaN films on CoGa(001): an EELS and AES study, P. Gassmann, G. Schmitz, and R. Franchy, Surf. Sci. Vol. 380(1997), pp. L459-L462.
9. Growth of thin, crystalline oxide, nitride and oxynitride films on NiAl and CoGa surfaces, R. Franchy, G. Schmitz, P. Gassmann, and F. Bartolucci, Appl. Phys. A, Vol. 65(1997), pp. 551-566.
10. Y. Takegawa, Y. Enta, M. Suemitsu, N. Miyamoto, and H. Kato, Growth mode and characteristics of the O₂-oxidized Si(100) surface oxide layer observed by real time photoemission measurement, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37(1998), pp. 261-265.
11. T. Abe and M. Suemitsu
Formation of high-quality octahedral and flattened diamond crystals on a Si-C/Si using inert-gas curtain combustion method, J. Cryst. Growth, Vol. 183 (1998), pp. 183-189.
12. Y. Enta, Y. Miyanishi, H. Irimachi, M. Niwano, and M. Suemitsu, Real-time measurements of Si 2p core level during dry oxidation of Si(100), Phys. Rev. B57(1998), pp. 6294-6296.
13. 中澤，末光
水素を通してみたSiガスソースMBEの表面化学
信学技報SDM97-90(1997)PP.53-57
14. 築館，末光
Si(100):P表面へのSiH₄, Si₂H₆吸着過程
信学技報SDM97-90(1997)PP.59-65

スピニエレクトロニクス研究分野

磁気物性制御技術の確立と 高機能磁気デバイスの開発

分野の目標 本分野では、磁性薄膜をキーマテリアルとしたマイクロデバイスの微細加工プロセスを開発し、情報通信機器に数多く使用されているバルク状のコイル、トランス、鉄心をマイクロ化・集積化した磁気デバイスに置換し一層の小型化・高機能化を推進するとともに、次世代情報通信機器やブレインコンピュータの入出力インターフェースに関わるマイクロ磁気センサ、マイクロ磁気アクチュエータを具現化してゆく。これによって、携帯情報端末機器やインターネットの普及で益々加速している高密度高速度情報通信への社会ニーズに応えて行く。更に薄膜インダクタ・トランスをキーデバイスとした高効率超薄型電源や、超低損失かつ低騒音の電力用変圧器材料の開発を通して、高度情報化社会を支える電気エネルギーの高効率利用技術を推進する。

磁性体の高周波特性はナノメートルオーダの磁気的微細構造のゆらぎに支配され、デバイスの微細化の極限は結晶粒サイズに強く依存することなど、次世代材料の開発にはナノメートルオーダの磁気物性、微細構造の解明と制御技術の開発が重要である。デバイス面からのガイドラインは、磁性体の高周波利用（～3GHz程度）と磁気デバイスの微小化である。

すなわち本分野の目標を達成するため、磁気発生の根元である電子スピinnのオーダを意識した微細構造の解明とこれに立脚した新材料（スピニックマテリアル）の開発が重要である。これを機軸に、デバイスプロセス、設計法ならびに測定技術などを総合的に推進し、電子スピinnとエレクトロニクスを融合させた高度高機能デバイスシステムを実現する。

過去1年間の主な成果

(a)高電気抵抗軟磁性薄膜の異方性制御

FeまたはCoと酸化物とのグラニュラー構造をもつ軟磁性薄膜は $500\mu\Omega\text{cm}$ を越す高電気抵抗と2GHzを越す高い強磁性共鳴周波数を有するため、携帯電話用インダクタ材料として有用である。しかし膜面内の磁化容易方向が一定しないという問題があり、実用上の隘路になっていた。科学計測研究所と共同でこの問題に対処し、初期成長層を制御する目的でCr下地層が有効であることを見出

し、磁化容易軸の方向が格段に安定化された。

(b)GHz駆動薄膜インダクタ

携帯電話やPHSの動作する800MHz～1.9GHzでは、インピーダンスマッチング用や信号処理用の目的で薄膜空心コイルが使用されている。携帯電話のRF受信フロントエンド用インピーダンスマッチング素子はとくに小形化と低挿入損失化が要請されており、(a)項のFeAlO高電気抵抗膜を用いて、基本的にこの課題を解決可能であるとの成果を得た。

(c)マイクロ磁気センサ

磁性膜に高周波キャリア電流を流すと、そのインピーダンスが外部磁界に対して極めて敏感に変化する。昨年度の基礎実験の成果に基づいて励振検出回路を含むブリッジ回路形センサ試作し、ITS(Intelligent Transport System)用センサとして十分な性能を持つことを明らかにした。将来的に 10^{-12}T 程度の磁界感度が達成可能と思われ、生体計測への応用を検討中である。

(d)磁気マイクロマシン

昨年までの基礎実験フェーズから一步飛躍し、生体内駆動を目指すマイクロ磁気アクチュエータの試作を幅広く展開した。とくに螺旋構造をもつマイクロ磁気アクチュエータが静脈流の流速に抗して泳動可能であることを示し、生体内駆動用磁気マイクロロボットへの端緒を開くことができた。医学部ならびに流体科学研究所と共同で、アクチュエータの最適化と利用法の確立を目指す。

本アクチュエータの駆動用磁石を薄膜化する目的でデュアルイオンビームスパッタ装置を導入した。平成10年度に本格稼動を開始する予定である。

(e)薄膜磁気電気変換素子

FeCoSiB薄膜とPZTの接着構造を新たに開発し、PZTへの電圧印加によって磁性膜の透磁率を制御する。そのFigure of Meritは10万に及び極めて高機能な素子となりうることが明らかになった。磁気記録用スマートアクチュエータへの展開をターゲットに研究を継続している。

(f)超高周波磁気計測技術

本研究室の提案になる多層平面コイルを用いて、磁性薄膜の高周波透磁率を1MHz-3.5GHzまで一括して計測可能な新システムを世界に先駆け

て開発した。これによって個人携帯情報端末の周波数帯域をほぼカバーした。現在国内外から試料測定依頼を受けており、本装置は平成11年度上期には実用化される見込みである。

この多層平面コイルは容易にアレー化できる点に着目し、情報通信機器用回路基板用10MHz～1.8GHz帯2次元電磁ノイズマッピング装置を開発した。ノイズの方向表示が可能でかつ1mm以上の分解能を有する点が特長であり、操作性の向上とソフトウェアのバグ除去を経て平成10年3月市販された。

(g)その他

研究開発では地元並びに中央の企業との共同開発を積極的に進めている。公的機関の研究プロジェクトにも積極的に参加している。スピニクス研究センターをはじめとする本所の施設を活用しながら微細領域における磁気物性探求とデバイスシステム化に引き続き取り組む予定である。

職 員

- 教授 荒井 賢一 (1986年から)
助教授 山口 正洋 (1991年から)
助教授 井上 光輝 (1997年から)
助手 石山 和志 助手 藤上 信
技官 我妻 成人 技官 師岡ケイ子
学振研究員 竹澤 昌晃
医薬品機構派遣研究員 枝修一郎

研究テーマ

1. 高機能スピニクスマテリアルの創製
2. 磁気デバイスの微細加工プロセス
3. マイクロ磁気デバイス・マイクロ磁気センサ
4. 生体内駆動用磁気マイクロロボット
5. 超高周波磁気計測技術

荒井賢一教授のプロフィール

1966年3月 東北大学工学部電子工学科卒業
1971年3月 同学大学院工学研究科博士課程修了
1971年4月 同学助手、電気通信研究所
1975年4月 同学助教授、電気通信研究所
1986年4月 同学教授、電気通信研究所
主として軟質磁性材料の研究およびマイクロ磁気デバイス、マイクロ磁気センサ、アクチュエータなどのスピニクスデバイスの研究に従事。市村賞受賞。電気学会マグネティックス技術委員会委員長、日本応用磁気学会企画委員長。

過去1年間の主な発表論文

1. 磁性薄膜カンチレバの駆動原理に関する一考察、本田 崇、荒井賢一；日本応用磁気学会誌, vol.21, No.4-2, pp.817-820 (1997) .

2. High Frequency Impedance of CuBe Solid Pins Used For Fast Computer Connectors, M. Yamaguchi, H. Kikuchi, K.I. Arai, S. Ishikawa, T. Adachi; IEEE Trans. Magn., vol.33, No.5, pp.3316-3318(1997).
3. Micro Magnetic Thin-Film Sensor Using LC Resonance, M. Takezawa, H. Kikuchi, K. Ishiyama, M. Yamaguchi, K.I. Arai, IEEE Trans. Magn., vol.33, No.5, pp.3400-3402(1997).
4. A Fail-Safe Thin-Film Current Sensor Using A Flux Saturable Ring Core, Y. Fujiyama, Y. Yamada, H. Kikuchi, M. Yamaguchi, K.I. Arai, IEEE Trans. Magn., vol. 33, No. 5, pp.3406-3408 (1997).
5. A New 1MHz-2GHz Permeance Meter for Metallic Thin Films, M. Yamaguchi, S. Yabukami, K.I. Arai, IEEE Trans. Magn., vol.33, No. 5, pp.3619-3621 (1997).
6. Magnetic Flux Sensing Principle of Microstrip Pickup Coil, S. Yabukami, K. Kikuchi, M. Yamaguchi, K.I. Arai, IEEE Trans. Magn., vol. 33, No. 5, pp. 4044-4046 (1997).
7. New production method of 100- μ m-thick grain-oriented 3% silicon steel sheets M. Nakano, K. Ishiyama, K.I. Arai, H. Fukunaga, J. Appl. Phys., vol. 81, No. 8, pp. 4098-4100(1997).
8. 磁界検出コイルアレイによる電磁雑音測定システム、藤上 信、板垣 篤、渡辺光春、中田浩一、山口正洋、荒井賢一、日本応用磁気学会誌 vol.21, No.4-2, pp. 809-812(1997).
9. 2方向性けい素鋼単結晶版の磁区構造と磁わい、枝 修一郎、石山和志、我妻成人、荒井賢一、山城康正、新井 聰、日本応用磁気学会誌, vol. 21, No. 4-2, pp.597-600(1997).

(他、一般論文4件)

情報記録デバイス工学研究分野

磁性薄膜のナノスコピック物性の研究と その大容量磁気ストレージデバイスへの応用研究

【分野の目標】

情報ストレージの一貫した目標はその高記録密度化にある。最近では一平方インチ当たり10ギガビット（一平方ミクロン当たり16ビット）の記録面密度に達し、さらに5年で10倍の早いペースを保って進歩している。これは大容量情報ストレージの旺盛な需要を背景にしており、さらなる高密度化・大容量化が強く求められている。これに応えるには磁気ストレージデバイスの飛躍的な性能向上が必須であるが、すでに最先端のデバイスではサブミクロンの微小構造を制御して作製されており、これまでの延長での性能改善には原理的にも技術的にも限界がある。今後は、ナノスコピックレベルでの磁性薄膜物性の本質を踏まえた研究による新しいデバイス研究が必須である。

本分野では垂直磁気記録方式を提案してその優れた高記録密度性を理論と実験を通じて実証してきている。同時に、このためのデバイス研究も積極的に進め、高分解能単磁極ヘッドと高密度垂直媒体を用いて実際の記録再生特性を通じた研究成果を蓄積している。これらの実績を踏まえて、上述のナノスコピック磁性の学理の確立と、それによる超高密度垂直磁気記録を達成するための高感度性、高分解能性、高速性を備えたストレージデバイスの実現を目指して研究を続けている。

これらの観点から、本分野では最も重要なストレージデバイスであるヘッドディスクを中心に検討を行うとともに、これまでのストレージデバイス研究では必ずしも十分でなかった微細磁気物性とデバイス性能の関連についても積極的な研究を行っている。以下に主な成果を示す。

【過去一年間の主な成果】

(1)高分解能広帯域単磁極ヘッドの試作

マルチメディアに代表される応用の拡大から、最近では高品質動画等の高レートで大容量の情報ストレージが求められている。この結果、ストレージデバイスには高密度性に加えて、高速転送レート化の要求が強く、動作周波数は100MHzを越えて200MHzを目指した研究開発が必要である。本分野で提案した垂直磁気記録では高い線記録密度が実現できるので、本来高転送レート化にも適

した記録方式であると言える。しかし、このためにはヘッド・ディスク系を高周波に適したものとしておくことが前提である。この要求に応えるため高分解能単磁極ヘッドを実用性の高い浮上スライダに実装し、高感度かつ低インダクタンスの垂直磁気記録用記録ヘッドを試作した。本ヘッドは、10層から成るスパッタ成膜とフォトリソグラフィーの素工程を繰り返して試作した。そのヘッド構造の概略構造は、主磁極とそれを最先端部分で励磁する三層の薄膜導体、及び3 μm厚の軟磁性薄膜リターンパス（あるいはバルクフェライトリターンパス）から構成されるものである。本ヘッドのインダクタンスの周波数特性は400MHz程度まで2 nH以下のインダクタンスを示した。この値は通常ヘッドに対して十分に低く、当面の目標周波数である200MHz以上を満足する。また、本ヘッドは0.05AT (30mA)と極めて小さい起磁力で記録媒体を飽和磁化でき高い記録感度が得られた。さらに、これまでその高記録分解能が示されているコンタクト型単磁極ヘッドの140kFRPIにほぼ等しい結果が得られた。

(2)垂直磁気記録の再生減磁に関する研究

超高密度記録ではビット面積が極めて小さくなるために熱磁気緩和現象による記録ビットの熱安定性が本質的な高密度化の隘路として議論されている。従来の記録媒体で超高密度記録を行うには粒子直径を数nm程度以下と小さくしなくてはならず、粒子体積が熱エネルギーに対抗できなくなるほど小さくなるからである。垂直磁気記録では、磁化モードの性質自体では50nm程度の厚みの垂直媒体でも高い記録再生分解能を示し、相対的に厚い媒体が使用可能である。これは媒体の微粒子サイズを厚さ方向に大きくして粒子体積を確保できることであり、この意味で熱緩和には有利である。そこで、シミュレーションと測定を通じて定量的に調べた結果、高密度ほど減磁量は少ないこと、及び媒体の粒子サイズ分散が大きな影響を与えること、などが明らかになった。また、単磁極ヘッド自体がこの減磁に影響を与えることも実験的に見出し、この原因として、主磁極の磁区構造の不安定性、あるいは浮遊外部磁界をヘッドが集

束してわずかな減磁を引き起こすこと、などが考えられることを示した。この対策としてヘッド磁区の安定化させることで減磁を改善することができた。なお、上述の浮上スライダに作製した薄膜型単磁極ヘッドでは記録磁化に与える擾乱はより小さかった。さらに外部浮遊磁界を擾乱として印可した場合についても実験とシミュレーションから調べたが、記録媒体裏打層の透磁率を低減すること、ヘッドの磁路効率を改善することで外部浮遊磁界擾乱に対する耐性が強いことが分かった。

(3)高分解能高周波ストレージメディアの研究

数百Gbits/cm²以上の超高密度情報ストレージでは、1ビットの占有面積が1000nm²以下になり、メディアの磁性層を構成する直徑数nmの磁性微結晶粒数個分に書き込むことになる。このような超高密度記録を実現するには、先ず、これまで必ずしも明らかでなかった磁性膜の成膜物理を理解し、その上で制御された磁気的微細構造を持つストレージメディアを実現することが不可欠である。このため、本所附属工場と連携して多元アルミニウムチャンバスパッタ装置を試作し、これを用いた成膜実験と成膜プロセスおよび構造解析の研究を開始している。

加えて、上述の薄膜導体励磁型単磁極ヘッドの優れた高周波記録のポテンシャルを活かすため、これまでの二層膜媒体では将来の高周波化の際に制約となることが懸念される媒体中の渦電流損失を解決するために、単結晶フェライトディスク基板を用いた垂直二層膜ディスク媒体を試作して検討した。その結果、10MHzを越える記録周波数では従来の金属裏打層を有する二層膜媒体に比べて本フェライト基板ディスクの優位性が確認できた。

(4)ランダムアクセスGMRメモリの研究

一方、新しい展開として、GMRの一種であり磁気ヘッド用としての可能性が期待されているスピナバルブやスピニ偏極トンネル効果を、新しいランダムアクセス薄膜メモリ素子に応用することも提案し、メモリ素子の試作と動作確認実験を行った。書き込み読みだし時間が数nsで高速であることもすでに報告されており、三次元メモリの可能性がある。一層の性能改善と動作解析、高密度化を目指して、軟磁性膜／非磁性（導体あるいは絶縁体）膜／半硬質磁性膜の積層膜構造を持つ弱結合型素子の安定な作製法やデバイス化の確立に注力した研究を進めている。

【職 員】

- 教 授 杉田 恒（1997年より）
- 助教授 村岡 裕明（1992年より）
- 助 手 渡辺 功
- 助 手 島津 武仁

【教授プロフィール】

昭和35年東京大学理学部物理学科卒、同年(株)日立製作所中央研究所、昭和60年同社日立研究所、平成3年同社中央研究所、平成9年東北大学電気通信研究所教授。磁性薄膜、磁気バブルメモリ、薄膜磁気ヘッド、等の研究・開発及び実用化、並びに縞状磁区構造の発見、窒化鉄の巨大飽和磁化など磁性体物理学研究に従事。日本物理学会、電子情報通信学会、日本応用磁気学会、IEEE、各会員。理学博士。日本応用磁気学会会長。IEEEフェロー。

【研究テーマ】

1. 高分解能・広帯域単磁極ヘッドの研究
2. 低ノイズ垂直磁気記録媒体の研究
3. 高密度薄膜媒体の熱磁気緩和に関する研究
4. 多層膜超高感度磁界センサ素子の研究
5. 磁性薄膜物性の研究

【主な研究発表】

1. W. H. Jiang, H. Muraoka, Y. Sugita and Y. Nakamura: " Thermal Relaxation in Perpendicular Recording with Single Pole Head and MR Head ", J. Magn. Soc. Jpn, Vol.21, Supplement No.S2, pp.317-320 (1997)
2. 高橋宏昌、小室又洋、杉田恒：“Fe₁₆N₂単結晶膜の低温X線回折および巨大磁気モーメントの確認”，日本応用磁気学会誌，22, pp.425～428 (1998)
3. 小松和彦、丹健二、村岡裕明、中村慶久、杉田恒：“強磁性トンネル接合素子の検討”，平成9年度スピニクス研究会[97-6-18]，(December 1997)
4. 庄司智宏、渡辺功、村岡裕明、杉田恒、中村慶久：“フェライト基板を用いた垂直ハードディスクの記録再生特性” 平成9年度スピニクス研究会[97-6-1]，(December 1997)
5. 村岡裕明、姜文紅、サイモングリーブス、杉田恒、中村慶久：“垂直磁気記録二層膜媒体における熱磁気緩和の検討” 日本応用磁気学会第103回研究会 103-6, pp.37-44 (January 1998)

光電変換デバイス工学研究分野

表面界面物性の研究と光電変換デバイスへの応用

○光電変換デバイス工学分野の目標

固体表面における光と電子の相互作用を研究し、光電変換デバイスの基礎となる表面物性と固体表面で起こる物理・化学現象を探索することが本分野の現在の目標である。原子・分子レベルで表面の物理・化学現象を理解し、その結果を原子レベルで制御された機能性表面・界面および薄膜の作製、発光素子の開発、光エネルギー変換などに応用する。また表面超微細構造の物性を計測しそれを工学的に応用する方法を開発することも目標としている。

○過去1年間の主な成果

本分野では走査型トンネル顕微鏡(STM)の発光分光、レーザー・ラマン分光、フーリエ変換赤外吸収分光(FT-IR)、第二次高調波発生(SHG)、高分解能電子エネルギー損失分光(HREELS)などの測定手段を用い、表面・界面物性の研究を行っている。過去1年間に得られた研究成果を研究テーマ別に述べる。

1. 半導体量子井戸構造のSTM発光

STMの探針をキャリヤの注入源として用いるSTM発光分光は、半導体量子構造の局所的な光物性を探る有力な手段として注目されている。この手法によるこれまでの報告では、多くが $1\text{ }\mu\text{A}$ 程度の非常に大きなトンネル電流で発光スペクトルを測定しており、STM像との対応が議論されていないのが現状である。個々の量子構造のサイズや形状とその発光特性の関係を明らかにするためには、STM像と発光スペクトルを同じ条件で測定する必要がある。そこで、STM像観測時のトンネル電流で量子井戸構造のSTM発光スペクトルを測定することを試みた。

試料は一様にp型ドープしたGaAs/Al_{0.4}Ga_{0.6}As多重量子井戸構造で、Al_{0.4}Ga_{0.6}As層の膜厚を一定とし、GaAs層の膜厚が異なる3種類の試料を分子線エピタキシー法により作製した。発光測定は室温において超高真空槽内で行った。実験の結果、通常のSTM像計測に用いられる0.1~0.5nAという非常に低いトンネル電流で発光スペクトルが測定できることを見いだし、井戸幅に応じて発光ピーク

がシフトすることを確認した。簡単な量子井戸構造のサブバンドエネルギーの計算から、観測された発光は井戸層の伝導帯および価電子帯のサブバンド基底準位間の遷移に対応することがわかった。得られたSTM発光スペクトルは同一の試料に対して測定したフォトルミネッセンス(PL)スペクトルと極めて類似しており、これは発光の最終過程が両分光法において同じであることを示唆している。

2. 銀探針を用いたSTM発光

STM発光では一般に発光強度が弱く、しかもトポグラフ像を得るためにSTM走査条件とSTM発光を観測する条件は必ずしも一致しないので、原子分解能を持つSTMフォトン・マップを得ることは困難である。実際、その報告例もほとんどない。しかしながら原子スケールの位置分解能で発光中心を特定し、表面極微細構造の光物性を研究するためにはこの問題を克服する必要がある。我々は探針素材の選択によってこの問題の解決を試みた。

探針素材として表面プラズモンの減衰が少なく高い発光効率が期待される銀を選択した。銀探針は交流による電解研磨法と直流による電解腐蝕法を組み合わせて製作された。一方、測定試料としては表面清浄化の手法が確立されているSi単結晶清浄表面を用いた。実験の結果、銀探針によるSi(111)-7×7再配列構造の観察に初めて成功した。また、原子分解能でトポグラフ像が得られるSTM走査条件でSTM発光強度の測定を行ったところ、銀探針を用いた場合、市販のPt-Ir合金探針の場合に比べて20倍以上のSTM発光強度を得た。さらにSi表面の原子配列がSTM発光強度に影響を及ぼしていることを示唆するフォトン・マップが得られた。

3. 硼化物半導体表面の研究

GaNを代表とした窒化物半導体は青色紫外域の発光素子として注目されているが、これらの半導体を用いたデバイスの実現のためには積層構造における表面・界面の特性評価が今後重要になると考えられる。HREELSは表面や界面に局在した素

励起を極めて高い感度で検出できることで知られており、半導体表面・界面の物性を探る強力な手段となる。HREELSによる窒化物半導体の評価はほとんど報告されておらず、本分野では有機金属気相成長（MOCVD）法により作製したGaN表面近傍の振動的および電子的特性を初めて評価した。

測定したHREELSスペクトルには、GaNのFuchs-Kliewer表面フォノンによる損失ピークと低エネルギー側にブロードな損失構造が観測された。従来の2層誘電体モデルのEELS理論に異方性を考慮し、得られたHREELSスペクトルを解析した。理論計算の入力パラメータは同一の試料に対して行ったホール効果およびラマン散乱の測定結果から決定された。実験結果と理論計算の比較から、表面空乏層の膜厚、キャリア密度、およびそのダンピング定数を決定し、これらの値からGaN表面のバンド曲がりを見積もった。

4. ポリイミド膜上の液晶分子の配向機構の研究

ラビングされたポリイミド膜は液晶分子の配向膜として広く用いられている。この膜上の液晶分子はラビング方向に沿って、しかも膜表面に対して傾斜して配向するが、その配向機構は未だ十分に理解されていない。これまでわかっているのは、ラビング処理によって表面に形成される微細な溝ではなく、ポリイミド分子の配向が重要な役割を果たしているということだけである。本分野ではラビングされたポリイミド膜上の液晶分子の配向機構を分子レベルで理解するために、ラビングされたポリイミド膜の分子配向分布をFT-IR法により測定し、その配向分布と液晶分子の平均配向方向との関係を調べている。

その結果、基板面に対するポリイミド分子の骨格構造の平均傾斜角は、ラビング条件およびポリイミドの分子構造（アルキル側鎖の有無、及びその長さ）に依存することがわかった。さらに、その平均傾斜角と液晶分子のプレチルト角（液晶分子の基板表面からの平均傾斜角によって定義され、液晶デバイスの特性を決める重要なパラメーターである）の間には、アルキル側鎖の有無及びその長さによらず比例関係が存在することがわかった。この結果はアルキル側鎖の有無にかかわらず、ポリイミド膜上の液晶分子のプレチルト角がポリイミド分子の骨格構造の配向によって決まるこことを示唆している。また、アルキル側鎖はポリイミド分子の骨格構造の平均傾斜角の決定に重要な役割を果たしているが、液晶分子との直接の相互作用は骨格構造に比べて弱いことを示唆してい

る。さらにポリイミド膜上の水の接触角の測定をすることによりその膜表面におけるアルキル側鎖の定性的な配向評価を行った。その結果は上で述べた解釈を支持するものであった。

○職員名

教 授	潮田 資勝	(1985年より)
助教授	上原 洋一	(1992年より)
助 手	坂本 謙二	
助 手	鶴岡 徹	
COE研究員	岩見 正之	

○潮田教授のプロフィール

潮田教授は、ラマン散乱によるポラリトンの研究でペンシルバニア大学大学院理学研究科で1969年に博士号を取得後、カリフォルニア大学アーバイン校理学部物理学科において助教授、準教授、教授を歴任した。この間ラマン散乱による固体表面励起の研究およびトンネル接合の発光機構の研究を進めた。1985年に東北大学に赴任し、現在はラマン散乱およびトンネル接合発光の研究に加えて、走査型トンネル顕微鏡の発光の研究、電子エネルギー損失分光法、第二次高調波発生法、赤外分光法などによる表面物性の研究を行っている。1996年にはアメリカ物理学会のフェローに選出された。

○過去1年間の発表論文、解説記事、著書

<発表論文>

- Characterization of surface nanostructures by STM light emission spectroscopy, S. Ushioda, Appl. Surf. Sci. **113-114**, 335-342(1997).
- Incident angle dependence of the infrared absorbance of thin rubbed polyimide films on CaF₂ and Si substrates, K. Sakamoto, R. Arafune, and S. Ushioda, Appl. Spectrosc. **51**, 541-544(1997).
- Orientation of the backbone structure of polyimide with alkyl side-chains: determination by infrared absorption spectroscopy, K. Sakamoto, N. Abe, R. Arafune, and S. Ushioda, Mol. Cryst. Liq. Cryst. **299**, 169-174(1997).
- Correlation between the pretilt angle of liquid crystal and the inclination angle of the polyimide backbone structure, R. Arafune, K. Sakamoto, and S. Ushioda, Appl. Phys. Lett. **71**, 2755-2757(1997).

<著書>

- 第7-3節 エリプソメトリーによる超薄膜の解析、「表面の構造解析」八木克道編、潮田資勝、水谷五郎、丸善、1998年。

複合機能材料研究分野（客員分野）

新複合機能材料とそのデバイス化技術の開発

分野の目標

新現象の発見、新材料の創出は科学における大きなチャレンジであるが、それに加えて、デバイス工学にまで視野を広げ、新しい機能性を有する新材料、変調ナノ構造の発見をめざすのが、本研究分野の目標である。この目標のためには、現象を原子スケールで解明し、ミクロな原子反応の素過程とマクロな現象との間のミッシング・リンクを見出すことが不可欠である。当研究分野では、このミッシング・リンクの発見のために、量子力学の第一原理に立脚した理論計算を研究の柱としている。すなわち、量子力学の基本方程式を、数学的手法の開拓、コンピューテーション手法の開発、によって可能な限り正確に解き、自然現象を決定している基本的な原子プロセスの解明を行っている。さらに計算結果と実験結果との詳細な検討による、深い現象の理解を目指している。こうした研究活動を通して、逆に理論手法の問題点を明らかにし、理論物理学のフロンティアをひろげることもスコープのひとつである。

具体的には主に半導体材料を中心に計算が行われている。また計算手法的には密度汎関数法が主なる理論ツールである。励起状態計算、ダイナミクスの直接計算、超大規模計算、のための新手法の開拓も並行して行っている。

1997年度の主な成果

(1)半導体エピタキシャル成長の機構：

水素化Si(100)面上でのエピタキシャル成長では、水素の存在が成長した薄膜のモフォロジーを大きく左右し、ヘテロエピタキシャル成長では、水素のサーファクタント効果も見出されている。この水素被覆 Si(100)面でのSi飛来原子の吸着形態と拡散機構を第一原理計算によって調べた。その結果、Si原子は表面上の水素を置換して吸着すること、拡散は水素の捕獲・放出を伴う、複雑な原子プロセスであることがわかった。計算された拡散の活性化エネルギーは報告されている実験結果と定量的に一致し、また上述のモフォロジーの変化を無理なく説明する。さらに成長時に重要な表面原子ステップの構造とそこでの拡散を第一原理計算で調べた。その結果、水素のない場合とは

ステップの形態が著しく異なること、ステップ端での拡散の変調（シェウェーベル効果）が現われないこと、が見出された。

(2)半導体中の水素分子：

最近実験的にSi及びGaAs中での水素分子の存在が確認され、その存在形態が大きな論争をよんでいる。特にSi中での水素分子の振動数が気体中のそれと殆ど一致していることが、パズルとなっている。この系に対して、様々な第一原理計算の手法（密度汎関数法における幾つかの近似）を適用した。その結果、Si中でもGaAs中でも格子間位置の水素分子の振動数は、気体中のそれに比べて大きく低下することが見出された。従って理論的にはSi中での上述の水素分子は、何らかの欠陥に捕獲されている可能性が高いことが示唆される。

(3)二酸化珪素中の酸素空孔の双安定性とリーク電流：

SiO₂中の酸素空孔について第一原理計算を行い、酸素空孔には構造的に二種類の安定な形態があること、相対的な安定性は荷電状態（キャリヤー捕獲状態）によって、大きく異なることが判明した。また二種類の構造では禁制帯中の電子準位構造が質的に異なる（第一の構造では正孔トラップ、第二の構造では正孔及び電子トラップが出現）ことが見出された。これにより、正孔捕獲により酸素空孔の構造転移が引き起こされ、その結果電子トラップが出現し、この電子トラップがリーク電流の微視的原因となることが示唆された。

(4)ダイヤモンド表面での原子再構成：

半導体(111)面では特徴的な原子再構成が知られている。しかしダイヤモンド(111)表面では、その再構成構造についての論争が行われている。今回、密度汎関数法の現時点での最も進んだ近似法であるGGA近似により、再構成構造の詳細を明らかにし、既存の計算及び実験結果の問題点を明らかにするとともに、新たに表面フォノン構造のソフト化を予言した。

(5)曲がったグラファイトの構造：

炭素系物質はフラレン、ナノチューブに代表されるように、大きな可能性を秘めている。そうした特異構造成長機構を調べる端緒として、曲がったグラファイトの形状と、電子状態の特徴を計算した。その結果、構造的には特有のリップル構造が生じること、電子状態はフェルミ準位付近にギャップが生じることが見出された。

(6)Si中の多原子空孔の安定性：

Si中の多原子空孔のサイズによる安定性を計算した。多原子空孔は、いわば負のクラスターであり、その負のクラスターの魔法数として、6, 10, 14, 17, 22, 26, 35が見出された。安定性を決めているのは、ダングリングボンドの数と、周囲の格子緩和である。

職員名

教 授（客員）押山 淳（1997年4月～1998年3月）

教授のプロフィール

1981年東京大学理学系大学院物理学専攻修了、理学博士。その後東京大学理学部助手、IBM Thomas J. Watson 研究所研究員、NEC 基礎研究所研究員、NEC マイクロエレクトロニクス研究所研究員を経て、1995年より筑波大学物理学系教授、現在に至る。

過去1年間の発表論文・解説記事

- (1) S. Jeong and A. Oshiyama, "Adsorption and Diffusion of Si Adatom on Hydrogenated Si(100) surfaces" Phys. Rev. Lett. **79**(1997)4425-4428.
- (2) S. Jeong, A. Oshiyama, "Barrierless Bond Breaking and Exchange Diffusion on Si(100)-H" 4th Int. Symp. on Atomically Controlled Surfaces and Interfaces" (Tokyo, October 1997) Applied Surface Science, (in press.)
- (3) A. Oshiyama, "Bistability of Oxygen Vacancy in Silicon Dioxides" Proc. 19th Int. Conf. Defects in Semiconductors (Portugal, 1997, Trans Tech Pub) pp1479-1484.
- (4) A. Yokozawa, A. Oshiyama, Y. Miyamoto and S. Kumashiro, "Oxygen Vacancy with Large Lattice Distortion as an Origin of Leakage Currents in SiO₂" IEDM Tech. Dig., 1997, pp703-706.
- (5) A. Oshiyama, "Hole-Injection-Induced Structural Transformation of Oxygen Vacancy in alpha-Quartz" Jpn. J. Appl. Physics, **37**(1998)L232-

L234.

- (6) Y. Okamoto, M. Saito and A. Oshiyama, "Comparative Study of H₂ Molecules in Si and GaAs" Phys. Rev. B **56**(1997)R10016-R10019.
- (7) M. Saito, A. Oshiyama, and Y. Miyamoto, "Atomic Structure and Phonon in the pi bonded chain of the clean diamond(111) surface" Phys. Rev. **B57** (1998) R9412-R9415.
- (8) S. Jeong, A. Oshiyama, "Novel Diffusion Mechanism of Si Adatom on H-terminated Si(100) Surfaces" submitted to Phys. Rev. B.
- (9) T. Akiyama, A. Oshiyama and O. Sugino, "Magic Numbers of Multivacancies in Crystalline Si" submitted to J. Phys. Soc. Jpn.
- (10) N. Kitamura, A. Oshiyama and O. Sugino, "Atomic and Electronic Structures of Deformed Graphite" submitted to J. Phys. Soc. Jpn.
- (11) Y. Okamoto, M. Saito, and A. Oshiyama, "Hybrid Density Functional Study on Vibrational Frequency of a H₂ Molecule at the Tetrahedral Site of Silicon", Phys. Rev. B, in press.
- (12) 押山淳, "シリコン結晶中の原子空孔" 日本応用物理学会誌 **66**(1997)678-684.
- (13) 押山淳, "半導体表面の成長機構と第一原理計算" 19(1998)pp41-146.

電子量子デバイス工学研究分野

表面・界面反応プロセスの分子レベル制御と 表面・界面微細構造の解析と構造設計

分野の目標

21世紀に向けて、高次機能を有する電子デバイスの開発が重要研究課題となっている。そこでキーテクノロジーは原子・分子レベルの構造構築と構造解析であり、デバイス製造プロセスの分子レベルでの反応制御と解析である。原子・分子レベルで制御された反応プロセスで構築される微細構造体においては新しい物性機能の発現が期待できる。そこで本分野では、構造規定された固体表面・界面での分子レベル反応制御によって微細構造を構築することを目的に、表面・界面反応のその場観察法の開発や反応制御法の開発研究を行っている。また、新しい物性機能を有する薄膜電子材料の開発にも取り組んできている。

主な研究テーマは以下の通りである。

1. 半導体表面・界面の極微構造の研究
2. 光電子分光による表面電子物性の研究
3. 半導体表面・界面反応の原子・分子レベル解析と制御
4. 機能性薄膜電子材料の形成と評価
5. 極端波長光励起反応プロセスの解析と応用

平成9年度の主な研究成果

●シリコン表面の原子・分子吸着状態の解明

シリコン・テクノロジーにおいて、表面を原子レベルで制御することが大きな研究課題であり、そのためにはシリコン表面における化学反応機構の微視的な解明が不可欠である。本分野では、シリコン表面反応の超精密“その場”観察手法としての、高感度赤外内部反射分光法の研究を行なってき、赤外分光分析装置を開発・製作した。本年度は、この装置を用いてシリコン表面における酸化反応や水素含有分子の吸着・分解反応を調べた。

水を吸着させたSi (100) 清浄表面の化学状態のアニールによる変化をSi-H伸縮振動領域のスペクトル解析から調べた。その結果、室温での水の解離吸着で生じたSi-H結合とSi-OH結合が表面温度を上げると分解して、酸素原子がシリコン原子間に入り、Si-O-Si架橋結合ができることが分かった。この時さまざまな中間酸化種が生成されるが、酸素が3個、水素が1個結合した酸化種 SiHO_3 が

熱的に安定で、600°C程度の高温まで酸化膜中に残存することが分かった。これは、ウェット酸化で形成される酸化膜中の残留水素の起源を探る上で有用な情報である。

同じ装置で水素原子の吸着・脱離過程を調べ、興味ある事実を明らかにした。下図は、Si (100) (2x1) 清浄表面に原子状水素を曝露していくときのSi-H伸縮振動スペクトルの変化である。

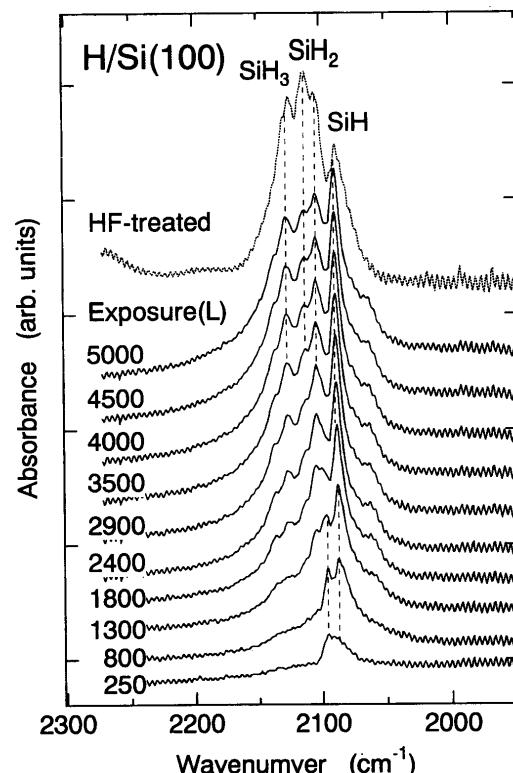


図 原子状水素にさらしたSi (100) (2x1) 表面のSi-H伸縮振動スペクトル。数字は水素曝露量。

曝露量の小さいうちは表面Si原子に水素が1個付いたモノハイドライド成分(Si-H)のみが見られるが、曝露量の増加と共にダイハイドライド(SiH₂)やトリハイドライド成分(SiH₃)が増加している。この変化は表面が水素でエッチングされていくことを示している。水素で飽和吸着した表面をアニールすると、水素が脱離していくが、脱離過程が従来考えられていたものよりかなり複雑であることも実験的に確かめられた。

以上の他に、炭化水素分子、メチルシラン分子、シラン分子等のSi表面吸着過程も調べ、新しい実験事實を明らかにした。それらの成果を半導体表面上のSiCやSiの半導体結晶成長やプラズマ反応プロセスの反応制御に活用する研究を進めている。

●シリコン固液界面反応過程のその場観察

評価・分析センターで開発した、溶液中のシリコン表面化学状態を赤外分光法で”その場”観察する手法を用いて、純水に浸した水素終端シリコン表面の化学状態を分析した。純水中の水素終端シリコン表面では、水素置換反応が進行していること、反応速度は遅いが酸化反応も同時に起こっていることが分かった。また、純水中での酸化と大気中での酸化では、生成される酸化種の量が異なることが分かった。今後、固液反応場は実用的にも重要な反応系を提供すると期待される。現在、固液反応過程の反応機構の解明と制御についても研究を進めている。

●半導体表面上薄膜形成過程の研究

化合物半導体上の絶縁膜や金属の堆積過程を調べることは、量子デバイスを構築する上で需要である。本年度は、昨年度に引き続き、硫黄処理したGaAs表面上の金属、絶縁体薄膜の形成過程を赤外分光法、光電子分光法、AFMを用いて調べた。硫黄処理した表面上では、低温でCaF₂薄膜結晶が形成されること、また、この表面上では金属を堆積すると界面での合金形成が抑制されることが分かった。

次世代の電子デバイスでは、光と電子の制御がキーテクノロジーとなる。そのためには、光デバイス材料の開発も重要である。そこで、本年度は半導体基板上に光電変換材料となるパイライト(FeS₂)薄膜を形成するための基礎的研究も行った。フェロセンと(C₄H₉)₂S₂を原料としたMOCVD法によりパイライト結晶薄膜形成に成功した。

職 員

助教授 庭野 道夫 (1994~)

主な研究発表

学術論文

1. D. Shoji, M. Niwano, and N. Miyamoto : “Low-temperature epitaxial growth of CaF₂ on (NH₄)₂Sx-treated GaAs(100) surface,” Appl. Surf. Sci. Vol.117/118(1997)443-446.
2. M. Niwano, T. Miura, and N. Miyamoto :

“Hydrogen exchange reaction on hydrogen-terminated Si(100) surface during storage in water,” J. Electrochem. Soc. 145(1998)659.

3. Michio Niwano, Miyako Terashi, Masanori Shinohara, and Daisei Shoji : “Oxidation processes on H₂O-chemisorbed Si(100) surface studied by in-situ infrared spectroscopy,” Surf. Sci. (in press)
4. Miyako Terashi, Jyun-ko Kuge, Masanori Shinohara, Daisei Shoji, and Michio Niwano: “Hydrogen adsorption and desorption processes on Si(100),” Applied Surface Science, in press.
5. Daisei Shoji, Taka-aki Miura, Michio Niwano, and Nobuo Miyamoto : “Photoemission study of metal deposition on sulfur-treated GaAs(100),” Applied Surface Science, in press.

口頭発表

国際会議 5件 (うち招待講演 2件)

国内会議 5件

3. 3 コヒーレントウェーブ工学研究部門の目標と成果

近年における電気通信に関する研究は、高速コンピューターに代表されるような研究手法の高度化・インテリジェント化に伴って、情報通信を主とする広域研究へと変遷してきている。また、今後増大する情報量に対応し、より高度な情報化社会を実施するためにも、情報通信を念頭に置いた通信技術の研究開発が急務である。情報通信技術の究極の目標は、バリアフリー通信、即ち「いつでも、誰とでも、何処からでも、いくらでも、どんな情報でも送受できる通信」を実現することにある。この電気通信から情報通信への進展・変遷に対応した研究を効率良く進めるためには、これまでの各個研究から研究分野間の有機的結合をはかる総合的研究が重要である。

本「コヒーレントウェーブ研究部門」は、情報の伝送及び処理のための諸技術を総合的に研究開発することを目的・目標にして組織されているものである。情報通信の発展にとって、伝送媒体となる電磁波（マイクロ波、光波など）を発生・伝送・信号処理する技術の研究開発は根幹の課題である。信号処理の分野では音響波、量子波など各種の波動が活用される。本研究所は、これまで電磁波・光波の発生、伝送に数多くの先駆的業績を持ち、高い水準の研究を進めてきた。また音響振動及びその電子工学との境界分野も、本研究所が世界的に高い評価を得ている研究領域である。本研究部門では、これら電磁波・光波・音響波、更に量子波の研究・技術を有機的・総合的に結合し、各波の周波数スペクトルを高度に利用することにより、情報の伝送及び処理のための諸技術を研究開発することを目的・目標としている。

本研究部門は8研究分野より成り、その内訳は、大きく分けて、電磁波関連に3分野、光波に2分野、音響波に2分野、さらに量子波を研究する1客員分野となっている。次に、これら8分野の目標および平成9年度の成果の概要を記す：

電磁波伝送工学研究分野

ミリ波の実用化を目指し、NRDガイドを基にしたデバイス、システムの開発研究を行った。具体的には漏れ波NRDガイド給電平面アンテナの改善を試み、短絡3dB結合器の原理を用いた折返し給電系、ブロードサイド放射において反射を打ち消すための溝列などを新たに提案し、一段と小形、薄形化された高利得平面アンテナを実現した。この平面アンテナにミリ波回路を組み込んだ実用的な車載レーダについても試作を行った。

極限能動デバイス分野

極限エレクトロニクスの創出を目的として、未開拓な短ミリ波-サブミリ波帯電磁波の高効率、高出力発生の研究、並びに真空と半導体機能を複合化した新しいエレクトロニクスの構築とその工学的応用の研究を行っている。前者では、サイクロトロン高調波で作動するペニオトロンの開発を行い30 GHz帯（サイクロトロン3倍波）で動作効率75%、及びコレクタでのエネルギー回収の併用により実効効率92%を達成した。また、100 GHz帯（同10倍波）で動作効率6%を得た。後者では、微小冷陰極の開発研究を行い、MOS構造トンネル陰極で基板半導体の価電子帯からのトンネル電子放射を初めて実証した。また、化合物半導体共鳴トンネル構造陰極からの電子放射を初めて確認した。

テラヘルツ工学研究分野

電波と光との境界領域であるミリ波・テラヘルツ帯の技術を実用に供するために、この領域で動作する各種デバイスおよび計測システムを開発することを目的としている。本分野では、準光学多素子デバイスの提案・開発を進めているが、今年度はコヒーレント電力合成器に関して60 GHz帯で1.5 W(cw)を得るなど大きな発展があった。また、ミリ波イメージングに関しては、2次元光学系の設計に成功し、実際にプラズマ計測に応用された。更に、ミリ波帯の走査型近接場顕微鏡に関し新しい型のプローブを提案し、波長の100分の1の分解能をもつミリ波帯イメージング法を開発した。テラヘルツ帯開発のキーデバイスと考えているショットキ・ダイオードに関しては、現在4 THz帯の動作に向けて開発を進めている。加えて、同調可能なコヒーレント光源を目指した量子効果デバイスの電力合成、マイクロマシーン技術を用いたミ

リ波・テラヘルツ帯デバイスの研究開発に於いて大きな発展を得た。

応用量子光学分野

光パラメトリック発振（OPO）および差周波発生（DFG）による光波領域の非線形周波数変換に関する研究を行っている。OPOを用いて、0.9-2.1 THz（波長330-140 μm ），DFGにより20-100 THz（15-3 μm ）のコヒーレントで波長可変な電磁波発生に成功した。

光集積工学

新しい導波原理の光集積デバイスの研究と、高性能で生産性の高い光機能デバイスの開発を進めている。まず、10年も前に提唱されて以来未解決であったサブミクロン周期3Dフォトニック結晶の作成プロセスを考案・実証した。すでに、バイアススパッタリング法によるSi / SiO₂系3D周期ナノ構造の形成における自己整形作用のメカニズムを解明し、フォトニック結晶導波路の実現を目指した研究を急速に展開している。さらに、他の高屈折率材料系への拡大や機能性材料の取り込み、3D周期構造加工技術を応用した新機能デバイスの研究・開発にも取り組んでいる。

これと並んで、薄型の光機能デバイス（アイソレータ、増幅器、液晶偏波コントローラ、スイッチ、多層構造を持つ偏光分離素子（LPS）など）の開発と無調整でコア拡大（TEC）ファイバに直接集積化する技術の研究を推進している。

フォノンデバイス工学研究分野

圧電体中及び表面を伝搬する超高周波のフォノン波動が電磁波の波長の10⁵倍であることを用いた高度に集積化した信号処理デバイスの研究とその応用、その波動と電子・光・電磁波との相互作用の基礎とその応用、この波動を発生・検出するのに重要な0.1ミクロン以下の電極を作製する微細加工技術の研究開発、及び高性能基板材料の研究を行うことを目的としている。今までに、圧電体基板上に弾性表面波を励振・受信する“すだれ状電極”を発明し、テレビの中間周波数フィルタ、移動体通信のフィルタなどに広く実用化されている。また、従来の圧電体に比べて10倍の変換効率のKNbO₃単結晶基板を見い出している。この基板を用いた超広帯域低損失フィルタ、発信器及び高効率非線形コンボルバの実用化の研究を進めている。

本年度は、KNbO₃の薄膜化の研究を行い、世界で初めて圧電性のあるKNbO₃薄膜を得た。また、10 GHz帯の低損失フィルタの研究を行い、挿入損失3.3 dBの低損失特性を得た。これらの成果は、次世代の電子情報通信システムへの応用が期待されるものである。

電子音響集積光学研究分野

音声・データ・画像などの情報を各自が分散交換機能をもって、「いつでも、どこでも、誰とでも」やりとりできる携帯情報端末（Tele-Pad）の実現を目指している。この目的に向かい、超高信頼無線通信システム、アナログ／デジタル信号処理回路・デバイス開発から、極微細プロセス技術、新しい弾性表面波（SAW）材料開発までを、一貫して行なっている。

今年度は、スペクトラム拡散（SS）通信方式を用いた「構内SS - CDMA（Code-Division-Multiple-Access）システム」の構築を目指し、チャネル間干渉のない近似同期CDMA符号による基地局相關回路の開発、移動局用相關回路構成の検討を行なった。さらに、ULSI多層配線技術として開発してきた「選択AI CVD技術」を発展させ、「完全自己整合メタライゼーション技術」を用いたGHz帯極微細シリコンアナログRF-CMOS回路の開発を行なっている。

量子波動光学研究分野（客員）

新しい電子デバイス創製のために、電子の波動としての性質に関する基礎的な研究を行う客員研究分野である。堀越佳治氏（NTT基礎研究所）が着任しておられ、原子層制御結晶成長とその物理、および半導体ヘテロ接合の評価技術について研究討論を行った。

電磁波伝送工学研究分野

ミリ波利用技術の確立を目指して

情報化社会の実現には、バリアフリー通信の開発が不可欠であり、それには、電波技術に頼るところが大きい。しかし、周波数帯に殆ど余裕がないのが現状である。このような状況を打開する目的で、電磁波伝送工学研究分野では、未利用周波数帯であるミリ波の開発に取り組んでいる。

ミリ波帯は特殊なスペクトラムである。波長が短いこともさることながら、各種の物質との相互作用が顕著である。これには大気中のH₂OやO₂も含まれ、伝搬損の主因となる。更に、ミリ波帯では金属はもはや電流の良導体とはなり得ない。これらがミリ波開発の隘路となっていた。

例えば、マイクロ波集積回路では、伝送線路としてマイクロストリップ線路やコプレーナ線路などのいわゆるプリント線路が使用される。プリント線路はマイクロ波帯では優れた集積回路用伝送線路であるが、ミリ波帯になると伝送損が急増し、60GHz帯ではその値が50dB/mを超える。更に線路のランダムな製作誤差による不要放射も無視できなくなる。

伝送損の軽減には誘電体線路が有効であることは古くから知られていた。特にミリ波帯になると回路もコンパクトになるので、イメージ線路、ストリップ誘電体線路、Hガイドなど各種の誘電体線路が提案、研究された。プリント線路に比べて、誘電体線路は極めて低損失で、その伝送損は60GHz帯で3dB/m以下であることが確認されている。しかしながら、誘電体線路は曲げることができない。曲げると放射が生じ、損失となる。これでは複雑な集積回路を構成するのに適さない。誘電体線路の不要放射抑制が大きな課題であった。

電磁波伝送工学研究分野ではこの課題に取り組み、不要放射を完全に抑制できる誘電体線路としてNRDガイド（非放射性誘電体線路）を提案した。2枚の導体板を半波長以下の間隔で対向させると電波を全く通さない遮断空間ができる。この中に誘電体線路を構成すると不要放射のない、しかも低損失な伝送路ができる。電磁波伝送工学研究分野の研究目標は、このNRDガイドを用いて、種々の実用ミリ波システムを開発することであり、併せて新しいミリ波応用の可能性を探求することである。

最近、我が国では、ミリ波技術の研究、開発を目的に60GHz帯が開放された。この周波数帯は大気による減衰が大きく、それだけシステム間の干渉が少ない。昨年度は60GHz帯で室内LAN用トランシーバと車載レーダの開発研究を行った。トランシーバは送信電力10mW、パルス変調方式を採用し、伝送速度100Mbps以上、同時・双方向通信が可能である。将来的には、マルチメディア対応を目標に改良を重ねて行く予定である。車載レーダについては実用化が近いとの新聞報道があり、開発が急がれている。本研究室でも60GHz FM-CWレーダについて経済性も考慮した、実用化研究を行った。ガン発振器を外部反射から保護するためのバファには、高価なサーキュレータは必要なく、単に減衰器を挿入するだけで十分であることが分かったが、これは経済性と機械的強度の面で収穫であった。また、受信系でも経済的なシングルミキサで十分なNFが得られることが分かった。このようにして、これまで経済性が疑問視されていたNRDガイド車載レーダも意外に安価に製作できることが明らかになった。

以上のようなNRDガイドミリ波システムの実用化研究と平行して、NRDガイド技術の新しい展開も試みている。NRDガイドにガンダイオードやビームリードダイオードを装荷する技術は実用レベルに達しているが、HEMTやFETなどの3端子素子の装荷法はこれまで殆ど考慮されていなかった。しかし、3端子素子が取り扱えて、NRDガイド技術は本物になるとのコメントもあり、この課題に挑戦した。元来、NRDガイドにはLSMモード、LSEモードの2つの非放射性モードがある。このうち、伝送損の少ないLSMモードが動作モードとして常用されるが、これと直交するLSEモードを併用すると3端子素子が取り扱える。このような着想で本研究を開始し、昨年度は35GHz帯でHEMT増幅器及び発振器の試作を進めた。

さらにミリ波利用技術の開発として平面アンテナの開発を積極的に進めた。NRDガイドは摂動を加えることで漏れ波アンテナになる。しかし、我々は漏れ波NRDガイドをアンテナとしてではなく、平面アンテナの給電系として利用することを新たに提案し、研究を進めている。単なる漏れ波

アンテナでは放射パターンが扇形となるのに対し、漏れ波NRDガイドで給電した平面アンテナの放射パターンはペンシルビームとなる。

また、周波数特性の優れた扇形ホーンは平面アンテナの給電系に適する。しかし、その全長が長いのが難点である。H面扇形ホーンを折り返して全長を短くした折返し扇形ホーンを新たに提案し、研究を進めた。折返し扇形ホーンは多重に折り返しても扇形ホーン特有の広帯域動作は保たれる。実際に22GHzで20%以上の帯域で動作することを確認し、高利得平面アンテナの試作を行った。

一方、進行波アンテナでブロードサイド放射を実現することは、反射が大きいため容易ではない。反射波を抑制するために導波管スロット面とは反対側の下側導体に溝列を設け、スロットアレーによる反射と溝列による反射の大きさが等しくかつ反射波の位相が逆相となるように調整し、効率の良いブロードサイド放射を実現した。スロットアレーのみの場合、スロットの周期が1波長となる20GHzで反射係数は0.74と極めて大きいが、溝列を設けることで反射係数は0.16と小さくなり、溝列による損失も0.1dBと無視できる。

車載レーダへの応用を考え、これらの新しい技術を用いて60GHz帯での高利得平面アンテナの実現について検討した。ミリ波帯で製作の容易な漏れ波NRDガイドを用いた給電系、短絡3dB結合器の原理を用いた折返し給電系、自由空間との整合のために厚さが1/4波長の誘電体スラブで覆って放射効率を改善した長尺スロットアレー、反射を打ち消すための溝列などの技術を用いて、面積が150mm×140mm、厚さが8.4mmの平面アンテナを試作し、59.5GHzで34.7dBiの高利得平面アンテナを実現した。

ミリ波利用の一環として、光変調器の研究も進めている。パーソナル通信を目指したミリ波サブキャリア光ファイバシステムの実現を念頭に置いたものである。これには我々の提案した逆スロット線路が用いられている。逆スロット線路はLN基板中で光波とミリ波の伝搬速度を完全に整合できる優れた線路であり、しかも構造が簡単である。逆スロット線路光変調器は高効率で、60GHz帯の実測によると60mWの入力で1.25Rad.の位相変調が得られる。また、Mach-Zehnder構造にして振幅変調を試み、60GHzにおいて世界でトップレベルの変調効率(Optical Response K=0.17W⁻¹)を実現している。昨年度はこの逆スロット線路を結合線路として用いた60GHz帯光周波数シフタの試作を進めた。

職 員

教 授 米山 務 (1986年より)
助教授 中條 渉 (1997年より)
助 手 デバス ドーン
技 官 我妻 寿彦

教授のプロフィール

昭和34年東北大学通信工学科卒。40年同大学電気通信研究所助教授、現在教授。マイクロ波／ミリ波の研究に従事。NRDガイドを提案。電子情報通信学会マイクロ波研究会委員長、評議員、東北支部長を歴任。第3回アジア太平洋マイクロ波国際会議実行委員長。郵政省通信総合研究所客員研究官。IEEE MTT-S東京支部長、1993-1995 Distinguished Lecturer。電子情報通信学会稻田賞、著述賞、論文賞受賞。1995年度志田林三郎賞受賞。1996年度電子情報通信学会業績賞受賞。1997年度科学技術庁長官賞(研究功績賞)受賞。1997年度電子情報通信学会功績賞受賞。

主な研究発表

1. Millimeter Wave Research Activities in Japan, Tsukasa Yoneyama, Topical Symposium on Millimeter Waves TSMMW '97, July 1997.
2. High Speed PCM Transceiver Base on the NRD Guide Technologies at 60 GHz Band, Futoshi Kuroki, Kengo Ikeda, Kazuhito Fujimoto, Masayuki Sugioka, Shinji Matsukawa, and Tsukasa Yoneyama, Topical Symposium on Millimeter Waves TSMMW '97, July 1997.
3. Millimeter-Wave Planar Antenna for Car Warning Radar, Yoshihiko Wagatsuma, Yoshinao Daicho, and Tsukasa Yoneyama, Topical Symposium on Millimeter Waves TSMMW '97, July 1997.
4. NRD Guide High Speed PCM Transceivers and Experiments on Data Transmission at 60 GHz Band, Futoshi Kuroki, Masayuki Sugioka, Shinji Matsukawa, Kengo Ikeda, and Tsukasa Yoneyama, APMC Proceedings, Dec. 1997.

極限能動デバイス研究分野

真空エレクトロニクスの構築とその工学的応用の研究

人類の活動範囲は、1957年のスプトニクの地球周回以来、大気圏外へと拡大し、活動の規模も原子力利用のような大規模システムを運用するに至っている。また、21世紀においては、核融合エネルギーの利用も不可欠な状況にある。このような人類の活動の範囲と規模の拡大により、その活動の場は、放射線や高温に曝される過酷な環境及びエネルギー密度の極度に集中する環境となることが想定される。一方、その活動は、安全性と信頼性を最優先した科学技術によって支えられなければならない。従って、耐環境、高エネルギー密度などの点での極限エレクトロニクスの創製が、21世紀の人類の活動を支える重要な科学技術の一つとして急務な課題である。真空電子デバイスは、動作媒体を真空としていることから、耐環境性、エネルギー密度、高速性の全てにおいて基本的に優れている。さらに、動作後の余剰エネルギーの回収が可能で、本質的に動作効率が高いという利点があり、真空エレクトロニクス研究の推進、再構築を必要とする基盤がここにある。

本研究分野では、高周波数電磁波源及び耐環境、高機能真空電子デバイスの開発研究を行い、新しい真空エレクトロニクスの基盤を築くことを目的とする。すなわち、前者は、プラズマ核融合の加熱、計測、制御、分子分光などから要求されるミリ波、サブミリ波帯の電磁波源を開発することにある。後者は、真空電子デバイスの利点と半導体微細加工技術を融合して微細真空集積デバイス、いわゆる真空マイクロエレクトロニクスの基礎を築こうとするものである。

高出力ミリ波電磁波源の開発研究は、プラズマ核融合の加熱源としての要請から世界的に活発化したが、現在では加熱用高周波源としての用途のみではなく、プラズマの計測、制御などプラズマ核融合を実現するための必須の技術と考えられている。このような高周波数、高出力電磁波源として開発の進められているデバイスとしては、ジャイロトロン、ペニオトロン、自由電子レーザが挙げられる。中でも、ペニオトロンは、本研究分野で発明、開発の進められているもので、高出力化につれ必然的に要求される高効率動作の点で際立った特徴を持っている。これまでの研究で、電子

ビームの運動エネルギーから電磁波のエネルギーへの変換効率をほぼ100%にできることが理論的に実証されている。また、高周波数化につれて要求されるサイクロトロン高調波動作において、高効率動作を維持できることもペニオトロンの大きな長所である。

これまで、種々のペニオトロンの開発研究を行い、ペニオトロンの長所である高効率性をサイクロトロン基本波及び高調波動作においても実証してきた。これらの研究成果を踏まえて、本年度は、ミリ波帯サイクロトロン高次高調波ペニオトロン、及び実用化に向けて、小型、軽量化の可能な永久磁石を用いたペニオトロンの実験研究を継続して行った。さらに、これらサイクロトロン高速波管の広帯域化を目指して、後進波ジャイロトロンの開発研究を行った。

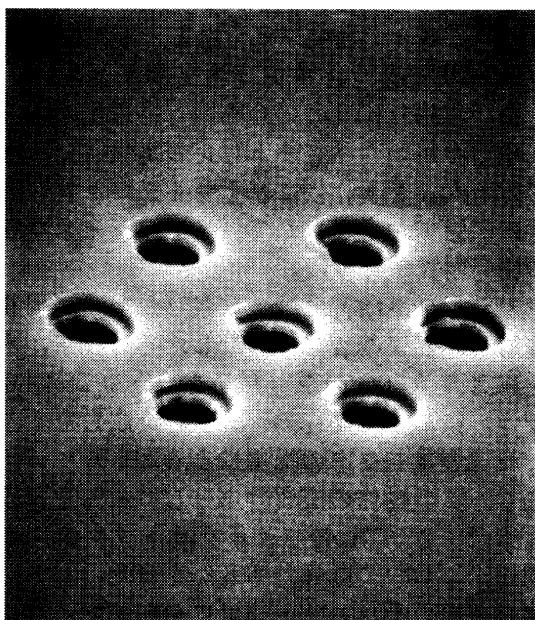
その結果、本研究分野で発案した空間高調波相互作用の概念に基づいて設計したミリ波ペニオトロンにより、30GHz帯（サイクロトロン第3高調波動作）において動作効率75%を達成した。さらに、減速型コレクタの採用によるエネルギー回収により、この動作の実質効率として92%を達成した。また、100GHz帯（サイクロトロン第10高調波動作）において動作効率6%を得た。一方、永久磁石を用いたペニオトロンにおいてマイクロ波帯サイクロトロン2倍高調波動作に成功した。これは今後のマイクロ波帯電磁波の工業応用に道を開くと考えられる。

発振周波数の広帯域化に向けては、マイクロ波帯後進波ジャイロトロンの開発を行い、8～12GHzにわたる広帯域発振に成功した。今後、ミリ波帯での広帯域発振を目指すが、今までにミリ波帯電磁波源の小型化、省エネ化に向けて開発した、伝導冷却超伝導マグネットを用いたミリ波帯ジャイロトロンでの予備実験から、種々の共振モードの選択で、30～140GHzの超広帯域発振が可能なことが確認されている。

一方、高機能微細真空集積デバイスの開発を目的とする真空マイクロエレクトロニクスの推進には、高性能微小冷陰極の開発が不可欠である。このため、Siプロセスを中心とした電界放射陰極アレイ（FEA）、MOSトンネル陰極及び共鳴トンネ

ル陰極の開発研究を行った。

FEAの実用上の最大の課題は、放射電子電流の変動、ばらつき、短絡故障などを如何に克服するかである。原子レベルの多数の針状構造で構成されるFEAでは、これらの要求を全て製造プロセスに負わせることは極めて困難である。このため、FETやTFTなどの能動素子とFEAとを同一基板に集積化して、能動素子により放射電流を制御することを提案してきたが、本年度は、より製作の容易な接合型FETを組み込んだFEAの提案と試作を行い、この方法が電流の制御と安定化に極めて有効であることを実証した。FEAの実用上のもう一つの課題は、放射電子の収束技術である。これに対しても、縦型及び平面構造のビーム収束FEAの試作を行い、その有効性を示した。



ビーム収束型電界放射陰極

平面構造微小冷陰極として、これまでMOSトンネル陰極の研究を行い、トンネル電子放射を世界に先駆けて確認すると共に、トンネル陰極高性能化の最大の課題は、酸化膜中での電子の散乱にあることを明らかにしてきた。さらに、n及びp基板のMOSトンネル陰極からの放射電子のエネルギー分布の測定より、電子放射には、半導体の価電子帯からのトンネル電子放射の寄与が大きいことを初めて明らかにした。共鳴トンネル陰極として、MOS構造、GaAs/AlAs量子構造を持つ共鳴トンネル陰極の研究を行い、MOS構造でFowler-Nordheim共鳴トンネルエミッションを初めて見いだすと共に、GaAs/AlAs量子構造においても初めて電子の空中へのエミッションを見いだした。

一方、これら微小冷陰極を用いて、赤外からX

線領域に及ぶ将来の電磁波源を開拓するため、原研、福岡工大などとの共同研究を継続して行っている。

今後は、微小冷陰極の実用化に向けて、本研究で提案した数々の素子の実証研究と応用研究を進める。

職員

- 教 授 横尾 邦義 (1993年より)
助教授 三村 秀典 (1996年より)
助 手 佐藤 信之, 嶋脇 秀隆
技 官 寒河江克巳

教授の研究歴

昭和37年静岡大学工学部電子工学科卒業、昭和46年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。東北大学助手、助教授を経て、現在電気通信研究所教授。この間、マイクロ波帶電子ビームデバイス、半導体デバイス及び真空マイクロエレクトロニクスデバイスの開発研究に従事。電子情報通信学会、電気学会、応用物理学会、IEEE会員。

研究テーマ

1. ミリ波、サブミリ波電磁波源の開発研究
2. 高性能の電子ビームの発生と工学的応用の研究
3. 微小冷陰極アレイの形成と工学的応用の研究
4. 低エネルギー分散電子線及び単電子の発生に関する研究

主な研究発表

発表論文

- H. Mimura, Y. Abe, J. Ikeda, K. Tahara, Y. Neo, H. Shimawaki and K. Yokoo ; "Resonant Fowler-Nordheim tunneling emission from metal-oxide-semiconductor cathodes", J. Vac. Sci. Tech. 16 March /April, 1998, pp. 803-806.
- J. Ikeda, A. Yamada, K. Okamoto, Y. Abe, K. Tahara, H. Mimura and K. Yokoo ; "Tunneling emission from valence band of Si-MOS electron tunneling cathode", J. Vac. Sci. Tech. 16 March /April, 1998, pp. 818-821.

国際会議報告

- K. Yokoo, M. Arai, M. Kawakami, H. Kayama, N. Kitano and H. Mimura ; "Emission characteristics of JFET-based field emitter arrays", 55th Device Research Conference, Colorado, 1997, pp. 152-153.
- M. Arai, N. Kitano, M. Kawakami, H. Kayama, H. Shimawaki, H. Mimura and K. Yokoo ; "Emission characteristics of Si-FEA with junction FET",

Proceedings of the 10th International Vacuum Microelectronics Conference, Kyongju, 1997, pp. 38-42.

- H. Mimura, Y. Abe, J. Ikeda, K. Tahara, Y. Neo, H. Shimawaki and K. Yokoo ; "Resonant Fowler-Nordheim tunneling emission from metal oxide semiconductor cathodes", Proceedings of the 10th International Vacuum Microelectronics Conference, Kyongju, 1997, pp. 421-425.
- J. Ikeda, A. Yamada, K. Okamoto, Y. Abe, K. Tahara, H. Mimura and K. Yokoo ; "Tunneling emission from valence band of Si-MOS electron tunneling cathode", Proceedings of the 10th International Vacuum Microelectronics Conference, Kyongju, 1997, pp. 593-597.
- K. Yokoo, T. Ishihara, H. Shimawaki, K. Sagae and N. Sato ; "Experiments of space harmonic peniotron for cyclotron high harmonic operation", Conf. Digest of 22th Int. Conf. on Infrared and Millimeter Waves, 1997, pp. 206-207.

テラヘルツ工学研究分野

ミリ波，サブミリ波，テラヘルツ帯における デバイスおよび計測システムの研究開発

電磁波のスペクトラムのうち、ミリ波からテラヘルツ帯（あるいは波長でサブミリ波帯）に亘る領域は、電波と光との境界に位置している。電波と光の両者が共に開発が進み、現在の情報化社会で重要な役割を担っているのに比べ、この領域特にテラヘルツ帯の技術は、その実用化技術の開発が格段に遅れている。しかし、近年の情報通信インフラの整備推進に見られるように、将来の高度情報化社会に向けて周波数資源は益々その重要性を増してきている。また、新機能材料の評価、地球環境計測、あるいはプラズマ計測等の諸分野においても、テラヘルツ領域の技術開発が強く望まれている。

本「テラヘルツ工学研究分野」では、この領域において、実用的な検出器、発振器、計測システム等種々の技術を開発し、新しい電磁波スペクトラムを開拓するための研究を行っている。我々のデバイス開発の指針は次のキーワードに要約される：常温・高速動作、コヒーレント光、cw, tunable。

なお、本分野が中心となって開催している「テラヘルツ工学研究会」(5.2 節を参照)は、この電波と光との境界領域に関する討論の場として所内外の研究者へ公開されているものである。また、本所共同プロジェクト研究「ミリ波・サブミリ波帯計測システムの開発」(4.1 節を参照)の実施に当たっては、本分野でお手伝いさせて頂いている。

以下に本年度の研究テーマ及び成果を述べる。

1. ミリ波帯イメージング技術の研究

ミリ波の応用のうち、計測技術は重要な位置を占める。ミリ波特有の計測分野が多く存在するからである。本分野では、特に 2 種類のミリ波イメージング技術の研究開発を行っている。波長程度の分解能を持つフォーカル・プレーン・イメージングと波長以下の分解能が得られる走査型近接場顕微鏡である。

1-1 フォーカル・プレーン・イメージング

ミリ波帯のイメージング技術は、プラズマ計測、地球環境計測、リモートセンシング、車載レーダー等の分野より要求のある分野である。本研究室では、これまで、プラズマ計測への応用に関し筑

波大学、文部省核融合科学研究所と共同で研究を行ってきた。このテーマは本研究所の共同プロジェクト研究としても採択され、全国の研究者との議論を通して大きな成果を挙げてきている。

今年度は、特にイメージング用 2 次元光学系の設計を中心として研究を行い、収差の少ない系を実現し、世界で始めてミリ波 (70 GHz) を用いた 2 次元プラズマ計測に成功した。

また、環境計測等への応用を目的として、パッシブ・イメージングの研究を行っている。大気のミリ波伝搬特性を考慮して信号・雑音強度の評価を行い、設計チャートを作成した。そのデータを基に、12 GHz 帯に於いてパッシブ・イメージングの基礎実験を行い、外景のイメージングに成功した。更に、イメージング・アレイ用のアンテナについて比較研究を行い、アンテナ間隔（サンプリング間隔）を極小化できるアンテナ構造を提案し、電磁界シミュレーション及びモデル実験にてその動作を確認した。

1-2 走査型近接場顕微鏡

フォーカル・プレーン・イメージング技術では、その分解能は、光学系の回折により制限され波長オーダーになる。一方、最近光領域にて活発な研究が行われている近接場顕微鏡では、その分解能はプローブの形状により決定され、波長よりも十分に小さくすることが可能である。我々はプローブとして導波管端面のスリットを提案した。このプローブの長所は、1) カットオフ条件で制限されないので信号強度が大きい、2) スリット部の電界分布は解析が可能であり、波長よりも充分に小さくし得る、等である。このスリットからの信号に CAT SCAN の信号処理を適用することによって像を再生することが出来る。本年度は、この方法を半導体のフォトキャリアの検出に適用し、60 GHz の信号光を用いて分解能 50 μm を得ることに成功した。今後、本方法を半導体欠陥の高速検出に適用していく予定である。

2. 発振器アレイの研究

短ミリ波、サブミリ波、テラヘルツ帯技術を開発するに際して、コヒーレントで同調可能な発振器の開発は不可欠である。この領域の固体素子は、

いざれも出力が小さく実用的なものからは程遠い。発振器アレイを用いたコヒーレントな電力合成の研究は、固体素子のこの欠点を克服するものである。今年度は、ホーンアンテナを用いた電力合成器で 60 GHz 帯ガンドライオード 9 個のコヒーレント合成により 1.5 W の出力 (cw) を得た。またサブミリ波帯の光源を目的に共鳴トンネルダイオードの研究を続けている。これまで 80 GHz においてダイオード 2 個の電力合成に成功（東京大学との共同研究）しているが、現在負性抵抗 2 端子素子の安定化法について研究を進めている。

3. ショットキ・ダイオードの開発

ショットキ・ダイオードは、高速検出器、ミクサー、周波数倍器などとして常温で動作するテラヘルツ帯開発のキーデバイスである。我々は、これまでに直径 0.3 μmまでの GaAs ダイオードの開発を行い、主としてプラズマ計測用のテラヘルツ帯検出器としてわが国をはじめ、世界各国の諸研究所に供給してきた（核融合科学研究所等との共同研究）。現在研究の主題は 4 THz 用ダイオードの開発にあり、その実現の可能性について基礎解析、モデル実験を行っているところである（本研究所共同プロジェクト研究）。

また、本研究に関連して、雑音による金属-半導体 (M-S) 界面の評価法の研究を行っている。従来、M-S 界面のごく近傍のトラップレベル等を評価出来る方法は知られていない。我々は、M-S ダイオードからの雑音スペクトルを調べることにより、界面近傍の状態を評価する方法を提案し、現在実験を主に研究を進めているところである。

4. 光と電子との相互作用に関する基礎研究

クライストロン等電子ビーム装置の cw 動作の高周波限界は、量子効果に制限されてテラヘルツ帯にあるとされている。本研究は、この理論的な予想を実験によって検証するために計画されたもので、光 ($h\nu = 1.6 \text{ eV}$) と相互作用した電子ビームのエネルギーを精密に測定することを目的としている。相互作用回路は、光ファイバー先端上の間隙幅 200 nm の金属スリットを用いる予定で、現在マイクロマシーン技術を利用してその製作を進めているところである。将来、光領域における小型電子ビーム装置開発のための基礎データーの取得、あるいはエバネッセント波の精密測定手段の開発などの分野に応用できると考えている。

5. マイクロマシーン技術を用いたミリ波。サブミリ波帯素子の製作

ミリ波、サブミリ波領域の回路素子の寸法は、半導体微細製作技術を用いたマイクロマシーン技術による製作に適している。我々は、現在準光学的フィルター、導波管用短絡素子、フォトニックバンド結晶等の製作を行っている。

職 員：水野 皓司（教授、1984年より）、
ベイ ジョンソク（助教授、1992年より）、
濱野哲子（助手、1998年より）、荒木実
（助手、1998年より）。

水野 皓司のプロフィール

昭38東北大・工・電子卒。昭43同大学院博士課程了。工博。東北大助手（昭43），助教授（昭47）を経て、昭59教授（電気通信研究所）。昭47ロンドン大客員研究員、平2 カリフォルニア工科大、ロンドン大客員教授。平2より理化学研究所（フォトダイナミクス研究センター）チームリーダーを兼務。昭59 科学計測振興会賞受賞。平5 IEEE フェロー。学会活動；国内：元応用物理学会東北支部長、電気学会「ミリ波・サブミリ波の技術」調査専門委員会委員長など。国際：94 IR & MM Waves の実行委員長、IEEE MTT-S プログラム委員など。

1997年度の発表論文

1. Millimeter-wave two-dimentional imaging array for the GAMMA 10 tandem mirror, Rev. Sci. Instrum., N. Oyama, A. Mase, T. Tokuzawa, K. Imamura, A. Itakura, T. Tamano, Y. Harada, and K. Mizuno, 68 (1), 500-503, (1997).
2. フィールドフォワード型ニューラルネットワークによるミリ波電波映像の後処理,信学論 c -1, 渡部 謙一, 清水 晃治, 米山 正秀, 水野 皓司, J 80(7), pp.343-353, (1997).
3. Refractive index of nematic liquid crystals in the submillimeter wave region, APPLIED OPTICS, Toshiaki Nose, Susumu Sato, Koji Mizuno, Jongsuck Bae, and Tatsuo Nozokido, 36(25), pp.6383-6387, (1997).
4. Experimental demonstration for scanning near-field optical microscopy using a metal micro-slit probe at millimeter wavelengths, Appl.Phys.Lett., Jongsuck Bae, Tatsuya Okamoto, Tetsu Fujii, Tatsuo Nozokido, and Koji Mizuno, 71(24), pp.3581-3583, (1997).
5. その他 国内学会：14件、国際会議：13件（内 2 件招待講演）

応用量子光学研究分野

多次元高機能コヒーレント光源の創出と その応用に関する研究

<はじめに>

応用量子光学研究分野では、強誘電体、半導体、有機の各種材料における非線形光学特性をはじめとした光物性およびレーザー動作を、材料のミクロな構造制御や高度な時間的空間的制御により、従来無い新たな機能や特性を有する小型・超広帯域コヒーレント光源の開拓とその応用について研究を行なっている。光波による光波の制御を可能とする非線形光学は、光波からテラヘルツ波に至る広範なコヒーレント波の発生から、さらに検出、制御までの一貫した研究を推進しており、その知見と成果に基づいた新たな応用領域の創生を目指している。これらの研究テーマの中で、本年度は2つのテーマの成果をまとめる。

<非線形光学効果を用いた広帯域波長可変コヒーレントTHz波発生>

光波と電波領域の境界にあるテラヘルツ波(THz波)領域は、未開拓の電磁波スペクトル領域であり、分子科学、物性物理学、生命科学において新たな現象の発見をもたらす可能性がきわめて高く、また産業応用においても幅広い展開が期待される。この周波数領域において従来用いられてきた波長可変な光源としては、自由電子レーザーや後進波管のほかステップチューナブルな気体分子レーザーなどがあるが、複雑な装置系や大規模なシステム構成を必要とし、操作の簡便性に欠けるなどの問題点がある。

我々は、非線形光学効果を用いたレーザー光の波長変換によりコヒーレントなTHz波発生に成功しており、テーブルトップサイズのコンパクトなシステム構成で広帯域にわたる連続波長可変性を実現している。図1に装置の構成を示す。励起光源にはQスイッチNd:YAGレーザー(波長1.064μm、強度約10mJ/pulse、パルス幅約10ns)を用いており、非線形性に優れたLiNbO₃におけるポラリトン誘導散乱現象を利用する。近赤外のアイドラー光(波長約1.07μm)に対して光共振器を構成して光パラメトリック発振を起こすことにより、鋭いスペクトル構造をもち、かつガウス形状のビームプロファイルもつコヒーレントなTHz波を得ることができる。散乱過程では挿入図に示すノンコリ

ニア位相整合条件が成立し、角度θを約0.5°から1°まで変化させることにより波長140~300μm(約1~2 THz)が連続的に同調可能であり、操作もきわめて簡便である。端面に設置したSiプリズム結合器を用いることにより、高効率なTHz波の取り出しと発生方向の高い安定性が同時に実現できることを見出し、実験的検証も行った。さらに本光源を用いて大気中の水分のTHz分光や、波長可変性を利用した差分イメージングなどを行い、その有効性を実証した。

今後、非線形光学効果を軸とする波長可変コヒーレントTHz波光源の開発・高性能化およびその応用システムまでの一連の研究を展開し、この電磁波スペクトル空間による生み出される新しい科学技術分野である「テラフォトニクス」の確立と体系化を図る。

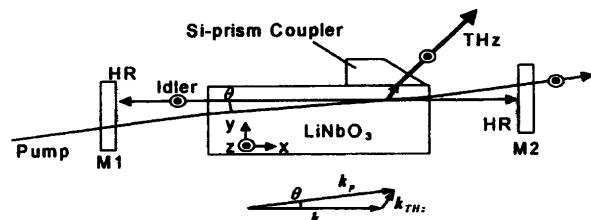


図1 光パラメトリック発振によるTHz波発生装置の構成

<周波数シフト帰還型レーザー>

周波数シフト帰還型レーザー(FSFレーザー)はレーザー共振器内に挿入された音響光学素子(AOM)で周波数シフトした光波を、レーザー媒質に帰還させる構成のレーザーである。われわれは、これまでにその出力スペクトルがチャープ周波数コム(chirped frequency comb)と呼ばれる特徴を有することを明らかにするとともに、その発振機構の解明にも成功している。またその応用として、光距離計測、分光計測への応用に取り組んでいる。利得媒質を半導体レーザー励起固体結晶としたFSFレーザーによる、光距離計測への応用では、4 kmの距離を精度50μm、分解能9 mmで測定可能であるというこれまでにない高い測定性能を実証している。

本年度はFSFレーザーの機能性の向上の一環として、新たなレーザー媒質としてエルビウム添加ファイバー（EDF）を用いた、ファイバー型FSFレーザーの発振に取り組んだ。図2にその構成図を示す。これまでに発振特性を解析した結果、ファイバー型FSFレーザーの出力スペクトルが、固体型FSFレーザーと同様にチャープ周波数コムから成ることが明らかになった。ファイバー型での周波数の変化率は684THz/s、コム成分の生成周期は6.22MHz、コム成分の周波数チャープ幅は強度変化の半値幅において110GHzであった。ファイバー型FSFレーザーの利得媒質であるEDFは、光通信用波長の1.55μm帯で広い利得幅を有しており、その結果固体型FSFレーザーで得られなかった次のような機能性を実現することができた。

1. AOMの駆動周波数によって発振波長を1.549μmから1.559μmの範囲にわたって電子的にチューニングすることが可能
2. 光距離計測の分解能は、コム成分の周波数チャープ幅に反比例の関係にあるので、チャープ幅が広いEDFを用いることによって、距離分解能が1.5mmまで向上
3. 光通信用波長の1.55μm帯で発振するので、光通信網診断用の光源としての利用が期待される。

以上のように、本研究分野では、FSFレーザーに関して、その発振動作機構から応用まで幅広く研究を行っており、今後も引き続きその機能性光源としての有効性の向上を目指した研究を進める計画である。

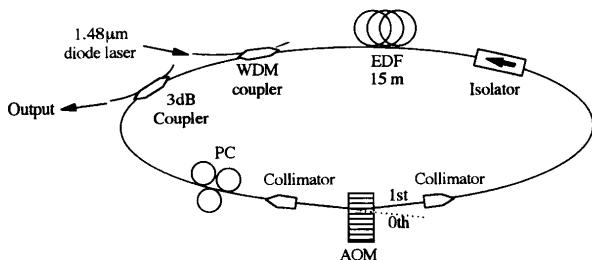


図2 ファイバー型FSFレーザーの構成

エルビウム添加ファイバーを利得媒質としたファイバー型リング共振器に音響光学素子（AOM）を挿入し、その1次回折光を帰還することにより周波数シフト帰還型動作を実現している。

職員

- 教授 伊藤 弘昌 (1993/1~)
助教授 谷内 哲夫 (1996/1~)
助手 四方 潤一, 中村孝一郎

技官 今野 勇治, 田久 長一,
技術補佐員 庄子 鉄雄
秘書 溪井亜紀子

教授のプロフィール

1966年東北大学工学部通信工学科卒業、1972年同大大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。以来一貫して、量子電子工学研究部門（改組により応用量子光学研究分野に移行）で、研究・教育に従事。（この間、1975～1976年に日本学術振興会派遣によるスタンフォード大学客員研究員として、非線形光学の研究に従事。）

研究テーマ

1. ドメイン制御非線形光学の研究
2. 非線形光学効果を用いたTHz波の発生とその応用の研究
3. 周波数シフト帰還型レーザーの研究
4. 有機非線形光学結晶DASTの結晶成長と超高周波域への応用の研究

主な研究発表

1. Chirped-frequency generation in a translated-grating-type frequency-shifted feedback laser, Koichiro Nakamura, Frank V.Kowalski, and Hiromasa Ito, Optics Letters, **22**(12), 889-891 (1997).
2. Unidirectional radiation of widely tunable THz wave using a prism coupler under noncollinear phase matching condition, Kodo Kawase, Manabu Sato, Koichiro Nakamura, Tetsuo Taniuchi, and Hiromasa Ito, Appl.Phys.Lett., **71**(6), 753-755(1997).
3. Dynamic properties of an all solid-state frequency-shifted feedback laser, Kumio Kasahara, Koichiro Nakamura, Manabu Sato, and Hiromasa Ito, Quantum Electronics, **34**(1), 190-203(1998).
4. Widely tunable THz-wave generation by nonlinear optics, Hiromasa Ito, Kodo Kawase, and Junichi Shikata, IEICE TRANS. ELECTRON., **E81-C**(2), 264-268(1998).
5. Difference frequency generation of 5-18 μm in a AgGaSe₂ Crystal, Abedin Kazi Sarwar, Sajjad Haidar, Yuji Konno, Choichi Takyu, and Hiromasa Ito, Applied Optics, **37**(9), 1642-1646(1998).

光集積工学研究分野

フォトニック結晶と微小光機能デバイスの研究

フォトニック結晶とは、3次元周期ナノ構造からなり、個々の材料は透明でありながらある波長域の光に対して禁制帯を生じる媒質である。フォトニック結晶を利用することで、放射損失がない超微細光回路や、自然放出光による損失のないレーザなど様々な革新的光デバイスの実現が可能になるため、次世代の光技術として大いに期待されている。

本研究分野では、信頼性・再現性の高いリソグラフィ技術と多層膜積層技術を利用して、光波帶における本格的な3次元周期ナノ構造（図1）の作製に世界で初めて成功しており、この技術の確立とデバイスへの応用に関する研究を行なっている。これと共に、光機能デバイスを伝送路に直接集積化する技術（ヴァーティカル・フォトニクス）の研究を継続している。

1. 3次元フォトニック結晶とその応用技術

(a) 3次元周期ナノ構造形成とメカニズムの解明

電子ビームリソグラフィーとドライエッチングにより、石英（もしくは半導体）基板上に丸い孔を三角格子状に配列して形成する。穴の直径は $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 程度、孔の中心間隔は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。この基板上にバイアススパッタリング法によりSi/SiO₂多層膜を積層する。ある成膜条件下では、基板に形成した凹凸パターンは多層膜を積層しても保存され、3次元周期構造が形成される。

我々はこの形成メカニズムを堆積シミュレーションを用いることで明らかにした。即ち、バイアススパッタリングは、中性粒子の分散入射、垂直入射イオンによるスパッタエッチング、堆積粒子

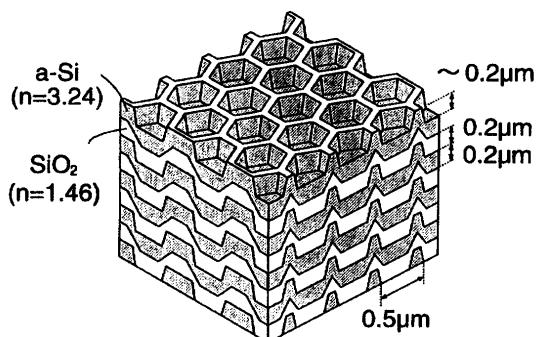


図1 作製した3D周期ナノ構造の概念図

の再付着の3つの効果による重ね合せで表すことができる。図2は溝列の上に多層膜を堆積した時の断面SEM写真と、フィッティングしたシミュレーション結果である。3つの効果が適切な割合で重畠されるときに、凹凸パターンが保存されることが分った。

(b) 面垂直方向の導波路への応用

作製した3D周期構造に対し基板面垂直方向から光を入射し、得られた透過スペクトル（波長 $1\sim1.55\text{ }\mu\text{m}$ ）とFDTD法による計算値と比較して妥当性を確認した。波長 1150 nm では、3D構造部分が遮断域、1D構造部分が透過域となった。周期構造の一部に周期の乱れからなる欠陥を意図的に作製すれば、これに沿って光を伝搬させることができる。

そこで基板上にいくつかの孔を空けずに（これらが欠陥となる）凹凸パターンを形成しその上に多層膜を積層した。図3は7つの欠陥からなる面垂直導波路のAFM像である。また波長 1200 nm において面垂直入射の透過光パターンを観察し、コア部分に光が導波することを確認した。これは3次元フォトニック結晶内の光導波路の世界最初の実験である。

2. 光ファイバ・平面光回路直接集積デバイス

(a) 無調整ファイバ集積光アイソレータアレイ

光ファイバ増幅器の安定動作のため必要なアイソレータアレイを、熱拡散コア拡大（TEC）ファイバに直接、無調整で集積化する方法を研究してきた。今年度はTECファイバの大口径化、低損失化により、挿入損失 0.46 dB 、逆方向損失 54 dB の高性能なアイソレータを達成した。

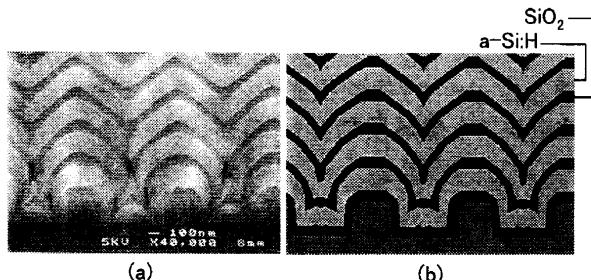


図2 バイアススパッタリングによる凹凸パターンの自己整形。(a) SEM写真と(b) シミュレーション

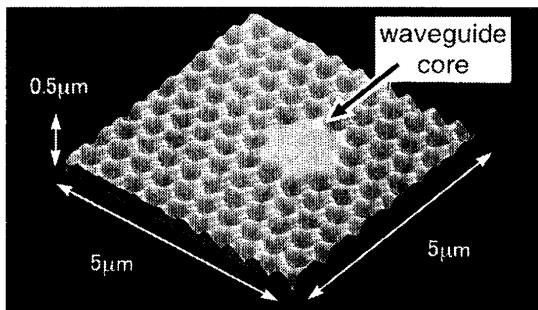


図3 基板垂直導波路のAFM像

(b) 液晶偏波コントローラを用いた半導体増幅器の偏波無依存化

方位を回転できる液晶波長板（RWP）を2枚組み合わせた小型・低電力動作のエンドレス偏波コントローラを作製した。更にその応用として、その中に偏波依存性のある半導体増幅器を組み込み、偏波無依存動作を確認した。

(c) 積層形偏光分離素子（LPS）と光回路への応用

LPSはa-Si:H（またはa-SiC）とSiO₂の誘電体交互多層膜からなり、大きな分離角を有する極めて薄型な偏光分離素子である。rfスパッタリング法やプラズマCDV法で作製したLPSと液晶波長板など薄型素子を、石英やポリマーの平面光回路にハイブリッド集積した光機能デバイスの開発をおこなっている。

(d) 光励起面型半導体光増幅器

加入者系ネットワークにおける分岐損失補償用光増幅器として光励起面型光増幅器を研究した。InGaAs/ InGaAlAs歪み補償100周期MQWからなる広帯域、利得平坦なシングルパス型増幅器を作製と、利得増加のためMQWの両面にDBRミラーを形成したファブリペロ共振型増幅器の設計・作製を行なった。

職員

教授 川上彰二郎（1979年より）

助教授 花泉 修（1996年より）

助手 佐藤 尚、大寺 康夫

技官 相澤 芳三

秘書 菅田亜貴子

研究成果の実用化

GIファイバ、W型ファイバが広く実用化されているのは衆知の通りである。近年の成果である積層型偏光子（LAMIPOL）、ビーム拡大（TECファイバ）、TECファイバを用いたアイソレータは各國でLN変調器、EDFA、光センサなど多くの用途

で実用化されている。

教授のプロフィール

昭和40年東北大学電気通信研究所に入所以来、光通信、光エレクトロニクス技術の分野で研究を続けている。はじめグレーテッドインデックス光ファイバ、W型光ファイバの解析、設計など光ファイバを研究した。その後、主に光機能デバイス・部品に興味をもち、積層形偏光制御素子（LAMIPOL, LPS）、光アイソレータ、スイッチ、アンプ、ビーム拡大（TEC）ファイバなどの各光素子と、それらを統合した光ファイバ集積化機能デバイスの開発を行なった。現在は、新しい光技術として注目されているフォトニック結晶の実現と応用デバイスの研究に力を注いでいる。

主な発表論文

- [1] 川上彰二郎、花泉修、佐藤尚、大寺康夫、川嶋貴之、「Si/SiO₂系サブミクロン周期3Dフォトニック結晶の作製と観察」電子情報通信学会論文誌C-I vol. J80C-I, pp. 296-297, 1997年.
- [2] S. Kawakami, "Fabrication of sub-micrometer 3D periodic structures composed of Si/SiO₂," Electron. Lett., vol.33, pp.1260-1261, 1997.
- [3] 川上彰二郎、佐藤尚、川嶋貴之、「バイアススパッタ法で作製される3D周期ナノ構造の形成機構」電子情報通信学会論文誌 C-I vol.J81-C-I, pp.108-109, 1998年.
- [4] S. Kawakami, "Fabrication processes for 3D periodic nanostructures and photonic crystals, "Integrated Photonics Research '98 (IPR'98) , Victoria, Canada, March-April 1998, paper ITuA3-1 (invited) .
- [5] Y. G. Lee, T. Kawashima, O. Hanaizumi, I. Takahashi, J. Murota, and S. Kawakami, "Low loss laminated polarization splitters for the wavelength longer than 1.3 μ m prepared by plasma enhanced chemical vapor deposition," Thin Solid Films, vol. 292, pp. 179-183, 1997.
- [6] T. Sato, R. Kasahara, J. Sun, and S. Kawakami, "In-line optical isolators integrated into a fiber array without alignment," IEEE Photon. Technol. Lett., vol.9, pp. 943-945, 1997.
- [7] 佐藤尚、星野泰隆、杉山典三、李慵基、川嶋貴之、花泉修、川上彰二郎、「積層形偏光分離素子の2次元光回路へのハイブリッド集積」電子情報通信学会論文誌 C-I vol.J81-C-I, pp.107-108, 1998年.

フォノンデバイス工学研究分野

高性能圧電体単結晶・薄膜と超微細加工プロセスを用いた超高周波弹性波機能デバイスの研究

分野の目標

本研究分野では、来るべき21世紀のグローバルな高度情報化社会に向けて、弹性波（SAW）デバイスの超高周波化、高機能化の実現、ならびに新しい概念の弹性波機能デバイスの研究開発を行うことを目標としている。

弹性波デバイスは、高速・高密度・超小型の周波数制御・選択ならびに信号処理のための独自の機能と優れた特性を有することから、電子・情報通信システムの高度化に大きな役割を果しており、更なる研究・開発が必要である。

具体的には、高速・高密度・超小型の弹性表面波デバイスの研究開発のために、大きな電気機械結合係数と大きな音速をもつ圧電体単結晶及び圧電単結晶薄膜材料の研究・開発、それらの材料中を伝搬する線形・非線形の弹性波動の解明、及びその波動を用いた高性能デバイス、また、弹性表面波と光波の相互作用を利用して、光の偏向、変調、周波数変換、フィルタリング、ミキシングなどの機能をもつ高性能光デバイスの研究、更に、薄膜半導体と弹性表面波との相互作用を利用した、スペクトル拡散通信のキーデバイスである高効率コンボルバの開発を行う。また、弹性表面波デバイスの超高周波化、即ちGHz帯から数十GHz帯のデバイスを得るためのナノメータ超微細加工プロセスの研究を行い、GHz帯の弹性表面波機能素子の実現を図る。

また、強誘電体分極分布を純電気的に計測できる走査型非線形誘電率顕微鏡を用いた強誘電体材料の評価技術の開発と強誘電体記録の研究を行う。

過去1年間の主な成果

(1)新圧電体単結晶・薄膜材料の研究

KNbO_3 超高結合圧電体単結晶及び薄膜と高機能デバイスへの応用の研究

電気機械結合係数 (K^2) が大きい材料は、広帯域SAWフィルタ、高効率SAWデバイス、非線形SAWデバイスなどにおいて非常に重要である。これまでの研究で、 KNbO_3 単結晶は、従来 K^2 が最も大きいとされていた LiNbO_3 の約10倍の値を有することを見出している。(図1)

本年度は、MOCVD法およびスパッタリング法による KNbO_3 の薄膜作製の研究を行った。その結果、世界で初めて圧電性のある KNbO_3 薄膜を得た。また、弹性表面波の励振・受信特性を測定し、この薄膜が約2%の電気機械結合係数を有することを確認した。

(2)超高周波低損失弹性表面波デバイスの研究

高密度電子情報通信のためには、数GHz帯から数10 GHz帯のSAWデバイスの研究・開発が重要である。そのために必要となる、ナノメータ超微細加工プロセスの研究を行っている。

本年度は、128° Y-X LiNbO_3 基板上に線幅約0.09 μm の微細な周期電極を作製し、10GHz帯で挿入損失3.3dBの低損失SAWフィルタを得た。(図2)

(3)高効率SAWコンボルバ及びマッチドフィルタの研究

スペクトラム拡散通信システムに応用される、エラスティック型、及び、半導体薄膜を用いたストリップ結合型のSAWコンボルバ、及びSAWマッチドフィルタの研究を行っている。

本年度は、 KNbO_3 圧電体単結晶を用いたエラスティック型SAWコンボルバの研究を行い、従来より約15dB高効率の特性を得た。

(4)誘電率変化型顕微鏡の研究

誘電材料中のミクロな誘電率温度係数分布や熱の流れの可視化計測及び誘電材料を構成する元素の分光計測が可能な光熱誘電率分光顕微鏡、及び、強誘電分極分布が純電気的に高速かつ高分解能で観測できる走査型非線形誘電率顕微鏡の研究開発とそれを用いた材料評価を行っている。

本年度は、走査型非線形誘電率顕微鏡の高分解能化の研究を行い、集中定数型プローブを開発し、サブミクロンの分解能を実現した。

職員名

教授 山之内和彦 (1979年より)

助教授 長 康雄 (1997年より)

助手 目黒 敏靖

助手 小田川裕之

技官 我妻 康夫

教授のプロフィール
山之内 和彦（やまのうち かずひこ）

東北大通信工学科卒業（1959年），博士課程修了（1965年），博士論文「サイクロトロン波を用いたマイクロ波電子管に関する研究」。東北大通研助手（1965年），助教授（1968年），教授（1979年），米国コーネル大学客員教授（1979～1980年）。1979年発明賞，1984年市村賞，1995年電子情報通信学会業績賞。1995年からIEEE Transaction of UFFC のAssociate EditorとADCOM委員。日本学術振興会弹性波素子技術第150委員会委員長。

過去1年間の主な発表論文

- (1) K.Yamanouchi, H.Odagawa, T.Kojima and T.Matsumura : "Super High Electromechanical Coupling and Zero-Temperature Coefficient Surface Acoustic Wave Substrate in KNbO₃ Single Crystal", 1997 IEEE Int. Freq. Control Symp. Proc. (1997) pp.540-543.
- (2) K.Yamanouchi, J.A.Qureshi and H.Odagawa : "15 GHz Range Surface Acoustic Wave Filters Using Electrode Thickness Difference Type of Unidirectional Transducers", 1997 IEEE Ultrason. Symp. Proc. (1997) pp.61-64.
- (3) K.Yamanouchi, H.Odagawa, K.Morozumi and Y.Cho: "High Efficient Elastic Convolver Using KNbO₃ Substrate", 1997 IEEE Ultrason. Symp. Proc. (1997) pp.335-338.
- (4) H.Odagawa, T.Kojima, T.Meguro, Y.Wagatsuma and K.Yamanouchi: "GHz-Range Conventional $\lambda/4$ Unidirectional Surface Acoustic Wave Transducers and Their Application to Low-Loss and Zero-Temperature Coefficient Filters" , Jpn.J.Appl.Phys. Vol.36, No.5B(1997) pp.3087-3090.
- (5) Y.Takeuchi and K.Yamanouchi: "Surface Acoustic Wave Propagation Characteristics under the Coded Electrodes of Surface Acoustic Wave Matched Filters" , Jpn.J.Appl.Phys. Vol.36, No.5B(1997) pp.3096-3100.
- (6) M.Takeuchi, H.Odagawa, M.Tanaka and K.Yamanouchi : "Low-Loss Surface Acoustic Wave Filter on Natural-Single Phase Unidirectional Transducer Orientations of a Li₂B₄O₇Substrate" , Jpn.J.Appl.Phys. Vol.36, No.5B(1997) pp.3091-3095.
- (7) Y.Cho, T.Kumamaru and T.Kasahara :"Observation of Photothermal Dielectric Signal for Powder" , Jpn. J.

Appl. Phys., Vol.36, No.5B (1997) , pp.3303-3304.

- (8) Y.Cho, S. Atsumi and K. Nakamura : "Scanning Nonlinear Dielectric Microscope Using a Lumped Constant Resonator Probe and Its Application to Investigation of Ferroelectric Polarization Distributions", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.36, No.5B (1997), pp.3152-3156.
- (9) Y.Cho and T.Kasahara : "Temperature Coefficient Image of Dielectric Material", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.36, No.9B(1997), pp.6001-6003.
- (10) H.Kanaya, T. Kaneyuki, H. Senoh, Y. Cho and I. Awai: "Microwave Characteristics of YBaCuO Coplanar Waveguide Resonators Fabricated by the Sol-Gel Process on Polycrystalline MgO", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.36, No.10(1997), pp.6311-6315.

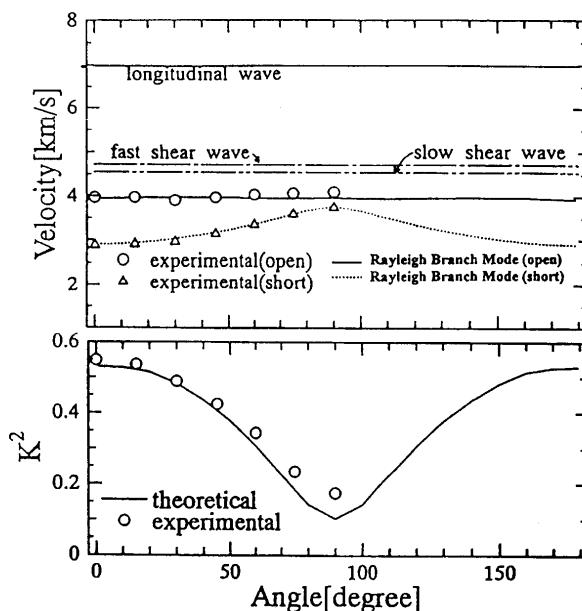


図1 回YカットX伝搬KNbO₃の弾性表面波伝搬特性

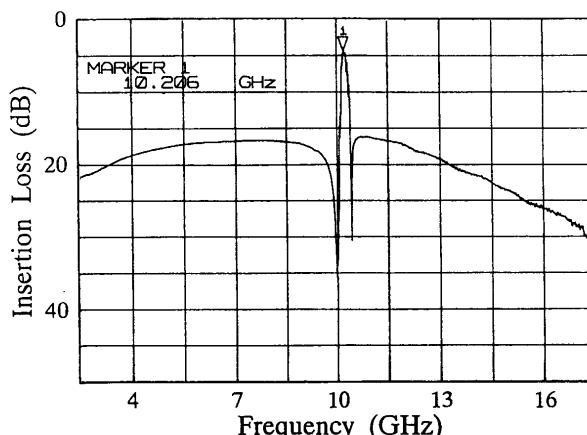


図2 10GHz帯低損失弾性表面波フィルタの周波数特性

電子音響集積工学研究分野

超高信頼性無線通信技術を目指した システム・回路・デバイス・プロセス・材料の一貫した研究

21世紀の高度情報化社会において、各個人はTele-Padと命名される携帯情報無線端末をもち、Tele-Pad相互間あるいは基幹ネットワークに接続されたスーパー・ワーカステーションとの間で、音声・データ・画像などの情報を各自が分散交換機能をもって、「いつでも、どこでも、誰とでも」自由にやりとりするC&Cのパーソナル化がますます進展すると考えている。本研究分野では、Tele-Padの実現を目的に、システム・回路・デバイス・プロセス・材料の一貫した研究を行っている（図1）。以下本年度の成果について述べる。

《超高信頼性スペクトラム拡散(SS)通信モデム》

スペクトラム拡散通信方式は、ベースバンドデータを高速の擬似雑音（PN）コードで2次変調し、周波数帯域を拡散して送信し受信側では送信側と同じPNコードを用いて相関をとり（2次復調）、元のデータに復調する。拡散・逆拡散のプロセスによりSS固有のS/N改善であるプロセスゲインが得られ、無線通信区間をロバスト化できる。また、PNコードによるチャネル識別能力、即ちCDMA（Code Division Multiple Access）が可能であり、さらに位置検出が可能といった特徴をもつ。

ノイズレベル以下になる受信信号を逆拡散により復調するためには相関素子が必要であるが、特に携帯端末には低消費かつ小型相関素子が必須である。本研究分野では、IF（200MHz）帯で非同期で相関処理を行うデバイスとして、ZnO/Si構造SAWコンボルバを開発・実用化し、国内認可第1号となる2.4GHz非同期SS無線モデムを開発した。

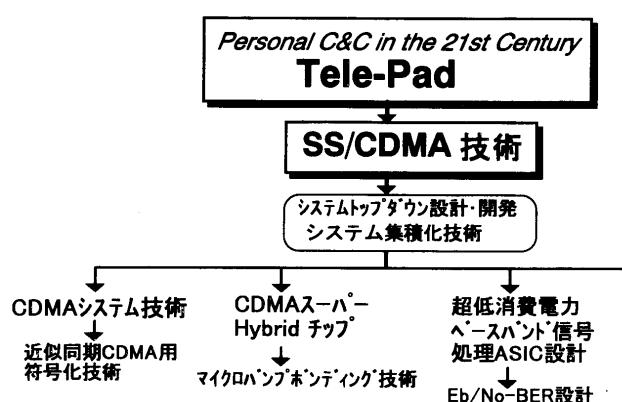


図1 電子音響集積工学研究分野の研究目標

次に、SS-CDMA通信方式を用いる「構内CDMAシステム」（図2a）の構築を目指した。

多数の移動局から任意の時間に信号を受け取る必要のある基地局への「Upリンク」側では、チャネル間干渉のない近似同期CDMA符号（末広符号）を使用する。従来多相系列であったこの符号を少ない位相状態で実現する方法を提案し、実際にSAWコンボルバを用いた相関回路の試作・評価を行った結果、末広符号を用いたセル化CDMAシステムの性能としてセル半径約160mが可能である事を示している。今年度は、さらなる末広符号の相関回路への最適な適用法を検討・評価した。

一方受信機に小型・低消費電力復調器が必須となる移動局への「Downリンク」側では、2.4GHz SS信号を直接ベースバンドデータに復調するフロントエンドマッチトフィルタを用いる。本研究分野で開発してきた窒化アルミニウム/サファイア（AlN/Al₂O₃）構造は、約6,000m/secの高音速を有し、かつ本研究分野で見出した零温度係数伝搬遅延時間特性を持つので、2.4GHzフロントエンドSAWマッチトフィルタに最適な材料である。これまで設計・開発したマッチトフィルタを用いて2MbpsカードサイズSS復調器を開発し（図2b），消費電力わずか28mWで動作可能である事を明らかにしている。

本年度は、システム・デバイス的観点からSAWマッチトフィルタのさらなる動作安定化を図り、電極構成の検討を行い、さらに電極形成プロセス技術として高選択性反応性イオンエッ칭

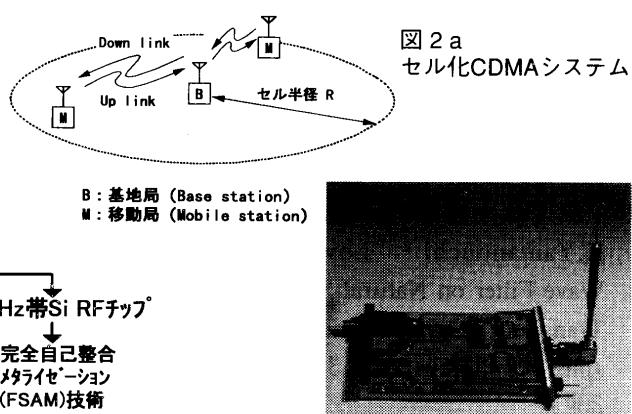


図2b 2.4GHzフロントエンドSAWマッチトフィルタを用いたカードサイズSS復調器

(RIE) 技術の検討を行なった。また、AlNエピタキシャル成長技術に関しては、2インチサファイア基板上に膜厚分布±1%でAlN膜を成長させる「クヌーセン圧MO-CVD技術」を確立し、AlN表面クラック低減の為の高温成長の検討を行なった。

《極微細シリコン技術》

RFからベースバンドまでの信号処理のためにはSi集積回路の高速化が必須である。本研究分野では極微細0.1 μm MOSFETを設計・試作し、低電圧駆動高速MOSFETの作製プロセスを確立している。この極微細MOSデバイス技術を発展させ、GHz帯シリコンRFモジュールの開発を行っている。具体的には、ULSI多層配線技術として本研究分野で開発してきた「選択Al CVD技術」を、積極的に高周波MOSFETの寄生抵抗低減に応用した「完全自己整合メタライゼーション（Fully Self-Aligned Metalization;FSAM）技術」である。本年度は、素子のゲート/ソース・ドレイン上にサリサイド、選択CVD-Alを用いた場合の寄生抵抗低減効果をシミュレーションにより評価し、プロセス技術としては、Tiサリサイド上に自己整合窒化によりTi-Si-N極薄バリア層形成する技術を確立し、寄生抵抗値を評価した。このデバイス・プロセス技術を発展させ、GHz帯シリコンRFアナログデバイスを実現し、携帯端末用極微細Si RFモジュールの研究を進めている。

《超低消費電力Si集積回路》

[RF～ベースバンド回路設計技術] 乾電池で動作するTele-Pad実現のためには、アナログ・デジタル信号処理集積回路の低消費電力化が必須である。本研究分野では、システムから回路、デバイスレベルまでを一貫して評価する指標として、通信システムの設計・評価に広く用いられているEb/No-BER(Eb: 1ビット当たりのエネルギー、No: 1Hz当たりの雑音電力、BER: ビット誤り率)特性を提案している。本年度は、このEb/No-BER特性が単一電子トランジスタ(SET)回路にも適用可能である事をシミュレーションにより明らかにし、超低消費電力回路設計技術へと発展させていく。

<職員>教授 坪内 和夫 (1993年より)

助教授 益 一哉 (1993年より)

助手 横山 道央

<坪内和夫教授のプロフィール>

昭和49年3月名古屋大学大学院博士課程修了。工学博士。昭和49年4月東北大学電気通信研究所助手。昭和57年3月～10月米国パーデュ大学客員助教授。昭和58年3月助教授。平成5年3月教授。

昭和58年服部報公賞、平成6年第26回市村学術貢献賞、平成8年第11回電気通信普及財団賞（テレコムシステム技術賞）受賞。平成9年第22回井上春成賞受賞。

日本物理学会、日本応用物理学会、電気学会、電子情報通信学会、IEEE会員

<研究テーマ>

1. 高信頼性GHz帯SS-CDMA方式無線通信モデル及びシステムの研究
2. GHz帯弾性表面波信号処理デバイス及び材料の研究
3. 超低消費電力GHz帯サブ0.1 μm SiアナログRFチップの研究
4. サブ0.1 μm 超微細プロセス技術の研究
5. 0.01 μm プロセス技術とデバイスの研究

<主な研究発表>

1. Spread Spectrum Wireless Card Using 2.4GHz Front-End SAW Matched Filter, K. Tsubouchi and K. Masu, IEEE German MTT/AP Chapter International Workshop on Commercial Radio Sensor and Communication Techniques, 21 April, 1997, Sindelfingen.
2. AlN Epitaxial Growth on Atomically Flat Initially Nitrided α -Al₂O₃ Wafer, T. Suetsugu, T. Yamazaki, S. Tomabechi, K. Wada, K. Masu and K. Tsubouchi, Appl. Surface Science, 117/118 (1997) p.540-545.
3. Self-Aligned 10-nm Barrier Layer Formation Technology for Fully Self-Aligned Metallization MOSFET, H. Matsuhashi, A. Gotoh, C.-H. Lee, M. Yokoyama, K. Masu and K. Tsubouchi, Ext. Abst. 1997 Int. Conf. Solid State Device and Materials, Hamamatsu, 1997, p.124-125.
4. Superiority of DMAH to DMEAA for Al CVD technology, H. Matsuhashi, C.-H. Lee, K. Masu, and K. Tsubouchi, Advanced Metallization and Interconnect Systems for ULSI Applications in 1997: US Session, San Diego, Oct.1, 1997.
5. Concept of Dimensional Scaling in SET Circuits, K. Masu, S. Shimano and K. Tsubouchi, The 3rd International Workshop on Quantum Functional Devices, (QFD'97), NIST Gaithersburg, November 5-7, 1997, WeS24.
6. Reduction of parasitic resistances in wide-gate fully-self-aligned-metallization (FSAM) MOSFET, M. Yokoyama, R. Tajima, H. Matsuhashi, C.-H. Lee, K. Masu, and K. Tsubouchi, Advanced Metallization and Interconnect Systems for ULSI Applications in 1997: US Session, San Diego, Oct.1, 1997.

量子波動工学研究分野（客員分野）

電子／光波相互作用に基づいた 高効率高性能な光デバイスの創出

○分野の目標

結晶中の波動の振る舞いを、マクロなデバイス構造およびミクロな材料構造の観点から解析し、さらに、ミリ波から光波までを体系的に扱うことにより、高効率で高性能な新しい光デバイスを創出する。

○主な成果

波長多重光通信に不可欠な波長フィルターや波長変換デバイスの研究においては半導体は魅力的な材料の一つであるが、その大きな温度依存性が課題となる。屈折率温度係数の異なる導波路を従属接続することにより干渉計型光フィルターの温度依存性を1桁改善した。また、キャリア寿命により制限されるスイッチング速度限界を打破することを目指し、波長可変DBRレーザと電界吸収型変調器をモノリシックに集積することにより60ps以下の波長スイッチング速度を実現した。0.3μm以下の微細正方断面活性層を有する半導体増幅器型光ゲートを製作し高消光比(>40dB)低駆動電流(6mA)の偏波無依存動作を実現した。

半導体デバイスと屈折率の異なるファイバーやガラス系の平面光波回路との接続損の低減のためには半導体導波路の伝搬モードサイズを拡大することが必須である。このために、横方向あるいは縦方向にテープ形状を導入した各種のInP系半導体導波路の伝搬モード解析を3次元セミベクトルFD-BPM法により行った。その結果、モード変換損を含め平面カットシングルモードファイバーへのレンズ無し結合損が1.5dB以下の変換構造が実現できる事を明らかにした。

半導体材料自体に波長オーダーの周期構造を導入し、これにより生ずるフォトニックバンドギャップを利用することにより、極微細光回路や自然放出光を抑制した光デバイスが実現可能となる。周期構造の導入方法および半導体活性層の埋込方法について検討を進めた。

また、マイクロ波フォトニクス(MWP)分野での新機能デバイスの創出を目指しマイクロ波／ミリ波と光波の相互作用の研究も進めている。

○職員名

客員教授 永沼 充 (1997年より)

○教授のプロフィール

1971年横浜国立大学工学部電気工学科卒業。1976年東京工業大学大学院博士課程電子工学専攻終了(工学博士)。ただちに日本電信電話公社(現NTT)に入社。同社武蔵野電気通信研究所においてIII-V族化合物半導体超格子薄膜のMBE成長とその光物性の研究等に従事。この間1984年より1年間南カリフォルニア大学物理学科客員研究员。1987年よりNTT光エレクトロニクス研究所にて量子薄膜、量子細線等の量子閉じ込め構造を適用した通信用光デバイスおよび半導体光集積デバイスの研究開発等に従事。1997年4月より東北大學電気通信研究所量子波動工学研究分野客員教授に就任。

○発表論文等

1. K. Kawano, M. Kotoku, H. Okamoto, Y. Itaya, and M. Naganuma, "Coupling and Conversion Characteristics of Spotsizes-Converter-Integrated Laser Diodes", IEEE J. Selected Topics in Quantum Electron., Vol.3, No.6, pp.1351-1360, 1997
2. K. Kawano, M. Kotoku, H. Okamoto, Y. Itaya, and M. Naganuma, "Comparison of Coupling Characteristics for Several Spotsizes-Converter-Integrated Laser Diodes in the 1.3-μm-Wavelength Region", IEEE Photonics Technol. Lett. Vol.9, No.4, pp.428-430, 1997
3. 竹下達也, 吉野薰, 伊藤敏夫, Wayne Lui, 曲克明, 鈴木安弘, 永沼充, “波長帯域を広くした偏波無依存LD型光スイッチモジュール”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-C-1, No.3, pp.144-146, 1997
4. K. Kawano, M. Kotoku, M. Wada, H. Okamoto, Y. Itaya, and M. Naganuma, "3-D Semivectorical Beam Propagation Analysis of a Spotsizes-Converter-Integrated Laser Diode in the 1.3-μm-Wavelength Region", IEEE Photonics Technol. Lett. Vol.9, No.1, pp.19-21, 1997
5. M. Naganuma and Y. Yoshikuni, "Semiconductor Photonic Switching Devices", 2nd Optoelectronics

and Communications Conference, Seoul, Korea, July
8-11, 9C5-2, 1997

6. T.Ito, N.Yoshimoto, K.Magari, K.Kishi, Y.Kondo,
and M.Naganuma, "Extremely Low Operating
Current SOA Gate for WDM Applications", 2nd
Optoelectronics and Communications Conference,
Seoul, Korea, July 8-11, PDP1-1, 1997

3.4 超高密度・高速知能システム実験施設の目標と成果

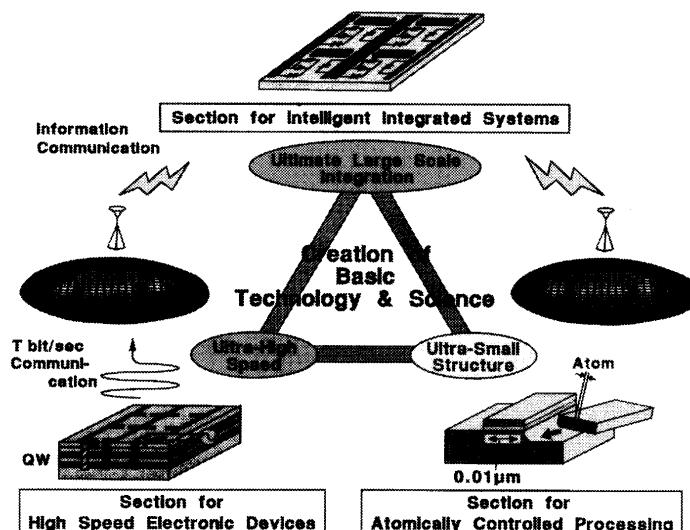
東北大学電気通信研究所超高密度・高速知能システム実験施設は、平成6年6月24日、極微細構造電子回路加工技術を進展させると共に、極微新機能電子デバイスの開発と、それらの性能を活用して高度な知能的処理を行い得る超高密度・高速知能システムの基盤技術を構築することを目的として設置された。

本施設は、原子制御プロセス部、超高速電子デバイス部、知能集積システム部の3部と、施設共通部から成る。原子制御プロセス部では、原子精度の極微構造（厚さ方向1nm、面内方向10nmスケール）を製作するため、新概念の微小領域高精度パターニング技術、表面吸着・反応の解析・制御による原子オーダーの表面処理・成膜・エッチング技術、原子スケールでの場観察評価分析技術等を研究開発し、原子制御プロセス基盤技術を創生する。超高速電子デバイス部では、超高速（Tbit/s）情報通信を可能にするため、半導体極微ヘテロ接合により形成する電子波などの極微細波動を用いて、光波・電磁波の発生・変調・增幅から検出までを行う高速エレクトロニクス・高速フォトニクス、多重伝送技術等を研究開発し、極微細波動基盤技術を創生する。知能集積システム部では、知的情報処理システムの構成法の確立、知的集積回路のCADとその製作、人工集積神経回路網の解析と応用、並びにそれに向けた新しいデバイスの開発を目標としている。それに伴い大規模集積回路の構成全般にわたる設計・製作・検査から組立までの新概念に基づく基盤技術の開発をも併せて行っている。これらにより超高密度・高速知能システムの構築を目指す。また、電気通信研究所の各部門およびその構成要素である研究分野、さらに工学研究科の電気通信工学、電子工学専攻や情報科学研究科の各講座が研究開発した成果を有効かつ集中的に具体化すると同時に、全国の電気通信分野の研究者の英知を結集して共同プロジェクト研究を行う。

原子制御プロセス部では本年度は、SiやGe表面での一原子層成長の体系化を念頭に、Si, Ge, C, N, WのCVD一原子層形成過程を表面の水素終端や再配列超格子構造と関係付けながら明らかにした。またECRプラズマを用いてSi, Geに引き続きSiGe, Si窒化膜の原子層エッチングを実現した。さらに、新構造極微細MOSFETのソース／ドレイン形成に用いたSi_{1-x}Ge_xへのin-situドーピング過程を定式化した。

超高速電子デバイス部では、フェムト秒短パルスレーザーを用い、分子線エピタキシ法で作製したGaAs/AIGaAs量子井戸における電子のスピン緩和時間測定し、電子の移動度との関係を明らかにした。また、スピンを用いたデバイス材料として期待される強磁性半導体(Ga, Mn)Asと非磁性半導体(Ga, Al, In)Asのヘテロ構造を作製し、(Ga, Mn)Asのバンド構造や相互作用の大きさを調べ、定量化を行った。

知能集積システム部では、人工神経回路における多数のリミットサイクルが同時共存する状態を動的連想記憶として用いるため、集積化神経回路を試作、また神経回路の能力向上を第一目的として、カオス発生回路の製作を行い、カオス発生を確認し、集積化神経回路とともにその性能評価を行った。



原子制御プロセス部

原子精度の極微細構造製作のための基盤技術の研究

物質の加工すなわち薄膜形成やエッティングを原子オーダの精度で制御するプロセス技術の開発は、将来の超大規模集積回路（ULSI）の大容量化・高速化や量子効果を積極的に利用した新機能デバイス製作、さらに、従来のバルク材料とは異なる未知の新物性を持つ材料の創生のために極めて重要である。本研究部は、ULSIに密接に関連するSi系材料の原子層加工技術、すなわち原子層成長と原子層エッティング、表面処理、並びに、低温ヘテロエピタキシャル成長とその極微細デバイスへの応用の研究を中心に行っている。

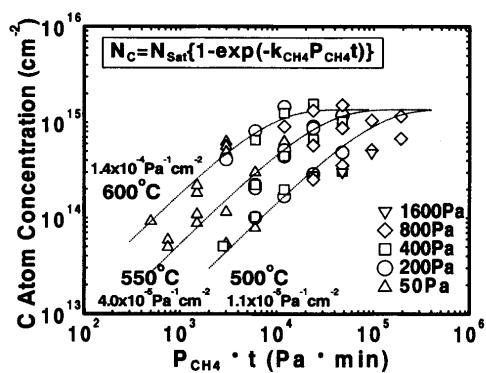
原子層成長制御CVD

Si集積回路製作への適応性を考え、原料ガスとして最も単純な分子構造でかつ取り扱いの容易なSiH₄、GeH₄等の水素化物ガスを用い、IV族半導体のCVD原子層成長を実現してきた。連続的反応を抑制するよう反応温度の低温化を図り、反応雰囲気の高清浄化により不要不純物の吸着を抑え、原料ガスの供給を止めることなく高い分圧（数Pa～数百Pa）に保ったまま単分子吸着層の形成を図る。そして必要に応じてこの吸着層のみをフラッシュ光照射による瞬時加熱で分解し、SiやGeの一原子層ずつの成長を可能にするという独創的な原子層成長制御の方式を用いている。本年度は特に、Ge表面でのSiH₄の一原子層反応過程、NH₃による300～500°Cでの原子層熱窒化過程、CH₄による500～600°Cでの一原子層炭化過程等が、拡張したラン

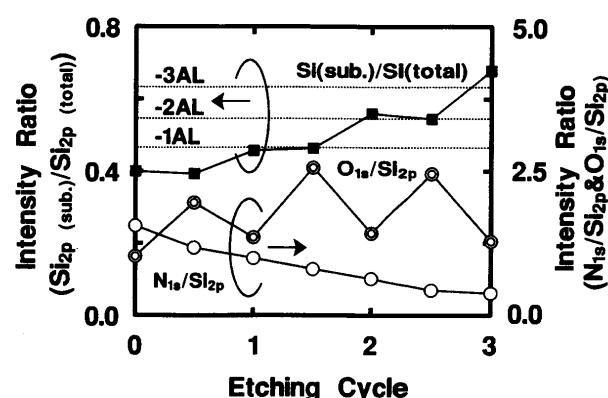
グミュア型の吸着反応式で記述できることを明らかにした。また、単原子層成長やエピタキシャル成長初期過程に重大な影響を与えるGe及びSi表面の水素終端や再配列超格子構造の制御法、W膜の原子層オーダの成膜初期過程を明らかにした。

原子層エッティング

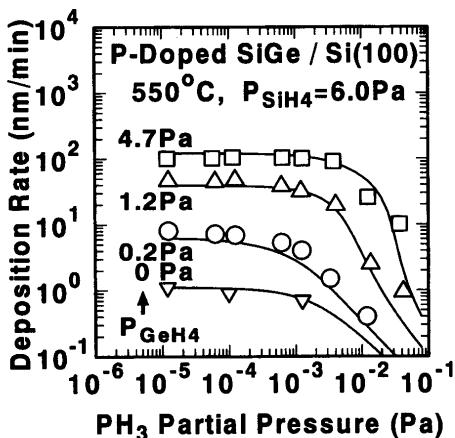
高清浄電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマエッティング装置を用いて表面への塩素の吸着と低エネルギーAr⁺イオン照射を交互に行うことにより、SiやGeの自己制限型原子層エッティングが可能であり、超微細パターン加工もできることを実証してきた。本年度はさらに、SiGeの原子層エッティングを同様の方法で実現し、Si、Ge、SiGe共通して、塩素が飽和吸着している条件ではAr⁺イオン照射量が少ないところで1サイクル当たり約1/4原子層がエッティングされ、Ar⁺イオン照射量の増加と共に1原子層に飽和するエッティングがおこることを明らかにした。また、Geの方がSiより反応性が高いことが原子層エッティング特性にも現れることを明らかにした。さらに、Si窒化膜の原子層エッティングの方法として役割分担型エッティング法を提案し、水素添加Arプラズマにより励起水素とイオンの照射エネルギー・照射量の制御によりN原子とSi原子を交互に除去できることを実証し、絶縁体化合物の原子層エッティングへの路を開いた。



CH₄によるSi(100)上のCの原子層成長



Si窒化膜の役割分担型原子層エッティング

Si_{1-x}Ge_xへのPのIn-situ ドーピング過程の定式化

低温ヘテロエピタキシャル成長と極微細デバイスの製作

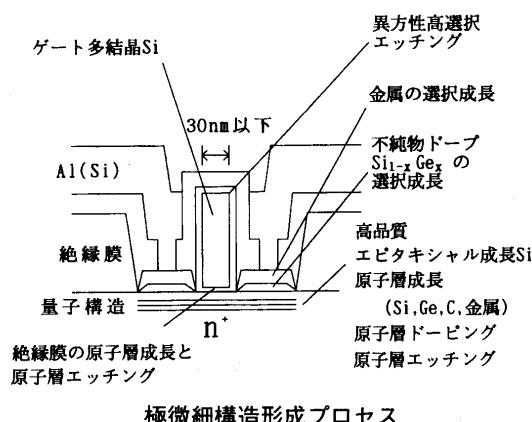
極微細Si-Ge系ヘテロデバイスの実現を目指して、SiGe混晶のSi上のみへの550°Cという低温での高選択成長条件や、Si基板と選択成長SiGe混晶層の良好なpn接合特性を明らかにしてきた。また、これらをもとにBドープSiGe混晶の選択エピタキシャル成長層をソース・ドレイン層とする新しいMOSFET製作プロセスを構築し、ゲート電極寸法と実効チャネル長がほぼ等しい0.075μmルールのpチャネルMOSFETを実現した。本年度は特に、SiGe混晶の形成におけるB及びPの高濃度ドーピング機構を研究し、吸着・反応の表面ボンドサイト依存性を考慮したラングミュア型定式化で良く記述できることを明らかにした。一方、より一層の素子の微細化を図ると同時に、電極構成を研究し、ヘテロデバイス並びにCMOS回路への適用を進めている。

職員

教授 室田 淳一 (1995年より)

助教授 松浦 孝 (1993年より)

助手 櫻庭 政夫



教授のプロフィール

室田淳一：1948年生まれ。1970年北大・工・電子卒。1972年同大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所入所。1983年同公社厚木電気通信研究所を経て、1985年東北大学電気通信研究所助教授、1995年同教授、現在に至る。半導体プロセスの研究に従事。

研究テーマ

1. 原子精度の薄膜成長、エッチング、表面処理に関する研究
2. プロセスにおける表面吸着と反応の機構とその制御に関する研究
3. 極微細パターンの形成と高精度不純物制御に関する研究
4. ヘテロ構造の製作と極微細半導体デバイスに関する研究
5. ヘテロ界面の物理と化学

主な研究発表（1997年度）

- 1) Atomic-Layer Etching of Ge Using an Ultraclean ECR Plasma, T.Sugiyama, T.Matsuura and J.Murota, Appl. Surf. Sci., **112**, 187-190,(1997).
- 2) Initial Growth Characteristics of Germanium on Silicon in LPCVD Using Germane Gas, S.Kobayashi, M.Sakuraba, T.Matsuura, J.Murota and N.Mikoshiba, J.Crystal Growth, **174**(1-4), 686-690,(1997).
- 3) Atomic-Layer Surface Reaction of SiH₄ on Ge(100), T.Watanabe, M.Sakuraba,T.Matsuura and J.Murota, Jpn.J.Appl. Phys. Part 1, **36**(6B), 4042-4045,(1997).
- 4) H-Termination on Ge(100)and Si(100)by Diluted HF Dipping and by Annealing in H₂, M.Sakuraba, T.Matsuura and J.Murota, in Cleaning Technology in Semiconductor Device Manufacturing,(The Electrochemical Society, Pennington, NJ, 1997), PV97-35, pp.213-220.
- 5) Fabrication of 0.1 μm MOSFET with Super Self-Aligned Ultrashallow Junction Electrodes Using Selective Si_{1-x}Ge_x CVD, J.Murota, M.Ishii, K.Goto, M.Sakuraba, T.Matsuura, Y.Kudoh and M.Koyanagi, in 27th ESSDERC(1997), pp.376- 379.

超高速電子デバイス部

半導体量子構造の物性と応用

超高速電子デバイス部では、半導体極微構造を用いて電子波や光波を制御する技術であって、次世代の超高速情報通信を可能とする、極微細波動基盤技術に関する研究を進めている。半導体の微細化を極限まで押し進めていき、構造が電子のドブロイ波長と同程度以下になると、電子準位が量子化された影響が半導体の電子・光物性に顕著に現れる。本研究部では、半導体内のスピニンを含めた電子状態をさまざまな方法で制御し工学的に応用する立場から、この領域の半導体の構造、すなわち半導体量子構造を研究の対象とし、特に化合物半導体の量子構造の作製と物性の理解、それらのデバイス応用に関する研究をすすめている。

・半導体量子構造の形成

分子線エピタキシ（Molecular beam Epitaxy, MBE）法を用いた高純度のAlGaAs / GaAs系量子構造や、界面や組成が制御されたInAs/GaSb系量子構造の結晶成長をはじめ、それらの量子構造形成に必要な原子層エピタキシ技術などの研究を進めた。本年度は、(211)B GaAs基板上に自己組織化によって形成した数10nmサイズの形状異方性を有するInAs量子ダッシュ構造の発光特性について知見を得た。また、低温成長MBE法におけるGaAsの成長ダイナミクスを、反射高エネルギー電子線回折（RHEED）により考察した。

・量子構造によるTHz～遠赤外光発生の研究

量子構造中のサブバンド間の光学遷移によるTHz～遠赤外光の発生を実現するため、InAsの伝導帯がGaSbの価電子帯よりエネルギー的に低いところに位置するInAs/GaSbヘテロ構造の、特異なバンドラインアップを利用した共鳴トンネル構造を用いることにより、キャリアのエネルギーフィルタリングを行って効率の良い発光を得ることを目指している。現在、このような特異なバンドラインアップからなる発光デバイスを製作し、その発光特性・輸送特性を明らかにしつつある。

・量子輸送現象の研究

量子構造における強磁場中の単電子凝縮など物理の基礎に関わるものから、単電子トンネル現象、

超高速電子輸送現象などデバイス応用に関わるものまで、波動基盤技術の基礎物理への応用と位置付けて広い範囲を視野に入れて研究を進めている。東北大学理学部と共同で進めている結合量子井戸構造における分数量子ホール状態の研究では、層内と層間の相互作用の強さの比をパラメータとしたときに特異な量子ホール状態の相転移を観測し、2層の電子間に量子位相が存在する可能性を実験的に示した。

・超高速・超高周波デバイスに関する研究

半導体量子構造を用いた超高速・高周波電子デバイスの基礎的研究を行い、THz・Tbitデバイスを指向する。特に、半導体量子構造におけるキャリアの速いバンド間、あるいはサブバンド間の緩和過程、さらには超高速のスピニン緩和過程を利用した光スイッチ等の研究を進めている。本年度は、GaAs/AlGaAs量子井戸構造における電子のスピニン緩和時間とキャリア移動度との関係を明らかにし、スピニン緩和のメカニズムについて知見を得た。

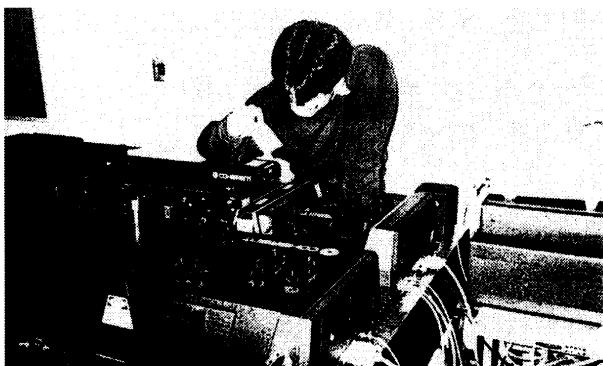


写真 フェムト秒レーザーシステム

・半導体のスピニン物性と応用

エレクトロニクスに既に応用されている非磁性III-V族化合物半導体中の一部の原子を磁性原子に置換した強磁性半導体 (Ga,Mn)Asは、キャリアのスピニンを情報媒体とする新しい半導体デバイスの材料として近年注目が高まっている。本年度は、強磁性半導体／非磁性半導体ヘテロ構造をMBEにより形成し、バンド構造、強磁性発現機構、および非磁性半導体を介した層間相互作用などの解明を進めた。また、3次元的な閉じ込めを有する磁

性半導体ナノ構造の形成に成功した。

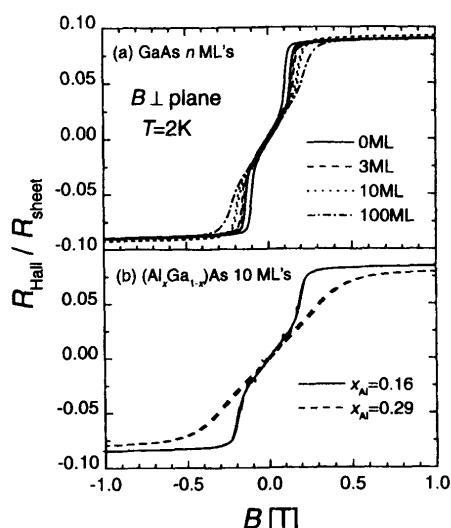


図 GaMnAs/GaAs/GaMnAs3層構造の磁化曲線

研究テーマ

1. 半導体量子構造の形成に関する研究
2. 量子構造によるTHz～遠赤外光発生の研究
3. 量子構造における量子輸送現象の研究
4. 超高速・高周波デバイスに関する研究
5. 半導体のスピントリオロジーと応用

職 員

- 教 授 大野 英男 (1994年より)
 助 手 松倉 文礼
 大野 裕三
 沈 愛東 (~1998年3月)
 秘 書 佐々木延子

教授のプロフィール

1982年東京大学工学系研究科電子工学専攻修了。工学博士。1982年北海道大学講師、1983年北海道大学助教授、1988-1990年IBM T.J. Watson研究所客員研究員、1994年より東北大学教授。

一貫して化合物半導体の分子線エピタキシおよび有機金属気相成長法を用いた薄膜・超構造の結晶成長を行い、その電気的・光学的物性の解明と電子デバイス、光デバイスへの応用の研究を進めてきた。

現在最も高い周波数で動作する電界効果トランジスタ材料であるAlInAs/GaInAsヘテロ接合を初めて実現しそれを用いたMESFETを製作してその後の超高速電子デバイス応用の端緒をつくった。

1988年よりIII-V族ベースの希薄磁性半導体の研究を開始し、それまで存在しなかったIII-V族希薄磁性半導体 ((In,Mn)As) を初めて創生した。さ

らに最近では (Ga,Mn)Asの成長に成功しGaAs系デバイス応用への道を切り開きつつある。

主要な発表論文

1. 松倉文礼、大野英男，“III-V族ベース希薄磁性半導体のGMR”，固体物理第32巻4号，pp. 249-257, 1997.
 2. A. Shen, H. Ohno, F. Matsukura, Y. Sugawara, N. Akiba, T. Kuroiwa, A. Oiwa, A. Endo, S. Katsumoto, and Y. Iye, “Epitaxy of (Ga,Mn)As, a new diluted magnetic semiconductor based on GaAs”, Journal of Crystal Growth, Vol. 175/176, pp.1069-1074, 1997.
 3. S.P. Guo, H. Ohno, A. Shen, F. Matsukura, and Y. Ohno, “InAs self-organized quantum dashes grown on GaAs(211)B”, Applied Physics Letters, Vol. 70, No.20, pp. 2738-2740, 1997.
 4. A. Shen, Y. Horikoshi, H. Ohno, and S.P. Guo, “Reflection high-energy electron diffraction oscillations during growth of GaAs at low temperatures under high As overpressure”, Applied Physics Letters, Vol. 71, No. 11, pp.1540-1542, 1997.
 5. 澤田安樹、江澤潤一、大野英男，“2層系量子ホール効果－どのような現象が期待されるか？”，固体物理，第32巻第12号，pp.941-951, 1997.
 6. T. Kuroiwa, T. Yasuda, F. Matsukura, A. Shen, Y. Ohno, Y. Segawa, and H. Ohno, “Faraday rotation of ferromagnetic (Ga,Mn)As”, Electronics Letters, Vol. 34, No. 2, pp. 190-192, 1998.
 7. F. Matsukura, H. Ohno, A. Shen, and Y. Sugawara, “Transport properties and origin of ferromagnetism in (Ga,Mn)As”, Physical Review B57, No. 4, pp. R2037-R2040, 1998.
- 他 6 篇

著書

1. H. Ohno, “Surface Kinetics and Mechanism of Atomic Layer Epitaxy of GaAs Using Trimethylgallium”, Advances in the Understanding of Crystal Growth Mechanisms, Elsevier Science, pp.149-161, 1997.

口頭発表

- | | |
|----------------|-----|
| 国際会議 | 13件 |
| シンポジウム／ワークショップ | 7件 |
| (うち招待講演 4 件) | |
| 国内会議 | 27件 |

知能集積システム部

集積化知的情報処理システムの基盤技術の研究

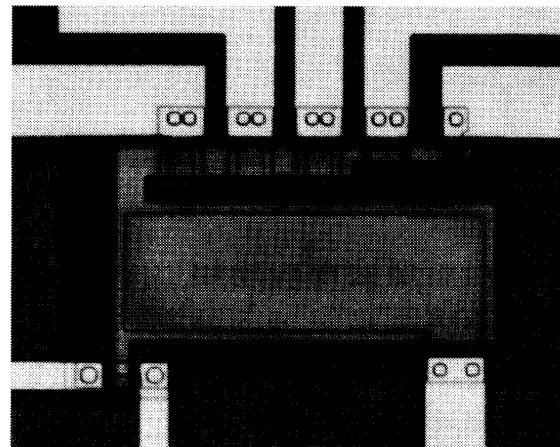
〈部の目標〉

集積回路の大規模化とデジタルデバイスの高速化は情報処理の量と質を飛躍的に高め、現在の情報化社会を築き上げるとともに将来の発展に向かって前進を続けている。その方向は質と量の向上、つまり膨大な情報の知的な柔軟性のある高速処理の実現である。知能集積システム部ではこの方向に向かって、しかしデジタル素子の高速化のみではなく、回路・システムレベルからの広い可能性を加えて検討し、知的情報処理システムの構成法の確立、知的集積回路のCADとその製作、人工集積神経回路網の解析と応用、並びにそれに向けた新しいデバイスの開発を目指している。それに伴い大規模集積回路の構成全般にわたる設計・製作・検査から組立までの新概念に基づく基盤技術の開発をも合わせて行っている。

これまでに神経回路網が目的とする動作を正確に行う設計法と同時に神経回路網のキーデバイスとなる新しいアナログメモリを開発、これらを用いて信頼性の高いパルス出力型でしかも超並列高速演算が可能な電流加算アナログ動作を行う神経回路網をシリコンチップ上に作り出した。このチップの製作にはCMOS集積化技術をベースにフローティングゲートと薄膜トランジスタの製作技術を同時に用いており、知的情報処理システムの集積化を進めるうえで技術的にも重要な位置づけを与えるチップとなっている。また超伝導デバイスを用いた神経回路網の集積化にも成功している。さらに新たな機能を持つデバイスや知的回路構成法を探索しており、次の世代の情報処理システムのゲートレベルからの新構築を目指して研究を進めている。

〈過去1年間の主な成果〉

集積化人工神経回路網の学習回路を実現、決定論的ボルツマンマシンを試作、測定評価を続行し、知的情報処理システムの実現に向けての前進を継続した。次期学習回路に関しては従来の対称な連続値結合強度を実現するモデルから、量子化された結合強度のモデル、非対称な結合強度のモデルへと発展させ、層状構造の回路の能力を理論と数値実験により評価した。



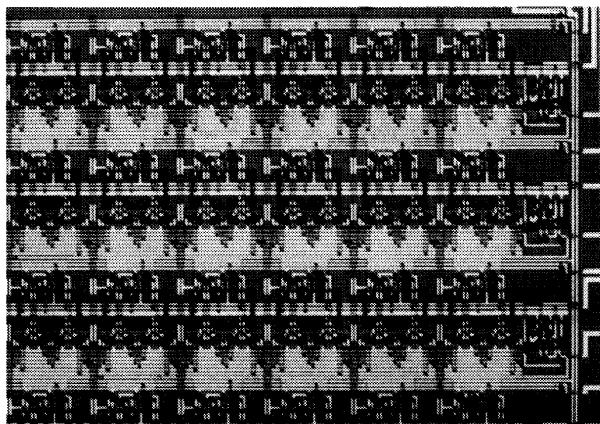
アナログメモリSDAM

次に神経回路の能力を向上させると期待されているカオス発生回路の設計・製作を行い、測定によりカオスの発生を確認し、その性能評価を行った。また非単調ニューロンモデルにより学習能力が向上することを見出し、それを実現する集積回路を製作した。さらに人工神経回路網における時系列情報の発生と記憶に関する解析を行い、動的連想記憶を実現できる、多数のリミットサイクルが同時共存する状態を評価した。その結果を基に集積化人工神経回路を試作し、測定を通して評価した。

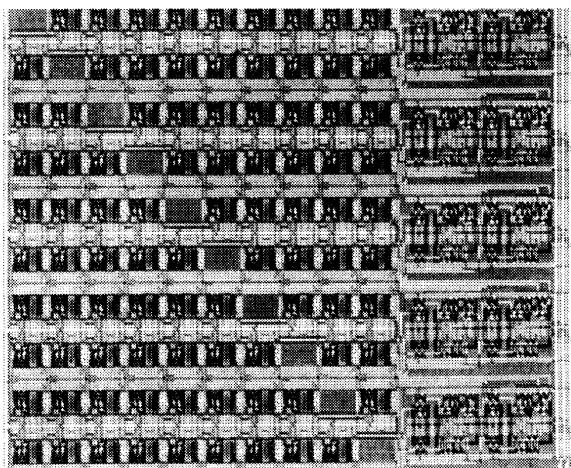
知的情報処理システムの一翼を担うとされる連想記憶システムの開発も続行し、集積回路を試作、測定を通して各種動作の評価を行った。このシステムに学習回路を設定する検討を行い回路設計を完了した。その他に超伝導位相モード計算機システムの基本デバイスの試作を続行しその動作を検証、高速性、低消費電力性を実証、新たなシステム構成を提案し、将来の情報処理システムとしての高い可能性を確認した。

〈職 員〉

教 授 中島 康治 (1995年より)
助 手 佐藤 茂雄
COE研究員 小野美 武



動的パターン処理用ニューロチップ



学習機能内蔵ニューロチップ

<教授のプロフィール>

1949年仙台市生まれ、東北大学工学部電気工学科、同大学院博士課程修了の後、東北大学電気通信研究所助手、助教授を経て1995年より同研究所教授。ジョセフソン能動伝送線路に関する研究で博士の学位を取得、その後磁束量子・反磁束量子のソリトンとしての相互作用の直接観測に成功、その結果を基に量子力学的な位相の概念に基づく電子計算機システムを提案し、基本集積回路の試作と動作の検証を行った。さらにシリコン集積回路による知的情報処理の研究に進み、現在は連想記憶システムやニューラルネットワークによる知的情報処理システムの実現を目指している。

<研究テーマ>

1. 集積化ニューラルネットワークの基本構成に関する研究
2. 知的記憶システム・ダイナミックメモリの構成に関する研究
3. 集積化ニューラルネットワークの学習性能に関する研究
4. アナログメモリSDAMによる連想記憶システ

ムに関する研究

5. 超伝導位相モード計算機システムに関する研究

<主な研究発表>

- (1) T. Onomi, T. Yamashita, Y. Mizugaki, and K. Nakajima: "Design and Fabrication of an Adder Circuit in the Extended Phase-Mode Logic", IEEE Trans. Appl. Superconduct., 7, 2, pp.3172-3175 (1997)
- (2) 水柿義直, 中島康治: “ジョセフソン接合の等価インダクタンスを利用した超伝導量子干渉素子の静特性”, 信学論, Vol. J81-C-II, 2, pp. 259-265 (1998)
- (3) Y. Mizugaki and K. Nakajima: "Numerical Simulation for Digital Applications of a Coupled - SQUID Gate with DC-Biasing", Extended Abstracts, 6th Int. Superconductive Electronics Conference (ISEC'95), 2, pp. 272-274 (1997)
- (4) T. Onomi, T. Yamashita, Y. Mizugaki, and K. Nakajima: "Characterization of the fluxoid Josephson transmission line and the application to phase-mode circuits", Extended Abstracts, 6th Int. Superconductive Electronics Conference (ISEC '95), 3, pp. 296-298 (1997)
- (5) Koji Nakajima, Yoshinao Mizugaki, Takeshi Onomi, and Tsutomu Yamashita : "Fluxoid-type Logic Circuits", The CRL Int. Symposium Physics and Applications of Mesoscopic Josephson Junctions, pp.35-36 (1997)
- (6) Koji Nakajima, Yoshinao Mizugaki, Takeshi Onomi, and Tsutomu Yamashita: "Phase Mode Logic and High JC Junctions", Extended Abstracts The 5th Int. Workshop on High-Temperature Superconducting Electron Devices, FED-157, pp.49-50 (1997)
- (7) T. Harada, Y. Mizugaki, and K. Nakajima: "A new analog content addressable memory for building a new intelligent system and VLSI implementation", Proceedings of 1997 Int. Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Vol. 2, pp. 869-872 (1997)
- (8) H. Tanaka, S. Sato, K. Nakajima, E. Belhaire, and P. Garda: "Designs of integrated circuit to generate map chaos", 同上, pp.873-876 (1997)
- (9) S. Sato, S. Shibata, and K. Nakajima: "A study on the learning ability of a DBM with quantized synapses", 同上, pp. 877-880 (1997)
- (10) K. Nakajima: "Integrated circuit of quantized interconnection networks", Proceedings of the second R.I.E.C. Int. Symposium, pp. 118-123 (1998)

3.5 評価・分析センター

材料・デバイスおよびシステムの測定・評価・分析

センターの目標

評価・分析センターは、通研および電気情報系の研究分野内研究、施設の部内研究、共同プロジェクト研究ならびに各種共同研究を進めるために必要な材料・デバイスおよびシステムの測定・評価・分析を行うことを目的としている。これからますます超微細化・高性能化の要求が高まる材料・デバイスおよびシステムの開発において、評価・分析の精度・感度をどこまで上げられるかが大きな研究課題になる。この課題に取り組むことが評価・分析センターの研究目標である。また、各研究分野の研究、施設の部内研究、共同プロジェクト研究などの研究を支援するために、共通の分析評価設備・機器の充実を図っていくことも本センター目標である。のために、新機種の導入を図るとともに、各研究分野所有の評価・分析機器を互いに利用しあうための体制づくりも行なっている。

センターの現状

本センターには、汎用X線回折装置、二結晶X線回折装置、走査型電子顕微鏡、X線トポグラフ装置、赤外分光装置、電子スピinn共鳴装置、ヘリウム後方散乱装置、昇温脱離装置、原子間力顕微鏡、紫外・可視分光器、液体クロマトグラフィ装置、二次イオン質量分析装置、 μ RHEED装置、薄膜X線回折装置、X線カット面検査器、SQUID(磁化測定装置)、フォトルミネッセンス測定装置などが揃っている。昨年同様、これらの装置を所内外の研究者・学生に対して公開し、所内の各研究分野の研究の支援や、共同プロジェクト研究の支援を行なっている。特に使用頻度の高かった装置は昨年度と同様X線回折装置で、主な用途は半導体薄膜材料、磁性薄膜材料、超伝導体材料の構造評価であった。赤外分光装置と原子間力顕微鏡も使用頻度が高かった。原子間力顕微鏡は簡単に材料の表面形状が観察できるため、最近利用頻度が急増している。磁気構造の解析にも利用でき、磁性薄膜構造の解析にも多用された。装置の総使用時間数は、昨年度が2000時間に対して今年度は約3000時間であり、1.5倍の増であった。

利用頻度の多かった主な装置の使用研究室数及

び使用時間数は以下の通りである。

装置名	使用研究室数	使用時間数
汎用X線回折装置	16	680
二結晶X線回折装置	4	140
走査型電子顕微鏡	7	120
赤外分光装置	2	230
He後方散乱装置	2	55
原子間力顕微鏡	10	890
薄膜X線回折装置	3	150
SQUID	2	180
フォトルミネッセンス測定装置	3	150

平成9年度の主な研究成果

評価分析センターでは新しい分析・評価手法の開発研究も重要な課題である。主な研究テーマは

1. 電子材料の構造評価
2. 固体表面・界面原子レベル構造評価法の開発研究

である。

センターではこれまでに、赤外反射分光を用いた新しい半導体表面分析法を開発してきたが、今年度は主に、溶液中シリコン電極表面状態のその場観察手法の開発を行った。本センターで開発した，“その場”手法を用いて、溶液に浸したシリコン基板に電極電圧を印加した場合の表面の化学状態を分析した。下図が測定に用いた装置図である。電極電圧の極性や大きさを変化させた場合の表面状態を調べた。その結果、図2に示すように、シリコン基板電極を正（プラス）電位にするとOH伸縮振動ピーク強度が増大し、シリコン電極表面に水分子層が吸着することが確かめられた。

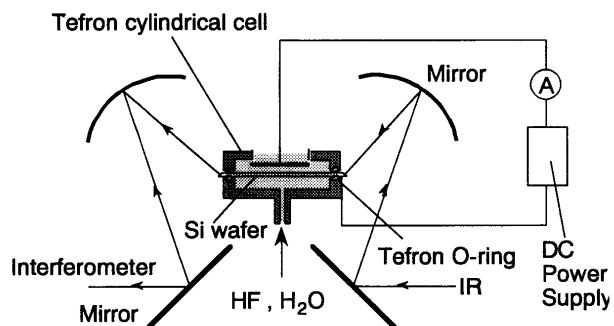


図1 シリコン半導体電極反応解析装置

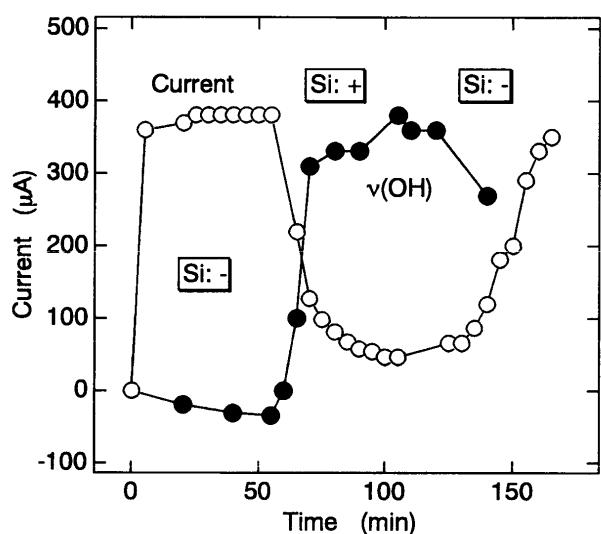


図2 OH伸縮振動ピーク強度と電極電流

職員

センター長・教授(兼) 荒井 賢一 (1996~)
助教授(兼) 庭野 道夫 (1994~)

主な研究発表

1. M. Niwano, T. Miura, and N. Miyamoto:
"Hydrogen exchange reaction on hydrogen-terminated Si(100) surface during storage in water,"
J. Electrochem. Soc. 145 (1998) 659.

3.6 やわらかい情報システム研究センター

【センターの目標】

現在のコンピュータに代表される情報システムは、前もって決められた使い方で固定的な処理や機能のみを提供するいわゆる「かたい」システムである。本研究の目的は、これまでの「かたい」情報処理原理を超えて、人間の意図や環境に合わせて柔軟な情報処理を行い、さらに視聴覚などの多元知覚情報をフルに生かすことによって柔軟な人間の思考に対応できるような「やわらかい」情報処理の原理について理論および実験を通して明らかにし、そのシステム構成論を確立することである。

また、学術情報の高度な組織化、利用、管理・運用、発信などのためのやわらかい分散システムの研究を行い、成果を通研所内の学術情報とネットワークの実際面への適用を通して手法の有効性を確認しながらその構成論の確立を目指している。

【研究テーマ】

- (1)生体の知覚情報処理に関する基礎研究
- (2)マルチメディア／マルチモーダル環境のための人工現実感に関する研究
- (3)やわらかいネットワークアーキテクチャに関する研究
- (4)人間－機械の共生空間の構成法とその応用に関する研究
- (5)情報ネットワークの高度な保守・運用に関する研究
- (6)学術情報の統一的な収集・組織化・発信・利用法に関する研究

【平成9年度の主な研究成果】

[1] 研究会活動

以下の研究会を4回行った。

[第1回]

日時：1997年10月2日(木)

場所：東北大学電気通信研究所2号館W301号室

講師／演題：木下 哲男（白鳥研）

やわらかいシステムへのアプローチ

～システム設計論の立場から～

[第2回]

日時：1997年11月7日(金)

場所：東北大学電気通信研究所2号館W301号室

講師／演題：早川 美徳（沢田研）

「群れ」の動力学…生物の適応性と「やわらかさ」

[第3回]

日時：1997年12月2日(火)

場所：東北大学電気通信研究所2号館W301号室

講師／演題：坂本 一寛（矢野研）

生体の「やわらかい」情報処理の必要条件

～視覚認識からのアプローチ～

[第4回]

日時：1998年1月6日(火)

場所：東北大学電気通信研究所2号館W301号室

講師／演題：小澤 賢司（曾根研）

聴覚情報処理過程の解明に向けて

[2] 研究活動

(1)環境理解の要因に関する研究

この研究では、平成9年度に導入したマルチメディア編集装置を用いて、まず、さまざまな場面（環境）における単純な三次元音刺激と映像刺激を作成した。更に、音情報と言語情報が複合した場合と、音と映像が複合した場合の2種類のマルチメディア刺激を作成した。現在、被験者にこれらの刺激を視聴させ、ヒトが環境を評価する際の要因を明らかにするための研究を推進している。

(2)生体の知覚情報処理に関する基礎研究

高速動画像提示システムを用いて、現在、「特徴統合による図と地の分離」についての心理物理実験を行っている。購入したシステムにより、図形提示の精度の高い時間制御、および安定かつ微細なコントラスト制御が可能となった。

高速多チャンネル生体信号記録システムを用いて、現在、大脳皮質運動前野で近年発見された眼球運動関連領域のマッピング実験を行う予定であり、現在その準備をしている。

[3] 情報システム管理運用

本センターでは通研の教官および学生に最先端の計算機資源（ハードウェア、ソフトウェア）とネットワーク資源を提供するために情報システムの管理運用を行っている。本情報システムはSPARCアーキテクチャのUNIXサーバ7台を中心として構成されており、システム全体の理論最大性

能は31.7 SPECint95 / 36.3 SPECfp95, 主記憶は計864 MB, 補助記憶は計35 GBである。

情報システム管理運用の内容は以下の通りである。

(1)電子計算機の保守・管理

本センターの計算機資源を最善の状態で安定して提供するために、以下のような電子計算機の保守・管理を行っている。

a) 利用者のファイルのバックアップ

週1回の頻度で利用者のファイルのバックアップを行っている。これにより、ハードウェアの故障および利用者自身の操作ミスなどによりファイルが壊れた場合、最悪でも1週間前の状態に復旧することを可能としている。

b) ハードウェアおよびソフトウェアの保守と管理

電子計算機の性能を最大限に安定して發揮させるため、常にハードウェアおよびソフトウェアの保守・管理を行っている。

(2)ネットワークの保守・管理

通研の電子計算機群は世界規模のネットワークであるインターネットに接続されている。本センターでは本情報システムのみならず通研全体に対して高速かつ安定したネットワークの利用を可能とするため、以下のようなネットワークの保守・管理を行っている。

a) 通研インハウスネットワークの保守と管理

通研内各研究室と学内外を結ぶ基幹ネットワークである通研インハウスネットワークの保守・管理を行っている。これにより、通研内各研究室からの高速かつ安定したネットワークの利用を保証している。

b) イメージメールの管理

学内で画像情報を含んだ文書の交換を容易に安定して利用できるようにするために、イメージメールの管理を行っている。

c) 通研内のIPアドレスおよびドメイン名の管理

通研内各研究室で使用するIPアドレスおよびドメイン名の管理を行っている。

(3)各種サービスの提供

本センターの計算機資源およびネットワーク資源を利用者が有効に活用できるようにするために、各種サービスの提供を行っている。

a) 通研WWWサーバの管理・運用

全世界に向けて安定して情報発信を可能とするため、WWWサーバの管理・運用を行っている。

b) メーリングリストの管理・運用

通研内の教官間の連絡や研究会や国際会議の連絡などに用いられるメーリングリストの管理・運用を行っている。

c) 電話回線からの接続サービスの管理・運用

本センターの計算機資源を遠隔地から利用可能にする電話回線からの接続サービスの管理・運用を行っている。これにより、本センターの高度な計算機資源を自宅および出張先から効果的に利用することが可能となっている。

(4)技術的支援と広報

通研内の電子計算機に関する技術的支援と広報を行っている。

a) 事務電子システムの技術的支援

事務の電子化の技術的支援を行っている。電子化によって、事務職員の負担の軽減のみならず、事務の依頼を行う教官の負担の軽減が行われている。

b) 通研ホームページの技術的支援

総務部が行っている広報活動の一部である通研ホームページの技術的支援を行っている。

c) 各研究室のホームページ公開の技術的支援

通研内各研究室の全世界に対する情報発信であるホームページ公開の技術的支援を行っている。

d) 計算機に関する情報の提供

通研内各研究室の計算機管理者および利用者に対して、計算機に関する有用な情報の提供を行っている。

e) 利用者からの問い合わせの対応

本センター利用者からの問い合わせに対応することにより、効果的な利用の手助けを行っている。

【職 員】

(1)運営委員会

教 授 曽根 敏夫 (1997年より)

白鳥 則郎 (1997年より)

矢野 雅文 (1997年より)

沢田 康次 (1997年より)

(2)実施委員会

委員長・教授 白鳥 則郎 (1997年より)

助教授 木下 哲男 (1997年より)

鈴木 陽一 (1997年より)

助 手 坂本 一寛, 坂本 謙二,

佐藤 信之, 菅沼 拓夫,

杉浦 茂樹, 高根 昭一,

早川 美徳

研究支援推進員 大學 紀子

【主な研究発表】

- (1) N. Shiratori: Post Modern Distributed Systems, 1997 Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems (ICPADS '97) (基調講演), Dec. 1997

3.7 コヒーレントデバイス研究センター

[センターの目標]

プレインコンピュータの基本となる超並列システムを実現するためには、分散したプロセッサ間の通信機能と、それを最適化し管理することによって可能となる大容量高速並列情報処理・伝送が不可欠であり、これまでの先駆的研究成果を基に、新機能材料・デバイスの研究、大容量通信媒体の研究を進める。具体的には、以下の内容について研究を行っている。

○音声・データ・画像などの情報を、「いつでも、どこでも、誰とでも」各自が分散交換機能をもってやりとりできる携帯情報端末（Tele-Pad）の実現を目指す。このため、超高信頼無線通信システム、アナログ／デジタル信号処理回路・デバイス開発から、極微細プロセス技術、新しい弹性表面波（SAW）材料開発までを一貫して行なう。

○「光波による光・電磁波の制御」を可能にする、光波からテラヘルツ波に至る非線形デバイスの研究を行う。誘電体ドメイン超格子や新たな構成の光パラメトリック発振技術等の光技術を駆使することにより、周波数スペクトル空間の開拓を行う。

○超伝導が有する超高速性及び低電力性は、21世紀の情報・通信技術に極めて重要である。YBCOジョセフソン素子はミリ波ないしサブミリ波帯での電磁波検出素子として有望であり、超高感度電磁計測デバイス、及びコヒーレント波動デバイスへの応用の研究を行う。

○近年の電波資源の利用拡大により周波数帯に殆ど余裕がない現状を踏まえ、未利用周波数帯であるミリ波の研究・開発を進める。ミリ波と光の相互作用を用いた、ミリ波／光デバイスの研究、逆スロット線路を用いた高効率ミリ波変調器の研究、及び、半導体中における光・ミリ波ミキシングの研究を行う。

○超高周波の弹性波（フォノン）の線形、非線形伝搬特性の解明と、その波動を用いた周波数制御・選択、信号処理デバイス、及び、光・半導体キャリアとの相互作用を用いた、機能デバイスの研究を行う。また、大きな電気機械結合係数と大きな音速をもつ圧電体単結晶及び圧電体単結晶薄膜材料の研究・開発を行う。

○我々が最近世界で初めて作成に成功したSi/SiO₂

系サブミクロン周期3Dフォトニック結晶を応用して、導波路の実現や機能性材料の取り込みなどによる新機能デバイスの開発を目指している。これと並んで、コア拡大（TEC）ファイバなどの伝送路に薄型のデバイスを無調整で直接集積化したヴァーティカルフォトニックデバイスの高機能化を目指している。

○電波と光との境界領域であるミリ波・サブミリ波・テラヘルツ領域の技術を実用に供するために、この領域で動作する各種デバイスおよび計測システムを開発することを目的としている。次のキーワードを基本方針にして研究を進めている：常温・高速動作（10GHz以上）、单一モード、CW、周波数可変、コヒーレント。

○数100GHz帯の高出力電子管、真空と半導体の機能を複合化した新しいデバイスの研究を行い、ミリ波・サブミリ波帯電磁波の広帯域、高効率発生と低エネルギー分散集積型電界放射陰極の開発を行う。

[1年間の主な成果]

○スペクトラム拡散（SS）通信方式を用いた「構内SS-CDMA（Code-Division-Multiple-Access）システム」の構築を目指し、チャネル間干渉のない近似同期CDMA符号による基地局相関回路の開発、移動局用相関回路構成の検討を行なった。

○LiNbO₃結晶の光パラメトリック発振による波長変換テラヘルツ波発生において、78Kの低温において室温時の100倍以上の高出力化が可能であることを見出した。また、LiNbO₃結晶のドメイン超格子を用いた光パラメトリック発振により、6μm帯の中赤外波長可変光の発生に成功した。

○シリコン基板上に作製した高温超伝導粒界型ジョセフソン素子を用いてテラヘルツ帯まで広帯域の応答特性を詳細に評価した。その結果、70Kの高温で2.5テラヘルツ信号までコヒーレント的な直接応答を確認した。また、テラヘルツ帯ミキシングも実現され、これらの素子は高温におけるテラヘルツ帯までの広帯域検出器として有望であることが結論づけられる。

○従来K²が最も大きいとされていたLiNbO₃の約10倍の値を有するKNbO₃単結晶の、MOCVD法およ

びスパッタリング法による薄膜作製の研究を行った。その結果、世界で初めて圧電性のあるKNbO₃薄膜を得た。また、弾性表面波の励振・受信特性を測定し、この薄膜が約2%の電気機械結合係数を有することを確認した。

○3Dフォトニック結晶内に世界で初めて導波路を形成し、光波の伝搬を観測した。光波帯3Dフォトニック結晶は従来の技術では厚さ方向に4周期程度が限界であったが、横方向周期0.5μm、深さ方向周期0.4μm程度のものを20周期まで作成する技術を確立した。さらに、Si/SiO₂系3Dナノ構造の形成における自己整形作用のメカニズムを堆積シミュレーションと実験により解明した。

○準光学多素子デバイスを提案し開発を進めている。コヒーレント電力合成器に関して60GHz帯で1.5W(cw)を得た。また、ミリ波イメージングに関しては、2次元光学系の設計に成功し、実際にプラズマ計測に応用された。更に、ミリ波帯の走査型近接場顕微鏡に関し新しい型のプローブを提案し、波長の100分の1の分解能をもつミリ波帯イメージング法を開発した。テラヘルツ帯開発のキーデバイスと考えているショットキ・ダイオードに関しては、現在4THz帯の動作に向けて開発を進めている。加えて、同調可能なコヒーレント光源を目指した量子効果デバイスの電力合成、マイクロマシーン技術を用いたミリ波・テラヘルツ帯デバイスの研究開発に於いて大きな進展を得た。

○ジャイロトロンによる単一モード、8.5-12GHz広帯域電磁波の発生に成功した。また、GaAs/AlAs超格子のΓ-Xサブバンド間遷移の実証を行った。更に、MOS及び量子井戸構造からの共鳴トンネル電子放射の実証を行った。

[職員名]

- 教 授 山之内和彦 (1979年より)
- 教 授 川上彰二郎 (1979年より)
- 教 授 水野 皓司 (1984年より)
- 教 授 米山 務 (1986年より)
- 教 授 山下 努 (1991年より)
- 教 授 伊藤 弘昌 (1993年より)
- 教 授 坪内 和夫 (1993年より)
- 教 授 横尾 邦義 (1996年より)

[1年間の発表論文など]

- (1)K.Tsubouchi and K.Masu, "Spread Spectrum Wireless Card Using 2.4GHz Front-End SAW Matched Filter", IEEE German MTT/AP Chapter International Workshop on Commercial Radio Sensor and Communication Techniques, Sindelfingen (1997).
- (2)T.Suetsugu, T.Yamazaki, S.Tomabechi, K.Wada, K.Masu and K.Tsubouchi "AlN Epitaxial Growth on Atomically Flat Initially Nitrided a-Al₂O₃ Wafer", Appl. Surface Science, 117/118, pp.540-545 (1997).
- (3)H.Ito, K.Kawase and J.Shikata, "Widely Tunable THz-Wave Generation by Nonlinear Optics", IEICE Trans. Electron., Vol.E-81-C, No.2 pp.264-268 (1998).
- (4)K.Kawase, M.Sato, K.Nakamura, T.Taniuchi and H.Ito, "Unidirectional Radiation of Widely Tunable THz Wave Using a Prism Coupler under Noncollinear Phase Matching Condition", Appl. Phys. Lett., Vol.71 No.6, pp.753-755 (1997).
- (5)K.Abedin, S.Haidar, Y.Konno, C.Takyu and H.Ito, "Difference Frequency Generation of 5-18 μm in a AgGaSe₂ Crystal", Applied Optics, Vol.37, No.9, pp.1642-1646 (1998).
- (6)J.Chen, H.Myoren, K.Nakajima, T.Yamashita and P.H.Wu, "Mixing at Terahertz Frequency Band Using YBa₂Cu₃O_{7-x} Bicrystal Josephson Junctions", Appl. Phys. Lett., Vol.71, pp.707-709, (1997).
- (7)S.Kim, H.Myoren, J.Chen, K.Nakajima, T.Yamashita, and M.Esashi, "High Frequency Responses of YBa₂Cu₃O_{7-x} Josephson Junctions on Si Substrates Fabricated by Focused Electron Beam Irradiation", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.36, pp.L1096-L1099 (1997).
- (8)K.Yamanouchi, H.Odagawa, T.Kojima A.Onoe, A.Yoshida and K.Chikuma, "Piezoelectric KNbO₃ Films for SAW Device Applications", Electronics Letters, Nol.34, No.7 pp.702-703 (1998).
- (9) K.Yamanouchi, H.Odagawa, T.Kojima and T.Matsumura, "Super High Electromechanical Coupling and Zero-Temperature Coefficient Surface Acoustic Wave Substrate in KNbO₃ Single Crystal", IEEE Freq. Control Symp. Proc., pp.540-543 (1997).
- (10)川上,花泉,佐藤,大寺,川嶋,「Si/SiO₂系サブミクロン周期3Dフォトニック結晶の作製と観察」,学会論C-I, Vol.J80C-I, No.6, pp.296-297, (1997).
- (11)S.Kawakami, "Fabrication of sub-micrometer 3D periodic structures composed of Si/SiO₂", Electron. Lett., vol.33, no.14, pp.1260-1261 (1997).
- (12)川上, 佐藤, 川嶋, 「バイアススパッタ法で作製される3D周期ナノ構造の形成機構」, 学会論C-I, Vol.J81-C-I, No.2, pp.108-109 (1998).
- (13)渡部, 清水, 米山, 水野, 「フィールドフォワード型ニューラルネットワークによるミリ波電波映

像の後処理」，信学論 c -1,J80(7),pp.343-353
(1997).

(14) T.Nose, S.Sato, K.Mizuno, J.Bae and T.Nozokido,
“Refractive index of nematic liquid crystals in the
submillimeter wave region”, APPLIED OPTICS, 36
(25), pp.6383-6387(1997).

(15) J.Bae, T.Okamoto, T.Fujii, and K.Mizuno,
T.Nozokido, “Experimental demonstration for
scanning near-field optical microscopy using a metal
mico-slit probe at millimeter wavelengths”,
Appl.Phys.Lett., 71(24), pp.3581-3583(1997).

(16) H.Mimura, M.Hosoda, N.Ohtani and K.Yokoo,
“Photocurrent and Photoluminescence Affected by
 Γ -X Electron Transfer in Type-I GaAs/AlAs
Superlattices” , Jpn. J. Appl. Phys. 37, pp. 1646-
1649 (1998).

(17) H.Mimura, Y.Abe, J.Ikeda, K. ahara, Y.Neo,
H.Shimawaki and K.Yokoo, “Resonant Fowler-
Nordheim tunneling emission from metal-oxide-
semiconductor cathodes”, J. Vac. Sci. Technol. B16
(2), pp. 803-806(1998).

(18) J.Ikeda, A.Yamada, and K.Okamoto Y.Abe,
K.Tahara, H.Mimura and K. okoo, “Tunneling
emission from valence band of Si-metal-oxide-
semiconductor electron tunneling cathode” , J. Vac.
Sci. Technol. B16(2), pp. 818-821(1998).

3.8 スピニクス研究センター

【センターの目標】

磁性工学は常に先端技術として社会的に重要な応用を提供する役割を果たしてきており、現在においても、高密度ストレージ、パワーマグネティックス、マイクロマグネティックス、生体応用磁気分野など、ますます発展を続けている。しかし、主として電磁気学とミクロンオーダの磁区理論を中心に立脚している従来の磁性工学ではこれから高度な発展を支えるのは不十分であり、メゾスコピック領域での研究が必須である。すなわち、次世代の高性能磁性材料及び磁性デバイス・システムの実現のためにはマクロな磁気特性や磁区理論を越えて、磁性材料を構成する微細結晶粒領域における物性の制御が必要である。また、超高密度磁気記録ではサブサブミクロン単位の分解能で極微小な面積に情報を記録・再生する議論が進められており、磁性薄膜のナノメータ領域の微細構造を作り込むことが強く要求されている。しかもこれらは極めて多様で学際的な側面を持っているので、研究の効率的なアウトプットの点からは各専門分野で閉じた研究ではなく、システム、デバイス、プロセス、材料の四者が密接にリンクした研究が望ましい。

このような背景から、スピニクス研究センターでは、ナノスケールに根ざした新しいマグネティックスの学理と応用を意味する”スピニクス”に基づいた材料物理、プロセス、デバイス、システムの研究を行っている。この統合された基礎研究基盤を通して、従来からの発想では得られなかつた高性能の磁性材料を開発し、そのデバイス化、ハイブリッド化、システム化を実現することが目標である。

【主な研究成果】

本研究施設における具体的な研究テーマは材料、プロセス、デバイス、及びシステムの分野に大別される。

まず、磁性材料についてはストレージデバイスや磁気デバイス等の機能素子の開発上不可欠な軟質及び硬質の薄膜材料について検討するとともに、高飽和磁束密度低損失電力用磁性材料についても取り組んでいる。その結果、磁性材料のメゾ

スコピック領域の微細構造、異方性や磁歪などの物理的性質、並びに微細磁気構造の決定要因など、マイクロマグネティックスに関する知見を得ている。今後、超微粒子軟磁性及び硬磁性薄膜、センサ・アクチュエータ用機能薄膜、高感度磁界検出用多層薄膜、人工格子薄膜、高密度垂直磁気記録媒体など微細構造の制御された新しい磁性材料が得られると期待される。

次に、プロセスに関しては、磁気ヘッド、磁気デバイス等の薄膜素子の集積化と微細組織の制御技術の確立を目指して、スパッタ法、蒸着法などによる製膜技術、三次元微細加工、多層成膜や平坦化処理などの多層化技術の開発を行っており、加工変質や加工劣化の定量的把握についても検討している。電力用磁性材料についての圧延、熱処理による組織及び方向性制御技術も重要なテーマである。また、本センターの主要設備である集束イオンビームエッチング装置によるナノメータオーダ微細加工技術を利用するデバイス解析も開始した。

デバイスとシステムについては、超高密度磁気記録デバイスとシステム、並びにマイクロ磁気デバイスとセンサ・アクチュエータ及びその集積化を柱とする研究を行っている。

超大容量ストレージ関連では、次世代超高密度ストレージを本所で提案された垂直磁気記録で達成するための研究を行なっている。リソグラフィーを駆使した全薄膜型超低インダクタンス記録ヘッドの試作を完了し、これを用いた高密度垂直磁気記録特性の検討を行った結果、優れた高周波特性や高記録感度性を有することなどが分かった。メディアについては、薄膜形成プロセスを制御した低ノイズ化の可能性について調べ、記録層の微細構造との関連や下地層に対する依存性などを明らかにした。上記のヘッド媒体系に試作した復調電子回路系を組み合わせたストレージ特性のデジタル評価やこれらを組み合わせた超20ギガビット／平方インチ級の超高密度記録システムを検討した。

一方、スピニックマイクロデバイス関係では、本センターの成膜・微細加工装置を利用して、まずSi-MMIC用GHz駆動超小形磁性薄膜インダク

タ、10-4Oeの磁界感度を有する薄膜磁界センサなどを開発したほか、FeCrSiB膜／PZT接着型歪結合型電気磁気機能性素子において性能指数100,000を達成した。またそれらの高周波特性評価装置として超広帯域1MHz～3.5GHz薄膜透磁率測定装置や、電磁雑音二次元マッピング装置などを開発した。次に磁気トルクを用いた非接触駆動方式によって、ヒトの静脈流の中で駆動可能なマイクロ磁気アクチュエータを初めて実現した。現在これらの要素技術を統合し、医療福祉分野への応用を目的としたセンサー／アクチュエータシステムの構築に挑んでいる。

【研究テーマ】

1. スピニクス機能材料の研究
2. 多層リソグラフィープロセス技術の研究
3. スピニクスマイクロデバイスの研究
4. 超大容量スピニクストレージの研究
5. 超高周波磁気物性測定手法の研究

【職 員】

教 授 中村 慶久
教 授 荒井 賢一
教 授 杉田 恒
助教授 山口 正洋
助教授 村岡 裕明
助教授 井上 光輝
助 手 島津 武仁
助 手 石山 和志
助 手 渡辺 功
助 手 藤上 信
助 手 山田 洋

【主な研究発表】

1. W. H. Jiang, H. Muraoka, Y. Sugita and Y. Nakamura: "Thermal Relaxation in Perpendicular Recording with Single Pole Head and MR Head", J. Magn. Soc. Jpn, 21, Supplement S2, pp.317-320 (1997)
2. 高橋宏昌, 小室又洋, 杉田恒：“ Fe_{16}N_2 単結晶膜の低温X線回折および巨大磁気モーメントの確認”, 日本応用磁気学会誌, 22, pp.425～428 (1998)
3. 中塩栄治, 渡辺 功, 村岡裕明, 中村慶久: "Co-Cr垂直磁気異方性膜成膜における背圧改善効果", 日本応用磁気学会誌, 21, pp.285-288 (1997)
4. H. Muraoka, H. Yamada, Y. Nakamura, I. Abe and K. Yazawa: "Resolution Enhancement of Shielded MR Heads for Perpendicular Magnetic Recording", IEEE Trans. Magn., 33, pp.2929-2931 (1997)
5. M. Takezawa, H. Kikuchi, K. Ishiyama, M. Yamaguchi, K. I. Arai, "Micro Magnetic Thin-Film Sensor Using LC Resonance," IEEE Transactions on Magnetics, 33, pp. 3400-3402 (1997) .
6. 申光鎬, 井上光輝, 荒井賢一, "歪誘導型磁気電気素子の特性", 日本応用磁気学会誌, 22, pp. 697-700 (1998) .
7. M. Yamaguchi, S. Yabukami, K. I. Arai, "A New 1MHz-2GHz Permeance Meter for Metallic Thin Films," IEEE Transactions on Magnetics, 33, pp.3619-3621 (1997) .

3.9 附属工場

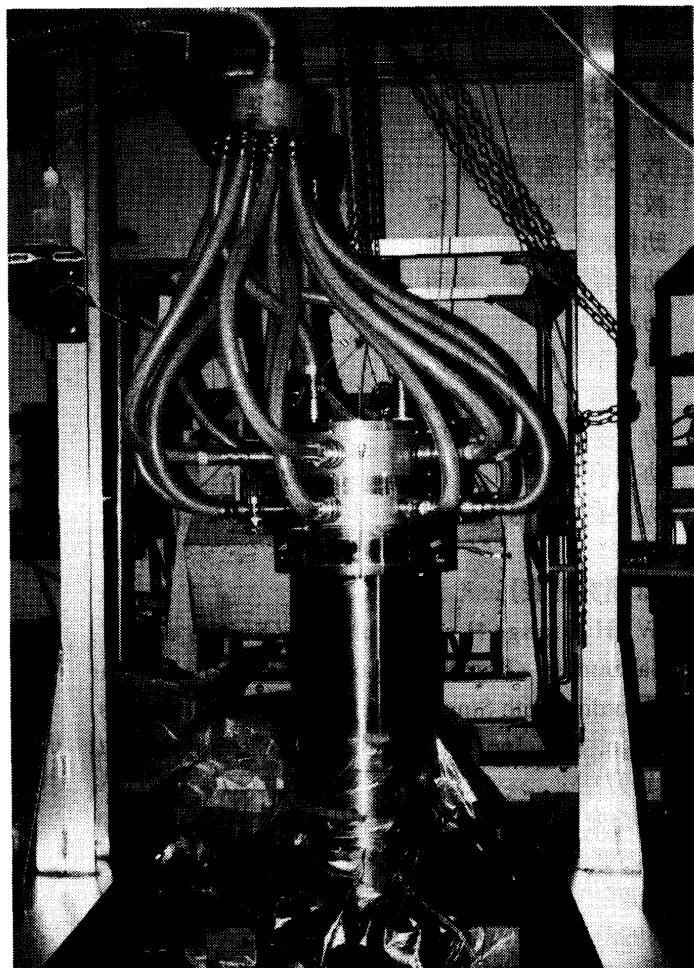
本附属工場は、研究所附置の工場として、各分野、施設からの要求に応じて、電気通信研究用の各種の実験装置の設計、試作をはじめ、学生、教職員への工作指導を行っている。工作の方法としては、旋盤、フライス盤等による精密機械工作が主であるが、本工場は従来より新しい工作方法を取り入れることにも積極的で、超音波加工、ガラス研磨の技術を始め、近年はステンレス材、アルミニウム材の溶接技術をいち早く研究して、その技術を修得し、各種超高真空容器の精密工作に成功し、半導体界面、磁気記録の研究を始め種々の電気通信の研究に対して多大な貢献をしている。これらの精密工作を行うために本工場では、その内部に、温度コントロールされた精密工作室、湿度をコントロールしたアルゴン溶接室、アルミニウム溶接室、また真空リークテスト室などを設備している。

平成9年度に製作した主な実験機器は下記の通りである。

ホーンアンテナ式、TEM試料ホルダー、紫外光ランプ回転装置、TPXレンズ、
ミリ波帯角度可変バックショット、オーバーサイズ導波管用出力3方向分配器、
簡易型共振器、結晶研磨用治具、MHD乱流発生装置、メタルマスク、スリット駆動装置

主な機械設備

旋盤 15台、
フライス盤 13台、
ボール盤 6台、
切断機 7台、
プレーナー 1台、
治具ボーラー 1台、
溶接機 6台
(アルゴン交直両用 3台)、
微細放電加工機 1台、
真空リーク検出器 3台
(2×10^{-11} atm cc / sec)



MHD 亂流発生装置

第 4 章 共同研究

4.1 共同プロジェクト研究の理念と概要

○共同プロジェクト研究の理念と概要

本研究所は、情報通信分野における COE (Center of Excellence) として、その成果をより広く社会に公開し、また研究所自体がさらに発展するために全国共同利用研究所として所外の研究者と共同プロジェクト研究を遂行している。本所の学問の性格上、単なる設備の共同利用ではなく、本研究所教官との共同研究を前提とした共同利用研究所であるところに特徴がある。本研究所の「共同プロジェクト研究」とは、情報通信分野における技術・システムに関する各種の研究を国内外の優れた研究者の協力のもとに企画・コーディネートし、プロジェクト研究として実施していくもので、大規模な装置・施設の共同使用に重点がある従来の共同利用型研究とは異なり、研究内容主導型の共同研究である。

共同プロジェクト研究は、所内外の研究者の英知を集めて企画され、さらにその積極的な参加を得て実施されることが肝要である。これまで、本研究所の共同プロジェクト研究の提案および実施は、国・公・私立大学、国・公立研究機関、及び民間企業・団体等の教官及び研究者を対象として、公募により行われている。

○共同利用委員会

共同プロジェクト研究の運営のために、共同利用委員会が設置されている。本委員会は、共同プロジェクト研究に関する重要な事項を審議するためには設置されており、その構成は、本研究所教授並びに本学工学研究科及び情報科学研究科の教授の計6名の委員よりなっている。本委員会の使命は、本研究所で遂行されている研究内容の特徴を重視しながら、所内外の意見を広く求め、研究所の目的である「高密度及び高次の情報通信に関する学理並びにその応用の研究」の発展に不可欠な共同プロジェクト研究を積極的に推進することにある。これまで、公募研究の内容、採択の基準、外部への広報、企業の参加に関する点等について議論を行ってきており、特に企業の参加に関しては、平成8年度に本所内規「東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究に係る研究者の受入れ等に関する申合わせ」を作成し、公平・公表を原則として、積極的な対応を行ってきてている。

今年度は、平成10年度共同プロジェクト研究の公募方法に関して議論を行い、次の2点を重点的に考慮し、公募を行うことにした。

- 1) 公募する共同プロジェクト研究の内容を、外部により具体的に明示することを目的に、メインテーマを次のように決めた：「時・距離・言葉の壁を超えるバリアフリー通信に関する基礎研究」、
- 2) より広範囲からの応募を目的として、関連学会誌上にて公募要項の掲示を行うこととした。

なお、共同プロジェクト研究の円滑な実施を図るために、本所専任の教官より組織されている共同プロジェクト実施委員会が設置されている。

○平成9年度共同プロジェクト研究

平成9年度の共同プロジェクト研究は、所内外から公募され審議の結果次の20件（A：14件、B：6件）が採択された。なお、Aタイプは各々の研究課題について行う研究であり、14件のうち4件が外部よりの提案、Bタイプは短期開催の研究会形式の研究で、6件のうち1件が外部よりの提案のものである。また、Aタイプの研究のうち3件には、民間の研究者が参加している。

平成9年度共同プロジェクト研究採択一覧

- H07/A10 やわらかい情報システムに関する基礎的研究
- H08/A11 IV族半導体極微構造形成と表面・界面制御に関する研究
- H08/A12 ニューロンダイナミクスとその情報処理機能に関する研究
- H09/A01 人間とエージェントの協調を支援する拡張現実空間とそのソフトウェアに関する研究

共同プロジェクト研究

- H09/A02 酸化物超伝導体のミリ波・サブミリ波デバイスに関する研究
- H09/A03 超大容量垂直スピニックストレージシステムの研究
- H09/A04 微小電子源の物理と電子ビーム応用
- H09/A05 新圧電単結晶・薄膜の探索と弾性波デバイスの高度情報通信システムへの応用の研究
- H09/A06 脳型計算機のアーキテクチャに関する基礎的研究
- H09/A07 超高速LSI用SOIMOSデバイス・プロセスの研究
- H09/A08 フラーレンプラズマの構造制御と内包フラーレン生成への応用
- H09/A09 ミリ波・サブミリ波帯計測システムの開発
- H09/A10 音の高次臨場感通信に関する研究
- H09/A11 超低消費電力無線通信ハイブリットULSIプロセス技術の研究
- H07/B08 ミリ波帯電波の利用に関する調査研究
- H08/B11 スピニクスの基礎と応用
- H09/B01 半導体スピinn工学の基礎と応用
- H09/B02 電磁流体现象の解明とその応用
- H09/B03 マイクロ磁気デバイス・アクチュエータの研究
- H09/B04 計算資源制約下の計算パラダイム

○共同プロジェクト研究の公募、実施について

共同プロジェクト研究の公募、実施は年度単位で行われている。例年、研究の公募は、10月に来年度の研究の公募要項の公開、12月末が申請書の提出締切となっており、採否の結果は3月下旬頃に申請者の所属機関の長を通じて通知される。研究機関は、4月1日より3月中旬までであり、研究終了後の4月末までに研究報告書を提出して頂くことになっている。なお、上の「理念と概要」の項で述べたように、本共同プロジェクト研究は本研究所教官との共同研究を前提としたものであるので、申請にあたっては本所に対応教官がいることが必要である。

なお、本共同プロジェクト研究については、次の web page にて広報している：

www - URL: <http://www.riec.tohoku.ac.jp>

問い合わせ先：東北大学電気通信研究所共同利用掛

電話：022-217-5422

課題番号 H-7/A-10

やわらかい情報システムに関する基礎的研究

[1] 組織

通研対応教官：白鳥則郎（東北大学電気通信研究所）
研究代表者：白鳥則郎（東北大学電気通信研究所）
分担者：

根元 義章（東北大学大学院情報科学研究科）
西関 隆夫（東北大学大学院情報科学研究科）
佐藤 雅彦（京都大学）
長沢 庸次（鹿児島大学工学部）
金森 吉成（群馬大学工学部）
今宮 淳美（山梨大学工学部）
水野 忠則（静岡大学情報学部）
菅原 研次（千葉工業大学工学部）
滝沢 誠（東京電機大学理工学部）
小野里好邦（群馬大学工学部）
柴田 義孝（東洋大学工学部）
東野 輝夫（大阪大学大学院基礎工学研究科）
佐藤 文明（静岡大学情報学部）
照屋 健（琉球大学工学部）
木下 哲男（東北大学電気通信研究所）
中野 真一（東北大学大学院情報科学研究科）
工藤 純一（東北大学大型計算機センター）
ゴータム・チャクラボルティ
(会津大学コンピュータソフトウェア学科)
程 子学
(会津大学コンピュータソフトウェア学科)
桧垣 博章（東京電機大学理工学部）

研究費：校費 86万円、旅費 219万円

[2] 研究経過

本研究の目的は、次世代の情報処理へ向けてやわらかい情報システムの構成論の基礎を確立することである。現在のコンピュータや通信ネットワークは、事前に決められた使い方で固定的な処理や機能のみを提供する、いわゆる「堅い」システムである。このようなシステムでは、ユーザが操作法を少しでも誤ると正しく動作しない。また、使用法を熟知した専門家を対象とし、利用者層が限定されている。国内外で話題となっている情報ハイウェイやインターネットも堅いシステムである。本研究の当面の目標は、上記のような現行の堅いシステムの限界に対してブレークスルーをも

たらす基本概念の創成、すなわち次世代情報システムの基礎概念を創成し、更に、それに基づくモデルを構築し、その系統的な構成論の基礎を確立することである。

今年度の研究成果を以下に要約する。

(1)エージェント指向コンピューティング基盤の実装 (菅原、西関、佐藤(雅)、今宮、東野、ゴータム)

人間の活動に必要となる様々なサービスやシステムを、自律性を備えた知的エージェントとその組織（知識型分散エージェントシステム）として構成するために、ADIPSフレームワークと呼ぶ設計支援環境を構築し、その試作と評価を行った。

ADIPSフレームワークでは、エージェント指向コンピューティングの枠組みに基づいて、利用者要求を的確に反映したエージェント指向分散処理システム（Agent-based Distributed Information Processing System: ADIPS）を構成することができる。その特徴は、分散環境上で稼働する様々な計算機プロセスを本フレームワークに基づくエージェントとして形式化（これを計算機プロセスのエージェント化と呼ぶ）し、設計目標となるADIPSにおける効果的な利用／再利用の促進を図る点にある。

本年度は、昨年度C++とTcl/Tkを用いて行なったADIPSフレームワークの設計・実装の経験に基づき、Java言語により新たな版の設計および開発を行なった。エージェントの知識記述には、ADIPS/LおよびPnntsを採用した。Java言語の採用によりADIPSフレームワークのマルチプラットフォーム化を実現した。また、ベースプロセスとのインターフェースを定式化し、様々な実装形態のベースプロセスに対するエージェント化の容易性を実現した。更に、Webブラウザに新しいフレームワークを適用し、その基本機能の有効性を確認した。

(2)エージェント間協調プロトコルの拡張

(白鳥、根元、長沢、金森、滝沢、小野里、柴田)

やわらかいビデオ会議システムのより高度なサービス調整機能を実現するために、ADIPSフレームワークにより提供されているエージェント間協調プロトコルの拡張を提案し、その設計を行なった。

やわらかいビデオ会議システムのサービス調整機能とは、ビデオ会議中の利用者要求の変化やシステム資源状況の変化に対し、自らの機能や性能を自律的に調整することで対処するための仕組みである。それまでやわらかいビデオ会議システムで使用されていた協調プロトコルは、エージェント間での緊密な協調動作を行なうためには不十分であり、システム資源の有効的な活用が十分に行なえなかった。そこで従来の協調プロトコルに対し、以下の3点からなる拡張を施した。

(a)協調状態の導入

(b)パフォーマティブの拡張

(c)妥協レベルの導入

これらの拡張により、エージェントは協調問題解決の過程で妥協点を動的に切替えながら協調動作を行なうことが可能となり、問題解決の進行状況に応じたエージェント間のやわらかい協調が実現できる。

(3)やわらかいビデオ会議システムの拡張

(木下、水野、佐藤(文)、中野、工藤、程、桧垣)

やわらかいネットワークのアーキテクチャに基づく応用システム事例として、やわらかいビデオ会議システムを提案し、そのプロトタイプの設計と実装および拡張を行なった。

やわらかいビデオ会議システムは、1) ユーザエージェント、2) ビデオ会議マネージメントエージェント、3) 各ベースプロセスの管理・制御を担当するエージェント(プリミティブエージェント)，及び、4) ベースプロセスから構成される。

本年度は、(a)協調プロトコルの拡張によるやわらかさの改善、(b)n者間ビデオ会議への拡張のための分析の2テーマについて研究を行なった。

(a)協調プロトコルの拡張によるやわらかさの改善
(2)において述べた拡張協調プロトコルをビデオ会議マネージメントエージェントに実装し、その有効性の検証を行なった。

具体的には、エージェントが協調動作中であることを明示的に示すための状態変数を定義し、それを制御するためのパフォーマティブを実装した。また、各エージェントが協調動作を行なう時の協調の段階を示すために、妥協点としてサービス品質のレベル指定を可能にした。

これらの拡張を施したやわらかいビデオ会議システムのプロトタイプを用いた実験により、その有効性を検証した。例えば、CPU資源が不足した場合のビデオ会議マネージメントエージェント間の協調では、まず最初に両エージェントの最も制約のきつい条件下でのCPU資源解放のための協調が行なわれる。この状態で資源解放に失敗した場

合は、互いの妥協点を一レベル下げ、より低いサービス品質まで落しながらCPU資源の解放を図ろうと動作する。これを繰り返すことで、エージェント間で互いの妥協点を探りながら、資源解放を実現するという、よりやわらかい協調が実現できた。

(b)n者間ビデオ会議への拡張のための分析

これまでやわらかいビデオ会議システムが対象としてきた2者間のビデオ会議から、n者間のビデオ会議へ拡張を行なうために、アプリケーションのドメイン分析を行ない、n者間協調プロトコル設計のための指針を与えた。

具体的には、実際にn者間ビデオ会議の実験を行ない、アプリケーションの挙動や、ネットワーク資源、CPU資源に与える影響について分析を行なった。

更に既存のADIPSフレームワークを用いてのn者間ビデオ会議の実現可能性に関して検討を行なった。その結果、既存のADIPSフレームワークでは、n者間ビデオ会議に必要なnエージェント間協調はサポートされておらず、その実現は困難であると結論付け、2エージェント間協調プロトコルを利用し、エージェントの持つドメイン知識：DKにおいてnエージェント間協調を実現する方法を採用する指針を与えた。このためには、複数の2エージェント間協調を制御する機構をエージェントに持たせる必要があることが判った。

[3] 研究活動

研究会を2回行なった。

[第1回]

日時：平成9年4月24日、25日

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階 大・中会議室

(1)「やわらかいネットワークの開発とテレビ会議への応用」

唐橋拓史(東北大学電気通信研究所)

(2)「Design and Evaluation of Wide-area Group Communication Protocols - International Experiment-立川敬行(東京電機大学理工学部)

(3)「エージェント指向に基づいたやわらかい遠隔会議システムの設計および評価」

野村尚央(東洋大学工学部)

(4)「遠隔ゼミ支援システム Remote Wadaman の開発と適用」

吉田壱(大阪大学工学部)

(5)「発想支援グループウェア郡元の機能実現とその評価」

由井園隆也(鹿児島大学)

- (6) 「命題論理に基づく要求仕様の詳細化とその支援」
福沢尚司(東北大学電気通信研究所)
- (7) 「Rate Control in Group Communication」
井口昭人(東京電機大学理工学部)
- (8) 「Extended Upgrading Protocol for Flexible Networks」
桧垣博章(東京電機大学理工学部)
- (9) 「やわらかいマルチメディア遠隔講義支援システムの設計および評価」
高坂幸春(東洋大学工学部)
- (10) 「複製付きタプラスペース通信の管理方法と実装」
川口昇(静岡大学工学部)
- (11) 「ワイヤレス環境における選択的マルチメディア通信方式の実装」
太田賢(静岡大学工学部)
- [第2回]
日時: 平成9年9月29日, 30日
場所: 東北大学電気通信研究所2号館4階 大・中会議室
- (1) 「やわらかいビデオ会議システムのn者間協調プロトコル」
勝倉真(東北大学電気通信研究所)
- (2) 「やわらかいネットワークにおける利用者指向インターフェース」
唐橋拓史(東北大学電気通信研究所)
- (3) 「An Algorithm to Verify Equivalence and to Detect Errors for Recursive Processes」
Byung - Ho Park(東北大学電気通信研究所)
- (4) 「FDDI LANへのRSVP適用に関する一検討」
矢部正行(三菱電機)
- (5) 「複数のLBを用いた規制機能の評価」
久野孝泰(東北大学大学院情報科学研究科)

[4] 主な研究発表

- (1) 菅沼拓夫, 藤田茂, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, マルチエージェントに基づくやわらかいビデオ会議システムの設計と実装, 情処学論, Vol.38, No.6, pp.1214-1224, 1997.
- (2) B. B. Bista, K. Takahashi, T. Kinoshita, N. Shiratori, Making Changes in Formal Protocol Specifications, IEICE Trans. on Commun. Vol.E 80-B, No.6, pp.974-978, 1997.
- (3) 唐橋拓史, 勝倉真, 菅沼拓夫, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, やわらかいビデオ会議システムの協調プロトコルの拡張と評価, 情処学論, Vol.39, No.2, pp.178-187, 1998.
- (4) 杉浦茂樹, 宗森純, 木下哲男, 白鳥則郎, 分散協調

- 型KJ法における直感的な分類作業に個人人の知識量が及ぼす影響の評価法IPL法の提案, 情処学論, Vol.39, No.2, pp.438-446, 1998.
- (5) Ashir A., Joo K. H., Kinoshita T., Shiratori N., Multi-agent Based Decision Mechanism for Distributed Meeting Scheduling System, Int. Conf. Parallel and Distributed Systems (ICPADS97), IEEE, 1997.
- (6) Katsukura M., Karahashi T., Suganuma T., Sugawara K., Kinoshita T., Shiratori N., Development of Flexible Network and Flexible Videoconferencing System, Proc. 12th Int. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.52-57, 1998.
- (7) Karahashi T., Katsukura M., Suganuma T., Sugawara K., Kinoshita T., Shiratori N., Extension of Cooperative Protocol for a Flexible Videoconferencing System, Proc. 12th Int. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.34-37, 1998.
- (8) Bista B. B., Takahashi K., Kinoshita T., Shiratori N., A Flexible Approach for Extension of Communication Protocols, Proc. 12th Int. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.64-69, 1998.
- (9) Sugiura S., Munemori J., Kinoshita T., Shiratori N., A Proposal of an Evaluation Method IPL for Effects of Individual Quantity of Domain Knowledge on an Intuitive Classification in a Distributed and Cooperative KJ Method and Its Application, Proc. 12th Int. Conf. on Information Networking (ICOIN-12), pp.581-586, 1998.
- (10) Suganuma T., Kinoshita T., Sugawara K., Shiratori N., Flexible Videoconference System based on ADIPS Framework, Proc. Third Int. Conf. on Practical Application of Intelligent Agent and Multi-agent Technology (PAAM98), pp.83-98, 1998.

課題番号 H-8/A-11

IV族半導体極微構造形成と 表面・界面制御に関する研究

[1] 組織

代表者：室田 淳一（東北大学電気通信研究所）
 分担者：潮田 資勝（東北大学電気通信研究所）
 橫尾 邦義（東北大学電気通信研究所）
 末光 真希（東北大学電気通信研究所）
 上原 洋一（東北大学電気通信研究所）
 松浦 孝（東北大学電気通信研究所）
 坂本 謙二（東北大学電気通信研究所）
 櫻庭 政夫（東北大学電気通信研究所）
 小柳 光正（東北大学大学院工学研究科）
 栗野 浩之（東北大学大学院工学研究科）
 白木 靖寛（東京大学先端科学技術研究センター）
 宇佐美德隆（東京大学先端科学技術研究センター）
 安田 幸夫（名古屋大学大学院工学研究科）
 財満 鎮明（名古屋大学先端技術共同研究センター）
 池田 浩也（名古屋大学大学院工学研究科）
 田部 道晴（静岡大学電子工学研究所）
 御子柴宣夫（東京工芸大学工学部）
 小林 信一（東京工芸大学工学部）
 松本 智（慶應義塾大学理工学部）
 坂本 統徳（電子技術総合研究所）
 三木 一司（電子技術総合研究所）
 荒井 英輔（名古屋工業大学工学部）
 佐々木公洋（金沢大学工学部）
 土屋 敏章（NTTシステムエレクトロニクス
研究所）
 石谷 明彦（超先端電子技術開発機構）
 梶山 健二（イオン工学研究所）
 岩井 洋（東芝マイクロエレクトロニクス
研究所）
 宮尾 正信（日立製作所中央研究所）
 中川 清和（日立製作所中央研究所）
 伊藤 秀二（沖電気工業半導体技術研究所）
 小野 昭一（アルプス電気中央研究所）

配分研究費 校費 95万円 旅費 170万円

[2] 研究経過

IV族半導体極微構造形成プロセスの開発はLSI上への新機能デバイス搭載等のために極めて重要である。本研究では、原子層制御CVD・エッティング・不純物ドーピング・MBE法等の極表面・界面

での吸着・反応の制御プロセス技術を駆使して、IV族半導体極微構造を形成するプロセス技術を開拓することを目的としている。さらに、形成した極微構造体から発現する新しい光・電子物性の探索を行う。

本年度は、昨年度に引き続き、Si-Ge-C系エピタキシャル膜、Si窒化膜、Si酸化膜、WとSiの多層膜等を中心に極微構造形成技術・表面界面制御技術の研究を行った。また、表面・界面が大きな影響を及ぼす極微細デバイスの研究を行った。プロセスにはCVD法・MBE法・ECRプラズマ法・イオンビームスパッタ法等を用いて行い、相互の方法の比較を行いながら各々の特徴を生かした最適化を行っている。原子レベルでの平坦性及び表面構造の評価にはSTM／AFM・X線回折・電子線回折等、表面の吸着物質・原子結合の同定にはXPS・FTIR・ラマン分光・SIMS等を用いた。また、IV族半導体極微構造による新機能デバイスの創生のための指針を得ることを目指して、共鳴トンネルダイオード・量子箱・量子細線等の形成した極微構造の電気特性、発光、及び電子放出特性の計測・評価を行った。

研究は、本研究所超高密度・高速知能システム実験施設でのプロセス実験・評価実験を中心に、各共同研究者の有する特色有る試料作成・評価実験等はそれぞれの研究機関で行った。本年度に得られた主な研究成果は以下のとおりである。

[SiGeC系の反応・成長・エッティング]

(室田、白木、安田、御子柴、松本、財満、末光、坂本(統)、三木、佐々木、松浦、宇佐美、池田、小林、櫻庭、梶山、平木)

Si-Ge-C系のエピタキシャル成長やPおよびBのドーピング過程が水素終端等の表面構造により大きく左右されることを明らかにし、Si表面の1原子層炭化を実現した。また、それらをラングミュア型の吸着・反応モデルで定式化し議論した。そして、CVD・MBE・イオンビームスパッタ法・溶融再成長法によるエピタキシャル成長を比較した。さらに、SiやGeの原子層エッティングにおける自己制限型反応機構について考察した。

[窒化膜・酸化膜・拡散]

(室田、田部、松本、荒井、松浦、櫻庭)

Si表面のNH₃中低温極薄熱窒化過程を、脱離を考慮したラングミュア型吸着・反応モデルで議論した。また、Si熱窒化核をマスクとした熱酸化によりSiドット形成が可能であることを明らかにした。さらに、Si窒化膜の原子層エッチングを役割分担型で行う方式を提案した。

[半導体表面上での金属の表面反応、コンタクト]
(室田、安田、財満、松浦、池田、櫻庭)

Si表面でのSiH₄とWF₆のCVD低温反応過程を議論し、また、SiGe系と金属とのコンタクト特性を研究した。

[SiGe系の物性、量子構造]

(室田、潮田、白木、田部、上原、坂本(謙)、宇佐美、宮尾、中川、坂本(統)、三木)

Si表面でのSTM発光について議論した。また、SiGe系変調ドープ構造・ヘテロ井戸層・量子ドット・量子ワイヤ等の量子構造を形成し、それら量子構造に特有の電気伝導特性、光学特性を研究した。

[SiGe系デバイスの高性能化]

(室田、横尾、小柳、白木、土屋、荒井、佐々木、松浦、栗野、櫻庭、石谷、岩井、伊藤、小野)

不純物ドープSiGe混晶の選択エピタキシャル成長層をソース・ドレイン層とするMOSFET(S³E MOSFET)の極微細デバイス製作プロセスの研究を進めた。また、HBTの高周波特性、完全空乏型SOIデバイス、サリサイド技術、リソグラフィ技術、半導体冷陰極からの電子放出特性等について研究し、デバイスの高性能化の指針を得た。

上記の本共同プロジェクト研究に関する討論のため、下記の4回の研究会を行った。また、本プロジェクトの寄与のある研究成果の一部は、後述の主な研究発表等をはじめとして、学術論文74件、国際会議論文108件他に発表している。

[3] 研究会活動

(東北大学電気通信研究所にて開催)

第1回研究会： 1997年7月23日(水)

1. 完全空乏型SOIMOSFETの動作解析、土屋敏章 (NTTシステム研)

2. Next generation lithography and ASET program, 石谷明彦 (ASET)

第2回研究会： 1997年7月24日(木)–25日(金)

1. 0.01μmデバイスに向けたモンテカルロシミュレーション、栗野浩之、小柳光正(東北大工)

他 21件

第3回研究会： 1998年1月19日(月)

1. RIE及びレジスト剥離後の微細コンタクトホール洗浄技術、宮本光雄、後藤日出人*, 松浦孝,

室田淳一(東北大通, *日本T I)

2. アセチレン吸着Si表面からの水素脱離、中澤日出樹、末光真希(東北大通研)
他 4件

第4回研究会： 1998年3月12日(木)

1. IV族半導体極微細構造形成のための自己制限型原子層エッチング、松浦孝、室田淳一(東北大通研)

2. サリサイド技術のCMOSへの応用、岩井洋、大黒達也(東芝マイクロ技研)

3. 極薄膜完全空乏型SOIMOSFETにおける短チャネル効果のメカニズム、土屋敏章(NTTシステム研)

4. The study of ultra-thin intrinsic silicon epitaxial layer for sub 0.1 μm MOSFET channel engineering, 宋潤治、栗野浩之、小柳光正(東北大工)

5. GSMBEおよびドライ酸化におけるSiの表面化学、末光真希、遠田義晴、入町秀樹、中澤日出樹、築館巖和、宮西康至(東北大通研)

6. Si(111)7x7からのSTM発光、岩見正之、上原洋一、潮田資勝(東北大通研)

7. リソグラフィ技術開発の動向、石谷明彦(超先端電子技術開発機構)

8. Ge/Siエピタキシャル成長に及ぼす水素の効果、安田幸夫、岡田昌久、池田浩也(名大工)、財満鎮明(名大先端共研)

9. モノメチルゲルマンを用いたSiGeC/SiガスソースMBE成長、茜俊光、奥村宏、佐野匡俊、石川崇、松本智(慶大理工)

10. IBS(イオンビームスパッタ)法によるSiGeのエピタキシャル成長、佐々木公洋(金沢大工)

11. 減圧CVD法によるSiGe膜の成長、伊藤秀二、中村稔之、西川哲(沖電気半技研)

12. イオン注入による、Geナノ結晶の单一平面上への配置および単結晶サブミクロン薄膜の形成、梶山健二、米田知晃(イオン工研)、山本真弘(大阪電通大)、原徹(法政大)

13. 急峻界面を有する高電子移動度Si_{1-x}Ge_x/Si/Si_{1-x}Ge_xヘテロ構造、杉井信之、中川清和、木村嘉伸、山口伸也、宮尾正信(日立中研)

14. 热処理したSi/SiGe変調ドープ構造における移動度制限要因、上野哲嗣、油谷明栄、Posadas Agham、中川清和*、白木靖寛(東大先端研,*日立中研)

15. 非(100)面上へのGe/Si量子構造の作製と光学特性評価、大賀淳、天野勝之、服部健雄(武藏工大)、宇佐美德隆、白木靖寛(東大先端研)

16. 選択成長を利用したGe量子ドットの作製と光学特性評価、金銀洙、河口研一、宇佐美德隆,

白木靖寛（東大先端研）

17. 選択エッチングによるSiドットの形成, 田部道晴, 山本武司, 久米澤稔, 梅次徹也, 牧田繁典（静大電子研）
18. ビスマスアトムワイヤー自己形成技術とδドープへの応用の検討, 三木一司, 坂本邦博, 山本淳, 坂本統徳（電総研）, J.H.G. Owen, D.R. Bowler, G.A.D. Briggs (Oxford Univ.)
19. P-doped Si_{1-x}Ge_x薄膜からのSi中への不純物拡散, 小林信一, 横田成相, 櫻庭政夫*, 松浦孝*, 室田淳一*, 御子柴宣夫（東京工芸大, *東北大通研）
20. Si中P拡散におけるSOIとバルク基板の比較, 荒井英輔（名工大）

[4] 主な研究発表

1. Atomic-Layer Etching of Ge Using an Ultraclean ECR Plasma, T.Sugiyama, T.Matsuura and J.Murota, Appl. Surf.Sci., Vol.112, pp.187-190, (1997).
2. Initial Growth Characteristics of Germanium on Silicon in LPCVD Using Germene Gas, S.Kobayashi, M. Sakuraba, T.Matsuura, J.Murota and N.Mikoshiba, J.Crystal Growth, Vol.174, No.1-4, pp.686-690, (1997).
3. Atomic-Layer Surface Reaction of SiH₄ on Ge(100), T. Watanabe, M.Sakuraba, T.Matsuura and J.Murota, Jpn. J.Appl.Phys., Vol.36, Part 1, No.6B, pp.4042-4045,(1997).
4. Fabrication of 0.1 μ m MOSFET with Super Self-Aligned Ultrashallow Junction Electrodes Using Selective Si_{1-x}Ge_x CVD, J.Murota, M.Ishii, K.Goto, M. Sakuraba, T.Matsuura, Y.Kudoh and M.Koyanagi, Proc. 27th European Solid-State Device Research Conf., Stuttgart, Germany, September 22-24, 1997, pp.376- 379.
5. Low-Temperature Surface Reaction of CH₄ on the Si(100)Surface, A.Izena, M.Sakuraba, T.Matsuura and J.Murota, J.Crystal Growth, Vol.188, No.1-4, pp.131-136,(1998).
6. Atomic-Layer Surface Reaction of Chlorine on Si and Ge Assisted by an Ultraclean ECR Plasma, T.Matsuura, T.Sugiyama and J.Murota, Surf.Sci., Vol.402-404, pp.202-205, (1998).
7. Surface Reaction of Alternately Supplied WF₆ and SiH₄ Gases, Y.Yamamoto, T.Matsuura and J.Murota, Surf. Sci., Vol.408, No.1-3, pp.190-194, (1998).
8. Observation of Hydrogen-Coverage-and Temperature-Dependent Adsorption Kinetics of Disilane on Si(100)during Si Gas-Source Molecular Beam Epitaxy, M.Suemitsu, H.Nakazawa, T.Morita and N.Miyamoto, Jpn.J.Appl.Phys., Vol.36, pp.L625-L628,(1997).
9. Ultra-Shallow Junction Formation by AsH₃ Adsorption Method, Y.H.Song, S.Pidin, T.Kurabayashi, H.Kurino and M.Koyanagi, Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, Hamamatsu, (1997), pp.552-553.
10. Study of the Optical Properties of SOI Substrate, D.K. Nayak, N.Usami, S.Fukatsu and Y.Shiraki, J.Appl.Phys., Vol.81, p.3484, (1997).
11. The Influence of Additional Atomic Hydrogen on the Monolayer Growth of Ge on Si(100)Studied by STM, M.Okada, T.Shimizu, H.Ikeda, S.Zaima and Y.Yasuda, Appl.Surf.Sci., Vol.113/114, pp.349-353, (1997).
12. Initial Stages of Nitridation of Si(111)Surfaces:X-ray Photoelectron Spectroscopy and Scanning Tunneling Microscopy Studies, M.Tabe and T.Yamamoto, Surf.Sci., Vol.376, pp.99-112, (1997).
13. Comparison of Conventional Surface Cleaning Methods for Si Molecular Beam Epitaxy, H.Okumura, T.Akane, Y.Tsubo and S.Matsumoto, J.Electrochem.Soc., Vol.144, pp.3765-3768, (1997).
14. Is the c(4×4) Reconstruction of Si(001)Associated with the Presence of Carbon? K.Miki, K.Sakamoto, T. Sakamoto, Appl. Phys. Lett., Vol.71, pp.3266-3268, (1997).
15. Etching Effect by Hydrogen Plasma on Electron Cyclotron Resonance Chemical Vapor Deposition and Its Application to Low Temperature Si Selective Epitaxial Growth, K.Sasaki and T.Takada, Jpn.J. Appl.Phys., Vol.37, pp.402-407,(1998).
16. Suppression of Parasitic Bipolar Action and Improvement of Hot-Carrier Reliability in Fully-Depleted Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistors on SIMOX Introducing Recombination Centers near Source Junction, T.Tsuchiya, T.Ohno, S.Tazawa, and M.Tomizawa, Jpn.J.Appl.Phys., Part I , Vol.36, pp.6175-6180, (1997).
17. Ion Implantation and Annealing Conditions for Delamination of Silicon Layers by Hydrogen Ion Implantation, T.Hara, Y.Kakizaki, T.Kihana, S.Oshima, T.Kitamura, K.Kajiyama, T.Yoneda, K.Sekine and M. Inoue, J.Electrochem.Soc., Vol.144, p.L78,(1997).
18. Local-Symmetry Effect on Light Emissivity from SiGe Quantum Well, M.Miyao, K.Nakagawa, Y.Kimura and T.Hirao, Thin Solid Films, Vol.294, p.204, (1997).

課題番号 H-8/A-12

ニューロンダイナミクスと その情報処理機能に関する研究

[1] 組織

代表者: 山本 光璋
(東北大学大学院情報科学研究科)

責任者: 矢野 雅文
(東北大学電気通信研究所)

分担者:

中尾 光之	(東北大学大学院情報科学研究科)
加藤 宏司	(山形大学医学部)
伊藤 憲一	(山形大学医学部)
宮川 博義	(東京薬科大学生命科学部)
吉田 祥子	(豊橋技術科学大学物質工学系)
原 健一	(石巻専修大学理工学部)

研究費: 校費 95万円, 旅費 66万円

[2] 研究経過

近年のニューラルネットワーク研究の隆盛の多くは、主にその応用研究によって支えられているといつても過言ではない。しかしながら、神経科学の立場から見れば、このことは必ずしも、その発展に寄与するとは限らない。事実、これまで明らかにされてきた神経生理学的知見は人工ニューラルネットワークにはほとんど反映されておらず、両者の差は聞くばかりである。計算論的な立場から神経科学に貢献していこうとする計算論的神経科学だけにとどまらず、工学にとってもその新たな計算原理を模索する上で、実際のニューロンの働きを、それ本来の姿に近い形で再現し、その計算様式を研究することは意義深いことのように思われる。本研究は、(1)人工的な環境下において、実際のニューロンの基本的な性質を調べる *in vitro* の実験を行なうレベル。(2)実験的に得られたダイナミクスをモデル論的に解釈し、その情報処理機能を探るレベル。のそれぞれについて、神経生理学、生体情報学、神経薬理学などの広範な分野の専門家を結集し共同して、実験レベルで見い出される知見の機能的な意義を明らかにすることを目的にしている。

研究成果は以下の通りである。

海馬CA1錐体ニューロンのシナプス入力の統合特性

我々はアクティブな樹状突起をもつニューロンのコンパートメントモデルの入出力特性に基づいた形式ニューロンを定式化した。形式ニューロンの基となった海馬 CA1 锥体ニューロンのコンパートメントモデルは、等価円柱で近似した細胞体、基底 (basal) 樹状突起と尖頭 (apical) 樹状突起、および軸索小丘 (AIS) が電気的に結合されたものである。各コンパートメントの膜電位ダイナミクスは Hodgkin-Huxley 方程式を拡張した微分方程式で記述されている。最近の研究によれば、このニューロンの細胞体と樹状突起には、膜電位依存性 Na^+ チャネルがほぼ一定の密度で分布し (Magee and Johnston, 1995), その活性によって細胞体で発生した活動電位を樹状突起の先端まで伝播させることができる (Spruston et al., 1995)。モデルパラメータは、これら最近になって明らかにされた生理学的実験データに基づいて設定した。また、ニューロンは多種の興奮性および抑制性シナプス入力を受容するが、これらはその入力系統に応じて細胞体や樹状突起の上を整然と「棲み分け」していることが知られている。そこで我々は「シナプスの棲み分け」を考慮して形式ニューロンを構築した。その応答特性から、次のことが明らかになった。すなわち、CA1 锥体ニューロンにおいて、細胞体での発火閾値が低い（細胞体への抑制が弱い）ときは、尖頭樹状突起と基底樹状突起からの入力の「論理和」を演算する。また、細胞体での発火閾値が高い（細胞体への抑制が強い）ときは、尖頭樹状突起と基底樹状突起からの入力の「論理積」を演算する。このように、細胞体への抑制入力を変化させることによって、入出力特性が変化する可能性が示唆された。ここでは、海馬CA1ニューロンの入出力特性を実験的に調べることによって、この階層型形式ニューロンの生理学的妥当性を検討した。

実験では、記録電極を CA 1 锥体細胞層に刺入し、双極刺激電極は、対側海馬CA 1 锥体ニューロンの出力纖維である交連纖維が走る上昇層 (s 1), CA3 锥体ニューロンの出力纖維であるシャーファー側枝が走る放線層 (s 2), 内嗅野錐体ニューロンの出力纖維である貫通枝が走る網状分子

層(s3), に刺入した。パルス電流は強度0.1~10mA, パルス幅200μsであり, インターバル100msの2連発を1組としてスライス標本に与えた(ペアードパルス刺激)。放線層と上昇層, もしくは放線層と網状分子層, の組合せで様々な強度の刺激を与え, そのときの細胞外電位応答を計測した。

放線層と上昇層を刺激したときの応答特性では, ペアードパルス1発目より2発目の方が明らかに応答が大きくなつた。さらに興味深いのは, 1発目と2発目に対する応答特性が大域的に変化していた点である。即ち, 1発目の応答特性では放線層, 上昇層共に強い刺激の時にのみ応答が高まるようなパターンが現れているのに対し, 2発目では, どちらか一方の刺激が強ければ応答が十分な飽和レベルに達していた。ペアードパルス刺激に見られる応答の増大は, 抑制性シナプス終末からの伝達物質放出量の減少による脱抑制によって説明されている。言い換えると, 1発目ではそれぞれの刺激部位や細胞体への抑制入力が大きく閾値を相対的に押し上げているが, 2発目ではそれが弱るために閾値が低下しているということになる。これは閾値 \hbar の値を変化させることに対応していると考えられ, モデルにおける尖頭・基底樹状突起へのシナプス入力の統合特性は, 実験的に得られたそれと良く一致しているといえよう。

放線層と網状分子層を刺激したときの応答特性ではペアードパルス1発目より2発目の方が明らかに応答が大きくなつた。また, 放線層-上昇層の組合せ刺激にくらべ, ペアードパルス1発目と2発目の応答特性が類似している点が特徴的である。即ち, どちらか一方の刺激が十分強ければ応答は飽和レベルに達している。この実験は尖頭樹状突起単独でのシナプス統合特性を調べていることに対応している。この点で尖頭・基底という異なつた樹状突起間での統合特性を調べた上述の条件とは対照的である。モデル化された統合関数に従えば, 同一樹状突起では飽和的な非線形性はあるが単調な統合が行なわれることから, これも実験結果と良く一致しているといえよう。いずれにしても実験結果は形式ニューロンモデルにおけるシナプス入力の統合特性を支持するものであった。

ダイナミクスと自己組織化におけるCa²⁺の役割

Ca²⁺イメージングにより小脳プルキンエ細胞の樹状突起に存在する機能的な電位依存性Ca²⁺チャネルのタイプを同定しその機能的意義を推定し

た。さらに, Hodgkin-Huxley方程式をもとにした単一神経のシミュレータを用い, 実験的研究で得たプルキンエ細胞の振舞いを再現した。またその機能的意義をシミュレーションにより推定した。

モルモット海馬のスライス標本を用いて, ATP灌流によるシナプス可塑性(LTPとLTD)について, 検討した結果これまでの所見とは違つて, ニューロンの細胞内Ca²⁺の上昇が相対的に大きいときにはLTDが, 小さいときにはLTPが形成されることが見出された。

生体外で未分化小脳を分化・発展させる条件として, 複数種のグルタミン酸受容体の多形的な活動があることを見た。成熟脳で長期抑圧を引き起こす条件に似たグルタミン酸受容体の活動によりプルキンエ細胞の選択的神経死が大きく作用された。さらにグリア細胞集団が小脳プロト回路を自己組織することを示唆し, 細胞集団に生じるCa²⁺波を観測した。

これまで, 我々はin vitro実験系における実験結果に基づいて構成されたコンパートメントニューロンモデルの応答特性を抽象化することによって海馬CA1錐体ニューロンの形式ニューロンモデルを開発した。ここでは, 実験的にそのシナプス入力統合特性を検証するために, 放線層と上昇層, および放線層と網状分子層の組合せで様々な強度の刺激を与え, そのときの細胞外電位応答を計測した。実験結果はモデルが予測した統合特性を支持するものであった。これにより, 我々の開発した形式ニューロンモデルは生理学的にも妥当なものであり, 樹状突起のアクティブな性質とシナプスの棲み分けの機能的意義を理解する上で有用な枠組を提供するものと考えられる。さらに, Ca²⁺の動態とニューロンダイナミクスならびにシナプス可塑性との関連を明らかにした実験結果はこのニューロンモデルにダイナミクスや学習ルールを付与する上で重要な情報となる。今後は, さらにモデルを改良して行くとともに, 回路網を構成しそのダイナミクスを調べることにより樹状突起の能動性の機能的意義を明らかにして行く。

[3] 研究活動報告

研究打合せを9月24日~26日, 2月18日~2月20日の二回行なつた。それぞれ次のようなテーマについて研究発表を行ない, 討論を深めた。

加藤宏司, 伊藤憲一(山形大・医) :
「海馬ニューロンにおけるLTPおよびLTD形成のメカニズムについて」
宮川博義(東京薬科大・生命科学) :

「膜電位とカルシウム濃度の同時測定による樹状突起の能動性の解析」

吉田祥子（豊橋技術科学大学物質工学系）：

「小脳神経回路の自己組織化」

原健一（石巻専修大学理工学部）：

「シナプス可塑性を担う細胞内過程のモデル化」

山本光璋，中尾光之（東北大・情報科学）：

「能動的な樹状突起を有するニューロンのモデル化とその機能的意義」

矢野雅文（東北大・通研）：

「振動子ニューラルネットワークの情報処理能力」

その他、当初計画した構成員には加わらなかつたが、標記研究題目の観点からユニークかつ興味深い研究をされている研究者を適宜招いて研究打合せを行なった。今年度は、三浦正巳（理化研）、坪川宏（自治医大）、児玉亨（東京都神経研）、加藤邦夫（創造科学推進事業グループリーダー）の各氏を招聘した。このうち、三浦氏はニューロンの樹状突起における細胞内カルシウム濃度のダイナミクスを光学計測しており、抑制入力下存在下でのシナプス入力によって引き起こされるカルシウム流入について議論して頂いた。坪川氏は樹状突起上への抑制性シナプス入力が活動電位の伝播を制御することを実験的に明らかにしており、樹状突起の機能と抑制入力の関係を議論した。加藤氏は細胞内カルシウム濃度の調節機構を担うイノシトール三リン酸の働きを追究しておられ、最近の実験結果を被歴して頂き、その機能的な意義について議論した。児玉氏は *in vivo* 系におけるマイクロダイアリシスの第一人者であり、特にアセチルコリンやアミンによる神経調節について議論して頂いた。

[4] 主な研究発表

- (1) M.Nakao, H.Sakai, M.Yamamoto, "An interpretation of the internal desynchronization based on dynamics of the two-process model", *Methods of Information in Medicine*, Vol.36, pp.282-285 (1997).
- (2) M.Nakao, I.Honda, M.Musila, M.Yamamoto, "Metastable associative network models of dream sleep", *Neural Networks*, Vol.10, pp.1289-1302 (1997).
- (3) 中尾光之, 片山統裕, 山本光璋, “ニューロン樹状突起の能動性とその機能に関するモデル論的考察”, *医用電子と生体工学*, Vol.35, pp.6-16 (1997).
- (4) M.Yamamoto, M.Nakao, T.Kodama, "A possible

mechanism of dynamics-transition of central single neuronal activity during sleep", In: *Sleep and Sleep Disorders: From Molecule to Behavior*, Academic Press, pp.81-95 (1997).

- (5) 中尾光之, 山本光璋, “睡眠・覚醒リズムのモデル化”, *日本臨床*, Vol.56, pp.229-233 (1998).
- (6) M.Miura, M.Yoshioka, H.Miyakawa, H.Kato, K.-I.Ito, "Properties of calcium spikes revealed during GABAa receptor antagonism in hippocampal CA1 neurons from guinea pig", *J. Neurophysiol.*, Vol.78, pp.2269-2279 (1997).
- (7) S.Fujii, Y.Sekino, Y.Kuroda, H.Sasaki, K.-I.Ito, H.Kato, "8-cyclopentyltheophylline, an adenosine A1 receptor antagonist, inhibits the reversal of long-term potentiation in hippocampal CA1 neurons", *European J. Pharmacol.*, Vol.331, pp.9-14 (1997).
- (8) S.Fujii, Y.Kuroda, K.Kaneko, H.Sasaki, K.-I.Ito, H.Kato, "The roles of endogenous adenosine, acting via A1 and A2 receptors, in the induction and reversal of long-term potentiation in guinea pig hippocampal slices CA1 neurons", *Experimental Brain Res.*, Vol.111, pp.305-312 (1997).
- (9) 宮正従道, 渡部重夫, 高木博, 鈴木英雄, 工藤佳久, 宮川博義, “小脳プルキンエ細胞における低閾値不活性型イオンチャネルの役割：コンパートメントモデルによるシミュレーション”, *日本神経回路学会第8回全国大会講演論文集*, pp.141-142 (1997).
- (10) A.Tomita, S.Yoshida, M.Yano, Y.Kirino, S.Kawahara, H.Shimizu, "Removal after addition of NO-releasing agents and 8-bromo-cyclic GMP causes morphological change of cultured cerebellar astrocytes: a new mode of NO action", *Brain Res.*, Vol.744, pp.344-346 (1997).
- (11) M.Yamamoto, K.Nakamura, K.Takahashi, M.Nakao, T.Kodama, N.Katayama, "Neuronal dynamics-transition during sleep: implication in view of global neuromodulation of the brain", Proc. 2nd RIEC Int'l Symposium DAIPS, pp.91-96 (1998).
- (12) N.Katayama, R.Nakayama, M.Nakao, M.Yamamoto, "Current-source density analysis of back-propagation of somatic excitation into hippocampal pyramidal cell dendrites", Proc. 2nd RIEC Int'l Symposium DAIPS, pp.153-156 (1998).
- (13) M.Nakao, M.Kawai, Y.Mizutani, M.Yamamoto, "An interpretation of phantom pain based on a self-organizing network model", Proc. 2nd RIEC Int'l Symposium DAIPS, pp.185-188 (1998).

課題番号 H-9/A-1

人間とエージェントの協調を支援する拡張現実空間と そのソフトウェアに関する研究

[1] 組織

通研担当教官：白鳥 則郎（東北大学電気通信研究所）

研究代表者：菅原研次（千葉工業大学工学部）

分担者：

阿曾 弘具（東北大学大学院情報科学研究科）
 牧野 正三（東北大学大学院情報科学研究科）
 宮崎 正俊（東北大学大学院情報科学研究科）
 静谷 啓樹（東北大学大学院情報科学研究科）
 山崎 晴明（山梨大学工学部）
 石田 亨（京都大学大学院工学研究科）
 山崎 芳男（千葉工業大学工学部）
 服部 文夫（NTTコミュニケーション科学研究所）
 岡田 謙一（慶應義塾大学理工学部）
 宗森 純（大阪大学大学院基礎工学研究科）
 浮貝 雅裕（千葉工業大学工学部）
 木下 哲男（東北大学電気通信研究所）
 岩沼 宏治（山梨大学工学部）
 藤田 茂（千葉工業大学工学部）

研究費：校費 121万円、旅費 117万5千円

[2] 研究経過

本研究の目的は、ネットワークでの活動の場と現実社会とをシームレスに融合させることにより、情報社会における人々と情報処理機能との間の協調活動を支援する拡張現実空間のモデル提案と、そのモデルを実現するソフトウェアシステムを開発することにある。

近年のソフトウェア技術やネットワーク技術の発展に伴い、ネットワークを利用した企業・教育機関・コミュニティなどの社会活動が活発になってきている。しかしながら、現実社会のさまざまな場で活動する一般利用者が、ネットワークが提供する情報やソフトウェアを使いこなすことは困難であり、将来の高度ネットワーク社会への移行に関する障壁となっている。この障壁を乗り越えるためには、現実世界の人間活動の様式を、ネットワークシステム世界における活動の様式へ拡張する新しいソフトウェア技術を開発することが重要であり、また電子商取引などネットワークシステム世界の活動の結果が現実世界へ反映するなど、ネットワークシステム世界のリアリティを形成する拡張現実空間の概念と、そのソフトウェア

を構築する技術が必要である。

今年度は上記の概念に基づいた拡張現実空間の形式化と、そのモデルを実現するための中心的技術となる、エージェントの開発方法論の確立、および拡張現実空間のインターフェースの試作を行った。以下にその成果を要約する。

(1) エージェント開発フレームワーク ADIPS の設計 および開発

（菅原、山崎（晴）、岩沼、藤田）

エージェントはインターネット/LAN上の自律的プロセスであり、かつ他のエージェントと協調して目的とした処理を柔軟に実行可能なソフトウェアプロセスである。各々のエージェントは拡張現実空間での人間の情報処理作業を支援するための役割、処理に関する知識と実行機能が与えられ、ネットワークの状況に応じて適切な処理や協調動作を行う。

このような拡張現実空間での支援機能を実現するための多種・多様なエージェントを作成するためには効率的な開発方法論と、これに基づく開発環境が必要となる。本研究プロジェクトでは、この開発環境として、研究代表者らが中心となって設計したADIPSフレームワークを利用する。1997年度はADIPSフレームワークに基づいて、Java言語を用いてADIPSエージェントの開発環境および動作環境を、ネットワーク上に実装した。

この環境の有効性を評価するために、遠隔地に存在する作業者がネットワークを利用して共同作業するための仮想オフィス環境（サイバーオフィス）と、それらの作業者の協調作業を支援するエージェントを試作した。

(2) 拡張現実空間概念の定義

（木下、阿曾、宮崎、石田、服部、山崎）

拡張現実空間の概念は(1)現実空間、(2)共生空間インターフェース、(3)共生空間基盤、の3つの階層から構成される。共生空間基盤は、人間の協調作業や個人的情報処理作業を支援する機能要素であるエージェントと、人間やエージェントが利用する情報資源であるオブジェクトにより構成される拡張現実空間の基盤的階層である。共生空間インターフェースは、ビデオ会議やメール機能など利用者同士の協調を行うための諸機能と、ネット

ワーク内での協調作業や情報処理作業の進行状況を直感的に把握し、様々な情報処理要求を共生空間基盤のエージェントに伝達するために必要なインターフェース機能を実現する中間の階層である。特に、遠隔地に分散したスマートオフィスなどを仮想的な協調の場として統合する仮想空間機能を実現する。本年度は、上記の階層と、各階層の論理的モデルの検討を行い、機能設計を行った。

共生空間基盤や共生空間インターフェースの論理的モデルは、現実空間において対象とする共同作業のワークフローと、そのワークフローの各フェーズにおける作業モデルや協調の支援機能のモデルに基づいて各機能や仮想空間の構造が設計され、フェーズの変化に対応してそれらは柔軟に変化することにより柔軟に現実社会の協調作業を支援する機能を有している。

(3) 拡張現実空間におけるエージェント機能の形式化と機能設計

（石田、菅原、服部、岡田、静谷、岩沼）

本年度は、拡張現実空間の概念におけるエージェントの協調的処理の場である共生空間基盤の基本的機能の設計を行った。共生空間基盤の機能要素として秘書エージェント、タスク管理エージェント、通信エージェント、データベース検索エージェント等の基本的エージェントを設計しADIPSフレームワークが提供するエージェント作成言語ADIPS/Lを用いて実装した。秘書エージェントは利用者の情報処理要求をエージェント間の協調言語ACLに変換し、また逆に情報処理結果を利用者にとってわかりやすい必要な表現形式で表示する作業を行うエージェントである。利用者の要求は秘書エージェントにより、ACLに変換されタスク管理エージェントに伝達される。タスク管理エージェントは、その時点でその作業を最も効率的に処理可能なエージェントを探し、作業を依頼する。この作業を実行するためのエージェントはネットワークに接続されているエージェントリポジトリ（共有エージェントの格納の場）に分散して存在する。これらはタスク管理エージェントのタスク通知メッセージにより駆動され協調的に作業を行う。

この枠組みを用いて、サイバーオフィスとしての拡張現実空間を試作し、支援機能の有効性を確認した。

(4) 拡張現実空間インターフェースの設計

（木下、牧野、山崎（芳）、浮貝、岡田、宗森）

一般的な利用者がエージェントに要求を伝えるためには、エージェントに擬人性能が備わっていたり、目的とする作業を定義するワークフローにお

ける作業フェーズに現実世界のメタファが適用できれば、コンピュータやネットワークの専門的知識が無くともそれらの機能を簡単に利用できるようになる。すなわち、現実世界における作業モデルをそのメタファに基づいてアバター やオブジェクトとして視覚化し、これらとの相互作用により利用者の要求をエージェントに要求として伝達する事により、利用者は共生空間基盤の情報処理機能を容易に利用できるようになる。本年度は、拡張現実空間インターフェースの設計を行うための例題の制定を検討した。例題としては、ソフトウェア開発作業を採用することとし、この作業の分析とモデル定義を行い、これに基づいてサイバーオフィス向けのインターフェース設計を行い、試作を行い、設計の妥当性の評価を行った。

[3] 研究活動

研究会を3回行った。

[第1回]

日時：平成9年4月24日、25日

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階 大・中会議室

(1) 「拡張現実空間の構築にむけて」

菅原研次（千葉工業大学情報工学科）

(2) 「ADIPSフレームワークを用いたエージェント指向システムの実装」

藤田茂（千葉工業大学情報工学科）

(3) 「拡張現実空間概念に基づくオフィスワーク支援環境の試作」

今野将（千葉工業大学情報工学科）

(4) 「Design and Evaluation of Wide-area Group Communication Protocols-International Experiment-立川敬行（東京電機大学理工学部）

(5) 「エージェント指向に基づいたやわらかい遠隔会議システムの設計および評価」

野村尚央（東洋大学工学部）

(6) 「遠隔ゼミ支援システム Remote Wadaman の開発と適用」

吉田壱（大阪大学工学部）

(7) 「発想支援グループウェア郡元の機能実現とその評価」

由井園隆也（鹿児島大学）

(8) 「心的状況に基づくエージェントコミュニケーションとその機構」

加藤貴司（東北大学電気通信研究所）

[第2回]

日時：平成9年5月9日（金曜日）

午後1時30分より午後7時まで

場所：東北大学電気通信研究所 2号館 3階W313,
W312（デモ会場）

- (1)「拡張現実空間の概念提案」
菅原研次（千葉工業大学工学部）
- (2)「共生空間とエージェント」
木下哲男（東北大学大学院情報科学研究所）
- (3)「エージェント指向プログラミングとサイバースペース」
服部文夫（NTTコミュニケーション科学研究所）
山崎晴明（山梨大学工学部）
- (4)「ADIPSとその応用のデモンストレーション」

[第3回]

日時：平成9年10月28日（火曜日）

午前9時より午後6時まで

場所：東北大学電気通信研究所 2号館四階小会議室

- (1)「人間とエージェントの協調を支援する拡張現実空間の概念およびその形式化について」
菅原研次（千葉工業大学工学部）
- (2)「人間とエージェントの協調を支援する拡張現実空間の構築に向けて」
木下哲男（東北大学大学院情報科学研究所）
- (3)「拡張現実空間におけるエージェント間の協調モデルについて」
服部文夫（NTTコミュニケーション科学研究所）
- (4)「拡張現実空間の社会モデルについて」
山崎晴明（山梨大学工学部）
- (5)「拡張現実空間におけるエージェントの論理的知識記述について」
岩沼宏治（山梨大学工学部）

[4] 主な研究発表

- (1)藤田茂, 原英樹, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, エージェント指向分散システムADIPSのための組織構成エージェントの領域知識記述形式, 情報処理学会論文誌, vol.39, no.2, pp.188-198, 1998
- (2)H Hara, X Zhang, T Kato, K Sugawara, ADIPS Framework and Its Application, Proc. The 12th International Conference on Information Networking, p.193-198, Japan, 1998
- (3)S. Konno, X.Zhang, A. Sugiyama, S. Takahashi, H. Hara, S. Fujita, On a view model of agents in the cyber office, Proc. 12th Int. Conf. on Information Networking, pp.123-126, 1998.
- (4)T Katoh, H Hara, T Kinoshita, K Sugawara, N Shiratori, Behavior of Agents Based on Mental States, Proc. The 12th International Conference on

Information Networking, p.199-204, Japan, 1998

- (5)T Sugiyama, S Konno, T Kinoshita, K Sugawara, N Shiratori, Interaction techniques for visual programming based design of the 3D object's behaviors and its implementation, Proc. The 12th International Conference on Information Networking, p.722-725, Japan, 1998
- (6)原英樹, 藤田茂, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, 計算機プロセスの再利用を目的としたエージェントの記述方式, 電子情報通信学会「ソフトウェアエージェントとその応用, シンポジウム講演論文集」pp.16-24, 1997年9月
- (7)菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, 拡張現実空間の構築に向けて, 情処研報, マルチメディア通信と分散処理研究会 82-1, pp.1-6, 1997.
- (8)藤田茂, 嵐峨毅, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, ADIPSフレームワークを用いたエージェント指向システムの実装', 情処研報, マルチメディア通信と分散処理研究会 82-2, pp.7-12, 1997.
- (9)藤田 茂, 原 英樹, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, エージェント指向システム構築のフレームワーク:ADIPS, 信学技報, 情報ネットワーク研究会SSE97-10 / IN97-98 / CS97-96, pp.1-6, 1997.
- (10)今野 将, 原 英樹, 藤田茂, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, 拡張現実空間概念に基づくオフィスワーク支援環境の試作, 情処研報, マルチメディア通信と分散処理研究会82-4, pp.19-24, 1997.
- (11)今野 将, 高橋誠康, 原 英樹, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎, サイバーオフィスにおけるエージェントのビューモデルについて, 信学技報, 人工知能と知識処理/オフィスシステム研究会, AI97-21 / OFS97-23, pp.71-78, 1997.

課題番号 H-9/A-2

酸化物超伝導体のミリ波・サブミリ波デバイスに関する研究

1. 組織

企画者：大嶋 重利（山形大学工学部）
 責任者：山下 努（東北大学電気通信研究所）
 分担者：吉田 啓二（九州大学大学院システム科学研究科）
 藤巻 朗（名古屋大学大学院工学研究科）
 川崎 雅司（東京工業大学総合理工学研究科）
 山本 寛（日本大学理工学部）
 小林 祐夫（埼玉大学工学部）
 安岡 義純（防衛大学校）
 大矢銀一郎（宇都宮大学大学院工学研究科）
 石井 修（山形大学工学研究科）
 沢谷 邦男（東北大学工学部）
 道上 修（岩手大学工学部）
 大杉 武司（アイシン精機）
 井下 佳弘（アンリツ）
 山下 信一（TDK）
 高橋 和浩（信光社）

研究費：校費1200千円 旅費735千円

2. 研究経過及研究会報告

酸化物超伝導体の表面抵抗はマイクロ波～ミリ波帯において、通常の金属と比較して2～4桁程度小さい。その性質を利用してフィルター、アンテナ、遅延線路等のパッシブなデバイスの高性能化が検討されている。また、超伝導の非線形現象を利用したミキサーラジオや検出器、磁束量子運動を利用した新しいデバイス等も広く検討されている。それらのデバイスを真に実用化するためには、次のような研究を系統的に検討する必要がある。

- (1)マイクロ波デバイス用大面積超伝導薄膜の作製技術の検討
- (2)基板、超伝導体の高周波物性評価技術の確立
- (3)超伝導デバイスの設計法の検討
- (4)新しい電磁波デバイスの検討
- (5)小型冷凍機の検討

本共同研究プロジェクトでは、上記のテーマをより効果的に検討するために大学と企業の研究者が連携して検討できるような研究組織を結成した。平成9年度は主として研究会を中心とした研究活動を行ない酸化物超伝導体のミリ波・サブミ

リ波デバイスの基礎的な検討を行なった。また、東北大学電気通信研究所の山下研究室の施設を利用して、新しいデバイスの開発や高温超伝導のミリ波～サブミリ波特性の評価も検討した。

2.1. 第1回研究会「酸化物超伝導体のミリ波・サブミリ波デバイスに関する研究会」

上記の題目で第1回研究会を平成9年6月3日に、仙台市太白区の茂庭荘で行った。この研究会は、東北大学電気通信研究所の超伝導工学研究会（山下教授主催）と共に、6月2日の午後に超伝導工学研究会を開き、6月3日の午前中に共同研究プロジェクト研究会を開いた。プログラムは以下の通りである。

1. 研究プロジェクトの概要（山形大学 大嶋重利）
2. 高品質酸化物超伝導薄膜形成のための基板条件（信光社 高橋和浩）
3. 酸化物超伝導薄膜の作製
(日本大学 山本寛、山形大学 楠正暢)
4. 酸化物超伝導薄膜の微細加工と素子化技術
(名古屋大学 藤巻朗)
5. 酸化物超伝導薄膜を用いたマイクロ波デバイス
(九州大学 吉田啓二)
6. 酸化物超伝導薄膜を用いたサブミリ波検出
(東北大学 中島健介)
7. 酸化物超伝導デバイス用小型冷凍機
(山形大学 大嶋重利)

今回の研究会の狙いは、高温超伝導薄膜を用いたマイクロ波～ミリ波デバイスを構築するための所問題、特に薄膜用基板、薄膜の作製、デバイスの設計、評価、小型冷凍機についてじっくりと議論することであった。参加者は、大学、企業を含めて25名を超えた。

信光社の高橋からは、現在用いられている単結晶基板の表面状態についての紹介、日本大学の山本、山形大学の楠からは、CVD法やスパッタリング法により作製したマイクロ波デバイス用の薄膜合成と評価について、名古屋大学の藤巻は酸化物超伝導薄膜の微細加工技術について、九州大学の吉田は、高温超伝導薄膜の光変調デバイスについて、東北大学の中島は、Si基板上に形成したYBCO薄膜のサブミリ波の検出について、山形大

学の大島は、マイクロ波デバイスの実用化に不可欠な小型冷凍機の紹介を行った。

2.2 第2回研究会は「RIEC Project; 98 International Workshop on High-Tc Superconducting Thin Film Devices and GHz to THz Phenomena」と題して、国際ミニシンポジウムを行った。このミニシンポジウムは、1998年1月29日、東北大学電気通信研究所の会議室で開かれ、参加人数は50名を超え、活発な質疑、応答がなされた。研究会のプログラムは以下の通りである。

1. Characterization of YBCO dc SQUIDs fabricated by field emission electron beam sources; S.J.Kim, J. Chen and T. Yamashita, RIEC Tohoku University
2. Design and fabrication of slot antennas for YBCO Josephson mixers; T. Uchida, A.Hasegawa and Y. Yasuoka, The National Defence Academy.
3. Noise by vortex motion in superconducting thin film; Zheong G.Khim, Seoul National University.
4. Quasiparticle injection and microwave emission effects of YBCO/Au tunnel junctions; Iguchi, Tokyo Institute of Technology
5. Response properties at terahertz band using YBCO bicrystal Josephson Junctions; J. Chen, E.Kobayashi, H. Myoren, K. Nakajima, and T. Yamashita.
6. Investigation of the microstructure and orientation of CeO₂ films grown by pulsed laser ablation; Katherin D.Develos, M. Kusunoki, and S. Ohshima, Yamagata University.

韓国ソウル大学のキム教授、東京工業大学井口教授をメインゲストスピーカーとして、高温超伝導体のSQUID、ミキサーの作製と評価、SQUIDノイズや超伝導／常伝導接合部から放射する電磁波の検出、デバイス用のCeO₂薄膜の作製等の成果発表行ったものである。高温超伝導体は、フィルターやミキサー等の性能を向上させることができる。しかしながら、それらのデバイスを実用化するためには、まだまだクリアすべき問題が多く残っている。本シンポジウムではそれらの問題点をクリアすることを一つの目的としていた。

Kim等は集束電子線で加工したSQUIDの特性について、Uchida等は、CVD法により作製したYBCO薄膜のミキサ特性について、Khimは超伝導体のノイズ特性について、Iguchiは、YBCO/Au接合部から放出する電磁波について、Chenは、バイクリスタル上に形成したYBCO接合のTHz応答について、Develosはレーザーブレーキング法により作製したCeO₂薄膜のミクロ構造評価について講演した。

超伝導磁束量子デバイス（SQUID）は、超伝導の特徴を生かした応用であり、広い応用が期待されている。応用に際し、動作温度が高くなるに連れて、ノイズレベルが問題となってきた。高温超伝導体のSQUIDノイズを正確に評価することも極めて重要である。また、高温超伝導体は従来の超伝導体には見られない新たな現象が多く見つかっている。その一つに、電磁波の放出がある。超伝導／常伝導接合部から電磁波が放出されることが報告され、興味あるデータの提出となった。

3. 東北大学電気通信研究所における共同研究

ビスマス系の銅酸化物高温超伝導単結晶を用いた固有ジョセフソン接合は、現在最も良好なSISトンネリング特性（固有ジョセフソン接合の特性）を示し、数十mVの高いギャップ電圧を持つため、テラヘルツ帯への応用が期待されている。宇都宮大学の大矢教授の研究グループは世界でいち早くこの固有ジョセフソン接合の作製に取り組み、良好な接合特性を得ている。本共同研究プロジェクトでは、東北大学電気通信研究所に設置されている遠赤外線レーザーを用いて作製した固有ジョセフソン接合のテラヘルツ電磁波への直接応答の測定やビスマス高温超伝導体のプラズマ周波数の検証などを試みている。

(1) テラヘルツ応答：

これまでのところ、テラヘルツ波照射での直接応答は確認されていない。その原因として、接合のサイズが大きく臨界電流も数mAと大きいため、電流・電圧特性がFlux-flow的になっており、応答を観測するためにより大きなテラヘルツ波強度を必要としていることが考えられる。現在、大矢教授のグループと通研の山下教授グループとにより小さな臨界電流を有する微少固有ジョセフソン接合の作製に取り組んでいる。

(2) プラズマ周波数の検証：

固有ジョセフソン接合の非線形インダクタンスを利用して二つの異なる周波数のミリ波信号をミキシングさせることによりプラズマ周波数を直接同定することが可能であると考えられる。現在、微弱なミキシング信号を検出するための測定システムの改善を行っている。また、現在の試料では4端子測定用電極に小さい固有接合が直列に接続された構造になっているため測定すべき固有接合の特性上に不要なパルス的な飛び（非線形な特性）が現れ、ミキシング測定に悪い影響が与えることが懸念されるため、試料構造の改善を併せて行っている。

4. 主な研究発表

- (1) 楠正暢, 大須賀彰, 江畑克史, 大嶋重利, 増本博, 平井敏雄 “誘導コイル結合型スッパッタリングによるYBa₂Cu₃O_y薄膜の作製”, 日本国金属学会誌, Vol.61, No.9号, pp.951-, (1997)
- (2) S.Ohshima, K.Ehata, M.Kusunoki “The Gain and Directivity of a Superconducting Patch Antenna” ISEC'97, (1997)
- (3) S.Ohshima, T.Ogasawara, K.Ehata “Design and Fabrication of YBCO Patch Antennas”, IEEE Trans. on Applied Superconductivity, Vol.7, No.2, pp.3060-, (1997)
- (4) Y.Kanda, K.Yoshida, T.Adou, H.Shimakage and Z.Wang, “Modeling of Microwave Characteristics of YBa₂Cu₃O_x Thin Films” Proc.HTSED'97, pp.74-, (1997)
- (5) K.Yoshida, K.Nagasawa, T.Kiss, H.Shimakage and Z.Wang “Residual Surface Resistance of YBa₂Cu₃O_x Thin Films - Weakly Coupled Grain Model” IEEE trans. appl. supercond., Vol.7, No.2, pp. 1253-. (1997)
- (6) K.Yoshida, A.Minami and Y.Kanda “Traveling-Wave Type LiNbO₃ Optical Modulator with a Superconducting Coplanar Waveguide Electrode”, IEEE trans.appl.supercond., Vol.7, No.2,pp. 3508-, (1997)
- (7) G.Oya, M.Iwama, A.Irie “Self-field effects in intrinsic Josephson junction stacks in (Bi,Pb) 2Sr₂CaCu₂O_y single crystals”, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol.7, pp.3666, (1997)
- (8) G.Oya, A.Irie “Structures and intrinsic Josephson tunnel junctions of (Bi_{1-x}Pb_x)₂Sr₂CaCu₂O_y single crystals”, Physica C, 293, 149, (1997)
- (9) 入江晃亘, 大矢銀一郎, “(Bi_{1-x}Pb_x)₂Sr₂Ca Cu₂O_y単結晶の結晶構造変化と固有ジョセフソン接合特性”, 日本国金属学会誌, 61, 862 (1997)
- (10) 特許：番号 特許第2674680号
 (平成6年 特許願第025512号)
 発明の名称 超伝導超格子結晶デバイス
 特許権者 宇都宮大学長
 登録日 平成9年7月18日
- (11) M.Horibe, K.Kawai, T.Ohta, A.Fujimaki, H.Hayakawa, “Electrical Properties of Ramp Edge Josephson Junctions Using PBCO-based Barrier”, 6th Int. Superconductive Electronics Conference, J41, June 25-, 1997, Berlin Germany.
- (12) A.Fujimaki, M.Horibe, K.Kawai, T.Ohta, H.Hayakawa, “Effect of Localized States in Ramp-Edge Josephson Junctions”, 5th Int. Workshop on High-Temperature Superconducting Electron Devices, PVS-8, May 28-, 1997, Matsuyama, Japan.
- (13) A.Fujimaki, K.Kusunoki, M.Kito, S.Yoshida, H.Andoh, H.Hayakawa A, “New Vortex Flow Transistors Made of YBa₂Cu₃O_y Thin Films”, IEEE Trans. applied Supercond., Vol.7, No.2, pp.2399-, (1997)
- (14) J.Q.Wang, M.Maruyama, T.Ohta, H.Terai, M.Inoue, A.Fujimaki, H.Hayakawa, “Electrical Properties of YBCO/Ca-YBCO/YBCO Trilayer Josephson Junctions Using C-axis Oriented Films”, IEEE Trans. Applied Supercond., Vol.7, No.2, pp.2948-, (1997)
- (15) Y.Kobayashi, C.Inoue, “Bandpass and bandstop filters using dominant TM01d dielectric rod resonators”, IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Digest, No.WE3F-11, pp.793-, June 8-13, (1997)
- (16) Y.Kobayashi, H.Yoshikawa, “Automatic measurements of surface resistance of superconductors using two modes in a dielectric rod resonator,” Proc. 27th European Micrpwave Conf., pp. 703-, Sept. 8-12, (1997)
- (17) G.Zhang, Y.Kobayashi, “Complex permittivity measurement of unknown dielectric plates by the cavity resonance method,” Proc. of International Conference on Electronic Measurement & Instrumentation (ICEMI'97), pp.470-, Oct.14-16, (1997)
- (18) Y.Kobayashi, H.Yoshikawa, S.Ono, “Phenomenological description of microwave Characteristics of low-Tc superconductor by three-fluid model,” IEICE Trans. Electronics, Vol. E80-C, No. 10, pp.1268-1274, Oct., (1997)
- (19) H.Yoshikawa, S.Ono, Y.Kobayashi, “Explanation of microwave surface impedance of a Nb film by three-fluid model,” Proc. 1997 Asia Pacific Microwave Conference, (APMC'97), pp.129 -, Dec.2-5, 1997.
- (20) G.Zhang, S.Nakaoka, Y.Kobayashi, “Millimeter wave measurements of temperature dependence of complex permittivity of dielectric plates by the cavity resonance method,” Proc. 1997 Asia Pacific Microwave Conference, pp.913 -, Dec.2-5, (1997)
- (21) K.Nakajima, J.Chen, et al, “Terahertz response for bicrystal YBCO Josephson junctions”, IEEE Trans. on Appl. Supercond., Vol. 7, p.2607-, (1997)
- (22) J.Chen, et al, “Mixing at terahertz frequency band using YBa₂Cu₃O₇-? bicrystal Josephson junctions”, Appl. Phys. Lett., Vol. 71, pp.707-, (1997)

課題番号 H 9/A-3

超大容量垂直スピニックストレージシステムの研究

[1] 組織

代表者：中村 慶久（東北大通研）

責任者：中村 慶久（東北大通研）

分担者：

杉田 恒（東北大通研）
 大沢 寿（愛媛大工学部）
 岡本 好弘（愛媛大工学部）
 山本 節夫（山口大工学部）
 工藤 純一（東北大計センター）
 村岡 裕明（東北大通研）
 大内 一弘（秋田高技研）
 本多 直樹（秋田高技研）
 山川 清志（秋田高技研）
 大島 英男（N H K 技研）
 沼澤 潤二（N H K 技研）
 西原 敏和（日本ビクター中研）
 岡崎 裕（ソニー中研）
 園部 義明（日本アイ・ビー・エム東京基礎研）
 松崎 幹男（T D K 記録デバイス(事)）
 高野 研一（T D K 記録デバイス(事)）
 田上 勝通（日本電気機能エレ研）
 二本 正昭（日立中研）
 梅本 益雄（日立中研）
 押木 満雅（富士通研ペリフェラルシステム研）
 泉 幸雄（三菱電機情報技術総研）

研究費： 校費1,000千円，旅費1,776千円

[2] 研究経過

本研究は本所提案の高密度垂直磁気記録方式を中心に、このためのデバイス・磁性薄膜物性や高密度信号処理方式、並びに大容量ストレージシステムの研究を分担して進めた。ストレージ技術は年率60%の急速な進歩を遂げている。この最先端を切り開くためにはデバイスとシステムの有機的な連携が重要であり、上記の研究分担者が互いに十分に議論を尽くして背景を共有した研究を進めた。特に、本年度の研究課題は、高密度垂直磁気記録のための課題について集中的な研究を進めために、実務者を集めた具体的な研究を行った。

1. 薄膜励磁型単磁極ヘッド（東北大学電気通信研

究所）

垂直磁気記録の実用的な展開を図るには標準的なヘッドディスクを用意し、多くの研究機関がこれをリファレンスとして研究を進めることが理想的である。垂直媒体はある程度の供給が可能であるが、垂直ヘッドは実用的なものがなかったのが実状であった。そこで、高分解能単磁極ヘッドを実際的な浮上スライダに実装して試作した。試作には、スパッタ成膜とリソグラフィーによる全ドライプロセスの薄膜工程を用いた。単に標準的なものにとどまらず、広帯域・高密度記録のためにヘッド構造は記録用の主磁極先端を直接薄膜導体で励磁する構造を提案し、高記録感度で低インダクタンスの垂直磁気記録用記録ヘッドとした。

先ず高周波に重要なインダクタンスの周波数特性を測定した結果、400MHz程度まで2nH以下の低インダクタンス性を示した。これは1ns以下の記録電流の立ち上がりに相当し、優れた高周波特性を持っていることが分かった。一方、記録特性の測定結果から、0.05AT (30mA) と極めて小さい起磁力で記録媒体を飽和磁化でき、従来の長手記録の例に対して約1/10程度の高い記録感度が得られた。また、出力が半減する記録密度が120kFRPIと135kFRPIであり、これまでその高記録分解能が示されている標準ヘッドにほぼ等しい優れた結果を得た。さらに、本記録ヘッドと高感度MR型再生ヘッドを用いて総合的な記録再生特性を調べ、再生パルスが従来方式での単峰性の再生パルスとは異なる矩形波状の再生パルスであること、この従来の信号処理系には不向きな波形に微分型等化器を適用して波形変換が適切になされること、微分垂直波形では従来の記録方式に比べて高い再生分解能を示すこと、微分等化により200kFRPIでは従来方式よりも10dB程度優れたSN比が得られること、などが明らかになった。

2. 低ノイズ垂直磁気記録媒体（秋田県高度技術研究所、日立製作所中央研究所、日本ビクター中央研究所、日本アイビーエム東京基礎研究所）

垂直磁気記録の重要な課題の一つに媒体ノイズがある。垂直磁気記録においては従来媒体で問題となる反磁界による磁化転移の乱れから生じる転

移ノイズは小さいが、ビット中央付近で生じると考えられている反磁界により発生する反転磁区のための媒体ノイズが無視できない。今年度はこのノイズ低減を目的に理論と実験から検討を加えた。

まず、理論的には上述の反転磁区を十分に小さい直径の円柱磁区に近似して解析した。その結果、記録媒体のヒステリシス曲線から作製された記録媒体のノイズ特性を判断できることを導いた。すなわち、磁化反転を抑圧するために残留磁化と飽和磁化の比である角形比が高く、保磁力付近でのヒステリシス曲線の勾配 $4\pi Mr/Hc$ が小さいことが指導原理として重要なことなどが明らかになった。実験結果からもこの因子はノイズの大きさを説明できることが分かった。

単層膜系の垂直媒体の低ノイズ化を図り、同時に熱緩和による減磁を低減するための検討を行った。先ず、記録層を25nm程度に薄膜化して粒子サイズの低減を図った。ここで垂直異方性の小さい成長初期層をなくすために高Cr濃度の非磁性CoCr膜とTiCr膜の二層下地層が理想的な記録層のエピタキシャル成長に適当で初期層は完全になくすことが可能なことを高分解能透過型電子顕微鏡で確かめた。また、低ノイズ媒体は磁性粒子の周辺にCrが偏析して磁気的な孤立性が高いことに着目して、偏析の促進効果のあるTaを添加して低ノイズ化を図った。次に、上記の逆磁区ノイズを低減するために記録層の飽和磁化を低下させ、Ptを添加することで異方性を増加させて高保磁力化したCoCrTaPt膜を作製した。以上の対策を施した低ノイズ垂直媒体は熱緩和現象による減磁も小さく安定な記録磁化を形成できることも確認した。

3. ECRスパッタ法による垂直磁気記録媒体（山口大学工学部）

電子サイクロトロン共鳴マイクロ波プラズマを用いたスパッタ法により、Co-Cr垂直膜の作製条件を検討した。成膜室内にプラズマ閉じ込めのために印加する磁界分布をカスプ磁界にして成膜時に基板を照射するアルゴンイオンの加速電圧を11V以下にすると、Crの偏析が強く進行した微細な磁気的構造を粒内に持つCo-Cr膜が得られた。この条件で作製したCo-Cr垂直磁気ディスクをギャップ長が約0.2μmのMIGヘッドを用いたコンタクト記録方式で評価したところ、162kFRPIのD₅₀、低密度規格化電圧100nVppが得られた。この試作垂直磁気ディスクの媒体ノイズは、インダクティブヘッド仕様の市販長手磁気ディスク（Brδは289 Gμm）よりも低く、MRヘッド仕様の長手ディ

スク（Brδは119 Gμm）と同程度であった。

4. 垂直磁気記録用信号処理方式（愛媛大学工学部）

垂直磁気記録のMRヘッド再生波形は記録磁化分布に対応したものとなるため、矩形波状の再生パルスになる。これは、単峰性パルスを対象とする従来の信号処理系には不適当であり、新規の信号処理方式が必要である。そこで、この矩形波状パルスに対応したパーシャルレスポンス方式を提案した。これと同時に符号化についても検討して、現在使われている（8,9）変換方式よりも（1,7）変換方式の方が、MRヘッドを用いる垂直磁気記録系には最尤復号を行う際に誤りが少ないことを見出した。これらの知見を基に、ホワイトノイズとローレンツパルス波形を仮定して実記録再生系を想定したシミュレーションを行ったところ、10⁴のビットエラーレートを得るための所要SN比は、従来方式に比べて約10dB改善されることが分かった。

5. 二層膜垂直磁気記録の外部磁界安定性の検討

（東北大学電気通信研究所、日本電気機能エレクトロニクス研究所）

单磁極ヘッドは二層膜媒体との強い磁気的相互作用によって高感度な記録を行う。これは一方で外部浮遊磁界に対して敏感で記録磁化の減磁を引き起こす可能性がある。これを防ぐために二層膜の軟磁性裏打層に着目した実験とシミュレーションを行った。シミュレーションでは透磁率が2000の裏打層を基準にして磁束集中を緩和するために裏打層の透磁率を低下させた計算の結果、MR再生ヘッドを用いる限り裏打層の透磁率は数十で十分な再生感度が得られ、さらに外部磁界の主磁極直下の集束は透磁率2000に比べると1/5程度に低減できることが分かった。さらに、実験ではこれまで透磁率の高いパーマロイ膜で作製していた裏打層にセンダスト膜を用いることで外部磁界に対する安定性が増して、減磁が抑圧されることが明らかになった。センダスト膜はパーマロイに比べると低透磁率であり、しかも微粒子構造であることが推定される。これらの膜物性が安定性の改善をもたらしたと考えている。

○まとめ

以上述べたように、本プロジェクトではヘッド、ディスク、システムにわたって総合的な高密度垂直磁気記録の検討を行い、多くの提案がなされた。垂直磁気記録は既存の長手記録方式が限界を迎える1平方インチ当たり20Gビットを越える超高密

度での有力候補方式と目されている。この社会的なニーズを実用方式として実現するには垂直磁気記録を用いた場合の高密度化のための設計原理を明らかにし、課題を抽出して早期に解決することが必須である。平成9年度は課題に対して原則的な提案がなされ、実用的な面についても検討が加えられた段階と理解しており、平成10年度を通じて具体的なデータ取得を試みる予定である。

[3] 研究会報告

参加研究者の研究分担を、ヘッドディスク系のデバイス研究と信号処理系の方式研究の二つに大きく分けて検討を行った。研究集会は計7回を開催して成果を持ちより議論を重ねてきた。開催日程は以下の通りである。

全体会議

第1回：5月30日，第2回：7月31日，
第3回：9月26日，第4回：12月16日，
第5回：3月11日

個別会議

システム分科会：3月23日
ヘッド分科会：3月24日

[4] 主な研究発表

- (1)中塩栄治, 渡辺功, 村岡裕明, 中村慶久：“Co-Cr 垂直磁気異方性膜成膜における背圧改善効果”，日本応用磁気学会誌, 21, pp.285-288(1997)
- (2)姜文紅, 村岡裕明, 田河育也, 中村慶久：“垂直磁気記録メディアにおける熱磁気緩和の記録密度依存性”, 日本応用磁気学会誌, 21, pp. 293-295 (1997)
- (3)清水幸也, 中村慶久：“三次元シミュレータによる垂直記録媒体のノイズ解析”, 日本応用磁気学会誌, 21, pp. 305-308(1997)
- (4)山田洋, 村岡裕明, 中村慶久, 阿部岩男, 矢沢健児：“垂直磁気記録におけるMRヘッド再生記録の高分解能化”, 日本応用磁気学会誌, 21, pp. 309-312 (1997)
- (5)村岡裕明, 中村慶久：“MRヘッドを用いた二層膜垂直磁気記録の高密度化とその展望”, 日本応用磁気学会誌, 21, pp. 966-971(1997)
- (6)H. Muraoka, H. Yamada, Y. Nakamura, I. Abe and K. Yazawa: “Resolution Enhancement of Shielded MR Heads for Perpendicular Magnetic Recording”, IEEE Trans. Magn., 33, pp.2929-2931(1997)
- (7)H. Muraoka and Y. Nakamura: “Experimental Study of Nonlinear Transition Shift in Perpendicular Magnetic Recording with Single-Pole Head”, IEICE Trans. Elec., E80-C, pp.1187-1193 (1997)
- (8)Y. Nakamura: “Technical Issues for Realization of Perpendicular Magnetic Recording”, J. Magn. Soc. Jpn, 21, Supplement No.S2, pp.125-134 (1997)
- (9)H. Muraoka and Y. Nakamura: “Quantification of Perpendicular Magnetic Recording with Double Layer Media”, J. Magn. Soc. Jpn, 21, Supplement No.S2, pp.157-162 (1997)
- (10)H. Yamada, H. Muraoka and Y. Nakamura: “Side-writing of Merged Type Head for Perpendicular Double-layered Media”, J. Magn. Soc. Jpn, 21, Supplement No.S2, pp.233-236 (1997)
- (11)W. H. Jiang, H. Muraoka, Y. Sugita and Y. Nakamura: “Thermal Relaxation in Perpendicular Recording with Single Pole Head and MR Head”, J. Magn. Soc. Jpn, 21, Supplement No.S2, pp.317-320 (1997)
- (12)S.J.Greaves, H. Muraoka and Y. Nakamura: “Deposition and modeling of spin valve structures”, J. Magn. Soc. Jpn, 21, Supplement No.S2, pp.383-386 (1997)
- (13)H. Yamada, H. Muraoka and Y. Nakamura: “A study of perpendicular magnetic recording characteristics with magnetoresistive head”, J. Magn. Magn. Mat., 176, pp.56-60 (1997)
- (14)K. Takano, H. Muraoka and Y. Nakamura: “Resolution of unshielded and shielded MR heads for perpendicular magnetic recording”, J. Magn. Magn. Mat., 176, pp.61-65 (1997)
- (15)H. Muraoka, Y. Satoh and Y. Nakamura: “Multi-track recording utilizing multi-level partial response”, J. Magn. Magn. Mat., 176, pp.73-77 (1997)

課題番号 H-9/A-4

微小電子源の物理と電子ビーム応用

[1] 組織

企画者：横尾 邦義（東北大学電気通信研究所）
責任者：横尾 邦義（東北大学電気通信研究所）
分担者：庭野 道夫（東北大学電気通信研究所）

石塚 浩（福岡工業大学工学部）
川崎 温（埼玉大学理学部）
西川 治（金沢工業大学工学部）
山本 恵彦（筑波大学物理工学系）
石川 順三（京都大学工学部）
高井 幹夫（大阪大学極限科学研究センター）
浅野 種正（九州工業大学マイクロ化総合技術センター）
安達 洋（室蘭工業大学工学部）
中根 英章（室蘭工業大学工学部）
下山 宏（名城大学理工学部）
岡野 達雄（東京大学生産技術研究所）
伊藤 順司（電子技術総合研究所）
江上 典文（ATR環境適応通信研究所）
山口 豪（静岡大学工学部）
田口 俊弘（摂南大学工学部）
車 信一郎（レーザー技術総合研究所）
荻田 正巳（静岡大学工学部）
越田 信義（東京農工大学工学部）
石沢 芳夫（いわき明星大学理工学部）
三村 秀典（東北大学電気通信研究所）

研究費：校費 103万円、旅費 202万円

[2] 研究経過

半導体微細加工・プロセス技術を応用して製作するミクロンサイズの微小陰極とそのアレイは、フラットパネルディスプレイ、マイクロ波增幅素子、各種センサなど、真空マイクロエレクトロニクスへの応用が期待されるため、基礎的検討および試作が精力的に進められている。中でも、半導体を材料とする微小冷陰極は、半導体プロセス技術がそのまま適応できるのみならず、半導体の物性を反映した電子放射や半導体デバイスと真空デバイスの両者の特徴と機能を複合化した新たなエレクトロニクスを展開する可能性を秘めている。

本共同研究プロジェクト研究は、半導体電子源として、Si電界放射陰極とMOSトンネル陰極を主

な対象に開発研究を行うと共に、半導体のバンドエンジニアリングに基づく新しい機能性電子源への展開を目指している。

本年度の研究内容は下記の通りである。

(1) 半導体電界放射陰極の開発

電界放射陰極の最大の課題は、放射電流の安定化と放射角の制御であり、本研究者らは、これまで、能動素子一体型電界放射陰極、平面及び積層型収束構造電界放射陰極の試作を行い、その有効性を示してきた。本年度は、微小陰極の放射特性、ミクロサイズの電子ビームの伝送特性を解明するため、石塚考案のビーム伝搬実験装置を用いて、電界放射陰極からの放射電子のビーム断面の観測を行った。本装置では、伝送領域の地磁気を打ち消すことで、電子源から 1 m の距離で容易に蛍光パターンを得ることができ、また、蛍光パターンの大きさは、ビーム系内のレンズの強さによって大幅に変えることができる。4 ティップのFEAからの放射電子の蛍光パターンによる観察では、放射電子ビームを個々のビームレットに分離することに成功すると共に、放射電流を増すにつれて、スポット数の増すことが確かめられた。また、4 極子レンズによる測定法により、収束型微小電子源（ティップ数600）を用いて、ビームエミッターンスとビームレットの位相空間分布の計測を行い、電子源から放射されたビームレットは、互いに平行であることを明らかにした。このとき、 $10\text{nA} \sim 50\mu\text{A}$ のビームに対し、規格化工ミッターンス $3 \sim 4 \times 10^7 \pi \text{ mrad}$ が得られた。

近距離、遠距離における電子ビームパターンの計測を行うことで、電子放射の機構、特性が解明されるものと期待される。

(2) MOS トンネル陰極

これまでのMOS トンネル陰極に関する研究から、放射電子には、半導体基板の伝導帯以外のエネルギー準位からのトンネル電子も関与していることを示唆する結果を得ている。今年度は、MOS トンネル陰極の電子のトンネル機構を解明するため、 $\text{p}^+ \text{-Si}$ 基板を用いたMOS トンネル陰極を製作し、評価を行った。He-Ne レーザーを用いた特性

評価では、レーザー照射の有無に関わらず、ダイオード電流、放射電流共に、ゲート電圧を増加するにつれて伝導帯からの電子のF-Nトンネルで立ち上がり、p型半導体の少数キャリア密度で決まる電流値で飽和した後、再び増加する結果を得た。このとき、高電圧側での電流増加は、温度およびレーザー照射には依存しない。レーザー照射時、非照射時の電子放射比を比較すると、両者は、高電圧側では一致するが、低電圧側では、同じ放射比に対し、レーザー照射時の方が約3V低電圧側にシフトしている。電子放射比は、トンネル電子の酸化膜の伝導帯中の走行距離でほぼ決定されるので、酸化膜に加わる余分な3Vの電圧配分を考慮すると、レーザー非照射時には、伝導帯の底より約1eV低い準位からトンネル注入される電子が寄与していると考えるのが妥当である。また、レーザー照射時、非照射時のp⁺-SiMOSトンネル陰極の高電圧側での放射電子のエネルギー分布は、両者に大きな差異はなく、n-Siの場合と同様、2つのピークが存在し、ゲート電圧の増加と共に高エネルギー側のピークが減少し、低エネルギー側のピークが顕著になる。このとき、両者のピークのエネルギー間隔は約1~1.3eVである。以上の結果から、p⁺-SiMOSトンネル陰極における高電圧側での電流増加は、p⁺-Si基板の価電子帯からの電子のトンネルによるものと考えられ、MOSトンネル陰極からの放射電子には、価電子帯からのトンネル電子が大きく関与していることを示唆している。

トンネル陰極の電子放射効率の改善、放射電子の低エネルギー分散化のためには、絶縁体中の電子のエネルギー緩和を如何に克服するかが今後の研究課題である。

(3) 共鳴トンネル陰極

放射電子エネルギーの単色化や可干渉性電子波の放射は、次世代エレクトロニクスを開拓する上で重要な要素である。本研究者らは、単一エネルギーの電子源開発を目的として、GaAs-AlAs超格子構造を用いた共鳴トンネル陰極を提案した。RTD構造では、負性抵抗性が観測されており、今後、構造を最適化することで、エネルギー分散の小さい電子放射が期待される。

[3] 研究会活動

研究討論会を4回行った。なお、第1回および第2回は、電気通信研究所工学研究分科会電子ビーム工学研究会と共に催行った。

第1回　日時：平成9年11月4日(火)～5日(水)

場所：東北大学電気通信研究所大会議室

11月4日

(1)横尾邦義（東北大学電気通信研究所）

「Opening address」

(2)大島忠平（早稲田大学理工学部）

「超電導体からの電子放射」

(3)中山康史、下山 宏（名城大学理工学部）

「高性能Field Emitter – angular confinementの向上」

(4)西川 治（金沢工業大学工学部）

「走査型アトムプローブの開発と微細電子源の原子レベルでの解析」

(5)小澤 亮、山本恵彦（筑波大学物理工学系）

「Si (111) 表面のBa修飾による仕事関数制御」

(6)小林功佳（お茶の水大学理学部）

「弾動電子放射顕微鏡の理論」

(7)岡野達雄、福谷克之、槙沢正臣、河内泰三、榎裕之（東京大学生産技術研究所）

「パルスコヒーレント電子線源の開発」

(8)高井幹夫（大阪大学極限科学研究センター）

「電界放射型電子源陰極の改質とその特性」

(9)浅野種正（九州工業大学マイクロ化総合技術センター）

「ダイヤモンド関連材料からの電子放射と可能性」

(10)安達 洋（室蘭工業大学工学部）

「ZrOの性質のW(100)面とW(110)面での違い」

11月5日

(1)石塚 浩（福岡工業大学工学部）

「生成したビームの断面で見る微小電子源の動作」

(2)佐藤史郎、斎藤信雄（NHK技研）、江上典文（ATR環境適応通信研究所）

「冷陰極用ダイヤモンド状炭素のX線による改質」

(3)越田信義、盛 夏（東京農工大学工学部）

「ポーラスシリコンの高電界伝導制御と電子放出特性の改善」

(4)石沢芳夫（いわき明星大学理工学部）

「原子オーダ領域からの電界放射」

(5)永井 稔、富取正彦（北陸先端科学技術大学院大学）

「電界放射源のためのW針のT-F処理によるファセット化」

(6)澤田和明、安藤隆男（静岡大学電子工学研究所）

「微小電子源のイメージデバイスへの応用」

(7)三村秀典、田原 薫、音田敏宏、根尾陽一郎、

嶋脇秀隆、横尾邦義（東北大学電気通信研究所）

「共鳴トンネル効果を用いた電子源」

- (8)横尾邦義（東北大学電気通信研究所）
「Closing remarks」

- 第2回　日時：平成10年2月5日(木)
場所：東北大学電気通信研究所大会議室
(1)坂本慶司（日本原子力研究所）
「Development of High Power Long Pulse Gyrotron with Diamond Window」
(2)下妻 隆（核融合科学研究所）
「ECRH System of Large Helical System」

- 第3回　日時：平成10年2月13日(金)
場所：東北大学電気通信研究所大講義室
(1)堂本千秋（ATR環境適応通信研究研）
「GaAs/AlAs超格子におけるなだれ降伏によるEL発光」
(2)坂田成司（ATR環境適応通信研究研）
「原子間力顯微鏡を用いた微細加工」
(3)黒柳和良（ATR環境適応通信研究研）
「GaAs / InAlAs歪超格子における正孔量子準位共鳴の電流－電圧特性への影響」
(4)P. O. Vaccaro（ATR環境適応通信研究研）
「A new design for light emitting devices grown by MBE on patterned GaAs(311)A and(111)A oriented substrates」
(5)細田 誠（ATR光電波通信研究研）
「超格子PLにおける幾つかの謎とその解釈」
(6)三村秀典，横尾邦義（東北大学電気通信研究所）
「超格子に時間分解光電流における遅れ成分とその消失」

- 第4回　日時：平成10年3月20日(金)
場所：東北大学電気通信研究所大講義室
谷 正彦（通信総合研究所）
「超高速光スイッチ素子を用いたテラヘルツ電磁波の発生」

[4] 主な研究発表

- (1)K. Yokoo and T. Ishihara, "FIELD EMISSION MONOTRON FOR THz EMISSION", Int. J. Infrared and Millimeter Waves, Vol.18, No.6, pp.1151-1159, 1997.
(2)H. Ishizuka, S. Kawasaki, M. Arai, H. Shimawaki, K. Yokoo, H. Kubo, A. Watanabe, M. Shiho and J. Itoh, "Experiment with field-emission arrays for free electron micro-laser applications", Nucl. Inst. and Math. In Phys. Research, A393, pp.479-483, 1997.
(3)M. Arai, N. Kitano, H. Shimawaki, H. Mimura and K. Yokoo, "Emission Characteristic of Si-FEA with Junction FET", Technical Digest of 10th International Vacuum Microelectronics Conference, pp.38-42, 1997.

- (4)H. Mimura, Y. Abe, J. Ikeda, K. Tahara, Y. Neo, H. Shimawaki and K. Yokoo, "Resonant Fowler-Nordheim tunneling emission from metal-oxide-semiconductor cathode", Technical Digest of 10th International Vacuum Microelectronics Conference, pp.421-424, 1997.
(5)J. Ikeda, A. Yamada, K. Okamoto, Y. Abe, K. Tahara, H. Mimura and K. Yokoo, "Tunneling emission from valence band of Si-MOS electron tunneling cathode", Technical Digest of 10th International Vacuum Microelectronics Conference, pp.593-597, 1997.
(6)N. Kitano, S. Shibuya, H. Shimawaki, H. Mimura and K. Yokoo, "Emission Current Control in Semiconductor", Proceeding of 4th International Display Workshops, 1997.
(7)K. Tahara, J. Ikeda, H. Shimawaki, H. Mimura and K. Yokoo, "Emission Mechanism in MOS Tunneling Cathode", Proceeding of 4th International Display Workshops, 1997.

課題番号 H-9/A-5

新圧電単結晶・薄膜の探索と弾性波デバイスの 高度情報通信システムへの応用の研究

[1] 組織

代表者：山之内和彦（東北大学電気通信研究所）
 分担者：中村 優良（東北大学大学院工学研究科）
 坪内 和夫（東北大学電気通信研究所）
 櫛引 淳一（東北大学大学院工学研究科）
 長 康雄（東北大学電気通信研究所）
 小柴 正則（北海道大学院工学研究科）
 小池 卓郎（玉川大学工学部）
 兒島 俊弘（玉川大学工学部）
 清水 康敬（東京工業大学大学院社会理工学研究科）
 高木堅志郎（東京大学生産技術研究所）
 山口 正恆（千葉大学工学部）
 中川 恭彦（山梨大学工学部）
 皆方 誠（静岡大学電子工学研究所）
 塩崎 忠（京都大学大学院工学研究科）

研究費：校費 103万円、旅費 91万円

[2] 研究経過

本プロジェクト研究は、平成6年度から平成8年度までに行われた共同プロジェクト研究、「フォノン集積デバイス・材料の研究」の研究成果を基盤として、本年度から新たに発足した研究である。先の研究では、超高周波帯の音響波に対するフォノン波動、及び種々の境界条件のもとで伝搬する境界波の線形・非線形挙動を解明し、この波動を高度に集積化したデバイス、及びこの境界波と光・電磁波或いは半導体キャリアとの相互作用を用いたデバイスの研究開発を行ってきた。本研究では、それらの研究成果を発展させるとともに、デバイスの基礎となる大きな電気機械結合係数をもつ新しい圧電単結晶及び圧電体薄膜の研究、原子分子単位で制御された金属電極薄膜及び誘電体薄膜の研究、高周波フォノン波動の発生・検出電極を作製するためのナノメータリソグラフィ及びプロセスの研究・開発を行い、高度情報通信システムへの応用の研究を行っている。

本年度は、以下に示す内容について研究を行った。

(1)高品質圧電体薄膜作製の研究（山之内、坪内、

塩崎）

○新しい材料として注目されているKNbO₃単結晶の薄膜作製について研究を行った。KNbO₃は電気信号と弾性波動を変換する度合いを表す係数（電気機械結合係数K²）が53%と非常に大きく、従来最も大きいとされていたLiNbO₃の約10倍であることが今までの研究で分かっている。このKNbO₃の薄膜化の研究を、MOCVD法とスパッタリング法の2種類の方法で行った。これにより、作製したKNbO₃薄膜に圧電性があることを確認し、弾性表面波（SAW）の励振及び受信を確認した。

○高音速AIN圧電薄膜のMO-CVD法による高品位形成法の研究を行った。これまでの研究により高品位かつ平坦なAIN薄膜作製が可能になっている。本年度は、表面平坦性向上に伴いAIN表面に発生するクラックを低減する方法について研究を行った。サファイアR面のC'軸を-4°傾斜させたオフ基板を用いる方法、或いは、ソースのNH₃の分解促進によりV/III比を増加させるために高温成長を行う方法により、クラックの生じないAINエピタキシャル成長が可能となった。

○rfスパッタリング法によるLiNbO₃薄膜の研究を行い、サファイア基板上でエピタキシャル膜を得た。SiO₂/Si基板でもLiNbO₃(001)単一配向膜を得るとともにすだれ状電極を作製し、SAWの励振を確認した。

(2)圧電体単結晶・薄膜を用いた弾性波デバイスの研究（山之内、中村、中川、兒島、小柴）

○KNbO₃単結晶及び薄膜を用いたSAWデバイスについて研究を行った。KNbO₃単結晶が有しているK²=53%という非常に大きい電気機械結合係数を用いることにより、比帶域幅20%~40%の広帯域低損失フィルタを得られることが分かった。また、KNbO₃を用いたSAWデバイスは室温付近で零温度特性を示すことが実験により分かった。SAWフィルタを試作し、挿入損失2dBの低損失特性を得た。

○数百MHz～数十GHzの超高周波帶用圧電共振デバイスとして、基板上に音響インピーダンスの異なる二種類の層を交互に積層する音響多層膜を用いた圧電薄膜共振器について研究を行った。音響多層膜の圧電性や音波減衰を考慮して諸特性の解析を行った結果、層数を8以上にすることにより、両面を自由にした場合と同程度の高いQ値が得られることが分かった。

○薄膜成長中の基板にSAW定在波を励起することで光弾性定数が約3～6倍に大きくなることが今までの研究により分かっている。本年度は、SAWアシストしたTa₂O₅を用いて、Ta₂O₅/SiO₂/128°Y-X LiNbO₃構造の光音響偏光素子の研究を行った結果、SAWを励振していないものと比較して回折効率が6～7倍良い結果を得た。この光弾性強調現象の解明が必要である。

○VCOの広帯域化という観点から、すだれ状電極(IDT)を直列接続した1ポートSAW共振器の解析を行った。この解析方法は、従来の方法に比べ簡潔であり、二つ以上のIDTを直列接続する場合にも拡張が容易である。解析の結果、IDTの対数を多くして分割直列接続したSAW共振器は、バリキヤップダイオードの容量との関係から、広帯域VCOに適していることがわかった。

○有限要素法によるSAW解析とビーム伝搬法による光導波路解析を組み合わせる方法による、SAWを用いた音響光学可変フィルタの設計法について検討を行った。本手法は、伝搬方向に構造が変化する3次元SAW導波路を用いた場合への拡張が可能であり、今後行う予定である。

(3) 弹性表面波及び静磁波の伝搬・反射特性の研究 (山口, 清水, 小柴, 小池)

○シミュレーションツールへの組み込み目的として、共振器構造を実現する金属グレーティングにおけるSAWの伝搬特性の電極膜厚依存・幅依存性について、128°Y-X LiNbO₃基板を対象に検討した。その結果、電極幅が大きい場合の振る舞いがこれまで摂動論的に与えられているものと、異なることを示すと共に、モード結合理論解析に必要なパラメータを導いた。

○最近注目されているLa₃Ga₅SiO₁₄基板を伝搬するSAWの特性について、レイリー波とリーキー波の全方位カット依存性を計算し、その特性を評価し

た。その結果、レイリー波では、数多くの零温度係数を示すカットが存在することが分かった。零温度係数を示すカットの電気機械接合係数(K²)の最大値は、0.5%であり、水晶を比較すると大きいK²を有することが分かった。

○La₃Ga₅SiO₁₄(LGS)とKNbO₃(KN)単結晶上を伝搬するSAWについてAlの周期電極での反射特性を有限要素法により評価した。LGSの場合のAl膜厚に対する中心周波数のシフト量は放物線状に変化していることが分かり、この放物線の頂点付近の膜厚を用いることで中心周波数の変化の少ないデバイス作製が可能となる。また、KNの場合は電気的摂動が大きく、反射量が非常に大きい。

○YIG薄膜中の静磁前進体積波を用いた、静磁波ソリトンの伝搬の実験を行った。実験結果とシミュレーションを比較し、ソリトンの生成・伝搬を確認することができた。また、ソリトンの減衰率を測定した結果、線形波の減衰率の2倍であることが、理論通りに確認された。この結果は、ソリトンを用いたデバイスの設計・開発に対して有益なものである。

(3) 超音波を用いた材料の超高精度評価及び時間反転波による超音波走査映像系の研究 (櫛引, 高木)

○SAWデバイス用基板として広く用いられているLiNbO₃, LiTaO₃単結晶の弾性関連物理定数(弾性定数、圧電定数、誘電率、密度)の全ての独立な成分を、バルク超音波パルス干渉法を用いて精密に決定した。高精度に決定するために、波の伝搬方向及びモードの最適な選択を検討し測定を行った。この定数を用いることにより、バルク波及び表面波のいずれに対しても、有効数字4桁の音速を与えることが可能となった。

○PZTセラミックスの非線形圧電性を用いて、入射波の時間反転波(音響位相共役波)を高効率に発生させ、波面歪みの実時間補正をする研究を行った。音場を可視化し、位相共役波の時間反転性を確認し、それを用いた走査型映像装置を作成した。位相共役波が有する波面歪み補正能力により、試料の表面の凹凸などの影響を受けずに、音波の減衰量を映像化する事が可能となった。

(4) 強誘電体分極の計測・制御と材料評価及び誘電体記録の研究(長, 皆方)

○非線形誘電率の分布から強誘電体の残留分極や結晶性を純電気的に計測可能な、走査型非線形誘電率顕微鏡の研究を行った。本年度は、今までの研究で得られているものを、更に高分解能化する研究を行い、電界研磨したタンゲステン針を組み込んだ集中定数型プローブを開発し、サブミクロンの分解能を実現した。これを用いて、PZT基板のグレインをサブミクロンの分解能で観測することができた。

○LiNbO₃, LiTaO₃等の誘電体光学結晶に電子ビームを照射して微小分極反転領域を作製する、分極反転制御とその検出方の研究を行った。厚さ500 μmのzカットLiTaO₃に最小直径67nmの微小反転ドットを作製できた。また、分極反転しきい値の検討を行い、「各形成しきい値」En=184kV/cm, 「広がりしきい値」Eth=116kV/cm (En:Eth=10:6)を見い出した。更に、微小分極反転領域を観測するコヒーレント検出法の研究を行った。

[3] 研究会活動

- 研究会を下記のとおり行った。
- 日時：平成10年1月30日(金)
- 場所：東北大学電気通信研究所
- (1)「YIG薄膜中の静磁波ソリトンの生成と伝搬損失の実験的検討」
小池卓郎, 田口範高 (玉川大学工学部)
 - (2)「LiNbO₃, LiTaO₃単結晶の弾性関連物理定数の高精度測定」
櫛引淳一, 高長和泉、荒川元孝, 三野宮利男
(東北大学大学院工学研究科)
 - (3)「高分解能走査型非線形誘電率顕微鏡による強誘電分極の計測」
長康雄*, 松浦かおり**, 山之内和彦*
(*東北大学電気通信研究所, **山口大学工学部)
 - (4)「超音波時間反転波を利用した走査映像系」
高木堅志郎 (東京大学生産技術研究所)
 - (5)「ランガサイト基板弹性表面波の伝搬特性」
佐藤隆史, 室田真男, 清水康敬
(東京工業大学大学院社会理工学研究科)
 - (6)「128° YX-LiNbO₃におけるSAW反射特性の電極膜厚・幅依存性」
井幡光詞, 橋本研也, 山口正恵
(千葉大学工学部)
 - (7)「ランガサイトならびにKNbO₃基板上のAI電極によるSAW反射特性解析と音響光学可変フィルターの設計法」
小柴正則, 斎藤晋聖, 喜多政夫, 辻寧英

(北海道大学大学院工学研究科)

- (8)「電圧制御型発振器用SAW共振器の一検討」
兒島俊弘, 河合範行 (玉川大学工学部)
- (9)「音響多層膜を用いた圧電薄膜共振子の解析」
神原博文, 中村僖良
(東北大学大学院工学研究科)
- (10)「弾性表面波アシストによる光音響偏向素子」
八幡充洋, 垣尾省司, 中川恭彦
(山梨大学工学部)
- (11)「クヌーセン圧MO-CVD法によるAINエピタキシャル成長」
坪内和夫, 益一哉 (東北大学電気通信研究所)
- (12)「KNbO₃圧電体単結晶・薄膜の作製とSAWデバイスへの応用」
山之内和彦, 小田川裕之、小島俊之、松村武
(東北大学電気通信研究所)
- (13)「ナノメータ分極制御とコヒーレント検出」
皆方誠, 中田善一, 野村卓司
(静岡大学電子工学研究所)

[4] 主な研究発表

- (1) K.Yamanouchi, H.Odagawa, T.Kojima and T.Matsumura, 1997 IEEE Int. Freq. Control Symp. Proc., pp.540-543 (1997).
- (2) H.Odagawa, T.Matsumura and K.Yamanouchi, 1997 IEEE Ultrason. Symp. Proc., pp.235-238 (1997).
- (3) 中村, 神原, 音響学会講演論文集, 1-3-11, pp.949-950 (1997).
- (4) 櫛引, 第18回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム予稿集, pp.199-202 (1997).
- (5) Y.Cho, S. Atsumi and K. Nakamura, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.36, pp.3152-3156 (1997).

課題番号 H-9/A-6

脳型計算機のアーキテクチャに関する基礎的研究

[1] 組織

企画者：中島 康治（東北大学電気通信研究所）
 責任者：中島 康治（東北大学電気通信研究所）
 分担者：沢田 康次（東北大学電気通信研究所）
 矢野 雅文（東北大学電気通信研究所）
 佐野 雅己（東北大学電気通信研究所）
 星宮 望（東北大学大学院工学研究科）
 山本 光璋（東北大学情報科学研究科）
 中尾 光之（東北大学情報科学研究科）
 二見 亮弘（東北大学大学院工学研究科）
 甘利 俊一（理化学研究所）
 合原 一幸（東京大学大学院工学系研究科）
 岡部 洋一（東京大学先端科学技術研究
 センター）
 津田 一郎（北海道大学大学院理学研究科）
 本庄 春雄（九州大学総合理工学研究科）
 新貝 錦蔵（岩手大学工学部）
 佐藤 信一（静岡大学理学部）
 和久屋 寛（佐賀大学理工学部）
 山崎 義武（九州工業大学情報工学部）
 八木 哲也（九州工業大学情報工学部）
 矢内 浩文（玉川大学工学部）
 島 健（株式会社東芝）
 近藤 由和（三菱電機株式会社）

[2] 研究経過

本研究は電気生理学的実験により得られる知識を用いて、高度知的情報処理機構を解明し、また非線形物理学、神経回路網理論、情報理論、並列計算機アーキテクチャ等により得られた成果を基盤に、半導体、超伝導体集積回路技術を駆使、人間にとて扱いやすい脳型計算機として、実時間大規模情報処理システムを構築するための基礎研究を行うことを目的としている。研究は、A.脳機能の研究、B.モデリングと設計、C.大規模インテリジェントチップの試作の3つのテーマからなり、共同研究会を開催し、研究者間の有機的結合をはかり、基礎概念の確立と新しいアーキテクチャの開発を目指している。

Aの脳機能の研究では、生体工学的に脳機能を解明するため、脳の知性と行動の基本とされている時系列情報の認識と発生、並びにこれらの相互

作用について生体電子工学あるいは生体情報工学的観点から研究を進めている。Bのモデリングと設計では、情報工学的にしきい値論理、多値論理、集合論理を用いた脳型計算機のモデルを構成し、その理論的、数値的解析を通して、そのモデルを多値、アナログ、およびその融合型知能集積システムのマイクロチップとして実現するための設計、シミュレーションを行い、研究を進めている。Cの大規模インテリジェントチップの試作では、超多値知能集積システム開発、生体方式スーパーインテリジェントチップ開発を目指し、Bで設計された集積回路をチップ上に実現するシステムオンチップ技術について超高密度・高速知能システム実験施設において研究を行っている。

国際学術研究集会を開催し、研究者間の幅広くしかも深く掘り下げた議論を通して、各分野の研究の有機的な結合を達成し、より深い研究成果につなげる努力を行った。会議の成果は国際的に高い評価を得ており、また個々の成果の例としては次に代表ものの概要を述べる。

階層的に構成された神経回路網において、上位からの入力は目的設定の回路に働き、それを拘束条件として下位の神経回路は目的を最適に達成するように個々の要素間の関係、及び要素の性質を自己言及的に決定することにより、運動制御が可能であることをシミュレーション及びロボットに実装することで明らかにした。フラクタルなシナプス結合を持つ階層型ニューラルネットワークモデルを構成し、ソナーデータの分類問題についてその汎化能力を評価した。ランダム結合に比べフラクタル結合なネットワークは汎化能力に優れており、効率を犠牲にすることなくニューラルネットワークの結合数を減じられる可能性を示した。時系列情報の発生と記憶に関する解析を行い、多数のリミットサイクルが同時共存する状態を評価し、その結果を基に集積化人工神経回路網の試作を行い、測定によりその能力を評価した。

既存の計算機は、直列計算方式で知的情報処理に多くの困難を抱えている。また最近研究が盛んになったニューラルネットワークは、現在のところ適当なアーキテクチャを持たず計算機の構成に問題があり、集積回路としては結線が面積の大部

分を占有するなどの欠点があった。本研究により、生理学的知見を取り入れ、しきい値論理、多値論理、集合論理を有機的に併用することにより、これらの欠点を除去したスーパーインテリジェントチップを試作するために不可欠な基礎的概念やアーキテクチャの開発が可能になりつつある。これにより並列情報処理原理に基づいたより柔軟な、ロバスト性のあるシステムが構築できると期待される。

[3] 研究会活動

本年度は国際学術研究集会を開催した。この成果はプロシーディングとして広く公表し、国際的に高い評価を得た。そのプログラムを以下に記載する。

Design and Architecture of Information Processing Systems Based on The Brain Information Principles

March 16-18, 1998, Meruparuku

5-6-51, Tsutsujigaoka, Miyagino-ku, Sendai, Japan

Organized by: Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Tohoku University

Supported by: Monbusho, Sendai City, Tohoku Section of IEICE, The Biophysical Society of Japan

Monday, March 16

Opening Address

9:00 - 9:20 : Y. Sawada, Symposium Chair

Session 1(9:20-10:30)

9:20 - 9:55 : " Noise-Enhanced Sensory Function " , J. J. Collins, Boston University, U.S.A.

9:55-10:30 : " Possible Role of Noise in Sensory Systems " , S. Sato, T. Shimokawa, K. Pakdaman, T. Nomura, Osaka University, Japan

Session 2(10:50-12:00)

10:50-11:25 : " Synchronization Dynamics in Cortical Activity -- Experiments and Models " , A. Aertsen, Albert-Ludwigs-University, Germany

11:25-12:00 : " Independent Component Analysis of Brain Signals " , S. Amari, RIKEN, Japan

Session 3(13:30-15:15)

13:30-14:05 : " Vision Processing Using Neuromorphic CMOS Analog VLSI Electronic Circuits " , G. Indiveri and R. Douglas, Institute of Neuroinformatics, Switzerland

14:05-14:40 : " An Analog VLSI Artificial Retina with Adaptive Mechanisms " , T. Yagi, S. Kameda and A. Honda, Kyushu Institute of Technology, Japan

14:40-15:15 : " Reconstruction of the Vertebrate Outer Retina - from Ionic Channel to System - " , S. Usui and Y. Kamiyama, Toyohashi University of

Technology, Japan

Tuesday, March 17

Session 4(9:30-10:40)

9:30 - 10:05 : " Flexible and Ultra-Fast Parallel Image Processing by Artificial Retina System " , K. Kyuma, K. Tanaka, H. Kage and Y. Miyake, Mitsubishi Electric Corporation, Japan

10:05 - 10:40 : " Machine Vision of Faces and Facial Features " , H. P. Graf, E. Cosatto, and G. Potamianos, AT&T Labs-Research, U.S.A.

Session 5(10:50-12:00)

10:50-11:25 : " Odor Recognition and Learning in the Oscillatory Neural Network of a Terrestrial Mollusk " , T. Sekiguchi, SANYO Electric Co. Ltd., Japan

11:25-12:00 : " Computational Analysis of Olfactory Learning. Oscillations and Waves " , A. Gelperin, Bell Laboratories, U.S.A.

Session 6 (13:30-15:15)

13:30-14:05 : " Is Cell-Assembly Coding a General Principle of Memory Processing in the Brain? " , Y. Sakurai, Kyoto University, Japan

14:05 - 14:40 : " Testing a Model of the Rat Hippocampus on a Mobile Robot " , Neil Burgess, J. G. Donnett, and J. O'Keefe, University College London, U.K.

14:40-15:15 : " Temporal Sequencing of Multiple Arm Movements: How are Cells in Medial Motor Areas Used? " , J. Tanji, Tohoku University, Japan

Session 7(15:45-16:55)

15:45-16:20 : " An Autopoietic Control of Insect Gait " , M. Yano, Tohoku University, Japan

16:20-16:55 : " A Spiking Neural Network Model of Short-Term Memory Based on Post-Inhibitory Rebound Firing " , R. Futami and N. Hoshimiya, Tohoku University, Japan

Wednesday, March 18

Session 8(9:30-10:40)

9:30-10:05 : " Neuronal Dynamics-Transition during Sleep: Implication in View of Global Neuromodulation of the Brain " , M. Yamamoto, K. Nakamura, K. Takahashi, M. Nakao, T. Kodama*, and N. Katayama, Tohoku University, *Tokyo Metropolitan Institute for Neurosciences, Japan

10:05-10:40 : " Subjecthood, Imagination and Creation-an Approach to the Architecture of Mind - " , Y. Sawada, Y. Hayakawa, and H. Tokoro, Tohoku University, Japan

Session 9(10:50-12:00)

10:50-11:25 : " Biologically Inspired Methods for

Model Matching and Object Recognition", R. P. Witz, Ruhr-Universität Bochum, Germany

11:25-12:00 : " Neuronal Representation of Visual Object in the Temporal Cortex ", A. Mikami, Kyoto University, Japan

Session 10(13:30-15:15)

13:30-14:05 : " Stochastic Systems: Past, Present and Future ", Patrick Garda, Université Pierre et Marie Curie, France

14:05-14:40 : " Integrated Circuit of Quantized Interconnection Networks ", Koji Nakajima, Tohoku University, Japan

14:40-15:15 : " Pulsed Implementations of Supervised and Unsupervised Neural Networks ", A. F. Murray, University of Edinburgh, U.K.

Closing Address

15:15 - 15:30 : M. Yano, Organizing Committee

[4] 主な研究発表

(1) T. Onomi, T. Yamashita, Y. Mizugaki, and K. Nakajima: " Design and Fabrication of an Adder Circuit in the Extended Phase-Mode Logic ", IEEE Trans. Appl. Superconduct., 7, 2, pp.3172-3175 (1997)

(2) 水柿義直, 中島康治: " ジョセフソン接合の等価インダクタンスを利用した超伝導量子干渉素子の静特性 ", 信学論, Vol. J81-C-II, 2, pp. 259-265 (1998)

(3) Y. Mizugaki and K. Nakajima: " Numerical Simulation for Digital Applications of a Coupled - SQUID Gate with DC-Biasing ", Extended Abstracts, 6th Int. Superconductive Electronics Conference (ISEC'95), 2, pp. 272-274 (1997)

(4) T. Onomi, T. Yamashita, Y. Mizugaki, and K. Nakajima: " Characterization of the fluxoid Josephson transmission line and the application to phase-mode circuits ", Extended Abstracts, 6th Int. Superconductive Electronics Conference (ISEC '95), 3, pp. 296-298 (1997)

(5) K. Nakajima, Y. Mizugaki, T. Onomi, and T. Yamashita: " Fluxoid-type Logic Circuits ", The CRL Int. Symposium Physics and Applications of Mesoscopic Josephson Junctions, pp.35-36 (1997)

(6) K. Nakajima, Y. Mizugaki, T. Onomi, and T. Yamashita: " Phase Mode Logic and High J_c Junctions ", Extended Abstracts The 5th Int. Workshop on High-Temperature Superconducting Electron Devices, FED-157, pp.49-50 (1997)

(7) T. Harada, Y. Mizugaki, and K. Nakajima: " A new

analog content addressable memory for building a new intelligent system and VLSI implementation ", Proceedings of 1997 Int. Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Vol. 2, pp. 869-872 (1997)

(8) H. Tanaka, S. Sato, K. Nakajima, E. Belhaire, and P. Garda: " Designs of integrated circuit to generate map chaos ", 同上, pp.873-876 (1997)

(9) S. Sato, S. Shibata, and K. Nakajima: " A study on the learning ability of a DBM with quantized synapses ", 同上, pp. 877-880 (1997)

(10) K. Nakajima: " Integrated circuit of quantized interconnection networks ", Proceedings of the 2nd R.I.E.C. Int. Symposium, pp. 118-123 (1998)

(11) M. Nakao, M. Kawai, Y. Mizutani, and M. Yamamoto. " An interpretation of phantom pain based on a self-organizing network model.", Proceedings of the 2nd R.I.E.C. Int. Symposium, pp.185-188 (1998)

(12) M. Sato, R. Futami, S. Kanoh, and N. Hoshimiya, " A study on computational neural network model for speech imitation ", Proceedings of the 2nd R.I.E.C. Int. Symposium, pp.233-236 (1998)

(13) S. Amari, T-P. Chen and A. Cichocki, " Stability Analysis of Learning Algorithms for Blind Source Separation ", Neural Networks, Vol. 10, No. 8, pp. 1345-1351, 1997.

(14) M. Watanabe, K. Aihara and S. Kondo " A Dynamical Neural Network with Temporal Coding and Functional Connectivity ", Biol. Cybern., Vol. 78, pp. 87-93 (1998).

(15) I. Tsuda (1998), " 非線形力学系からみた論理・推論・記憶のダイナミックス " 特別講演 電気情報通信学会 NC/NLP 研究会 (北海道大学, 1998.2.5)

(16) Y. Hayakawa and S. Sato, " Statistical theory of diffusion-limited growth in two dimensions ", Phys. Rev. Lett. 79, 95 (1997)

(17) H. Wakuya, and K. Shida, " An intelligent instrumentation technique and its application with layered neural network's plasticity " Proceedings of the 2nd R.I.E.C. Int. Symposium, pp.209-212 (1998)

(18) 矢内浩文 : 神経型システムの記憶情報処理, Computer Today 1997年 9月号 [No. 81; 第14巻5号] (サイエンス社), pp. 4-13

(19) 島健, " ニューロデバイス再考察 " 電子情報通信学会中国支部講演会, (1998)

課題番号 H-9/A-7

超高速LSI用SOIMOSデバイス・プロセスの研究

[1] 組織

代表者：大見 忠弘（東北大学工学部）
 責任者：坪内 和夫（東北大学電気通信研究所）
 分担者：益 一哉（東北大学電気通信研究所）
 横山 道央（東北大学電気通信研究所）
 柴田 直（東京大学工学部）
 森田 瑞穂（大阪大学工学部）
 平山 正樹（東北大学工学部）
 小谷 光司（東京大学VDEC）
 森 勇蔵（大阪大学工学部）
 片岡 俊彦（大阪大学工学部）
 遠藤 勝義（大阪大学工学部）
 山内 和人（大阪大学工学部）
 杉山 和久（大阪大学工学部）
 山村 和也（大阪大学工学部）
 久保 田弘（熊本大学工学部）
 藤吉 孝則（熊本大学工学部）
 山部紀久夫（筑波大学物質工学科）
 石原 宏（東京工業大学精密工学研究所）
 徳光 永輔（東京工業大学精密工学研究所）
 大見俊一郎（東京工業大学精密工学研究所）
 鳳紘 一郎（東京大学工学部）
 藤島 実（東京大学VDEC）
 黒岩 紘一（東京農工大学工学部）
 荒井 英輔（名古屋工業大学工学部）
 安田 幸夫（名古屋大学工学部）
 財満 鎮明（名古屋大学工学部）
 池田 浩也（名古屋大学工学部）

研究費：校費 ¥1,030,000, 旅費 ¥1,197,630

[2] 研究経過

半導体集積回路技術に代表されるマイクロエレクトロニクスの飛躍的な進歩は、情報の流れに国境の壁をなくしたボーダレスネットワーク社会を形成し、人類の社会活動・経済活動・文化活動・日常活動をよりグローバルなものにしつつある。しかし、半導体集積回路の高速化・高集積化のため従来推し進められてきた微細化一辺倒の技術開発では、物理的・経済的の両側面から限界に近づいてきている。現在の集積回路と比較して約100倍もの動作速度を有するギガ・スケール・インテ

グレーションの具現化のためには、超高速集積回路に最適な新材料・新構造を開発することが必要不可欠なのである。

本研究は、超高速集積回路に最適な新材料・新構造を開発することにより、SOIMOSデバイスの電流駆動能力の高性能化、配線信号伝搬の高速化、放熱能力向上による高信頼化を図り、超高速・高信頼性GSIデバイス・プロセス技術を確立することを目的としている。

本年度は、MOSFETの閾値電圧制御性の向上、CMOSデバイスの製造工程数の低減、ゲート電極抵抗の低減を図るために、ゲート電極材料としてこれまで約25年間産業界で用いられてきたポリシリコンに代わり高融点金属の一つであるタンタル(Ta)の採用を試みた。Taの採用にあたっては、集積回路製造工程すべてを再検討し、従来のポリゲートプロセスに代わるTaゲートプロセスのプロセス指針を新たに作成した。そして、そのプロセス指針にしたがって実際にTaゲートSOI MOSFETを試作し、その電気的特性を評価した。この時、将来におけるTaゲートMOSデバイスの有効性を確認することを目的に、試作にあたっては現在生産現場で用いられている加工サイズの2世代先にあたるゲート長 $0.15\mu\text{m}$ を有するMOSデバイスを試作した。

ゲート電極の仕事関数制御による完全空乏化SOIデバイスの閾値電圧設定法

本研究においては、ショートチャネル効果耐性が高い上に、高速動作性能、低消費電力性能を有する完全空乏化(Fully-Depleted) SOI/CMOSの閾値電圧制御に関して、新たな方法を開発した。ゲート電極に従来のポリシリコンに代わりタンタル(Ta)を用いることにより、低不純物濃度SOI層を用いたのにもかかわらず、FDSOI nMOS, pMOSとともに電源電圧1Vに対応した閾値電圧調整が可能であることを見いだした。これは、従来閾値調整のために行っていたSOI層の不純物濃度制御に代わり、ゲート電極の仕事関数制御を行ったためである。我々はこれをWork Function Engineeringと呼ぶことにした。シリコンのバンドギャップの中央に仕事関数を持つ金属(ミッドギャップ材料)をゲ

ート電極材料に用いることでnMOS, pMOSとともに電源電圧1Vに対応した閾値電圧調整を可能とした。この制御方法は、従来行われていたデュアル・ゲート形成やチャネル領域へのイオン注入工程のようなプロセスを必要としないため、ディープ・サブミクロンCMOS製造におけるプロセス工程数を激減し、半導体集積回路をローコスト化することも可能である。ゲート電極材料には、ミッドギャップ材料であり、 SiO_2 上の熱力学的安定性も高く、酸洗浄処理も可能な高融点金属のタンタルを用いた。

TaゲートSOIMOSデバイスの製造プロセスの指針確立

極微細TaゲートMOSFETを作製する上で、その性能と信頼性を改善するプロセス温度とSOI層膜厚に関する指針を新たに見出した。ゲート電極材料に関して、従来用いられていたポリシリコンからTaへ材料変更する時に、従来のシリコンゲートプロセスでは極薄ゲート酸化膜の劣化やタンタル拡散による極薄SOI層の欠陥発生などが問題となるからである。TaゲートMOSデバイスの作成プロセス温度に関して、ゲート電極形成後のプロセス温度上限は700°Cであることを明らかにした。実験の結果、700°C以上のプロセス温度の下では、シリコン基板中の生成ライフタイムが急激に劣化した。熱エネルギーによりゲート電極とゲート酸化膜との界面反応が進行したためであると思われる。また、従来700°C以下のプロセス温度で形成不可能であった低リークソース／ドレイン層を450°Cもの低温で形成することを実現した。イオン注入装置のウルトラクリーン化とペアシリコン表面にイオン注入することにより、逆方向リーク電流値 1.7×10^{-9} [A/cm²] (n+/p接合), 2.5×10^{-9} [A/cm²] (p+/n接合) の拡散層を形成した。更にイオン注入法によるソース／ドレイン形成工程においてイオン注入層を十二分に活性化するためには、従来のバルクウェハと異なりSOIウェハの場合、イオン注入によって生じた非晶質層深さとSOI層の厚さとに強い相関があることを明らかにした。すなわち、イオン注入後の活性化アニールにおいて非晶質層を固相エピタキシャル成長により再結晶化するためには、イオン注入工程においてSOI層全てを非晶質化することなく、埋め込み酸化膜上に一部単結晶を残して活性化アニールを行う必要があることを明らかにした。また、SOI MOSFETのサブスレッショルド・スイングにおけるSOI膜厚依存性から完全空乏化モードで動作するMOSFETであっても可能な限りSOI層膜厚を薄

くする必要があることを実験的に明らかにした。これは、ドレンから埋め込み酸化膜を通してチャネル領域へ伸びる容量カッピングのために、SOI層／埋め込み酸化膜界面の電子に対するエネルギー障壁が下降し、パンチスルーレ電流が流れ始めるからである。

TaゲートSOIMOSデバイスの試作

以上の知見により、実際にTaゲートFDSOI MOSFETを試作した。上記プロセスデザインガイドラインに基づき、Ta成膜後のすべてのプロセス温度を500°C以下のウルトラクリーン低温プロセスを行った。実験の結果、nMOS, pMOSの閾値電圧は、閾値電圧調整のイオン注入を行っていないのにもかかわらず、それぞれ目標値に近い+0.25V, -0.45Vを示した。ゲート電極材料として従来のポリシリコンに代わりTaを採用することにより、ゲート電極材料の仕事関数がFDSOI MOSFETの閾値電圧調整に有効に作用したためである。また、サブスレッショルド・スイングに関してもゲート電極材料に高融点金属のTaを用いたのにも関わらず、従来のポリシリコンゲートと同様の70mV/dec.程度の非常に良好な特性を示した。さらに、VD-ID特性からゲート電極材料にTaを用いても電流駆動能力の劣化は全く観察されなかった。また、ゲート長0.15μmのTaゲート FDSOI MOSFETにおいても、良好な静特性が確認できた。

○まとめ

本研究により、ゲート電極材料を従来のポリシリコンに代わり高融点金属の一つであるTaを採用したTa-gate MOSデバイスを試作し、閾値電圧の制御性向上、ゲート電極抵抗の低減、集積回路製造プロセス工程数の低減が達成された。これらの成果は、過去約20年間指導的な指針でありつづけてきたスケーリング則の下においては更なる性能向上が見込めなくなりつつある半導体MOSデバイスにおいて、デバイス構造・材料自身を最適化することによりその動作パフォーマンスを飛躍的に向上させ、近い将来、現在の約100倍高い動作速度を有する半導体集積回路を安価に市場に実現するうえで、その貢献度は極めて高い。

[3] 研究会活動

研究会討論会を1回行った。

[第1回]

日時：平成10年3月23日，24日

場所：東北大学電気通信研究所2号館4階大会議室

- (1) 「強誘電体ゲートFETを用いたニューロン回路のSOI基板上への作製」
石原 宏, 尹 聖民, 徳光永輔 (東京工業大学)
- (2) 「高信頼性タンタルゲートMOSデバイス作製技術」
牛木 健雄, 伊野 和英, 河合 邦浩, 篠原 壽邦, 大見 忠弘 (東北大学)
- (3) 「低障壁ノンドープショットキーモノラルMOSFETの解析」
福岡 哲也, 藤島 実, 凰 純一郎 (東京大学)
- (4) 「不純物拡散におけるSOIとバルク基板の比較」
荒井 英輔 (名古屋工業大学)
- (5) 「Cu配線対応拡散防止膜についての一考察」
久保田 弘 (熊本大学)
- (6) 「ULSI多層配線Al CVD技術」
益 一哉, 坪内 和夫 (東北大学)
- (7) 「金属・半導体と水酸イオンの電気化学反応および超純水による加工への応用」
森 勇藏, ○後藤 英和, 広瀬 喜久治, 小畠 嶽貴 (大阪大学), 當間 康 ((株)荏原製作所)
- (8) 「極薄ゲート絶縁膜高品質化」
大見 忠弘 (東北大学)
- (9) 「原子状酸素を用いたSi (100) 基板の低温酸化」
上野 智雄, 森岡 あゆ香, 黒岩 純一 (東京農工大学)
- (10) 「Si表面の酸化過程と構造緩和」
財満 鎮明, 池田 浩也, 安田 幸夫 (名古屋大学)
- (11) 「高電界ストレス印加下におけるシリコン酸化膜の劣化」
山部 紀久夫 (筑波大学)

[4] 主な研究発表

- (1) 牛木健雄, 余謨群, 森田瑞穂, 大見忠弘, “ウルトラクリーン低温プロセスを用いた高信頼性タンタルゲート完全空乏化SOI MOSFET” 1997年電子情報通信学会総合大会, pp. 349-350, (1997).
- (2) 余謨群, 牛木健雄, 森田瑞穂, 大見忠弘, “タンタルゲート完全空乏化SOI MOSFET作製技術におけるプロセスガイドライン”, 信学技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE. SDM96-232 (1997-03), pp. 29-35.
- (3) Takeo Ushiki, Mo-Chiun Yu, Yuichi Hirano, Hisayuki Shimada, Mizuho Morita, Tadahiro Ohmi, “Reliable Tantalum-Gate Fully-Depleted-SOI MOSFET Technology Featuring Low-Temperature Processing,” IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. 44, No. 9, September 1997.

- (4) Kazuhide Ino, Toshikuni Shinohara, Takeo Ushiki, Tadahiro Ohmi, “Ion Energy, Ion Flux, and Ion Species Effects on Crystallographic and Electrical Properties of Sputter-deposited Ta thin films,” J. Vac. Sci. Technol. A 15(5), Sep/Oct 1997.
- (5) Hisayuki Shimada, Yuichi Hirano, Takeo Ushiki, Kazuhide Ino, Tadahiro Ohmi, “Tantalum-Gate Thin-Film SOI nMOS and pMOS for Low-Power Applications,” IEEE Trans. On Electron Devices, Vol. 44, No. 11, November 1997.

課題番号 H-9/A-8

フラーレンプラズマの構造制御と 内包フラーレン生成への応用

[1] 組織

企画者：佐藤 徳芳（東北大学工学研究科）
 責任者：水野 皓司（東北大学電気通信研究所）
 分担者：宮本 信雄（東北学院大学工学部）
 庭野 道夫（東北大学電気通信研究所）
 畠山 力三（東北大学工学研究科）
 飯塚 哲（東北大学工学研究科）
 石黒 静児（東北大学工学研究科）
 平田 孝道（東北大学工学研究科）
 真瀬 寛（茨城大学工学部）
 佐藤 直幸（茨城大学工学部）
 石川稜威男（山梨大学工学部）
 三重野 哲（静岡大学理学部）
 菅井 秀郎（名古屋大学工学研究科）
 庄司多津男（名古屋大学工学研究科）
 橋 邦英（京都大学工学研究科）
 三宅 正司（大阪大学接合科学研究所）
 福政 修（山口大学工学部）
 板谷 良平（新居浜工業高等専門学校）
 河合 良信（九州大学総合理工学研究科）
 渡辺 征夫（九州大学工学研究科）
 藤山 寛（長崎大学工学部）
 藤田 寛治（佐賀大学理工学部）

研究費：校費 103万円、旅費 160万円

[2] 研究経過

これまで、宇宙空間物理学、プラズマ材料プロセス、及び核融合プラズマ閉じ込めなどの研究に関連して広く注目を集めている微粒子（ダスト）プラズマの解明に資することを目的に、フラーレンプラズマに関与する多岐に亘るプラズマ現象を解明し、またその物質創製への応用の基礎を精力的に築いてきた。

本プロジェクトにおいては、上述の第一期の成果に基づき発展的にターゲットを絞り、フラーレンプラズマを新機能光・電子デバイスなどへの応用に繋がる複合材料創製に資するものとすべく研究を展開する。すなわち、原子・分子レベルで制御された物質創製を行うために、これまで得られたプラズマ物理学的知見のもとにフラーレンプラズマの3次元的局所構造制御を高精度に制御する

方法を確立し、それにより特異な電気、磁気、光特性を発現する可能性を秘めている新種の原子内包フラーレンを高効率に生成することを目指した研究を、全国のプラズマ工学者の英知を集めて行う。

本年度の研究内容は以下の通りである。

I. $K^+ - C_{60}^-$ プラズマを用いる研究

これまで、 $K^+ - e^-$ プラズマ柱の中央付近で噴射されたフラーレン C_{60} の電子付着反応による負イオン化の結果として生成されたフラーレンプラズマ中で、基板バイアス制御の下で薄膜を形成すると、薄膜内にK内包フラーレン（ $K@C_{60}$, $K@C_{58}$ ）が存在することが次第に明らかにされてきた。本年度は、アルカリ金属内包フラーレンの形成効率を高める目的で、カリウムプラズマ生成源であるホットプレートの直径を極端に小さくし、真空容器に対して半径方向に二層構造を持つK-フラーレンプラズマを生成し、かつその制御を行った。

その結果、ラングミュアプローブ特性及びイオン音波の位相速度変化から、軸中心近傍の電子残留コア領域では閉じこめ磁場強度と共に負イオン交換率（正イオン密度に対する負イオン密度の比）が増大し、約0.98まで達することが明らかになった。一方、周辺領域の広い空間では、ほぼ無電子状態の（負イオン交換率 >0.9999 ）完全なK-フラーレンプラズマを生成することに成功した。また、イオンセンシティブプローブを用いて負イオンの3次元空間分布を測定した結果、この半径方向に二層構造を持つK-フラーレンプラズマには、巨大負イオンの顕著なクロスフィールド輸送機構が内在することが明らかになった。この事実を活用することにより、磁場強度によって拡散を制御して、巨大負イオン・ C_{60}^- をコア領域あるいは周辺領域に集中させることできた（図1）。

このような、高効率の C_{60}^- イオン生成を伴う構造制御されたアルカリ金属-フラーレンプラズマを用いると、基板バイアスに伴う電極への軽い方の荷電粒子の流入が原因となって発生する電位緩和振動を誘起することなく、基板バイアスによって正及び負イオンのエネルギーを正確に制御できるので、アルカリ金属内包フラーレンの形成効率

の著しい向上が今後期待される。

II. アーク放電プラズマを用いる研究

前項では既に形成されたフラーレンケージ内に外から異種原子を注入する方法について述べたが、本項では対照的に、共同プロジェクトとして製作したカーボンベース超微粒子生成装置を用いて、アーク放電の周辺プラズマを積極的に制御することによりフラーレンケージを形成しながら異種原子を効率的に包み込む方法の開発を目指している。この場合本共同プロジェクトチームがターゲットにした原子内包フラーレンとしては、典型的な半導体材料として重要なシリコン（Si）を内包する新物質（Si@C_n : n≥60）である。

しかしその研究過程で、Siを内包する親フラーレンとして生成量が多いとされているC₆₀、C₇₀、C₈₄よりも、これまで実験的には全く注目されていなかったC₇₄が重要であることが次第に明らかになってきた。そこでここでは最初に、このC₇₄が新たにもたらした高次フラーレン生成率の階級に関する未解決の基礎的・重要課題について述べる。

① アーク放電周辺プラズマにおけるC₇₄の高効率生成

実験においては、Heガス雰囲気下（圧力P_{He}）で直流アーク放電（電流I_{arc}）を行い、アーク点より上方空間距離（y）の関数としてプラズマ基礎量の測定及びプローブ状小電極群に堆積した煤のレーザー脱離飛行時間型質量分析を行った。I_{arc}=100 A, P_{He}=600 Torr の放電で生成された煤中の各フラーレン対応する質量スペクトルピークの強度空間分布（図2）によると、C₆₀はy~3 cmで既に十分に生成されている。しかし、高次フラーレン特にC₇₄はそこではほとんど存在していない、それより上方で急激に発生しz≥7 cmで飽和している。また、C₇₄は第一高次フラーレンであるC₇₀よりも高い生成率を示し、C₆₀に匹敵する程に達する。ここで、He圧力を変化させてC₆₀に対する各高次フラーレンの生成比率をプロットすると、P_{He}<100 TorrではC₇₄の生成比率は極めて小さく、100≤P_{He}<500 TorrではC₇₀とほぼ同等になり、P_{He}≥500 TorrではC₇₀を大幅に上回る。従って、これまでフラーレン生成量はC₆₀, C₇₀, C₈₄, ...の順に多いとされてきたが、本実験によりC₇₄が主要高次フラーレンであることが初めて示された。

このような高いP_{He}下でのC₇₄の最優先的生成及びプラズマとフラーレンの空間分布に関する実験結果に基づき、バッファガスの衝突冷却効果の観点より、熱平衡状態コアプラズマ中のガス温度は

対称性の良いC₆₀の形成に適していて、そこから対流又は電位勾配によって低いガス温度の周辺プラズマ中へ輸送されてきた中性又は負イオンクラスターは、急冷され構造の歪みを残した状態で閉殻しC₇₄形成に到るものと考えている。

② アーク周辺プラズマ制御によるSiCnフラーレンの生成

実験装置内において、カソード電極（直径1.5 cm）とメインアノード電極（Si粉末含浸棒、直径0.6 cm、長さ30 cm）間に、Si蒸発促進用サブアノード電極（Si粉末充填炭素円筒、直径1.2 cmの場合の体積比はSi:C=4:5であり、直径1 cmの場合はSi:C=16:9）を加えた双アノード電極放電を行っている。これは、アークポイントプラズマ中をより高密度のSi粒子が効率的に通過できるようにするためにある。この上方に向かうSi（又はクラスター状Si）とフラーレン核を形成しつつある炭素クラスターとの相互作用を促進させる目的で、アーク熱で溶けない程度にメインアーケ電極に近接し、かつ上記①項の実験結果をもとにC₇₄等の高次フラーレンが形成し始める位置に（y~3 cm）、アーク周辺プラズマ制御用直流電位印加電極または高周波（RF）アンテナを設置した。

まず、半径3 cmの半円形ベルト状電極に直流電位Φ_{ap}（電流I_{con}）を印加する前者の場合について述べる。P_{He}=100 Torr、メイン及びサブアーク放電電流I_{arc} / I_{sub}=90A / 20 Aの実験条件の下で、種々のΦ_{ap}に対し制御電極及びy~8 cmに設置された終端電極（直径15 cmの円板）に堆積した煤をレーザー脱離飛行時間型質量分析装置によりスペクトル解析を行った。Φ_{ap}≥+60 Vでは局所的に高気圧グロー放電が発生しアーク周辺プラズマ密度が上昇するが、このときの煤の質量スペクトル中にSi@C_n (n>60) の質量に一致するピークが頻繁に観測される。このシリコン・フラーレン複合体（SiC_n）の出現頻度が最も著しい場合は、Φ_{ap}=100 V, I_{con}=1 Aの条件下でありそれらを質量数別にプロットしたのが図3である。制御電極と終端電極上の煤のデータを平均したものと制御電極上の煤のデータはほぼ同じ傾向を示し、ここで生成されたSi(@)C_nには極めて明瞭なマジックナンバーが存在することが明らかになった（n=74, 86, 94, 106, 116, 126）。ここで、強調されなければならないことは、SiはC₆₀には全く内包もしくは外接されないし、またC₇₀に対しても極めて希にしかそれらが起きなく、むしろC₇₄を筆頭に高次フラーレンに対してのみ発生するという事実である。

ここで、既に表現した出現頻度の定義を述べる。質量分析においてスペクトルを通常C₆₀からC₁₃₀

(質量数：720–1560)まで観測しており、更に再現性を保証するために同じサンプル煤を5回以上質量分析しているが、出現頻度はその中におけるSiCnを示す質量スペクトルピークの個数を求めて、それを全データ数(サンプル数)で割ったものである。すなわち、C₆₀からC₁₃₀までの質量スペクトル中のSiCn(60≤n≤130)を示すスペクトルピークの平均個数である。

次に、上述の直流グロー放電プラズマ発生は局所的であったので、SiCn形成を促進すべく相互作用を更に増強するために補助プラズマ空間を広げる工夫を施した。すなわち、直流電位印加電極に代えて渦巻型のRFアンテナ(平均直径4.5 cm)を新たに設置し、RF放電プラズマを補助生成した。実験条件は、P_{He}=100 Torr, I_{arc} / I_{sub}=100 A/80 A, RF(13.56 MHz)投入電力P_{RF}=0–1000 Wであり、アンテナの直流電位はアノードと同電位(接地)に固定した。

RF電力を増加すると、アンテナとメインアーク放電電極間の広い空間にプラズマ発光が観測され、メインアノード電極を1本消費するまでの放電時間が長くなる傾向が見られた。また、このとき、RFアンテナに直流電流が分流されている現象が実際に確かめられた。従って、このRF放電プラズマ生成は、系全体としての一定の投入直流電力の下でメインアーク放電プラズマが空間的に広がったことと等価であり、相互作用領域の拡張の目的は達せられたものと考えられる。この場合、アンテナ及び終端電極上で回収した煤の質量スペクトルにはSi@C₆₈, Si@C₇₄等に相当するピークが観測されるが、特にSiC₇₄の煤回収領域別出現頻度のRF電力依存性の結果が明瞭である。すなわち、その出現頻度はP_{RF}とともに増加しP_{RF}=600 Wで最大頻度となり、特にアンテナ上のアノード電極側の煤に関しては著しく高い頻度を示していることが分かった。また、質量分析結果は、原子状でアンテナや終端電極に堆積しているSi原子数のRF電力依存性とSiCn出現頻度のそれとの相関性が非常に強いことも明らかにしている。ここで、最も典型的なパラメータにおける(P_{RF}=600 W)アンテナ及び終端電極に堆積した煤全体としてのSiCn質量数別出現頻度を図4に示しているが、直流グロー放電補助プラズマ生成の場合と大きく異なることは、Si(@)C₇₄のみが顕著に現れ他のシリコン・高次フラーん複合体は形成されなくマジックナンバーが存在しないことである。

[3] 研究会活動

本研究課題に直結した下記の研究会を開催し

た。

日時：平成10年1月8日(木)～9日(金)

場所：静岡大学理学部大会議室(理学部A棟2階)

(1)「挨拶」

佐藤徳芳(東北大学工学研究科)

(2)「高気圧マイクロ波プラズマを用いた特殊炭素からのフラーん合成」

藤山 寛(長崎大学工学部)

(3)「強制循環He流中アーク放電によるフラーん合成」

真瀬 寛(茨城大工学部)

「Ar-フラーんプラズマの特性とフラーん薄膜形成」

佐藤直幸(茨城大工学部)

(4)「大気圧マイクロ波放電によるフラーんの生成」

神藤正士(静岡大学工学部)

(5)「各種ガス中におけるアーク放電を用いたフラーん生成」

松尾廣伸(静岡大学工学部), 滝川浩史, 樺原建樹(豊橋技術科学大学工学部)

(6)「宇宙におけるフラーん生成の可能性」

山根大二郎, 三重野 哲(静岡大学理学部)

(7)<特別公開講演会>「フラーん, ナノチューの芳香性, 安定性」

相原惇一(静岡大学理学部)

(8)<ナイトセッション>「プラズマ科学について」

世話人：三重野 哲(静岡大学理学部)

(9)「アーク放電およびフラーんプラズマからの金属内包フラーんの合成」

平田孝道, 畠山力三, 佐藤徳芳(東北大学工学研究科),

三重野 哲(静岡大学理学部), 真瀬 寛, 佐藤直幸(茨城大学工学部)

(10)「微粒子プラズマの性質」

佐藤徳芳, 飯塚 哲(東北大学工学研究科)

(11)「イオンビームによる新材料合成」

八井 浄, 江 健華(長岡技術科学大学工学部)

(12)「ハロゲンプラズマによるC₆₀薄膜のフッ素化」

Sanjay Singh, 三重野 哲(静岡大学理学部)

(13)「X線を用いたフラーん構造の分析」

浅野 勉(静岡大学理学部)

(14)「JxBアーカージェット放電による金属内包フラーんの合成」

鈴木啓永, 三重野 哲(静岡大学理学部)

(15)「討論とまとめ」

佐藤徳芳(東北大学工学研究科)

[4] 主な研究発表

1. "High yield production of C₇₄ using an arc-discharge plasma", R. Hatakeyama, T. Hirata, H. Ishida, T. Hayashi, and N. Sato, Proc. 10th Symp. on Plasma Science for Materials, Tokyo, Japan, June 1997 (to be published).
2. "ダストプラズマの現状と課題：ダストプラズマの応用—フラーレンプラズマー”，佐藤徳芳，畠山力三，平田孝道，プラズマ・核融合学会誌第73巻第11号, 1252(1997).
3. "Formation of fullerenes using arc discharge in forced helium flow", H. Mase, H. Miyagi, T. Tanabe, N. Y. Sato, and T. Ikehata, Proc. First Asia-Pacific Int. Symp. on the Basic and Application of Plasma Technology, Taiwan, R. O. C., December 1997, EP-97-93, p.27.
4. "Production of SiCn in arc discharge plasma", T. Hirata, R. Hatakeyama, T. Mieno, N. Y. Sato, H. Mase, M. Niwano, N. Miyamoto, and N. Sato, Proc. First Asia-Pacific Int. Symp. on the Basic and Application of Plasma Technology, Taiwan, R. O. C., December 1997, EP-97-94, p.31.
5. "SiCn-fullerene production using a DC-RF hybrid arc discharge", R. Hatakeyama, T. Hirata, Y. Ijiro, T. Mieno, N. Y. Sato, H. Mase, M. Niwano, N. Miyamoto, and N. Sato, Proc. 15th Symp. on Plasma Processing, Hamamatsu, Japan, January 1998, p.470.
6. "Production of metalo-fullerenes by use of a revolver type JxB jet producer", H. Suzuki, A. Sakurai, T. Mieno, T. Hirata, R. Hatakeyama, and N. Sato, Proc. 15th Symp. on Plasma Processing, Hamamatsu, Japan, January 1998, p.474.

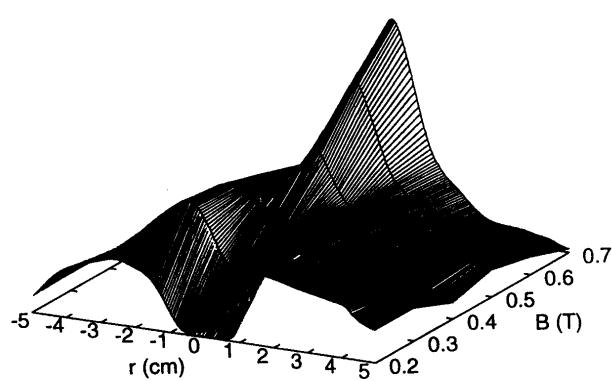
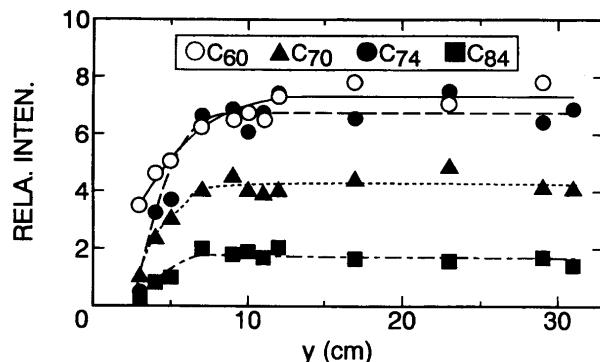
図 1 C₆₀負イオン半径方向分布の磁場強度依存性

図 2 各フラーレンの生成量の空間分布

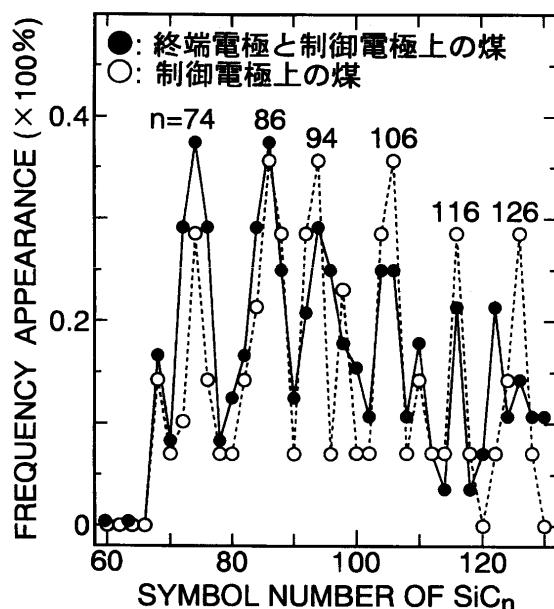


図 3 直流電位印加電極の場合のSi(@)Cn質量数別出現頻度

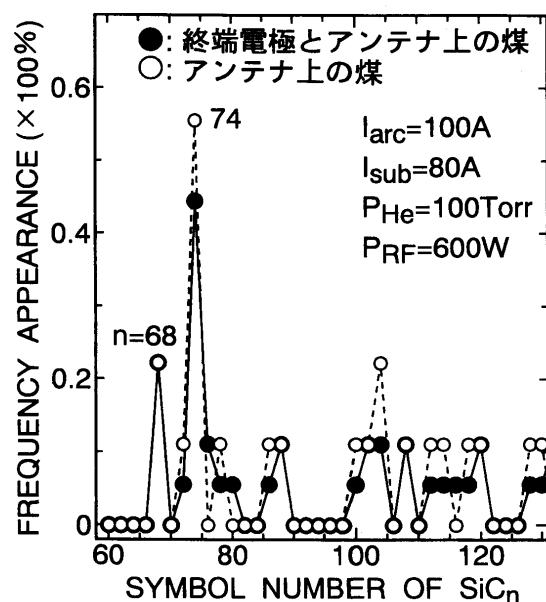


図 4 RFアンテナの場合のSi(@)Cn質量数別出現頻度

課題番号 H-9/A-9

ミリ波・サブミリ波帯計測システムの開発

1. 研究会の設置目的

ミリ波・サブミリ波を用いた計測技術は、この波長領域特有の各種応用分野を持っている。この領域の電磁波は、雲、霧あるいは炎などの条件下において可視光に比べて格段に大気透過性が良い。また、核融合を目指して研究が行われている高密度プラズマの解析に対してミリ波、サブミリ波を用いた各種計測は非常に有効である。この波長領域の技術は、将来の高密度通信に対して非常に重要なものであるが、その研究開発は、計測分野に於いての応用が先行して行われて行くと考えられる。

さて、現在文部省核融合科学研究所は、土岐市にヘリカル装置 LHD の建設を進めている。それに伴い、より高密度のプラズマの発生が期待されそれを測定するためのサブミリ波計測システムの開発が必要になってきている。一方筑波大学では、プラズマ密度の時間変化、揺動などを 2 次元で計測する研究を進めており、ミリ波帯 2 次元イメージングシステムの開発が重要な課題となっている。更に、地球環境計測の分野では、オゾン層破壊の機構解明のためにサブミリ波を用いた中間生成ガス分子の観測が不可欠である。

本共同プロジェクト研究は、これらミリ波・サブミリ波帯計測システムの開発を目指し、この分野の各種技術の調査・評価、更にミリ波帯 2 次元イメージングシステム、及びサブミリ波（テラヘルツ帯）検出用ショットキ・ダイオードの開発を行うこと等を目的としたものである。なお、本研究の研究所世話分野は、テラヘルツ工学研究分野である。

研究費：（校費）1,210千円
 （旅費）1,293千円

2. 組織

企画者：岡島 茂樹（中部大学工学部）

通研対応教官：水野 皓司

共同研究者：

ペイ 鐘石（電気通信研究所）

鈴木 哲（ タク ）

犬竹 正明（東北大学工学部）

菅戸 立夫（理化学研究所）
 安井 孝成（ タケル ）
 川端 一男（核融合科学研究所）
 長山 好夫（ タケル ）
 田中 謙治（ タケル ）
 益田 光治（九州大学総合理工学研究科）
 林 理三雄（鹿児島大学工学部）
 安田 茂（ タケル ）
 間瀬 淳（茨城大学物理工学系）
 能勢 敏明（秋田大学鉱山学部）
 奥山 澄雄（山形大学工学部）
 稲谷 順司（宇宙開発事業団）
 野口 卓（国立天文台野辺山電波観測所）
 小平 真次（木更津工業高等専門学校）
 藤田 順治（大同工業大学）
 赤池 正巳（東京理科大学工学部）
 堀越 佳治（早稲田大学）
 藤井 研一（大阪大学理工学部）
 増子 治信（通信総合研究所）
 井原 俊夫（ タケル ）
 黒澤 富蔵（工業技術院計量研究所）
 斎藤 修二（岡崎・分子科学研究所）
 篠原 幸司（日本原子力研究所）
 前川 孝（京都大学エネルギー工学研究科）

3. 研究会報告

本共同プロジェクト研究では、システム、デバイスの開発研究と平行して、ミリ波・サブミリ波帯デバイスの要素技術、イメージング用アレイ及び光学系、さらにイメージングシステムの応用分野など、多方面の分野について調査し議論を行うための研究会を企画・実施した。以下、本年度開催の研究会について述べる。

3-1 第1回研究会 1997年2月28日

1) 「テラテック HBT の紹介」

三浦 明（テラテック）

2) 「Millimeter and Submillimeter Wave Research at JPL」

Victor Manuel Lubecke, Olga Boric- Lubecke

（理化学研究所フォトダイナミクス研究センター）

3) 「InP系ヘテロ構造デバイスの現状とミリ波応

- 用」
榎田洋太郎 (NTTシステムエレクトロニクス
研究所)
- 3-2 第2回研究会 1997年5月22日
「Micromachining for MM-Wave Applications」
Dr. Gabriel M. Rebeiz (The University of Michigan)
- 3-3 第3回研究会 1997年5月23日
「電子波でみるミクロの世界」
外村 彰 (日立製作所 基礎研究所)
- 3-4 第4回研究会 1997年9月24日
「Infrared Spectroscopy in High Magnetic Fields」
Michael von ORTENBERG (HUMBOLDT-
University at Berlin)
- 3-5 第4回研究会 1997年11月6日
「高速電子デバイスの基礎」
R. P. Bajipai (インド中央科学機器組織副所長)
- 3-6 第5回研究会 1997年11月26日
「無線通信におけるアンテナの役割と高利得アンテナの開発」
安藤 真 (東京工業大学)
- 3-7 第6回研究会 1997年12月19日
「ミリ波・サブミリ波計測システムの開発」
- 1) 「ミリ波・サブミリ波計測」
川端一男 (核融合科学研究所)
 - 2) 「短波長サブミリ波レーザーの開発」
岡島茂樹 (中部大)
 - 3) 「大型装置計測のためのミリ波イメージングアレイの開発」
大山直幸、間瀬 淳 (筑波大学プラズマ研究センター)
 - 4) 「筑波大学GAMMA10用ミリ波イメージング光学系」
渡部謙一、大山直幸、間瀬淳、水野皓司 (東北大学通研、筑波大)
 - 5) 「WT-3トカマクにおける高速電子のECE計測」
田中 仁、前川孝 (京都大学大学院エネルギー科学研究所)
 - 6) 「CHSにおけるHCNレーザーを用いた干渉計測、および偏光計測」
田中謙治 (核融合科学研究所)
 - 7) 「高周波における半導体デバイスの高効率化の考え方」
- 赤池正巳 (東京理科大)
- 8) 「THz帯ショットキ・ダイオード検出器／ミキサーの開発」
鈴木哲、安井孝成、藤島寛智、水野皓司 (東北大学通研、理研)
 - 9) 「IMPATTダイオードによる高調波の直接発振」
江口 慎一 (鹿児島大学)
 - 10) 「宇宙における高感度サブミリ波分光観測のための装置開発」
稻谷順司 (宇宙開発事業団)
 - 11) 「サブミリ波光源の高分解能分子分光への応用」
尾関博之、斎藤修二 (分子科学研究所)
 - 12) 「時間分解測定法による量子ドット配列の遠赤外磁気光吸収」
藤井研一 (大阪大学)
 - 13) 「光照射半導体基板を用いたサブミリ波短パルスの発生」
南出泰亞 (東北大通研)
4. ミリ波2次元イメージングシステムの研究
ミリ波伝搬の特異性を利用したミリ波帯イメージングは、雲、霧を通してのイメージングをはじめとして多くの重要な応用分野を有している。本共同研究では、ミリ波帯の2次元アクティブ・イメージング技術を開発するために、主として光学系の設計、製作を行い、実用的なプラズマ計測装置を開発した。
- 光学系の設計は、先ず、回折限界の分解能を得るために光学系とイメージング・アレイとの組み合わせについて考察し、次いで、収差の少ない光学系を得るために基本設計法と光線追跡法によるその検証を行った。特に、光線追跡法がミリ波帯光学系の設計・検証に有効な手段であることを明らかにした。
- この成果を筑波大学のプラズマ装置 (GAMMA 10) の 70GHz 帯2次元イメージング用光学系の設計に適用し、実際に光学系を組み上げ、プラズマ放電の1ショット内での2次元プラズマ密度分布の時間変化を得ることに成功した。この結果は、ミリ波帯イメージング技術がプラズマ計測に極めて有用であることを示したものである。
5. ショットキ・ダイオードの研究・開発
常温動作、高速応答を有するテラヘルツ帯の検出器／ミキサとして、ショットキ・ダイオードは唯一のものである。この共同研究では、プラズマ計測用および地球環境計測用のショットキ・ダイオードの開発研究を行った。核融合研究用プラズ

マの密度の上昇に伴って、計測用テラヘルツ波の周波数は益々高くなり、4 THz が現在のターゲットである。本年度の研究では、この周波数で動作するダイオードを設計、製作するための指針について議論、研究を行った。その結果、直径が 0.2 ミクロン以下のダイオードの製作が必要であり、その製作プロセス技術には細心の制御性が必要であることが明らかになった。本研究の世話部門（テラヘルツ工学研究分野）では、現在 微細直径をドライエッチングで精度良く製作するため、Q-mass を導入してその条件出しを行っている。

また、本研究の応用としてテラヘルツ工学研究分野では、環境計測特にオゾンホールに関係した分子形成の過程を観測するため、2.5 THz 検出器を英国のラザフォードアップルトン研究所と共同で開発している。現在、試作した検出器について、その特性を測定しているところである。

6.まとめ

本共同プロジェクト研究では、研究会を開催してミリ波、サブミリ波の各種技術について調査、議論すること及びミリ波イメージング技術またサブミリ波、テラヘルツ帯ショットキ・ダイオードを実際に製作・開発していくことを目的に行われ、ほぼその目的を達成した。特に、ミリ波帯 2 次元イメージング技術を開発し実用に供したこと、サブミリ波帯ショットキ・ダイオードを研究開発し関係研究機関に供給できたこと、4 THz 帯の動作を目指したダイオードを試作し、これから開発研究に対して大きな指針を得たこと等、実際にもの作りまで行えたことは、極めて貴重な成果であると考えている。

課題番号 H-9/A-10

音の高次臨場感通信に関する研究

[1] 組織

企画者：曾根 敏夫（東北大学電気通信研究所）
 責任者：曾根 敏夫（東北大学電気通信研究所）
 分担者：江端 正直（熊本大学）
 宇佐 川毅（熊本大学）
 津村 尚志（九州芸術工科大学）
 福留 公利（九州芸術工科大学）
 三浦 甫（静岡理工科大学）
 浜田 晴夫（東京電機大学）
 竹田 仰（長崎総合技術大学）
 金井 浩（東北大学大学院工学研究科）
 宮坂 栄一（NHK）
 浅野 太（電子技術総合研究所）
 棟方 哲弥（国立特殊教育総合研究所）
 佐藤 洋（東北大学大学院工学研究科）
 岩谷 幸雄（秋田大学）
 平原 達也（ATR）
 植松 尚（NTT）
 武藤 憲司（東京都立航空高等専門学校）
 梶田 将司（名古屋大学大学院工学研究科）
 森本 政之（神戸大学）
 西田 豊明（奈良先端技術科学大学院大学）
 山崎 芳男（早稲田大学/千葉工業大学）
 鈴木 陽一（東北大学電気通信研究所）
 小澤 賢司（東北大学電気通信研究所）
 高根 昭一（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究経過

本プロジェクトは、本年度から新たに活動を開始したものである。本年度は、音というメディアに限らず、あらゆるメディアにおける臨場感通信に関する従来の研究を調査し、それを通じて、音における臨場感通信に関する今後の研究方針を議論した。

さらに、音における臨場感通信を実現する上で重要と考えられる、1.音場の物理的特性の解析、2.音空間知覚過程の解明、3.三次元音場情報の再生技術、に関して、その基礎的な検討に着手した。以下では、それぞれの項目について、成果の概略を記す。

1. 音場の物理的特性の解析

ある空間における音の伝搬は、波動方程式に支配され、これにその空間がもつ境界条件を与えて解くことによって、その空間内の音波の伝搬の様子を知ることができる。しかし、実際の室内音場では、境界条件の複雑さなどからこの波動方程式を解析的に解くことはほとんど不可能である。このことから、従来室内音場の解析に用いられてきた手法は、この波動方程式を直接解くのではなく、音の幾何学的伝搬を仮定して近似する方法が主であった。この手法は、音が光と同じように、「線」で伝搬するという仮定を立てることによって、音の反射を幾何学的にモデル化し、音場の解析を簡便化しようとするものである。しかし、室内音場を精密に解析するためには、音の重要な性質の一つである波動性を考慮した手法の確立が望まれる。

このような手法の中で、本プロジェクトでは、精度や解析コストの点から有利であることから、境界要素法に着目し、これを用いて音場における音源から観測点までのインパルス応答の推定を行う手法を取り上げることとした。本手法を、閉空間のインパルス応答の推定に適用した結果、インパルス応答を精密に推定するためには、グラスウールなどの吸音面の境界条件を正確に与える必要があることが示された。具体的には、数値計算上の簡便性から、室を構成する壁面に対して、それがどのような材料や構造をもっていても、ある点における壁面に垂直な方向の音圧傾度は、その点の音圧とのみ関係づけられるという局所作用の仮定を準用する解析が行われる場合が現状ではほとんどである。それに対して、そのような仮定の成り立たない、拡張作用を示す壁面の存在を考慮した解析を行うことによって、インパルス応答の推定精度が向上することを、実験・数値計算の両面から示すことができた。（以上担当：曾根、鈴木、小澤、高根、福留、武藤、岩谷）

2. 音空間知覚過程の解明

ヒトは、左右両耳に到来する音を独立に処理するだけではなく、お互いの耳で観測される音を有機的に相互作用させながら、音像の空間定位や、

複数音源の分離といった機能を実現している。さらに、このような機能は、聴取者がまわりの音環境、すなわち音空間を知覚する際に極めて重要な役割を果たしていると考えられる。

両耳に与えられた音情報の処理過程を明らかにするために、本プロジェクト研究では、まず両耳への入力信号に含まれる重要な情報である頭部音響伝達関数（自由空間における音源から外耳までの伝達関数）に基づいて統一的に説明することを考えている。これまでに、水平面や正中面の音像定位については、ヒトは両耳に到来する信号の差分（レベル差、時間差など）を抽出して音像定位を実現していることを示している。

しかしながら、以上の研究は、音源および聴取者も位置を変えないという非常に限定された条件の下で行われたものである。ヒトが実際に身のまわりの音を聴取するときを考えてみると、意識的・無意識的の如何にかかわらず、頭部を微妙に回転/移動させることによって頭部音響伝達関数を変化させる、すなわち音源から耳に到達する音の特性を、時間的に変化させることによって、音像定位の精度を向上させたり、音空間の知覚に際してより多くの情報を得ようとしていると考えられる。そのため、本プロジェクトでは、ジャイロあるいは磁気センサを用いて聴取者の頭部の動きを検出し、その動きに伴ない、聴取者の装着するヘッドホンに与える信号を実時間で切り換えることができるシステムを構築した。このシステムを用いて、被験者の頭部の微小な動きを反映した信号処理を行った結果、特に音像の前後方向の誤判断が著しく減少し、方向の定位精度も有意に向上することが確認できた。

また、音空間知覚過程を、より実際に即したかたちで分析するためには、ヒトが普段聴取している音のもつどのような性質から情報を得るのかという観点から考察を行う必要がある。そこで、本プロジェクトでは、バイノーラル録音した66種類の環境音を被験者に提示し、それらの音に対して、従来の研究で用いられてきた「音色を表現する評価語」に加え、「音を聞いた際に人がいだく感情を表現する評価語」と「音のもつ情報に関する評価語」を含めた計39種の評価語対を用いて評価を行わせた。実験結果を因子分析した結果、従来の研究で得られてきた音色の3因子に相当する、「美的」、「量的」、「明るさ」の因子が得られたのとは独立に、「音の情報に関する因子」、「音の存在意義に関する因子」が新たに得られた。このことから、環境音の知覚には、音の発生源がもつ性質のみならず、その音を聴取する空間の性質も大

きく関与していることが示唆された。（以上担当：曾根、鈴木、小澤、高根、江端、宇佐川、津村、三浦、棟方、佐藤、平原、植松、梶田、森本）

3.三次元音場情報の再生技術

三次元音場情報を精密に再生する手法としては、大きく分けて2つの考え方がある。一つは、音源から聴取者の両耳までを音響伝達系と考え、これを正確に模擬するものである。これを伝達関数合成法と呼ぶことにする。しかし、この手法には、聴取者の頭部および胴体の影響を無視することができず、これが個人性を含んでいるため、汎用性に欠けるという欠点をもっている。これに対して、聴取者に到来する波面を精密に合成することにより、聴取者のまわりの音場を再生するという考えも存在する。この方法は、聴取者の個人性にはある程度頑健であることが期待できるが、数多くのマイクやスピーカを必要とし、システムの規模が大きくなるのが欠点である。伝達関数合成法に対して、この方法を、波面合成法と呼ぶことにする。これらは、お互いに対照的な特徴をもった方法であるが、三次元音場情報を精密に再生できる手法である。本プロジェクトでは、両方の手法に着目し、それぞれの利点を生かした音場情報の再生手法について検討することとした。

伝達関数合成法では、聴取者の両耳における音信号を、ヘッドホンや比較的少数の音源などを用いて、再生すべきものと等化するため、制御用音源の配置は、その精度を決定する非常に重要な要因となる。これに関しては、スピーカを近接して配置することにより、再生系が簡略化され、実現される再生領域も広い新しい再生方法—Stereo Dipoleによる音場再生—が提案されているが、そのような性質は、計算機シミュレーションや実験を通じて現象論的に明らかになっているのみであり、それが再生系のどのような物理的特性と関連づけられるものであるのかは明らかになっていなかった。本プロジェクトでは、そのような再生系における制御用音源の配置間隔が、精度の高い再生を可能にする周波数帯域と関連性をもっていることを明らかにした。

波面合成法の中では、再生領域を閉空間に限定すれば、Kirchhoff-Helmholtzの積分方程式から、その領域の境界における音圧あるいは音圧傾度を所望のものに制御しさえすれば、その領域内の音場は精密に再生されることが既にわかっている。このことから、本プロジェクトは、この方法（Kirchhoff-Helmholtzの積分方程式に基づく音場再生）を用いて音場を再生するための基礎的な検討

を行った。この方法でも、実際に用いることができる制御用音源および音圧観測点の数は有限となるので、その配置は再生系の精度を決める重要な要因であると考えられる。特に、再生領域の境界における音圧だけを再生した場合、再生領域の形状に起因して再生が不可能になる周波数が存在することを示した。さらに、再生領域の内部あるいは境界における一部の音響インテンシティを観測することにより、そのよう周波数においても、精度のよい音場再生が可能となることを示した。

さらに、伝達関数合成法、波面合成法は、それぞれ対照的な特徴をもつ手法であることから、両者の利点を兼ね備えた手法が考案できれば、より工学的な適用範囲の広い有効な音場再生手法となることが考えられる。本プロジェクトでは、このような手法は、聴取者を中心とした球状の境界を仮想的に設け（これを以後仮想球境界と呼ぶ）、実際の室内空間における、音源から聴取者の外耳までの伝達特性を、2つの部分に分割することによって実現できる可能性を示した。一つは、室内空間における音源から仮想球境界上の点までの伝達関数（室内伝達関数）で、室内空間における反射などの現象を反映したものである。もう一つは、仮想球境界上の点から、聴取者の両耳までの伝達関数（頭部伝達関数）である。室内空間における音源から聴取者の外耳までの伝達特性を、このような2つの伝達関数の継続接続であると考える。また、聴取者の動きによるこの伝達関数の変化は、頭部伝達関数の変化によって表され、室内伝達関数は変化しないと考えることにより、再生系の規模を、現実的な規模まで小さくできることを示した。これを、仮想球モデルに基づく音場再生と名付け、このアイデアに基づく音場再生システムを、複数のDSPを搭載したワクステーション上に構築した。（以上担当：曾根、鈴木、小澤、高根、浜田、竹田、宮坂、武藤、西田、山崎）

[3] 研究報告

研究討論会を1回開催した。

日時：平成9年11月4日(月) 10:00～12:00

場所：東北大学電気通信研究所 中会議室

本年度は、あらゆるメディアにおける臨場感通信に関するシンポジウム形式の研究会を開催するとともに、音における臨場感通信を実現する上で重要と考えられる音場の物理的特性の解析、音空間知覚過程の解明、三次元音場情報の再生技術に関して、その基礎的な検討に着手した。音場の物

理的特性の解析については、室内音場のもつ境界条件を正確に表現することの重要性を見出すことができた。音空間知覚過程に関しては、聴取者の頭部運動の重要性を示し、また、環境音知覚においても、音のもつ空間的な情報が大きく関与していることを示した。三次元音場情報の再生技術では、音場の精密再生手法として有効であると考えられる、伝達関数合成法と波面合成法について検討を行い、それぞれの欠点を克服するために有効な手法を提案した。また、両者の手法のもつ利点を合せもつ新しい音場再生手法－仮想球モデルに基づく音場再生－を新たに考案し、その有効性を示した。

[4] 主な研究発表

1. 櫻井利昭、高根昭一、鈴木陽一、曾根敏夫，“室内音場の数値解析における吸音面壁面の境界条件に関する考察,” 日本音響学会研究発表会講演論文集, 平成9年9月, 809-810 (1997)。
2. 櫻井利昭、高根昭一、鈴木陽一、曾根敏夫，“吸音面内部の音の伝搬を考慮した閉空間音場の数値解析,” 日本音響学会研究発表会講演論文集, 平成10年3月, 847-848 (1998)。
3. 安倍幸治、小澤賢司、鈴木陽一、曾根敏夫，“音色表現語，“感情表現語及び音情報関連語による環境音評価に関する考察,” 日本音響学会騒音・振動研究会資料, N-97-46, 1-8 (1997)。
4. 浜田晴夫、得能宏則、江藤雅弘、渡邊祐子, P. A. Nelson, “三次元音場情報の抽出と再生手法,” 第37回東北大通研シンポジウム「高次臨場感通信を目指して」論文集, 197-204 (1997)。
5. 鈴木陽一、高根昭一、曾根敏夫, “高度音場再生手法とその聴覚ディスプレイへの応用,” 第37回東北大通研シンポジウム「高次臨場感通信を目指して」論文集, 205-225 (1997)。
6. S. Takane, T. Miyajima, Y. Yamada, D. Arai, Y. Suzuki and T. Sone, An auditory display based on virtual sphere model, Proc. ASVA 97, 379-384 (1997).
7. H. Takahashi, F. Asano, S. Takane, Y. Suzuki and T. Sone, “Location of sound sources based on linear independence analysis in active control of sound,” Proc. WESTPRAC VI, 700-705 (1997).

課題番号 H-9/A-11

超低消費電力無線通信ハイブリッド ULSIプロセス技術の研究

[1] 組織

代表者：堀池 靖浩（東洋大学工学部）
 責任者：坪内 和夫（東北大学電気通信研究所）
 分担者：一木 隆範（東洋大学工学部）
 花尻 達郎（東洋大学工学部）
 目黒多加志（理化学研究所）
 進藤 春雄（東海大学工学部）
 菅井 秀郎（名古屋大学工学部）
 益 一哉（東北大学電気通信研究所）
 横山 道央（東北大学電気通信研究所）
 大見 忠弘（東北大学工学部）
 小谷 光司（東京大学VDEC）
 平山 昌樹（東北大学工学部）

研究費：校費 ¥1,210,000, 旅費 ¥348,140

[2] 研究概要・成果

21世紀の高度情報化社会において、各個人がTele-Padと命名される携帯情報無線端末をもち、「いつでも、どこでも、誰とでも」Tele-Pad相互間あるいは基幹ネットワークに接続されたスーパー・ワークステーションとの間で、音声・データ・画像などの情報を各自が分散交換機能をもってやりとりする姿が、パーソナルC&Cの究極の姿であると考えられる。このTele-Pad実現のために、周波数としてはベースバンドからGHz・RF帯までのデジタルおよびアナログ信号を処理する「超低消費電力無線通信ハイブリッドULSI」を開発しなければならない。これには、Siデジタル信号処理集積回路、アナログ信号処理回路、弹性表面波RF信号処理機能デバイス、超高安定マイクロオシレータなどがハイブリッド集積化される。これらデバイスプロセス開発の課題として、Si集積回路における高誘電率薄膜、強誘電体薄膜、無機および有機の低誘電率薄膜、高熱伝導度薄膜、弹性表面波素子材料として高音速材料など、多くの新機能材料の微細加工技術を確立しなければならない。また、従来のプラズマを利用した加工技術に加え、化学機械研磨（CMP）等の新加工技術を確立する必要がある。本研究の目的は、これら新機能材料の加工技術を確立することである。

具体的には、

- (1) Si集積回路における機能材料として、高誘電率、強誘電体薄膜、無機及び有機の低誘電率薄膜、高熱伝導度薄膜などの微細加工技術としての選択ドライエッチング技術を確立する。
- (2) 高音速弹性表面波素子材料AINについて、特に金属材料との選択加工技術を開発する。
- (3) 平坦化加工技術として、従来のウェットCMP、さらにドライCMPの開発を行う。

これら研究を通して、表面での選択性発現を表面反応機構の明確化を通して、選択微細加工技術を確立する事を目的とする。

本研究では、従来のSi集積回路プロセスにない材料の加工技術を確立するとともに、表面選択性反応機構について明らかにする。従来のバイナリデジタル論理集積回路にない機能を持った機能集積回路の開発のためには、必然的にあらたな新機能材料を導入し、これら新機能材料加工技術の確立が必須である。これらの研究は、機能集積回路プロセスの基盤となると考えている。

本年度は、特に高音速弹性表面波材料である窒化アルミニウム（AIN）薄膜上の電極形成技術に関して、金属電極材料とAIN薄膜との高選択性をもったドライエッチング技術としてエッチングガス・エッチング条件の検討を行い、従来技術の数倍の高選択性を得た。

[3] 研究会活動

研究討論会を1回行なった。

日時：平成10年2月26, 27日

場所：東北大学電気通信研究所1号館S棟3階S305号室

- (1) 「SS/CDMA技術とSAWマッチトフィルタ」
 坪内和夫（東北大学）
- (2) 「Al/AlN/Al₂O₃エッチングとエッチングの諸問題」
 堀池靖浩（東洋大学）
- (3) [特別講演] 「放電周波数の効果とUHFプラズマによる高精度エッチング」

- 寒川誠二，明石治朗（日本電気）
(4)「非対称トンネル障壁を用いたシングルエレクトロン素子」
花尻達郎，菅野卓雄（東洋大学）
(5)「高密度プラズマを用いた高信頼性SiO₂薄膜の低温形成」
海原 竜，平山昌樹，大見忠弘（東北大学）
(6)「高密度プラズマを用いたシリコン窒化膜形成に関する研究」
関根克行，斎藤祐司，平山昌樹，大見忠弘（東北大学）
(7)「レーザー誘起デジタルエッチング及び多価イオン利用への可能性」
目黒多加志（理化学研究所）
(8)「負イオンプラズマによる微細加工プロセス」
進藤春雄（東海大学）
(9)「高密度エッチングプラズマにおけるイオン衝撃とラジカル組成」
中村圭二，平形直人，菅井秀郎（名古屋大学）

[4] 主な研究発表

Y.Chinzei, M.Ogata, H. Shindo, T.Ichiki and Y.Horiike, "Residence time controlled high aspect ratio SiO₂ etching", Digest of papers Int.Microprocesses and Nanotechnology Conf., 184-185(1997).

Y.Chinzei, M.Ozawa, T.Kikuchi, K.Horioka, H.Shindo, T.Ichiki and Y.Horiike, "High aspect ratio SiO₂ etching with high resist selectivity improved by addition of organicsilane to tetrafluoroethyl trifluoromethyl ether(HFE227)", Proc. 19th Symp. on Dry Process, Nov.12-14, Tokyo(1997).

Y. Morikawa, K. Kubota, H. Ogawa, T. Ichiki, A. Tachibana, S. Fujimura and Y. Horiike, "Reaction of fluorine atom and molecule with hydrogen-terminated Si(111) Surface", J. Vac. Sci. Technol. A16(1), Jan/Feb(1998), 345-355.

Y.Takamatsu, K.Suzuki, T.Ichiki and Y.Horiike, "Thermal treatment and properties of CuCr thin films", Extended Abstr. Advanced Metalization and Interconnect Systems for ULSI Applications in 1997, Japan Session, Oct.21-22, Tokyo(1997).

R.Kaihara, M.Hirayama, and T.Ohmi, " Low temperature oxide film formation by microwave excitation high density plasma direct oxidation," Electrochem. Soc., Meeting 1997. Paris T. Suetsugu, T.

Yamazaki, S. Tomabechi, K. Wada, K. Masu and K. Tsubouchi "AIN Epitaxial Growth on Atomically Flat Initially Nitrided α -Al₂O₃ Wafer", Appl. Surface Science, 117/118(1997)p.540-545.

K. Tsubouchi and K. Masu, "Spread Spectrum Wireless Card Using 2.4GHz Front-End SAW Matched Filter", IEEE German MTT/AP Chapter International Workshop on Commercial Radio Sensor and Communication Techniques, 21 April, 1997, Sindelfingen,

課題番号 H-7/B-8

ミリ波帯電波の利用に関する調査研究

[1] 組織

企画者：米山 務（東北大学電気通信研究所）
 責任者：米山 勿（東北大学電気通信研究所）
 分担者：水野 浩司（東北大学電気通信研究所）
 澤谷 邦男（東北大学工学部）
 塩川 孝泰（東北大学工学部）
 伊藤 精彦（北海道大学工学部）
 安藤 真（東京工業大学工学部）
 後藤 尚久（拓殖大学工学部）
 繁沢 宏（同志社大学工学部）
 新井 宏之（横浜国立大学工学部）
 木村 宏（岐阜大学工学部）
 川崎 繁男（東海大学工学部）
 黒木 太司（呉工業高等専門学校）
 真鍋 武嗣（郵政省通信総合研究所）
 藤田 正晴（郵政省通信総合研究所）
 中條 渉（東北大学電気通信研究所）

[2] 研究会報告

日時：1998年2月23日(月)10:00～17:00

場所：東北大学電気通信研究所講堂

1. 開会の挨拶 米山 勿（東北大学）
2. 60GHz帯無線LAN用多セクタアンテナ
村上 康*・真鍋 武嗣**・井原 俊夫** (*東芝, **通信総合研究所)
3. ミリ波用誘電体レゾネータアンテナとそのアレン
羽石 操（埼玉大学）
4. プリント型スロットアンテナを用いたアクティブ八木・宇田アンテナの検討
川崎 繁男・五井 智之・千原 浩司・上原 大吾（東海大学）
5. Ka帯広帯域パッチアンテナのFDTD法による解析
板垣 智有*・陳 強*・澤谷 邦男*・上等 泰吉**・久田 安正** (*東北大学, **宇宙開発事業団)
6. 延長半球レンズ結合ミリ波スロットアンテナ
小林 宏明・安岡 義純（防衛大学）
7. 60GHz帯進行波給電平行平板スロットアレー アンテナ
佐藤 正人・小西 善彦・浦崎 修治（三菱電

機）

8. 導波管アンテナのミリ波への応用
高橋 応明*・広川 二郎**・安藤 真**・後藤 尚久*** (*武蔵工業大学, **東京工業大学, ***拓殖大学)
9. イメージNRDガイドのイメージ面スロットからの放射について
石井 望・伊藤 精彦（北海道大学）
10. NRDガイド型1次放射器を用いたミリ波帶用誘電体レンズアンテナ
山田 秀章, 中村 文宣, 東 和孝, 石川 容平（村田製作所）
11. ミリ波薄形平面アンテナ
我妻 寿彦, 米山 勿（東北大学）

周波数帯の錯綜に伴い、未利用周波数帯であるミリ波が注目されている。この共同プロジェクト研究はミリ波帯電波の利用技術に関する研究・開発の現状を把握するために企画されたものである。今年度は、室内無線LANや車載レーダなどの分野で応用が注目されているミリ波アンテナをテーマに取り上げ、1998年2月23日に研究会を開催した。研究会では約120名の参加者があり、ミリ波マイクロストリップアンテナ、進行波給電平板スロットアレーインテナ、一層構造導波管平面アンテナ、NRDガイドを用いた薄形平面アンテナなどが話題として取り上げられた。

村上（東芝）らは室内無線LAN用アンテナでは比較的低利得で広角指向性が要求されることから、マクロダイバーシチを用いた60GHz帯ミリ波無線LANシステムに適用できる基地局用及び端末局用円偏波4セクタアンテナを開発した。両アンテナともマイクロストリップアレーインテナで構成され、立体構造とすることで低仰角方向の利得を改善している。立体構造のアンテナと平面上のMMIC増幅器を接続するために曲面マイクロストリップ線路を用いて低損失化を図っている。端末局用アンテナはセクタ単体で水平面内の3dBビーム幅を89°、垂直面内の3dBビーム幅を37°として垂直面内の指向性を狭めることで天井及び床からの多重反射を抑圧している。基地局用アンテナは端末局の放射指向性及び基地局－端末局間の距離

減衰を考慮して仰角方向及び真下方向に利得をもつ成形ビームアンテナとしている。

小林（防衛大）らは94GHzミリ波に対する延長半球レンズ結合スロットアンテナの利得を理論・実験の両面から検討し、受信特性を評価することで32dBiを実現している。

佐藤（三菱）らは60GHz帯において斜め直線偏波を励振し、且つ良好な交差偏波特性を有する進行波給電平板スロットアレーランテナを開発した。アンテナは複数の斜めスロット素子を形成した平板導波路と反射壁及びその焦点に配置した給電用導波管で構成した平面給電系とから構成される。試作アンテナは約2.7%の帯域(VSWR≤2)が得られ、最大利得は31.1dBi（効率32.5%）である。また、同一偏波を有する他システムからの干渉波を十分低減できる良好な交差偏波特性を有することが確認され、進行波給電方向において所望の均一振幅分布が得られた。

高橋（武藏工大）らは給電損失が少なく製作が容易な一層構造平面導波管アンテナを用いて3種類のミリ波高利得アンテナを実現した。一つはπ分岐と呼ばれる分岐回路を用いた同相励振のシングルモード導波管スロットアレーランテナである。60GHz車載レーダ用アンテナとして105mm×120mm×5mmの大きさで導波管24本、スロット600素子を形成し、35dBi（効率64%）を実現している。また、T分岐を用いた逆相励振のシングルモード導波管スロットアンテナは、スロット付平板と狭壁の電気的接着を省くことが出来るため生産性が向上する。もう一つはラジアルラインスロットアンテナで、平板TEM波がスロットによる摂動を受けてマルチモード導波管となるためスロットの設計が難しくなるが、シングルモード導波管のような狭壁が無いためミリ波アンテナに適している。高速無線LAN用として設計された直径10cmのアンテナで利得33dBi（効率51%）が得られている。

石井（北大）らはイメージNRDガイドのイメージ面に横スロットを設けたときの、変分法を用いた直列規格化インピーダンスの計算方法を示した。また同スロットに対する定在波分布、放射パターンの実験結果を示した。

山田（村田）らはNRD平面回路から垂直方向に放射を可能にした一次放射器と誘電体レンズを組み合わせたミリ波誘電体レンズアンテナを開発した。比誘電率4、FD比0.3、直径75mmの誘電体レンズを用いて開口面分布をテーラー分布とすることで、60GHzで利得31.6dBi、サイドローブレベル-20dB以下の特性を得ている。

我妻（東北大）らはミリ波給電系と平面アンテナを一体化した構造の高利得薄形平面アンテナを開発した。このアンテナは①漏れ波NRDガイドを給電系に用いている、②短絡3dB結合器の原理を用いた折返し給電系を用いてアンテナの小形化を図っている、③放射素子として長尺スロットアレーを用いて進行波シングルモード励振を行っている、④自由空間との整合のためスロットアレーを厚さが1/4波長の誘電体スラブで覆っている、⑤ブロードサイド放射を実現するために、スロットアレーからの反射を打ち消す機構を設けている、などの特長がある。車載レーダ用の高利得アンテナを想定して試作されたミリ波平面アンテナは、面積が150mm×140mm、厚さが8.4mmで34.7dBiの高利得が得られている。平面アンテナ下層の給電系にミリ波回路を組み込むことで実用的な車載レーダも試作されている。

以上の研究報告に述べたように、本研究会では室内無線LANや車載レーダなどミリ波システムに適した小形・軽量・薄形のミリ波アンテナについて必要な技術を明らかにした。室内無線LAN用の成形ビームアンテナでは低利得のマイクロストリップアレーランテナが用いられるが、車載レーダ用の高利得アンテナとしては給電損失の点で適用が難しくなる。このため低損失の導波管スロットアレーランテナを用いた平板スロットアレーや一層構造のシングルモード導波管スロットアレーが開発されている。またNRDガイドを用いた薄形平面アンテナは、片溝付漏れ波NRDガイドと折返し給電系を用いて、容易な構造で平面アンテナ裏面にコンパクトな給電系を実現している。NRDガイドはミリ波帯において製作が容易であることも大きな特長の一つである。今後は低損失の給電系である導波管やNRDガイドを用いたミリ波アンテナの開発がさらに盛んに成ると思われる。

課題番号 H-8/B-11

スピニクスの基礎と応用

○組織

代表研究者 東北大通研 荒井 賢一
 共同研究者
 東北大工 高橋 研, 東北大工 深道 和明,
 東北大工 本間 基文, 東北大工 岡田 益男,
 東北大工 宮崎 照宣, 東北大金研 藤森 啓安,
 東北大科研 島田 寛, 豊橋技科大工 藤井 壽崇,
 横浜国大工 角野 圭一, 長崎大工 福永 博俊,
 長崎大工 中野 正基, 琉球大工 山城 康正,
 宇都宮大工 石井 清, 東工大工 佐藤 駿,
 大同工大 神保 瞳子, 広島大工 本多 茂男,
 信州大工 森迫 昭光, 東北大通研 石山 和志

○序論

高密度磁気記録やマイクロ磁気デバイス・アクチュエータなど、我々の社会生活を支える先端技術のさらなる発展のためには、マクロな理論では取り扱えない超微細領域に踏み込んだ材料開発、特にマグネティックスの根源である電子スピンを制御することを目指す新たな材料（スピニクス材料）の研究が必要不可欠である。そこで本プロジェクトでは、それらスピニクス材料のメゾスコピックな領域での磁気現象ならびに関連の諸現象を電子スピンに立脚した磁性物理現象から解明し、これを基にスピン構造を制御したスピニクス材料を設計し、実現すること、さらにこれらスピニクス材料の特性計測手法を確立することを目指して本プロジェクト研究会を開催した。

○研究経過

スピニクスに関する最新の研究成果について議論するために、共同研究者ならびに最新の成果を挙げつつある研究者を仙台に招聘し、4回の研究会を開催した。開催日程並びに参加者、討論の内容は次のとおりである。

第1回（平成9年5月28日～30日）

テーマ：磁歪誘導型電磁変換素子用高磁歪軟磁性薄膜の開発に関する検討

第2回（平成10年2月21日～23日）

テーマ：Electro-Platingによる高磁歪軟磁性薄膜の

作成に関する検討

第3回（平成10年2月17日～20日）

テーマ：Electro-Platingによる新機能スピニクス材料作成に関する検討

第4回（平成10年3月4日～5日）

全体会議ならびに講演会

これらの中で3月4日～5日に開催した第4回研究会は、H09-B03マイクロ磁気デバイス・アクチュエータと合同で講演会を開催した。ここでは、基礎材料開発に関わる研究者とデバイス応用に関わる研究者とが一堂に会し、スピニクス材料とその応用に関する最新の研究内容が合計33件紹介され、研究内容に対する討論が行われた。これらの講演ならびに討論により、スピニクス研究に関する最新の研究成果ならびに現状の問題点が明確となった。なおこの講演会は重要な内容を含む講演が多数予定されたため、多くの研究者の関心を集めた結果、参加者は69名と非常に盛況であった。プログラムは下記のとおりである。（紙面の都合で筆頭連名者のみを記した）

- 「Relationship between Annealing Conditions and Grain Structures of Non-oriented Silicon Steel Sheets」, B. Y. Huang (Univ. of Ryukyu)
- 「Co斜めスパッタ膜の磁気特性および磁気抵抗効果」牧野栄治(豊橋技科大)
- 「イオンビームスパッタによる鉄薄膜の結晶配向制御と磁気特性および耐食性」西村一寛(豊橋技科大)
- 「Fe/セラミクスグラニュラー膜保磁力のサイズ依存性」Chen Chen(東北大)
- 「NiO/CoFeB二層膜における交換結合」神保瞳子(大同工業大学)
- 「希土類元素添加によるアモルファスFe-B薄膜の磁気及び磁歪特性の改善」弥生宗男(豊橋技科大)
- 「電析法によるFeBアモルファス合金薄膜の作製とその磁気特性」藤田直幸(大阪府立高専)
- 「ウェットプロセスによるFe-Tb-O薄膜の作製と

- その特性」P. B. Lim (埼玉大)
- 9.「ガスフロースパッタ法と磁性薄膜作製への応用」石井清(宇都宮大)
- 10.「磁気記録媒体用Coフェライトめっき薄膜の磁気特性」寒竹秀介(東工大)
- 11.「単分子展開膜を用いたマグネタイトの形成」石原尚(東京工業大学)
- 12.「グラニュラー膜の磁気光学効果の増大—光局在効果によるか?—」阿部正紀(東工大)
- 13.「Si/Bi置換YIG/Siサンドイッチ薄膜の磁気光学 ファラデー効果」倉科義昭 (豊橋技科大)
- 14.「強磁性超微粒子の磁気及び磁気光学効果」山口一弘(茨城高専)
- 15.「生体内での使用を目的とした磁気マイクロマシンの基礎特性(招待講演)」島崎克彦(東北大)
- 16.「摩擦力駆動を利用した電磁マイクロモーターの提案(招待講演)」本田崇(九工大)
- 17.「平形磁石を用いたリニアアクチュエータの出力改善」早乙女英夫(千葉大学)
- 18.「永久磁石と弾性板の揺動運動を利用した電磁マイクロポンプの開発」大谷一文(九工大)
- 19.「陽極酸化法による高アスペクト比磁気纖毛の作製とその応用(Ⅲ)」浦郷隆(九州工業大学)
- 20.「マイクロデバイス作製のための機能性厚膜形成技術(招待講演)」明渡純(工業技術院機械技術研究所)
- 21.「無電解めっき法を用いたマイクロパターニング」横島時彦(早大理工・材料技術研究所)
- 22.「二次元搬送ユニット用マイクロアクチュエータ」中澤治雄(富士電機)
- 23.「インダクタンス特性に及ぼす磁性膜の形状効果(招待講演)」井上哲夫(株東芝)
- 24.「Ni-Fe磁性薄膜を用いた薄膜インダクタの作製」小沢武(神奈川県産業技術総合研究所)
- 25.「Si-MMIC用GHz帯薄膜インダクタ(招待講演)」山口正洋(東北大)
- 26.「MA積層型デバイス:ストリップ線路と磁性膜で構成された薄膜トランジスタ」辻本浩章(大阪大学)
- 27.「磁気回路モデルを用いた平面磁路形パラメトリック変圧器の解析」太田勝(八戸工大)
- 28.「薄膜導体励磁型単磁極ヘッドの試作とその記録特性」村岡裕明(東北大)
- 29.「磁気センサーとレーザースペックル干渉法による鉄基構造材料の非破壊検査」山田興治(埼玉大)
- 30.「多層平面コイルによる1MHz-3.5GHzパーミアンス測定装置の開発」藪上信(東北大通研)
- 31.「高周波透磁率測定装置の試用と評価」池田慎治 (信州大学工学部)
- 32.「3GHzまでの高電気抵抗Fe(CoFe)-Hf-O膜の透磁率測定」佐々木義人(アルプス電気)
- 33.「高周波キャリア形薄膜磁界センサによる微小磁界計測」竹澤昌晃(東北大)

○まとめ

東北大学電気通信研究所が平成4年に提唱したスピニクスは新しい学問分野として着実にその裾野を広げつつある。2年間にわたり開催した本プロジェクト研究会では、界面でのスピノン相互作用の評価と制御、スピニクスに立脚したマイクロ磁気デバイス、超高密度磁気記録媒体の磁気的微細構造制御など、多くのスピニクスに関する研究成果が報告されている。とくに本プロジェクトにおいて平成9年度の目標として掲げたスピニクス材料の開発に関しても、歪とスピノン、あるいは光とスピノンとの間の相互作用に関する研究が飛躍的に進歩するとともに、原子レベルで制御された新しい材料が様々な方法で創製され、それらの特性を原子スピノンに立脚した様々な方法で評価できることが明らかとなった。

以上のように2年間にわたり開催した本プロジェクトは、上記のような成果に加えてスピニクス材料とその応用に関する研究者間の貴重な情報交換の場を提供し、さらにはスピニクスに関する研究の重要性を広くアピールしてきた。来年度(平成10年度)以降もスピニクス研究に関する共同プロジェクト研究会を開催し、引き続きスピニクスに関する検討を行なっていく予定である。

課題番号 H-9/B-1

半導体スピニン工学の基礎と応用

[1] 組織

企画者：吉野 淳二（東京工業大学理学部）
 責任者：大野 英男（東北大学電気通信研究所）
 分担者：中原純一郎（北海道大学理学部）
 岡 泰夫（東北大学科学計測研究所）
 前川 穎通（東北大学金属材料研究所）
 三浦 登（東京大学物性研究所）
 家 泰弘（東京大学物性研究所）
 勝本 信吾（東京大学物性研究所）
 平川 一彦（東京大学生産技術研究所）
 田中 雅明（東京大学工学研究科）
 宗片比呂夫（東京工業大学工学部）
 佐藤 勝昭（東京農工大学工学部）
 吉田 博（大阪大学産業科学研究所）
 中山 弘（神戸大学工学部）
 小川 真人（神戸大学工学部）
 嶽山正二郎（姫路工業大学理学部）
 小柳 剛（山口大学工学部）
 安藤 功兒（電子技術総合研究所）
 秋永 広幸（産業技術融合研究所）

[2] はじめに

今日の情報化社会における情報の処理、流通、記録において半導体デバイスと磁気メモリーが、その中心的な役割を果たしている。半導体デバイスでは、電子の有する「電荷」という側面を、一方、磁気メモリーでは、電子の有する「磁気モーメント」、すなわち「スピニン」という側面を利用して、今日の大きな成功を納めてきた。エレクトロニクスにおけるこれら2大分野で利用されている電子が有する「電荷」と「スピニン」という二つの側面を同時に利用することが可能となれば、新しいエレクトロニクスの世界を拓く可能性がある。しかし、もちろんこれまで半導体デバイスにおいてキャリアのスピニンが、露に利用されなかつたのには大きな理由がある。即ち、通常の半導体中では、スピニン状態の違いによるエネルギーの違いが極めて小さいことである。従って、スピニン状態の違いを露に利用した新しいデバイス開発するためには、半導体中のスピニンに起因した物理の理解を深めると同時にスピニンの効果を顕著にするための新しい材料や構造の開発が必須である。しか

し、そのためには、従来の半導体と磁性体の分野に分かれた研究組織では、不十分であり、両分野の基礎と応用にまたがる研究者を集めた新しい研究組織が必要である。そのような新しい組織を作成するためには、まず、これらの異分野の研究者が、これまで個別に進められてきたスピニンの関与する物性の研究成果を持ち寄って、集中的に討議する場を提供することが、まず第一歩であると考えられる。

平成7年度に「半導体スピニン工学の基礎と応用」という研究課題で共同プロジェクト研究が採択され、第1回の研究会の開催の運びとなった。その後、平成8年度、9年度と引き続き第2回、第3回の研究会を開催してきた。本報告では、平成9年度に開催された第3回の研究会に関して報告する。

[3] 研究経過

半導体中のスピニン関連の物性の理解を深めることを目的として当該プロジェクト研究会のコアメンバーとなった半導体の研究者を中心として、平成5年末に非公式な「半導体と磁性」研究会を発足させた。その後、序論で述べたように、新しい分野の発展のためには、半導体研究者に留まらず磁性体の研究者を含めた新しい討論の場、最終的には研究組織を作る必要があるという認識から、平成7年度に当該プロジェクト研究に応募し「半導体スピニン工学の基礎と応用」という研究課題で採択され、平成7年12月に第1回の研究会を開催した。その後平成8、9年度も引き続き採択いただき、平成9年1月に第2回、平成9年11月に第3回の研究会を開催した。第1回の研究会では、発表論文、46件、参加者約70名、第2回研究会では、発表件数55件、参加者数約80名があった。また、平成9年度からは、本研究会の正式メンバーが中心となって申請した重点領域研究「スピニン制御半導体」が、発足し、さらに平成9年9月には、希薄磁性半導体の研究のメッカともいえるポーランドと日本の間で、希薄磁性半導体に関するシンポジウムも開催された。このような希薄磁性半導体に関連する新しい研究の流れの中で、12月に開催された第3回の研究会では、発表論文件数、57

件、参加者数118名と盛況な研究会となった。発表論文件数及び参加者数の増加にも増して、今回の研究会では、企業関係者からの参加や問い合わせも相次ぎ、次第にこの新しい研究分野のすそ野が、着実に広がりつつあることが如実に感じられた。

[4] 研究成果

第1回、第2回とほぼ同様のスコープで、また一般にも投稿論文を求めるという公開の研究会を平成9年12月に開催した。その結果すでに述べたように、招待講演4件を含めて、57件の発表がなされ、生憎、研究会初日には、東北新幹線のダイヤの乱れというアクシデントに見まわれたたにもかかわらず、最終的に118名にも上る参加者があり、熱心な討論が行われた。

以下に本年度の第3回研究会の概要を報告する。

今回の研究会では、磁性半導体の研究の基を築かれた糟谷先生のプレナリー講演を含めて、4件の招待講演をお願いした。それぞれの講演のタイトルは、以下の通りである。

1. 糟谷 忠雄氏，“Magnetic Semiconductors and Semimetals –Past and Future–”
2. 勝本 信吾氏(東大物性研), “Electronic Transport in III-V Diluted Magnetic Semiconductors”
3. 鎌田 英彦氏(NTT基礎研), “Spin Selective Excitation of Exciton and Biexciton in Zero Dimensional InGaAs Quantum Disks”
4. 前川 権道氏(東北大金研), “Coulomb Blockade and Spin Blockade in Small Ferromagnetic Tunneling”

今回の研究会の一般講演と招待講演を含めた全講演数57件を主に材料で区分すると、

1. III-V族希薄磁性半導体関連	7件
2. II-VI族希薄磁性半導体	12件
3. 磁性体金属／半導体ヘテロ接合,	11件
4. 非磁性半導体中のスピノン関連現象	8件
5. シリサイド	2件
6. 遷移金属ドープSi	1件
7. その他	6件

のようになる。必ずしも良い分類ではないが、III-V族化合物半導体が大半を占める1, 3, 4のテーマの論文件数が、長い歴史と詳細な研究がなされてきたII-VIの希薄磁性半導体に関連する発表数を大幅にしのぐ結果となったことは、印象

的である。

以下、昨年度から目立った研究の進展についてその概要を述べる。

III-V族希薄磁性半導体における強磁性の発現機構は、大野らは、従来から転移点以上の温度領域における負の磁気抵抗をスピン乱雑散乱を仮定して求めたp-d相互作用の大きさとRKKYモデルを仮定して転移温度の依存性を基にして求めたp-d相互作用の大きさが、何れも3eV近傍で一致することから、強磁性は、大きなp-d交換相互作用に基づくRKKY相互作用であると主張している。一方、GaMnAsのバンド計算の結果などから、他の機構によるとの指摘もあるが、今回の研究会では、結論には至らなかった。しかし、これまで、SQUIDを用いた磁化の測定、ホール測定、MCDの測定が、中心であったが、今回の研究会では、EXAFS(東大)、蛍光X線吸収スペクトル(東工大)、光電子分光(東大)、遠赤外吸収(東大)などの様々な手法を用いた測定の結果が報告され、まだ十分な結果には至っていないものの、近い将来、GaMnAsにおける強磁性の発現機構が解明される日も近いという印象であった。また、これまで超格子系と言えば、層状構造に限られてきたが、今回は、SKモードを用いたドットの作成など、新しい超構造形成の試みがいくつか報告され、今後の展開に期待がもたれた。また、非磁性のIII-V族量子構造中のスピン緩和に関しては、これまで一見、矛盾する報告がなされており、またその緩和の機構に関する不明の点が多くあった、今回の研究会では、量子井戸や擬0次元系などの異なる超格子系に関する緩和過程の報告がなされ、まだ結論には至らないが、着実にデータが蓄積されつつあるという印象がもたれた。

[5] まとめ

本プロジェクト研究会は、半導体の研究者と磁性の研究者の共通の議論の場を提供することにより、半導体中のスピン関連の現象の深い理解と、ひいては、「半導体スピン工学」の確立に資することを目的として開催したもので、電気通信研究所のご厚意で3年間継続することができた。すでに述べたように、この3回の研究会を通じて着実にこの新しい分野の研究が定着しつつあり、当初の目的は十分果たしたと考えている。具体的な成果の現れとしては、本プロジェクト研究会への参加者を核として文部省科学研究費補助金重点領域研究「スピン制御による半導体超構造の新展開(代表者：東北大通研 大野英男)」が、本年度より発足したこと、また、本研究会の主要メンバー

が日本側のメンバーの中心となって、平成9年9月には、ポーランドー日本の希薄磁性半導体に関するシンポジウムが開催されたこと等を挙げることができる。さらに、本研究会によって築かれた新しい分野の研究の討論の場は、本年度に発足した文部省の重点領域研究「スピニ制御による半導体超構造の新展開」の支援のもとで、次年度も継続できる予定となっている。

課題番号 H 9 / B - 2

電磁流体现象の解明とその応用

[1] 組織

企画者：犬竹 正明（東北大工学研究科）
 責任者：横尾 邦義（東北大電気通信研）
 分担者：安藤 晃（東北大工学研究科）
 服部 邦彦（東北大工学研究科）
 市村 真（筑波大プラズマ研）
 際本 泰士（筑波大プラズマ研）
 間瀬 淳（筑波大プラズマ研）
 天岸 祥光（静岡大理学部）
 桂井 誠（東京大工学部）
 吉田 善章（東京大工学部）
 荒川 義博（東京大工学部）
 佐藤浩之助（九州大応用力学研）
 伊藤 早苗（九州大応用力学研）
 大沢 幸治（名古屋大理学部）
 宇山 忠男（姫路工業大工学部）
 八坂 保能（京都大工学部）
 疋道 恭（京都大理学部）
 藤原 正巳（核融合科学研究所）
 伊藤 公孝（核融合科学研究所）
 羽鳥 尹承（核融合科学研究所）
 川端 一男（核融合科学研究所）
 長山 好夫（核融合科学研究所）
 佐貫 平二（核融合科学研究所）

[2] 研究会報告

プラズマと電磁場とが複雑に相互作用を行う電磁流体现象は、宇宙プラズマや核融合プラズマ中で現われる特徴的な現象の一つであり非常に重要な研究テーマの一つとなっている。プラズマ中に起こる電磁流体现象は基礎的現象にもかかわらず、プラズマの自発的構造変化や磁力線の再結合を伴った磁場エネルギーの解放など複雑な現象を伴って起こっている。例えば実験室プラズマ中のダブルレーヤー、ソリトン、ショック等の構造形成、核融合プラズマ中の巨視的不安定性の発生、径方向電場とH/Lモード分岐現象、また宇宙プラズマ中でも地球磁気圏でのサブストーム現象とオーロラ現象、太陽フレア現象や高エネルギー粒子の放出現象などさまざまな現象となって現われる。これらの現象には共通の物理過程が内包されており、総合的に検討することによりプラズマ中

の複雑な電磁流体现象の統一的理解を深める必要がある。そこでこれらに関する研究会を以下のように実施した。

第1回

日時：平成9年11月12日(水) 10:00～12:00

会場：東北大工学部電気情報館 351室

(1)上村鉄雄（核融合科学研究所）

「速度シアーによるK-H不安定性に関する計算機シミュレーション」

(2)吉沼幹朗（東北大工学研究科）

「Q_T-Uにおける径方向電場制御実験」

この研究会では、プラズマ中の速度シアによる不安定性についての理論および電場制御実験についての討論がなされた。

第2回

日時：平成9年12月6日(土) 9:50～15:30

会場：東北大学艮陵会館

(1)佐伯紘一（静岡大・理）

「プラズマ中の位相空間渦・実空間渦」

(2)際本泰士（筑波大プラズマ）

「タンデムミラープラズマ研究の最近の話題」

(3)渡辺征夫（九大・工）

「プロセスプラズマ中の微粒子成長に関する研究の現状と課題」

(4)小出芳彦（原研）

「JT-60Uトカマクにおける最新成果と輸送障壁の研究」

プラズマ中の渦現象やプロセスプラズマ、磁場閉じ込めプラズマ実験についての最近の動向などについて総合的な講演がなされた。

第3回

日時：平成9年12月12日(金) 10:00～12:00

会場：東北大工学部電気情報館 451・453室

(1)藤原正巳（NIFS）

「ヘリカルトーラスにおけるプラズマ電位」

(2)佐藤徳芳（東北大・工）

「Effects of Negative Ions and Magnetic Field on Potential Structure in a RF Plasma」

藤原氏によって現在、核融合科学研究所（NIFS）

で建設中のLHD装置の紹介とヘリカルプラズマ中における電位に関するこれまでの実験および理論についての報告がなされた。佐藤氏によりRFプラズマ中における負イオンの挙動についての考察がなされた。

第4回

日時：平成10年1月28日(水) 13:30～17:50

1月29日(木) 9:00～15:40

会場：東北大工学部電気情報館 451・453室

(1)犬竹正明（東北大・工）

「タンデムミラーにおけるエンドプレートバイアスと周辺プラズマの低周波揺動」

(2)間瀬 淳（筑波大プラズマ研）

「マイクロ波散乱・反射計によるガンマ10の密度揺動分布計測と電場依存性」

(3)田中 覚（筑波大プラズマ研）

「ガンマ10における低周波揺動の静電プローブによる最近の測定結果」

(4)八坂保能（京都大・工）

「HIEIミラー装置におけるリミターバイアスとH/L遷移」

(5)北條仁士（筑波大プラズマ研）

「電場および電場シアによる低周波不安定性理論」

(6)若谷誠宏（京都大・エネ科）

「有限ベータプラズマ中のポロイダル速度シアによる不安定性」

(7)吉沼幹朗（東北大・工）

「電場シア制御と揺動に関するECRプラズマ基礎実験」

(8)畠山力三（東北大・工）

「径方向電場による静電イオンサイクロトロン不安定性」

(9)上杉喜彦（名大理工科学）

「高周波電極バイアス時のプラズマフローの動的応答と電場形成過程」

(10)原淳一郎（名大エネルギー理工）

「トカマク周辺プラズマ中の局所電位制御による粒子輸送制御」

(11)浜田泰司（核融合研）

「トカマクでの電場と微視的揺動測定」

(12)藤田隆明（原研那珂研）

「JT-60Uの負磁気シア放電における内部輸送障壁の形成」

(13)藤沢彰英（核融合研）

「ヘリカルプラズマの電位測定と電位の遷移現象」

(14)居田克巳（核融合研）

「トカマクとヘリカル装置における電場シアと閉じ込め改善モード」

この研究会では、主に磁場閉じ込めプラズマ中の電場シアと揺動に関する理論および実験結果についての講演ならびに討論がなされた。

第5回

日時：平成10年2月23日(月) 13:30～17:10

2月24日(火) 9:00～12:00

会場：東北大工学部電気情報館 451・453室
ホテルーノ坊 会議室

(1)小野 靖（東大工）

「磁力線再結合によるスフェロマックの合体」

(2)藤本正樹（東工大・理・地球惑星科学）

「磁気圏ティルにおける磁力線再結合」

(3)荻野竜樹（名大太陽地球環境研）

「太陽風と地球磁気圏の相互作用（シミュレーション）」

(4)吉田善章（東大工）

「タイボール磁場中の非中性プラズマ」

(5)長谷川晃（阪大工）

「米国におけるタイボール核融合実験計画」

(6)木田重雄（核融合研）

「回転球殻熱対流ダイナモ（シミュレーション）」

(7)犬竹正明, 安藤 晃, 服部邦彦（東北大工）

「電磁流体実験装置HITOPのプラズマ流特性」

この研究会では、宇宙プラズマから実験室プラズマ中の電磁流体现象の観測・実験ならびに計算機シミュレーション結果についての報告があり、さらにダイポール磁場を用いたプラズマ閉じ込め実験のトピックスについての紹介があった。

研究会の参加者は、学内外を含め常時50名以上であった。各講演会に対して参加者による活発な討論が行われ宇宙プラズマおよび実験室プラズマの理論的・実験的側面からプラズマの電磁流体现象などの理解に大きく寄与した。

課題番号 H-9/B-3

マイクロ磁気デバイス・アクチュエータの研究

1. 概要

磁性薄膜をキーマテリアルとした薄膜インダクタ・トランスは携帯用情報端末機器用の電源、信号処理回路素子、ならびにマンマシンインターフェース用センサなどを応用ターゲットとして基礎研究が積み上げられてきた。その三次元的な微細構造を製作するための加工技術はマイクロマシニング技術に立脚しており、最近小形で発生力の大きいことで注目される磁気マイクロマシンと共通の基盤を有している。

本プロジェクト研究会は、まずこれまで別個に活動していた薄膜インダクタ・トランスなどの静止形マイクロ磁気デバイス研究者と磁気マイクロマシン研究者の意志疎通を図ること、第2にこれに基づいて集積回路用薄膜インダクタの開発指針を示すこと、並びにシーズが先行しているマイクロ磁気アクチュエータについて実用的なプロセス技術や数値目標を明らかにすることを目標に執り行われた。

2. 共同研究者所属氏名

研究代表者：山口正洋（東北大通研）

共同研究者：東北大通研 荒井賢一（通研対応教官）、東北大科研 島田 寛、東北大工 宮崎照宣、東北大通研 井上光輝、東北大工 大谷義近、東北大工 松木英敏、九工大 山崎二郎、九工大 本田崇、横浜国大工 角野圭一、豊橋技科大 川人祥二、八戸工大 坂本禎智、千葉大工 早乙女英夫、九大工 笹田一郎、信州大工 佐藤敏郎、早大理工 庄子習一、財電磁研 白川 究、岩大工 関 亨士郎、阪大基礎工 辻本浩章、金材技研 中谷 功、熊工大 宗像 誠、九産大工 山口 崇、金沢大工 山田外史。

3. 研究経過

マイクロ磁気デバイス・アクチュエータに関する最新の研究成果について議論するために、共同研究者ならびに最新の成果を挙げつつある研究者を仙台に招聘し、3回の共同研究基礎実験（九工大グループ、長崎大グループ、信州大グループ）と3回の研究会を開催した。研究会の開催日程並びに参加者、討論の内容は次のとおりである。

まず97年5月15日には、超高感度マイクロ磁気センサの動向を把握する目的で、豊橋技科大の中中三郎講師によって「SQUIDデバイスと微少磁界計測への応用」と題して講演がなされ、SQUIDの動作原理、高温超伝導薄膜を用いたSQUIDの性能向上、医療分野への応用などについて議論した。

97年8月28～29日には、電気学会マイクロ磁気デバイスの高機能化調査専門委員会（委員長：山口正洋）と共同で、マイクロ磁気デバイスの実用化第1号として期待されるマイクロ電源について、先行する日本グループとこれを追う米国研究者らによって、国際的な意見交換を行った。ゲストとしてBell Labs. Lucent TechnologyのA. Lotfi氏を加えた。プログラムは以下の通りである。

1. Ashraf Lotfi (Lucent Technology): Research activities on thin-film transformers at Bell Labs.
2. Masahiro Yamaguchi (Tohoku Univ.): Micro-magnetic devices in Japan.
3. Toshiro Sato (Shinshu Univ.): Micro dc-to-dc converter chip using a planar inductor.
4. Kiyoohito Yamasawa (Shinshu Univ.): Planar inductors and transformers for dc-to-dc converters.

これらの議論を通して、薄膜電源の効率は最高で80%を越え実用域に入っていることが明らかになつた一方で、製造コストが既存のバルクフェライトを用いた電源に比べて割高であり、今後磁性薄膜材料の開発を含めたプロセスの見直し、パッケージング方法の開発などが急務である点で、参加者の意見が一致した。この国際的な意見交換は非常に有用であり、来年度も機会をみつけて実施する方向で調整したいとの意見が出された。

98年3月4日～5日に開催した第4回研究会は、H08-B11スピニクスの基礎と応用と合同で開催した。ここでは、基礎材料開発に関わる研究者とデバイス応用に関わる研究者とが一堂に会し、スピニクス材料とその応用に関する最新の研究内容が33件紹介され、研究内容に対する討論が行われた。これらの講演ならびに討論により、スピニクス研究に関する最新の研究成果ならびに現状の問題点が明確となった。なおこの講演会は重要な内容を含む講演が多数予定されたため、多くの研究者の関心を集めた結果、参加者は69名と非常に盛況で

あった。紙面の制限の関係で、デバイス・アクチュエータを直接議論した後半のプログラムを下記に示す。前半については「スピニクスの基礎と応用」の項に詳しい。

東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究会合同研究会「スピニクスとマイクロ磁気デバイス・磁気マイクロマシン」，平成10年3月4日～5日（東北大学電気通信研究所大会議室）

- 15.「生体内での使用を目的とした磁気マイクロマシンの基礎特性（招待講演）」島崎克彦，仙道雅彦，井上光輝，荒井賢一（東北大）
- 16.「摩擦力駆動を利用した電磁マイクロモーターの提案（招待講演）」本田崇，丸野聰明，山崎二郎（九工大）
- 17.「平形磁石を用いたリニアアクチュエータの出力改善」早乙女英夫（千葉大学）
- 18.「永久磁石と弾性板の揺動運動を利用した電磁マイクロポンプの開発」大谷一文，坂下智亮，本田崇，山崎二郎（九工大），荒井賢一（東北大）
- 19.「陽極酸化法による高アスペクト比磁気織毛の作製とその応用（Ⅲ）」浦郷隆，鈴木英世，太屋岡篤憲，太屋岡恵里子，森本祐治，本田崇，山崎二郎（九州工業大学），浅田裕法，松山公秀（九州大学）
- 20.「マイクロデバイス作製のための機能性薄膜形成技術（招待講演）」明渡純，一木正聰，前田龍太郎（工業技術院機械技術研究所）
- 21.「無電解めっき法を用いたマイクロパターニング」横島時彦，高井まどか，逢坂哲彌（早大理工・材料技術研究所）
- 22.「二次元搬送ユニット用マイクロアクチュエータ」中澤治雄，渡辺泰正，森田修，江戸雅晴，米沢栄一（富士電機）
- 23.「インダクタンス特性に及ぼす磁性膜の形状効果（招待講演）」井上哲夫，西島和夫，谷田部茂，溝口徹彦（株東芝），佐藤敏郎（信州大）
- 24.「Ni-Fe磁性薄膜を用いた薄膜インダクタの作製」小沢武，馬場康壽，栗原幸男，根岸靖（神奈川県産業技術総合研究所）
- 25.「Si-MMIC用GHz帯薄膜インダクタ（招待講演）」山口正洋（東北大），高橋祐一（東北学院大），末沢健吉（東北大），熱海浩二（東北学院大），荒井賢一（東北大），菊地新喜（東北学院大），島田寛，李衛東（東北大），田邊信二，高田政宏（三菱電機）
- 26.「MA積層型デバイス：ストリップ線路と磁性膜で構成された薄膜トランジスタ」辻本浩章（大阪

大学）

- 27.「磁気回路モデルを用いた平面磁路形パラメトリック変圧器の解析」太田勝，坂本禎智，村上孝一（八戸工大）
- 28.「薄膜導体励磁型単磁極ヘッドの試作とその記録特性」村岡裕明，佐藤一樹，中村慶久（東北大）
- 29.「磁気センサーとレーザースペックル干渉法による鉄基構造材料の非破壊検査」山田興治，庄司真一，豊岡了，スプラベディ（埼玉大），上坂充，宮健三（東京大），磯辺仁博（原子力燃料工業），荒克之（日本原子力研究所）
- 30.「多層平面コイルによる1MHz-3.5GHzパームアンス測定装置の開発」葛上信，山口正洋，荒井賢一（東北大通研），板垣篤，安藤仁司（凌和電子）
- 31.「高周波透磁率測定装置の試用と評価」池田慎治，佐藤敏郎，山沢清人（信州大学工学部）
- 32.「3GHzまでの高電気抵抗Fe（CoFe）-Hf-O膜の透磁率測定」佐々木義人，畠内隆史，牧野彰宏（アルプス電気）
- 33.「高周波キャリア形薄膜磁界センサによる微小磁界計測」竹澤昌晃（東北大），大平祐史（東北学院大），山口正洋，荒井賢一（東北大），芳賀昭（東北学院大）

4. まとめ

本プロジェクト研究会によって、マイクロ磁気デバイスとアクチュエータに共通の新しい磁性薄膜プロセス技術が提案され、実用域に達しつつある2Wクラスの電源用ならびに高電気抵抗軟磁性膜との組み合わせによる携帯電話用の2種類の薄膜インダクタについて数値目標の概略値が得られたこと、新駆動原理に基づくマイクロ磁気アクチュエータが提案され、生体分野等の新分野への適用が図られたことなど、重要な成果が得られた。GHz帯までの磁性薄膜評価技術が飛躍的に進展したこと、ならびに次世代のマイクロ磁気デバイスの端緒となる歪と спин、あるいは光とスピニンとの間の相互作用に関する基礎データが集積されたことも大きな成果である。

その一方で新たなデバイスやマシンの提案とそれらのシステム化、新材料の進展などの新局面に対応するため、次年度に新しい共同プロジェクト研究会を開催し、議論を継続する予定である。

課題番号 H-9/B-4

計算資源制約下のパラダイム

[1] 組織

企画者：丸岡 章（東北大学大学院情報科学研究科）
 責任者：白鳥 則郎（東北大学電気通信研究所）
 分担者：阿曾 弘具（東北大学）
 伊藤 貴康（東北大学）
 西関 隆夫（東北大学）
 根本 義章（東北大学）
 牧野 正三（東北大学）
 瀧本 英二（東北大学）
 天野 一幸（東北大学）
 伊藤 章則（山形大学）
 五十嵐善英（群馬大学）
 橋本 敬（理化学研究所）
 渡辺 治（東京工業大学）
 塙田 稔（玉川大学工学部）
 西野 哲朗（電気通信大学）
 戸田誠之助（日本大学）
 平田 富夫（名古屋大学）
 佐藤 雅彦（京都大学）
 原尾 政輝（九州工業大学）

[2] 研究会報告

Turning機械は人々人間の知的活動の一侧面を表す計算モデルとして定式化された。この計算モデルに端を発する計算科学はその後大きく発展はしたが、認識、学習、記憶等のテーマとますます遊離する傾向にある。また、一方、パーセプトロン、セル構造オートマトン、ニューロネットワーク、隠れマルコフモデル等、これまで提案されている各種の計算モデルが何故計算効率がいいのかについて十分な理解が得られるまでには至っていない。本研究プロジェクトでは、基本計算単位を組み立て、所望の機能を実現するという、計算科学のボトムアップの方法論を踏襲しながら、時間や空間（メモリ）の計算リソースを、所望の機能を実現するのに必要なぎりぎりのものに限定した場合の計算に、計算の本質が潜むという立場にたち、個々の問題の計算現象の解明を図る。この研究のプロジェクトは、上に述べた視点から計算資源制約下での新しい計算パラダイムの確立を目指して企画された。本年度は以下の通り10回の研究会を開催した。

第1回

日時：平成9年7月31日(木)
 場所：東北大学工学部電気情報棟 512室
 演題と講師：
 1. “Average Case Circuit Complexity”
 Rüdiger Reischuk (Institut für Theoretische Informatik)
 2. “Learning One-Variable Pattern Languages Very Efficiently on Average, in Parallel, and by Asking Queries”
 Thomas Zeugmann (Kyushu University)

第2回

日時：平成9年10月13日(月)
 場所：東北大学工学部電気情報棟 512室
 演題と講師：
 “Complexity of Group Theoretic Problems”
 Vinodchandran Nijeruvilkavil Variyam (The Institute of Mathematical Sciences)

第3回

日時：平成9年11月21日(金)
 場所：東北大学工学部青葉記念会館 603
 演題と講師：
 1. “Introduction to bicodes”
 橋口攻三郎（岡山大学工学部）
 2. “On the costs of linear layouts of n -cubes”
 神保秀司（岡山大学工学部）

第4回

日時：平成9年12月1日(月)
 場所：仙台国際センター 小会議室 4
 演題と講師：
 1. 「生物の計算的理解と人工生命」
 橋本 敬（理化学研究所）
 2. 「学習と記憶メカニズム」—海馬皮質系と情報処理—
 塙田 稔（玉川大学）
 3. 「脳における情報表現」—マップ、トポロジー、セルアセンブリー—
 田中 繁（理化学研究所）
 4. 「ニューロイダルネット研究の現状と展望」

西野哲郎（電気通信大学）

5.「学習の計算パラダイム」

丸岡 章（東北大学）

6.「方向選択性についての計算科学的アプローチ」

渡辺 治（東京工業大学）

第5回

日時：平成9年12月19日(金)

場所：東北大学工学部電気情報棟451室

演題と講師：

「マルチエージェント制御による知能ロボット」

大里延康（NTTコミュニケーション科学研究所）

第6回

日時：平成10年1月12日(月)

場所：東北大学工学部電気情報棟451室

演題と講師：

「情報セキュリティと暗号」

今井秀樹（東京大学生産技術研究所）

第7回

日時：平成10年1月27日(火)

場所：東北大学工学部電気情報棟451室

演題と講師：

「ネットワーク化情報環境における擬人化インタ

フェースエージェント」

石塚 満（東京大学工学部）

第8回

日時：平成10年2月26日(木)

場所：東北大学工学部電気情報棟451室

演題と講師：

1.「グラフの到達可能性判定 問題の領域計算量について」

戸田誠之助（日本大学文理学部）

2. “Lockout-Free Mutual Exclusion Algorithms in the Asynchronous Read” / Write Shared Memory Model

五十嵐善英（群馬大学工学部）

第9回

日時：平成10年3月11日(水)

場所：東北大学工学部青葉記念会館702室

演題と講師：

「よい乱数生成のためのアルゴリズム」

韓太 舜（電気通信大学）

第10回

日時：平成10年3月19日(木)

場所：東北大学工学部電気情報棟451室

演題と講師：

“Kolmogorov Complexity”

Paul Vitányi (Centrum voor Wiskunde en Informatica)

以上10回の研究会を通して、生物からネットワークやセキュリティに至る広い分野で取り扱われる情報処理に潜む、計算資源制約下の計算の原理の解明を目指し、個別分野を越えて活発な討論がなされた。来年度も引き続き本研究プロジェクトを計画し、新しい計算パラダイムの創製を目指す予定である。

4.2 外国の大学等との学術交流部局間協定締結一覧 (電気通信研究所)

研究課題名	相手先研究機関		本研究所の 研究代表者	協定締結 年月日	方 法
	国名	研究機関名			
磁性体における磁性弹性結合に関する研究	ポーランド	ポーランド 科学アカデミー	津屋 昇教授 (荒井賢一教授)	1976.8.3	部局間協定
カオスと乱流	アメリカ合衆国	シカゴ大学 ジェームス・ フランク研究所	沢田康次教授	1987.4.27	部局間協定
都市騒音の実態と住民 への影響に関する計測 と評価の国際比較によ る研究	タイ	チュラロンコン 大学 理学部	曾根敏夫教授	1987.4.28	部局間協定
計算機ネットワーク構 築に関する研究	中国	ハルピン工業大学 計算機科学工程系	白鳥則郎教授	1987.6.15	部局間協定
サブミリメートル波の 測定に関する研究	イギリス	ロンドン大学 クイーンメアリー・ ウェストフィールド カレッジ	水野皓司教授	1990.4.3	部局間協定 (文部省と英国科学工 学研究会議との学術 交流企画に参加)
音響通信に関する騒音 の研究	中国	深圳大学 科研處	曾根敏夫教授	1993.2.8	部局間協定
ユーザインタフェース とエージェントの知的 化	韓国	成均館大学 情報通信技術 研究所	白鳥則郎教授	1995.9.13	部局間協定
超伝導材料と電子素子 に関する研究	オランダ	トゥエンテ大学 応用物理学部 材料科学研究所	山下努教授	1998.1.27	部局間協定
超伝導電子通信デバイ スの研究	ロシア	ロシア科学アカデミー 通信電子工学研究所	山下務教授	1998.2.23	部局間協定
超伝導ミリ波・サブミ リ波デバイスの研究	中国	南京大学	山下努教授	1998.4.16	部局間協定

4.3 国際活動

区分	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	合計
国際的研究集会・学会等への招待者数	76	46	27	34	33	216
国際共同研究の実施状況 (件数)	6	8	12	7	16	49
外国人研究者 の来訪状況 (人数)	1か月以上 滞在	6	13	6	8	9
	1週間以上 1か月未満	14	4	11	6	20
外国人研究員の受入状況 (人数)		0	1	8	9	27

国際シンポジウム、セミナー、フォーラム等の開催状況 (主要委員を務めた場合を含む)

第4回垂直磁気記録国際会議

The 4th perpendicular Magnetic Recording Conference

情報記憶システム研究分野、情報記録デバイス工学研究分野では、垂直磁気記録を中心とする高密度磁気記録に関する包括的な国際会議である「垂直磁気記録国際会議」を主体的に運営している。この会議は、1989年の第一回から数えて過去3回の開催実績から垂直磁気記録に関する国際的な成果を統合して本格的に議論し合う唯一の場との国際的評価を得ているものである。平成9年度には第4回を、10月20日から23日の4日間にわたり秋田県秋田市で開催した。130余の発表件数と12カ国300余名の参加者を得て、材料、デバイス、方式、システムなど広範な分野で議論を行なった。本所からは中村教授が実行副委員長及びプログラム部会長を、村岡助教授がプログラム部会幹事、丹助手が展示部会委員をそれぞれ務め、積極的に会議運営に参加した。研究発表においても、中村教授と村岡助教授がそれぞれ招待講演を行うとともに、高再生感度MRヘッド、新規等化方式を用いた実用性の高い高密度垂直磁気記録、垂直磁気記録の信号安定性、などを発表した。

(中村慶久 記)

第12回 情報ネットワークに関する国際会議報告

A Report of 12th International Conference on Information Networking

近年インターネットを代表とした情報ネットワークの高信頼化、高機能化、知能化へ向けた研究開発が国内外で精力的に進められている。このような背景のもと、IPSJ（情報処理学会）主催、IEEE共催の、「The 12th International Conference on Information Networking (ICOIN12)」が平成10年1月21日～23日まで、小金井市の郵政省通信総合研究所で開催され、9ヶ国から220名の参加があった。本国際会議の目的は、情報ネットワークの基礎から応用に関して、理論から実践まで含め幅広く議論することである。会議では、7ヶ国から140編の論文の発表（日本57編、韓国53編、台湾20編、オーストラリア4編、香港3編、米国2編、ブラジル1編）があり、39のテクニカルセッションが構成された。また2件の招待講演が企画された。論文発表のセッションでは、ATM通信、ネットワーキング、VOD、フレキシブルコンピューティング、セキュリティ、QoS、エージェント、マルチメディア、インターネット、プロトコル、分散システム、モバイルコンピューティング、ワイヤレス通信、WWW、グループウェア、分散アルゴリズム、プロトコル試験と検証、メディア設計などに関する論文発表が行われた。招待講演の1件目は、郵政省通信総合研究所の古濱洋治所長による「Summary of Research Activities in Human-Oriented Information and Communications in CRL」の講演で、通信総合研究所における人間指向の情報通信に関する研究の取り組みについて述べられた。2件目は、National Tsing Hua UniversityのW. T. Chen教授による、「Future Information Networks and Application」の講演で、次世代の情報ネットワークのモデルとそのアプリケーションに関する研究について述べられた。

以下に、会議の概要を簡単にまとめる。

1. 開催時期：平成10年 1月21日～1月23日（3日間）
2. 参加者：国内研究者 125名、海外研究者 95名（8ヶ国）、合計220名
3. 実行委員会・実行委員長 白鳥則郎（東北大）、丹野州宣（山形大）、飯田尚志（通信総合研究所）
・プログラム委員長 柴田義孝（東洋大）、齊藤正史（三菱電機）

(白鳥則郎 記)

分散システムとプロトコルの形式記述技法／ プロトコルの仕様化、試験と検証に関する合同国際会議報告

A Report of Joint International Conference on
FORMAL DESCRIPTION TECHNIQUES for Distributed
Systems and Communication Protocols,
and PROTOCOL SPECIFICATION, TESTING AND VERIFICATION

近年ネットワークアーキテクチャ、特にネットワークプロトコルの高信頼化、高機能化、知能化へ向けた研究開発が国内外で精力的に進められている。このような背景のもと、IFIP（情報処理国際連合）主催の「Joint International Conference on Formal Description Techniques for Distributed Systems and Communication Protocols, and Protocol Specification, testing and Verification (FORTE/PSTV'97)」が平成9年11月18日～21日まで、大阪市のNEC C&Cプラザホールで開催され、19ヶ国から150名の参加があった。本国際会議の目的は、形式仕様記述技法（FDT）の分散システムと通信プロトコルへの応用に関して、理論から実践まで含め幅広く議論することである。会議では、15ヶ国から33編の論文の発表（日本5編、ドイツ4編、フランス4編、カナダ3編、米国3編、オランダ2編、韓国2編、ベルギー2編、スペイン2編、香港1編、ブラジル1編、英国1編、スエーデン1編、ハンガリー1編、イタリア1編）があり、9つのテクニカルセッションが構成された。また4つのチュートリアル、10件のデモンストレーション、3件の招待講演および1件のパネル討論が企画された。論文発表のセッションでは、コンカレントシステムの仕様に基づく試験、MSCとODP、LOTOSとその拡張、評価技法、コンフォーマンステスト、リアルタイムシステム、言語と応用、産業界での利用事例報告、コンカレントシステムなどに関する論文発表が行われた。招待講演は、NTTの榎原一郎氏、会津大の野口正一学長、IBMのHenry Chang氏により行われた。以下に、会議の概要を簡単にまとめる。

1. 開催時期： 平成9年 11月18日～11月21日（4日間）
2. 参加者： 国内研究者 64名、海外研究者 86名、合計150名
3. 実行委員会・実行委員長 白鳥則郎（東北大）、水野忠則（静岡大）
 - ・組織委員長 鈴木健二（KDD）、谷口健一（大阪大）
 - ・プログラム委員長 東野輝夫（大阪大）、富樫敦（静岡大）

(白鳥則郎 記)

4.4 COE研究員および学振特別研究員

COE非常勤研究員（1997年度）

氏名	任用期間	研究内容
茶碗谷毅	H.9.4.1～H.10.3.31	情報の動力学的表現とその処理機構に関する研究
湯瀬晶文	H.9.4.1～H.9.8.31	ブレインコンピューティングにおける非線形・複雑系の理論と応用に関する研究
金相宰	H.9.4.1～H.10.3.31	電子ビーム照射によるシンコン上YBCOジョセフソン接合に関する研究
岩見正之	H.9.4.1～H.10.3.31	走査型トンネル電子顕微鏡を用いた表面物性の研究
石芸慰	H.9.10.1～H.10.3.31	赤外伝送路の研究
田中武士	H.10.1.1～H.10.3.31	情報の動力学表現とその処理機構の研究
高山立	H.10.1.1～H.10.3.31	ブレインコンピューティングにおける非線形理論の応用に関する研究
栗木理恵	H.10.1.1～H.10.3.31	脳モデルと場の理論の応用に関する研究
浜野哲子	H.10.3.1～H.10.3.31	多次元周期構造を応用したミリ波・サブミリ波帯回路のコンポーネントに関する研究

COE外国人研究員（1997年度）

氏名	任用期間	研究内容
GUO SHIPING 郭世平	H.9.1.1～H.9.12.31	量子ナノ構造における光キャリアのダイナミクスに関する研究
	H.10.1.1～H.10.3.31	量子ナノ構造における光物性とその応用に関する研究
CHAFRANIOUK Serguei サフランジェツク セルゲイ	H.9.4.1～H.10.3.31	層状超伝導体の磁束列とプラズマ励起に関する研究

日本学術振興会特別研究員(PD) (1997年度)

氏 名	任 用 期 間	研 究 内 容
大 内 則 幸	H. 8. 4. 1 ~ H. 11. 3. 31	非線形解放系における自己組織化と階層化のモデル化及び統計的性質

日本学術振興会特別研究員(DC) (1997年度)

氏 名	任 用 期 間	研 究 内 容
中 村 孝一郎	H. 9. 4. 1 ~ H. 11. 3. 31	全固体周波数シフト帰還型レーザに関する研究
薮 上 信	H. 9. 4. 1 ~ H. 11. 3. 31	高周波微小磁界の計測に関する研究

日本学術振興会外国人特別研究員 (1997年度)

氏 名	国 籍	受 入 期 間	研 究 内 容
NAER TANTONE	フランス	H. 9. 4. 1 ~ H. 9. 9. 30	大自由度複雑系の普遍法則
RIEU JEAHN PAUL	フランス	H. 8. 2. 1 ~ H. 9. 3. 15 H. 9. 3. 16~ H. 9. 10. 28	生命状態の物理学

第 5 章 シンポジウム

5.1 通研シンポジウム

電気通信研究所では所内及び工学部電気・情報系教官が中心となり、最近の研究の最先端の基礎科学、基礎技術に関する問題をテーマとしてシンポジウムを毎年開催している。講師には国外を含む所内外の第一線の研究者を迎える、多くの参加者を得て活発な討論の場となっている。

「高次臨場感通信を目指して」

第37回通研シンポジウムは、「高次臨場感通信を目指して」と題し、1997年11月4～6日の3日間にわたり、ホテルサンルート蔵王において、合宿形式で開催された。講師を、14の機関の21名に依頼し、241ページの論文集を発行した。本シンポジウムには、全国の大学、企業、研究機関から、140名の参加があった。

本シンポジウムは、まず最初に、沢田康次所長から、本シンポジウムへ寄せる期待が述べられた後、本シンポジウムの実行委員長である本研究所曾根敏夫教授から、本シンポジウムの主旨が、臨場感通信と人間情報処理に関する話題と絡めて説明された。

講演は、開催期間の3日間の中で、セッションA「臨場感通信システム—現在、そして未来へ」、B「マルチモーダル知覚と臨場感通信」、C「高次符号化と通信技術」、D「視覚・聴覚における場の知覚」、E「高次ディスプレイの現状と未来」の5つのセッションに分けられた。1日目の13:00～17:00は、セッションAが開かれ、臨場感通信技術の現状や問題点が、総合的な立場から、次の5件の発表をとおして論じられた。
 1. 「人間－機械共生空間－ポストモダン情報システム」白鳥則郎（東北大学電気通信研究所）
 2. 「臨場感通信会議システムの展望」宮里勉（ATR）
 3. 「都市型情報テクノロジー序章－エージェントとその周辺技術－」西田豊明（奈良先端科学技術大学院大学）
 4. 「メディア・サーファーの認知メカニズム」赤木昭夫（淑徳大学）
 5. 「マルチメディアコミュニケーション」竹内郁雄（電気通信大学）

夕食後19:00～21:00の間、セッションBが行われ、人間の知覚過程から見た臨場感通信の可能性や現状が発表された。発表は、以下の3件である。
 1. 「マルチモーダル知覚と記憶表象」加藤隆（関西大学）
 2. 「マルチモーダル知覚とマルチメディア情報通信」河原英紀（和歌山大学）
 3. 「マルチモーダル知覚と放送」宮坂栄一（NHK）

セッションBの後，“Social hour”と題し、少量のおつまみとお酒が用意され、リラックスした雰囲気の中で、講演者と他の参加者が講演内容について熱心に討論するとともに、交互に交流を深めた。

2日目は、9:00～12:00の間、セッションCが行われ、臨場感通信を行う上で不可欠な技術である情報通信技術や、臨場感のような高次の情報の通信を可能にする高次符号化技術の現状と展望が、次の4件の発表において論じられた。
 1. 「マルチメディア通信における音声と楽音の符号化」守谷健弘（NTT）
 2. 「高忠実度オーディオ符号化」山崎芳男（早稲田大学）他
 3. 「MPEG符号化の現状と将来」高橋賢一（松下電器産業）
 4. 「リアルタイムマルチメディア通信のための高速ネットワーク」曾根秀昭（東北大学）

2日目の14:00～17:30には、セッションDが行われた。このセッションでは、臨場感通信を実現する上で、最も重要な知覚モダリティである視覚と聴覚における先端的な研究が発表され、また、各知覚モダリティが統合した場合についても、興味深い研究成果が示された。発表は以下の5件である。
 1. 「空間音響知覚」森本政之（神戸大学）
 2. 「音による環境理解」柏野牧夫（NTT）
 3. 「立体視知覚の基礎」佐藤隆夫（東京大学）
 4. 「頭部運動による運動視差から知覚される奥行と運動のトレードオフ」櫻井研三（東北学院大学）
 他
 5. 「重力空間枠組順応に関する各種感覚の統合」古賀一男（名古屋大学）

セッションDの後、18:30から懇親会が開かれ、参加者が大いに歓談し、親睦を深めた。

3日目の9:00～12:00に、セッションEが行われた。このセッションでは、臨場感のような高次の情報を、人間のもつ知覚モダリティに提示する各種ディスプレイについて、新しい概念の提示や、実用化の試みの紹介がなされた。発表は、以下の4件である。
 1. 「3次元音場情報の抽出と再生手法」浜田晴夫（東京電機大学）他
 2. 「高精度音場再生手法とその聴覚ディスプレイへの応用」鈴木陽一（東北大学）他
 3. 「High Definition Televisionの未来－Hi-visionから立体テレビへ－」湯山一郎（NHK）
 4. 「高臨場感マルチメディア通信会議システムとその要素技術」青木茂明（NTT）

以上、本シンポジウムは、全国から多数の参加者を得、また、参加者の内訳は、研究者、技術者から大学院学生、学部学生まで多岐にわたり、成功裡に終了した。特に、本シンポジウムを合宿形式で開催したことにより、臨場感通信に興味をもちながら研究・開発を進めている様々な人々が、交流をより深くすることができたことは、本シンポジウムが上げた大きな効果であると考える。本シンポジウムが、高次臨場感通信という「夢」に向けた重要な一步となったことを確信する。

第2回東北大学電気通信研究所国際シンポジウム 「脳の情報原理に基づくブレインアーキテクチャの設計・製作」

(主催) 東北大学電気通信研究所

(後援) 文部省, 仙台市, 電子情報通信学会東北支部, 日本生物物理学会

(開催期間と会場) 1998年3月16日～3月18日 メルパルクSENDAI

(主要課題と主たる講演者) ※Advisory Committee, Organizing Committeeを除く

- a. 神経科学(neuroscience), A. Gerperin, J. J. Collins, N. Burgess
- b. ブレインコンピュータのアーキテクチャ, R. Würtz, A. Aertsen, G. Indiberi
- c. ブレインコンピュータの実装, H. Graf, P. Garda, A. Murray

(シンポジウムの概要)

現在の情報化社会は記号処理的な計算原理を用いるフォン・ノイマン型のコンピュータによって初めて可能になった。しかしながら、我々人間の脳が得意とする認識・総合判断・概念化などといった高度な情報処理が近未来のコンピュータとして望まれているが、現在までの記号処理的な情報処理をより高速かつ複雑な方向に延長するだけでは限界が見えている。そのために情報化社会の一層の発展を促すために「人間のような柔軟な情報処理システム＝ブレインコンピュータ」の開発が不可欠である。

近年、この分野に関する基礎的研究が国内外で急速な進展を見せており、今まさに「ブレインコンピュータ」に関する基礎概念や計算理論を確立する機が熟してきたと言える。

本国際シンポジウムでは、世界の英知を結集して「ブレインコンピュータ」実現のために、脳の情報処理原理を明らかにし、その試作の方法論を確立することを目的とした発表・討論が行われた。特に発表分野が広範囲にわたり、その間が有機的にプログラムされていてこの分野では他に類を見ない国際会議であったとの内外から高い評価を得た。

(シンポジウムの構成)

論文数66件（内、口頭発表23件（国内招待14件、国外招待9件）、ポスター発表43件）

(参加国および参加者数)

日本, U.S.A, 英国, フランス, ドイツ, スイス, 韓国, インド, 中国

国内参加者				外国参加者				合計
招待講演	ポスター	一般参加	計	招待講演	ポスター	一般参加	計	146人
14人	39人	75人	128人	9人	4人	5人	18人	

(委員会委員の構成)

Symposium Chair: 沢田康次 東北大学電気通信研究所

Advisory Committee :

甘利 俊一	理化学研究所
石川 真澄	九州工業大学
久間 和生	三菱電機
岡部 洋一	東京大学
佐藤 俊介	大阪大学
丹治 順	東北大学
津田 一郎	北海道大学

Organizing Committee :

委員長 沢田 康次	東北大学電気通信研究所
委 員 星宮 望	東北大学工学研究科
中島 康治	東北大学電気通信研究所
山本 光璋	東北大学工学研究科
矢野 雅文	東北大学電気通信研究所
佐野 雅己	東北大学電気通信研究所
二見 亮一	東北大学工学研究科

通研シンポジウム

塚田 稔
臼井 支朗

玉川大学
豊橋技科大

早川 美徳
早川 吉弘
牧野 悅也
坂本 一寛
佐藤 茂雄

東北大学電気通信研究所
東北大学電気通信研究所
東北大学電気通信研究所
東北大学電気通信研究所
東北大学電気通信研究所

5.2 工学研究会

東北大大学電気通信研究所、東北大大学院工学研究科と情報科学研究所および関係ある学内外の研究者、技術者が相互に連絡・協力し合うことによって、学問的・技術的問題を解決し、研究開発を促進することを目的として工学研究会が設置されている。そのため、専門の分野に応じて次のような分科会を設けて、学術的および技術的な諸問題について発表・討論を行っている。発表された研究の一部は東北大大学電気通信談話会記録に抄録されている。

	研 究 会 名	主 査	幹 事	発 足 年
1	伝送工学研究会	澤谷教授	陳強助手	1950年頃
2	音響工学研究会	曾根教授	木幡助教授 高根助手	1950年頃
3	仙台「プラズマフォーラム」 (旧名称 プラズマ研究会)	佐藤(徳)教授	畠山助教授	1993年 (1986年)
4	EMC仙台ゼミナール	根本教授	曾根助教授	1986年
5	コンピュータサイエンス研究会	阿曾教授	中野助教授	1986年
6	システム制御研究会	阿部教授	吉澤助教授	1986年
7	電子ビーム工学研究会 (大電力マイクロ波ミリ波研究会)	横尾教授	佐藤(信)助手	1995年 (1987年)
8	放射光工学研究会	舛岡教授	庭野助教授	1987年
9	テラヘルツ工学研究会 (旧名称 ミリ波デバイスと半導体プロセス技術研究会)	水野教授	襄助教授	1993年 (1989年)
10	スピニクス研究会 (旧名称 磁気工学研究会)	高橋(研)教授	莊司助教授 丹助手	1992年 (1990年)
11	表面・界面工学研究会	潮田教授	上原助教授	1991年
12	プレインコンピューティング研究会	沢田教授		1992年
13	ヴァーティカル・フォトニクス研究会	川上教授	花泉助手	1992年
14	超伝導工学研究会	山下教授	鈴木(光)助教授 中島(健)助教授	1993年
15	超高密度・高速知能システム工学研究会	水野教授		1994年
16	ニューパラダイムコンピューティング研究会	樋口教授	羽生助教授	1995年
17	超音波エレクトロニクス研究会	山之内教授	金井助教授	1995年

伝送工学研究会

伝送工学研究会は、最も長い歴史をもつ研究会であり、平成10年2月の時点で412回を数えている。本研究会は、電波から光波に亘る電磁波を用いた有線・無線伝送に関する基礎・応用研究の発表と討論を目的としており、放射・伝搬・伝送およびこれらに用いるデバイスや方式などの招待講演や研究報告を行ってきた。本年度は以下に示すように、学内から15件、学外から5件の発表論文が寄せられ、研究討論が活発に行われた。また、学術講演会も4回（講演件数5件）開催され、それぞれ最新の研究動向と成果が報告された。

第404回 平成9年5月13日(火)	研究発表3件（学内3）	参加人数 41名
第405回 平成9年6月17日(火)	研究発表3件（学内3）	参加人数 33名
第406回 平成9年7月15日(火)	研究発表3件（学内2，学外1）	参加人数 36名
第407回 平成9年9月16日(火)	研究発表4件（学内2，学外2）	参加人数 39名
第408回 平成9年10月14日(火)	学術講演1件	
	研究発表2件（学内1，学外1）	参加人数 37名
第409回 平成9年11月18日(火)	学術講演2件	参加人数 41名
第410回 平成9年12月16日(火)	学術講演1件	
	研究発表1件（学内1）	参加人数 37名
第411回 平成10年1月19日(月)	学術講演1件	
	研究発表2件（学内1，学外1）	参加人数 36名
第412回 平成10年2月16日(月)	研究発表2件（学内2）	参加人数 30名

音響工学研究会

音響工学研究会は、音波、固体振動、超音波などの弾性波を対象とする研究の成果を発表し、討論や意見交換をする場として、1950年頃に発足した研究会である。関連する分野は、電気音響、聴覚・心理音響、建築音響、騒音制御、デジタル補聴器、音声分析・合成、音声認識・理解、音環境工学など、多岐にわたっている。

1997年度は、主査曾根敏夫教授、幹事木幡稔助教授、小澤賢司助教授のもとで、研究会7回(第290回～第296回)と通研講演会1回が開催された。会場は、音響工学研究会はいずれの回も本学電気通信研究所大会議室で、通研講演会は、本学電気通信研究所中会議室であった。なお、第293、295回は、超音波エレクトロニクス研究会と合同で開催された。

第290回音響工学研究会は、1997年5月19日(月)に開催され、Oldenburg UniversityのProf. Dr. Dr. Birger Kollmeierから、“Modeling the effective signal processing in the human ear”という題の講演があった。参加者は26名であった。第291回音響工学研究会は、1997年6月19日(月)に開催され、研究発表2件（1件は発表取り消し）、参加者32名であった。第292回音響工学研究会は、1997年7月17日(木)に開催され、研究発表3件、参加者42名であった。第293回音響工学研究会は、1997年10月1日(木)に開催され、研究発表3件、参加者42名であった。1997年10月30日(木)には、通研講演会を開催し、Aalborg UniversityのProf. Henrik Moellerから,”Binaural recording and binaural synthesis for virtual reality and multimedia”という題の講演があった。第294回音響工学研究会は、1997年11月14日(金)に開催され、研究発表4件、参加者は51名であった。第295回音響工学研究会は、1997年12月19日(金)に開催され、研究発表11件、参加者87名であった。第296回音響工学研究会は、1998年1月16日(金)に開催され、研究発表2件、参加者39名であった。

仙台“プラズマフォーラム”

本研究会においては、プラズマ、放電、核融合、その他のプラズマ応用の最新の研究成果について、特別講演及び特別企画を催すとともに、刺激的な研究討論と研究発表を行うことを目的とする。

以下に、1997年度の活動概要を記する。

学部学生を中心とする、既刊論文に基づいたプラズマ生成、閉じ込め、加熱、計測及びプラズマ応用に関する“研究討論会”を4回開催。

大学院生及びスタッフを中心とするプラズマ計算機シミュレーション、プラズマ中の波動及び不安定現象、プラズマ電位形成、MPDアーキジェットプラズマの生成と計測、プロセス用プラズマの生成と制御、フラー・レン・プラズマ現象に関する“研究発表会”を2回開催。

国内及び国外研究者による、負イオンプラズマ生成とその診断、Effects of Negative Ions and Magnetic Field on Potential Structure in a RF Plasmaに関する“研究発表会”を2回開催。

国内及び国外研究者による、プラズマ中の位相空間渦・実空間渦、タンデムミラープラズマ研究の最近の話題、プロセスプラズマ中の微粒子成長研究の現状と課題、JT-60Uトカマクにおける最新成果と輸送障壁の研究、ヘリカルトーラスにおけるプラズマ電位に関する“特別講演会”を2回開催。

研究会形式としてのプラズマ科学の方向に関する討論を含む先進プラズマ科学的研究会、「共同プロジェクト」フラー・レンとプラズマ関連研究会、電場シアと揺動に関する研究会の“特別企画”を3回開催。

以上において、参加者は常時50名前後であった。

EMC仙台ゼミナール

EMC（環境電磁工学）は、電磁ノイズと信号の電磁干渉（EMI）や電磁界の生体効果などの電磁環境問題を扱う分野である。今日では、電気工学分野の研究者と技術者は、なんらかの形でEMC問題に関わらざるを得ない。この問題がわが国で知られるようになって間もなく、1977年2月に、EMCにいかに取り組むべきであるかを調査し、学問として体系化する目的で、「EMC仙台ゼミナール」が発足した。この活動は、誰もやらない研究と取り組む東北大学の学風によるものであると言え、世界にEMC研究の方向を示し実践してきた。また、ここで討論された先進的な研究の成果はわが国や世界のEMC研究の牽引力の役目を果たしている。たとえば、電磁界環境の定量的測定、ノイズ源のモデル化と耐ノイズ性試験法、耐ノイズ性信号伝送システムなどについて、独創的研究成果をこの研究会から世に送り出してきた。

1997年度には、第157回（7月18日）と第158回（12月11日）の2回の研究会を開催し、1件の特別講演「金属体の静電気放電で生ずる過渡電磁界とフェライト材装着による低減効果」（藤原修先生）を含む、8件の講演・研究発表があった。研究発表の主な話題は、放電による電磁ノイズの測定法と発生機構の解析、ノイズによる通信システムへの影響のシミュレーション評価、電磁ノイズ放射の2次元ベクトル計測などである。

コンピュータサイエンス研究会

コンピュータサイエンス研究会は、国内外で活躍する研究者を講師に招き、コンピュータサイエンスにおける最新の研究成果、話題について講演会を開催し、通研及び電気・情報系に所属する研究室の学問の交流を図ることを目的としている。

1997年度は、7月31日の第76回講演会に始まり、3月16日の第81回講演会まで、国内外から8名（内外から2名）の講師を招待し、6回の講演会が行なわれた。まず、コンピュータサイエンスの主テーマの一つである計算の複雑さに関して、Rudiger Reischuk教授（Institut fur Theoretische Informatic）の“Average Case Circuit Complexity”，Thomas Zeugmann教授（九州大学）の“Learning One-Variable Pattern Languages Very Efficiently on Average, in Parallel, and by Asking Queries”，Vinodchandran Nijeruvilkavil Variyam氏（The Institute of Mathematical Sciences）の“Complexity of Group Theoretic Problems”など、論理回路の複雑さ、パターン言語の効率的学習、群論における複雑さの講演が行なわれ、活発な意見交換がなされた。また、アルゴリズムの設計に関して、原尾政輝教授（九州工業大学）の『関数型プログラミング言語における継承の形式化』、宮城隼夫教授（琉球大学）の『ファジィ関係式の解法アルゴリズム』、韓太舜教授（電気通信大学）の『よい乱数生成のためのアルゴリズム』の講演が行なわれ、アルゴリズムの設計法や対象問題に関する知識を深めた。さらに、コンピュータサイエンスが重要な役割を果たす応用分野に関して、石塚満教授（東京大学）の『ネットワーク化情報環境における擬人化インタフェースエージェント』、中野康明教授（信州大学）の『文字認識および文書理解の最近の研究動向』（通研講演会と共に）の講演が行なわれた。本研究会は、以上のように第一線で活躍する研究者による最新の研究成果の講演を基に、活発な討論、意見交換がなされ、有意義な学問交流の場を提供した。

システム制御研究会

本研究会は、システム制御における、理論から応用にわたる広範な最新の研究動向について討議することを目的としている。本年度は、下記のように、11人の講師を招き、9回の研究会を開催した。

- 1) 三菱電機株式会社鎌倉製作所主管技師長 永島敬一郎氏（演題：最近の衛星利用技術動向，主催：（JR東日本寄附講座）大規模システム工学研究会Ⅱ），2) (株)日立製作所システム開発研究所第1部部長 小坂満隆氏（演題：情報ネットワーク時代のシステム技術と応用事例，主催：（JR東日本寄附講座）大規模システム工学研究会Ⅱ），3) 大阪大学大学院工学研究科教授 谷野哲三氏（演題：多目的意思決定の20余年，主催：機械・知能系），4) (通研講演会) (株)日立製作所システム開発研究所第一部107研究ユニット主任研究員 鶴田節夫氏（演題：AIによる大規模スケジューリング技術—列車ダイヤ、運転整理を中心として—），5) 三菱電機(株)情報技術総合研究所主管技師長 真野清司氏（演題：実用フェーズドアレーに適用された新アンテナ技術，共催：伝送工学研究会および電子情報通信学会東北支部），6) 阪南大学経営情報学部教授筒井茂義氏（演題：拡張型遺伝的アルゴリズムについて，主催：（JR東日本寄附講座）大規模システム工学研究会Ⅱ），7) 東京大学大学院医学系研究科助手 阿部裕輔氏（演題：完全人工心臓の生理的制御），8-1) 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科教授 小長谷明彦氏（演題：遺伝子情報処理，主催：（JR東日本寄附講座）大規模システム工学研究会Ⅱ），8-2) 北海道大学大学院工学研究科助教授 鄭原一壽氏（演題：アトラクタコーディングを基本としたシステムーフラクタル遷移ー），9-1) 三菱電機株式会社産業製作所主管技師長 横田 浩氏（演題：発電プラントの技術動向とシステムエンジニアへの期待），9-2) 東日本旅客鉄道株式会社東北地域本社担当部長 今野信三氏（演題：列車の安全性と制御システム，主催：（JR東日本寄附講座）大規模システム工学研究会Ⅱ）。

電子ビーム工学研究会

現在、核融合プラズマの加熱及び計測、セラミックのマイクロ波を用いた焼結等、基礎科学分野から工業分野にわたる広い方面から、ミリ波～サブミリ波領域における大出力の電磁波源が強く求められており、この要求に応えるための研究開発が世界各国で進められている。しかし、わが国においてはこの分野の問題を論ずる場は少なく、研究者も諸外国と比較すると少数であると言わざるを得ない。本研究会は、以上のような実状に鑑み、大出力のマイクロ波・ミリ波源の研究開発を中心として、その基礎的、技術的諸問題を探り上げ、議論を重ねることを目的として1987年に「大電力マイクロ波・ミリ波研究会」として設立された。これまでに、従来からのクライストロンを始めとするマイクロ波管にとどまらず、ミリ波・サブミリ波領域での大出力かつ高効率な発振管として期待されるジャイロトロン、ペニオトロン等のサイクロトロン高速波管、さらには自由電子レーザ、コヒーレント放射光など高エネルギー電子ビームの利用も視野にいれ、技術的諸問題及び将来展望を討議してきた。そして、近年における極微細冷陰極の研究開発の進展や、これに伴う真空マイクロエレクトロニクスという新たな研究分野の急速な発展などとともに、本研究会の一層の活性化と、より多くの研究者への公開性を図るために、平成7年度より研究会名を「電子ビーム工学研究会」と改め、活動を行ってきた。以下に平成9年度に開催された研究会で発表、討議された主なテーマを記す。

- 大出力電磁波源の開発と応用
- サイクロトロン高速波管
 - 自由電子レーザ
 - 高エネルギー電子ビーム応用

- 微小電子源の物理と応用
- 電界放射陰極
 - トンネル陰極
 - ダイヤモンドからの電子放出

放射光工学研究会

本研究会は、シンクロトロン放射光（以下「放射光」という。）を用いた材料創製・加工や物性評価に関する技術的諸問題を討論する目的で活動を行っている。放射光を用いた評価分析技術の開発、放射光リソグラフィやLIGAプロセスなどの微細加工技術の開発、光励起表面反応過程の解明や光励起プロセスの研究などを研究討論のテーマとしている。本研究会は昭和62年4月に第1回研究会を開催して以来、これまでに通算37回の研究会を開いてきた。全国の放射光施設の第一線の研究者を招き、特別講演会も多数回開催してきた。本年度は、木下豊彦氏の通研講演会を開催した。

[第38回] 平成10年2月13日（通研講演会）「放射光利用光電子顕微鏡による微小領域表面電子状態の観測」
(岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所助教授 木下 豊彦 氏)
講演要旨は以下の通りである。

分子科学研究所UVSOR施設において光電子顕微鏡実験を行っている。この実験は、通常の光電子分光実験に空間分解能を持たせた実験であり、微小領域の電子状態を調べることができるのが特徴である。通常の電子顕微鏡に比べると空間分解能ではまだまだ及ばないが、表面での元素の分布がわかるなど、電子顕微鏡だけでは得られない情報を得ることも可能である。市販のマイクロESCA装置を用いて、電子レンズや磁場レンズをつかって放出されてくる光電子の像を拡大したり、像の一部をマスクで切り出すことで微小領域の分析を行なっている。空間分解能は、イメージングを行う際には $2\text{ }\mu\text{m}$ 、スペクトルの測定時には $20\text{ }\mu\text{m}$ が最高である。講演では装置の概要とともに磁気2色性と組み合わせて表面の磁区観察を行った例や、サンプルの作成が難しく大きな結晶が得られなかったDI-DCNQIの電子状態を測定した例などを紹介した。

テラヘルツ工学研究会

本研究会は、テラヘルツ領域の技術開発を目的として設置されたもので、実用的な技術開発のガイドを得るための講演会及び研究をさらに押し進めるための議論の場としての研究会の二種類を開催している。1997年には前者について8件、後者について13件の講演、討論の機会を得た。以下に全体のまとめを記す。

テラヘルツ（サブミリ波）領域の技術は、長年その開発の必要性が言われてきている。しかし、今までこの領域の技術は、あまりにもその未開拓であることが強調され過ぎ、その為この領域の技術開発に甘えがあったように思う。むしろ、光と電波（マイクロ波）の両領域の中間に位置するこのスペクトルには、それら両領域からの延長として様々な多くの技術が存在し、各種技術は1970年代に核融合プラズマの研究に刺激されて大きく進歩した。それらの技術が現在真の意味で実用的なものになっていない理由は、実は明確な応用分野が存在しないからであろう。新材料の評価・分析、分光学、超高密度プラズマの測定等、従来からの応用分野にとっては、既存の技術ではほぼその要求を満足し得るようと思われる。

しかし、将来の通信分野への応用を考えると、その要求は格段に厳しいものとなる。ここでの通信は、テラヘルツ波のみによるものではなく、光通信との組み合わせ、テラヘルツ・フォトニクスとでもいうべき分野であり、これは未来社会におけるインフラストラクチャ構築に重要な役割を果たすと思われる。この時必要とされるテラヘルツ波技術は、実用的に極めて高度のもので、この技術開発に際し良いガイドになるのは、現在の高度に発達したマイクロ波領域の技術である。誤解を恐れずに云うならば、本来、実用に耐える技術は非常に「保守的」なもので、地道な努力、つまりマイクロ波、ミリ波、そしてテラヘルツ波へと連続して開発されて行くものではないだろうか。この時、テラヘルツ領域デバイス開発の指針は次のキーワードに要約されるだろう：常温・高速動作、コヒーレント光、cw、そして tunable であること。

スピニクス研究会

スピニクス研究会は、磁気現象の起源である電子スピンを意識した新しい学問分野であるスピニクスに携わる多くの研究者間の情報交換・討論の場として1990年に発足した。現在登録会員数は産学官合計で350名を超えており、本研究会は、例年スピニクスに関する最新の話題に関する3件程度の依頼講演による研究会、研究の最前線を報告すると同時に萌芽的研究に関する討論を行うことを目的とした一般公募による特別研究会、および東北大学博士論文特集報告会を行っている。加えて、本学会はIEEE、電気学会、電子情報通信学会、日本応用磁気学会などの各種学会活動の東北地区における受け皿としても機能している。

本年度は依頼講演による研究会を、電気通信研究所にて3回、一般公募による特別研究会を工学部電気情報系にて1回、東北大学博士論文特集報告会を電気通信研究所にて1回開催した。特別研究会では、物性、材料、デバイス、ストレージ等幅広い分野にわたって合計28件の講演が2日間にわたって議論された。この特別研究会の参加者は70名を超え、スピニクス研究会に対する期待の高さを改めて明確にした。

本年度の運営は、主査：高橋 研教授（電子）、幹事：莊司弘樹助教授（電子）、丹 健二助手（通研）、企画幹事：松木英敏教授（電気）、山口正洋助教授（通研）、大谷義近助教授（材料物性）、武野幸雄助手（科研）、家名田敏昭助手（電気）で行った。

表面界面工学研究会

ここ20年の表面科学の長足の進歩により表面界面に特有な物性現象が数多く発見されている。また、分子線エピタクシー技術を代表とする薄膜成長技術の進歩は原子層オーダーで制御された超格子のような人工物質の作製を可能にし、そこでも新しい表面界面物性の発現が観測され、その工学的な応用が活発になされている。表面界面工学研究会は表面界面でみられる興味深い物性やその応用について議論し、表面界面物性の工学的応用について研究することを目的として、毎年幾人かの研究者をお呼びし、研究会を開催している。

以上のような主旨に沿って平成7年は1名の講師を国外からお招きし、以下の研究会を開催した。

平成9年9月17日「The Scanning Tunneling Microscope:A Formidable Tool for Nanoparticle Engineering and to Locally Excite Luminescence of Group-III Nitrides」(Dr. Elmar Hartmann, Nanometer Structure Consortium, Department of Physics, Lund University, Sweden)

ブレインコンピューティング研究会

1. 会の目的

情報社会の肥大化に伴い、情報処理システムの硬直性の顕在化が社会の危機管理と関連し大きな問題となっている。その硬直性を打破するため、脳機能の生理学的研究を基礎に超並列ブレインアーキテクチャを確立し、それをマイクロチップ化するまでの技術を一貫して研究し、緊急の判断と柔軟な対処を要求する社会的危機管理に資する高次情報処理システム（ブレインコンピュータ）を開発することが望まれている。

そのため本研究会においては、生体機能に学ぶ自律分散制御、電気生理学実験による脳機能の解明、しきい値論理などに基づくブレインアーキテクチャの確立、及びそのシステム開発を目的として、全国の生体情報工学、非線形物理学、神経回路網理論、半導体・超伝導体集積回路の研究分野の研究者の意見交換をし、それらの有機的結合によりその目的を達成する。

2. 1997年度の活動概要

平成10年2月26日(木) 午後1時より東北大学電気通信研究所大会議室において、京都大学大学院情報学研究科・青柳富誌生氏を招いて「振動子ニューラルネットワークの解析ースパースコーディングとの関連を中心にー」と題して講演会並びに研究会を開催し、振動子ニューラルネットの情報処理能力について討論した。参加人数は約40名であった。最近の神経生理学や認知心理学の実験の進展に伴い、従来の平均発火率モデルでは説明できない現象の重要性が指摘されており、パルスニューロンや振動子ニューロンのモデルやその解析が要望されている。講演では、振動子ニューロンを使った連想記憶のコーディング方法の提案や記憶容量の理論限界に関する解説とスパースコーディングに応用した場合の記憶容量の解析などについて発表があり、今後の方向などについて議論がなされた。

ヴァーティカル・フォトニクス研究会

ヴァーティカル・フォトニクス研究会では、種々の面垂直・非導波型光素子の高性能化と、光ファイバ一体化技術の確立を目指し、関連分野の研究者と研究討論を行なっている。本年度は特に新しい展開として、光の波長オーダーで透明媒質を3次元配列させた「フォトニック結晶」に重点を置いて研究を行なった。具体的にはrfバイアス・スペッタリングを用いたSi/SiO₂系周期構造の作製技術の確立、FDTD法による光学特性の数値解析などを行なった。

また、フォトニック結晶ファイバの作製や周期構造体中の電磁波解析の分野で先駆的な研究を行なっている英國Bath大学のRussell教授を招き、研究会を兼ねた講演会を1回行なった。

講演ではフォトニック結晶導波路の導波特性のバンドダイアグラムを用いた解釈から、結晶のSNOM(走査型近接場光学顕微鏡)による評価まで、平易な解説がなされた。講演終了後も活発な質疑応答、議論があった。

日時：平成10年2月3日 場所：東北大学電気通信研究所 大会議室

講師：Philip St. J. Russell教授（英國 Bath大学）

演題：“Recent Progress in Photonic Crystal Waveguide”

超伝導工学研究会

本研究会は、超伝導の工学応用に関する材料、デバイス、プロセス技術など幅広い分野にわたる最新の研究に関する討論と研究開発動向の調査を通して超伝導応用の推進に資することを目的に平成5年度に設立された。このような趣旨から内外の講師をお招きし平成9年度は5回の研究会を開催した。研究会の開催日時、場所、講演件数及び講演者は以下のとおりである。

第20回 平成9年6月2日(月)13:00～、東北大学電気通信研究所大会議室、2件

I.P. Nevirkovetz (Institute for Metal Physics, National Academy of Sciences of the Ukraine), Alex Semenov (Department of Physics, University of Regensburg)

第21回 平成9年7月18日(金)14:00～、東北大学電気通信研究所中会議室、2件

内山哲司(九州大学大学院理学研究科), 町田昌彦(日本原子力研究所計算科学技術推進センター)

第22回 平成9年11月5日(水)13:00～、東北大学工学部電気情報本館351,353, 5件

岩佐幸和(マサチューセッツ工科大学), 渡辺和夫(東北大学金属材料研究所), 能登宏七(岩手大学工学部), 鈴木光政(東北大学情報科学研究科), 山下努(東北大学電気通信研究所)

第23回 平成9年11月25日(火)13:30～、東北大学電気通信研究所大会議室、2件

濱崎勝義(長岡技術科学大学電気系), 神代暁(電子技術総合研究所電子デバイス部), 入江晃亘(宇都宮大学工学部)

第24回 平成10年1月29日(木)10:00～、東北大学電気通信研究所大会議室、6件

Sanjae Kim(RIEC, Tohoku University), Takashi Uchida(Dept. of Electronic Eng., The National Defense Academy), Zhong G. Khim(Dept. of Phys., Seoul National University), Ienari Iguchi(Dept. of Phys., Tokyo Institute of Technology), Jian Chen(RIEC, Tohoku University), Ketherin D. Develos(Faculty of Eng., Yamagata University)

超高密度・高速知能システム工学研究会

本研究所では、極微細構造電子回路加工技術を発展させると共に、極微新機能電子デバイスの開発と、それらの性能を十分に活用して高度な知的処理を行い得る超高密度・高速知能システムを構築することを目的として、超高密度・高速知能システム実験施設を平成6年度に新設した。本研究会は、この施設を中心に展開して得られた成果にもとづき、広く超高密度・高速知能システムに関連した科学技術に関して十分議論することを目的としている。

平成9年度は以下の講演会を実施した。なお回数は本研究会発足よりの通し番号である。

第11回 平成9年7月23日 「CMOSLSIの微細化と低消費電力化」

岩井 洋（株）東芝マイクロエレクトロニクス技術研究所

第12回 平成9年8月21日 「Siヘテロ超構造技術と将来展望」

宮尾 正信（日立製作所中央研究所）

第13回 平成9年8月20日 「New Infrared Devices Based on Quantum Heterostructures」

Dr.H.C.Liu (National Research Council of Canada)

第14回 平成9年8月28日 「半導体量子井戸中の超高速スピンドル緩和の観測」

竹内 淳（早稲田大学）

第15回 平成9年10月31日 「酸化物の分子層エピタキシーと新しい光・電子機能の開発」

鯉沼 秀臣（東京工業大学 応用セラミック研究所）

第16回 平成9年12月11日 「III-V族半導体量子井戸の超高速スピンドル緩和とその光スイッチ応用」

竹内 淳（早稲田大学）

ニューパラダイムコンピューティング(NPC)研究会

本研究会は、種々の観点から新しいパラダイムに基づくコンピューティング、すなわち従来の延長上にない新しい概念に基づくコンピューティングに関する研究報告や話題提供を行い、次世代の電子・情報システムの基盤技術の討論を行うことを目的としている。以上の趣旨に基づき、平成9年度は4回の研究会を開催した。

第9回（研究発表）平成9年6月24日 青葉記念会館5階501（大会議室）

- ・「酵素トランジスタによる反応拡散コンピューティング」

平塚眞彦、青木孝文、樋口龍雄（東北大学）

- ・「複素モーメント法を用いたフラクタル画像の逆問題を解く効率的なアルゴリズム」

安孫子俊瑞、川又政征（東北大学）

- ・「階層的並列化に基づく衝突チェックVLSIプロセッサの構成」

張山昌論、亀山充隆（東北大学）

- ・「第6回ポストバイナリULSIシステム」国際ワークショップ報告

羽生貴弘（東北大学）

- ・「第27回多値論理国際シンポジウム」報告

平塚眞彦（東北大学）

第10回（特別講演）平成9年8月22日 青葉記念会館5階501（大会議室）

- ・「Automated Deduction & Software Verification」

Reiner Haehnle (University of Karlsruhe, Germany)

第11回（特別講演）平成9年11月20日 東北大学電気情報館4階451号室

- ・「EXOR論理回路設計の最近の話題」

笹尾 勤（九州工業大学）

第12回（特別講演）平成10年1月30日 東北大学電気情報館4階451号室

- ・「Axiomatization of Functional Entropy」

Dan A. Simovici (University of Massachusetts at Boston, USA)

超音波エレクトロニクス研究会

超音波エレクトロニクス研究会は、固体中及び固体表面の超音波の発生・受信・伝搬特性の解明と材料の研究、及び、それらを電子通信工学へ応用する研究について討論・意見交換を行う場として、平成7年度から発足した研究会である。本年度は主査山之内和彦教授、幹事金井浩助教授、小田川裕之助手のもとで5回の研究会と3回の講演会が開かれた。各回の研究会の内容は以下のとおりである。

第1回目は、cモードセンサを利用した骨の音響インピーダンスの画像化、in vivo計測における動脈壁上微小振動波形の解析、VHF/UHF帯の水の超音波減衰係数の測定、多分域LiTaO₃結晶の弾性定数の決定、エネルギー閉込め型振動ジャイロ、ファイバ中の光波の弹性波による位相変調、KNbO₃単結晶を用いたエラスティックコンボルバについて研究発表があった。

第2回目は、音響工学研究会と合同で開催され、KNbO₃単結晶を用いた広帯域弹性表面波フィルタなどについて研究発表があった。

第3回目は、KNbO₃圧電薄膜の作製、GHz帯低損失弹性表面波フィルタ、音響多層膜を用いた圧電薄膜共振子について研究発表があった。

第4回目は、音響工学研究会と合同で開催され、泌尿器科領域における3次元超音波画像、ヒト大動脈上の脈波に関する進行波と後退波の分離、三角形バイモルフ振動子を用いた振動型粘度計、基本波を抑圧したLiNbO₃三次高調波振動子、ECR-MBE法によるZnO薄膜のエピタキシャル成長、KNbO₃結晶におけるBGS波の解析、複素反射係数を用いた液体の縦波音響特性測定法、VHF-UHF帯における水の音速測定、LFB超音波顕微鏡による光用LiTaO₃単結晶の化学組成評価について研究発表があった。

第5回目は、超音波計測による左心室拡張末期圧と心筋弾性率のin vivo評価、超高周波平面超音波を用いた液体の非線形パラメータの測定、10GHz帯低損失ラダー型SAWフィルタについて研究発表があった。

いずれも、およそ50名の参加者を得て、活発で有意義な討論が行われた。

5.3 通研講演会

衛星通信におけるアクティブフェーズドアレーの動向

NTTワイヤレスシステム研究所 小川 博世

平成9年11月18日(火)午後3時より電気・情報系451会議室において、学内・学外から41名の出席を得て通研講演会が行われた。講師はNTTワイヤレスシステム研究所主幹研究員の小川博世氏で、演題は「衛星通信におけるアクティブフェーズドアレーの動向」であった。この講演では、まずマルチビーム衛星システムについて、その特徴と現状システムの概要および将来システムの構想の紹介があった。次に、マルチビーム衛星システムに搭載するアクティブフェーズドアレーを実現するための技術として、MMICを用いたマルチビーム形成回路などのマイクロ波回路について最新の技術が示された。さらに、今後計画されている低軌道や中軌道の周回衛星を用いた衛星通信システムの紹介があり、これらの将来システムにおいてもマルチビームが用いられることから、アクティブフェーズドアーランテナに関する研究が今後益々重要なとなるとのコメントが示された。この後、参加者から多くの質問が出され、活発な討論が交わされた。

Binaural recording and binaural synthesis for virtual reality and multimedia —バーチャルリアリティとマルチメディア通信のためのバイノーラル記録・再生手法—

Aalborg University (Denmark) Professor Henrik Moller

バーチャルリアリティの実現や、マルチメディア臨場感通信システムにおいては、三次元音場の記録・再生システムの構築が重要な課題である。三次元音場の精密記録・再生の基本的な要素技術として、頭部伝達関数（自由空間内に置かれた音源から聴取者の外耳までの伝達関数）の同定（測定）と合成手法がある。この講演では、まず、講演者の開発した頭部伝達関数の精密な測定手法であるブロック法について、その原理が紹介され、評価結果が示された。次いで、ブロック法によって求められた頭部伝達関数を合成するための手法として、伝達関数を最小位相成分に着目して合成する手法の紹介があり、その適用例が示された。この手法では、高い精度を保ったままフィルタのタップ長を短縮できる。更に、実際のシステム化の試みとして、EC域内のバーチャルリアリティに関するプロジェクト研究の一部として行われている、三次元音場合成ディジタル信号処理システムの研究が紹介された。このシステムでは、聴取者の移動に応じ、頭部伝達関数と仮想実現する室内の室伝達関数の変化が実時間でトレースされる。

ヘリカルトーラスにおける プラズマ電位についての研究発表と討論

核融合科学研究所 藤原 正巳

ヘリカル系はプラズマ電流を流さないで閉じこめ磁場を形成することに大きな特徴があるが、そのためには磁場構造の対称性が損なわれる。即ち、磁場の強弱が通常のトカマクなどに比較し大きく、トーラス効果によるリップルに加えて、ヘリカルリップルが現れるために粒子の閉じ込めが劣化する。プラズマ粒子の非両極性拡散により電場が形成され、電場はプラズマ粒子に $E \times B$ の回転を与え粒子軌道を改善する効果がある。また、プラズマ流体の回転は揺らぎを制御し、異常輸送を減らし閉じ込め性能を向上させることもトカマク等で観測(Hモード)されており、電場はきわめて重要な働きをする。

電場は電子、イオンの拡散のバランス、プラズマ流体の力学的平衡（電場、回転、圧力勾配等）で決定される。従って、電場の外部制御が実験的に可能で幾つかの方法が実証されている。ヘリカルプラズマでの実験結果を報告、また最近発見された電位の振動現象はヘリカルプラズマで初めて観測された事柄で、トーラスプラズマの電場の物理を解明する意味で極めて興味ある現象であり併せて報告する。

金属体の静電気放電で生ずる過渡電磁界と フェライト材装着による低減効果

名古屋工業大学電気情報工学科 藤原 修

平成9年12月11日に東北大学工学部において、名古屋工業大学教授の藤原 修先生を講師に招いて、標記講演会が行われた。先生の幅広い研究分野の紹介に始まり、とくに帶電金属体の静電気放電で生ずる過渡電磁界の研究について、さまざまなエピソードも交えて最新の研究内容を興味深く解説していただいた。

静電気放電（ESD）で生ずる過渡的な電磁ノイズは広帯域のスペクトルを含むので、発生電磁界による情報機器の電磁障害問題が懸念され、発生電磁界の解析と低減の技術が課題になっている。先生の研究は、ESDによる発生電磁界の測定方法の開発から始めて、その測定結果とダイポールモデルおよび時間領域有限差分法（FDTD法）による数値解析との対照による金属体ESDのソースモデルの考察へと展開してきた。フェライト材装着金属体の場合の数値解析と実験により、放電部近傍へのコア装着により発生磁界を低減できることを示した研究についても解説があり、熱心な討論が行われた。

文字認識および文書理解の最近の研究動向

信州大学工学部情報工学科 教授 中野 康明

平成10年3月16日に開催された標記講演会の概要は次の通りである。

日本では文字認識はある程度完成された技術と考えられがちであるが、世界的に見ると非常に活況を呈している。その理由を考えながら、現在および近未来の研究最前線について紹介する。日本では、枠内に綺麗に書かれた手書き文字を高精度で認識する技術をまず確立し、その後、各種の制約を少しづつ緩和して用途を拡大してきた。一方、欧米では、連続筆記体英単語の認識という研究課題が、小切手や郵便書状の自動処理という格好のニーズがあるため、研究意欲をかき立てている。もちろん、この課題は極めて困難であり、長い間手付かずだった訳であるが、最近のパターン処理技術や知識処理技術の進歩により、ある程度の成果が見込めるようになってきた。日本でも、郵便書状の住所認識は重要であり、メーカーを中心には現在激しい開発競争が行われており、いずれ研究成果が出て来るものと思われる。活字認識の分野では、単に文字を読み取るだけではなく、文書内の領域分離や、文書のレイアウト構造や論理構造の理解という研究課題があり、ウェブページでの画像に対する内容検索という応用の観点からも文書理解が重要な研究課題となっている。

AIによる大規模スケジューリング技術 —列車ダイヤ、運転整理を中心として—

(株)日立製作所 システム開発研究所 鶴田 節夫

平成9年11月17日、(株)日立製作所 システム開発研究所第一部107研究ユニット主任研究員 鶴田節夫氏を迎える標記講演会を行った。鶴田氏は、大規模スケジューリング問題を解くためのAI技術の開発に携わっている。

スケジューリングの中でも、列車ダイヤの作成は、組合せ数では10の1万乗を凌ぐ超大規模な探索問題である上に、例外条件が多く複雑・難解である。また、列車乱れ回復のためのダイヤ変更つまり運転整理（リスクケジューリング）は、動的に変化する状況の中での実時間推論を要求する更に難しい問題である。これらの自動化・システム化は、鉄道技術者はもちろんシステム技術者の夢であり、その一部は実現されつつあるが、脳の時代といわれる21世紀にも技術課題を多く残すと思われる。

本講演では、これらの列車スケジューリングおよび実時間リスクケジューリングシステムの実現に挑戦してきた経験をベースに開発した、目的協調推論と呼ぶAI技術と鉄道分野におけるその実用例を中心に、大規模複雑スケジューリング向けAI技術について述べる。

半導体超格子・量子井戸構造におけるテラヘルツ現象

大阪市立大学工学部 中山 正昭

半導体超格子・量子構造におけるテラヘルツ現象として、量子ビート、プロッホ振動、コヒーレントフォノン、サブバンド間遷移レーザの4項目について講演した。量子ビートに関しては、量子井戸における重い正孔状態と軽い正孔状態の量子ビート及び非対称量子井戸における電子の波動関数共鳴による量子ビートについて説明した。プロッホ振動に関しては、プロッホ振動はワニエシュタルク局在における電子波束のコヒーレント振動であることを強調した。コヒーレントフォノンに関しては、半導体超格子における音響フォノンのコヒーレント振動について説明した。最後にサブバンド間遷移レーザとして、量子カスケードレーザ及びGaSb/InAs構造のサブバンド間遷移レーザとしての可能性を紹介した。

放射光利用光電子顕微鏡による微小領域表面電子状態の観測

岡崎国立共同研究機構分子科学研究所 木下 豊彦

分子科学研究所UVSOR施設において光電子顕微鏡実験を行っている。この実験は、通常の光電子分光実験に空間分解能を持たせた実験であり、微小領域の電子状態を調べることができるのが特徴である。通常の電子顕微鏡に比べると空間分解能ではまだまだ及ばないが、表面での元素の分布がわかるなど、電子顕微鏡だけでは得られない情報を得ることも可能である。市販のマイクロESCA装置を用いて、電子レンズや磁場レンズをつかって放出されてくる光電子の像を拡大したり、像の一部をマスクで切り出すことで微小領域の分析を行なっている。空間分解能は、イメージングを行う際には $2\text{ }\mu\text{m}$ 、スペクトルの測定時には $20\text{ }\mu\text{m}$ が最高である。講演では装置の概要とともに磁気2色性と組み合わせて表面の磁区観察を行った例や、サンプルの作成が難しく大きな結晶が得られなかつたDI-DCNQIの電子状態を測定した例などを紹介した。

Infrared Spectroscopy in High Magnetic Fields

Humboldt - University at Berlin Prof. Michael von Ortenberg

日時： 平成9年9月24日 11:00-12:00

場所： 東北大学電気通信研究所 中会議室

遠赤外磁場分光（Far Infrared Magnetospectroscopy）の世界の第一人者である von Ortenberg 教授が、主としてそのインストラメンテーションについて解説した講演である。

固体の電子状態を研究する最も有効な手段の一つが遠赤外（サブミリ波）磁場分光である。外部より磁場を印加することによって、固体のエネルギーレベルを変化させ、そのレベルに共鳴する単色性の良いテラヘルツ信号を用いることによって情報を得る方法である。磁場に関しては、最近の技術の進歩によって数メガガウスの強磁場を得ることが可能になり、それに伴ってコヒーレント及び同調可能なテラヘルツ光源に対する要求が大きくなっている。フンボルト大学では、後進波管を用いたシステムを作り上げ、II-VI 化合物等の分光研究を精力的に行っている。固体分光用テラヘルツ・デバイスに対する要求が明確に示され、大変示唆に富んだ内容であった。

Domain Wall Structure in Bulk Magnetic Materials (磁性材料の磁壁構造)

F.B.Humphrey, Boston University

磁性体には、磁壁内部で磁化の向きが磁壁と平行な面内で回転するような構造を有するブロッホ磁壁が形成される。しかしながら磁性体表面近傍では μ^* 効果により磁化が面内を向こうとするため、完全なブロッホ磁壁構造をとらず、表面近傍に擬似ネール磁壁が生じる。有限要素法により表面近傍で磁化が形成する渦構造を計算した結果、渦構造は磁壁から10ミクロン程度の距離まで影響を及ぼし広い擬似ネール磁壁を形成すること、それにより磁壁には膜厚方向にS字型の屈曲が生じることなどが紹介された。さらに実際の表面磁区観測結果から擬似ネール磁壁の大きさを観測し、計算結果と対応させて議論した結果についても、実際の磁区観測写真を用いて紹介された。それらの中で、磁界中熱処理により磁壁が固着して磁壁幅が増大する様子や、非対称に擬似ネール磁壁が形成される様子など、きわめて興味深い磁壁の観測結果が示された。講演会には教官・学生あわせて約40名が参加し、講演の後熱心な質疑応答が続いた。

原子間力顕微鏡を応用した ピコ秒電気パルスの画像観察

(株)テラテック 竹内恒一郎

超高速の電気波形計測にSTMやSFMを応用する試みは、超微細、超高速デバイスを評価するための新手法として期待され活発に研究されている。講演者らはSFM（走査型力顕微鏡）のプローブ先端に形成された光導電性スイッチの開閉を100フェムト秒のパルス幅をもつレーザー光で行うことにより、SFMの持つ位置分解能を有する超高速電気波形測定を可能にした。講演では開発された装置の詳細について説明があった後、測定例として2本の平行ストリップ（コプレーナ・ストリップス）上を伝搬する2ps幅の電気パルスの空間電位分布像等が示された。このパルスは2本のストリップの間のGaAsの部分（ストリップ間隔10μm）に100フェムト秒の超短パルス光を照射して発生させたものである。講演者らの開発した手法によりこのパルスの伝搬する様子が0.8ps間隔で観察されている。以上の測定はプローブ先端を試料に電気的に接触させた状態で行われたが、非接触あるいは絶縁層を介した状態での測定を可能にするプローブの開発についても紹介がなされた。

振動子ニューラルネットワークの解析 —スパースコーディングとの関連を中心に—

京都大学大学院情報学研究科 青柳富誌生

従来の神経回路モデルは、神経の興奮パルス頻度を0, 1またはアナログ量で表す平均発火率モデルが主流であり、数学的解析や工学的応用も平均発火率モデルを中心に行われてきた。しかし、最近の神経生理学や認知心理学の実験の進展に伴い、従来のモデルでは説明できない現象が報告されるようになった。猫や猿などの哺乳類の視覚野におけるニューロン群の同期発火現象の発見や、パターンの認知過程におけるバインディング問題などが契機となり、従来のモデルにとらわれないパルスニューロンや振動子ニューロンのモデルやその解析が要望されている。青柳氏は、一貫して振動子ニューラルネットワークの情報処理能力に関する研究を行っており、振動子ニューロンを使った連想記憶のコーディング方法の提案や記憶容量の理論限界の導出などで顕著な成果を上げている。講演では、この分野のイントロダクションから始めて、振動子ニューロンの情報処理能力に関するレビューと最近の発展まで含めた解説があり、熱心な討論が行われた。

フォトニック結晶導波路の最近の進展について

バース大学(英国)Philip St. J. Russell教授

屈折率の異なる誘電体が光の波長のスケール ($\sim 0.5\text{nm}$) で周期的に配列した構造体は、ちょうど半導体結晶が電子に対して示すような特性を光子に対して示すため、「フォトニック結晶」と呼ばれる。

本講演会ではフォトニック結晶ファイバの作製や周期構造体中の電磁波解析の分野で先駆的な研究を行なっている英國Bath大学のRussell教授により、最近のフォトニック結晶導波路の研究動向の解説がなされた。

まずフォトニック結晶中の光波の振る舞いや、導波構造とした際の特性などが、光のバンドダイアグラムを用いて説明された。次にフォトニック結晶ファイバの導波特性の理論的な解釈の方法が示され、最後にフォトニック結晶のSNOM(走査型近接場光学顕微鏡)による評価方法とその実験結果が解説された。

講演中及び講演後も質疑応答や意見交換が活発に行なわれた。

YBCO/Auトンネル接合への 準粒子注入とマイクロ波放射効果

東京工業大学理学部 井口 家成

日時 平成10年1月29日 14:00~

場所 東北大学電気通信研究所大会議室

Au／絶縁体(I)／超伝導体(YBCO) トンネル接合への準粒子注入によるマイクロ波放射現象が紹介された。リフト・オフ技術を用いて作製された2つのAu/I/YBCO接合は、YBCO電極に流れる輸送電流への準粒子電流の影響ができるだけ小さくするためにYBCO電極を共通電極として直列に接続されている。接合に電流を注入によってYBCO電極の超伝導臨界電流は変調され、約2の電流利得が得られた。さらにAu/I/YBCO接合への直流バイアスを印加して準粒子を注入したとき、交流ジョセフソン効果とは明らかに異なる広帯域にわたるマイクロ波放射現象を観測した。この現象がクーパー対と準粒子の非平衡状態に起因するとの立場から、励起準粒子がフォトンとフォノンを放出しながらクーパー対へ再結合するという解釈が紹介された。

CMOS LSIの微細化と低消費電力化

(株)東芝マイクロエレクトロニクス技術研究所 岩井 洋

日時：平成9年7月23日 13:40~15:00

場所：東北大学電気通信研究所 2号館4階 大会議室

本講演会では、LSIの低消費電力化を実現するために必要な微細化技術や、その問題点について講演者の研究成果を中心に紹介していただいた。

低消費電力化を実現するためには微細化が最も有効であるが、微細化を行う際には短チャネル効果の低減が大きな問題となる。これに対し講演者等は、ソースとドレインの接合深さを 10nm と極めて浅くすることにより短チャネル効果を低減し、ゲート長 $0.04\mu\text{m}$ のMOSトランジスタを実現している。しかしながらゲート長 $0.1\mu\text{m}$ 以下では速度飽和により従来ほどは電流駆動能力の向上が望めないことから、今後、微細化のメリットが減少していくことが大きな問題となることを示した。将来的にはこのような問題も解決され、更なるLSIの発展が期待される。

「EXOR論理回路設計の最近の話題」

九州工業大学教授 笹尾 勤

内容：

EXOR演算は「論理値の一致検出」機能を有しており、論理関数の簡単化やテスト容易化設計などにおいてさまざまな優れた特長を有しているが知られている。本講演ではまず、論理関数の優れた表現方法として近年話題となっているBinary Decision Diagram (BDD) の原理について紹介すると共に、BDDに基づくさまざまな論理回路網の表現法とその諸性質について示した。また、講師の研究分野である、BDD表現を多進木展開 (MDD) 形へ拡張した一例であるTernary Decision Diagram (TDD) について、その定義と有用性について概説した。例えば、EXOR-TDD表現法を用いることによりAND-EXOR論理回路網の最適設計が容易に行えるなど、従来困難であったEXOR論理回路設計問題の解決におけるTDD活用のインパクトを述べた。さらに、さまざまなベンチマーク関数に対して、BDD表現や各種 TDD表現によるメモリサイズを定量的に比較した結果を示し、EXOR論理回路網が今後実用的VLSIチップへ搭載された際の有用性について言及した。

移動通信用SAWデバイス技術の現状と将来

(株)日立製作所中央研究所 武田 光孝

弹性表面波 (SAW) デバイス、及び移動体通信用高周波回路の研究開発を手がけておられる武田氏から、移動体通信用SAWデバイス技術の現状と将来について講演があった。

まず、移動体通信用端末に必要不可欠となったSAWフィルタについて、現状と最新のデバイス技術について話があった。その後、端末機器の進展により、SAWデバイスも多機能化、或いは周辺回路を取り込んで高機能化していくことが重要であるという観点から、武田氏らが開発中の、送受同時通信に必要なSAWアンテナ分波器、SAW共振器を用いた3.5mm角の小型VCO、CMOS回路とSAWデバイスを組み合わせたSAWコンボルバなどについて話があった。

いずれも興味深い内容であり、講演後、半導体ICとSAWの結合による高機能デバイスの可能性などについて、活発な質疑応答があった。

第6章 予算の概要

本研究所の予算の概要

(千円単位)

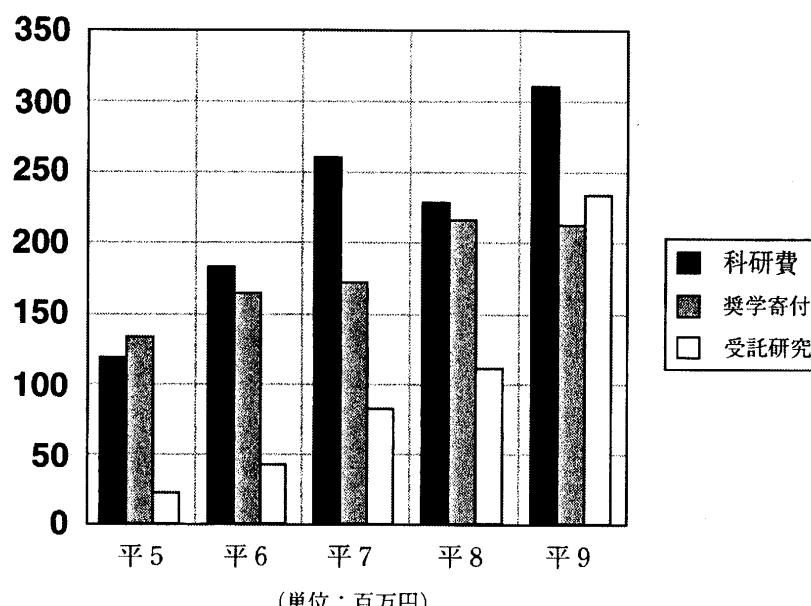
年度 項目	平成5年度	平成6年度	平成7年度	平成8年度	平成9年度
人件費	813,509	843,785	856,794	912,365	976,085
物件費	712,592	623,659	2,162,356	600,691	588,666
科研費	118,800	183,000	260,300	228,100	309,650
奨学寄付金	132,890	163,667	171,130	215,882	212,258
受託研究費	22,649	41,981	81,549	110,384	233,626
共同利用研究施設運営費		26,572	46,317	48,869	49,512
その他経費	93,507	28,213	99,085	16,693	21,928
計	1,893,947	1,910,877	3,677,531	2,132,984	2,391,725

本研究所の過去5年間の予算は上の表に示したとおりである。

この内容を平成9年度について大まかに分析すると、物件費約5.9億円の中1.9億円が実験施設の維持費、2億円が光熱水道費及び事務経費を含む共通経費、1.1億円が營繕費、設備整備費、他の経費であり、各研究分野で校費として使用した経費は全体で約9千万円であった。

研究部門に配分された校費（9千万円）に、科学研究費3.1億円、奨学寄付金2.1億円、及び受託研究費2.3億円を加えた総額8.4億円が直接の研究経費として研究部門で使用された。本年度の直接研究経費に占める校費の割合は約11%であり、前年度より3%減少した。平成8年度の直接研究費総額は6.4億円で、本年度は約31%増加したことになる。この増分は科学技術基本法に基づく大型プロジェクトに負うところが大きい。

本研究所の研究活動をさらに発展させるために重要なのは科学研究費、奨学寄付金、及び受託研究費である。また研究所の活動の活性度を反映するのもこれらの種目の予算であると考えられる。下に示した過去5年間のグラフに見えるように、これら3種目の予算は平成5年度から増加の傾向にあり、平成9年度もこれらの直接研究費が伸びていることは本研究所の全国共同利用研究所としての活性度が増していることの証であると考えられる。



科学研究費補助金

研究種目	代表者	平成9年度 交付金額	補助金総額 (千円)	研究課題	採択年度
重点(1)	坪内 和夫	50,800	147,100	時間情報瞬時処理システム	平7
	大野 英男	6,000	12,000	スピニ制御による半導体超構造の新展開	平9
	大野 英男	71,700	133,000	スピニ制御された半導体超構造の電子物性と応用	平9
重点(2)	室田 淳一	2,800	5,800	IV族半導体極微細構造形成プロセスに関する研究	平9
	庭野 道夫	2,000	2,000	赤外反射分光法による半導体電極－溶液界面反応機構の研究	平9
	襄 鐘石	3,000	3,000	金属スリットを用いた光波帯近接場と電子との相互作用	平9
基盤(A)(2)	中村 慶久	2,700	33,300	テラビット・スピニック・データストレージの基礎検討	平7
	室田 淳一	5,600	29,800	ラングミュア吸着・反応制御プロセスを駆使して製作するIV族半導体極微細デバイス	平8
	益 一哉	8,300	41,300	Eb/No-BER設計に基づく超低消費電力シリコン集積回路	平8
	沢田 康次	2,600	29,100	細胞のランダムな運動とその制御による個体保持機能の研究	平8
	横尾 邦義	19,400	27,900	共鳴トンネル電子源の放射電子のエネルギー計測に関する研究	平9
	室田 淳一	1,500	13,500	Si系超格子デバイス作製のための原子制御CVD装置の開発研究	平7
	中島 健介	1,000	15,600	シリコンを基板とする高温超伝導ミリ波サブミリ波帯検出器	平7
	坪内 和夫	5,600	17,700	超LSI多層配線AICVD装置の開発	平8
	中村 慶久	23,600	32,300	垂直ハード磁気ディスク装置を用いる超大容量ストレージシステムの研究	平9
基盤(B)(2)	川上彰二郎	3,100	7,800	新しい偏波制御素子の機能デバイスおよびシステムへの応用	平8
	伊藤 弘昌	100	7,700	ファジィモードレーザの基礎と応用に関する研究	平7
	大野 英男	3,500	7,500	III-V族希薄磁性半導体におけるキャリア誘起磁性とその制御	平8
	横山 道央	1,100	7,100	完全自己整合メタライゼーション超高速CMOSの研究	平8
	遠藤 哲郎	700	7,800	超高集積回路に用いられる3次元トランジスタ動作機構の研究	平8
	佐野 雅己	6,100	11,800	散逸大自由度系の二つの実験	平9
	未光 真希	8,000	14,100	Si上水素の表面化学とエピタキシー制御	平9
	襄 鐘石	3,700	6,700	準光学的共振器を用いたミリ波帯電力合成型個体発振器	平9
	中島 康治	6,600	13,400	ニューロベースダイナミックメモリの構造的研究	平9
	白鳥 則郎	7,300	11,300	エージェント指向に基づくやわらかいネットワークの研究	平9
	中島 康治	10,200	12,900	新アナログメモリデバイスを用いた連想メモリの試作研究	平9

研究種目	代表者	平成9年度 交付金額	補助金総額 (千円)	研究課題	採択年度
基盤(B)(2)	白鳥 則郎	3,300	9,400	共感覚メタファーのモデル化と分散システムユーザインターフェースへの応用	平9
	外岡富士雄	7,700	12,100	集積回路に用いられるナノメータ・スケールMOSトランジスタの研究	平9
	谷内 哲夫	1,700	7,400	非線形光学効果を用いた波長可変コヒーレントテラヘルツ光源の研究	平8
基盤(C)(1)	曾根 敏夫	1,800	1,800	音響臨場感通信に関する先進的研究の調査	平9
基盤(C)(2)	鈴木 哲	1,600	2,600	THz帯低雑音ショットキ・バリア・ダイオードの開発	平9
	嶋脇 秀隆	1,900	3,400	微小冷陰極の放射電流安定化に関する基礎的研究	平9
	小澤 賢司	2,000	3,400	聴覚感性の階層構造における動的情報処理部の解明	平9
	井上 光輝	2,700	3,400	光局在化による磁気光学ファラデー効果の巨大エンハンスメントとその応用	平9
萌芽	室田 淳一	2,400	2,400	IV族半導体薄膜へのタンゲステンのデルタドーピング	平9
	木下 哲男	800	2,000	知的エージェントを用いた仮想的活動空間に関する基礎的研究	平9
奨励(A)(2)	大野 祐三	1,200	2,500	相互作用のある2層量子ホール系におけるエッジ状態の伝導と局所分光	平9
	遠田 義晴	1,400	2,200	リアルタイム光電子分光による半導体表面準位の新解析法	平9
	佐藤 尚	1,500	2,100	積層形偏光分離素子を用いた光ファイバレイ集積型アイソレータの研究	平9
	佐藤 学	2,100	2,600	超短光ファイバーレーザの超高速パルス発生および波長変換に関する研究	平9
	高根 昭一	1,400	2,400	Kirchhoffの積分公式に基づく新しい音場制御システムの構築に関する研究	平9
特別研究員	大内 則幸	1,200	3,600	非線形開放系における自己組織化と階層化のモデル化および統計的性質	平8
	藪上 信	800	800	高周波微小磁界の計測に関する研究	平9
	中村孝一郎	900	900	全固体周波数シフト帰還型レーザーに関する研究	平9
	リューJP	1,100	1,100	細胞接着と細胞選別	平9

研究種目	分担者	1997年度 交付金額		研究課題	助成年度
重点(1)	矢野 雅文	1,500		振動子集団による聴覚処理系開発	1997
	坪内 和夫	4,500		金属系単電子トランジスタとその集積化	1996～1998
	佐野雅己	1,500		運動性素子集団における群知能の解析	1997
総合研究(A)	米山 務	300		TEM導波路を用いた超高能率平面アーレアンテナの研究	1997
基盤研究(A)(1)	白鳥 則郎			マルチメディア無線LANの研究	1995～1997

1997年度受託研究費の内訳

(他省庁・県・市町村等公的機関からの受入実績)

機 関 名	研究代表者	受 託 研 究 事 項	受託金額(千円)
中小企業事業団	山口 正洋	超高周波磁性薄膜透磁率測定装置の開発	21,432
科学技術振興事業団	潮田 資勝	STM発光分光法と近接場光学分法による表面極微細構造の電子物性の研究	7,460
科学技術振興事業団	山下 務	銅酸化物超伝導体単結晶を用いる超高速集積デバイス	9,500
日本原子力研究所	横尾 邦義	大出力ミリ波FEL用高輝度カソードの長寿命化に関する研究	2,500
超先端電子技術開発機構	中村 慶久	超高密度記録方式の基礎技術に関する研究	8,001
超先端電子技術開発機構	杉田 恒	超高感度磁気ヘッド用磁性薄膜の基礎研究	2,000
日本学術振興会	大野 英男	非平衡表面層の原子スケールダイナミクスと新物質の創生	63,207
オングストロームテクノロジ研究機構	潮田 資勝	薄膜成長過程の観測技術	1,050
(財)テレコム先端技術研究支援センター	伊藤 弘昌	超高速フォトニクス光源の研究	4,499
(財)テレコム先端技術研究支援センター	中島 健介	層状高温伝導体を用いたミリ波・サブミリ波伝送線路の研究	3,800
通信・放送機構	川上彰二郎	3次元フォトニック結晶とその回路技術の研究	14,000
通信・放送機構	伊藤 弘昌	光波と未開拓電磁波の超高速変換・制御技術の研究	15,000
医療品副作用被害経済・研究振興調査機構	荒井 賢一	生体内で自律動作可能な医用インテリジェント磁気マイクロ・ロボット開発のための総合的研究	65,000
(社)電波産業界	水野 皓司	ミリ波帯イメージング技術の研究開発	3,500
秋田県高度技術研究所	中村 慶久	電子計算機を利用した高密度磁気記録機構の解析及びその解析手法の応用	3,000
金沢工業大学	矢野 雅文	人間と共に創する自在コマンドシステムの設計原理とその応用	7,103

機 関 名	研究分担者	受 託 研 究 事 項	受託金額(千円)
(財)半導体研究振興会	荒井 賢一	磁場中超磁歪材料の創製	2,014
日本学術振興会	坪内 和夫	新圧電単結晶・薄膜材料の探索と次世代高度情報システム用高機能弾性波デバイスの研究	13,000
日本学術振興会	山之内和彦	新圧電単結晶・薄膜材料の探索と次世代高度情報システム用高機能弾性波デバイスの研究	25,000
日本学術振興会	室田 淳	非平衡表面層の原子スケールダイナミクスと新物質の創生	9,968

COE関連研究経費 (1997年度分)

事 項	予 算 額	備 考
中核的研究機関支援プログラム	千円 49,715	
研究高度化推進経費	20,200	
非常勤研究員経費	15,504	4名分
外国人研究員経費	14,001	2名分
先導的研究設備経費	0	

奨学寄付金の受け入れ

愛宕物産	トヨタ自動車
旭化成工業	中山科学技術文化財団
アステック	ミコレージャパン
アドバンテスト	日本鋼管
アルプス電気	日本碍子
EAGL事業推進機構	日本電気
石田記念財団	日本電気C&C研究所
稻盛財団	日本電気伝送事業本部
NTT	日本電気光エレクトロニクス
大川情報通信基金	日本電気資源環境技術
大阪ガス	日本電波工業
小野測器	日本マクセル
カイジョー	ハーモニック・ドライブ
カシオ科学振興財団	光エレクトロニクス学而会
キヤノン	日立製作所
コーニング研究助成金	日立金属
光電製作所	日立システム開発研究所
国際コミュニケーション基金	日立中央研究所
国際電気	日立電子
国際ディスクドライブ	日立東北ソフトウェア
シグマ光機	日立日立研究所
サイエンティア	富士通研究所
三洋電機筑波研究所	放送文化基金
実吉奨学金	平和中島財団
シャープ	ホシデン
昭和電線	松下電子部品
清水建設	三菱化学
情報ストレージ	三菱財団
新日本製鐵	三菱重工業
スペクトラフィジックス	三菱情報技術総合研究所
住友金属工業	三菱電機先端技術研究所
高橋産業経済研究財団	三菱電機生産システム
大興電子通信	三菱電機ULSI研究所
超高速ネットワーク	三菱電線工業
TDK	村田学術振興財団
電気通信工学振興会	ユニデン
トーキン	
東芝	
東芝研究開発センター	
東北テクノブレインズ	
トキメック	
東レリサーチセンター	
	計 149件 21,258千円

第7章 受章・受賞

賞名等	受賞者氏名	所属分野・部	研究課題名・功績名等
12th ICOIN (12th International Conference on Information Networking) 最優秀論文賞	白鳥 則郎	情報通信システム研究分野	An Agent-based Self-organizing Information Retrieval System in World Wide Web.
IEEE Fellow	白鳥 則郎	情報通信システム研究分野	"For contributions to the theory and practice of advanced computer networks"
情報処理学会 論文賞	藤田 茂 菅原 研次 木下 哲男 白鳥 則郎	情報通信システム研究分野	分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ
電子情報通信学会・ 情報ネットワーク研究賞	郷 健太郎 高橋 薫 白鳥 則郎	情報通信システム研究分野	通信システムのサービスの仕様の変更に基づくプロトコル仕様の自動変更法とその応用
IEEE Fellow	中村 慶久	情報記憶システム研究分野	"For contributions and leadership in the field of high-density magnetic recording and the basic development of perpendicular magnetic recording"
電子情報通信学会論文賞	中村 慶久	情報記憶システム研究分野	"Extremely High-Density Magnetic Information Storage-Outlook Based on Analyses of Magnetic Recording Mechanisms"-"
河北文化賞	曾根 敏夫	音響情報システム研究分野	音の知覚と地域音環境改善の研究における功績
電子情報通信学会業績賞	米山 務	電磁波伝送工学研究分野	ミリ波技術に関する先駆的研究
科学技術庁長官賞 (研究功績賞)	米山 勿	電磁波伝送工学研究分野	ミリ波用非放射性誘電体線路の研究
電子情報通信学会功績賞	米山 勿	電磁波伝送工学研究分野	
電子情報通信学会学術 奨励賞	小田川裕之	フォノンデバイス工学研究分野	「KNbO ₃ 圧電体単結晶超高結合弾性表面波基板」
第22回井上春成賞	坪内 和夫	電子音響集積工学研究分野	「超高信頼性スペクトラム拡散無線通信モデル」
Corning Research Grant Award	松浦 孝	原子制御プロセス研究分野	Self-limiting Plasma-Surface Interaction for Atomic-Layer Silicon Nitride Processing
応用物理学会講演奨励賞	松倉 文礼	超高速電子デバイス研究分野	強磁性(Ga,Mn)Asの磁気輸送特性：臨界温度近傍のふるまい

第 8 章 トピックス

白鳥・東北大教授ら

新プログラムを開発

自らの判断で目的遂行

讀壳新聞 1997年5月1日揭載

河北新報 1997年4月15日揭載

シリーズ「東北をひらく」第1回 知の拠点

世界へ『電腦代理人』

河北新報 1997年5月1日揭載

有能秘書コンピューター

要求を入力すれば
意図くんで情報探し

朝日新聞 1997年5月21日掲載

河北新報 1998年1月17日揭載

第47回 河北文化賞

第四十七回（平成九年度）河北文化賞は、東北地方の学校・基幹・体育・産業・社会活動の各分野から推薦された候補者について審査委員会で慎重審査の結果、次の通り受賞者が決定しました。贈呈式は河北新報創刊百周年記念日の1月17日（土）午後1時が

創刊10周年記念日（17日）に贈呈式

音の知覚と地域音環境改善の研究における功績

東北大教授 曾根敏夫

日本画家 能島康明

後進の育成に尽力

洋上救命医療体制の確立に貢献

仙塙総合病院理事長 鈴木寛

財団法人 河北文化事業団

世界初の北極海里独歩航行機断を成し遂げた功績

冒険家 大場満郎

洋上救命医療体制の確立による
地域活性化に貢献

佐原得司

佐原得司

河北新報社

東北放送文化事業団

ら仙台国際ホテル「平成の閣」で行います。河北文化事業団からの本賞（賞牌と副賞（河北新報社が六十五万円、東北放送・東北放送文化事業団が四十万円））を贈ります。受賞者選考について各方面から寄せられた「協力に対し深く謝意を表します。（要紹介は28面）

河北新報 1998年1月1日掲載

第47回 河北文化賞

地球に 世界に 大きく貢献



「騒音にさらされる機会が増え、音とどう付き合うかは一層大切なことになっていく」と語る曾根さん

騒音の低減に尽力

人間は音をつけると感じる。国内での「心理音響学」の草分けとして、こうしたのが、音の強さが、種には、音色を理解できない。人間の感覚を理解するための基礎研究に力を注ぎてきた。

人間が音色を(①美的・叙事的②頗る空簡的③明るい)の4つの要素に分けられて、こうした要素を取っていることを補正すれば、騒音なしで、大きなが別な音の存在が、音のうつづえ感覚的に表現された。音楽が複数成る。補聴器も耳の特性に合わせて、入ってくる音を時々刻々補正すればよい」と

「研究を始めた昭和三十一年には、音の物理的特性と人間の感覚を対照して、音を聽くシステムや補聴器をつくった。『歴史的』ではなく、『現実的』ではなかった。器物各分野で応用されて、これまでの時代には、二十世紀は加齢補聴器の始まり」と振り返る。

「高速道路を走りながら、車の音を(①美的・叙事的②頗る空簡的③明るい)の4つの要素に分けられて、こうした要素を取っていることを補正すれば、騒音なしで、低減策を考へていかなれば、このほどどの騒音がどうぞ」と力を込める。

音に関する環境基準の制定

（昭和五十年）を促した。

「歴史的」ではなく、「現実的」ではない。

そね・としお 昭和10年5月14日、古川市生まれ。東北大学研究科博士課程修了。工学博士。工学部助教授、教授などを経て56年から東北大電気通信研究所教授。

長谷川喜一 昭和10年5月14日、古川市生まれ。東北大学卒業後、東海道新幹線開業前、東海道新幹線山陽新幹線の騒音測定(沿線住民対象)にてランケートを実施。新潟駅構内にて注目され、新幹線騒音

河北新報 1998年1月1日掲載

河北新報 1998年1月18日揭載

La_{2-x}Sr_xCuO₄ 単結晶と 60 K YBa₂Cu₃O_{7-δ} 薄膜の固有ジョセフソン効果

研通電大北東

固有ジヨセフソン効果は GHz から THz 帯の高周波デバイス応用の可能性が指摘されているが、今までのところ、I-V 特性での効果が明瞭に観測できた材料は Bi 系酸化物超伝導体だけであった。これは、Bi 系材料の異方性が他の材料より際立つ大きいためで、電流密度やプラズマ周波数は、Nb 系材料を用いる低周波ジヨセフソン接合と同程度である。

東北大学電気通信研究所の山下研究室では、プラズマ周波数が THz 帯にある比較的異方性の小さな La₂Sr₃Cu₃O₇(LSCO)や、60KYBa₂Cu₃O₇(YBCO)で 10 μm 程の微小な間にヨセフソン接合を作成するプロセスを完成し、最近、これらの材料の固有ヨセフソン効果を観測するに成功した。

同グループは LSCO 単結晶上へのヨセフソン接合製作を目的に、プロセス条件の改善により、再現性の良い NbLSCO ヨセフソン接合の製作に成功し、その電流電圧特性上に、LSCO の固有ヨセフソン効果(零抵抗)と Nb-Ti-SrCu₂O₃間のヨセフソン接合の零抵抗が重なる。

効果に起因すると思われるブランチ構造が観測された。接合は山梨大学の児嶋研究室 TSFZ 法により育成した LSCO 単結晶(高温正方晶)の 001 面と 100 面に、Nb をヘリコンスパッタにより成長して作製した。Nb 成膜に先立つ LSCO の表面処理工程におけるアーニル酸蒸灰の条件を最適化することで、接合抵抗を減少させじょうセフン電流の観測に成功した。54 μm × 50 μm の 2 種類の接合は RSJ の的な電流電圧特性を示す。接合の電流電圧特性には、RSJ 特性の高い高バイアス領域において電圧に飛行するアーチが明確に観測される(第 1 図)。電流ステップは 0.4 μV 程度と Bi 系に対して、一桁以上小さい値を示す。この接合は LSCO メサ上に Nb/LSCO 接合が重なった構造をしており、高バイアスで観測されるブランチは、Bi 系化合物超伝導体などと同様に LSCO の構造層から由来する固有じょうセフン効果と考えられる。

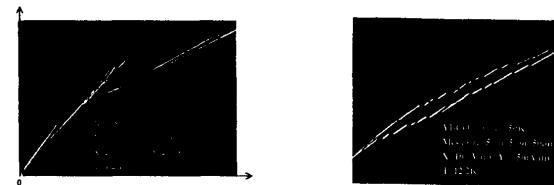


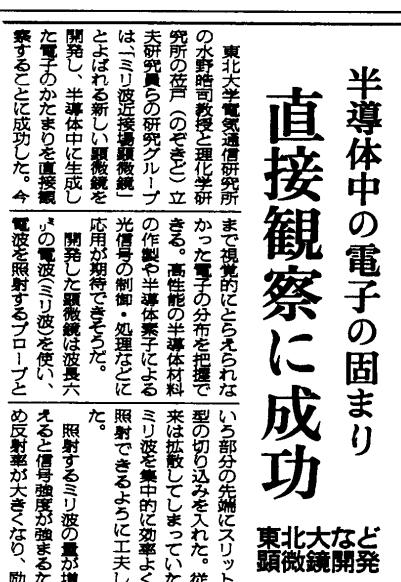
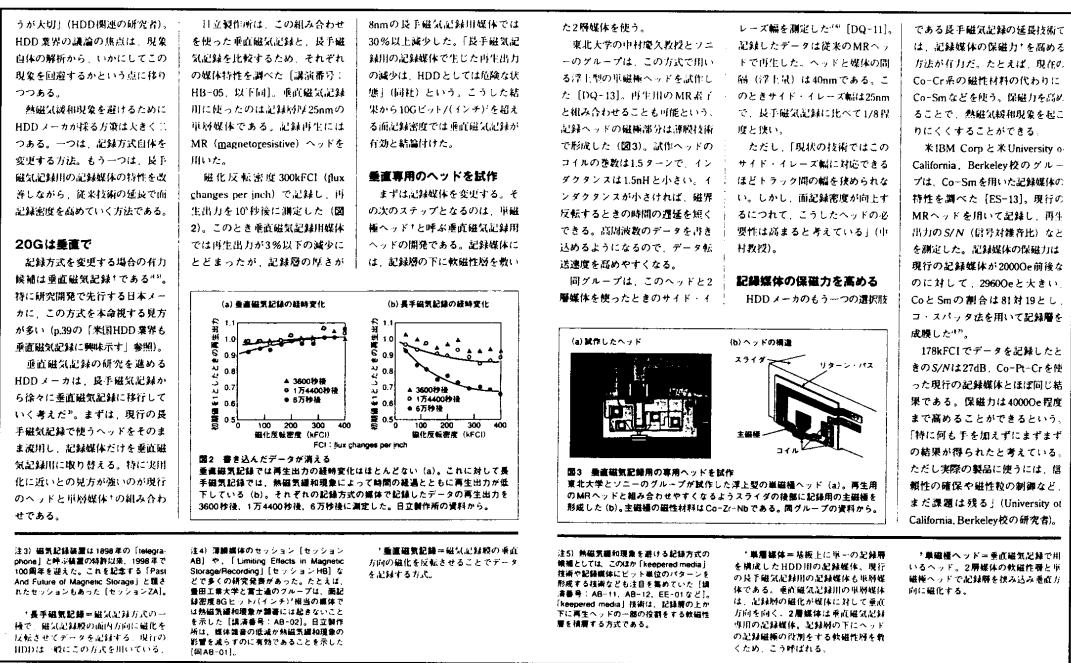
図1
レーザ蒸着法による60KYBCO薄膜のメサ形複合では、 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ の大きさにすると、I-V特性にLSCOと同じような多くの電圧ステップが観測できることがわかつた(第2図)。しかし、その電圧ステップはmV程度でLSCOとBi系の中間の値となり、電圧ステップは材料により大幅に変わることが明らかになった。このような電圧ステップが、エネルギーギャップに起因するものなのか、原研の町田昌彦氏らの計算による電荷密度波の様なプラズマ振動かは、まだ明らかではない。
シリヤロステップも二つの模式で観測され、ab面内を走る磁束量子の flux flow 現象も計測出来るようになった。同研究室では、ab面内を flux flow する磁束量子の動きを磁界で制御する、flux flow amplifier の実現を第一のターゲットとしている。これらの結果は、3月 28-31日に東京工科大学で開かれる用物語会で発表されました。

超伝導コミュニケーションズ Vol.7.No.1
1998年1月18日掲載

情報処理機能を、電子回路を用いた人工神経回路網で表現するのが目標。脳は学習や記憶、判断などの神経活動をするときに、微弱な磁気を発生している。神経細胞があるが、同じ造を持ち、シヨセラソーンの半導体素子で回路を構成する。高温超電導体の単結晶が原子レベルで積層構造を持つことによって、電気の流れに伴つ発熱も大きく実現は不可能だ。しかし、超電導体を用いることで、回路の使い方というソフトウェアの解説も興味がある」と語る。

「人間の脳の神経回路のメカニズムを詳しく調べるために、まず、電気回路計測の精度をさらに高めていきたい」というふうに、東北大学大気電気研究所教授山下努によると、この研究室の特徴は、人間の脳と同じような断続的な神経活動をするときに、微弱な磁気を発生している。神経細胞があるが、同じ造を持ち、シヨセラソーンの半導体素子で回路を構成する。高温超電導体の単結晶が原子レベルで積層構造を持つことによって、電気の流れに伴つ発熱も大きく実現は不可能だ。しかし、超電導体を用いることで、回路の使い方というソフトウェアの解説も興味がある」と語る。

河北新報(夕刊) 1999年1月22日根韻



日経エレクトロニクス 1998年2月9日掲載

High-Tech July 1997 INFORMATION

97-07-100-01 Monocrystalline Potassium Niobate as Material for SAW Filter

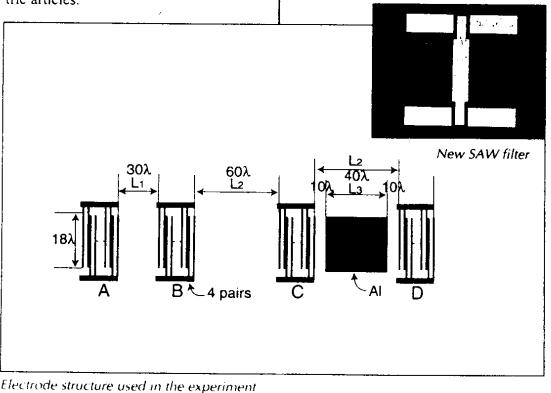
Prof. K. Yamanouchi and a research team at the Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University have demonstrated that monocrystalline potassium niobate (KNbO₃) exhibits excellent properties very suitable for a surface acoustic wave (SAW) filter. The material converts an electrical signal into a mechanical wave so efficiently to allow a SAW filter with a wide passband enabling the filter to handle a rapid stream of data. The KNbO₃ SAW filter promises to serve for the next generation of radio communications including portable videophone systems and high-speed radio LANs (local area networks).

A SAW filter consists of a piezoelectric plate with a pair of electrodes spaced by a distance on the plate. An input electrical signal is converted into a mechanical wave at one electrode, and the wave propagates along a surface of the plate, and is converted back to an output electric signal. During the process, frequencies other than a certain band are filtered out. The device is popular as a key component of cellular phones and other electronic articles.

In the current trend toward greater data rates in communications, the passband of a SAW filter must be widened. Engineers have been seeking a piezoelectric material of a higher conversion efficiency. The research team studied the piezoelectric properties of KNbO₃, which is a nonlinear optical material generating harmonics of incident light. They found that KNbO₃ single crystals have an electromechanical coupling coefficient (conversion efficiency) of 0.53, about ten times as much as the value for lithium niobate (LiNbO₃) of 0.055. The research team built a prototype KNbO₃ SAW filter, and ascertained that it had a passband 6 times as wide as a conventional SAW filter. Another feature of KNbO₃ is that the temperature characteristics have a null coefficient around room temperature. This implies that the KNbO₃ SAW filter allows stable operation in the normal temperature range.

The new SAW filter may lead to implementation of a cellular phone system carrying video data. Another possible application is forthcoming digital radio transmission systems including the spread spectrum communication. The research team is now developing a film process of the material and other techniques for industrial application.

* Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University
2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai City,
Miyagi Pref., 980-77
Tel/Fax: +81-22-217-5526



Electrode structure used in the experiment

日経産業新聞 1998年1月5日掲載

JETORO 1997年7月掲載

半導体中の電子の固まりに成功

東北大学電気通信研究所の水野啓司教授と理化系研究室は、「ミリ波近接場顕微鏡」を開発した。半導体中に直接観察することができた。この開発によって、半導体中の電子の分布を把握できる。高性能の半導体素子による作動の半導体材料の分析が可能となる。電子顕微鏡の成像や顕微鏡の影響を減らすのに有利であることを示した(国AB-01)。

起きた電子(キャリア)が観察して半導体中の電子のかたまりが顕微鏡できる。これで発光する電子の分布を観察できることで、電子顕微鏡の制御ができる。このため半導体に触れることがない。これまで大きなエラーを防ぐため半導体中の電子の分布を知ることはできなかった。

起きた電子(キャリア)が観察して半導体中の電子のかたまりが顕微鏡できる。これで発光する電子の分布を観察できることで、電子顕微鏡の制御ができる。このため半導体に触れることがない。これまで大きなエラーを防ぐため半導体中の電子の分布を知ることはできなかった。

日経産業新聞 1998年1月5日掲載

第 9 章 評価と課題

9.1 発表論文数

区分	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	合計
掲載された論文数						
学会誌	117	129	119	139	148	652
国際会議議事録等	121	102	92	91	155	561

9.2 修士論文

題目	著者	指導教官
電気・通信工学専攻		
サイクロトロン高速波管の広帯域化に関する研究	井口 雅貴	横尾教授
銅酸化物単結晶トンネル接合の研究	植松 裕	山下教授
永久磁石を用いたサイクロトロン高速波管に関する研究	遠藤 邦浩	横尾教授
アルキルアミンアランを用いたMOMBE法による単結晶薄膜の成長に関する研究	音田 敏宏	横尾教授
電解放射陰極の高性能化に関する研究	北野 延明	横尾教授
不特定話者の母音認識における特徴抽出に関する研究	作田 吉弘	矢野教授
磁気マイクロマシンに関する基礎的研究	島崎 克彦	荒井教授
酸化物超伝導デバイスの加工プロセスの研究	鈴木 俊晴	山下教授
ファイバ集積型光アイソレータの高性能化に関する研究	孫 鈞	川上教授
トンネル陰極の伝導機構に関する研究	田原 薫	横尾教授
High frequency properties of superconducting thin films (超伝導薄膜の高周波特性)	Tunyiswa Mazwi Ben	山下教授
光励起半導体面型光増幅器に関する研究	土岐 和啓	川上教授
ガボールパッチからなる図形における図と地の分離の研究	中嶋 秀和	矢野教授
電子工学専攻		
赤外線近接場による電子エネルギーの変調	石川 亮	水野教授
ドメイン制御光パラメトリック波長可変光源に関する研究	和泉 俊介	伊藤教授
光導波路型ドメイン反転非線形光学デバイスに関する研究	伊勢 浩二	伊藤教授
Si-C系薄膜の原子層成長に関する研究	伊是名篤志	室田教授
高位置分解能 STM 発光分光	伊藤 啓司	潮田教授
サブミリ波帯の計測に関する研究	伊藤 匡稔	水野教授

評価と課題

ミリ波帯コヒーレント電力合成に関する研究	鵜生 高徳	水野教授
高機能化ニューロンによる集積化神経回路の研究	金城 光永	室田教授
Submicron Electrode Fabrication Technology using Electron Beam Lithography System & Application to 10-GHz Range Surface Acoustic Wave Transducers		
(サブミクロン微細加工技術を用いた10GHz帯低損失弹性表面波変換器に関する研究)	Qureshi Jamil Ahmad	
		山之内教授
III-V族希薄磁性半導体 (Ga, Mn) As の磁気光学効果	黒岩 達郎	大野教授
有機非線形光学材料 DAST の結晶育成とそのデバイス応用の研究	氣賀澤和義	伊藤教授
通信用低消費電力シリコン集積回路の研究	小石 高裕	坪内教授
KNbO ₃ 圧電体薄膜の作製と弹性表面波デバイスへの応用に関する研究	小島 俊之	山之内教授
巨大磁気抵抗効果を用いるメモリ素子の基礎検討	小松 和彦	杉田教授
高感度広帯域薄膜垂直磁気ヘッドの作製法の研究	佐藤 一樹	杉田教授
スペクトラム拡散通信方式による無線検針システムの研究	塩原 健一	坪内教授
FeS ₂ 薄膜に関する研究	篠原 正典	舛岡教授
高性能垂直磁気記録メディアの作製法の研究	庄司 智広	杉田教授
III-V族希薄磁性半導体 (Ga, Mn) As のキャリア輸送特性と磁性に関する研究	菅原 靖宏	大野教授
薄膜シリコン酸化膜におけるストレスリーク現象に関する研究	千葉 崇生	舛岡教授
炭化水素分子の半導体表面反応に関する研究	寺師三哉子	舛岡教授
スペクトラム拡散無線通信用 SAW デバイスの研究	苦米地秀一	坪内教授
ULSI デバイスにおける超低消費電力回路に関する研究	中村 和敏	舛岡教授
シリコン窒化膜のプラズマエッチングにおける表面反応制御に関する研究	本多 泰彦	室田教授
KNbO ₃ 圧電性単結晶基板を用いた弹性表面波デバイスに関する研究	松村 武	山之内教授
SiO ₂ /Si (100) 初期熱酸化界面の電子状態と原子構造	宮西 康至	舛岡教授
周波数シフト帰還型レーザーを用いた光リフレクトメトリの研究	宮原 利治	伊藤教授
高効率弹性表面波エラスティックコンボルバに関する研究	両角 賢友	山之内教授
クヌーセン圧MOCVD技術によるAINエピタキシャル成長に関する研究	和田 一彦	坪内教授

情報基礎科学専攻

メタファーを用いたコミュニケーション統合環境に関する研究	小笠原直人	白鳥教授
エージェントのアーキテクチャの構成に関する研究	河邊 岳人	白鳥教授
エージェントを用いたWWW検索システムの構成	木原 英人	白鳥教授

システム情報科学専攻

強化学習による運動の制御と予測	落合 真吾	沢田教授
聴覚情報処理系の動特性に関する基礎的研究	熊谷 邦洋	曾根教授
数値音場解析における壁面境界条件の影響に関する研究	櫻井 利昭	曾根教授
壁面における吸音特性の能動制御手法に関する基礎的研究	高橋 弘宜	曾根教授
両耳受聴マイクロホンアレーに関する基礎的研究	津久井慎二	曾根教授
視覚場を用いた映像加工の基礎的研究	所 秀樹	沢田教授
分離型ネットワークにおける特徴表現層の形成と汎化能力の研究	富田 信	沢田教授
動的粒子系の集団構造とゆらぎに関する研究	村山 能宏	沢田教授

9.3 博士論文

題 目	著 者	指導教官
電気・通信工学専攻		
磁束量子論理集積回路に関する研究	小野美 武	山下教授
珪素鋼単結晶板の磁化過程に関する研究	桺 修一郎	荒井教授
多層平面コイルによる高周波電磁計測に関する研究	薮上 信	荒井教授
ミリ波帯近距離無線通信システムに関する研究	瀧本 幸男	米山教授
電子工学専攻		
光パラメトリック発振によるコヒーレントテラヘルツ波発生とその制御に関する研究	四方 潤一	伊藤教授
ミリ波帯イメージングに関する研究	渡部 謙一	水野教授
AI CVD 技術の研究	松橋 秀樹	坪内教授
液晶と配向膜の分子配向相関に関する研究	荒船 竜一	潮田教授
周波数シフト帰還型レーザーの発振動作機構とその応用の研究	中村孝一郎	伊藤教授
選択加工修正レーザプロセス技術	関 祐子	坪内教授
光通信用高性能受光素子の研究	牧田紀久夫	伊藤教授
フッ化水素酸による半導体プロセスの高性能化に関する研究	宮本 光雄	室田教授
VLSI デバイスにおける多層配線の信頼性に関する研究	山葉 隆久	舛岡教授
情報基礎科学専攻		
分離環境における発想支援システムの構成に関する基礎的研究	杉浦 茂樹	白鳥教授
再利用に基づくユーザインタフェースの設計法とその支援環境の構成に関する研究	徳田 佳一	白鳥教授
制御用 LAN における通信制御方式に関する研究	厚井 裕司	白鳥教授
双方向リアルタイム型遠隔協同授業に関する研究	太細 孝	白鳥教授
Quality of Service Guaranteed Routing in Integrated Services Networks (統合サービスネットワークにおけるサービス品質を保証する経路選択)	PORNAVARAI CHOTIPAT	白鳥教授
ネットワークアプリケーション記述言語系 DeLis の設計開発とその応用	三石 大	白鳥教授
システム情報科学専攻		
発達熱乱流における新構造の研究	瀬川 武彦	沢田教授
ウェーブレット変換に基づく音声強調手法に関する研究	西村 竜一	曾根教授

	1993年度	1994年度	1995年度	1996年度	1997年度	合 計
特別研究員の受入状況	4	6	11	7	5	33
大学院生の受入状況	175	205	193	201	201	975

9.4 運営協議会報告

第6回東北大学電気通信研究所運営協議会（平成9年7月25日）

出席者：植之原道行（委員長）日本電気株式会社特別顧問

田村浩一郎（委員）	通商産業省工業技術院電子技術総合研究所長
東海林恵二郎（委員）	三菱電機株式会社常任顧問
池上 徹彦（委員）	NTTアドバンステクノロジー株式会社代表取締役社長
中村 道治（委員）	株式会社日立製作所中央研究所長
廣田 榮治（委員）	総合研究大学院大学長
甘利 俊一（委員）	理化学研究所情報処理研究グループディレクター
大須賀節雄（委員）	早稲田大学理工学部情報学科教授
四ッ柳隆夫（委員）	東北大学大学院工学研究科長
樋口 龍男（委員）	東北大学大学院情報科学研究科長
田中 通義（委員）	東北大学科学計測研究所長
曾根 敏夫（委員）	東北大学大型計算機センター長
豊田 淳一（委員）	東北大学大学院工学研究科教授
佐藤 徳芳（委員）	東北大学大学院工学研究科教授
米山 努（委員）	東北大学電気通信研究所教授

陪席者：沢田 康次

山下 努	東北大学電気通信研究所長
矢野 雅文	東北大学電気通信研究所総務委員会委員
潮田 資勝	東北大学電気通信研究所研究企画調整委員会委員長
舛岡富士雄	東北大学電気通信研究所予算・環境委員会委員長
伊藤 弘昌	東北大学電気通信研究所教授
山之内和彦	東北大学電気通信研究所教授
室田 淳一	東北大学電気通信研究所教授
中島 康治	東北大学電気通信研究所教授

主たる指摘項目

・共同プロジェクト研究について

通信において「時、場所、言葉」を越えると云っても通信として当たり前であり、人の気持ちが通じ合うインテリジェント化された通信にターゲットを絞った方が良い。通研はデバイス研究に片寄りすぎている。コンピューター、OA機器、ネットワーク、新しい通信システムにしても、システムとしてのアプローチが基本的に欠けている。

・附置研究所としての通研のあり方について

教育と研究とは表裏一体として考えない。通研のあり方に疑問を感じる。研究所全体として教育・研究をあるべき形にする必要があれば評価・改革として答申すべきである。

・外部評価について

前回の外部評価の措置事項に対する見直しについても報告すべきである。前回の外部評価項目とは違う項目、例えば所長リーダーシップの拡大に関する評価項目も入れると良い。評価は3段階でなく5～7段階が良い。

・产学の連携について

新しい方法を提案するとき透明性のあるシステム、又、日本だけの特殊な方法にするのではなく国際的にも通用するシステムで進めほしい。

第7回東北大学電気通信研究所運営協議会（平成10年1月30日）

出席者：植之原道行（委員長）日本電気株式会社特別顧問

田村浩一郎（委員）通商産業省工業技術院電子技術総合研究所長

東海林恵二郎（委員）三菱電機株式会社常任顧問

池上 徹彦（委員）NTTアドバンステクノロジー株式会社代表取締役社長

廣田 築治（委員）総合研究大学院大学長

池上 英雄（委員）核融合科学研究所名誉教授

四ツ柳隆夫（委員）東北大学大学院工学研究科長

樋口 龍男（委員）東北大学大学院情報科学研究科長

鈴木 謙爾（委員）東北大学金属材料研究所長

田中 通義（委員）東北大学科学計測研究所長

曾根 敏夫（委員）東北大学大型計算機センター長

豊田 淳一（委員）東北大学大学院工学研究科教授

佐藤 徳芳（委員）東北大学大学院工学研究科教授

米山 努（委員）東北大学電気通信研究所教授

陪席者：沢田 康次

東北大学電気通信研究所長

水野 皓司 東北大学電気通信研究所附属超高密度・

高速知能システム実験施設長・共同利用委員会委員長

川上彰二郎 東北大学電気通信研究所総務委員会委員

矢野 雅文 東北大学電気通信研究所研究企画調整委員会委員長

潮田 資勝 東北大学電気通信研究所予算・環境委員会委員長

白鳥 則郎 東北大学電気通信研究所教授

舛岡富士雄 東北大学電気通信研究所教授

横尾 邦義 東北大学電気通信研究所教授

中島 康治 東北大学電気通信研究所教授

主たる指摘項目

・産学の連携に関して

日本でも最近ベンチャーを育てる制度が議論されているが特許の市場が出来ていない。通研は大学の中でも企業との共同研究を実施出来るので、事務局と協力して新しい提案を文部省にとすると良い。

・科学技術基本法に関して

大型研究費が発足しているが今後停滞する場合のことを考えておかねばならない。又、このまま進行してもフロア面積等困ることも出来てくるので早いうちに制度を変えて研究費を有効に使う方法を考えておかねばならない。

・研究の現状について

成果を定期的に公表するシステムを作っても良い。大学では個人の研究を重視しているので大きなプロジェクト研究が出来ない欠点があるが、これらを融和する新しい方法を作る努力をしてほしい。

・国立大学のあり方について

エージェンシー化についてはその内容が不明であるが大学の方から新しい提案をしていかなければならぬ。国立大学協会の答申ではだめである。国立大学の在り方においても競争原理を導入しないとアメリカの格差は改善出来ない。

9.5 現在の課題

現在の最大の課題は「文部省と科学技術庁の統合を目前にして大学附置研究所がいかにあるべきか」という問に対しで答えを出すことである。大学附置研究所は文部省直轄の国立研究所とは異なる存在である。この違いについて所員全員が明確な意識を持ち、その結果を成果として公表することが、すなわち説明責任が求められている。

この点に関して昨年以来研究所教授会において毎月審議を行っており、その結果を本年度より通研重点推進研究を設定し、この問題に対する回答の一つを出そうとしている。

又、研究所の将来構想及び人事に関する意見交換をより密に行うために施設を含む大部門に世話人を置き、所長が世話人を月2回招集して進行の具合を話し合っている。

更に通研では、4年前の改組では技官の組織の見直しを行わず、ここが多くの問題を残すことになったので新しく「技術室」を設置すべく概算要求を行っている。

昨年度、この項目で挙げたのは

- 1) 産学界との共同研究の推進
- 2) 本概算要求
- 3) 研究所内の研究情報の交流
- 4) 青葉山移転の推進

の4項目であった。この中で文部省、本部、産業界及び所員の努力の結果4)を除きかなりの進歩がみられた。

1) は大学から産業界への技術移転のための「未来科学技術共同研究センター」が本年4月から発足し、電気通信研究所からは山下教授が転出し、更に多くの教授、助教授が兼務教官として同センターに係ることになった。このことにより、大学の研究成果の産業界への技術移転が飛躍的に増大することが期待される。また、これとは別に基盤的研究においても大学と企業の研究所との関連を深めて協力体制を作ることが必要であると考える。

2) 概算要求は所内のこれ迄の種々の要求の一本化と学術審議会の答申等の科学技術とのすり合わせにほぼ見通しがつき、平成11年度に文部省への説明を行い、平成12年度要求で実現を期すべく努力している。

3) 研究企画委員会の提案で「研究交流講演会」が2ヶ月に1回定期的に開催されるようになり、出席者も多く一定の成果を挙げている。しかし、分野の壁を越え、しかも友好的な共同研究にまで発展するためには、まだ幾多のステップが必要かも知れない。

4) 青葉山移転先のゴルフ場の権益をめぐって県と仙台カントリークラブは裁判を係争中であり、その成り行きに注目している。

教官の最終学歴（大学または大学院等）

最終学歴	教 授	助教授	講 師	助 手	計
東北大学	1 2	9		2 7	4 8
ペンシルバニア大学	2				2
東京大学	3	3		2	8
北海道大学	1			1	2
名古屋大学	1				1
九州大学	1				1
東京工業大学		1		1	2
大阪府立大学		1			1
日本大学		1			1
朝鮮大学		1			1
静岡大学		1			1
福井大学				1	1
長岡技術科学大学				1	1
東北学院大学				1	1
仙台電波高校				2	2
豊橋技術科学大学		1			1
千葉工業大学				1	1
東京農業大学				1	1
フランクフルトヨハンゲーテ大学				1	1
仙台工業高校				1	1
合 計	2 0	1 8	0	4 0	7 8

第10章 構成員

(平成10年5月15日現在)

所長（併）・教授 沢田康次

研究部門

ブレインコンピューティング研究部門

■コンピューティング情報理論研究分野

教授	曾根敏夫
〃(兼)	丸岡章
〃(〃)	阿曾弘具

■情報通信システム研究分野

教授	白鳥則郎
〃(兼)	伊藤貴康
〃(〃)	根元義章
助教授	木下哲男
〃(兼)	斎藤浩海
〃	加藤寧
助手	石垣久四郎
〃	菅沼拓夫
〃	杉浦茂樹
技術補佐員	大學紀子
事務補佐員	八巻美智子

■情報記憶システム研究分野

教授	中村慶久
〃(兼)	樋口龍雄
助教授(兼)	青木孝文
助手	山田洋
COE外国人研究員	グリーブス・サイモン・ジョン

■音響情報システム研究分野

教授(兼)	曾根敏夫
〃	牧野正三
助教授	鈴木陽一
〃(兼)	曾根秀昭
〃(〃)	金井浩
助手	陳国躍
〃	高根昭一
技官	高齋藤文孝
事務補佐員	八代幸子

■生体コンピューティングシステム研究分野

教授	矢野雅文
〃(兼)	堀口剛彦
助教授(〃)	福井芳也
助手	牧野悌也
助手	坂本一寛
〃	鈴木千春
技術補佐員	遠藤

■ブレインコンピューティングシステム研究分野

教授	沢田康次
教授(兼)	阿部健一
助教授	佐野雅己
〃(兼)	吉澤誠
〃(〃)	郭蛟
講師(〃)	藤木義
助手	川早徳
〃	川早吉
学振外国人特別研究員	A.ナヤト
〃	J. P. リュウ
学振特別研究員(PD)	内大則
事務補佐員	間幸
技術補佐員	朱敦美子

■超伝導コンピューティングデバイス研究分野

教授(兼)	山努
〃	平井敏雄
助教授	中島健介
〃(兼)	木林光政
助手	井菅健行
〃	陳健直
〃	水柿義宰
中核的研究機関研究員	金相
COE外国人研究員	S. サフランジェック
技官	田土貞夫
事務補佐員	川嶋朝子

■マルチモーダルコンピューティング研究分野

(客員)

客員助教授 ラティシェフ・ユーリー

物性機能デバイス研究部門

事務補佐員 森 優子

■固体電子工学研究分野

教 授	舛 岡 富士雄
〃 (兼)	江 刺 正 喜
助教授	遠 藤 哲 郎
助 手	桜 庭 弘
〃	マルクス・レンスキ
技 官	酒 井 俊 章
技術補佐員	鹿 野 春 子
事務補佐員	唐 木 裕美子

■光電変換デバイス工学研究分野

教 授	潮 田 資 勝
〃 (兼)	海 老 澤 不 道
助教授	上 原 一 洋
講 師 (兼)	阿 部 光 衛
助 手	坂 本 謙 二
〃	鶴 岡 徹
中核的研究機関研究員	岩 見 正 之

■分子電子工学研究分野

教 授 (兼)	沢 田 康 次
〃	佐 藤 繁 次
助教授	末 光 真 希
助 手	遠 田 義 晴

■電子量子デバイス工学研究分野

教 授	庭 野 道 夫
〃 (兼)	佐 藤 徳 芳

■複合機能材料研究分野 (客員)

教 授 (併)	押 山 淳
---------	-------

■スピニエレクトロニクス研究分野

教 授	荒 井 賢 一
〃 (兼)	高 橋 研
〃 (〃)	一ノ倉 理
〃 (〃)	松 木 敏
助教授	山 口 正 洋
〃	井 上 輝
〃 (兼)	竹 内 直
〃 (〃)	莊 司 樹
助 手	石 山 和 志
〃	藪 上 信
技 官	師 岡 ケイ 子
〃	我 妻 成 人
事務補佐員	山 城 秋 乃

コヒーレントウェーブ工学研究部門

■電磁波伝送工学研究分野

教 授	米 山 務
〃 (兼)	澤 谷 邦 男
〃 (〃)	塩 川 泰 孝
助教授	中 條 渉
助 手	佐 藤 康 弘
技 官	我 妻 壽 彦
事務補佐員	新 田 子

■極限能動デバイス研究分野

教 授	横 尾 邦 義
〃 (兼)	内 田 龍 三
〃 (〃)	畠 山 秀 典
助教授	三 村 朗 俊
〃 (兼)	大 沼 信 之
助 手	佐 藤 伸
〃	嶋 脇 秀 隆
技 官	寒 河 江 克 己
事務補佐員	多 賀 谷 宏 子

■プラズマ電子工学研究分野

教 授	山 之内 和 彦
〃 (兼)	山 本 光 章
助教授	蝦 名 悅 子
〃 (兼)	中 尾 光 之
〃 (〃)	飯 塚 哲
〃 (〃)	安 藤 晃

■情報記録デバイス工学研究分野

教 授	杉 田 恒
〃 (兼)	西 関 隆 夫
助教授	村 岡 裕 明
助教授 (兼)	中 野 真 一
講 師 (兼)	周 晓
助 手	島 津 武 二
〃	渡 邊 功

教 授	水 野 皓
教 授 (兼)	犬 竹 正 明
助教授	襄 木 石 鐘
助 手	荒 濱 実 哲
〃	濱 笹 いづみ
事務補佐員	谷 野 哲

■応用量子光学研究分野

教授	伊藤 弘昌
〃(兼)	星宮 望夫
助教授	谷内 哲弘
〃(兼)	二見亮一郎
助手	中村 孝一郎
〃	四方潤一郎
技官	今野 勇治
〃	田久長一
事務補佐員	溪井 亞紀子

■光集積工学研究分野

教授	川上 彰二郎
〃(兼)	宮城 光信
助教授(〃)	馬場 隆司
〃(〃)	松浦 修
〃(〃)	花泉 尚三
助手	佐藤 康夫
〃	大寺 三子
技官	相澤 芳貴
事務補佐員	菅田 亜貴子

■フォノンデバイス工学研究分野

教授(兼)	山之内 和彦
〃(兼)	中村 優良
助教授(兼)	長康 雄
〃(兼)	山田 顯
講師(〃)	田中 雄
(助手)	目黒 靖
〃	小田川 敏
技官	我妻 靖之
事務補佐員	野邊 貴夫

■電子音響集積工学研究分野

教授	坪内 和夫
〃(兼)	櫛引 淳一
助教授	益道哉
助手	横山 央樹
〃	松橋 秀

■量子波動工学研究分野(客員)

客員教授	永沼 充
------	------

附属研究施設

超高密度・高速知能システム実験施設

施設長(併)	水野皓司
教授	千葉純子
事務補佐員	

■原子制御プロセス部

教授	室田 淳一
〃(兼)	山浦充孝
助教授	松浦貴弘
〃(兼)	羽生政助
助手	櫻庭洋輔
(技官)	間橋裕美
技術補佐員	赤高慶子
事務補佐員	松野隆子

■超高速電子デバイス部

教授	大野 忠男
〃(兼)	大松文礼
助手	大倉裕三
〃	大田晴江
リサーチアリシエイト	藤留行
技術補佐員	佐佐都江
事務補佐員	佐々木延子

■知能集積システム部

教授	中島 康治
〃(兼)	川又茂雄
助手	佐藤茂雄
中核的研究機関研究員	小野美武
事務補佐員	鬼柳貴美子

附属施設

■評価・分析センター

センター長(兼)	荒井 賢一
教授	井庭夫
教授(兼)	野間助
技官(兼)	赤道洋綾
技術補佐員	千葉昭子

■附属工場

工場長(兼)	横尾義邦
教授	吉高昭志
技官	橋渡吉博
技官	邊昭志

タ	二	朋	勝
タ	隆	宗	良
タ	澤	原	康
タ	米	阿	庄
タ	菅	部	子
タ	澤	庄	永
タ	原	末	

二	朋	勝	一
郎	宗	良	保
康	原	子	
永	部		

事務部

事務部長	荒	井	完	経理課長	夫	雄	信	司	子	繁	一	崇
総務課長	天	内	正	経理掛長	宣	勇	利	幸	弥	美	倫	潤
庶務掛長(主査)	岩	渕	宜	主任	志	子	田	藤	岡	山	澤	吉
主任	津	村	邦	事務官	佐	長	藤	岡	山	澤	川	浦
事務官	永	沼	ひろみ	事務補佐員	青	長	岡	山	澤	川	浦	木
事務補佐員	小	岩	澄	ク	杳	青	澤	川	浦	木	北	北
ク	寺	島	弘	用度掛長	荒	三	鈴	川	浦	木	田	田
ク	渡	邊	奈	主任	三	鈴	川	角	浦	木	鳥	鳥
共同利用掛長	上	山	成	事務官	鈴	鈴	川	白	渡	木	辺	辺
主任	伊	藤	恵	事務補佐員	千	葉	鳥	千	亞	紀	千	子
図書掛長	千	葉	龍	ク	山	本	衆	亞	き	ゑ	ゑ	子
事務官	山	本	子	臨時用務員								