



第55回応用物理学関係連合講演会(2008年)

総論

講演会企画運営委員長 藤山 寛*

第55回(2008年春季)応用物理学関係連合講演会が、2008年3月27日(木)から3月30日(日)までの4日間、日本大学理工学部船橋キャンパス(千葉県船橋市習志野台)で開催されました。桜の咲く春らしいさわやかな気候のなか、幸い事故もなく、8,837名の参加者を得て盛況のうちに講演会を終えることができました。

ご承知のように、本学会の会員数は2007年に過去最高の24,000名を記録し、本春季連合講演会は会員数の4割近い驚異的な参加率を誇っております。いわゆる2007年問題の直撃を受け会員数減少に悩む他学会からは羨望のまなざしを向けられています。この高い講演会参加率は、近年の電子版情報の氾濫に対し、「最新の研究動向を効率よく知るには講演会に参加して生の声を聴くのが一番!」と期待する会員が多いことを示しています。また各分野のトップランナーが講演する充実したシンポジウム企画が、会員のみならず非会員の参加者をも増やしている大きな要因と思われます。今更ながら、講演会シンポジウムを企画運営する本委員会の責任と使命は大きい、と身が引き締まる思いです。

今回は日本大学理工学部の先生方を中心に現地実行委員会が組織され、講演会開催に向けて献身的に準備を進めてくださいました。現地実行委員長の山本 寛先生、副委員長の中川活二先生をはじめ、現地実行委員会の諸先生方のご尽力に厚く感謝申し上げます。また本講演会では、大学の理解あるご支援とご配慮のもとに、広々とした教室と整ったさまざまな設備を使わせていただくことができました。現地実行委員会顧問として全体運営にご配慮いただきました越智光昭日本大学理工学部長をはじめとする関係の方々の多大なご尽力に対しまして、この場を借りてお礼申し上げます。

今回の講演会では、一般講演3,849件、36件のシンポジウム発表など682件(一般講演の持ち時間15分で換算)を合わせて4,531件の講演申し込みがあり、47の口頭講演会場とポスター会場で活発な討論が行われました。とりわけ、以下の魅力的な特別企画が多く参加者の興味をひいていました。紙面の制限のため個別に詳しくご紹介することは省きますが、それぞれが応用物理学の現在と未来を象徴する課題を扱い、充実したホットな議論が各会場で展開され

ました。

- ①特別企画シンポジウム(タスクフォース委員会&講演会企画運営委員会主催)「応用物理学の将来ビジョン—2040年に向けたアカデミックロードマップ—」
- ②人材育成・男女共同参画委員会企画シンポジウム「新しい時代を切り開く理工系人材—産学人材育成パートナーシップ—」
- ③第42回応用物理学会スクール(応用電子物性分科会企画)「ZnO系半導体の結晶成長, デバイスの基礎」
- ④同スクール(教育・公益事業委員会企画)「地球温暖化と応用物理の課題」
- ⑤APEX・JJAPフレンドシップミーティング「離陸したAPEXを大いに語る・本音の討論」

連合講演会に付随するそのほかの行事として、第7回応用物理学会業績賞(研究業績)の贈呈式が学会初日に行われました。今回の受賞者は2名で、「アモルファスシリコン系太陽電池の先駆的研究」で濱川圭弘先生(立命館大総長顧問、阪大名誉教授)に、「アモルファス半導体超格子とシリコン集積化技術に関する基礎的・先導的研究」で廣瀬全孝先生(産総研次世代半導体研究センター長)に石原宏会長から賞状と記念品が授与され、その業績が讃えられるとともに、会期中に受賞記念講演が行われました。

併せて学会初日には、第23回講演奨励賞の贈呈式も行われました。今回は、2007年秋の学術講演会で発表された3,794件の一般講演のうち、申請のあった655件の中から慎重な審査を経て選出された38名が、受賞対象に選ばれました。

また、今回から、「放射線・プラズマエレクトロニクス」大分類分科から「プラズマエレクトロニクス」が独立し、合同セッションEが「スピントロニクス・ナノマグネティクス」に昇格して、それぞれ新しい大分類分科として講演募集を行いました。

図1は17の大分類分科および四つの合同セッションごとの発表申込件数です。当該分野がカバーする研究対象領域における研究展開の流れを受けて、分科ごとの発表件数に大きな差が生まれ始めている様子がうかがえます。また、前回に引き続きナノテクノロジー関連の論文が全体の約4割強を占めていますが、昨年と比較して有機分子、バイオ、環境分野が伸びていることがうかがえます。

講演会企画運営委員会では、進展の早い応用物理学の変化に即し、大分類分科のみならず中分類分科についても常に見直しを続けて適宜変更しており、投稿する際に発表セッションで迷うことがないようにしています。

現在、環境問題に配慮し、かつまた参加者の利便性を考

*長崎大生産

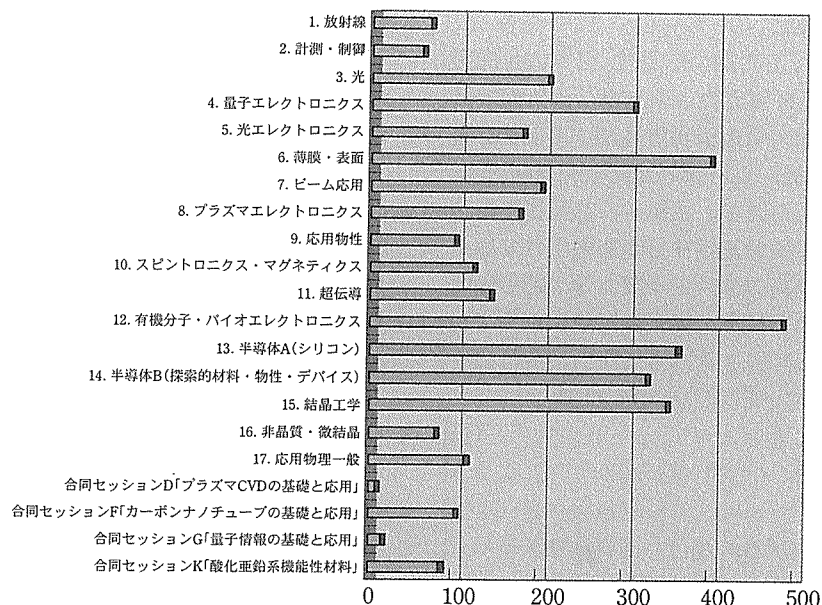


図1 講演件数

えて予稿集のDVD-ROM化を検討しています。今年3月に実施した本会の代議員や役員へのアンケートでは、ほぼ100%の方がDVD化に賛成されています。この結果を受けて、本委員会ではこれから本格的に予稿集のDVD化に向けた検討を始めます。今後も、会員サービスの向上や新しい取り組みを継続的に行い、応用物理学会の学術講演会が会員の皆様にとって、より有意義で活力のあるものになるように努めますので、会員の皆様のご理解・ご支援をよろしくお願いいたします。

放射線

高エネ研 齋藤 究

放射線分科は3月27日から30日の4日間に開かれ、65件の講演が行われた。一昨年の講演件数は30件、昨年は40件であり、順調に講演件数は増加している。一方で、3件の講演取り消しがあったのは残念である。当分科は前回までは「1.1 放射線・加速器・原子炉」という中分類分科であったが、今回から「1. 放射線」という大分類として新たに出版することとなった。これを機会にこの「放射線」という分野のさらなる活性化を期待する。

中分類分科ごとにみると、1.1 放射線物理一般・検出器基礎の講演件数が抜きん出て多く、ほかの中分類の4倍以上となっている。放射線分科に対する講演申し込みをよりやさしくするためにも、また新しい分野からの講演申し込みに対する敷居を下げるためにも、中分類構成と名称、各中分類のキーワードは随時見直していく必要があると感じた。

なお、中性子は、今回のシンポジウムでもテーマに取り

上げられているが、中分類分科1.1から1.2, 1.3においてもこれに関連する研究発表が多数あった。中性子は依然として重要かつ手ごわい研究対象であることが思い知らされた。

以下には各中分類分科の講演会について報告する。

「1.1 放射線物理一般・検出器基礎」

47件の講演があった(講演取り消し2件)。講演の内容は化合物半導体放射線検出器の基礎と応用、中性子検出器開発・二次元検出器への発展、飛跡検出器の物理と応用、シンチレーター・蛍光体・熱蛍光体の開発と基礎物性、カロリーメーターの開発、化学形弁別型放射能検出器の開発と多岐にわたる。化合物半導体放射線検出器の関連では、ポラリゼーション(分極)問題への対応策としてパルスバイアス法を定量的に工夫した発表と、電極材質を選定しバイアスのかけかたを工夫することにより、ポラリゼーションを抑制する新たな手法の発表があった。化合物半導体は優れた特性をもちながらも長年ポラリゼーションの問題がその実用化の壁となってきたおり、その解決が期待されている。また、先端的な放射線検出器開発の講演のみならず、すでに広く実用されているGM計数管の動作機構について、新しい技術を用い、新しい知見を得るといった講演もあった。また、中性子を測定対象とした蛍光体・シンチレーターの開発・特性評価、二次元ガス検出器の開発、反跳陽子テレスコープの開発などの発表があった。

「1.2 放射線発生装置・理工学応用」

6件の講演があった(講演取り消し1件)。中性子発生装置に関する発表と、レーザーを用いる、これまでの放射線物理の範囲の外に広がる研究発表があった。レーザー光により特定の原子、同位体、あるいはこれを含む分子を選択的に電離・励起する技術は、今後広い意味での放射線物理学でさらに発展していく可能性があり、注目していきたい。

「1.3 放射線応用・新技術」

12件の講演があった。PETに関する講演、日本の月探査機「かぐや」が昨秋打ち上げられたこともあり、月面でのガンマ線などに関する講演、中性子測定に関する講演、X線やガンマ線に関する講演、放射線の音響効果の研究であった。これまでと同じく、医学、生物学、惑星科学、工学など広い範囲で放射線やその測定技術が応用されていることが示されていた。また、アンホールディングあるいはこれに関連する方法が多く、研究で効果的に用いられていることも興味を引いた。

計測・制御

東洋大先端光センタ 勝 亦 徹

計測・制御分科では、計測技術、センサー、計測の精密化・標準化、制御・信号処理に関するさまざまな講演がなされた。今回は、分科の内容をわかりやすく解説するため、3件の分科内招待講演を実施し、講演会を通じて非常に活発な討論が行われた。これは、計測・制御分科の活性化にとって有意義なことと考えられる。講演テーマとしては、光、温度、周波数、時間に関連したものが多かったが、センサー材料や環境計測に関する講演の増加が注目された。

「2.1 計測・制御技術」では、「熱放射を利用した温度計測手法と新しい測定応用事例について」の分科内招待講演がなされた。一般講演では、無重力環境下における体重計測の試みや、共振ヤング率顕微鏡の観察結果、ボールSAWセンサーを使った超小型ガスクロマトグラフの開発など、新規の計測技術についての報告があった。温度計関連では、Siのバンドギャップを用いた温度計測や、ハイブリッド型の放射温度計の開発、蛍光画像を使った温度計測のほかに、水の赤外線透過特性を利用した温度計測など新たな温度計測の試みが報告された。さまざまな材料のセンサー応用を目的として、ダイヤモンドやナノカーボンの作製、繊維状イオン交換膜を使った陰イオン分析、蛍光体を使ったpHセンサー、有機半導体を用いた蒸散量センサー、LB膜を用いた味覚センサーなど、化学、環境、農業、食品関連の研究結果が報告された。このほか、USB変換器を使った小型計測器の報告にみられるように、汎用インターフェイスを利用したさまざまなセンサーの小型化、多機能化が今後ますます進展すると思われる。

「2.2 精密計測・ナノ計測」では、「生活と産業の基盤としての時刻・周波数配信と利用」の分科内招待講演がなされた。光による微小力学系の制御や、ゼーマン効果を利用した蛍光磁気センサー、蛍光画像による温度計測、放射温度計を利用した土壌の水分測定、水のミネラル成分と感性検査による水の味覚計測など、さまざまな分野の試みが報告された。また、高温超伝導材料や、グラファイトの磁気シールド効果や偏向特性など、興味深い報告があった。今

回は、センサー用多孔質ガラスの光散乱特性、オキシダントやNO_x、ホルムアルデヒド計測への応用など環境関連の報告が活発になされた。今後、環境計測や食品計測など社会ニーズの高い関連分野の活性化が期待される。

「2.3 計測標準」では、「生活と産業の基盤としての長さ計測—光コムによる距離計—」の分科内招待講演がなされた。時間標準関連では、日本標準時のドリフトの改善法、分子振動周波数の精密計測、小型の水素メーザー周波数標準器および、垂直型セシウムビーム周波数標準器の開発状況が報告された。このほか、Cs原子を使った原子泉方式の一次周波数標準器や、⁴⁰Ca⁺イオンを使った光周波数標準器に関する報告がなされた。Sr光格子時計に関連した外部共振器レーザーの開発や、トラップレーザーの周波数安定化技術など、将来の時間・周波数標準を担う可能性がある技術についても今後の展開が期待される。

光ファイバー通信網を利用した周波数標準の伝送や、人工衛星搭載の原子時計の評価、市販圧力センサーの動特性、インクジェットプリンターを用いた校正用の⁶⁰Co放射線源の開発状況、レーザーパワー標準のためのカロリメーターの開発状況、微量水分標準および高湿度標準の開発状況など、さまざまな標準化技術と、その運用状況について報告された。

光

和歌山大システム工 野 村 孝 徳

「3.1 物理光学・光学基礎」では、2件のらせん状の等位相面をもつ光渦発生法の新提案、1件のコヒーレンスホログラフィーの応用に関する発表など、合計5件の発表があった。光渦に関する研究は現在萌芽の段階にあり、今後の物性計測や光放射圧によるマニピュレーションなどでの展開が大変楽しみな分野である。また、電通大のWeiらは、位相情報が失われたため光による像情報伝送が困難と思われる系で、コヒーレンスホログラフィーを利用して三次元像情報を送る手法の提案し、情報伝送技術としての将来性を感じさせる発表を行った。(原口雅直)

「3.2 材料光学」では、20件の発表があった。大まかには、ホログラムや光記録に利用できる光学材料について、微細構造がもたらす色彩効果について、微細構造を用いた光導波路についてがあり、それぞれ、午前中、午後の前半および後半のセッションに分けて開催された。午前中のセッションでは、高い回折効率を実現するホログラフィック材料について報告があり、その光学特性の評価から、ホログラム記録方法、録画再生のアプリケーションに関するものまで、ホログラムをキーワードに多様な報告があった。午後のセッションでは、表面ナノ構造による構造色発現基板の設計・作製・評価について報告があったほか、モールドによるガラス基板上へのサブ波長周期構造の形成など微細

構造の作製法などや、その理論的解析や特性評価から、微細構造により発現される色彩効果、低反射コーティング、光導波路などのアプリケーションに関するものまであり、微細構造をキーワードにさまざまな報告があり、活発な質疑が行われた。(藤田克昌, 物部浩達)

「3.3 機器・デバイス光学」は2日目の午前12件の一般講演が行われ、サブ波長構造をもつ3波長光ディスク用波長板の設計、鋸歯状光強度分布形成のための位相マスク、SiC モールド法を用いたサブ波長構造制御技術、遠赤外領域でのFS-MMバンドパスフィルターの試作、双楯円光学系を用いた分光光度計などが報告された。例年に比べ発表件数が減少しているようではあったが、サブ波長領域関連が数件報告され、それぞれ着実に進展している印象を受けた。(広瀬直樹)

「3.4 計測光学」は、ショート講演付きポスターセッションで行われ、33件と前回の1.5倍近い数の講演があった。測定対象は、最近の傾向として、環境や生物関連の報告の割合が増えている。測定手法は多岐にわたるが、干渉計測、分光など、従来からのものに加え、光周波数コムとデジタルホログラフィーに関する発表が4件ずつと、着実に新しい技術にシフトしてきており、これらの新技術の成熟を感じさせる。非線形光学を用いた計測、LDパッケージ内の光検出器を用いた同軸型干渉計など斬新なアイデアの発表もあり、今後さらなる発展が期待される。(尾藤洋一, 岡村秀樹)

「3.5 情報光学」では、2日間にわたり例年とほぼ同数の31件の講演があった。初日に開催された関連シンポジウムも含めて盛況で会場はほぼ満員であった。立体ディスプレイやホログラフィックメモリの解析・応用などの分野では、これまでに成果をあげている研究グループから新たな進展が報告され、着実に進歩している様子うかがえた。目新しいところでは、簡便な在宅健康管理システムを目指した研究として、取得した画像から心拍計測を行う手法や薄型撮像素子を用いて口腔内三次元形状計測を行う手法が提案された。今後の進展に期待したい。(野村孝徳)

「3.6 視覚・色彩」では4件の発表があった。基礎的な研究としては、色覚に関する発表が2件、画像の鮮鋭度に関する発表が1件あった。これらは、網膜など視覚系の比較的低次のレベルの情報処理というよりは、大脳など比較的高次の情報処理にかかわるものである。また応用的な研究としては、伝統的な和紙を用いた新しい照明器具の光・色彩特性に関する発表があった。この照明器具は単に実用的な効果ではなく、感性的な効果を意図している。これら人間の高次の視覚情報処理にかかわる、基礎的、応用的な研究の進展に注目したい。(金子寛彦)

「3.7 生体・医用光学」では26件の発表があり、8件が拡散光関連、10件が非線形顕微分光関連であった。拡散光関連では、スペックルを用いた血流画像測定や眼底の血中酸素飽和度測定、内因性光信号の処理検討などが発表された。OCTでは、アプリケーションレートのOCTによる精密測

定、高速OCTやズームレンズ応用が発表され、顕微分光関連では、局所プラズモン共鳴を用いた蛍光増感測定、飽和励起を用いた蛍光像の高空間分解能化、非線形過程による振動モードの選択的励起、ファイバー型ラマンプローブ、偏光SHG顕微鏡などが発表された。さらにレーザー光による培養細胞への遺伝子導入や光ピンセットの発表など多岐にわたる発表に対して活発な議論がなされた。特に拡散光計測の機能化や蛍光像の高感度化・空間分解能化、振動モードの選択的励起技術などに関心が寄せられ、今後の進展が多いに期待される。(佐藤 学)

「3.8 近接場光学」は3日間にわたり、51件の講演が行われた。初日のシンポジウムを含め、講演会場はほぼ満席で活発な質疑応答が行われ盛況であり、また立ち見が出るセッションもあったことからこの分野への関心の強さうかがえた。今回注目された傾向として、金属・半導体・誘電体ナノ構造の形状制御、あるいは発光増強制御といったナノ構造を含めた環境と光の相互作用の制御に着目した講演が増えた点あげられる。特に、伝搬光で励起するにもかかわらず、これまでの巨視的な光応答としてはとらえられない光近接場に特有の現象が報告された点は興味深く感じられた。一方、講演数はそれほど多くはないが、ナノ構造を工夫して作製し近接場光による原子操作に応用しようという研究、近接場光相互作用の特徴を生かした励起移動やスピン偏極、といった新しい方向性を示す発表もあり、実験理論とも今後の進展が期待される。(小林 潔)

「3.9 光学新領域」はほかのセッションが少ない最終日であったため従来より聴講者が少なかったが、大変活発な議論が行われた。これは、各研究で用いられた技術要素において創意工夫が随所にみられたためであり、他分野との連携効果・新しい解釈などを示唆する内容であった。特に、レーザー光照射によってグリシンが爆発的に結晶化していくムービーは衝撃的であった。理論的にも応用面でも示唆に富む解釈と技術とが展開されており、各講演者の淡々とした様子と対照的に、聴講者はワクワクするような感覚を味わったのではないだろうか。10件のうち7件が光放射圧に関する研究で、3件が光ポンピングによる微小磁気計測の研究であった。(古川祐光)

量子エレクトロニクス

東大先端研 岩本 敏

本分科においては、量子情報、フォトリックナノ構造、各種レーザー・材料、非線形光学効果、テラヘルツ、分光・計測、レーザープロセスなどに関する報告が行われた。各分科の学会当日の様子を下記に記す。

「4.1 量子光学、原子光学」は、光を利用した量子情報に関する議論を深めることを目指し、ほかの分科と協力し、合同セッションG「量子情報の基礎と応用」を設置してい

る。今回も原子光学、量子通信、量子光学などに関して15件の発表が行われた。詳細は合同セッションGの講演会報告を参照していただきたい。(武居)

「4.2 フォトニックナノ構造」の発表件数は51件であった。作製法・材料系検討、群遅延・分散制御、レーザー応用、ナノ共振器、C-QED、非線形応用、光メモリー応用などが報告された。特に、GaN系青紫色面発光レーザー、C-QED系における大きな真空ラビ分裂の観測、離調時の発光特性の解明の報告などが注目された。(浅野、岩本)

「4.3 レーザー装置・材料」では、各種固体レーザー、ファイバーレーザー、紫外ガスレーザー、固体色素レーザー、軸対象偏光ビーム発生など、多岐にわたって56件の発表があった。今回は、うち45件をポスター発表で議論した。会場では、口頭発表にもまさる活気のある議論が行われた。(興、時田)

「4.4 超高速・高強度レーザー」においては、今回2件の奨励賞記念講演を含む多数の講演があり、活発な議論が行われた。今回の特徴は、凝縮系物質ならびに原子分子と超短パルスレーザー光との超高速相互作用に関する発表が数多く行われた点である。高強度レーザーの高性能化に関しても多くの発表が行われ、また、CNTを用いた超短パルスファイバーレーザーや、光周波数コム光源の研究が新たに増える一方、ファイバーレーザーやLDによる超短パルス光源の開発が着実に進んでいる。(中野、西澤)

「4.5 テラヘルツ全般・非線形光学」では、非線形波長変換・半導体レーザー内非線形効果およびテラヘルツをキーワードとした発表が行われた。半導体レーザー内非線形効果については、高い安全性を有する秘匿通信を目指した戻り光によるカオス発生・同期について議論が行われた。また、テラヘルツ関連では初日のシンポジウムに引き続き、分光・デバイスなど幅広い分野の講演があり、おのおの着実な進展が見受けられた。特に、テラヘルツ・コムの標準応用、チェレンコフ位相整合による広帯域・高強度テラヘルツ光発生など新たな応用分野につながる技術の発表がなされた。(関根、寶迫)

「4.6 レーザー分光応用・計測」では、17件の講演が行われた。分光応用関連では、LIBSや吸収分光による濃度計測、広帯域レーザーを用いた分子振動の選択的励起に関する興味深い報告がなされた。計測関連では、雲・エアロゾル、風、雷、気温、CO₂観測用ライダーに関する優れた報告がなされた。特に温室効果気体であるCO₂濃度の世界に先駆けた高精度な測定結果の報告があり、報道機関でも取り上げられた。(長澤)

「4.7 レーザープロセッシング」では37件の講演が行われた。若手研究者・大学院生からの投稿も多く活発な議論が行われた。分野としてはフェムト秒プロセスの講演が半数以上を占めており、液相アブレーション、高精度微細加工、バイオ・メディカル応用などに注目すべき結果が報告された。(大越、佐々木)

最後に、本報告をまとめるにあたり、お世話になった各

分科世話人各位に感謝する。

光エレクトロニクス

NECナノエレクトロニクス研 工 藤 耕 治

本分科の総発表件数は177件で、昨秋より4件微減、昨春よりは3件微増であった。今回「5.2 光記録」はポスター講演であり、各中分類分科で招待講演が行われた。分科内招待講演は好評で、恒例となりつつある。

「5.1 半導体レーザー・発光/受光素子」は、旧中分類5.1と5.2の合併後、初の講演会であったが、招待講演2件を含め45件の報告があった。長波系LDでは、CSG-DBRとSG-DFBを組み合わせた高出力フルバンド波長可変LD、25 Gbps直接変調AlGaInAs系DFB-LDなど、広帯域化・高速化が着実に進められている。また、センサー向け2.3 μm帯InAs/InGaAs-MQW DFB-LDや、次世代DVD用400 mW級青紫LD、医療バイオ用755 nm-LDなどが報告された。量子ドット関連では、広帯域LEDへの応用、QD-SOAの高温動作の検討などの報告がなされた。VCSEL関連では、横モード・偏光制御や、MEMSを用いた温度無依存波長可変化など、種々の多面的な報告がなされている。Siフォトニクス関連では、SOI基板上に貼り付けたGaInAsP系DFB-LDの電流注入動作が報告され、異種異機能領域接合型デバイスの今後の進展が期待される。受光素子関連では、招待講演で、G-PON用APDや40 G用導波路型APDなどの最新の受光素子開発動向が紹介された。一般講演では、長波長帯Ge/Si PD用低温基板貼り付け技術が報告され、またマイクロ波発生用PDにおいて無バイアス素子構造の提案、および4素子アレー構造により世界最高の1 W高出力動作が報告され注目された。

「5.2 光記録」は、10件のポスター講演と、シンポジウム「次世代光メモリーのイノベーションに向けて」で8件の講演が行われた。従来型光メモリーでは記録材料の熱解析などの実用化に関する報告、次世代光メモリーではホログラフィックや2光子吸収によるポリウムメモリーに関する最新動向の報告があった。

「5.3 光制御」は、103件と全体の約5割を占めている。光導波路では、非相反移相型光アイソレーターとしてSi導波路上にCe置換ガーネット膜を直接ボンディングし、しみ出し光に対して磁気光学効果を作用させ、消光比20 dB以上の非相反動作に初めて成功したという優れた結果が報告された。発表グループは、長年継続してこのテーマに取り組んでおり、正に「継続は力」であると感じる。Siフォトニクスでは、Si上にGeを結晶成長しPDとする報告がなされ、暗電流の増加がGe層の厚さと引張り応力に起因するという明快な議論がなされた。作製条件の導出にとどまる発表が増えつつある中、物理現象を深く掘り下げる重要性を再認識させられた。そのほか、光信号処理、石英系

薄膜・表面

東工大応セラ研 神谷利夫

光導波路, ポリマー光導波路, それらと非線形材料との組み合わせなどについて多数の報告がなされた. 強誘電体関連では, 結晶光学特性評価, 分極反転/光導波路作製プロセスから光変調/波長変換デバイスにわたる約 30 件の発表があった. 光・量子エレクトロニクス業績賞記念講演として東北大・伊藤先生とソニー・山田氏から分極反転非線形光学デバイスの歴史や展望に関する講演があり, 多くの聴衆の注目を集めた. 招待講演では, NICT・川西氏から LN 光変調器を用いた高速多値光変調技術や高消光比 (> 75 dB) 光変調技術の発表があった. 一般講演では, 結晶直接接合を用いた良好な埋め込み光導波路の作製および QPM 構造の作製が報告された. 今後のデバイスへの展開に期待したい. 非線形波長変換デバイスの進展も目覚しく, ppSLT 素子を用いた LD 光モジュールでは, シングルパスで 16 W もの緑色光出力が報告された. LD-TV などへの応用が期待される. 水晶のツインを利用した紫外光発生や QPM-DFG 中赤外光発生にも着実な進歩がみられた. 半導体, 非線形関連では, 従来どおり, 光変調/光スイッチ/波長変換デバイスなどに関する発表があった. 招待講演で, 東工大の小山先生からスローライト光回路に関する発表があり, Bragg 反射鏡による光の群速度低減の利用で, 各種光線形・非線形効果の 1 けた以上の増強, 1/10 以下の小型化の可能性が示された. 構造が VCSEL とほぼ同じで, 偏波依存性が小さく, 光結合損失が 1 dB に抑えられることは, 実用上魅力的である. 光スイッチ関連では, II-VI 族サブバンド間遷移 (ISBT) 光スイッチの低エネルギー動作化が飛躍的に進み, 実用レベルに近づきつつあり, 加えて, InGaAs/AlAsSb ISBT を用いた超高速位相変調デバイスへの可能性も示された. そのほか, Si 基板上への, VCSEL 常温接合技術や InAs/GaAs 量子ドットウェハー接合技術に関する発表など, Si フォトニクス関連の発表が新たに見受けられた.

「5.4 光ファイバー」は, 招待講演 1 件を含む 24 件の発表があった. この中で顕著だったのは, 高速光信号処理に関する光ファイバー技術について報告が多かったことである. 光通信分野の研究開発が 40 Gbit/s から 100 Gbit/s, 160 Gbit/s 伝送へと進んだことが背景にあると考えられる. さらに, 高速光通信の適用が期待されている光インターコネクションに関して, 高密度集積化の可能性や極限的な細径ファイバーによる光伝搬の理論検討が報告されている. 従来のセンサー関連技術などについても進展が報告されており, これらの新規テーマが加わることで光ファイバー分野の活性化が期待される.

本稿をまとめるにあたりご協力いただいた, 宇高, 入江, 青木, 美野, 村田, 八木, 各委員に深謝いたします.

「6.1 強誘電体薄膜」では, ポスターセッションを 2 日間にわたって開催し, 昨秋大会とほぼ同数の 65 件の発表があった. 内訳は PZT 関連 20 件, ビスマス系強誘電体 7 件, BiFeO₃ とマルチフェロイック材料関連 13 件, 強誘電体ゲートトランジスタ関連 7 件, 高誘電率材料関連が 9 件, そのほかが 9 件となっている. PZT 関連では配向制御とラマン・走査型顕微鏡などによる詳細な評価, BiFeO₃ 系では添加物による特性向上やひずみの影響などが活発に議論された. また赤外線センサー, 光学フィルター, 分極反転を利用した確率共振素子など新たな試みも報告されており興味深い.

「6.2 カーボン系薄膜」では, 75 件の口頭発表が行われ, 終始 50~100 名の参加があった. ダイヤモンドに関する講演では電子デバイス関連が半数以上を占め, 特にパワーデバイスに関する講演が目をつけた. デバイス応用を意識した結晶欠陥評価の講演も複数あり, 現実的なステージに近づいた印象である. そのほか, 成膜技術, 励起子発光の基礎過程, 不純物ドーピング, ナノダイヤモンドに関する講演があった. ナノバイオ応用の研究は今後の展開が期待される. 非晶質炭素, B-C-N 系薄膜に関する講演は 29 件であり, 講演, 質疑応答を総じて非晶質炭素系膜の構造・物性について基礎的な議論が必要であるとの認識が高まっている.

「6.3 酸化物エレクトロニクス」では, 奨励賞審査 26 件を含む 92 件の講演があった. 6.3 では, 新学問分野としての酸化物エレクトロニクスをはぐくむ側面と, 新材料・デバイスを育成し, 独立へと導く役割の両面をもつと思われる. ガラス基板上の Ti 系透明導電膜の低抵抗化に関する報告が相次いだ. また, In 系材料においてキャリアの高移動度化や硬 X 線光電子分光法による電子状態解析などの新規取り組みが報告された. SrTiO₃ 単結晶をベースにして, 絶縁体から金属・超伝導まで幅広い導電性を発現し, ヘテロ界面の電子物性の複雑さや面白さを示す研究が多かった. また WO₃, VO₂, TiO₂ などの酸化物薄膜による固体機能デバイス開発の進展が目立った.

「6.4 薄膜新材料」では, 例年, 講演内容が薄膜材料のプロセス, 物性, 評価技術と多岐にわたり, 自由な雰囲気でも活発に議論が行われている. 最近の傾向であるが, 手軽かつ新しい評価技術の開発や成長過程の基礎科学など, 将来の要素技術となりうる興味ある内容が目立っている. 中でもレーザー光, 電子線などをプローブとした局所電子状態の解析, 特に物材機構, 長岡技大グループによる SPR 現象解析による局所表面電子物性の評価, 東大グループによるピコ秒過渡反射率解析による薄膜結晶性, 電子状態の評価などが注目される.

「6.5 表面物理・真空」では、全43件の発表があった。これまでに引き続き、ナノ構造の形成と評価および表面酸化や吸着に関する講演が多数を占めた。今回は、理論計算(6件)、水素吸着・脱離系(7件)の増加が目立ち、シリコン表面からの水素脱離の解明など、興味深い内容の講演が続いた。また、真空技術や表面分析法についても、物理現象としてより深い理解を探求する傾向がみられ、熱心な議論が展開された。講演奨励賞の申請件数が減少してきており、今回は2件のみとなったことは残念である。若手研究者の育成のためにも、積極的に機会を活用していただきたい。

「6.6 プローブ顕微鏡」では、前回春の講演会52件(秋はポスター講演のみで59件)より4件増加し、講演奨励賞受賞記念講演1件を含む57件の報告があった。内容は、顕微鏡を用いた物性研究と、装置・測定法の改良・開発が、ほぼ半数であった。研究対象はこれまでどおり金属、半導体、誘電体、生体材料など多岐にわたり、原子構造、組成、電子状態、電磁気物性、応力など、さまざまな物性に関する測定、そして、探針を用いた試料加工について活発に議論された。液中AFMによる高精度測定では分解能の向上が著しく、分子・原子分解測定のほか、固液界面における溶媒和構造計測の報告があった。講演奨励賞への審査希望は6件あり、若手研究者の活躍も顕著であった。

本報告作成にあたり、各プログラム委員に担当中分類の報告執筆をしていただいた。ここに感謝いたします。

ビーム応用

産総研 廣島 洋

「ビーム応用」では総数212件の講演が行われた。以下に各中分類分科の報告を示す。

「7.1 X線技術」(37件)では、実験室光源を前提とした高度なX線光学系、放射光光源を利用した三次元計測および時間分解計測、新しいX線検出器の開発状況などが報告された。これまで地道に進められてきた軟X線多層膜作製技術の精度向上に格段の進歩がみられた。EUVリソグラフィ用の光源としては、最小質量スズターゲットを用いた方式の研究が実用化に向けて集中的に進められている。

「7.2 電子顕微鏡、評価、測定、分析」(20件)では、試料表面の帯電に起因する諸問題の議論、薄膜セル内に封入した試料の化学反応のTEM観察、傾斜照明法を用いたTEMの高分解能化をさらに進める新技術などが報告された。陽電子顕微鏡では、ほかの手法では得られない空孔型欠陥の分布をミクロンオーダーで観察したというインパクトの強い成果が報告された。

「7.3 リソグラフィ」(36件)は27、28日に行われ、28日の午後にはEUVのシンポジウム(9件)が開催された。初日はレジスト関係の発表が多く、材料物性や反応機構の研究のほか、レジスト除去に関する発表が5件あったのが注

目された。また、弾丸電子や非断熱近接場光などを用いた種々の微細加工技術の発表があった。EUVでは反射ミラーの作製、コンタミネーション除去方法など発表に加えて、マスクの静電チャックにおける異物の影響シミュレーション、マスク観察の手法に関する内容が興味深かった。

「7.4 ナノインプリント」(30件)では、離型に関しては多くの発表があり、AFMを利用した評価、樹脂の分子量依存性、樹脂収縮の効果、側壁のラフネスの影響などに関して検討されていた。理論的な検討では、分子レベルでの樹脂変形を分子動力学を用いてシミュレーションを行う試みが報告された。また、応用的な発表では、ピラー構造を利用した反射防止構造に関して、実用的な観点から低アスペクト化を行い、良好な特性が示されていた。

「7.5 ビーム・光励起表面反応」(13件)の前半では分科内特別講演「ナノ構造素子の信頼性」が行われ、微小体積にキャリアを閉じ込めることで必然的に誘発される構造変化現象の予測と欠陥反応への警鐘が行われ、その発現条件およびプラスに転化するアイデアなどについて講演があった。引き続き一般講演では、各種ビーム照射による表面反応が議論された。特に、多価イオンによる表面一層ずつの選別SIMSの開発の発表が多価イオンの秘められたポテンシャルとその技術開発の重要性で目を引いた。

「7.6 イオンビーム一般」(34件)では、原子・分子状の正・負イオン、低・高エネルギーイオン、多価イオン、集束イオン、クラスターイオンなど、さまざまなイオンビーム照射による表面加工やパターンニング、ナノ粒子・ナノロッド形成、薄膜形成、あるいはイオンビームを用いた計測・分析技術の開発やイオン源装置の開発について活発に議論され、多種・多様なイオンビームの基礎から応用に関する最新の研究成果が示され、今後の展開が期待された。

「7.7 微小電子源」(26件)では、ディスプレイ・真空ナノデバイス応用に向けたSi系、金属系、炭素系(カーボンナノチューブ、ダイヤモンドなど)、強誘電体系などの陰極材料の電子放出特性、およびこれらのFEA作製プロセスに関する報告を中心に、電子源の幅広い応用に関する報告がなされた。また、高輝度スピン偏極電子源や単原子電子源など高次機能を有した電子源の研究発表があり、今後の応用展開が期待される。

「7.8 ビーム応用一般・新技術」(7件)では、エレクトロスプレーを用いた溶液型クラスターイオン源の開発、レーザー照射による銅酸化膜のめっき触媒利用技術が報告された後、電子線利用技術が報告された。電子線利用では、有機無機ハイブリッドナノ構造体の形成、磁気ディスク欠陥検査、イオン液体のナノ重合化やAFMカンチレバーチップの観察など、高い空間分解能を活かした技術が提案され、活発な議論が交わされた。

本報告は、羽多野忠(東北大)、早田康成(日立中研)、浅井了(富士通)、渡邊健夫(兵庫県立大)、篠塚雄三(和歌山大)、高岡義寛(京大)、畑浩一(三重大)の各プログラム委員のご協力により作成した。

プラズマエレクトロニクス

首都大 栢久保 文 嘉

本分科は、“放射線・プラズマエレクトロニクス”が発展的に分離したもので、これに伴い、中分類も精査された。

「8.1 プラズマ生成・制御」はポスターセッションとして開催され、44件のポスター発表と講演奨励賞受賞記念講演1件が行われた。大気圧プラズマ関連が19件で現在最も活発な研究分野である。分科会主催のシンポジウムでも取り上げた液相や気液界面のプラズマ現象が8件あり、ポスターでも注目を集めた。そのほかECRイオン源やRFプラズマ源の実験やシミュレーションが報告された。マイクロ波電源のコスト低減のため、整合回路を廃してマグネトロンをプラズマ源に直結する試みが示され実用上興味深い。

「8.2 プラズマ診断・計測」では26件の講演があった。電氣的計測では、周波数シフトプローブによるプラズマ診断、オンウエハーモニタリングに基づくコンタクト孔中イオン挙動予測、プラズマ処理表面の光電子分光などの講演があった。光学的計測では、高感度微粒子計測、各種吸収分光計測、真空紫外域の発光絶対強度校正、トムソン散乱計測における多光子電離の影響、テラヘルツ時間領域分光法 (THz-TDS) によるプラズマ診断など、多岐にわたる講演があった。Si酸化膜形成機構の解明とTHz-TDSのプラズマ診断への本格適用に関する講演が印象的であった。

「8.3 プラズマ成膜・表面処理」では28件の講演があった。内容は表面硬化処理、パッシベーション膜や半導体膜の作製、医療用ポリマー材料の表面処理、大気圧プラズマによる大面積、あるいは高速局所CVDなど多岐にわたった。大気圧プラズマを用いた新規応用開発が依然として活発で、GaN結晶成長の低温化などが報告された。一方で、オーソドックスな実用技術であるスパッタリング成膜に関しても、装置の改良や成長過程のシミュレーションまで含めて6件の講演があった。目新しい試みとして、沿面放電を用いたパターンニングに関する報告が2件あり、興味を引いた。

「8.4 プラズマエッチング」では、一般講演32件と、講演奨励賞受賞記念講演1件が行われた。新材料エッチングの解析、リセス低減、ダメージ、ホール形状異常の発生メカニズムの解析など、量産を見据えたプロセス研究から、新電極冷却方式、新ウエハー温度測定方式など新しいハードの研究まで、多岐にわたる講演があった。また、ハード、プロセス、モニター、制御を総合したエッチングシステムの自律的制御など、興味深いコンセプトに関する講演もあり、今後の高精度プロセスへの適用において、高精度化、安定化など、さまざまな効果が発揮されるものと期待がもたれた。

「8.5 プラズマプロセスによるナノテクノロジー」では

21件の発表 (カーボンナノチューブ:9件, フラーレン:2件, 微粒子・ナノ粒子:4件, ミクロコーン:1件, 水中アーク:1件, シリコン量子ドット:1件, 5H-BN:2件, レーザー支援プラズマCVD法関連:1件)があった。特に、室温大気圧微小プラズマによる金ナノ粒子合成や、シリコン量子ドットの表面修飾と青色発光メカニズムなどに代表されるようなナノ・デバイス複合領域的な発表がなされ、ナノ物質創製に対するプラズマ活用・応用が多角的かつ着実に進展している印象を受けた。

「8.6 プラズマ現象・新応用・融合分野」は光源、環境・バイオ応用、液体・液中プラズマ応用、プラズマフォトンクスなどの新応用・融合分野からプラズマ基礎までを広く扱うセッションに生まれ変わり、今回は22件の講演があった。その内容は、水銀フリー光源、医療用器具のプラズマ滅菌、生物機能の不活性化、気液界面の反応による水処理、気流制御、プラズマフォトンクスによる電磁波伝搬制御などである。今後、まったく新しい概念に基づく応用の出現が本セッションから生まれることが期待される。

本報告は、八田章光(高知工科大)、松田良信(長崎大)、一木隆範(東大)、板橋直志(日立中研)、平田孝道(武蔵工大)の各氏のご協力により作成した。

応用物性

産総研 舟橋 良次

「9.1 誘電材料・誘電体」では、23件の発表があった。講演内容は第一原理計算、放射光を用いた電子構造評価、BaTiO₃微粒子、セラミックス中微粒子のサイズ効果、各種光学特性、非鉛系圧電材料の圧電特性、(Ba,Sr)TiO₃薄膜の電気特性、電気光学特性などの内容があり、基礎から応用まで、バラエティーに富んだ講演が続いた。特に、非鉛系材料:(Bi_{0.5}K_{0.5})TiO₃と高い強誘電性をもつBiFeO₃との固溶体セラミックスの圧電特性が関心を引いた。今回、講演件数が多くなったにもかかわらず、活発な討論が続けられた。

「9.2 微粒子・粉体」に関する発表は9件であった。微粒子に関する発表は4件で、材料系ではIn-Sn, Sr-Al-O-Eu²⁺, Mn-Zn, SiO₂, TiO₂, 狙いとする応用分野はそれぞれ、Pbフリーはんだ、青紫蛍光体、高周波用磁性材料であった。また粉体に関しては2件、輸送中の粉体の電荷測定法および粉体塗料の最小着火エネルギーに関する発表が行われた。また静電気の中和法について3件の発表があった。本分科会での発表では応用分野、材料系ともに多様であるが、座長の巧みな進行により活発な討論が行われた。

「9.3 ナノエレクトロニクス」は24件の講演があり、多様な分野の講演者と多数の聴講者が集まり活発な討論がなされた。特に活況だったのがナノギャップ関連で、ツールやメモリーが志向されている(産総研, 東大, 京大, 農工

大)。同時に、SPM プロセスと応用 (農工大, 横浜国大), 分子デバイス, ナノワイヤとデバイス応用 (阪大, 北大), 単電子回路・NEMS (北大, 電通大, 広大), ナノダイナミクス評価 (NTT) と, マルチディシプリナリな議論が展開された。今後もセッションの特長を保ちつつ, 分科キーワード整理などを通し投稿・議論しやすい環境を整えていく。

「9.4 熱電変換」はポスター講演で 31 件の発表があった。化合物半導体, 酸化物, 薄膜, ナノワイヤなど材料の発表が中心であった。酸化物では押出成型による素子量産技術に関する報告があり, 実用化に近いことを実感した。化合物半導体では Si 系クラスレートの発表が目立った。低コスト, 低環境負荷の材料として今後の性能向上に期待したい。評価技術ではナノコンタクト, 点接触といった微細領域の計測技術について興味深い報告があった。さらに材料の異方性を利用した熱電性能増強も報告され, 熱電変換の新たなデバイス技術の芽もうかがえた。モジュールに関しての発表はなかったが, 電力を最大限利用する電力追尾装置についての研究も紹介され, 材料から応用まで広くカバーした学会であった。

「9.5 新機能材料・新物性」では, 11 件の講演があった。スクッテルライト化合物やホイスラー化合物, ナノ薄膜コンポジットなど新材料創製, 特性評価について 4 件の報告があった。組成やプロセス条件の影響について深く解析, 議論がなされており, 実用に向けて着実な進展がうかがわれた。今回, 企業からの報告が 3 件あり, 基礎物性から実用製品をつなぐ研究として注目された。特に電界誘起巨大抵抗変化を利用したバルクスイッチング素子の報告は, ReRAM の発展型新規デバイスとして実用化に期待したい。計算機ナノマテリアルデザインについても 2 件の報告があり, 新規材料探索の有効な手法として広まりつつあると感じた。

スピントロニクス・マグネティクス

東北大通研	大野裕三
東北大金研	福村知昭
日立基礎研	伊藤顕知
東芝	大沢裕一

今春より合同セッションから大分類分科に昇格し, 四つの中分類分科が設けられた「スピントロニクス・マグネティクス」は, 4 日間の会期を通じてセッションが開催された。一般講演の件数は過去最高の 121 件であった。また, 初日の関連シンポジウムで 11 件の講演がなされた。中分類分科ごとの内容紹介を兼ねて, 以下にハイライトを記す。

「10.1 新物質創成・物性探索」関連では, 対象物質・物性のバリエーションが増した。強磁性金属関連では, 高スピンの偏極ハーフメタルや垂直磁気異方性と小さい磁化を兼ね備えた L1₀ 構造規則合金の物質探索 (東北大, 名大), フルホイスラーの配向膜の RTA による作製 (東工大) などが

報告された。強磁性半導体関連では, 電解質や ALD を用いた強電界印加 (東北大), 光誘起磁化ダイナミクス (東工大), 二重障壁トンネル接合の電流注入磁化過程 (東工大), Fe 電極を用いたトンネル分光 (産総研), 電子線ホログラフィーによる磁区の高分解能観察 (沖縄大), MnAs ナノ粒子を組み込んだトンネル接合での 10⁵ % の磁気抵抗 (東大) など, さまざまな物性が報告された。ワイドギャップ強磁性半導体関連では, Co ドープ TiO₂ の 600 K での異常ホール効果の観測 (東北大), Gd, Dy ドープ GaN の磁性 (阪大) などが報告された一方, MBE 成長 Co ドープ ZnO においてキャリア誘起強磁性を否定する報告があった (東北大)。新材料系では, フラーレン-Co (東北大), ルブレン-Co (阪大) ナノコンポジットでの巨大磁気抵抗に加えて, グラフェンのスピン輸送 (阪大) や有機分子を介した磁気抵抗 (北陸先端大) など, いろいろな有機物を用いた報告がみられたほか, 今回新たに磁性誘電体に関する報告 (名工大) が加わった。今後も, 新物質・新物性に関する研究の進展が期待される。

「10.2 スピンデバイス・回路・計測技術」では, 東北大より CoFeB を用いた MgO 絶縁障壁磁気トンネル接合 (MTJ) の高 TMR 比化があったほか, エピタキシャル成長したホイスラー合金 MTJ においても東北大, 北大から室温で約 200% 大きな TMR 比の報告があった。またホイスラー合金 MTJ において, 低温に比べ室温で TMR 比が低下するメカニズムについて理論・実験両面から活発な議論が繰り広げられた。スピン注入磁化反転では, 材料の検討による磁化反転しきい値電流密度の低減 (産総研) のほか, スピントルク磁化反転の実時間計測 (日立/パリ南大/東北大, 大阪大/産総研) や, 垂直膜を用いたスピン注入磁化反転素子の開発 (東芝, 産総研) が相次いだ。また, 独創的な手法による磁気渦ダイナミクスの時間分解測定 (京大/CXRO/電通大/NEC/阪大) が多くの注目を集めた。

「10.3 磁気記録媒体・磁気センサー」では, ビットパターンメディア (BPM) 応用などを目的とした Co-Pt, Fe-Pt 硬磁性微粒子, および CPP-MR センサー応用を目的とした Fe/Co 系軟磁性積層膜などを中心に合計 10 件の発表/質疑応答が活発に行われた。特に Co-Pt 磁性 BPM ドットでは, ドットサイズを小さくすることで一斉磁化反転モードとなり, BPM 実現に重要な Switching Field Distribution (SFD) が, およそ 1~2 Tbps レベル (20 nm 径) で約 25% に低下することの実験結果が報告された (秋田産総研セ)。また, MR センサー材料では, MgO (001) 上に 75°C の低温で形成された [Fe/Co]_n Atomic Multi-layer (AML) の分極率を PCAR 法 (@4.2 K) で測定したところ約 0.6 の大きな値を得た (東北大)。工業的には, 低温で成長させても大きな分極率が得られる Fe/Co-AML は, 低抵抗率でもあるためメタル系 CPP-MR 素子への適用という点で興味深い。

「10.4 光・量子スピントロニクス」関連では 10 件の一般講演が行われ, 直接-間接遷移半導体間のスピン輸送

(東工大), 時間分解カーン転法や量子ホール系におけるエッジチャネルを用いた核スピンコヒーレンス制御(東北大, 東大院工)など興味深い実験結果が発表された。また, 本セッションで東北大の北智洋氏より, 「MOS-Gate 付き $\text{In}_{0.56}\text{Ga}_{0.44}\text{As}$ 縦型量子ドットにおける電子スピンの有効 g 値」と題して講演奨励賞受賞記念講演が行われた。

本研究分野に携わる皆様のご尽力で, 大分類分科昇格後初めての講演会は盛況に終わった。本セッションが今後もよりいっそう発展し, 活発な議論の場となるようご支援・ご協力を賜りたい。

超 伝 導

名大院工 吉 田 隆

超伝導分科では, 五つの中部類のもと計 140 件の講演が行われた。

「11.1 基礎物性」では, 今回, 34 件のショート講演ならびにポスタープレゼンテーションが行われた。発表の内訳としては, 新材料関係 8 件, BKBO 系 2 件, バルク・単結晶関係 2 件, 固有接合関係 10 件, 超伝導物性関係 3 件, 磁気光学顕微鏡関係 2 件, 高周波特性関係 2 件, 新デバイス関係 2 件, MgB_2 系 3 件であった。新材料関係では Ce 置換のない T' 構造 RE_2CuO_4 ($\text{RE}=\text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}, \text{Gd}$) の超伝導化の報告が目された。また, Ni 系層状リン化合物 BaNi_2P_2 が約 3 K の新超伝導体であることが報告された。固有接合関係では, 接合作製法からトンネル分光, 磁場・高周波応答などについてさまざまな実験・理論報告があった。磁気光学顕微鏡関係では, 交流磁場印加時の YBCO 線材におけるリアルタイムな磁束分布の可視化について報告があり, 同方法を用いれば交流損失の評価が可能であることが示された。また, 新デバイスとして LSCO 細線上に微小な磁性体アイランドを置くことによりジョセフソン接合として機能することが報告された。 MgB_2 系では, $\text{MgB}_2/\text{Al}/\text{AlN}/\text{MgB}_2$ 積層構造で構成された $I_c R_n$ 積の大きいオーバードラップ型ジョセフソン接合についての報告があり, MgB_2 を用いた接合作製技術が着実に進展していると感じられた。今回ポスターセッションであったが, いずれの発表も活発な議論が行われていた。

「11.2 薄膜, 厚膜, テープ作製プロセスおよび結晶成長」では, 午前中は主に MOD 法に関して 9 件, 午後は MgB_2 薄膜およびピン導入プロセスに関して 13 件の報告がされた。MOD 法では, 厚膜化, 各種 RE 123 系膜の高性能化などの観点から報告が行われた。また, 人工ピン導入による MgB_2 材料や RE 123 系膜の高磁場特性向上に関する試みも報告された。PLD 法では BaZrO_3 など自己組織化ピン止め材料の導入プロセス, 微細組織観察から人工ピンの成長メカニズムに関しての検討が報告された。

「11.3 臨界電流, 超伝導パワー応用」セッションでは,

午前中 9 件, 午後 12 件の合計 21 件の報告がなされた。この中には, 講演奨励賞受賞講演 1 件が含まれている。午前中は, MgB_2 線材および膜に関して 2 件, Bi 系材料に関して 2 件, パワー応用に関してケーブル・マグネット・軸受けの 3 件の報告が行われた。パワー応用に関する講演の多くははまだ研究初期の報告であったが, 今後の発展が期待される内容となっており, 応用物理の観点でパワー応用を解析・設計するために今後の発表件数の増加と活発な議論に発展することを期待したい。 MgB_2 材料に関しては, パワー応用の観点では順調に特性の向上がみられるが, J_c をさらに実用レベルにもっていくためには, 現在 10%程度と報告されている多結晶材料の connectivity をいかに向上するかにかかっているようである。Bi 系に関しては, 最近高い特性のものが安定にできるようになってきているが, まだ十分に理解されていない, 電流輸送機構や化学組成の影響についての報告がなされた。午後の RE 123 系材料に関しては, ナノロッド人工ピンによる特性の向上と磁束ピンニング特性に関する報告が多くを占めた。特に講演奨励賞受賞講演では, 人工ピンの組織を制御した試料に関して, 磁束ダイナミクスの観点でまとめた前回の内容をさらに人工ピンの種類を変えた試料にまで発展させ聞き応えのある発表となった。人工ピン以外の発表では, 材料の実用を想定した交流損失への磁性基板の影響や, 交流損失低減のためのストリップ形状に加工した場合の問題点, 膜厚の問題, 引っ張り応力による特性劣化挙動など材料学的な報告が行われた。

「11.4 アナログおよび関連技術」では, SQUID, マイクロ波フィルターおよび超伝導検出器など, 36 件の講演が行われた。SQUID に関する発表では, 交流用超伝導線材の欠陥評価, 高感度水分量計測, 磁気マーカーを用いた免疫検査システムなどの講演があり活発な議論が行われた。超伝導フィルターでは, さまざまな方式のチューナブルフィルターの開発およびそのチューニング特性について報告がされた。超伝導検出器に関しては, 電波天文, 量子情報通信, テラヘルツ波検出および質量分析など, さまざまな分野での応用へ向けて活発な質疑応答がなされた。そのほか, 高感度磁気光学顕微鏡やジョセフソン電圧標準などについても報告された。

「11.5 接合, 回路作製プロセスおよびデジタル応用」では, 28 件の発表があり, 午前は作製プロセス, 午後は SFQ 回路の設計, 評価を中心としてセッションが行われた。超伝導単一光子検出器や超伝導転移端センサーなどの出力信号処理に, SFQ 回路を利用しようという研究提案があり, 現状技術で動作する SFQ 回路で実用化を目指すアプローチとして, 今後の進展が期待される。そのほか, Nb 多層配線プロセスの進展や, このプロセスを使った電源供給, モート形状, 受動線路の伝送特性に関する報告があり, 活発な議論が行われた。

なお, 本報告は, 入江晃亘(宇都宮大), 仙場浩一(NTT 物性基礎研), 淡路智(東北大), 川山巖(阪大), 寺井弘高

(情報機構)の各氏の協力により作成したものである。

有機分子・バイオエレクトロニクス

東大理 島田 敏 宏

有機分子・バイオエレクトロニクス (M&BE) 分科においては大分類中最多の 486 件の一般講演が行われた。今回は前回・前々回に比べ講演数がやや減少したが、理由としては、国内外の他学会との日程の重なりが考えられる。右ページの図 1 に、中分類ごとの発表件数の推移を示した。本大分類に関連の深いシンポジウムとして「光-分子強結合反応場の基礎・応用・展開」「CMOS 技術によるバイオメディカルデバイスの展望」「ナノテクの難病研究・医療への応用」「液晶応用の新展開」「バイオに学ぶ電子デバイス作成とその応用」が行われた。

「12.1 作成技術」は今回はポスターとなり、くわしい議論やノウハウの交換などで意義深いものがあつた。蒸着重合による高分子の自発分極、湿式プロセスによるグラフェン膜作成、金属ナノ粒子とリンカー分子を用いた接合などが目新しいものであつた。

「12.2 評価・基礎物性」では今回は電気特性や電子状態解析に関する講演が多く見受けられた。単分子の電気伝導特性、光電子分光・逆光電子分光、プローブ顕微鏡、表面プラズモン分光、液体表面物性、グラフェン層間の分子間力測定、界面電子状態の計算などに関する発表があつた。

「12.3 電子機能材料・デバイス」に関しては 57 件中 33 件が有機太陽電池に関するものであり、多くの参加者が集まった。材料の高純度化など基礎研究に加え、色素増感型では実用化を念頭に置いた研究がみられた。そのほか、有機磁性や有機物を用いた金属材料のナノ構造制御の試みが注目される。

「12.4 光機能材料・デバイス」については、フォトクロミック材料の光異性化反応を利用した表面選択性と有機ナノ結晶からの単一光子発生に関する報告のほか、大きな進展のみられた研究が多かつた。

「12.5 液晶」については、シンポジウム「液晶応用の新展開」も催され活発な会議となつたが、一般講演が夜遅くにおよび、プログラム編成の課題が明らかになつた。ディスプレイにかかわる内容に比べ、新規応用を期待される微細構造化の内容が目をつけた。

「12.6 高分子・ソフトマテリアル」については、約半数を占める導電性高分子関連に加え、「ナノ」をキーワードとする発表の件数が多かつたことが特筆される。

「12.7 生物・医用工学・バイオチップ」においては、3 件の関連シンポジウムに加え、66 件の一般講演が行われた。集積化センサーや生体材料関連では実用性の高い発表が多くなり、医療・生理学・生物の専門家の参加が待たれる。

「12.8 有機 EL」では、他学会の関連講演日と重ならない

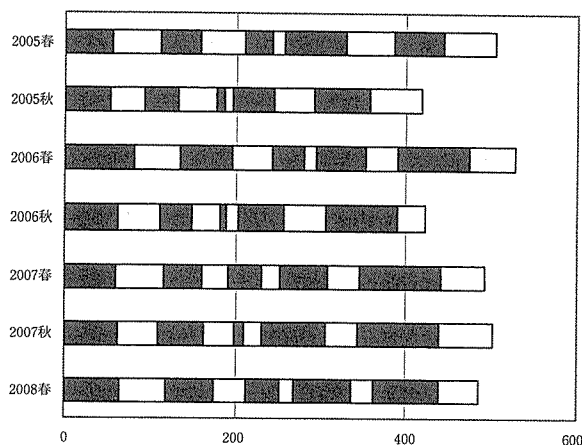


図 1 有機分子・バイオエレクトロニクス分科中分類の発表件数の推移。左から右へ、12.1~12.10 の順。

ように日程を調整した結果、連日会場は一杯であつた。最も一般的な有機 EL 材料である Alq₃ における新しい知見にこの分野の奥深さが感じられた。

「12.9 有機トランジスタ」は、今回特定テーマから常設中分類に昇格したが、他学会との重なりのためか、発表件数はやや減少した。有機半導体単結晶トランジスタおよび塗布による作成技術に関する発表件数の伸びが注目される。基礎物性のみならず実用化に向けての基礎基盤技術の確立が産学官で着実に進行している印象を受けた。

「12.10 特定テーマ 生体分子計測・バイオナノテクノロジー」については、47 件の発表があつた。本セッションは質疑応答は活発に行われるが、境界分野研究であるため、深い議論はなされにくい点が課題である。講演奨励賞受賞講演をはじめ若手の発表が好印象であり、今後もチャレンジな話題提供の場であることを期待する。

各中分類での詳細なトピックスに関しては、M&BE の分科会誌 (Vol. 19, No. 2) に掲載予定であり、各中分類分科世話人各位に感謝します。

半導体 A (シリコン)

宇宙研 廣瀬 和之

「13.1 基礎物性・評価」では、3 日間にわたり 43 件の発表があつた。また、関連するシンポジウム「シリコン系材料・プロセス評価の最前線—放射光利用による新展開」が 3 日目午後で開催された。一般講演では、酸化膜の固定電荷、誘電率、仕事関数などの実験では明らかにできない重要パラメーターに関する第一原理計算の結果、放射線照射効果や SiGe 物性など将来の LSI で重要となる現象についての知見、また不純物に関する高感度・高空間分解能の物理測定法や局所わずみの計測法に関する報告などが発表された。そのほか、多孔質、ナノワイヤ、ナノクリスタルに

関する多数の発表が継続的に行われている。配線関係のウェット洗浄、金属の拡散・付着・応力に関する基礎研究もあり、多彩な興味深い発表に対して活発な討議が繰り広げられた。

「13.2 半導体表面」では、発表件数は35件と昨年並みであった。主な発表内容はシリコンウェハーの洗浄技術とSiの初期酸化過程の解析である。特にSi(110)面を対象とした研究が増加傾向にある。Si(110)面が大気圧中での溶液処理とアニール処理の最適化により、(111)面および(001)面と同時に原子レベルでの平坦化が可能であることが示された。マルチゲートトランジスタ作製に向けた今後の実用化検討が期待される。これに加えて今回は、量子コンピューターデバイスをターゲットとしたSTMリソグラフィーの基礎検討に関する研究も報告された。

「13.3 絶縁膜技術」では、一般講演数90件、関連シンポジウムを含めると98件と、例年同様多く、また初日に廣瀬全孝先生の業績賞受賞記念講演もあり、会場も多数の聴講者を集め、期間中活発な議論がなされていた。一般講演では、シリコン酸化膜、High- k 絶縁膜技術に加え、メタル電極技術、シリコン以外のゲルマニウムやIII-V族など新規の基板に関する発表が増加しており、全体の約30%を占めるようになった。絶縁膜技術が、電極や基板も含めて総合的に議論され始めていることを示し、ポストSi技術も視野に入れた将来技術の要素技術の議論の場として、全体が活性化していることが見て取れる学会であった。

「13.4 配線技術」では、「多機能・高集積LSIデバイスとインターコネクト技術」と題した分科内シンポジウムを行った。従来までの微細化・高速化という単一のベクトルではなく、アプリケーションの視点に立って、配線技術の今後の進むべき方向性を議論することがシンポジウムのねらいであり、多数の参加者にとって有意義な議論を交わすことができた。また、一般講演として36件の口頭発表がなされた。従来のCu/Low- k 配線技術に加え、3D実装、受動素子、MEMSなどの新たな技術分野が増えているのが特徴である。

「13.5 Siプロセス技術」では、Al誘起層交換成長法によるSiGe、固相成長によるa-Geの成長、ECRスパッタ、RFスパッタ法による絶縁膜の形成、シリコンナノ構造のPL特性、高温水素エッチングによる線幅揺らぎ低減の技術が報告された。イオン注入分布の新しい解析モデルが提案され、金属/Ge基板のショットキー障壁についても議論された。そのほか、SiC、TiSiN、PtSi、NiSi、TiN、TaCの材料についても報告された。さらに、Si膜の結晶化、Siナノワイヤの成長、電流検出型原子間力顕微鏡によるpoly-Si膜の結晶粒界評価など物性に関する発表があった。また、半導体レーザー、エキシマレーザー、熱プラズマジェットを用いたドーピング技術、さらに、Si TFTの特性変化についての実験およびシミュレーション結果も活発に議論された。

「13.6 Siデバイス/集積化技術」では、前回とほぼ同数

の74件の報告をポスターセッション形式で行い、ポスターを前に活発な議論が行われた。分野の内訳は前回とほぼ同様、RF/MEMSデバイス、Siナノデバイス/単電子輸送特性、Ge MOSFET、SOI/finFET、キャリア移動度解析の多岐にわたっている。件数も分野ごとにほぼ同数で、全体として安定かつ着実な研究の進展が感じられた。その中でも、微細MOSFETで課題となっている、しきい値電圧のランダムばらつきの新しい規格化手法の提案があり、世代を超えたばらつき評価指標として注目されていた。

「13.7 シミュレーション」は3月28日午前9:00から午後12:45の予定で行われた。講演番号12番までは順調に時間どおり進んだが、13番の講演開始が5分程度遅れた。原因は講演者が自分のラップトップでの講演を試みたところ映像がプロジェクターに投影されなかったため、講演番号14番を先に行うことで大幅な遅延を回避した。それでも全体の終了時間が12:55分ほどになった。自分のラップトップを使う場合であっても、このような事態に備えてデータを共用PCにコピーしておくなどの工夫で回避して再発を防止できると考えられる。

半導体 B (探索的材料・物性・デバイス)

東大ナノ量子情報エレ機構 白 杵 達 哉

本分科では、半導体の基礎物性、プロセス・デバイス技術にかかわる発表・討論が活発に行われた。以下に各中分類委員の方々からの報告をまとめる。

「14.1 探索的材料物性」探索的材料物性では、分科内招待講演1件を含む48件の発表があり、活況であった。分科内招待講演では、NIMSの関口氏よりEBICの原理と観察事例(Siの転位・粒界、SiCエピ膜の欠陥、MOSFETのリーク解析)の紹介があり好評であった。シリサイド関連では、Fe₃Si/Ge、Fe₃Si/SiなどSiスピンエレクトロニクスを目指した報告の増加が目立った。特に良好な原子層エピを実現できたFe₃Si/Ge(九大・京大)では、スピン注入など特性評価への進展を期待したい。また、 β -FeSi₂の発光とフォノン+間接励起子の関係(京大)や β -FeSi₂単結晶受光素子のキャリア拡散長(~40 μ m)の報告(筑波大・NIMS)は、この材料の物性を見直す興味深い報告であった。(鶴殿・寺井)

「14.2 超薄膜・量子ナノ構造」本中分類では57件の発表があった。ナノ構造では、微小機械共振器に引っ張り応力を印加してQ値が改善されるという興味深い報告(NTT・東大)があった。また、新しい光物性として半導体量子構造と超伝導電極による半導体超放射効果(北大)が報告され、活発な議論が交わされた。量子ドットを用いた高感度光検出器(東大)では、量子ドットのキャリア捕獲機構が注目を集めた。一方で共鳴トンネルデバイスの報告も6件あり、GaInAs/AlInAs三重障壁トンネルダイオード(都立大・首

都大) やフッ化物トンネルダイオード (東工大) の発表について活発な質疑応答が行われた。(白杵)

「14.3 プロセス技術・界面制御」界面制御・プロセス技術では、ポスターで23件の発表が行われた。化合物半導体電子デバイスは企業での研究開発が盛んに行われているフェイズであるが、大学からの発表が19件に上った。大学における基礎的な物性研究が根強く行われていることを実感させるセッションであった。GaN系材料の分野は(1)表面の酸化、ポテンシャル、応力に関する現象、(2)電極形成技術、(3)結晶欠陥、界面準位の評価、と大きく三つの分野に分けられる。GaN電子デバイス構造の複雑化、高性能化に向けて、要素技術の掘り返しが行われていると見受けられる。

従来III-V半導体の分野はそれぞれの研究機関で伝統をもつテーマが継続して行われており、特にドライ、ウェットエッチングに関する詳細検討に関心が寄せられた。(塩島)

「14.4 超高速・機能デバイス」投稿件数41件はここ2年ほど安定推移し、うちGaN系が88%を占めた。非GaN系ではバリスティック伝導やエピタキシャル・リフトオフ法の講演があった。GaN系ではパワーデバイス応用を念頭に置いたMOSFET・MISFET・SBDの発表が多く、それに用いるSi基板上GaN系エピ結晶を用いた研究も目を引いた。1V未満が多かったノーマリーオフ動作のしきい値も+2~7Vにまで増加できる構造が提案された。ゲート絶縁膜界面へのチャージの充放など課題も明らかになってきた。さらなる議論が予期される。また、エッチング側面を積極的にデバイス利用する複数の発表があり、その物性や制御性など今後の研究の進展を期待したい。(今西)

「14.5 半導体光物性・光デバイス」多元系ではCuInGaSe₂系を中心とした薄膜太陽電池デバイスの高効率化・低コスト化に関する報告が主流で、材料物性評価は少なかった。Siよりも高感度高帯域なCuInGaSe₂イメージセンサーの開発が注目された。EL関連では、分散型EL用の蛍光体ならびにEL素子の作製に関する報告が増加した。一方、薄膜型ELに関しては、ナノ粒子を用いた素子や酸化物質蛍光体薄膜を用いた青色発光など新たな報告もあったが、報告件数は減少した。Si系では強磁界陽極酸化による微細構造制御に進展がみられ、新たな応用展開が期待される。Si太陽電池では光KFMによる多結晶Si太陽電池少数キャリア評価法の有効性が示され注目された。Al_{1-x}O_xパッシベーション、塗布型反射防止膜など、太陽電池表面処理に関して新たな展開がみられた。(永吉)

結 晶 工 学

電通大 山 口 浩 一

大分類分科「結晶工学」における全体の講演件数は348件

で、各セッションで活発な議論がなされた。以下に、各中分類分科の世話人からの報告をまとめる。

バルク結晶成長は今回すべて口頭発表で総数16件であった。内容としては、BMF, CLBO, KN, LN, DASTなどの非線形結晶育成、LaF₃, CaF₂などのフッ化物やガーネット、ペロブスカイト、カルサイト型単結晶の育成とシンチレーション特性といった光学評価に関する報告がなされた。半導体結晶に関しては、SiやGeなど太陽電池用半導体結晶の育成における転位発生挙動の解明や一方凝固プロセスの解析に関する報告がなされた。また、結晶成長時のイオン種分配、包晶に対する電場の影響についての報告があった。さらに、ガスジェット浮遊法による酸化物のその場観察や、トポグラフによる転位評価、アモノサーマル法による炉内熱解析などの報告もなされた。

II-VI族結晶のセッションはポスターによって行われた。論文数の点で半日に集約されたものであるが、内容の濃いセッションであったと印象に残った。結晶成長法、評価法、物性制御や新機能性探索、量子ドットなどのナノ構造の作製、さらには素子特性改善など、広い領域を網羅した論文が集まっていた。Te系化合物に関する論文の占める割合が近年増加しており全体の3割程度であった。また、バナジウム添加によるZnSe薄膜の磁性制御、銅添加によるZnO薄膜の電気的特性制御、ZnMgTe/ZnTe超格子に関する発表など、今後の発展が期待できる内容のものも多くみられた。

III-V族エピタキシャル結晶では、量子ドット、希薄窒化物、Si上エピタキシャル成長に関する発表が多かった。量子ドット関連では、形成機構、高密度化、多層化、高品質化、偏波制御などがトピックスであり、応用面ではSbを用いた高密度InAs量子ドット10層構造による1.3μm帯高利得量子ドットレーザーが報告され注目を集めた。希薄窒化物関連では、GaInNAs系・GaNP系混晶の成長・結晶評価以外に、窒素をδドープしたGaAsやGaP中の単一等電子トラップに束縛された励起子発光評価に関して多数報告がなされ、この方面の研究が活発化している印象を受けた。Si上エピタキシャル成長では、選択成長やマイクロチャネルエピタキシーを用いてSi(111)面上に縦方向成長や横方向成長させたIn(Ga)As結晶の構造評価が詳細になされ、貫通転位はないものの回転双晶が短周期で存在することが報告された。デバイス応用に向けて、今後、回転双晶の抑制に期待したい。

窒化物結晶では、緑色レーザー実現に向けた半極性、非極性基板上的GaInN-QWの光学特性の発表が行われた。非極性基板の上では電界による電子・正孔分離は抑制されるが、In組成揺らぎや非輻射再結合などの問題は依然残っている。レーザーでへき開面を共振器ミラーに用いるための偏光制御の発表も注目された。InNについては、MgドープInNの結晶性に対する考察や正孔の観測、1分子層InNを用いた量子井戸構造などInNのp型化への研究、結晶性の構造についての進展が報告された。また絶縁膜を用いた

非晶質・微結晶

三洋電機 寺川 朗

MIS ダイオード作製への試みが報告された。成長・プロセス関連では、(110)Si 基板上 GaN 成長、ナノ *in-situ* 加工、ナノウォール・ナノコラム選択成長といった新しい成長技術が注目を集めていた。活性層の下地にフォトニック結晶を用いた面発光レーザーの提案および試作結果の報告があった。

IV族結晶、IV-IV族混晶のセッションでは、Si/Ge(C)系材料の結晶成長、ひずみ制御、結晶評価、デバイス評価、バンド計算など、21件の報告があった。その中、パターンニングなどを利用したローカルひずみ、一軸性ひずみ導入技術の発表が目立った。また、X線を含め、光を利用した非破壊で簡便な評価手法に関する報告も多く、ひずみ制御とともに評価技術の重要性も再認識された。また、ひずみ Si デバイスの特性ばらつきや、SiGe 中の正孔発生メカニズムに関する報告が注目を集め、デバイス応用において結晶性の高品質化がますます重要となることが改めて示された。そのほか、Ge ドット、SiC ドット、細線形成、光学特性に関する報告など、多岐にわたって活発な議論が交わされた。

IV族系化合物はこれまでどおり全件が SiC 関係の発表で占められた。件数はここ数年で最も少なく 29 件であった。落ち込みの原因は企業と常連大学からの発表の急減である。単なる一過性の現象なのか、特に企業が発表に消極的になってきた兆候なのか注意深い分析が必要である。また KOH などの溶融塩エッチングによる転位の観察法は広く用いられているが、詳細な技術は意外と知られていない。各種転位を明示的に浮き立たせる手法が検討された。MOS 界面の界面準位の起源を分光エリプソメトリで解き明かそうとする研究が着実な歩みを示している。界面準位の発生に関係する界面異常層の厚みが酸化膜厚とともに増大することが報告された。CMOS 回路形成の技術的関心が徐々に高まってきている。P チャネル MOSFET の移動度の向上を結晶面の最適化で遂げようとする試みが報告され、(1120)面を選ぶことにより、移動度が、(0001)Si 面に比べて 2 倍以上の移動度の改善が報告された。

エピタキシーの基礎では、半導体表面構造のその場観察や InAs 系量子ドットの自己形成に関する実験的検討、化合物半導体ナノワイヤや表面ナノ構造の形成・欠陥に関する理論解析の発表が大半を占め、活発な議論がなされた。特に STM や赤外分光を用いたその場観察は、成長機構の理解に有効な手法であり、今後の展開に期待がもたれた。

結晶評価、ナノ不純物・結晶欠陥のセッションでは、従来から L S I 基板用シリコン単結晶中の不純物や結晶欠陥について多くの発表がなされてきたが、今回、太陽電池用多結晶シリコン材料やパワーエレクトロニクス用 SiC 結晶に関する発表が出始めたことは興味深い傾向であり、今後の動向に注目したい。また、ナノワイヤや化合物半導体の結晶評価に関する発表もあった。シリコン結晶中の重金属原子や空孔・格子間原子についての理解も一歩ずつ進展しているようである。

「16.1 基礎物性・評価」では 42 件の報告があった。シリコン系ではキャリア輸送特性に関する発表が注目され、高速堆積した微結晶 Si 膜中の酸素がキャリア拡散の阻害因子であること(阪大)や、ノンドープ a-Si 中の正孔トラップ密度が長時間光照射によって低減する光誘起アニール現象(産総研)などが報告された。また、太陽電池用シリコン量子ドット超格子膜では水素処理による欠陥密度低減効果(東工大)が報告された。酸化物系では、アモルファスシリカからの発光や高エネルギー線照射による欠陥生成過程、タンタル酸化物薄膜の強い青色発光などが報告された。また、酸化物の可視・紫外透明性を生かした光学応用に関する講演も多数あり、テルライトガラス微小球による赤外広帯域ラマン増幅の試み(豊田工大)、2 価の鉄を磁性元素としたガラスでの可視域ファラデー効果(京大)などが目を引いた。カルコゲナイドガラスに関しては、光誘起現象の微視的および巨視的観察や次世代相変化メモリー材料などの基礎研究が地道に進められている一方、新たに巨大光異方変形が見いだされるなど、各現象の機構解明には至っていないものの興味深い報告が多数あった。

「16.2 プロセス技術」では 17 件の報告があった。そのうち Cat-CVD 法に関する報告が 7 件を占めた。実用上の課題の一つである触媒体寿命についても、触媒体として Ir を使用することで経時劣化を抑制できることが報告された。また、a-Si 膜堆積後のフラッシュランプアニールによる薄膜結晶 Si 形成に関する一連の報告では、基板端部から中央方向に進行する結晶化の機構について活発な議論がなされた(北陸先端大)。そのほか、化学輸送堆積法によって形成した微結晶 SiGe の製膜種と膜特性の関係(東海大)、a-Si:H の高速堆積に向けた基板温度によるプラズマ中ナノダストの制御(産総研)、微結晶 Si 中の(220)配向結晶子径と太陽電池の変換効率との正相関(富士電機)などが報告された。

「16.3 デバイス」では濱川圭弘氏(立命館大)の業績賞受賞記念講演を含む 19 件の報告があり、そのうち 15 件を太陽電池関連が占めた。薄膜太陽電池のボトムセル用ナローギャップ材料としては微結晶 Si に加えて微結晶 SiGe、微結晶 Ge の検討も進められている。ワイドギャップ材料である a-SiO:H に関しても薄膜太陽電池の発電層への適用(東工大)、HIT 太陽電池のバッシペーション層への適用(産総研)など複数の報告がなされた。太陽光スペクトルと気温の季節変動をパラメーターとして、実使用条件下での太陽電池モジュールの出力性能を評価する技術も着実に進展しており、a-Si 太陽電池特有の光劣化/熱回復現象の複雑な振る舞いをとらえたデータが報告された(立命館大)。そのほか、太陽電池用樹脂基板材料、新規光閉じ込

め構造, 高移動度透明電極材料である水素添加酸化インジウム材料, 多結晶シリコンのスライス技術など, 一見「非晶質・微結晶」とは無関係の太陽電池周辺技術に関して多数の報告がされたことは, 本セッションが太陽電池関連技術交流の重要な場となっている証しである. 太陽電池以外のデバイスでは, LCD用低抵抗配線材料としてCu-Mnの検討が報告された. 今後の進展に大いに期待したい. また大気圧プラズマジェットで作製したSiOC膜の白色発光は, スポット製膜という観点からも非常に興味深い.

本報告は, 寺門信明(北大), 梶原浩一(首都大東京), 吉田憲充(岐阜大), 林浩司(岐阜大), 梅本宏信(静岡大), 田畑彰守(名大), 松井卓矢(産総研), 大平圭介(北陸先端大), 清水耕作(日大)の各氏のご協力により作成した.

応用物理一般

東大 酒井 啓 司

「17.1 応用物理一般」では30件の発表があり, うち18件が超音波・弾性波関係であることが目を引いた. なかでも近年注目を集めている光と音波の相互作用を利用した音波の精密計測法や, ボール状超音波デバイスの提案など新規のアイデアに基づく発表が多数見受けられ, 現在も音波関連技術が発展途上の分野を形成しているという印象を強く受けた.

「17.2 物理教育」では, 物理実験や工学系基礎実験に関連する発表を中心とし, 地域市民および小学生を対象にした理科教室の活動報告, リメディアル教材・e-learningの開発, 環境・エネルギー教育に関する計27件の発表があった. 本分科はポスターセッションであるため, 実験教育用に新たに開発した教材を展示・実演でき, 発表者と参加者が直接コミュニケーションをとれる場として今回も非常に好評であった.

「17.3 新技術」は今回, センサーや計測システム11件, マイクロデバイスの加工技術5件, 計16件の講演があった. なかでもPd/Geダイオード型水素ガスセンサーに関する講演(山形大)では, 水素はPdのみならずGe側にも影響するという考察を行った. またCaF₂のドライエッチングへの応用に関する講演(東工大)では, H₂Oをチャンパー中へ固体で導入し, 昇華によりH₂Oプラズマを生成して良好なエッチング結果を得た. このようにユニークな着想により, 新たなプロセスやデバイスへの応用が期待できる講演が多かった.

一方, 「17.4 トライボロジー」は摩擦による磁化現象や潤滑油添加剤の化学反応シミュレーション解析など, 計2件の講演があった. 中でも磁気力顕微鏡観察に関する報告(千葉大・理研)では, 強磁性体を摩擦して非磁性体表面に生成した20nm程度の摩擦粒子が磁化して凝着・堆積する状況から, 摩擦磁化現象の一因を推察したことが興味深

かった.

「17.5 エネルギー変換・貯蔵」では, 今回は燃料電池に関連した発表が多く, ナノサイズ多孔化の水素吸蔵合特性に与える影響の研究(阪大・トヨタ自動車), イオン照射によるPdの水素吸蔵特性の変化(原子力機構・東海大), ギ酸アンモニウムを用いた燃料電池特性(阪大), カーボンナノチューブ電気二重層キャパシタの燃料電池用二次電源への応用(東海大), エタノール水蒸気改質による燃料電池のための水素生成(玉川大・サウスダコタ鉱業大)など, 新たな燃料電池技術の開発に関する興味深い講演があり活発な議論が行われた.

「17.6 環境・資源」では資源の有効活用, 環境負荷の低減に関する講演が行われた. キセノン放電管を用いた悪臭低減の試み(和歌山高専)では, TiO₂触媒とキセノン放電管を組み合わせ, 実験室レベルのみならず養鶏場における実地試験においても, 悪臭低減効果があることを実証した. また, 酸化セリウム系精密ガラス研磨剤のリユース・リサイクルシステムに関する講演(福島大ほか)では, 産官学の連携により, 研磨剤へのリサイクル・リユースのほか, 希土類元素の原材料としての検討が提言されるなど興味深い講演が目立った.

「17.7 磁場応用」では一般講演13件の発表が行われた. 今回も磁気トルク, 磁気力, ローレンツ力, 誘起磁気双極子相互作用を利用した報告が多かったが, 低周波磁場を利用した水分測定やスピン化学の観点からイオン液体の構造についての検討など磁場応用の分野のいっそうの広がりが感じられた. また従来, 磁場による熱力学的効果は非常に小さいため検出できないことが多いが, 表面張力において有意の磁場効果が見いだされた. 今後の展開に期待したい. なお本報告は, 安藤静敏(東京理科大), 浅香隆(東海大), 磯村雅夫(東海大), 山登正文(首都大東京), 各氏のご協力を得て作成した.

合同セッションD プラズマCVDの基礎と応用

名大工 豊田 浩 孝

合同セッションDはプラズマエレクトロニクス分科「1.4 プラズマ応用プロセス」, 薄膜・表面分科の「6.2 カーボン系薄膜」および非晶質・微結晶分科の「14.2 プロセス技術」の共同企画によるものであり, それぞれの分科の研究成果に関する情報を交換し合い, 違った視点から議論を交わすことのできる場として機能している. また, 本セッション講演からは, 講演奨励賞を受賞する若手研究者の発表もあり, 質の高い講演が行われている. 今回の合同セッションは講演会初日(27日)午後開催された.

セッションは8件の講演からなり, 最初に前回の講演会において講演奨励賞を受賞した岸本和也氏の発表が行われた. 大気圧プラズマを利用して, Si固体原料から薄膜を形

合同セッションF
カーボンナノチューブの基礎と応用

大阪府大工 秋田 成 司

成する APECT 法を用いることにより、高結晶性の Si 薄膜を形成することに成功しており、今回は太陽電池 Si 基板の裏面に形成されるポイントコンタクト BSF 層への応用を目的として、 SiO_2/Si の選択エピタキシャル成長を試みた結果についての報告があった。製膜時間に対する Si 成長速度を下地基板に対して比較した結果、 SiO_2 上においては、初期製膜速度が Si のそれに比べて遅くなり、これによる Si 上への選択エピタキシャル成長の可能性が示されていた。また、B ドープ特性についても検討が行われていた。九州大学は、 SiH_4 有磁場マルチホロー放電における発光分光測定をもとに、電子エネルギー分布関数における高エネルギー部の変化に関する議論を行った。特に磁場の引火により電子エネルギー分布が変化し高エネルギー電子が減少し、 SiH_3 ラジカル生成が増加するという結果を示した。また、同じグループからマルチホロー放電プラズマにおけるクラスター取り込み量のガス流速依存性に関する報告がなされた。ガス流に流される最小クラスターサイズは流速増加に伴い小さくなるという事実をもとに、クラスターサイズ分布と流速による取り込みクリティカルサイズの変化から、膜中へのクラスター取り込みの流量依存性と製膜速度依存性に関する議論がなされた。

次に、微結晶シリコン膜堆積に関連する 2 件の発表があった。産総研のグループからは、微結晶シリコン高速製膜用の VHF プラズマ CVD 装置について、放電開始後の経時変化を質量分析、発光分析により測定した結果が示された。ラジカル量、電子温度、ナノ粒子量などを総合的に詳細に調べており、今後の研究の発展が期待される。また、名古屋大学のグループからは、 $2\text{m} \times 1\text{m}$ のマイクロ波大面積プラズマ CVD 装置の開発について報告があった。導波管列を 3 列とすることにより、メートルサイズでの均一プラズマ生成を可能とし、また微結晶 Si 膜の高速かつ均一な製膜が可能であることを報告した。

最後にカーボン膜 CVD に関連する 3 件の発表があった。九州大学のグループからは、コンビナトリアル手法をプラズマプロセスへ適用するという発想をもとに、要素技術としてトレンチへの有機材料薄膜のコンフォーマル堆積に関する実験結果が示された。また、長崎大学からは中赤外領域における多重内部反射赤外分光法を用い、アモルファス炭素膜への水素ラジカル照射による水素引き抜き効果に関する実験結果が報告され、吸収スペクトル変化の解析結果について、議論が行われた。東大のグループからは、ダイヤモンド CVD におけるバイアス処理に関する発表があった。イオンエネルギー評価のための、シース構造に関するシミュレーション計算結果も報告されており、興味深い結果が得られていた。

今回の合同セッション D は講演件数が少なく、今後のあり方について議論が必要と考えられる。なお、今秋の応用物理学会においては合同セッション D の開催が決定されており、多数の講演が期待される。

本合同セッションは、5 分科の合同企画として 2003 年春季講演会から実施され、今回で満 5 年となった。今回も、以下のような非常に活発な議論や意見交換がなされた。

CNT の光学的評価については、垂直配向 SWNT の異常ラマン・スペクトルと偏光ラマン分光（東大）やその場ラマン観察（NTT、東理大、明大）などの成長メカニズム解明に重要な興味深い報告があった。さらに、PL の空間分布測定によるカイラリティ分布評価（名大）などの CNT 特性制御に寄与が期待される報告もあった。また、CNT から蛍光発光測定や近赤外蛍光スペクトルに関する報告もあり、光学測定の重要性と着実な発展が見受けられた。

SWNT の金属・半導体分離については、ゲル電気泳動による報告（産総研）が非常に興味深かった。比較的簡便な方法にもかかわらず、半導体比率を 95% まで高められる。今後この手法の改善、およびメカニズムの解明が期待される。また、ナノチューブインク（産総研）と題した密度勾配遠心分離法を基本原理とする、分子内包単層 CNT の金属、半導体の高純度分離が目玉された。

FET 応用に関しては、SWNT の電気伝導特性制御に関する報告が多く、イオン照射、中性子ビーム照射、有機分子修飾、電極構造の工夫、保護膜の堆積など、さまざまな手法とその効果について議論が交わされた。センサー応用では、CNT 分散 PMMA 薄膜を用いた水素ガスセンサー、CNT による光学的ガスセンシング（産総研）、微小流体制御された CNT 電極多項目免疫センサー（阪大、北陸先端大）が目玉を集めた。

非チューブ状ナノカーボン材料の分野では、近年のグラフェンへの関心の高まりもあり、グラフェン関連の一般講演が 12 件行われたのが特徴的であった。高温（95°C）無電解メッキ中での成長（北大、寿産業、SEP）、多層グラフェンと配向 CNT の複合構造形成（富士通研）が目玉を集めた。層数、グラフェンドメインの制御が可能となれば、グラフェンの低温成長法として期待される。また、グラフェンシートからの電界放出（北大、産総研）やナノグラフェン素子における量子輸送シミュレーション（神戸大、東理大）などの報告もあった。ナノウォールでは、構造制御に加え、メタルコンタクト、電極間架橋など電子デバイス応用に向けた進展がみられた（名大、名城大、ほか）。

CNT 成長メカニズムに関して、講演奨励賞受賞記念講演の高分解能 TEM その場観察（阪大）により、多層 CNT 成長中の触媒は結晶化しており、その相が Fe_3C であることが明らかにされた。また、成長速度（豊田中研）や反応ガス種（MIRAI-Selete）のその場測定に関する報告があった。さらに、分子動力学による計算機シミュレーション（東大）により CNT 内部での触媒金属による単層 CNT 成長

について興味深い情報が提供された。いずれの講演も成長メカニズムの理解を大きく前進させる内容であった。また、アルコール CVD による SWNT の合成において、アセチレンを添加することで成長速度が格段に向上する（東大）、2 層 CNT の合成において、MgO 基板を用いることにより収率が向上する（京工繊大）などの講演が目をつけた。

新しい試みとして、ナノカプセル輸送に関する講演（阪大・阪府大）があり、今後の展開が期待される。ナノ加工の進歩もみられ、先端が 1 nm まで先鋭化した CNT の作製に関する講演（阪大）があった。CNT、CNF の SPM 応用関連では磁性材料を含む CNF の磁気力顕微鏡探針への応用が興味深かった。また、高配向 CNT を高密度化した基板を用いた MEMS デバイスへの応用（産総研）など CNT の機械的な特徴を生かした発表があり、新たな展開に期待がもてた。

以上のように、CNT の実用化や基礎物性の理解に関して着実な進展があり、今後の展開が期待される。なお、本報告では、佐藤信太郎（富士通研）、種村真幸（名工大）、平田孝道（武蔵工大）、本多信一（阪大）各氏のご協力を得た。

合同セッション G 量子情報の基礎と応用

NTT 物性基礎研 武居 弘 樹

原子光学、量子通信、量子光学などに関して 15 件の発表が行われた。原子光学分野では、東大より空間中に補足されたイオンを用いて複数準位符号化システムを実現するための量子ビットの最適制御に関する理論検討報告が、NICT と JST により量子ビットイオンを共同冷却するための冷媒イオンの埋め込みに関する報告がなされ、トラップイオンによる量子情報処理技術の着実な進展をうかがわせた。

量子通信分野においては、日立基礎研によるアンチスクイズド光を用いた安全な光通信実験が目撃された。100 km 伝送における評価実験により、アンチスクイズド光の位相揺らぎが秘匿性の増大に有効であることを示す実験結果を示し、さらに光源に対する今後の課題も明らかにした、レベルの高い講演であった。阪大らのグループからは、量子暗号システム構成要素の偏波依存性による動作不安定性を解消する実験報告がなされた。また、NEC を中心とするグループから、ゲートバイアス値と出力信号識別しきい値を自己学習する InGaAs APD 単一光子検出器についての報告があった。これらは、実用的な量子暗号システム構築のために重要な技術であると考えられる。さらに、NTT を中心とするグループから、量子もつれ光子対を用いた 100 km 光ファイバー上での量子暗号実験が報告された。従来の微弱コヒーレント光を用いた量子暗号システムから、量子もつれを用いたシステムへ今後研究のトレンドが移行し

ていくことを予感させる重要な報告であった。

量子光学分野では、慶大と NICT から、フォトニッククリスタルファイバー(PCF)を用いた 800 nm 帯におけるスクイズド光生成の報告がなされた。従来、主に通信波長帯で行われてきた光ファイバーを用いた量子光学実験が、PCF の出現により短波長帯でも行えることを示した先駆的研究であり、今後のさらなる展開を期待したい。また、NTT と JST から、シリコン細線導波路を用いた量子もつれ光子対発生実験が報告された。光ファイバー、PPLN 導波路などにかわる新たな通信波長帯量子もつれ光源として、今後の展開が期待される。

合同セッション K 酸化亜鉛系機能性材料

東北大金研 大友 明

合同セッション K 「酸化亜鉛系機能性材料」は、講演会初日、スクール企画「ZnO 系半導体の結晶成長、デバイスの基礎」と並行してスタートし、最終日まで奨励賞受賞記念講演 1 件を含む計 84 件の講演があり、活発な議論が行われた。多岐にわたる応用の中では、種々の接合型デバイスの動作特性改善ならびに薄膜成長の低コスト化を目指した研究課題が特に多かった。このことは、本研究領域が産業分野に確実に発展していくための方向性と位置づけられ、本合同セッションが国内最大の最新情報交換の場として完全に定着したことがうかがえる。

最も重要な研究課題の一つである紫外発光素子では、MBE 法を用いて単結晶基板上に超低欠陥密度のホモエピ膜が得られること、窒素ドープ MgZnO 薄膜と ZnO 基板の界面で強いバンド端 EL が観測されることが報告された（ローム、東北大）。また、ZnO ナノワイヤを垂直成長したサファイア基板と p 型 GaN 薄膜を機械的に接触した構造で紫外 EL が観測されるとの報告があった（復旦大、九大）。受光素子では、多重量子井戸内のサブバンド間光学遷移を利用した中赤外光-電流変換および透明導電性高分子電極を用いたショットキー光検出器試作に関する報告があった（ともに東北大）。

薄膜成長の低コスト化を目指した研究発表では、合成手法の技術的改良や安価な原料・基板材料の提案に関するものがあった。ミス CVD 法では、格子不整合基板上でも 1000°C 近い高温成長でステップフロー成長が実現できることが示された（京大）。ちなみに MBE 法でも同様の結果が複数のグループで確認されている（ローム、フジクラほか）。スパッタ法では、フィードバック制御による異常放電の抑制と高安定高速成長の実現（青学大ほか）、セルフバイアス制御による薄膜表面ダメージ軽減と TFT 動作特性の改善（TRADIM ほか）に関する報告があった。安価な格子整合基板として、SOI 基板を炭化して SiC 表面層を形成する手法が提案された（九工大）。下地の SiO₂ 層が残留ひずみを

緩和するという興味深い可能性が示唆された。ナノロッド成長では、サファイア基板上周期極性反転構造 (東北大) や Si 基板上のコロイド結晶配列構造 (工学院大) をテンプレートとして用いることにより、成長サイト制御を行う手法が報告された。

導電性制御については、透明導電膜応用に関する発表が 19 件あった。主にスパッタ法に代表される各種プラズマプロセスが用いられ、ガラス基板上や高分子基板上での低温成長の最適化が議論された。特に 50 nm 以下の薄膜において、低抵抗特性の劣化が実用化に向けた問題として取り上げられた。これに対して、Sn と Al を共添加した薄膜で顕著な改善がみられるという報告があった (金沢工大)。また、ドナー不純物の粒界偏析に関する詳細な分析結果も示された (高知工大)。まだ解決すべき課題の多い p 型伝導制御については、ホール測定による極性判定にはホールバー形状

の試料を用いること、またアニール処理条件最適化の重要性が強調された (産総研中部セ)。

材料の信頼性を高めるうえでは、正しい物性評価を通して積極的な欠陥制御が必要であるが、物材機構を中心とした研究グループによる集中的な取り組みが印象深かった。また、東工大を中心としたグループから、新しいワイドギャップ半導体として注目を集めているアモルファス In-GaZnO₄ (IGZO) に関する連続講演があり、本学会においてアモルファス Si が盛んに議論されていた当時のことが思い起こされた。IGZO は、アモルファスでも単結晶でも、そのキャリア伝導機構が同じモデルで説明できる点が興味深い。本合同セッションにおけるつながりを通して、各機関の優れた研究基盤を共有した組織的な研究体制が必要であると強く感じられた。