

第 54 回応用物理学関係連合講演会(2007 年)

総論

講演会企画運営委員長 一村信吾*

第 54 回(2007 年春季)応用物理学関係連合講演会が、2007 年 3 月 27 日(火)から 3 月 30 日(金)までの 4 日間、青山学院大学相模原キャンパス(神奈川県相模原市)で開催されました。昨年度の連合講演会(武蔵工大)に比べて 1 日短い期間設定でしたが、大会初日から最終日まで比較的穏やかな天候に恵まれ、幸い事故もなく、盛況に講演会を終えることができました。

今回は青山学院大学の先生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。現地実行委員長である澤邊厚仁先生、現地実行副委員長である重里有三先生をはじめ、現地実行委員会の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魚住清彦副学長、仙波憲一副学長、ならびに濱中正邦青山学院大学事務局次長をはじめとする関係の方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

今回の講演会では、一般講演 3891 件、35 のシンポジウム発表など 697 件(一般講演の持ち時間 15 分で換算)を合わせて 4588 件の講演申込があり、48 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。図 1 に、過去 15 年間の春季・秋季講演会における出題数と参加登録数の推移を示します。

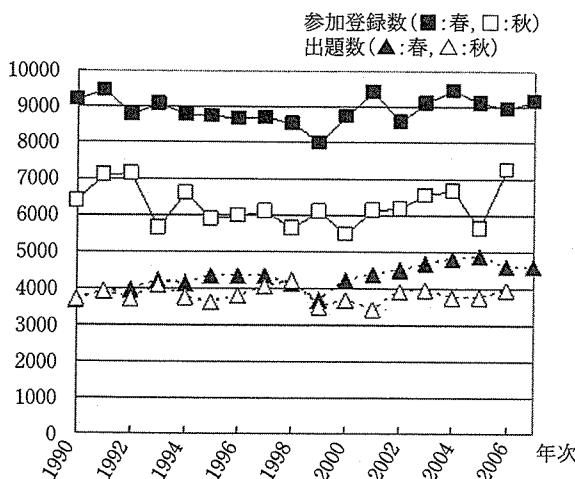


図 1

*産業技術総合研究所

一般講演の申込み件数は昨年度と比較して 130 件程度減少しており、参加者の減少が若干懸念されていました。しかし今回の参加登録数の実績は 9166 名(暫定数値)と昨年実績を上回り、青山学院大学を会場校とした過去 4 回の中では、最高の参加者となりました。昨年度の秋の学術講演会(立命館大学)以来積極的な学会参加の基調が続いているものと、講演会企画を担当する立場として大変喜んでいます。また参加者数の増加には、次のような魅力的な特別企画も貢献しているものと考えています。

- ①機関誌「応用物理」刊行 75 周年記念特別シンポジウム(講演会企画運営委員会主催)「応用物理学会の新たな挑戦—新たな協力関係の構築、新たな研究領域の開拓に向けて—」
- ②特別企画シンポジウム「応用物理学会の将来ビジョン」
- ③第 40 回応用物理学会スクール「安全・安心に役立つ科学技術」
- ④同スクール(有機分子・バイオエレクトロニクス分科会企画)「バイオテクノロジーの最前線と計測技術の進歩」
- ⑤人材育成・男女共同参画委員会シンポジウム「公的研究費を考える—人材育成と国際競争力の視点から—」
- ⑥JJAP フрендシップミーティング講演会「JJAP が生まれ変わる」

上記①では、韓国物理学会会長 Khim 先生(ソウル大学)、台湾物理学会会長 Lee 先生(台湾中央研究院)と三菱電機会長野間口先生をお招きし、海外との連携、産業界との連携において応用物理学会への要望・期待を話していました。また②では、30 年先を見据えた応用物理学分野でのアカデミックロードマップの検討状況が報告されました。そのほかの特別企画のいずれも高い関心を集めたものばかりで、講演会企画運営委員会としては、引き続き魅力的な特別企画を考えて参りたいと思っています。会員の皆様からも忌憚のないご意見・ご要望をいただければ幸いです。

学術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、「光ファイバー通信用半導体レーザーの先駆的研究」で末松安晴先生(東工大名誉教授)に、「非晶質半導体を用いた高性能撮像素子に関する先駆的研究」で丸山瑛一先生(日立製作所(元)基礎研究所長)に尾浦憲治郎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 21 回講演奨励賞の贈呈式も行われました。今回は、2006 年秋の学術講演会で発表された 3378 件の一般講演のうち、申請のあった 630 件の中から慎重審議を経て選出された 33 名が、受賞対象に選ばれまし

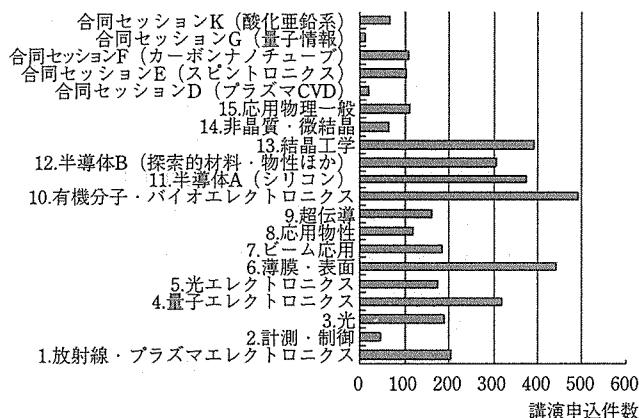


図2

た。

最後に、今回の講演会を発表分野の観点から解析してみます。電子投稿受付時に申請いただいた結果では、ナノテクノロジー関連の発表は1700件、情報通信関連は420件、バイオは125件、環境分野が138件であり、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。

図2は15の大分類分科および五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。このうち、「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」と成長して、それぞれ新しい大分類分科が誕生する予定です(2008年春の講演会から活動開始)。

このように時代の要請を先取りする新しい分科の発足などによる魅力の増加や活性化についても、今後検討を進めたいと考えています。こうした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努めますので、会員の皆様のご理解・ご支援をお願いいたします。

放射線・プラズマエレクトロニクス

長崎大工 松田 良信

本分科全体の講演数は207件で、ほぼ例年並みの講演数であった。

「1.1 放射線・加速器・原子炉」の講演数は40件であり、昨年と比べ10件の増加であった。テーマでは検出器媒体(ガス、固体、半導体)の物性(シンチレーション、熱ルミネッセンスに関する報告が多かった)、検出器・線量計開発など放射線に関する報告が中心であったが、放射線計測技術の

他分野への応用も目立った。加速器開発・ビーム利用に関する報告も増えている。特にPET関連の報告も多かったが、PETを主題としたシンポジウムが企画されたことも寄与したと考えられる。

「1.2 プラズマ生成技術およびプラズマ源」では29日前11件、午後15件、30日前11件、午後8件の合計45件の講演を行った。初日のホットなトピックはマイクロプラズマジェットの放電メカニズムである。長野高専、愛媛大、京大、豊田工大、豊橋技科大、阪大、東大からμジェットに関する報告があり、特に阪大の講演ではポータブルなプラズマジェットの実演があり、注目を浴びた。2日目は主に大面积プラズマ源を中心とした講演があった。プラズマ生成技術の向かう方向はマイクロとジャイアントのようである。

「1.3 反応性プラズマの診断と計測」では、合計18件の講演があった。光学的計測に関しては、酸化・クリーニングプロセスや再結合プラズマ、ナノ微粒子の輸送現象などを対象とした発光・吸収計測の報告があったほか、テラヘルツ時間領域分光によるプラズマ診断や協同的トムソン散乱によるEUV高原用Zピエンチプラズマ計測など注目すべき講演があった。電気的計測に関しては、プローブ計測やインピーダンス解析、陰極入射中性粒子のエネルギー分布の精密計測などの講演があった。精密計測と簡易モニタリングの両者が着実に進展しつつある。

「1.4 プラズマ応用プロセス」では26件の講演があった。本分科では、プラズマのさまざまな応用について講演があり、バイオや環境応用などのための細管、局所部位や、大面积の表面処理、溶射膜の形成、滅菌などのための気体や液中でのプラズマ生成、Si系、C系化合物の成膜の制御、金属系化合物などの機能薄膜の形成、これに用いるCVDやスパッタリングプラズマにおける成膜機構の検討など、多岐にわたる内容となった。プラズマの新しい利用法については、原理検証から応用まで、精力的に研究が進められており、液中プラズマなどでは、さまざまな発生法の提案のみならず、将来の大容量処理への適用に向けたアイデアなども活発に議論された。新しいプラズマ応用に関する興味と期待の高さがうかがわれた。

「1.5 プラズマプロセスによるナノテクノロジー」では20件の講演があった。内訳は、フラー・レン合成:4件、カーボンナノチューブ:5件、マイクロプラズマ:2件、レーザー・アブレーション:1件、液中プラズマ:1件、プラズマイオン注入・イオンプレーティング・エッチング:3件、プラズマCVD:1件、その他:3件であった。午前は、カーボンナノチューブおよびグラフェン、午後はフラー・レンおよび白金・シリコンナノ粒子蛍光体を主とした発表がなされ、ナノサイズ物質に対するプラズマ活用・応用が有効であることが示された。

「1.6 プラズマ現象一般」では、放電基礎、光源、マイクロプラズマ応用、プラズマ滅菌などを中心に、計29件の発表が行われた。大気圧プラズマを滅菌に適用する発表は増

加し、医療、食品、農業などをターゲットとした6件の報告があった。プラズマによる電磁波制御に関し、マイクロプラズマアレイによる電磁波伝搬制御、レーザープラズマチャネルによるマイクロ波の伝搬について報告があった。このほかに、プラズマ-電解質溶液界面に関する研究、プラズマアクチュエーターに関する研究など、新規分野開拓につながる研究が目を引く。

「1.7 プラズマエッティング」では29件の講演があった。MEMSやパワーデバイス応用のSi加工実験が進み、計算ではシース湾曲などの課題が示された。現実的な形状制御要因を踏まえたシミュレーションが検討され、阪大グループのビーム実験から基礎反応データも出だし、今後の進捗が期待される。プラズマからの真空紫外光はLow- k 膜など低密度有機材料では無視できない可能性が示された。ラジカル絶対値計測装置、オンウェーモニター、容量プローブによる壁電位観察などモニター技術が進展してきている。

本報告は齊藤究（高エネ研）、八田章光（高知工科大）、板橋直志（日立中研）、柄久保文嘉（首都大東京）、関根誠（名大）、平田孝道（武蔵工大）の各氏の協力により作成した。

計測・制御

東洋大先端光センター 勝 亦 徹

計測・制御分科では、光、温度、電気量、周波数、時間に加えて、環境計測、バイオ関連や味覚などの計測と、制御分野に関する講演が行われた。この分科には、計測・制御関連の基礎から応用まで、さまざまな研究者が参加しており、新規計測技術や新規センサーの開発、計測の実用化・標準化に役立っている。今回の講演会では、これまでの分野に加えて、ナノスケールの寸法計測やLED計測などの標準化、環境計測や化学計測に関する講演の増加がみられた。計測技術に関する講演が多く行われたが、今後、制御関連分野の活性化が期待される。

計測・制御技術では、温度計測や温度センサーなどの物理量計測に加えて、化学量や、味覚など広い分野の報告があった。光・電子素子の封入ガスの質量分析では、水500 ppm、酸素20 ppmが測定でき、品質管理などの応用に期待が持たれる。光応用計測では、吸収を利用したpH計測や、蛍光を利用した味覚センサーが報告された。脂質膜を用いた味覚センサーでは、蛍光を使った苦味物質の検出が可能であった。光ファイバー水分センサーの応用として、呼気中の水分の二次元測定による言語認識システムの報告があった。このほか、多孔質イオン交換膜のインピーダンス変化を利用した細菌検出や、グルコースの濃度計測、高温溶液の測定条件の検討など電気測定の応用が報告された。温度計測関連では、複数の長残光蛍光体を混合したセン

サーラ、蛍光体を樹脂と混合したシート状センサーが報告された。シリコンのバンド端吸収を利用した温度計測や、ハイブリッド型放射温度計についても報告がなされた。周期加熱サーモリフレクタンス法による金属薄膜の熱伝導率評価は、電子素子の発熱問題改善のための新しい計測技術として期待が持たれる。このほか、光と磁気計測を組み合わせたプラスチックシートの非接触膜厚計測や、光の干渉を利用した有機EL膜の非破壊計測、プラスチックの粘度計測装置の報告があった。制御技術関連では、ノイズを重畠させた信号を使うアクチュエーターの新しい制御手法が報告され応用が注目される。

精密計測・ナノ計測では、計測の精密化やナノサイズの寸法計測に関する報告があった。精密電気計測では、塩化チオニルリチウム電池の電圧標準としての利用や、SQUIDを用いた計測システムが報告された。炭素系材料を利用した磁気シールドの開発では、備長炭の磁気シールド効果について報告された。環境化学計測では、多孔質ガラスとヨウ素を用いた高感度なオキシダント濃度の計測技術が報告された。飲料水の化学成分と味覚試験結果の相関など、人間の感性に関連した報告も行われた。表面観察法の新しい試みとして熱振らぎをカンチレバーの駆動力に使ったSPMによる表面計測が報告された。

計測標準では、計測技術の改良や、新規標準化への対応が報告された。放射光(X線)を用いた計測では、シリコン基板上の50 nm間隔の回折格子の計測が可能になった。LED計測の標準化や、レーザーの多様化に対応した光パワー・メーターの改良が報告された。周波数標準では、小型低温水素メーター、垂直型セシウムビームや光ポンピング式セシウム周波数標準器による原子時計の精度向上や、より高精度な広帯域光コムについて報告された。衛星搭載型水素メーターは、振動試験、保管試験に耐えるエンジニアリングモデルが報告された。セシウム原子時計では、ネオングasを封入することで小型化に有利な効果が確認された。時間標準では、日本標準時発生新システムの稼動状況が詳細に報告された。このほか、水素メーター原子時計による日本標準時と協定世界時(UTC)との同期精度の向上や、平均化の重み付け調整による日本標準時の周波数ドリフトの改善などが報告された。GPSを用いた時刻比較では、電波時計用の標準電波(JJY)が日本標準時(JST)との時刻差±100 ns以内で運用できていることが報告された。

光

農工大 岩 井 俊 昭

大分科「光」は、172件の一般講演と4件の分科内シンポジウムが企画された。講演数から、本分科では「3.4 計測光学」、「3.5 情報光学」、および「3.8 近接場光学」が中心的

な役割を担っている。「3.3 機器・デバイス光学」も安定した講演数を毎回確保しており、特に産学研究や試作研究が多いことが特筆に値する。「3.7 生体・医用光学」は上記分野に匹敵する講演数があるが、今回は関連するシンポジウムが2件あったこともあり数的には減少した。「3.6 色覚・色彩」とともに、これからも活発な活動に期待をしたい。本講演会では、「3.1 物理光学・光学基礎」と「3.9 光学新領域」がポスターセッションであったが、内容的にまったく違和感がなく進行し、かつ大変盛況であった。「3.9 光学新領域」がレーザーマニピュレーションに片寄りがちであるという指摘もあり、私案ではあるが両分科を統合して大きなグループとして多様な物理光学と光学基礎の発表の場とすることも一案ではなかろうか。以下に分科の報告をまとめると。

「3.1 物理光学・光学基礎」では、8件の講演が行われた。世話人の興味を引いた3件の講演を紹介する。阪大の谷口らは、拡散光子密度波を用いて高密度コロイド溶液中粒子の直径や数密度の計測を行っており、これまでの粒子分布分析手法の欠点を補うものとして注目できる、北大の大越らは、放射状の透過軸分布をもつ偏光子を利用し、アコマティックな光渦生成を報告した。軌道角運動量をもたせた光を利用した計測などへの応用が期待される。また、阪府大の藤田らは、超短パルスレーザーやスーパールミネッセンスダイオードの光スペクトル形状関数を推定する手法を提案した。明快な手法であり、実際の測定装置での利用も容易と思われる。(原口)

「3.2 材料光学」では、最終日の午前中に13件の講演があった。材料からみると、液晶(5)、誘電体(3)、アミノ酸結晶(1)、ならびにフォトポリマー(4)に関する講演があった。デバイス製作法と構造の側面からみると、ホログラフィック高分子液晶(2)、液晶配向分割型(1)、一次元単一ピッチ液晶フィルム(1)、薄膜(3)、レーザービーム描画高分子液晶(1)、フォトリソグラフィー(2)、およびホログラム記録(3)に分類される。全体を通して、制作されたデバイスの回折や偏光などの光学特性評価やホログラム記録特性が中心的な課題であった。(岩井)

「3.3 機器・デバイス光学」では、企業から8件、大学・研究機関から13件の発表があり、全体の1/3が産学共同研究であった。サブ波長回折光学素子に関する研究(8件)には、会場定員を超える90名近い参加者があり盛況であった。試作が可能となってきたため、実機の評価が増えてきている。一方、さまざまな素子における収差測定や評価に関する発表も近年になく多く見受けられた。(関谷)

「3.4 計測光学」では、2日間にわたり37件の講演があった。当分野は、計測対象に応じて計測手法がそれぞれ提案されており、講演は多岐に渡っていることが特徴であり、講演会は常に盛況であった。測定対象では、薄膜、高品質ミラー、測距、フォトサーマル流測分布、アスペクト粒子、油膜、複屈折分散、リターデーション、ポラリメトリー、化学物質、マイクロ多層構造体形状、血中酸素濃度、土壤

成分、塗料の乾燥状態、天体、光ディスク基板などの題材が取り上げられていた。一方、測定手法は、散乱(6)、偏光干渉計(5)、デジタルホログラフィー(4)、位相変調(2)、およびそのほかの干渉手法(8)と干渉計測が「計測光学」の中心である。「計測光学」は光学技術の中心的な研究分野の一つであり、今後ますます拡大をしていくよう期待したい。(岩井)

「3.5 情報光学」は33件の講演(1件の講演奨励賞受賞記念講演を含む)があり1日半の講演となった。講演が2日間に及んだのは数年ぶりのことである。回を重ねるごとに増加しつつある講演件数から判断して、情報光学の研究活動の活発さが一過性のものではなく継続的に続いていることを示しているといえよう。デジタルホログラフィー、セキュリティー、光メモリーといった講演が多くあり、このセッションには欠かせないものとなっている。その他の講演では特に、画像・映像をさまざまな制約のある表示デバイスでうまく表現する技術の講演が多くみられた。旧来の画像処理とは異なり、光のもつ物理的な特性を考慮している点が興味深く、新しい情報光学分野の誕生として期待したい。(野村)

「3.6 視覚・色彩」では8件の発表があった。空間知覚に関する研究が4件あり、そのうち1件は主観的垂直の決定機構、1件は両眼視差による奥行き知覚、1件は環境の距離分布と知覚の関連、1件は多層画面ステレオ表示に対する調節応答に関する研究であった。他には、色覚異常者のカテゴロカル知覚、目の色収差の測定、伊勢型紙の照明への応用、LED蛍光分析装置の評価に関する研究が報告された。今回は応用研究もしくは応用を念頭においた研究が多くみられた。また、空間知覚に関する発表では新しい方向性を示唆する知見もあり、活発な討論がみられた。これらの研究の今後の進展に期待したい。(金子)

「3.7 生体・医用光学」では、「3.6 視覚・色彩」分科について「生体分光解析」を中心に6件、翌日の午前中には「生体イメージング」を中心に11件の計17件の講演があった。初日には、時空間スペクトル蛍光分光法、舌がん診断法としての光線力学的分光画像解析法、皮膚表層組織の分光計測システムの検討、バイオスペックルを用いた血流イメージングと反射率計測の発表があった。2日目の前半は、非走査型時間領域OCTの検討、生体組織内における超音波による照射光または蛍光の強度変調を利用した画像計測法の提案と検証、光線力学的な殺菌効果、励起光の長波長化による生体第2高調波発生光イメージングの検討、蛍光たんぱくの選択励起画像の画質向上、多点計測による空間分解蛍光相関法の提案、LCOS型空間光変調器の波面制御特性、および反転オパールの生分解特性についての講演があった。全体を通して、1日目は分光情報の取得とイメージングの研究が発表され、2日目は、超音波や短パルス光などの変調や励起による二次光のイメージングならびに新しい光デバイスの生体医用計測への応用提案の研究が発表された。また、2件の領域シンポジウムを含めて、「分光」が生

体・医用光学の中心課題の一つになってきた感がある。(岩井)

「3.8 近接場光学」では、領域シンポジウムが2件あった関係上3日間にわたり39件の講演が行われた。講演の会場はほぼ満席で一部立ち見が出るほど盛況であり、この分野への関心の強さがうかがえた。最近の傾向どおり講演内容の半数はプラズモン・ラマン散乱(SERS)関連で、相互コンセンサスが形成されつつある。ナノ粒子の発光増強や非線形光応答性に加え、近接場光励起移動、微小開口を用いた原子操作、単一光子事象の観測といった新しい方向性を示す解析・実験の発表もあり、理論実験とも今後の進展が期待される。(小林)

「3.9 光学新領域」はポスターセッションとして編成され、講演奨賞受賞記念講演(15分)を含むショートプレゼンテーション(各5分)が併せて実施された。このセッションで発表される研究内容にやや偏りがあることをこれまでの報告でたびたび指摘してきたが、今回もその傾向は変わらず、全12件のうち10件が光の放射圧を利用したマニピュレーションに関する講演であった。ただし、その内容は、ナノ粒子の輸送方法の研究、液晶空間光変調素子を利用した微粒子の駆動方法の研究、独特な形状をもつ光駆動のマイクロマニピュレーターの試作など多岐にわたっており、この研究分野の奥の深さがうかがえた。なお、本ポスターセッションは、3.1 物理光学・光学基礎と同時に行われたが、両分科に共通する内容の講演も多く、会場は盛況であった。(白井)

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、フォトニックナノ構造、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。通信波長帯における量子光学、量子通信に関して、重要な発表が多く行われた。特に、日大と物材機構のグループによるType-II PPLN導波路を用いた狭帯域光子対発生、NICTによるチャージ積分型光子検出器を用いた非ポアソン分布直接測定などが本分野における新しい方向性を示すものとして注目された。全体としてやや量子光学分野に偏ったセッション内容となりつつある中、NTTを中心とするグループより超伝導量子ビットに関する2件の先駆的研究(磁束量子ビットの量子非破壊測定、LC共振器の光子数状態生成)が発表されたことは有意義であった。今後は、技術分野の枠を超えた、応用物理的指向をもった量子

情報技術に関する研究交流の場として発展することを願う。(武居)

「4.2 フォトニックナノ構造」の発表件数は85件であった。初日には三次元構造、微小開口、およびレーザー応用関連の報告がなされた。二日目には導波路/分散利用や量子ドット融合関連の報告がなされた。また光ナノ構造によりSiを発光させる試みが5件報告された。三日目には共振器、非線形、群遅延関連の報告が行われた。ナノ共振器では世界記録を更新する実験Q値200万という値が報告された。(浅野)

「4.3 レーザー装置・材料」では、真空紫外域のコヒーレント光源の近年の流れである気体や固体材料による高次高調波発生に対し、新しい励起法による希ガスエキシマの発表が2件あり興味をそそるものであった。高出力レーザーはNd系とYb系固体レーザーで占めているのは前回と変わらない。これらのレーザーの重要課題である熱問題に関して、今回、本格的な高精度の熱伝導率測定の発表がバナディット結晶についてあり、現在得られている物性値に疑問を投げかけた。(河仲、興)

「4.4 超高速・高強度レーザー」では、アト秒パルス列発生の分光応用、OPCPAによる数サイクル高強度レーザーシステム、ならびに超高強度レーザーによる高エネルギー粒子加速などの発表が印象的であった。また、ファイバーレーザー、LD、固体レーザーによる紫外から近赤外域における超短パルス光の生成と制御などの報告があり、活発な議論が行われた。(西澤、中野)

「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。特に講演の大部分を占めたテラヘルツ関連では、初日に行われたシンポジウムを受けて発生・検出・分光の講演が多かったが、それとともに半導体デバイス、新規デバイス関連の発表も徐々に増加してきており、応用の観点からも着実に進展しているように見受けられた。(寶迫)

「4.6 レーザー分光応用・計測」では、これまでの研究室における植物の光応答に関する研究から発展した農作物の生育状態監視や品質管理を作地現場において行うためのレーザー計測技術の研究発表が注目された。(長澤)

「4.7 レーザープロセシング」では47件の講演が行われた。フェムト秒プロセスの講演が1/3を占めており、さまざまな検討が進んでいる。また、液中アブレーションによるナノ微粒子生成、バイオ・メディカル応用、短波長微細加工などに注目すべき結果が報告された。(大越、新納)

最後に、本報告をまとめにあたり、お世話になった各分科会話人各位に感謝する。

光エレクトロニクス

NECナノエレ研 工 藤 耕 治

光エレクトロニクス分科の一般講演の総発表件数は174件で、昨秋の講演会と同数であった。今回、「5.5光ファイバー」はポスター講演であり、また各中分類分科で分科内招待講演が行われた。

「5.1半導体レーザー・発光素子」は、広大名誉教授・山西先生による招待講演を含め46件の報告があった。可視系レーザーでは、ホログラフィック記録応用へ向けた青紫GaN-DFBレーザーの報告、Projection-TVへの応用へ向けた高出力赤色半導体レーザーアレイなどが報告された。長波系レーザーでは、量子ドット関連で、ドットの高密度化、サイズ均一化、多層化を目指したSb添加成長技術や物性に関する報告がなされ、量子ドットSOAの偏波無依存化が試みられるなど、着実な進展がみられる。一方、SOI基板上Si細線導波路へのInP系DFBレーザー集積が報告され、新領域開拓という意味で興味深い。波長可変レーザー関連では、TDA-DFBレーザーをベースとする集積光源や半導体リング共振器を用いた波長可変レーザーなど、継続的な報告がなされている。VCSEL関連では、850 nm帯で10 Gbps-100°C動作が、1.1 μm帯で30 Gbps超高速動作や10 Gbps-150°C動作などが報告され、超高速・高信頼化が進んでいる。また、MEMSを用いたVCSELで良好な発振波長の温度無依存特性が報告されるなどVCSELの新たな可能性も拓けてきている。

「5.2光検出」の講演は、単一走行キャリア・フォトダイオードに関する招待講演(NTT)と一般講演7件があった。招待講演では、素子の原理・特性だけではなく多くのユニークな応用に関する紹介があり、興味深い講演となっていた。一般講演では、量子通信向けの光子数計測用の検出器の研究、遠赤外からテラヘルツ領域に向けた検出器の研究が活発化傾向にある。

「5.3光記録」では、産総研・富永氏による招待講演「近接場光学の次世代光記録への展開」を含め10件の講演が行われた。近年、青色レーザーを用いた光記録を超える次世代光記録技術が注目されている。招待講演での近接場光学の研究動向の報告に引き続き、ホログラフィックメモリーの多重特性の解析、多層記録応用のためのエレクトロクロミズム記録の検討、偏光を用いた多値記録方式の報告が行われ、要素技術への取り組みが進んでいることがうかがえた。有害物質を除去した反射膜、記録材料の熱解析や光ディスクの信頼性評価など実用化を考えるうえで興味深い報告もあった。

「5.4光制御」は、92件と全体の約5割を占めている。このうち光信号処理関連では、次世代通信ネットワークを念頭においていた符号変換、クロック生成などの波長軸・時間軸を組み合わせた方式の検討があった。リング共振器回路に

ついて、材料から応用デバイスまで精力的な研究の報告がなされた。MEMS利用では、光通信向けの実用デバイスが紹介される一方で、チューナブル導波路デバイス実現を目指した基礎検討にも進展がみられた。光インターネットについては、光導波路と面型光デバイスの集積化など、光電気複合システムの実用を目指した光導波路作製技術の進展が目立ち、今後の展開が期待される。

強誘電体関連では、変調／偏向／波長変換デバイスから分極反転プロセス・評価、非線形係数測定まで35件の発表があり、白熱した議論が展開された。KTN結晶による光偏向や環境ガス計測用波長変換中赤外光モジュール、Mg添加比LiTaO₃QPM波長変換によるCW緑色光出力8.4 Wの報告が注目を集めた。LiNbO₃を用いたフォトニック結晶やマイクロディスク光共振器における波長変換、曲げ導波路を用いたQPMなどの新しい提案もあった。今後の進展に注目したい。

半導体、非線形関連では、波長変換素子、全光信号処理デバイス、光変調器、光スイッチ素子など、各種光制御デバイスの機能実証、高性能化、ならびに新しい応用への展開に関する発表があった。主に、光導波路型小型呼気センシングデバイス、サブバンド間遷移型光スイッチ素子、非相反損失による導波路型光アイソレーターなどに代表されるように、性能改善に向けた導波路材料ならびに構造の最適化に関する発表が多く見受けられた。また、新しい現象であるサブバンド間遷移による超高速位相変調に関しては、今後の展開が注目される。

「5.5光ファイバー」は、ポスターセッションで21件の発表が行われた。従来どおりファイバーセンサーに関する発表が充実していたが、今回はセンサーに用いられるFBGの作製方法としてファイバーの被覆上からグレーティングを書き込む技術が報告され、多点センサーの実用性を高める技術として注目されていた。また、ここ数回にわたり発表が増えている光ファイバーの非線形性を利用した技術では広帯域光源(SC光源)やパルス圧縮とならび、今回はプリュアン散乱の測定・評価が3件報告されている点が目立っていた。さらに、CO₂レーザーを使用したフォトニック結晶ファイバー(PCF)の接続技術も報告され、次世代ファイバーとして期待されているPCFの実用化に向けて周辺技術も充実してきていることがうかがえた。

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、各プログラム編集委員に深謝いたします。

薄膜・表面

東工大応セラ研 神谷利夫

6.1 強誘電体薄膜では、90件の発表(うち招待講演2件、講演奨励賞受賞記念講演1件)があった。今回初めての試

みとして招待講演を行った。製品を出されている企業の方に製品化のための技術や市場についてご講演いただき、それぞれ100人以上の聴講を集めて盛況を収めた。一般講演では、マルチフェロイック（特にBiFeO₃系）材料とFET系強誘電体メモリー（特に酸化物チャネルを用いたもの）の発表が特に目立った。

6.2 カーボン系薄膜では、63件の口頭発表が行われ、終始80～100名程度の参加がみられた。非晶質炭素、B-C-N系化合物薄膜に関する講演は26件で、成膜や特性評価のほか、電気的応用や機械的応用を目指した発表が多くみられた。ダイヤモンド関係の講演は37件で、基礎から応用まで多岐にわたるが、今回は特にpn、ショットキーなどの半導体接合構造を作製、評価する発表が増えた。応用分野が絞られてきたようだ。

6.3 酸化物エレクトロニクスでの発表では、講演奨励賞審査講演30件を含む91件の講演があった。バルク酸化物の薄膜化技術の著しい進展に伴い、原子レベルで制御した薄膜合成が可能となり、STO/LAOなどの酸化物ヘテロ界面の電荷移動現象や二次元電子ガス研究の活発化などが急展開している。また、酸化物エピタキシー技術と電気化学との融合による電気二重層トランジスタなど有機固体電解質を用いた固液界面現象も興味深い。透明導電膜では、長波長側の透過性を考慮した高移動度In₂O₃系透明導電膜や膜厚が薄いITO膜のキャリア密度の挙動解明の報告などが注目され、Nb添加TiO₂薄膜の新規透明導電性に関する続報があった。RRAMに関しては、混沌とした状態から、現象の整理が進み、動的動作特性や温度依存性、長期安定性、耐環境性などを含め、デバイスとしての可能性を議論すべき段階になりつつある。

6.4 薄膜新材料では、前回秋の講演会とほぼ同数の70件の口頭発表（講演奨励賞申請15件）が行われた。今回顕著な傾向としては、新材料だけでなく、ほかの分科になじまない調光デバイスや新パターニングプロセスの発表が増えたことがあげられる。また、多くのセッションで100名近い聴講者がおり、新材料への期待が高まっていることを感じさせた。他の傾向としては、窒化物および透明導電性酸化物が多い点は、これまでと同様であった。

6.5 表面物理・真空では、前回より23件増加し60件（講演奨励賞申請5件）の報告があった。今回はポスターセッションであり、展示時間中、継続して各ブースで積極的な議論が展開されていた。初日は原子、分子スケールの基礎的な表面の研究とナノ構造に関する研究が多くみられた。その中でも、Si酸化膜に関する研究とLEEM/PEEMを用いた研究が6件ずつあり、このセッションの特徴となっていた。2日目は薄膜形成、真空、計測技術に関して多くの報告があった。

6.6 プローブ顕微鏡では、装置・測定技術に関するものと各種物質表面の原子・分子レベル研究（原子操作、単分子測定）に関する研究が報告された。装置技術として、測定系の低ノイズ化、付加機能化（他の装置との併用）のほか

に、きわめて報告が多かったのが、分解能やデータの信頼性に直接関係する「探針作成・評価技術」である。これは測定の標準化と関連しており、カーボンナノ材料を用いた探針の実用化もそれほど先ではないと感じさせた。

ビーム応用

東北大多元研 羽多野 忠

総講演件数は182件であった。以下に、渡邊健夫（兵庫県立大高度研）、浅井了（富士通）廣島洋（産総研）、寺岡有殿（原子力機構）、高岡義寛（京大工）、畠浩一（三重大工）の各氏のご協力により作成された各分科の報告を記す。

「7.1 X線技術」（39件）では、20件のX線一般の講演と19件のEUV光源関係の講演がそれぞれショートプレゼンテーション付きのポスター形式で発表された。EUV光源では、さまざまな方式について着実な進展がみられたが、特に炭酸ガスレーザーとスズターゲットの組み合わせに期待が寄せられた。硬X線および軟X線領域においても、実験室光源を用いた光学系の開発が、光学素子レベルから応用研究に至るまで精力的に進められていることがうかがえた。

「7.2 電子顕微鏡、評価、測定、分析」（18件）では、高耐圧極薄膜を用いたガス雰囲気中の計測装置の開発に関する発表が注目を集めた。また、無収差の照明法を用いたTEMに関する報告が数件発表された。

「7.3 リソグラフィー」（24件）では、EUVリソグラフィー関連の発表が14件あり、特にレジストアウトガス関連やコンタミネーション抑制技術が目立った。その他のレジスト材料関連の発表も8件あった。

「7.4 ナノインプリント」（22件）では、離型剤の塗布性やインプリント中の離型剤のはく離に関して基礎的な検討や、ナノインプリントでのバブル欠陥制御、樹脂流動解析など本質的に重要な課題に対する発表があった。熱ナノインプリントでは、応用例として肺ガン病理診断への適用、光ナノインプリントでは、光ナノインプリント用モールドのリペアに関する発表が興味を引いた。また、光ナノインプリント用樹脂として硬化収縮から硬化膨張まで自由に硬化時の体積変化を設計できるという画期的な報告があった。

「7.5 ビーム・光励起表面反応」（15件）では、「シリコン表面上の金属原子ワイヤとナノワイヤ：相転移問題とその後」と題した韓国延世大学Han Woong Yeom氏による講演会企画運営委員会企画のアジア研究者招待講演を行った。Yeom氏は韓国科学技術部が韓国科学技術評価企画機構を通して運営しているCreative Research Incentiveプロジェクトの一つCenter for Atomic Wires and LayersのDirectorである。大変活発に表面物理に関するハイレベルの研究を展開している。一般講演では、超音速原子分子

ビームで誘起される表面反応、放射光を利用したリアルタイム光電子分光や光刺激脱離、FIB-CVDによる微小DLC構造体形成などが進展し、表面反応機構が原子レベルで議論された。

「7.6 イオンビーム一般」(32件)では、イオン注入やイオン照射によるナノ粒子やナノボイド、あるいはナノロッドの形成など、ナノ関連の講演発表や討論が活発に行われ、今後の展開が期待された。また、高分子材料の表面改質による細胞接着などのバイオ関連の発表やクラスターイオンビームやガラスキャピラリーによる集束イオンビームなどのプロセス関連の発表も行われ、それぞれの研究の進展が示された。

「7.7 微小電子源」(24件)では、ディスプレイ・真空ナノデバイス応用に向けた従来からのSi系、金属系、炭素系、窒化物系、強誘電体などの種々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。さらにGaAs系フォトカソードや高輝度スピニ偏極電子源など新しい話題提供もあり、今後の発展が期待される。

「7.8 ビーム応用一般・新技術」(8件)では、レーザー加工・リソ、加速器のための高電圧発生技術、MgOナノ領域のTEM観察、イメージングプレートの絶対感度、カーボンナノファイバー電子エミッターによるX線原の開発など、さまざまなビーム関連新技術の研究開発が興味を引いた。

応用物性

産総研 舟橋良次

「8.1 磁性材料・磁気デバイス」では、ナノスケールをターゲットにおいた磁性体の作製や物性評価などを中心に、17件のポスター発表が行われた。電子線蒸着によるFe膜においては、1nm程度に大きな構造変化が現れることをTEM像さらに真空中における抵抗率測定および磁気抵抗効果測定にて総合的に確認した(27a-P2-15)。また、トリプロックコポリマーをマスクにシリカ基板に形成した凹凸上に、FeCu/Pt積層膜形成しRapid Thermal Annealにて急速加熱した場合、1bit/dotとして1インチ当たり7Tbit相当の密度で粒分散させることができるというインダストリー的にも興味ある発表がなされた(27a-P2-12)。

「8.2 誘電材料・誘電体」では、25件の発表があり従来まで半日で終了していたセッションが一日に延長され、誘電体の基礎・応用に関する最新のデータが数多く発表された。特に、粉体の誘電率測定法に関して、交流インピーダンス測定と等価回路解析を用いる手法が、企業の研究者から提案された。この方法は、積層セラミックスコンデンサーを使用するチタン酸バリウム微粒子の評価に有用であると評価された。また、誘電体薄膜と金属電極間に形成される

ショットキーバリアの誘電物性に与える影響に関して、理論・実験に基づくモデルが提案された。この研究は、誘電体薄膜の物性を理解するうえで貴重な知見を与えるものであった。リラクサーの構造相転移を光散乱を用いて解析した研究も、リラクサーに関する高度な基礎研究として注目された。さらに、非鉛系圧電体について多くの発表があった。特に、高密度ニオブ酸カリウム焼結体を作製する技術を開発し、その圧電特性を評価した研究は、この分野の進展に大きく寄与するものであった。また、午後のセッションの後半は、チタン酸バリウム-チタン酸ストロンチウム系薄膜の高周波応用に関する発表が数件あった。その薄膜の非線形誘電性を利用し、バイアス電圧で誘電率を制御する素子が実際に企業で作製されていることが報告された。

本分科会では、大学理学部に所属する研究者からの基礎理論の発表、大学工学部に所属する研究者からの材料・応用の発表、企業からの応用研究の発表がバランスよくあり、誘電体にかかわる研究者の横断的な情報収集の場として有効に機能している。今後、さらに発表件数を増やし、多くの研究者が参加する分科会にする必要性を感じた。

「8.3 微粒子・粉体」に関する発表は10件であった。微粒子に関する発表は2件で、白金微粒子の粒径制御および酸化セリウム微粒子の製法に関する講演が行われた。また、ER流体の表示デバイスへの応用に関する講演では、電極構造の改良による性能向上に関する新たなアイデアが発表された。外添剤による粉体の挙動の変化に関する発表が1件、静電気に関する発表が6件であった。静電気の発表では2件が着火や防爆に関するもの、4件が電子デバイス製造時の帯電防止に関するものであった。

「8.4 ナノエレクトロニクス」では、ナノを共通キーとしてバラエティに富んだ22件の講演があった。高精度SPM加工(東京農工大・横浜国大)は多くの注目を集めた。量子電流ミラー回路(電通大)やピーポッドを利用したナノギャップ抵抗スイッチ(産総研)も興味深かった。また、近接場光相互作用によるセキュア情報システム(NICT)など理論や概念の提供もあった。量子計算を含め新情報システムに向けた量子ナノデバイスや回路の研究も継続的に展開されている(東工大、北大など)。本セッションはマルチディプリナリーが特長で萌芽的研究も受け入れやすい。この環境は今後も維持してゆく。

「8.5 熱電変換」は3月29~30日に行われた。前回並みの37件の口頭発表があった。その分類は、半数以上は酸化物系材料であり、残りはデバイス開発、金属間化合物材料、超格子・ナノ構造体、評価方法や理論計算などであった。流行の酸化物では、前回に引き続き、数種の新材料開発があり、依然としてこの系の広がりを感じた。片やこれまでに開発された材料に対しては、さらなる性能改善の手がかりをつかむべく、組成を含めた結晶構造の詳細な分析評価およびその制御について研究が多数あり、研究の深さがさらに増したようである。参加者も百人弱あり、活発な議論が展開されていた。一方、酸化物以外で特に興味深かった

のは、デバイス作製である。その一つが Convex 型ペルチェデバイスで、医療・バイオなどの特定応用を意識した小型の冷熱器を提供するものであった。ビデオでは、試験体が見る見るうちに凍っていく様子が紹介された。もう一つが、p 型 n 型のどちらか片方のみで組み上げる発電モジュールである。着眼点が優れている。今後、デバイス先行グループとともに、熱電デバイス実用化の足掛かりを築いていかれることを期待したい。

「8.6 新機能材料・新物性」では、9 件の発表があった。このうち、有機-無機ハイブリッド材料の耐熱性接着剤開発関係が同グループから 3 件報告され、Ni-Fe-O 系焼結体のセンサー応用に関するものが 2 件報告された。その他、C₆₀ ポリマーに関する報告、Co_x/C₆₀ の電子構造に関する報告、蛍光体材料の局所構造解析や夜光塗料の傾斜組成膜に関する報告がなされた。局所構造解析研究では、XAFS による構造解析ばかりでなく ESR などの実験による解析結果の裏付けがなされ、物理的に大変わかりやすく、聴衆を魅了するような報告であった。

超伝導

名大院工 吉田 隆

超伝導分科の講演総数は、関連の合同セッション G 「量子情報の基礎と応用」、関係シンポジウム超伝導分科会企画：「新展開：超伝導材料技術の革新とパワー・磁場応用最前線」および「超伝導検出器による電磁波-X 線-生体分子分光計測技術の展望」など計 177 件の講演が行われた。また、超伝導分科会が主体となって展示会場において、応用物理学会超伝導分科会特別展示「発見 20 周年記念、高温超伝導体研究開発最前線」が企画され、超伝導・低温関連の製品も一同に集めた「超伝導・低温関連特別展示」が開催された。

「9.1 基礎物性」では 41 件の講演が行われた。発表の内訳としては、厚膜・薄膜関係 9 件、バルク・単結晶関係 16 件、接合関係 14 件と磁気光学顕微鏡関連ほかで 2 件であった。薄膜関係では塗布熱分解法による REBCO や、電子ドープ型超伝導体、BKBO などの成膜、特性評価が報告された。バルク・単結晶関係では、RE123、RE124、Bi 系、NSG123 超伝導体の作製・物性評価などが報告された。また、接合関係では、デバイス応用を目指した薄膜固有ジョセフソン接合の作製、ならびに固有ジョセフソン接合のトンネル特性や磁束フロー特性などについての詳細な解析が報告された。また、固有接合以外として LSCO/強磁性体ブリッジ接合や BSCCO ランプエッジ接合についての報告があった。

「9.2 新材料、新薄膜、新低温動作デバイス」では、MgB₂ 系、新デバイス、新材料関係の 11 件の講演が行われ、活発な質疑応答が行われた。MgB₂ 系(7 件)では、プラスチックフィルムを含む異なる基板材料への成膜時の組成制御の

問題克服に関する報告が興味を引いていた。デバイス応用では、情報通信研究機構より THz 周波数領域素子を目指した電磁波照射下での MgB₂ SIS 接合特性が報告された。京大、東大グループからは、量子ビット応用を目指した BSCCO 固有微小接合を用いたスイッチング特性(2 件)が報告された。新材料関連では、科学技術振興機構・東工大のグループより、構造解析とマイスナー測定を用いた、Fe を含む層状超伝導体 LaOFeP 合成成功の報告がなされた。

「9.3 薄膜、厚膜、テープ作製プロセスおよび結晶成長」では、MOD 法のプロセス改良や PLD 法で作製した薄膜への磁束ピン止め点の導入などに関する発表があった。TFA-MOD 法の出発原料組成を Ba poor にする改良型 TFA-MOD 法が提案され、この手法によって膜中のポアなどが減り、J_c が大幅に向上去ることが報告された。また、微細構造観察やシミュレーションを用いて、この改良型 TFA-MOD 法で J_c が向上するメカニズムについての検討も報告された。c 軸相關ピンを導入する試みとして、ErBCO 薄膜に BaZrO₃(BZO) や BaNb₂O₆(BNO) をドープし、磁場中 J_c や微細組織についての検討がされた結果、これらの Ba 複合酸化物が c 軸方向にロッド状に成長し、c 軸相關ピンとなっていることが明らかにされた。また、BZO 添加 YBCO 薄膜の磁場中超伝導特性の詳細な評価から、この系の磁気相図についても報告がされた。

「9.4 臨界電流、超伝導パワー応用」のセッションでは、21 件の講演が行われた。精力的に開発の進んでいる coated conductor における臨界電流に関する講演が 4 件、不可逆磁場に関する講演が 2 件なされた。磁束ピンニングの向上については、いくつかの効果的な手法が報告されているが、その一つとして置換元素を導入する手法について、RE123 系で 2 件、Bi 系で 1 件、MgB₂ で 1 件の報告があった。これらは、実用導体への導入も期待できる。RE123 バルクでは、より高磁場や大面積の着時が期待できる大型のバルク試料に対するパルス着時に関する講演が行われた。また、前回に引き続き第 3 高調波を用いた磁束ピンニングに関する 3 件の報告が行われた。さらに、磁気光効果や SQUIDなどを用いた局所的な臨界電流分布の評価が進んでいるが、これらを用いたテープ線材の不均質性に関して 4 件の報告がなされた。また、MgB₂ に関しては、上記の置換元素の講演を含めて 3 件の報告がなされた。

「9.5 アナログおよび関連技術」では、マイクロ波素子、超伝導検出器、SQUID を中心に 37 件の講演が行われた。マイクロ波素子では、主に送信用フィルターの耐電力特性およびチューナブルフィルターのチューニング特性について議論された。超伝導検出器では、SIS ミクサー、STJ のノイズ低減を目的としたトンネルバリアの品質改善について、また、情報通信用单一光子検出器の光応答特性について議論された。SQUID では、産業計測応用、免疫検査応用を中心に報告があり、特に、STM-SQUID 顕微鏡、レーザー磁気光学顕微鏡など、高空間分解能化を目的としたシステム開発について活発に議論された。その他、超伝導送

電ケーブル用絶縁材料の熱伝導率について報告がなされた。

「9.6 接合、回路作製プロセスおよびデジタル応用」では、高温超伝導接合および集積回路に関して9件、Nb系集積回路の作製と設計に関して17件の講演が行われた。Nb系集積回路の欠陥要因やSFQ回路設計に関する講演が多数あり、今後の回路大規模化へ向けて活発な質疑応答が行われた。実用化へ向けた着実な進展もみられ、ポータビリティの高い小型冷凍機に実装した高温超伝導サンプラー・システムの動作実証や、A/Dコンバーターを半導体回路とハイブリッド動作させて、サンプリング周波数18.4GHzでSNR~82dBを達成したなどの報告がなされた。

なお、本報告は、入江晃亘(宇都宮大)、仙場浩一(NTT物性基礎研)、一野祐亮(名大)、淡路智(東北大)、師岡利光(セイコーインスツル)、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)大分類分科においては493件の一般講演が行われました。講演件数としては大分類中で最も多い数字です。M&BE分科としての推移を見ると、図に示すように、昨年の2006年秋季大会(527件)に比べて34件減少しており、ここ数年の増加傾向に歯止めがかかっています。この理由としては、春季講演会の二週間ほど前の2007年3月14日~16日にM&BE分科会主催の国際会議Fourth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE4)が行われ、そちらでの発表と重なったためである可能性があります。図には、中分類ごとの発表件数の推移もあわせて示しました。2006年春に分類の組み換えがあり簡単に比較はできませんが、特に目立った減少を示す分類はなく、順調に推移しています。

会期中は一般講演に加え、4件の講演奨励賞受賞記念講演ならび、1件の分科内招待講演(10.10 生体分子計測・バイオナノテクノロジー)が行われました。シンポジウムに関しても本大分類が主としてもしくは共同で企画した「SPMにおける液中計測の新展開」、「自己組織化膜の実用方向とその課題」、「エレクトロニクス有機界面幾何工学」のほかにも「有機分子」や「生体機能」といった関連のキーワードを題名・講演に含むシンポジウムがいくつもあり、有機分子・バイオエレクトロニクス分野の広がりを感じられます。

今回は、一部会場で立ち見が出ましたが、会場に入りきれないといった不都合はほとんどなかったようです。日程に関しては、開始時刻を他の会場とそろえたため、終了が遅くなかった会場(10.2など)があったことが問題点として

指摘されました。次回からは開始時刻を早めて終了が極端に遅くならないよう配慮する予定です。

ポスター／口頭の振り分けに関して、今回から新しい試みを行っています。「10.9 特定テーマA：有機トランジスタ」の件数が多く(今回過去最高の97件)、このセッションの参加者が他の会場の講演を聞くことができないという弊害が指摘されていました。対策として、今回から10.9の一部のポスター化を実行しました。ポスターに伴うショートプレゼンテーションについては、スピーディに技術の全体像がわかる利点が認識されました。ポスター会場では多数の参加者による熱気あふれる質疑が行われました。

従来どおり、中分類一つを順番にポスターとすることは続ける予定ですので、次回('07年秋)は「10.10 特定テーマB：生体分子計測・バイオナノテクノロジー」を全部ポスター、「10.9 特定テーマA：有機トランジスタ」を一部ポスターとして募集する予定です。この点を含め、プログラム編成・講演会運営に関して、ご意見がありましたらお知らせください。

各中分類での具体的なトピックスに関しては、各プログラム編集委員からの記事をまとめて、M&BEの分科会誌(Vol. 18, No. 2)に掲載予定ですのでご参照ください。

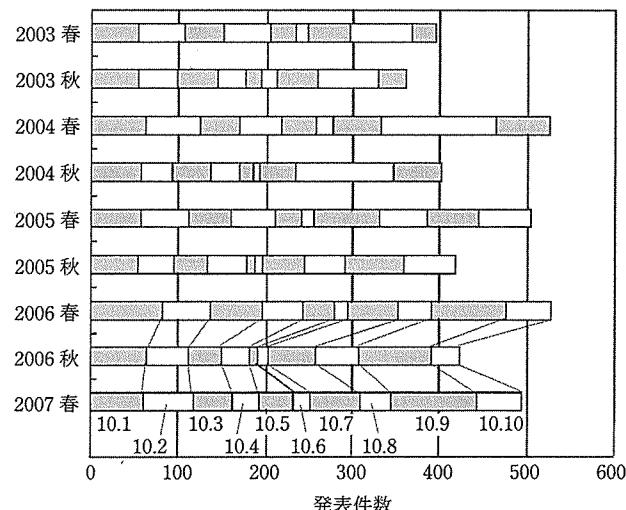


図 有機分子・バイオエレクトロニクス分科中分類の発表件数の推移。左から、10.1 作成技術、10.2 評価・基礎物性、10.3 電子機能材料・デバイス、10.4 光機能材料・デバイス、10.5 液晶、10.6 高分子・ソフトマテリアル、10.7 生物・医用工学・バイオチップ、10.8 有機EL、10.9 有機トランジスタ、10.10 生体分子計測・バイオナノテクノロジー。(注) 2005年春に中分類を増やし、2006年春に編成を組み替えている。

半導体 A セッション(シリコン)

ソニー 清田 幸弘

半導体 A(シリコン)セッションでは、以下に示すように新たなプロセスデバイス技術、解析技術、シミュレーション

ン技術に関して活発な議論がなされた。これらの技術は確実に進歩しており、研究の対象は山積している。しかしながら本セッションへの参加人数が近年減少傾向であることは否めない。若い研究者のこの分野への参加をぜひ期待したい。

「11.1 基礎物性・評価」では、19件の講演があった。午前はヘテロ接合、pn接合や欠陥についての走査プローブ顕微鏡を用いた原子レベルの評価法や、絶縁膜/Si界面の欠陥や誘電率についての実験あるいは理論計算による研究成果が発表された。午後は、Siナノ構造におけるドーピング技術、電荷保持特性、発光特性など、ナノ構造特有の物性に関する発表や、ラマン分光によるSiの応力分布に関する発表が多くあった。質疑応答も大変活発であった。

「11.2 半導体表面」の大きなトピックスは極薄酸化膜成長初期の形状評価、および新たな成長モデルの提案であった。従来のDeal-Groveモデルでは説明できない初期酸化過程の統一的解釈が、物理的評価技術と理論計算技術の進歩によって可能になりつつある。半導体洗浄プロセス関係では後工程やデバイス特性への影響も議論された。さらに有機物の表面吸着、シリサイド反応初期過程解析、新たな界面解析手法の提案など活発な議論が繰り広げられた。

「11.3 絶縁膜技術」は、全講演数99件で、初日から多数の参加者が集まり、非常に活発な議論がなされた。今回の特徴として、シリコン基板上の絶縁膜技術に加え、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いることがあげられる。新チャネル技術に向けた基礎検討が、企業、大学とともに活発化している一方で、シリコン酸化膜やHigh- k 絶縁膜に関する基礎的な研究報告も依然として多く、現在の技術から将来の技術まで幅広い取り組みが成されている。

「11.4 配線技術」では、「LSI多層配線に関するプロセス・信頼性メカニズムと最先端技術」と題した分科内総合講演を行った。この講演では、45/32nmノードを目指した最先端BEOLインテグレーション技術、多層配線形成にかかわる各種プロセス、信頼性技術に関し、次々世代のBEOL技術の方向性を念頭に活発な議論を行った。一般講演は、ポスター形式で行われ、主に、Cu/Low- k プロセス、評価解析技術に関する発表が多数を占めた。

「11.5 Siプロセス技術」ではSBSI法により形成したSOI-MOSFETの特性、極薄SOIの膜厚評価、酸化濃縮法により形成したSGOI基板およびGOIのひずみと組成の評価に関する報告があった。また、シリサイド形成、極浅イオン注入、斜めイオン注入、イオン注入のモデリング、ウエハーボンディング、非晶質Ge薄膜、シリコンナノ結晶の形成に関する発表があった。ELAをはじめ、パルスRTA、半導体レーザー、大気圧熱プラズマジェット、マイクロ波、レーザープラズマX線などを用いたpoly-Si膜の形成法、また、ドーパントの低温活性化に関する発表があった。さらに、加熱触媒体上で生成した原子状水素を用いた表面処理、Si以外にもSiGe、TiN、Pd₂Siなどの材料

も報告され、その可能性が活発に議論された。

「11.6 Siデバイス／集積化技術」では、71件の報告があった。Siナノデバイスでは、これまでの多重量子ドット・細線などに関する発表に加えて、赤外線センサーなどの新たな試みが発表された。微細CMOSでは移動度向上や劣化の機構を解明するといった基礎的な発表やFinFETなどの新構造に関する発表が多くなっている。メモリーでは狭ピッチ化・三次元化などSRAMのさらなる微細化技術に関する発表が多くなされた。また、MEMSやRFデバイスではRF-MEMSの集積化やオンチップアンテナ・実装技術などで完成度の高い発表が多くなされた。

「11.7 シミュレーション」では18件の報告があった。前半は、高耐圧Tr.のプロセス最適化、不純物の離散性に関する検討、S/Dストレスエンジニアリング、微細MOSFETの解析モデル・パラメーター抽出・低消費電力SRAM回路などの緊急性の高い課題に関する報告が行われた。後半は、SET回路、ナノワイヤから非平衡グリーン関数法による量子輸送解析、三次元量子補正・新チャネル材料モンテカルロ法、ナノ構造フォノン、パリスティック性の評価、シリコン材料特性の原子レベル解析などのナノ構造・ナノスケールデバイス関連の発表が行われた。

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研 白 杠 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。

〔12.1 探索的材料物性〕探索的材料物性では、ポスター形式で49件の発表があった。シリサイド関連では、これまで中心的であった β -FeSi₂以外に、強磁性材料のFe₃Si膜やII-IV族のBaSi₂、Mg₂Siに関する報告が増加した。中でも、原子層レベルで急しうんな界面をもつFe₃Si膜がGe基板上に130°Cの低温で成膜できる報告（九大・京大）、 β -FeSi₂基板表面の酸化膜除去と明瞭なステップ構造をもつホモエピタキシャル膜の成長（茨城大）、BaSi₂膜の不純物ドーピング特性（筑波大・AIST）が興味深く、研究の広がりを感じた。また、シリサイド関連以外ではグラファイト超薄膜の電気伝導が印象的で、超薄膜の合成法が確立できれば急速な研究の進展が期待できる分野である。（鶴殿）

〔12.2 超薄膜・量子ナノ構造〕分科内招待講演としてNTTの寒川らは表面弹性波による動的閉じ込め量子構造の光物性制御およびその応用について報告し、活発な議論が行われた。量子ドットに関しては電子・核スピinn制御（北大）をはじめとし、コヒーレント制御、ラビ振動など、励起子の精密な実験報告が数多くあった。素子応用では、量子ドットレーザー（東大）などの発光デバイス、Si上の共鳴トンネルダイオード（東工大）などの電子デバイスのほ

かに、ナノ機械レゾネーター（NTT・東大）などの報告があった。またナノワイヤの作製・評価の報告も活発に行われ、中でもWナノワイヤを配線に応用する報告（物質・材料研究機構）が目を引いた。（臼杵）

[12.3 プロセス技術・界面制御] 分科内招待講演として沖電気 佐野芳明氏により、化合物半導体トランジスタの進展について解説があり、これまで産官学連携や学会が果たした役割の重要性が指摘された。また、窒化物半導体トランジスタについては、年表を用いて将来への期待が示された。窒化物系ダイオードの漏えい電流の低減に関する報告では、AlN テンプレートの採用により低減できるとする報告があり、今後の進展が期待された。GaN 基板加工関連では、Fe 研磨板を用いた砥粒レス加工の有効性が報告され注目された。p-GaN 関連では、炭素拡散によるドーピングの試み、Mg 添加層の短時間熱処理、ハロゲンプラズマ処理による p-GaN 表面特性の報告があり、今後のさらなるプロセス改善が期待された。（葛原）

[12.4 超高速・機能デバイス] 43 件中 GaN 系が 33 件と全体の 77% を占めた。非 GaN 系では InP 系、ダイヤモンド、SiC、SiGe とバラエティに富んだ講演となった。超高速デバイス向けの InSb 系のエピやシミュレーションの報告があり、同材料への期待がうかがえる。GaN 系では、ユニークな構造の HEMT、MOSFET の報告があり、研究の進展が期待される。ダイオードの高耐圧化に関して、縦型 GaN 基板上 pn ダイオードでは物性限界に近い優れた特性を示した。また、ノーマリーオフデバイスの高特性能化の講演が多数あり、高い相互コンダクタンスや低い on 抵抗値が報告された。最後に、材料の錯誤などを理由に発表辞退が数件あった。材料研究はデバイス研究開発の基礎であり、今後の研究に期待したい。（石川）

[12.5 半導体光物性・光デバイス] CuInGaSe₂ 系薄膜太陽電池では、Se ラジカル源や光励起プロセスによる高品質化に加え、各積層膜や界面の評価研究の進展が興味深かった。Cu₂ZnSnS₄ 薄膜太陽電池材料の報告が増加した。蛍光体・EL 関連では 34 インチ無機薄膜 EL ディスプレイ開発の現状についての招待講演があり活発な討論が行われた。ナノ粒子蛍光体関連、サイアロン蛍光体および CaAlSiN_x 蛍光体を中心に実用化へ向けた活発な議論がなされた。シリコン系ではナノ結晶シリコン超音波源の二次元アレイ化による指向性制御が示され、今後の発展が期待される。太陽電池用多結晶シリコンに関して亜粒界に関する理解が深まるとともに、HF 液浸 PL、ケルビンプローブフォース顕微鏡などの新たな評価法の進展がみられた。（永吉）

結 晶 工 学

阪大院工 森 勇 介

大分類分科「結晶工学」は、392 件の講演がなされた。今

回で 6 回目となった「薄膜・表面：6.3 酸化物エレクトロニクス、6.4 薄膜新材料」と「結晶工学：13.2 II-VI 族結晶」との合同セッション K「酸化亜鉛系機能性材料」も 66 件の講演がなされ、活発な討論が行われた（本合同セッションに関しては別途報告がある）。以下に、各セッションからの報告をまとめる。

「バルク結晶成長」では、機能性酸化物材料である 12 CaO·7Al₂O₃ の結晶育成、GaN 基板用サファイア単結晶や β -Ga₂O₃ 結晶の高品質結晶育成、そしてフッ化物結晶、および酸化物結晶のレーザー特性やシンチレーション特性などの光学評価に関する報告がなされた。また半導体結晶に関しては、Si 育成における B-Ga や B-Ge 添加効果、一方向凝固プロセスの解析、TLZ 法による InGaAs 化合物半導体の組成均一化についての報告がなされた。バルク結晶成長は徐々に発表数が減少傾向になったが今回も、発表件数が 38 件となり、活発なセッションとなった。

II-VI 族化合物半導体のセッションは、ZnO などの材料がほかのセッションにおいても多く報告されていることもあり、論文数は近年漸減していたように感じられる。今回は特にセッションが 6 時間に集約されていたことからもその傾向は続いていると感じられた。しかしながら逆に各領域に関して焦点が絞ってきたこともあり、かなり内容の濃い議論が活発に行われていたように感じられる。

大工大のグループからは PbTe 系材料の量子構造に関する研究が報告されていた。赤外線領域の光デバイスをターゲットにしたもので実用化を目指して着実に進歩していた。量子ドット構造が自己構築的に形成され、室温領域において良好な光学的特性を示していた。実用的デバイスに到達するのも遠くない将来であると感じさせられた。

また、鳥取大学のグループからは、束縛励起子を利用した電流注入型レーザーの特性改善に関する研究が報告されていた。素子構造に工夫を加えることにより、従来の成果より低しきい値で発振するレーザーの開発に成功している。これまでの II-VI 族材料とは異なる観点でデバイスを実現させるアイデアであり、今後の進歩に期待がもたれる。

その他、希薄磁性半導体の作製方法、量子構造などに関する報告が多くなっていた。II-VI 族半導体材料を用いた希薄磁性半導体は長年にわたって研究されていたこともあるので、近年の III-V 族希薄磁性半導体に関する研究成果と連動して、今後もさらなる発展が期待される。

「III-V 族エピタキシャル結晶」では、全体の 30% が量子ドット、20% が希薄窒化混晶に関する発表であった。量子ドット関連では、高密度化、高均一化、高品質化、発光波長制御、偏光制御などがトピックスであり、高密度化に有効な Sb 終端 GaAs 上 InAs 量子ドットでは密度を 5×10^{10} cm⁻² 程度に制御することや GaAsSb 埋め込み層を導入することにより室温での発光効率を大きく向上できることが報告された。また、高引っ張りひずみバリア層を用いた InP 上 InAs コラムナ量子ドットの形状およびひずみ制御による偏波特性制御が報告され、偏波無依存量子ドット SOA

の実現が期待される内容であった。希薄窒化混晶では、MOCVD 成長薄膜や CBE 成長薄膜中の残留不純物が結晶性に及ぼす影響や不純物低減成長に関する検討、顕微ラマン分光や近接場イメージング分光による局在窒素原子の光学評価、GaInNAs 系多重量子井戸構造の変調器集積DFB レーザー応用などが報告された。その他の講演では、基礎研究面では、表面反射率異方性測定による MOCVD 成長サブサーフェス解析、InGaAsP 系 MOCVD 選択成長シミュレーション、断面 STM によるヘテロ界面の組成分布評価など興味深い報告があった。一方、デバイス応用面では、InP 基板上高ひずみ InAs/InGaAs 多重量子井戸レーザーの波長 $2.3\text{ }\mu\text{m}$ 中赤外室温連続発振、Si 基板上面発光デバイスに向けた AlGaSb/AlSb DBR 構造の作製が報告され、今後の進展が大いに期待される内容であった。

「III-V 窒化物結晶」では、LED や LD などの光デバイスの発光効率の向上とノーマリーオフ型電子デバイスの実現を目指して、無極性面・半極性面基板およびその基板上へ結晶成長、光・電子物性評価、さらには、この基板上に成長したデバイス特性評価などの研究報告が増加している傾向にある。特に、光物性を含む基本的な物理現象の理解が進んでいる。これは、最近の結晶成長技術の進歩により、積層欠陥の発生を抑制した GaN 結晶が実現可能になりつつあることと、この結晶上に電流注入時の発光波長シフト量が小さい LED が実現されつつあることと連動していると考えられる。ただし、この LED の外部および内部量子効率は、通常の c 面上の LED より低下してしまう。この問題点の理解と改善が実用上重要である。また、無極性面・半極性面基板上の LD においては、ひずみを考慮した価電子帯構造の変化が、デバイス特性を左右することが予想されていたが、これが理論計算により定量的に示された。LD の発振も報告され始めたことから、実験による実証を期待したい。ひずみを考慮した価電子帯構造の変化は、AlGaN 系 LED の偏光を含むデバイス特性を左右することが実験的に示されてきたが、精密なバンド構造変化を考慮に入ることで定量的に説明できるようになりつつある。バルク結晶に関しては、大型の GaN 基板と AlN 基板を目指して、さまざまな成長法による挑戦が続いているが、HVPE 法にサファイア基板はく離技術を組み合わせることで、3 インチ径の GaN 基板の作製が可能になった報告は注目すべきことであろう。

「IV 族結晶、IV-IV 混晶」のセッションでは、ひずみ制御に関連した講演が多くなされたが、従来のグローバルひずみに加えて、局所的なひずみの印加手法、局所的なひずみの評価手法に関する講演が増加する傾向にある。リソグラフィーによる微細パターンニング、SiN 膜の堆積、(110) 基板の利用などにより、局所的なひずみ印加や、非等方的なひずみ分布が導入され、その評価が放射光 X 線、顕微ラマン分光、顕微蛍光トミネッセンスなどにより行われている。また、ひずみ Ge 中の正孔の有効質量のキャリア濃度依存性、SiGe 薄膜のひずみ緩和率と Si 基板の多孔質度と

の関係、貫通転位量とデバイス特性の関係、転位の移動度とイオン注入の影響などが報告され、この系の材料学的およびデバイス物理の理解が着実に進展しているという印象を受けた。

「IV 族系化合物」は、全部で 37 件、すべて SiC 関連の報告であった。会場があふれ、数十名の立ち見ができるほどの盛況であった。直径 200 mm の 3C-SiCOI 基板の成功が伝えられ、驚きと賞賛の声があがった。従来難しかった C 面 (α -SiC) の拡張欠陥の検出法が提案された。産業界側から、現在、デバイスの微細加工を妨げているのは SiC ウエハー表面の局所的な凹凸 (LTV) で、早急な改善が必要だととの指摘があった。pn ダイオードに高密度電流を流したとき起こる積層欠陥の伸張運動が強力な UV 光照射でも起こることが示された。 γ 線を照射したときの SiC ダイオードやトランジスタの耐性が次第に明らかになってきている。阻止耐圧 660 V、オン抵抗 $1.8\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ の DMOS が発表され、会場から喝采を浴びた。SiC パワー MOS は本大会を契機に $1\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 以下を競う時代に突入したといえる。

「エピタキシーの基礎」では、各種の半導体エピタキシャル結晶の成長メカニズムに関する発表が大半を占め、GaN エピ成長に関する理論的アプローチ、GaAs 系成長表面および Si/Ge 系成長界面構造の解析、化合物半導体のラテラル成長、ナノワイヤ、量子ドットに関する報告がなされた。GaN エピ成長の理論計算については今後の成長条件への適応に期待がもたれ、ナノワイヤの成長に関しては、回転双晶の発生について関心を集めた。また InAs 量子ドットへの Sb 導入効果について活発な議論がなされた。

「結晶評価、ナノ不純物・結晶欠陥」では、ショートプレゼンテーションとポスターセッションを行ったが、オーラルでポイントを主張しポスターでじっくり議論できるということでおおむね好評であった。このセッションでは、水素、炭素、点欠陥、重金属を中心に、結晶中の不純物や結晶欠陥についての報告がなされたが、講演の 8 割は Si 単結晶に関するものである。今回特に、單原子空孔の観測について研究の進展が報告され、ポスターセッションのメリットを活かした熱い議論がなされていた。一方、Si 以外の結晶材料に関する報告も 5, 6 件あり、Si の技術や知見が生かされるものと期待する。

非結晶・微結晶

阪大院基礎工 外 山 利 彦

「14.1 基礎物性・評価」の Si 系では、微結晶 Si 系の報告が活発であった。高速堆積した微結晶 Si 膜のバンド内光吸収および欠陥密度の評価結果が初めて報告され、太陽電池特性との相関が議論された(阪大)。また、高速堆積膜の光励起キャリア拡散長と AFM 観測から得られた粒径との対比も行われた。組成比の異なる微結晶 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ の欠陥密度

評価の報告があった(産総研)。近接場光学顕微鏡を用いた微結晶 Si 評価技術の開発(岐阜大ほか)や量子ドット Si 系での水素パッシベーション効果(東工大)など新しい取り組みも含め、今後の発展が期待される。プロセス技術やデバイス関連の研究者にも、参加をお願いしたい。a-Si:H に関しても、熱心な報告がなされた。強電界下での低温 PL 寿命に関する系統的な実験と解析結果(東京工芸大ほか)や正孔輸送における酸素ドーピングの影響が報告された(産総研)。

Si 系以外の材料系で興味深い報告が続いた。これまでに報告例がほとんどないオキシカルコゲナイトガラスの光誘起現象が報告された(北大)。光黒化および体積膨張現象を統一的に示し、課題であるカルコゲナイトガラスの光誘起現象のメカニズムに対して、物質面からの新しい展開を十分予感させるものであった。Na, Ag 共含有テルライトガラスに関して、Na イオン伝導を起点とするミクロ構造の変化が Ag 析出というマクロな現象に到達する興味深い報告があった(京大)。Bi ドープシリケートガラスの赤外超広帯域発光について、誘導放出断面積がチタンサファイアを上回るほど大きく、赤外光通信帯の増幅媒体として有望であることが報告された(豊田工大)。 γ 線照射後のフッ素ドープ SiO_2 ガラス中の欠陥濃度より Frenkel 対形成が主な真性欠陥形成過程であることが明らかにされた(科技機構ほか)。 SiO_2 微粒子の発光の起源が表面における構造欠陥であることが理論と実験の両手法を用いて明らかにされた(神戸大)。その他、ポリマー分散 Ni ナノ粒子(九大)や有機 TPD 膜(大阪府大)といった新材料系の報告も行われた。

「14.2 プロセス技術」では、a-Si:H、微結晶 Si、微結晶 Ge および微結晶 SiGe 薄膜を中心に報告がなされた。特に、微結晶 Si 薄膜の高速堆積のためのプラズマ診断としてキャビティーリングダウン分光法による SiH_3 ラジカルとダストの定量的評価についての報告(産総研)は注目された。化学輸送堆積法で作製した微結晶 SiGe に関しても報告がなされた(東海大)。Si 系以外では、Nb ドープ TiO_2 薄膜の報告(岐阜大)があり、薄膜太陽電池の性能向上への寄与が期待される。なお、Cat-CVD 法関連では、分科内総合講演「Cat-CVD 法の現状と今後の展開」、プラズマ CVD 法関連では、合同セッション D「プラズマ CVD の基礎と応用」が行われたので、今回の講演件数に影響が出たことは否めないが、聴講者は相変わらず多く、高い関心を集め続けている。

「14.3 デバイス」では、太陽電池に関する充実した発表が相次いだ。微結晶 Si 高速堆積技術に関して、8.1 nm/s で堆積した微結晶 Si 光活性層を用いた薄膜太陽電池で変換効率 6.3% が報告され(阪大)、膜の微細構造や欠陥密度、堆積方法について活発な質疑が行われた。HIT 太陽電池において a-SiO:H 極薄層挿入による 60 mV の開放電圧向上が報告された(東工大)。微結晶 SiGe 薄膜太陽電池の分光感度特性解析より、25% 程度までの低 Ge 組成材料の有効性

を確認し、変換効率の改善が報告された(産総研)。紫外線硬化樹脂を用いた光閉じ込め構造を有するプラスチック基板において、a-Si:H 薄膜太陽電池の短絡光電流が増加したとの報告(日本合成化学工業ほか)も興味深い。薄膜太陽電池に対する屋外での出力特性解析が報告された(立命館大ほか)。

本稿作成にあたりご協力いただいた座長各位に感謝いたします。

応用物理一般

国立長野高専 中澤達夫

「15.1 応用物理一般」前回の倍以上である 31 件の報告があった。うち 12 件は講演奨励賞を申請しており若手の活発な参加がうかがわれる。主な講演は光・超音波・表面弹性波などの解析から物性や構造を評価する内容と熱音響に関するもので、弹性表面波(SAW)の応用に関する 2 件の講演(静岡大ほか)では、種々の液体計測用センサーと液体搬送の手段としての応用が動画を交えて示された。超音波キャビテーションによる食塩水からのナトリウム D 線発光に関する講演(明治大)では、ソノルミネッセンスによる発光現象とその過程について活発な討議があった。その他、温度変調型示差走査熱量計による酸化物ガラスのガラス転移ダイナミクスの観測(筑波大)、リプロン光散乱法を用いた非接触表面張力測定法による液体表面物性観察(東大生研)などの興味深い報告があった。

「15.2 教育」具体的な実験教材の開発や授業手法に関する研究など、前回を大きく上回る 28 件のポスター発表があった。開発した器具を実際の演示や PC を利用したビデオ提示などのブースを中心に活発な議論が行われていた。また、特許情報の分析に基づいて研究動向を分析するテーマなど文科系分野から応用物理教育研究を見据えた研究の発表があり、教育セッションが広く関心をもたれて多様化している傾向がうかがえた。

「15.3 新技術」ダイオードを用いたセンサー・計測システムに関する 4 件の講演(東北学院大)をはじめ、GHz 帯での応用を目指した GaAs ショットキーバリアダイオードに関する 2 件の講演(防衛大ほか)など、デバイスやセンサーの作製技術や計測・評価方法に関する報告を中心に 18 件の発表があった。凸面鏡の代わりに凹面鏡を用いることで光熱ミラージュ装置の増幅率向上を図った講演(大阪産業大)、電気分解反応により反応原料を合成し、人工透析廃液中の尿素と反応させて化学発光により定量を行う新しいアイデアの計測方法(岡山理科大ほか)、さらに超音波スキャニングにより骨やプラスチックなどの圧電性・異方性を画像化する方法(東大)など、電磁波など利用の計測システムに関する講演もなされた。

「15.4 トライボロジー」計算化学手法による潤滑膜の摩

耗抑制や皮膜形成に関するシミュレーション解析に関する2件の講演(いずれも東北大ほか)があり、活発な討論ならびに意見交換がなされた。

「15.5 エネルギー変換・貯蔵」太陽光励起レーザーとMgを用いたエネルギー・システムに関する発表が3件、ポリチオフェンを用いた色素増感太陽電池の高効率化、光エネルギーから音への変換などエネルギー変換に関する発表5件(うち3件は英語発表)があった。また、軽量で吸収量の多いMg系水素吸蔵合金特性に関して、水素吸蔵炭素の微細構造、酸素貯蔵材料の2件の発表があった。燃料電池に関して、ダブルペロブスカイト型酸化物、ギ酸アンモニウムを燃料とした燃料電池などの報告があった。さらに、フレキシブル基板上に構成した全固体型薄膜リチウムイオン二次電池の発表があった。エネルギー変換・貯蔵の応用にあたるソーラーカー関連では2件の報告があり、いずれも活発な意見交換がなされた。

「15.6 資源・環境」イオン化ゲルの環境浄化、石炭灰(フライアッシュ)によるエレクトロニクス材料、窒化チタン焼結体による電気分解電極の長寿命化、廃食用油直接燃焼コーチェネレーション、オゾンによる車の燃料の改質に関する発表があった。エネルギー環境研究会の発足で15.5、15.6のセッションにも多くの参加者を得、活発な討議がなされた。

「15.7 磁場応用」14件の発表があり、うち1件は講演奨励賞受賞講演であった。磁場配向による配向制御、磁気力による分離や流れの制御、ローレンツ力を利用したキラリティー制御など従来からの分野に加え、低周波磁場と水の相互作用について静磁場下と比べ大きな応答が得られることを利用した非破壊水分測定の検討や、日本酒の発酵が磁場中で抑制されるという興味深い報告があり、メカニズムを含め今後の詳細な検討が期待される。また、磁気異方性を示さない材料の磁場配向制御法が示され、配向制御の可能性が一段と広がりを見せている。

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。今回の合同セッションは講演会初日午後に18件の講演にて開催された。

セッションの前半はSiおよびGe系薄膜CVDに関するものであった。まず、埼玉大学のグループからマイクロ波CVDによる SiH_2Cl_2 、 SiHCl_3 からのSi形成について報告

があり、 SiH_2Cl_2 を用いることによる欠陥密度の減少、ボイド分率減少の結果が示された。名古屋大学からは、大面積プラズマCVDに向けて、並列導波管による二次元大面積化についての報告がなされた。広島大学のグループは GeH_4 VHF-ICPにおける二段階成長法を採用した高結晶性Ge薄膜の低温高速堆積および基板材料依存性に関する報告、また H_2 プラズマ前処理による微結晶Si膜の成長初期過程の核発生制御の報告があった。同グループは石英基板背面からのRaman散乱測定およびUV反射率測定による膜成長初期の詳細な評価を行っており、膜結晶性を議論する際の基礎的研究として今後の発展が期待される。九州大学のグループからは、プラズマ領域からの位置に対する膜特性の空間的な分布を利用するコンビナトリアルな手法によりクラスターの体積分率と膜特性の相関を調べる新たな手法が提案された。さらに、前半のセッションでは大気圧プラズマを用いたSi膜形成について3件の報告があった。大阪大学のグループからは、 H_2/He 混合大気圧プラズマ化学輸送法を用いることによる面方向 $4.5\mu\text{m}$ の大粒径Siエピ膜成長、および 21 nm/s の高堆積速度での微結晶Si製膜についての報告があった。また、産業技術総合研究所のグループからは、大気圧マイクロ波プラズマCVDによるファイバー上へ 1000 nm/s の多結晶Si膜高速成長について報告がなされた。これらの報告は、大気圧プラズマCVDが従来のプラズマCVDプロセスにない優れた特徴をもっていることを示しており、本研究分野が今後大きく展開する可能性をもっていると感じられる。また、大阪大学のグループからは、物理吸着したSiの表面拡散について分子動力学シミュレーションによる解析結果が報告された。

セッション後半ではBN、SiNおよびa-C膜成長に関する報告があった。東京大学のグループからは、容量結合型RFプラズマ中にバイアス印加したZn棒を挿入することでBN膜中にZnを導入するスパッタドーピング法が紹介され、Zn添加2%で6けたの導電度の増加がみられること、この効果がBリッチの膜において現れることが報告された。物質材料機構のグループからは、レーザー支援プラズマCVD法を用いた $\text{sp}^3\text{-5 H-BN}$ 薄膜成長におけるミクロコーンエミッターの分布制御およびミクロコーンの自己組織的規則分布化成長について報告があった。基板に意図的に溝を掘りフラクタル構造の分離を図ったものの溝を越えるようなフラクタル構造の広がりも見いだされており、今後の解釈が待たれる。SiNのPCVDに関しては2件の報告があり、まず名古屋大学からは有機EL保護膜としてのSiN膜成長について報告があった。 $\text{SiH}_4/\text{N}_2/\text{NH}_3$ 混合ガスで製膜を行ったところ、条件の最適化により膜酸化が進まない膜が得られることが示されるとともに、FT-IR測定においてSiN結合が増加、NH結合が小さいほど良好な膜であるとの報告がなされた。また、東京工芸大学のグループは $\lambda/4$ 線路を用いた整合装置をもつユニークなVHFプラズマ装置によるSiN膜形成について報告があり、光学バ

ンド端およびPL測定結果が示されていた。a-C膜PCVDに関しては、長崎大学のグループは、a-C膜中の水素吸着状態の変化について、ATR-FT-IRによる測定結果を報告した。また、大阪大学のグループからは、高絶縁性のSiOCH膜の吸湿を防ぐ保護膜として高絶縁性を有するa-C膜の低温成長が示されるとともに、その膜をSiOCH膜上に堆積させることにより、良好な対吸湿性が得られることが報告された。

今回の合同セッションDはこれまでに比べてやや講演件数が少なかったものの、大気圧プラズマCVDプロセスなど、今後のプラズマCVDの新たな展開を予感させるような興味深い講演が多くみられている。なお、秋の応用物理学会でも合同セッションDの開催が決定されており、多数の講演が期待される。

合同セッションE スピントロニクス・ナノマグнетイクス

東北大通研 大野裕三
東北大金研 福村知昭

合同セッションE「スピントロニクス・ナノマグネットイクス」は、4日間の会期を通じて開催された。講演件数は一般講演が101件、講演奨励賞受賞記念講演1件の計102件であった。また、関連シンポジウムでは8件の講演がなされた。今回は本合同セッション発足以来、初めてパラレルセッションが開催された。

金属系スピンドバイスに関する研究報告は今回も数多くなされ、世界トップレベルのトンネル磁気抵抗(TMR)比が報告されたほか、物性・新機能探索の研究にも進展がみられ活発な討論がなされていた。

CoFe(B)/MgO/CoFe(B)系の磁気トンネル接合(MTJ)では、室温500%，低温で1000%超のTMRが観測された(東北大通研、日立)。また、ホイスラー合金系でもMgO障壁MTJで室温220%以上のTMR比が報告された(東北大)。ほか、SOI基板上の成長(東工大)や、組成変調などによる電子状態制御と解明を目的とした研究が報告された(東北大・北大)。そのほか、Fe/MgO系MTJで観測されていたMgO膜厚に対するTMRの振動がホイスラー合金系MTJにおいても観測され(北大)，その物理機構解明が着々と進展していることがうかがわれた(産総研・阪大)。

強磁性半導体関連では、GaAsへの高濃度Mnドープにより強磁性転移温度(T_c)を向上しようとする試みが多くみられた。Sb, Si, Nなどのco-dopingや低温MBE成長により、Mnを20%程度まで一様ドープできたものの、 T_c は175K程度が最高値であった。また、電界による比較的大きな T_c の制御が報告された(東北大通研)一方で、東の大矢氏による講演奨励賞受賞講演「GaMnAs量子井戸二重障壁ヘテロ構造におけるスピンドル依存共鳴トンネル現象」では、トンネル分光で得られた実験結果がp-d Zenerモデルでは説明できず、その強磁性起源について再び議論が沸いた。室温強磁性実現に向け、その物性解明が待たれる。

その他、強磁性半導体および磁性体/半導体ヘテロ構造では、二重障壁トンネル接合におけるきわめて低い電流密度($\sim 10^4 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$)でのスピンドル注入磁化反転の観測(東工大)やトンネルトランジスタにおける高い電流増幅率の観測(東大), GaAs上に形成した垂直磁化膜FePt/MgOトンネル接合からの室温スピンドル注入が観測される(産総研・山口東理大)など、ユニークな研究が報告された。

酸化物・ワイドギャップ半導体系では、In酸化物系の新磁性材料探索(九工大)からGaN系磁性半導体の磁性(阪大), Fe₃O₄磁気トンネル接合の負のトンネル磁気抵抗(産総研), Mn酸化物の超高速光誘起強磁性(産総研), と物質探索から磁性制御に至るまで多様なアプローチがみられた。また、異常ホール伝導率-伝導率の関係が強磁性体の種類によらずスケールされるという、最近再考されている異常ホール効果のメカニズムの観点からも興味深い報告があった(東北大)。なお、磁性酸化物の物質・物性は非常に豊富であるので、各方面からのいっそうの参加が望まれるところである。

スピンドライナミクス関連では、III-V族半導体におけるスピンドルの制御や検出の報告が多くみられた。二次元電子ガスにおけるスピンドル軌道相互作用のゲート制御(東北大)や三角形型スピンドル干渉計(北大)など電気的にスピンドルを制御・検出した結果や、時間分解分光によりミクロンオーダーの局所領域の核スピンドル偏極を検出した結果(東北大)が報告された。また、強磁性電極と量子ドットの接合でトンネル磁気抵抗効果が観測され(東大), 量子ドットからの高いスピンドル偏極円偏光が発生した(早大)。量子ドットにおけるスピンドライナミクスのこれから的发展が期待される。

3日目の午後に開催されたシンポジウム「さまざまな物質へのスピンドル注入と関連現象」では、金属、超伝導体、磁性/非磁性半導体から有機物まで、スピンドル注入とその関連現象について最先端の理論・実験研究の成果が紹介された。当日は200人を超える参加者があり、大変盛況であった。

本合同セッションは多くの方々のご協力により順調に発展し、来春の講演会からは大分類分科に昇格することが決まった。今後もさらに多くの方々、特に企業の方々には本セッションへのご投稿と多数の参加を期待したい。

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

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している。今回も分科内招待講演、奨励賞受賞講演を含め合計110件と多数の報告があり、この分野への関心の高さが改めてよくわかった。また、以下のように広い分野で非常に盛況に議論・意見交換がなされた。

単層や2層のCNT成長に関しては、触媒作製を工夫して成長を制御する講演が従来どおり多かった。その中で特に目を引いたのが、金、銀、銅などの貴金属触媒からのCNT成長(東理大)である。ポイントは触媒の前処理にあるようだが、ほとんど炭素を取り込まない金属からCNT成長が可能である、ということは非常に興味深い。サファイア基板上でのCNT配向成長(明大、九大)に関しては配向メカニズムはかなり明らかになってきたようであるが、今後、応用への展開が期待される。電子放出に関しては、実際の応用を意識した研究が多くなったが、その中でもカーボンナノファイバー／エラストマー複合体を利用したフレキシブル電子源(神戸大)、CNT電解放射陰極の高空間分解能X線源への応用(三重大)などに関する講演が目を引いた。

各種ナノカーボン材料の合成では、ナノコイルの触媒寿命に関する検討(阪府大)やナノウォールに関する広範な報告(名大)があり、成長機構の理解が進んでいる印象を受けた。分科内招待講演として、東北大・小野氏からマイクロ・ナノ電気機械に関して従来材料ばかりでなくCNTを利用したデバイスが紹介され、CNTもナノ機械として有望な材料であることが示された。センサーに関しては、アトミックレイヤーダイヤモンド(ALD)による表面保護膜の形成や絶縁膜の形成による液相とCNTにおける相互作用の軽減化(名大)や、プラズマイオン照射法による化学修飾というアプローチに関する報告(武蔵工大)があり、バイオセンサーの特性向上ならびに実用化に向けた試行錯誤が着実に行われているという印象を受けた。さらに、抗体を用いたセンサーの講演が増えており、より身近な問題に対する応用に特化しているように見受けられた。

成長のその場観察としては、ラマン分光解析からCNTのカイラリティに依存して成長遅延時間が異なる可能性があること(NTT)、SEM観察からサファイア基板上における配向成長が先端成長であること(東理大)が指摘された。電子物性としては、超伝導体電極をもつCNT素子において多重アンドレーフ反射を観測したことが報告され興味を引いた(理研)。また、奨励賞受賞記念講演として、色素内包CNTの光物性について発表があり、時間分解吸収分光測定の結果と併せて光励起エネルギー移動について議論がなされた(産総研)。光物性に関しては、環境制御チャンバーを用いて環境の効果を調べた例(東理大)や、環境による誘電遮へいの効果を周囲の誘電率を変化させることで調べた結果(名大)などが報告され、光物性解析において課題であった環境の効果が明らかにされつつある。

CNT-FETに関しては、塗布型CNT膜FETにおいてCNT長さとチャネル長の関係を統計的に検討し、特定の長さの比において金属CNTを含んでいても99%以上の歩留まりでon/off比が取れることが報告され(NEC)実用化への一つの指針が示された。また、CNTチャネルへ各種欠陥を積極的に導入することで欠陥の特性への影響が明らかにされつつある(NTT、阪大)。

以上のように、CNTの実用化やこれに向けた基礎物性の理解に関して着実に進展をみせており、今後の展開が期待される。なお、本報告は、佐藤信太郎(富士通)、平田孝道(武蔵工大)、大野雄高(名大)の各氏のご協力を得て作成した。

合同セッション④ 量子情報の基礎と応用

NTT 物性科学基礎研究所 武居 弘樹

本セッションは3月27日の午前に行われた。講演件数は11件、聴講者数は50名程度であり、やや参加者数が減少している感は否めない。とはいえ、通信波長帯における量子光学、量子通信に関する発表はレベルが高く、また超伝導量子ビットに関する先駆的研究も報告されるなど、セッションとしての内容は濃い。

量子光学に関する講演では、日大と物材機構のグループによるType-II PPLN導波路を用いた狭帯域光子対発生が印象に残った。従来のPPLN導波路と比べ帯域あたりの光子対発生効率を飛躍的に向上するものであり、光ファイバー伝送に適した光子対の発生技術として今後注目すべき技術である。また、NICTによりチャージ積分型光子検出器を用いた非ポアソン分布直接測定が報告された。このような光子数識別技術の発展が、今後新たな量子光学実験の可能性を開くことを期待したい。さらに、東大により新しい量子中継アーキテクチャーが提案された。これは、波長多重技術と階層的ネットワーク構造を用いることにより、量子中継実現のためのデバイスへの要求条件を緩和するものであり、光通信的な発想を量子通信分野に適用したアイデアとして注目される。阪大、JST CRESTにより報告された新しい量子鍵配分方式の提案も含め、このような量子通信の方式／プロトコルに関する報告がみられたのも今回の特徴であった。

全体としてやや量子光学分野に偏ったセッション内容となりつつある中、NTT、TU Delft、ENS Parisによる超伝導磁束量子ビットの量子非破壊測定、NTT、東京理科大、JST CRESTによる超伝導LC共振器の光子数状態生成、の2件の超伝導量子ビットに関する実験が報告された。いずれも量子光学の分野との関連が深く、分野を越えて合同セッションで議論するにふさわしい内容であった。

このように、講演の内容は一定レベルをキープしているが、冒頭にも述べた全体の件数の減少と、分野の偏りは気になるところである。合同セッションとしての存続の可否も含めて検討中であるが、本セッションのような応用物理的指向をもった量子情報技術に関する研究交流の場は少ないことから、現状では存続希望の声が高い。今後、関連分野の研究者からのヒアリングを行い、分野を越えた量子情報技術の情報交換の場として発展するための可能性を探りたい。

合同セッション K 酸化亜鉛機能性材料

石巻専修大 安 田 隆

酸化亜鉛機能性材料の研究促進を目的として、「薄膜・表面」の「6.3 酸化物エレクトロニクス」、「6.4 薄膜新材料」、および「結晶工学」の「13.2 II-VI 族結晶」により、本合同セッションが設置されて、今回で 6 回目となる。酸化亜鉛は、古くからよく知られた材料であるが、近年、透明導電膜、センサー、紫外発光デバイス、透明トランジスタ、スピントロニクス、ナノデバイスなど、多彩な可能性が見いだされ、再注目されている。本合同セッションは、これまでさまざまなセッションに分散していた酸化亜鉛研究者が、一堂に会する場として有効に機能しており、今回の講演会も、昨年秋とほぼ同数の 66 件の講演を集め、100~200 人の参加者のものとて、活発な討論が行われた。

広い応用分野を反映して、その講演内容は、さまざまなタイプの結晶合成から電子デバイスや光デバイスまで、多岐にわたっているが、いずれの場合も「高品質結晶の合成」が、次のステップへのカギとなっている。多様な結晶を広い視点で眺めることは、結晶品質の決定因子の理解に不可欠であり、本合同セッションにおける討論は、この意味においても非常に有用であった。以下に、今回の講演の中から、いくつかのトピックスを紹介する。

ナノデバイスの実現のためには、ナノロッドの形状と位置の制御が重要となる。多彩な合成技術と、パターン基板や金触媒を組み合わせることにより、ナノ構造の制御が試みられているが、現時点では、まだ多くの課題が残っている。その中で、東大グループによる 2 段階成長温度を用いてロッドサイズを 10 nm 程度まで絞り込む手法は、大変興味深かった。ロッド内に量子井戸を作成する技術と組み合

わせて、酸化亜鉛低次元物性制御への展開が期待される。

今回は、スピントロニクスに関する発表は多くはなかつたが、阪大のグループにより、強磁性を発現する ZnCoO の Co 添加量に対するバンドギャップと格子定数の変化が求められた。磁性発現機構の解明およびその制御へつながる基礎データであり、新物質探索へ向けて、今後の研究の進展が期待される。

薄膜結晶合成に関しても興味深い講演が続いた。スプレー法は、簡便な薄膜合成技術として知られているが、京大グループは、超音波噴霧器で生成した霧状の原料を利用して、限りなくエピタキシャル結晶レベルの薄膜合成に成功した。大面积デバイスを安価に作成する技術として注目される。また、三菱ガス化学のグループからは、これまでほとんど報告がなかった液相法を用いた ZnO および MgZnO ホモエピタキシャル成長の報告があった。単結晶基板上に成長した厚膜結晶の XRD 半値幅は非常に狭く、高い結晶性を示唆している。バルク単結晶の合成技術の進歩は著しく、将来的には、低価格・高品質基板の安定供給が期待され、ホモエピタキシャル成長はその重要性を増している。新しい選択肢の一つとして、液相成長技術の進展が期待される。

奨励賞記念講演では、前回の加熱機構を温度変調 MOCVD 法に適用して、非常に平坦な ZnO 薄膜単結晶が成長できることが報告された。次回は、当初の目的である p 型ドーピングへの温度変調法の適用結果を期待したい。

大阪工業大学のグループが報告したイオン感受型電界効果トランジスタ (FET) は、PH 変化を確実に検知し、さらに、酵素を付加することにより、生体物質のセンサーとして機能することが明らかとなった。酸化亜鉛の生体整合性を生かしたバイオ FET の試みであり、今後の研究の進展により、新しい分野の開拓が期待される。