

薄膜材料デバイス研究会 第13回研究集会開催報告

第13回研究集会実行委員長 北村 雅季

はじめに

薄膜材料デバイス研究会第13回研究集会を、2016年10月21日（金）～10月22日（土）の日程で、龍谷大学響都ホール校友会館で開催した。今回の研究集会は「スマート社会を支える薄膜デバイス」をテーマとし、薄膜材料デバイスの基礎から応用まで、幅広い研究分野と機関からの参加者を集めて議論した。スマートフォンや大型テレビが普及する中、液晶や薄膜トランジスタなど、薄膜材料デバイスがそれらの製品に必要不可欠であることを再認識し、現在の研究が次世代のエレクトロニクスにどのように貢献できるかを意識しつつ議論する場を提供したいという思いで設定したテーマである。今回は137名の参加者を集めることができた。

招待講演として7名の先生方にご講演いただいた。チュートリアルでは、科学論文誌の現況/英語論文の執筆についてと、量子ドットの光化学についての2件の講演が行われた。それぞれ、北陸先端科学技術大学院大学の堀田将先生と奈良先端科学技術大学院大学の野々口斐之先生にご講演いただいた。初日の招待講演では、MOS界面欠陥の評価と有機半導体材料の開発について、それぞれ島根大学の土屋敏章先生と理化学研究所の瀧宮和男先生からご講演をいただいた。ランプセッションでは無欠陥LCDの研究について東京農工大学名誉教授の小林駿介先生からご講演をいただいた。二日目の招待講演では、酸化物半導体TFTを用いた次世代ディスプレイとオール無機材料によるペロブスカイト太陽電池について、それぞれシャープ株式会社の上田直樹様と兵庫県立大学の伊藤省吾先生よりご講演いただいた。

一般講演としては、今回は46件の発表があった（内34件はポスター発表）。口頭発表、ポスター発表ともに活発な議論が相次ぎ、特に分野を越えた研究者間の議論が目立った。本研究会の目的の一つである、研究者間の互いの研究交流を図ることができた。一般講演の中から、特に優れた発表に対して、ベストペーパーアワード1件と学生アワード2件が選ばれた。

本研究会では2年前に研究会フェロー表彰を導入した。今回の研究集会では、北陸先端科学技術大学院大学の堀田将先生に研究会フェロー表彰が授与された。堀田先生は、薄膜材料デバイスの顕著な業績があり、本研究会の立ち上げから第12回研究集会まで委員を務められ研究会に多大な貢献をされた。

尚、今回の研究集会では、公益財団法人村田学術振興財団からの助成金と、13社の協賛企業からのご協力があった。この場をもってお礼申し上げます。



会場：龍谷大学 響都ホール 校友会館

チュートリアル

研究会初日の10月21日（金）朝のチュートリアル講演では、英語論文の書き方や量子ドットの光化学について2件の講演が行われ、1件目は応用物理学会 APEX/JJAP専任編集長の柴田直先生（東京大学名誉教授）の代講で北陸先端科学技術大学院大学、応用物理学会 APEX/JJAP編集運営委員の堀田将先生より、「自分の研究を英文論文として歴史に残そう！— How to write impressive papers in English —」という題目でご講演いただいた。現在のAPEX/JJAPの最新動向に加え、タイトルを先に考え、英語で書き始めるなど、これまでの英語論文の書き方とは違った視点からのご講演であり、その真意を丁寧に解説いただいた。会場からは書き方の質問以外にも日本人の英語能力などについて、普段聞くことができない質問もあった。

2件目は奈良先端科学技術大学院大学の野々口斐之先生より「量子ドットの光化学」という題目でご講演いただいた。量子ドットの定義や量子サイズ効果によるバンドの離散化、閉じ込め効果などの量子化学の基礎から、温度による発光特性の変化など自身が研究されている内容に当時の思い出を加えた、広範な知識を緻密かつ丁寧に解説していただいた。また、ご講演の最後には自身の経験を元に現学生へのメッセージも送られた。

両講演とも学生や分野外の研究者・技術者にも解りやすい講演が行われ会場からの質問も多く、非常に盛況なチュートリアルとなった。



チュートリアル講演 左：堀田将先生（北陸先端大）、右：野々口斐之先生（奈良先端大）

オーラルセッション1

オーラルセッション1「IV族次世代デバイス」では、1件の招待講演と2件の一般講演があり、シリコン系材料の作製方法、評価方法及びデバイス応用について講演された。招待講演は、島根大学の土屋敏章先生より、チャージポンピング電流法の基礎からトラップタイプの解析までの報告がなされた。駆け足でしたが大変わかりやすく説明していただいた。今後は、多結晶、非晶質材料にも展開できることを期待したい。一般公演では、LTPS-TFTにおけるP型、N型のTFTの伝達特性の温度依存性を用いた温度センサの研究が龍谷大学の林久志氏から報告された。興味深い応用であり、測定精度や信頼性向上について



土屋敏章先生（島根大学）による招待講演

も更なる成果が期待される。また、大気圧プラズマジェットを用いた4H-SiCの熱酸化についての報告が広島大学の花房宏明氏からなされた。酸素ガスを用いず、空気中の酸素を用いて高速に酸化する手法の開発は注目に値する。今後、より低温で高速に酸化できることを期待したい。

オーラルセッション2

オーラルセッション2「有機・カーボン材料」では1件の招待講演と、1件の一般講演が行われた。初めの講演は、理化学研究所の瀧宮和男先生より「複素芳香族化合物を基盤とした有機半導体材料の開発」と題する招待講演をいただいた。瀧宮先生の研究グループが世に送り出してきた複素芳香族低分子は、高移動度と大気安定性を備えた優れた材料であり、有機半導体デバイスの研究において幅広く使われている。独特のセンスと戦略に基づいて驚くべき数の新規有機半導体材料を開拓してこられた瀧宮先生の材料に関する見解を総括して聞くことができ、また、材料開発秘話も興味深いものであった。



瀧宮和男先生（理化学研究所）による招待講演

続いての一般講演では、奈良先端科学技術大学院大学の中本元博氏による「単層カーボンナノチューブ—高分子電解質複合体の増強熱電効果」の発表があった。高分子イオン液体添加による単層カーボンナノチューブ複合体の熱電特性の系統的探索を通じて、少量の高分子電解質の添加によって導電率とゼーベック係数が共に増大することが報告された。また、この複合材料系における熱電特性の増強指針が提示された。

ランブセッション

ランブセッションでは、まず初めに東京農工大学名誉教授の小林駿介先生に、“48年間の無欠陥LCDの研究の思い出”という演題で、約1時間のご講演をいただいた。先生は、日本における液晶技術の実用化に大きく貢献された方として有名である。本講演では、学生時代からの夢や液晶技術の確立におけるご苦勞のお話を興味深く聞かせていただいた。また、永年のご経験から、国際会議における英語のプレゼンテーションについてのご指導も有益であった。さらに本研究会の組織、運営、内容について、非常に高く評価いただいた。

続いて、一般講演が2件あった。まず、東北学院大の大澤弘樹氏から、ダブルゲート構造の低温多結晶シリコン薄膜トランジスタを用いたpHセンサについての発表があった。ダブルゲートの高性能な電気特性をうまく利用して、pHセンサの高感度を実現しており、会場から多くの質問が寄せられた。続いて、北海道大学の太田裕道先生から、熱電素子の性能向上に向けた実験結果と理論的考察について、熱



小林駿介先生（東京農工大学名誉教授）による招待講演

のこもった発表があった。Dresselhaus 教授の唱えた理論の妥当性について、様々な材料を用いた実験結果を元に議論を展開した。今回も非常にたくさんの参加者があり、薄膜材料デバイス研究会のメインイベントとして盛況なランプセッションとなった。

オーラルセッション3

オーラルセッション3「フレキシブルデバイス」では、有機、無機材料を用いたフレキシブルデバイス応用に関して、3件の一般口頭発表が行われた。まず早稲田大学の山岸健人氏からは「導電性高分子ナノシートの開発と超薄膜型生体電極としての応用」と題する講演があった。生体親和性の高いナノシートはウェアラブルデバイス応用に対して大きな期待が寄せられている。山岸氏らはポリ乳酸を支持層として用いることで導電性高分子 PEDOT:PSS のナノシートをロールツーロール印刷により大面積で形成できることを示し、人体皮膚への貼り付けが可能な表面筋電位センサに応用した。導電性高分子ナノシートを用いて作製したセンサは、Ag/AgCl ゲル電極を有する通常のセンサと同等の SN 比での信号検出が可能であり、装着感が無い各種の生体活動量計への応用可能性が示された。次に、千葉大学の渡辺堅斗氏より「曲面プレスによる自立型曲面 OFET アレイの作製」と題し、曲面デバイス作製に対する新たなアプローチの提案がなされた。プラスチックフィルム上で有機半導体を無溶媒で熱プレス法により印刷することで、指先を型取った曲面有機トランジスタアレイが作製できることが報告された。曲率半径7ミリ程度の曲面に加圧形成された有機トランジスタは、現段階で輪郭部を除いた約75%の素子でFET動作が可能であることが示された。最後に、広島大学の水上隆達氏より「中空構造 SOI 層を用いた低温転写による転写歩留まり向上とフレキシブル基板上での単結晶シリコン TFT と論理回路の作製」と題する講演があった。水上氏らは単結晶シリコン TFT のフレキシブル基板への低温転写に対して、メニスカス力を利用した中空構造 SOI 層の転写技術をこれまでに開発している。今回はイオン注入を利用して Buried oxide (BOX) 層のエッチングレートを制御することで中空構造の SOI 層を支持する SiO_2 柱をテーパ形状に変化できるという興味深い結果が示され、更に転写先の PET 基板の洗浄プロセスの最適化によって 99.6% の極めて高い転写率が達成された。最高温度 130°C で転写した PET 基板上の n チャネル TFT と NMOS インバータで、それぞれ $617 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の高移動度、3 MHz 入力に対する高速反転出力が実現された。フレキシブル応用に向けた有機、無機物の薄膜デバイスの進展に加えてハイブリッド化に対する新たな技術開発等、いずれの講演も盛況であり、参加者の高い興味が伺えた。

オーラルセッション4

オーラルセッション4「酸化物材料・デバイス」では、1件の招待講演と2件の一般講演があった。先ず招待講演として、シャープ株式会社の上田直樹様より「酸化物半導体 TFT 技術を用いた次世代ディスプレイの実現」と題して、既存の低温ポリシリコン技術を凌駕するような酸化物 TFT 技術の開発についてご講演いただいた。チャンネルエッチ型 TFT 構造を用いることにより酸化物半導体において高開口率化を図り、さらに酸化物半導体の超低リーク特性を利用したアイドリン



上田直樹様（シャープ株式会社）による招待講演

グストップ駆動により超低消費電力を同時に実現し、スマートフォン向けディスプレイへの量産化に至る開発経緯を説明していただいた。さらに、次世代ディスプレイとして VR 用ヘッドマウント型ディスプレイとして 1200ppi の超高精細化が可能であること、駆動回路を画素中に形成することによるフリーフォームディスプレイへの展開などを紹介いただいた。

続いての一般講演では、東京工業大学の渡邊脩人氏より「アモルファス酸化物蛍光体薄膜の多色化」と題して、PLD 法で作製した希土類ドープ $a\text{-Ga}_2\text{O}_x$ 薄膜の PL 特性に関する報告があった。Eu および Tb ドープの $a\text{-Ga}_2\text{O}_x$ において、それぞれ赤色発光および緑色発光の PL スペクトルが観測された。成膜中の酸素分圧、熱処理温度と PL 特性の関係について報告され、結晶化により PL 強度の低下が説明できると報告された。

次に、高知工科大学の橋本慎輔氏より「フレキシブルデバイス応用に向けた InGaZnO 金属半導体電界効果トランジスタ (MES-FET) の低温形成」と題して、IGZO/AgO_x デバイス特性に与えるアニール温度の効果が報告された。室温スパッタ成膜した IGZO を 150°C アニールすることにより 11.3 cm²/Vs の電界効果移動度が得られ、IGZO 表面キャリア濃度がデバイス特性に大きな影響を与えていることが報告された。

オーラルセッション 5

オーラルセッション 5 「太陽電池および関連材料」では、まず、招待講演として、兵庫県立大学の伊藤省吾先生より、「ペロブスカイト太陽電池の耐久性」と題してご講演をいただいた。伊藤先生は、2009 年に初めて世に出した桐蔭横浜大学の宮坂教授の研究紹介から、今日の効率 20% にまでに至る経緯を、世界の第一線研究の進展を交えながら、分かりやすく紹介された。問題とされている耐久性については、ご自身の研究成果の高い耐久性を持つ構造を示され、今後は耐久性に関する研究が加速するとの見通しを示された。



伊藤省吾先生（兵庫県立大学）による招待講演

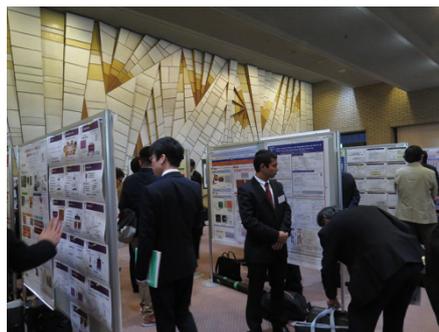
続いての一般講演では、情報通信研究機構未来 ICT 研究所の長谷川裕之氏より、「ハロゲン化スズハイブリッドペロブスカイトにおける原子置換効果」と題して臭化スズ立方晶ペロブスカイト化合物の電子構造・物性についての発表があった。ハロゲン及び金属の置換により、バンドギャップを広い範囲で制御することができることが示された。これはペロブスカイト太陽電池の更なる高効率化の可能性を示すものと期待できる。最後に、東京農工大学の太田康介氏より、「PN 接合におけるバイアス電圧印加による光誘起少数キャリアライフタイムの挙動」と題してイオン注入およびマイクロ波急速加熱活性化により作製した PN 接合におけるキャリアライフタイムについての講演があった。順方向バイアスを 0.3V から 0.6V に増加させて順方向に電流を流した状態では、光誘起実効少数キャリアライフタイムが急激に数十倍増加するという興味深い現象が報告された。

ポスターセッション

ポスターセッションは、研究集会初日の 16:30~18:10、および二日目の 13:10~14:50 に開催された。一般口頭講演者および一部の招待講演者を含め、計 52 件のポスター発表がなされました。

セッションの冒頭には、ポスター発表のみの講演者による1分間のショートプレゼンテーションが行われ、その後、ポスター会場にて活発な議論が行われた。

研究分野として、「シリコン・IV族」、「有機半導体」、「酸化物半導体」、「無機半導体」という分類を設けたが、複数の分野にまたがる講演も多く見られ、多様な研究の動向が感じられるセッションとなった。多結晶シリコンやゲルマニウム、IGZOを始めとする酸化物半導体、有機半導体（低分子、ポリマー）の他、グラフェン・ナノチューブなどのカーボン系およびその他の多彩な材料について、デバイス・プロセス両面の研究に進展が見られた。



ポスターセッションの様子

アワード

研究会一般講演者の中から、次の3件の講演がアワードに選ばれた。アワード選定にあたり、研究会全参加者による投票を行い、得票数上位の講演から組織委員の合議によってアワード受賞講演を選定した。

・ベストペーパーアワード

山岸 健人、グレコ フランチェスコ、武岡 真司、藤枝 俊宣（早稲田大学）

「導電性高分子ナノシートの開発と超薄膜型生体電極としての応用」

・スチューデントアワード

水上 隆達、竹島 真治、山下 知徳、東 清一郎（広島大学）

「中空構造 SOI 層を用いた低温転写における転写歩留まり向上とフレキシブル基板上での単結晶シリコン TFT と論理回路の作製」

・スチューデントアワード

鈴木 雄喜、片瀬 貴義、太田 裕道（北海道大学）

「磁性と導電性を同時切替可能な全固体薄膜デバイスの作製」



アワード表彰式の様子

展示・広告

本年は、例年よりも会期が早かったため、他の展示会与重複したことで、展示をいただく業者の方々には、些か無理を申し上げた。デバイスシミュレータ、装置開発、材料開発、評価装置、および評価機器について、企業8社からの展示、および5企業からの広告を得ることができ、例年通り盛況な展示となった。また本会の一つの特徴である休憩時間を使つての商業では、4企業から新開発の製膜装置、評価装置およびシミュレータの情報が発表された。休憩時間には展示ブースではデモンストレーションの閲覧、技術相談や問い合わせなどでにぎわった。

参加者からは、「雑談も含めて色々話し合うことができた。」「共同開発の提案をもらえてよかった。」などの意見がきかれた。本研究会の開催にご協力いただいた協賛企業の皆様には、次回もまた参加いただけるようお願いするとともに、参加者との良い関係が今後も継続することを願いたい。この場を借りて心より感謝申し上げる。



企業展示風景