

2018年12月5日

薄膜材料デバイス研究会 第15回研究集会開催報告

第15回研究集会実行委員長 大平 圭介

はじめに

薄膜材料デバイス研究会第15回研究集会を、2018年11月9日（金）～11月10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「未来のエネルギー社会に貢献する薄膜技術」をテーマとし、主にエネルギー関連材料・デバイスにスポットを当てたプログラムを用意した。太陽光発電、熱電発電、振動発電、全固体電池、送電などの各分野から、第一線で活躍中の先生方に招待講演、チュートリアル講演をお願いした。一般講演については、例年同様、エネルギー関連の研究に限らず、材料・プロセス・デバイスなど薄膜に関係するすべての研究を対象とした。今回は、134名の方に参加いただいた。

招待講演として9名の先生方にご講演いただいた。チュートリアルセッションでは、初日午前にはパワーエレクトロニクスに関する講演を広島大学の黒木伸一郎先生から、二日目午前には化合物薄膜太陽電池に関する講演を龍谷大学の和田隆博先生から、それぞれいただいた。初日の招待講演では、GaAs系半導体混晶の低温成長について広島大学の富永依里子先生から、酸化物熱電半導体について九州大学の大瀧倫卓先生から、高性能・高耐久ペロブスカイト太陽電池についてパナソニックの根上卓之様から、それぞれご講演をいただいた。また、ランプセッションでは、アモルファスシリコン薄膜成長プロセスの診断および制御について、元大阪大学の松田彰久先生からご講演をいただいた。二日目の招待講演では、有機圧電薄膜による振動発電特性について神戸大学の石田謙司先生から、薄膜リチウム電池について東京工業大学の一杉太郎先生から、ワイヤレス給電について京都大学の篠原真毅先生から、それぞれご講演をいただいた。

一般講演としては、38件のポスター発表も含む、47件の発表があった。一般講演の中にも、エネルギー関連の研究に関する発表が多くみられ、薄膜技術が未来のエネルギーへの展開を、多角的に議論できる研究集会となった。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件とスチューデントアワード4件を選定した。

なお、今回の研究集会では、公益財団法人 関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団からの助成金と、11社の協賛企業からのご協力があった。この場をもって御礼申し上げたい。

チュートリアル（初日）

研究会初日朝のチュートリアルでは、「パワーエレクトロニクスとワイドバンドギャップ半導体」のタイトルで、広島大学の黒木伸一郎先生よりご講演いただいた。交流電源からの電車モーター駆動を例に、パワーデバイスがどのように使われているかについてやさしく説明されることから始められ、パワー半導体デバイスの紹介、ワイドギャップ半導体材料の分類とそれぞれのメリット・デメリットを説明され、最後に現在広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所で行っている、高温・高放射線量でも使える極限環境エレクトロニクスについての研究成果を紹介された。

オーラルセッション 1

「TFT」というセッションタイトルにて、まず、招待講演および平成 30 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞の記念講演として、広島大学の富永依里子先生より、「低温成長を用いた新機能発現 GaAs 系半導体混晶の成長と物性評価」と題してご講演をいただいた。前半部分の Bi 系半導体の研究開発については、自ら信じる研究に打ち込むことの大切さを改めて知ることとなった。後半部分の現在の GaAs 系半導体混晶のテラヘルツ素子への応用も興味深いものであった。そのあと、一般講演として、広島大学の水川友里先生より、「大気圧熱プラズマジェット照射中における溶融シリコン内温度分布の 2 次元的可視化」と題して講演をいただいた。複雑なプロセスを容易に理解する手法として可視化は重要である。最後に、やはり一般講演として、産業技術総合研究所の安藤淳氏より、「2 次元機能性原子薄膜の調整と電気的特性評価」と題して講演をいただいた。インターンシップの学生による研究成果の報告であった。

オーラルセッション 2

「酸化物」というセッションタイトルにて、まず、招待講演として、九州大学の瀧倫卓先生より、「酸化物熱電半導体による未利用熱エネルギーの電力再生」と題してご講演をいただいた。熱電素子の応用の背景や動作の基本の理論からはじめていただき、最新の酸化物熱電半導体の研究の内容まで、充実したご講演であった。そのあと、一般講演として、東京工業大学の樋口雄飛氏より、「エピタキシャル歪により増強される LaNiO₃ 極薄膜のフォノンドラッグ熱電特性」と題して講演をいただいた。熱電特性を詳細に解析する研究であった。なお、本講演はスチューデントアワードとして表彰された。最後に、やはり一般講演として、龍谷大学の山川大樹氏より、「IGZO を用いたセルラニューラルネットワーク-酸化物半導体シナプス評価と文字学習実験-」と題して講演をいただいた。酸化物半導体の新規アプリケーションに関するものであった。

オーラルセッション 3

オーラルセッション 3「太陽電池」では、まず、パナソニックの根上卓之様より、「ペロブスカイト太陽電池の高効率・高耐久化」の題目で招待講演をいただいた。近年変換効率の飛

躍的な向上が見られているペロブスカイト太陽電池であるが、長期信頼性についてはまだ課題が多い。パナソニック社では、 1 cm^2 角のセルで認証データとしては世界最高とほぼ同等の水準の20.8%の変換効率を実現しており、また、ペロブスカイト層にRbを添加することにより、温度85℃、湿度85%の環境下での1000時間の高温高湿試験での劣化率5%を達成した。さらに、大面積モジュールの開発の現状についても紹介いただいた。その後、広島大学の長澤聡氏より、ペロブスカイト太陽電池をCMOS回路の駆動に利用する研究に関する一般講演があった。

ランプセッション

今回は、元大阪大学の松田彰久先生をお迎えして、「アモルファスシリコン薄膜成長におけるプロセス診断・制御」についての講演をいただいた。プラズマCVD法による薄膜の成長メカニズム解明と膜質の制御について常に独創的な実験と鋭い洞察力で世界を牽引してきた秘話を拝聴することができ、聴衆を深く魅了した。また薄膜成長モデルがこの30年間にわずかずつ進化している様子は大変興味深い。これからもお元気で後進のご指導をいただけるようお願いしたい。



松田彰久先生（元大阪大）の招待講演

招待講演の後は、東京工業大学の渡邊脩人氏より、アモルファス酸化物半導体をホストとする蛍光体を用いた直流駆動型発光素子の室温形成に関して、また龍谷大学の富岡圭佑氏より無線電力伝送を用いたLTPS-TFT人工網膜に関する研究報告が行われた。

15分遅れで開始したランプセッションは、今回も時間いっぱいを使った活発な議論とおいしい料理でたいへん盛況な夕べとなった。マリアー・ジュグランデの皆様にもこの場を借りて御礼申し上げたい。

チュートリアル（二日目）

2 日目最初のプログラムは龍谷大学の和田隆博先生によるチュートリアル「CuInSe₂ 系化合物薄膜太陽電池」からスタートした。各種半導体材料比較から光吸収係数の大きいことと太陽光スペクトルにマッチしたバンドギャップの利点、さらには製造の容易さや耐放射線性、界面の問題など、CIS 系太陽電池の基礎から実用まで丁寧に講義していただいた。

オーラルセッション 4

オーラルセッション 4「有機材料」では、有機半導体デバイスに関する幅広い最新動向として、振動発電に関する招待講演 1 件と、新計測法、コンタクト改善に関する一般講演 2 件が行われた。

招待講演として、神戸大学の石田謙司先生から「構造制御した有機圧電薄膜の振動発電特性」と題したご講演をいただいた。生活環境中に薄く分布する微弱な環境エネルギーを回収するエナジーハーベスティングの一つとして振動発電がある。



石田謙司先生（神戸大）による招待講演

IoT センサノードのバッテリーフリー化への応用が期待されるこの振動発電のうち、素子構造の単純さや設計自由度の高さに優位性があり、実用性にも優れる圧電型振動発電について、豊富なデータと示唆に富んだご講演をいただいた。振動発電デバイスとしての有機圧電材料の強みは、環境中に実際に存在する振動スペクトルとのマッチングに優れる点と、材料の柔軟性によって過大入力（大変形）による破損が起こり難い点であり、石田先生の着眼点の鋭さが際立つ研究成果であった。応用技術として取り上げられることの多い本技術ながら、有機誘電体薄膜の分極処理による分子配向制御や精密な圧電定数の評価など、基礎的な物理特性の詳細にウェイトがおかれ、アプリケーションと基礎学術研究の良いところが幅広く盛り込まれたご講演であった。

一般講演では、奈良先端科学技術大学院大学の A. T. Hidayat 氏から、「電流計測原子間力顕微鏡で明らかにする共役高分子ブレンド薄膜の正孔輸送特性」と題する講演をいただいた。共役高分子はブレンド膜中で相分離や結晶・非結晶などの複雑な構造を形成することによって多彩な電子機能を発現しており、また、ブレンドの比率などによってその機能の調整が可能である。このことから、ブレンド薄膜の構造と電荷輸送特性との関係をナノメートルスケールで計測することは、デバイス材料開発の観点から重要である。当該講演では、そのような計測を可能にする電流計測原子間力顕微鏡を用いて PCPDTBT、P3M4HT ブレンド薄膜の表面像と電流像を同時測定することによって、ブレンド膜成膜に際して形成される高導電性ネットワーク構造を直接的に観察した成果についてご議論いただいた。

一般講演の2件目は、神戸大学の吉岡巧氏から、「フルオロベンゼンチオール修飾による金表面の制御と有機トランジスタ応用」と題する講演をいただいた。フッ素基の置換位置が異なる複数のフルオロベンゼンチオールの異性体について、網羅的にその効果を調べた結果が示された。フルオロベンゼンチオールのもつ双極子モーメントとそれを修飾した Au 表面の仕事関数の対応関係が線形的であることを明らかにし、4.27–6.02eV の範囲で修飾表面の仕事関数を自在に変化させることができる、広い汎用性と応用可能性を備えた丁寧な構成の研究であった。当発表は、今年度のスチューデントアワードを受賞した。

オーラルセッション5

電池および給電セッションは、2件の招待講演で構成された。まず、東京工業大学の一杉太郎先生から「超高速充電可能な薄膜リチウム電池開発」というタイトルでご講演頂いた。全固体電池では電極/電解質の界面を制御することが重要であり、その開発において固体物理の知見や薄膜技術の重要性を述べられた。従来の粉末をベースにした材料開発とは異なり、薄膜技術を用いて界面構造を規定したモデル電極を作製することにより、界面におけるイオン伝導機構が正確に理解できることを述べられた。固体電解質/正極界面の構造制御、集電体/正極界面のバンドアライメントにより、超高速な充放電動作が可能な固体電池が実現できることが紹介された。さらに、今後の材料開発においては AI の活用が有効であり、AI とロボット技術を組み合わせた薄膜作製・評価装置を開発していることが紹介された。

つづいて、京都大学の篠原真毅先生から「ワイヤレス給電技術の現状と課題」というタイトルでご講演頂いた。ワイヤレス給電は 100 年以上の歴史があり、近年急激に進展していることが述べられた。すでに実証試験を行っており、京都府精華町における電池レスセンサのモニタリング、電動アシスト自転車へのワイヤレス充電システムが紹介された。ワイヤレス給電の高効率化に向けて、近年新しい半導体素子として GaN が注目されていることが紹介された。JST の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)においてワイヤレス電力伝送(WPT)システムが研究課題として取り上げられ、今後さらなるワイヤレス給電技術の進展が期待される。ワイヤレス給電システムの実用化、商品化の上では法的整備および標準化が重要であることを強調された。

電池および給電の技術は、将来の IoT 社会に向けたデバイス開発において重要な技術であり、会場の関心も高かった。

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 16:20-18:00 および二日目の 13:00-14:40 に開催された。セッションの冒頭にはポスター講演者による 1 分間のショートプレゼンテーションが行われ、その後、一般口頭講演者及び招待講演者を含めた 53 件のポスター発表が行われた。ポスター講演では、シリコン、IGZO、有機半導体を用いた TFT の動作性能や信頼性の向上に向けた基礎評価や特性制御に加えて、熱電変換素子や不揮発性メモリ等の新規デバイス応用、グラフェンや新たな層状半導体材料の開発等、多岐に渡る研究報告が行われた。ショートプレゼンテーションはいずれも要点が押さえられた形で行われ、他分野の研究動向を把握するうえで有益であり、特に若い研究者を中心に活発な討論が行われていた。意見交換や情報共有の場として、今後も多くの皆様の参加や投稿を期待したい。



ポスターセッションの様子

アワード

一般講演者の中から、次の 5 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。



受賞者の集合写真

ベストペーパーアワード (1 件)

- ① 富岡 圭佑、豊田 航平、三澤 慶悟、木村 睦

「無線電力伝送を用いた LTPS-TFT 人工網膜の生体環境刺激実験」

スチューデントアワード (4 件)

- ① 吉岡 巧、木村 由斉、服部 吉晃、北村 雅季

「フルオロベンゼンチオール修飾による金表面の制御と有機トランジスタ応用」

- ② 渡邊 脩人、井手 啓介、片瀬 貴義、笹瀬 雅人、戸田 喜丈、金正煥、上田 茂典、堀場 弘司、組頭 広志、平松 秀典、細野 秀雄、神谷 利夫

「アモルファス酸化物半導体をホストとする蛍光体を用いた直流駆動型発光素子の室温

形成」

- ③樋口 雄飛、井手 啓介、C. A. Niedermeier、片瀬 貴義、平松 秀典、細野 秀雄、神谷 利夫
「エピタキシャル歪により増強される LaNiO₃ 極薄膜のフォノンドラッグ熱電特性」
- ④梅田 鉄馬、上沼 睦典、J. Felizco、石河 泰明、浦岡 行治、足立 秀明
「アモルファス InGaZnO を用いた透明フレキシブル薄膜熱電変換素子」
(順不同、敬称略)

広告展示

アイアールシー (株)、アルバックテクノ (株)、テクノリサーチ (株)、東ソー (株)、(株) 豊島製作所、ピエゾパーツ (株)、(株) VIC インターナショナル、(株) レーザーシステムの出展と (株) アイリン真空、(株) スプリード、および前田印刷 (株) の広告を得て、今回も盛況な展示広告を開催することができた。

ポスターセッション、セッションの間の休憩やお昼休みには、多くの参加者からの問い合わせや技術に関する質問など活発な議論がなされていた。また 1 日目の午後、2 日目の午前には、合計 5 社の皆様から製品の宣伝をいただき、多くの参加者が聞き入った。

企業の皆様からは、たいへん近い距離で様々な要望を聞くことができ有意義であったこと、また参加者からは、自分の使っている装置上の問題点について相談に乗っていただき、対処法まで伝授していただき嬉しかったという声を聞くことができた。今回のご出展、ご広告が営業活動に大きく貢献できることを期待したい。ご参加いただいた全企業の皆様に心より感謝申し上げます。



企業展示風景