

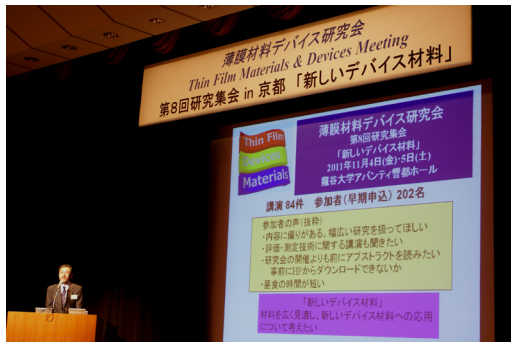
薄膜材料デバイス研究会第8回研究集会報告

はじめに

今年で8回目を迎えた薄膜材料デバイス研究会は、206名の参加者と過去最多の81件の投稿論文を集め、11月4日、5日の2日間に渡り、龍谷大学アバンティ響都ホール(京都市)にて開催された。年1回開催される本研究集会では、全国から研究者や技術者が集い、薄膜材料技術、デバイス作製・評価技術等の多岐にわたる議論を行う。参加者同士は互いの垣根を取り払い、チュートリアル、招待講演、口頭講演、ランプセッション、ポスター講演を通して活発な議論を展開できる。今年は、「新しいデバイス材料」を視点にプログラムを編成しており、テーマにふさわしい第一線で活躍されている研究者による6件の招待講演、および注目される投稿論文を中心に16件の口頭講演をいただいた。特にチュートリアル、招待講演では普段あまりじっくり聴講できない材料やプロセスについて、最新の話題を含めた新しいアプローチについてご講演いただいた。講演者の皆様並びに座長をご担当いただいた黒木伸一郎先生(東北大学)、鮫島俊之先生(東京農工大学)、西岡賢祐先生(宮崎大学)、部家彰先生(兵庫県立大学)に深く感謝申し上げたい。

本研究会では、参加者全員からの投票でベストペーパーアワードが決定される。今回は、高知工科大学の川原村敏幸氏、広島大学の酒池耕平氏、大阪府立産業技術総合研究所の中原理恵氏、名古屋大学の水野拓氏の講演に対して賞が授与された。

本研究集会開催に際しては、財団法人関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団およびNAIST支援財団からの助成をいただいた。また、多くの企業から展示・広告を通してご支援をいただいた。心より御礼申し上げる次第である。



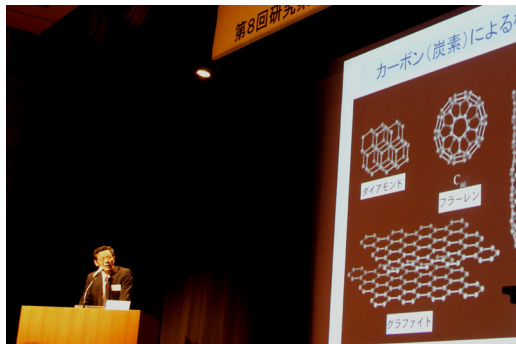
清水実行委員長からの開会挨拶



ベストペーパーアワード表彰式

チュートリアル

研究集会に先立ち、「新しいデバイス材料」をテーマにチュートリアルとして、2件の招待講演が行われた。まず大阪大学の松本和彦先生より「ナノカーボンデバイスの基礎と最新動向」と題して、ご講義いただいた。1～数層の炭素原子からなるグラフェンを中心として、そのバンド構造、ゼロギャップ半導体のディラックポイントに起因する両極性伝導特性、 $230,000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ という極めて高いキャリア移動度など、大変興味深い基礎物性の導入から始まり、様々なグラフェンシート作製法とそのトランジスタ応用、プロセスにおけるノウハウ等の実用的な話まで丁寧に解説いただいた。ド



松本先生（大阪大）による招待講演



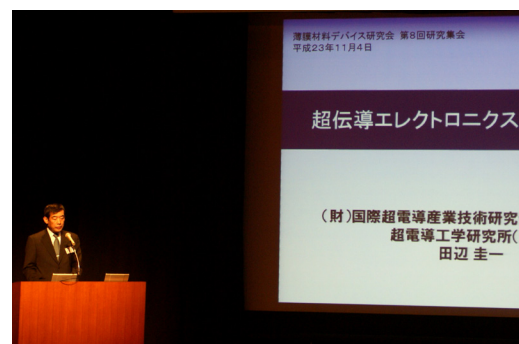
村上先生（東工大）による招待講演

ープシリコンウエハをバックゲートとする単層グラフェンチャネルトランジスタ(G-FET)上に溶液プールと参照電極を設置することで、溶液 pH、タンパク質、生体分子等を極めて高感度に検出できる実験データが示され、G-FET バイオセンサーによる医療診断チップ応用という夢のあるお話をいただいた。次に東京工業大学の村上修一先生より「トポロジカル絶縁体の物理」と題して、ご講義いただいた。これまで当研究会ではなじみの薄い材料であるが、グラフェン同様のディラックコーン型バンドを有し、スピンホール効果と呼ばれる電流を伴わない純粋スピン流が試料エッジ若しくは表面で生じ、バルクは絶縁体であるものの、表面で金属状態が現れるという興味深い物性について丁寧に解説いただいた。エッジ状態は非磁性不純物の散乱を受けずトポロジカルに保護されることが実験的に観測されたことや、Bi 系超薄膜が量子スピンホール系となり得る事が理論的に予測され、それが実際に観測されたことなど、新しい材料としてこれから大変注目される物質であり、そのデバイス応用など大きな発展が期待される。

オーラルセッション

今回の研究集会では、TFT に関連するオーラルセッションに加えて、新しいデバイス材料・技術として有機光電デバイスやナノインプリントに関するオーラルセッションを設け、また各分野で注目を集めている講演を注目講演としてまとめた。

オーラルセッション1「注目講演」では、1件の招待講演と2件の一般講演が行われた。まず招待講演として、超電導工学研究所の田辺圭一氏より「超伝導エレクトロニクス応用の進展」と題するご講演をいただいた。超伝導研究の歴史から、ジョセフソン接合の原理、超伝導デバイス応用の最近の進展まで、丁寧に解説が行われた。初学者から専門家まで、広く超伝導技術の理解や知識の整理に役立ったものと思われる。次に、Poly-Si TFT の分野から、東北大学の黒木伸一郎氏より「レーザーラテラル結晶化 Poly-Si TFT における膜中歪みの効果」と題するご講演をいただいた。講演者らが開発を進めているレーザーラテラル結晶化 Poly-Si TFT において、Double-gate TFT の



田辺氏（超電導工学研）による招待講演

作製等から、膜中歪みの大きさや分布などが評価された。更に、Si Wire による Tri-gate TFT を作製し、一軸性の歪みを利用した高移動度の TFT が実現できることが示された。最後に、酸化物半導体の新規応用の分野から、名古屋大学の水野拓氏より「酸化物半導体 SrTiO_3 に電界誘起された二次元電子ガスの巨大熱電能変調」と題するご講演をいただいた。酸化物半導体 SrTiO_3 を活性層とした FET のゲート絶縁膜にナノ多孔性ガラスを用いることで、電界効果を用いた極薄 2 次元層の形成が試みられており、高濃度かつ極薄の 2 次元層の誘起とその電界変調が実現できることが示された。本セッションでは特に各分野からの講演をまとめたことで、参加者が異分野の研究開発状況を知ることができ、今後の研究開発のスパイラルアップにも役立つものであったことを期待する。

オーラルセッション 2 「酸化物／有機 TFT」では、4 件の一般講演が行われた。まず酸化物 TFT では、富士フイルム(株)の高田真宏氏から IGZO 薄膜のカチオン組成比と低温($\sim 200^\circ\text{C}$)ポストアニールによる導電率上層に関する報告がなされた。カチオン組成比を変化させることで低温アニールでの導電率上昇を抑制でき、フレキシブル TFT 等の低温デバイスに有用であることが示された。東京工業大学の野村研二氏からは IGZO 中の酸素・水素拡散に関する検討結果が報告された。IGZO 薄膜中では酸素の拡散係数が大きく、水素の拡散係数は大きくないことが示されたことは興味深い。これら知見をもとに、TFT の特性安定化には酸素拡散を防止するパッシベーション処理等の必要性が示された。次に有機 TFT では、広島大学の姜明辰氏からペンタセンに替わる有機半導体として注目を集める DNTT の分子修飾による特性や安定性の向上に関する報告がなされた。DNTT 骨格にデシル基を導入した新規誘導体では、 $8\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の極めて高い電界効果移動度を示し、未封止状態での大気暴露に対しても高い安定性が得られることが報告された。またフェニル基修飾 DNTT では、未修飾 DNTT と同程度の移動度($3.6\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)を示すが、大気安定性に加えて、 150°C における耐熱性の向上が達成できることが示された。奈良先端科学技術大学院大学の松原亮介氏からは、ペンタセン TFT の移動度制限要因に対する AFM ポテンショメトリを用いた評価に関する報告がなされた。ペンタセン蒸着膜では成膜速度を増加させることで、ドメインサイズが減少するもののキャリア移動度が向上する現象が報告された。講演者らは AFM ポテンショメトリを用いた電位プロファイルの精密測定から比導電率を評価することで、このようなペンタセン TFT の移動度向上がドメイン境界部での導電率の向上に由来したものであることを示唆した。



参加者からの質疑

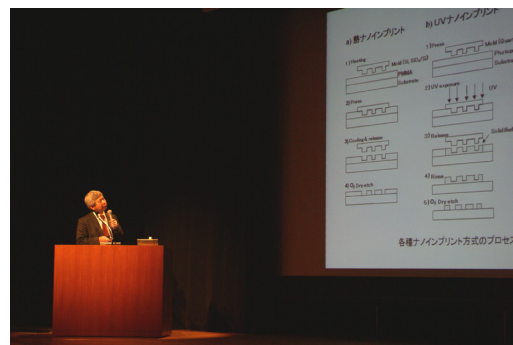
オーラルセッション 3 「ナノインプリント」では、1 件の招待講演と 2 件の一般講演が行われた。まず招待講演として、兵庫県立大学の松井真二氏から「ナノインプリント技術の現状と将来展望」と題してご講演いただいた。ナノインプリント技術の中で熱ナノインプリントおよび光 (UV) ナノインプリントを中心にそのプロセス技術と応用に関して、わかりやすく解説がなされた。ナノインプリント技術は、半導体デバイスの加工に加えて、記録メディア、光学部品、バイオチップ等への様々な応用が可能であり、更なる進展が期待される。兵庫県立大学の姜有志氏からはナノインプリントによっ

て作製された HSQ ピラー構造のヤング率の測定に関する報告がなされた。HSQ ピラー構造体のヤング率評価に Si カンチレバーを用いて直接測定する非常にユニークな方法が用いられており、ピラー構造体のヤング率のアニール温度に対する依存性が評価された。大阪府立産業技術総合研究所の中原理恵氏からは三次元有機トランジスタの開発について報告がなされた。フレキシブル基板上の短チャネル有機トランジスタがインプリント法を用いて作製できることが示された。

作製されたデバイスは耐曲げ性試験を行った他、移動度測定の結果から従来のフォトリソグラフィ法で作製したデバイスと遜色ない特性が達成できることが報告された。今後の幅広い応用が期待される。

オーラルセッション 4「Si TFT 材料・プロセス」では、4 件の一般講演が行われた。広島大学の酒池耕平氏からは、近赤外レーザを用いてアモルファスシリコンの結晶化と転写を同時に行うプロセスについて報告された。新しい技術として注目され、アワードを受賞された。今後の進展が期待される。東北学院大学の鹿裕将氏からは、メタルダブルゲート構造 TFT の水素化に関する報告がなされた。フォーミングガスを用いた水素化について検討し、400 °C でアニール後、冷却時の 350 ~ 370 °C が最も効率よく水素化できることを示した。日新電機株式会社の高橋英治氏からはフッ化シランガス(SiF₄)を用いた水素レス SiN_x 膜の作製について報告がなされた。高密度誘導結合型プラズマ化学堆積法を用いて 150 °C という低温で非常に高い絶縁耐圧をもった薄膜を作製するのに成功している。今後の幅広い応用が期待される。北陸先端科学技術大学院大学の竹本和幸氏からは、イットリア安定化ジルコニア薄膜基板上に作製したアモルファスシリコンの固相成長について報告がなされた。プレアニールの時間に依存して結晶核発生までのインキュベーションタイムが変化することを明らかにした。そのメカニズムやプレアニールの効果については今後の詳細な検討が期待される。

オーラルセッション 5「有機光電デバイス」では、1 件の招待講演と 2 件の一般講演が行われた。まず招待講演として、産業技術総合研究所の吉田郵司氏より「有機薄膜太陽電池の研究開発状況」と題するご講演をいただいた。シリコン系太陽電池等の無機太陽電池と比較しての有機太陽電池の得失や市場規模等の応用面を始め、有機太陽電池の原理や性能を決定づける材料物性等の基礎まで幅広く解説いただいた。薄膜太陽電池の開発における将来性を見据えた研究ターゲットを探索する上で極めて有意義であったものと期待する。大阪府立大学の小林隆史氏から有機薄膜太陽電池の寿命評価に関する新しい手法が報告された。光誘起吸収測定に基づいた測定により、実デバイスにおける短絡回路状態と開放回路状態での寿命の測り分けが



松井氏（兵庫県立大）による招待講演



吉田氏（産総研）による招待講演

でき、また、変換効率を左右する物理量の走行時間の評価も可能であることが示された。また、大阪大学の梶井博武氏からは液晶性導電性高分子の自己組織性を利用した発光有機トランジスタの作製や高電特性に関する報告がなされた。青色発光材料であるフルオレン高分子に燐光系色素を熱拡散によりドーピングさせることで、トランジスタ構造を利用したフルオレン高分子の青色発光から色素分子へのエネルギー移動による赤色発光が可能であることが示された。溶液プロセスを用いた両極性の発光型有機トランジスタの新たな作製法として極めて興味深く、今後の展開が期待される。

ランプセッション

ランプセッションは、理化学研究所の丸山瑛一博士による特別招待講演と 2 件の一般口頭講演で構成された。丸山博士は、「薄膜半導体ヘテロ構造デバイスの冒険」と題して、MOS 型ヘテロ構造の半導体デバイスがこの分野にもたらしたインパクトをレビューした。トランジスタの発明から、アモルファスシリコンの薄膜形成に続き、同博士が NHK と共同で開発したアモルファス発光ダイオード素子による超高感度のイメージャーの開発秘話やそのハイジャック事件での実際に使用された生々しい話も紹介された。また、LTPS の TFT については、開発戦略だけではなく、特許出願についての苦労話もご披露いただいた。新しいものを開発して世に出そうとする博士の気概に聴衆の全員が胸を熱くしたと思う。次の一般口頭発表では、高知工科大学の川原村敏幸氏より、ミスト CVD 法という独自の非真空プロセスによって、移動度 $3.4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の IGZO の TFT を試作したという報告がなされた。埼玉大学の菅沼洸一氏は、酸化剤によってグラフェンを簡単に剥離できる酸化剥離法の開発を行っており、この手法で酸化グラフェン溶液により電極形成を行い有機トランジスタの素子作製に応用した。



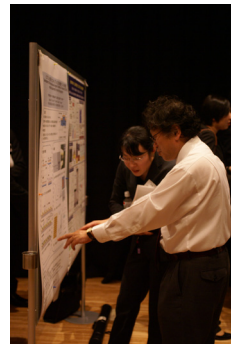
丸山先生（理研）による特別招待講演



マリアー・ジュグランドでのバンケット

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 16:00–18:20 と 2 日目の 13:00–15:20 の 2 回に分けて行われた。本研究集会では、ポスター講演者以外に招待講演者を含む口頭講演者にもポスター討論を依頼し、合計で 83 件の発表が行われた。ポスターセッションの冒頭には、ポスター講演者による各日 32 件のショートプレゼンテーションが行われた。各講演者の持ち時間は 1 分間と昨年までの 1.5 分と比べて短く、1 ないし 2 枚のスライドを用いての発表である。あらかじめ用意したスライドの写し換えだけの操作や発表者の事前待機による進行に加え、講演者の発表時間厳守



各会場でのポスターセッション

により、全講演予定時間の約 32 分で終了した。講演者のご協力に深く感謝申し上げたい。各発表とも要点が的確にまとめられており、引き続いて行われるポスター討論に参加する上で十分効果的であったと思われる。例年同様に、ポスター配置は、「無機半導体材料・プロセス・デバイス」、「酸化物材料・プロセス・デバイス」、「有機材料・プロセス・デバイス」と 3 領域に分けて行った。ただし、口頭講演のポスター発表に関しては十分なスペースを確保するため、「口頭発表者用」という口頭講演を行ったステージ上でのポスター討論を試みた。各ポスターの前では熱気にあふれた討論が行われ、セッション終了後のアナウンスを行った後でも議論が続けられたポスターも多く見られた。口頭講演者によるポスター発表でも、ステージ上という今までに無い形式ではあったが、多くの聴衆が集まり、口頭発表の内容だけでは満足できないより深い議論を行う上で非常に有効であったと思われる。

展示・広告

展示ブースに 9 社の出展、アブストラクト集への広告に 5 社の協賛をいただいた。展示ブースはホール入口前のポスター会場と同じスペースに設営し、休憩時間・ポスターセッション時間・昼食時間等を利用して参加者が展示ブースに立ち寄れるよう配慮した。本研究会の特徴の一つとして、希望される展示業者の方に、参加者に展示内容をアピールする 3 分間のコマースタイムを設けており、コマース発表の内容に興味を持って展示ブースを訪れる人が増えたとの声を出展者よりいただいた。



各企業からの展示ブース

なお、展示会社は、ケニックス(株)、サンユー電子(株)、(株)東陽テクニカ、(株)アプロウエーブ、(株)エイコー、(株)エピテック、(株)シルバコ・ジャパン、(株)スプリード、ベルテック、(有)デザインシステム、の 10 社から、広告はエム・イー・エス・アフティ(株)、大塚電子(株)、ケニックス(株)、サンユー電子(株)、(株)東陽テクニカ、の 5 社から協賛いただいた。関係各位のご協力・ご支援に深く感謝申し上げます。