

# 薄膜材料デバイス研究会第7回研究集会報告

## はじめに

薄膜材料デバイス研究会は、薄膜材料・デバイスに関するすべての話題を広く議論する場である。第7回研究集会は、「薄膜デバイスの理解と解析」をテーマに、2010年11月5日(金)・6日(土)に、なら100年会館で開催された。70件の講演と192名の参加者を集め、過去の第6回研究集会と比べても大変盛況となった。内容は、チュートリアル・口頭講演・ポスター講演・ランプセッション・業者展示など盛だくさんである。特別招待講演として奈良工業高等専門学校校長の冷水佐壽先生をはじめ、著名なまた近年顕著な研究成果を挙げている皆様に招待講演をして頂いた。無機材料・酸化物材料・有機材料・半導体薄膜・絶縁体薄膜・導体薄膜・製造プロセス・デバイス構造・評価手法・薄膜トランジスタ・太陽電池・センサ・メモリ・その他のアプリケーションなど、広い分野で活発な講演と質疑が展開されたと思われる。参加者全員の投票によって決定されるベストペーパーアワードは、広島大学の姜明辰氏、名古屋大学の小出浩貴氏、高知工科大学の李朝陽氏・松田時宜氏らに授与された。本研究集会の開催にあたり、招待講演者の皆様・参加者の皆様・公益財団法人中部電気利用基礎研究振興財団・財団法人村田学術振興財団・協賛団体・展示や広告をして頂いた企業に、心より感謝致します。



図1 実行委員長からの開会挨拶

## チュートリアル

本研究集会のチュートリアルには殆どの参加者が受講しており、毎回初学者を対象としつつも、専門家の方々にも再確認や再認識ができるようなテーマを吟味し選定している。

今回のチュートリアルでは「モデリングとシミュレーション」をテーマに、2件の講演をお願いした。1件目は「バンド計算から何がわかるか」と題して東京工業大学の神谷氏から講演を頂いた。安価で高性能なパソコンや高機能ソフトウェアの普及でバンド計算はデバイス解析にも身近に役立つことができるようになってきたことを踏まえ、バンド計算を用いた材料やデバイスの解析ではどのようなことがわかるかについて解説して頂いた。またバンドダイヤグラムの読み方をはじめ、電子構造モデルの視覚化など一般の教科書とは異なった切り口で平易に解説して頂き、好評を得た。2件目は、「薄膜トランジスタの電気的特性」と題して大阪大学の谷口氏に講演を頂いた。薄膜トランジスタに発生する様々な現象や問題をコンパクトに視覚化された図を用いて初学者にもわかりやすい解説を頂いた。回路設計者とデバイス作製者の両方の立場を理解した上での問題点や工夫については、初学者のみならず多くの受講者の役に立ったものと信じている。特に寄生抵抗、周波数特性、熱挙動の評価や解析はデータを示されることにより、改めてその重要性を認識することとなった。

両講演とも講演後は、現象の解析方法や理解・応用の仕方について活発な質疑応答がなされ、参加者の多くから賞賛の声が聞こえた。ご多忙の中、講演を快く引き受けてくださった両先生に、この場を借りて感謝申し上げたい。

## オーラルセッション

オーラルセッション 1「薄膜デバイスの理解と解析」では、1 件の招待講演と 2 件の一般講演がなされた。広島大学の三浦道子氏が TFT 特性の数値解析についての招待講演を行った。多結晶シリコンに内在するキャリアトラップ欠陥が TFT 特性に与える影響について詳細に解説された。絶縁体上に形成される TFT は SOI 同様に裏面電位基準がないので、チャンネル内電荷分布によって表面及び裏面電位が変化する。このため基本式であるポアソン式を高速且つ精度よく解いて TFT 特性を導く手法について解説された。さらに  $1/f$  特性ノイズおよびサーマルノイズ現象への電荷捕獲の影響等について解説された。大阪大学の太田氏は、TFT のオーバーシュート電流の解析を報告した。ゲート電圧ステップ法とドレイン電圧ステップ法を組み合わせ、欠陥による電子捕獲効果とジュール熱発熱のオーバーシュート電流への寄与を解析した。東京農工大学の永尾氏は、周期的パルス光照射により誘起したキャリアのマイクロ波吸収法を報告した。周期的パルス照射により実効的キャリアライフタイムを測定できることを示した。また、キャリア再結合欠陥の空間分布を観測できる可能性も示した。



図2 三浦道子氏(広島大)の招待講演

オーラルセッション 2「有機デバイス」では、1 件の招待講演と 2 件の一般講演がなされた。まず東京工業大学の間中氏が、「光学的手法でみる有機デバイス中のキャリアダイナミクス」と題する招待講演を行った。顕微 SHG 法を用いることで動作中の有機 TFT チャンネル部における電界強度分布を可視化することができることや、光学測定の高速度を活かした時間分解計測によって、キャリアダイナミクスを測定解析した結果を紹介し、多くの参加者の関心を集めた。また、ソース・ドレイン電極からの注入障壁やゲート絶縁膜界面のトラップ量による電界分布の過渡特性から、キャリア輸送のダイナミクスが議論された。広島大学の姜明辰氏からは、新規合成された高移動度有機半導体分子である  $C_n$ -DNNT についての報告があった。イオン化ポテンシャルが大きいことによって優れた大気安定性が、大きな  $\pi$  共役系とアルキル鎖によるファスナー効果によって  $n = 10$  において最大  $8.0 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  と多結晶薄膜では最高のキャリア移動度が得られていた。大阪府立大学の遠藤氏からは、可溶性の高移動度有機半導体分子である  $C_8$ -BTBT を用いたトップゲート型 TFT についての報告があった。この材料と、有機 TFT 用として優れたゲート絶縁膜材料である CYTOP を組み合わせることで、比較的高いキャリア移動度と低い閾電圧が両立し、素子間のバラツキも小さくなることが示された。

オーラルセッション 3「酸化物デバイス」では、1 件の招待講演と 2 件の一般講演がなされた。ま

ず大阪工業大学の小池氏が、薄膜からバルク材まで含めた ZnO の特徴・用途の広範な紹介に始まり、ZnO TFT を利用したバイオセンサーの問題点とデバイス構造の工夫についてわかりやすい招待講演を行なった。東京工業大学の邵氏は、a-IGZO 薄膜が 2nm で連続な平坦膜になっているにもかかわらず、TFT の特性がチャネル厚 7nm 以下で急激に低下することを報告した。名古屋大学の小出氏は、新しい組成のアモルファス酸化物半導体として a-In-Mg-O を報告し、400°C の後熱処理により、a-IGZO と同等の特性が得られることを報告した。熱起電力のゲート電圧依存性から裾状態との関係を議論した点が、興味深いと感じられた。



図3 小池氏(大阪工大)の招待講演

オーラルセッション 4「薄膜プロセス」では、3 件の興味深い講演がなされた。まず、奈良先端科学技術大の川村悠美氏からは、プラズマ ALD 法を用いた酸化亜鉛薄膜トランジスタに関する発表があった。原子層堆積法を用いることにより、100 °C 程度の低温で緻密な酸化亜鉛薄膜のトランジスタを作製し、電気特性を評価した。その結果、反応の活性化にプラズマを用いることで、アニール処理がなくても動作する薄膜トランジスタを実証した。また、連続成膜の特長を活かし、ゲート絶縁膜として酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を用いて、優れた電気特性を示した。続いて、高知工科大学の松田氏からは、酸化亜鉛(ZnO)を用いた蛍光体の講演があった。ZnO 薄膜蛍光体をガラス基板の耐熱温度より低い 450°C の最高プロセス温度で形成し、その発光中心の導入過程が製膜直後の ZnO 薄膜の状態に依存していることを見出した。また、還元雰囲気熱処理することにより得られる発光中心の導入に  $\text{H}_2$  の反応が寄与していることを確認した。北陸先端科学技術大の大平氏からは、フラッシュランプアニールによる a-Si 膜の横方向成長結晶化に関する講演があった。ガラス基板上の堆積した膜厚数  $\mu\text{m}$  の非晶質シリコン膜にフラッシュランプアニールをすることで、試料端部から中央に向かって横方向に結晶化が起こる現象を見出した。この原因を様々な角度から解析した結果、explosive crystallization(EC)と呼ばれる現象で説明できることを確認した。

オーラルセッション 5「メモリ・結晶化」では、1 件の招待講演と 2 件の一般講演がなされた。まず日立製作所の藤崎氏は、「新型不揮発メモリの最新動向」と題し、フラッシュメモリを中心とした不揮発性メモリの大容量化の経緯と最新技術、更に FeRAM、MRAM、PRAM に加え、注目されている ReRAM といった新型メモリ技術に関するレビュー的な招待講演を行ない、メモリ分野の課題と技術開発動向を俯瞰することができた。一般講演はいずれも CW レーザー走査法によるアモルファスシリコン膜の横方向結晶成長に関するものであったが、島根大学の鈴木氏からは Ge 添加により成長方位の選択性が大幅に向上すること、また東北大学の黒木氏からは照射レーザーのビームプロファイルをダブルビームとして冷却速度を制御することによって面方位制御性が向上することが報告され、結晶成長に関する新しい知見を提供するものであり、興味深かった。

## ランプセッション

バンケットに並行して開催しているランプセッションは、本研究集会の特徴の一つとなっている。今回は、奈良工業高等専門学校校長の冷水佐壽氏に「分子線エピタキシャル結晶性長法の夜明けの頃—ナノテクノロジーのさきがけとして—」という題目で特別招待講演を頂いた。冷水氏は、以前勤務していた富士通において二次元電子ガスを用いた高速電子デバイス”HEMT”を世界に先駆けて開発し、実用化に繋げた研究者の1人である。米国に比べて明らかに劣る日本の科学技術力のもとで、他社との激烈な競争と遅い進展による社内批判にさらされた状況での研究開発であったという、本人ならではの生々しい体験談を交えた聞き応えのある講演であった。講演では、幾つかの幸運があったため HEMT が誰よりも早く開発できたとのことであったが、そこには、諦めずに喰らいついていく当時の研究者魂を垣間見ることができた。この講演は、これからを担う学生諸氏にとって、心に響くものがあったのではないだろうか。その後、投稿論文の中から選ばれた 2 件の講演があった。ソニーの原氏から、ICPCVD 法により石英基板上に直接堆積した微結晶 Si のボトムゲート TFT 特性に関する報告があり、電界効果移動度が  $9.4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  と、この TFT 構造にしては極めて高いものが得られていた。続いて、千葉大学の酒井氏から、有機半導体・導体材料の結晶成長における電界効果と、それを利用した有機ナノデバイスの作製に関する興味深い報告があり、バンケットの制限時間一杯まで活発な議論が行われた。

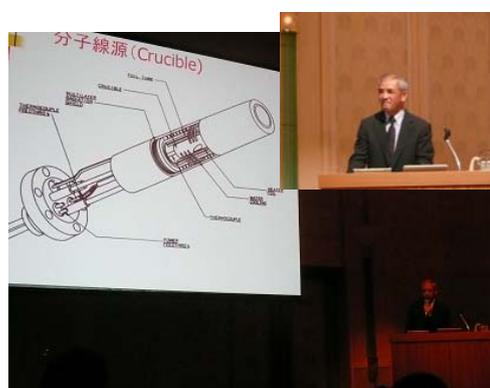


図4 冷水氏(奈良高専校長)の特別招待講演

### 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 16:10–18:00 と 2 日目の 12:55–14:55 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 67 件の発表が行われた。例年同様に、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みられた。招待講演者や口頭講演者によるポスター発表では、各所で多くの聴衆が集まり、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。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 25 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 1.5 分間であり、2 ページ以内の PDF スライドを用いての非常に短い講演であったが、殆どの発表で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。また、ショートプレゼンテーションではスムーズな進行のために、講演終了のアナウンス等をしなくとも殆ど全ての講演が時間内に行われ、講演者のご協力によって、各日で講演予定時間の 38 分以内に終了した。

ベストペーパーアワードは、招待講演及び組織委員本人による講演を除く、口頭講演、ポスター講演の 60 件を対象に参加者全員の無記名投票によって行われた。講演数の 5% 以内にあたる、特に優れた 3 講演に対してアワードの表彰がなされた。得票は特定の材料分野に集中すること無く

なされており、専門外の分野に対する参加者の感心の高さが感じられた。表彰式は閉会式において多くの参加者の前で盛大に行われ、受賞者3名には表彰状と副賞として第8回無料参加券と記念品が贈呈された。本アワードにご協力頂いた参加者の皆様方に深く感謝致します。

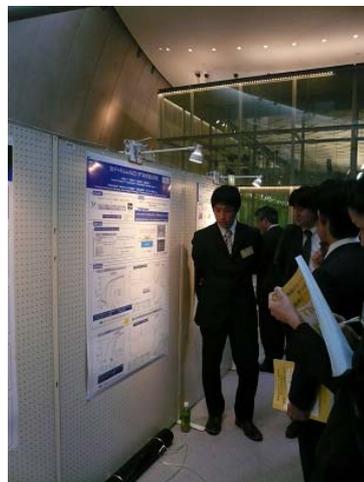


図5 (左右) ポスター講演

### 展示・広告

展示ブースに11社の出展、アブストラクト集への広告に6社の申込みがあり、これまでで最も多くの協賛を頂くことができた。これは、本研究集会在が展示・広告業者の皆様にも認知されつつあることを示す結果であり、組織委員会としても喜ばしく思っている。展示ブースは中ホール入口前のスペースにコーヒーコーナーとともに設営し、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多くの参加者が訪れ、出展内容の説明を受けていた。本研究集会的特徴の一つとして、希望される展示業者の方に、休憩時間を利用した3分間のコマーシャルタイムを設けており、参加者に展示内容をアピールする有意義な時間と思われる。実際、“コマーシャル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”との声が出展者から聞かれた。

なお、展示会社は、(株)アポロウェブ、(株)イー・エム・ディー、(株)エイコー、クラスターテクノロジー(株)、サイバネットシステム(株)、(株)シルバコ・ジャパン、サンユー電子(株)、(有)デザインシステム、(株)東陽テクニカ、東洋紡績(株)、(株)堀場製作所、の11社から、広告は(株)イー・エム・ディー、サイバネットシステム(株)、サンユー電子(株)、(株)東陽テクニカ、(株)堀場製作所、エム・イー・エス・アプティ(株)の6社から協賛を頂いた。この場を借りて、関係各位のご協力・ご支援に深く感謝致します。