

薄膜材料デバイス研究会第3回研究集会報告

総括

薄膜材料デバイス研究会の第3回研究集会が「薄膜デバイスの新展開」というテーマの下に、奈良市内のあすなら会議場にて開催された。本研究集会には過去最高の175名の参加者があり、チュートリアル、口頭発表、ポスター発表、ランプセッション、業者展示と盛りだくさんの内容で、盛大に行われた。特に、今年も東海大学の菊池誠先生をはじめとして、各界で著名な先生方を多数招待し、半導体の歴史から最先端技術まで、貴重な講演をいただき、研究会がより充実した内容となった。参加者のアンケート結果では、“満足した”、“続けて欲しい”という声を多数いただくことができた。本研究会の開催に助成いただいた村田学術振興財団、中部電力基礎技術研究所に深く感謝する。

チュートリアル

初日午前中のチュートリアルでは、“なぜレーザやトランジスタができるのか”という素朴な疑問に答えるため、半導体電子物性の立場から詳しい解説がなされた。

鮫島：顕著な特徴を持つ発光デバイスである、半導体レーザを解説した。まず、レーザの一般論を説明した。開発の歴史を述べ、次に誘導放出、光共振理論を解説し、レーザ発振の条件を議論した。実例として孤立発光センターのNdを持つYAGレーザの発振機構を説明した。次に半導体レーザの特徴を解説した。共有結合バンド間の直接遷移の利用、組成変調によるダブルヘテロ構造、量子井戸構造、低電圧電流励起などの際立った特徴を説明した。そして一般のレーザと半導体レーザの対比を行った。また半導体レーザ産業の実勢についても紹介した。

水野：現在のULSIの基本素子であるMOSFETの基本動作原理から、それを使った論理ゲート及び半導体メモリーの動作までを簡易に説明した。更に、MOSFETが現在抱えている物理的問題点を指摘し、それを凌駕する最先端研究の一端の紹介も行った。

オーラルセッション

セッション1-1「有機材料・デバイス」では、まず、東工大の真島氏によるチャネル電流と変位電流の同時計測に関する招待講演があった。この変位電流測定とは、一般的な半導体計測で言うところのquasi-static C-Vであるが、ソースからのキャリア注入障壁の存在や移動度の低さが問題となる有機TFTでは総合的なキャリア蓄積能の評価に用いられる。これとソースドレイン間コンダクタンスを比較することで特性を決める様々な要因について議論が成された。広島大学の滝宮氏からは、有機TFT用の高性能・高酸化安定性を有する新奇有機材料の報告があった。HOMO-LUMOギャップが大きく、かつ、イオン化ポテンシャルがあまり大きくない新しい分子材料によって、大気中高温でも安定動作するトランジスタが得

られている。現在、有機 TFT 研究において最もポピュラーな材料であるペンタセンが酸化に対して不安定であることから、今後このような有機半導体材料が使われてゆくものと期待される。千葉大学の富井氏は、局所電位分布評価法である AFM ポテンショメトリを用い、ペンタセン TFT においてソース・ドレイン電極蒸着によって生じる低移動度領域の分布と起源を調べた研究を報告した。蒸着によってペンタセンの結晶構造が変化し、結晶粒界が高抵抗化していることが示された。

セッション I-2「酸化物半導体、絶縁膜」では、口頭発表 4 件を含む 14 件の報告があった。最近の酸化物半導体研究の一般的な傾向として、材料・TFT から回路や LCD、電子ペーパーの試作へと下流に移る流れと、単結晶薄膜のヘテロ構造を利用したメゾスコピック現象を調べていく固体物理的な流れに分かれており、本研究会では前者に属する発表が多いように思える。ZnO では、RF マグネトロンスパッタリング法により作製した膜特性と製膜条件の関係が検討され、大面積製膜・量産性への関心が高まっていることを示していた。アモルファス酸化物半導体では、40nm 幅までのナノワイア FET の駆動に成功したこと、EXAFS と第一原理計算により原子構造・電子構造の解析がされた報告などがあり、基礎科学の面でも進展があった。新材料としては、p 型透明酸化物の仕事関数に関する報告があったが、Cu、カルコゲンを用いた材料では p 型半導体でも仕事関数が小さくなり、有機 EL などの正孔注入電極として用いるには、さらに新材料探索が必要との報告であった。絶縁膜については、LTPS TFT 用の SiO₂ 膜の高品質化、低温化を狙い、プラズマ源や原料を検討した報告が多くなった。特に、絶縁膜に限らず最近のジャイアントマイクロエレクトロニクスの傾向として、大気圧プラズマの報告が増えており、今後の進展が期待される。

II-1 の「IV 族系プロセス」では、まず、高知高専の町田らが熱酸化 Si 基板上に堆積した 100nm-Si 薄膜を、Nd:YAG (3 倍波 355nm) レーザーにより純水中で熔融結晶化するという興味深い提案をし、通常の大気雰囲気中に比べ水中照射では、表面荒れを低減し、結晶粒径も増大するなどの水中アニールによる効果を示した。古川電工の中村らは、最近の膜堆積装置の大型化によるコストの低減を可能にする局所加熱 CVD による Si 薄膜の新たな堆積法を提案し、幅数 mm、厚さ数百 μm の細長いテープ状のガラス基板を反応炉に入れ、移動速度 400mm/sec で、Si 薄膜の平均堆積速度として 761nm/sec を得ていた。島根大の松本らは、a-Si 及び poly-Si 膜に対して水素化処理、脱水素化処理、高圧水蒸気処理を個別、あるいは組み合わせで行い、膜中への水素の取込、脱離、OH の取込などをラマン分光及び FT-IR 法により調査した興味深い報告をした。九州大学の中村らは、TFT のより高速化を目指し、Si より移動度が高く、結晶化温度が低い Ge による TFT 作製を提案している。彼らは、高移動度化による基板浮遊効果を低減するために、ソース・ドレインに NiGe/Ge 構造によるショットキー接触を採用し、多結晶 Ge-TFT において、140cm²/Vs と比較的高い正孔移動度を示すと共に、スイッチング電流の ON/OFF 比が 2 桁と低い課題も示した。



セッション II-2 「IV 族系プロセス・デバイス」では、量子ドットの形成法とデバイス応用について議論された。講演は広島大学、北陸先端科学技術大学院大学(JAIST)、奈良先端科学技術大学院大学(NAIST)から 3 件である。何れも非常によく工夫されたドットの作製法が用いられている点に興味深い。宮崎(広大)は、LPCVD 法を用いたドットの形成において、その作製条件と方法を詳細に検討し、均一にシリコンドットを作製することを可能にした。シリコンドットのほか、ニッケルシリサイド、シリコンゲルマニウムドットについても言及され、デバイスとしての可能性が示された。また、ケルビンプローブ法によるドットの荷電状況の定量的評価は今後の発展が期待される。西岡(JAIST)は、直線偏光レーザー(Nd:YAG)を用いたサブミクロンナノドットの周期配列について報告した。レーザーの周期に対応したドットの配列は粒子径のばらつきも少なく、非常に興味深い。屈折率の異なる媒質中でのピッチ制御やデバイスへの応用が期待される。黒木(NAIST)は、フェリチンタンパクに内包させたコバルトを酸化しドットを形成するという特異な作製方法を報告した。STS/STM を用いて充放電特性を解析した結果やバンド構造について検討し、その有意性が示された。

オーラルセッション II-3 回路・デバイスでは、まず招待講演として、東海大の鈴木先生が、LTPS-TFT の回路技術を報告した。LSI では、プロセス開発・デバイス開発・回路開発の分業化・自動化がすすみ、プロセス・デバイス開発者が回路技術を必ずしも理解する必要はない。いっぽう、LTPS-TFT では、プロセス・デバイス・回路を統合的に最適化したところが勝つ、といっても過言ではない。今回の鈴木先生の報告では、LTPS-TFT のトランジスタ特性をふまえたうえで、回路設計はどうあるべきか、というところを、回路に疎いプロセス・デバイス開発者にも理解できるように説明していただき、今後の LTPS-TFT の研究開発に、おおいに貢献するものと思われる。実際、研究会がおわった次の週になっても、参加者から鈴木先生への深い内容の質問があり、鈴木先生も真剣にご回答いただいているようである。また、神戸製鋼所の迫田氏が、高分解能で結晶性を評価する新手法の赤外光導電減衰法を報告し、島根大の吉田氏が、結晶粒界の回路シミュレータによる特性解析を報告し、東京工芸大の山形氏が、2次元デバイスシミュレーションによる低温 poly-Si TFT の素子特性劣化解析を報告し、いずれも好評を得た。

ポスターセッション シリコン系デバイス・解析・回路技術でも、奈良先端大の上野氏が、極薄スパッタ SiO₂ の LTPS-TFT の発熱劣化を報告し、大日本印刷の小岩氏が、スパッタ Si

と高圧水蒸気処理による poly-Si TFT の回路・電機特性を報告し、大阪大の葛岡氏が、poly-Si TFT の実効移動度の温特を報告した。解析・回路技術は、特に、オーラルセッションだけではなくポスターセッションでも有用な議論が期待できる分野であるが、まさにそのとおりの議論が展開された。

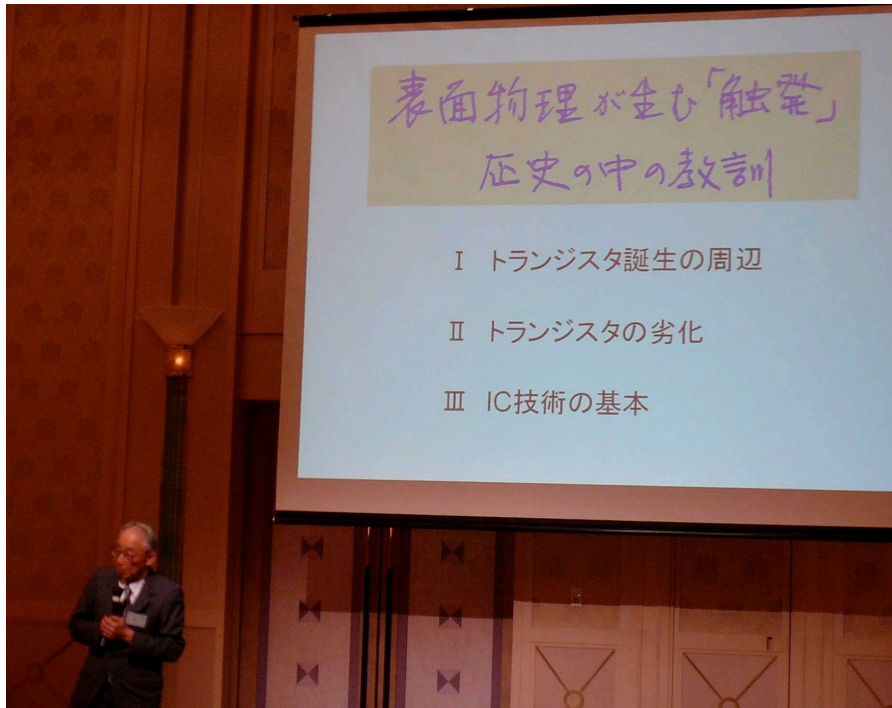
ポスターセッション

ポスターセッションは、10日、11日の2回に分け各1時間半ずつ行われました。アンケートによると、今回の時間配分はちょうど良いと感じた方が多かったようです。同じ会場で開催された第1回よりポスター数が大幅に増え、合計67件が3室に分かれて発表されました。どの部屋においても活発な議論がなされていたようです。本研究会の特徴として、招待講演や口頭発表を含む全ての講演をポスターセッションで発表することになっており、オーラルセッションで聞いた話をより広く深く議論する場としても有効に機能したかと思えます。また、薄膜電子デバイスという括りで、シリコン系・酸化物半導体系・有機半導体系の講演が入り交じる貴重な機会として、オーラルセッションでは質問しづらい異分野の研究について突っ込んだ質問ができるのもこの研究会のポスターセッションならではの利点ではないでしょうか。

全参加者の投票によって選ばれるベストペーパーアワードは、町田氏、池上氏（高知高専）による「水中レーザーアニールによる薄膜 Si の大粒径化」でした。ご本人が受賞発表時に不在であったのが残念ですが、表彰式では携帯電話を通じてリアルタイムでコミュニケーションを取るという趣向もありました。次回研究会無料招待券と副賞は後日渡される予定です。他に票が集まったものとしては、ナノドット形成に関するいくつかの発表やフレキシブルな石英フィルム基板に関するものなどが有りました。

ランプセッション

オーラルセッションの一つとして、日航ホテル奈良に会場を移して、“薄膜材料デバイスの新展開”というタイトルでランプセッションを行いました。ランプセッションは本研究会の特徴の一つであり、軽い食事とアルコールを飲みながら4件の講演に関して活発な議論がありました。今回のランプセッションは、招待講演1件、注目講演1件、投稿論文の中から選出された2件の計4件で構成しました。トピックスは東海大学の菊池誠先生による招待講演“表面物理が生む「触発」～歴史の中の教訓～”であり、トランジスタ（半導体）研究の歴史と、要所要所における表面物理の研究が次の展開の糸口を生み出すといった興味深い内容で、“怪しい”理解を正面から攻め直すことの重要性をご講演頂きました。質疑では、企業における研究マネジメントに関するご意見やこれからの社会を担う学生諸氏へのお言葉もいただきました。セイコーエプソン（株）の田中氏からは“液体プロセスによるLTPS-TFT”と題してホットな話題を注目講演としてご講演頂きました。奈良先端大の菅原氏



からは“固体グリーンレーザー結晶化による poly-Si TFT”、千葉大学の中村先生から“ナノ三極管並列構造の有機トランジスタ”のご講演をいただき、“薄膜材料デバイスの新展開”に関して、長時間にわたり活発な議論が展開されました。参加者からのアンケートでも菊池先生のご講演に感動したという意見を多数いただき、参加者や学生にとって大きな刺激になったものと思います。ご講演をご快諾いただいた菊池先生に組織委員一同感謝申し上げます。

展示・広告

合計 8 件の展示が行われた。展示会場には、お茶のサービスもあって多くの参加者が足を運んだ。参加者からは、「休み時間を使って話を聞くことができたので時間が有意義に使えた。」、「ゆっくり話が聞けたのが良かった。」、などの声があった。一方、出展社側からは、「大きな展示会とは異なり、ゆっくり話が聞けたのでニーズの解析に役立った。」、「いつも付き合っている分野の人々とは異なっているので新鮮に感じた。」、「機器そのものの性能よりも可能性や有用性についてお話し合いができた点が勉強になった。」など互いに情報交換がうまくできたという感想が多かったのが印象である。また、休憩時間には、各社のコマースタルタイムを設けた。休憩時間にも関わらず多くの参加者に耳を傾けていただいた。また喜ばしいことに既に来年の参加予定もいただいている。出展社の皆様、足を運んでいただいた皆様に心より感謝申し上げたい。

以上