

薄膜材料デバイス研究会第6回研究集会報告

総括

薄膜材料デバイス研究会では、多岐にわたる薄膜材料・デバイス技術について対象材料や学問的バックグラウンドの垣根を越える学際的な議論の場を創るべく、年1回の研究集会を開催している。今年も、第6回研究集会が、「如何に作り如何に測るか」というテーマの下、2009年11月2日、3日の2日間にわたり京都市の龍谷大学大宮学舎清和館にて開催された。176名の参加者と過去最多の80件の論文投稿を集め、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、業者展示と盛大に行われた。今年も広島県産業科学技術研究所長の水野博之先生をはじめとする各界の著名な先生方を多数招待し、半導体開発の歴史から最先端技術に至るまで貴重な講演をいただき、大変充実した内容となった。IV族系半導体、酸化物半導体、有機物半導体など、日頃は顔を合わせることの少ない異なる分野の研究者・技術者が一堂に会して自由に議論することで、新しい発見や技術の融合など、新鮮且つ質の高い情報交換の場を提供できたと考えている。参加者のアンケートにおいても、チュートリアル・ランプセッションを始め全体に良い評価をいただいた。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、九州大学の田中貴規氏、宮崎大学の西岡賢祐氏、千葉大学の高野智輝氏の講演に授与された。

本研究集会開催に際して、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支援財団の助成を頂いた。また、多くの企業から、展示・広告等を通して開催に対する支援を頂いた。これらのご支援に心より感謝致します。

チュートリアル

研究集会に先立って実施したチュートリアルでは、今回のテーマのうち「如何に測るか」に重点をおいて2名の講師に登壇願った。毎回初学者からベテラン研究者まで全参加者の7割以上がチュートリアルに参加されることから、初学者向けの基礎部分のみならず高度な応用にまで内容を広げて講演を行って頂いた。

最初は、「TFTの基礎」と題して龍谷大学の木村先生がトランジスタの基本特性と解析的理解について解説された。MOSトランジスタとの構造の違いから生じるポテンシャル分布、電気特性の違いについて、またしきい電圧、種々の移動度とその意味について解説して下さった。次に東京農工大学の鮫島先生が「フリーキャリア吸収による半導体評価」につい





て、電離層で起こっている電磁波の反射・透過・吸収を例に、半導体物性の評価とその有用性を平易に解説してください。他の評価方法との比較を行いながら精度よく評価するための装置上の工夫なども紹介され、水蒸気酸化を行った多結晶シリコン膜の評価例が示された。

両講演とも終了後は質疑応答が活発に行われ、多くの参加者から好評を博した。

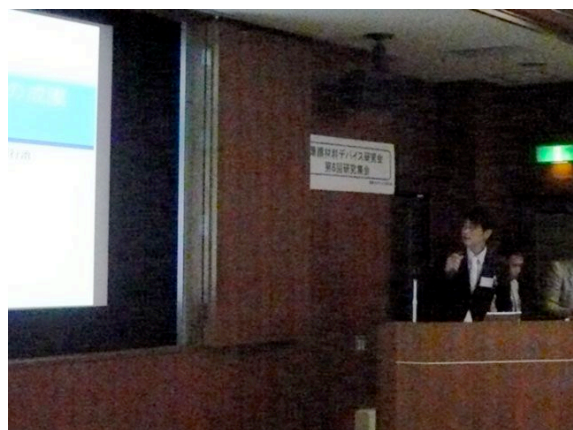
基礎から応用まで、参加いただいた皆様には幅広く役立つものと確信している。

オーラルセッション

今回の研究集会では、5つのオーラルセッションと2日間にわたるポスターセッションに加え、本研究会の特長の1つであるバンケット・ランプセッションが開催された。

オーラルセッション1「酸化物材料・プロセス・デバイス(1)」では、3件の発表がなされた。三井造船の服部氏から、ALD法による酸化亜鉛薄膜の成長および電気特性についての招待講演があった。酸化亜鉛薄膜は、有機ELなど次世代ディスプレイの駆動回路を実現する重要な材料である。この薄膜の堆積方法としてのALD法は、膜厚の均一性や大面積化、低温化など数々のメリットを持ち合わせている。今回、特に酸化剤の違いによる電気特性への影響について、詳細な検討がされた。その結果、プラズマ雰囲気がある有効であるとの報告がされた。京都大学の鎌田氏らから、ZnO-TFT構造に由来する寄生トランジスタの電気特性と光感度との関係についての興味深い報告があった。逆スタガー構造ZnO-TFTの光誘起電流に関して、TFTチャンネル内の光照射位置に着目して、評価を行った。オフ領域における光誘起電流は、主にソース領域での寄生トランジスタに起因しているのではないかと結論された。日本大学の清水氏らからは、CPM法によるアモルファスIn-Ga-Zn-Oのギャップ内準位についての興味深い発表があった。レーザアブレーション法で作製されたa-In-Ga-Zn-O薄膜を光電流一定法(CPM法)を用いて、ギャップ内準位を詳細に検討した結果、得られた信号は価電子帯の裾の状態およびギャップ内準位であることを確認した。また、In-Ga-Zn-O薄膜の本質的な準位を検出したと結論された。

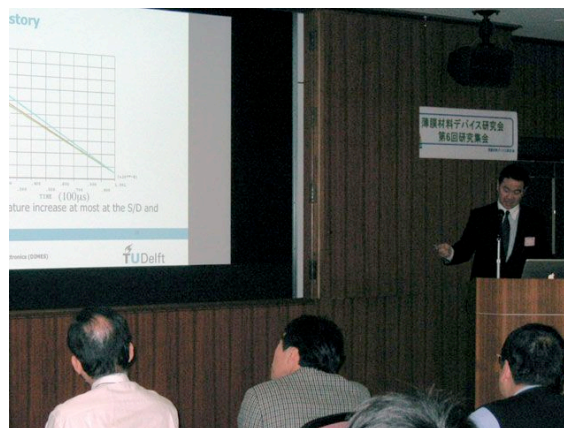
オーラルセッション2「新薄膜デバイス」では、4件の発表がなされた。東北大学の黒木氏らは、CWグリーンレーザ掃引加熱法を用いたPZT薄膜の結晶化とメモリー特性について報告を行った。良好な結



晶化状態は横方向の結晶化を伴う稠密且つ小粒径結晶化状態であり、低パワー密度 5.3 kW/cm²長時間熱処理 43 ms の最適熱処理条件を見出した。結晶粒径は約 70-130 nm、比誘電率 730、残留分極値 19.8 μC/cm²が得られた。大阪大学の林氏らはチャージポンピング (CP) 法を用いた poly-Si 薄膜トラップ密度の評価を報告した。ダブルゲート型 PIN 構造を用いた CP 法の詳細な測定と解析を行い、CP 電流が観測されるバイアス電圧とパルス電圧の関係を決定した。チャンネル層が反転あるいは蓄積状態にない時にホールエレクトロン再結合起因 CP 電流が流れた。チャンネル内バンドギャップ内に再結合欠陥サイトを置いたとき、CP 電流のバイアス電圧とパルス電圧との変化を良く説明できた。龍谷大学の中島氏らは、TFT の逆バイアス (オフ) の敏感な温度特性を利用した、1-TFT、1-キャパシタ構成の温度センサーの作製について報告した。キャパシタンスを充電し、TFT のオフ抵抗による放電によるキャパシタンス電位の変化を調べた。温度が高いほど TFT のオフ抵抗が小さく、キャパシタンス電位変化時定数が小さくなることを利用する。本手法により -10~100°C の温度測定が可能となった。宮崎大学の西岡氏らは、薄膜三接合型太陽電池の解析のためのシミュレータ開発について報告した。各々の異種太陽電池を実測して簡単なダイオードモデルを用いた等価回路のパラメータを抽出し、太陽電池間の接合はトンネル抵抗を用いた。シミュレーションから得られた V_{oc}、効率は集光度が大きく光強度が大きい時に実測よりも大きくなった。これは温度上昇によるセルの特性劣化に起因すると思われ、さらに温度依存性パラメータ構成が必要であることがわかった。

オーラルセッション 3 「IV 族系プロセス」では、3 件の発表がなされた。デルフト工科大学の石原氏による招待講演では、マイクロチョクラルスキー法を用いて非晶質上に単結晶シリコンを形成する技術とその三次元集積回路への応用について、基本原理から具体的適用法に至るまで詳細なお話を頂いた。n チャンネルおよび p チャンネル共に単結晶シリコンとほぼ同等の高性能 TFT が得られており、更に三軸面方位の制御が可能であることも示され、聴衆の高い関心を集めた。島根大学の広瀬氏より、連続発振レーザー横方向結晶化 (CLC) 法によって Ge を少量添加した Si 薄膜において顕著なフロー状成長が誘起され、走査方向に対して 100 μm を超える極めて長い結晶の成長が可能であることが示された。固液界面における Ge 偏析による融点の変化が原因となって特徴的な界面形状が形成されることが示唆された。広島大学の松本氏から、熱プラズマジェットを用いた極浅接合形成に関する報告がなされた。イオン注入した不純物の活性化には、ミリ秒熱処理時の温度のみならず、加熱・冷却速度が大きく関与していることが実験的に示された。

オーラルセッション 4 「有機材料・プロセス・デバイス」では、4 件の発表がなさ



れた。まず、東京大学の染谷氏が「大面積フレキシブルエレクトロニクスの将来展望」と題するレビュー講演を行った。有機トランジスタ集積回路を曲げたり、伸縮させたりすることを可能にする技術と、それによって可能となる様々な新応用が示され、多くの参加者の関心を集めた。広島大学の品村氏からは、3種類のDNTT誘導体を合成し、有機トランジスタの性能を比較する報告がなされた。大気

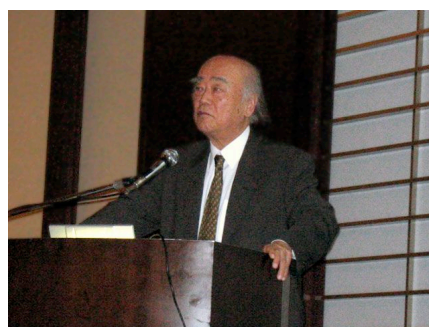


に対する安定性を有していることに加えて、最大で $3.0 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ のキャリア移動度が達成された。大阪府立大学の永瀬氏からは、有機無機ハイブリッド絶縁膜である PMSQ を有機トランジスタのゲート絶縁膜に応用することによって、移動度や素子の安定性が改善されるという研究報告がなされた。信州大学の加藤氏からは、トリフルオロメチル基置換交互型コオリゴマーを用いた n 型有機トランジスタについての発表があり、 $0.58 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ という n チャネル TFT 用の有機半導体材料としては高い移動度が報告された。

オーラルセッション5「酸化物材料・プロセス・デバイス(2)」では、3件の発表がなされた。東京工業大学の野村氏らは、アモルファス酸化物半導体 a-In-Ga-Zn-O の低電流バイアスストレス安定性とその起源について報告した。室温作製した TFT について、非熱処理および、乾燥酸素、湿潤酸素雰囲気中 400°C で熱処理した TFT の動作特性を調べ、非熱処理 TFT では、 10 V 程度の大きな V_{th} シフトの原因となる欠陥生成過程があること、その過程は、より大きな構造乱雑性・分散伝導と関連していることを示した。熱処理 TFT ではこの欠陥生成過程の寄与はほとんど無くなり、電子捕獲準位の形成により 2 V 以下の V_{th} シフトが起こっていると結論した。名古屋大学の太田氏らは、熱電研究からはじまった SrTiO_3 超格子二次元電子ガス(2DEG)系から FET 構造のデバイスにおける巨大熱電効果のレビュー講演を行った。2DEG において巨大熱電能が現れることは理論的に予想されていたが、 SrTiO_3 で観察されるゼーベック係数はこの理論とよく一致することを確認している。また、アモルファス $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ をゲート絶縁体として用いることで良好な FET 特性が得られることを示したが、ゲート絶縁体の作製条件により、幾何学容量から見積もられるよりも 2 桁以上大きなチャネルコンダクタンスが得られることを見出し、これにより、極薄チャネル領域の 2DEG に起因すると考えられる巨大熱電能を観測した。奈良先端科学技術大学院大学の上沼氏らは、Pt 含有フェリチンを利用し、NiO 中に埋め込むことで抵抗変化メモリー(ReRAM)を作製することに成功した。作製した ReRAM はユニポーラ型の抵抗変化を示した。また、Pt を埋め込んでいない ReRAM デバイスとの比較により、繰り返し動作安定性が改善し、また、オフ状態の抵抗が減少した。

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会の特長の一つとなっている。今回は、広島県産業科学研究所所長である水野博之先生に「イノベーションと若き技術者たち」という題目で特別招待講演をいただいた。イノベーションとは社会を変革する新しいやり方であり、既存のものの新しき組み合わせ(Neue Kombinationen)が創造的破壊を起こすプロセスであるという内容の情熱的なお話があった。松下幸之助氏の二股ソケット発明に代表される印象に残るエピソードを多く含むご講演であり、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。千葉大学の高野氏らから「段差構造を利用した短チャンネル有機トランジスタの高速動作」と題して有機トランジスタの高速動作を目的とした短チャンネル化を実現するプロセス技術と電気特性に関して興味深い講演があった。続いて、九州大学の田中氏らから横方向溶融成長法による高移動度 Ge 単結晶の形成と石英基板上的方位制御に関して報告があり、制限時間ぎりぎりまで活発な議論が行われた。



ポスターセッション

ポスターセッションは、口頭講演者によるポスター討論を含めた73件の発表が研究会初日の16:00-18:00と2日目の13:20-15:20の2回に分けて行われた。各日のポスターセッションのはじめに各講演1.5分間、2ページ以内のPDFスライドを用いてのショートプレゼンテーションが行われた。講演者の皆様の協力もあり、両日ともトラブルもなく非常にスムーズに進行した。非常に短い講演時間ではあったが、殆どの講演で制限時間以内に要点が的確に述べられており、ポスターを用いての議論を行う上で十分



効果的なものであったと思われる。両日もショートプレゼンテーションに45分程度の時間が割かれたが、異分野の最新の研究概要を参加者が集中的に知る上で、講演時間として適切であったと思われる。ポスターの討論は、会議場の1、2階の2フロアを用いて行われ、例年同様各ポスター前では熱気にあふれた討論がなされた。セッション終了後も議論が続けられたポス

ターも多くみられたほどである。また、口頭講演者によるポスターにおいても、各所で活発な討論で行われており、より深い議論を行う上で有効であったと思われる。



ベストペーパーアワード

例年同様、チュートリアル講演、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 71件を対象に参加者の全員の無記名の投票によって、ベストペーパーアワードが選出された。今回選ばれたのは、以下の3講演(*印は講演者)である。

- ・横方向溶融成長法による高移動度 Ge 単結晶/透明絶縁基板の形成
田中貴規*、都甲薫、佐道泰造、宮尾正信（九州大学 大学院 システム情報科学府）
- ・超高効率 InGaP/InGaAs/Ge 薄膜三接合型太陽電池の温度特性解析
太田靖之、内田全紀、西岡賢祐*（宮崎大学 工学部）
- ・段差構造を利用した短チャネル有機トランジスタの高速動作
高野智輝^{1,*}、山内博¹、飯塚正明²、中村雅一¹、工藤一浩¹
（¹千葉大学 大学院工学研究科、²千葉大学 教育学部）

アワード選出のために参加者から多くの投票をいただき、それぞれ異なる分野からの受賞となった。参加者の皆様の本アワードに対する高い関心と各研究分野における高いアクティビティが感じられた。表彰式は閉会式において多く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7回無料参加券と記念品が授与された。本アワードにご協力頂いた参加者の皆様に深く感謝致します。

展示・広告

展示には 9 社が参加し、広告には 5 社から申し込んで頂いた。展示場所は、ポスターセッションが行なわれた清和館 1 階と 2 階であり、各社の展示位置は、展示品とポスター内容との関連もあるため展示業者の希望を聞いて決めた。ポスター同様、展示も比較的幅広いスペースであったこと、コーヒーサービス用のテーブルが近くにあったことなどで、休憩時間、ポスター時間、昼食時間などに多くの参加者が展示ブースを訪れ、展示業者の説明に熱心に聞き入っており、研究者・技術者と展示業者とのコミュニケーションがうまく行われていた。ある展示業者から「いままでこの研究会を知らず、今回初めてこの研究集会に参加させていただきました。参加者には私どもが扱っている装置関係で研究



されている方がおり、後でお声をかけていただくなど、非常に有意義でした。来年も是非参加させていただきます。」との声が聞かれた。休憩時間には、各社、3分間4枚スライドによる口頭発表の場（コマーシャルタイム）を設けた。展示業者にとってはよい宣伝機会であり、参加者にとっても各社の主要な情報が短時間に得られ、展示ブースへ足を運ぶきっかけとなった。休憩時間にも関わらず、多くの参加者が熱心に耳を傾けており、参加者、展示会社ともに有意義な時間と思われた。

なお、展示会社は、(株)堀場製作所、(株)アポロウェーブ、(株)シルバコ・ジャパン、(株)イー・エム・ディー、サイバネットシステム(株)、ベルテック、サンユー電子(株)、(株)エピテック、(有)デザインシステムの9社、広告は、(株)堀場製作所、(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)、三井造船(株)の5社から頂いた。各社各位にご協力を頂き、心より感謝致します。



会場隣の西本願寺にかかる虹。(11/2 午後)