

16. 非晶質・微結晶

東京工業大学 工学院 宮島晋介

「16.1 基礎物性・評価・プロセス・デバイス」では、分科会内招待講演 1 件、一般口頭 31 件の発表があり、種々の非晶質・微結晶系材料についての報告と討論が行われた。リン酸塩、ホウ酸塩、ケイ酸塩系ガラスなどに関し、ファイバー型電流センサー用ゼロ光弾性ガラスの開発と構造解析、多角的ガラス構造解析、低屈伏点ガラスの粘弾性解析、大気熔融による Ce^{3+} イオン含有紫外発光ガラスの開発、低熱膨張ガラスの長期間構造緩和測定などが報告され、ガラス構造と物性に関し深い議論が行われた。その他、優れた光学特性を示すポリシルセスキオキサン系の有機-無機ハイブリッドガラス、シリカガラスのフォトダークニングについてのガラス構造からのアプローチや共添加の効果、六方晶窒化ホウ素がアニーリング条件によって発光特性を著しく向上させることが報告された。酸化物ガラスに加え、カルコゲナイドガラス、シリコン系材料、酸化物半導体、アモルファス磁性微粒子およびスマート濡れシステムの多岐にわたる発表があった。特に分科内招待講演の熊本大からは、カルコゲナイド系相変化材料の構造について、X線異常散乱法の特徴と共に、最新の成果が紹介された。

「16.2 エナジーハーベスティング」では、口頭 4 件、ポスター 2 件の発表があった。Ag の pre-deposition 膜による Mg_2Sn 薄膜素子の熱電パワーファクターの増大、La-Ca-Cu-O 系スピン熱伝導性薄膜の構造調査と磁気秩序の制御、結晶 Al_2O_3 を含む透明かつ高熱伝導性ガラス複合材、そして、ハニカム電極への細菌捕捉とその微生物燃料電池への応用などがあった。様々な機能性材料の創成とそれによる熱輸送の方向制御や複数の機能を有するガラス、さらには自己組織化による高分子膜の製作など、多くのアイデアがエナジーハーベスティングに利用されようとしている。また、ソーラー熱光起電力発電の熱効率試算および $\text{SrO-TiO}_2\text{-SiO}_2$ 系ガラスによる第二高調波の発生のポスター発表があった。

「16.3 シリコン系太陽電池」では、分科会内招待講演 3 件、講演奨励賞受賞記念講演 1 件、一般口頭 49 件、ポスター 26 件の講演があり、結晶 Si の成長・評価、キャリア選択コンタクト材料、セル形成技術、薄型太陽電池、新概念、太陽電池モジュールの信頼性評価などについて広く報告があり、活発な議論が行われた。

結晶 Si については、澆液るつぼを用いた高ライフタイムと大口径結晶成長、スライスダメージ評価、n 型 Cz-Si の炭素濃度の酸素析出への影響、HPmc-Si の酸素析出核の結晶成長方向、顕微メスバウア分光による mc-Si 太陽電池の表面鉄汚染評価などの報告が行われた。新しい試みとして、PL 画像処理による mc-Si の転位発生源や伝搬状況の追跡についての報告があり、新しい欠陥の可視化技術として今後の進展が期待される。

キャリア選択コンタクトに関しては、 TiO_x 膜を用いたセルの評価、熱蒸着 MoO_x の仕事関

数評価、窒素ドーパ Cu₂O を用いたセル、CuI を用いたセル、微結晶材料を用いた TopCon 構造、PEDOT:PSS を用いたセルの検討などが報告され、様々な材料系について活発な議論が行われた。通常の Si ヘテロ接合太陽電池を超える効率は得られていないが、界面の検討や安定化など着実に進んでいる印象を受けた。

セル形成技術については、カネカより世界最高効率のバックコンタクト型ヘテロ接合太陽電池について招待講演があった。セル変換効率 26.6%およびモジュール変換効率 24.4%の達成が報告された。既存技術の最適化により、セル変換効率 27%の実現は可能であろうとの見通しが説明された。また、イオン注入法を用いた結晶シリコン太陽電池へのドーパント導入に関して複数の講演があった。イオン注入法は、従来法の熱拡散法に比べ制御性に優れパターニング技術と親和性が高いという利点を有している。装置コスト面で有利な非質量分離型イオン注入技術を用いた n 型 PERT (Passivated Emitter Rear Totally Diffused) 太陽電池において、従来型の熱拡散法と同等以上の発電性能が報告された。質量分離型イオン注入装置を用いて、上記と同様のバイフェイシャルセルや裏面側に楕歯状にパターン化されたドーピングを行うバックコンタクトセル開発についても報告があった。イオン注入により p 型 a-Si:H を n 型 a-Si:H に反転させて作製した Si ヘテロ接合太陽電池についての報告もあり、イオン注入法に関する検討が着実に進展している印象を受けた。バックコンタクトセルのプロセス技術においては、パターニング一回のみの簡易プロセスでも p+/n+界面のリーク無くバックコンタクト構造が得られることを示された。その他、LTEM を用いたバックコンタクトセルの内部電界・パッシベーション膜近傍の電界評価、Ag 代替 Cu 電極の形成技術、Cat-doping によるボロンドーピング、Rib 構造を有する薄型太陽電池、化学転写法により Si 基板上に形成されたシリコンナノクリスタル層のバンド構造などについての報告が行われた。

薄型太陽電池に関しては、京大よりフォトリソニック結晶を用いた新しい光閉じ込め技術について招待講演があり、薄膜 Si および薄型結晶 Si 太陽電池で従来の光閉じ込め技術の限界を超えるポテンシャルが示された。また、ヘテロ接合型太陽電池ではウェハ厚 60-300 μm の広い範囲で変換効率が維持されるとの報告があった。その他、薄膜 Si の高速製膜時のプラズマから基板への入熱の解析、パッシベーション用極薄 Si の欠陥評価、Si 基板にドット状に成長する Ge をマスクに用いた Si エッチングによる光閉じ込め構造、レーザーを用いたアモルファス Si の液相結晶化、大気圧プラズマジェット照射による大面積薄膜連続結晶成長、SiO₂ を電気化学的に還元する手法などに関する報告が行われた。シリコン太陽電池への薄型基板の適用に関しては、ハンドリングの問題もあり、どこまで薄くすべきかについての統一的な見解が得られていない。今後、より詳細な検討を期待したい。

また、結晶シリコン太陽電池の理論効率を超える新しいアイデアが求められている中、キャリアの取出し時間を考慮した非平衡モデルや太陽光励起レーザーを用いた結晶シリコン太陽電池についての報告がなされた。そのほか、結晶シリコン太陽電池と LED を組み合わせさせたトランジスタの開発について発表があった。

太陽電池モジュール評価については、産総研より両面受光型結晶 Si 太陽電池の評価手法や屋外設置モジュールの高精度性能評価、温度係数の取扱いに関する最新の状況について招待講演がなされた。高温高湿試験で劣化したセルと屋外での劣化モジュールについて、交流インピーダンス測定で同様の振る舞いが確認できることが示された。電圧誘起劣化(PID)については、散水による PID の促進、PID を起こした p 型結晶 Si 太陽電池モジュールで注入電流と EL 強度の線形性が保たれなくなる現象、セル電極間への電圧印加の p 型結晶 Si 太陽電池モジュールの PID および回復への影響が示された。

最後に、執筆に際しご協力を賜りました梶原浩一先生(首都大)、斎藤全先生(愛媛大)、篠崎健二様(産総研)、吉田憲充先生(岐阜大)、花村克悟先生(東工大)、大平圭介先生(北陸先端大)、齋均様(産総研)、白澤勝彦様(産総研)、高濱豪様(パナソニック(株))、松井卓矢様(産総研)に深く感謝致します。