

16. 非晶質・微結晶

首都大学東京大学院都市環境科学研究科 梶原浩一

「16.1 基礎物性・評価・プロセス・デバイス」では、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。

シリコン・カルコゲン系材料に関するセッションでは、シリコン系 3 件、カルコゲナイド系 4 件（うち 1 件は分科内招待講演）の発表が行われた。シリコン系では、電子状態計算（東大）、基礎吸収端特性とヘテロ接合の評価についての報告（日大）が行われた。カルコゲナイド系では、Se 薄膜のサブギャップ準位の熱処理効果（群馬大）、放射光によるアモルファス Ge-S の局所構造（CROSS ほか）、第一原理分子動力学法による GeTe/Sb₂Te₃ における GeTe 層の相変化過程（名大ほか）が報告された。角野先生（京都工繊大）によるカルコゲナイドガラスに関する招待講演では、赤外透過ガラスに関するこれまでの研究成果と機能性付与に関する今後の展望が紹介された。

酸化物・イオン性化合物系材料に関するセッションでは、シリカーケイ酸塩系 6 件、テルライト系 3 件、他酸化物系 4 件と窒化物 1 件の発表が行われた。数十 nm の微細パターンニングを可能とするナノプリンティング用 Ru 前駆体膜の粘弾性特性と構造（北陸先端大）を始め、短距離構造の異なる珪酸塩及びリン酸塩ガラスの低光弾性特性（愛媛大）、低融点高屈折率を示すモールド成形用光学ガラス（産総研、立命館大）、OH 含有・酸素欠乏シリカガラス間の OH 基拡散（福井大、東ソー・エスジーエム）、テルライト系非線形光学ガラス（東京工科大）についての報告が行われた。また、シリカ中の Yb 蛍光に対する Al や Mg の共添加効果（豊田工大）、結晶性シリカ中の酸素ダングリングボンド由来の発光（首都大）、Tb/Yb 共ドーパケイ酸塩結晶の発光と量子切断（名工大）についての報告が行われた。酸化亜鉛系では誘導放出の膜厚の影響（神戸大）とナノロッドの成長（名工大）について、窒化ホウ素では乱層構造化による残光発光（神戸大）についての報告が行われた。

「16.2 エナジーハーベスティング」では、5 件の発表と討論が行われた。充放電の不可逆容量を減少させるリン酸スズガラスとシリコンを用いたリチウムイオン電池負極（長岡技科大）では、シリコンが還元剤の役割を果たしていることを確認している。波長選択表面を用いた太陽熱光起電力発電システムの高効率化（東北大）では、中赤外域のふく射の抑制が重要であることを指摘している。潜熱蓄熱材としての二酸化バナジウム分散ガラス（東北大）では、相転移による吸熱が確認されガラスと組み合わせた加工性の優れた蓄熱材となることを指摘している。量子スピン系化合物における能動的熱流制御（東北大）では、光による熱キャリア制御の可能性、つまり熱伝導率制御性を指摘している。低光損失のための完全表面結晶化ガラスの非線形光学特性（東北大）では、熔融急冷合成・研磨・結晶化ピーク温度熱処理により光波制御に十分な非線形性を確認している。このように多方面からのアプローチが報告され、今後の進展は期待される。

「16.3 シリコン系太陽電池」では、結晶シリコン物性、結晶シリコンセル、太陽電池モジュールの信頼性評価、薄膜シリコン系太陽電池、ヘテロ接合太陽電池などについて広く発表が行われた。

シリコン結晶については、結晶中の不純物を中心とした発表が行われた。金属不純物については、機能性欠陥層を導入することによるトラップ効果や、多結晶シリコン中の不純物分布の観察結果について報告がなされた。また、軽元素に関しては、酸素析出が炭素濃度に影響を受けること、結晶成長条件により酸素析出物の形状が異なることなど、研究の進展が伺われた。撥液るつぼを用いた結晶成長では、従来法よりも性能の向上が見られたが、そのメカニズムについてはまだ十分明らかになっていないため、今後の研究の発展が望まれる。

結晶シリコン太陽電池に関する発表では、高い電圧と良好なコンタクト性の両立を目指したトンネル酸化膜パッシベーション技術に関し、**n** 型拡散型 6 インチセル裏面への適用で変換効率 21.9%を得た報告（三菱電機）や、Al 誘起成長法による **p** 型多結晶シリコン薄膜を利用した取り組み（名古屋大）が報告された。また、低コスト化に向けた銅ペースト電極の活用に関し、拡散防止とオーミック導電性の両立を目指した多機能性界面層（東北大、マテリアルコンセプト）や、青色レーザーを用いたコンタクト形成技術（東北大、島津製作所）も報告された。その他、ドーパント濃度や内部量子効率の空間分布を可視化するデバイス評価技術（東北大通研、産総研）についても報告があり、今後の低コスト高効率化に向けて更なる技術の進展が期待された。

新しい試みとして、低コストが期待される結晶 **Si/PEDOT:PSS** 太陽電池に関して、**Ba(OH)₂** を正孔ブロッキング層として挿入し **FF** を向上させ、また酸化膜をトンネルパッシベーション層として用いた裏面電極型で効率 10.6%を得た報告があった（埼玉大）。レーザー光による自動車への給電を想定した単色光電変換素子では、ショートパスフィルタの最適設計により、単純な反射防止膜に比べて入射角 45 度以下で優れた光吸収率を実証した（豊田中研）。

太陽電池の信頼性に関して多くの報告があった。屋外曝露モジュールに関する研究の進展が見られた（産総研、電中研）。光劣化が無いと予想される **n** 型モジュールにおいても、**PERC** 型では光照射による効率低減が確認された。一方 **p** 型モジュールでは、初期の光劣化後の、**regeneration** に対応する回復傾向も認められた。また、メガソーラーの高速発電量計測システムでは、いわゆるクラウドエッジ効果による短時間の発電量増大も検出できることが示された（佐賀大）。その他、紫外光照射がモジュール劣化に及ぼす影響や（デュボン、東レ）、水分侵入により発生した酢酸で **Ag** 電極が腐食したモジュールの交流インピーダンス法による詳細な解析例（産総研）なども示された。

電圧誘起劣化(**PID**)現象について原因の一つと考えられるモジュール中の酢酸濃度や **Na** の移動について、太陽電池モジュール内の酢酸濃度を非破壊で検出する手法の提案（農工大）や、**PID** 現象により太陽電池表面に移動した **Na** の分布状態分析（岐阜大）、**Na** 量とセル

特性との関係（産総研）について報告があった。一方、PID 現象による特性劣化が起こりにくいと考えられている n 型シリコン太陽電池に対して、屋外暴露での結果（産総研）や、研究室加速試験ではあるがいくつかの劣化フェーズがあることが示された（北陸先端大）。その他、ヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池の PID について、素子表面の透明導電膜の着色による起電流の低下（産総研）も報告され、太陽電池のタイプによって引き起こされる PID 現象の結果が様々であることが明らかとなった。PID は湿度によって劣化度合も変化し（石川県工業試験場、産総研）、セルエッジでの EL 発光との関係（岐阜大）など不明な点も多く、劣化メカニズム解明に向け、今後の研究の発展が望まれる。

薄膜 a-Si 太陽電池および Si ヘテロ接合太陽電池の評価、シミュレーションにかかる発表では、注目講演として a-Si:H 太陽電池の局在準位評価（産総研）があり、バルク、バンドテイル、バンドギャップが出力パラメータに与える影響と、製造時の成膜順、熱履歴の出力への影響が詳細にまとめられ、分野の大きな進展を示した。Si ヘテロ接合太陽電池について、Si ウェハ厚は 110 μm 程度の最適厚みがあることや、集光型太陽電池への応用には不利であることなどの報告があった。

表面パッシベーション・ヘテロ接合形成について新たなプロセス技術の提案と現象解析に関する報告（北陸先端大、東工大、阪大産研）がなされた。対向ターゲットスパッタ法を用いた n 型 c-Si への両面 i-a-Si:H パッシベーションにより 2 ms 以上の少数キャリア寿命が得られた結果（東工大）は、SiH₄ ガスを原料としない安全かつ簡便なシステムによる新たな製造プロセスへの適用有望性を示しており、今後のさらなる進展が期待される。

シリコン太陽電池の評価技術およびパッシベーション膜に関しては、レーザーテラヘルツエミッション顕微鏡を用いた評価に関して講演（SCREEN、阪大、産総研）があり、PID 後のモジュール解析やパッシベーション膜評価への応用が注目を集めた。また、AlO_x 膜中の電子トラップについて（名大、産総研）や SiNx/c-Si 界面の詳細な評価（明治大）、a-Si:H パッシベーション膜の高周波インピーダンス解析についての取り組み（明治大、豊田工大）などが報告された。

最後に、執筆に際しご協力を賜りました斎藤全先生（愛媛大）、早川知克先生（名工大）、北村直之様（産総研）、花村克悟先生（東工大）、新船幸二先生（兵庫県立大）、小出直城様（シャープ（株））、野毛宏先生（福島大）、大平圭介先生（北陸先端大）、田口幹朗様（パナソニック（株））、松木伸介先生（神奈川大）、宮島晋介先生（東工大）および執筆・原稿とりまとめにご協力を賜りました石河泰明先生（奈良先端大）に深く感謝致します。