

## 16. 非晶質・微結晶

産業技術総合研究所 松井 卓矢

「16. 1 基礎物性・評価」では、今回、エネルギー変換をテーマとして、2件の招待講演を企画した。1件目は東北大学・宮崎氏による熱電半導体セラミックスに関する講演で、基礎から応用（特に自動車の排熱利用）までレビューしていただいた。光電材料が主体である本分科では初となる講演内容であり、両分野の研究者が一堂に会する貴重な機会となった。もう1件は太陽光を励起源としたガラスファイバーのレーザー発振に関する招待講演（豊田中研・水野氏、豊田工大）で、Siのバンドギャップに近い波長（~1000 nm）でレーザー発振が確認され、太陽光発電への応用について画期的な提案があった。

ガラス材料に関して、 $\text{Sn}^{2+}$ を発光中心とするシンチレーション用ガラスの発光特性について報告があり、大面積放射線計測素子への応用が期待される（京大、東北大、名大）。また、シリカガラスにおける非弾性光散乱や比熱測定を用いた微細構造評価（東北大、NIMS：講演奨励賞受賞記念講演）は物理的アプローチとして興味深い。そのほか、現在のリチウム電池に代わりうるレアメタルフリーのナトリウム電池の正極活物質として、酸化物ガラスを熱処理して得られる結晶化ガラスが実用化の段階にきている（長岡技大）。

従来あまり報告がなされていない金属の酸化物・窒化物の表面および内部欠陥に起因する発光機構の評価について報告があった（神戸大）。メモリー材料に関しては、相変化材料のマークサイズを光の回折限界以下にするために、InSb層の熔融体の不透明性をマスクとして利用する方法が提案され、光学定数の測定を通じて実用材料としての可能性が示された（産総研 他）。また、近い将来予想されるビッグデータへの対策と、低電力で動作する素子の開発のために、既存の集積化技術を活用した相変化デバイスを試作し、その動作実証が行われた（LEAP）。SSDの一部を本メモリー素子で置き換えることが目標であり、今後の進展に期待したい。その他、太陽電池などへの応用が期待できるSnS薄膜のサブバンドギャップ（<1.3eV）吸収について報告があり、新材料の欠陥制御に進展があった（群馬大）。

「16. 2 プロセス技術・デバイス」では、SiやGe系合金、再結晶化、クラスレート、化合物半導体などの様々な薄膜形成プロセス・新材料開発について発表があり、応用としては赤外線センサーや太陽電池、TFTなど多岐にわたる。なかでも、ワイドギャップ $\alpha\text{-Si}_{1-x}\text{O}_x\text{:H}$ の成膜に関する報告は5件あり、作製方法はスパッター（東海大）とプラズマCVD（阪大、CREST）に別れるが、目的は太陽電池の高品質ワイドギャップ窓層の作製である。また、スパッターで形成したアモルファス $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$ 系薄膜ではアモルファスSiに匹敵する光導電率が報告され（岐阜大）、光電デバイスへの応用が期待できる。再結晶化プロセスに関して数件の発表があり、特筆すべきは広島大学グループからの発表である。基板に中空構造を加工したアモルファスSi膜をレーザー照射によって他のポーラスSi基板に

転写する技術が報告された。このとき、エピタキシャル成長した薄膜結晶 Si が形成されるとともに、これを転写基板からリフトオフできることから、結晶 Si フレキシブルデバイス (TFT や太陽電池) の実現も夢ではない。

「16.3 シリコン系太陽電池」のセッションは、a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池に関する招待講演 (カネカ・山本氏) からスタートした。この講演では Ag に替わる Cu 電極形成技術やバックコンタクト型ヘテロ接合太陽電池の開発状況について報告があり、6 インチウェハーの実用サイズでセル変換効率 22.6% が達成されている (2 週間後に開かれたドイツの国際会議で 23.5% まで改善した特性が披露された)。また、ヘテロ接合太陽電池に関しては、ヘテロ界面に a-Si<sub>1-x</sub>O<sub>x</sub>:H を適用した太陽電池 (東工大) や、水素プラズマ処理が接合界面特性に与える効果を実時間評価した結果 (岐阜大) について報告があった。このほか、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> や SiN<sub>x</sub>、SiO<sub>2</sub> など様々な材料を用いた結晶 Si のパッシベーションが提案され、高効率化に向けた界面制御技術に関する研究が活発である。

バルク Si 結晶成長の研究では、多くの発表が、この分野で今ホットなトピックスである「モノキャスト結晶」や「ソーラーグレード結晶」に関する内容であった。特にモノキャスト結晶に関しては、澆液法を用いた新規結晶成長 (明大、ユニオンマテリアル) や転位および残留歪みのシミュレーション (早大、明大、CREST) などの報告があった。そのほか、シリコンナノインクを用いたレーザードーピングにより、欠陥の少ないドーピング層が形成できることが報告され (帝人、ナノグラム)、注目を集めた。結晶 Si 太陽電池モジュールについては、封止材の EVA と外部から侵入する水蒸気との反応により発生する酢酸が特性劣化を引き起こすことを解明し (PVTEC、東レ、産総研)、太陽電池モジュールの信頼性評価に関する重要な知見が得られたと思う。

薄膜 Si 太陽電池では、光閉じ込めによる高効率化に関して、ハニカムテクスチャーのリソグラフィ形成 (産総研、PVTEC) やプラズモン効果の利用 (産総研)、ダブルテクスチャー構造 (東工大) を用いた太陽電池の開発について発表があった。特にリソグラフィを用いて基板に表面凹凸加工するアプローチでは、厚さ 3 ミクロンの微結晶 Si 太陽電池でも 100 ミクロン以上の厚さがある結晶 Si 太陽電池に匹敵する短絡電流密度 (>30 mA/cm<sup>2</sup>) が得られている。また、薄膜 Si プロセスの新たな展開として、「液体シリコン」を用いた非真空プロセスによるアモルファス Si 太陽電池の作製に関する報告 (北陸先端大、パナソニック、ERATO) に注目が集まり、実用化の可能性について活発な議論が交わされた。

最後に、執筆に際しご協力を賜りました、斎藤 全 (愛媛大)、高橋 儀宏 (東北大)、正井 博和 (京大)、本間 剛 (長岡技大)、藤原 巧 (東北大)、増田 淳 (産総研)、梅本 宏信 (静岡大)、石川 泰明 (奈良先端大)、杵掛 健太郎 (東北大)、宮島 晋介 (東工大)、藤原 裕之 (岐阜大)、松木 伸行 (岐阜大) の各氏に感謝いたします。