

15. 結晶工学

「15.1 バルク結晶成長」では、講演奨励賞受賞記念講演として、ニオブ酸リチウムのバルク単結晶育成に関する発表があった。MgO と欠陥の添加で化学量論組成と調和熔融組成を一致させることが可能となり、それに伴い SHG 特性が向上したことが報告された。フッ化物や酸化物シンチレータ結晶については、放射線特性と結晶性の相関に関する報告があり、結晶性がシンチレータの発光量やエネルギー分解能に与える影響の定量化に成功しており、世界的にも新規性のある研究として注目された。さらに、Ce 添加(Gd,Y)₃Al₅O₁₂ 結晶のシンチレータ特性に関する系統的な研究や、Al を添加した非線形光学結晶 CsLiB₆O₁₀ (CLBO) の育成と紫外光の発生特性に関する研究など、興味深い研究成果が数多く報告され、活発な議論が行われた。

「15.2 II-VI 族結晶」では、30~40 名の参加者が集い、光に関連した応用領域として、緑色レーザ、ナノワイヤやナノドット構造の作製・評価、ZnO 系透明導電膜、希薄磁性半導体に関して 14 件の発表がなされた。Be 添加した ZnSe 系活性層と超格子構造の p 型クラッド層により低閾値電流密度で純緑色レーザの室温連続発振に成功したとの注目すべき報告があった。駆動電圧や寿命に課題はあるものの今後の展開に大きな期待が寄せられる。中赤外領域の光素子用材料として期待される PbSnTe 系材料で作製した量子井戸構造の熱処理によるナノドット化や、透明導電材料 ZnO の金触媒によるナノロッド成長に関して結晶学的な研究成果の報告が行われた。また、ZnO 系透明導電膜の低温堆積による低抵抗膜の形成や GaN 系デバイスの p 型オーミックコンタクトへの応用についての興味深い報告があり、注目を集めた。

「15.3 III-V 族エピタキシャル結晶」では、講演件数が過去 5 年で最多 (80 件) であり、前回に引き続いて太陽電池関連の発表が増加した。量子ドット関連では、これまでの高均一化に加え、OCT 用の広帯域化や面内超格子の形成など、目的に応じて精密かつ自在に構造を制御する技術開発が進んだ。また、サイズ分布拡大のために、In フラッシュ法を利用する新しい取り組みも見られた。選択成長関連では、MOVPE を用いたマイクロチャネルエピタキシーやナノワイヤ成長などに加えて、MBE による検討も進んでおり、自然酸化膜を応用した選択成長のメカニズムなどが報告された。GaAsN や GaInNAs などの希薄窒化物では、窒素を等電子トラップとして利用する検討が進んだほか、新たに単原子層のみに窒素を導入してバンド構造を変える試みなども報告され、今後の進展が大いに期待される。

「15.4 III-V 族窒化物結晶」では、深紫外線 LED の新アプローチとして AlN/GaN 短周期超格子や電子線励起による AlGa_{1-x}N/AlN 量子井戸の利用、また、太陽電池の光吸収層に In_xGa_{1-x}N/In_yGa_{1-y}N 超格子などデバイス特性向上に向けて超格子構造を導入する動きが印象的であった。バルク結晶では、Ga₂O を用いた高温領域で高速成長が期待できる GaN 結晶成長法、薄膜成長では、高 In 組成 InGa_{1-x}N と酸窒化物など低バンドギャップ薄膜やサファイア基板上非極性面、半極性面の薄膜成長技術の一般化に向けた検討、評価では AlGa_{1-x}N 薄膜のラマン分光の有用性(E₂(high)モード)、発光機構(励起子分子)など新しい展開と着実な進歩を示す報告と活発な議論がなされた。

「15.5 族結晶、 - 族混晶」では、GOI (SGOI) 基板開発に関して、SiGe ミキシング誘起溶融成長法、急速加熱液相エピタキシャル成長法など、液相成長を駆使した GOI (SGOI) 形

成手法が数件報告され、注目を集めた。加えて、イオン注入を用いた歪み制御、スパッタを用いた Si/Ge 膜成長、SiGeSn への不純物ドーピングなどに関する報告があり、各手法が着実に進展していることが伺えた。また、(111)、(110)面方位の SiGe、歪み Si 形成、張り合わせ手法の報告も目立ち、従来の(100)面とは異なる、結晶成長、歪み緩和機構、転位構造などが解明されつつあり、今後の発展に期待が持てる。

「15.6 族系化合物」は、SiC のバルク・エピ膜成長、酸化膜・界面、及び評価技術といった基盤技術に関する講演が多数を占めた。結晶成長では、CVD 法に加え、溶液法を用いた高速・厚膜成長に関する講演が行われた。溶液法においては、原料供給の工夫などの着実な進歩が伺えたが、技術的には課題もあり、今後の進展に期待したい。酸化膜・界面では、信頼性に関する講演の増加が見られ、表面欠陥やステップバンチング、スクラッチといった平坦性の乱れと酸化膜の信頼性低下の関係が議論された。また、酸化メカニズム、炭素注入や酸化による深い準位の低減化のメカニズムに関する報告もなされ、今後、C、Si、O 原子の酸化膜界面での反応や SiC 中への拡散メカニズムを理解することで、界面制御技術の確立へ結びつくものと期待される。

「15.7 エピタキシーの基礎」は、今回、ショートプレゼンテーション付きポスターセッションの形式で行われた。講演数は 12 件で、まだ増加の余地があるものの、その内容は、ナノ構造を含む III-V 族、High-k 膜、ITO 薄膜、CN 薄膜など、材料系という点からも、また、成長法の点からも多彩であり、総じて、新鮮な切り口からの研究成果が発表されていた。ナノワイヤの成長 4 件は、いずれも理論的研究であり、第一原理計算に基づく原子レベルでの成長機構やバンド構造が議論された。今後、これらと比較した議論ができるような、原子レベルでの解析を可能にする実験手法の発展が望まれる。自己形成量子ドットの発表では、その場 X 線回折や、量子ドットの二次元分布を統計数学的に取り扱う方法など、興味深い発表がみられた。

「15.8 結晶評価，ナノ不純物・結晶欠陥」では、11 件の報告があった。今回は、結晶工学分科内招待講演として、「Si におけるドナー・アクセプタ対発光の微細構造」と題した講演が行われた。Si 中におけるドナー・アクセプタ対発光を初めて観測したもので、今後の太陽電池材料用の Si 結晶の評価にも役立つ重要な成果であった。また、一般講演では、Si 結晶に関するものが 7 件と大多数を占め、Si 結晶中の点欠陥、軽元素、重金属不純物に関する発表が行われた。点欠陥の評価法の開発、接合界面のらせん欠陥に関する理論計算、PL 法を用いた炭素濃度定量に関しては着実な進展がみられた。Si 以外の材料としては、Si に替わる次世代材料として注目されている Ge に関する報告が 2 件あり、今後の発表件数の増加が期待される。参加人数は 80 名に達し、最後まで活発な議論が行われた。