



## 40 年目の半導体超格子

「応用物理」編集委員会

1970 年に江崎と Tsu により、半導体超格子の提案論文が発表されてから 40 年が経ちました。本号の小特集では、その 40 年を経過した半導体超格子および関連するヘテロ構造の研究について、最近の進展を中心に紹介いたします。

半導体超格子とは、厚さ数ナノメートルの半導体超薄膜を周期的に積層させた構造を指します。積層する半導体薄膜の性質を制御し、ドブロイ波長程度の周期で電子の感じるポテンシャルを変調させた結果、量子力学的効果により積層方向に沿った電子の運動に変化が現れます。江崎と Tsu の論文では、ミニバンド・ミニギャップの形成という新しい現象や微分負性抵抗効果、さらにはプロッホ振動のようなバルク材料では観測不可能な効果が予言されています。論文が投稿された当時は、数ナノメートルの精度で高品質な半導体薄膜を堆積する技術が未熟であり、また、論文自身も「たいへん投機的、空想的」で物理現象としては「理解されていることばかり」という理由のため採択拒否にあい（「超格子ヘテロ構造デバイス」（工業調査会）より）、結局は IBM の研究開発報告誌に掲載されたという逸話が残っています。

しかし、その後の結晶成長技術の発展とともに、特にヘテロ構造を利用した超格子において、膜に垂直な方向の伝導特性の研究や光学的性質の理解、薄膜と平行方向の電気伝導現象の探索へと展開していきました。そしてこれら初期の研究は、材料科学・物理・デバイス応用という幅広い分野を巻き込んだ研究へとさらに大きく発展し、プロッホ振動や共鳴トンネル効果のほか、サブバンド間遷移やワニエ-シュタルク階段などの物理現象が実験的に発掘されました。そして現在、量子井戸レーザーや二次元電子ガスを用いたヘテロ構造トランジスタなど、われわれの身の周りの光・電子デバイスの実現には、半導体超格子に関する研究から派生した技術が大きく寄与しています。同時にバンドギャップエンジニアリングに代表されるように、半導体材料の性質を自在に制御する技術は、量子カスケードレーザーなどの新しいデバイス開発や、太陽電池の高効率化への利用など、さまざまな分野への応用が期待されます。

本小特集をお読みになる多くの会員の皆様がこれまでの半導体超格子の歩みおよび最近の進展についての知見を深めるとともに、関連する分野が今後ますます発展し新しい展開を起こすための一助になれば幸いです。

◆編集委員：本久順一・早瀬潤子・永津雅章・納富昭宏