

ナノシリコン材料の発光物性

群馬大学 大学院理工学府 電子情報部門, 中村 俊博

シリコンは、最も代表的な半導体で、現在のエレクトロニクス産業に必要不可欠な基盤材料である。しかし、この半導体は良好な電子材料ではあるが、間接遷移型半導体としての性質のため発光材料へと応用することは難しいと考えられてきた。しかし、1990年の多孔質化したナノシリコンからの量子サイズ効果に起因した可視発光の報告以来、シリコンの発光材料への応用にむけた研究が活発に進められている。講演者はこれまで、多孔質ナノシリコンに対する発光特性の改善や金属材料との複合化による多機能化等に関する研究、石英薄膜中に分散したナノシリコンの発光機能の制御などに関する研究を進めてきた。本講演では、ナノシリコン材料の発光物性に関するこれら一連の研究の最新結果を紹介する。

ナノシリコン材料の代表的な作製方法のひとつに、シリコン結晶の陽極化成を始めとした化学エッチング法がある。この方法は、簡便に作製可能で比較的高効率（発光量子効率 ~3%）な赤色発光を呈する試料が得られることから、多数の研究報告例があり、実際に発光ダイオードなどの発光デバイスも試作されている。一方、青色発光を示すナノシリコン材料の作製は、化学合成法によるボトムアップ手法が主流である。最近、講演者は、多孔質シリコンを作製する化学エッチング法と液中レーザーアブレーション法を組み合わせたトップダウン手法によって、高効率（~15%）に青色発光するナノシリコン結晶コロイドを、高い生成収量で作製できることを示した。この高生成収量は、多孔質シリコンのナノ構造に起因する低熱伝導性と大表面積に起因すると考えられる。また、発光特性の詳細な解析から、青色発光の起源がナノシリコン結晶内の励起子のバンド端からの直接遷移的な再結合に起因することを明らかにした。

半導体材料は、不純物ドーピングにより電氣的及び光学的特性を制御できる。一方、半導体ナノ材料における不純物ドーピングは、量子サイズ効果に起因するナノ材料固有の特性をさらに顕著化する手法として興味を持たれている。しかし、ナノ材料内への精密なドーピングやドーピング量の制御、ドーピング後の基礎物性に関する知見の集積など、課題は多い。講演者は、石英薄膜中に分散させたナノシリコン結晶内に、イオン注入法を用いてリン(P)、ホウ素(B)のドーピングを行い、その発光物性について詳細に調べた。その結果、P、Bイオンの共添加により、ナノシリコン結晶のバンド内に形成されるドナー・アクセプター対からの赤外発光を観測し、ドーピング量に依存して、発光エネルギーがシフトすることを示した。さらに、発光エネルギーの詳細な解析から、ドナー・アクセプター準位はナノ結晶のサイズに依存しないことを明らかにした。