

|||||  
 卷 頭 言  
 |||||

## ナノ技術と創造性



榊 裕 之

Si MOSFET の伝導層や GaAs 量子井戸など超薄膜構造では電子が量子力学的閉じ込めを受け、その運動は2次元面内に限定される。この事実は、1970年の前後5年間の一連の研究で明らかにされた。これら2次元電子系の研究は、以後大きな発展を遂げ、物理学と電子工学に多大の影響を及ぼしている。たとえば、量子ホール効果の発見や超格子構造におけるブロッホ振動の予測と検証などの物理学上の成果に加え、量子井戸構造を用いた高性能レーザーや高速FET、量子準位を活用した共鳴トンネル素子や赤外検出器など高性能素子が誕生してきており、新しい学術領域を創り出す役割りを果たしている。

この新分野の研究が顕著な発展を示した背景には、厚さが10nm程の超薄膜構造の形成技術があり、その基盤には材料科学の長年の蓄積がある。たとえば、MOS構造に関しては、Shockleyらの初期の失敗を含め、Si結晶の育成と酸化膜の形成に関する数十年の技術開発の歴史があり、量子井戸や超格子についても、60年代のGaAs清浄表面と分子線の相互作用の研究に始まる分子線エピタキシー(MBE)技術の開発努力がある。

さて、電子の量子力学的な性質を制御し、これを活用する研究は、超薄膜構造を用いて発展してきたが、最近では量子細線や量子箱構造を用いて、閉じ込めの次元を高める試みが活発化しつつある。特に横幅0.1 $\mu\text{m}$ オーダーの細線は、LSI関連で開発された電子線リソグラフィ技術が利用できたため試作が進み、電子運動の1次元性に伴う伝導率の量子化や電子波の干渉など興味深い現象が、極低温でつぎつぎと見出され、物理学の新分野を作りつつある。さらに、量子細線や量子箱の寸法を10nm程にすると電子運動の1次元性や零次元性が高温でも維持されるため、きわめて新しい物性やデバイス機能が室温でも実現できる可能性がある。このことは筆者らが早くから指摘し、多くの創造的提案を誘発してきた。しかしナノ寸法の細線や箱構造の形成がきわめて困難であったため、研究は長い間理論的な段階に留まっていた。

近年この状況は大きな変化を示しつつある。特に、選択的なエピタキシー技術の顕著な進展で、10nm程の寸法の細線構造の試作がなされ、その特異な物性が現実に調べられるようになってきた。また、STMやAFMを基盤とする超微細加工も独特な展開を見せている。こうしたナノ技術が進めば、所望の形状の所望の物質を創成する技術に発展する可能性がある。ただし、超薄膜技術の発展経過に示されるように、こうした極限的な技術開発には、ナノ領域での物質に関する地道な研究を着実に進めてゆくことが重要であろう。

(東京大学先端科学技術研究センター)