

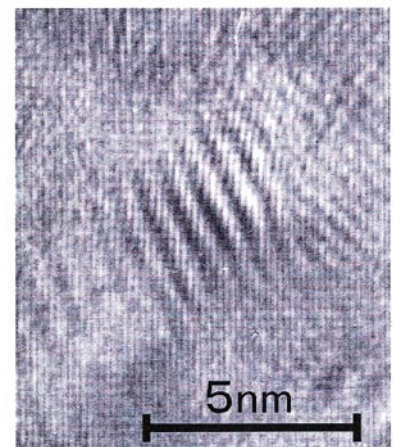
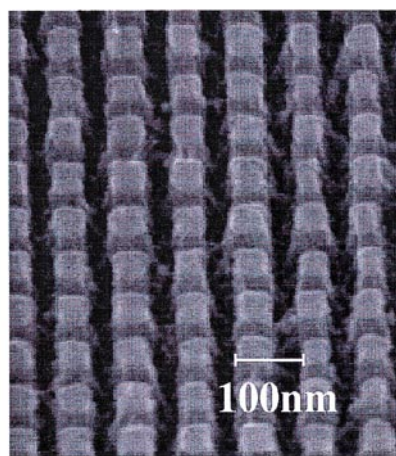
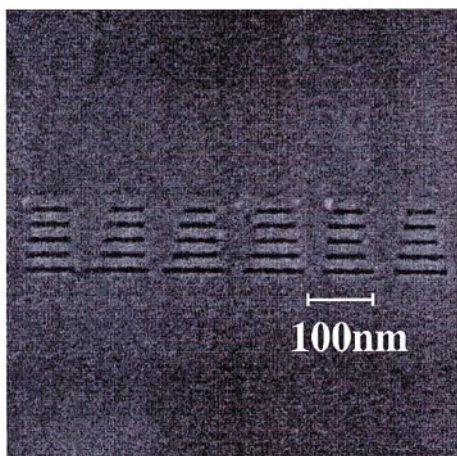
Super-Heterostructures for Photonics Materials

超ヘテロ構造によるフォトンクス材料の探索

プロジェクトリーダー 荒井 滋 久

東京工業大学

量子効果エレクトロニクスセンター 教授



1. 研究の目的

光通信による高速で大容量の情報通信、光ディスクによる大容量の情報記録など、次世代のマルチメディア社会を支えるオプトエレクトロニクスの重要性は21世紀に向けてますます大きくなりつつあります。これらの先端技術を支える半導体材料はその発見から現在に至るまでのめざましい技術開発によって驚異的な発展を遂げてきました。しかし、これからますますの発展が期待される21世紀を前に、既存の材料が持つ固有の物性で決まってしまう限界が見え始めています。それを克服する1つの方向として、材料の極微細化による新しい機能の開拓研究が行われていますが、材料固有の物性を克服するほど新しい局面を開くまでにはいたっていません。この困難を克服し、次の世代に向けた新しいエレクトロニクス材料技術を生み出すには、ナノ構造の高精度形成法の確立に加えて、半導体ばかりでなく、金属・絶縁体といった幅広い材料にまで視野を広げた新しいナノ構造形成技術の開拓が必要です。そこで、本研究プロジェクトでは、原子・分子間の化学的・物理的相互作用をナノスケールで制御する基本原理の探求によって、次世代フォトンクス材料としての金属・絶縁体、および半導体をも包含する異種材料間の人工ナノ結晶（超ヘテロ構造）形成技術を新たに創り出すこと、および、その光学的・電気的な新しい機能発現に関する学問の基礎を確立することを目的として研究を行っています。これらの研究から、究極的な性能を持ったレーザ、光増幅器、テラヘルツ領域の超高周波発振器、超短波紫外線レーザ等に関して、学術上のみならず産業上からも社会的に大きなインパクトを与える成果が生みだされる可能性があります。



2. 研究の内容

(1) 金属・絶縁体・半導体超ヘテロナノ構造の創成

これから開拓するまったく新しい材料と、これまで広く使われてきた材料の両方の長を同時に生かすことを可能とするため、本研究では、VLSIなどの基板として現在不動の地位を築いているシリコンを基板として使用しています。その基板上に、絶縁体および金属材料を、原子数個レベルの厚さで基板上に交互に薄膜形成する方法や、ナノメートルサイズの微結晶として形成する方法を探索しています。さらに、作成された新しい人工結晶の光と電子に関する基礎的物性を理論・実験両面から調べています。物質の純度や結晶成長過程を究極的に人工制御するため、不要な原子が存在しない超高真空中にて所望の分子・原子の結晶構築過程を制御する方法を採用しています。試料は原子間力顕微鏡や走査トンネル顕微鏡といった原子の大きさをも観察が可能な観察装置を用いて評価を行い、さらに光励起発光や電流を流した際の発光の様子等を調べることで、原子レベルの結晶成長とその新光物性の発現と制御を実現する研究を推進しています。

(2) ナノ構造の高精度形成法の確立

まったく新しい材料を開拓し、なおかつ、これまでに無いナノメートルサイズの微細な構造を構築することが本研究の大目標ですが、その微細構造形成技術のみに注目しても、極めて高度な最先端技術が要求され、既存の材料を用いてさえ、未だ開発の途上にある技術といえます。また、極微細加工の際に現れる界面などで起こる現象には未知の部分も多く含まれており、微細構造形成独自の問題の研究が別途必要です。本研究では物性が比較的良く調べられており、光エレクトロニクス材料として広く使用されているInP系半導体材料を対象として、世界屈指の性能を有する超高分解能の電子ビーム描画装置を駆使したナノメートルサイズの極微細構造形成技術、および、結晶の自己組織化の性質を利用した極微構造形成技術を探索しています。この技術は、本研究が目標とする超ヘテロ構造に適用可能であるのみならず、既存の半導体レーザや光スイッチの著しい性能向上にも寄与するものと期待されています。

(3) 超ヘテロナノ構造のフォトンクス材料としての基礎機能の評価

上記技術を用いて作製された超ヘテロナノ構造の基礎物性(誘電率・屈折率・バンド構造・磁性等)を、測定・理論両面から明らかにします。また、電子の波動性にもとづく共鳴トンネル効果や、電子波と光の相互作用であるフォトンアシストネリングなど、超ヘテロナノ構造において顕著に現れると期待される現象の観測を行うことで、将来の実用素子応用を見据えた新材料の光機能材料としての物性評価を行います。さらに、材料に関して得られた知見をもとに、新しい光エレクトロニクス素子の提案をも視野に含んでいます。

3. 研究の体制等

期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、他、研究協力者3名。

実施場所：東京工業大学・量子効果エレクトロニクス研究センター、工学部・電気電子工学科、総合理工学研究科、および金沢大学・工学部と共同で研究を推進しています。実験装置に関しては主要装置が東京工業大学・超高速エレクトロニクス研究棟に設置されています。

