

## 量子ドットを利用した次世代 フォトニクス基礎からデバイス開発

神戸大学 大学院工学研究科 教授

**喜多 隆**

(お問い合わせ先) E-MAIL : kita@eedept.kobe-u.ac.jp



### 研究の背景

半導体のサイズが数十ナノメートル以下まで小さくなると電子・正孔の運動の自由度が制限されるため、特定の波長で高効率に発光させたり、高い非線形性を実現することができます。私たちは、分子線エピタキシー技術を駆使して、2次元の量子井戸、1次元の量子細線、0次元の量子ドットを作製し、これまでにない全く新しい機能の発現を目指しています。

特に量子ドットは自己形成によって“自然”に形成できる未来的なアプローチです。例えば、化合物半導体のInAsをGaAs基板に供給すると、歪エネルギーと表面エネルギーのバランスによって、数nmサイズのInAs量子ドットが高密度に(1mm角あたり数百個)自己形成します。このような量子ドットを利用すると、偏波に依存しない光アンプ、広帯域光源、新概念の超高変換効率太陽電池など、これまでにないデバイスを実現することが可能になります。

### 研究の成果

自己形成量子ドットは、歪エネルギーを利用することで量子ドット構造の制御性を高めることができます。私たちは、InAs/GaAs量子ドットのGaAsキャップ成長時の温度によってInAsの偏析を高精度に制御できることを発見し、光通信波長帯で発光波長を広帯域に制御する技術を開発しました。また、歪エネルギーを成長方向に伝搬させることで量子ドットの多層積層(図1)を実現し、ドットの量子閉じ込め次元を連続的に変化させることに成功しました。これによって、偏波に依存しない光アンプを開発することができました。

また最近では、量子ドットによって実現する高いバンド内遷移を介した2光子吸収を原理とする、新しい概念の太陽電池の研究を進めています。量子ドットをヘテロ界面近傍に挿入して、本来なら透過するバンドギャップ以下のエネルギーの光子を多段に吸収して発電する新しい太陽電池構造を提案し(図2)、変換効率が最大で

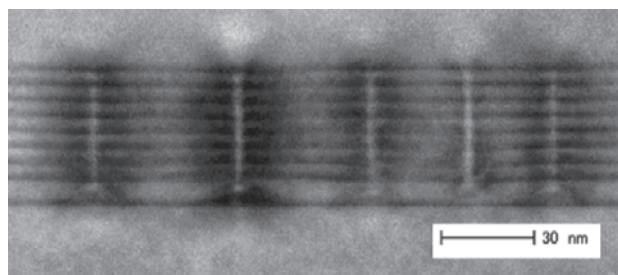


図1 InAs/GaAs量子ドット多層積層構造

63%となる理論予測結果を示すとともに、この太陽電池のユニークな効果である2光子による出力電圧の昇圧の実証実験にも世界で初めて成功しました。

### 今後の展望

今後は、これまで開発してきた量子ドットの応答波長制御と多層化による光学遷移特性制御技術を融合して、光通信やセンサーで多くの応用が期待される近赤外域において光応答を精密に制御する技術の構築を目指します。これによって、未踏の1μm帯光通信波長帯域を開拓するとともに、広帯域動作する偏波無依存光アンプや200nm以上のスペクトル広がりを持つ広帯域光源などを開発し、さらに超高効率太陽電池セルなど魅力ある新規デバイスを実現できると期待しています。

### 関連する科研費

2012-2014年度 基盤研究(B)「光利得を増強した積層量子ドットによる高機能偏波無依存光アンプの実現」

2015-2016年度 挑戦的萌芽研究「ミニバンド制御した量子ドット超格子による中間バンド型太陽電池動作の顕在化」

2016-2018年度 基盤研究(B)「未踏光周波数帯域を開拓する広帯域偏波無依存光アンプ基盤技術の構築」

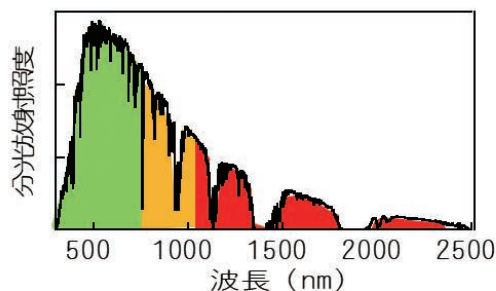
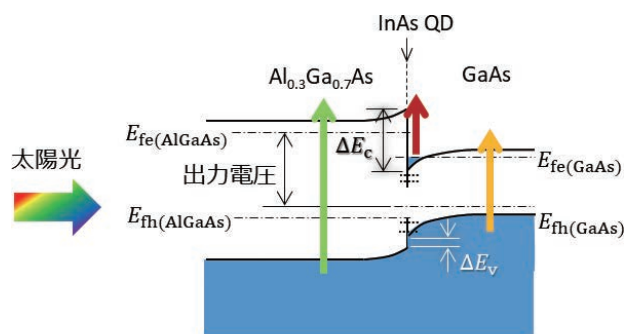


図2 量子ドットを利用したフォトンアップコンバージョン太陽電池