



## 量子ドットを利用し、従来型の発電効率を大幅に上回る太陽電池の試作に成功

筑波大学大学院数理物質科学研究科准教授 岡田 至崇

### 【研究の背景】

環境・エネルギー問題の高まりとともに、近年、従来型のシリコン太陽電池の発電効率を上回る次世代型太陽電池の研究開発が注目されています。

ナノメートルサイズの半導体である量子ドットを三次元的にきれいに配列させた人工結晶を用いると、発電効率50%（シリコンの2倍）以上の高効率な太陽電池が実現できる可能性があります。しかし、量子ドットの自己組織化結晶成長の過程において、量子ドット材料の格子定数が基板より大きい場合、結晶内にひずみが蓄積して結晶欠陥が発生することから、高品質な三次元結晶を作製することは困難でした。

### 【研究の成果】

私たちは、新たに量子ドットを数十層にわたって均一に積層させるための技術（ひずみ補償成長法）を開発しました。ひずみ補償成長法とは、量子ドットを埋め込む中間層と呼ばれる薄い層のところで量子ドットとは逆向きの応力を発生させ、1周期毎に平均のひずみ量を一旦ゼロに戻してから多層化を実現するものです。

この手法により今回開発した量子ドット太陽電池（図1）は、InAs量子ドットを20nm厚のGaNaNs中間層で埋め込んだ構造ですが、サイズの均一性に優れた量子ドットが形成され、転位などの結晶欠陥も発生していません（図2）。こうして、高品質で高密度の三次元量子ドット結晶を作製することに成功しました。また、その出力電流密度と発電効率は21.2mA/cm<sup>2</sup>、8.5%（10層積層）、及び19.0mA/cm<sup>2</sup>、5.5%（20層積層）であり、世界トップレベルの数値が得られました（図3）。

### 【今後の展望】

今後、高効率太陽電池の実現には、量子ドットの三次元超格子化、高密度化、微小化、サイズ揺らぎの低減などの改善を要しますが、この手法による量子ドット結晶作製技術の有用性を示すことができ、前進したと考えています。一方、結晶成長過程の解明とその制御に関する基礎研究も大変興味深く、大きなチャレンジに胸が躍る思いです。

（一例）

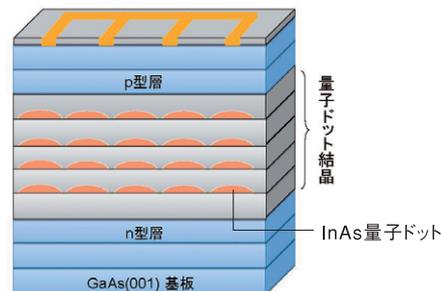


図1 半導体量子ドット太陽電池の構造図

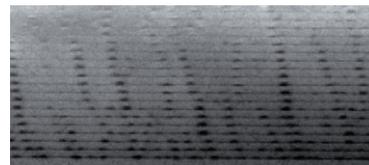


図2 ひずみ補償法を用いて作製した自己組織化量子ドット結晶の電子顕微鏡写真（黒く見える部分がInAs量子ドットで直径が約39nm、高さ5nm）

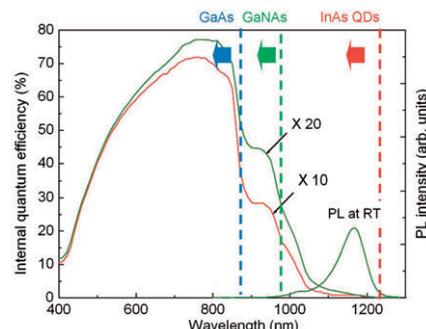


図3 10層（×10）、及び20層（×20）積層させた量子ドット太陽電池において観測された光電変換効率の入射光エネルギー依存性（広い太陽光スペクトルにおいて、各エネルギーの入射光がどの程度の効率で電気に変換されるかを示している。このデータから出力電流を見積もることができ、高い変換効率を得られた）

### 【交付した科研費】

平成17-19年度 基盤研究(B)「希釈窒化物混晶半導体量子ドットの自己形成過程とその制御」