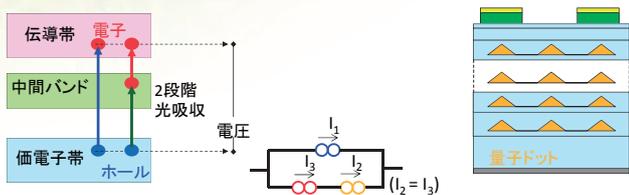


中間バンド型量子ドット太陽電池の開発

太野垣健、菅谷武芳
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 先進多接合デバイスチーム

研究の目的

中間バンド型太陽電池は、1) 大きな光電流生成、2) 高い出力電圧、3) 光スペクトル変動に堅牢、という特性が期待される新概念太陽電池である。^{1), 2)} 本研究の目的は、量子ドットを用いて中間バンド型太陽電池の動作原理を検証することである。



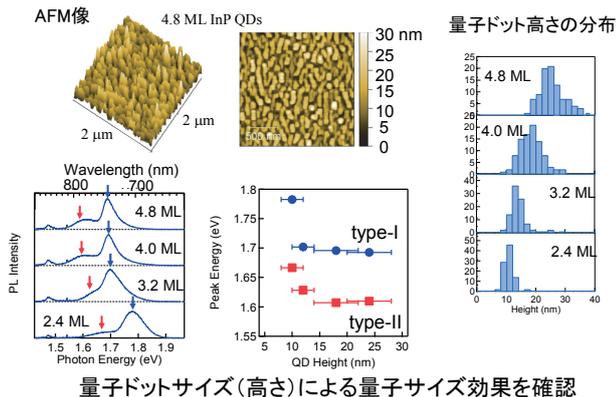
実験

ワイドギャップ半導体InGaP中にInP量子ドットを導入したInP/InGaP量子ドットを作製し、その基礎光学特性を検証した。

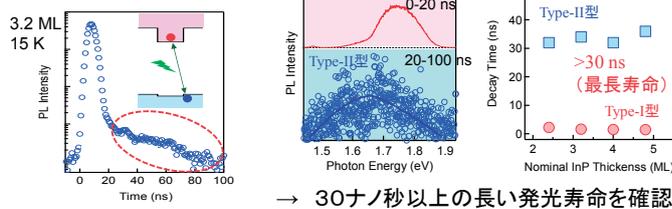
1. 固体ソースMBE装置を用いて試料を作製した。
成長温度: 480°C
成長レート: InGaP: 1.0 μm/h, InP: 0.006 ML/s; 2.4, 3.2, 4.0, 4.8 ML
2. 時間分解発光スペクトルとその試料温度依存性を調べた。
励起光源: ピコ秒パルスGaNレーザー (405 nm)
検出器: CCD、ストリークカメラ (浜松ホトニクス)

結果

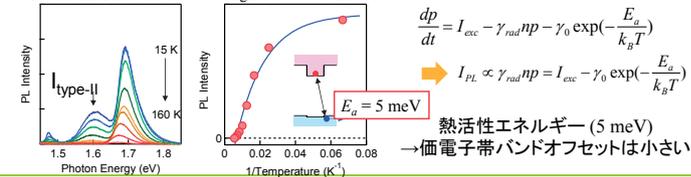
1. 発光スペクトルと量子サイズ効果



2. 時間分解発光スペクトル



3. 試料温度依存性

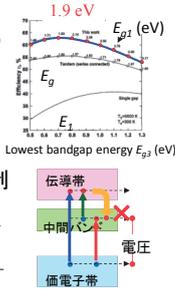


量子ドットサイズ(高さ)による量子サイズ効果を確認

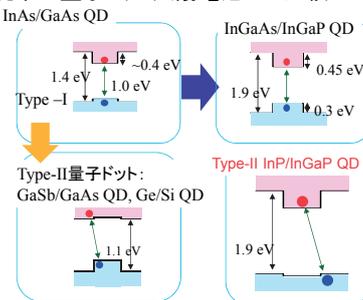
考察

中間バンド型量子ドット太陽電池の課題

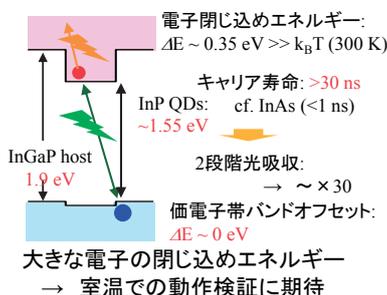
1. スペクトルマッチ³⁾
→ワイドギャップ半導体ホスト導入⁴⁾
 2. 2段階光吸収過程の高効率化
→キャリアの長寿命化
 3. 電圧降下⁵⁾
→量子ドットへのキャリア補緩和抑制
- 電荷分離型 (Type-I) 量子ドット



従来の量子ドット太陽電池との比較



まとめ: バンドオフセットについて⁶⁾



結論

1. ワイドギャップ半導体InGaP中に電荷分離型InP量子ドットを導入したInP/InGaP量子ドット太陽電池を提案した
2. InP量子ドット中のキャリア寿命が30ナノ秒以上であり、従来のInAs量子ドットに比較して長いキャリア寿命を示す電荷分離型量子ドットであることを検証した
3. InP/InGaP量子ドットについてバンドオフセットを調べ、価電子帯のバンドオフセットが小さいため、中間バンド型太陽電池に適したエネルギー構造を持つ量子ドットであることを検証した

参考文献

1. 岡田至崇, 量子ドット太陽電池—「変換効率50%以上」を目指す、革新的太陽電池技術, 工業調査会, (2010).
2. 太野垣健, 中間バンド型量子ドット太陽電池の開発, 「太陽光と光電変換機能」(シーエムシー出版), 292-298 (2016).
3. A. Luque and A. Marti, Phys. Rev. Lett. 78, 5014 (1997).
4. T. Sugaya, A. Takeda, R. Oshima, K. Matsubara, S. Niki, and Y. Okano, Appl. Phys. Lett. 101, 133110 (2012).
5. T. Tayagaki, Y. Hoshi, and N. Usami, Sci. Rep. 3, 2703 (2013).
6. T. Tayagaki and T. Sugaya, Appl. Phys. Lett. 108, 153901 (2016).