

AlGaAs 窓層導入による InGaAs/GaAs ナノワイヤ量子ドット太陽電池の変換効率改善

Improvement of energy conversion efficiency of InGaAs/GaAs nanowire-quantum-dot solar cells via introduction of AlGaAs/GaAs core/shell structures

東大ナノ量子機構¹, 東大生研²

◦館林 潤¹, 田辺 克明¹, 西岡 政雄², 岩本 敏^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,2}

NanoQUINE¹ and IIS², the Univ. of Tokyo

◦J. Tatebayashi¹, K. Tanabe¹, M. Nishioka,² S. Iwamoto^{1,2}, and Y. Arakawa^{1,2}

E-mail: tatebaya@iis.u-tokyo.ac.jp

量子ドットの離散的な量子準位[1]を利用した超高効率中間準位型太陽電池[2]実現に向け、近年ナノワイヤ量子ドット[3]が注目を集めている。直径の細いナノワイヤは軸方向に異種材料を層成長するだけで量子ドット形成が可能であるため材料間の格子定数差に起因する歪みも軽減できるため量子ドットの高品質化・高密度化に有利であり[4]、ナノワイヤの構造に起因する光トラップ効果も相俟って太陽電池の大幅な高効率化が期待される。我々はこれまでに既存の化合物系太陽電池技術と整合性がある GaAs 基板上で In(Ga)As 量子ドットをナノワイヤ中に形成する技術を確認し[3]、200 層まで発光強度を損なわない高均一性積層量子ドットを作製する技術を確認する一方[5,6]、世界に先駆けナノワイヤ量子ドット太陽電池構造を試作しその動作実証を行った[7]。しかしながら我々が注目する GaAs 系材料は高い表面再結合速度を持ち、表面对体積比の大きいナノワイヤ太陽電池では表面準位の影響が無視できないため開放電圧や短絡電流等デバイス性能の劣化が避けられない。今回、表面準位を低減する手段として AlGaAs 窓層をコアシェル構造として導入しナノワイヤ量子ドット太陽電池のデバイス特性の改善を図ったのでこれを報告する。

本研究では n 型 GaAs(111)B 基板上に 10nm 厚の SiO₂ を成膜し EB 描画及び酸化膜エッチングにより円状パターン (直径 45nm・間隔 250nm、密度 $1.6 \times 10^9/\text{cm}^2$ 、セル面積 1mm 角) を形成した。MOCVD 選択成長法により n 型 GaAs コア、60 層 In_{0.22}Ga_{0.78}As/GaAs ナノワイヤ積層量子ドット及び p 型 GaAs シェルを成長した後、AlGaAs 窓層 (10nm) をコアシェル構造として導入後酸化防止のため薄い p⁺-GaAs 層 (10nm) で終端した。ナノワイヤの直径及び高さはそれぞれ 140nm 及び 1.1 μm である。ナノワイヤ成長後ベンゾシクロブテン (BCB) により平坦化しドライエッチングによりエッチバック処理を施した後ナノワイヤ側に AuGeNi(2nm)/ITO(透明電極: 300nm)、基板側に GeAuNi(30nm)/Au(150nm)を蒸着した。作製した太陽電池構造の電流-電圧特性を評価した結果、AlGaAs 窓層を導入したデバイスは開放電圧 0.375V、短絡電流密度 16.2mA/cm²、変換効率 3.6%と AlGaAs 窓層が無いデバイス[6,7]よりも性能が格段に向上している。これは窓層導入によりキャリアのナノワイヤ表面への拡散が抑制される結果表面準位の影響が低減されることを示唆している。

<謝辞>本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業及び最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。
{参考文献} [1] Y. Arakawa and H. Sakaki, Appl. Phys. Lett. **82**, 939 (1982). [2] T. Nozawa and Y. Arakawa, Appl. Phys. Lett. **98**, 171108 (2011). [3] J. Tatebayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 263101 (2012). [4] E. Ertekin *et al.*, J. Appl. Phys. **97**, 114325 (2005). [5] J. Tatebayashi *et al.*, J. Cryst. Growth **370**, 299 (2013). [6] J. Tatebayashi *et al.*, ISCS 2013, WeB1-1. [7] 館林他、2013 春応物 29a-G4-3.

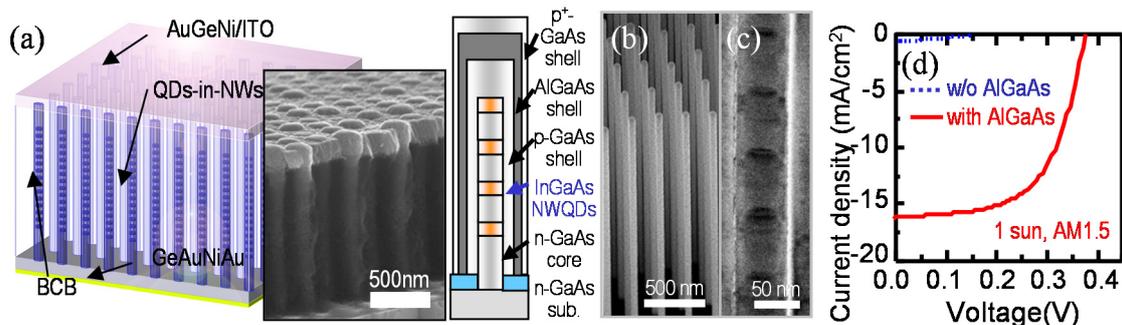


図 (a)InGaAs/GaAs ナノワイヤ量子ドット太陽電池構造及びナノワイヤ量子ドットの(b)SEM 及び(c)断面 STEM 像 (d) Al_{0.15}Ga_{0.85}As 窓層を有する In_{0.22}Ga_{0.78}As/GaAs ナノワイヤ量子ドット太陽電池の I-V 特性