

InGaAs/GaAs ナノワイヤ量子ドットを有する太陽電池の試作

Fabrication of solar cells utilizing InGaAs/GaAs quantum-dots-in-nanowires

東大ナノ量子機構¹, 東大生研²°館林 潤¹, 田辺 克明¹, 岩本 敏^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,2}NanoQUINE¹ and IIS², the Univ. of Tokyo°J. Tatebayashi¹, K. Tanabe¹, S. Iwamoto^{1,2}, and Y. Arakawa^{1,2}

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

量子ドット太陽電池は離散的な量子準位[1]を中間準位として利用することにより変換効率が飛躍的に向上し、複数の中間準位を導入することによりその変換効率は 80%に近づくことが理論的に示されている[2]。高変換効率実現に必要不可欠な高密度積層量子ドットを作製する成長技術として近年ナノワイヤ量子ドット[3]が注目を集めている。ナノワイヤ中では特異な境界条件により格子不整合に起因する歪が横方向に緩和するため格子不整合系材料間でもコヒーレント成長が可能であることが示されており[4]、従来の S-K 量子ドットよりも更なる近接・多層化が期待される。加えて、ナノワイヤ太陽電池は通常コアシェル型 p-n 接合で構成されており光の入射方向とキャリアの移動方向が直交する為、通常の量子ドット太陽電池で課題となっているキャリアの輸送(取り出し)効率が改善することが期待される。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埋め込む技術を確認し[3]、200 層まで発光強度を損なわず量子ドットを積層させることに成功するだけでなく、個々の量子ドットのエネルギー準位を制御する技術を確認した[5,6]。今回、世界に先駆け InGaAs/GaAs ナノワイヤ積層量子ドットを有する太陽電池構造を試作しデバイス特性を評価したのでこれを報告する。

本研究では p 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 2.8mm 角) を形成し MOCVD 選択成長法により p 型 GaAs コア、10 層 In_{0.3}Ga_{0.7}As/GaAs ナノワイヤ積層量子ドット及び n 型 GaAs シェルを成長した (図(a-c)) [3,5,6]。量子ドットの直径及び高さはそれぞれ 45 及び 6nm、ナノワイヤの直径及び高さはそれぞれ 120nm 及び 1.6 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透明電極 (ITO)、基板側に GeAuNiAu を蒸着した。作製した太陽電池構造の電流-電圧特性 (1 及び 12 sun) を評価した結果、集光時 (12 sun) の開放電圧は 0.26V、マスク開口部で規格化した短絡電流密度は 176mA/cm²、変換効率は 1.25%とそれぞれ 1 sun 照射時の値 (それぞれ 0.024V、5.5mA/cm² 及び 0.035%) よりも格段に上昇している。これは表面準位やヘテロ界面等における再結合が支配的であることを示唆しており[7]、今後ナノワイヤ量子ドットの結晶性向上や表面準位を抑制・制御することにより更なる改善が可能であると考えられる。

<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 in press. [6] 館林他, 2012 春応物 12a-J-7. [7] K. Tanabe et al., Appl. Phys. Lett. **100**, 193959 (2012).

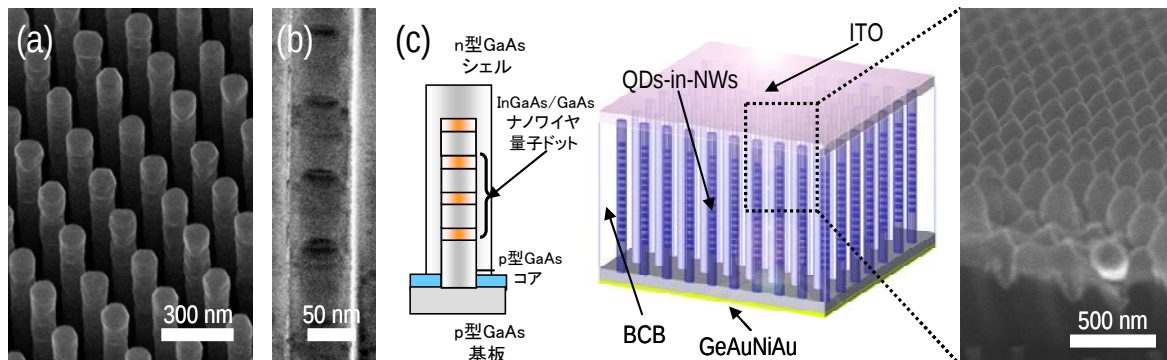


図 InGaAs/GaAs ナノワイヤ積層量子ドットの(a)SEM 及び(b)断面 STEM 像 (c) InGaAs/GaAs ナノワイヤ積層量子ドットを有する太陽電池構造及び ITO 蒸着後の表面 SEM 像