

AlGaAs/GaAs コア・シェル構造導入による InGaAs/GaAs ナノワイヤ量子ドットの発光特性改善

Improvement of optical properties of InGaAs/GaAs quantum-dots-in-nanowires by introduction of AlGaAs/GaAs core/shell structure

東大ナノ量子機構¹, 東大生研²

°館林 潤¹, 西岡 政雄², 荒川 泰彦^{1,2}

NanoQUINE¹ and IIS², the Univ. of Tokyo

°J. Tatebayashi¹, M. Nishioka,² and Y. Arakawa^{1,2}

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

ナノワイヤ量子ドット[1]はボトムアップ手法を用いた加工損傷の少ない高品質な単一光子光源や高効率中間バンド型太陽電池等への応用に向け近年非常に注目を集めている。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とれる 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立し[1]、200 層まで発光強度を損なわない高均一・高品質の積層量子ドット構造実現に成功した[2,3]。しかしながらナノワイヤは非常に表面对体積比が大きく、表面再結合速度の大きい GaAs 系ナノワイヤでは如何に表面準位を低減するかが課題となっている。今回 GaAs よりバンドギャップが大きく表面パッシベーション効果を持つ AlGaAs ナノワイヤの成長ダイナミクスを明らかにするとともに AlGaAs コア・シェル層を導入することによりキャリアの表面への拡散を抑制し[5]ナノワイヤ量子ドットの発光特性の改善を図ったのでこれを報告する。

本研究では GaAs(111)B 基板上に円状酸化膜パターン (膜厚 10nm・直径約 45nm・間隔 250nm) を形成した後 MOCVD 選択成長法 (成長圧力: 76 Torr) を用いてナノワイヤ積層量子ドット[2-4]を成長し $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}(10\text{nm})/\text{GaAs}(t_{\text{GaAs}}\text{nm})$ コア・シェル層で覆い (図(a)及び(b)) 表面酸化防止のため薄い GaAs 層 (10nm) で終端した。作製した量子ドット構造について低温フォトルミネッセンス測定により光学評価を行った。図(c)は同一成長条件 (成長温度 750°C・III 族分圧 2.2×10^{-6} mol/min・V/III 比 200) での $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 及び GaAs ナノワイヤの形状 (直径・高さ) の成長時間依存性を調べた結果である。以前提案した気層拡散モデル[4]でフィッティングすることにより、GaAs ($L_d=1.2 \mu\text{m}$, $\xi_a=0.035$) と比べ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ ($L_d=0.1 \mu\text{m}$, $\xi_a=1$) の方がより等方的に成長することが分かる。InGaAs/GaAs 積層量子ドット (30 層) を AlGaAs/GaAs コア・シェル構造に埋め込んだ時の低温発光特性を図(d)に示す。積層量子ドット形成後 GaAs シェル層 (厚さ 20nm) を成長した後 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}/\text{GaAs}$ で覆うことにより発光強度が 6.1 倍増大している。これは AlGaAs 層の表面パッシベーション効果により表面近傍での非発光再結合が抑制されてい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] J. Tatebayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 263101 (2012). [2] J. Tatebayashi *et al.*, J. Cryst. Growth **370**, 229 (2013). [3] J. Tatebayashi *et al.*, ISCS 2013, WeB1-1. [4] 館林他、2013 春応物 28a-B8-2. [5] J. Noborisaka *et al.*, Appl. Phys. Lett. **87** 093109 (2005)等

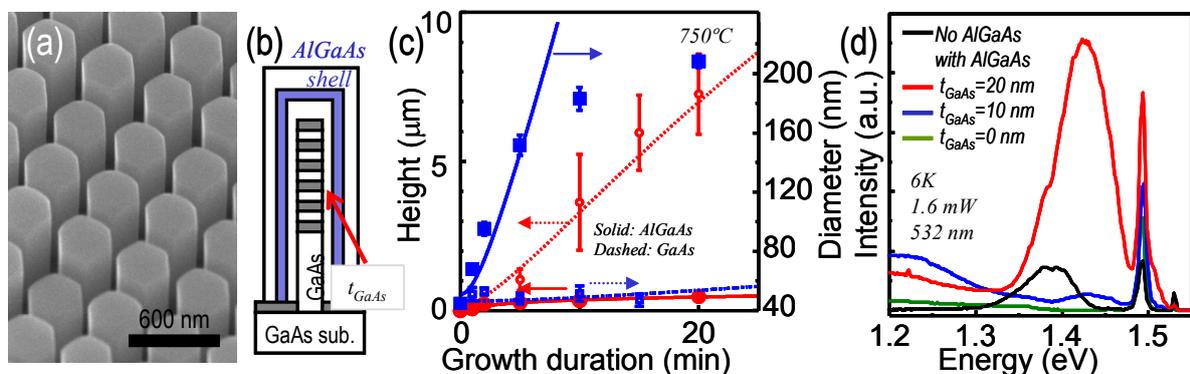


図 AlGaAs/GaAs コアシェルナノワイヤ構造中 InGaAs/GaAs 積層量子ドットの (a)SEM 像及び(b) 概念図。(c) $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 及び GaAs ナノワイヤの直径・高さの成長時間依存性。(d)AlGaAs 層を有する InGaAs/GaAs ナノワイヤ積層量子ドット (30 層) の低温マクロ PL 特性