

シリコン基板上高品質 InAs 量子ドットを含む GaAs ナノワイヤ 構造の形成と単一光子発生 の観測

High quality InAs quantum dots in GaAs nanowire structures grown on Silicon substrate and observation of single photon generation

東大生研¹, 東大ナノ量子機構²

○権 晋寛¹, 渡邊 克之², 太田泰友², 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}

Univ. of Tokyo, Institute of Industrial Science¹,

Univ. of Tokyo, Institute for Nano Quantum Information Electronics²

E-mail: jk.kwoen@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】 InAs/GaAs 系の量子ドット構造は近赤外線領域で高効率な発光を得られるため、量子光発生素子などへの応用が進んでいる^[1]。一方、ナノワイヤ構造は高品質な III/V 族半導体をシリコン基板上に成長できる方法として期待を集めている^[2]。これまでに我々は、高品質 InAs 量子ドットを含む GaAs ナノワイヤ構造を分子線エピタキシ法 (Molecular Beam Epitaxy: MBE) 法でシリコン基板上に作製しその光学特性を評価してきた^[3]。今回はシェル層に AlGaAs 層を導入することで InAs 量子ドットの光学特性を改善し、以前報告したアンチバンチング現象よりもさらに明瞭な単一光子発生を観測したので報告する。

【実験方法】 試料作製は Si (111) 基板上に MBE 法を用いて行った。GaAs ナノワイヤは自然酸化膜中のピンポールを利用して形成しその密度は $10^6/\text{cm}^2$ 程度であった。GaAs ナノワイヤの成長後、InAs を 4 ML (0.05 ML/s) 供給し、量子ドット層をナノワイヤ上に形成した。その後、GaAs/Al_{0.2}Ga_{0.8}As/GaAs からなるシェル層に成長した (図 1)。光学評価には低温顕微フオルミネセンス (Photoluminescence: PL) 法を用い、量子ドットから発生した光を Hanbury Brown-Twiss 型の光子相関係で測定した。

【結果・考察】 図 2 は今回作製した量子ドット-ナノワイヤ構造の SEM 写真である。シェル層成長後の平均直径は約 130 nm、平均高さは約 750 nm であった。図 3 は量子ドット-ナノワイヤ構造からの発光の光子相関測定結果である。 $g^{(2)}(\tau=0)$ は 0.2 未満であり、Si (111) 基板上 GaAs ナノワイヤ中 InAs 量子ドットからの明確な単一光子発生を実験的に示すことに初めて成功した。この結果は AlGaAs 層の導入によりナノワイヤの表面非発光再結合が抑制され、キャリアの閉じ込めが改善されたことに起因するものと考えられる。

【謝辞】 本研究は文部科学省科学技術振興調整費及び最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。

[1] Z. Yuan, B. E. Kardynal, R. M. Stevenson, A. J. Shields, C. J. Lobo, N. S. Beattie, D. A. Ritchie, and M. Pepper, *Science* 295, 102-105 (2002).

[2] T. Mårtensson, C. P. T. Svensson, B. A. Wacaser, M. W. Larsson, W. Seifert, K. Deppert, A. Gustafsson, L. R. Wallenberg, and L. Samuelson, *Nano Lett.* 4, 1987-1990 (2004).

[3] 権晋寛, 渡邊克之, 太田泰友, 岩本敏, 荒川泰彦 2012年春 第59回応用物理学関係連合講演会 16p-A8-4 (2012).

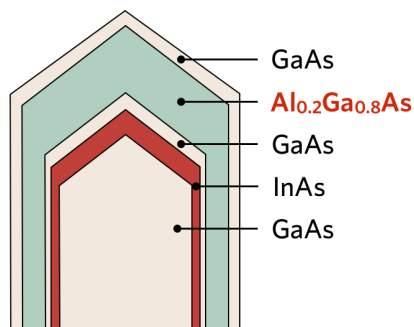


Fig. 1: Schematic of quantum dot structure embedded in nanowire

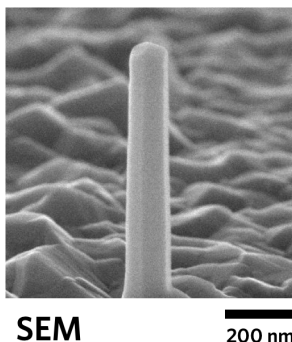


Fig. 2: Scanning electron microscope image of a GaAs nanowire containing an InAs quantum dot

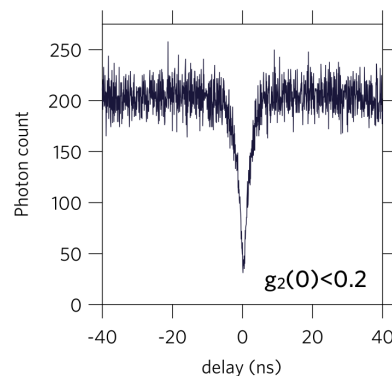


Fig. 3: Measured auto-correlation histogram of the quantum dot emission, showing single photon generation from the quantum dot in the nanowire structure.