

AlGaAs 母体中の InAs 量子ドット構造における室温赤外吸収観察

Observation of infrared absorption at room temperature of

InAs quantum dot structures in AlGaAs matrix

○吉川 弘文^{1,2,3}、渡邊 克之^{1,2}、小谷 晃央^{1,2,3}、北澤 田鶴子¹、岩本 敏^{1,2}、

和泉 真¹、荒川 泰彦^{1,2} (1. 東大ナノ量子機構、2. 東大生研、3. シャープ)

○H. Yoshikawa^{1,2,3}, K. Watanabe^{1,2}, T. Kotani^{1,2,3}, T. Kitazawa¹, S. Iwamoto^{1,2}, M. Izumi¹,

Y. Arakawa^{1,2} (1. NanoQuine, Univ. of Tokyo, 2. IIS, Univ. of Tokyo, 3. SHARP)

E-mail: yoshikawa-hirofumi@sharp.co.jp

【背景】中間バンド型量子ドット太陽電池では、バンドギャップの広い母体材料を用いることにより超高効率太陽電池となることが理論予測されている[1,2]。これまでバンド構造の最適化を目的に、母体材料に $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ を用いた高密度 InAs 量子ドット (QD) 構造の作製を報告してきた[3]。今回我々は、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 母体の積層 QD 構造において室温赤外吸収測定をおこない、約 0.41 eV 以上で中間準位—母体材料伝導帯間吸収 (IB-CB 吸収) を観察したので報告する。

【実験】MBE 装置を用いて、GaAs (100) 半絶縁性基板上に 20 層積層 QD 構造を作製した。母体材料である $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層を下地に InAs QD を形成し、GaAs 部分キャップ層及び $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層を成長することで QD 構造 (InAs/AlGaAs QD) を得た。比較として QD 以外を GaAs 層とした QD 構造 (InAs/GaAs QD) を作製した。また、サブレベル間遷移に伴う吸収の観察を目的に、QD 面内密度 (InAs/AlGaAs QD: 約 $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, InAs/GaAs QD: 約 $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$) の 2 倍のドーピング密度で Si ドープした。室温赤外吸収測定では、Fig. 1 に示すようにグローバールランプからの光を 45 度研磨した基板端面に入射し、内部で多重反射された透過光を HgCdTe 検出器により測定した。

【結果】Fig. 2 は室温透過スペクトルの偏光依存性である。InAs/AlGaAs QD において約 0.23 eV で観察される p 偏光優位の吸収ピーク (InAs/GaAs QD: 約 0.18 eV) は、伝導帯基底準位 (中間準位) から高次閉じ込め準位への吸収であると考えられる。上記サンプル間のピーク位置の違いは母体材料のワイドギャップ化および QD サイズの低減に起因する。さらに、InAs/AlGaAs QD において約 0.41 eV 以上で観察される光吸収 (InAs/GaAs QD: 約 0.24 eV) は IB-CB 吸収であると考えられる。IB-CB 吸収はそれぞれ、高次閉じ込め準位への吸収と比べて弱い吸収であり、遷移先が連続準位であることによる遷移双極子モーメントの低さが一つの要因と考えられる。また、上記 IB-CB 吸収端の高エネルギーシフト (約 0.24 eV → 約 0.41 eV) は母体材料のワイドギャップ化による効果であり、最適バンド構造 (単一中間バンド型の最適 IB-CB 吸収端は約 0.7 eV) に近付くことを示す成果である。

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の支援に基づいて遂行された。本研究を進めるにあたり議論いただきました東大ナノ量子機構 影山健生博士に心より感謝致します。

参考文献 [1] A. Luque and

A. Martí, Phys. Rev. Lett. **78**, 5014 (1997). [2] T. Nozawa and Y. Arakawa, Appl. Phys. Lett. **98**, 171108 (2011). [3] 吉川 他, 第77回応用物理学会秋季学術講演会 15p-A34-4, (2016).

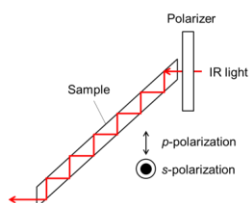


Fig.1. A multi-pass waveguide with a 45° facet.

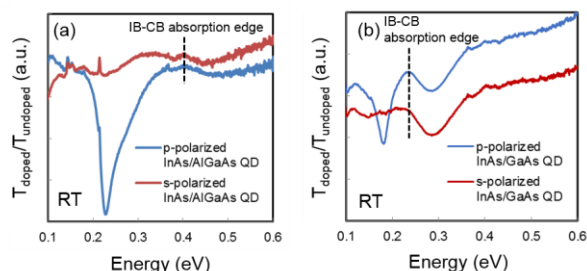


Fig.2. The doped transmission spectra divided by the undoped transmission spectra at room temperature of (a) the InAs/AlGaAs QD and (b) the InAs/GaAs QD.