

# バイオテンプレート極限加工 GaAs 量子ナノディスクにおける 光励起キャリアダイナミクス

Dynamics of photo-generated carriers in GaAs Quantum Nanodisks

Fabricated Using Bio-template and Neutral Beam Etching

北大院情報科学<sup>1</sup>, 東北大流体力学<sup>2</sup>, 東北大 WPI-AIMR<sup>3</sup>, JST-CREST<sup>4</sup>

○木場 隆之<sup>1,4</sup>, 須崎 健太<sup>1</sup>, 田村 洋典<sup>2,4</sup>, 肥後 昭男<sup>3</sup>, 寒川 誠二<sup>2,3,4</sup>, 村山 明宏<sup>1,4</sup>

Grad. School of IST, Hokkaido Univ.<sup>1</sup>, IFS, Tohoku Univ.<sup>2</sup>, WPI-AIMR Tohoku Univ.<sup>3</sup>, JST-CREST<sup>4</sup>

○T. Kiba<sup>1,4</sup>, K. Suzuki<sup>1</sup>, Y. Tamura<sup>2,4</sup>, A. Higo<sup>3</sup>, S. Samukawa<sup>2,3,4</sup>, and A. Murayama<sup>1,4</sup>

E-mail: tkiba@ist.hokudai.ac.jp

【序】 III-V 族化合物半導体を用いた量子ドットの高密度集積化は、太陽電池の高効率化やレーザの低消費電力化を図る上で重要な技術であり、広く研究されている。我々の研究グループでは、従来の自己組織化 (S-K 成長モード) を利用した量子ドットの作製技術とは異なり、バイオテンプレートと低損傷中性粒子ビームエッチングを組み合わせ、直径 20 nm 以下の Si や GaAs の量子ナノディスク(QND)からなる量子ドット配列をトップダウン加工で作製し、発光を観測している[1,2]。今回は、GaAs QND について時間分解 PL 分光を行い、ピコ秒～ナノ秒の時間領域におけるキャリアダイナミクスと量子効果の影響について研究した。

【実験】 4 nm, 8 nm 厚の GaAs/Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As 量子井戸に鉄内包タンパク質(PEG 修飾フェリチン)を配列させ、その鉄コアをバイオテンプレートとした中性粒子ビームエッチングにより、平均直径 15 nm、ディスク密度 5×10<sup>10</sup> cm<sup>-2</sup> の GaAs QND を作製した。その後、有機金属気相成長法により AlGaAs の埋め込み再成長を行った。フェムト秒チタンサファイアレーザの第 2 高調波(波長 400 nm)によりサンプルを励起し、その PL をストリークカメラで時間分解検出した。

【結果・考察】 Fig.1 に 4 nm 厚の GaAs QND について、励起パワー 500 μW, 20 K で測定した、励起直後(0-20 ps)と、時間後半(0.5-1.0 ns)における時間分解 PL スペクトルを示す。励起直後の PL スペクトルでは、高エネルギー側まで広がったブロードな GaAs QND からの発光に加え、AlGaAs バリアからの発光も観測されているのに対し、時間後半ではピークが低エネルギー側にシフトし、その線幅は細くなる。このスペクトルの時間変化から、QND 高励起準位からの発光成分が含まれていることがわかる。実際のサイズと形状を持つ GaAs QND のバンド間遷移エネルギーの計算結果より、励起状態を含んだ Gauss 関数の足し合わせでこれらの時間分解 PL スペクトルを再現することができた。Fig.2 に、GaAs QND の基底準位(1.70 eV), 励起準位(1.80 eV)に対応した PL 減衰特性を示す。レート方程式解析より、励起状態から基底状態への緩和時定数が 45 ps と求められ、また基底準位ではフィリングが起きている事がわかった。以上の結果より、トップダウン加工で作製した GaAs QND においても、従来の自己組織化 QD と同様に、量子閉じ込めによる準位の離散化の影響を観測することができた。

[1] T. Kiba et al., *Appl. Phys. Lett.* **100**, 053117 (2012).

[2] T. Kaizu et al., *Appl. Phys. Lett.* **101**, 113108 (2012).

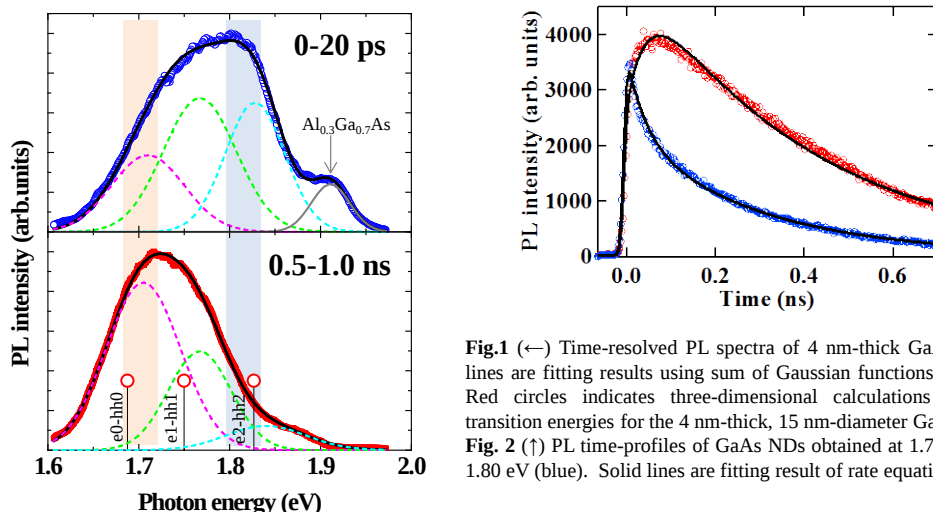


Fig.1 (←) Time-resolved PL spectra of 4 nm-thick GaAs NDs. Solid lines are fitting results using sum of Gaussian functions (dotted lines). Red circles indicates three-dimensional calculations of interband transition energies for the 4 nm-thick, 15 nm-diameter GaAs ND.

Fig. 2 (↑) PL time-profiles of GaAs NDs obtained at 1.70 eV (red) and 1.80 eV (blue). Solid lines are fitting result of rate equation analysis.