

InGaAs 量子ドットにおける高密度光励起キャリアの注入ダイナミクス

Injection dynamics of high-density carrier optically excited in InGaAs quantum dots

○ 高山 純一¹、武石 一紀¹、木場 隆之²、浦部 晶行¹、板橋 皓大¹、樋浦 諭志¹、村山 明宏¹

(1. 北大院情報科学、2. 北見工大)

○ Junichi Takayama¹, Kazuki Takeishi¹, Takayuki Kiba², Masayuki Urabe¹, Kodai Itabashi¹,

Satoshi Hiura¹ and Akihiro Murayama¹ (1. IST, Hokkaido Univ., 2. Kitami Inst. of Technol.)

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

半導体量子ドットは、強い量子閉じ込め効果によりキャリアの状態密度が離散化しているため、量子効率が高く発振波長が熱に依存しないレーザなどの優れた光学特性を有する光デバイスとしての応用が進んでいる。しかしながら、量子ドットは量子井戸と比較するとキャリアの状態総数が少なく、注入キャリア数が多いとその状態が容易に充填されるため、その後のキャリア注入が阻害されるフィリング効果が現れる [1, 2]。本研究では、このような量子ドットへの高密度キャリア注入ダイナミクスを明らかにするために、様々な密度を持つ量子ドット試料に対して、励起キャリア密度と測定温度を系統的に変えて時間分解フォトルミネセンス測定および解析を行った。

試料として、分子線エピタキシー法にて GaAs 基板上に In_{0.5}Ga_{0.5}As 自己組織化量子ドットを成長させて作製した。量子ドットの面内密度は成長レートと基板温度によって制御し、 1.5×10^{10} - $9.9 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の範囲で変化させた。励起光源はモードロックチタンサファイアレーザ (800 nm, パルス幅 100 fs, 繰り返し周波数 80 MHz) を使用し、励起光パワー密度を 0.6 - 6.2 W/cm^2 として、ストリークカメラにより時間分解 PL を検出した。測定温度は 6 - 100 K の範囲で変化させた。

量子ドットの PL 強度時間変化を Fig1 に示す。Fig1(a) は、励起光密度 (キャリア密度) 依存性で、量子ドットに注入されるキャリア密度が高くなると減衰特性に違いみられ、フィリング効果が現れている。Fig1(b), (c) に、試料温度依存性の量子ドットに対する面内密度の違いを示す。 6 K では、低密度の量子ドット (b) においてフィリング効果が強く現れている。一方で高温では、そのフィリング効果が抑制され、 100 K ではフィリング効果による減衰特性への影響はほとんどみられない。これらの結果を系統的に検討し、量子ドットへの高密度キャリア注入のダイナミクスを議論する。

References:

- [1] S. Grosse et al., Phys. Rev. B **55**, 4473 (1997).
- [2] T. Kiba et al., Appl. Phys. Lett. **103**, 82405 (2013).

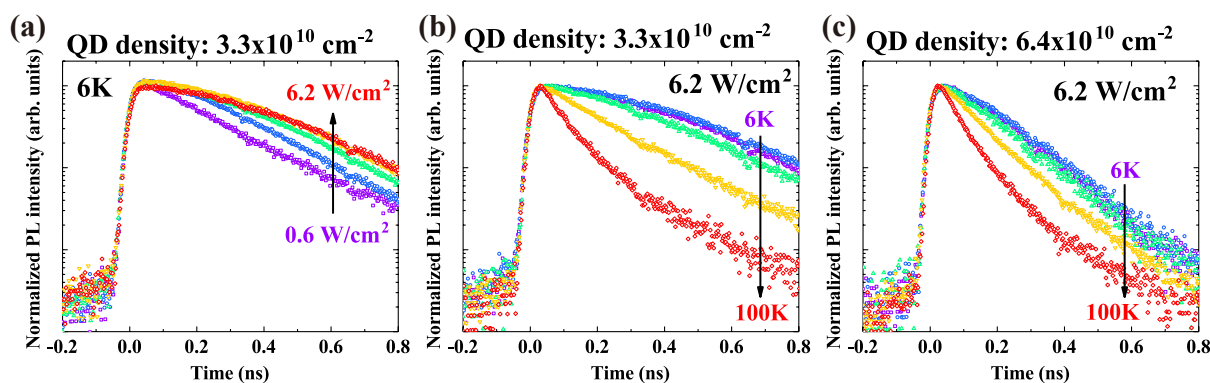


Fig 1: (a) Excitation-power dependence of PL decay curve for a quantum dot samples with the density of $3.3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ at 6 K . Temperature dependences of PL decay curve for quantum dot samples with the densities of (b) $3.3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ and (c) $6.4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$.