# 近接積層 InAs/GaAs 量子ドット超格子の 1 次元電子状態の測定温度依存性

# Measurement temperature dependence of one-dimensional electronic state in closely-stacked InAs/GaAs quantum dot superlattices

◦海津 利行 [1,2]、喜多 隆 [1] (1. 神戸大院工、2. 神戸大研究基盤セ)

◦T. Kaizu[1, 2], and T. Kita[1] (1. Grad. Sch. of Eng., Kobe Univ., 2. CSREA, Kobe Univ.)

E-mail: kaizu@crystal.kobe-u.ac.jp

近接積層量子ドット(QDs)は、薄い中間層を介した QD 間の電子的結合によって Transverse magnetic 偏光成分の増強や超格子ミニバンドを生じ、それらを用いた半導体光増幅器や中間バンド型太陽電池の研究開発が進められている。我々はこれまで、近接積層 InAs/GaAs QDs の成長温度ならびに GaAs スペーサ層膜厚の制御によって、電子的に結合した QDs(QD 超格子、QDSLs)の基底準位発光において、1.15～1.3 μm にわたる広帯域波長シフトを実現している[1]。今回、30 層近接積層 InAs/GaAs QDSLs において、ミニバンド形成による 1 次元電子状態の測定温度に対する変化を時間分解フォトルミネッセンス(PL)から考察した。

試料は分子線エピタキシを用いて GaAs(001)基板上に作製した。基板温度 480 °C でベース層の InAs QDs (2.0 分子層(ML))を形成した後、基板温度を 460°C に下げて、GaAs スペーサ層(5 nm)と 29 周期の InAs/GaAs QD 超格子(InAs 1.4 ML、GaAs 4 nm)を成長し、GaAs 層(100 nm)でキャップした。時間分解 PL 測定は、Ti サファイアレーザ(励起エネルギー1.38 eV、繰返し周波数 80 MHz、強度 1.2 nJ/cm$^2$ )と近赤外ストリークカメラを用いて、測定温度 3.7~100 K で行った。

図 1(a)に、QDSL 基底準位における PL 減衰プロファイルの測定温度依存性を示す。3.7 K では、減衰開始直後はプロファイルの傾きが急であるが、検出時間とともに徐々に傾きが緩やかになっている。このような変化は、異なる減衰時間を持つ成分の集合として拡張指数関数で表される。これまで、内部電界のかかった QDSL 励起準位のミニバンド内でのキャリア分離による再結合寿命の増大が報告されており[2]、遅い検出時間で支配的となる長寿命の減衰成分から、表面でのピンニングによって生じた内部電界による QDSL ミニバンド内でのキャリア分離が示唆される。一方、早い減衰成分は、キャリア分離が生じずに QDSL 基底準位で再結合した成分であると考えられる。測定温度の上昇とともに、すべての検出時間において長寿命の減衰成分が支配的となり、減衰プロファイルは単一指数関数に近づいている。検出時間 1 ns(早い成分)と 7 ns(遅い成分)における減衰寿命の測定温度依存性を図 1(b)に示す。早い減衰成分は 20 K 付近から立ち上がり、励起子の 1 次元並進運動を示す $T^{0.5}$ 依存性に従うことから、QDSL 基底準位においてもミニバンドが形成されていることが示唆される。

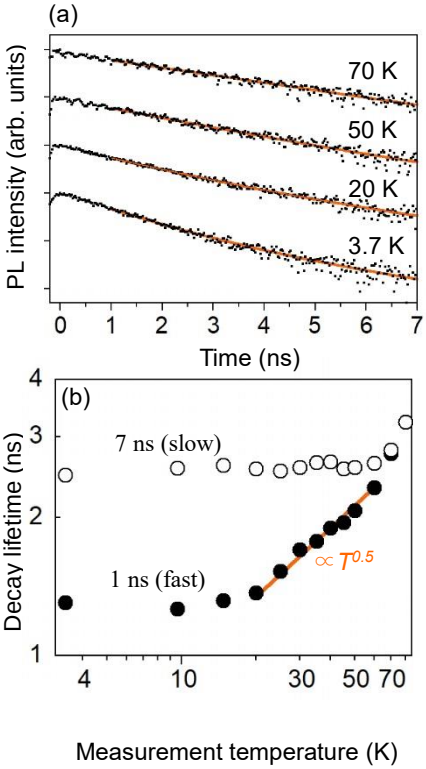



**図 1** 30 層近接積層 InAs/GaAs QDSLs の (a)PL 減衰プロファイル、(b)減衰寿命の測定温度依存性.

[1] 海津他, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 15a-313-6 (2017).

[2] T. Kada *et al.*, Phys. Rev. B, **91**, 201303R (2015).

© 2019年 応用物理学会