

## 面内超高密度 InAs 量子ドット層における長い蛍光寿命特性

## Long PL decay time of in-plane ultrahigh-density InAs QD layers

電気通信大学 先進理工学専攻 ○内田 俊介, 塩川 美雪, 山口 浩一

Univ. of Electro-Communications ○Shunsuke Uchida, Miyuki Shiokawa and Koichi Yamaguchi

E-mail: u0912017@crystal.ee.uec.ac.jp

**はじめに** 超高密度量子ドット(QDs)の中間バンドを利用した太陽電池応用が期待されている。本研究では、GaAsSb/GaAs(001)バッファ層上への  $3\sim5\times10^{11}\text{ cm}^{-2}$  の面内超高密度 InAs QDs の自己形成[1]とその発光特性[2]、蛍光寿命特性[3]について報告してきた。今回は、選択励起分光法による超高密度 InAs QDs 層の蛍光寿命特性について検討を加えたので報告する。

**実験** MBE により、GaAs(001)基板上に  $590^\circ\text{C}$  で GaAs バッファ層を成長後、Sb フラックスを  $4.1\sim4.5\times10^{-7}\text{ Torr}$  の範囲内で設定し、 $470^\circ\text{C}$  で GaAsSb 層を 10ML 成長した。その GaAsSb 層上に SK 成長モードにより InAs QDs を 2.3 ML または 2.9 ML 成長した。QDs 成長後には成長中断を行わずに GaAs(60 nm)層の埋込み成長を行った。Fig.1 には、GaAsSb/GaAs 上の面内超高密度 InAs QD (2.3 ML)の AFM 像を示す。励起光源には白色ファイバーレーザー(6 W)を用い、回折格子により分光し、顕微 PL システムにより 15 K での PL スペクトル測定と PL 時間分解測定を行った。

**結果・考察** Fig.2 には、InAs 成長量 2.3 ML と 2.9 ML の面内超高密度 InAs QD 試料における励起波長 830 nm の PL スペクトルを示す。成長量 2.9 ML の試料では、QD のサイズ不均一性に起因する 80 meV の広い FWHM を持つ単一ピークスペクトルが観測された。一方、成長量 2.3 ML の試料では、990 nm と 1070 nm にそれぞれ第一励起準位と基底準位に由来するピークが現れた。2.9 ML の QDs よりも小さい QD サイズに関わらず、2.3 ML の QD の基底準位は、2.9 ML の QDs に比べて低エネルギーであった。これは InAs 成長中の Sb 取り込みによるバンドギャップの収縮に起因するものと考えられる。Fig.3 には、光励起波長 830 nm における蛍光寿命の発光波長依存性を示す。2.9 ML の QD 層の蛍光寿命は、一般的な約 1 ns であるが、2.3 ML の QD 層では Type-I バンド構造に関わらず、基底状態だけでなく励起状態からの発光について 6~9 ns の長い蛍光寿命が観測された。小さな QD (2.3 ML) の波動関数はより広く染み出し、隣接 QD 間の電子のトンネル結合による面内輸送によって蛍光寿命が長くなったものと考えられる。

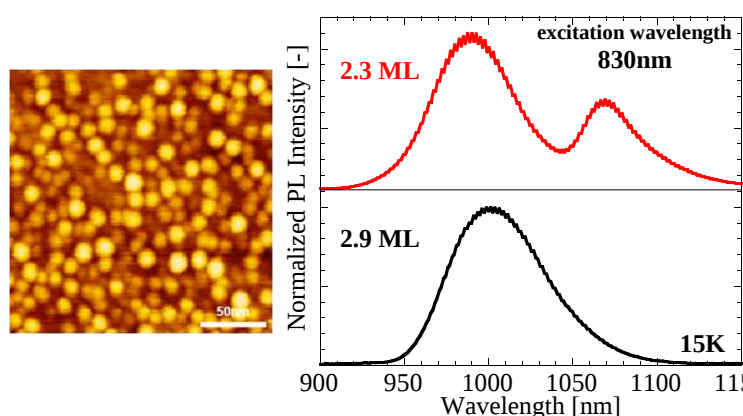


Fig.1. AFM image of ultrahigh-density InAs QDs ( $5.0\times10^{11}\text{ cm}^{-2}$ ).

Fig.2. PL spectra of 2.3-ML-QDs and 2.9-ML-QDs. (Excitation wavelength: 830 nm)

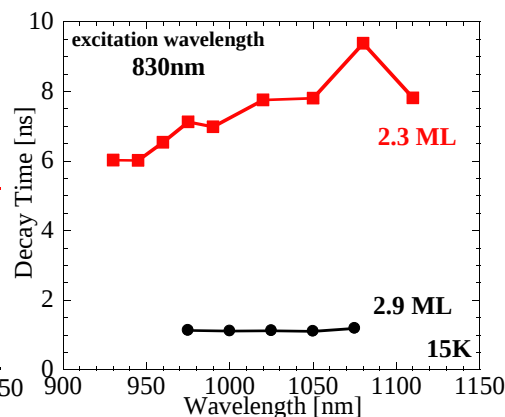


Fig.3. PL decay time of 2.3-ML-QDs and 2.9-ML-QDs as a function of PL wavelength.

[1] E. Saputra, J. Ohta, N. Kakuda, K. Yamaguchi, *APEX 5* (2012) 125502.

[2] サプトラ, 太田, 山口, 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会予稿, 16p-A8-13, 15-061.

[3] 塩川, 山口, 2013 年秋季第 74 回応用物理学関係連合講演会予稿, 19p-D3-16, 15-055.