

沈降法によって作製したファセット付き PbS 量子ドット超格子の光学特性

Optical properties of faceted PbS quantum dot superlattice

fabricated by sedimentation method

横浜国大理工¹, 横浜国大院理工², 横浜国大院工³○(B4)木村 亮太¹, (B4)杉崎 俊太¹, (M1)杉本 卓也², (M1)藤島 将伸², (M2)渡辺 慧³, 向井 剛輝^{1,2,3}College of Engineering Science¹, Graduate School of Engineering Science², Graduate School of Engineering³,

Yokohama National University.

°R. Kimura¹, S. Sugisaki¹, T. Sugimoto², M. Fujishima², S. Watanabe³, K. Mukai^{1,2,3}

E-mail: mukai-kohki-cv@ynu.ac.jp

[はじめに] 高い光電変換効率を実現するために、量子ドット(QD)超格子太陽電池が注目されている。QD が 3 次元的に周期的に配列すると QD の電子波動関数が重なり合って中間バンドが形成されることで、熱損失が抑えられるとともに、広範囲の波長の光を吸収することも可能となる。QD 超格子を作製するために本研究室では、異方性エッチングを用いて Si 基板の上に稜線方向が一致した逆ピラミッド孔のアレイ(テンプレート)を用意し、その上に溶媒中で構造対称性の高い化学合成 QD を沈降し配列させる方法を検討している。これまでに、ファセットを持つ QD を沈降させることで沈降中にファセット同士が向き合い、構成する各 QD の面方位が揃った超格子構造の形成が可能であることを示した[1]。本研究では、我々の方法で作製する QD 超格子について、QD 形状、沈降時間、テンプレートの有無の光学特性への影響について調べた。

[実験] 攪拌時間や合成温度などを調整して切捨て八面体形状の QD を合成した[2]。Si(100)基板に 3 μ m 四方の逆ピラミッド孔が周期的に並んだ 0.5mm 四方のパターンを 16 個並べて 2mm 四方のテンプレートを作製した。テンプレートまたは Si 平面基板の上に球状あるいは切り捨て八面体形状 (Fig.1) の QD を沈降させて、QD 膜を作製した。この際、遠心分離チューブで密封したり、溶媒として用いているトルエンに更に蒸気圧が高いオレイン酸を混ぜるなどして、溶媒の蒸発時間を 20 分から 7 日の範囲で調整した。X 線回折 (XRD) による θ -2 θ 測定及び極点図測定で、作製した QD 膜の評価を行った[1]。 θ -2 θ 測定では、データベースと実測のピーク強度比によって、QD 膜の一次元配向度を調査した。極点図測定では、QD 膜の 3 次元配向度を調査した。各種試料の QD のフォトルミネッセンス(PL)および発光寿命の評価を行った。

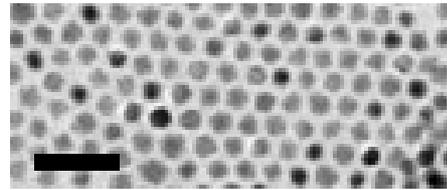


Fig.1(a) TEM image of faceted QD. Scale bar is 20nm.

[結果] Fig.2 は、ファセット付き QD を Si テンプレート上に 7 日間沈降して作製した QD 膜と Si 平面上に 20 分で作製した QD 膜の PL スペクトルである。各波長における発光寿命を図中に示した。

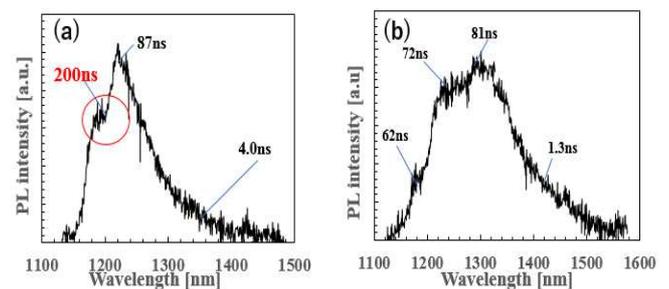


Fig.2 PL spectra of QD film (a) on a template and (b) on a flat substrate

2 種類の QD 膜の発光寿命は、基底準位(1350~1550nm)と 1200~1350nm の高次準位ではほぼ変わらない。しかし、1200nm より短波長の高次準位ではテンプレート上で 3 倍以上発光寿命が長くなった。中間バンドが形成され、キャリアが非局在化したため、発光寿命が延びたと考えられる。QD の配位子として長鎖のオレイン酸を用いており QD 間隔が広いこと、比較的高次でのみ中間バンドが形成されたと考えられる。その他、XRD の評価結果など、詳しくは口頭にて発表する。

[参考文献]

[1] K. Mukai et al, Appl. Phys. Express 11, 085601 (2018).

[2] M. A. Hines et al. Adv. Mater. 15 (2003) 1844-1846.