

高効率で遠赤色発光する Si 量子ドットの合成：量子サイズ効果 vs. 表面効果

(広大院先¹・広大自然セ²) ○大場 唯斗¹・齋藤 健一^{1,2}

Synthesis of Highly Efficient Far-Red Emitting Silicon Quantum Dots: Quantum Size Effect vs. Surface Effect (¹Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University, ²N-BARD, Hiroshima University) ○Yuito Oba,¹ Ken-ichi Saitow^{1,2}

Quantum Dots (QDs) are luminescent nanocrystals of a semiconductor material. Recently, cadmium-based and perovskite QDs with high optical performances have attracted much attention. However, heavy-metal-free QDs such as silicon quantum dots (SiQDs) have been significantly desired by considering environmental concerns.

In this study, SiQDs with varying sizes and structures were synthesized by altering chemical etching times. The structure and optical properties of their SiQDs were characterized by 7 different methods. The obtained comprehensive analysis elucidated the effects of quantum confinement and surface effects on the optical properties of SiQDs.

Keywords : Colloidal Quantum Dots; Heavy-Metal-Free; Nanomaterials; Photoluminescence

量子ドット(Quantum Dots, QDs)とは発光する半導体ナノ結晶であり、その高い光物性(高い発光効率, 狭い発光スペクトル幅)が注目されている。しかし、従来の QDs は重金属使用による環境負荷が問題となっている。そこで、重金属フリーのシリコン量子ドット(SiQDs)が注目されている。

SiQDs のフォトルミネッセンス(PL)特性は、量子閉じ込め効果と表面効果の 2 つの異なるメカニズムに分解される。前者は、ナノ結晶のサイズによってバンドギャップが決まり、それが PL 波長を変化させる。一方、後者は SiQDs の表面構造に起因し、ナノ結晶を構成している表面原子の割合、配位子の電気陰性度、応力等が SiQDs の電子状態ならびに光物性を変化させる。しかし、サイズと PL 波長, PL 量子収率(PLQY)の関係の研究¹⁾は多いが、それ以外のことは十分に理解されていない。

本研究では、サイズと構造が異なる SiQDs を 15 種類合成し、それらの透過型電子顕微鏡, 粉末 X 線回折, Raman 分光, PL, PLQY, FT-IR, 発光寿命測定を行った。その結果、ナノ結晶のサイズ vs. PL スペクトル, PLQY, 結晶度, アモルファス度, 配位子, 応力などの関係を定量し、表面構造と内部構造が PL 特性にどのような影響を与えるのか、詳細に考察した。

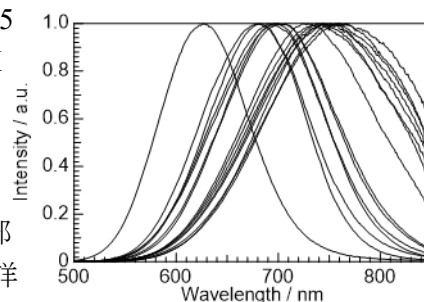


Fig. 1 15 種類の SiQD の PL スペクトル

1) Size-Dependent Photoluminescence Efficiency of Silicon Nanocrystal Quantum Dots, Brian A, Korgel et al. *J. Phys. Chem. C*, **2017**, 121, 23240-23248