

毒性金属を含まない赤外発光コロイド型量子ドットとしての SnSe ナノ結晶の検討

Study on SnSe nanocrystals as infrared-emitting colloidal quantum dots
without toxic metals

横浜国大院理工 ○(M2) 中山 ケビン, 向井 剛輝

Graduate School of Engineering Science, Yokohama National Univ., °K. Nakayama, K. Mukai

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

【はじめに】今後のエネルギー問題を解決するために、量子ドット(QD)超格子太陽電池が研究されている。超格子中に形成された中間バンドが吸収損失と熱損失を低減し、光電変換効率を飛躍的に向上させると見込まれている。我々は、ファセット付きコロイド型 QD を溶媒中で沈降・堆積させることで、超格子構造を自己形成させる方法を実現してきた[1]。しかし、将来的な普及を考えた場合に、コロイド型 QD の原料である Pb や Cd の毒性が懸念されている。

本研究では、毒性金属を含まないコロイド型 QD として SnSe ナノ結晶を選択し、高均一な QD を容易に製造できるホットインジェクション法を用いた合成技術を検討した。

Table 1 Synthesis conditions of SnSe nanocrystals.

Name	Sn precursor				Se precursor		conditions		average diameter [nm]
	SnCl ₂ [mmol]	OLA [mL]	OA [mL]	ODE [mL]	Se [mmol]	OA [mL]	temperature [°C]	time [sec]	
A	1.0	1.0	-	5.0	1.0	8.0	150	30	6.4
B	1.0	2.4	0.6	6.0	1.0	1.5	170	60	8.4
C	1.0	2.4	0.6	6.0	1.0	1.5	170	30	7.8
D	1.0	2.0	-	5.0	1.0	8.0	130	30	7.8
E	1.0	2.0	-	5.0	1.0	8.0	150	30	13.9
F	1.0	2.0	-	5.0	1.0	8.0	170	30	18.5

【実験】Se 前駆体を Sn 前駆体に注入することで QD を合成した[2]。使用した各種合成条件を Table 1 にまとめた。透過型電子顕微鏡(TEM)で QD の粒径及び形状を、X 線回折(XRD)測定で結晶構造を、吸収スペクトル測定でバンドギャップを評価した。

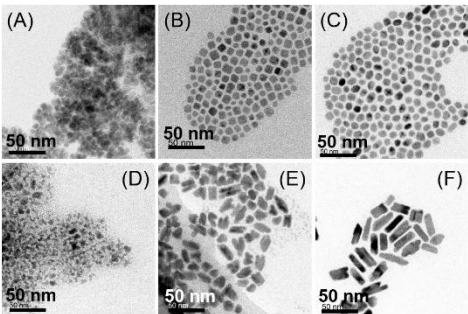


Fig. 1 TEM images of SnSe nanocrystals. Sample name is shown in each image.

【結果】Fig. 1 に合成した試料の TEM 像を示す。平均粒径 8.4 nm を境に、サイズ拡大に従って、QD 形状が球状から立方体状へと変化した (A-

C)。試料 B では球状と立方体状の QD が混在している。試料 D,E,F では反応温度依存性を確認した。試料 D は未だ核成長の初期段階であった。試料 E は核形成後の成長段階にあり、立方体形状と直立方体形状が混在していた。短軸平均は 9.3 nm、長軸平均は 18.4 nm であった。試料 F では成長が一軸方向に進行しており、短軸平均は 9.3 nm、長軸平均は 27.8 nm であった。

XRD 測定より、これらの QD が斜方晶の SnSe であることを確認した。

吸収スペクトルの測定結果から、間接遷移を仮定した式(1)を用いて Tauc プロットを作成し、バンドギャップを求めた(Fig. 2)。

$$(h\nu\alpha)^{1/2} = k(h\nu - E_g) \tag{1}$$

ここで、hはプランク定数、νは振動数、αは吸光係数、kは比例定数、E_gはバンドギャップエネルギーである。いずれの試料のE_gもバルクのSnSeの間接ギャップ 0.80 eV[3]より高エネルギーであり、量子閉じ込め効果が生じていると考えられる。また試料 D,E,F を比較し、試料の成長段階に従ってE_gが縮小する様子が確認された。

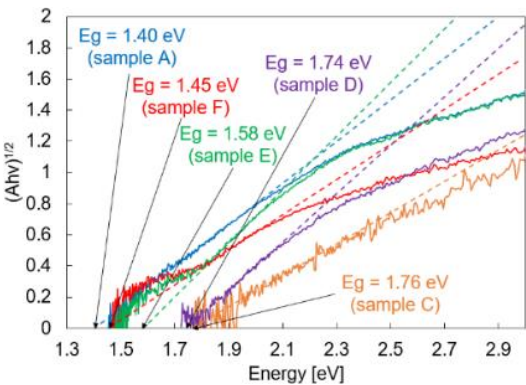


Fig. 2 Tauc plots of SnSe nanocrystals.

本研究は JSPS 科研費 21K18197 の研究助成を受けた。

【参考文献】

[1] K. Mukai et al., Semicond. Sci. Technol. 30, 044006 (2015) 他.

[2] X. Liu et al, Chem. Mater. 26, 11, 3515 (2014).

[3] W. J. Mir et al., RSC Adv. 11, 28072 (2021).