

結晶格子歪みにより発光波長を精緻に制御した 高性能ペロブスカイト量子ドットの作製

Precise control of emission wavelength of perovskite quantum dots by crystal lattice distortion

山形大院理工¹, 山形大工², 山形大院有機シス³, 山形大有機材料シスセ⁴, 伊勢化学⁵

◦佐藤 亮太¹, 森川 結策², 千葉 貴之^{3,4}, 浅倉 聡^{1,5}, 増原 陽人^{1,4}

Grad. Sch. of Sci. and Eng., Yamagata Univ.¹, Fac. of Eng., Yamagata Univ.², Grad. Sch. of Org. Mat. Sci., Yamagata Univ.³, FROM, Yamagata Univ.⁴, Ise Chem. Corp.⁵

◦Ryota Sato¹, Yusaku Morikawa², Takayuki Chiba^{3,4}, Satoshi Asakura^{1,5}, Akito Masuhara^{1,4}

E-mail: twr85217@st.yamagata-u.ac.jp

【緒言】第5世代移動通信システム普及による次世代ディスプレイの高演色化に向け、国際電気通信連合で制定された BT. 2100 の色域規格を満たす発光源が求められている。これを実現可能な発光源として、高発光効率 (PLQY > 70%) や高色純度 (FWHM < 25 nm) 等の優れた光学特性を示す ABX₃ 型ペロブスカイト量子ドット (PeQDs) が有望視されている。特に、緑色発光 PeQDs では、高い PLQY (> 80%) を有する緑色発光 PeQDs の作製に成功しているが、その一方で、BT. 2100 の定める理想発光波長 λ_{PL} 532 nm に制御することが困難 (Cs 型: λ_{PL} 515 nm, CH₃NH₃⁺ (MA) 型: λ_{PL} 525 nm, NH=CH₂NH₃⁺ (FA) 型: λ_{PL} 535 nm) といった課題を残している^[1]。PeQDs 発光波長の既存の制御手法として、PeQDs の B または X サイトの混合による「混成軌道 (価電子帯、伝導帯) の制御」と「結晶格子歪み」を利用したものがあるが、いずれもエネルギーバンドギャップが大きく変化するため (ex. 緑色: λ_{PL} 515-535 nm → 青色: λ_{PL} 450-470 nm)、PeQDs 発光波長の精緻な制御には至っていない (Fig. 1a)^[2]。つまり、B, X サイト混合では、同色域内での発光波長の制御 (ex. 緑色: λ_{PL} 535 → 532 nm) が極めて難しい。

そこで本研究では、A サイト混合型 PeQDs の作製により、上記課題解決を試みた。A サイトは、PeQDs の発光波長に寄与する「混成軌道」の影響を殆ど受けないため、「結晶格子歪み」のみを利用した数 nm オーダーでの発光波長制御が期待できる (Fig. 1b)。

【実験方法】PeQDs 作製手法には、配位子支援再沈殿法を用いた。極性溶媒である 1-メチル-2 ピロリドン中に、前駆体 (FABr, MABr, PbBr₂)、配位子 (オレイン酸、オクチルアミン) を溶解し、前駆体溶液を調製した。これを非極性溶媒であるトルエン中に注入することで A サイト混合型 PeQDs (FA_xMA_{1-x}PbBr₃) 分散液を作製し、その特性を評価した。

【結果及び考察 (Tab. 1)】MA 量の増加に伴い、ペロブスカイト構造の結晶格子歪みが収縮したことを確認した (6.02 Å → 5.94 Å)。これにより、1 nm オーダーでの発光波長 (535 nm → 530 nm) の精緻な制御に成功した (Fig. 2)。また、本実験系において、FWHM < 25 nm の単一ピーク且つ高い PLQY (≧ 80%) が確認でき、優れた光学特性を有する FA_xMA_{1-x}PbBr₃ の合成に成功した。特に、FA_{0.85}MA_{0.15}PbBr₃ では、BT. 2100 で制定される緑色の理想発光波長である 532 nm を達成した。以上より、A サイト混合型の PeQDs は、発光波長の精緻な制御に有用と云える。作製した PeQDs の形態や PeQDs 薄膜の特性評価については、当日報告する。

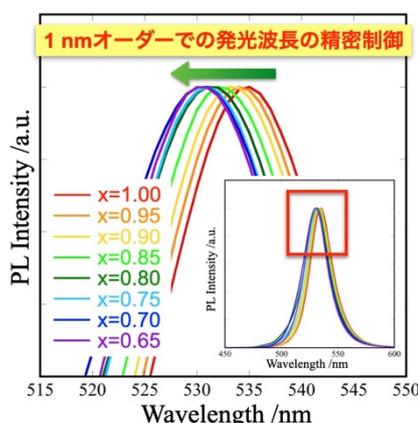


Fig. 2 PL spectra of FA_xMA_{1-x}PbBr₃

Tab. 1 The characterization of FA_xMA_{1-x}PbBr₃

Sample	Lattice distance / Å	λ_{PL} / nm	FWHM / nm	PLQY / %
x=1.00	6.03	535	23.3	92.2
x=0.95	5.99	534	23.2	84.2
x=0.90	5.97	533	23.5	87.0
x=0.85	5.97	532	24.1	84.9
x=0.80	5.96	531	24.5	84.7
x=0.75	5.95	531	23.4	82.0
x=0.70	5.95	530	23.9	84.5
x=0.65	5.94	530	23.5	78.4

【参考文献】 [1] J. Shamsi et al., *Chem. Rev.*, **2019**, 119, 3296-3348. [2] Z. Yang et al., *Adv. Mater.*, **2016**, 28, 8990-8997