アダマンタンジアミンを用いた配位子交換による青色ペロブスカイト量子ドットLEDの高効率化

Highly Efficient Blue Light-Emitting Device by Ligand Exchange Perovskite Quantum-Dot with Adamantanediamine

°石川翔太[1]、千葉貴之[1,2,3]、佐藤純[1]、高橋佳人[1]、江部日南子[1]、大久哲[1,2,3]、城戸淳二[1,2,3]
（1. 山形大院有機、2. 山形大有機エレ研セ、3. 山形大有機材料セ）
°Shota Ishikawa[1], Takayuki Chiba [1,2,3], Jun Sato [1], Yoshihito Takahashi [1], Hinako Ebe [1],
Satoru Ohisa [1,2,3], Junji Kido [1,2,3]
(1. Grad. Schl. of Org. Mater. Sci., Yamagata Univ., 2. Research Center for Organic Electronics,
3. Frontier Center for Organic Materials)
Email: tsc44834@st.yamagata-u.ac.jp

【緒言】全無機型ペロブスカイト量子ドット($CsPbX_3$, X = Cl, Br, or I)は、シャープな発光スペクトルと溶液状態での高い発光量子収率(80%以上)を示し、ハロゲンアニオン組成制御による全可視領域の発光波長を再現することができる(1)。発光デバイス(LED)への応用も盛んに行われており、緑色では 10%、赤色においては 20%を越える外部量子効率を達成している(2,3)。しかし、青色の価電子帯(VB)は 6 eV よりも深いためホールの注入が困難であり、薄膜状態における PLQY が緑色や赤色に比べて低いことが課題である。本研究では、籠状の構造をもつアダマンタンジアミン(ADDA)を用いて青色ペロブスカイト量子ドット $CsPb(Br/Cl)_3$ の配位子交換を行い、青色ペロブスカイト量子ドット LED の高性能化を目的した。

【実験方法】ハロゲンの組成比を調整し、ホットインジェクション法によって発光波長の異なる $CsPb(Br/Cl)_3$ (Br : Cl = 6 : 5, 5 : 3)を合成した。再沈殿法による洗浄後、トルエンに分散させ ADDA を用いて配位子交換を行った(Figure 1. (a))。薄膜状態の光学特性を評価し、デバイスへと応用した[ITO / PEDOT:PSS, Nafion (40 nm) / TFB (20 nm) / $CsPb(Br/Cl)_3$ / TPBi (30 nm) / Liq (1 nm) / Al (100 nm)]。

【結果・考察】配位子交換前後の 2 種類の $CsPb(Br/Cl)_3$ は、それぞれ発光波長 456 nm、470 nm を示し、、非常に狭い半値幅 15 nm を有する純青色発光を示した。ADDA への配位子交換により、PL 強度および PLQY の向上を確認した(Figure 1. (b))。ADDA のプロトン化したアミンが結晶表面の欠陥を不動態化したためだと考えられる。得られた $CsPb(Br/Cl)_3$ をデバイスに応用したところ、ADDA を用いて配位子交換した $CsPb(Br/Cl)_3$ の最大外部量子効率は、青色発光(470 nm)においては 0.27%から 0.87%、純青色発光(456 nm)では 0.03%から 0.49%へと向上した(Figure 1. (c))。

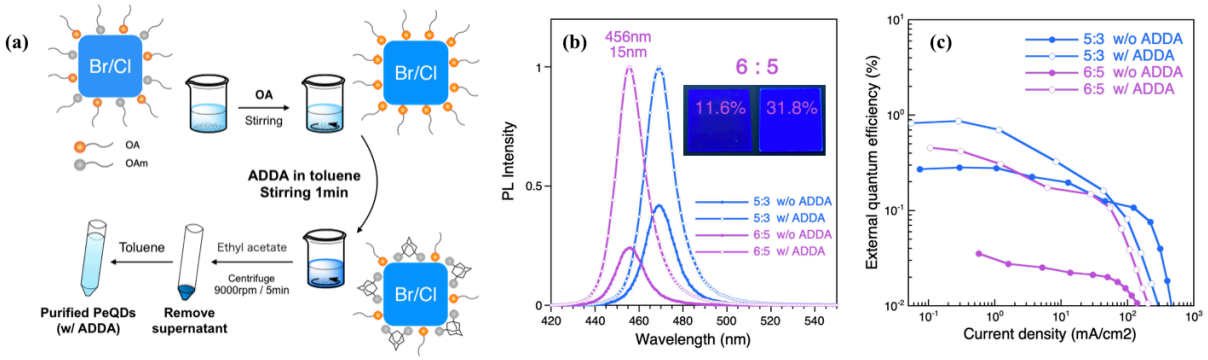

Fig. 1. (a)配位子交換の方法, (b)$CsPb(Br/Cl)_3$の光学特性, (c)電流密度–外部量子効率

【結論】本研究では、ホットインジェクション法により合成した $CsPb(Br/Cl)_3$ をアダマンタンジアミンにより配位子交換することで、薄膜状態での発光強度および PLQY の向上を確認した。また、得られた試料をデバイスに応用したところ、輝度と外部量子効率が向上し、高効率化を達成した。

【参考文献】(1) L. Protesescu, S. Yakunin, M. I. Bodnarchuk, F. Krieg, R.Caputo, C. H. Hendon, R. X. Yang, A. Walsh, and M. V. Kovalenko, *Nano Lett.*, **15**, 3692 (2015). (2) J. Song, J. Li, L. Xu, J. Li, F. Zhang, B. Han, Q. Shan, and H. Zeng, *Adv. Mater.* **30**, 1800764 (2018). (3) T. Chiba, Y. Hayashi, H. Ebe, K. Hoshi, J. Sato, S. Sato, Y. J. Pu, S. Ohisa, and J. Kido, *Nat. Photon.* **12**, 681-687 (2018).

© 2020年 応用物理学会