

Ag-In-Ga-S 量子ドットの発光特性制御と LED への応用

Control of the Photoluminescence Properties of Ag-In-Ga-S Quantum Dots

and Their Applications to LEDs

名古屋大院工 ○鳥本 司

Nagoya Univ., °Tsukasa Torimoto

E-mail: torimoto@chembio.nagoya-u.ac.jp

量子ドットは、量子サイズ効果によって粒径に依存した光電子特性をもち、新規発光材料やエネルギー変換材料への応用を目指して活発に研究されている。特に、CdSe や CdTe などの二元量子ドットは、先鋭な発光ピークを示すとともに、その発光色が粒径によって変化することから、量子ドット LED (QD-LED) の発光層への利用が試みられている。しかし Cd などの高毒性元素が含有されており、広範囲な実用化は期待できない。一方、私たちは、比較的低毒性な元素から構成される I-III-VI 族量子ドットに着目し、その液相化学合成条件を精密に制御することで発光特性を変調できることを見出した(1-3)。本講演では、特に I 族元素として Ag からなる I-III-VI 族量子ドットについて、粒子の化学組成制御による発光ピークの先鋭化と、QD-LED への応用について述べる(4-7)。

Ag-In-Ga-S (AIGS) 量子ドットは、対応する金属塩と硫黄化合物をオレイルアミン/ドデカンチオール混合溶媒中で 300 °C で加熱することにより作製した(3,4)。得られた量子ドットは、粒径が約 5 nm の球状粒子であり、その組成は、前駆体として用いる金属塩中の Ga/In 比を変化させることにより制御できた。AIGS 量子ドットのエネルギーギャップ (E_g) は、粒子中の Ga 含有率の増加とともに 2.07 eV から 2.83 eV に増大した。

得られた AIGS 量子ドットは、シャープなバンド端発光ピークとブロードな欠陥発光ピークを示した。そこで、より E_g の大きな GaS_x シェルで粒子表面を被覆して AIGS@ GaS_x コアシェル量子ドットを作製した。得られた量子ドットは、シャープなバンド端発光ピークのみが観察できた。このことは、AIGS 表面に存在する欠陥準位が GaS_x 被覆によって除去されるとともに、量子ドットのもつ Type-I のヘテロ構造によって光励起電子と正孔が AIGS コア中に閉じ込められたためである。

図 1 に異なる Ga/In 比をもつ AIGS@ GaS_x コアシェル量子ドットの発光スペクトルを示す。いずれもシャープなバンド端発光が観察され、そのピーク波長は粒子中の Ga 含有率が大きくなるにつれ 590 nm から 446 nm へと短波長にシフトした。特に、In を含まない Ag-Ga-S 量子ドットは 446 nm に鮮明な青色発光を示し、その発光ピークの半値幅は 22 nm と非常に狭いものであった。

AIGS@ GaS_x 量子ドットを発光層とし、電子輸送層 (ZnMgO) と正孔輸送層 (TCTA) でサンドイッチすることで QD-LED を作製した(4-7)。いずれの量子ドットを用いた LED も、外部量子収率が 1% 程度と低いものの発光 (EL) し、量子ドットに由来するシャープなバンド端発光ピークを示した。

【参考文献】 (1) T. Torimoto, *et al.*, *J. Photochem. Photobiol. C-Photochem. Rev.* **2023**, *54*, 100569. (2) T. Uematsu, *et al.*, *NPG Asia Mater.* **2018**, *10*, 713. (3) T. Kameyama, *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2018**, *10*, 42844. (4) M. Tozawa *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2024**, *16*, 68169. (5) C. Jiang, *et al.*, *J. Chem. Phys.* **2023**, *158*, 164708. (6) M. Tozawa, *et al.*, *Nanoscale Adv.*, **2023**, *5*, 7057. (7) G. Motomura, *et al.*, *Adv. Physics Res.*, **2024**, *3*, 2400042.

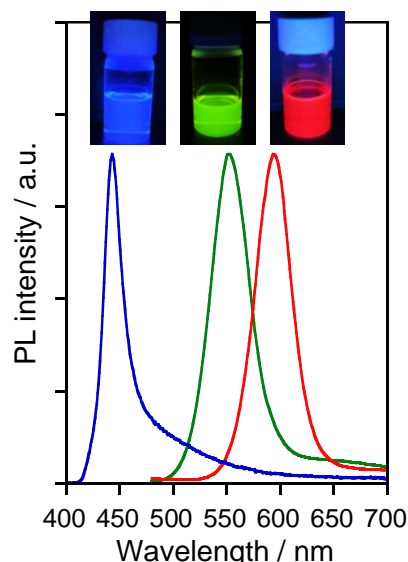


Fig. 1 PL spectra of Ag-In-Ga-S@ GaS_x QDs with different Ga fractions. (Insets) Photographs of the photoluminescent solutions containing corresponding QDs.