発光特性改善のための量子ドット表面修飾

Surface Engineering of Colloidal Quantum Dots for the Improvement of Photoluminescence Properties

阪大院工　上松 太郎

Osaka Univ.　Taro Uematsu

E-mail: t-uematsu@chem.eng.osaka-u.ac.jp

広い吸収帯域と半値幅の狭い発光を特徴とするコロイド状半導体量子ドットは、ここ数年で青色 LED の波長変換用蛍光体として利用されるようになった。結晶性や組成コントロール、欠陥の有無などコア材料そのものに注目が集まりがちであるが、数ナノメートルの粒子において表面に露出した原子が占める割合の高さを考えると、表面配位子やシェルを含む表面の微細構造が量子ドットの電子物性、光学特性の大部分を左右すると言っても過言ではない。配位子はコロイド状態の維持に欠かせないものであると同時に、絶縁体として励起子閉じ込めの一翼を担っている。

例えば配位子の密度が合成後の保管条件によって変化することは、量子ドットの合成を行う研究者が感覚的に理解していることである。ところが配位子が脱離後も溶液中に留まるため、どれだけ吸着しているかを定量的に評価するのは意外と大変である。私はこの問題に対して、電子受容性の物質を添加したときに発生する蛍光クエンチを観測する方法を提案した（Fig. 1a）[1]。配位子の吸脱着に関する数学モデルを構築し、消光剤となる分子を加えた際の一連の蛍光強度変化について統計学的に説明することに成功した。

最近は非カドミウム系量子ドットの発光特性改善に取り組み、硫化銀インジウム量子ドット発光特性の大幅改善に成功した[2]。同量子ドットをアモルファス性の III-VI 族の半導体でコーティングすることにより、課題であった欠陥遷移によるスペクトル半値幅の広い発光を除去し、バンド端発光を得ることに成功した（Fig. 1b）。表面修飾によって発光スペクトルが完全に変化しており、量子ドットの表面操作の重要性を示す例としても興味深い。

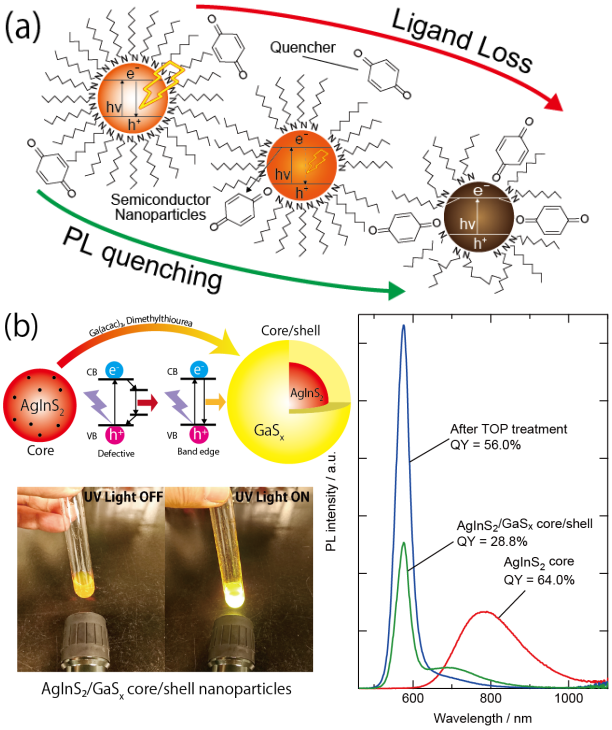

Figure 1. (a) Ligand condition investigation by photoinduced electron transfer, and (b) band-edge emission from $AgInS_2$ nanoparticles by surface passivation with GaS_x and phosphines.

[1] T. Uematsu, E. Shimomura, T. Torimoto, S. Kuwabata, *J. Phys. Chem. C* **2016**, *120*, 16012.

[2] T. Uematsu, K. Wajima, D. K. Sharma, S. Hirata, T. Yamamoto, T. Kameyama, M. Vacha, T. Torimoto, S. Kuwabata, *NPG Asia Materials* **2018**, *10*, 713.

© 2019年 応用物理学会