

π -共役分子を配位子とする PbS コロイド量子ドット薄膜の電気伝導測定

Electronic Transport Properties of PbS Colloidal Quantum Dot Assembly

Crosslinked by π -Conjugated Molecular Ligands

○渡邊伊吹¹, 劉利明¹, Satria Z. Bisri², Ian Johnson³, 石田康博², Jeremy Burroughes², 岩佐義宏^{1,2}

Univ. Tokyo¹, RIKEN-CEMS², Cambridge Display Technology - UK³

E-mail: watanabe@mp.t.u-tokyo.ac.jp, satria.bisri@riken.jp

量子ドットとは半導体のナノ粒子であり、量子閉じ込め効果に由来して電子や正孔の離散的な準位や粒径に依存したバンドギャップが形成されるという特徴的材料である。無機半導体のドットの表面を覆うように有機分子の配位子を付着させることで、有機溶媒中にコロイドとして合成させたコロイド量子ドット (CQD) は、溶液プロセスによるデバイス作製が可能であるため、量子ドットの特徴を利用した光電デバイスや熱電デバイスなど、さまざまなデバイス応用が期待されている。

コロイド量子ドットを薄膜化してデバイス化した場合は、量子ドットそのものだけではなく、ドットの表面を覆う配位子の性質も、薄膜物性に大きく影響を与える。とくに、合成の際にドットを覆う配位子は、ドット間の電気伝導を阻害し、薄膜を絶縁体にしてしまうため、量子ドット薄膜に伝導性を付与するには別の配位子に配位子置換を行う必要がある¹⁾。高い電気伝導度を実現する配位子としては、隣接する量子ドットを架橋するように2座の配位子となる分子や、短い分子やイオンなどが知られている。一方、短い分子を配位子とした場合には、リガンド交換を行う際に量子ドットの配列が乱れてしまったり、ドット間の波動関数の重なりが大きくなることで量子閉じ込め効果が小さくなったりしてしまう、といった影響があらわれる。近年、共役系をもつ分子を配位子にすることで高い電気伝導度の実現が報告されており²⁾、先述した短い配位子による影響を避けながら、高い電気伝導度を付与できると期待されている。しかし、そのような配位子を用いた研究は少なく、数例が報告されているのみである。

そこで、本研究では、PbS コロイド量子ドット薄膜をチオフェンからなる π 共役系を含む分子で配位子置換した薄膜を作製し、トランジスタ構造によってその電気伝導特性を測定した。特に、配位子として、チオフェンが鎖状につながった構造を持つ長さの異なる複数の分子³⁾を用いることで、共役系を持つ分子を配位子としたときの配位子長とキャリア移動度の関係を系統的に評価した (図1)。その結果、今回用いた共役系分子配位子では、共役系をもたない分子の配位子の場合⁴⁾に比べ、配位子長が長くても高い電気伝導性を持つ傾向にあることを発見した。これは、共役系分子配位子において量子ドット間のポテンシャル障壁が小さいことが理由として考えられる。この量子ドットと共役分子配位子の組み合わせは、強い量子閉じ込め効果によって性能の飛躍的な向上が見込まれ、太陽電池や熱電デバイス等への応用が期待される。

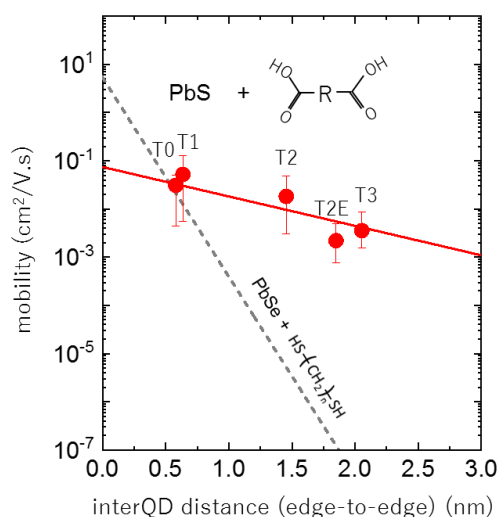


Figure 1 The carrier mobility of the PbS QD assemblies as a function of the inter QD distance. The solid circles represent the experimental results. The solid and dash lines show trends for the present results on PbS-thiophene ligands and PbSe QD with conventional ligands, respectively.

- Ref:**
- 1) S. Z. Bisri, et. al., *Adv. Mater.* 25, 4309 (2013)
 - 2) L. Liu, et al, *ACS Appl. Nano Mater.*, 1, 5217 (2018)
 - 3) S. Z. Bisri, et al. Patent Pending, US 62/809519
 - 4) Y. Liu, et al., *Nano Lett.*, 10, 1960 (2010).