

シェル厚の制御による緑色 InP 量子ドットの光学特性改善

Improvement of optical property of green InP-based quantum dots by controlling shell thickness

シャープ¹, 東大ナノ量子機構² °土江貴洋¹, 有田宗貴², 岩田昇¹, 和泉真¹, 荒川 泰彦²

Sharp¹, NanoQuine, Univ. of Tokyo², °Takahiro Doe¹, Munetaka Arita²,

Noboru Iwata¹, Makoto Izumi¹, Yasuhiko Arakawa²

E-mail: doe.takahiro@sharp.co.jp

量子ドット(QD)を発光層材料とした量子ドット発光ダイオードは、半値幅の狭い発光スペクトルにより高色域かつ低消費電力の自発光ディスプレイへの応用が期待されている。環境対応の Cd フリーの QD 材料として報告例の多い InP QD において、発光素子の電流発光効率である外部量子収率(EQE)を比較した場合、InP Red QD は理論限界に近い EQE が報告されている一方、InP Green QD は未だ改善の余地がある[1]。本報告では InP Green QD 内の量子閉じ込め状態を InP Red QD と比較し、QD のコア-シェル構造制御による発光特性の改善を検討した。

QD 表面を保護する配位子(リガンド)が剥離した際に生じる表面欠陥は、非発光遷移過程へ寄与し、QD の発光効率を低下させることが報告されている[2]。さらに InP Green QD は InP Red QD よりもバンドギャップが大きいので、コアからシェルへの波動関数の染み出し、及びシェル内における電子存在確率が高いと報告されていることから、表面欠陥の影響を受けやすいことが予想される[3]。本報告では図 1 に示すような InP QD のシェル構成において QD 内の電子存在確率を計算し、特に表面欠陥を介した非発光遷移に関連する指標として、図 2 に示すようにシェル表面における電子存在確率をシェル厚に対して見積もった。これよりシェル表面の電子存在確率を InP Green QD において InP Red QD と同等まで低減するために約 1 nm のシェル厚増加が必要であると示された。本報告では InP Green QD において同一のコアを用い、シェル厚を 1.75 nm から 2.90 nm へと増加させた二種類の QD を比較した。ともにコロイド分散溶液中で 70%程度の PL 量子収率を示すが、塗布薄膜状態での PL 発光寿命はコロイド溶液と比べ 0.56 倍から 0.63 倍へと改善され、外部の影響を受けにくい QD であることが示された。InP Green QD を用いた発光素子の特性改善にはシェル厚の増加が有効であると考えられる。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP12004)の結果得られたものです。

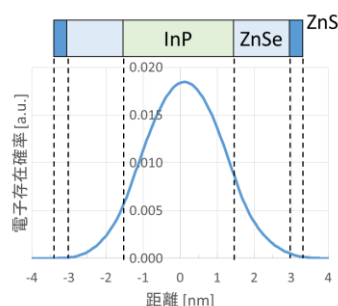


図 1 InP QD 内の電子存在確率

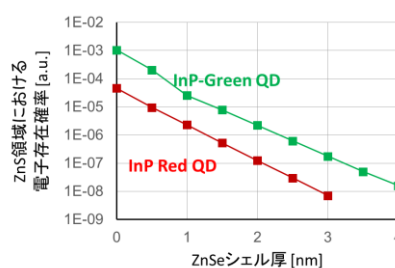


図 2 InP Green, Red QD における最表面に位置する ZnS 領域の電子存在確率の ZnSe シェル厚依存性

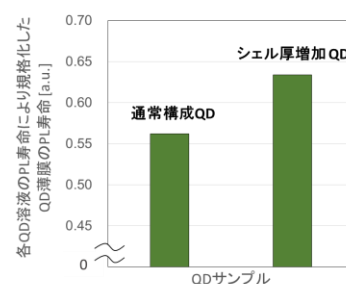


図 3 各 QD 溶液の PL 寿命により規格化した QD 薄膜の PL 寿命

[1] C. Ippen, *et al.*, SID 2020 Digest, 858. [2] N. Kirkwood, *et al.*, J. Am. Chem. Soc. **140** (2018) 15712.

[3] E. Jang, *et al.*, ACS Energy Lett., **5** (2020) 1316.