

不純物ドーピングシリコン量子ドットの単一ドット分光

Single Dot Spectroscopy of Doped Silicon Quantum Dots

神戸大院工¹, カレル大², °管野 天¹, 杉本 泰¹, Anna Fucikova², Jan Valenta², 藤井 稔¹

Kobe Univ.¹, Charles Univ.², °Takashi Kanno¹, Hiroshi Sugimoto¹, Anna Fucikova², Jan Valenta²,

Minoru Fujii¹

E-mail: fujii@eedept.kobe-u.ac.jp

シリコン(Si)量子ドットは光電子デバイスへの応用だけでなく、その環境親和性の高さから生化学分野における蛍光マーカーとして近年期待されている。Si 量子ドットにおける発光特性は粒子サイズや表面状態、不純物ドーピングによって大きく制御可能である。特に不純物ドーピングは Si 量子ドットのエネルギー準位構造に加えて、表面状態を変化させることができる。当研究室ではホウ素とリンの同時ドーピングによって、有機分子修飾無しに極性溶媒中で分散する Si 量子ドットコロイドの開発に成功している[1]。この不純物ドーピング Si 量子ドットは 0.85 から 1.8 eV までの広いエネルギー範囲で粒子サイズに依存した発光を示す。発光には、ドナー、アクセプター準位が関与していると考えられる[2]。一般に、Si 量子ドットの光学特性評価は多数の量子ドット集合体に対して行われるため、量子ドットのサイズや形状、表面状態などのばらつきによる不均一広がりを持つ。よって、量子ドットのエネルギー準位構造に関する理論計算結果との厳密な比較は困難である。本研究では不均一広がりを取り除く方法として、単一ドット分光法に着目した。単一 Si 量子ドットからの発光スペクトルを多数測定し、その発光エネルギーと発光線幅の分布について評価することを目的とする。

測定試料は希薄な Si 量子ドットコロイド(~1 µg/mL)を石英基板上に滴下することで作製し

た。図 1 に単一 Si 量子ドットの規格化した発光スペクトルおよび集合体の発光スペクトルを示す。単一ドットの発光スペクトルの分布は集合体のスペクトルの範囲内であり、集合体の発光スペクトルは個々の量子ドットの発光の重ね合わせで構成されていることがわかる[3]。単一ドット測定における不純物ドーピング Si 量子ドットの発光線幅は平均~250 meV であり、不純物を含まない Si 量子ドットの発光線幅(~100 meV)に比べて 2 倍程度ブロードである。講演では低温条件下(77 K)における単一ドット発光測定結果を示し、不純物が発光特性に与える影響について議論する。

[1] M. Fujii *et al.*, *Nanotechnology* **27**, 262001 (2016). [2] Y. Hori *et al.*, *Nano Lett.* **16**, 2615 (2016). [3] T. Kanno *et al.*, *J. Appl. Phys.* **120**, 164307 (2016).

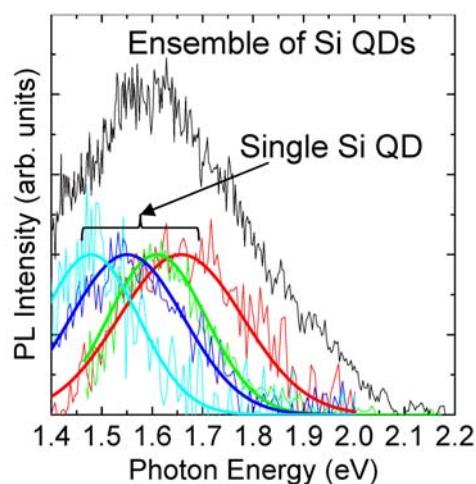


図 1. 単一 Si 量子ドットの規格化した発光スペクトルと量子ドット集合体の発光スペクトル。