

コロイド状半導体量子ドットにおける 増幅キャリア抽出法の新開発

Development of a New Method for Multiple Exciton Extraction

from Colloidal Semiconductor Quantum Dots

九工大院工¹, 九工大工² ◯小田 勝¹, 西行 響², 赤木 啓人¹

Grad. Sch. of Eng.¹, Faculty of Eng.², Kyushu Inst. of Tech.,

◯Masaru Oda¹, Hibiki Saigyo², Hitoto Akagi¹

E-mail: odamasa@mns.kyutech.ac.jp

半導体量子ドットは、1つの光子の照射により多数個の励起子が生成される MEG (Multiple Exciton Generation) 現象を示すことから、高い光電変換効率を持つ次世代太陽電池材料の候補として注目されている。MEG の研究がこれまでに最も実施されてきた系の1つが、表面を有機分子で覆われたコロイド状半導体量子ドットであり、その原理や増幅効率などの物性の解明が進んでいる[1]。ただし現状では、MEG により生成された励起子を形成する電子や正孔を実際に抽出し、電気エネルギーとして効率良く利用することは難しい。抽出までに電子や正孔が衝突・散乱したり、抽出後に外部電極まで伝搬する過程で、電子や正孔が捕獲・散乱されたりすることにより、熱損失となりやすいからである。

一方、我々はこれまで、コロイド状量子ドットを金属微小光共振器の中に入れたときに観測される、励起子の発光寿命が高速化する効果（パーセル効果[2]）について研究してきた[3]。本研究では、このような微小光共振器により得られる発光寿命の高速化効果を利用し、MEG により増幅した励起子を、光として高速に取り出すことで熱損失を回避する、新しいキャリア抽出法の提案を行う。

発表では、この抽出法の動作原理について説明するとともに、数値計算に基づいて、共振器 Q 値（共振器の性能を示す指標）の増加とともに抽出率の増加が期待でき、Q 値が 500 を超えると 90%以上の高い抽出率が見込まれることを説明する。また、その実現に向けて、2枚の誘電体多層膜鏡とコロイド状 CdSe 系量子ドットを用いて素子を試作した結果を示す。反射・発光スペクトルの光入射角度依存性の測定により、量子ドットの発光エネルギーに共鳴できる、Q 値が 50 程度の微小光共振器構造が形成できたことを確認した。発光寿命の高速化効果の測定結果を踏まえ、現時点までの成果と課題、および、今後の展望を議論する。

[1] C. Smith and D. Binks, *Nanomaterials* **4**, 19 (2014).

[2] E. Purcell, *Phys. Rev.* **69**, 681 (1946).

[3] M. Oda, H. Kazita, Y. Obara, and T. Tani, *Phys. Stat. Sol.* **C8**, 423 (2011).