

ドレスト光子を用いた波長変換薄膜のための ZnO 量子ドットの作製

Fabrication of ZnO-QDs for a wavelength conversion film using a dressed photon

東大工, °川添 忠, 松江清美, 大津 元一

Univ. of Tokyo, °Tadashi Kawazoe, Matsue Kiyomi, and Motoichi Ohtsu

E-mail: kawazoe@ee.t.u-tokyo.ac.jp

現在、太陽電池の主役であるシリコン光電変換素子は波長 550-650nm 付近で最大の量子効率を示し、太陽光は 500nm より短波長の光を約 20%含むので、この成分を 550-650nm に波長変換すれば、太陽電池の効率は+2~4%向上すると予測される。そこで我々は Si 太陽電池効率向上を目的に波長変換薄膜の作製を行っている(Fig.1)。この薄膜は安価で資源の豊富な酸化亜鉛量子ドット(ZnO-QD)と DCM 色素分子を含有し、ドレスト光子(DP)を介したエネルギー移動[1]によって高効率な波長変換素子[2]として機能する。

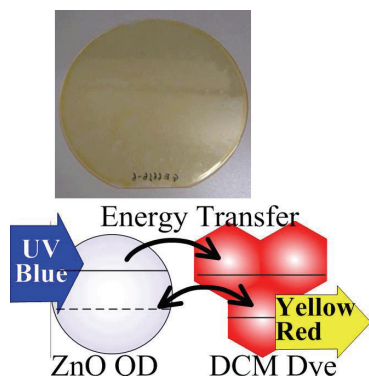
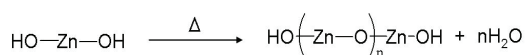
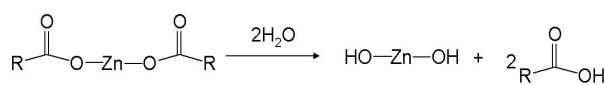


Fig.1. A wavelength conversion film and energy transfers between ZnO-QD and DCM dye contained in the film.

波長変換薄膜は Si 樹脂製であり、平均直径 3-5nm の ZnO-QD が 10^{17-18} 個/cm³ の密度で、DCM 色素が 3~5mg/cm³ の濃度で分散されている。このような波長変換膜を市販シリコン太陽電池に貼り付け約+1% (効率 20%太陽電池が 21%になることに対応)の効率向上をソーラーシミュレータにより確認している[3]。

これまで波長変換膜に混合する ZnO-QD はゾルゲル法によって作製された材料を利用していた。しかし、ゾルゲル法による量子ドット作製は室温や用いる薬品の鮮度などにより大きく特性が変化すること、化学的に不純物を分離抽出しているため、不純物が多いこと、多量の溶剤を用い、作製に時間がかかることなどの問題があった。そこで今回 ZnO 錯塩溶液を直接シリコン樹脂に混合し ZnO-QD を作製することを試みた。



ZnO 錯塩溶液が ZnO になる化学的過程は上記のよ

うな化学式で表される反応である。

この反応において加水分解や、脱水重合が起こることが通常この反応過程に必要な温度は 500°C 程度である。しかし、熱硬化型のシリコン樹脂が硬化する過程でも脱水重合反応等が起こるので、シリコン樹脂が触媒となり ZnO 結晶成長の促進が期待される。

そこで市販の 2 液混合熱硬化型シリコン樹脂に 14.9%の ZnO 錯塩溶液を研和混合し、薄膜を形成した。なお、シリコン樹脂を硬化させた温度は 130°C であった。Fig.2 に作製したシリコン樹脂膜の吸収スペクトルを示す。ZnO-QD に起因する吸収を確認し、研和時間や温度により吸収端波長が制御可能であることを確認した。また X 線小角散乱法を用い、内部に析出したと思われる ZnO-QD の平均寸法を計測した。図中の数字は吸収および X 線小角散乱法によって得られた ZnO-QD の平均粒径であり量子サイズ効果のため小さくなるほど高エネルギーシフトしている。また、発光スペクトルや励起スペクトルによっても ZnO-QD の成長が確認された。

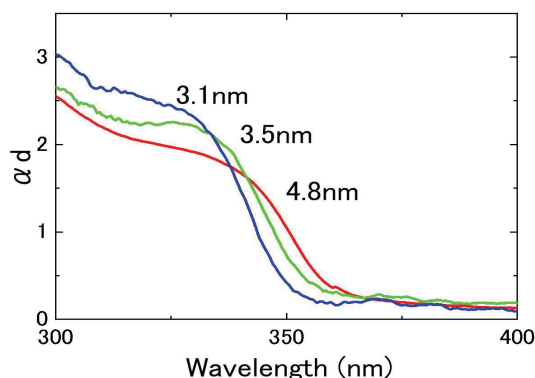


Fig.2. Absorption spectra of Si resin film containing ZnO-QDs.

本研究は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の資金を基に、平成 24 年度に受託した開発課題「ドレスト光子利用太陽電池技術の研究開発」に関するものである。

[1] T. Kawazoe et al., Phys. Rev. Lett., **80**, 2257 (2002).

[2] 太田他、2009 年春 応用物理学会、31a-H-6.

[3] 川添他、2013 年春応用物理学会、28p-A1-11.