

太陽電池のためのドレスト光子利用波長変換薄膜中の ZnO 量子ドットの寸法制御

Size control of ZnO quantum dots in a wavelength conversion film
using a dressed photon for a solar cell

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結晶系シリコン(Si)光電変換素子は太陽光スペクトルに最適化され、波長 550~650nm 付近で最大の量子効率を持つように作製されている。例えば効率 20% の Si 系太陽電池に対し、より短波長な太陽光成分を波長変換すれば、その効率は +2% 程度向上すると見積もられる。この値は 10 年間で +5% の効率向上を目標値とする「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)」において小さい値ではない。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)[1-3]。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によって高効率な波長変換素子として機能する[4]。

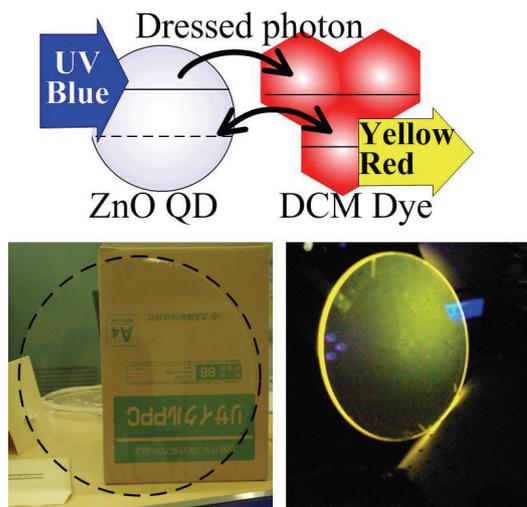


Fig.1. Principle of the wavelength conversion using energy transfers via dressed photons between ZnO-QD and DCM dye and the fabricated conversion film on the glass substrate with 300mm diameter.

波長変換薄膜中には ZnO-QD が 10^{17-18} 個/cm³ の密度で、DCM 色素が $3\sim 5$ mg/cm³ の濃度で分散されている。膜厚は 10 μ m 程度であり、Fig.1 の写真に示すように可視帯域ではほぼ透明であるが、紫外～青の光照射によって中心波長 550nm で強く発光する波長変換特性を持つ。これをシリコン太陽電池に設置し最大で +2.3% (効率 20% 太陽電池が 22.3% になることに対応) の効率向上を我々及び外部機関*で確認した。

波長変換膜に分散させる ZnO-QD は ZnO 錯塩溶液とシリコン樹脂の混合によって成長すること、この反応にはシリコン樹脂が触媒として機能している可能性などを前回指摘した[3]。前回までは市

販の 2 液混合熱硬化型シリコン樹脂に ZnO 錯塩溶液のみによる ZnO-QD 作製を行っていたが、今回はこれにヘキサアン酸亜鉛を混合することでより寸法の大きい量子ドット成長に成功した。

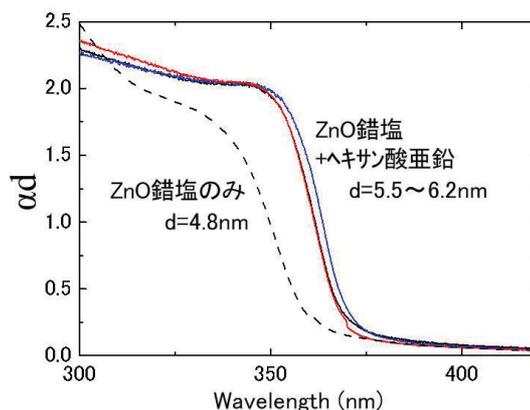


Fig.2. Absorption spectra of Si resin films containing ZnO-QDs.

ZnO 錯塩溶液とヘキサアン酸亜鉛を混合したシリコン樹脂を 140°C にて硬化させ作製した薄膜の吸収スペクトルを Fig.2 に示す。図中破線は ZnO 錯塩のみで作製された ZnO-QD に起因する吸収である。実線で示されるようにヘキサアン酸亜鉛の混合の結果、量子ドット寸法が大きくなり、吸収端が長波長側へシフトしている。なお、ヘキサアン酸亜鉛のみでは ZnO-QD に起因した吸収は現れなかった。

Fig.2 で示した 300~400nm の波長帯域における量子ドットの吸収波長は太陽電池用波長変換膜の性能を大きく左右し、本手法による吸収波長制御はより高性能な波長変換膜作製に有用であると考えている。

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。また、本研究にご協力頂いた東京応化工業(株)の館俊聡氏、高木利哉氏、藤本隆史氏、岩井武氏、松本理恵氏に感謝致します。

- [1] 太田他、2009 年春 応物講演会, 31a-H-6.
- [2] 川添他、2013 年春 応物講演会, 28p-A1-11.
- [3] 川添他、2013 年秋 応理講演会, 18p-C14-16.
- [4] T. Kawazoe et al., Phys. Rev. Lett., **80**, 2257 (2002).

* 一般財団法人 電気安全環境研究所 (JET).