

高光学密度な半導体ナノ粒子膜の堆積による太陽電池特性制御 Modification of solar cell characteristics by depositing semiconductor nanoparticle films with high optical density

○粟井啓伍¹, 井筒由紀¹, 梁剣波¹, 西村悠陽¹, 金大貴¹, 沈用球², 重川直輝¹ (1. 大阪市大工, 2. 大阪府大工)

○K. Awai, Y. Idutsu, J. Liang, H. Nishimura, D.G. Kim, Y.G Shim, and N. Shigekawa

(1.Osaka City Univ., 2.Osaka Prefecture Univ.)

E-mail: m21tb003@jf.osaka-cu.ac.jp

【はじめに】我々は波長変換機能 [1] を有する半導体ナノ粒子を堆積することによりプロセス後の太陽電池の特性向上を目指している。これまでに様々な半導体ナノ粒子を Si 太陽電池表面へ堆積し、特性向上 [2][3] を報告するとともに、波長変換機能の定量化のためのナノ粒子膜の光学特性評価の必要性 [4] を指摘している。今回我々は、sol-gel ガラスを用いて高光学密度の ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子を Si 太陽電池上に堆積し、このナノ粒子膜の光学特性を評価、そして波長変換機能による量子効率の変化を検証した。

【手法】 ZnSe/ZnS:Mn/ZnS ナノ粒子 (最大発光量子効率 84%) [1] を水熱合成法によって作製した。同ナノ粒子を sol-gel ガラスに分散し、石英ガラスに塗布した。分散前のナノ粒子溶液の波長 370 nm における光学密度 (OD) は 1.0、5.0、12 の三水準である (いずれも設定値)。sol-gel ガラスの光学特性を測定し、屈折率 n 、消衰係数 k を評価した。同一条件で作製した sol-gel ガラスを簡易的な手法で作製した n-on-p 型 Si 太陽電池に塗布し、その分光感度特性を測定した。更に、「sol-gel ガラス ($0 < z < d$, d : 膜厚) の中央部 ($z = d/2$) において波長変換が起こる」「波長変換後の光はインコヒーレントである」「波長変換後の光が界面で反射を繰り返しながら伝搬する」と仮定して sol-gel ガラスから Si 太陽電池への波長変換後の光の伝搬モデルを構築し (Fig. 1)、太陽電池特性の測定結果との比較を行った。

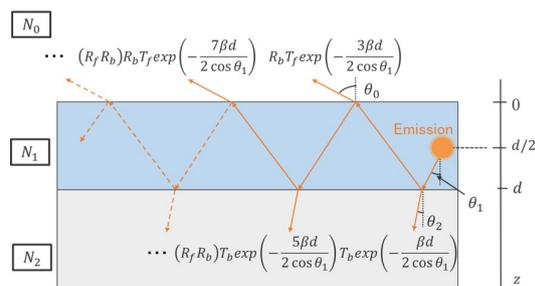


Fig. 1: A model of transmission of downshifted photons.

【結果と考察】石英基板上 sol-gel ガラスの n 、 k の波長依存性を Fig. 2(a) および (b) に示す。試料間で n に有意な差は認められなかった。この結果は sol-gel ガラス中のナノ粒子の濃度が十分小さいことを示す。

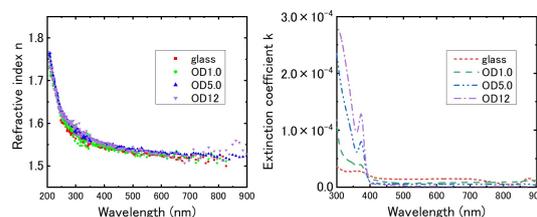


Fig. 2: (a) Refractive index and (b) extinction coefficient spectra of sol-gel glass films with ZnSe/ZnS:Mn/ZnS nanoparticles.

Fig. 3(a) に各太陽電池における外部量子効率 (EQE) の測定結果を示す。上記モデルと n 及び k の測定結果を用いて計算された EQE をあわせて同図 (b) に示す。< 400 nm の波長域において、測定、計算のいずれにおいてもガラス層の OD の増加に伴い EQE は上昇した。両者の定量的な不一致は、 k を大きく見積もっていることによる可能性がある。

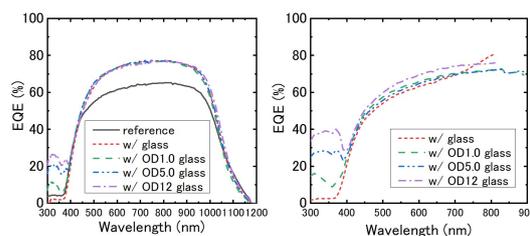


Fig. 3: (a) Experimental and (b) calculated EQE spectra of Si cells with ZnSe/ZnS:Mn/ZnS nanoparticles.

【参考文献】

- [1] H. Nishimura, et al. J. Mater. Chem. C, vol. 9, pp. 693-701 (2021).
- [2] 井筒 等 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 14p-PB2-9(2020).
- [3] 井筒 等 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-E204-11(2019).
- [4] Y. Idutsu, et al. 2020 IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2020, 234.