

平坦光散乱基板による薄膜 GaAs 太陽電池の光吸収増強

Light absorption enhancement in thin GaAs solar cells using FLiSS

産総研 齋 均, 水野 英範, 牧田 紀久夫, 松原 浩司

AIST Hitoshi Sai, Hidenori Mizuno, Kikuo Makita, Koji Matsubara

E-mail: hitoshi-sai@aist.go.jp

【はじめに】III-V 族化合物半導体を用いた多接合型太陽電池は、現時点で最も高い発電効率を実現している。しかし、一般に基板が高価であるため、基板の再利用を前提とした剥離・接合技術により安価な Si 太陽電池と組み合わせるなど、異なる材料系との多接合型太陽電池も検討されている。一方、剥離して薄膜太陽電池化することにより、成長基板による光吸収損失が抑制されるため、発電効率の向上が期待できる[1]。しかし、薄膜化すればバンドギャップ近傍で光吸収が不足するため、それを補うための裏面反射構造が必要とされる。これまでに我々は、光吸収が小さい Si 系薄膜太陽電池の光吸収増強の手段として、表面が平坦でありながら光散乱効果をもたらす平坦光散乱基板 (FLiSS) を開発してきた[2]。FLiSS は屈折率の異なる複数の導電性誘電体からなる回折格子で、平坦な裏面反射構造を上回る光吸収増強効果が期待できる。今回、FLiSS を III-V 族化合物半導体として最も一般的な GaAs 太陽電池へ適用することを試みたので報告する。

【実験】時間領域差分法 (FDTD) 法による光学計算で、薄膜 GaAs 太陽電池で高い光吸収増強効果をもたらす FLiSS の探索を行った。次いで、実際に FLiSS 基板の作製と薄膜 GaAs 太陽電池への適用を行った。FLiSS 基板は解析結果を元に実験的に実現できる a-Si (屈折率 $n = 3.6$) と InZnO ($n = 2$) の回折格子構造とした。薄膜 GaAs 太陽電池はリフトオフ法で成長基板から剥離し、Pd ナノ粒子を介在させるスマートスタック法[3]で FLiSS 基板と接合させた。参照として平坦な Ag 面に対しても接合を行い、量子効率スペクトルを評価した。

【結果と考察】薄膜 GaAs 太陽電池の光学モデルを作成して FDTD 解析を実施した結果、周期 0.8-1.5 μm 程度、アスペクト比 0.5-1.0 程度の FLiSS が良好な光散乱効果を与えることが判った。また、図 1 に示すように、平坦ミラーに比べ長波長感度が改善されることを確認した。この結果を元に、a-Si と InZnO から構成される FLiSS を作製した。InZnO の回折格子を形成後、凹凸を a-Si で埋め込み研磨して平坦化した。InZnO は透明導電膜として知られる材料であり、裏面電極としても機能する。スマートスタック法で薄膜 GaAs 太陽電池と接合し外部量子効率を測定した結果、長波長感度の向上を実験的にも確認した。詳細は当日報告する。

【文献】[1] B.M. Kayes, et al. Proc. 37th IEEE PVSC, 2011, pp. 4-8. [2] H. Sai et al., Appl. Phys. Lett. **98**, 113502 (2011). [3] H. Mizuno et al., Appl. Phys. Lett. **101**, 191111 (2012).

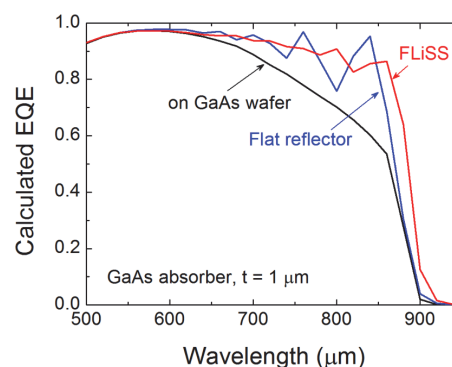


図 1. FLiSS を裏面に配置した薄膜 GaAs 太陽電池の EQE スペクトルの計算結果

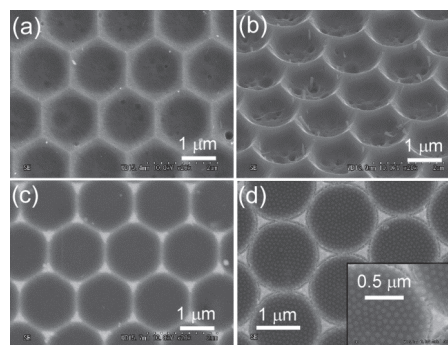


図 2. a-Si 及び InZnO で形成された FLiSS の SEM 像. (a)(b)InZnO 回折格子, (c)a-Si で平坦化した FLiSS, (d)Pd ナノ粒子分散後