

太陽光励起レーザーと組み合わせるためのシリコン光電変換素子

Silicon photovoltaic cells coupled with solar-pumped lasers

豊田中研¹, 名大² ○竹田 康彦¹, 飯塚 英男¹, 伊藤 忠¹, 水野 真太郎¹, 長谷川 和男¹,
市川 正¹, 伊藤 博¹, 梶野 勉¹, 樋口 和夫^{1,2}, 一木 輝久², 元廣 友美²

Toyota Central R&D Labs., Inc.¹, Nagoya Univ.², ○Y. Takeda¹, H. Izuka¹, T. Ito¹, S. Mizuno¹,
K. Hasegawa¹, T. Ichikawa¹, H. Ito¹, T. Kajino¹, K. Higuchi^{1,2}, A. Ichiki², T. Motohiro²

E-mail: takeda@mosk.tytlabs.co.jp

太陽光をレーザー（発振波長約 1.06 μm ）に変換して[1]、これを光電変換素子に照射する、新規光電変換システムを提案、開発している。シリコンは光電変換素子の候補材料であるが、太陽光の直接照射に比べて入射光が格段に強いので、内部抵抗と Auger 再結合の影響によりそれぞれ形状因子、短絡電流が低下することが懸念される。シリコンウェハの厚さを薄くするとこれらの影響が低減されるが、光吸収が不十分となるので、新たな光閉じ込め機構が必要である。

素子の表面に反射防止（AR）膜を形成し、裏面を拡散反射面にすると、裏面にて反射された光が表面に達した際に、入射角 θ が全反射の臨界角 θ_c (16.4°) よりも大きい成分は再び素子内部に反射され吸収されるが、 $\theta < \theta_c$ の成分は外部へ漏れ出てしまう[2]。AR 膜に替えて表面にバンドパスフィルターを形成すると、斜め入射は長波長と等価であるから、Fig. 1 に示されるように θ がゼロにごく近い場合を除いて光は素子内部に反射される[3]。

シリコン光電変換素子の表面に ZnS/MgF₂ 多層膜からなるバンドパスフィルターを形成することを想定し、各層の厚さを最適化し、発電特性を PC1D を用いて計算した結果を Fig. 2 に示す。薄型ウェハを用いることにより内部抵抗、Auger 再結合の影響が低減され、バンドパスフィルターを形成することによって十分な光吸収率が確保された。その結果、変換効率は通常用いられるテクスチャー表面の場合の 2 倍に達した。

本研究の一部は、JST 戦略的創造研究推進事業—先端的低炭素化技術開発 (ALCA) の助成を受けた。

[1] S. Mizuno, et al., Opt. Express 20, 5891 (2012).

[2] E. Yablonovitch, J. Opt. Soc. Am. 72, 899 (1982).

[3] Y. Takeda, et al., J. Appl. Phys., accepted.

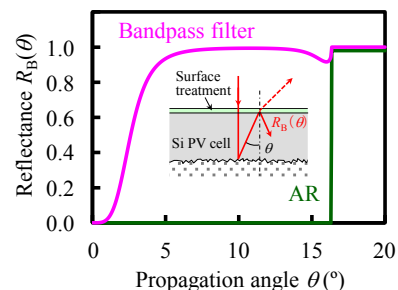


Fig. 1 Reflectance of the front surfaces of the two kinds of Si PV cells.

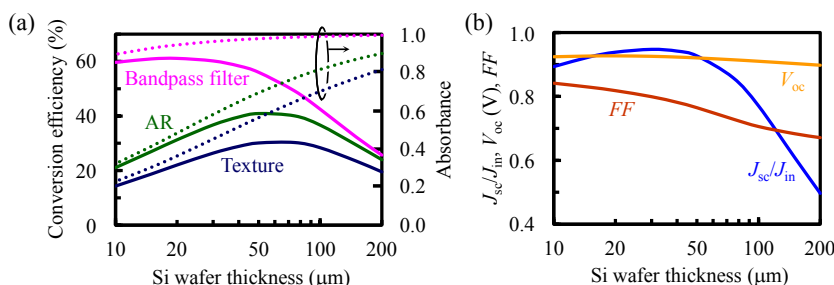


Fig. 2 (a) Conversion efficiency (solid lines) and absorbance (dotted lines) of the three kinds of Si PV cells under normally incident 1 kW/cm² 1064 nm illumination. (b) Short-circuit current density (J_{sc}) normalized by the incident photon flux (J_{in}), open-circuit voltage (V_{oc}), and filling factor (FF) of the Si PV cells equipped with the optimized bandgap filters.