

# 単色光照射用光電変換素子のための光閉じ込め

## Light trapping for photovoltaic cells for monochromatic illumination

豊田中研 ○竹田 康彦

Toyota Central R&D Labs., Yasuhiko Takeda

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

電力をレーザー光に変換して伝送し、受信側の光電変換素子にて電力に再変換する光給電は[1]、長距離伝送、移動体への伝送が可能であるため、これを用いた走行中の電気自動車への給電も提案されている[2]。ただし、特に大電力伝送のためには、光電変換素子の効率向上が必須である。この用途の場合は、白色光の入射方向が刻々変化する太陽電池とは対照的に、単色光が特定方向から入射する。この条件を活用した光閉じ込め構造を導入する[3]。

通常素子に用いられる、表面の反射防止コーティング (Anti-reflection coating, ARC) と裏面の鏡面反射鏡 (Specular reflector, SR) の組み合わせ (Fig. 1(a)) に替えて、裏面に拡散反射鏡 (Diffuse reflector, DR) を形成すれば (Fig. 1(b))、拡散反射された光のうち全反射臨界角よりも斜めの方向から表面に入射する光は再び内部へ反射される。この閉じ込め効果により、実効的な光路長が  $4n^2$  倍 ( $n$  は屈折率) にまで増大する[4]。このため、高い光吸収率を保ちながら吸収層を薄くすることができるので、Shockley-Read-Hall (SRH) 再結合が抑制される。表面の ARC に替えてバンドパスフィルターを形成すれば (Fig. 1(c))、これは単色光に対しては角度選択フィルター (Angular selective filter, ASF) として機能する。従って、垂直に近い伝搬角の光も内部へ反射されるので閉じ込め効果が強くなる[5]。更に、素子からの輻射も閉じ込められるので、外部へ伝搬する発光が抑えられることも、表面 ASF/裏面 DR の特長である[6]。これに対し、ARC/DR 構造 ( $4n^2$  閉じ込め) の場合は、吸収の増強に伴って発光も増強されてしまう。

これらの閉じ込め構造をもつ GaAs 光電変換素子に波長 872 nm、強度  $1 \text{ kW/cm}^2$  の光を垂直に入射したときの変換効率を計算した[3]。この際、輻射再結合、SRH 再結合 (寿命  $1 \mu\text{s}$ )、Auger 再結合を考慮した。ARC/SR 構造の単色光変換効率 69% に比べて、ARC/DR 構造 (72%) による向上は僅かであるが、ASF/DR 構造を用いると 81% にまで大幅に向上する。最適厚さをもつ各素子の電流-電圧特性が図 2(b) である。ASF/DR 構造の場合は、100% に近い光吸収率を得るために必要な厚さが薄いため SRH 再結合が抑えられ、更に外部への発光も抑えられるので、最大出力動作点における電圧が高くなる。

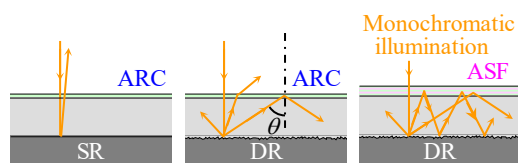
[1] Y. Katsuta and T. Miyamoto, JJAP **57**, 08PD01 (2018).

[2] T. Motohiro et al., JJAP **56**, 08MA07 (2017). [3] T.

Takeda, APEX **13**, 054001 (2020). [4] E. Yablonovitch,

JOSA **72**, 899 (1982). [5] Y. Takeda, et al., JAP **116**, 014501

(2014). [6] Y. Takeda, et al., JAP **116**, 124506 (2014).



(a) No trapping (b)  $\times 4n^2$  trapping (c) Present study

Fig. 1 Propagation of normally incident light in photovoltaic cells equipped with light-trapping structures.

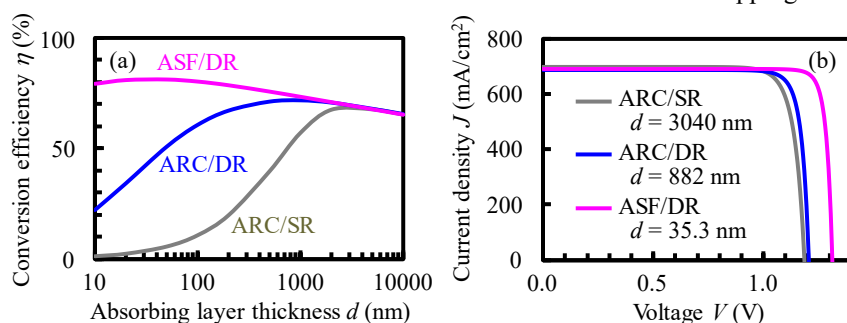


Fig. 2 (a) Light trapping effects on monochromatic conversion efficiency. (b)  $J$ - $V$  curves of the optimized photovoltaic cells.