

両面受光 6 接合アモルファス Si 太陽電池の特性シミュレーションと構造最適化

Performance simulation of bifacial sextuple-junction amorphous Si solar cells and the optimization of their structure

東京都市大学 総合研究所 ○野毛 宏、小長井 誠、石川 亮佑

Tokyo City University, ○Hiroshi Noge, Makoto Konagai, Ryousuke Ishikawa

E-mail: hnoqe@tcu.ac.jp

我々は、IoT デバイス用の高出力電圧独立電源として、両面受光型の多接合アモルファスシリコン太陽電池を開発している¹⁾。これまでに、ガラス基板およびフレキシブルなポリイミド上に 2cm 角までの 6 接合セルを作製し、3000 lux の両面 LED 照明下で 4V 以上、1000 lux では 3.5V 以上の開放電圧を得ることに成功した²⁾。本研究では、電流や電圧をより増大させるための構造最適化について、光学シミュレーションおよびデバイスシミュレーションを用いて検討を行った。

光学シミュレーションでは、単層膜を分光エリプソメトリで測定・解析した光学パラメータを用いて、産総研・岐阜大で開発された e-ARC³⁾により、発電層である i 層の理想的な短絡電流密度 J_{sc} を計算した。実験で作製した 6 接合セルの i 層厚 51/121/190/190/121/51 nm に対して両面照度 1000 lux で求められた各セル毎の分布は、図 1(a)に示すように、中央付近の電流値が低くなっている。これに対し、n 層と p 層との光吸収の違いなども考慮して膜厚を最適化すると、最表面の n 層からみて 51/155/310/290/130/41nm の組合せにすると、図 1(b)のように分布が均等化され、電流を 22%増加できる可能性が明らかになった。各面の照度が異なる場合についても検討している。

一方、デバイスシミュレーションでは、両面 LED 照射によるキャリア生成率分布の計算を ATLAS(Silvaco 社)で行い、それをペンシルベニア州立大等開発の wxAMPS⁴⁾に入力してセル特性を求めた。pn 接合部には、トンネル再結合を仮想した厚さ 2nm の欠陥結晶 Si 層"x-layer"⁵⁾を挿入した。図 2 に、n/p 層厚 20nm、i 層厚 51/121/190/190/121/51 nm の 6 接合セルで n/p 層のドーピング濃度を変化させた場合（それによる光吸収の変化は無視）の両面 LED 照度 1000 lux における I-V 特性の計算値を示す。ドーピング濃度が低いほど開放電圧が低下しているのは、n/p 層の空乏化によるものと思われる。したがって十分な開放電圧を得るためには、n/p 層による光吸収があまり大きくない範囲でドーピング濃度を高くするか、膜厚を増やす必要が示唆される。

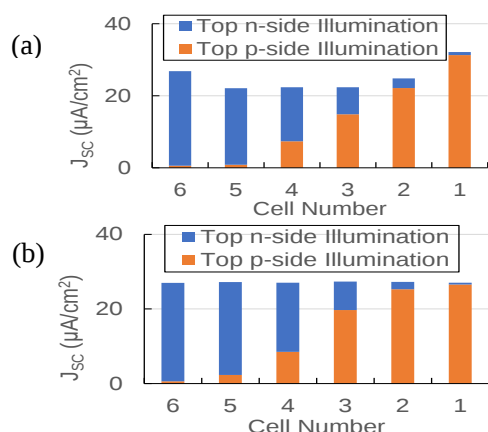


Fig.1 Simulated J_{sc} distribution of each cell in sextuple-junction solar cells with (a) the experimental and (b) the optimized thicknesses of the i-layers

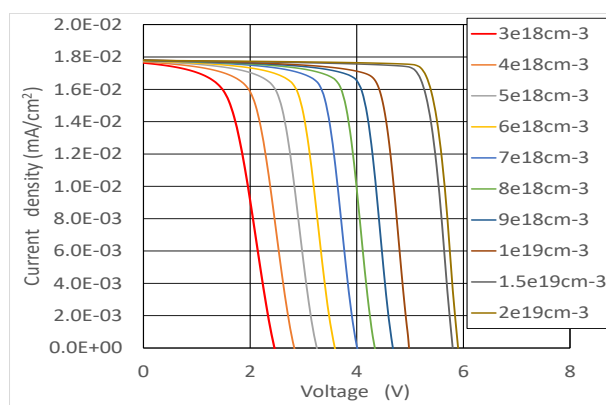


Fig.2 Simulated I-V curves of the bifacial sextuple-junction solar cells with the various doping densities in n/p layers at 1000/1000 lux.

謝辞：本研究は科研費基盤研究(A)の支援を受けた。

- 1) M. Konagai and R. Sasaki, *Prog Photovolt Res Appl*, 2020;1-7, DOI:10.1002/pip.3335.
- 2) 野毛、小長井、石川、第 81 回応用物理学会秋季学術講演会、11p-Z23-7 (2020).
- 3) https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/en/service/e-ARC_en/index_en.html
- 4) <https://github.com/wxAMPS/wxAMPS3>
- 5) A. Yunaz, A. Yamada, and M. Konagai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **46**, L1135 (2007).