

# ドーピング層の微結晶化による6接合アモルファスSi太陽電池の特性改善

Performance improvement of sextuple-junction amorphous Si solar cells  
by the micro-crystallization of doped layers

東京都市大学 総合研究所 ○野毛 宏、浅野 祐希、小長井 誠、石川 亮佑

Tokyo City University, ○Hiroshi Noge, Yuki Asano, Makoto Konagai, Ryoussuke Ishikawa

E-mail: [hnoge@tcu.ac.jp](mailto:hnoge@tcu.ac.jp)

我々は、IoT デバイス用高出力電圧の環境電源として、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<sup>1)</sup>。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p-i-n層からなるセルを6段重ね、その両端面を平坦なITO膜でサンドイッチした6接合セルを作製して、3000 luxの両面白色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<sup>2)</sup>。さらに、n型ドーピング層を45 nmから20 nmに薄くすることで、横方向のリーク電流低減による低照度での開放電圧とFFの向上および、ドーピング層中の光吸収削減による短絡電流の増大を得た<sup>3)</sup>。一方で、薄いドーピング層の空乏化により、特に照度が高くなると開放電圧が低下することを実験的に観測し、デバイスシミュレーションでも確認した<sup>4)</sup>。同じドーピング層を用いる限り、ドーピング層厚またはドーピング濃度によるこれらの特性のトレードオフは避けられないが、ドーピング層を微結晶化する<sup>5)</sup>ことでドーピング効率が向上すると同時に、同じ膜厚でも室内光の波長域(1.8–3.1 eV)での光吸収の減少が期待される。

n層を微結晶化するため、PE-CVDにおけるシランの水素希釈比 $R$ を変えてガラス基板上に単層膜の製膜を行った。製膜温度はフレキシブルフィルム基板に対応するため、120°Cとしている。膜の光学特性は、分光エリプソメトリで評価した。図1に、光吸収係数の水素希釈比依存性を示す。 $R=70$ では、明らかに光吸収端が低エネルギーにシフトしており、ラマン分光測定によっても結晶化を確認した。また、抵抗率も従来の $R=30$ の試料に比べて1桁以上低下した。e-ARC<sup>6)</sup>による光学シミュレーションの結果、n層厚20 nmで $R=70$ の膜を用い、さらにi層の膜厚を端面がp層の側から順に51/121/190/190/121/51 nmの組合せから、各セル間の電流整合が取れるよう46/137/325/315/133/47 nmの組合せに変えると、短絡電流密度が従来の $22.0 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ から $29.6 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ に増大することが予想される。現在、この膜を用いた6接合太陽電池の作製を進めている。

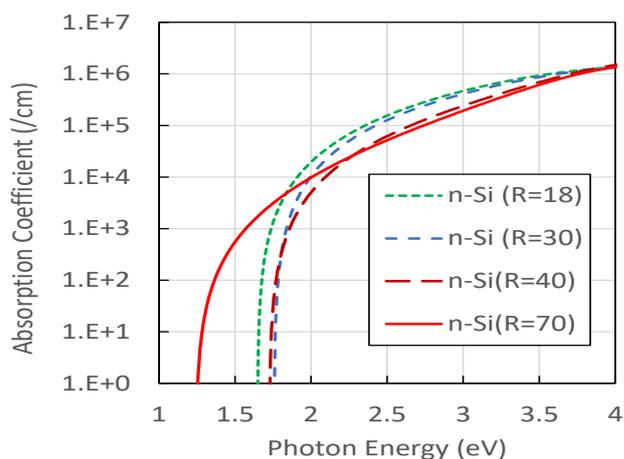


Fig.1 Absorption coefficients of  $\text{PH}_3$ -doped n-layers as a function of photon energy, deposited with the various  $\text{H}_2/\text{SiH}_4$  dilution ratio ( $R$ ).

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*, 2019;1-8, DOI:10.1002/pip.3215.
- 2) M. Konagai, H. Noge, and R. Ishikawa, *Prog Photovolt Res Appl*, 2020;1-7, DOI:10.1002/pip.3335.
- 3) 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).
- 4) 野毛、小長井、石川、第68回応用物理学会春季学術講演会、18p-Z29-5 (2021).
- 5) Y. Ichikawa, S. Fujikake, T. Yoshida, T. Hama, and H. Sakai, *Proc. IEEE PVSC*, 1990, p.1475.
- 6) [https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/en/service/e-ARC\\_en/index\\_en.html](https://unit.aist.go.jp/rpd-envene/PV/en/service/e-ARC_en/index_en.html)