

VHF-PECVD を用いて成膜したヘテロ接合太陽電池用 p 型ナノ結晶シリコンの評価

Evaluation of p-type hydrogenated nanocrystalline silicon deposited by VHF-PECVD for application to silicon heterojunction solar cells

産総研 ○(P)海汐 寛史, Pei-Ling Chen, 松井 卓矢, 齋 均, 松原 浩司

AIST, °Hiroshi Umishio, Pei-Ling Chen, Takuya Matsui, Hitoshi Sai and Koji Matsubara

E-mail: h-umishio@aist.go.jp

【はじめに】シリコンヘテロ接合(SHJ)太陽電池の高効率化に向けて、a-Si:H 窓層の光学的な吸収ロスの低減が課題の一つであるが、その手法としてナノ結晶シリコン(nc-Si:H)の利用が挙げられる。nc-Si:H は a-Si:H に比べ短波長領域の光吸収係数が小さいため、寄生吸収ロスを低減できる。また、両面受光による発電量増加やタンデム構造を用いた高効率化にも nc-Si:H の利用が期待されている。本研究では、SHJ 太陽電池窓層への応用に向けた p 型 nc-Si:H の高品質化を目指し、very-high-frequency plasma-enhanced chemical-vapor-deposition (VHF-PECVD)を用いた nc-Si:H 成膜について検討を行った[1]。また、nc-Si:H の膜特性の調査のため、ラマン散乱分光法を用いて nc-Si:H 薄膜の結晶性を評価し、加えて、SHJ セルを作製して発電特性を評価した。

【実験】nc-Si:H の結晶性を評価するため、次のような試料を作成した。まず、ガラス上に PECVD を用いてノンドーパ a-Si:H (a-Si:H(i), 膜厚 10 nm, 励起周波数 13.56 MHz) の成膜を行った。その後、nc-Si:H 結晶核の生成促進のため a-Si:H(i)表面に CO₂ プラズマ処理[2]を行い、続けて B ドープ nc-Si:H(p) (膜厚 20 nm) を成膜した。励起周波数は 13.56 MHz 及び 65 MHz を用いた。比較のため a-Si:H(i)上に a-Si:H(p) (膜厚 20 nm, 励起周波数 13.56 MHz) も同様に成膜した。作製した試料の結晶性はラマンスペクトル(励起用レーザー波長 : 532 nm)で評価した。次に、260 µm 厚 c-Si テクスチャ基板上にガラス上と同様のプロセスで a-Si:H(i)、nc-Si:H(p)、a-Si:H(p)を成膜し、SHJ セルを作製した。ただし p 層の膜厚はいずれも 13 nm とした。また、裏面は a-Si:H(i) (膜厚 10 nm) 及び a-Si:H(n) (膜厚 20 nm) を用いた。

【結果及び考察】Fig. 1 に a-Si:H(i)の上に成膜した a-Si:H(p)及び nc-Si:H(p)のラマンスペクトルを示す。各スペクトルは、a-Si:H の Transverse-Optical (TO)モードを示す 480 cm⁻¹ のラマン散乱光の強度で規格化した。図に示されるように、13.56 MHz で成膜した nc-Si:H(p)は c-Si に起因する信号はほとんど見られなかったが、65 MHz で成膜を行った nc-Si:H(p)は 520 cm⁻¹ 付近にピークが観測される。VHF-PECVD を用いることで、原料ガスである水素の分解が促進され、より多くの水素ラジカルが生成されたことで結晶シリコンの成長が促されたと考えられる。また、Fig. 2 に各窓層を用いた SHJ セルの I-V 特性を示す。図に示す様に、13.56 MHz で nc-Si:H(p)を成膜したセルでは FF の低下が見られ、p 層の低い結晶性がコンタクト性能に影響を与えていると考えられる。また、65 MHz で成膜した nc-Si:H(p)を用いたセルは a-Si:H(p)を用いたセルに比べ高い V_{OC} を示した。これは、VHF により生成された多くの水素ラジカルが c-Si/a-Si:H(i)界面のパッシベーション性能を向上させたことが一因と考えられる。なお、本実験においては各周波数に対し成膜条件の最適化を行っていないため、今後、最適化された条件で比較する必要がある。

【謝辞】本研究の一部は NEDO 委託のもと実施した。

【参考文献】[1] Pei-Ling Chen *et al.*, WCPEC-7, Hawaii, 2018. [2] L. Mazzarella *et al.*, Phys. Status Solidi A **214**, 1532958 (2017).

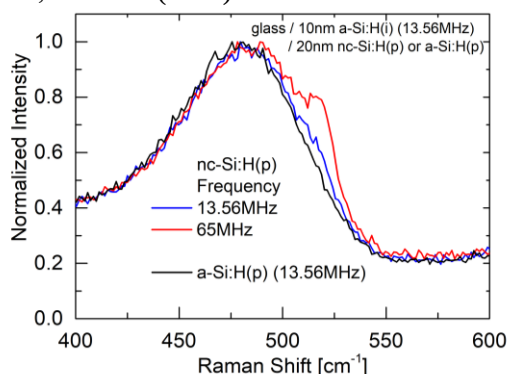


Fig. 1. Normalized Raman spectra of a-Si:H(p) and nc-Si:H(p) layers deposited with different excitation frequencies.

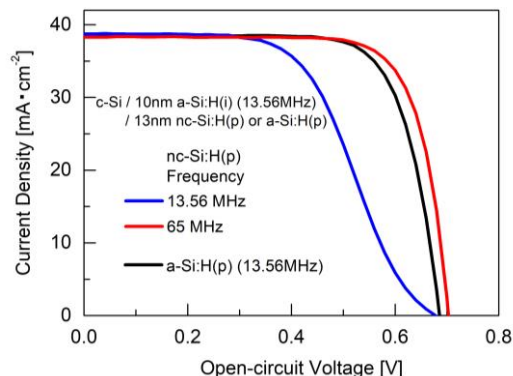


Fig. 2. I-V curves of the SHJ cells with a-Si:H(p) and nc-Si:H(p) deposited with different excitation frequencies.