

超薄型 a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池の温度特性

Temperature dependence of very thin a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells

産総研 太陽光発電研究センター

齋 均, 佐藤 芳樹, 奥 登志喜, 田辺 まゆみ, 松井 卓矢, 松原 浩司

RCPV AIST

°H. Sai, Y. Sato, T. Oku, M. Tanabe, T. Matsui, K. Matsubara

E-mail: hitoshi-sai@aist.go.jp

【はじめに】結晶シリコン (c-Si) 太陽電池の分野では発電コスト低減に向けウェーハ (現行 180 μm 厚) の薄型化が進むと予想されている。理想的な c-Si 太陽電池では、光吸収量 (短絡電流密度 J_{sc}) と開放電圧 (V_{oc}) のトレードオフ関係から厚さ 50~500 μm の範囲で発電効率がほぼ一定となるので[1]、原理的には薄型化と高効率とは両立し得る。また、薄型化により軽量性・フレキシビリティが発現出来ると EV 搭載向けなど新たな応用も広がる。表面敏感となる薄型 c-Si セルでは、表面欠陥の終端 (パッシベーション) が極めて重要である。なかでも水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 膜は優れた表面パッシベーション性を示し、これを活用した a-Si:H/c-Si ヘテロ接合 (SHJ) セルでは、25%超の高い発電効率が実現されるとともに[2]、ウェーハ薄型化に伴う V_{oc} 増加も確認されている[3]。一般に V_{oc} が向上すると温度上昇に伴う発電特性の低下が緩和される (温度係数の減少)。従って、SHJ セルを薄型化し更に高 V_{oc} 化すれば、温度係数が改善し、動作温度が高くなりがちな屋外での実発電量の増加が期待出来る。しかしこうした検討は殆ど例がない。そこで本研究では、厚さを変えた SHJ セルを作製し発電特性の温度特性を調べ、薄型化による温度特性改善について実験的検討を行った。

【実験】同一インゴットから作製した n 型 CZ-Si ウェーハ ($\sim 2 \Omega\text{cm}$, 50~400 μm) にテクスチャエッチング・洗浄を行ったのち、プラズマ CVD 装置 (13.56 MHz) にて i, p, n 型の a-Si:H 各層を製膜し、更に両面に ITO/Ag 電極をスパッタ製膜して SHJ セルとした。発電効率は 22% 程度である。このセルを、ソーラーシミュレータ光が導入出来る恒温チャンバに設置し、室温から 60°C まで温度を変えながら発電特性を評価して温度係数を算出した。

【実験結果および考察】図 1 に V_{oc} 、 J_{sc} 、FF、効率の温度係数 (TC) をウェーハ厚さの関数としてプロットしたものを示す。薄型化に伴って V_{oc} の温度係数が大きく改善しており、高 V_{oc} 化の効果と考えられる。発電効率の温度依存性はほぼ V_{oc} に支配されており、薄型化に伴って効率の温度係数が改善することが確認された。今回得られた結果を先行研究と比較した結果を図 2 に示す。本図から、 V_{oc} の温度係数はセル技術に依らず V_{oc} の増加に伴い単調に改善すること、また元々優れた SHJ セルの温度係数が薄型化に基づく高 V_{oc} 化によって更に改善出来ることが明らかとなった。

【謝辞】本研究は NEDO の委託を受け実施したものである。Si ウェーハを提供頂いたコマツ NTC (株) 河津様・長井様に感謝致します。

【参考文献】[1] Richter et al., IEEE J. Photovolt. 3 1184 (2013). [2] D. Adachi et al., Appl. Phys. Lett. 107, 233506 (2015). [3] H. Sai et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 08RB10 (2018). [4] J. Haschke et al., Energy Environ. Sci. 10, 1196-1206 (2017). [5] H. Hishikawa et al., IEEE J. Photovolt. 8 (1) 48-53 (2018).

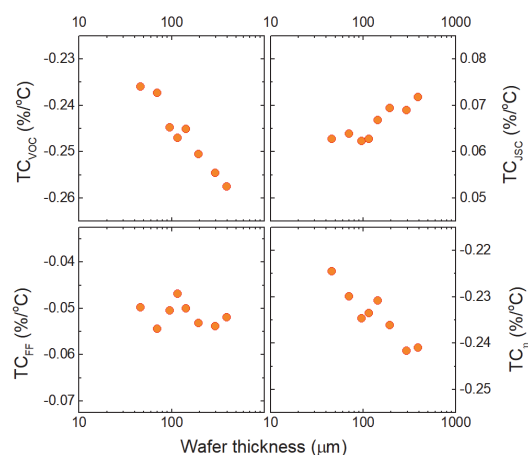


Fig. 1. Wafer-thickness dependence of temperature coefficients of V_{oc} , J_{sc} , FF, and efficiency.

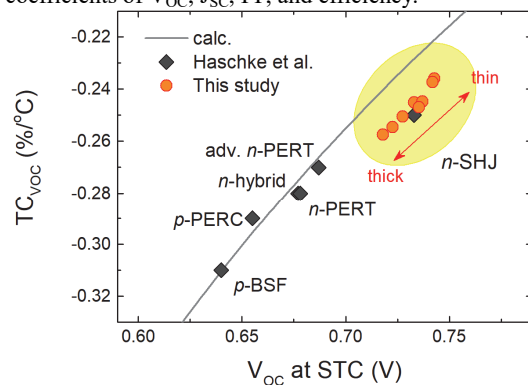


Fig. 2. Temperature coefficient of the V_{oc} of various solar cells including the SHJ cells fabricated in this study (the literature data were taken from [4]). The solid line is the calculated TC_{VOC} using the formula reported by Hishikawa et al.[5]