# シリコンナノ結晶/酸化シリコンを複合化した導電性パッシベーション膜の太陽電池応用

# Solar cell application of silicon-nanocrystals-embedded silicon oxide passivating contacts

名大院工[1] ○津幡 亮平[1], 後藤 和泰[1], 黒川 康良[1], 宇佐美 徳隆[1]

Graduate School of Engineering, Nagoya Univ.[1],
○Ryohei Tsubata[1], Kazuhiro Gotoh[1], Yasuyoshi Kurokawa[1], Noritaka Usami[1]
E-mail: tsubata.ryohei@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

## 緒言

近年、極薄の酸化シリコン（$SiO_2$）を用いたTOPCon(POLO)太陽電池において、26.1%の高い変換効率が達成された。極薄 $SiO_2$ 膜は、パッシベーション層として高い性能を示し、トンネル効果やピンホールによりキャリア輸送が可能となる。厚い $SiO_2$ 膜は、シリコンに対して非常に高いパッシベーション性能を示し、プロセスのロバスト性や長期信頼性の観点からも有利に働くが、絶縁性ゆえにキャリア輸送に課題がある。キャリア輸送が可能な厚い酸化膜は、TOPCon 型太陽電池のさらなる性能向上、および様々な材料と結晶シリコン（c-Si）との接合への応用に有望である。そこで我々は、$SiO_x$ 母材中のシリコンナノ結晶（Si-NC）をキャリア輸送経路として利用する新規導電性パッシベーション膜を提案し、その作製条件や特性について検討を行ってきた[1]。

本研究では、新規導電性パッシベーション膜を接合層として両面に実装した太陽電池の動作により、その機能を実証することを試みた。

## 実験方法

フッ酸洗浄を行った n 型 Si(100)基板にプラズマ援用化学気相堆積法を用いて裏面側に $n^+$-a-Si:H/a-$SiO_y$:H/a-$SiO_x$:H/a-$SiO_y$:H 積層構造、表面側に $p^+$-a-Si:H/a-$SiO_y$:H/a-$SiO_x$:H/a-$SiO_y$:H 積層構造を製膜した。ここで $x < y$ の関係がある。各層の膜厚は、両面において Si 側から 1, 5, 2, 30 nm とした。$N_2$ 97 %、$H_2$ 3%の混合雰囲気で 750 °C 、30 分の熱処理を行い、$SiO_x$ 母材中に Si-NC を形成した。その後、RF スパッタリングを用いて両面にスズ添加酸化インジウム(ITO)を 80 nm 製膜した。真空蒸着法により両面に Ag 電極を製膜し、200 °C、15 分大気中でのアニールを行った。図 1 に作製した太陽電池の概略図を示す。太陽電池特性を電流密度-電圧（*J-V*）測定により評価した。

## 結果

図 2 に測定した *J-V* 曲線の一例を示す。*J-V* 曲線から整流性と光起電力を確認できた。開放電圧($V_{OC}$)が 621.9 mV、短絡電流密度($J_{SC}$)が 25.65 mA/cm$^2$、曲線因子(*FF*)が 73.13%、変換効率($\eta$)が 11.66%という結果を得た。

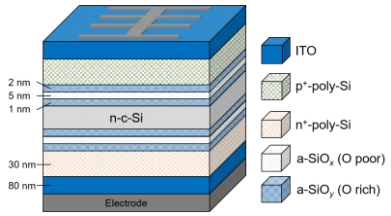


Fig. 1. Schematic structure of a c-Si solar cell with Si-NC-embedded silicon oxide passivating contacts.

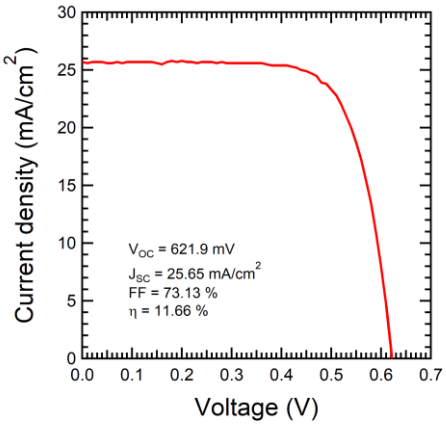


Fig. 2. *J-V* characteristics of the solar cell.

## 結言

$SiO_x$ 母材中に Si-NC を埋め込んだ新規導電性パッシベーション膜を両面に実装した太陽電池を作製し、その動作を初めて実証した。これは、新規導電性パッシベーション膜が p 型、n 型いずれの接合としても機能することを示す有望な結果であり、セル構造やプロセスの改善により更なる高効率化が期待できる。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と日本学術振興会（JSPS）の支援のもと行われた。

[1] R. Tsubata *et al.*, 47th IEEE Photovoltaics Specialists Conference Virtual Meeting, June 15 - August 21, (2020).

© 2021年 応用物理学会