

二段階成長 a-Si:H 層を適用したヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池

Effects of intrinsic a-Si:H bilayers in silicon heterojunction solar cells

産総研 ゼロエミッション国際共同研究センター¹、台湾国立交通大学²

齋 均¹、許 宏榮²、陳 柏璋²、陳 珮伶²、松井 卓矢¹

GZR, AIST¹, National Chiao Tung University (NCTU)²

[○]Hitoshi Sai,¹ Hung-Jung Hsu,² Po-Wei Chen,² Pei-Ling Chen,² Takuya Matsui¹

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

【はじめに】水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)をパッシベーションコンタクト層として用いた結晶シリコン(c-Si)太陽電池、すなわち a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池(SHJ セル)は、フルサイズウェーハで25%を超える高い発電効率が得られている[1]。SHJ セルの強みは、a-Si:H/c-Si 界面の持つ優れた表面パッシベーション性にあり、高性能化には界面でのエピタキシャル成長の抑止が重要であるなど[2]、既に多くの研究報告があるが、必要とされる a-Si:H の諸特性は必ずしも明らかではない。近年 Liu らは、エピタキシャル成長の抑制を意図した疎な界面層の挿入により p 層製膜後も高い少数キャリア寿命が維持できることを報告した[3]。また筆者らは、成長初期に敢えて疎な膜を成長したのちに高品質 a-Si:H を成長する二段階製膜法により、表面パッシベーション性とキャリア輸送特性を両立できることを示した[4]。さらに、最近報告された世界最高効率の SHJ セルでも二段階製膜法が用いられており[1]、二段階製膜法は一つの方向性と言える。筆者らの先行研究では、PECVD プロセスにおいて製膜圧力・パワー密度を調整し膜質を制御した。それ以外にも調整可能なプロセスパラメータは数多く存在するが、圧力・パワー密度以外の効果は未検討であった。そこで本研究では、温度やガス種などより広範にプロセスパラメータを変化させて界面層の微細構造を制御し、SHJ セルの発電特性に与える影響を調べた。

【実験】テクスチャ付き n 型 FZ-Si ウェーハ(~3 Ωcm, ~270 μm)を洗浄後、プラズマ CVD 装置(13.56 MHz)にて i, p, n 型の a-Si:H 各層を製膜した。i 層は二段階製膜(i₁+i₂)とし、界面側の i 層(2nm)は①基板温度、②製膜圧力、③原料ガス種(SiH₄ 及び Si₂H₆)を変えて膜質を調整し、i₂ 層(8nm)は一定条件で製膜した。両面に ITO/Ag 電極をスパッタ製膜して太陽電池とし特性を評価した。別途、i₁ 層単膜(~10 nm)を製膜して FT-IR 測定を行い、膜質指標として微細構造因子(R*)を $R^* = I_{2100} / (I_{2100} + I_{2000})$ により求めた。I₂₁₀₀、I₂₀₀₀ はそれぞれ Si-H 結合に起因する波数 2100 cm⁻¹(high-stretching mode)及び 2000 cm⁻¹(low-stretching mode)付近の吸収ピークの積分強度であり、R*が大きいほど疎な膜になる。

【実験結果および考察】図は、i₁ 層の R*と、SHJ セルの発電特性の関係を示したものである。本研究では、i₁ 層成長時の温度、圧力ならびに原料ガス中の Si₂H₆ 濃度を変調させた。若干の差異はあるが、いずれの方法を用いても二段階成長法により V_{oc} や FF が大きく向上し、i₁ 層の R*が 0.7~0.8 のときに最大の効率を与えた。本結果から、R*が a-Si:H の製膜プロセスに依存しない普遍的な指標になることが示された。詳細は当日報告する。

【参考文献】[1] X. Ru *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 215, 110643 (2020). [2] H. Fujiwara and M. Kondo, Appl. Phys. Lett. 90, 013503 (2007). [3] W. Liu *et al.*, J. Appl. Phys. 120, 175301 (2016). [4] H. Sai *et al.*, J. Appl. Phys. 124, 103102 (2018).

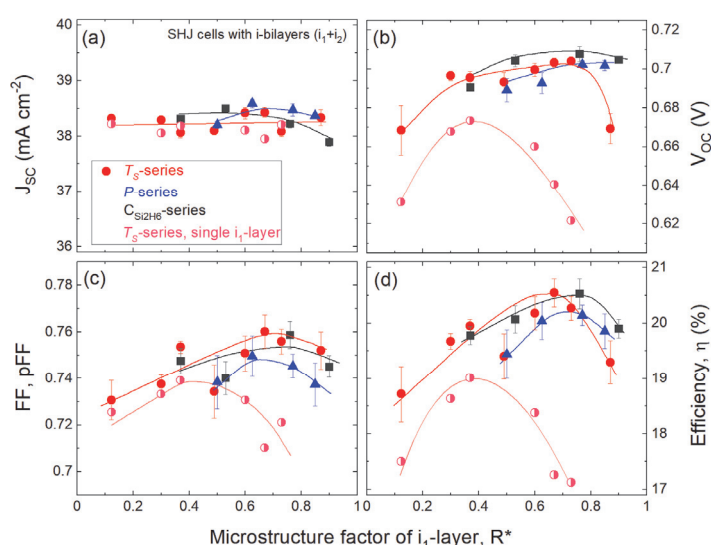


図. 二段階製膜法により(i)a-Si:H を製膜した SHJ セルの発電特性と R^* の相関。i₁ 層の膜質調整は、①製膜温度変調(T_s)、②圧力変調(P)、③Si₂H₆ 濃度($C_{Si_2H_6}$)の変調、の3つを試した。