18a-E12-2

a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池の再結合抑制に向けた 界面 SiH2 量の低減 Reduction of the interface SiH2 content for the suppression of the interface recombination in a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells

岐阜大学 未来型太陽光発電システム研究センター ^O宇佐見 晃平, 藤原 裕之 Gifu Univ., CIPS, [°]Kohei Usami, Hiroyuki Fujiwara E-mail: fujiwara@gifu-u.ac.jp

【はじめに】水素化アモルファスシリコン/結晶シリコン(a-Si:H/c-Si)へテロ接合型太陽電池では、 ヘテロ接合の導入により750 mVの非常に高い開放電圧(変換効率24.7%)が得られることが報告さ れている¹⁾。しかし、a-Si:H/c-Si ヘテロ接合の界面付近では、成膜初期段階における島状成長に起 因して20 at.%程度の多量のSiH₂を含む界面層(厚さ~10 Å)が c-Si 基板上に形成されることが知ら れており²⁾、この界面層領域において高いキャリア再結合が起こっていることが予想される。そ こで我々は、SiH₄原料ガスを多量のAr ガスで希釈した PECVD 成膜を行い、成膜時のAr イオン 衝撃によりSiH₂界面層を除去することを試みた。a-Si:H/c-Si ヘテロ界面の構造は、分光エリプソ メトリー(SE)および減衰全反射赤外分光(ATR)の実時間観測から原子層レベルで評価を行った。そ の結果、高 rf 出力条件において、界面のSiH₂含有量を大幅に低減できることを確認した。

【実験】PECVD による a-SI:H 成膜は、RCA 洗浄を行った平坦な FZ-Si(111)基板を用い、 [SiH₄]:[Ar]=1:100 SCCM、圧力 50 mTorr、基板温度 180 ℃ の一定条件において、rf 出力(P_{rf})を 1 W から 20 W(電極面積=77 cm²)まで変化させて行った。成膜時には SE および ATR の実時間測定を行 い、膜厚変化に対する ATR スペクトルの変化から水素含有量を解析した³⁾。

【結果】図1は、c-Si基板上のa-Si:H層の各膜厚におけるSiH₂量を示しており、P_{rf}=1 Wの場合には、 高いSiH₂量をもつ界面層が存在する。しかし、P_{rf}を増加させると、界面領域における最大SiH₂量 は、22 at.% (P_{rf}=1 W)から13 at.% (P_{rf}=10 W)まで大きく低下する。一方、厚膜領域のSiH₂量はP_{rf} と共に徐々に増加する。図2は、表面ラフネスを考慮した有効膜厚³⁾d_{eff}=10 Åの時に各P_{rf}で得られ るATRスペクトルを示している。図の実線は、波形分離の結果を示しており、2100 cm⁻¹付近のSiH₂ ピークの面積は、P_{rf}を1 Wから20 Wまで増加させると1/3程度まで大幅に低下する。さらに実時間 SE解析から求めたa-Si:H層(厚さ50 Å)の誘電関数から、P_{rf}が5 Wから10 Wの領域で成膜したa-Si:H 層では、ネットワーク構造が緻密化していることが確認された。また、Ar希釈条件でさらにH₂ガ スを添加すると、膜質が変化することを確認した。以上の結果から、高Ar希釈・高rf出力条件によ り、ヘテロ界面におけるSiH₂界面層の形成が抑制できることを初めて明らかにした。

1) M. A.Green et al., Prog. Photovolt: Res. Appl. **21**, 827 (2013). 2) Fujiwara et al., Appl. Phys. Lett. **86**, 032112 (2005). 3) Fujiwara et al., J. Appl. Phys. **91**, 4181 (2002).







Fig 2. ATR spectra at d_{eff} =10 Å with different rf powers. The subscript "surf" shows the streching vibration of SiH_n surface modes.