

分光エリプソメトリーおよび赤外分光による a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池の水素プラズマ処理効果の実時間評価

Real-time characterization of the H₂-plasma treatment effect on a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells by spectroscopic ellipsometry and infrared spectroscopy

岐阜大学 未来型太陽光発電システム研究センター ○池田 諭, 松木 伸行, 藤原 裕之

Gifu Univ., CIPS, ○Satoru Ikeda, Nobuyuki Matsuki, Hiroyuki Fujiwara

E-mail: matsuki@gifu-u.ac.jp

【はじめに】アモルファスシリコン/結晶シリコン(a-Si:H/c-Si)ヘテロ接合型太陽電池の作製プロセスにおいて、c-Si 基板表面の水素プラズマ処理が特性向上に有効であることが知られている。しかし、その機構の詳細については明らかになっていない。我々はこれまでに、分光エリプソメトリー法(SE)を用いた水素プラズマ処理実時間観測により、c-Si 表面状態変化と太陽電池特性との間に明瞭な相関関係があることを見出した[1]。本研究では、さらに減衰全反射赤外分光法(ATR)による同時観測を適用し、表面水素結合状態の解析により水素プラズマ処理の機構を考察した。

【実験】RCA 法により洗浄した平坦な Si(111)基板の水素プラズマ処理は、水素流量 20 SCCM、rf 出力 13 mW/cm²、圧力 50 mTorr、基板温度 T_s = r.t., 110 および 210 °C の条件で行った。また、水素プラズマ処理が太陽電池特性に与える効果を調べるため、[Ag/ITO/a-Si:H(p-i)/c-Si(n)/Al] の簡易構造による a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池を作製し、その特性を評価した。

【結果】Fig. 1(a)に、表面ラフネス層厚(c-Si)の水素プラズマ処理時間 T_{H2} 依存性を示す。いずれの T_s においても、T_{H2} < 20 s の領域では表面ラフネスがわずかに低下し、その後増加する傾向が見られたが、T_s が高温になるほどその効果は低減する。Fig. 1 (b)に T_s = 110 °C で作製した a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池における開放電圧 V_{oc} の T_{H2} 依存性を示す。V_{oc} は、Fig. 1(a)において表面ラフネスが最小となる T_{H2} = 15 s 付近で最大値(653 mV)を示し、また T_{H2} = 120 s で著しく低下(586 mV)した。Fig. 2に各 T_s における T_{H2} = 120 s での ATR スペクトルを示す。T_s = r.t., 110 °C のスペクトルには半値幅の小さい特徴的な吸収ピークが複数現れ、これらを水素結合を伴う空孔、すなわち Vacancy-Hydrogen (VH_n, n = 1 ~ 4) 欠陥と特定した[2]。Fig. 2の比較から、T_s が低いほど VH_n 欠陥に起因する吸収ピークが大きいことがわかる。以上の結果から、水素プラズマ処理は、一定の処理時間内においてクリーニングやパッシベーション効果を与えるものの、過剰な処理は VH_n 欠陥を生成し、これらの欠陥が太陽電池特性を低下させる要因になることを明らかにした。

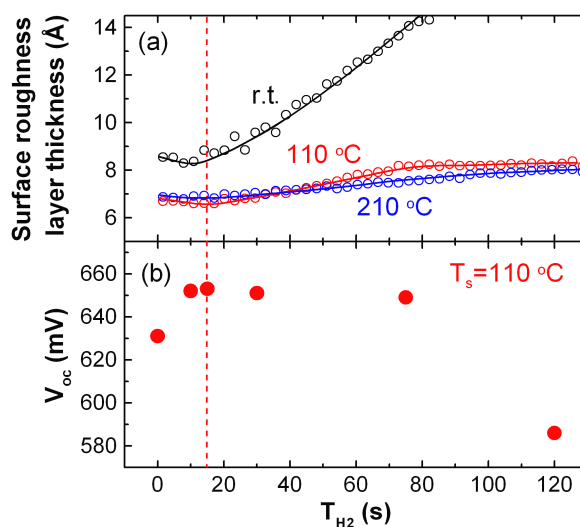


Fig. 1. Dependence of H₂-plasma treatment time on (a) surface roughness and (b) open circuit voltage.

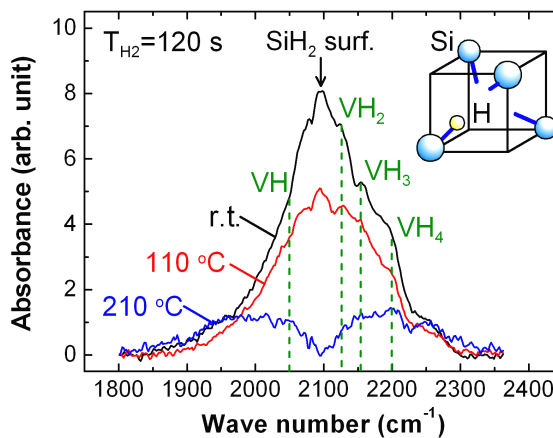


Fig. 2. ATR spectra of c-Si surfaces treated by H₂-plasma for 120 s at different T_s. The inset depicts the structure of the VH defect.

[1] 池田 諭, 松木 伸行, 藤原 裕之;第73回
秋季応用物理学会学術講演会,12a-F6-8
(2012).

[2] Weldon et al., JVST B **15**, 1065 (1997).