19a-A25-9

a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池特性における 2 層構造 ITO 膜を用いたスパッタイオン衝撃の影響解明

Elucidation of the Impact of Sputtering Ion Bombardment on the Photovoltaic Performance of a-Si:H/c-Si Heterojunction Solar Cells via Double-layered ITO Structures

岐阜大学　未来型太陽光発電システム研究センター　°玉腰 正人，松木 伸行
Gifu Univ., CIPS　°Masato Tamakoshi, Nobuyuki Matsuki
E-mail: matsuki@gifu-u.ac.jp

【はじめに】a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池において In_2O_3:Sn(ITO)層成膜時のスパッタイオン衝撃が太陽電池特性の向上を抑制する大きな要因になっていることが知られている [1]。ITO 層の成膜条件を変化させることでイオン衝撃を制御することは可能だが、同時に ITO 層自体の光学・電気特性も変化するため、太陽電池特性へ与えるイオン衝撃の影響のみを評価することは困難であった。本研究では、2 層構造 ITO 膜を導入することにより、ITO 層全体としての特性は変化させずに a-Si:H 層に与えるイオン衝撃のみを変化させることを可能にし、イオン衝撃が太陽電池特性へ与える影響を調べた。その結果、イオン衝撃による太陽電池特性の低下は ITO/a-Si:H 界面特性の変化に原因があることを明らかにした。

【実験】Fig.1 (a)の挿入図に示す [Ag/double-layered ITO/a-Si:H(p-i)/c-Si/Al]構造の片面 a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池を作製した。2 層構造 ITO 膜の成膜は In_2O_3:Sn ターゲット(SnO_2 3 wt.%)を用いた rf マグネトロンスパッタリングにより室温で行った。上層 ITO(膜厚 50 nm)は rf 出力(P_{rf})を 1 W/cm^2 で固定し、下層 ITO(膜厚 20 nm)はスパッタイオン衝撃のエネルギーおよび衝撃粒子密度を変化させるために P_{rf} を 0.25~2.55 W/cm^2 の範囲で変化させた。ITO 層の特性評価は van der Pauw 法による Hall 測定および分光エリプソメトリー測定により行い、太陽電池特性は AM1.5 G の擬似太陽光照射下での J-V 測定により評価した。

【結果】Fig.1(a)に下層 ITO 膜の P_{rf} に対する太陽電池の開放電圧(V_{oc})を示す。V_{oc} は 0.25~2.55 W/cm^2 の範囲ではほぼ一定(626±5 mV)となっていることがわかる。このことから、少なくとも P_{rf} <2.55 W/cm^2 の範囲においてはスパッタイオン衝撃が a-Si:H/c-Si 界面電気特性に顕著な影響を与えないということが示唆される。一方、太陽電池の曲線因子(FF)および直列抵抗(R_s)は Fig.1(b)に示すように、P_{rf} に対して著しく変化し、特に P_{rf} >1.53 W/cm^2 における FF の急激な低下とそれに伴う R_s の増加が認められる。2 層構造 ITO 膜の平均抵抗率($\rho_{ave.}$)はほぼ一定(~4×10^{-4} Ω·cm)であることが確認されているため、R_s の増加は、ITO 層自体の抵抗増加が主要因ではなく、ITO/a-Si:H 界面抵抗の増加によって引き起こされたと考えられる。ITO 層の成膜前に 6 時間大気暴露した場合、Fig.1(b)の◇で示すように、高 P_{rf} 領域における FF の低下および R_s の増大が抑制されている。これは、a-Si:H 層表面に形成された自然酸化膜の保護効果によるものと考えられる [2]。以上の結果より、a-Si:H 層へのスパッタイオン衝撃によって引き起こされる太陽電池特性の低下は ITO/a-Si:H 界面抵抗の増加が主要因であることを明らかにした。

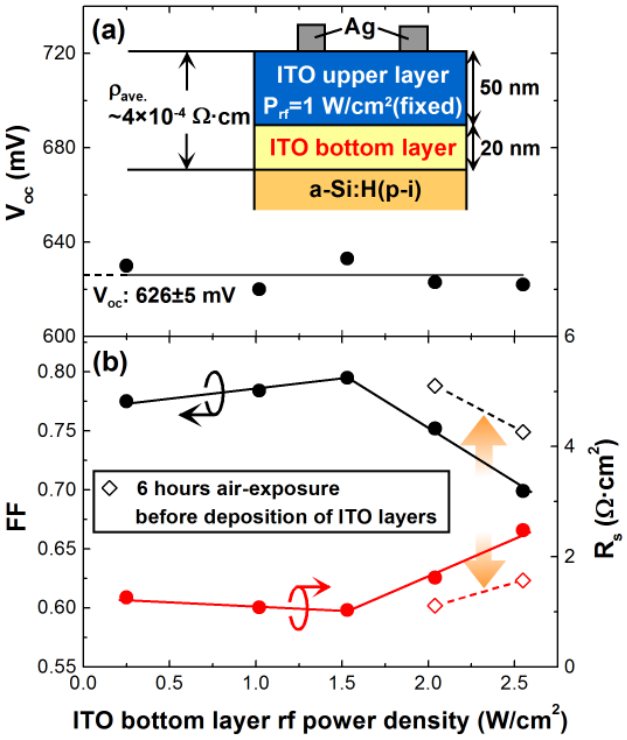

Fig1. (a) V_{oc} and (b) FF and R_s, plotted as a function of the rf power of the ITO bottom layers. The inset of (a) shows the cell structure.

1) D. Zhang et al., Energy Proc. 8, 207 (2011).
2) H. Fujiwara et al., J. Appl. Phys. 101, 054516 (2007).

© 2014 年　応用物理学会