電極/透明導電膜界面における FF 劣化要因の評価(II)
Evaluation of FF deterioration factor at electrode/transparent conductive oxide film interface (II)

○西原　達平[1]、村松　和郎[2]、中村　京太郎[3]、大下　祥雄[3]、小椋　厚志[1,4]
明治大理工[1]、ナミックス[2]、
豊田工大[3]、再生可能エネルギーインスティテュート[4]
T. Nishihara[1], K. Muramatsu[2], K. Nakamura[3], Y. Ohshita[3], and A. Ogura[1,4]
(1. Meiji Univ., 2. NAMICS Corporation,
3. Toyota Tech Inst. 4. Meiji Renewable Energy Institute)
E-mail: tappei@meiji.ac.jp

【背景と目的】近年注目されている高移動度透明導電膜(TCO)を用いたヘテロ接合型太陽電池は、従来の太陽電池と比べて FF 劣化が著しい。これまで、FF 劣化要因の一部が TCO/a-Si 界面にあることが報告されている[1]。一方、電極/TCO の FF 劣化に関する報告例が少なく、不明な点が多い。我々は、既に IO:H 用に開発された新電極ペーストを用いることで接触抵抗が低減し、ペーストへの添加剤のブレンステッド酸が要因であることを報告した[2]。本研究では、従来の電極ペーストと 2 種の透明導電膜の接触抵抗増加要因に焦点を当て、より詳細な化学反応の解明を試みた。

【実験】glass 基板に、TCO (水素添加酸化インジウム IO:H、10wt% ITO)を 110 nm DC スパッタリング法で堆積させ、スクリーンプリントを用いて銀を主成分とする電極ペーストを 50 μm 形成し、乾燥アニール 150°C 10 分と硬化アニール 200°C 30 分大気雰囲気中で熱処理を行った。電極ペーストは、従来の ITO 膜に用いられる電極ペーストである。界面評価を行うために、斜め研磨法を用い、部分的に電極を除去し界面を露出させ、HAXPES を用いて評価を行った。また、接触抵抗測定用に、2 mm の等間隔で電極を形成した試料も用意した。評価手法として実験室系 HAXPES、大型放射光施設 SPring-8 BL46XU を使用した。実験室系では、X 線エネルギーが Ga Kα 線、9.25 keV、エネルギー分解能は約 0.5 eV、BL46XU では、7939 eV、0.2 eV である。

【結果】Fig. 1 に HAXPES 測定で得られた異なる TCO に形成した電極の Ag 2p 3/2 の光電子スペクトルを示す。また、Fig. 2 には電極/TCO 間の接触抵抗と光電子スペクトルからピーク分離を行い、酸化銀成分の割合を算出した結果を示す。従来の電極ペーストは、TCO 界面において金属銀と酸化銀(Ag_2O)の 2 種類の結合状態で存在していることが判明した。また、各結合状態の組成比は、TCO に大きく影響を受け、IO:H では界面における電極成分の多くは酸化銀を形成していることが判明した。一方、ITO の場合は、金属銀と酸化銀がそれぞれ 1:1 の割合であった。電極と TCO 界面における接触抵抗と酸化銀の形成量は相関があることが明らかになった。また、角度分解を行った結果より、酸化銀は電極/ITO 界面に多く形成されていることが判明した。以上より、従来の ITO に代えて新しい TCO を用いる際には、電極形成時の銀の酸化に留意する必要があることが明らかになった。

【謝辞】本研究の一部は NEDO の助成を受けて行われた。関係各位感謝致します。

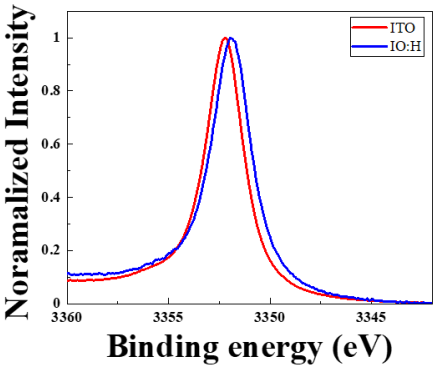

Fig. 1 Ag 2p 3/2 spectra from conventional silver paste on the difference TCO film.

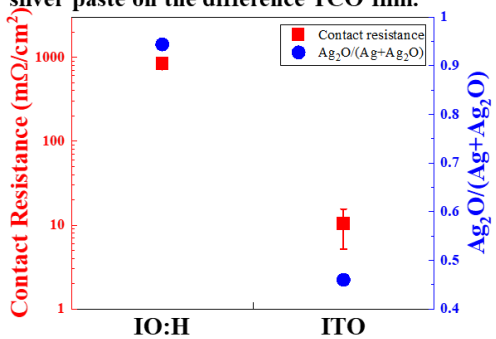

Fig. 2 Contact resistance and Ag ratio in the electrode paste between electrode and TCO.

[1] T. Nishihara et al., 8ThP.31/610 PVSEC-29 (2019).
[2] 西原他, 第 81 回秋応物, 11p-Z23-15 (2020).

© 2021年 応用物理学会