ZrO_2微粒子光散乱層を利用した色素増感太陽電池の高効率化

Dye-sensitized solar cell with ZrO_2 nano-particle light scattering layer

○小野　理恵子[1]、遠藤　剛志[1]、大塚　玲奈[1]、奥谷　昌之[1,2]
(1.静岡大院工、2.静岡大グリーン研)
○Rieko Ono[1], Takeshi Endo[1], Rena Otsuka[1], and Masayuki Okuya[1,2](1.Graduate School of Engineering, Shizuoka Univ., 2.Research Institute of Green Science and Technology, Shizuoka Univ.)
E-mail: tcmokuy@shizuoka.ac.jp

1. 緒言

本研究グループでは、FTO 透明導電膜のヘイズ率を制御し、入射光の有効利用による色素増感太陽電池の高効率化を検討している[1)]。これまで本会において、FTO 膜にシリカビーズ層や酸化スズ微粒子層を組み合わせたヘイズ率の制御を報告した[2)]。本研究では、FTO 膜に屈折率の大きいジルコニア微粒子層を新規に導入し、セル内での光散乱作用による光吸収を促進し、色素増感太陽電池セルの変換効率の向上を試みた。

2. 実験

スピンコート法で市販のジルコニア懸濁液(ZR-40BL、日産化学)をガラス基板上に塗布・乾燥後、500℃の電気炉で焼結して ZrO_2 層を作製した。次に、所定量のフッ化アンモニウムを含む 0.25 M のジ-*n*-ブチルスズジアセテートエタノール溶液を SPD 法により ZrO_2 層上、またはガラス基板裏面へ噴霧し、FTO/ZrO_2/glass、または FTO/glass/ZrO_2 積層構造を作製した。さらに、TiO_2 ゾル(TKC302、TAYCA)と TiO_2 微粒子(P25、Degussa)の混合溶液を SPD 法により FTO 膜上へ堆積し、作用電極を作製した。この電極に N719 色素を吸着後、白金対電極と作用極を重ね合わせ、電極間に I^- / I_3^- 電解液(EL-A1:富山薬品工業)を注入してセルを組み立てた。太陽電池特性評価は、擬似太陽光(AM-1.5、100 mW / cm^2)照射下で行った。

Table 1　各積層型透明導電膜の光学･電気特性、およびこれを利用した色素増感太陽電池セルの特性

	FTO/glass	FTO/ZrO_2/glass		FTO/glass/ZrO_2	
ZrO_2 膜厚[μm]	なし	0.4	0.8	0.5	0.8
透過率 [%]*	80.6	81.5	76.5	80.4	76.2
ヘイズ率 [%]*	1.0	34.4	59	5.97	42.3
n [×10^{20} / cm^3]	6.0	10.0	9.6	6.2	7.4
μ[cm^2 / V･s]	14.8	14.9	15.9	15.3	13.8
ρ [×10^{-4} Ω･cm]	7.1	4.0	4.1	6.6	6.1
J_{sc} (mA / cm^2)	9.9	13.7	10.0	10.4	9.3
V_{oc} (V)	0.73	0.72	0.74	0.7	0.69
FF	0.69	0.72	0.7	0.7	0.73
η (%)	5.0	6.8	5.2	4.7	4.7

*ガラス基板を含めた可視平均値

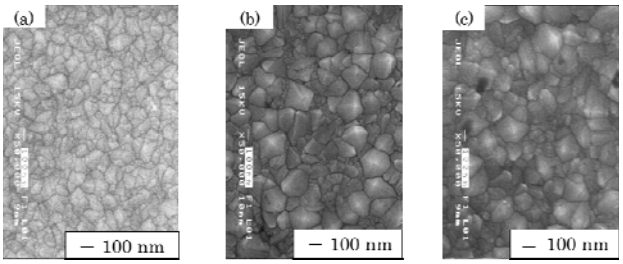

Fig. 1　FTO/ZrO_2/glass 堆積型透明導電における FTO 膜の表面 SEM 像: ZrO_2 層の膜厚; (a)なし, (b) 0.4 μm, (c) 0.8 μm.

3. 結果および検討

各積層型透明導電膜の光学･電気的特性、およびこれを利用した色素増感太陽電池のセルパラメータを Table 1 に示す。さらに、FTO/ZrO_2/glass 積層型透明導電膜における FTO 膜の表面 SEM 像を Fig. 1 に示す。ZrO_2 微粒子層上の FTO の粒成長が促進されたことから、微粒子層はシード層として作用したことがわかる。また、ZrO_2 層導入前に比べ抵抗率の低下が観測された。次に、ZrO_2 層の膜厚が 0.8 μm の FTO/ZrO_2/glass と FTO/glass/ZrO_2 の光学特性を比較すると、前者における FTO/ZrO_2 界面の光散乱によるヘイズ率の上昇効果が大きいことがわかった。色素増感太陽電池のセル特性において、FTO/ZrO_2/glass 積層構造を有するセルにおいて、ヘイズ率が 34.4 %のとき J_{sc} は最大となった。しかし、ZrO_2 層の厚膜化によりヘイズ率を 59 % まで上昇させたところ、透過率の低下により J_{sc} は低下した。今後、ZrO_2 層の積層状態を制御し、透過率とヘイズ率のバランスを取ることで、さらなる変換効率の向上が期待される。

1)R.Ostuka et al., Jpn. J. Appl. Phys., in press.
2)大塚 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 19a-A12-6 (2014).

© 2015年 応用物理学会