SnO_2微粒子光散乱層導入によるFTO膜のヘイズ率制御と色素増感太陽電池の高効率化

High haze FTO film with a SnO_2 nano-particle layer for a dye sensitized solar cell

静岡大院工，°山下 佑海，佐藤 純，奥谷 昌之
Shizuoka Univ., °Yumi Yamashita, Jun Sato, Masayuki Okuya
E-mail: tcmokuy@shizuoka.ac.jp

1. 緒言

本グループでは、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(DSSC)の高効率化を研究目的としている。これまでに、ITO 微粒子層上に FTO 層を堆積させた二層構造の FTO 透明導電膜を利用した DSSC の特性の向上を報告した [1)]。本研究では、FTO 層の粒成長の促進のため、SnO_2 微粒子層を新規に導入してヘイズ率を制御し、セル内部での光吸収による DSSC の高効率化を試みた。

2. 実験手順

粒径の異なる SnO_2 微粒子懸濁液(粒径 15 nm; AlfaAesar、および SN-100D 粒径 100 nm; 石原産業(株))をガラス基板上にスピンコート法でそれぞれ塗布・乾燥後、大気中で 500 ℃で 60 分焼成した。さらに、フッ化アンモニウムと塩化スズ(IV)五水和物の混合エタノール溶液を微粒子層上に基板温度 450 ℃でスプレー熱分解(SPD)法により噴霧し、FTO/SnO_2 微粒子の二層構造の FTO 膜を作製した。次に、作製した FTO 膜上に、TiO_2 ゾル(STS-01; 石原産業(株))と TiO_2 微粒子(P25; Degussa)の混合溶液を低温 SPD 法で積層し、500 ℃で焼成後、N719 色素を吸着させて作用極を作製した。最後に、白金電極と作用極を重ね合わせ、電極間に I^-/I_3^-電解液を注入してセルを組み立てた。電池特性の評価は疑似太陽光(AM-1.5, 100 mW/cm^2)照射下で行った。[2)]

3. 結果と考察

本研究で作製した FTO 膜の表面 SEM 像を Fig. 1 に示す。単層 FTO 膜(a)の表面形態は、粒径約 200 nm の粒子で構成されていた。一方、二層 FTO 膜では粒径が約 330 nm まで増大し、SnO_2 微粒子層が FTO 膜の粒成長におけるシード層として機能することがわかった。しかし、第二層の FTO 膜の粒径は微粒子層の粒径に依存せず、ほぼ同程度であった。次に、各 FTO 膜の光学特性、およびそれらを利用した DSSC の太陽電池特性を Table 1 に示す。ヘイズ率は単層 FTO 膜の 8.3 %から微粒子層の導入により増加し、最大 30.0 %に達した。これは、FTO 膜の粒径の増大だけでなく、微粒子層による入射光の光散乱の増加に起因することを示している。さらに、微粒子層の粒径が大きい FTO 膜(c)のヘイズ率が最大であったため、SnO_2 微粒子層における粒径が光散乱に大きく寄与していることを確認した。

各 FTO 膜を利用した DSSC の電池特性を比較する。SnO_2 微粒子層の導入によりヘイズ率が上昇し、短絡電流密度(J_{SC})が 12.9 mA/cm^2 に達し、変換効率(η)が最大 6.4 %を示した。本研究で作製した二層 FTO 膜の電気特性は微粒子層の粒径に依らず同程度であったため、電池特性の結果は FTO 膜の高ヘイズ化によるセル内での光散乱にともなう光吸収増加のためであると考えられる。今後、SnO_2 微粒子層の最適化により、さらに DSSC 高効率化が期待される。

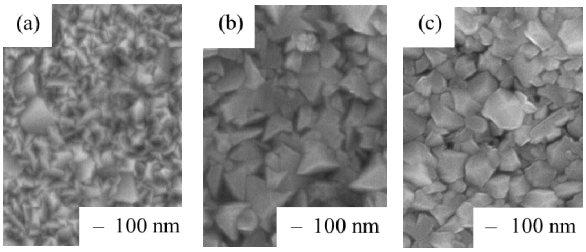

Fig. 1 Surface morphology of FTO films deposited (a) on a bare glass substrate, or on SnO_2 nano-particle (NP) layer with a grain size of (b) 15 nm and (c) 100 nm.

Table 1 Optical properties of double-layered FTO films, and photovoltaic parameters of DSSCs fabricated with the films

NP grain size (nm)		-	15	100
Thick.	1st: SnO_2 NP (μm)	-	0.1	0.1
	2nd: FTO (μm)	0.9	0.9	0.9
Transmittance (%) *		78.7	77.3	77.0
Haze (%) *		8.3	24.3	30.0
J_{SC} (mA/cm^2)		11.2	12.5	12.9
V_{OC} (V)		0.66	0.67	0.69
FF		0.72	0.69	0.72
η (%)		5.3	5.8	6.4

* Average value in the visible region with a glass substrate.

1)R. Ostuka et al., *Jpn. J. Appl. Phys*., 54, 08KF03 (2015). 2)M. Okuya et al., *J. Am. Ceram. Soc.*, 101, 5071-5079 (2018).

© 2019年 応用物理学会