

## ITO 微粒子層の導入による高ヘイズ FTO 膜の作製と色素増感太陽電池への応用

## High haze FTO film deposited on an ITO nano-particle layer for a dye sensitized solar cell

静岡大院工, °久保田 祐紳, 山下 佑海, 奥谷 昌之

Shizuoka Univ., °Yoshinobu Kubota, Yumi Yamashita, Masayuki Okuya

E-mail: tcmokuy@shizuoka.ac.jp

## 1. 緒言

本グループでは、色素増感太陽電池(DSSC)用に高ヘイズ率の FTO 透明導電膜を採用し、セル内部で入射光の散乱効果を誘導することで、DSSC の高効率化に取り組んでいる。前回の本会において、SnO<sub>2</sub> 微粒子層上に FTO 層を堆積した二層構造の FTO 透明導電膜を作製し、その高ヘイズ化と DSSC 特性の向上を報告した<sup>1)</sup>。本研究では、新規に ITO 微粒子層上に FTO 膜を堆積し、FTO の粒径変化にともなうヘイズ率の制御、およびその DSSC への応用について報告する。

## 2. 実験手順

ITO 微粒子懸濁液(Sigma-Aldrich)と塩化スズ(IV)五水和物を[In]/[In+Sn]= 0.1~3.0 (モル比)で調製した混合液をガラス基板上へスピンコート法で塗布・乾燥後、電気炉で焼成した。次に、所定濃度のフッ化アンモニウムと塩化スズ(IV)五水和物のエタノール混合液を微粒子層上へスプレー熱分解(SPD)法で噴霧し、Fig. 1 に示す積層型 FTO 膜を作製した。さらに、作製した FTO 膜上に TiO<sub>2</sub>ゾル(STS-02, 石原産業(株))と TiO<sub>2</sub>微粒子(P25, Degussa)の混合液を SPD 法で堆積して焼成後、N719 色素を吸着させて作用極を作製した。最後に、白金電極を重ね合わせ、電極間に I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>電解液を注入してセルを組み立てた<sup>2)</sup>。

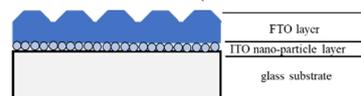


Fig. 1 Schematic representation of the cross section of the double-layered FTO film.

## 3. 結果と考察

本研究で作製した FTO 膜の表面 SEM 像を Fig. 2 に示す。さらに、FTO 膜の光学特性とそれらを利用して作製した DSSC の太陽電池特性を Table 1 に示す。素ガラス上に製膜した従来の単層型 FTO 膜(a)と[In]/[In+Sn]=0.1 の条件で微粒子層を導入した積層型 FTO 膜(b)を比較すると、両者の粒径に顕著な差が観測されなかった。一方、ヘイズ率が単層型(a)の 9.4%から積層型(b)の 45.1%まで上昇したため、ITO 微粒子層による光散乱効果がヘイズ率の上昇に大きく寄与していることがわかった。さらに、[In]/[In+Sn]=0.5 の条件で微粒子層を導入した積層型 FTO 膜(c)では、FTO の粒径の増大にともないヘイズ率がさらに上昇し、最高 60.6%に達した。これは、ITO 微粒子層がシード層となり FTO の粒成長が促進されたため、ITO 微粒子層だけでなく、FTO 粒子による光散乱効果が重畳されたことを示している。次に、各 FTO 膜を用いたセルの太陽電池の特性に関して検討する。FTO 膜のヘイズ率の上昇にともない短絡電流密度( $J_{sc}$ )が増加し、[In]/[In+Sn]=0.5 の微粒子層を導入した FTO 膜で作製されたセルにおいて、短絡電流密度( $J_{sc}$ )が 13.2 mA/cm<sup>2</sup>、変換効率( $\eta$ )が 7.1%に達した。これは、ITO 微粒子層の導入による FTO 膜の高ヘイズ化により、セル内で入射光の光路長の延長にともなう光吸収の増加による結果と考えられる。

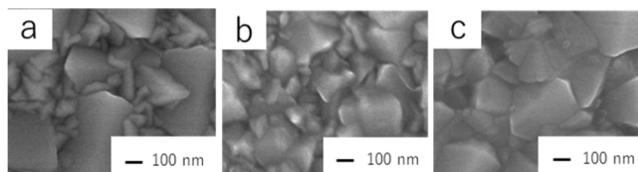


Fig. 2 Surface morphology of the FTO films deposited (a) on a bare glass substrate, or on an ITO nano-particle layer dipped from the suspension with [In]/[In+Sn] of (b) 0.1 and (c) 0.5.

1)山下他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 9a-W323-3 (2019).

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

[In]/[In+Sn]	-	0.1	0.5
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	1.0	1.0	1.0
Transmittance (%) <sup>*</sup>	82.0	81.3	79.4
Haze (%) <sup>*</sup>	9.4	45.1	60.6
$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	9.8	11.3	13.2
$V_{oc}$ (V)	0.69	0.71	0.75
FF	0.67	0.69	0.72
$\eta$ (%)	4.5	5.6	7.1

<sup>\*</sup> Average value in the visible region with a glass substrate.

2) M. Okuya et al., J. Am. Ceram. Soc., 101, 5071-5079 (2018).