

マイクロ波の磁場照射による多孔質 TiO₂ 層の作製と 色素増感太陽電池への応用

Porous TiO₂ layers formed with irradiating microwave magnetic field and their application to dye-sensitized solar cells

静岡大院工, [○]小西直磨, 戸田恭輔, 内藤貴太, 奥谷昌之

Shizuoka Univ., [○]Naoma Konishi, Kanta Naito, Kosuke Suzuki, Masayuki Okuya

E-mail : tcmokuy@shizuoka.ac.jp

【諸言】

色素増感太陽電池(DSSC)用の多孔質 TiO₂ 層の焼成の際、電気炉が一般に利用されているが、マイクロ波加熱を利用することで TiO₂/FTO 界面での集中的な発熱による両層の密着性の向上、および TiO₂ 粒子間のネッキングの促進が期待される。本研究グループでは、マイクロ波の電場照射による誘電損失を利用した多孔質 TiO₂ 層の焼成を報告した¹⁾。本研究では、さらにマイクロ波の磁場照射による多孔質 TiO₂ 層の焼成を報告する。さらに、この手法により作製した TiO₂ 層を色素増感太陽電池に利用し、電池特性の向上を目指した。

【実験方法】

フッ化アンモニウムとジ-*n*-ブチルスズジアセテートの混合溶液を調製し、スプレー熱分解 (SPD) 法により FTO 透明導電膜をガラス基板上に堆積した。この FTO ガラス上に、基板温度約 150 °C の低温 SPD 法で多孔質 TiO₂ 層を堆積し、TiO₂/FTO 積層構造を作製した。次に、マイクロ波実験装置(富士電波工機(株), FSU 201VP-04)を用い、周波数 2.45 GHz、出力 25、30 W のシングルモード電場および磁場を 3、12 min それぞれ照射し、多孔質 TiO₂ 層の焼成を行った。最後に、この層に N719 色素を吸着後、白金対電極と重ね合わせ、電極間に I⁻/I₃⁻ 電解液を注入してセルを完成させた。電池特性の評価は、疑似太陽光(AM-1.5, 100 mW/cm²) 照射下で行った²⁾。

【結果・考察】

Fig. 1 にマイクロ波加熱法により作製した TiO₂ 層の表面 SEM 像を示す。電場照射により焼成した TiO₂ 層(A)の表面形態に比べ、磁場照射により焼成した TiO₂ 層(B)の粒界が不明瞭であり、後者の方が粒子間のネッキングが進行していることがわかった。次に、Table 1 に各条件で焼成した多孔質 TiO₂ 層を利用した DSSC のセル特性を示す。電場照射の TiO₂ 層を用いたセルに比べ、磁場照射のそれを用いたセルの

短絡電流密度(J_{sc})が上昇し、これにともない変換効率(η)も上昇した。電場と磁場の温度上昇率を比べると、後者の方が大きく、これにともなう各電磁波下での物質拡散も互いに異なっていると考えられる。また、30 W 12 min のマイクロ波で焼成した TiO₂ 層を用いたセルに比べて、25 W 3 min のマイクロ波で焼成した TiO₂ 層を用いたセルの方が、変換効率の上昇が顕著であった。これは、磁場照射による加熱と電場照射による加熱において、特に発熱の初期段階で温度上昇率が異なることが起因していると考えられる¹⁾。今後、マイクロ波の出力の最適化により、電極の焼成手順を検討する必要がある。

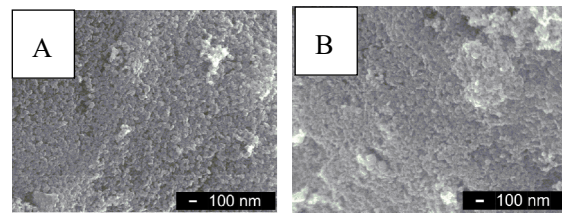


Fig. 1 Surface morphology of porous-TiO₂ layers formed by a microwave heating technique with irradiating (A) electric field, and (B) magnetic field at the input power of 30 W for 12 min.

Table 1 Photovoltaic parameters of DSSCs fabricated with the porous TiO₂ layers formed by a microwave heating technique.

Output (W)	25		30	
Time (min)	3		12	
Field	Electric	Magnetic	Electric	Magnetic
J_{sc} (mA/cm ²)	11.1	12.7	12.4	13.5
V_{oc} (V)	0.69	0.71	0.73	0.72
FF	0.68	0.71	0.70	0.71
η (%)	5.3	6.4	6.3	6.8

1) 鈴木 他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 9a-W323-2, 2019.

2) M. Okuya et al., *J. Am. Ceram. Soc.*, 101, 5 071, 5 079 (2018).