

非平衡プラズマの活性種の検討による多孔質 TiO₂ 層の作製と 色素増感太陽電池への応用

Investigation of active species in a non-equilibrium two-dimensional plasma
to prepare a porous-TiO₂ layer to fabricate dye sensitized solar cells

静岡大院工, ○眞弓 慎司, 澤村 南斗, 鷲坂 潤平, 奥村 亮佑, 奥谷 昌之

Shizuoka Univ., °Shinji Mayumi, Minato Sawamura, Junpei Sagisaka, Ryosuke Okumura, Masayuki Okuya

E-mail: tomokuy@shizuoka.ac.jp

1. 緒言

本研究グループでは、大気圧下での誘電体バリア放電を利用して非平衡二次元プラズマを発生させ、これを前駆体を塗布した基板へ照射することで SnO₂ や ZnO、TiO₂ の製膜を報告した^{1, 2, 3)}。さらに前回、この製膜技術が色素増感太陽電池 (DSSC) 用の多孔質 TiO₂ 層の作製に利用できることを示した⁴⁾。そこで本研究では、製膜時の雰囲気制御により、多孔質 TiO₂ 層の形成に有効なプラズマ活性種の検討を行い、DSSC の最適化を試みた。

2. 実験方法

市販の TiO₂ 懸濁液 (STS-02;石原産業(株)) と微粒子 (P25;Degussa) を混合して TiO₂ 原料溶液を調製した。また、チタニウム (IV) テトラポキシド (TTIP) に過酸化水素水を添加した TTIP 溶液を別途に調製した。次に、既存の FTO 基板上に TiO₂ 原料溶液を低温スプレー熱分解 (SPD) 法により噴霧し、所定の膜厚の多孔質 TiO₂ 層を堆積した。さらに、作製した多孔質 TiO₂ 層を TTIP 溶液への浸漬処理を約 1 時間行った。

次に、空気または N₂/O₂ 混合ガス(99/1 vol%) 雰囲気下で非平衡二次元プラズマを発生させ、これを膜厚 5 μm の多孔質 TiO₂ 膜に照射した。さらに、上記と同様の堆積・プラズマ処理を再度行い、最終的に膜厚 10 μm の TiO₂ 層を作製した。これらの TiO₂ 層を利用して DSSC を作製し、疑似太陽光下において電池特性の評価を行った⁵⁾。

3. 結果と考察

各 TiO₂ 層を利用して作製した DSSC のセルパラメータを Table 1 示す。窒素/酸素混合ガス(99/1 vol%) 雰囲気下で作製された膜において、最も高い変換効率 1.6 % を観測した。前回報告した結果をふまえると、窒素由来のプラズマ活性種が TTIP の酸化反応や結晶化をアシストし、TiO₂ 粒子間のネッキングが促進されたことが考えられる¹⁾。しかし、本研究で作製したセルの特性は、電気炉で作

製した一般的な DSSC と比較して低かった。今後は、TiO₂ 粒子間のネッキングの促進に関する知見をもとに、製膜条件の再検討を行う予定である。

Table 1 Photovoltaic parameters of DSSCs fabricated with a porous-TiO₂ layer deposited by various conditions.

	Plasma		Electric furnace	
			500 °C	
TTIP dipping	Yes			No
Atmosphere	N ₂ /O ₂ =99/1	Air		
J _{sc} (mA/cm ²)	3.2	1.2	6.8	11
V _{oc} (V)	0.74	0.7	0.73	0.67
FF	0.68	0.58	0.68	0.67
η(%)	1.6	0.5	3.4	5.1

4. まとめ

本研究では、誘電体バリア放電を利用した非平衡二次元プラズマを自作電極により発生させ、これを多孔質 TiO₂ 層の製膜に利用し、これをさらに DSSC へ応用した。窒素/酸素混合ガス(99/1 vol%) 雰囲気下で作製したセルにおいて、TiO₂ 粒子のネッキングが促進され、最も高い変換効率 1.6 % 得られた。しかし、本研究で作製したセルの変換効率は、一般的な DSSC に比べ低かった。今後は、TiO₂ 粒子間のネッキングの促進に関する知見をもとに、製膜条件の再検討を行う予定である。

1)金指 他, 第 75 回応用物理学会学術講演会,18p-A11-14, (2014).
2) M. Okuya et al., *Applied Physics Express*, 7, 015501 (2014).
3)奥村 他, 第 78 回応用物理学会学術講演会,7P-C23-21(2017).
4)眞弓 他, 第 79 回応用物理学会学術講演会,21p-234B-4(2018).
5) M. Okuya et al., *J. Am. Ceram. Soc.*, 101, 5071, 5079 (2018).