17a-PA2-30

Nb:TiO_2 緻密層の構造による色素増感太陽電池の発電特性への影響

Effect of Structure of Nb:TiO_2 Dense Layer in Dye Sensitized Solar Cells

鹿児島大院 理工 °堀江 雄二, 大坂 和博, 向江 宏貴, 郭 世栄, 野見山 輝明

Kagoshima Univ. °Y. Horie, K. Daizaka, H. Mukae, S. Guo, T. Nomiyama

E-mail: horie@eee.kagoshima-u.ac.jp

1. はじめに

色素増感太陽電池(DSC)の光電極においては，透明導電体(TCO)基板の表面から電解液中に光励起キャリアが漏れ出す逆電子反応を，TCO の表面を TiO_2 の緻密層で覆うことにより低減できることが幅広く知られている．しかし，しばしば緻密層は TiO_2 多孔膜層から TCO への電荷移動の障壁としても働き，直列抵抗の上昇を招く．

一方，緻密層の TiO_2 に Nb をドープすることにより，TiO_2 多孔膜-TCO 間のバンド接続が改善されることで，変換効率が向上することが知られている[1,2]．本研究では， 薄膜構造の異なる 2 種類の Nb ドープ TiO_2 (TNO) の緻密膜を用いて DSC を作製し，その発電特性および電荷移動特性への影響を調べた．

2. 実験方法

TNO 緻密層には，(A)ターゲットに Nb-Ti 合金 (Nb 6 at%)，雰囲気ガスに Ar と O_2 の混合気体を用いて DC マグネトロンスパッタ法で作製した柱状結晶膜[3]と (B) 0. 15 M の $TiCl_4$ と $NbCl_5$ の混合溶液を出発原料にし，TCO である FTO 層の上にスピンコートして得られた粒状結晶膜の 2 種類を用いた．

TNO 柱状結晶膜を緻密層として得られた光電極の断面 SEM 写真を Fig.1 に示す．柱状結晶膜は厚くなるにつれて[220]配向が強くなることが確かめられた．その上に，通常と同じようにスキージ法で TiO_2 多孔膜を積層し，N719 色素を担持させることにより光電極を作製した．疑似太陽光下または暗下で電流-電圧測定，パルス光応答測定，交流インピーダンス測定などによりキャリア移動特性などを評価した．

3. 結果と考察

Fig.2 に TNO 緻密層の膜厚による短絡電流密度 J_{sc} の変化を示した．膜厚が 80 nm までは，両構造とも TCO からの光励起キャリアの漏れが抑制されることに伴い J_{sc} は増加した．しかし，それ以上では膜厚の増加につれ両構造の差が大きくなった．特に柱状構造の場合は，膜厚が増えるにつれ緻密層での光吸収が増え，光励起キャリアの移動距離が増えるにもかかわらず，J_{sc} の増加が見られた．

また，交流インピーダンス測定から粒状結晶膜では直列抵抗が増加したのに対し，柱状結晶膜ではあまり変化しなかったことから，配向した柱状結晶膜によって粒界散乱の影響を低減できたものと考えられる．さらに，柱状結晶膜では電子寿命 τ_e と外部量子効率 EQE の向上が見られたことから，漏れ電流と入射光散乱の抑止効果が J_{sc} の向上につながったのではないかと考えられる．

[1] S. Lee *et al*., J. Phys. Chem. C, 113, 6878-6882 (2009).
[2] Y. Horie *et al*., Electrochim. Acta, 105, 394-402 (2013).
[3] 日渡賢一，桝山直人，堀江雄二，特許 5122121(2012).

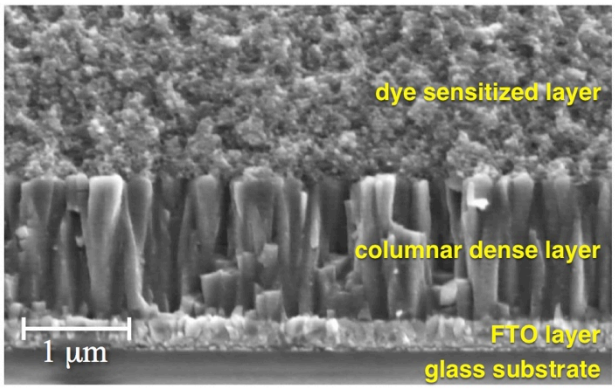

Fig. 1. Cross section of DSC electrode substituted by a TNO dense layer with columnar structure.

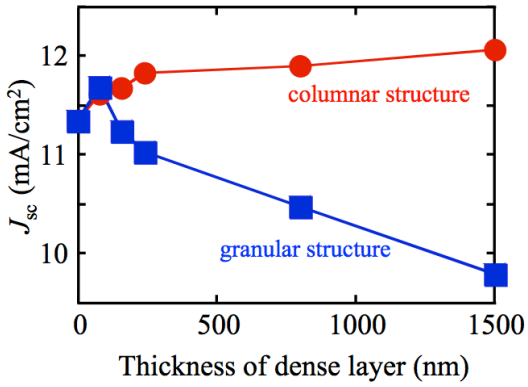

Fig. 2. Variation of short circuit current density J_{sc} with the thickness of TNO dense layer.

© 2014 年　応用物理学会