

二種類の二酸化チタンを用いた電気泳動法による複合薄膜の作製

Composite Thin Films prepared by Electrophoresis using Two Types of TiO_2

同志社大院理工, °川上 亮, 左橋 知也, 佐藤 祐喜, 森 康維, 吉門 進三

Doshisha Univ., °Ryo Kawakami, Tomoya Sahashi, Yuuki Sato, Yasushige Mori, Shinzo Yoshikado

E-mail: syoshika@mail.doshisha.ac.jp

はじめに: 酸化チタン(TiO_2)は光触媒や色素増感型太陽電池の負極の電極材料として注目されている。その性能を決める要因として比表面積の大きさやキャリア拡散距離の長さがある。また色素増感型太陽電池において薄膜の光捕集効率(LHE)の高さが重要になる。本研究で合成される TiO_2 ナノ粒子(TNP)の粒径は 5 nm 程度であり、粒子が一次元状に原子レベルで接合する oriented attachment と呼ばれる機構を形成する。その薄膜は比表面積が大きく、またキャリア拡散距離を比較的長くすることが可能である。しかし電気泳動により作製された TNP 薄膜は透明性が高く、また製膜可能な膜厚上限(1.4 μm)が低いと LHE が低いという問題点があった。しかし、TNP と骨格および散乱体となる比較的粒子サイズの大きい酸化チタン微粒子 P25 (Degussa, 平均粒径: 20 nm)を複合し薄膜化することで、厚膜化の実現および入射光の光路長の増加により LHE が向上し、色素増感型太陽電池の発電効率(PCE)が向上することが分かった[2]。また、複合コロイドにおける電気泳動中の各粒子の挙動が明らかになった[3]。そこで本研究では、さらなる LHE の向上を実現するため、膜の深さ方向に複合比率を変化させた傾斜材料薄膜を作製し評価をした。

実験方法: 文献[1]による方法で合成した TNP と P25 粒子をそれぞれ遠心分離により凝集粒子を取り除いた。2 種類の TiO_2 粒子をそれぞれエタノール中に分散させて TNP コロイドと P25 コロイドを調整した。まず TNP コロイドを用いて定電流電気泳動し、泳動中に P25 コロイドを TNP コロイドに滴下し、コロイド中の各粒子の複合比率を時間的に変化させることで傾斜材料薄膜を堆積させ、光学特性および太陽電池特性を評価した。なお泳動電流密度は 0.1 mA/cm^2 とし、増感色素として N719 を用いた。

実験結果: Fig.1 に作製した傾斜材料薄膜の断面 SEM 像を示す。各領域における SEM 像から、基板表面付近で粒径が小さい TNP の複合比率が大きく膜密度の高い薄膜が堆積していた。また、薄膜表面の方向に従って徐々に粒径の大きい P25 粒子の複合比率が増加していた。この結果に加えて、薄膜の吸光係数が厚さ方向に変化していたことから複合比率が傾斜化した薄膜が作製されていることが分かった。Fig.2 に増感色素の代表的な吸収波長(Wavelength=533 nm)における LHE-膜厚特性および色素増感型太陽電池の PCE-膜厚特性を示す。P25 薄膜に対して TNP 薄膜および傾斜材料薄膜では膜厚に対する LHE の増加率が大きかった。LHE は色素吸着量および入射光の薄膜内部における光路長に依存する。TNP 薄膜と傾斜材料薄膜において膜厚に対する光捕集効率がほぼ同程度であったが、TNP 薄膜の色素吸着量の方が大きかった。このことから傾斜材料薄膜においては薄膜内部での光路長の増加由来の要因が考えられる。また傾斜材料薄膜では作製可能な膜厚上限が高かったため、結果として、95%を超える高い LHE が得られた。PCE においては光捕集効率と相関性があるため同様の傾向を示したが、TNP 薄膜に対して傾斜材料薄膜の場合、膜厚に対する PCE は少し高くなった。これは粒径の大きい P25 が複合しているため、薄膜内の粒子接点の数が減少し直列抵抗成分が低下したことが考えられる。なお、その他詳細については当日発表する予定である。

参考文献 [1] M. Adachi et al., J. Am. Chem. Soc. Vol.126 (2004) 14943.

[2] 川上 亮 他, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 (2013) 19p-C6-5.

[3] 川上 亮 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 (2014) 18p-E9-1.

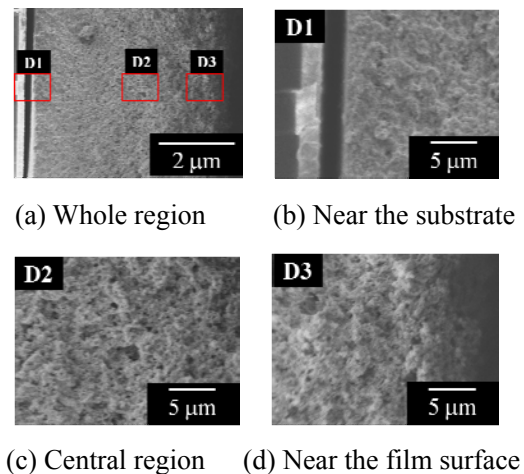


Fig.1. SEM images on the cross-sectional view of the gradient material thin films.

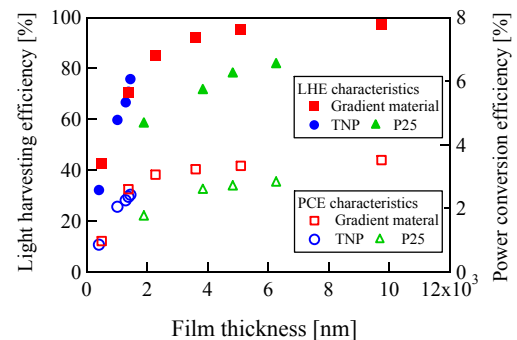


Fig.2. LHE and PCE as a function of film thickness.