

電気泳動法による色素増感型太陽電池の負電極上への絶縁層の形成

Formation of Insulated Layer on Cathode for

Dye Sensitized Solar Cells by Electrophoresis

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(DSSCs)の負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電子拡散距離の長さがある。また DSSCs 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、また電子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、また製膜可能な上限膜厚(1.4 μm)が低いため LHE が低いという問題点があった。そこで、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 TiO_2 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、DSSCs の発電効率(PCE)が向上することが分かっている[2]。しかし、複合薄膜の構成粒子が入射光に対して小さく長波長側の光捕集効率が低かった。これはさらなる厚膜化により克服できるが、基板から遠い領域で生成した電子は拡散距離の制限により再結合による損失が大きくなる。そこで本研究では、光捕集効率の向上を膜内部での光路長増加により達成させるため複合薄膜上に光散乱層および絶縁層としてさらに粒径の大きい TiO_2 粒子を電気泳動により堆積させ、光学および太陽電池の特性評価をした。

実験方法：文献[1]による方法で TNP を合成し、文献[2]で示される方法で TNP:P25=2:7 の質量比率を有する膜厚約 5 μm の複合薄膜を電気泳動により形成させた。50 ml のエタノール中に 0.8 g の TiO_2 粒子(東京化成, 平均粒径: 1 μm)を加え分散調整させたコロイドを用いて、電気泳動により複合薄膜上に絶縁層を形成させた。なお、コロイド温度を 25 $^{\circ}\text{C}$ 、泳動電流密度を 0.01 mA/cm^2 とし、泳動時間を種々変化させた。これら TiO_2 薄膜を 450 $^{\circ}\text{C}$ -30 min の条件で焼成した後に、増感色素 N719 を 0.6 mM 含むエタノール溶液中に 72 h 浸漬させ色素吸着させた。光学特性および DSSCs の電流密度-電圧(J - V)特性の評価をした。

実験結果：Fig.1 に作製した薄膜の断面 SEM 像を示す。TNP と P25 で構成される複合薄膜上に粒径 100-200 nm の TiO_2 粒子で構成される絶縁層の形成が確認できた。Fig.2 に色素吸着後の絶縁層を形成させた複合薄膜の入射光側および薄膜表面側の写真を示す。入射光側では色素吸着が確認されたが、絶縁層側では色素吸着がほとんど確認されなかった。この要因として、増感色素 N719 および粒径の大きい TiO_2 粒子はエタノール中で電気泳動を行った場合陽極に引き寄せられることから正味負に帯電している。一方で、TNP および P25 は逆の極性を示す。従って増感色素を吸着させる過程で、増感色素は選択的に正に帯電する複合薄膜構成粒子(TNP, P25)にのみクーロン引力により引き寄せられて吸着したことが考えられる。Fig.3 に光捕集効率の波長特性の絶縁層厚み依存性を示す。絶縁層を形成させることで、可視光全領域で LHE が改善された。その結果、短絡電流密度が増加し PCE が増加した。本方法で形成された絶縁層は化学的手法による色素脱離処理を必要とせず、薄膜形成工程を非常に簡易化することができる。なお、その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] R. Kawakami et al., J. Ceram Soc. Jpn, Vol.122 (2014) 436-442.

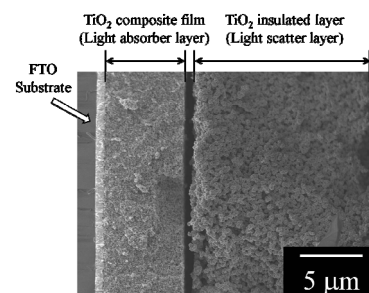
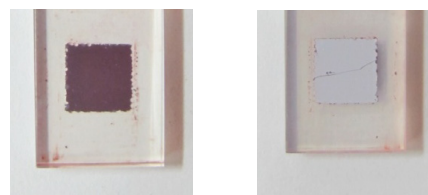


Fig.1. Cross-sectional SEM images of a film.



(a) Incident side (b) Film surface side

Fig.2. Photograph of TiO_2 electrode adsorbed sensitized dye.

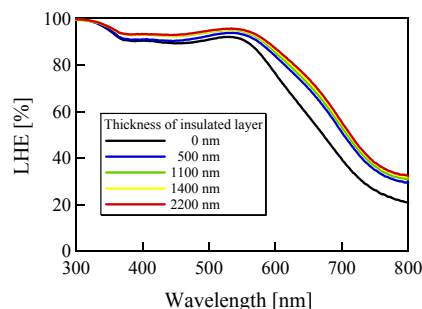


Fig.3. Wavelength dependency of LHE as a function of film thickness of insulated layer.