

色素増感型太陽電池のための電気泳動法を用いた色素吸着

Dye Adsorption using Electrophoresis for Dye Sensitized Solar Cells

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

Doshisha Univ., °Tomoya Sahashi, Ryo Kawakami, Takuya Yuasa, Yuuki Sato,

Yasushige Mori, Shinzo Yoshikado

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

【はじめに】色素増感型太陽電池 (DSSCs) は次世代の太陽電池の一つとして期待されている。現在, 色素吸着は TiO_2 薄膜を色素溶液中に浸す, いわゆる浸漬法(IM)が主に採用されている。しかし, 浸漬法では長時間を要し, 実用量産を行う際にはその工程が律速過程となることが懸念される。色素吸着に電気泳動法(EP)を採用することの利点として, 薄膜への色素吸着量および吸着位置が電氣的に制御可能であることが挙げられ, それにより薄膜深部への色素吸着が可能となり, 色素吸着時間の短縮が期待できる。これまで TiO_2 ナノ粒子^[1] (以下 TNP, 平均一次粒子径 5 nm) 薄膜に対して EP により色素吸着を試みてきた。また, IM による色素吸着では異なる粒径の TiO_2 粒子を用いた複合薄膜の優位性が確認されている^[2]。本研究では, P25 (平均一次粒子径 20 nm) 薄膜, 複合薄膜, および光捕集効率を向上させるためにさらに絶縁層を形成させた複合薄膜への色素吸着に EP を用い, EP と IM による色素吸着を比較した。

【実験方法】エタノール 50 ml 中に P25 を 0.8 g 分散させたコロイドおよび TNP:P25 を計 0.8 g になるよう質量比 2:7 で分散させたコロイドを用い EP により FTO 基板上に膜厚約 5 μm の P25 薄膜, 複合薄膜を成膜した。コロイドの温度は 25°C とした。 TiO_2 微粒子 (平均一次粒子径 1 μm) をエタノール 50 ml 中に 0.8 g 分散させたコロイドを用い, 複合薄膜の上に膜厚約 500 nm の絶縁層を形成した。これら TiO_2 薄膜を焼成後, 色素溶液中に挿入し陽極とし, アルミニウム板を陰極として電流密度を 0.2 mA/cm^2 とし, 泳動時間を種々変化させ EP により色素吸着を行った。比較のため, 72 h, IM により色素吸着を行った。色素溶液は N719 を濃度 Conc-1 および Conc-4 でエタノールに溶解し(Conc-X = $X \times 1.68 \times 10^{-4}$ M と定義する), 溶液温度は 25°C とした。DSSCs を作製し, 電流密度-電圧(J - V)特性の測定, 光電変換効率(PCE)の算出, 色素吸着量を測定した。

【実験結果】Fig.1 に例として複合薄膜における Conc-1 での泳動時間に対する発 PCE および色素吸着量を示す。なお, PCE は太陽電池構成後, 暗所で 0-48 時間保管することでエージングを行い, J - V 特性の測定日別にプロットしたものである。発電効率および色素吸着量はそれぞれある泳動時間までは上昇し, その後は低下した。EP は IM と異なり非熱平衡状態での色素吸着法であるために色素のアンカー基であるカルボキシル基が TiO_2 粒子表面に化学吸着しにくいため, ある泳動時間で吸着量が飽和した後, 吸着力が弱い物理吸着した色素がコロイドに溶出脱離したことが考えられる。Table 1 は複合薄膜における Conc-1 および Conc-4 での浸漬法を用いたときの PCE および色素吸着量を示している。これより色素吸着量は 1.0×10^{-8} mol 付近で飽和することが示唆された。48 時間のエージングを経て発電効率が最も高くなった。P25 薄膜ではエージングによる PCE 向上はほとんどなかった。Fig.2 に絶縁層を形成した複合薄膜を用いた太陽電池の J - V 特性を示す。色素吸着後の薄膜は EP, IM とともに絶縁層には色素はほとんど吸着しなかった。EP と IM で比較すると, EP, 225 s の PCE は IM, 72 h のものとほぼ同程度となった。これは約 1/1200 の時間短縮であり, EP が色素吸着時間の短縮に極めて有効な手段であることが明らかとなった。

【参考文献】[1] M. Adachi et al., J. Am. Chem. Soc. vol.126 (2004), p.14943. [2] R.Kawakami et al., J. Chem. Soc. Jpn., vol.122 (2014), p. 436.

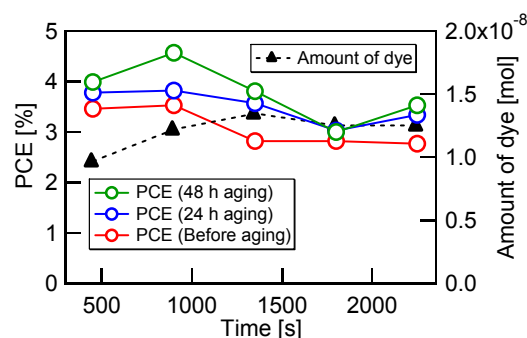


Fig. 1 Comparison of amount of dye with PCE of DSSCs by EP with various adsorption times and aging times for composite thin films.

Table 1 Comparison of amount of dye and PCE of DSSCs by IM with Conc-1 or Conc-4 for composite thin films.

	PCE [%]	Amount of dye [10^{-9} mol]
Conc-1, 72 h	4.55	7.46
Conc-4, 72 h	5.14	9.23

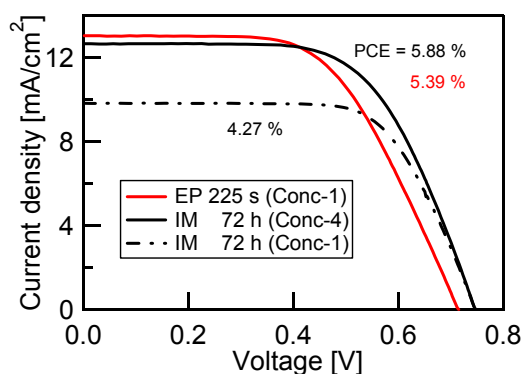


Fig. 2 J - V characteristics for DSSCs fabricated using composite thin films with insulated layer after adsorbing of dye by EP or IM.