19p-A1-4

電気泳動法を用いた色素増感型太陽電池の色素吸着

Dye Sensitized Solar Cell using Electrophoresis to Adsorb Dye

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予想される．これまで TiO_2 ナノ粒子[1]（以下 TNP，平均一次粒子径 5 nm）薄膜に対して電気泳動法により色素吸着を試みてきた．また，浸漬法による色素吸着では異なる粒径の TiO_2 粒子を用いた混合薄膜や傾斜材料等の優位性が確認されているが，深さ方向で粒度分布が異なる傾斜材料に対して，濃度勾配に依る浸漬法では均一な色素吸着は困難と考えられる．色素吸着に電気泳動法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気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であると考えられる．そこで傾斜材料への色素吸着に電気泳動法を用い，電気泳動法と浸漬法による色素吸着を比較した．

【実験方法】電気泳動法により ITO 基板上に約 5 μm の膜厚の P25（平均一次粒子径 20 nm）薄膜，混合薄膜[2]，傾斜材料を成膜する．傾斜材料の成膜手順は分級を施した TNP をエタノール 50 ml に 0.26 g 分散させたコロイドに，分級を施した P25 をエタノール 50 ml に 3.78 g 分散させたコロイドを 20 s 毎に 0.07 ml ずつ滴下し，電流密度は 0.1 mA/cm^2 として電気泳動法により成膜した．この 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は 0.2 mA/cm^2，0.02 mA/cm^2 とし，泳動時間は 100 s - 1800 s として電気泳動法により色素吸着を行った．また比較のため，450 s - 144 h の浸漬法により色素吸着を行った．どちらも色素溶液は N719 を濃度 1.68×10^{-4} M でエタノールに溶解し，溶液温度は 25 ˚C とした．その後 DSSCs を作製し，電流密度－電圧($J-V$)特性を測定した後，色素吸着量を検量線を用いて測定した．

【実験結果】Fig.1 に傾斜材料を用いて作製した DSSCs の発電効率(PCE)-膜厚特性を示す．Fig.2 にそれらの曲線因子(*FF*)と色素吸着量の色素吸着時間特性を示す．浸漬法 72 h と 144 h と比較すると浸漬法 144 h の PCE は低く，*FF* は高かった．浸漬時間 144 h で *FF* が高い理由として，色素が負電極近くまで吸着していることが考えられる．一方，電解液とのオーバーラップ領域より手前で入射光は色素との反応で減衰するため酸化還元反応速度が低下し，短絡電流密度が低下したと考えられる．浸漬時間 72 h で短絡電流密度が増加したが，これも薄膜中の色素分布が異なることが考えられる．72 h の場合，色素は薄膜表面では十分に吸着しているが，深部まで色素が吸着していないことが考えられ，電解液と薄膜がオーバーラップしている領域で電解液の酸化還元反応が円滑に行われた結果，短絡電流密度が増加したことが考えられる．電気泳動法を用いることで色素が薄膜の比較的深部まで吸着したことで，*FF* は浸漬法と比較して同等または高い値となった．*FF* が大きくなった理由としては色素が薄膜深部まで到達した結果，基板付近で電子が発生し，TiO_2 電極における移動距離が小さくなり，直列抵抗成分の損失が減少したことが考えられる．

今回，450 s の電気泳動法は 36 h の浸漬法と同等の発電効率が得られた．これは約 1/300 の時間短縮であり，電気泳動法は色素吸着時間の短縮に有効な手段であることが確認された．また電気泳動条件により色素吸着位置が制御可能であることが示唆され，それら詳細は当日発表予定である．

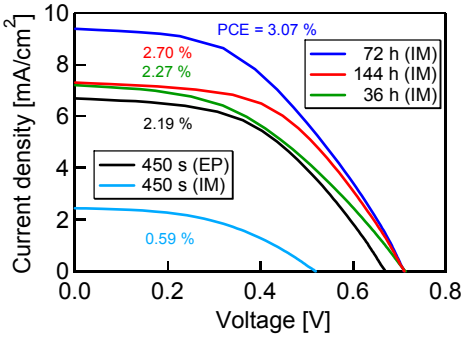

Fig.1 *J-V* characteristics for DSSCs using gradient materials with N719 adsorbed by immersion (IM) or by electrophoresis (EP) with 0.2 mA/cm^2.

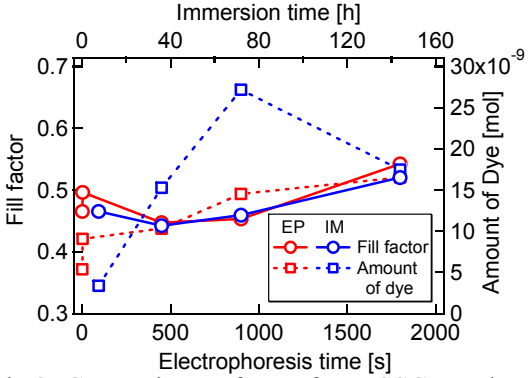

Fig.2 Comparison of *FF* for DSSCs and amount of dye adsorbed TiO_2 thin film by electrophoresis or immersion with various adsorption times.

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 pp. 436-442,.2014

© 2014 年　応用物理学会