17p-A1-3

# エアロゾルデポジション法を用いたフィルム型色素増感太陽電池の高効率化

# High performance film-type dye-sensitized solar cells fabricated with aerosol deposition

積水化学工業株式会社 [1]，産総研 [2]　○藤沼 尚洋 [1]，安西 純一郎 [1]，佐藤 幸子 [1]，知久 義則 [1]，廣瀬 伸吾 [2]，明渡 純 [2]

Sekisui Chemical Co., Ltd. [1], AIST [2],　°Naohiro Fujinuma[1], Junichiro Anzai[1], Sachiko Sato[1], Yoshinori Chiku[1], Shingo Hirose[2], Jun Akedo[2] / E-mail: fujinuma001@sekisui.com

【背景】　導電性フィルム基板と $TiO_2$ 多孔膜および色素とで光電極が構成されるフィルム型色素増感太陽電池（DSC）は、軽量さ、フレキシブル性、Roll-to-Roll 製法によるプロセスコストの低さ等を特徴に有し、新たな太陽電池として実用化が期待されている。フィルム型 DSC の実現には、基板の耐熱温度以下での $TiO_2$ 多孔膜の形成が必須である。近年、$TiO_2$ 微粒子をエアロゾル化させ物理的に基板に吹き付ける方法（エアロゾルデポジション法; AD 法）により、室温で $TiO_2$ 多孔膜が形成できることが見いだされ、[1] 光電極への応用が検討されている。ただし、これまで AD 法で作製された DSC は変換効率が 5 % 程度であり、実用化にむけては更なる変換効率の向上が求められていた。

【実験】　光電極の積分透過スペクトル、拡散反射スペクトル、および DSC の外部量子収率を測定し、光電変換の各素過程における短絡電流密度（Jsc）のロス量を算出した。また、単色光（650 nm）を DSC に照射した状態で光量を変化させ、Jsc の過渡応答を測定することで、$TiO_2$ 中の電子拡散係数を求めた。AD 法の原料粉体は、粒径 15 nm のアナターゼ型 $TiO_2$ 微粒子を湿式分散処理し、加熱乾燥させることで調整した。この粉体を $N_2$ ガス（2 LPM）にてエアロゾル化させ、基板として用いた PEN - ITO フィルムに吹き付けることで成膜を行った。得られた $TiO_2$ 多孔膜を Ru 錯体の $CH_3CN$ / t-BuOH 溶液に浸漬させ光電極を作製した。 $I^-$ / $I_3^-$ を含有した $CH_3CN$ 溶液を電解液とし、Pt を対極、ハイミランをスペーサーに用いて DSC を作製し、電流-電圧（I-V）特性を評価した。

【結果と考察】　光電極の光学測定および DSC の過渡応答測定の結果から、従来の AD 法で作製された DSC では、光の拡散反射 (Fig. 1) および $TiO_2$ 中の電子拡散不足 (Fig. 2) が変換効率の抑制要因であると考察した。さらに、SEM による断面観察から、前記要因は $TiO_2$ 多孔膜に存在するランダムな空隙に由来し、この空隙は原料粉体のランダムな凝集に誘起されると推察した。そこで、$TiO_2$ 微粒子を湿式分散処理し、原料粉体の凝集を緩和させることで、$TiO_2$ 多孔膜に存在する空隙の抑制を試みた。分散処理を最も行った $TiO_2$ 微粒子を原料粉体として AD 法にて成膜をしたところ、従来よりも空隙が減少した均一な膜が形成された（Fig. 3 左）。その結果、拡散反射の低減および電子拡散係数の増加が見られ（Fig. 1, 2）、これを用いた DSC の Jsc や変換効率も増加した。以上より、AD 法という成膜プロセスが介在しても、原料粉体の分散状態を制御することで成膜後の $TiO_2$ 多孔構造や物理特性を制御できる知見を得た。これを踏まえ、$TiO_2$ 微粒子の分散をあえて緩和させ、光散乱粒子を添加することで、空隙が大きく光散乱性の高い $TiO_2$ 多孔膜も作製した（Fig. 3 右）。 この多孔膜を反射層に応用し、発電層、反射層の積層構造を AD 法にて実現することで、DSC の Jsc や変換効率をさらに向上させ、フィルム型 DSC で変換効率 9.1%を達成した。

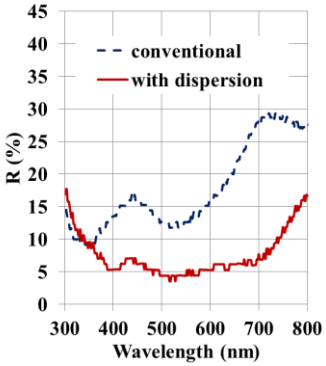


Fig. 1. Diffuse reflectance spectra of dye-sensitized $TiO_2$ layer fabricated without dispersion ( conventional ) or with dispersion.

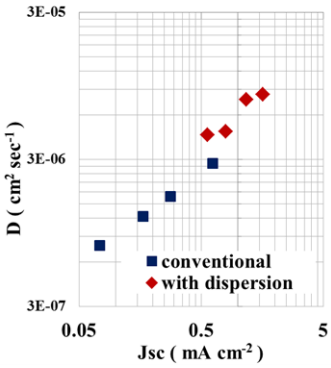


Fig. 2. Diffusion coefficients of electrons in $TiO_2$ layer of DSC fabricated without dispersion ( conventional ) or with dispersion.

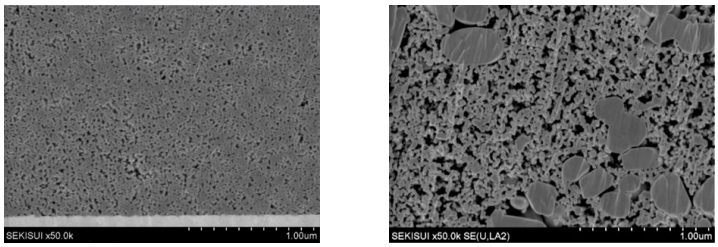


Fig. 3. Cross-sectional SEM images of $TiO_2$ layer fabricated with aerosol deposition for semi-transparent nanoporous layer ( left ) and light scattering layer of DSC ( right ) .

[1] 廣瀬他、特許第 5322017 号



© 2014 年　応用物理学会