

色素増感太陽電池の陽極に用いる光反射層の作製と評価

城西大院・理

○犬塚拓哉, 藤谷拓夢, 見附孝一郎

Fabrication and evaluation of the light reflection layer used for the anode of the dye sensitized solar cell

○Inuzuka Takuya, Fujiya Takumu, Mitsuke Koichiro
Graduate School of Science, Josai Univ.

【Abstract】

Several types of paste containing TiO_2 particles with different average diameter ranging from 15 to ~600 nm were prepared and applied doubly or triply to a conductive glass substrate. Thus, hierarchically structured thin films were built up on the anode of a dye sensitized solar cell, DSSC. The top layer called a light reflecting layer LRL has a role of reflecting incident light to improve the photoelectric conversion characteristics of the cell. In the present study, the TiO_2 powder with three different crystal structures, i.e. rutile type, anatase type and super titania, was employed for the raw materials of the LRL. Comparison was made in the J - V curves of the DSSCs between the LRL prepared from the powder and that from the commercially available paste PST-400C. The open circuit voltage (V_{oc}) was found to be higher for all the powder than for PST-400C, whereas the short-circuit current density (J_{sc}) only for the powder of rutile type became higher than that for PST-400C. This result was understood in terms of the highest reflectivity of the rutile particles.

【序】

地球温暖化や気候変動が顕在化する現代社会において、太陽電池の利用は環境負荷が少ない発電手段の一つとして期待されてきた。最近では、高純度シリコン太陽電池の代替品として、製造や設置のコストが低い色素太陽電池(DSSC)の実用化が始まっている。DSSCの光電変換効率を向上させるには、酸化チタンナノ粒子薄膜の高機能化が重要課題であり、(1) 粒径の異なるナノ粒子を積み上げて色素濃度に勾配を付け、(2) 最上段に光反射層を設けて光路長を実効的に伸ばして吸光率を上昇させるといったマイクロスケールの薄膜設計技術が追究されている。本研究では、異なる結晶構造、粒径分布および反射率を持つ3種類の酸化チタンのサブマイクロ粒子(ルチル型、アナターゼ型、スーパータイタニア)を原料として用意し、それぞれからペーストを調製し光反射層を製作して、DSSCの性能を比較した。

【実験手順】

市販の酸化チタン TiO_2 の粉末を原料とした。下層のナノ粒子薄膜にはアナターゼ型結晶を持つP90(平均粒径 $d \sim 15$ nm)およびP25($d \sim 25 - 30$ nm)を利用した。一方、光反射層用にはルチル型(高純度化学; $d \sim 500$ nm)、アナターゼ型(高純度化学; $d \sim 576$ nm)、スーパータイタニア(昭和電工 G-1 ; $d \sim 250$ nm)の3種類のサブマイクロ粒子粉末を用いた。まず、P90またはP25に分散剤、界面活性剤、増粘剤を加え、ペイント

シェーカーで5時間攪拌したのち加熱してペースト化した。次に、P90のペーストを導電性ガラス(FTO)基板にスキージー法で塗布し、その上にP25のペーストを塗布したのち、450°Cで焼成して2層のナノ粒子薄膜を作った。もしくは、P90のペーストのみをFTOに塗布し、1層のナノ粒子薄膜も試みた。

上記のナノ粒子薄膜の上に、サブマイクロ粒子粉末を原料としたペーストを塗布・焼成することで光反射層(LRL)を形成させた。次に、ルテニウム色素 N719 のアセトニトリル・*t*-ブチルアルコール混合溶液にFTO基板を浸漬させた。この結果、3層構造または2層構造のTiO₂薄膜を持つアノードが得られた。別のFTO基板に市販の白金ナノ粒子ペーストを塗布して400°Cで焼成しカソードとし、ハイミランでアノードと接着した。最後にイオン液体 BMII を含む自作のヨウ素電解液[3]を電極間に封入しセルとして完成させた。

【結果・考察】

異なるLRLから成る太陽電池の比較を表1、表2にまとめた。表1は3層構造、表2は2層構造の結果である。また、平均変換効率 $\bar{\eta}$ は3個以上のセルの平均値である。比較のために、既製品のTiO₂ペースト(日揮触媒 PST-400C、 $d \sim 400$ nm)を用いて光反射層としたDSSCについての結果を、表1のPST-400Cの行に示してある。PST-400Cに比べて、3種類のサブマイクロ粉末を原料にしたすべての自作ペーストで開放電圧(Voc)が向上した。しかし、ルチル型粉末のペーストを除き、短絡電流密度(J_{sc})はPST-400Cよりも減少した。これは、ルチル型の粉末が他の粉末よりも高い屈折率を持ち、光を反射させやすいことによると考えられる。2種類のサブマイクロ粉末の混合ペーストを用いて作製したLRLの結果については当日発表する。

Table 1. J - V characteristics of the cells with light reflecting layer LRL made from different TiO₂ powder. Triple-layered electrode was adopted.

TiO ₂ for LRL	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	Voc / V	FF	$\bar{\eta} / \%$	$\eta_{\text{max}} / \%$
rutile	13.6	0.691	0.658	6.18	6.31
anatase	13.0	0.703	0.657	6.0	6.08
Super titania	13.2	0.693	0.628	5.74	5.78
PST-400C	13.6	0.682	0.645	5.98	6.13

Table 2. J - V characteristics of the cells with light reflecting layer LRL made from different TiO₂ powder. Double-layered electrode was adopted.

TiO ₂ for LRL	$J_{sc} / \text{mA cm}^{-2}$	Voc / V	FF	$\bar{\eta} / \%$	$\eta_{\text{max}} / \%$
rutile	12.0	0.713	0.658	5.67	5.71
anatase	11.6	0.709	0.657	5.54	5.7
Super titania	11.7	0.72	0.643	5.42	5.56

【参考文献】

- [1] 伊藤大和 2013年度卒業論文 [2] 斎藤亜加音 2014年度卒業論文
[3] BMII:1-Butyl-3-methylimidazolium iodide