

研究ノート

色素増感太陽電池用酸化チタン多孔質電極の低温成膜技術

加藤一徳^{*1}、杉本賢一^{*1}、藤原梨斉^{*1}

Low Temperature Fabrication of Titanium Oxide Porous Electrodes for Dye-Sensitized Solar Cells

Kazunori KATOH^{*1}, Kenichi SUGIMOTO^{*1} and Rise FUJIWARA^{*1}Industrial Technology Division, AITEC^{*1}

酸化チタン多孔質電極は、粒子径 20~50nm の酸化チタン微粒子を樹脂フィルム基板上に堆積させることにより製造される。しかし、太陽光の大部分は電極を透過して発電に寄与しないため、高性能の電池が得られていない。そこで、粗大酸化チタン粒子を混合した電極を作製し、その光散乱効果から光の透過を抑制することにより電池の高性能化を試みた。可視光の波長と同程度の粒子径 300nm~1 μ m の粗大粒子を混合することで、光電変換効率 5.4%まで発電性能を向上させることができた。

1. はじめに

色素増感太陽電池は、酸化チタン多孔質膜に光増感色素を吸着させた電極を負極に用いた太陽電池である。軽量、フレキシブル、安価であることから、携帯用電源など様々な用途に展開が可能で、その実用化が期待されている。この多孔質電極は、粒子径 20~50nm の酸化チタンナノ粒子を透明な樹脂フィルム基板上に堆積させることにより製造されるが、樹脂の耐熱性から 150 $^{\circ}$ C以下の低温で成膜する技術が必要である。当研究所では、電気泳動法により室温での成膜技術を検討し、光電変換効率を 3.5%まで向上させることができた^{1), 2)}。しかし、酸化チタン多孔質電極は光透過性が高く、太陽光の大部分が発電に寄与しないため、発電性能の高い電池を得るこ

とが困難である。そこで、粗大酸化チタン粒子を混合した電極を作製し、その光散乱効果(図1)から光の透過を抑制することにより電池の高性能化を試みた。

2. 実験方法

2.1 酸化チタン粒子

酸化チタンナノ粒子には、P-25(粒子径 20nm~50nm、日本アエロジル(株)製)を用い、粗大粒子として粒子径約 300nm(Merck 製、以下 M と称す)と 500nm~1 μ m(キシダ化学(株)製、以下 K と称す)の酸化チタンを用いた。

2.2 酸化チタン多孔質電極(負極)の成膜

負極に用いる酸化チタン多孔質電極を電気泳動法により成膜した^{1), 2)}。

P-25、M または K をブチルアルコールに分散させ、それぞれ 2% (w/v) の分散液を調製した。また、P-25 分散液と M または K 分散液を重量比 2:3 ないし 3:2 で混合した分散液を作製した。P-25 分散液に直流電圧 10V を印加して、導電性膜(ITO)付き樹脂フィルム基板(シート抵抗値 13 Ω /cm²、ペクセル・テクノロジー(株)製)上に P-25 を堆積させた。さらに、その上に混合分散液を用いて、同様に成膜した。

最後にプレス機により 1200MPa の圧力をかけて、フィルム基板に固定した。図2に示すように、発電層(P-25)と K または M を含む光散乱層から成る酸化チタン多孔質電極を作製した(成膜面積: 5mm \times 5mm)。

2.3 酸化チタン多孔質電極の性状

酸化チタン多孔質電極中の粗大粒子の分散状態を走査型電子顕微鏡により観察した。

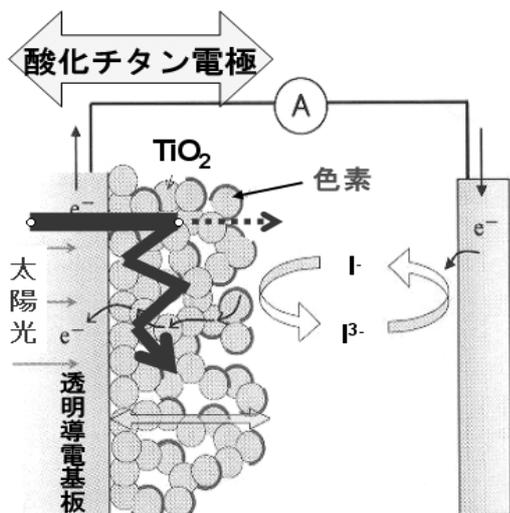


図1 酸化チタン多孔質電極の光散乱概念図

*1 工業技術部 材料技術室

2.4 色素増感太陽電池の出力評価

酸化チタン多孔質膜をルテニウム錯体色素 N719 の溶液に浸漬して、色素を吸着させた。擬似太陽光 ($100\text{mW}/\text{cm}^2$, AM1.5G) を照射して、太陽電池の出力 (電流密度-電圧特性) を測定した。

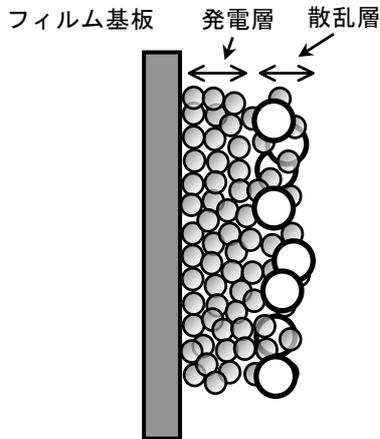


図2 酸化チタン電極の概念図

3. 実験結果及び考察

3.1 酸化チタン多孔質電極

比較的粒子径の大きな粒子を P-25 と混合して、透光性を制御・抑制することで発電効率の向上を試みた。

まず、酸化チタン K および M を混合した電極は、P-25 のみから成る電極と比較して透光性が低下していることが、目視で確認できた。図3に示した酸化チタン K と電極の電子顕微鏡写真から、酸化チタン K が電極中に均一に分散していることが観察された。したがって、分散した酸化チタン K が光を散乱し、透光性を抑制していると考えられる。

3.2 酸化チタン多孔質電極の発電性能評価

P-25 と酸化チタン K または M を種々の比率で混合し、成膜した電極の発電性能を評価した。結果を図4に示す。P-25 の電極は、光電変換効率 4.4% の発電性能を示した。酸化チタン K および M を導入し、その比率を増加させることにより、特に電流密度が増加する傾向が認められた。光電変換効率は 5.4% まで上昇した。これは、電極の透光性が低下した結果、照射された光が透過することなく有効に発電に使われたためと考えられる。

4. 結び

粒子径 $300\text{nm} \sim 1\mu\text{m}$ の粗大粒子を混合し、光散乱層を形成することにより、光電変換効率を増加させることができた。

これは、電極内の、いわゆる「光閉じ込め効果」により、入射光を効率的に電流に変換できたことによる。

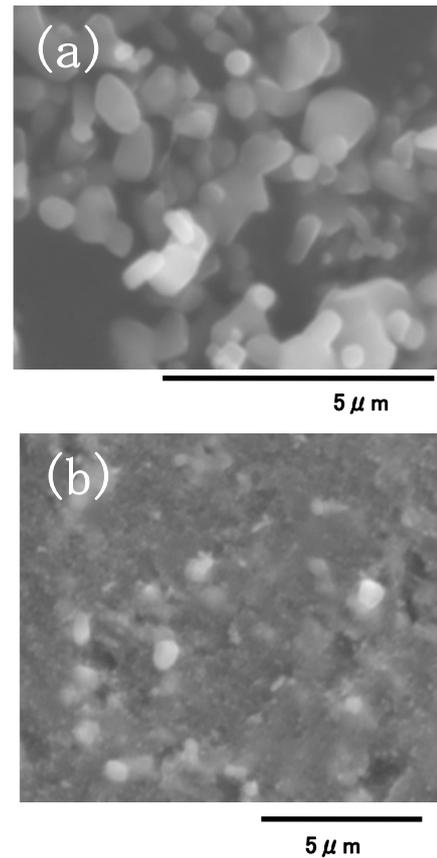


図3 酸化チタン多孔質電極の SEM 観察

(a) 酸化チタン粒子 K

(b) 多孔質電極 混合比 P-25 : K = 3 : 2

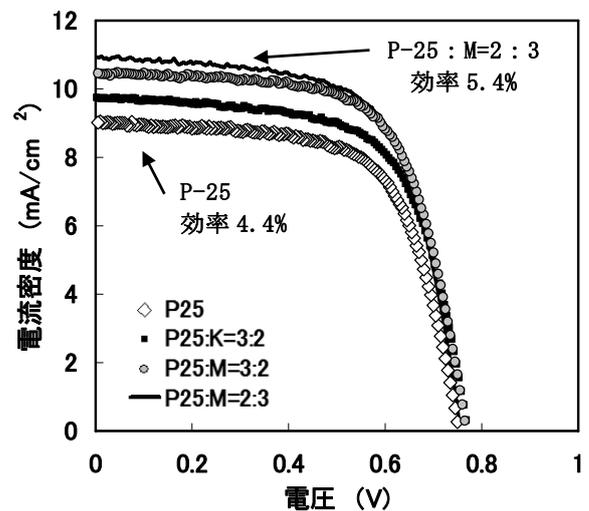


図4 色素増感太陽電池の発電性能

文献

- 1) 加藤、加藤、鈴木、菅沼：愛知県産業技術研究所研究報告，5，6(2006)
- 2) 加藤、加藤、鈴木、菅沼：愛知県産業技術研究所研究報告，6，14(2007)