

# 大面積色素増感太陽電池の開発

材料技術課 高林外広 本保栄治\*  
企画情報課 山崎茂一\*

## 1. 緒言

色素増感太陽電池は、シリコン半導体を使わずにヨウ素溶液を介した電気化学的なセル構造を持つのが特徴である。材料が安価であることと作製に大掛かりな設備を必要としないことから低コストの太陽電池として多くの期待を集めている。色素増感太陽電池の構造は非常にシンプルで、透明な導電性ガラス板に多孔質酸化チタンを成膜し色素を吸着させた電極と、同じく導電性ガラス板の対極から構成され、電解質溶液の酸化還元反応を伴うことから“光合成”に例えられたりもする。しかし、光エネルギー変換効率は低くシリコン太陽電池にはまだ及ばないのが現状である。論文上ではコンスタントに 10~12% と言った値がグレッツェルらにより報告されてはいたが、追試では最近になってようやく 10%が再現できるとどまっている。しかも、高効率を示したサンプルの電極面積は小さく (0.1~0.5cm<sup>2</sup>)、高効率な大面積セルの開発にはまだまだ解決すべき課題が山積している。

色素増感太陽電池の課題として、プラスチック基板の採用がある。基板の軽量化およびフレキシブル化には、プラスチック基板を用いる必要がある。しかし、セル作製プロセスのうち、酸化チタン膜の形成には、通常 400~600℃の加熱が必要であるが、熱に弱いプラスチックをこのような高温にすることは不可能である。このため、プラスチック上の酸化チタン膜の形成は、低温で行う必要があり、これまでの研究では酸化チタン粉末をまぶして 150℃以下の温度で乾燥・焼成している。しかし、粒間の密着性が弱く、粒界で電子の流れが阻害されるネッキングと呼ばれる現象が起こる。

我々は、反応性スパッタリング法により多孔質な酸化チタンを柱状に成長させる技術を開発しており、この膜を用いた色素増感太陽電池の開発を行った。

## 2. 実験方法

基板には、FTO (フッ素ドープ酸化スズ) 導電膜付きのガラス基板を用いた。マスクングはカプトンテープを用い、電極面積は 0.8mm<sup>2</sup> (0.64cm<sup>2</sup>) とした。酸化チタン膜の作製は、反応性スパッタリング法により行った。スパッタリング条件を表 1 に示す。成膜時の基板温度は、サーモラベルにより確認した。

膜の結晶構造を X 線回折装置により調べた。電極膜の表面及び断面構造は、走査型電子顕微鏡により観察した。光电変換特性の評価は、サンプルをルテニウム錯体アルコール溶液に 16 時間浸漬し、色素を電極表面に十分に吸着させたあと、アノードおよびカソード間にスペーサをはさみ、その中にヨウ素系電解液を入れ封止した。なお、カソードには白金薄膜を用いた。光源には、AM1.5 の模擬太陽光 (キセノンランプ) を用いた。入射光の強度は試料面位置で 100,000lx である。測定は定エネルギー分光感度特性測定装置を用い、電圧-電流特性を測定した。

表 1. スパッタリング条件

P <sub>total</sub>	P <sub>O<sub>2</sub></sub> /P <sub>total</sub>	Input Power	Depo.rate
8.0 mtorr	60%	5 KW	2nm/min

## 3. 実験結果

サーモラベルによる結果から、スパッタリング時にの基板表面温度は 100℃以下であることが確認された。X 線回折の結果、作製された酸化チタンはアナターゼ単相として成長していることがわかった (図 1)。酸化チタンの表面および断面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、酸化チタンは、50~100nm 幅の柱状に成長しており、5~10nm 幅の孔が表面からほぼ垂直に基板電極側まで達していることがわかった (図 2)。このように、作製された酸化チタンの柱はアスペクト比が大きく、柱の中ではネッキングが見られないことから、電極として適した形状であるといえる。

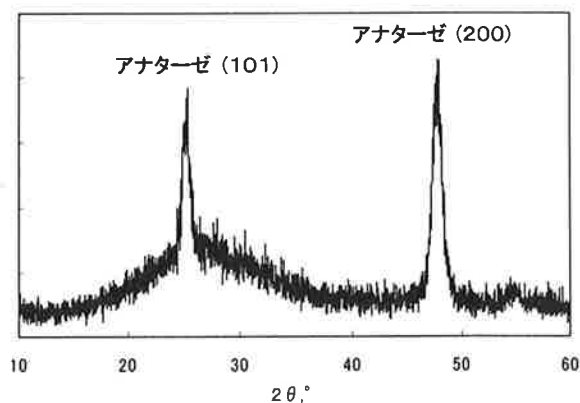


図 1. 酸化チタン膜の X 線回折パターン

\*現評価技術課

次に、光電変換特性の結果を示す。図3に、今回作製したサンプルのV-I特性を示す。この結果、開放電圧0.64V、短絡電流4.57mA、フィルファクター0.586、光電変換効率1.7%が得られた。この値は、他の非加熱による酸化チタン電極の作成手法（ウェット手法）と比べて遜色のない値である。また今回作成した酸化チタンの膜厚が、ウェット手法の3～6分の1程度であることから、単位膜厚あたりの光電変換効率は非常に高いといえる。

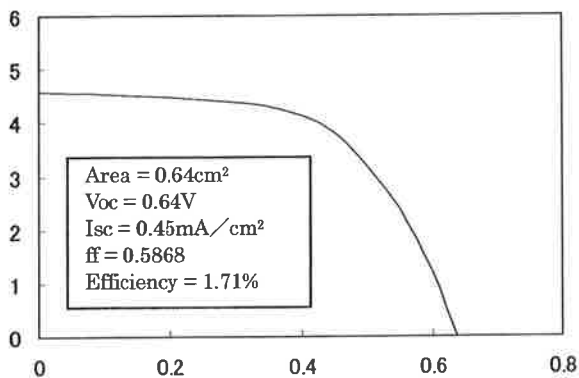


図3 光電変換のV-I特性

#### 4. まとめ

反応性スパッタリング法により、基板加熱プロセスを経ずに酸化チタン電極を形成し、色素増感太陽電池を作製した。その結果、下記の結果を得た。

- ・ 基板温度上昇が100℃以下であることから、プラスチック基板に適用可能である。
- ・ 単位膜厚あたりの光電変換効率が高いことから、より投光性の高い太陽電池セルとなる。
- ・ 反応性スパッタリング法は大面積に均一に成膜できることから、大面積セルの作製が期待される。

キーワード：色素増感太陽電池、酸化チタン、スパッタリング、低温

Development of Large Area Dye-Sensitized Solar Cell  
Sotohiro TAKABAYASHI, Eiji HONBO, Shigekazu YAMAZAKI

The porous titanium oxide film which grows columnar was deposited by the reactive sputtering without any substrate heating. Dye-sensitized solar cell was fabricated using this porous titanium dioxide film as an anode. The photoelectric conversion efficiency of this cell is 1.7%. The efficiency per unit thickness is higher than that of other deposition method.

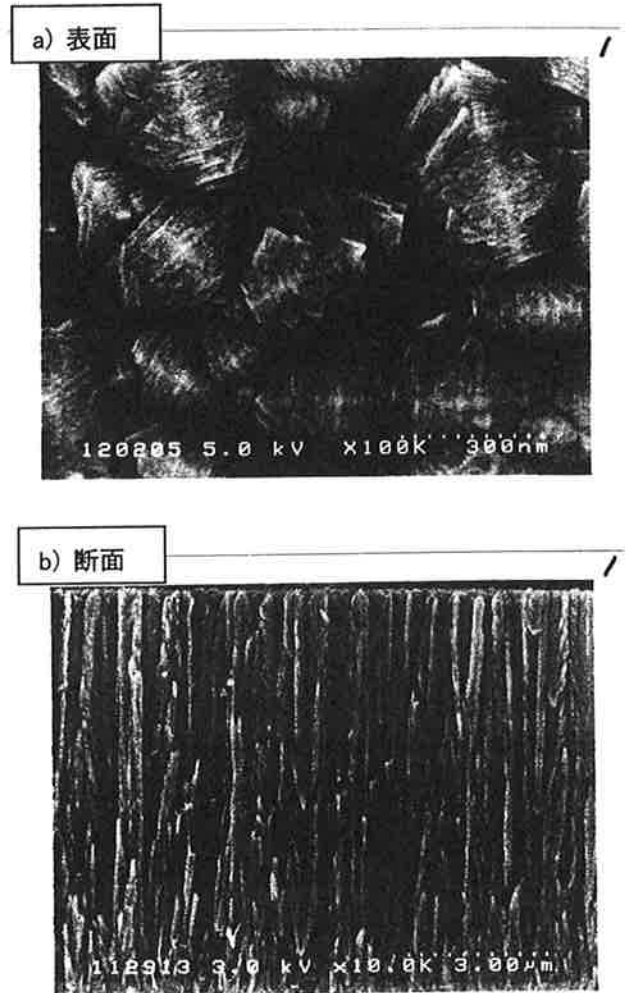


図2. 酸化チタン電極の電子顕微鏡写真

a) 表面 b) 断面