

# 色素増感太陽電池モジュールの高効率化

福井 篤 福家 信洋 小出 直城 山中 良亮 片山 博之

研究開発本部 先端エネルギー技術研究所

## 原論文

“High Efficient Dye-Sensitized Solar Cells and Integrated Modules”

Technical Digest of the International PVSEC-17, Fukuoka, Japan, 2007, P83

色素増感太陽電池モジュールの高効率化検討を行った。短冊状の太陽電池（セル）を基板上に直列接続するように形成（集積）する方法において、大面積化、信頼性に有利なW型集積モジュールの高効率化検討を行った。W型集積モジュールでは、性能の異なるセルを交互に直列接続しており、性能が低い対極側から光を入射するセル（Rセル）について外部量子効率解析と抵抗解析を行うことで変換効率向上を図った。その結果、色素増感太陽電池の集積モジュールの世界最高効率である8.2%（5cm角）を達成した。

最近、シンプルな構造と低コスト太陽電池としての可能性から、色素増感太陽電池が注目を浴びている。色素増感太陽電池は、透明導電層（Transparent Conducting Oxide: TCO）付ガラス基板、光吸収層である色素を吸着した酸化チタン層、対極からなり、TCO付ガラス基板と対極間に電解液を充填した構造をとる。我々は、内部抵抗の低減と、対極触媒能の向上、さらには光吸収層である酸化チタン層のヘイズ率<sup>\*1</sup>向上による光吸収の増加を図り、2006年には小面積ながら世界最高の変換効率である11.1%（0.219cm<sup>2</sup>）を達成している。

一方、実用化には大面積化が必要不可欠である。色素増感太陽電池は、金属の電極材料に比較して高抵抗である透明導電層を用いており、単一の太陽電池（セル）をそのまま大面積化した場合には、透明導電層におけるジュール熱損失が増大し、変換効率は著しく低下する。このため、結晶シリコン太陽電池と同様に、受光面側に集電用の電極を配置し、透明導電層でのジュール熱損失を低減する試みが行われている。この方法は、大面積化が容易であるため、当該分野でも多くの実証試作が行われているが、高い変換効率を得るには至っていない。

他の大面積化のアプローチとしては、薄膜シリコン太陽電池と同様、短冊状のセルを基板上に直列接続するように形成（集積）する

方法がある。この方法は、ジュール熱損失の観点から有利であり、作製後の配線工程が不要なため、製造コストを抑えることが可能となる。

色素増感太陽電池には大別して2つの集積方法がある。図1に集積型モジュールの構造を示す。それぞれ、(a) Z型、(b) W型と呼ばれる。

Z型モジュールは、酸化チタン層と対極層を別の基板上に形成し、貼り合わせることでモジュールを形成する。セル間の直列接続は、導電材料を2枚の基板で挟み込むことで行う。この構造では、セル間に導電材料とセル間を絶縁する層を形成するため、セル間の非発電面積を小さくすることが困難である。また、セル間の接続抵抗が、導電材料と基板の接触状態に依存するため、大面積化や信頼性の観点から不利となる。

W型モジュールは、酸化チタン層側から光

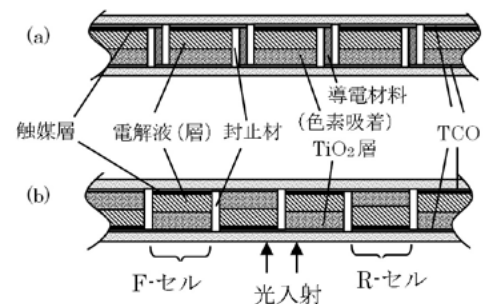


図1 色素増感太陽電池モジュールの構造

\*1 ヘイズ率

サンプルに光を入射した際の拡散透過光を全光線透過光で割った値。

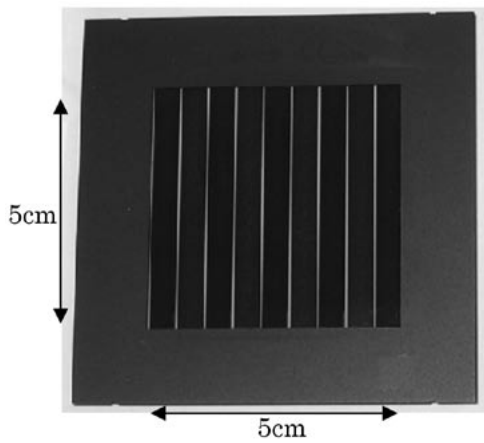


図2 W型モジュールの概形

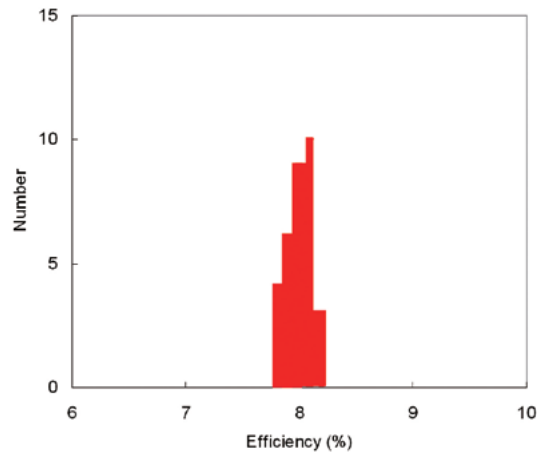
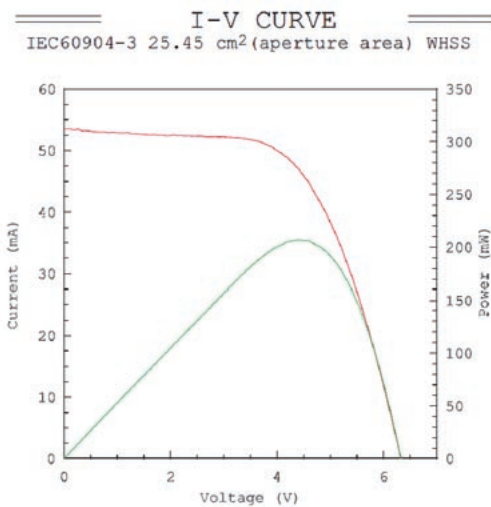


図3 5mm×50mmセルの性能分布



Date : 07 Dec 2007  
 Data No :  
 SHDBM33-01  
 Sample No :  
 SHDBM33  
 Repeat Times : 1

Isc 53.6 mA  
 Voc 6.33 V  
 Pmax 207.7 mW  
 Ipmax 47.1 mA  
 Vpmax 4.41 V  
 F.F. 61.2 %  
 Eff (ap) 8.2 %  
 DTemp. 25.0 °C  
 MTemp. 25.0 °C  
 DIrr. 100.0 mW/cm<sup>2</sup>  
 MIrr. 100.0 mW/cm<sup>2</sup>

Scan Mode  
 Isc to Voc

図4 色素増感太陽電池モジュールのIV曲線  
 (公的評価機関である産総研 (AIST) による測定)



を入射するセル (Fセル) と対極層側から光を入射するセル (Rセル) を交互に配置した構造をとる。セル間に絶縁層のみを形成するため、Z型と比べて非発電面積を小さくすることが容易である。また、セル間の接続は、透明導電層により行うため、隣接セルと直列接続するための導電材料が不要で、大面積化や信頼性を考慮した場合に有利な構造である。

我々は、大面積化と信頼性の点で有利であるW型モジュールを採用し、高効率化検討を行った。モジュールの概形を図2に示す。我々は、初期の検討において、変換効率6.3%(5cm角)を得た。しかしながら、セルを直列接続して形成する集積モジュールでは、セル性能の均一性が重要であり、酸化チタン層や対極層の膜厚の不均一性や、Fセルに比較して低短絡電流のRセルの存在により、セル性能が

不均一になり、モジュール全体の性能が低下していることを確認した。

そこで、酸化チタン層や対極層の形成方法について検討し、膜厚の均一性の向上によるセル性能の均一性の向上を試みた。図3に32個の5mm×50mm短冊型のセルを作製した際の性能分布を示す。変換効率の平均値は8.01%、標準偏差は0.12%となり、酸化チタン層や対極層の形成方法により、高い変換効率のセルを均一性良く作製する技術を確認した。

また、Rセルの対極層と電解液について光透過率測定、外部量子効率解析、抵抗解析を行い、Rセルの変換効率向上の検討を行った結果、W型モジュールにおいて、色素増感太陽電池の集積モジュールの世界最高効率である8.2%(モジュール開口部面積25.45cm<sup>2</sup>)を達成した。図4に測定結果を示す。