フィルム型アモルファス太陽電池「FWAVE 太陽電池セル」

Amorphous Silicon Solar Cell with Film Substrate

藤掛　伸二 FUJIKAKE Shinji　　佐藤　広喜 SATO Hiroki　　下沢　慎 SHIMOSAWA Makoto

フィルム基板太陽電池の新たな市場展開を目的として，富士電機は，セルの形態での販売を開始した。フィルム基板太陽電池セルにおいて，独自の直列接続構造を採っており，ユニットセル単位で自由に切断できる。この特長を生かすと，寸法だけでなく，出力電圧を数 V から数百 V の広い範囲で設計することが可能である。また，耐熱性のポリイミドフィルムを用いた太陽電池であり，軽量で高いフレキシブル性を備えている。この特長を生かし，お客さまと共同でモバイルソーラーユニット，ソーラーバッグ，ロールスクリーンカーテンなどのユニークな製品を開発している。

In order to develop a new market for film substrate solar cells, Fuji Electric has commenced sale in cell structure. Because our film substrate solar cells use an original series-connection structure, they can be freely divided into several solar cell units. Utilizing this feature, we can design not only the size but also the output voltage within a wide range, from several volts to several hundred volts. Also, as our solar cells are made with a thermal-resistant polyimide film, they are lightweight and highly flexible. Making good use of these features, we are developing a variety of unique products, such as mobile solar units, solar bags and roll screen curtains in collaboration with our customers.

1　まえがき

富士電機では，フィルム基板太陽電池「FWAVE」の新たな市場展開を目的として，2011 年度からセルの形態での販売を本格化した。セル販売の場合，お客さまが各種の要望に応じてモジュール化を行えるため，これまでのモジュール販売に比べて形態の自由度が広がる。富士電機のフィルム型アモルファス太陽電池「FWAVE 太陽電池セル」は，“SCAF”（Series-Connection through Aperture formed on Film Substrate）という独自の直列構造をとっており[(1),(2)]，ユニットセル単位で自由に切断できるという特徴を持っている。この特長を生かすと，寸法だけでなく出力電圧を数 V から数百 V の広い範囲で設計することが可能となる。これにより，リチウムイオン電池を用いたモバイル機器の充電用電源などの民生用途から，軽量で巻取り可能といった特徴を持つ可搬電源まで種々のユニークな応用が考えられる。

本稿では，FWAVE 太陽電池セルと新分野への展開について，FWAVE 太陽電池セルの構造と，軽量・フレキシブルといった特長を生かしたモジュールへの応用例について紹介する。

2　「FWAVE 太陽電池セル」の構造および特徴

2.1　構造および電気特性

富士電機の FWAVE 太陽電池セルの外観を**図 1** に示す。耐熱性のポリイミドフィルムを用いた太陽電池であり，高いフレキシブル性を備えている。セル表面には発電層の損傷防止を目的に樹脂フィルムを被着している。

FWAVE 太陽電池セルの構造を**図 2** に示す。フィルム基板の片面には透明電極，アモルファスシリコン（a-Si）層，金属電極からなる薄膜デバイスが形成され，もう一方には背面電極が形成され，それぞれレーザーパターニングラインにより分離されている。セルの直列接続は 2 種類の接続孔である集電ホールと直列接続ホールを用いて行われ

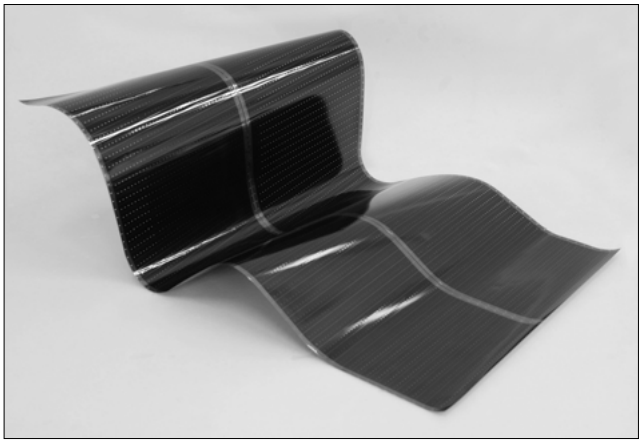


図 1　「FWAVE 太陽電池セル」

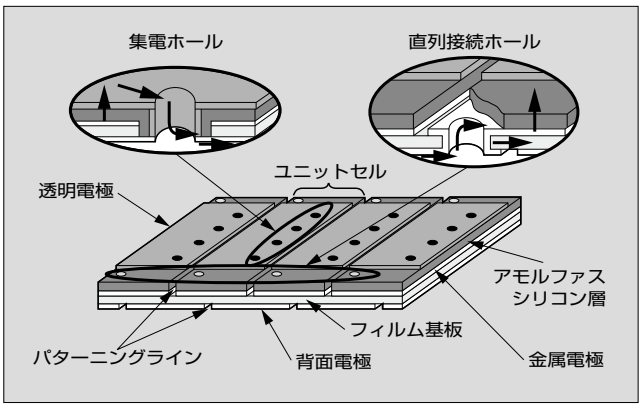


図 2　「FWAVE 太陽電池セル」の構造

る。なお，図には示していないが，薄膜デバイスの表面には表面保護を目的として全面に樹脂フィルムを被着している。

FWAVE 太陽電池セルの仕様を**表 1** に示す。現状の 23 W セルに加えて，ユニットセル数を増やした 25 W セルも開発中である。

2. 2　特徴

セル形態での販売の場合，FWAVE 太陽電池セルは次の特徴を持つ。

(1)　モジュール設計自由度

FWAVE 太陽電池セルは用途に応じて電圧を自由に再構成できるというユニークな特徴を持つ。後述のモバイルソーラーユニットへの適用を例に取り，**図 3** (a)の概念図を用いて説明する。まず，ユニットセルの電圧（1 直列の電圧）が 1.17 V であることを考慮し，用途に応じて直列セル数を決定する。次に，セルを背面電極に沿って切断する。その際，切断後のセルの直列段数 n は背面電極数を m としたとき，n=m−1 となる。切断したセルは，必要に応じて導電性テープを用いて並列接続し，樹脂で封止することでモジュールとなる。**図 3** (b)に，23 W セルと後述するモバイルソーラーユニットの 16 W モジュールの構成比較を示す。この比較から，後者は，標準セルに対して低電圧大電流型に再構成されていることが分かる。

(2)　発電層の保護

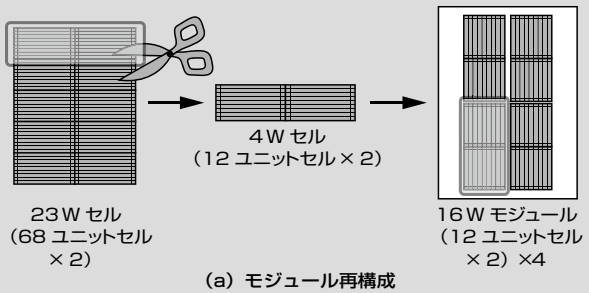
FWAVE 太陽電池セルにおける薄膜デバイスは，**2.1 節**で述べたように，表側は樹脂フィルム，裏面側はポリイミド基板で保護された形となっている。したがって，通常のフレキシブルセルよりも，モジュール化の際の，擦り傷あるいは押し傷などが薄膜デバイスに損傷を与えにくい構造となっている。表面の樹脂フィルムに擦り傷がついても，モジュール化の際のラミネート工程で溶融して消えるため問題ない。ただし，ハンドリングなどでセル自身に折れ目をつけると薄膜デバイスの損傷が発生するので，注意が必要である。

(3)　モジュール化の作業性

FWAVE 太陽電池セルは，切断や導電性テープによる配線などの一連のモジュール化の作業を全て背面電極側から行うことができる。このため，モジュール化しやすい構造になっている。

表 1　「FWAVE 太陽電池セル」の仕様

項　目	23 Wセル	25 Wセル（開発中）
直列段数	68直列	74直列
並列数	2並列	2並列
公称最大出力（W）	23	25
公称最適動作電圧（V）	79.8	86.8
公称最適動作電流（A）	0.288	0.288
寸法（mm）	414×832	414×904
基板厚さ（μm）	50	38



(a) モジュール再構成

項　目	23 Wセル	16 Wモジュール
構　造	68直列×2並列	12直列×8並列
最大出力（W）	23.0	16.2
最適負荷電流（A）	0.288	1.152
最適負荷電圧（V）	79.8	14.1
短絡電流（A）	0.379	1.516
開放電圧（V）	108.8	19.2

(b) 構成比較

図 3　モバイルソーラーユニットを例としたモジュール構造再構成の概念図

3　「FWAVE 太陽電池セル」を用いた応用製品

FWAVE 太陽電池セルによって，民生用途を中心に軽量・フレキシブルといった特長を生かした新たな応用製品が考えられる。

図 4 は，携帯型電源として株式会社オーエスと開発したモバイルソーラーユニットである。フレキシブル性を生かした巻取り式の携帯型太陽電池であり，セルを巻き出した状態で発電し，巻き取って移動できる。モジュールの質量は約 2.8 kg であり，モジュール出力は 16 W である。DC12 V のニッケル水素バッテリを内蔵し，発電した電気を蓄電できる。既に，非常時の情報端末電源として市場に展開している。

図 5 にバッグへの応用例を示す。1 W セル（6 直列）を複数並列接続して構成したフレキシブルモジュールからな

図 4　モバイルソーラーユニットへの応用例

る構造で，透明なポケットに挿入して発電できる。軽量かつフレキシブルという特性を生かし，持ち運びながらアウトドアで発電を行える。また，バッグから取り外して太陽電池単独で使用できるというメリットもある。

インテリア用途の一例として，**図 6** に，ロールスクリーンカーテンへの応用例を示す。23 W セル 4 枚を並列接続した巻取り式のロールスクリーンカーテンである。サイズは，約 0.9×1.8（m）であり，出力は 92 W である。開発中の 25 W セルを適用すれば，幅が約 1 m となるが出力を 100 W まで高めることができる。巻取り機構をつけたインテリアへの応用例としては，この他にオーニング〈注〉も考えられる。

図 5　ソーラーバッグへの応用例

図 6　ロールスクリーンカーテンへの応用例

〈注〉 オーニング：建物の外側に設置して，日差しを調整したり，雨をよけたりする機能を持つ可動式テントのことをいう。

4　民生用途を想定したモジュール性能評価

通常の発電用途と比べて，民生用途では低照度での発電特性が重要になる。これは，ロールスクリーンカーテンやモバイル応用製品などは日射条件が相対的に悪い環境で使用されるためであり，また，防災用の非常電源などでは曇天時でもある程度の発電性能が要求されるためである。**図 7** は，照度 1 kW/m^2 で規格化した FWAVE の太陽電池モジュールの変換効率の照度依存性を示す。比較のため，結晶シリコン太陽電池の照度依存性も示す。この結果から，FWAVE の方が結晶シリコン太陽電池よりも低照度側での特性低下が小さくなっていることが分かる。民生用途では，0.1 ～ 0.2 kW/m^2 での発電性能が重要になると考えられるが，この領域での規格化変換効率はフィルム基板太陽電池の方が約 5 ～ 10% 程度高くなる。

巻取り式の応用製品においては，巻取りを繰り返し行った際に特性変動がないことが重要である。**図 8** に，45 W フレキシブルモジュールを用いて行った 15,000 回の巻取り試験結果を示す。試験は，実使用環境を想定して，−20 ℃，室温，+60 ℃の 3 条件とし，試験時の曲率半径は 45 mm とした。この結果から，試験を通しての特性変動はなく，安定性が良好であることが確認できた。

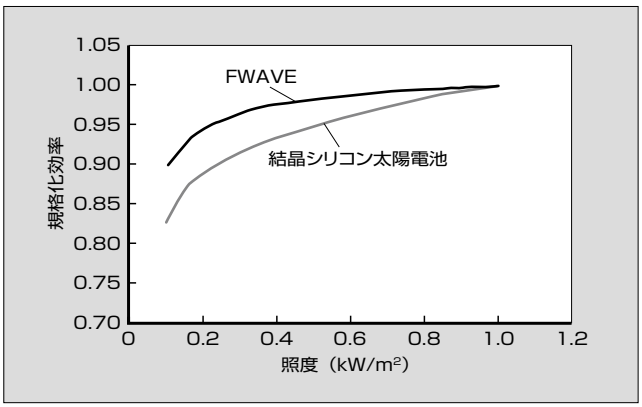


図 7　規格化変換効率の照度依存性

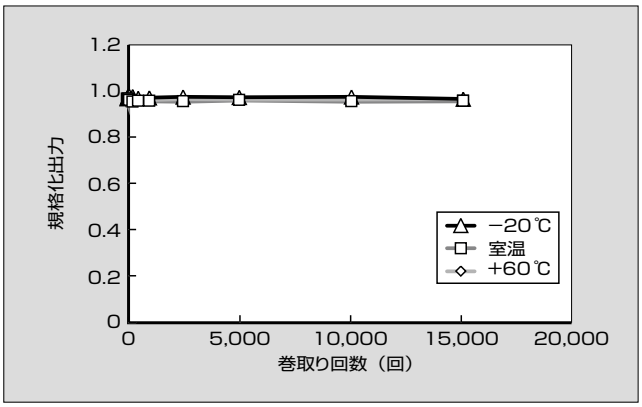


図 8　フレキシブルモジュールによる巻取り試験結果

5 あとがき

フィルム型アモルファス太陽電池「FWAVE 太陽電池セル」と新規分野への応用について紹介した。セル販売という形態の中で，軽量・フレキシブルといった特長を生かしたユニークな製品をお客さまと共同で開発していく。これにより，新規市場を開拓し，フィルム基板太陽電池をより広く普及させていく所存である。

参考文献

(1) Yoshida, T. et al. A New Structure A-Si Solar Cell with Plastic Film Substrate. 1st World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. USA. 1994, p.441-444.

(2) 市川幸美, 原嶋孝一. アモルファスシリコン太陽電池の開発. 富士時報. 2000, vol.73, no.4, p.249-252.

藤掛　伸二

アモルファスシリコン太陽電池の開発に従事。現在，富士電機株式会社電子デバイス事業本部熊本工場開発部長。工学博士。電気学会会員，応用物理学会会員。

佐藤　広喜

アモルファスシリコン太陽電池の開発に従事。現在，富士電機株式会社電子デバイス事業本部熊本工場開発部課長。

下沢　　慎

アモルファスシリコン太陽電池の開発に従事。現在，富士電機株式会社電子デバイス事業本部熊本工場開発部。

富士電機

Innovating Energy Technology

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。