

# 地球のために無限のエネルギーを 産み出す太陽電池

The Photovoltaic Module which Brings Forth  
Infinite Energy for the Earth



野田 松平\*1  
Matsuhei Noda

山下 信樹\*2  
Nobuki Yamashita

高塚 汎\*3  
Hiromu Takatsuka

## 1. はじめに

太陽光発電は、設置するだけでエネルギーが得られ、CO<sub>2</sub>や有害物質を殆ど排出しないので、地球温暖化、石油資源枯渇への対策として期待が高まり、太陽電池市場は近年急成長している。普及促進のためには、環境に優しいだけでなく、お客様が導入を検討する際に投資価値が高いと実感していただける製品を提供する必要がある。当社はおお客様の要求を常に重視し、高い製品価値を創造する技術を最優先に開発を進めている。平成14年に生産を開始したアモルファス型太陽電池の次世代機種として開発した微結晶タンデム型太陽電池<sup>(1)</sup>の画期的な基盤技術を紹介する。

## 2. 高性能・低価格を可能にする新技術

微結晶タンデム型太陽電池(図1)において高性能・低価格を両立させるキー技術は、光の有効利用のための光閉じ込め技術と、生産性向上のための高速且つ高品質の微結晶シリコン製膜技術である。

微結晶シリコンの膜厚は結晶型太陽電池の約1/100と極めて薄いため、薄膜内部で実質的な光路長を長くする光閉じ込め技術が必要である。太陽光が入射する

側の透明電極膜には光を拡散透過させるためのテクスチャ構造を設けている。テクスチャ構造の最適化は、図2に示すFDTD法(時間領域有限差分法)<sup>(2)</sup>による解析結果を活用して長波長光の散乱を促進させた。また、裏面電極材料とプロセス条件の改良により裏面電極の反射率を向上させ、入射側透明電極と裏面電極との間での光閉じ込めを強化した。その結果、初期セル効率13.5%の高い発電効率を達成した。

高品質の微結晶シリコン膜を得るためには、従来、約0.5 nm/sの製膜速度にする必要があった。当社はVHF(超高周波)プラズマCVD(化学的気相成長法)で用いる当社独自のラダー電極に改良を加えることで、高密度且つイオンダメージの少ないプラズマを生成し、図3に示すように従来に比べ5倍の製膜速度2.5 nm/sで高品質微結晶シリコン膜を製膜可能とする新技術を開発した<sup>(3)</sup>。

## 3. 次世代太陽電池の生産を支える先進技術

太陽電池の低価格化には、高性能化と同時に卓越した量産技術の開発が必要で、生産ラインの能力を高め、安定した稼働を継続することが重要である。生産プロセスの中核であるプラズマCVD量産技術を市販の技

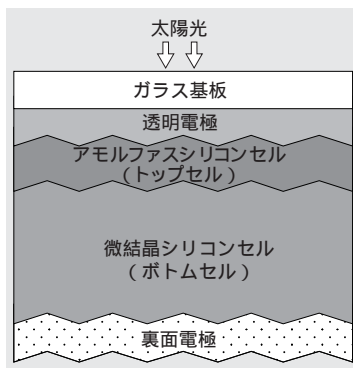


図1 微結晶タンデム型太陽電池の構造 a-Siトップセルと微結晶Siボトムセルを積層して利用波長域を拡大し、発電効率を向上させる。

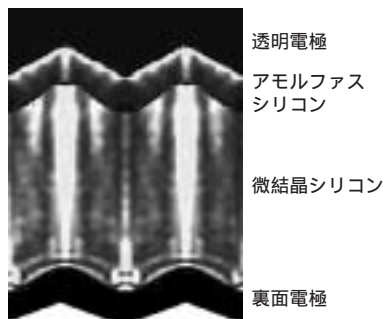


図2 FDTD法による光閉じ込め解析例(波長域: 300 ~ 1 200 nm) 波長程度の微細構造による光の散乱・吸収・反射を計算し電池構造設計に活用している。明暗が光の吸収の強弱を表している。

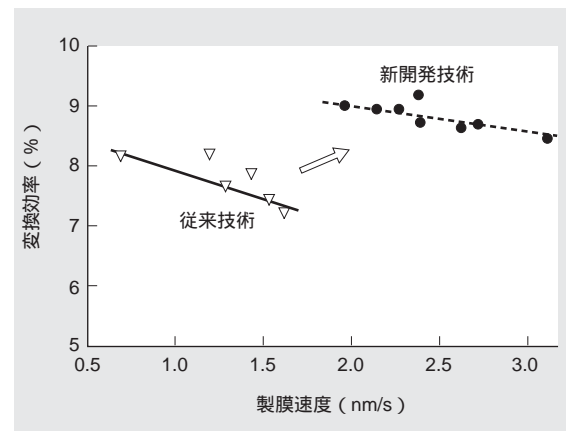


図3 微結晶シリコン膜の高品質・高速製膜 製膜速度を5倍に向上させても効率が低下しない製膜技術を開発した。

\*1 技術本部長崎研究所主幹

\*2 技術本部先進技術研究センター先進材料グループ主席

\*3 長崎造船所太陽電池事業室長

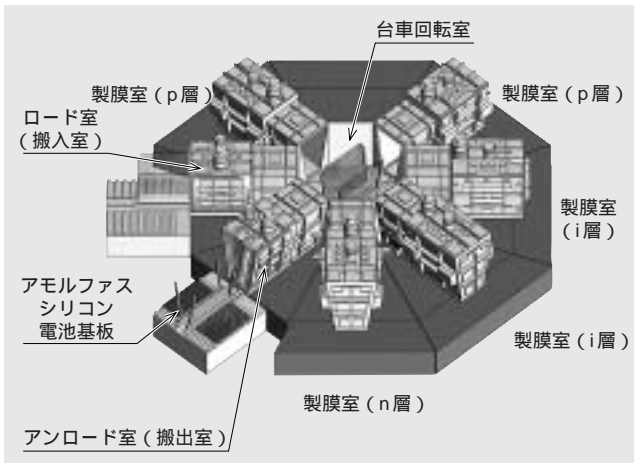


図4 5室星型配置大面積高速プラズマCVD装置  
NEDO 平成12, 13年度“太陽光発電システム普及促進型技術開発”事業にて開発。

術に依存しては生産能力に限界が生じ製品価格を下げるできない。当社が保有する熱、流体、プラズマに関する世界トップの技術を活用し、大面積化、プロセス時間短縮、稼働率向上の3点を飛躍的に高めたプラズマCVD装置を独自に開発した。アモルファス太陽電池の量産においては無類の高生産性を既の実現している<sup>(4)</sup>。このアモルファスの生産技術をベースに微結晶タンデム型太陽電池の製膜技術を開発した。

#### (1) 大面積化

世界最大の1.54 m<sup>2</sup>(1.4 m × 1.1 m)のアモルファス電池の製膜装置(図4)に改良を加えて微結晶シリコン生産装置を製作した。図5に示す位相変調法による均一製膜技術により大面積化を実現した。

#### (2) プロセス時間短縮

製膜速度、基板の昇降温速度を高速化してプロセス時間を短縮した。微結晶シリコン膜はアモルファスの約5倍の膜厚があるので、アモルファスと同じプロセス時間で生産するために、高速製膜で膜質が低下しない大面積新型電極を開発した。高速製膜では大電力のVHFを供給して高密度プラズマを発生させる。大電力投入時に基板温度が均一になるように、VHFパワーを基板に均一に入れると共に非定常熱解析技術を活用して装置設計を行ない、基板変形を抑制した。その結果、プロセス時間が大幅に短縮した。

#### (3) 稼働率向上のためのセルフクリーニング

製膜装置では基板表面だけでなく、ラダー電極等の内部構造物にSi膜が堆積する。これが剥離して製品に付着すれば欠陥となり、製品歩留り低下の原因となる。これを防止するには定期的に堆積膜を除

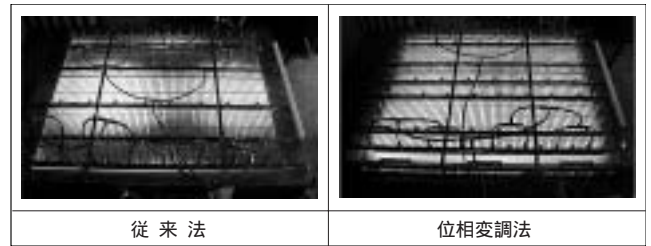


図5 大面積均一プラズマの発生 従来法では定在波の影響で不均一になるが、位相変調法では均一プラズマを発生できる。

去する必要があった。当社は製膜装置を開放することなく内部に堆積したSi膜を完全に除去できるセルフクリーニング技術を開発した。年に数回の開放点検以外に装置を止めることなく、連続生産ができる。

## 4. ま と め

当社はクリーンな電力源として安心して使っていただけの薄膜型太陽電池の開発に一貫して取り組んでおり、当社独自の先進技術を随所に織り込んで発電効率12%の新製品を開発している。従来の結晶型太陽電池を凌駕する価値をお客様に提供し、資源が少ない我が国のエネルギー事情に変革をもたらせるものであると確信している。

なお、微結晶シリコン型タンデム型太陽電池の開発は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託により実施中であり、さらに大学及び(独)産業技術総合研究所の指導を受けていることを付記して謝意を表する。

### 参 考 文 献

- (1) 米倉義道ほか、高経済性太陽電池を構成する先進技術、三菱重工技報 Vol.40 No.6(2003) p.320
- (2) Y.Kobayashi, et.al., 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (2004), 1516
- (3) S.Goya, et.al., 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (2004), 1625
- (4) 竹内良昭ほか、低コストアモルファスシリコン太陽電池の開発、三菱重工技報 Vol.37 No.1 (2000) p.26



野田松平



山下信樹



高塚汎