

太陽電池の製造技術と課題

Manufacturing Technology and Problems of Photovoltaic Cells

富田 孝司*
Takashi Tomita

要 旨

太陽電池に大きな期待が寄せられている中、民生用途への普及拡大には低コスト太陽電池の開発が不可欠である。低価格化に向け、製造技術の革新が進められている。

Photovoltaic cells are expected to spread widely, but the development of low cost solar cells is indispensable for popularization. Innovation of manufacturing technology for low cost solar cells has been advanced.

まえがき

太陽電池は、1954年に発明されて以来、灯台や無線中継所などリモート地域で活用されてきた。近年、地球温暖化防止のため化石燃料の使用削減が叫ばれ、地球にやさしいエネルギー源として太陽電池が脚光を浴びている中、通産省による一般住宅の太陽光発電への補助制度や電力会社による余剰電力買い取り制度により、太陽電池普及環境が整いつつある。量産化と共に価格が下がり、一般住宅以外にも電力を要する産業・公共用の利用が促進され始めている。また、情報通信分野においても通信衛星用や携帯用端末機(PDA)の電源としての市場の拡大が見込まれる。

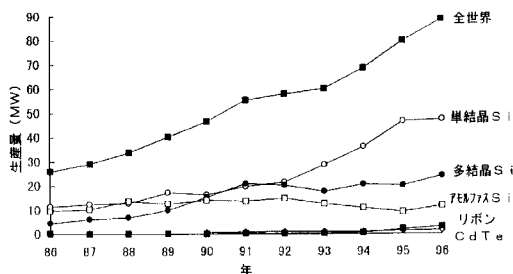


図1 各種類別太陽電池の生産量(全世界)の推移
Fig. 1 World production of various types of solar cell.

その使用用途から太陽電池は各材料別に単結晶、多結晶、薄膜太陽電池、化合物系と分けられる。図1に各種類別太陽電池の生産量(全世界)を示す。

ここでは、太陽電池の現状の製造技術と将来に向けたその課題について概説する。

1. 単結晶及び多結晶シリコン太陽電池

1.1 現状の製造技術

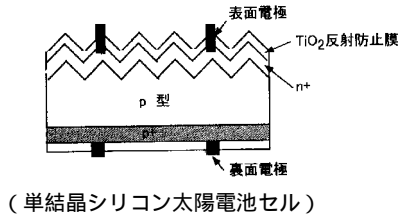
図2に代表的な単結晶シリコン太陽電池セルとモジュールの構造を示す。また、図3に代表的な製造工程を示す。単結晶シリコンウェハは、チヨクラスキー法により引き上げられたインゴットをワイヤソウでスライス状に切断したもので、通常P型が用いられている。また、多結晶シリコンウェハの製造工程はインゴットの製造方法とは異なるもののほぼ単結晶と同等である。

セル工程では、光電流の増大を目的とした反射率の低減のため、ウェハ表面に特殊なエッチングを施し、ピラミッド状のテクスチャを形成し、 $POCl_3$ やドーパ TiO_2 を用いて表面にリンを拡散しn型層を形成する。n型電極にはAgペーストを、またp型電極にはAlペーストを用いそれぞれスクリーン印刷法により形成し、焼成して完成する。多結晶では、より低価格を図るため、坩堝を使う方法からシリコン熔融塊を連続的に凝固生産する電磁誘導法が実用化され、セルの生産に適用可能な段階にきている。

モジュールは通常スーパーストレート構造が用いられる。強化ガラスにエチレンビニールアセテート樹脂でカスケード接続されたセルを挟み、裏面に耐湿性に優れたテドラフィルムを置いてラミネートし、Al枠が取り付けられる。正負両端子には、バイパスダイオードを設けている。

当社は、今後の需要増大に応えるため、新たに20MWの生産能力を持つ多結晶セル工場を稼働させる計画であり、単結晶年産10MWの単結晶セルラインと併せて30MW(住宅用で1万件)のモジュール供給を可能としていく。

* 電子部品事業本部 ソーラーシステム事業部



(単結晶シリコン太陽電池セル)

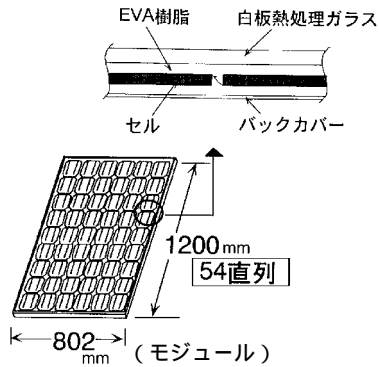


図2 単結晶シリコン太陽電池セルとモジュールの構造
Fig. 2 Structure of single crystalline silicon solar cell and module.

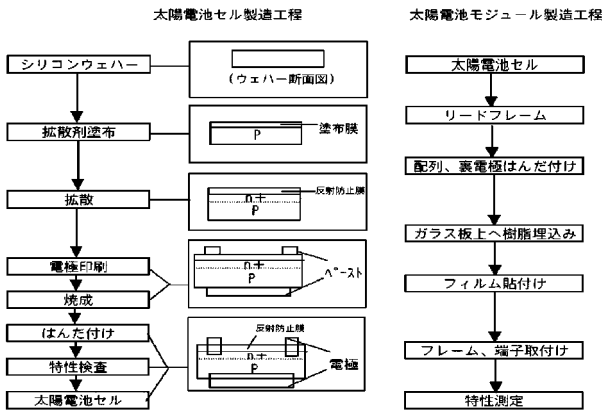


図3 単結晶太陽電池セルとモジュールの製造工程
Fig. 3 Production process of single crystalline silicon solar cell and module.

表1 単結晶及び多結晶シリコン太陽電池の課題

Table 1 Problems of single and multi-crystalline silicon solar cell.

	単結晶	多結晶
ウェハ	<ul style="list-style-type: none"> 高純度原料シリコンの供給不足 引き上げ装置のスループット / 低価格化 スライシング装置の高速化 スライシング時の切りしろロス低減 シリコンウェハの大口径化 	<ul style="list-style-type: none"> キャスト炉の大型化 るつぼの低価格化 原料シリコンの安定供給, 低価格化 太陽電池専用原料シリコンの生成 インゴットの方位制御
セル	<ul style="list-style-type: none"> 製造工程の簡略化 / 時短化 プロセス中のウェハ割れ損失低減 電極ペーストの低価格化 より薄いウェハの処理プロセスの確立 セルの高効率化 高速の搬送装置 	<ul style="list-style-type: none"> 大口径化 高効率プロセスの開発 粒界の低減, 不活性化 表面反射率の低減 セル割れの自動検査
モジュール	<ul style="list-style-type: none"> モジュール寸法の大型化 簡易こん包 	<ul style="list-style-type: none"> EVAフィルムの低価格化 / 高速処理 強化ガラスの低価格化 セル割れの検査

一般に変換効率は、単結晶に比べて劣るが、多結晶シリコンは単結晶に比べてウェハの製造コストが比較的安価であるため、低価格化が期待できる。現在生産性の向上とコストダウンを追求するために、セル工程 / モジュール工程はほぼ自動化されている。

1・2 今後の課題

表1に単結晶及び多結晶シリコン太陽電池の今後の課題を示す。モジュールの低価格化には、製造コストの約半分を占めるシリコンウェハの低価格化が最重要である。このためシリコン原料のコスト低減に加えて、低価格な引き上げ機の開発、インゴット引き上げ速度の向上、ウェハの大口径化、ウェハスライス工程での切りしろのロス低減などの努力がなされている。ウェハの厚さは、現在300 ~ 350 μmが用いられているが、今後より薄いウェハの活用とプロセスの処理技術が重要である。ウェハプロセスでは、処理中のウェハ割れが発生しやすいので、この損失を低減するための装置、搬送設備の工夫が必要である。

2. アモルファスシリコン太陽電池

2・1 現状の製造技術

アモルファスシリコン太陽電池の基板については、リジッドなガラス基板のものと、フレキシブルな金属あるいはポリイミドフィルム基板のものがある。フレキシブル基板のモジュールでは曲面を持つ屋根への設置が容易であるという特長があり、建材への適用も可能である。図4に代表的なアモルファスシリコン太陽電池モジュールの構造を示す。また、図5に代表的な製造工程を示す。

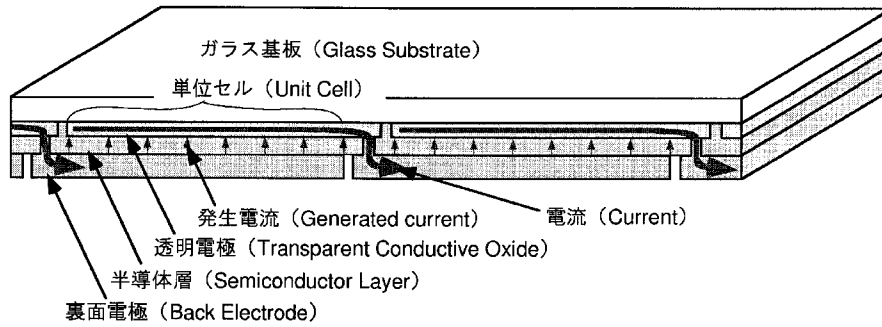


図4 アモルファスシリコン太陽電池モジュールの構造

Fig. 4 Structure of the thin film solar module.

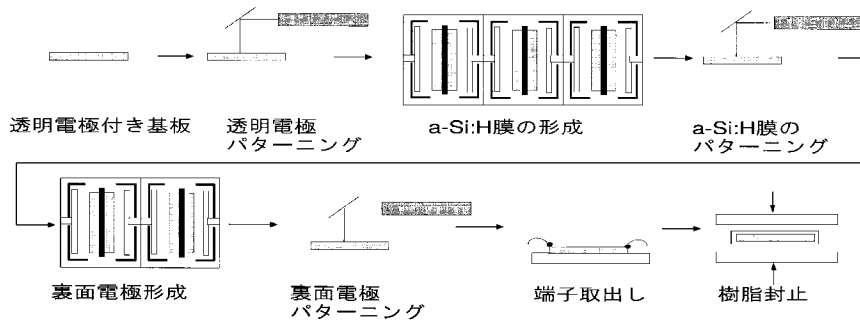


図5 代表的なアモルファスシリコン太陽電池の製造工程

Fig. 5 Production process of the thin film solar cell.

2・2 今後の課題

表2に代表的なアモルファスシリコン太陽電池の課題を示す。アモルファスシリコンは結晶シリコンに比べて歴史が浅いこともあり、モジュールレベルでの出力はまだ低い。本格実用化には、先ず効率の改善が課題である。このためには、アモルファスシリコン膜の品質改善が重要である。品質はCVDの成膜速度と負の相関関係にあるといわれている。即ち、成膜速度を高めると、膜の品質が極端に低下する。アモルファスシリコンに代わるマイクロクリスタルを適用する試みもなされている。マクスロクリスタルは、アモルファスのような光劣化がなく、高効率化に有望な手段となる可能性があり注目される。また、素子製作上不可欠

となる透明電極や金属電極を蒸着形成するCVD装置やスパッタ装置の生産性の改善も必要である。これらの半導体製造装置は、一般に高価であり、また太陽電池を生産するにはあまりにも小規模であり生産性に乏しい。また、太陽電池メーカーにとって莫大な設備投資は大きな負担を強いることとなる。さらにモノシランガスなど極めて可燃性の高いガスを使うのでガス設備、処理設備などの対策費が別途必要となる。

むすび

以上、シリコン太陽電池の現状の製造技術と課題について概説した。今後、本格的な実用化と普及をめざして、現状の電力料金並の発電コストを実現するために、低コストの量産技術や高効率化技術などの上記課題が着実に解決されなければならない。それにより2000年には、一般住宅、産業用、公共用および宇宙用電源として市場が急速に拡大するものと期待される。

表2 アモルファスシリコン太陽電池の課題
Table 2 Problems of the thin film solar cell.

基板	<ul style="list-style-type: none"> ・透明導電膜付ガラス基板の低価格化 ・透明導電膜の高品質化(電氣的,光学的) ・アモルファスシリコンの高品質化 ・アモルファスシリコンの高速成膜 ・CVD装置の大型化,低価格化 ・プラズマ現象のより深い理解 ・マイクロクリスタルの実用化 ・モノシランガスに代わる安全性の高いガス
電極	<ul style="list-style-type: none"> ・電極形成装置の大型化 ・封止技術 ・より生産性の高い集積化構造の開発

参考文献

- 1) 平成8年度 PVTEC 研究成果報告書.
- 2) Abstract of 4th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition.(1982).
- 3) 第14回European Photovoltaics Solar Energy Conference Abstract.(1997).

(1998年3月11日受理)