

高出力太陽光発電モジュールの 量産化技術

瀧本晋輔* 石井僚二**
山下浩儀* 川杉直喜**
金塚憲彦*

Manufacturing Equipment for High Output Polycrystalline Photovoltaic Module

Shinsuke Takimoto, Hironori Yamashita, Norihiko Kanazuka, Ryoji Ishii, Naoki Kawasaki

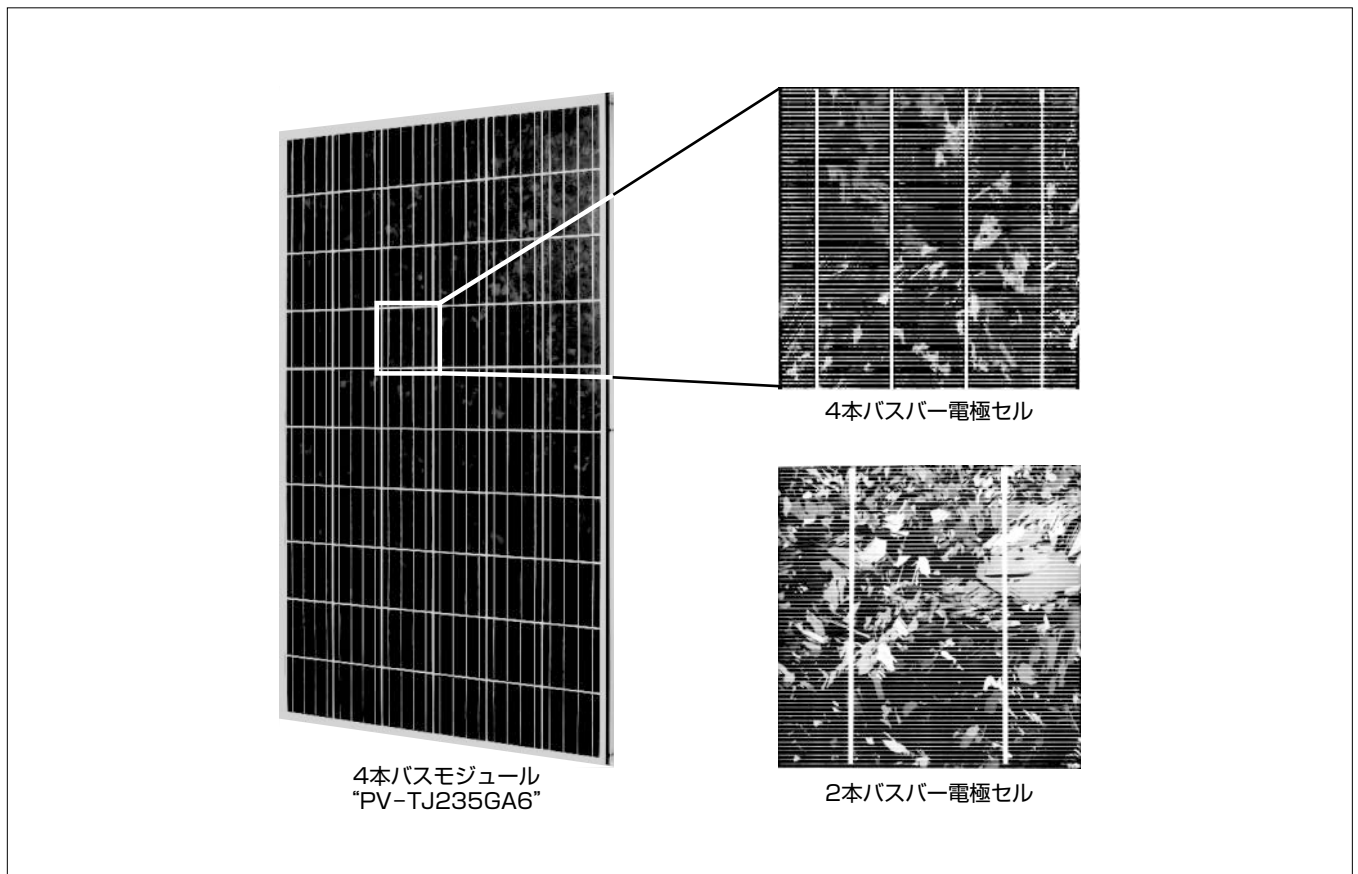
要 旨

地球環境に対する問題意識が高まる中で、太陽光発電は温室効果ガスの排出が少ないクリーンなエネルギー源の一つとして注目されている。さらに欧州でのFIT制度（Feed In Tariff：電力固定価格買取り制度）の導入を背景に、太陽光発電の需要は世界的に拡大しており、住宅や工場からメガソーラー発電所にまで幅広く導入されている。

このような中、太陽光発電システムでは、限られたスペースに設置するため、高効率化及び大出力化が重要課題である。三菱電機では高効率化に向けた取組みの一つとして、バスバー電極を2本から4本構成とすることで、グリッド電極からバス電極への集電距離を縮めて電流の抵抗ロスを低減させ、従来の2本バスバー電極に比べセル1枚当たり出力を約3%向上させた。

4本バスバー電極セルは当社のみが採用しており、従来の2本バスバー電極セルと同等の受光面積を確保するために、バスバー電極及びタブ線の幅を従来の半分に細線化している。モジュール化する際にセルの効率を最大限に引き出すためには、タブ線をバスバー電極へ高精度に搭載し、はんだ付けをしなければならない。このように4本バスバー電極セルのモジュール化では、細線化による技術的課題が多くなるが、それら課題を解決し2010年1月から量産を開始した。

本稿では、4本バスバー電極セルを用いた太陽電池モジュールの量産化を実現するための課題と、それに向けた取組みについて述べる。



4本バスバー電極セルとモジュール

バスバー電極を従来の2本から4本構成とすることでグリッド電極からバス電極への集電距離を短縮し、電流の抵抗ロスを低減させセル1枚当たりの出力を約3%向上させたセル、及びそのセルを用いて製造されたモジュールである。4本バスバー電極セルでは、従来の2本バスバー電極セルと同等の受光面積を確保するために、バスバー電極の幅が従来の半分となるとともに、タブ線の幅も半分となっている。

*生産技術センター **中津川製作所

1. ま え が き

地球環境に対する問題意識が高まる中で、太陽光発電システムは、温室効果ガスの排出が少ないクリーンなエネルギー源の一つとして注目されている。太陽光発電システムでは限られたスペースに設置するため、高効率化及び大出力化が重要課題である。

当社では高効率化に向けた取組みの一つとして、バスバー電極を従来の2本から4本構成とすることで、グリッド電極からバス電極への集電距離を短縮し、電流の抵抗ロスを低減させた。4本バスバー電極セルでは、従来の2本バスバー電極セルと同等の受光面積を確保するために、バスバー電極及びタブ線の幅を従来の半分になっている。モジュール化の際にセルの効率を最大限に引き出すためには、タブ線をバスバー電極へ高精度に搭載し、はんだ付けすることが重要である。

2. 4本バスモジュールの製造課題

2.1 4本バスセル及びモジュール

4本バスセルは2本バスセルに比べ、グリッド電極の集電距離を短縮し(図1(a))、抵抗ロスを低減することによって約3%の効率向上を実現した⁽¹⁾。

一方、太陽光発電モジュールは、セルにタブ線をはんだ付けすることでセルを直列に接続し(図1(b))、さらに屋外環境の使用に耐えるために、直列に接続した太陽電池セルをガラスとバックフィルムで挟み込み、樹脂で封止した構造となっている(図1(c))。

2.2 4本バスモジュール量産化への課題

モジュールを量産する上で重要なことは、セルの特性を最大限に生かすことである。4本バスモジュールは、2本

バスモジュールと同じ受光面積を確保するため、タブ線幅とバスバーの電極幅を半分の1mmにしている。そのため従来の機械的な位置決めによる搭載精度だけでは、バスバー電極幅に対するタブ線のずれ量の割合が大きくなり、発電効率を低下させる要因となる。よって従来よりも高精度なタブ線搭載精度が必要不可欠であり、それを実現するためには次に示す3つの課題を解決しなければならなかった。

- (1) タブ線の高精度搭載技術の確立
- (2) 検査技術の確立
- (3) タブ線はんだ付けの安定化

(1)はタブ線のバスバー電極に対するずれを最小限にすることでセルの受光面積を確保し、発電効率の低下を抑制するために重要である。また(2)はタブ線のバスバー電極への搭載精度の確からしさを検知し、不良を市場に流出させないために重要である。さらに(3)はタブ線とバスバー電極の良好なはんだ接合を確保し、バスバー電極から効率よく電力を取り出すとともに、信頼性を確保するために重要である。

3. 課題に向けた取組み

3.1 タブ線の高精度搭載技術

4本バスモジュールは、1mm幅のバスバー電極上に1mm幅のタブ線を搭載するため、従来の2本バスモジュールに比べ、バスバー電極に対するタブ線の位置ずれ許容量も半分にしなければならない。タブ線の搭載精度は、セルやタブ線の移載精度や位置決め精度などを含み、4本バスモジュールの製造工程で、従来と同様の方式でセルとタブ線を移載した場合、ずれ許容量を超えることが判明した。バスバー電極に対するタブ線の位置ずれの原因としては次の項目が考えられ、各項目の影響をいかに抑制するかが、4本バスモジュールの製造課題となった。

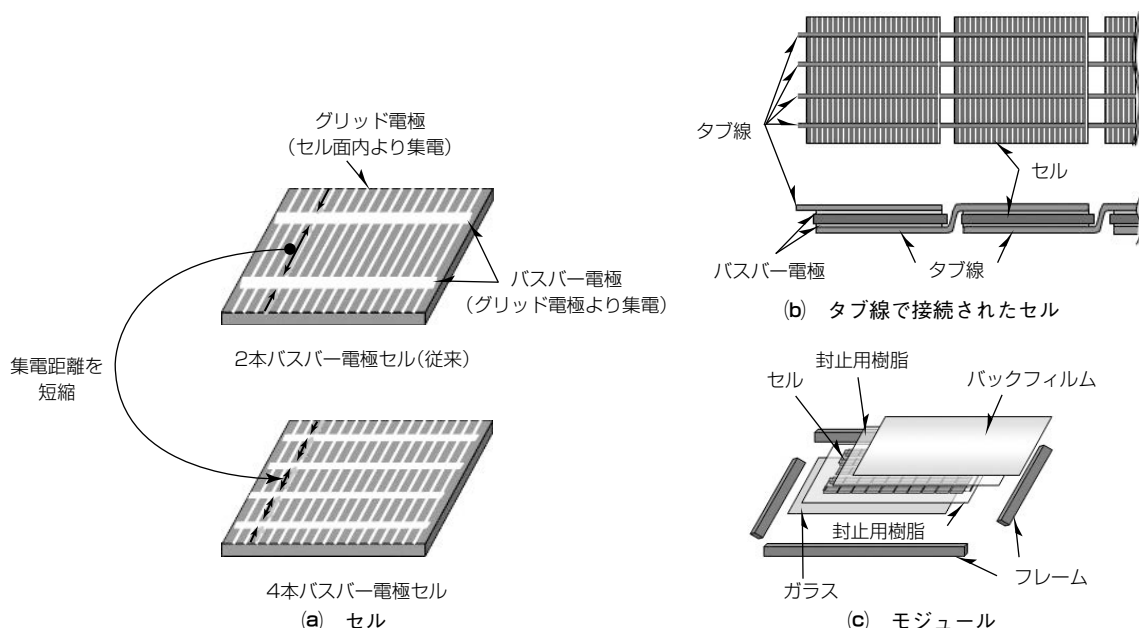
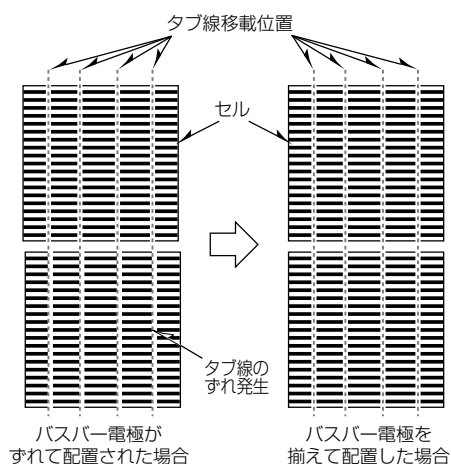


図1. 4本バスセルとモジュール



(a) バスバーアライメント



(b) バスバー電極基準でのセル搭載

図 2. タブ線搭載精度向上

- (1) 移載前のセルの位置決め精度
- (2) セルの移載精度
- (3) セル上に印刷されたバスバー電極の印刷精度
- (4) タブ線の移載精度

これらの項目の影響を抑制するためには、セル上に形成されたバスバー電極を高精度に整列させ、かつタブ線をバスバー電極上に高精度に移載する必要がある。

3.1.1 バスバーアライメントの導入

そこで、セル移載時にバスバー電極を整列させる方法として、バスバー電極の位置を画像によって認識し、バスバー電極基準でセルを搭載する方式(バスバーアライメント方式)を採用した。

セル移載前にバスバー電極の位置をCCD(Charge Coupled Device)カメラによって認識し(図2(a))、角度・位置補正をかけた後、セルを移載する。このようにバス電極基準でセルを移載することで、移載前のセルの位置決め精度とバスバー電極の印刷精度が要因で発生するタブ線ずれを抑制できる(図2(b))。

3.1.2 タブ線移載精度の向上

次にタブ線移載精度の向上について検討した。タブ線はバスバー電極上に移載された後に固定しているが、特に固

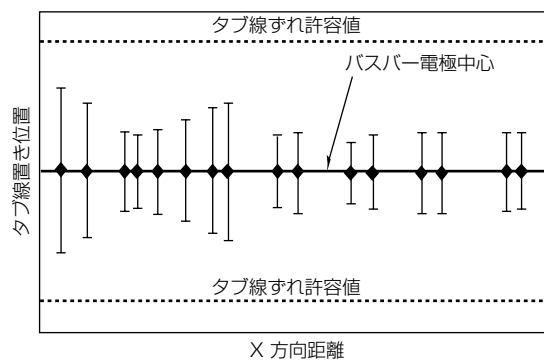


図 3. バスバー電極に対するタブ線移載精度検証

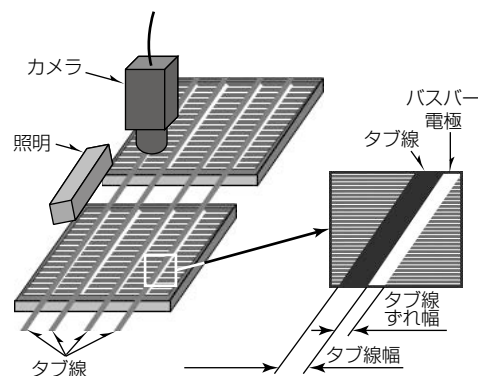


図 4. タブ線ずれの検査

定時にタブ線が位置ずれを起こしやすい。図3はバスバー電極上でタブ線移載ずれ量が最も大きくなる位置での測定結果を示しており、タブ線の位置によってずれ量が異なることが分かる。このずれ量のばらつきをタブ線全長にわたって押さえ込むことが重要である。そこで、バスバー電極上でタブ線を固定する際のプロセスパラメータを適正化しバスバー電極に対するタブ線のずれを抑制することで、図3に示すように、ずれ量のばらつきを許容値内に収めた。

3.2 検査技術の確立

幅1mmのバスバー電極上に幅1mmのタブ線が正確に搭載されているかを確認する手段として、当社では画像検査技術を導入し(図4)、セルの全数検査を実施している。画像検査では、バスバー電極とタブ線の検知に加えて、撮像画像にセル表面に見えるシリコンの多結晶模様の映り込みをどのように抑制するかが重要となる。もし結晶模様をタブ線やバスバー電極と誤検知した場合、不良流出のおそれがあると同時に、生産の流れを止めることにつながる。そのために、照明の色や角度などを適正化し、タブ線及びバスバー電極と結晶模様の明度差を十分に確保し、誤検知の少ない検査技術を導入した。また検査データを製造側にフィードバックし、品質管理の強化を図っている。

3.3 タブ線はんだ付けの安定化

セルで発電した電力を効率よく取り出すためには、タブ線とバスバー電極との接合面積を確保することが重要であり、そのためには安定なはんだ付けプロセスを確立する必

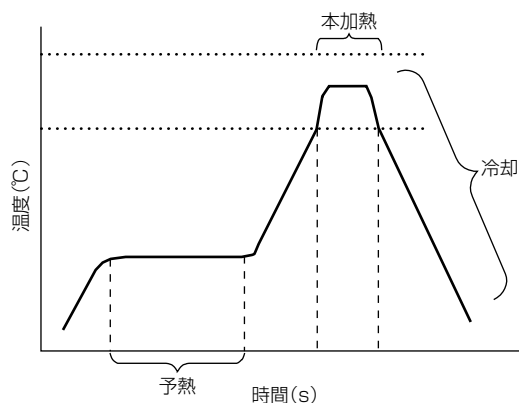


図5. 温度プロファイルの概念

要がある。さらに信頼性の観点からも、はんだ付け性の安定化は必要不可欠である。

当社では2003年より鉛フリー化を実現しているが⁽²⁾、鉛フリーはんだは鉛入りはんだに比べ融点が高く、それに伴いセルに与える熱量が大きくなる。特に熱応力によるセルの破損には注意する必要がある、温度プロファイルの管理が重要となる。さらにはんだの濡(ぬ)れ性にも注意をする必要がある、フラックス種の選定及び、フラックスの活性を維持するための加熱条件を適正化することも重要である。

図5に温度プロファイルの概念を示す。予熱時はバスバー電極上に塗布されたフラックスを活性化し、その活性度を維持するために温度や時間管理が重要となる。また本加熱では、はんだが十分に溶融するための温度と時間管理が

重要である。さらに冷却では、温度勾配(こうばい)が大きい場合、セルとタブ線の線膨張差から生じるひずみの影響で、セルの破損につながるおそれがあるため、温度勾配を小さくする必要がある。

そこで当社では、はんだ付け性を安定化させるために、加熱温度や冷却速度に加えて、タブ線とバスバー電極の良好な接触状態を維持するためにタブ線の把持方法も最適化している。さらにセルの破損を抑制するために、適正な加熱方法によってセル面内の温度分布を均一化している。

4. む す び

高出力太陽光発電モジュールの量産化技術について述べた。受光面積を減らすことなく、バスバー電極を従来の2本から4本構成とすることで、約3%の出力向上を実現した。量産化する上で抽出した①タブ線の高精度搭載技術の確立、②検査技術の確立、③タブ線のはんだ付け性の安定化という課題に対し、適正なプロセス・装置技術を確立し、2010年1月から4本バスモジュールの量産を開始した。

参 考 文 献

- (1) 中村真之, ほか: 太陽光発電モジュールの高効率化及び大出力化, 三菱電機技報, 84, No.6, 347~350 (2010)
- (2) 森川浩昭, ほか: 太陽電池セル・モジュール鉛フリー化, 三菱電機技報, 77, No.5, 309~312 (2003)