

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5230089号  
(P5230089)

(45) 発行日 平成25年7月10日(2013.7.10)

(24) 登録日 平成25年3月29日(2013.3.29)

(51) Int. Cl. F I  
H O 1 L 31/04 (2006.01) H O 1 L 31/04 H

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2006-265871 (P2006-265871)	(73) 特許権者	000001889 三洋電機株式会社
(22) 出願日	平成18年9月28日(2006.9.28)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(65) 公開番号	特開2008-85225 (P2008-85225A)	(74) 代理人	100125863 弁理士 大橋 雅昭
(43) 公開日	平成20年4月10日(2008.4.10)		
審査請求日	平成19年12月18日(2007.12.18)	(72) 発明者	角村 泰史 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
審判番号	不服2012-4271 (P2012-4271/J1)		
審判請求日	平成24年3月6日(2012.3.6)	(72) 発明者	吉嶺 幸弘 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		(72) 発明者	岡本 重之 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面保護材と裏面保護材との間に、複数の太陽電池セルが配設され、前記太陽電池セルのバスバー電極同士をタブにより互いに電氣的に接続してなる太陽電池モジュールであって、

前記バスバー電極と前記タブとを接着するとともに、前記太陽電池セルの表面と前記タブとの間に、前記バスバー電極の側面を覆い、前記タブを前記太陽電池セルの表面に接着するための樹脂からなる接着層を有し、

前記バスバー電極は、前記タブの幅よりも幅狭であることを特徴とする太陽電池モジュール。

【請求項 2】

前記接着層は、複数の導電性粒子を含み、

前記タブと前記バスバー電極との間に、少なくとも1の前記導電性粒子が挟まれていることを特徴とする請求項1に記載の太陽電池モジュール。

【請求項 3】

前記接着層は、前記バスバー電極に接続されたフィンガー電極の当該バスバー電極との接続部分と前記タブとの間に配置されることを特徴とする請求項2に記載の太陽電池モジュール。

【請求項 4】

前記フィンガー電極と前記タブとの間に、前記フィンガー電極と前記タブとを電氣的に

接続する前記導電性粒子を有することを特徴とする請求項3に記載の太陽電池モジュール。

【請求項5】

前記導電性粒子は、前記バスバー電極の側面に配置された樹脂中において、体積率3～20%の割合で含有されていることを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の太陽電池モジュール。

【請求項6】

前記バスバー電極の表面は、凹凸形状を有し、凸形状の部分は、前記タブに接することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の太陽電池モジュール。

【請求項7】

前記接着層に含まれる樹脂は、前記バスバー電極に使用されている樹脂材料と同種の樹脂であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の太陽電池モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面保護材と裏面保護材との間に、複数の太陽電池セルが配設され、太陽電池セルの接続用電極同士をタブにより互いに電氣的に接続してなる太陽電池モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、HIT太陽電池モジュールは、図18に示すように、複数の太陽電池セルのバスバー電極20同士が互いに銅箔等の導電材からなるタブ40により電氣的に接続され、ガラス、透光性プラスチックなどの透光性を有する表面保護材と、PET(Polyethylene Terephthalate)等のフィルムからなる裏面保護材との間に、EVA等の透光性を有する封止材により封止されている。

【0003】

太陽電池セルは、導電性ペーストにより、光電変換部10表面に、バスバー電極20及びフィンガー電極30を形成することによって作製される。そして、バスバー電極20上にタブ40をハンダにより接着することで、太陽電池セルを直列に接続することが一般的である(例えば、特許文献1参照。)

【0004】

このハンダ付けの様子について、図19を用いて説明する。図19は、図18におけるA-A断面図である。

【0005】

タブ40は、銅箔等の金属製の材料からなり、この周囲に予めハンダメッキ90がコーティングされている。銀ペーストからなるバスバー電極20にタブ40をハンダ付けする場合、バスバー電極20の表面、もしくはタブ40の太陽電池セル側表面にフラックスを塗布し、タブ40をバスバー電極20表面に配置し、加熱する。このとき、バスバー電極20表面の酸化層を除去しながら、タブ40のハンダ部分と銀ペーストを合金化させた合金層50によってハンダ付けを行い、タブ40をバスバー電極20に固定している。

【特許文献1】特開2005-217184号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記の従来技術においては、信頼性試験の一つである温度サイクル試験(JISC8917)において、出力が低下するという問題があった。出力低下の一因として、導電性ペースト(バスバー電極)の破壊、導電性ペーストと光電変換部の界面の剥離、及び導電性ペーストと合金層の界面の剥離といった、導電性ペースト部の破壊による接触抵抗の増加がある。

【0007】

10

20

30

40

50

この現象が起こる理由としては、次のような要因が考えられる。図19に示す従来構造の太陽電池モジュールでは、タブの熱膨張係数が、約 $1.7 \times 10^{-5} / (Cu)$ であり、光電変換部の熱膨張係数が、約 $3.6 \times 10^{-6} / (Si)$ であり、これらの熱膨張係数は、約5倍の差がある。このため、温度サイクルが加えられた場合、その中間に位置する導電性ペーストにストレスが加えられる。更に、温度サイクルが継続されることにより、導電性ペースト部にダメージが蓄積され、破壊されることにより接触抵抗の増加に至ると考えられる。このように導電性ペーストがストレスにより破壊されることは、導電性ペーストの電気抵抗を極力小さくするため、含まれる金属粒子の割合を大きくしているため、導電性ペースト中の金属粒子同士の接着力や、導電性ペーストと合金部の接着力、導電性ペーストと光電変換部の接着力が弱くなっているためと考えられる。

10

## 【0008】

このような課題は、HIT構造の太陽電池モジュールに限らず、光電変換部の基材の熱膨張係数と、タブの芯材の熱膨張係数との差が大きい場合に生じると考えられる。

## 【0009】

そこで、本発明は、上記の問題に鑑み、モジュール出力の低下を抑制し、信頼性を向上させる太陽電池モジュールを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明の特徴は、表面保護材と裏面保護材との間に、複数の太陽電池セルが配設され、太陽電池セルの接続用電極同士をタブにより互いに電氣的に接続してなる太陽電池モジュールであって、太陽電池セルの表面とタブとの間に、接続用電極の側面を覆い、タブを太陽電池セルの表面に接着するための樹脂からなる接着層を有することを特徴とする。また、接続用電極は、タブの幅よりも幅狭であることを特徴とする。さらには、接着層は、複数の導電性粒子を含み、タブと接続用電極との間に、少なくとも1の前記導電性粒子が挟まれていることを特徴とする。

20

## 【0011】

本発明の特徴に係る太陽電池モジュールによると、柔軟性の高い樹脂によって接続用電極とタブを接着し、太陽電池セルとタブまでも接着しているため、モジュール出力の低下を抑制し、信頼性を向上させることができる。

## 【0012】

又、本発明の特徴に係る太陽電池モジュールにおいて、接続用電極は、バスバー電極であり、接着層は、バスバー電極に接続されたフィンガー電極の当該バスバー電極との接続部分とタブとの間に配置されてもよい。

30

## 【0013】

この太陽電池モジュールによると、フィンガー電極とタブを接着することができ、更に接着力を高めることができる。

## 【0014】

又、上記の太陽電池モジュールにおいて、フィンガー電極とタブとの間に、前記フィンガー電極と前記タブとを電氣的に接続する前記導電性粒子を有していても良い。このようにすることで、フィンガー電極とタブは、導電性粒子を介して電氣的に接続される。

40

## 【0015】

この太陽電池モジュールによると、バスバー電極とフィンガー電極の接続が切れた場合でも、フィンガー電極からタブへ電氣的に接続することができる。

## 【0016】

又、本発明の特徴に係る太陽電池モジュールにおいて、導電性粒子は、接続用電極の側面に配置された樹脂中において、体積率3~20%の割合で含有されてもよい。

## 【0017】

この太陽電池モジュールによると、側面の領域において、内部応力を緩和させることができる。

## 【0018】

50

又、本発明の特徴に係る太陽電池モジュールにおいて、接続用電極の表面は、凹凸形状を有し、凸形状の部分は、タブに接してもよい。

【0019】

この太陽電池モジュールによると、接続用電極の一部がタブに接しているため、接続用電極とタブの電氣的接続を良好にすることができる。

【0020】

又、本発明の特徴に係る太陽電池モジュールにおいて、接着層に含まれる樹脂は、接続用電極に使用されている樹脂材料と同種の樹脂であってもよい。

【0021】

この太陽電池モジュールによると、接続用電極と接着層の接着相性が良くなり、更に接着力を強化することができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によると、モジュール出力の低下を抑制し、信頼性を向上させる太陽電池モジュールを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

次に、図面を用いて、本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には、同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、各寸法の比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。従って、具体的な寸法等は以下の説明を参酌して判断すべきものである。又、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0024】

(太陽電池モジュール)

本実施形態に係る太陽電池セルとして、HIT構造を有する太陽電池セルを例に挙げ、以下について説明する。図1は、本実施形態に係る太陽電池セルの断面図であり、図2は、上面図である。

【0025】

本実施形態に係る太陽電池セルは、図1に示すように、n型単結晶シリコン基板10dの上面側には、i型非晶質シリコン層10cを介してp型非晶質シリコン層10bが形成され、更にその上面にITO膜10aが形成されている。一方、n型単結晶シリコン基板10dの下面側には、i型非晶質シリコン層10eを介してn型非晶質シリコン層10fが形成され、更にその上面にITO膜10gが形成されている。ITO膜10a、10g上には、図1及び図2に示すように、バスバー電極20及びフィンガー電極30からなる集電極が形成されている。集電極は、エポキシ樹脂をバインダー、銀粒子をフィラーとした熱硬化型導電性ペーストより形成されている。このように、太陽電池セルは、光電変換部10と、光電変換部10上に形成されたバスバー電極20及びフィンガー電極30からなる集電極とを備える。

【0026】

又、本実施形態に係る太陽電池モジュールは、複数の太陽電池セルのバスバー電極20同士が互いに銅箔等の導電材からなるタブにより電氣的に接続され、ガラス、透光性プラスチックなどの透光性を有する表面保護材と、PET(Polyethylene Terephthalate)等のフィルムからなる裏面保護材との間に、EVA等の透光性を有する封止材により封止されている。

【0027】

次に、本実施形態に係る太陽電池モジュールにおいて、バスバー電極20とタブ40との接着について、詳細に説明する。

【0028】

本実施形態に係る太陽電池モジュールは、図3に示すように、バスバー電極20とタブ40との間に、複数の導電性粒子70を含む樹脂60からなる接着層を備える。バスバー

10

20

30

40

50

電極 20 とタブ 40 とは、導電性粒子 70 を介して電氣的に接続される。又、樹脂 60 は、バスバー電極 20 の側面まで覆い、タブ 40 と光電変換部 10 の表面を接着する。尚、タブ 40 は、銅箔等の金属製の材料からなり、この周囲に錫メッキが施されている。

【0029】

樹脂 60 は、例えば、エポキシ系の熱硬化型樹脂であり、導電性粒子 70 は、例えば、ニッケルである。図 3 では、バスバー電極 20 とタブ 40 の間には、1 のニッケル粒子が挟まれており、ニッケル粒子を介して電氣的に接続されている。尚、図 3 では、1 のニッケル粒子がバスバー電極 20 とタブ 40 とを電氣的に接続しているが、複数のニッケル粒子が接触し、連なることにより、バスバー電極 20 とタブ 40 が接続されてもよい。

【0030】

又、導電性粒子 70 の組成としては、電気伝導性を得ることを目的としており、銅、銀、アルミニウム、ニッケル、錫、金などから選ばれる少なくとも 1 種の金属粒子、もしくはこれらの合金、混合などが適用できる。又、アルミナ、シリカ、酸化チタン、ガラスなどから選ばれる少なくとも 1 種の無機酸化物に金属コーティングを施したものであってもよく、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂などから選ばれる少なくとも一種、あるいは、これらの樹脂の共重合体、混合体などに金属コーティングを施したものであってもよい。更には、導電性粒子 70 の形状としては、フレーク状のものと球状のものを混合したり、サイズの異なるものを混合したり、あるいは表面に凹凸形状を設けたりすることにより、電気伝導性を高める工夫を施すこともできる。

【0031】

又、バスバー電極 20 の周囲をコーティングする樹脂 60 は、タブ 40 の温度サイクルによる伸縮によるストレスを緩和する目的から、タブ 40 に使用している材料よりも柔軟性の高い材料であることが好ましく、タブ 40 の接着を同時に行うことも考慮すると、熱硬化型の樹脂材料を使用することが好ましい。又、樹脂 60 は、信頼性を維持するためには、耐湿性や耐熱性に優れていることが要求される。これらを満たす樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂などが挙げられ、これらから選ばれる少なくとも一種、あるいは、これらの樹脂の混合、共重合などを適用することができる。

【0032】

更に、バスバー電極 20 との接着相性を考慮すると、樹脂 60 は、バスバー電極 20 に使用されている樹脂材料と同種の樹脂であることが好ましい。又、低温かつ短時間で硬化できるという点から、エポキシ樹脂やアクリル樹脂を用いることが、製造上、好ましい。更には、これらの樹脂 60 がフィルム状で、加熱により溶着できるものであってもよい。

【0033】

又、導電性粒子 70 は、図 4 に示すように、バスバー電極 20 の側面に配置された樹脂中（図 4 における X 部分）において、体積率 3 ~ 20 % の割合で含有されていることが好ましい。この体積率は、断面 SEM によって観察される、樹脂中の導電性粒子 70 の面積率によって測定することができる。

【0034】

又、本実施形態に係る太陽電池セルは、図 5 に示すように、接着層は、20 バスバー電極に接続されたフィンガー電極 30 の当該バスバー電極 20 との接続部分とタブ 40 との間に配置されてもよい。更に、図 6 に示すように、フィンガー電極 30 とタブ 40 は、導電性粒子 70 を介して電氣的に接続してもよい。

【0035】

又、本実施形態に係る太陽電池セルは、図 7 に示すように、バスバー電極 20 の表面は、凹凸形状を有し、凸形状の部分は、タブ 40 に接してもよい。

【0036】

（作用及び効果）

本実施形態に係る太陽電池モジュールによると、柔軟性の高い樹脂 60 によってバスバ

10

20

30

40

50

ー電極 20 とタブ 40 を接着し、光電変換部 10 とタブ 40 までも接着しているため、タブ 40 と光電変換部 10 との線膨張係数の違いから生じていたストレスを樹脂 60 により緩和することができる。このため、導電性ペースト（バスバー電極）の破壊、導電性ペーストと光電変換部の界面の剥離、及び導電性ペーストと合金層の界面の剥離を抑制することができる。このため、導電性ペースト部の破壊による接触抵抗の増加を防止し、モジュール出力の低下を抑制することができる。この結果、太陽電池モジュールの信頼性を向上させることができる。

【0037】

又、従来、バスバー電極 20 とフィンガー電極 30 との長手方向が直交することから、これらの交点にもストレスが加えられ、この交点部分が破壊されることによって、バスバー電極 20 とフィンガー電極 30 の接触不良が発生し、モジュール出力の低下を引き起こしていた。本実施形態においては、接着層は、バスバー電極 20 に接続されたフィンガー電極 30 の当該バスバー電極 20 との接続部分とタブ 40 との間に配置される。このため、フィンガー電極 30 とタブ 40 を接着することができ、更に接着力を高めることができる。

10

【0038】

又、フィンガー電極 30 とタブ 40 は、導電性粒子 70 を介して電氣的に接続される。このため、バスバー電極 20 とフィンガー電極 30 の接続が切れた場合でも、フィンガー電極 30 からタブ 40 へ電氣的に接続することができる。

【0039】

又、バスバー電極 20 の側壁に配した樹脂領域においては、樹脂が硬化する際に収縮することにより残留する内部応力が存在するので、タブ 40 と樹脂 60 との界面の剥離の要因となりやすい。本実施形態では、導電性粒子 70 は、バスバー電極 20 の側面に配置された樹脂中において、体積率 3 ~ 20 % の割合で含有される。このため、側面の領域において、樹脂中の内部応力を緩和させることができる。即ち、導電性粒子 70 が、樹脂 60 同士の分子の結合を分断することにより、樹脂の硬化による収縮を小さくし、残留する応力を小さくすることができる。

20

【0040】

又、本実施形態では、バスバー電極 20 の表面は、凹凸形状を有し、凸形状の部分は、タブ 40 に接してもよい。このように、バスバー電極 20 の一部がタブ 40 に接しているため、バスバー電極 20 とタブ 40 の電氣的接続を良好にすることができる。

30

【0041】

又、バスバー電極 20 とタブ 40 との間に配置される接着層に含まれる樹脂は、バスバー電極 20 に使用されている樹脂材料と同種の樹脂であることが好ましい。このような樹脂構成にすることにより、バスバー電極 20 と接着層の接着相性が良くなり、更に接着力を強化することができる。

【0042】

（太陽電池モジュールの製造方法）

次に、本実施形態に係る太陽電池モジュールの製造方法について説明する。

【0043】

まず、光電変換部 10 の製造方法は、従来と同様であるので、ここでは説明を省略する。次に、図 1 に示すように、光電変換部 10 上に、エポキシ系熱硬化型銀ペーストでバスバー電極 20 及びフィンガー電極 30 を形成する。具体的には、光電変換部 10 の受光面側に、銀ペーストをスクリーン印刷し、150 で 5 分間加熱し、仮硬化させる。その後、光電変換部 10 の裏面側に、銀ペーストをスクリーン印刷し、150 で 5 分間加熱し、仮硬化させる。その後、200 で 1 時間加熱することにより、銀ペーストを完全に硬化させ、太陽電池セルを形成する。

40

【0044】

次に、ディスペンサーを用い、図 3 に示すように、ニッケル粒子を約 5 体積% 含んだエポキシ樹脂を、バスバー電極 20 上に、約 30  $\mu\text{m}$  の厚みになるように塗布するとともに

50

、バスバー電極 20 側面を約 100  $\mu\text{m}$  ずつ覆うように塗布する。

【0045】

複数の太陽電池セルについて、受光面側及び裏面側の両面に樹脂を塗布した後、それぞれ塗布された樹脂上に、タブ 40 を配置し、約 2 MPa で加圧しながら、200 で 1 時間加熱することにより、ストリングを形成する。

【0046】

次に、複数本のストリングを接続し、ガラス、封止シート、ストリング、封止シート、裏面シートの順で積層し、真空にした後 150 で 1 時間加熱することで、完全に硬化させる。その後、端子ボックス、金属フレームをとりつけ、太陽電池モジュールとする。

【0047】

尚、上記では、エポキシ樹脂をバスバー電極 20 に塗布し、その上にタブ 40 を配置したが、金属粒子を含む樹脂フィルムをバスバー電極 20 上に配置し、その上にタブ 40 を配置することでストリングを形成してもよい。

【0048】

(その他の実施形態)

本発明は上記の実施形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

【0049】

例えば、本発明は、光電変換部 10 の基材と、複数の太陽電池セルを接続するタブ 40 の芯材との線膨張係数の違いが存在する場合に起こる問題を解決するため、上記の実施形態に記載した構造に限らないことはもちろんである。例えば、光電変換部 10 の基板として単結晶 Si、多結晶 Si などの Si 基板、あるいは、ステンレス基板やガラス基板といった比較的線膨張係数の小さな材料を用い、当該基板の上に熱拡散やプラズマ CVD 法等の方法によって、各種の光電変換層を形成し、光電変換部に導電性ペーストによって電力取り出し機構を形成し、導電性ペースト上に、銅、銀、アルミニウム、ニッケル、錫、金、もしくはこれらの合金といった比較的線膨張係数の大きな材料を芯材としたリード線が接着されている場合にも適用できる。

【0050】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を含むことは勿論である。従って、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【実施例】

【0051】

以下、本発明に係る薄膜系太陽電池モジュールについて、実施例を挙げて具体的に説明するが、本発明は、下記の実施例に示したものに限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において、適宜変更して実施することができるものである。

【0052】

(実施例 1)

本発明の実施例 1 に係る太陽電池セルとして、図 1、図 2 及び図 4 に示す太陽電池セルを以下のように作製した。以下の作製方法では、工程を工程 1 ~ 4 に分けて説明する。

【0053】

<工程 1> 光電変換部形成

まず、図 1 に示すように、洗浄することにより、不純物が除去された約 1  $\cdot$  cm の抵抗率と約 300  $\mu\text{m}$  の厚みとを有する n 型単結晶シリコン基板 10 d を準備した。次に、RF プラズマ CVD 法を用いて、n 型単結晶シリコン基板 10 d の上面上に、約 5 nm の厚みを有する i 型非晶質シリコン層 10 c と、約 5 nm の厚みを有する p 型非晶質シリコン層 10 b とをこの順番で形成した。尚、RF プラズマ CVD 法による i 型非晶質シリコン層 10 c 及び p 型非晶質シリコン層 10 b の具体的な形成条件は、周波数：約 13.65 MHz、形成温度：約 100 ~ 250、反応圧力：約 26.6 ~ 80.0 Pa、RF

10

20

30

40

50

パワー：約10～100Wであった。

【0054】

次に、n型単結晶シリコン基板10dの下面上に、約5nmの厚みを有するi型非晶質シリコン層10eと、約5nmの厚みを有するn型非晶質シリコン層10fとをこの順番で形成した。尚、このi型非晶質シリコン層10e及びn型非晶質シリコン層10fは、それぞれ上記したi型非晶質シリコン層10c及びp型非晶質シリコン層10bと同様のプロセスにより形成した。

【0055】

次に、マグネトロンスパッタ法を用いて、p型非晶質シリコン層10b及びn型非晶質シリコン層10fの各々の上に、約100nmの厚みを有するITO膜10a、10gをそれぞれ形成した。このITO膜10a、10gの具体的な形成条件は、形成温度：約50～250、Arガス流量：約200sccm、O<sub>2</sub>ガス流量：約50sccm、パワー：約0.5～3kW、磁場強度：約500～3000Gaussであった。

10

【0056】

<工程2>集電極形成

スクリーン印刷法を用いて、エポキシ系熱硬化型の銀ペーストを受光面側の透明導電膜の所定領域上に転写した後、150で5分間加熱し、仮硬化させ、200で1時間加熱することにより、完全に硬化させることで、集電極を形成した。これにより、図2に示すように、透明導電膜の上面上に、所定の間隔を隔てて互いに平行に延びるように形成された複数のフィンガー電極30と、フィンガー電極30により収集された電流を集合させるバスバー電極20とからなる集電極を形成した。ここでは、バスバー電極20の幅が約1.0mm、高さが約50μmであった。

20

【0057】

<工程3>ストリング形成

まず、バスバー電極20上に、ディスペンサーで、エポキシ系熱硬化型のニッケルペーストを塗布した。具体的には、図8に示すように、バスバー電極20上に、約30μmの厚みとなるように塗布するとともに、バスバー電極20の側面外側を約100μmずつ覆うように塗布した。又、図9に示すように、フィンガー電極30の根元の部分も同時に覆うように塗布した。尚、ニッケルペースト中のニッケル粒子の含有量は、体積率約5%のものを使用した。

30

【0058】

受光面側、裏面側の両方にニッケルペーストを塗布した後、バスバー電極20上に、タブ40となる幅約1.5mmの錫メッキ銅箔を配置した。そして、図10に示すように、複数の太陽電池セルが接続されるように配列し、1枚の太陽電池セルごとに上下から加熱部80を挟み、2MPaの圧力をかけながら、約200で1時間加熱することによりニッケルペーストを硬化させ、ストリングを形成した。このように圧力をかけながら硬化することにより、ニッケル粒子を錫メッキ銅箔とバスバー電極20の間に挟むことができるので、良好な電気伝導性が得られた。又、ニッケルペーストが押し伸ばされ、タブ40とほぼ同等の幅に広がった。又、図11に示すように、フィンガー電極30の根元部分が約200μmに渡り、厚さ約20μmのニッケルペーストで覆われた構造となった。

40

【0059】

<工程4>モジュール化

ガラス基板からなる表面保護材の上に、EVAシートからなる充填材を載せた後、タブにより接続した複数の太陽電池セルを配置した。そして、その上に、更にEVAシートからなる充填材を載せた後、PET/アルミニウム箔/PETの3層構造を有する裏面保護材を配置した。これらを、真空にした後、150で10分間加熱圧着することで駆り圧着した後、150で1時間加熱することで、完全に硬化させた。これに、端子ボックス、金属フレームを取り付け、実施例1に係る太陽電池モジュールを作製した。

【0060】

(比較例1)

50

比較例 1 に係る太陽電池セルとして、図 1 2 に示す太陽電池セルを以下のように作製した。

【 0 0 6 1 】

< 工程 1 > 実施例 1 と同様の方法で形成した。

【 0 0 6 2 】

< 工程 2 > 実施例 1 と同様の方法で形成し、バスバー電極 2 0 の幅が約 1 . 5 mm になるように形成した。

【 0 0 6 3 】

< 工程 3 > 比較例 1 では、接着層がバスバー電極 2 0 からはみ出さないように形成した。

【 0 0 6 4 】

まず、バスバー電極 2 0 上に、ディスペンサーで、エポキシ系熱硬化型のニッケルペーストを塗布した。具体的には、図 1 3 に示すように、バスバー電極 2 0 上に、幅約 1 . 2 mm、厚み約 3 0 μ m となるように塗布した。尚、ニッケルペースト中のニッケル粒子の含有量は、体積率約 5 % のものを使用した。

【 0 0 6 5 】

受光面側、裏面側の両方にニッケルペーストを塗布した後、バスバー電極 2 0 上に、タブ 4 0 となる幅約 1 . 5 mm の錫メッキ銅箔を配置した。そして、図 1 0 に示すように、複数の太陽電池セルが接続されるように配列し、1 枚の太陽電池セルごとに上下から加熱部 8 0 を挟み、2 M P a の圧力をかけながら、約 2 0 0 で 1 時間加熱することによりニッケルペーストを硬化させ、ストリングを形成した。このように圧力をかけながら硬化することにより、ニッケル粒子を錫メッキ銅箔とバスバー電極 2 0 の間に挟むことができるので、良好な電気伝導性が得られた。又、ニッケルペーストが押し伸ばされ、タブ 4 0 とほぼ同等の幅に広がった。

【 0 0 6 6 】

< 工程 4 > 実施例 1 と同様の方法で形成した。

【 0 0 6 7 】

( 比較例 2 )

比較例 2 に係る太陽電池セルとして、従来のハンダ付けによる接着を行った太陽電池セルを以下のように作製した。

【 0 0 6 8 】

< 工程 1 > 実施例 1 と同様の方法で形成した。

【 0 0 6 9 】

< 工程 2 > 実施例 1 と同様の方法で形成し、バスバー電極 2 0 の幅が約 1 . 5 mm になるように形成した。

【 0 0 7 0 】

< 工程 3 > バスバー電極 2 0 上に、タブ 4 0 となる幅約 1 . 5 mm の S n - A g - C u ハンダメッキ銅箔を配置し、図 1 0 に示すように、複数の太陽電池セルが接続されるように配置した。そして、バスバー電極 2 0 とタブ 4 0 とをハンダ接続することにより、ストリングを形成した。

【 0 0 7 1 】

< 工程 4 > 実施例 1 と同様の方法で形成した。

【 0 0 7 2 】

( 評価方法 )

実施例 1 及び比較例 1、2 に係る太陽電池モジュールについて、それぞれ温度サイクル試験 ( J I S C 8 9 1 7 ) を行い、試験前後の太陽電池モジュールの出力を比較し、タブ接続部の断面観察、エレクトロルミネッセンス法による発光比較を行った。J I S 規格では、2 0 0 サイクル後の出力変化率にて規定されているが、今回は、更に長期の耐久性を評価するため、4 0 0 サイクルの試験を行った。太陽電池モジュールの出力は、A M 1 . 5、1 0 0 m W / c m<sup>2</sup> の光照射下で測定した。

10

20

30

40

50

【0073】

断面観察は、図14に示す矢印の面で断面を切り出し、SEM観察を行った。1つのサンプルにつき、10ヶ所ずつ観察を行った。

【0074】

エレクトロルミネッセンス法は、Characterization of Polycrystalline Silicon Solar Cells by Electroluminescence (PVSEC-15, Shanghai, China : Oct. 2005.)を参考に、太陽電池モジュールは約2Aの電流を注入し、CCDカメラにより、そのときの赤外発光を観察した。この方法によると、電流の抵抗が大きく、電流が流れにくい領域や、少数キャリアの拡散長が短い領域において、発光が弱くなるため暗い部分として表示される。

【0075】

(実験結果)

表1に、温度サイクル試験による規格化出力低下率を示す。

【表1】

	実施例1	比較例1	比較例2
規格化出力低下率	0.40	0.90	1.00
バスバー断面SEM像	○	×	×
EL発光	○	×	×

10

20

【0076】

出力低下率は、 $(1 - \text{試験後出力} / \text{試験前出力}) \times 100 (\%)$ の式より算出し、比較例2における出力低下率を1.00として規格化した。表1に示すように、実施例1における規格化出力低下率は、比較例1及び2に対して小さいことが分かる。

【0077】

又、断面SEM観察をした結果、温度サイクル試験前のサンプルでは、特に異常は見られなかったが、温度サイクル試験後のサンプルでは、比較例1及び2において、図15に示すような亀裂が観察された。一方、実施例1において、亀裂は観察されなかった。表1では、亀裂が観察されなかったサンプルは○印で、亀裂が観察されたサンプルは×印で表示した。

30

【0078】

又、エレクトロルミネッセンス法による発光を見た結果、温度サイクル試験前のサンプルでは、特に異常は見られなかったが、温度サイクル試験後のサンプルでは、比較例1及び2において、図16に示すような暗部が見られた。一方、実施例1においては、温度サイクル試験後もこのような暗部は現れなかった。表1では、暗部が現れなかったサンプルは○印で、暗部が現れたサンプルは×印で表示した。

40

【0079】

(考察)

比較例1及び2においては、温度サイクル試験後にバスバー電極20内の亀裂が観察され、又、温度サイクル試験後のエレクトロルミネッセンス法による発光試験で暗部が見られている。この暗部について、図16のA部に示すようなフィンガー電極30に沿って見られる暗部は、フィンガー電極30の根元(バスバー電極との接続部)で断線が生じたため、根元から先まで電流が流れにくいことにより、エレクトロルミネッセンス法による発光が弱いものと考えられる。又、B部に示すようなバスバー電極20に沿って見られる暗部は、断面SEMでも観察されたバスバー電極20内の亀裂によるものと考えられる。このような亀裂は、温度サイクル試験が繰り返されたことにより、線膨張係数の大きく異なる

50

るタブとシリコン基板の間に位置するバスバー電極にダメージが蓄積されたために生じたものと考えられる。即ち、比較例 1 及び 2 において、温度サイクル試験により、上述した 2 種類の集電極損傷が起こっているものと考えられ、このような集電極の損傷により、出力の低下を招いていると考えられる。

#### 【 0 0 8 0 】

一方、実施例 1 においては、バスバー電極 20 内の亀裂が観察されず、エレクトロルミネッセンス法で暗部が見られておらず、温度サイクル試験での出力低下が大幅に軽減されている。即ち、実施例 1 では、バスバー電極 20 が樹脂部により覆われ、補強されていることにより、温度サイクルにより引き起こされるバスバー電極 20 内の亀裂が抑制され、又、フィンガー電極 30 の根元の部分が樹脂部に覆われていることにより、温度サイクルにより引き起こされるフィンガー電極根元部分の断線が抑制されたことにより、温度サイクル試験による出力低下が大幅に軽減されたものと考えられる。

10

#### 【 0 0 8 1 】

( 導電性粒子の密度に関する実験 )

次に、導電性粒子の粒子量を変化させた場合の影響について調査した。

#### 【 0 0 8 2 】

実施例 1 と同様の方法で作製し、樹脂領域中の導電性粒子の種類と、導電性粒子の密度を変化させたサンプルを準備した。

#### 【 0 0 8 3 】

導電性粒子としては、銀、ニッケルの 2 種類を準備し、平均粒径を  $10 \mu\text{m}$  とした。粒子量は、樹脂中の体積率  $0 \sim 50\%$  の間で調整した。粒子の体積率が  $50\%$  を超えてくると、樹脂の接着性能が著しく落ちるため、 $0 \sim 50\%$  という範囲とした。

20

#### 【 0 0 8 4 】

上記のように作製した太陽電池モジュールについて、それぞれ温度サイクル試験 ( J I S C 8 9 1 7 ) を行い、試験前後の太陽電池モジュールの出力を測定し、出力低下率を比較した。太陽電池モジュールの出力は、 $\text{AM}1.5$ 、 $100 \text{mW}/\text{cm}^2$  の光照射下で測定した。

#### 【 0 0 8 5 】

( 実験結果及び考察 )

図 17 に、横軸を樹脂成分の断面 SEM から観察される導電性粒子の面積率、縦軸を規格化出力低下率とし、表示したグラフを示す。導電性粒子の面積率は、断面 SEM から観察されるバスバー電極の側面外側領域 ( 図 4 の X 部分 ) における、導電性粒子断面の占める割合を算出した。出力低下率は、 $( 1 - \text{試験後出力} / \text{試験前出力} ) \times 100 (\%)$  の式より算出し、比較例 2 における出力低下率を  $1.00$  として規格化した。

30

#### 【 0 0 8 6 】

図 17 に示すように、樹脂領域の粒子面積率が  $30\%$  以上の場合においては、温度サイクルによる規格化出力低下率が、比較例 2 と同程度となっているが、樹脂領域の粒子面積率が  $25\%$  以下の場合においては、温度サイクルによる規格化出力低下率が比較例 2 に対し、小さいことが分かる。これは、樹脂領域の粒子面積率が  $30\%$  以上の場合には、導電性粒子が蜜に存在するバスバー電極領域同様、バルクの結合力が比較的弱く、温度サイクルによるストレスにより亀裂が生じやすいものと考えられる。このような結合力の強い樹脂によりバスバー電極をコーティングすることにより、バスバー電極を補強する効果が得られたと考えられる。

40

#### 【 0 0 8 7 】

又、樹脂領域の粒子面積率が  $3 \sim 20\%$  の範囲においては、温度サイクルによる出力低下を抑制する効果が更に高くなっていることが分かる。これは、樹脂領域の粒子面積率が大きい場合 ( $25\%$  以上) には、前述したように、バルクの結合力が弱くなるために、温度サイクルによるストレスにより亀裂が生じやすいものと考えられ、温度サイクル試験による出力低下を招きやすい傾向が見られていると考えられる。又、逆に、樹脂領域の粒子面積率が小さい場合 ( $0\%$ ) には、硬化時に生じた収縮応力が大きいため、タブや光電変

50

換部との界面の剥離が生じやすくなっていると考えられ、温度サイクル試験による出力低下を招きやすい傾向が見られていると考えられる。即ち、樹脂中に適度な粒子を含むことにより、樹脂中の分子の結合を分断することができるため、樹脂中に内在する内部応力を緩和できる。この結果、樹脂領域と光電変換部あるいは樹脂領域とタブの界面での剥離を抑制することができるので、より温度サイクル耐性に優れた太陽電池モジュールを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本実施形態に係る太陽電池セルの断面図である。

【図2】本実施形態に係る太陽電池セルの上面図である。

10

【図3】本実施形態に係る太陽電池セルの拡大断面図である（その1）。

【図4】本実施形態に係る太陽電池セルの拡大断面図である（その2）。

【図5】本実施形態に係る太陽電池セルの拡大断面図である（その3）。

【図6】本実施形態に係る太陽電池セルの拡大断面図である（その4）。

【図7】本実施形態に係る太陽電池セルの拡大断面図である（その5）。

【図8】実施例1に係る太陽電池モジュールの製造方法を示す断面図である（その1）。

【図9】実施例1に係る太陽電池モジュールの製造方法を示す断面図である（その2）。

【図10】実施例1に係る太陽電池モジュールの製造方法を示す断面図である（その3）。

。

【図11】実施例1に係る太陽電池モジュールの製造方法を示す断面図である（その4）

20

。

【図12】比較例1に係る太陽電池セルの拡大断面図である。

【図13】比較例1に係る太陽電池モジュールの製造方法を示す断面図である。

【図14】実施例1に係る太陽電池セルの上面図である。

【図15】温度サイクル試験後の比較例1及び2に係る太陽電池セルの拡大断面図である。

。

【図16】温度サイクル試験後の比較例1及び2に係る太陽電池セルの上面図である。

【図17】実施例1に係る太陽電池セルにおいて、導電性粒子の種類及び密度を変化させた際の実験結果を示すグラフである。

【図18】従来太陽電池セルの断面図である。

30

【図19】従来太陽電池セルの拡大断面図である。

【符号の説明】

【0089】

10 ... 光電変換部

10 a ... ITO膜

10 b ... p型非晶質シリコン層

10 c ... i型非晶質シリコン層

10 d ... n型単結晶シリコン基板

10 e ... i型非晶質シリコン層

10 f ... n型非晶質シリコン層

40

10 g ... ITO膜

20 ... バスバー電極

30 ... フィンガー電極

40 ... タブ

50 ... 合金部

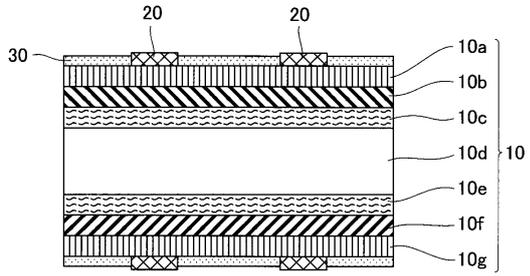
60 ... 樹脂

70 ... 導電性粒子

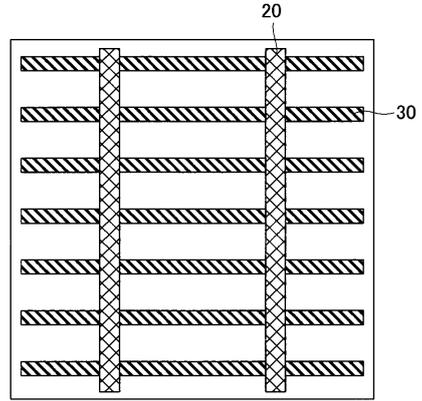
80 ... 加熱部

90 ... メッキ

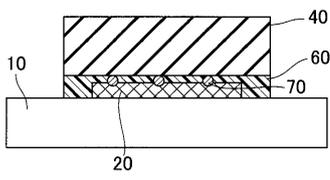
【 図 1 】



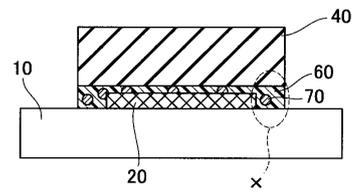
【 図 2 】



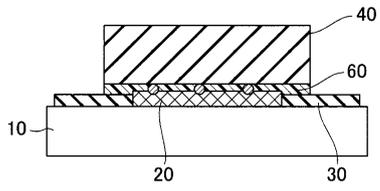
【 図 3 】



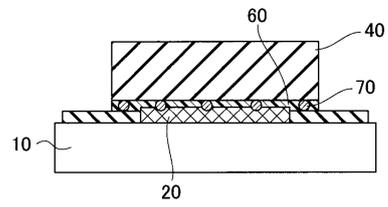
【 図 4 】



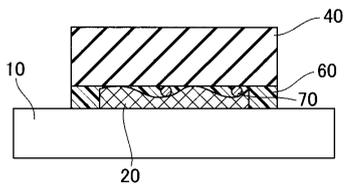
【 図 5 】



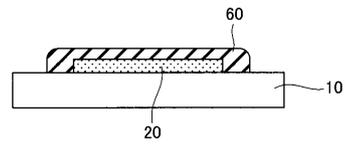
【 図 6 】



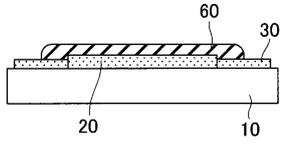
【 図 7 】



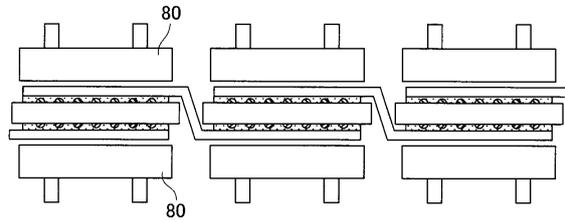
【 図 8 】



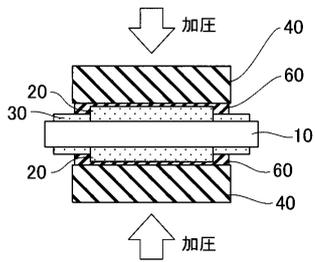
【 図 9 】



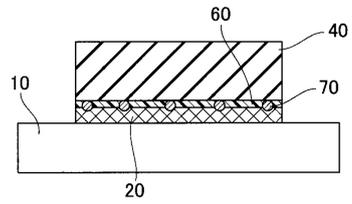
【 図 10 】



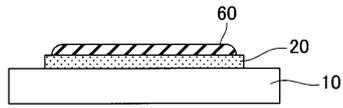
【 図 11 】



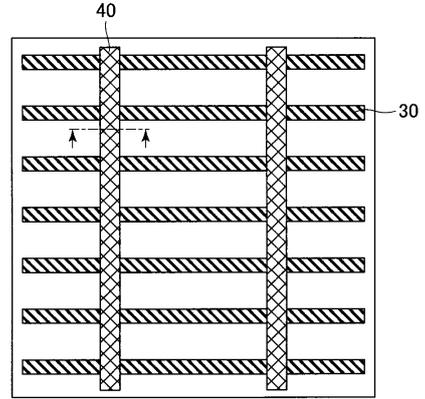
【 図 12 】



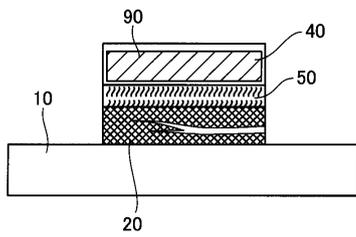
【図 13】



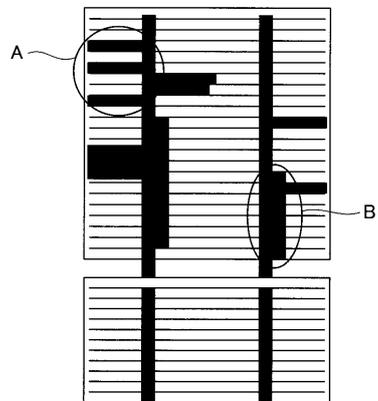
【図 14】



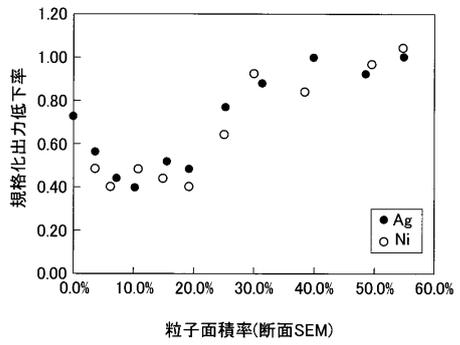
【図 15】



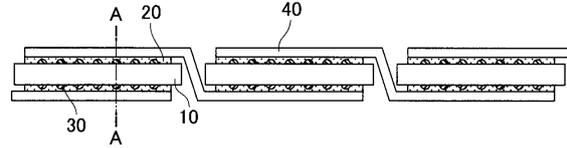
【図 16】



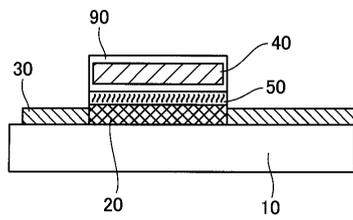
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



フロントページの続き

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 星野 浩一

審判官 小松 徹三