

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5126878号
(P5126878)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月9日(2012.11.9)

(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 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-179448 (P2007-179448)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成19年7月9日(2007.7.9)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-16713 (P2009-16713A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成21年1月22日(2009.1.22)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成21年8月5日(2009.8.5)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100098316
			弁理士 野田 久登
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池の製造方法および太陽電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受光面に所定の幅を有して延在する表面電極を有する太陽電池の製造方法であって、
前記受光面を有する太陽電池基板を製造する工程と、
前記表面電極のパターンに基づいて所定のマスクパターンが形成された印刷用スクリーンを前記受光面に載置する工程と、
前記印刷用スクリーンに粘性を有する導電性材料を塗布する工程と、
前記表面電極における前記幅方向の端部近傍の部分に対応する前記印刷用スクリーンの所定の領域を前記導電性材料が通り抜けるのを阻止する態様で、前記導電性材料を前記受光面に印刷することにより、前記受光面に前記表面電極となる前記導電性材料のパターンを形成する工程と、
前記導電性材料のパターンに所定の熱処理を施すことにより、前記表面電極を形成する工程と、
所定の幅を有して延在する前記表面電極に沿って接続部材を接続する工程とを備え、
前記導電性材料のパターンを形成する工程では、前記印刷用スクリーンを取り外した後に、前記導電性材料が通り抜けるのを阻止された前記所定の領域に前記導電性材料が粘性によって流れ込むことで、前記幅方向の端部の前記導電性材料の厚みが、前記幅方向の中央部の厚みと同じ厚みにされる、太陽電池の製造方法。

【請求項2】

前記導電性材料のパターンを形成する工程では、前記導電性材料が前記印刷用スクリーンを通り抜けるのを前記延在する方向に沿って阻止されるように前記導電性材料が印刷される、請求項 1 記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 3】

前記導電性材料のパターンを形成する工程では、前記導電性材料は、前記印刷用スクリーンを取外した後に前記導電性材料が前記導電性材料の粘性によって前記幅方向に繋がるように印刷される、請求項 1 または 2 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 4】

前記導電性材料のパターンを形成する工程では、前記導電性材料が前記印刷用スクリーンを通り抜けるのを前記延在する方向に沿って断続的に阻止されるように前記導電性材料が印刷される、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。

10

【請求項 5】

前記導電性材料のパターンを形成する工程では、前記導電性材料は前記印刷用スクリーンにおいて矩形状に通抜けが阻止される、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 6】

前記導電性材料のパターンを形成する工程では、前記導電性材料は前記印刷用スクリーンにおいて円形状および楕円状の少なくともいずれかの形状に通抜けが阻止される、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の太陽電池の製造方法によって製造される、太陽電池。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽電池の製造方法および太陽電池に関し、特に、インターコネクタによって接続される太陽電池の製造方法と、そのような製造方法によって製造される太陽電池とに関するものである。

【背景技術】

【0002】

太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽電池は、近年、特に地球環境問題の観点から、次世代のエネルギー源としてその期待が急激に高まっている。太陽電池としては、化合物半導体材料を用いたものや有機材料を用いたものなど様々な種類があるが、現在、シリコン結晶を用いたものが主流となっている。

30

【0003】

そのシリコン結晶を用いた従来の太陽電池における太陽電池基板（セル）の一例について説明する。図 4 1 および図 4 2 に示すように、まず、P 型のシリコン基板 1 2 3 の受光面には N + 層 1 2 6 が形成されている。N + 層 1 2 6 と P 型のシリコン基板 1 2 3 とにより p n 接合が形成されることになる。また、P 型のシリコン基板 1 2 3 の受光面上には、反射防止膜 1 2 7 と表面電極 1 3 1 とがそれぞれ形成されている。

【0004】

受光面側の表面電極 1 3 1 として、バスバー電極 1 3 1 a とフィンガー電極 1 3 1 b が形成されている。バスバー電極 1 3 1 a は P 型のシリコン基板 1 2 3 を横切るように互いに間隔を隔てて 2 本形成されている。フィンガー電極 1 3 1 b はそのバスバー電極 1 3 1 a よりも幅が狭く、バスバー電極 1 3 1 a が延在する方向とほぼ直交する方向にバスバー電極 1 3 1 a から延在するように形成されている。

40

【0005】

一方、P 型のシリコン基板 1 2 3 の受光面と反対側の裏面には P + 層 1 2 9 が形成されている。さらに、そのシリコン基板 1 0 の裏面上には、アルミニウム電極 1 2 8 および裏面電極 1 3 0 がそれぞれ形成されている。なお、シリコン結晶を用いた太陽電池では、P 型のシリコン基板の結晶構造の違いによって、主に単結晶太陽電池と多結晶太陽電池とが

50

ある。

【 0 0 0 6 】

図 4 3 に示すように、太陽電池 1 2 0 としては、このような p n 接合が形成された太陽電池基板 1 3 2 を、所定のインターコネクタ（接続部材） 1 3 3 によって互いに直列に接続させた太陽電池ストリング 1 3 5 として、市場で販売されたり、実際に使用等されることになる。なお、従来のシリコン結晶を用いた太陽電池を開示した文献として特許文献 1 がある。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 1 3 3 5 6 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 0 7 】

しかしながら、従来の太陽電池では次のような問題点があった。まず、図 4 4 に示すように、太陽電池ストリングでは、インターコネクタ 1 3 3 の一端側は一の太陽電池基板 1 3 2 のバスバー電極 1 3 1 a（図 4 1 参照）にはんだ付けされ、他端側は隣接する他の太陽電池基板（図示せず）の裏面電極 1 3 0（図 4 2 参照）にはんだ付けされる。このとき、シリコン基板 1 2 3 とインターコネクタ 1 3 3 との熱膨張係数の差やバスバー電極 1 3 1 a の収縮応力等との関係で、バスバー電極 1 3 1 a 直下のシリコン基板の領域にクラックが生じるという問題があった。このことについて説明する。

【 0 0 0 8 】

太陽光発電システムが急速に普及するにつれて、太陽電池の製造コストの低減は必要不可欠とされる。太陽電池の製造コストの低減において、半導体基板であるシリコン基板の大型化および薄型化は非常に有効な手段である。ところが、シリコン基板の大型化および薄型化に伴って、太陽電池ストリングを形成する際に、シリコン基板とインターコネクタとの熱膨張係数の差に起因してシリコン基板が反り易くなる。

20

【 0 0 0 9 】

つまり、シリコンの熱膨張係数が $3.5 \times 10^{-6} / K$ であるのに対し、銅の熱膨張係数は $17.6 \times 10^{-6} / K$ であり、銅の熱膨張係数がシリコンの熱膨張係数よりも約 5 倍程度高い。そのため、はんだ付けのために加熱状態にあったバスバー電極 1 3 1 a とインターコネクタ 1 3 3 とが室温にまで冷却されると、インターコネクタ 1 3 3 が太陽電池基板 1 3 2 よりも大きく収縮する。そのため、図 4 5 に示すように、太陽電池基板 1 3 2 には矢印 1 6 1 に示す向きの反りが発生する。

30

【 0 0 1 0 】

さらに、そのような熱膨張係数の差に加えて、バスバー電極 1 3 1 a 自身の収縮応力がシリコン基板 1 2 3 に応力を与えることになる。バスバー電極 1 3 1 a は、フィンガー電極 1 3 1 b とともに所定の印刷用スクリーンを用いて形成される。図 4 6 に示すように、印刷用スクリーン 1 0 2 には、メッシュのスクリーン 1 0 3 に、バスバー電極とフィンガー電極のパターンに基づいて、たとえば乳剤による遮蔽部 1 0 4 が形成されている。

【 0 0 1 1 】

図 4 7 に示すように、その印刷用スクリーン 1 0 2 の上に塗布された銀ペースト 1 0 7 をスキージ 1 7 1 によって押し広げることで、遮蔽部 1 0 4 以外の領域に露出したメッシュ 3 のパターンを通過した銀ペースト 1 0 7 が、バスバー電極およびフィンガー電極となる銀ペーストパターンとして太陽電池基板の受光面に形成（印刷）されることになる。なお、図 4 7 では、簡略化のためにフィンガー電極に対応するパターンは省略されている。

40

【 0 0 1 2 】

このとき、露出したメッシュ 1 0 3 の領域（抜きパターン）の中央付近では、端の部分に比べてスキージ 1 7 1 の圧力を受ける遮蔽部 1 0 4 の領域が少なく、その分スキージ 1 7 1 の圧力が柔らかい銀ペースト 1 0 7 に及ぶことになる。そのため、図 4 8 に示すように、露出したメッシュ 1 0 3 の領域を通過した印刷された銀ペーストパターン 1 0 7 a のうち、幅方向の中央付近の銀ペーストパターン 1 0 7 a の厚みが、幅方向の端部の銀ペーストパターン 1 0 7 a の厚みに比べて薄くなる。

50

【 0 0 1 3 】

印刷用スクリーン 1 0 2 を取り除くと、図 4 9 に示すように、バスバー電極 1 3 1 a と
なる銀ペーストパターン 1 0 7 a の端部の部分では、銀ペースト自体の有する粘性によっ
て多少だれてすそ野が形成されるものの、銀ペーストパターン 1 0 7 a の幅方向両端部分
の厚み T 1 1 が、幅方向中央付近の厚み T 2 2 よりも厚い形状はほぼ維持されることにな
る。その後、銀ペースト 1 0 7 a には、所定の温度のもとで焼成処理が施されてバスバー
電極 1 3 1 a が形成される。そのバスバー電極 1 3 1 a の厚みは約 1 0 μ m ~ 2 0 μ m 程
度とされる。

【 0 0 1 4 】

一方、インターコネクタ 1 3 3 の銅からなるインターコネクタ本体 1 3 3 a の表面（幅
方向の面）にコーティングされているはんだ 1 3 3 b の膜厚は約 4 0 μ m とされ、バスバ
ー電極 1 3 1 a の厚みよりも数倍程度厚い。そのため、図 5 0 に示すように、インターコ
ネクタ 1 3 3 がバスバー電極 1 3 1 a にはんだ付けされても、バスバー電極 1 3 1 a はそ
の形状を保持した状態でインターコネクタ 1 3 3 と接続されることになる。

【 0 0 1 5 】

焼成処理が施されたバスバー電極 1 3 1 a では、バスバー電極 1 3 1 a が延在する方向
と交差する方向（幅方向）にバスバー電極 1 3 1 a の中央に向かって収縮応力が作用してい
る。しかも、矢印 1 5 1 , 1 5 2 に示すように、厚みが相対的に厚いバスバー電極 1 3 1
a の端部の部分では、厚みが相対的に薄いバスバー電極 1 3 1 a の中央部分に比べて、か
なり強い収縮応力が作用することになる。

【 0 0 1 6 】

さらに、上述のように、インターコネクタ 1 3 3 には、太陽電池基板 1 3 2 を凹状に反
らそうとする収縮応力が発生する（図 4 4 参照）。そのため、図 5 1 に示すように、イン
ターコネクタ 1 3 3 が太陽電池基板 1 3 2 を凹状に反らそうとする収縮応力（矢印 1 6 1
）と、バスバー電極 1 3 1 a に幅方向に作用する収縮応力（矢印 1 5 1 , 1 5 2 ）とによ
って、バスバー電極 1 3 1 a の直下のシリコン基板 1 2 3 の領域では、バスバー電極 1 3
1 a の端部の直下に位置するシリコン基板 1 2 3 の部分から内側に向かってマイクロクラッ
ク 1 9 9 が生じ、太陽電池として所望の性能を達成することができないおそれがあった。

【 0 0 1 7 】

また、そのような収縮応力によって、太陽電池ストリングを形成したり、太陽電池スト
リングを封止する際に太陽電池基板が割れてしまうおそれがあった。さらに、搬送エラー
を引き起こす原因となった。

【 0 0 1 8 】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、一つの目的は、表面電極
の収縮応力を低減してマイクロクラック等の発生が抑制される太陽電池の製造方法を提供
することであり、他の目的は、そのような太陽電池の製造方法によって製造される太陽電
池を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 9 】

本発明に係る太陽電池の製造方法は、受光面に所定の幅を有して延在する表面電極を有
する太陽電池の製造方法であって、以下の工程を備えている。受光面を有する太陽電池基
板を製造する。表面電極のパターンに基づいて所定のマスクパターンが形成された印刷用
スクリーンを受光面に載置する。印刷用スクリーンに粘性を有する導電性材料を塗布す
る。表面電極における幅方向の端部近傍の部分に対応する印刷用スクリーンの所定の領域を
導電性材料が通り抜けるのを阻止する態様で、導電性材料を受光面に印刷することにより
、受光面に表面電極となる導電性材料のパターンを形成する。その導電性材料のパターン
に所定の焼成処理を施すことにより、表面電極を形成する。所定の幅を有して延在する表
面電極に沿って接続部材を接続する。導電性材料のパターンを形成する工程では、印刷用
スクリーンを取り外した後に、導電性材料が通り抜けるのを阻止された所定の領域に導電
性材料が粘性によって流れ込むことで、幅方向の端部の導電性材料の厚みが、幅方向の中

10

20

30

40

50

央部の厚みと同じ厚みにされる。

【0020】

この方法によれば、太陽電池基板の受光面に表面電極を形成する際に、その表面電極における幅方向の端部近傍の部分に対応する印刷用スクリーンの所定の領域を導電性材料が通り抜けるのを阻止する態様で、導電性材料を受光面に印刷することによって、導電性材料のパターンにおける幅方向の端部の厚みがより薄くなり、導電性材料のパターンの幅方向の端部と中央付近とで厚みの差が小さくなる。これにより、導電性材料のパターンに焼成処理が施されて形成される表面電極に作用する収縮応力は、幅方向でほぼ同じ大きさとなる。その結果、表面電極の直下に位置する太陽電池基板の部分にマイクロクラックが発生するのを抑制することができる。

10

【0021】

より具体的に、導電性材料のパターンの幅方向の端部と中央付近とで厚みの差を小さくするには、導電性材料のパターンを形成する工程では、導電性材料が印刷用スクリーンを通り抜けるのを延在する方向に沿って阻止されるように導電性材料が印刷されることが好ましい。

【0022】

また、表面電極の強度を確保するには、導電性材料のパターンを形成する工程では、導電性材料は、印刷用スクリーンを取外した後に導電性材料が導電性材料の粘性によって幅方向に繋がるように印刷されることが好ましい。あるいは、導電性材料が印刷用スクリーンを通り抜けるのを延在する方向に沿って断続的に阻止されるように導電性材料が印刷されるようにしてもよい。

20

【0023】

導電性材料が印刷用スクリーンを通り抜けるのを阻止するパターンとしては、矩形状、円形状および楕円状の少なくともいずれかの形状が望ましい。

【0024】

本発明に係る太陽電池は、請求項1～6のいずれかに記載の太陽電池の製造方法によって製造される太陽電池である。

【0025】

この太陽電池によれば、上記のように、表面電極の直下に位置する太陽電池基板の部分にマイクロクラックが発生するのを抑制することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

本発明の実施の形態に係る太陽電池とその製造方法の一例について説明する。はじめに、太陽電池の製造方法として、多結晶シリコンを用いた太陽電池の一連の製造方法について説明する。

【0030】

まず、P型シリコン結晶が坩堝で溶解される。その後、その溶解したP型シリコンを再結晶化することによりシリコンインゴッドが得られる。次に、図1に示すように、得られたシリコンインゴッド21が所定の大きさのシリコンブロック22に切断される。次に、図2に示すように、切断されたシリコンブロック22をワイヤソーでさらに所定の厚みに切断することにより、P型のシリコン基板23が得られる。

40

【0031】

次に、図3および図4に示すように、アルカリまたは酸によってシリコン基板23の表面にエッチングを施すことによって、シリコン基板23のスライス時におけるダメージ層24が除去される。このとき、エッチング条件を調整することで、シリコン基板23の表面に微小な凹凸(図示せず)を形成することができる。この凹凸により、シリコン基板23の表面に入射する太陽光の反射が低減されて、太陽電池の変換効率が高められる。

【0032】

次に、図5および図6に示すように、シリコン基板23の一方の主面(以下、「第1主面」と記す。)上にリンを含む化合物を含有した拡散剤25(ドーパント液)が塗布され

50

る。次に、拡散剤 25 が塗布されたシリコン基板 23 に、温度約 800 ~ 950、時間約 5 ~ 30 分程度の熱処理を施して拡散剤 25 に含まれるリンを拡散させることにより、図 7 および図 8 に示すように、シリコン基板 23 の第 1 主面に N+層 26 が形成される。その後、リンを拡散させる際にシリコン基板 23 の第 1 主面に形成されるガラス層が所定の酸による処理を施すことによって除去される。なお、N+層 26 を形成する方法としては、ドーパント液を塗布してリンを拡散させる以外に、たとえば P_2O_5 や $POCl_3$ などのリンを含んだガスを拡散（気相拡散）させる方法がある。

【0033】

次に、図 9 および図 10 に示すように、たとえば常圧 CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により、N+層 26 の表面に反射防止膜 27 として酸化チタン膜が形成される。酸化チタン膜の他に、反射防止膜 27 として、たとえばプラズマ CVD 法により窒化シリコン膜を形成してもよい。また、ドーパント液を塗布してリンを拡散する場合には、リンに加えて反射防止膜となる材料も添加させたドーパント液を用いるようにしてもよい。この場合には、N+層 26 と反射防止膜 27 とを同時に形成することもできる。なお、反射防止膜 27 は、後述する表面電極を形成した後に形成するようにしてもよい。

【0034】

次に、シリコン基板 23 の他方の主面（以下、「第 2 主面」という）上に、スクリーン印刷によって、アルミニウム粉末、ガラスフリット、樹脂および有機溶剤からなるアルミニウムペーストの所定のパターンが印刷される。次に、シリコン基板 23 に焼成処理を施してアルミニウムを溶融させることによりアルミニウムとシリコンとが合金化されて、図 11 および図 12 に示すように、その合金化されたアルミニウム - シリコン合金層の直下に P+層 29 が形成されるとともに、アルミニウム電極 28 が形成される。

【0035】

なお、P型のシリコン基板 23 のドーパント濃度と P+層 29 のドーパント濃度との濃度差は、P型のシリコン基板 23 と P+層 29 との界面に電位差をもたらす。この電位差は電位障壁として、光生成されたキャリアが P型のシリコン基板 23 の第 2 主面付近で再結合するのを防止する機能を果たすことになる。キャリアの再結合が防止されることで、太陽電池の短絡電流 I_{sc} (short circuit current) および開放電圧 V_{oc} (open circuit voltage) の双方が向上する。

【0036】

次に、シリコン基板 23 の第 2 主面上に、スクリーン印刷によって、たとえば、銀粉末、ガラスフリット、樹脂および有機溶剤からなる銀ペーストの所定のパターンが印刷される。次に、シリコン基板 23 に所定の焼成処理を施すことによって、図 13 および図 14 に示すように、銀からなる裏面電極 30 が形成される。シリコン基板 23 の第 2 主面では、アルミニウム電極 28 がそのほぼ全面にわたって形成され、一方、裏面電極 30 はその第 2 主面の一部の領域にだけ形成されることになる。これは、アルミニウム電極 28 にはんだをコーティングをすることは困難であるため、はんだをコーティングすることが可能な銀からなる裏面電極 30 が必要となるためである。

【0037】

次に、シリコン基板 23 の第 1 主面上に表面電極が形成される。この表面電極の形成方法については、従来技術との関係で後で詳しく説明することとし、ここでは簡単に説明する。まず、所定の印刷用スクリーンを用いて、たとえば、銀粉末、ガラスフリット、樹脂および有機溶剤からなる銀ペーストの所定のパターンが印刷される。次に、シリコン基板 23 に所定の焼成処理を施すことによって、図 15 および図 16 に示すように、銀ペーストが反射防止膜 27 を貫通し、シリコン基板 23 の第 1 主面と電氣的接触する表面電極 31 としてバスバー電極 31a とフィンガー電極 31b が形成される。こうして、太陽電池基板 32 が作製される。

【0038】

次に、作製された太陽電池基板 32 がインターコネクタによって直列に接続される。まず、図 17 に示すように、太陽電池基板 32 の第 1 主面に形成されたバスバー電極 31a

10

20

30

40

50

(図15参照)上に、バスバー電極31aに沿ってインターコネクタ33の一端側がはんだにより接続される。次に、図18に示すように、インターコネクタ33の他端側が、隣り合う太陽電池基板32の第2主面に形成された裏面電極にはんだにより接続される。

【0039】

次に、図19に示すように、一の太陽電池基板32から突出しているインターコネクタ33の一端側と、他の太陽電池基板32から突出しているインターコネクタ33の他端側とが所定の配線材34によって直列に接続される。こうして、インターコネクタ33によって複数の太陽電池基板32が直列に接続された太陽電池ストリング35が作製される。

【0040】

次に、図20に示すように、太陽電池ストリング35が封止材としての1対のEVA(エチレンビニルアセテート)フィルム37の間に挟み込まれる。さらに、太陽電池ストリング35を挟み込んだEVAフィルム37が、ガラス板36とバックフィルム38との間に挟み込まれる。その後、減圧状態のもとでEVAフィルム37の間に残留する気泡が抜かれる。次に、所定の加熱処理を施してEVAフィルム37を硬化させることにより、太陽電池ストリング35がEVAフィルム37中に封止される。こうして、太陽電池(モジュール)が作製される。

【0041】

次に、図21に示すように、太陽電池モジュールがアルミニウム枠41内に配置される。次に、ケーブル40を備えた端子ボックス39が太陽電池モジュールに取り付けられる。その後、アルミニウム枠41に配設された太陽電池モジュールにソーラシミュレータを用いて擬似太陽光が照射され、太陽電池の電流-電圧(I-V)特性が測定されてI-V特性が評価される。評価の結果、所望のI-V特性が得られた太陽電池モジュールは、太陽電池20として完成したことになる。

【0042】

上述した太陽電池の製造方法では、特に、バスバー電極を含む表面電極を形成する工程において、バスバー電極の収縮応力を緩和させるために、所定の印刷用スクリーンを用いてバスバー電極の厚みがより均一になるように形成される。このことについて詳しく説明する。

【0043】

上述したように、バスバー電極を形成する工程では、バスバー電極31aは表面電極31としてフィンガー電極31bとともに形成される。図22に示すように、バスバー電極31aは、フィンガー電極31bと比べてより広い幅をもって太陽電池基板32の第1主面を一方向に横切るように形成される。一方、フィンガー電極31bは、バスバー電極31aと交差する方向に形成される。そのバスバー電極31aとフィンガー電極31bを形成する印刷用スクリーン2を、図23および図24に示す。

【0044】

図23および図24に示すように、印刷用スクリーン2には、メッシュのスクリーン3に、たとえば乳剤からなる遮蔽パターンとして第1遮蔽部4と第2遮蔽部5とが形成されている。この乳剤の遮蔽パターンは、銀ペーストがメッシュのスクリーン3を通り抜けるのを阻止するため、銀ペーストは、遮蔽パターンが形成されていない領域に露出するメッシュのスクリーン3の部分を通り抜けることになる。

【0045】

印刷用スクリーン2のうち、第1遮蔽部4と第1遮蔽部4との間に露出したメッシュのシートの領域S1によってバスバー電極となる銀ペーストパターンが印刷される。また、第1遮蔽部4と第1遮蔽部4との間に露出したメッシュのシートの領域S2によってフィンガー電極となる銀ペーストパターンが印刷される。特に、この印刷用スクリーン2では、領域S1において、メッシュのシート3を遮蔽する第2遮蔽部5が形成されている。第2遮蔽部5は、第1遮蔽部4の端部の近傍に第1遮蔽部4の端部から間隔を隔てられ、所定の幅をもって領域S1が延在する方向(紙面縦方向)に形成されている。

【0046】

10

20

30

40

50

次に、上述した印刷用スクリーン 2 を用いてバスバー電極を形成する工程について説明する。まず、図 2 5 に示すように、印刷用スクリーン 2 が太陽電池基板 3 2 の第 1 主面における所定の位置に載置される。次に、印刷用スクリーン 2 の上に銀ペーストが塗布されてスキージによって押し広げられる（図 4 6 参照）。銀ペーストを印刷用スクリーンの上から押し広げることで、図 2 6 に示すように、第 1 遮蔽部 4 と第 2 遮蔽部 5 が形成されていない領域に露出したメッシュのスクリーン 3 の部分を銀ペーストが通り抜けて、銀ペーストパターン 7 a , 7 b が形成される。このとき、スキージの圧力により、銀ペーストパターン 7 a では、幅方向の中央付近に位置する部分の厚み T 2（図 2 7 参照）が、幅方向の端部に位置する銀ペーストパターン 7 b の厚み T 1（図 2 7 参照）よりも薄くなる。その後、印刷用スクリーン 2 が取り除かれる。

10

【 0 0 4 7 】

印刷用スクリーン 2 が取り除かれた直後では、図 2 7 に示すように、銀ペーストパターン 7 a , 7 b は、印刷用スクリーン 2 のパターンに対応した形状を呈している。ところが、銀ペースト自体の有する粘性によって、直ぐに銀ペーストパターン 7 a , 7 b がだれくる。そのため、図 2 8 に示すように、銀ペーストパターン 7 a , 7 b の端部ではすそ野が形成される。特に、銀ペーストパターン 7 a と銀ペーストパターン 7 b との間の隙間 K 1 では、だれて流れ込んだ銀ペーストによって、銀ペーストパターン 7 a と銀ペーストパターン 7 b とが繋がることになる。

【 0 0 4 8 】

このような隙間 K 1 に銀ペーストがだれて流れ込むことで、バスバー電極となる銀ペーストパターン 7 a , 7 b のうち、バスバー電極の幅方向の端部近傍に対応する領域に位置する銀ペーストパターン 7 b の厚みは、当初の厚みよりも薄くなって、幅方向中央付近に対応する領域に位置する銀ペーストパターン 7 a の部分の厚みとほぼ同じ程度の厚みとなる。また、銀ペーストパターン 7 a , 7 b にすそ野が形成されることで、太陽電池基板 3 2 の表面近傍における幅 W A は当初の幅 W I よりも多少大きくなる。その後、銀ペーストを所定の温度のもとで焼成することによりバスバー電極 3 1 a が形成される。

20

【 0 0 4 9 】

そして、次に、そのバスバー電極 3 1 a にインターコネクタが接続される。図 2 9 に示すように、インターコネクタ 3 3 は、銅からなるインターコネクタ本体 3 3 a の表面にはんだ 3 3 b がコーティングされている。インターコネクタ本体 3 3 a の厚み C 1 は約 2 5 0 μm ~ 3 0 0 μm 程度とされ、はんだの厚み C 2 は約 4 0 μm 程度とされる。また、バスバー電極 3 1 a の厚みは約 1 0 μm ~ 2 0 μm 程度とされる。

30

【 0 0 5 0 】

インターコネクタ 3 3 をバスバー電極 3 1 a に接触させた状態で、たとえば温度約 2 0 0 程度のもとでコーティングされたはんだ 3 3 b が溶融され、その後、冷却される。こうして、図 3 0 に示すように、インターコネクタ 3 3 の一端側はバスバー電極 3 1 a に沿って接続される。一方、インターコネクタ 3 3 の他端側は、図 3 1 に示すように、隣り合う太陽電池基板 3 2 の第 2 主面に形成された銀から形成された裏面電極 3 0 にはんだにより接続される。以上のような工程を経て、図 3 2 に示すように、太陽電池ストリング 3 5 が形成されることになる。

40

【 0 0 5 1 】

上述した太陽電池の製造方法では、図 2 3 に示すように、バスバー電極 3 1 a を含む表面電極 3 1 を印刷する印刷用スクリーン 2 において、バスバー電極 3 1 a のパターンに対応した露出したメッシュのスクリーンの領域 S 1 に、銀ペーストの通り抜けを阻止する第 2 遮蔽部 5 が形成されている。この第 2 遮蔽部 5 は、第 1 遮蔽部 4 の端部の近傍に第 1 遮蔽部 4 の端部から間隔を隔てられ、所定の幅をもって領域 S 1 が延在する方向に形成されている。すなわち、第 2 遮蔽部 5 は、バスバー電極のパターンにおいて、幅方向の端部の近傍に対応する位置に、バスバー電極が延在する方向に沿って形成されている。

【 0 0 5 2 】

これにより、銀ペーストをスキージによって押し広げる際に、バスバー電極となる銀ペ

50

ーストパターンの端部の厚みが、銀ペーストパターンの中央付近の厚みよりも厚くなるのに対して（図 2 6 参照）、印刷用スクリーンを取外した後は、第 2 遮蔽部 5 によって銀ペーストが印刷されなかった領域（隙間 K 1）に、銀ペーストの一部がその粘性によりだれて流れ込むことになる（図 2 8 参照）。その結果、そのような第 2 遮蔽部 5 が形成されていない印刷用スクリーンの場合に比べて、銀ペーストパターンにおける幅方向の端部の厚みがより薄くなり、銀ペーストパターンの幅方向の端部と中央付近とで厚みの差が小さくなる。

【 0 0 5 3 】

銀ペーストパターンの端部の厚みがより薄くなることで、焼成処理が施された後のバスバー電極 3 1 a の端部では、図 3 3 に示すように、バスバー電極 3 1 a の幅方向の中央に向って作用する収縮応力はより小さくなり、矢印 5 1 , 5 2 に示すように、バスバー電極 3 1 a に作用する収縮応力は幅方向でほぼ同じ大きさとなる。

10

【 0 0 5 4 】

こうして、図 3 4 に示すように、インターコネクタ 3 3 がバスバー電極 3 1 a に接続されて太陽電池基板 3 2 を凹状に反らそうとする収縮応力（矢印 6 1）が作用しても、バスバー電極 3 1 a の端部に生じる収縮応力（矢印 5 1）がより小さくなることで、バスバー電極 3 1 a の直下に位置するシリコン基板 2 3 の部分にマイクロクラックが発生するのを抑制することができる。その結果、マイクロクラックに起因する不具合が排除されて、太陽電池として所望の性能を達成させることができる。

20

【 0 0 5 5 】

（変形例）

印刷用スクリーンの変形例について説明する。銀ペーストの粘性と銀ペーストの通り抜けを阻止する遮蔽部のパターンの幅によっては、印刷用スクリーンを取り外した後に銀ペーストパターンと銀ペーストパターンとの間の隙間において、銀ペーストが繋がらないことが想定される。

【 0 0 5 6 】

そこで、図 3 5 に示すように、バスバー電極が延在する方向に沿って延在する第 2 遮蔽部 5 を、遮蔽部を設けずにメッシュのスクリーン 3 を露出させる領域 5 a をある長さごとに設けるようにした断続的な遮蔽部のパターンとしてもよい。このように、第 2 遮蔽部 5 を断続的に形成することで、第 2 遮蔽部 5 を挟んで幅方向の一方側に印刷される銀ペーストパターン（銀ペーストパターン 7 a）と他方側に印刷される銀ペーストパターン（銀ペーストパターン 7 b）とが確実に繋がることになる。これにより、バスバー電極の導電率が低下するのを防止することができ、また、インターコネクタがバスバー電極に溶着された状態でのバスバー電極の強度を維持することができる。

30

【 0 0 5 7 】

また、第 2 遮蔽部のパターンの形状としては、所定の幅をもって延在する矩形状のパターンの他に、たとえば、図 3 6 に示すように、略楕円形の遮蔽部のパターンを所定の間隔を隔てて設けた態様のものでよい。また、図 3 7 あるいは図 3 8 に示すように、略円形の遮蔽部のパターンを所定の間隔を隔てて設けた態様のものでよい。

40

【 実施例 】

【 0 0 5 8 】

上述した印刷用スクリーンを用いて太陽電池を作製し、その特性を後述する比較例 1 , 2 とともに評価した。これについて説明する。まず、図 3 9 に示すように、実施例に係る太陽電池では、太陽電池基板 3 2 の長さ A 1 は 1 5 6 . 5 mm であり、幅 A 2 は 1 5 6 . 5 mm である。厚みは 2 4 0 μ m である。また、バスバー電極 3 1 a の長さ B 1 は 1 5 4 . 0 mm であり、幅 B 2 は 2 . 0 mm である。2 本のバスバー電極の間隔 C は 7 4 mm である。バスバー電極 3 1 a に接続されるインターコネクタの厚みは 2 0 0 μ m であり、幅は 2 . 0 mm である（図 2 9 参照）。

【 0 0 5 9 】

図 4 0 に示すように、印刷用スクリーン 2 では、1 つの第 2 遮蔽部 5 の幅 x は 2 0 μ m

50

であり、長手方向の長さ y は 28 mm である。また、隣接する第 2 遮蔽部 5 の間隔 L_3 は 2 mm とされて、この第 2 遮蔽部 5 が長手方向に 5 つ形成されている。第 2 遮蔽部 5 と第 1 遮蔽部 4 の端部との間隔 L_1 は 0.5 mm である。また、第 2 遮蔽部 5 の長手方向の端部と第 1 遮蔽部 4 との間隔 L_2 は 3 mm である。そして、バスバー電極等となる銀ペーストの粘度は 100 Pa · s である。

【0060】

(比較例 1)

比較例 1 に係る太陽電池では、太陽電池基板の長さ A_1 は 156.5 mm であり、幅 A_2 は 156.5 mm である。厚みは 240 μ m である。また、バスバー電極の長さ B_1 は 154.0 mm であり、幅 B_2 は 3.0 mm である。また、2 本のバスバー電極の間隔 C は 74 mm である (図 39 参照)。バスバー電極に接続されるインターコネクタの厚みは 200 μ m であり、幅は 2.0 mm である。そして、印刷用スクリーンでは、バスバー電極とフィンガー電極を印刷する第 1 遮蔽部 104 だけが形成されている (図 46 参照)。

10

【0061】

(比較例 2)

比較例 2 に係る太陽電池では、太陽電池基板の長さ A_1 は 156.5 mm であり、幅 A_2 は 156.5 mm である。厚みは 240 μ m である。また、バスバー電極の長さ B_1 は 154.0 mm であり、幅 B_2 は 2.0 mm である。2 本のバスバー電極の間隔 C は 74 mm である (図 39 参照)。バスバー電極に接続されるインターコネクタの厚みは 200 μ m であり、幅は 2.0 mm である。そして、印刷用スクリーンでは、バスバー電極とフィンガー電極を印刷する第 1 遮蔽部 104 だけが形成されている (図 46 参照)。

20

【0062】

(評価結果)

それぞれ作製された、実施例に係る太陽電池ストリングおよび比較例 1, 2 に係る太陽電池ストリングに対して、太陽電池としての特性評価と、信頼性試験として、温度サイクル試験、温湿度サイクル試験、高温耐湿試験、電極強度試験等を行なった。

【0063】

まず、実施例に係る太陽電池ストリングと比較例 1 に係る太陽電池ストリングとについて説明する。実施例に係る太陽電池ストリングの短絡電流 I_{sc} は、比較例 1 に係る太陽電池ストリングの短絡電流 I_{sc} に比べて 1.9% 向上することが判明し、結果的に光電変換効率が 1.9% 向上することが確認された。

30

【0064】

また、実施例に係る太陽電池ストリングの信頼性は、比較例 1 に係る太陽電池ストリングの信頼性と同レベルであることが判明した。これは、比較例 1 に係る太陽電池ストリングでは、バスバー電極の幅 (3.0 mm) がインターコネクタの幅 (2.0 mm) よりも広く設定されていることで、インターコネクタによる収縮応力がバスバー電極に吸収されて、結果的に実施例 1 に係る太陽電池ストリングの信頼性と同レベルになったものと考えられる。

【0065】

次に、実施例に係る太陽電池ストリングと比較例 2 に係る太陽電池ストリングとについて説明する。実施例に係る太陽電池ストリングの短絡電流 I_{sc} 等の太陽電池としての特性は、比較例 2 に係る太陽電池ストリングの特性と同レベルであることが判明した。

40

【0066】

また、実施例に係る太陽電池ストリングの信頼性は、比較例 2 に係る太陽電池ストリングの信頼性に比べて大幅に向上することが確認された。これは、実施例に係る太陽電池ストリングと比較例 2 に係る太陽電池ストリングとでは、バスバー電極の幅 (2.0 mm) およびインターコネクタの幅 (2.0 mm) がいずれも同じ値とされているところ、実施例に係る太陽電池ストリングのバスバー電極では、バスバー電極の幅方向の端部の厚みが中央部の厚みとほぼ同じ厚みとなって、バスバー電極の収縮応力が、比較例 2 に係る太陽電池ストリングのバスバー電極の収縮応力に比べて、大幅に緩和されることによるものと

50

考えられる。

【0067】

なお、上述した太陽電池では、バスバー電極が銀ペーストを印刷することによって形成されることに起因する収縮応力の問題点を挙げて説明した。バスバー電極としては、銀ペースト以外の粘性を有する導電性材料を印刷することによって同様の収縮応力に関する問題点が生じるようであれば、銀以外の他の導電性材料の場合についても適用することができ、銀ペーストの場合と同様に、上述した印刷用スクリーンを適用してバスバー電極の収縮応力を緩和させることができる。

【0068】

また、太陽電池基板として多結晶シリコン基板を例に挙げて説明したが、単結晶シリコン基板を適用してもよい。単結晶シリコン基板の場合にも、上述した多結晶シリコン基板の場合と同様の工程を経て太陽電池ストリングを形成することができる。

10

【0069】

さらに、そのシリコン基板としてはP型のものを例に挙げて説明したが、N型のものを適用してもよい。この場合には、pn接合を得るためにP型の不純物が導入されることになる。また、太陽電池基板の第2主面に形成される電極として、アルミニウム電極を例に挙げて説明したが、アルミニウム以外の導電性材料も適用することが可能である。

【0070】

今回開示された実施の形態および実施例は例示であってこれに制限されるものではない。本発明は上記で説明した範囲ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲でのすべての変更が含まれることが意図される。

20

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】本発明の実施の形態に係る太陽電池の製造方法の一工程を示す斜視図である。

【図2】同実施の形態において、図1に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図3】同実施の形態において、図2に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図4】同実施の形態において、図3に示す断面線IV-IVにおける断面図である。

【図5】同実施の形態において、図3および図4に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

30

【図6】同実施の形態において、図5に示す断面線VI-VIにおける断面図である。

【図7】同実施の形態において、図5および図6に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図8】同実施の形態において、図7に示す断面線VII-VIIにおける断面図である。

【図9】同実施の形態において、図7および図8に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図10】同実施の形態において、図9に示す断面線X-Xにおける断面図である。

【図11】同実施の形態において、図9および図10に示す工程の後に行なわれる工程を示す平面図である。

40

【図12】同実施の形態において、図11に示す断面線XI-XIにおける断面図である。

【図13】同実施の形態において、図11および図12に示す工程の後に行なわれる工程を示す平面図である。

【図14】同実施の形態において、図13に示す断面線XIV-XIVにおける断面図である。

【図15】同実施の形態において、図13および図14に示す工程の後に行なわれる工程を示す平面図である。

【図16】同実施の形態において、図15に示す断面線XVI-XVIにおける断面図で

50

ある。

【図 1 7】同実施の形態において、図 1 5 および図 1 6 に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図 1 8】同実施の形態において、図 1 7 に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図 1 9】同実施の形態において、図 1 8 に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図 2 0】同実施の形態において、図 1 9 に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図 2 1】同実施の形態において、図 2 0 に示す工程の後に行なわれる工程を示す断面図である。

【図 2 2】同実施の形態において、太陽電池基板を示す平面図である。

【図 2 3】同実施の形態において、表面電極を印刷するために用いられる印刷用スクリーンを示す部分平面図である。

【図 2 4】同実施の形態において、図 2 3 に示す印刷用スクリーンを示す部分斜視図である。

【図 2 5】同実施の形態において、バスバー電極を形成するための一工程を示す部分断面図である。

【図 2 6】同実施の形態において、図 2 5 に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図 2 7】同実施の形態において、図 2 6 に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図 2 8】同実施の形態において、図 2 7 に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図 2 9】同実施の形態において、インターコネクタの断面図である。

【図 3 0】同実施の形態において、図 2 8 に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図 3 1】同実施の形態において、太陽電池基板の裏面を示す平面図である。

【図 3 2】同実施の形態において、図 3 0 に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図 3 3】同実施の形態において、バスバー電極となる銀ペーストパターンに生じる収縮応力を示す断面図である。

【図 3 4】同実施の形態において、バスバー電極およびインターコネクタに生じる収縮応力を示す断面図である。

【図 3 5】同実施の形態において、表面電極を印刷するための印刷用スクリーンの第 1 の変形例を示す部分平面図である。

【図 3 6】同実施の形態において、表面電極を印刷するための印刷用スクリーンの第 2 の変形例を示す部分平面図である。

【図 3 7】同実施の形態において、表面電極を印刷するための印刷用スクリーンの第 3 の変形例を示す部分平面図である。

【図 3 8】同実施の形態において、表面電極を印刷するための印刷用スクリーンの第 4 の変形例を示す部分平面図である。

【図 3 9】本発明の実施例に係る太陽電池基板を示す平面図である。

【図 4 0】同実施例において、印刷用スクリーンを示す部分平面図である。

【図 4 1】従来の太陽電池基板を示す平面図である。

【図 4 2】図 4 1 に示す断面線 X L I I - X L I I における断面図である。

【図 4 3】従来の太陽電池の製造方法の一工程を示す斜視図である。

【図 4 4】図 4 3 に示す工程の後に行なわれる工程を示す斜視図である。

【図 4 5】従来の太陽電池基板における反りを説明するための斜視図である。

【図 4 6】表面電極を印刷するための印刷用スクリーンを示す部分斜視図である。

10

20

30

40

50

【図47】従来の太陽電池の製造において、表面電極を形成するための一工程を示す斜視図である。

【図48】図47に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図49】図48に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

【図50】図49に示す工程の後に行なわれる工程を示す部分断面図である。

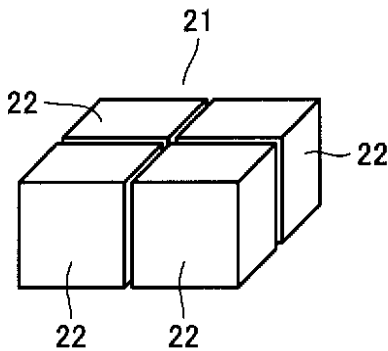
【図51】従来の太陽電池における問題点を説明するための部分断面図である。

【符号の説明】

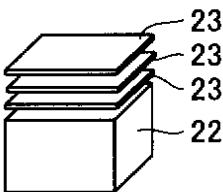
【0072】

2 印刷用スクリーン、3 メッシュのスクリーン、4 第1遮蔽部、5 第2遮蔽部、7 銀ペースト、7a, 7b 銀ペーストパターン、20 太陽電池、21 シリコンインゴット、22 シリコンブロック、23 シリコン基板、24 ダメージ層、25 拡散剤、26 N+層、27 反射防止膜、28 アルミニウム電極、29 P+層、30 裏面電極、31 表面電極、31a バスバー電極、31b フィンガー電極、32 太陽電池基板、33 インターコネクタ、33a インタコネクタ本体、33b はんだ、34 配線材、35 太陽電池ストリング、36 ガラス基板、37 EVAフィルム、38 バックフィルム、39 端子ボックス、40 ケーブル、41 アルミニウム枠。

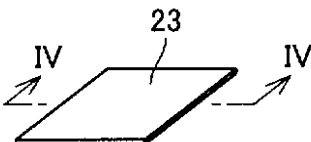
【図1】



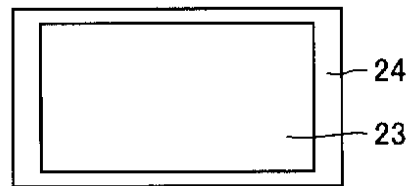
【図2】



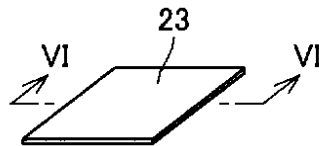
【図3】



【図4】



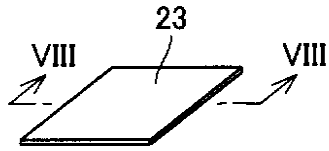
【図5】



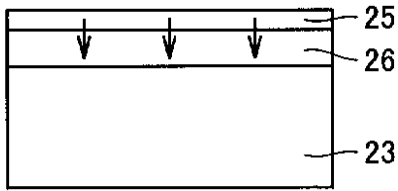
【図6】



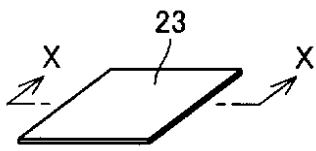
【図7】



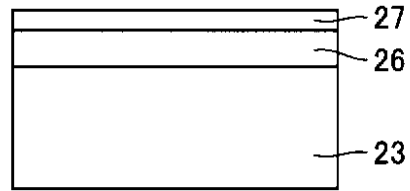
【図8】



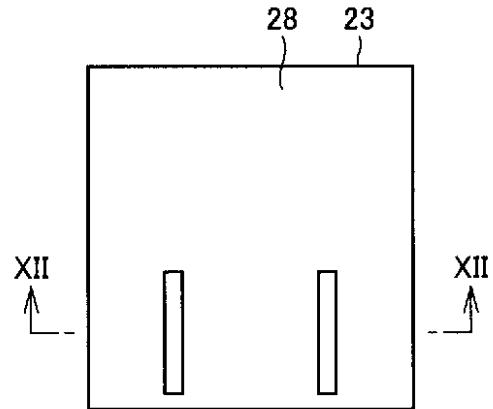
【図9】



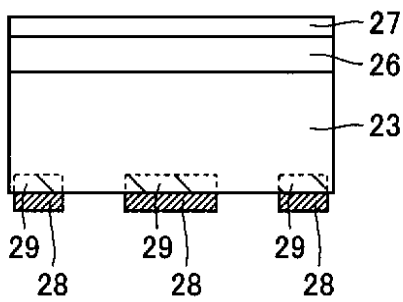
【図10】



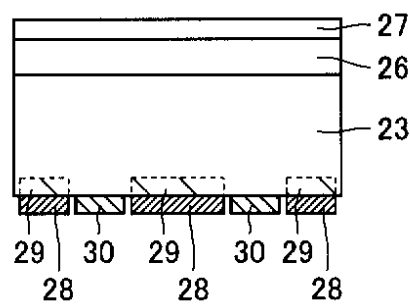
【図11】



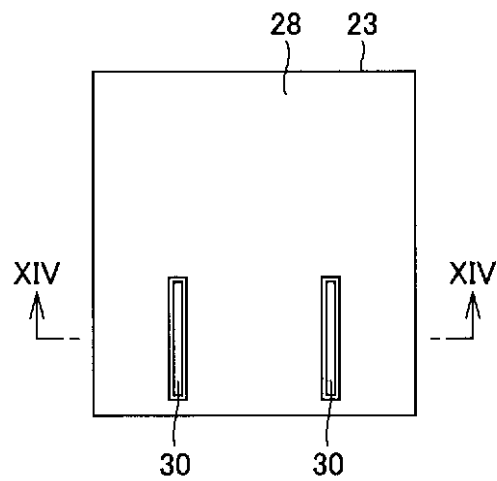
【図12】



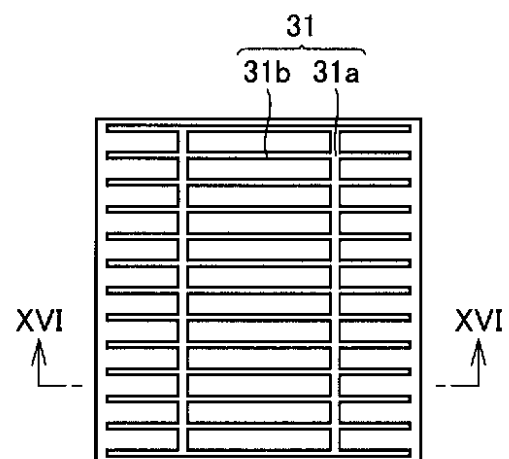
【図14】



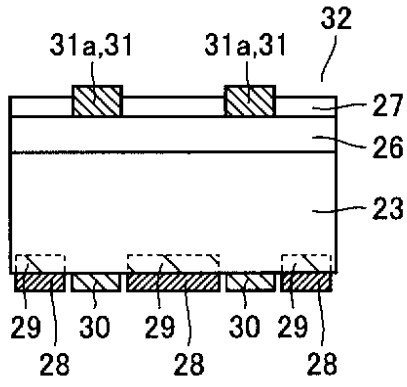
【図13】



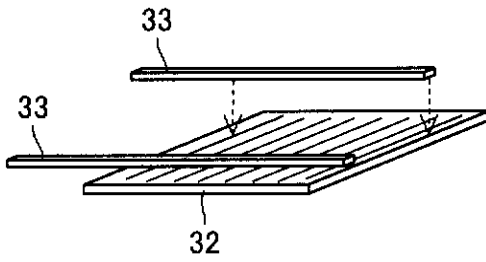
【図15】



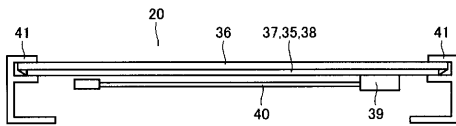
【図16】



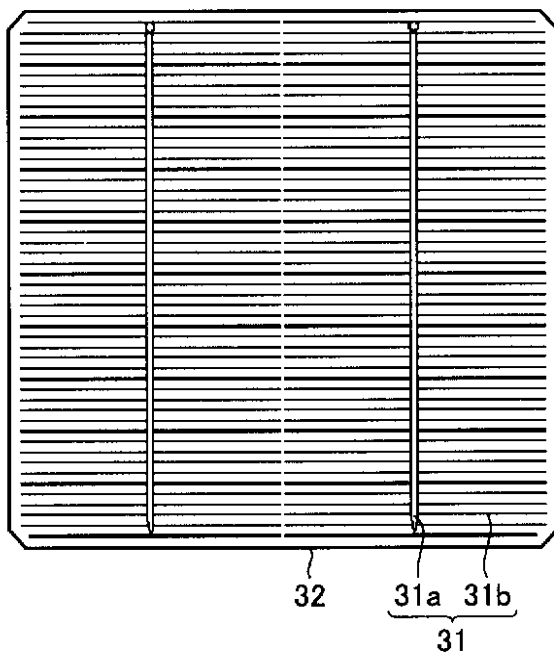
【図17】



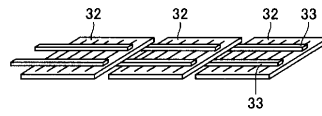
【図21】



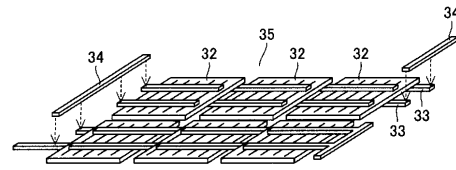
【図22】



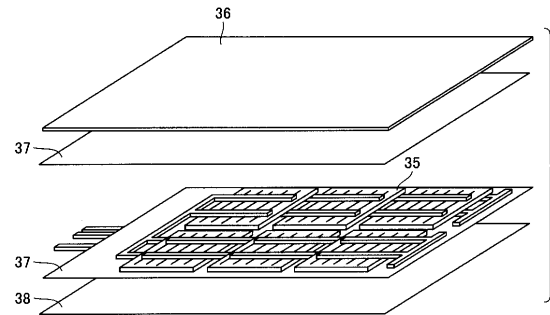
【図18】



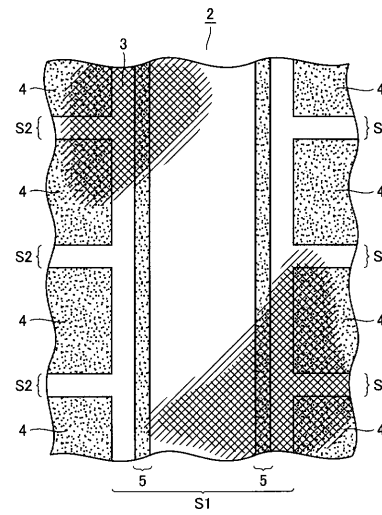
【図19】



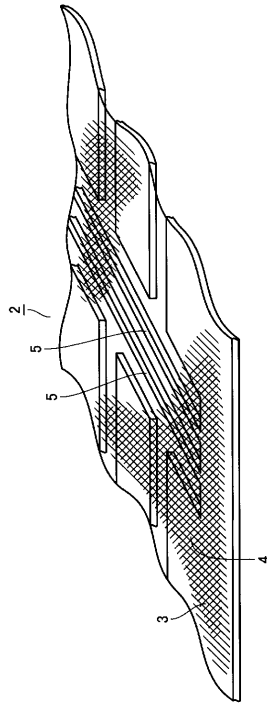
【図20】



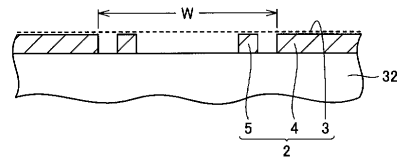
【図23】



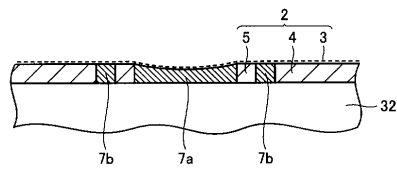
【 2 4 】



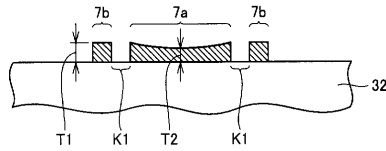
【 2 5 】



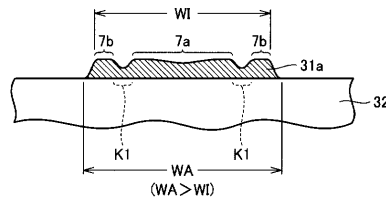
【 2 6 】



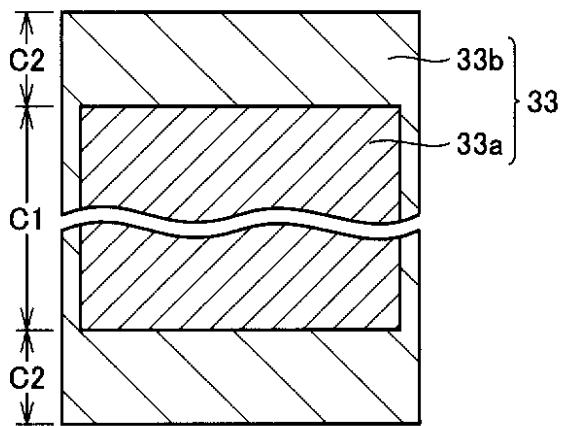
【 2 7 】



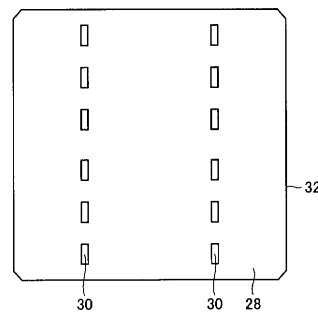
【 2 8 】



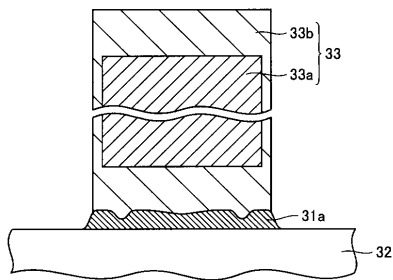
【 2 9 】



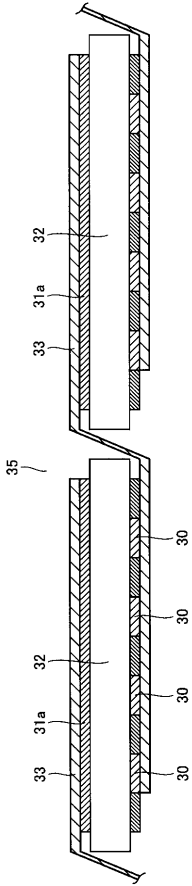
【 3 1 】



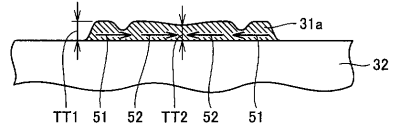
【 3 0 】



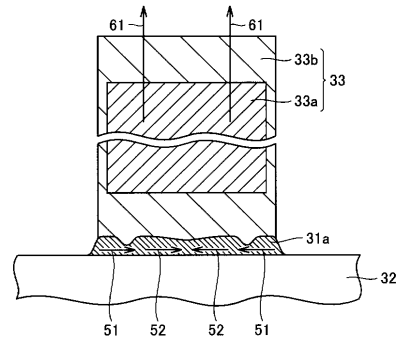
【 3 2 】



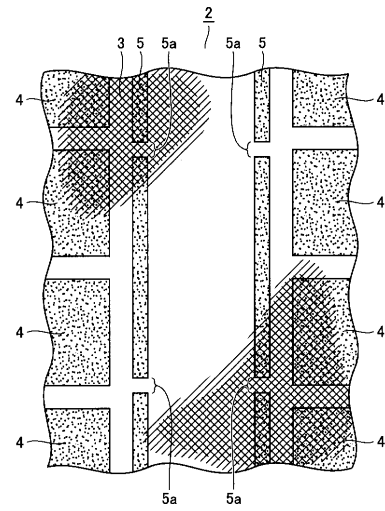
【 3 3 】



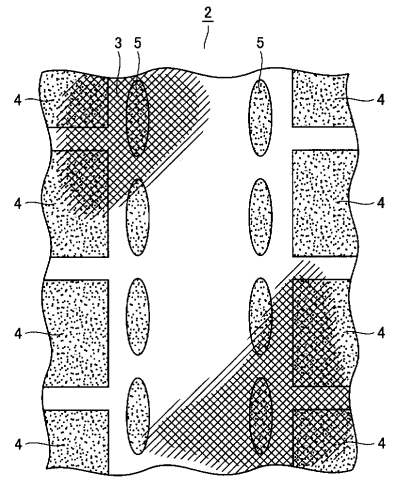
【 3 4 】



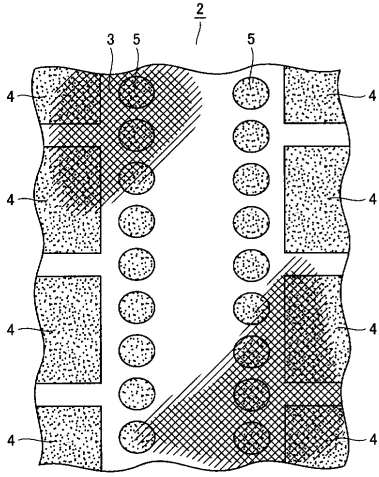
【 3 5 】



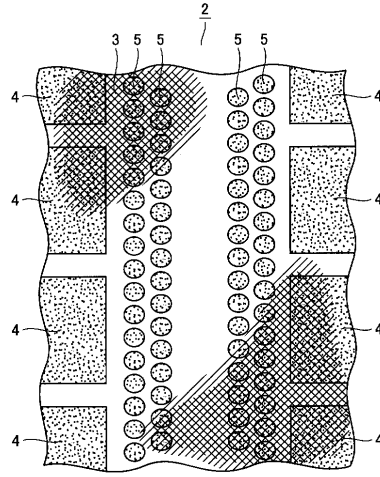
【 3 6 】



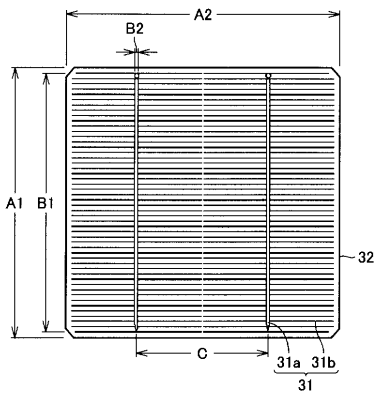
【図 37】



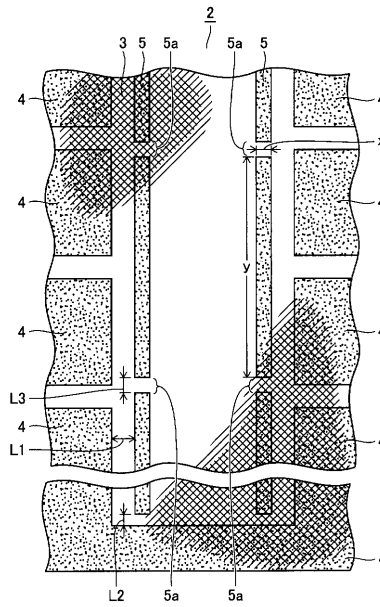
【図 38】



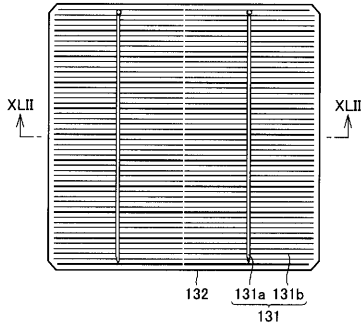
【図 39】



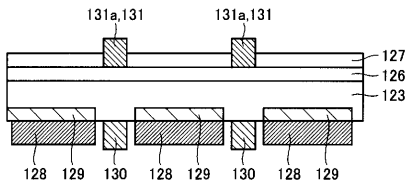
【図 40】



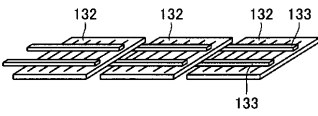
【図 4 1】



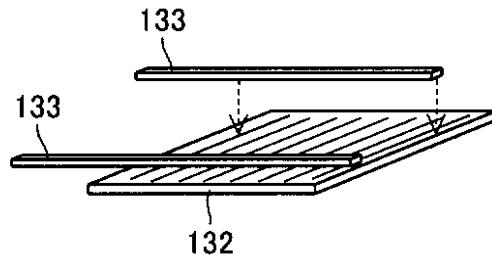
【図 4 2】



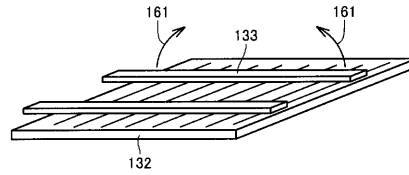
【図 4 3】



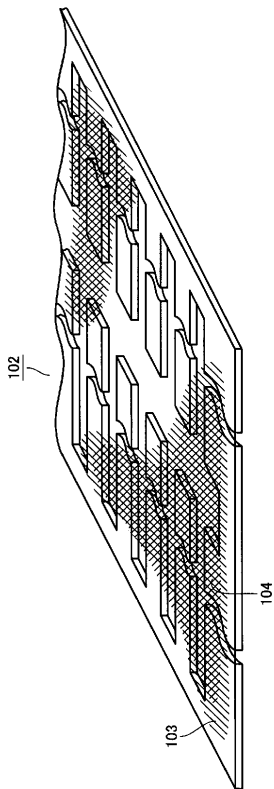
【図 4 4】



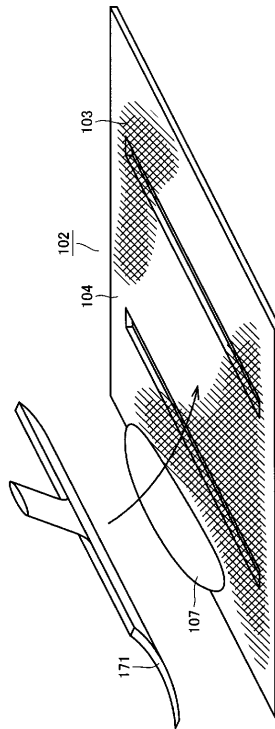
【図 4 5】



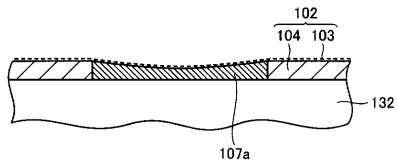
【図 4 6】



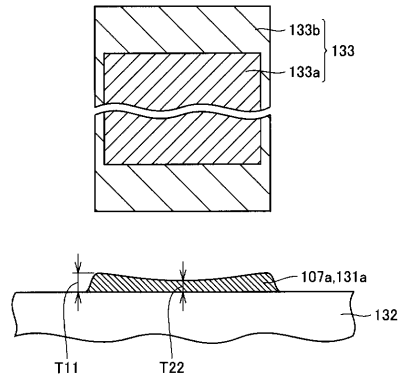
【図 4 7】



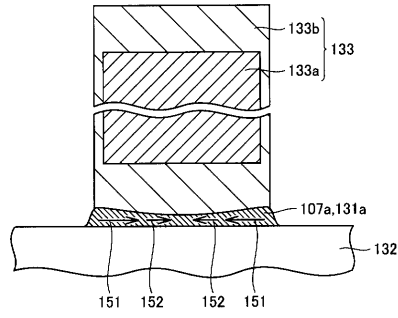
【 48 】



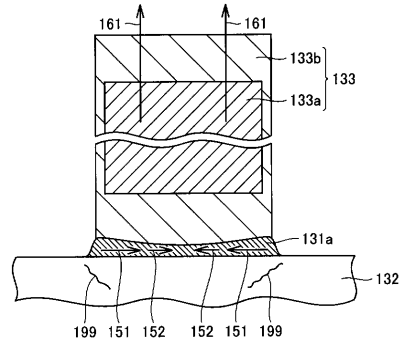
【 49 】



【 50 】



【 51 】



フロントページの続き

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 高木 明英

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内

審査官 山本 元彦

(56)参考文献 特開2002-043597(JP,A)

特開2005-101426(JP,A)

特開平10-144943(JP,A)

特開2006-210654(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/04 - 31/078