

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6141223号
(P6141223)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L	31/05	(2014.01)	HO 1 L	31/04	5 7 0
HO 1 L	31/0224	(2006.01)	HO 1 L	31/04	2 6 2
HO 1 L	31/068	(2012.01)	HO 1 L	31/06	3 0 0

請求項の数 20 (全 80 頁)

(21) 出願番号	特願2014-66797 (P2014-66797)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成26年3月27日(2014.3.27)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
(65) 公開番号	特開2015-19049 (P2015-19049A)	(72) 発明者	新延 大介 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(43) 公開日	平成27年1月29日(2015.1.29)	(72) 発明者	坂井 裕一 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
審査請求日	平成28年1月6日(2016.1.6)	審査官	森江 健蔵
(31) 優先権主張番号	特願2013-125473 (P2013-125473)		
(32) 優先日	平成25年6月14日(2013.6.14)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 受光素子モジュールおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

背面側に極性の異なる第1および第2の電極を有する背面接続型の受光素子と、
前記第1の電極に選択的に接続されるとともに、前記第2の電極には絶縁層を介して配置され、前記第2の電極の一部を除いて、前記受光素子の前記背面側の全体を覆う板状の本体部と、前記受光素子の前記第2の電極のうち前記本体部に覆われていない部分に接続される素子間接続部と、で構成された素子間接続体と、
を備えた受光素子モジュール。

【請求項2】

複数の前記受光素子を備え、前記素子間接続部は、一端を前記本体部に接続され、他端を、隣接する前記受光素子の前記第2の電極に接続される、請求項1に記載の受光素子モジュール。

【請求項3】

前記本体部は、金属板で構成され、前記受光素子の前記第1の電極とは、接続部に対してのみ選択的に形成された電気接続体を介して接合された請求項1または2に記載の受光素子モジュール。

【請求項4】

前記本体部は、金属板で構成され、前記受光素子の前記第1の電極とは、はんだ層を介して接合された請求項1または2に記載の受光素子モジュール。

【請求項5】

前記本体部の前記受光素子の側の表面の、前記受光素子の前記第 1 の電極との接続点以外の部分は、受光素子を透過する光に対する光反射体で構成された請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 6】

前記本体部は、前記受光素子と対向する面が、前記第 2 の電極に相当する領域で、前記受光素子に対して凹部を構成してなる請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 7】

前記本体部と前記素子間接続部は、一体的に形成された請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

10

【請求項 8】

前記本体部と前記素子間接続部は、別体に形成された請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 9】

前記受光素子は、前記第 1 および第 2 の電極と前記素子間接続部との接続部にのみ、選択的に電気接続体が形成される請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 10】

前記受光素子上の前記第 1 の電極が前記第 2 の電極に比べて、前記素子間接続部の前記本体部側に向かって突出している請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

20

【請求項 11】

前記素子間接続部の本体部は、凹凸構造を有し、前記第 1 の電極に対して凸部で接続される請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 12】

前記第 2 の電極の延在方向と垂直をなす方向において、前記素子間接続部の本体部の凹凸構造の、受光面側に対しての凹部の幅が、前記第 1 の電極の幅よりも狭い請求項 11 に記載の受光素子モジュール。

【請求項 13】

前記本体部は、前記受光素子と対向する面の前記第 2 の電極に相当する領域に絶縁層を有する請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

30

【請求項 14】

前記本体部と前記受光素子の間に反射性粒子を含む絶縁性樹脂が充填された請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 15】

前記本体部は、前記受光素子側に配される素子裏部分と、さらにその裏面の外側に配される外側部分との 2 層構造体で構成された請求項 1 から 14 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 16】

複数の前記受光素子が前記素子間接続体で接続されてストリングを構成しており、ストリング端部の受光素子が、ストリング内部の受光素子と相似形の電極パターンを有する受光素子モジュールであって、

40

ストリング端部の受光素子の素子電極が、ストリング内部の受光素子の素子電極に対して、素子基板面の頂点が形作る多角形の外角のうち少なくとも一つの外角の分だけ回転して配置される請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の受光素子モジュール。

【請求項 17】

背面側に極性の異なる第 1 および第 2 の電極を有する受光素子を形成する工程と、前記第 1 の電極に選択的に接続されるとともに、前記第 2 の電極には絶縁層を介して配置され、前記第 2 の電極の一部を除いて、前記受光素子の前記背面側の全体を覆う板状の本体部と、

50

前記本体部に接続され、隣接する前記受光素子の第2の電極のうち前記本体部に覆われていない部分に接続される素子間接続部とを備えた素子間接続体を、前記受光素子に装着し、前記第1の電極と前記本体部、前記第2の電極と前記素子間接続部とを電氣的に接続する工程とを含む受光素子モジュールの製造方法。

【請求項18】

前記素子間接続体は、前記本体部と前記素子間接続部とが、別体で形成されており、前記第1の電極に、素子間接続体の本体部を接続する工程と、前記本体部の接続された前記受光素子の光電変換効率を測定して前記受光素子を仕分ける工程と、

仕分けられた前記受光素子の前記素子間接続部を、隣接する前記受光素子の前記本体部に接続し、複数の前記受光素子の素子間を接続する工程とを含む請求項17に記載の受光素子モジュールの製造方法。

10

【請求項19】

前記受光素子の前記第1の電極の少なくとも一つを負電極に接続し、光電解めっきを行うことにより、前記第1の電極上に選択的にめっき層を形成する工程を含む請求項18に記載の受光素子モジュールの製造方法。

【請求項20】

前記受光素子の前記第1および第2の電極の接合部を除く領域を絶縁層で被覆する工程と、

前記受光素子の一部あるいは全部をはんだ槽に浸漬することによって前記接合部にはんだ層を形成する工程を含む請求項17から19のいずれか1項に記載の受光素子モジュールの製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、受光素子モジュールおよびその製造方法に係り、特に、1主面側に正極と負極の両方の電極を有する受光素子をひとつながりに接続する素子間接続体を用いて相互接続された受光素子モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、受光面側に電極を設けることなく、非受光面側に正極と負極を設けた受光素子が縦横に複数並設され、1つの受光素子の正極と隣接する受光素子の負極とをインターコネクタとよばれる素子間接続体で接続した受光素子モジュールが開示されている。

30

【0003】

このような受光素子モジュールでは、一般に第1の受光素子の裏面に形成された正電極と第2の受光素子の裏面に形成された負電極とを電氣的に接続するために、素子間接続体で素子間が接続される。この素子間接続体としては一般的に銅箔などの導電性の高い金属の全面をはんだ被覆したものが用いられる。素子間接続体の接続においては、銀などの金属からなる素子電極(以下電極ということもある)である正電極又は負電極上に素子間接続体を配置して加熱し、部分的もしくは全長にわたり素子間接続体と素子電極とを圧着することにより接続する。

40

【0004】

受光素子の一方の面のみ正と負の両電極が配置された背面接続型の受光素子の場合、素子間接続体は、受光素子の背面に装着すればよいため、受光素子の受光面を覆うことができない。このため、素子間接続体および素子電極の形状を太くすることができ、素子内を集電する抵抗および素子間を接続するための抵抗を小さくすることができ、光を電気に変換する効率すなわち光電変換効率に優れるという利点がある。

【0005】

このような背面接続型の受光素子モジュールとしては、多数の細長い線状電極が、素子の端部でバス(母線)電極あるいは電流取り出し電極へとまとめて接続され、電流取り出

50

し電極に対して、素子間接続体を用いて受光素子が相互接続されたものがある（特許文献1）。このような受光素子モジュールでは、多数の細長い線状電極で発電電流を素子の端部まで集電し、この端部から素子間接続体を通じて隣接する素子へ電流が流れる。

【0006】

また、素子上で、正と負の電極を、絶縁層を介して2層構造で形成した太陽電池素子も提案されている（特許文献2）。この構造では、特許文献1に比べて素子の投影面積あたりの電極面積を増大することができ、この結果として受光電流に対する集電抵抗が低下され、抵抗による電力損失を小さくすることができる。

【0007】

さらにまた、正電極と負電極が素子裏面に形成された素子に対して、素子裏面の正電極と負電極と同等のパターンの金属電極を設けた樹脂シートを配置し、樹脂シート上の金属電極を素子間接続体兼電流取り出し電極として複数の素子間の素子電極を接続した受光素子モジュールも開示されている（特許文献3）。

10

【0008】

また、セル（受光素子）の裏面に正と負の素子電極が2層構造で成膜形成され、素子間接続線が素子電極と重なって素子全体に配置され、光電流に対する集電抵抗を低減し、抵抗による電力損失を小さくした太陽電池モジュールも開示されている（特許文献4）。

【0009】

特許文献1の素子構造では、多数の細長い線状電極が素子の端部まで発電電流を集電し、素子の端部でバス（母線）電極あるいは電流取り出し電極へとまとめて接続され、電流取り出し電極へ素子間接続体を接続し、素子間接続体を通じて隣接する素子へ電流が流れる。しかし、このような素子の構造では、発電電流を素子の端まで線状電極によって集電する必要があり、集電時の抵抗損失が比較的大きいという問題がある。また、特許文献1では、素子電極の正極と負極の平面上での位置関係が一定であるため、複数の素子によって形成されるストリングを作成し、これら接続する部分、即ちストリングの折り返し部分において、ストリング間に導体を配置して接続する必要がある。このため、素子以外の部分に面積が必要となり、モジュールとしての光電変換効率の向上をはかることができないという問題があった。

20

【0010】

また、特許文献2では、素子の正と負の電極が2層にわかれて形成されており、このような構造の素子を作るにはコストがかかり、一方の電極が素子裏面全面を覆っているものの、素子上で電極の厚みを増大させて十分な集電抵抗の低減を図るのは困難であり、抵抗による電力損失を十分に小さくすることができないという問題があった。

30

【0011】

特許文献3では、素子上には電流取り出し電極やバス電極を形成することなく、素子間接続体として金属パターンが形成された樹脂フィルムを用いており、モジュール化の際に素子間接続体と受光素子の電極の位置あわせをおこなう必要があった。このため特許文献3のモジュール構造では、正電極と負電極の間の短絡を防ぐために必要な間隔は、素子電極の位置精度のみではなく、素子と樹脂フィルムとの間の位置あわせ精度にも依存する。例えば、高精度の位置あわせのために素子にアライメントマークをいれる場合、アライメントマーク形成する工程を導入する必要があり、アライメントマークが銀電極で形成される場合はその分だけ銀が必要になり、また、高精度の位置あわせ機構を有する分だけ装置コストもかかる。これ以外にもアライメントマーク部で光電変換効率が低下する場合もある。

40

【0012】

さらにまた、特許文献4では、正と負の電極が2層構造で受光素子裏面に成膜形成されており、素子間接続線が素子電極と重なって素子全体に配置されるため、光電流に対する集電抵抗が低減されるものの十分ではなく、さらなる抵抗の低減による電力損失の低減が求められている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特表2010-521811号公報

【特許文献2】特開2001-189475号公報

【特許文献3】特開2010-245399号公報

【特許文献4】特開2009-206366号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、上記従来技術によれば、素子電極と素子間接続体との間の位置あわせ精度が十分ではなく、集電抵抗による電力損失の低減は十分ではなく、更なる光電変換効率の向上が求められていた。

10

【0015】

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、複数の受光素子が接続された受光素子モジュールにおいて、設置面積に対する光電変換効率に優れた受光素子モジュールとその製造方法を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、背面側に極性の異なる第1および第2の電極を有する背面接続型の受光素子と、前記第1の電極に選択的に接続されるとともに、前記第2の電極には絶縁層を介して配置され、前記第2の電極の一部を除いて、前記受光素子の前記背面側の全体を覆う板状の本体部と、前記受光素子のうち前記第2の電極のうち前記本体部に覆われていない部分に接続される素子間接続部と、で構成された素子間接続体と、を有する。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、素子間接続体の板状の本体部が、受光素子の背面のほぼ全体を覆っているため、少なくとも受光素子上の第1の電極は、素子間接続体の本体部に対して面接触により接続される。従って、接続される第1の電極（素子電極）から素子間接続体までの接続距離が小さく、かつ素子間接続体は、受光素子と同程度の面積で、十分な厚さを備えて低抵抗であるため、抵抗損失を大幅に低減することができる。また、受光素子の透過光を反射させて受光素子に再入射させることができるため、光透過口を低減でき、設置面積に対する発電出力の向上をはかることができるという効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、実施の形態1による受光素子モジュールを受光面側から見た平面図である。

【図2】図2は、実施の形態1による受光素子モジュールを裏面側から見た平面図である。

【図3】図3は、実施の形態1で用いられる受光素子モジュールを構成する受光素子及び素子間接続体との位置関係を模式的に示す斜視図であり、素子間接続体を接続する前の状態で素子と素子間接続体に接続された受光素子を裏面側から見た状態を示す図である。

40

【図4】図4(a)は、実施の形態1で用いられる背面接続型の受光素子を裏面側から見た平面図、図4(b)は、図4(a)のA-B断面図である。

【図5】図5(a)は、実施の形態1の受光素子と接着層との位置関係の一例を示す平面図、図5(b)は、図5(a)のA-B断面図である。

【図6】図6は、実施の形態1で用いられる素子間接続体の第1層を示す平面図である。

【図7】図7(a)は、実施の形態1で用いられる背面接続型の受光素子と素子間接続体の第1層の位置関係を示す平面図、図7(b)は、実施の形態1で用いられる背面接続型の受光素子と素子間接続体の第1層の位置関係の変形例を示す平面図である。

50

【図 8】図 8 (a) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールに用いられる素子間接続体を示す平面図、図 8 (b) は、図 8 (a) の E - F 断面図、図 8 (c) は、図 8 (a) の E ' - F ' 断面図、図 8 (d) は、図 8 (a) の G - H 断面図である。

【図 9】図 9 (a) は、実施の形態 1 の受光素子への素子間接続体の接続工程を示す工程断面図、図 9 (b) は、実施の形態 1 の受光素子への素子間接続体の接続工程を示す工程断面図、図 9 (c) は、実施の形態 1 の受光素子への素子間接続体の接続工程を示す工程断面図である。

【図 10】図 10 は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの構成を示す断面図であり、図 1 及び図 2 の C - D 断面図である。

【図 11】図 11 は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示すフローチャートである。

10

【図 12】図 12 (a) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図、図 12 (b) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図、図 12 (c) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図である。

【図 13】図 13 (a) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図、図 13 (b) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図である。

【図 14】図 14 (a) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図、図 14 (b) は、実施の形態 1 の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図である。

20

【図 15】図 15 は、実施の形態 2 による受光素子モジュールを受光面側から見た平面図である。

【図 16】図 16 (a) は、実施の形態 2 による受光素子モジュールを裏面側から見た平面図、図 16 (b) は、実施の形態 2 による受光素子モジュールを裏面側から見た要部拡大平面図である。

【図 17】図 17 は、実施の形態 2 で用いられる受光素子モジュールを構成する受光素子及び素子間接続体との位置関係を模式的に示す斜視図であり、素子間接続体を接続する前の状態で素子と素子間接続体に接続された受光素子を裏面側から見た状態を示す図である。

30

【図 18】図 18 は、実施の形態 2 で用いられる素子間接続体の接続部を示す斜視図である。

【図 19】図 19 (a) は、実施の形態 2 で用いられる素子間接続体の本体部を示す平面図、図 19 (b) は、実施の形態 2 で用いられる素子間接続体の本体部を示す要部拡大平面図、図 19 (c) は、実施の形態 2 で用いられる素子間接続体の本体部を示す要部拡大断面図である。

【図 20】図 20 (a) は、実施の形態 2 で用いられる背面接続型の受光素子と素子間接続体の本体部との位置関係を示す平面図、図 20 (b) は、実施の形態 2 の受光素子と素子間接続体の構成を示す断面図であり、図 16 (a) の E - F 断面図である。

【図 21】図 21 (a) は、実施の形態 2 の受光素子モジュールの構成を示す断面図であり、図 16 (a) の C₂ - D₂ 断面図、図 21 (b) は、実施の形態 2 の受光素子モジュールの構成を示す断面図であり、図 16 (a) の C₃ - D₃ 断面図である。

40

【図 22】図 22 は、実施の形態 3 による受光素子モジュールを受光面側から見た平面図である。

【図 23】図 23 は、実施の形態 3 による受光素子モジュールを裏面側から見た平面図である。

【図 24】図 24 (a) は、実施の形態 3 による受光素子モジュールの素子間接続体を示す図、図 24 (b) は、図 23 及び図 24 (a) の O₁ 部分の拡大図、図 24 (c) は、実施の形態 3 による受光素子モジュールのストリングの折り返し部の素子間接続体を示す図、図 24 (d) は、図 23 及び図 24 (c) の O₂ 部分の拡大図、図 24 (e) は、図

50

24(a)及び図24(c)の断面図である。

【図25】図25(a)は、実施の形態3で用いられる受光素子を示す平面図、図25(b)は、受光素子の電極形成のためのコンタクト位置を示す図である。

【図26】図26は、実施の形態3の素子基板上の電極と絶縁層との接触形状の一例を示す平面図であり、できあがりの接続体付き受光素子を裏面(非受光面)側から素子間接続体を透過して見た場合の透視図である。

【図27】図27(a)は、実施の形態3の受光素子モジュールに用いられる素子間接続体を示す平面図、図27(b)は、受光素子上に接着層を形成して素子間接続体を接続した状態を示す図である。

【図28】図28は、素子間接続体付き受光素子モジュールを示す図である。

10

【図29】図29は、受光素子と素子間接続体との接続の状態を示す断面図である。

【図30】図30(a)は、実施の形態3の受光素子モジュールを示す断面図であり、図23のC₂-D₂断面図、図30(b)は、実施の形態3の受光素子モジュールを示す断面図であり、図23のC₃-D₃断面図である。

【図31】図31は、実施の形態3の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図32】図32は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。

【図33】図33(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図、図33(b)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図、図33(c)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。

20

【図34】図34(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図、図34(b)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図、図34(c)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。

【図35】図35(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図、図35(b)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。

【図36】図36(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図、図36(b)は、実施の形態3による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。

30

【図37】図37は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例1の素子間接続体付き受光素子を示す平面図である。

【図38】図38は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例1の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図39】図39は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例2の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図40】図40は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例3の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図41】図41は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例4の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

40

【図42】図42(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例5の素子間接続体付き受光素子を示す断面図で、図42(b)は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例5の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図43】図43(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例6の素子間接続体付き受光素子を示す平面図、図43(b)は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例6の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図44】図44は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例6の素子間接続体付き受光素子を示す断面図である。

【図45】図45(a)は、実施の形態3による受光素子モジュールの変形例7の受光素

50

子を示す断面図、図45(b)は、基板内に形成された導電層の位置と素子間接続体の位置関係を示す図であり、図45(a)の断面に直交する点状電極を含む面を示す図である。

【図46】図46(a)は、実施の形態4による素子間接続体の本体部を表面(素子電極と接続される面)側から見た平面図、図46(b)は、実施の形態4による素子間接続体の本体部を裏面側から見た平面図である。

【図47】図47は、素子間接続体の断面図である。

【図48】図48は、本実施の形態4の素子間接続体付き受光素子の断面図である。

【図49】図49(a)は、素子間接続体と接続される点状電極を通る部分で切断した本実施の形態4にかかる受光素子モジュールの断面図、図49(b)は、もう一方の極性の素子電極を通る部分で切断した本実施の形態4にかかる受光素子モジュールの断面図である。

10

【図50】図50(a)は、電気接続体を形成した後の本実施の形態4にかかる素子間接続体の平面図、図50(b)は、実施の形態4にかかる素子間接続体付き受光素子の断面図、図50(c)は、実施の形態4にかかる素子間接続体付き受光素子の断面図である。

【図51】図51は、実施の形態4にかかる素子間接続体付き受光素子の変形例を示す図である。

【図52】図52(a)は、実施の形態5による素子間接続体を表面(素子基板と接続される面)側から見た平面図、図52(b)は、実施の形態5による素子間接続体の断面図であり、図53のA-BおよびC-Dを通る断面を模式的に示す図である。

20

【図53】図53は、実施の形態5による素子間接続体の一部及び線状電極の一部との位置関係を示す斜視図である。

【図54】図54は、実施の形態5による素子間接続体付き受光素子の平面図である。

【図55】図55は、実施の形態5による素子間接続体を受光素子に重ね合わせる工程を示す図である。

【図56】図56は、実施の形態5による素子間接続体の変形例を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に添付図面を参照して、この発明の実施の形態にかかる素子間接続体、受光素子及び受光素子モジュールとそれらの製造方法を詳細に説明する。なお、これらの実施の形態によりこの発明が限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。また、図面においては、理解の容易のため、各部材の縮尺が実際とは異なる場合がある。各図面間においても同様である。さらに、以下の実施の形態では、同じ構成要素には同じ符号を付し、ある実施の形態で説明した構成要素については、別の実施の形態でその詳細な説明を省略するものとする。また、以下で示すサイズは一例であり、集光型太陽電池や熱起電力素子などを受光素子として用いる場合はより小さい状態で使用することができる。

30

【0020】

実施の形態1.

図1は、実施の形態1による受光素子モジュールを受光面側から見た平面図であり、図2は、実施の形態1による受光素子モジュールを裏面側から見た平面図である。図3は、実施の形態1の受光素子モジュールを構成する受光素子及び素子間接続体との位置関係を模式的に示す斜視図であり、素子間接続体を接続する前の状態を素子と素子間接続体に接続された受光素子を裏面側から見た状態を示すものである。図4(a)は、実施の形態1で用いられる背面接続型の受光素子を裏面側から見た平面図、図4(b)は、図4(a)のA-B断面図である。図5(a)は、実施の形態1の受光素子と接着層との位置関係の一例を示す平面図、図5(b)は、図5(a)のA-B断面図である。図6は、実施の形態1で用いられる素子間接続体の第1層を示す平面図である。図7(a)は、実施の形態1で用いられる背面接続型の受光素子と素子間接続体の第1層の位置関係を示す平面図である。図7(b)は、実施の形態1で用いられる背面接続型の受光素子と素子間接続体の

40

50

第1層の位置関係を示す平面図である。図8(a)～図8(d)は、実施の形態1の受光素子モジュールに用いられる素子間接続体を示す図であり、図8(a)は平面図、図8(b)は図8(a)のE-F断面図、図8(c)は図8(a)のE'-F'断面図、図8(d)は図8(a)のG-H断面図である。図9(a)～図9(c)は、実施の形態1の受光素子への素子間接続体の接続工程を示す工程断面図であり、図9(b)、(c)は素子間接続体付き受光素子となっており、図1及び図2のA-B断面図である。図10は、実施の形態1の受光素子モジュールを示す断面図であり、図1と図2のC-D断面図である。図11は、この受光素子モジュールの実装工程を示すフローチャート図であり、図12(a)～図12(c)、図13(a)～図13(b)、図14(a)～図14(b)は、実施の形態1の受光素子モジュールの実装工程を示す工程説明図である。なお、図1、図2、図7(a)、図8(a)～図8(d)では、見易さのため素子封止材、フレーム、ジャンクションボックス(接続箱)、及び図1、図2、図7(a)では受光面と裏面に用いられるモジュール主面材の図示を省略している。受光素子10は、ストリング上の位置によって10a～10fということもある。

10

【0021】

本実施の形態の素子間接続体30は、背面側に第1及び第2の電極を有する背面接続型の受光素子10a～10fを接続するもので、受光素子の背面のほぼ全体を覆う本体部32と、本体部32に接続され、隣接する受光素子の第2の電極に接続される素子間接続部31とを備える(図1～3)。この本体部32は受光素子10の第1の電極との接続点(接続領域)以外の部分の表面は受光素子を透過する光に対する反射性が高い光反射体からなる。また本体部32は、受光素子10a～10fの第1の電極である線状電極12に選択的に直接接続されるとともに、第2の電極である集電電極14には絶縁層である接着層26を介して配置される。そして本体部32による反射に加え、この本体部32と受光素子10a～10fの間に反射部を構成し、第1及び第2の電極(線状電極12, 集電電極14)の隙間から受光素子10a～10fに反射光が入射し、光電変換効率を高める。

20

【0022】

また、本実施の形態では、素子間接続体30の本体部32は、図8(a)～図8(d)に示すように、受光素子10の裏面に当接するように形成される第1層である素子裏部分(本体部)32Aと、第2層である外側部分32Bとからなる2層構造体で構成されている。33ははんだめっき層からなる電気接続体である。素子裏部分(本体部)32Aが可撓性を有する薄い導電体箔で構成され、素子電極のうち的一方例えば第1の電極である線状電極12(及び電流取り出し電極13)に選択的に接続されるように凹凸を有しており、外側部分32Bは平坦構造を有しており、素子間接続部31と連続的に形成されている。そしてこの外側部分32Bと一体的に形成された素子間接続部31が隣接する受光素子10の第2の電極である電流取り出し電極15に当接している。また素子裏部分(本体部)32Aと線状電極12との接続点を除く、受光素子10との間に、反射性粒子を含む絶縁性樹脂からなる接着層26が充填されている。

30

【0023】

従って、素子間接続体30を用いて背面接続型の受光素子10a～10fを接続してなる受光素子モジュール1においては、少なくとも受光素子10a～10f上の(第1の電極である)線状電極12は、受光素子の主面上に広く分布し、素子間接続体30の平面形状部分に対して基板表面の全域で接続される。

40

【0024】

本実施の形態の素子間接続体、受光素子及び受光素子モジュールによれば、接続される素子電極から素子間接続体30までの接続距離が小さい上、受光素子10a～10fと同程度の面積の導電体を用いることができるために抵抗ロスが小さい。また、受光素子10a～10fを透過した透過光を反射させて、受光素子に再入射させることができ、光透過ロスを低減でき、設置面積に対する発電出力の高い受光素子モジュール1を得ることができる。

【0025】

50

また、本体部 3 2 を光反射のための素子裏部分（本体部） 3 2 A と、電氣的及び機械的接続を行う外側部分 3 2 B 及び素子間接続部 3 1 とで異なる材料を用いることができ、接続性と光利用効率を高めることができる。また素子間接続部 3 1 と外側部分 3 2 B とが金属の連続体で構成されるため光を漏らさないなどの特徴を有する。

【 0 0 2 6 】

また、必要に応じて第 1 の電極は第 2 の電極よりも前記素子間接続体側に突出させることができるため、高さによって導電部と絶縁部を分離することができ、この場合は素子間接続体を素子に接続する際の精密な位置合わせが不要である。

【 0 0 2 7 】

（受光素子モジュールの構造）

ここでは、まず、受光素子を素子間接続体で接続した受光素子モジュールの構造について説明した後、受光素子の構造について説明し、そして受光素子間を接続する素子間接続体の構造について説明する。

【 0 0 2 8 】

実施の形態 1 の受光素子モジュール 1 は、図 1 と図 2 に示すように、背面接続型の受光素子 1 0 a ~ 1 0 f がひとつながりに直列に接続されて構成されている。図 1 , 2 には図示されていない、受光面側主面材 2 3 であるガラス板と裏面側主面材 2 5 である裏面シートの間、図 1 , 2 に示される受光素子列が封止材 2 2 によって封止されている。

【 0 0 2 9 】

各受光素子 1 0 a ~ 1 0 f 間は、素子間接続体 3 0 によって電氣的に接続され、直線状の素子列（ストリング）が形成され、ストリング間はストリング間接続体 3 4 によって電氣的に接続される。

【 0 0 3 0 】

ひとつながりの素子列の末端の受光素子 1 0 a , 1 0 f では電流引き出し線 3 8 が素子に接続され、2 本の電流引き出し線 3 8 の一部が、裏面側の封止材 2 2 及び裏面側主面材 2 5 に形成された孔の部分から、封止材 2 2 と裏面側主面材 2 5 の外に出た状態となる。裏面側の封止材 2 2 から出た電流引き出し線 3 8 は、ジャンクションボックス中の導線と接続されて、ジャンクションボックスに接続されたケーブルを通じて受光素子モジュール 1 の外部に取り出せるようにすることにより、受光素子モジュール 1 となる。

【 0 0 3 1 】

実施の形態 1 の受光素子 1 0 a ~ 1 0 f は、図 3 及び図 4 (a) 及び図 4 (b) に示すように、主面である表面（受光面）と裏面（非受光面）の平面形状が略矩形で、厚さがたとえば 0 . 1 ~ 0 . 5 mm の薄板状の、p n 接合を有する受光素子用の半導体基板（以下素子基板ということもある） 1 1 によって構成される。略矩形とは、互いに垂直となる 2 組の平行な辺を有する四角形状であればよい。図では、正方形の角の一部が切り落とされた形状の例を示したが、長方形であってもよい。特に、単結晶を用いた受光素子では、円柱の単結晶インゴットから矩形の基板を形成する際に、円形から矩形に切り落とされて無駄となる部分を減らすために、図 3 及び図 4 (a) に示すような角の一部が切り落とされた形状の基板が使用されることが多く、このような形状も前記の略矩形のなかに含まれる。これ以外にも、三角形や六角形、八角形等の形状であってもよい。

【 0 0 3 2 】

このような受光素子として、p n 接合を有する結晶シリコンを用いた結晶シリコン系受光素子や、ガリウムヒ素などの化合物半導体を用いた化合物系受光素子などを用いることもできる。また、p n 接合は不純物拡散によって形成されていてもよいし、アモルファスシリコン又は微結晶シリコンなどの薄膜によって形成されるヘテロ接合型の素子であってもよい。

【 0 0 3 3 】

図 3 に示すように、受光素子 1 0 a ~ 1 0 f の裏面側の領域には、一方の極の電極として線状電極 1 2 と電流取り出し電極 1 3 とが、他方の電極として集電電極 1 4 と電流取り出し電極 1 5 とが形成されている。これらの線状電極 1 2 と電流取り出し電極 1 3 とは、

10

20

30

40

50

素子用の素子基板 1 1 と接触する部分としては、素子を透過した光を反射する目的のためにニッケル、錫、銅、銀、金やその混合体及び合金などの広い波長範囲において光反射率が高い材料を主に含んだ金属材料を用い、反射金属層とすることが望ましい。この反射金属層の上に 2 層目として金属材料や反射金属層との反応を抑制するバリア層などを積層していくことにより線状電極における電気伝導を向上させることができる。このための材料としては、ニッケル、錫、銅、銀やその混合体及び合金などを用いることができる。これ以外にも、例えばヘテロ接合によって半導体接合が形成された受光素子の場合は、インジウム酸化物などによって形成される透光性電極とアルミニウム、銀、金などを積層したものをを用いても良い。

【 0 0 3 4 】

線状電極の最外層としては、モジュール化する際に素子間接続体と接続するために適した材料を用いることが望ましい。例えば、はんだを用いて素子と素子間接続体を接続する場合は、銅、錫、銀などを用いることが望ましい。

【 0 0 3 5 】

本実施の形態 1 の線状電極 1 2 と集電電極 1 4 は、光キャリア生成により生じる電荷を半導体基板から取り出すとともに集電する電極であり、適当な間隔において配設される。線状電極 1 2 のパターンは、ドーピングによって形成される接合かヘテロ接合や基板抵抗などによって異なるが、たとえば 0 . 0 5 ~ 0 . 5 mm 程度の幅で所定の方向に延在する直線形状部が、0 . 2 ~ 2 . 5 mm の周期で電極の延在方向とは直交する方向に配置される構造を有する。集電電極 1 4 のパターンも、ドーピングによって形成される接合かヘテロ接合かなどによって異なるが、たとえば幅 0 . 2 ~ 2 mm 程度の幅で所定の方向に延在する直線形状部が、0 . 2 ~ 2 . 5 mm の周期で電極の延在方向とは直交する方向に配置される構造を有する。

【 0 0 3 6 】

また、電流取り出し電極 1 3 は、一方の極性の線状電極 1 2 と接続され、線状電極 1 2 で集電した電流を受光素子 1 0 の外部に取り出す電流取り出し電極として機能する。また、複数の受光素子の間を電氣的に接続する素子間接続体 3 0 と電流取り出し電極 1 3 は、線状電極 1 2 と直交する方向に受光素子 1 0 上に延在して形成される。さらに、電流取り出し電極 1 3 は、素子間接続体 3 0 に接続されるため、線状電極 1 2 よりも太くなる場合が多く、たとえば 1 ~ 2 mm 程度の幅を有する。この幅は、基板の少数キャリアの拡散長よりも小さい値であることが好ましい。この目的のために電流取り出し電極 1 3 は一定の距離をおいた複数の線状の電極が形成されていてもよい。なお、ピッチが配列方向で 1 mm 程度で、素子基板のサイズが 1 5 6 mm の場合、集電電極 1 4 の本数は 1 5 0 程度となるが、図 3 , 4 (a) , 5 (a) 及びこれ以降の図では模式化して本数を減らして表示している。これ以降においても素子電極及びそれに対応する素子間接続体の本体部 3 2 上に形成される凹凸部分の大きさに関しては、図内での位置関係が分かりやすいように実際の縮尺より大きく表示される。

【 0 0 3 7 】

図 4 (a) 及び図 4 (b) に示すように、受光素子 1 0 の主面である裏面側の一部領域には、線状電極 1 2 , 電流取り出し電極 1 3 とは別の極性の集電電極 1 4 と電流取り出し電極 1 5 とが裏面電極として形成されている。集電電極 1 4 は、裏面側の略全面又は一部領域に設けられ、電流を電流取り出し電極 1 5 まで集める機能を有する。集電電極 1 4 は、たとえば Al (アルミニウム) や銀、銅を主成分とする材料及びそれらを積層したものによって構成することができる。

【 0 0 3 8 】

電流取り出し電極 1 5 は、一方の極性の集電電極 1 4 と接続され、集電電極 1 4 で集電した電流を受光素子 1 0 の外部に取り出す電流取り出し電極として機能する。電流取り出し電極 1 5 は、Ag、アルミニウム、銅を、主に含んだ金属材料及びその積層体からなることが望ましい。このようにして集電電極 1 4 で集電された電流は、素子間接続体 3 0 を介して外部に取り出される。

10

20

30

40

50

【0039】

これらの電極の電極高さは、線状電極12、集電電極14、電流取り出し電極13、15との間で異なる高さであってもよいが、本実施の形態1ではおおよそ同じ高さとなる場合について述べる。この場合、図4(a)及び図4(b)の線状電極12、集電電極14、電流取り出し電極13、15の電極の高さは、1~50 μ m程度とすることが好ましい。

【0040】

なお、ここでは、線状電極12としてAgを主成分とする材料が裏面を細線状に形成され集電する場合を示しているが、必ずしも線形状である必要はなく、複数のドット状の電極が離間してなる電極群であっても良い。また、これ以外にも裏面電極は、負電極と正電極の間で絶縁され、ほぼ全面に形成された透光性導電膜と金属電極との積層構造であってもよい。また、本実施の形態の構造のモジュールでは、素子間接続体30の本体部32と集電電極12とを直に接続することができるため、必ずしも電流取り出し電極13を設けなくてもよい。

【0041】

本実施の形態の受光素子10は、電流取り出し効率を上げるためには少数キャリアの拡散長を素子電極間の距離よりも長くする必要があり、このため素子表面は不活性化(パッシベーション)されていることが好ましい。このような素子構造の例として、単結晶シリコン基板上に形成されたアモルファスシリコン膜や微結晶シリコンによって作成されるヘテロ接合型太陽電池が挙げられる。裏面接続型の受光素子として特に限定されるものではないが、例えばヘテロ接合を用いた受光素子の場合、素子基板11としては、単結晶n型シリコン基板の両面に5nm程度の厚みの真性アモルファスシリコン膜が成膜され、それに積層して、それぞれp型アモルファスシリコン膜およびn型アモルファスシリコン膜が形成される。ここで、一方の極性の電極部分、例えば集電電極14、電流取り出し電極15が形成される部分にp型アモルファスシリコン膜、他方の極性の電極部分である線状電極12、電流取り出し電極13が形成される部分にn型アモルファスシリコン膜が形成され、これらの電極の間にできる隙間は、真性アモルファスシリコン膜、あるいはシリコン酸化膜などの絶縁膜が形成された構造をとることができる。

【0042】

更に、非受光面側の最外層にはインジウム酸化物などの透光性電極が形成されていてもよく、一方の電極部分と他方の電極の間でインジウム酸化物間を電氣的に分離させた構造とすることができる。この透光性導電膜および不純物ドーパアモルファスシリコン膜の積層膜上に線状電極12、電流取り出し電極13、集電電極14、電流取り出し電極15が形成される。一方で、受光面側にはパッシベーション膜としてn型アモルファスシリコン膜、また、反射防止膜としてスパッタやCVD法などで成膜されるアモルファスシリコン窒化膜もしくは二酸化チタンなどの高屈折率膜が積層して形成される。

【0043】

(素子間接続体と素子電極との間の接続方法)

そして素子間接続体と素子電極との間の接続に際して、このような素子裏面電極は、素子の同一面に正極と負極を有するため、電極間を絶縁する必要がある。このために、図5(a)及び図5(b)に示すように、素子の電流取り出し電極15の一部のみを除き、主に集電電極14を覆い、線状電極12、電流取り出し電極13の大部分は外部に露出するように接着層26を形成する。この際、接着層26は線状電極12の上に一部重なっても良い。接着層26の形成に際しては、一旦、素子裏部分(本体部)32Aと素子基板11との間の予定されるギャップよりも厚く接着層26を形成しておき、その後で素子裏部分(本体部)32Aを素子基板11に押しつけて接着層26を横方向に広げる方法を用いることができる。この場合、接着層26の幅は集電電極14の線幅より細く形成され、素子裏部分(本体部)32Aが接続される際に広がり、図5(b)のような形状になる。

【0044】

このように、受光素子10と素子間接続体30との間に高い接着強度を付与するととも

10

20

30

40

50

に集電電極 1 4 と素子間接続体 3 0 の素子裏部分（本体部）3 2 A の間を絶縁するために、素子間接続体 3 0 と受光素子 1 0 との間のはんだ付けされている部分以外の部分は接着層 2 6 によって接着される。具体的にはエチレンビニルアセテート、フィラーを含むエポキシやポリイミドなどの樹脂などを用いることができるが、素子を透過した光を素子間接続体で反射させて再度素子へ入射させるために、できる限り光の吸収がないものを用いることが望ましい。また、上記目的のために接着層 2 6 は光反射あるいは光散乱機能を有していてもよい。このような接着層 2 6 としては、数百 nm 程度の二酸化チタン粒子を高濃度を含むエチレンビニルアセテートなどを用いることができる。ここで用いられる無機粒子のサイズは、受光素子 1 0 と素子間接続体 3 0 との間の距離に比べて半分程度より小さい方が好ましく、光散乱性を付与するためには、散乱したい光の波長の半分程度の大きさの粒径とすることが好ましい。

10

【 0 0 4 5 】

この際に、接着層 2 6 として集電電極 1 4 部分と線状電極 1 2 の一部を覆い、電流取り出し電極 1 5 の大部分を覆わない形状の樹脂フィルムを材料として用いることもできる。このような樹脂フィルムを用いた場合、線状電極 1 2 と素子間接続体 3 0 の素子裏部分（本体部）3 2 A の電氣的接続を妨げない一方で、集電電極 1 4 と素子間接続体の素子裏部分（本体部）3 2 A との絶縁を保つことができる。あるいは、あらかじめ素子間接続体の素子裏部分（本体部）3 2 A に集電電極 1 4 と同等の形状の樹脂を塗布しておき、それ以外の部分にはんだペーストを塗布しておいて、これを裏面の線状電極 1 2、電流取り出し電極 1 3 と素子間接続体 3 0 との電気接続体 2 1 としても良い。この場合、この電気接続体 2 1 の融点に対して、これ以降に用いる電気接続体 3 3 の融点がより低い方が電気接続体 2 1 の再溶融に伴う位置ずれなどを生じずにすむため好ましい。また、その一方で接着層 2 6 の溶融温度は電気接続体 2 1 の融点より高い方が望ましい。これにより、接着工程で、接着層 2 6 を溶融温度以下に保つことで、再溶融などが生じるのを防ぐことができる。

20

【 0 0 4 6 】

また、電気接続体 2 1 としては、具体的には錫・銀はんだや導電性接着剤、導電性テープなどを用いることができる。この電気接続体 2 1 は、各電極間が接続される部分にだけ形成されており、素子間接続体 3 0 と電流取り出し電極 1 3、1 5 及び線状電極 1 2 との重ね合わせ部分に主に形成されている（図 5（a）及び図 5（b））。その一方で、素子間接続体 3 0 の素子側の全面、あるいは両面の全面を覆っていてもよいが、その場合、電気接続体 2 1 は、光の反射率がなるべく高い材料であることが好ましい。なお、錫・銀はんだとは、錫および銀を含有するはんだをいうものとする。

30

【 0 0 4 7 】

このようにして形成された受光素子 1 0 の裏面電極には図 6 に示すような素子間接続体 3 0 の素子裏部分（本体部）3 2 A が接続され、図 7（a）に示す裏面を有する素子間接続体付き受光素子になる。また、変形例としては、図 7（b）に示すように、図 2、図 3、図 7（a）に示した例と異なり、素子電極である線状電極 1 2、電流取り出し電極 1 3 が素子裏部分（本体部）3 2 A 及び接着層 2 6 に隠れて受光素子 1 0 の表面にでていない状態になるようにしてもよい。このような構造では、図 7（b）のように線状電極 1 2、電流取り出し電極 1 3 が素子裏部分（本体部）3 2 A の金属や接着層 2 6 からなる樹脂で覆われている方が外部からの水分の侵入などが少なくなり、信頼性や耐久性が向上するため好ましい。

40

【 0 0 4 8 】

素子間接続体 3 0 の素子裏部分（本体部）3 2 A は、可撓性を有する導電体箔からなり、例えば銅箔をあらかじめプレスして図 8（b）～図 8（d）に断面図を示すような凹凸形状に成型しておけばよい。素子裏部分（本体部）3 2 A は、一方の電極の線状電極 1 2 及び電流取り出し電極 1 3 とは電気接続体 2 1 を通じて導通され、他方の電極の集電電極 1 4 とは接着層 2 6 によって絶縁される。この際、図 9（a）～図 9（c）に受光素子 1 0 への素子間接続体 3 0 の実装工程を示すように、他方の集電電極 1 4 及び電流取り出し

50

電極 15 の部分において、一方の線状電極 12 及び電流取り出し電極 13 と対応する部分の素子裏部分（本体部）32A に対して、素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A は引っ込んだ形状（凹部）となり、線状電極 12 及び電流取り出し電極 13 と対応する部分においては相対的に飛び出した形状（凸部）となる。

【0049】

このように本実施の形態 1 においては、素子間接続体の素子裏部分（本体部）32A は、図中の 32R1 で示される凸部及び 32R2 で示される凹部を有している。このように素子間接続体の素子裏部分（本体部）32A として可撓性を有する導電体を用い、このような導電体が一部の電氣的に接続される以外の部分においては受光素子 10 に直接固定されない構造とすることにより、受光素子 10 と接続されていない部分において素子間接続体の素子裏部分（本体部）32A が変形し、受光素子基板と素子間接続体の素子裏部分（本体部）32A 及び外側部分 32B との間の熱膨張率差によって生じる受光素子 10 の変形および受光素子 10 への応力を緩和することができ、受光素子 10 の反りが少なく強度及び長期信頼性及び生産性に優れた素子間接続体付き受光素子 10 及び受光素子モジュール 1 を得ることができるといって効果を有する。このような素子間接続体 30 に対して、接着層 26 は絶縁層として機能するとともに、受光素子 10 と素子間接続体 30 との間を固定するとともに変形可能な層として機能することにより、応力を緩和する層としても機能する。

10

【0050】

素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A に可撓性をもたせるために、その厚みは薄く、導電性が低い。このため受光素子 10 から受光素子 10 へと電流が流れる際に抵抗損失により光電変換効率が低下する。そこで、図 8 (b) ~ 図 8 (d) に示す素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A の非受光面側に外側部分 32B を接続することによって、外側部分 32B が導電体として働き、素子のモジュール化時の光電変換効率の低下を抑制することができる。本実施の形態 1 では、素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A は、図 8 (a) ~ 図 8 (d) に示すような素子間接続体 30 の外側部分 32B と電気接続体 33 を通じて導通する。この際、素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A と素子間接続体 30 の外側部分 32B の間に接着層を設けて接続を強化しても良い。

20

【0051】

素子間接続体 30 は図 8 (a) ~ 図 8 (d) に示すように、素子間を接続する素子間接続部 31 と、受光素子 10 と同程度の大きさでかつ同等の形状を有し、受光素子 10 の裏面側に接続される平面状の導電体部分からなる外側部分 32B とは一体的に構成されており、素子電極と直接接続される素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A と外側部分 32B とが電気接続体 21 を経由して主面同士で接続されることにより受光素子 10 の裏面側に形成されている線状電極 12、電流取り出し電極 13 と素子間接続部 31 とが電氣的に接続される。

30

【0052】

図 8 (a) ~ 図 8 (d) に示すような形状の素子間接続体 30 は、たとえば銅箔を打ち抜き加工することによって製造することができる。外側部分 32B と、素子間接続部 31 とは必ずしも一体的に構成されていなくてもよく、素子間接続部 31 と、素子裏部分（本体部）32A とは別体で構成し、はんだや導電性接着剤などによりあとから接続しても良い。ここでは可撓性を有する素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32A 及び素子間接続体 30 の外側部分 32B として銅箔を用いているが、本実施の形態 1 においては、これらは連続的な金属箔でなくてもよい。例えばポリイミドフィルム上に蒸着された金属膜、金属粒子含有樹脂、印刷ペーストを乾燥することによって形成される金属微粒子群あるいは金属焼結体などが素子電極と同じパターン形状に接続されてなる膜や箔などを用いても良い。

40

【0053】

このような素子間接続体 30 の厚さとして、たとえば 0.01 ~ 1mm とすることがで

50

きる。このように素子間接続体、特に本体部の厚さを0.01mm以上とすることで、低抵抗化が可能となる。1mmを超えると加工性が低下しかつ受光素子との接合性が低下するあるいは重量が増大するという問題がある。少なくとも本体部を0.01mm以上の金属箔あるいは金属板などの板状体とすることで、低抵抗でかつ信頼性の高い受光素子モジュールを形成することが可能となる。本実施の形態では、本体部である素子裏部分32Aを上記範囲となるようにし、さらに外側部分32Bを接合しているため、さらなる集電抵抗の低減を図ることができ、モジュールとしての強度も増大する。

【0054】

また、本体部は、受光素子の第1の電極の膜厚よりも十分に厚い金属板であるのが望ましい。これにより、集電抵抗の低減をはかることができ、さらに受光素子に対する支持強度が高く信頼性の高い受光素子モジュールを形成することが可能となる。

10

【0055】

また、本体部は、受光素子の第1の電極の膜厚の3倍以上の厚さの金属板であるのが望ましい。これにより、集電抵抗のさらなる低減をはかることができ、さらに受光素子に対する支持強度が高く信頼性の高い受光素子モジュールを形成することが可能となる。

【0056】

本体部は、金属板で構成され、受光素子の第1の電極とは、接続部に対してのみ選択的に形成された電気接続体を介して接合されるのが望ましい。これにより、集電抵抗のさらなる低減をはかることができ、さらに受光素子に対する支持強度が高く信頼性の高い受光素子モジュールを形成することが可能となる。

20

【0057】

本体部は、金属板で構成され、受光素子の第1の電極とを、はんだ層を介して接合することで、より低抵抗で信頼性の高い接続が実現される。

【0058】

なお、素子間接続体30の本体部32は受光素子の第1の電極との接続点以外の部分の表面は受光素子を透過する光に対する光反射体で構成するのが望ましい。かかる構成により、さらなる光量の増大をはかることができる。

【0059】

また、素子間接続体30の本体部32は、受光素子と対向する面が第2の電極に相当する領域で、受光素子に対して凹部を構成するのが望ましい。かかる構成によれば、電極高さの差により、リークを防止することができる。

30

【0060】

さらにまた、本体部は、受光素子と対向する面を平坦面としてもよく、この場合は加工性が良好である。

【0061】

本体部は、受光素子と対向する面が前記第2の電極に相当する領域に絶縁層パターンを有するのが望ましい。かかる構成によれば、電極高さの差により、第1および第2の電極の分離を確実にすることができ、リークを防止することができる。

【0062】

図4(a)及び図4(b)及び図9(c)に示すように、受光素子10(受光素子用の素子基板11)の裏面側には、電流取り出し電極13とそれに直交する線状電極12とが形成され、電流取り出し電極15と集電電極14とが形成されている。素子間接続体30の素子間接続部31は、受光素子10の裏面に形成された電流取り出し電極15と電気接続体21を介して接続され、素子裏部分(本体部)32A及び外側部分32Bは上記受光素子10とは別の受光素子10の裏面側に形成された電流取り出し電極13及び線状電極12に接続されることによって、隣接する2つの受光素子10間の電氣的接続を達成し、素子ストリングが形成される。

40

【0063】

このように素子間接続体30を用いて受光素子10間を接続していくことによって、図1及び図2に示すように、受光素子10a, 10b, 10cが直線状に繋がったストリン

50

グが形成される。受光素子 10 a , 10 b , 10 c によって形成される直線状のストリングと、受光素子 10 d , 10 e , 10 f によって形成される直線状のストリングとを、ストリング間接続体 34 及びはんだなどによって接続することによって、図 1 , 2 に示した 2 つのストリング列が直列に接続される受光素子モジュール 1 の素子配列が形成される。

【 0064 】

この受光素子モジュール 1 の終端部となる受光素子 10 a , 10 f は、受光素子モジュール 1 から電流を取り出すための電流引き出し線 38 に接続される。

【 0065 】

また、モジュールを構成する素子の終端部にモジュールの電流引き出し線 38 がはんだなどで接続されるため、受光素子 10 f の素子間接続体 30 の形状が他の受光素子 10 b ~ 10 e のものとは異なり、素子裏部分（本体部）32 A のみ（図 6）の形状となる。

10

【 0066 】

受光素子 10 a では電流取り出し電極 15 部分に電流引き出し線 38 が、受光素子 10 f では素子間接続体 30 の素子裏部分（本体部）32 A に電流引き出し線 38 が、電気接続体 21 を通じて接続され、外部接続が可能となっている。

【 0067 】

図 1 と図 2 では図示を省略しているが、図 10 に断面図を示すように、図 1 と図 2 に示される 2 列のストリングからなる受光素子配列の表面側と裏面側には、エチレンビニルアセテート樹脂シートなどのシート状の封止材 22 が配置され、この封止材 22 を介して、表面（受光面）側にはガラスなどの受光面側主面材 23 が接着され、裏面側には、耐候性のポリエチレンテレフタレート樹脂シートなどの裏面側主面材 25 が接着されている。

20

【 0068 】

また、受光面側主面材 23 と裏面側主面材 25 で挟まれた構造を金属などによるフレームで支持がなされ、電流引き出し線 38 が封止材 22 と裏面側主面材 25 の切れ目から接続箱を介して裏面に取り出された構造となり、受光素子モジュール 1 を構成している。

【 0069 】

このようにして作成された素子ストリングの受光面側と裏面側を封止材及び主面材によって封止することで図 1 , 2 及び 10 に示す受光素子モジュール構造を得ることが可能となる。

【 0070 】

30

つぎに、単結晶シリコン太陽電池を用いた場合を例に挙げて、実施の形態 1 による受光素子モジュール 1 の製造方法を説明する。図 11 は、実施の形態 1 による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を示すフローチャートであり、図 12 (a) ~ 図 12 (c)、図 13 (a) ~ 図 13 (b)、図 14 (a) ~ 図 14 (b) は、実施の形態 1 による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。なお、ここでは、受光素子として、裏面に図 4 (a) 及び図 4 (b) に示される線状電極 12 , 電流取り出し電極 13 , 15、集電電極 14 のようなパターンの Ag 電極を有する縦横 156 mm で略正方形の単結晶シリコン太陽電池を用いて、図 1 と図 2 に示す受光素子モジュール 1 を製造する場合を説明する。

【 0071 】

40

例えばヘテロ接合を用いた受光素子の場合、素子基板 11 としては、単結晶 n 型シリコン基板の裏面に 5 nm 程度の厚みのアモルファスシリコン膜が成膜され、それに積層して、一方の極性の電極、例えば図 4 (a) 及び図 4 (b) の集電電極 14 , 電流取り出し電極 15 が形成される部分の真性アモルファスシリコン膜上にはポロンドープアモルファスシリコン膜が、他方の極性の電極である線状電極 12 , 電流取り出し電極 13 部分の真性アモルファスシリコン膜上にはリンドープアモルファスシリコン膜が形成される。そして、これらの電極間の隙間部分の途中では、真性アモルファスシリコン膜あるいはシリコン酸化膜などの絶縁膜のみが形成され p 型アモルファスシリコン層及び n 型アモルファスシリコン層がない領域を有する、あるいは、p 型アモルファスシリコン層及び n 型アモルファスシリコン層が重なる領域を有する構造となる。この電極が形成される主面（非受光面

50

側には更にインジウム酸化物などの透光性電極が積層されており、一方の電極部分と他方の電極の間では線状に連続して透光性電極層がない領域を有し、各電極間が電氣的に絶縁された構造となっている。

【0072】

この透光性導電膜の上及び、上記電極間の絶縁膜の一部の上に線状電極12、電流取り出し電極13、集電電極14、電流取り出し電極15が形成される。このような素子電極は低温で形成可能な数十nm程度の粒径の銀及び溶剤と樹脂成分によって構成されるナノ銀ペーストをスクリーン印刷法によって図4(a)及び図4(b)に示す線状電極12、電流取り出し電極13及び集電電極14、電流取り出し電極15に示される2つの極性の電極パターンを形成する。そして、100~200程度で加熱し、溶剤成分を除去するとともに銀粒子間の導通性を向上させることにより、線状電極12、電流取り出し電極13及び集電電極14、電流取り出し電極15を形成する。この際、溶剤、樹脂成分は上記温度範囲内で蒸発あるいは分解するものであることが好ましい。また、これら線状電極12、電流取り出し電極13及び集電電極14、電流取り出し電極15に示される各電極は、各極性の透光性導電膜の上に位置を合わせて形成される。なお、本実施の形態1ではこれら線状電極12、電流取り出し電極13及び集電電極14、電流取り出し電極15を一回のスクリーン印刷によって形成するため、これらの電極の厚み(高さ)はほぼ同等である。

10

【0073】

また、受光面側にはパッシベーション膜として5nm程度のn型アモルファスシリコン膜あるいは30nm程度のシリコン酸化膜が形成される。そして、それに積層して、スパッタ法や化学気相堆積法などで成膜される40~80nm程度の厚みのアモルファスシリコン窒化膜もしくは二酸化チタン、インジウム酸化物、酸化錫などの反射防止膜が形成され、図4(a)及び図4(b)に示した受光素子が得られる。

20

【0074】

このようにして作成した受光素子に図4(a)及び図4(b)に示した素子間接続体30の素子裏部分(本体部)32Aとを電氣的に接続するため電気接続体21を形成する。具体的には、図4(a)及び図4(b)における線状電極12と電流取り出し電極13に重なるように、スクリーン印刷法を用いてはんだペーストを塗布する。このような電気接続体21に用いるはんだペーストとしては、アモルファスシリコンを用いた受光素子では、高温によって素子の光電変換特性に劣化が生じるため、素子との接続の際の接続温度を低く抑えられる低温はんだを用いることが望ましい。このような低温での接続が可能な材料として、錫、ビスマス、銀、インジウムを含む材料を用いることができる。ここでは、たとえば錫・ビスマス・銀・インジウムを含有するはんだを使用し、これ以降に用いる錫・銀はんだに比べて融点が低く、その一方で、電気接続体33に用いる材料よりも融点が高いはんだペーストを用いることが、モジュール作成の作業を効率的におこなう上で好ましい。

30

【0075】

本実施の形態の素子の素子裏面電極及び素子間接続体は、素子の同一面に正極と負極を有するため、各電極間で短絡しないように電極間を絶縁することが重要である。このために、図5(a)及び図5(b)に示すように、素子の電流取り出し電極15の一部のみを除き、主に集電電極14を覆い、電極12、13の大部分は外部に露出するように電気絶縁性を有する接着層26を形成する。

40

【0076】

この際、小面積であれば接着層26は線状電極12の上に重なっても良い。このような接着層26としては、シリカフィラー及び重合開始剤を有し、塗膜乾燥後の膨張係数を素子基板に近づけたエポキシ樹脂を用いて、ディスペンサーによる塗布あるいはスクリーン印刷で形成することができる。また、接着層26として熱耐性の高いポリイミドなどを用いてもよい。熱硬化性の材料の場合は、加熱した状態で塗布を行い、集電電極14を覆うように流動した後、硬化するようにしてもよい。また、熱可塑性の材料であれば、塗布後

50

に加熱して流動させることも出来る。このような方法を用いることで、集電電極 14 の表面を確実に接着層 26 で覆うことができる。より放熱性を高めた接着層 26 として A1N などをフィラーとして含む高熱伝導絶縁接着シートなどを用いても良い。

【0077】

なお、このように基板上に直接接着層 26 と電気接続体 21 とを形成する場合は、接着層 26 に電気接続体 21 が重なっても問題が生じにくい場合、接着層 26 を形成してから電気接続体 21 を形成してもよい。このような順で形成することにより、電極間の絶縁性が高く、印刷位置あわせの尤度が大きくなるため好ましい。このような接着層 26 としてはシリコン基板を透過する 800 ~ 1300 nm 程度の光に対する光透過性が高いことが望ましく、組成にヒドロキシル基を含まない材料を用いることがより好ましい。このよう

10

【0078】

次いで、打ち抜き加工やレーザースクライブなどによって図 6 に示す形状の 0.02 mm 程度の厚みの銅のシートを加工し、素子間接続体 30 の素子裏部分(本体部) 32A を形成する。同様の方法により図 8(a) に示す素子間接続部 31 と外側部分 32B の連続体を厚さ 0.05 mm 程度で形成する。

20

【0079】

同様の形状として、これとは別に、受光素子モジュール 1 の端部の受光素子 10a 及び 10d 用の素子間接続体 30e として、図 6 と同様の形状で厚みが 0.2 mm 程度の銅のシートを作製しておき、これにたとえば幅を 3 mm 程度、厚さ 0.2 mm 程度、長さを 160 mm 程度とした帯状の銅線で作られた電流引き出し線 38 を予め接続しておく。ここで、電流引き出し線 38 と素子間接続体 30e との間は、あとの工程で電気接続体 21, 33 を接続する際の加熱により剥離することがないように、200 程度の高温に耐えることができる、たとえば錫・銀はんだなどを用いて接続することが好ましい。

【0080】

また、受光素子モジュール 1 の端部の受光素子 10c 及び 10d 間のストリング間接続体 34 としては、幅を 8 mm 程度、厚みを 0.2 mm 程度、長さが 285 mm 程度の帯状の銅を作製しておき、あらかじめ全体の半分程度を錫・ビスマスはんだやインジウム・錫はんだなどの低融点はんだでコートしておく。また、図 2 の受光素子 10c 部分となる素子接続体 30e と、ストリング間接続体 34 とを予め接続しておく。この際、あとの工程で電気接続体 21 や 33 を融解する際の加熱により剥離することがないように、素子接続体 30e とストリング間接続体 34 との間は、200 程度の温度に耐えることができる、たとえば錫・銀はんだなどを用いて接続することが好ましい。また、ストリング間接続体 34 については上述のはんだでコートされていない部分を用いて、素子接続体 30e と接続する。

30

【0081】

一方で、あらかじめプレス抜きによって図 8(a) に示した形状に打ち抜いた 0.05 mm 程度の厚みの銅のシートを素子間接続体 30 の素子間接続部 31 及び外側部分 32B とし、これを加熱して溶融した錫・ビスマスはんだ槽におもに片面を浸漬することにより、予め素子間接続体 30 の片面を、電気接続体 33 (錫・ビスマスはんだ) でコートしておく。同様に端部の素子接続体 30e の素子と接続される面にも、はんだをコートする。電気接続体 21 の融点に対して、電気接続体 33 の融点はより低い方が好ましい。このため、電気接続体 33 は電気接続体 21 に比べて錫・ビスマスはんだへのビスマスの添加量を変えるなどしてより融点が高いものを用いることが好ましい。また、本実施の形態 1 では素子間接続体 30 の外側部分 32B として銅を用いたが、インパーなどのニッケル鉄合金を用いても良い。この場合には、素子間接続体の外側部分 32B の熱膨張係数は例えば

40

50

、ニッケルと鉄の比率を調整してシリコン基板と同程度の熱膨張係数とすることにより、温度変化に対する受光素子10と素子間接続体との変形量の差を低減することができる。

【0082】

また、本実施の形態1においては可撓性を有する素子間接続体の素子裏部分(本体部)32Aが受光素子と素子間接続体の外側部分32Bとの間にあるため、素子裏部分(本体部)32Aが変形し、また、歪むことにより、受光素子と素子間接続体との変形量の差を埋めることができる。従って、受光素子に生じる応力を緩和することができ、強度と信頼性及び発電寿命に優れた受光素子及び太陽電池を得ることができるという利点を有する。

【0083】

これらの素子裏部分(本体部)32A、外側部分32B及び端部の素子接続体30eは単結晶シリコン太陽電池を構成する受光素子用の素子基板11と同程度の大きさで、素子基板11とおおよそ相似形状とする。そして、図7(a)及び図9(a)に示すように、素子の一方の極性となる線状電極12、電流取り出し電極13よりも少し大きく、他方の極性となる集電電極14の全体を覆い、電流取り出し電極15の最外部よりも小さい程度の大きさ及び形状とする。このような素子裏部分(本体部)32A、外側部分32Bとして具体的には、材質としては銅箔を用い、具体的な大きさとしては、たとえば長辺152mm短辺150mmの疑似長方形とし、一方の長辺を構成する2つの角は98mmの半径によって形成される円弧とし、その厚みは0.01~1mm程度とすることができる。また、素子間接続部31は、たとえば幅を3~10mm程度とし、長さを130mm程度とし、厚さを0.01~1mm程度の銅箔とすることができる。また、素子裏部分(本体部)32Aや素子接続体30eの、素子との接続面でない面側(裏面側)は、たとえばポリイミドのような樹脂などで、電氣的接続部以外の大部分が覆われていてもよく、例えば、ポリイミドに銅を貼り合わせたフィルムや板を用いることができる。

【0084】

次に、上記のあらかじめはんだペーストと接着層となるエポキシ樹脂を非受光面側に塗布した図5に示す受光素子10を、100~140程度に加熱されたホットプレート上に受光面をホットプレート側(下)に向けて設置する(図9(b))。この受光素子10の非受光面側の素子裏部分(本体部)に、素子裏部分(本体部)32Aを重ねて配置し、ホットプレートの温度を、エポキシ樹脂に含まれる硬化材の硬化温度以上の温度かつ電気接続体21の接続温度、具体的には、はんだの融点以上の温度に設定する。例えば電気接続体21が錫・ビスマスはんだの場合、おおよそ140~200程度とすることができる。この際、エポキシの熱分解温度を超えないように温度を制御する。この際、はんだは錫、ビスマス以外にインジウムや銀を含むものを使用して、接着層26の硬化温度と電気接続体21の接続温度との兼ね合いを取るようにすることができ、熱によりエポキシ樹脂の硬化が開始される一方で、電気接続体21が溶融しないようにすることができる。より高温のはんだなどで接続する場合は、より高温で硬化できる接着層として、ポリイミドなどを用いても良い。

【0085】

ホットプレートで加熱しながら、ダイアフラムや発泡シリコンゴムなどを用いて、素子間接続体30の素子裏部分(本体部)32Aの上からホットプレートに向けて圧力をかけることにより、図7の状態に圧力と熱を加えることにより素子間接続体30の素子裏部分(本体部)32Aが変形するようにする。この際、これらのスタンパーは可撓性を有しており、ある程度硬化した接着層26の部分にあたる部分はへこみ、接着層26がない部分では素子側に凸となる形状となり、図9(c)に示すように受光素子裏面の集電電極14に対しては接着層26を通じて絶縁されるとともに受光素子裏面の線状電極12、及び電流取り出し電極13に対しては電気接続体21を通じて接続される。なお、この加熱工程では加熱真空ラミネータを用いるとより好ましい。

【0086】

必要であればこの状態で受光素子の電氣的特性を評価する。このことにより、実際の素子裏での素子間接続体による光反射の効果を含めた電氣特性を評価することができる。

【 0 0 8 7 】

更に、前述の片面のみに錫・ビスマスはんだが塗布された素子間接続体 3 0、ここでは素子接続体 3 0 e (対象がストリング列のなかの素子の場合は素子間接続体 3 0 を用いる)を、受光素子 1 0 a の素子間接続体 3 0 の素子裏部分 (本体部) 3 2 A の上に配置する。この際、ディスペンサーなどを用いて素子接続体 3 0 e (あるいは外側部分 3 2 B) と素子裏部分 (本体部) 3 2 A との間に部分的に接着層を設けてもよい。これと同時に、新たな素子間接続体 3 0 の素子間接続部 3 1 を受光素子 1 0 a の電流取り出し電極 1 5 部分と一部が重なるように配置し、ホットプレートで加熱する (ステップ S 1、図 1 2 (a))。ホットプレートを加熱する際に、ダイアフラムや発泡シリコンゴムなどを用いて、素子間接続体 3 0 の外側部分 3 2 B の上からホットプレートに向けて圧力をかけることにより、素子間接続体 3 0 の素子裏部分 (本体部) 3 2 A と外側部分 3 2 B、受光素子 1 0 a の電流取り出し電極 1 5 と素子間接続体 3 0 の素子間接続部 3 1 とを接続する。接続する際に、上記の受光素子 1 0 a と素子間接続体 3 0 との各素材の位置がずれないようにする。また、素子間接続体の素子裏部分 (本体部) 3 2 A、外側部分 3 2 B の端部が受光素子の集電電極 1 4 のもっとも外側の電極と直接接触しないように位置合わせを行う。次に、ホットプレート温度を 1 0 0 程度まで低下させる。

10

【 0 0 8 8 】

このようにして順次、接続を行うが、接続プロセスは 3 つに分けることができ、他に接続する受光素子がある場合 (ステップ S 2 で Yes の場合) には、ステップ S 1 へと処理が戻る。つまり、つぎの受光素子を接続する場合として、(接続プロセス 1) 素子ストリングの延在方向に沿って次の受光素子 1 0 を接続する場合、(接続プロセス 2) 素子ストリングの延在方向とは異なる方向に次の受光素子 1 0 を接続する場合、(接続プロセス 3) 受光素子モジュール 1 の他方の端部の受光素子 1 0 f を接続する場合、とに分けることができる。ここでは、それぞれの場合について、6 個の受光素子を 3 組 2 列につなげる場合を例に、簡単に説明する。

20

【 0 0 8 9 】

(接続プロセス 1)

接続プロセス 1 は素子ストリングの延在方向に沿って次の受光素子 1 0 を接続する場合である。あらかじめ素子裏部分 (本体部) 3 2 A が接続された受光素子 1 0 b をホットプレート上に配置し、その素子裏部分 (本体部) 3 2 A 部分に対し、上記受光素子 1 0 a の電流取り出し電極 1 5 に接続された素子間接続体 3 0 の素子間接続部 3 1 が重なるように配置する (図 1 2 (b))。新たな素子間接続体 3 0 の素子間接続部 3 1 を受光素子 1 0 b の電流取り出し電極 1 5 の上に配置し (図 1 2 (c)、ステップ S 1 に戻った状態)、受光素子 1 0 a をホットプレートから外してホットプレート上には主に受光素子 1 0 b 部分のみが載った状態にして、受光素子 1 0 b 上の素子間接続体の外側部分 3 2 B に下向きの圧力を加えながら再びホットプレートの温度を 1 4 0 ~ 2 0 0 程度まで上昇させてから再び 1 0 0 程度まで温度を下げることによって、素子間接続体 3 0 の片面を被覆しているはんだを素子の裏面電極に融着させ、素子間接続体の素子裏部分 (本体部) 3 2 A と外側部分 3 2 B とを、電気接続体 3 3 で接続する。このように前回の受光素子 1 0 a をホットプレート上から逃がすことによって、ホットプレートとともに新しい受光素子 1 0 b を加熱しても受光素子 1 0 a のはんだがはずれることがなくなる。この際、受光素子 1 0 a を冷却していても良い。なお、上記では大気圧下でゴムなどで圧力を加えたが、加熱真空ラミネータを用いるとなお良い。ここでまた、ステップ S 2 となる。

30

40

【 0 0 9 0 】

更に、ストリングをのばしていく場合も同様に、新たな受光素子 1 0 c を用意し、ストリング端部の素子間接続体 3 0 の素子裏部分 (本体部) 3 2 A を先述の方法と同様にして接続する (ステップ S 1)。ホットプレート上に受光素子 1 0 c を受光面がホットプレート側となるように配置し、受光素子 1 0 b に接続されたストリング端部の素子間接続体 3 0 の外側部分 3 2 B を受光素子 1 0 c の線状電極 1 2 及び電流取り出し電極 1 3 上に配置し、また、新たな素子間接続体 3 0 の素子間接続部 3 1 を電流取り出し電極 1 5 と重なる

50

ように配置する（ステップS2）。この際も、一方の極の素子電極が他方の極の素子電極と接触しないようにする。

【0091】

素子間接続体が接続された受光素子10a及び10bをホットプレートの加熱部分の外に移動させるとともに受光素子10cを加熱、加圧して接着、接続する（ステップS1）。これを、所望の数だけ繰り返していくことによって、受光素子10のストリング列を形成することができる。

【0092】

（接続プロセス2）

接続プロセス2は素子ストリングの延在方向とは異なる方向に受光素子10を接続する場合である。この場合には、ステップS1で、まず、ストリングの折り返し地点の受光素子10cを素子間接続体30の外側部分32Bの下に配置し、図13(a)のように配置する。このとき、受光素子10cと素子間接続体30とはまだ加熱されておらず、接着していない。次に、はんだコートされたストリング間接続体34を基板上の電流取り出し電極15に重ねて配置する。この際、ストリング間接続体34には、既に記載したようにあらかじめ素子接続体30eが接続されており、素子列は図13(b)に示すようになる。

10

【0093】

受光素子10c、素子間接続体30の外側部分32B、及びストリング間接続体34とをホットプレート上で加圧、加熱することにより（ステップS1）、受光素子10cと10bは素子間接続体により接続され、また、受光素子10c上の電流取り出し電極15と素子接続体30eとが接続され、受光素子10cでストリングが折り返した状態で素子接続体30eが接続される。

20

【0094】

これ以降、素子を接続してストリングをのばしていく場合は（接続プロセス1）と同じ手順で素子を素子間接続体によって接続していけばよい。具体的には、素子接続体30eを、受光素子10dの素子間接続体の素子裏部分（本体部）32Aの上に配置する。これと同時に、新たな素子間接続体30の素子間接続部31を受光素子10dの電流取り出し電極15部分と一部が重なるように配置し、ホットプレートで加熱する（ステップS1）。ホットプレートを加熱する際に、ダイアフラムや発泡シリコンゴムなどを用いて、素子間接続体の外側部分32Bの上からホットプレートに向けて圧力をかけることにより、素子間接続体の素子裏部分（本体部）32Aと素子間接続体の外側部分32B、受光素子10dの電流取り出し電極15と素子間接続体30の素子間接続部31とを接続する。接続する際に、上記の受光素子10dと素子間接続体30との各素材の位置がずれないようにする。また、素子間接続体の素子裏部分（本体部）32A、外側部分32Bの端部が素子の集電電極14のもっとも外側の電極と直接接触しないようにする。そして、ホットプレート温度を100程度まで低下させて、1つ分の素子の接続が完了する。

30

【0095】

（接続プロセス3）

接続プロセス3は、受光素子モジュール1の他方の端部の受光素子10fを接続する場合である。この場合には、あらかじめ素子接続体30eの素子裏部分（本体部）32Aが接続された受光素子10fを受光面がホットプレート側になるようにホットプレート上に配置する。図14(a)に示される、あらかじめ受光素子10eの電流取り出し電極15に接続された素子間接続体の外側部分32Bを、受光素子10fと重なるように配置する（図14(b)）。

40

【0096】

新たな電流引き出し線38を、受光素子10fの電流取り出し電極15の上に配置し、ホットプレート上には主に受光素子10f部分のみが載った状態にして、受光素子10f上の素子間接続体の外側部分32Bにホットプレート側への圧力を加えながらホットプレートの温度を140～200程度まで上昇させてから（ステップS1）再び100程度まで温度を下げることによって、素子間接続体30の片面及び電流引き出し線38を被

50

覆しているはんだを受光素子 10 f の電流取り出し電極 15 に融着させ、素子間接続体の素子裏部分（本体部）32 A と外側部分 32 B とを、また、電流引き出し線 38 と受光素子 10 f の電流取り出し電極 15 とを、電気接続体 33 で接続する。このように受光素子 10 f 以外をホットプレート上から逃がすことによって、ホットプレートとともに受光素子 10 f を加熱しても他の受光素子のはんだが再溶融してはずれたりすることはない。なお、上記では大気圧下でゴムなどで圧力を加えたが、加熱真空ラミネータを用いるとなお良い。

【0097】

以上の工程を組み合わせながら繰り返し実行していき、図 11 のステップ S2 で他に接続する受光素子がなくなった状態（ステップ S2 で No の場合）で、図 1 と図 2 に示した受光素子配列が得られる。

10

【0098】

以上では、受光素子 10 a から受光素子 10 f へと接続していく向きに従って受光素子モジュールの作成方法を説明したが、逆に受光素子 10 f から受光素子 10 a へと接続される方向、すなわち、素子間接続体 30 の外側部分 32 B を素子と接続した後に素子間接続体の素子間接続部 31 と隣の受光素子上の電流取り出し電極 15 とを接続するよう順番で接続していても良い。また、受光素子 10 の受光面側をホットプレート側にして接続したが、この逆に受光素子裏面をホットプレート側に向けて素子間接続体 30 と接続するようにしても良い。

【0099】

20

この後、2列のストリングから構成される受光素子配列の表面側上には、受光素子配列より若干大きい程度の大きさのシート状のエチレンビニルアセテート樹脂などの封止材 22 とガラスなどの受光面側主面材 23 を配置し、裏面側上には受光素子配列より若干大きい程度の大きさのシート状のエチレンビニルアセテート樹脂などの封止材 22 と耐候性のポリエチレンテレフタレート樹脂とアルミニウムを張り合わせたシートなどからなる裏面側主面材 25（バックシート）を配置した積層体を構成する。そして、この積層体を加熱真空ラミネータによって減圧下で 100～150 の温度で 20 分程度加熱することによって、受光素子配列が受光面側主面材 23 と裏面側主面材 25 によって封止される（ステップ S3）。

【0100】

30

この際、裏面側主面材 25 及び裏面側の封止材 22 に孔を開けておき、受光素子配列の裏側に形成されたこの孔の部分から 2 本の受光素子モジュール 1 の電流引き出し線 38 を出した状態で封止しておくことによって、裏面側主面材 25 の孔部分から電流引き出し線 38 を取り出せるようにしておく。この電流引き出し線 38 は、ジャンクションボックス中の導線と接続されて、ジャンクションボックスに接続されたケーブルを通じて受光素子モジュール 1 の外部に取り出される。

【0101】

この後、封止された板状の受光素子配列の端部にフレームを、電流引き出し線 38 部分にはジャンクションボックスを、シリコン樹脂などで接着する（ステップ S4）。このようにして図 1 及び図 2 に示した、受光素子モジュール 1 を得ることができる。

40

【0102】

以上説明してきたように、実施の形態 1 による受光素子モジュール 1 では、受光素子の素子電極のパターンは通例の構成をとり、同一面上に同一厚さで形成されているが、素子間接続体 30 が素子裏部分（本体部）32 A で負電極である第 1 の電極と電氣的に接続されるとともに、正電極である第 2 の電極とは絶縁層である接着層 26 により絶縁されている。従って、負電極における集電は線状電極 12 のみでなく線状電極 12 の直上で面接触する素子間接続体 30 を通じて行われるため、線状電極 12 だけの場合に比べて大幅に集電抵抗を低減することができ、従来に比べて光電変換効率を向上することができる。これにより、素子サイズのより大きいものをモジュールに使用することができ、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができるという利点を有する。このことは素子が

50

らの放熱のための熱抵抗についても同様であり、実施の形態1では素子温度を低く保つことができ、この結果として光電変換効率に優れた受光素子モジュール1を得ることができるという利点を有する。

【0103】

また、本実施の形態1による受光素子モジュール1においては、絶縁層である接着層26をあらかじめ一方の素子電極である第2の電極(集電電極14, 電流取り出し電極15)上に形成しておくことにより、モジュール化時における高精度な位置あわせをおこなうことなく、銅箔を他方の素子電極である第1の電極(線状電極12, 電流取り出し電極13)へのみ接続することができるという利点を有する。これにより、従来の受光素子モジュールでは必要であった素子間接続体30と受光素子10との間の細かな位置あわせが不
10
必要となり、位置あわせ精度に依存することなく素子電極の電極ピッチを狭くすることができる。従って、内部抵抗が小さく、キャリア収集効率が高く、光電変換効率に優れた受光素子モジュールであるという利点を有するとともに、より狭い電極ピッチをもつ受光素子モジュールを製造することができる。

【0104】

また、実施の形態1による受光素子モジュール1では、シリコン基板の光吸収係数が小さく透過させてしまう一部の波長の光に対して反射率が高い銅箔(素子間接続体30の素子裏部分(本体部)32A)を素子裏に有し(図9(c))、受光素子10と素子間接続体30の素子裏部分(本体部)32Aの間には主に透光性の高い接着層26があるのみである。このため、800~1300nm程度の波長の光が素子の裏面まで透過しても、素子間接続体30の素子裏部分(本体部)32Aによって再度素子に光を入射させることが
20
できる。従って、光の損失が小さくなり、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができるという利点を有する。

【0105】

また、本実施の形態1による受光素子モジュール1は、素子電極部分を金属(素子間接続体30)と封止材22である樹脂とで覆うことができるため、受光素子の周囲環境から素子電極部分に到達する水分を低減することができる。このため、素子電極金属のマイグレーションによる正負極間の短絡や電気化学反応による抵抗増大を防ぐことができ、光電変換効率に優れた受光素子モジュールであるという利点を有する。これは特に、正極と負極の電極間距離が小さい、光電変換効率が高い受光素子の場合に重要である。
30

【0106】

また、本実施の形態1による受光素子モジュール1は、一方の電極に接続される素子間接続体が素子裏面全面を覆っているため、素子を透過した光が電極で反射されて再び素子に光が入射され、光の透過損失が低減されるだけでなく、素子電極が素子裏全面を覆う構造に比べ、素子間接続体の厚さを容易に厚くすることができる。従って、素子電極のみを有する素子に比べて素子内の導電抵抗を大幅に低減でき、この結果として受光電流に対する集電抵抗が低下され、抵抗による電力損失を小さくすることができる。

【0107】

また、素子電極のみで集電を担うのではなく素子間接続体によって集電を行うため、素子上に厚膜の電極を形成した場合のように、素子が反る、あるいは、素子電極への膜応力によるクラックや剥離が生じるという問題もない。
40

【0108】

さらにまた、屋外で使用される受光素子では、外気の湿度の高さにより樹脂内に水分が侵入し、電気化学反応を起こすことによる金属電極の腐食を引き起こす可能性があるが、本実施の形態では、素子間接続体30と封止材22とにより、水分の侵入を抑制することができる。

【0109】

本実施の形態1においては、モジュール化をおこなう際に素子間接続体を素子に接続するためには受光素子の裏面に合うようにして素子間接続体を接着すればよく、高精度な位置あわせは不必要であり、この結果として位置あわせ精度を上げることができるという利
50

点を有する。なお、接着層26を形成する際に、位置あわせをおこなっているが、この位置あわせについてもどちらかの電極を完全に覆うとともに他方の電極の一部を露出できればいいだけであるため、位置あわせは高精度である必要はない。

【0110】

また実施の形態1による受光素子モジュール1では、図6及び図8(a)~図8(d)に示す平板状の素子間接続体30が、受光素子10の正極と接続される一方で負極とは接着層26によって絶縁されるため、従来のように素子間の位置あわせをおこなう必要がない。本実施の形態1の方法は、受光素子10単位で部分毎に接続していき後で1つのモジュールにまとめることができるため、生産性が高い。また位置ずれが生じた場合にも、位置ずれが生じた素子を再度配置し直せばよいため作業性が高い。

10

【0111】

さらにまた、本実施の形態では素子間接続体によって電流を搬送するため、素子電極の場合のように、光反射性の高い金属であること、横方向導電性向上のための厚膜化、モジュール化のためのはんだ付け性の確保、素子裏面への高い密着性などの要件が不要となる。また、銅を用いた場合に、直に接触することでシリコン内に銅が拡散して素子の光電変換特性を悪化させるのを防止するためのバリア金属の形成なども不要である。

【0112】

本実施の形態1では、素子内での集電に寄与する裏面側電極を素子間接続体によって実現するとともに、素子を透過した光を反射する裏面反射膜としての機能も素子間接続体にもたせることができる。従って、素子間を接続する素子間接続体をより少ない工程数で形成することができ、より少ない工程によって光電変換効率に優れた受光素子モジュールを製造することができる。

20

【0113】

また、受光素子上の素子電極である第1の電極と素子間接続体の接続は、第1の電極に直接当接することで実現されるため、素子上での電流搬送距離が極めて短く、抵抗損失が少なく、光電変換効率に優れた受光素子を得ることができる。

【0114】

このような反射体である素子間接続体30が素子裏面にある場合、素子電極である線状電極12と集電電極14との間を透過する光が素子間接続体30によって反射されて得られる利得により、光電流量は変化する。実施の形態1では、素子間接続体30を素子に接続した上で光電流量を評価して、光電流量が一致するものを組みあわせてモジュールを作成できるため、各受光素子10の発電電流値を略一致させることができる。その結果、ストリングには他の受光素子10に比して著しく低い発電電流値を有する受光素子10がないので、受光素子モジュール1の発電効率を従来に比して高めることができる。このため、従来のように、受光素子間の電流が一致しないような状況を生じなくすることができる。

30

【0115】

以上の実施の形態1では、受光素子として、単結晶シリコン基板上にアモルファスシリコン層を形成したヘテロ接合太陽電池を例に記載したが、微結晶アモルファスシリコンや微結晶シリコン炭化物等、他の半導体薄膜層を形成したヘテロ接合太陽電池に加え、拡散型太陽電池など、受光素子全般に適用可能である。

40

【0116】

また、実施の形態1では集光しない用途の太陽電池について記載したが、集光用途の太陽電池に用いてもよい。その際は、素子のサイズをより小さくし、素子間を広げて、受光面材としては平坦な板ガラスではなく、素子毎にレンズ機能をもつ透光部材を用いることができるが、基本的な構造は実施の形態1と変わらない。

【0117】

また、このような受光素子モジュールは受光面側に電極を含まないため、一様な外観とすることができ、意匠性が高く、時計用電源などや光量センサなどの受光センサにも適用可能である。

50

【 0 1 1 8 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、素子間接続部 3 1 と、素子の裏面に接続される本体部 3 2 とが一体構造である素子間接続体 3 0 を用いて素子間を接続した場合について述べたが、本実施の形態 2 における受光素子モジュールは、素子間接続体として、図 1 5 及び図 1 6 (a) に示すように、本体部 1 3 2 と、この本体部 1 3 2 に重ねられるフィンガー状の素子間接続部 1 3 1 とで構成される別体型の素子間接続体 1 3 0 を用いたことを特徴とするものである。本実施の形態 2 の素子間接続体は、本体部 1 3 2 は単層構造とし、素子間接続部 1 3 1 をフィンガー根元部 1 3 1 a とフィンガー 1 3 1 b とからなるフィンガー状にし、フィンガー 1 3 1 b で本体部 1 3 2 の裏面側を支持した構造をなすものである。

10

【 0 1 1 9 】

図 1 5 は、実施の形態 2 による受光素子モジュールを受光面側から見た平面図であり、図 1 6 (a) は、実施の形態 2 による受光素子モジュールを裏面側から見た平面図である。図 1 6 (b) は、図 1 6 (a) の O₀ 部分の拡大図である。図 1 7 は、実施の形態 2 の受光素子モジュールを構成する受光素子及び素子間接続体との位置関係を模式的に示す斜視図であり、素子間接続体を接続する前の状態で素子と素子間接続体に接続された受光素子を裏面側から見た状態を示すものである。図 1 8 は素子間接続部 1 3 1 を示す斜視図である。図 1 9 (a) は、実施の形態 2 で用いられる素子間接続部を示す平面図、図 1 9 (b) は、図 1 9 (a) の要部拡大図、図 1 9 (c) は、図 1 9 (b) の I - J 断面図である。図 2 0 (a) は、実施の形態 2 の受光素子と素子間接続体の本体部 (特に接着層) との位置関係の一例を示す平面図、図 2 0 (b) は、図 2 0 (a) の X 方向断面に相当する図であるが、素子間接続部が装着された状態を示している。つまり図 2 0 (b) は、図 1 6 (a) の E - F 断面図に相当する。図 2 1 (a) 及び図 2 1 (b) は、実施の形態 2 の受光素子モジュールを示す断面図であり、図 1 6 (a) の C₂ - D₂ 断面図及び C₃ - D₃ 断面図である。本実施の形態においても、図 1 5、図 1 6、図 2 0 (a)、図 2 1 (a) ~ 図 2 1 (b) では、見易さのため素子封止材、フレーム、ジャンクションボックス、及び図 1 5、図 1 6 では受光面と裏面に用いられるモジュール主面材の図示を省略している。

20

【 0 1 2 0 】

本実施の形態の素子間接続体 1 3 0 は、図 1 7 に示すように、本体部 1 3 2 とこれに接続されるフィンガー状の素子間接続部 1 3 1 とで構成されている。そしてこの本体部 1 3 2 は 1 層構造であるが、凸部 1 3 2 R 1 と凹部 1 3 2 R 2 とを有している。このような素子間接続体 1 3 0 を用いる受光素子としては約 1 5 6 m m 角の疑似的に四角となる基板を有し、その素子電極として、本実施の形態 2 においては 2 つの極の両方を実施の形態 1 と同様、グリッド状の集電電極とする場合について説明する。なお、素子電極はこのほかの形状でもよく、例えば一方の極性の素子電極については、後述する実施の形態 3 の受光素子に示されるような複数の点状の電極が離間して列を形成して構成される電極などでもよい。

30

【 0 1 2 1 】

また、一般的に受光素子における光電変換効率を高める点から素子基板内での少数キャリアの拡散長よりも集電電極の幅が狭いことが、望ましい。このため集電電極の幅は 2 m m 程度以下であるが、図 2 0 (a) においては素子間接続体の素子基板に対する X 方向の位置がわかりやすいように、X 方向の電極幅を広くし、素子基板に対する集電電極の本数を少なく記載している。図 2 0 (a) では、見やすさのために基板上に形成される素子電極の本数を減らしているため、素子基板の大きさに対して素子電極の幅が大きく表示されており、それにあわせて素子間接続体の素子裏部分 (本体部) 1 3 2 に形成されている凸部 1 3 2 R 1、凹部 1 3 2 R 2 も大きく記載されている。また、受光素子 1 0 の基板上電極の位置と素子間接続体の素子裏部分である本体部 1 3 2 に形成されている凸部 1 3 2 R 1 の Y 方向の位置が一致していることを示しており、凸部 1 3 2 R 1 において素子間接続体の本体部 1 3 2 と基板上に形成された線状電極 1 2 とが接触していることを示している。その一方で、接着層 2 6 が実施の形態 1 において図 5 に示した接着層 2 6 とほぼ同様に

40

50

主に集電電極 14 を覆うように形成されているため、基板上に形成されている素子電極の他方の極となる集電電極 14 と素子間接続体の本体部 132 とは電氣的に絶縁されている。

【0122】

図 20 (a) に示すように、素子間接続体 130 の凸部 132R1 は受光素子 10 上の一方の極性の線状電極 12 と位置が合うように受光素子と位置を合わせて接続される。また、本実施の形態 2 における素子間接続体 130 においては、形成された凸部 132R1 の X 方向の幅 (U24) が図 20 (a) に示すように受光素子基板上に形成された一方の極性の隣接する集電電極 14 間の間隔に比べて小さく (U23 > U24) 形成されている。X21 は線状電極 12 のピッチ、X22 は凸部 132R1 のピッチを示す。そして、素子間接続体 130 の凸部 132R1 が素子電極の方向へ付き出した構造となり、素子上の線状電極 12 と凸部 132R1 が接続され、この凸部 132R1 は集電電極 14 の間に位置する構造となっている。これを X 方向に平行な面で切り取った断面図として図示すると、素子間接続体 130、接着層 26、基板上に形成される素子電極との間の層構成は図 19 に示すようになる。

10

【0123】

図 20 (a) および (b) では、集電電極 14 の外周部にも接着層 26 が形成されている。このような素子間接続体は銅箔によって作成することができその厚みは 20 ~ 50 μm とすることができ、電気接続体 33 としては銀錫はんだなどを用いることができる。このような素子間接続体付き受光素子を形成するための素子間接続体の断面図を図 19 (c) に示す。図 19 (c) の素子間接続体には受光素子との接続領域としてめっきなどにより錫などはんだ付け性のよい金属がおおよそ凸部 132R1 の全域に形成されている。更に、溶融はんだ槽にこの凸部 132R1 を浸漬することにより素子電極との接続領域に電気接続体 21 を形成してもよい。また、後に説明する実施の形態 3, 5 の受光素子モジュールのように受光素子側を溶融はんだ槽に浸漬して素子電極上に電気接続体 21 を形成しておいても良い。

20

【0124】

受光素子の構造及び製造工程については前記実施の形態 1 と同様である。また受光素子モジュールの製造工程についても前記実施の形態 1 と同様であるが、図 21 (a) 及び図 21 (b) に図 16 (a) の C₂-D₂ 断面図及び C₃-D₃ 断面図を示すとおりである。図 21 (a) は、フィンガー状の素子間接続部 131 の存在する断面であり、図 21 (b) は、フィンガー状の素子間接続部 131 の存在しない断面である。そして、実施の形態 1 と同様、2 列のストリングからなる受光素子配列の表面側と裏面側には、シート状の封止材 22 が配置され、この封止材 22 を介して、表面 (受光面) 側には受光面側主面材 23 が接着され、裏面側には、裏面側主面材 25 が接着されている。

30

【0125】

また、受光面側主面材 23 と裏面側主面材 25 で挟まれた構造を金属などによるフレームで支持がなされ、電流引き出し線 38 が封止材 22 と裏面側主面材 25 の切れ目から接続箱を介して裏面に取り出された構造となり、受光素子モジュール 1 を構成している。

【0126】

このようにして作成された素子ストリングの受光面側と裏面側を封止材及び主面材によって封止することで受光素子モジュール構造を得ることが可能となる。

40

【0127】

このような実施の形態 2 に示す素子間接続体、素子間接続体付き受光素子、受光素子モジュールの構造では、素子間接続体 130 の本体部 132 が規則的な凹凸を有していることから本体部 132 上の凸部 132R1 の占める面積比率が小さいために、素子間接続体 130 上の凸部と他方の極となる素子上の集電電極 14 との間の重なり面積を減らすことができる。従って、絶縁性を向上させることができると共に、赤外線の光反射率が高い銅が表面に出ている割合を高めることができ、受光素子 10 裏面側での基板へ光反射量を増大させ、受光素子の光電変換効率を向上することができるという利点を有する。また、凹

50

凸の存在により、わずかな反りや変形による、接触不良を防止することができる。また、熱歪に対しても吸収性がよく、素子間接続体 130 が受光素子から剥離したり変形したりするのを防止することができる。

【0128】

なお、素子間接続体 130 の本体部 132 及び素子間接続部 131 の形状としてはこのような形状に限るものではない。このような素子間接続体に形成される凸部 132R1 は、素子間接続体の本体部 132 が受光素子 10 上の他方の極性の集電電極 14 及び電流取り出し電極 15 に対して接触しない状態であれば全ての凸部 132R1 が集電電極 14 間に存在していなくてもよい。例えば、受光素子 10 の辺に対して斜めになるように素子間接続体に凹凸列を形成してもよく、その際は、凸部は素子上の線状電極 12 と平行とはならないため一部の凸部 132R1 が集電電極 14 などと重なってもよい。

10

【0129】

本実施の形態 2 の素子間接続体においては、本体部 132 は単層構造としたが、素子間接続部をフィンガー根元部 131a とフィンガー 131b とからなるフィンガー状にし、フィンガー 131b で本体部 132 の裏面側を支持した構造をなす。別の見方をすれば、本体部 132 の一部がフィンガー 131b によって 2 層構造となり補強及び通電抵抗の低減効果を持つものである。

【0130】

実施の形態 3 .

図 22 は、実施の形態 3 による受光素子モジュールを受光面側から見た平面図であり、図 23 は、実施の形態 3 による受光素子モジュールを裏面側から見た平面図である。図 24(a) ~ 図 24(e) は、素子間接続体を示す図である。図 24(a) 及び図 24(b) は、ストリング端以外に相当する部分の素子間接続体及びその要部拡大図であり、図 24(b) は、図 23 及び図 24(a) の O₁ 部分の拡大図である。図 24(c) 及び図 24(d) は、ストリングの折り返し部の素子間接続体及びその要部拡大図であり、図 24(d) は、図 23 及び図 24(c) の O₂ 部分の拡大図である。図 24(e) は、その断面図である。図 25(a) は、実施の形態 3 で用いられる受光素子を示す平面図、図 25(b) は、受光素子 10 の電極形成のためのコンタクト位置を示す図である。図 26 は、実施の形態 3 の素子基板上の電極と絶縁層との接触形状の一例を示す平面図であり、できあがりの素子間接続体付き受光素子を裏面（非受光面）側から素子間接続体を透過して見た場合の透視図である。図 27(a) は、実施の形態 3 の受光素子モジュールに用いられる素子間接続体を示す平面図である。図 27(b) は、受光素子上に接着層を形成して素子間接続体を接続した状態を示す図である。図 28 は、素子間接続体付き受光素子モジュールの素子間接続体と素子部分を取り出した状態を示す図である。図 29 は、受光素子と素子間接続体との接続の状態を示す断面図である。図 30(a) 及び図 30(b) は、実施の形態 3 の受光素子モジュールを示す断面図であり、図 23 の C₂ - D₂ 断面図及び C₃ - D₃ 断面図である。図 31 は、素子間接続体付き受光素子を示す断面図、図 32 は、実施の形態 3 による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を示すフローチャートである。図 33(a) ~ 図 36(b) は、実施の形態 3 による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。

20

30

40

【0131】

図 27(b) のようにその裏面側に素子間接続体が装着された状態の受光素子を本実施の形態 3 においては素子間接続体付き受光素子と呼び、素子間接続体がついていない状態の素子を受光素子と呼ぶ。受光素子 310 は、ストリング上の位置によって 310a ~ 310f ということもある。本実施の形態 3 では、素子間接続体 230 を、別体形成された素子間接続部 231 と表面に凹凸を有する単層構造の本体部 232 とで構成した点、受光素子 310 の素子電極がドット状電極である点が、前記実施の形態 1, 2 と大きく異なる点である。51 は素子間接続部 231 と本体部 232 との接続部を構成するめっき層であり、26 は絶縁性樹脂からなる接着層である。

【0132】

50

(受光素子モジュールの構造)

ここでは、まず、受光素子を素子間接続体で接続した受光素子モジュールの構造について説明した後、受光素子の構造について説明し、そして受光素子間を接続する素子間接続体の構造について説明する。

【0133】

実施の形態3の受光素子モジュール1は、図22及び図23に示すように、背面接続型の受光素子がひとつながりに直列に接続されて構成されている。図22、23には図示されていない、表面側主面材と裏面側主面材の間に、受光素子列が封止材によって封止されている。

【0134】

各素子間は、素子間接続部231と本体部232とからなる素子間接続体230によって電氣的に接続されて直線状の素子列(ストリング)が形成されている。1つのストリングと他のストリングとの間は、図22及び図23または図36(b)の受光素子310c、310dにて示されるように、それ以外のストリング部分に用いられているもの(図24(a))に対して向きが90度回転した素子間接続体230(図24(c))によって電氣的に接続される。素子間接続体230は別体成形された素子間接続部231と本体部232とを接合して用いるため、向きの選択が自由であるという利点がある。

【0135】

本実施の形態3においても実施の形態1、2と同様、ひとつながりの素子列の末端の受光素子310a、310fでは電流引き出し線38が素子に接続され、2本の電流引き出し線38の一部が、裏面側の封止材22及び裏面側主面材25に形成された孔の部分から、封止材22と裏面側主面材25の外に出た状態となる。封止材22から出た電流引き出し線38は、ジャンクションボックス中の導線と接続されて、ジャンクションボックスに接続されたケーブルを通じて受光素子モジュール1の外部に取り出せるようにすることにより、受光素子モジュール1となる。

【0136】

実施の形態3の受光素子310は、図25(a)と図25(b)の素子裏面の平面図に示されるように、基板の平面形状が略矩形で、厚さがたとえば0.01~0.5mm程度の薄板状のpn接合を有する素子基板11によって構成される。

【0137】

本実施の形態3においても図25(a)及び図25(b)に示すように円柱インゴットをスライスしたまま、角の一部が切り落とされた形状の基板が使用されることが多く、このような形状も前記の略矩形に含まれる。

【0138】

このような受光素子310としても実施の形態1、2と同様、pn接合を有する結晶シリコン受光素子やガリウムヒ素受光素子などの化合物半導体を用いた化合物系受光素子を用いることもできる。また、pn接合はドーパントが基板に拡散されることによって形成されていてもよいし、結晶シリコン基板とアモルファスシリコン膜又は微結晶シリコンなどの薄膜など、互いにバンドギャップの異なる材料の組み合わせなどによって形成されるヘテロ接合型の素子であってもよい。

【0139】

図25(a)に示すように、受光素子310の裏面側の領域には、点状電極12Dが負電極として形成されている。これらの点状電極12Dは、素子基板と直接接触する部分としては、素子を透過した光を反射する目的のためにアルミニウム、銀、金、錫、ロジウム、パラジウムなどの広い波長範囲において光反射率が高い材料を主に含んだ金属材料を用い、反射金属層とすることが望ましい。また、素子基板11との接触抵抗が小さい金属を選ぶことが好ましい。例えば、シリコン基板のp型半導体領域に対してはアルミニウムを、n型半導体領域に対してはチタン、ジルコニウム、クロムなど、仕事関数の小さい金属を含有するアルミニウムなどを用いるとショットキー障壁が低く接触抵抗が小さいために好ましい。

10

20

30

40

50

【0140】

この反射金属層の上に2層目として金属材料や反射金属層との反応や半導体基板への金属の拡散を抑制するバリア層などを積層していくことにより、金属が半導体へ拡散するのを防ぐとともに点状電極12Dから素子間接続体230への電気接続性を向上させることができる。このための材料としては、ニッケル、チタン、タングステンやその混合体及び合金などを用いることができる。点状電極12Dの最外層としては、モジュール化する際に素子間接続体と接続するために適した材料を用いることが望ましい。例えば、はんだを用いて素子と素子間接続体を接続する場合は、銅、錫、銀や、錫-鉛合金や錫銀合金などを用いることが望ましい。これらの電極には樹脂やガラス成分などを含んでいても良い。

10

【0141】

これ以外にも、例えばヘテロ接合が形成された受光素子の場合は、インジウム酸化物などによって形成される透光性電極と前記金属などを積層したものをを用いても良い。これらの電極にも樹脂やガラス成分などを含んでいても良い。

【0142】

点状電極12Dは、光キャリア生成により素子裏面側で高濃度となる負の電荷を取り出す電極であり、適当な間隔をおいて配設される。各点状電極12Dに集められた負電荷は、後に接続される素子間接続体230によって集電される。点状電極12Dのパターンは、基板へのドーピングによって形成される拡散型素子であるか、基板上にアモルファス薄膜などを成膜することで形成されるヘテロ接合型素子であるかによってだけでなく基板の比抵抗などによっても最適な配置が異なる。たとえば直径0.01~1mm程度の円形電極が所定の方向(本実施の形態3では図25(a)のY方向)に0.02~2mmの周期で直線的に配置され、電極列を構成する。このような直線的に配置された、電極列パターンが、0.05~2.5mmの周期で電極列の延在方向とは直交する方向(図25(a)のX方向)に離間して配置される。これらの電極間隔は、後述するように基板の少数キャリアの拡散長よりも小さい値であることが好ましい。

20

【0143】

本実施の形態3においては、後述のように点状電極12Dと素子間接続体230とが直に接続され、素子間接続体230は受光素子310aの外部に電流を取り出す電流取り出し電極として機能するとともに、素子の末端の素子間接続体の素子間接続部231まで、素子内から取り出した電流を集電する集電電極として機能する。なお、例えば電極間のピッチがY方向及びX方向において2mm程度であり、素子基板のサイズが156mmの場合、集電電極14の本数及び点状電極12DのY方向の列の数としては多数の本数となり、図にも記載が必要であるが、実施の形態2と同様に図24(a)及びこれ以降の図では簡略化して本数を減らして表示している。

30

【0144】

図25(a)に示されるように、受光素子310の主面である裏面側の一部領域には、点状電極12Dとは別の極性の集電電極14と電流取り出し電極15とが裏面電極として形成されている。集電電極14は、半導体基板からなる素子基板11の裏面側の広域を覆うようにして設けられ、電流を電流取り出し電極15まで集める機能を有する。集電電極14は、たとえばアルミニウム、銀、銅を主成分とする材料及びそれらを積層したものによって構成することができる。この集電電極14の全ての部分が素子基板11に直に接触している必要はなく、ドーパントが拡散されて形成される受光素子では、集電電極14の一部が受光素子を構成する素子基板11と点状に接触していることが望ましい。このような点状電極12D及び集電電極14と、受光素子基板との接触部分を構成する開口部であるコンタクト孔12h, 14hのパターンとしては例えば図25(b)のようにドット状にすることができる。点状電極12D及び集電電極14が、このコンタクト孔12h, 14hを介して受光素子基板にコンタクトするように形成される。ヘテロ接合によって形成される受光素子の場合では、電極は半導体基板とは直に接触せず、コンタクト孔12h, 14hに露呈する透光性導電膜やアモルファスシリコンなどを介して導通が取られる。

40

50

【 0 1 4 5 】

電流取り出し電極 1 5 は、一方の極性の集電電極 1 4 と接続され、集電電極 1 4 で集電した電流を受光素子 3 1 0 の外部に取り出す電流取り出し電極として機能する。電流取り出し電極 1 5 は、A g、アルミニウム、銅を、主に含んだ金属材料や合金、及びその積層体からなる。このようにして集電電極 1 4 で集電された電流は、電流取り出し電極 1 5 に接続された素子間接続体 2 3 0 を介して外部に取り出される。図 2 5 (a) に示すように、素子基板 1 1 と逆の導電型の領域が素子端部を含めて広く形成された本実施の形態 3 の受光素子は光電変換効率が良好であるという利点を有する。

【 0 1 4 6 】

これらの電極の高さは、本実施の形態 3 においては、図 2 9 に素子間接続体付き受光素子の断面図を示すように、点状電極 1 2 D の方が、集電電極 1 4 及び電流取り出し電極 1 5 よりも高く形成されている。この場合、受光素子の大きさによって異なるが、図 2 5 (a) の点状電極 1 2 D の電極の高さは、 $1 \mu\text{m} \sim 1 \text{mm}$ 程度であり、集電電極 1 4 及び電流取り出し電極 1 5 の高さはそれよりも低く、 $1 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度とすることができる。この電極部分の高さが高いほど、電極部分で歪むことによって、素子間接続体 2 3 0 と素子基板 1 1 (半導体基板) との膨張係数差による応力を電極部分で緩和することができ、また、素子電極の正極と負極間の絶縁性を高めることができる。

【 0 1 4 7 】

電極間ピッチについては少数キャリアの拡散長によって決まる。数 mm 程度であるため、電極間ピッチについては、 2mm 程度以下となる。また、素子間接続体に銅を使用する場合であればストリング延在方向に対して垂直な断面積としては、例えば 1mm^2 程度以上とすれば大きな抵抗口はなくなる。このため、 150mm 幅の素子間接続体を用いた場合は、約 10 マイクロメートル程度以上の厚みの素子間接続体が必要となる。

【 0 1 4 8 】

このような素子電極の電極間ピッチの場合、素子間接続体が薄く可撓性が高いため、集電電極 1 4 の部分で素子側に素子間接続体が曲がることにより、素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 と集電電極 1 4 とが短絡する可能性がある。また、一般的に、素子基板自体も表面に凹凸やうねり (Waviness)、反り、厚み分布等を有し、また、印刷等によって形成された素子電極自体の高さばらつきを有する。これらの素子の製造プロセスに起因して、 2mm 程度以内に隣接する素子電極間で 10 マイクロメートル程度の高低差が生じ、集電電極 1 4 と素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 が短絡する可能性がある。短絡が生じない電極間の高低差としては、素子電極間の間隔、素子間接続体の平坦性や剛性、およびモジュールの封止材の厚みに依るが、この高低差が大きい方が精密な位置あわせを行うことなく素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 と集電電極 1 4 とが短絡するのを防ぐことができる。電極間の短絡を防ぐためには、素子間接続体の厚みを厚くする、あるいは点状電極 1 2 D と集電電極 1 4 との高低差を大きくし、または、素子電極間の隙間を狭くする等のことが必要となる。支持体や電気接続体も含めた素子間接続体の厚みが 100 マイクロメートル程度以上となれば素子間接続体自体は急激な角度を持つ屈曲やたわみは生じにくい。点状電極 1 2 D と集電電極 1 4 との高低差と点状電極 1 2 D 間の隙間 ($X_{31} - U_{31}$) との比としては、点状電極 1 2 D と集電電極 1 4 の高低差 ÷ 電極間隙間距離 0.005 として素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 と集電電極 1 4 との短絡を抑制する。

【 0 1 4 9 】

その一方で、支持体や電気接続体も含めた素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 の厚みが 100 マイクロメートル程度以下の場合、素子間接続体自体は急激な角度を持つ屈曲やたわみは生じるため、点状電極 1 2 D と集電電極 1 4 との高低差と点状電極 1 2 D 間の隙間 ($X_{31} - U_{31}$) との比としては、点状電極 1 2 D と集電電極 1 4 の高低差 ÷ 電極間隙間距離 0.01

として素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 と集電電極 1 4 との短絡を抑制することが好ましい。Y 方向についても同様で、点状電極 1 2 D とそれ以外の素子基板との高低差と点状電極 1 2 D 間の電極距離との比が上記と同様になるようにすることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 0 】

本実施の形態3では、素子間接続体230の本体部232の厚みを、30マイクロメートル、集電電極14の基板からの高さを10マイクロメートル、幅を600マイクロメートル、点状電極12Dの基板からの高さを40マイクロメートル、直径(X方向幅)U31および(Y方向幅)V31を100マイクロメートル、素子上電極の電極間隙間距離(Y31 - V31)を0.2mm、点状電極12D間の電極ピッチX31を1mmとする。

【 0 1 5 1 】

また、その一方で、実施の形態1の図9(a)~9(c)、実施の形態2の図20(b)のように素子電極の正極と負極間に高低差がない場合でも、集電電極14部分にあらかじめ樹脂やセラミック等を配置し、可撓性を有する素子間接続体を用いて集電電極14の部分で素子間接続体230の本体部232を素子基板から浮かせることにより素子間接続体230の本体部232と集電電極14とが短絡するのを防ぐことができるため、必ずしも高低差を形成していなくても良い。これらの両方を同時に実施しても良く、素子電極間に高低差を設けると共に、素子間接続体230の本体部232を集電電極14の部分で素子基板から浮かせても良い。

【 0 1 5 2 】

これらの電極間に高低差を設ける方法としては、一方の電極のみにはんだペーストを印刷することができ、さらにより大きな高低差を設ける場合ははんだボールを接続することもできる。このようなものとしては、例えば点状電極12D部分にSn - Ag - Cuはんだボールあるいははんだパンプ等を形成することができる。例えば、直径100マイクロメートル程度の点状電極12D部分に直径300マイクロメートル程度のSn - Ag - Cuはんだボールを形成した場合、集電電極14に対して点状電極12Dは200~300マイクロメートル程度の高低差を保持することができる。これにより、一方の素子電極に対して素子間接続体を接続することが容易になる。電気接続体21あるいは素子電極自体を、このような低融点金属を溶融させる方法以外にも金属含有樹脂含有等による導電性樹脂を用いたり、Sn等の光電解めっきで負極のみに形成することにより、一方の極性の電極を高くして、高低差を増大させても良い。

【 0 1 5 3 】

つまり、点状電極12Dを構成する第1の電極に対して、負極を接続し、受光素子をめっき槽に浸漬し、光電解めっきを行うことにより、点状電極12D上のみ選択的にSn層などのめっき層が形成され、第2の電極よりも厚くすることができる。かかる構成により、同一平面上に正極と負極(第1および第2の電極)がある中で、負極のみを選択的に高くすることができるため、素子間接続体との接続に際し位置あわせが不要である。

【 0 1 5 4 】

なお、図25(a)では、集電電極14として金属を主成分とする導電体が裏面を細線状に形成される場合を示しているが、本実施の形態の受光素子は、電流取り出し効率を上げるためには少数キャリアの拡散長を素子電極間の距離よりも長くする必要があり、素子表面はパッシベーション膜によって不活性化されていることが好ましい。このようなパッシベーション膜を表面にもつ素子構造では、点状電極12D、集電電極14などの電極と素子基板11であるシリコンとの接触部分でのキャリアの再結合の影響が大きい。このため、電極とシリコンの接触面積を極力減らし、パッシベーション膜の占める面積を増やすことが素子自体の光電変換効率の高効率化につながり、より好ましい。

【 0 1 5 5 】

このため、本実施の形態3においては素子基板と電極類との接触は、図25(b)に示すようなパターンで形成された局所的なパッシベーション膜のコンタクト孔12h及び14hを通じて達成される。本実施の形態においては、このような受光素子基板から電流を取り出すそれぞれのコンタクト孔12h及び14hから電流をひとまとめにして取り出すために、正極では集電電極14や電流取り出し電極15が連続体として形成され電流取り出し電極15から素子の端部まで集電し、負極では素子間接続体の素子裏部分である本体部232がコンタクト孔12hに形成された点状電極12Dと接続されて素子の端部まで

10

20

30

40

50

の集電を担う。そして、電流取り出し電極 1 5 及び素子間接続体 2 3 0 を通じて素子間を電流が流れることができる。

【 0 1 5 6 】

なお、本実施の形態 3 の素子と電極の接触形状は図 2 5 (b) に示されるものに限定するものではなく、必ずしも点形状である必要はなく、実施の形態 1 と同様に線状に連続して接触してなる電極群を有していても良い。同様に、本実施の形態 3 の素子電極のパターンは図 2 5 (a) に示されるものに限定するものではなく、一方の電極が必ずしも点形状である必要はなく、実施の形態 1 と同様に線状に連続して接触してなる電極群で有り、また電流取り出し電極 1 3 を有していても良い。

【 0 1 5 7 】

また、実施の形態 3 では、素子電極として金属のみを用いる受光素子について記載しているが、これ以外にも、負電極と正電極の間で絶縁され、ほぼ全面に形成された透光性導電膜と金属電極との積層構造を用いた受光素子であってもよい。

【 0 1 5 8 】

裏面接続型の受光素子において、裏面電極は、素子の同一面に正極と負極を有するため、正と負の電極間を絶縁することが好ましい。絶縁層としては、気体を含む空隙などでもよいが、本実施の形態 3 では、受光素子 3 1 0 a と素子間接続体 2 3 0 の素子裏部分である本体部 2 3 2 との間の高い接着強度を付与するとともに点状電極 1 2 D と集電電極 1 4 との間および素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 と集電電極 1 4 ならびに電流取り出し電極 1 5 との間を絶縁するために、図 2 6 に示すように素子の電流取り出し電極 1 5 の一部及び点状電極 1 2 D 部分のみを除き集電電極 1 4 及び電流取り出し電極 1 5 を覆うように接着層 2 6 を形成している。絶縁性を向上させるためには、この絶縁層としては、樹脂等を用いることが好ましい。

【 0 1 5 9 】

このように本発明による実施の形態 3 では、素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 と素子基板 1 1 との間に接着層 2 6 が挟まれる構造であるため、接着層 2 6 の熱膨張率を素子基板 1 1 と素子間接続体 2 3 0 との間程度とすることにより、受光素子を構成する素子基板 1 1 と素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 との間での膨張係数差による応力を接着層 2 6 において緩和することができるという利点を有する。

【 0 1 6 0 】

従って、本実施の形態の受光素子 3 1 0 は素子裏に直に電極層が形成されるよりも厚みのある部材を素子間接続体の本体部 2 3 2 として使用することができるため、集電抵抗の小さい受光素子とすることができるという利点を有する。

【 0 1 6 1 】

なお、後述のように本実施の形態 3 における素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 は平坦でなく凹凸を有するため、接着層 2 6 の素子間接続体側の界面は凹凸を有しているが、図 2 6 では表示を省略している。

【 0 1 6 2 】

この際、点状電極 1 2 D の電極面積が小さいため、素子間接続体 2 3 0 との接続が妨げられると受光素子 3 1 0 と素子間接続体 2 3 0 との間抵抗が大きくなるため、接着層 2 6 は点状電極 1 2 D の上に重ならない方が好ましい。接着層 2 6 が点状電極 1 2 D の上に重なった場合は、後の工程で例えば点状電極 1 2 D 上の接着層 2 6 によって形成される凸部を研磨するなどによって接着層 2 6 を除去し、点状電極 1 2 D が露出するようにすることができる。

【 0 1 6 3 】

このような、図 2 6 に示す絶縁層である接着層 2 6 及び点状電極 1 2 D、集電電極 1 4、電流取り出し電極 1 5、素子基板 1 1 などからなる受光素子 3 1 0 を、図 2 7 (a) に示す素子間接続体の本体部 2 3 2 が形成された状態で裏面から見ると、図 2 7 (b) に示す構造となる。図 2 7 (a) は受光素子基板と素子間接続体との接着面 (表側) から見た素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 であり、図 2 7 (b) は裏側 (モジュールの非受光面

10

20

30

40

50

側) から見た素子間接続体 230 の本体部 232 付きの受光素子 310 である。図 28 は素子間接続部 231 を装着した状態を示す。

【0164】

このような素子間接続体 230 の本体部 232 が装着された状態の受光素子 310 の断面図を図 29 に示す。図 29 に示すように、一方の電極の点状電極 12D は、他方の集電電極 14 及び電流取り出し電極 15 よりも高く、集電電極 14 及び電流取り出し電極 15 に対して、点状電極 12D が飛び出した形となっている。このため素子間接続体 230 の本体部 232 は、一方の電極の点状電極 12D とは電気接続体 21 を通じて導通され、他方の電極の集電電極 14 とは接着層 26 によって絶縁することができる。この際、接着層 26 は絶縁層として機能するとともに、受光素子 310 と素子間接続体 230 の本体部 232 との間を固定する層として機能する。

10

【0165】

素子間接続体 230 の本体部 232 は、平坦な板状の形状のものを用いても良いが、本実施の形態 3 における素子間接続体 230 の本体部 232 は、図 27 (a) の 232R1 で示される凸部及び 232R2 で示される凹部を有している。ここで、素子間接続体 230 の本体部 232 に形成される凸部 232R1 と凹部 232R2 との間隔は、その X 方向の間隔 (U32) が素子電極の幅にあわせて 2mm 程度以下となるため、156mm の基板に対しては実際には 80 本程度の記載が必要であるが、図 27 (a) 以降では実施の形態 2 と同様に素子電極の本数にあわせて簡略化して表示している。

【0166】

20

このような素子間接続体 230 が受光素子 310 に接着されて本実施の形態 3 の素子間接続体付き受光素子は形成される。このような素子間接続体付き受光素子を裏面側から見た平面図を図 27 (b) に示し、また、図 27 (b) に示す素子間接続体付き受光素子の、X 方向に沿い、点状電極 12D を通る断面図を図 29 に示す。受光素子の断面は図 29 に示す構造となっており、素子間接続体 230 の素子裏部分となる本体部 232 は、凸部 232R1 と凹部 232R2 とを有しており、凸部 232R1 が素子電極である点状電極 12D と接触することにより電氣的接続を得る。このような本実施の形態 3 の構造の結果、素子間接続体 230 の本体部 232 と受光素子を構成する素子基板 11 上の集電電極 14 及び電流取り出し電極 15 との間の距離が大きくなるため、同一の受光素子上の正負極間の絶縁性が向上するという利点を有する。その一方で凹部 232R2 においては、平面状の電極に比べて素子電極と素子間接続体 230 との距離を大きく取ることができるため、素子上の正の電極と負の電極間の絶縁性を向上させることができるという利点を有する。

30

【0167】

また、素子間接続体 230 の素子裏部分である本体部 232 がこのような凹凸を有することにより、素子間接続体 230 の本体部 232 の凸部 232R1 と凹部 232R2 の境界部分を変形し易くすることができる。従って、素子間接続体 230 の平面 (XY) 方向に伸び縮みすることができるため、受光素子 310 と素子間接続体 230 の本体部 232 との熱膨張係率差によって生じる応力を緩和することができ、耐久性及び強度に優れた受光素子及び受光素子モジュールを得ることができるという利点を有する。また受光素子 310 と素子間接続体 230 との接触性も良好であるため、接触抵抗が小さい。

40

【0168】

更に、図 29 に示すように素子間接続体 230 の本体部 232 の凸部 232R1 間の X 方向の間隔 U32 は複数の点状電極 12D の X 方向の幅 U31 よりも狭く、凹部 232R2 の間隔は点状電極 12D 自体の Y 方向の幅 V31 よりも小さくなっていることが好ましい。素子間接続体 230 の本体部 232 がこのような形状の凹凸構造を有することによって、点状電極 12D は素子間接続体 230 の本体部 232 上の隣り合う凸部 232R1 の間の領域に侵入することができなくなる。このため、位置あわせをおこなうことなく、素子間接続体 230 の本体部 232 の凸部 232R1 と点状電極 12D との位置を一致させることができる。従って、素子間接続体 230 の本体部 232 の凸部 232R1 と集電電

50

極 1 4 や電流取り出し電極 1 5 が接触して図 2 9 の状態から位置ずれが生じてしまい、受光素子 3 1 0 上の正と負の電極間で短絡が生じる、という問題を防止することができる。なお、素子間接続体の凸部 2 3 2 R 1 と点状電極 1 2 D が一対一で対応している必要はなく、点状電極 1 2 D が 2 3 2 R 2 部分に接続されなければよいため、2 3 2 R 1 および 2 3 2 R 2 の X 方向あるいは Y 方向の数が線状電極の X 方向あるいは Y 方向の数よりも多くても良い。

【 0 1 6 9 】

また、一般的に、点状電極 1 2 D の電極ピッチ X 3 1 と Y 3 1 は、集電電極 1 4 の長手（図中 Y 方向）方向と、集電電極 1 4 の長手方向と直交する（X 方向）方向とでは、集電電極 1 4 の長手方向（図中 Y 方向）のほうがより狭くなる（図中で $X 3 1 > Y 3 1$ ）。このように、集電電極 1 4 の長手方向と直交する（図中 X 方向と平行な）方向では、点状電極 1 2 D の電極ピッチ X 3 1 および素子間接続体 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 間の距離 U 3 2 が広がっている。このため、精密な位置合わせをしなくても、素子間接続体の本体部 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 の X 方向の幅が広ければ、点状電極 1 2 D と素子間接続体の本体部 2 3 2 とのおおよその位置合わせ（素子間接続体 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 の X 方向の幅の半分程度の精度）をおこなうことで点状電極 1 2 D と素子間接続体の本体部 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 とを接続することができる。

【 0 1 7 0 】

その一方で、Y 方向については、点状電極 1 2 D 間の距離 Y 3 1 が狭いため、点状電極 1 2 D と素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 とを位置あわせするのが難しい。このため、X 方向よりも Y 方向のほうが、位置あわせがより困難で高コスト化の要因であるため、素子間接続体の本体部 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 の Y 方向の間隔 V 3 2 は点状電極 1 2 D 自体の Y 方向の大きさ V 3 1 よりも小さくなるようにし、点状電極 1 2 D が 2 3 2 R 2 に侵入しないようになっていることがより好ましい。

【 0 1 7 1 】

この結果として、図 2 7 (a) に示すように、凸部 2 3 2 R 1 の間の X 方向の間隔 U 3 2 は比較的広い一方で、凹部 2 3 2 R 2 の幅すなわち凸部 2 3 2 R 1 の間の Y 方向の間隔 V 3 2 は狭くなる。ここで素子間接続体の本体部 2 3 2 の凸部 2 3 2 R 1 の間の X 方向のピッチを X 3 2 とし、Y 方向のピッチを Y 3 2 とした。

【 0 1 7 2 】

このように、素子の集電電極 1 4 の長手方向（Y 方向に平行な方向）で凸部 2 3 2 R 1 間の間隔 V 3 2 が狭くなるように素子間接続体 2 3 0 の素子裏部分（本体部）に凸部 2 3 2 R 1 を形成することによって、素子の集電電極 1 4 と直交する方向（図 2 7 (a) 中の X 方向）のみに大まかな位置あわせをおこなうだけで素子間接続体 2 3 0 の素子裏部分（本体部）の凸部 2 3 2 R 1 を素子の点状電極 1 2 D と接続させることができる。これにより、素子と素子間接続体との間での位置あわせ方法にアライメントマーク等が不要で、素子間接続体 2 3 0 に素子基板端部を突き当てることによる端部検出方法でも良くなるため、位置あわせ精度を向上させるためのコストがいらなくなる。また、素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 の凹部 2 3 2 R 2 では素子の集電電極 1 4 と素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 との高さ方向の間隔を広く取ることができるようになり、集電電極 1 4 と素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 との間の絶縁性を高めることが出来る。

【 0 1 7 3 】

このような素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 の凹凸の列の X 方向および Y 方向のピッチ X 3 2 及び Y 3 2 としては、素子の点状電極 1 2 D の X 方向および Y 方向の電極ピッチ X 3 1 , Y 3 1 に間隔を合わせる。例えば X 3 2 は 0 . 0 5 ~ 2 . 5 mm 程度にする必要がある一方で、Y 方向の電極ピッチ Y 3 2 は、負極側の素子電極が線状にひとつながりにつながっている場合は、任意とすることができる。しかし、素子電極上の集電抵抗低減のためには、素子電極上で集電抵抗が大きくなり距離の周期で素子電極と素子間接続体とが接続されることが好ましいため、素子電極と素子間接続体との接続間隔が小さくなるように、Y 3 2 としては 0 . 0 2 ~ 1 0 mm 以下とするのが好ましく、凹凸の高低差とし

10

20

30

40

50

ては、例えば $10\ \mu\text{m} \sim 5\ \text{mm}$ 程度とすることができる。このような凹凸の列の間隔としては、本実施の形態 3 のように、受光素子 310 と素子間接続体 230 との接続点付近において素子間接続体 230 の本体部 232 が凹凸部、あるいは、凹凸部の間に傾斜面を持つことにより、凹凸部分で素子間接続体 230 が変形し、受光素子 310 と素子間接続体 230 との間の熱膨張係数の差によって生じる応力を緩和することができるという利点を有するため、この凹凸部の数は多数ある方が好ましく、凸部の幅としては、 $10\ \text{mm}$ 程度以下とすることが好ましい。

【0174】

また、負極側の電極が点状電極などの形状で、線状に連続的につながっていない場合は、Y 方向の素子間接続体 230 の本体部 232 の凸部 232R1 の間隔 U32 は、点状電極 12D 自体の幅（大きさ）U31 以下になるように間隔を狭めることにより、点状電極 12D が凹部 232R2 に侵入して短絡することを防止できる。このための凸部 232R1 間隔 U32 としては、点状電極 12D の大きさ U31 よりも狭く、 $0.01 \sim 0.1\ \text{mm}$ 程度以下であることが必要となる。Y 方向についても同様である。ただし、受光素子 310 と素子間接続体 230 の本体部 232 との間で精密に位置あわせをおこなったうえで接続する場合は間隔を拡げて良い。このように凹部 232R2 の大きさとして、その凹部 232R2 の平面内の X 方向と Y 方向の大きさを点状電極 12D のそれぞれの方向の電極幅 U31、V31 よりも小さくすることによって、構造的に点状電極 12D 部分に対しては凸部 232R1 を接触しやすく、他方の集電電極 14 及び電流取り出し電極 15 の部分に対しては、距離を空けて接触しにくくすることができる。また、凸部 232R1 を構成する面としては曲面あるいは平坦面とすることができるが、平坦であることが好ましい。

【0175】

素子間接続体 230 の本体部 232 は、素子間を接続する素子間接続体 230 の素子間接続部 231 が接続されるため、素子間を接続する素子間接続体 230 の素子間接続部 231 が接続される部分として、素子間接続体 230 の本体部 232 と素子間接続部 231 との接続部 51 を有する。具体的な接続部 51 の材質としては、例えば錫などのはんだ付け性のよい金属を電気めっきなどを用いて形成することができる。素子間接続体 230 の基体の材質としては銅やアルミニウムなどを用いることができるが、例えば素子間接続体 230 の本体部 232 の素材を銅とすることで、素子間接続部 231 との間のはんだの濡れ性が向上するため、接続部 51 は必ずしも必要ではなくなる。この場合、図 27(a)、27(b) とは異なり素子間接続体 230 の本体部 232 から素子間接続体 230 の素子間接続部 231 との接続部 51 を形成しなくてもよい。また、素子電極のパターンについても凸部となる電極は必ずしも点状電極である必要はなく、実施の形態 1 の図 4(a) 及び図 4(b) と同様にグリッド状でも良く、また電流取り出し電極 13 を有していても良い。また、接着層は裏面全面にある必要はなく例えば、素子間接続体 230 の素子裏部分（本体部）232 の端の部分のみ形成されていても、また、素子裏面側に形成されていなくても良い。

【0176】

図 26 の素子裏側の点状電極 12D は電気接続体 21 を経由して図 27(a) に示す素子間接続体の本体部 232 に接続され、素子裏面の正負の電極として図 27(b) に示すような受光素子裏の電流取り出し電極 15 と素子間接続体の本体部 232 とが露出して、素子間の電氣的接続部分が形成される。この際に、これらの素子間接続体の本体部 232 と素子上の点状電極 12D とを接続することにより、素子間接続体の本体部 232 が導電体として働き、素子内で生じた電流を集電することができる。また、このような受光素子と素子間接続体の本体部 232 とが一体となった構造をとることで、素子透過光を反射することができると共に受光素子を構成する素子基板 11 を素子間接続体 230 の本体部 232 が支持することにより強度を高め、素子割れを防ぐことができるという利点を有する。本実施の形態 3 では、シリコン基板から素子間接続体の本体部 232 が接続されたここまでの構造部分が接続体付き受光素子と呼ぶことにする。

【 0 1 7 7 】

このようにして接続された素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 を隣接する受光素子の電流取り出し電極 1 5 と接続するため、素子間接続体の本体部 2 3 2 上の接続部 5 1 には、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 の一方の端が電気接続体 2 1 , 3 3 によって接続され、素子間接続体 2 3 0 、受光素子、接着層 2 6 、封止材、受光面側主面材、裏面側主面材等を用いたモジュールは図 3 0 (a) 及び 3 0 (b) に受光素子モジュール 1 の断面図を示す形状となり、この素子間接続体が接続された受光素子の裏側を、素子間接続体を透過して見た図は図 2 6 に、素子間接続部を含む素子間接続体付き受光素子の形状は図 2 8 に示すような構成となる。これが 1 つの繰り返し単位となり、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 の一方の側は、電気接続体 3 3 によって素子間接続体の本体部 2 3 2 と接続されており、他方の側は電気接続体 3 3 によって隣の素子の電流取り出し電極 1 5 と接続され、これが連続することにより受光素子が直線的に接続されたストリングが形成される。ストリングの折り返し部分においては、素子間接続体の本体部 2 3 2 と素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 とは、図 2 4 (c) 及び 2 4 (d) に示されるように接続される。このようにして素子間を接続していくことにより図 2 2 , 2 3 , 3 0 (a) , 3 0 (b) に示す受光素子間が電氣的に接続された受光素子モジュールが形成される。

10

【 0 1 7 8 】

素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 については、受光素子 3 1 0 、裏面側主面材 2 5 とともに受光面側から見えるため外観に影響する。受光面側からみたモジュール全体の外観を黒くするため、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 の表面から見える部分を、5 0 0 ~ 6 0 0 nm の波長の光を吸収する絶縁体などで覆い、黒く見えるようにしてもよい。このような材料としてペリレン顔料を含有する樹脂や、テープ、あるいは素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 に銅を用いてその表面を酸化させて形成した酸化銅などを用いてもよい。また、素子間接続体の本体部 2 3 2 についても、受光素子 3 1 0 よりも大きいものを用いる場合は、一部分が受光面側から見えるようになるので、少なくとも受光面側から見える部分については同様の処理を施してもよい。

20

【 0 1 7 9 】

本実施の形態 3 における素子間接続体付き受光素子は、図 2 6 に受光素子と接着層との関係を示すとともに、図 2 8 に平面図を示すように、素子の点状電極 1 2 D 及び集電電極 1 4 が素子接続体 2 3 0 e の本体部 2 3 2 及び接着層 2 6 に隠れて素子間接続体付きの受光素子の表面にでていない状態としている。この場合、素子電極が金属や樹脂で覆われているため、外部からの水分の侵入などが少なくなり、信頼性や耐久性が向上するという利点を有している。

30

【 0 1 8 0 】

このほかの形態として、素子間接続体 2 3 0 の素子裏部分である本体部 2 3 2 は、受光素子に対して全面的又は局所的に接着層 2 6 を介して接着されていてもよい。また、必ずしも接着層 2 6 を有していなくても良い。

【 0 1 8 1 】

電気接続体 3 3 は、電気接続体 2 1 と同じのものであっても異なるものであってもよいが、電気接続体 2 1 よりも低い温度で接続できるものであることが好ましい。このようなものとしては、たとえば、電気接続体 2 1 を錫・銀系のはんだとし、電気接続体 3 3 を錫・ピスマス系のはんだとすることができる。これ以外に、電気接続体 2 1 , 3 3 としては、はんだ以外に導電性高分子や、金属粒子を含む導電性樹脂ペースト、導電性テープなどを用いることができる。

40

【 0 1 8 2 】

また、受光素子を複数接続せずに 1 つだけでモジュール化する場合は、図 3 1 に示した電流取り出し電極 1 5 及び素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 をそれぞれ別の導電体につないで導電体を封止材から引き出した状態で受光素子の吸収波長領域の光に対して透光性の封止材で封止すれば良い。プリント基板などに接続する場合はこの素子間導電体を用いてプリント基板などと接続することができる。

50

【0183】

受光素子310a~310f(以下受光素子310ということもある)と素子間接続体230との間に高い接着強度を付与するとともに受光素子310上の集電電極14と素子間接続体230の間を絶縁するために、素子間接続体230と受光素子310との間のはんだ付けされている部分以外の部分は接着層26によって接着される。具体的にはエチレンビニルアセテート、ポリイミドやフィラーを含むエポキシなどの樹脂などを用いることができる。フィラーは、接着層26の膨脹係数を受光素子に近づける目的で含有させることができる。また、接着層26の材料としてガラスを用いても良い。

【0184】

このような接着層26としては、受光素子310を透過した光を素子間接続体230あるいは接着層26で反射させて再度素子へ入射させるために、できる限り光の吸収がないものを用いることが望ましい。また、接着層26は、受光素子310への光の再入射のために光反射あるいは光散乱機能を有していてもよい。このような接着層26としては、数百nm程度の二酸化チタン粒子を高濃度を含むエチレンビニルアセテートなどを用いることができる。ここで用いられるフィラーや光散乱性の無機粒子のサイズは、素子と素子間接続体230との間の距離に比べて半分程度より小さい方が好ましく、光散乱性を付与するためには、散乱したい光の波長の半分程度の大きさの粒径とすることが好ましい。

【0185】

また、このような接着層26の形成に際しては、まず、先にあらかじめ点状電極12D上にはんだ層を形成したうえで、素子間接続体230の本体部232と受光素子310の裏側を張り合わせながら加熱、冷却する。これにより、はんだを一度熔融して素子間接続体230の素子裏部分に相当する本体部232と受光素子上の点状電極12Dとを電氣的に接続する。そしてこののちに、張り合わされた素子間接続体230の本体部232と素子裏面の間に毛細管現象を利用してエポキシ前駆体を供給する。そして、こののちに再度加熱してエポキシモノマーを重合、硬化させることにより、素子間接続体230の本体部232と受光素子310とを接着することができる。

【0186】

この場合、電気接続体21の融点、接着層26の熔融温度と同程度か、より高い方が好ましい。また、この場合のエポキシ前駆体としては粘度が低く、流動性が高いものが好ましい。またこれ以外にも、あらかじめ点状電極12D上にはんだ層が形成された受光素子の裏面側に、図26に示すように点状電極12Dを除く部分に、エポキシ樹脂前駆体を塗布しておき、素子間接続体の本体部232と張り合わせながら加熱、冷却することにより、はんだを一度熔融して素子間接続体の本体部232と素子上の点状電極12Dとを電氣的に接続すると共に接着層26としてのエポキシ樹脂を重合、硬化させることにより、素子間接続体の本体部232と受光素子310とを接着することができる。この場合、接着層26の熔融温度が、電気接続体21の融点と同程度か、より高い方が好ましい。また、エポキシ樹脂前駆体としては粘度があり、流動性が低いものが好ましい。

【0187】

接着層26をこの図26のように、ライン状に残して形成した構造にすることによって点状電極12Dと素子間接続体の本体部232の電氣的接続を妨げない一方で、集電電極14と素子間接続体の本体部232との間の絶縁を保つことができる。

【0188】

素子間接続体230の素子間接続部231は、一方の端が受光素子310の裏面に形成された電流取り出し電極15と接続され、他方の端は素子間接続体230の本体部232に接続される。本体部232は受光素子310とは別の受光素子310bの裏面側に形成された素子上の点状電極12Dに接続されることによって、隣接する2つの受光素子310間の電氣的接続を達成する。素子間接続体230と、受光素子310の電流取り出し電極15と別の受光素子310の点状電極12Dとは、電気接続体21及び33によって接続される。

【0189】

10

20

30

40

50

このように素子間接続体 230 で受光素子 310 間を接続していくことによって、図 22 及び図 23 に示すように、受光素子 310 a, 310 b, 310 c が直線状に繋がったストリングが形成される。図 22、図 23 の 310 c, 310 d にあたる、ストリングの折り返し地点の素子においては、図 24 (c) のように、ストリングが延伸する方向に対して 90 度となるように素子間接続体 230 の素子間接続部 231 を接続する。このことによってストリングの方向を折り返すことができる。このようにして受光素子 310 a, 310 b, 310 c によって形成される直線状のストリングと、受光素子 310 d, 310 e, 310 f によって形成される直線状のストリングとを、素子間接続体 230 を構成する素子間接続体の素子間接続部 231 によって接続することによって、図 22、図 23 に示した 2 つのストリング列が直列に接続される受光素子モジュール 1 の素子配列が形成される。

10

【0190】

この受光素子モジュール 1 の終端部となる受光素子 310 a, 310 f は、受光素子モジュール 1 から電流を取り出すための電流引き出し線 38 に接続される。モジュールを構成する素子の終端部では、電流引き出し線 38 を素子間接続体 230 の本体部 232 に直に接続されるため、受光素子 310 f の素子間接続体 230 の形状は他の受光素子 310 b ~ 310 e のものとは異なり、素子間接続体の本体部 232 のみの形状となる。

【0191】

受光素子 310 a では電流取り出し電極 15 部分に電流引き出し線 38 が、受光素子 310 f では素子間接続体の本体部 232 部分に電流引き出し線 38 が、電気接続体 21 を通じて接続される。

20

【0192】

図 22 及び図 23 に示される 2 列のストリングからなる受光素子配列の表面側と裏面側には、シート状のエチレンビニルアセテート樹脂シートなどの封止材 22 が形成される。そして、この封止材 22 を介して、表面側にはガラスなどの受光面側主面材 23 が接着され、裏面側には、耐候性のポリエチレンテレフタレート樹脂シートなどの裏面側主面材 25 が接着されている。

【0193】

なお、図 22 及び図 23 では、図示を省略しているが、受光面側主面材 23 と裏面側主面材 25 で挟まれた構造をフレームで支持し、電流引き出し線 38 が封止材 22 と裏面側主面材 25 の切れ目から接続箱を介して裏面に取り出された構造となり、受光素子モジュール 1 を構成している。

30

【0194】

(製造方法)

つぎに、単結晶シリコン太陽電池を用いた場合を例に挙げて、実施の形態 3 による受光素子モジュール 1 の製造方法を説明する。図 32 は、実施の形態 3 による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を示すフローチャートであり、図 33 (a) ~ 36 (b) は、実施の形態 3 による受光素子モジュールの製造方法の手順の一例を模式的に示す平面図である。なお、ここでは、受光素子として、裏面に図 25 (a) に示した点状電極 12D、電流取り出し電極 15、集電電極 14 のようなパターンの銀電極を有する縦横 156 m

40

【0195】

(受光素子の製造方法)

完成後の素子間接続体 230 の本体部 232 付き受光素子のより詳細な、断面図を図 31 に示す。図 31 を参照して受光素子の製造方法について簡単に説明する。まず、100 面でスライスされた素子基板 11 として n 型単結晶シリコン基板を用意する。はじめに KOH 水溶液などのアルカリ溶液中で素子基板 11 の表面を 10 μm 程度溶解させた後、硫酸と過酸化水素混合溶液、ついで、塩酸と過酸化水素水の混合溶液に素子基板 11 を浸漬して洗浄する。この後、基板を POC1₃ 雰囲気中で 800 ~ 900 程度に加熱して、

50

その素子基板 11 表面にリンを拡散させる。表面に形成されたリンガラスをフッ酸溶液中で除去する。ついで、化学的気相堆積 (CVD) 法により、基板の片面にシリコン酸化膜を成膜する。シリコン酸化膜の原料としてはシランや T E O S (Tetra Ethyl Ortho Silicate) などを用いることができる。これに続き、プラズマ支援 CVD 法によりシリコン酸化膜の上にシリコン窒化膜を堆積する。

【0196】

素子基板 11 のシリコン窒化膜とシリコン酸化膜が形成された面 (以降裏面とよぶ) に、図 25 (a) および図 26 の点状電極 12D と、図 25 (b) の素子基板 11 とのコンタクト孔 12h と同じパターンとなるように耐酸レジストを塗布する。この後、フッ化水素酸水溶液中に浸漬してレジスト塗布部以外のシリコン窒化膜及びシリコン酸化膜を除去し、フッ化水素酸と硝酸の混合水溶液中に浸漬することにより、レジスト塗布部以外の部分のシリコン基板をエッチングし、基板表面のリン拡散層を除去する。このエッチングに用いる溶液は、エッチングの際にシリコン表面に微細な凹凸を生じさせないように酢酸を含んでいてもよく、C P₄4 A と呼ばれるフッ化水素酸と硝酸と酢酸とが混合された溶液などを用いても良い。次いで、基板を有機溶媒あるいはアルカリ水溶液中に浸漬することにより耐酸性レジストを除去する。

【0197】

再び CVD 法により裏面側にシリコン酸化膜を形成したのち、チャンバー内の電極間に塩素 (C l₂) や六フッ化硫黄 (S F₆) 及び酸素 (O₂) などのガスを導入し、高周波電圧を印加することによりプラズマ状態とし、その雰囲気中でシリコン酸化膜をエッチングする。この際、基板の温度を低温にすることにより、異方性エッチングとなるようにエッチング条件を選ぶことによって、素子基板 11 上のシリコン側壁以外の水平部で主にエッチングが進むようにする。このようにして主に基板裏面の凹部の水平部のシリコン酸化膜を除去し、裏面表面は基板裏面の凹部の水平部のみがシリコン基板を露出した状態にした後、フッ化水素酸水溶液中に浸漬してから、80 程度の水酸化カリウム水溶液中に基板を浸漬してプラズマダメージを含んだシリコンを除去する。これらの際の、気相中及びアルカリ中でのエッチング量によって基板上の凸部の凹部に対する高さが定まるとともに、後に形成される集電電極 14 及び電流取り出し電極 15 に対する点状電極 12D の素子基板 11 に対する高さをより高くすることができる。このようにして素子電極上の負極と正極との高さが異なるようにすることによって素子間接続体の本体部 232 としてより容易に安価な平面状の金属を用いることができるようになるという利点を有する。例えば、実施の形態 1 では、素子上の正電極と負電極との高低差が小さいため素子間接続体の本体部 232 が素子の正電極部分で素子側に突出した形状となる必要があったが、本実施の形態では、この突出量を小さく、またはなくすことが出来るという利点を有する。

【0198】

素子基板 11 をフッ化水素酸水溶液に短時間浸漬して、前記の CVD 法によって半導体基板凸部付近に形成された酸化膜は残しながら基板表面の自然酸化膜を除いたあとで、基板を B B r₃ を通じた窒素ガス雰囲気中で 900 ~ 1000 に加熱して、その基板表面にボロンを拡散させる。前記の CVD 法で形成されたシリコン酸化膜が除去されない程度の間、基板をフッ化水素酸水溶液中に浸漬し、基板表面に形成されたボロンガラスを除去すると同時に前の工程で部分的に形成されたシリコン窒化膜を表面に露出させる。

【0199】

上記の半導体基板を加熱したリン酸中に浸漬することによりシリコン窒化膜を除去したのち、CVD 法により基板裏面にシリコン酸化膜を製膜し、その上からシリコン窒素化膜を製膜する。そのあと、基板を短時間フッ化水素酸水溶液中に浸漬してから、イソプロパノールを 1 ~ 5 % 程度含む 80 ~ 90 程度の水酸化カリウム水溶液中に基板を浸漬することにより、表面にテクスチャとして、おもにシリコン 111 面からなるピラミッド型の構造体を形成する。そして基板を P O C l₃ 雰囲気中で 800 ~ 900 程度に加熱して、その表面側のシリコン表面にリンを拡散させる。表面に形成されたリンガラスをフッ酸溶液中で除去する。

10

20

30

40

50

【0200】

ついで、酸素雰囲気中で800 ~ 1100 程度に加熱することで基板表面を20 ~ 30 nm程度酸化したのち、表面側にシリコン窒素化膜を製膜し、反射防止膜を形成する。図25(a)の裏面の点状電極12D及び集電電極14及び電流取り出し電極15を形成する以外の部分、あるいは図25(b)のコンタクト孔12hと14hに相当する以外の部分に耐酸性レジストを塗布したのち、フッ化水素酸中に浸漬し、各電極形成部分の酸化膜を除去し、シリコン表面を露出させる。ここで、残留する酸化膜はパッシベーション膜となる。

【0201】

(素子電極の製造方法)

この後、基板の裏面にアルミニウム(A1)及びニッケルを蒸着して積層したのち、アセトンなどの有機溶媒中でレジスト及びレジスト上のアルミニウムを除去する。素子基板11としてシリコン基板を150 ~ 400 程度で加熱することにより、電極と基板表面をなじませて、接触抵抗を小さくしてシリコン基板とアルミニウムとの接続をとり、図31に示すように点状電極12D及び集電電極14の第1層12a, 14a及び第2層12b, 14bを形成する。これらの電極第1層を形成する金属としてはアルミニウム以外に銀やニッケルなどを用いても良く、また、電極第2層に用いる金属としてはニッケルの他に、クロム、チタン、チタンタングステン、パラジウムなどを用いることができる。また、素子電極間の絶縁性及び、素子電極と素子間接続体の本体部232との間の絶縁性を向上させるために集電電極14上に絶縁層を形成しても良く、この場合の素子間接続体付き受光素子の断面は図31に示すような構造となる。このような構造では、絶縁層26cがあるために素子間接続体の本体部232がたわんでも集電電極14と直接接触せずに絶縁性を保つことができるという利点を有する。このような絶縁層を形成するペーストとしては例えば日立化成工業株式会社のHP-300などがある。

【0202】

本実施の形態3にかかる受光素子において、電流取り出し効率を上げるためには少数キャリアの拡散長を素子電極間の距離よりも長くする必要があり、このため素子表面は不活性化(パッシベーション)されている。このため上記でもパッシベーション膜としてシリコン酸化膜が使用されている。素子裏面の電極とシリコンの接触部分ではキャリアの再結合が生じやすいため、電極とシリコンの接触面積を極力減らし、パッシベーション膜の占める面積を増やすことが光電変換効率の高効率化につながる。このため本実施の形態3では、上記のような工程によって図25(a)もしくは25(b)に示される電極パターン部分のみで電極とシリコンとの接触が成される。

【0203】

この後、スクリーン印刷法を用いて、数百nm以下の銀粒子を含有し200 程度の加熱で導電体が形成できるペーストなどを、点状電極12D、集電電極14、電流取り出し電極15の形状に塗布したのち、200 程度で加熱することにより、負電極及び正電極の第3層12c, 14cを形成し、電極の厚みを増やして集電電極14における集電抵抗を下げる。このような導電体として、特に第4層12dに銀含有エポキシなどのヤング率の低い導電体を用いると、受光素子基板と素子間接続体との間の熱膨張率差による応力を緩和できるという観点から好ましい。また、受光素子基板裏面の凹凸が大きくスクリーン印刷による印刷が難しい場合はスパッタなどを用いてもよい。また、スクリーン印刷によって追加して負電極側だけに電極層を付け加えることによって負電極側のみの高さを増大させることもできる。このようにして基板の点状電極12D部分及び点状電極12D自体がそのほかの部分に対して裏面に突出した背面接続素子を形成することができる。

【0204】

本実施の形態3では点状電極12Dの高さを他の電極部分よりも高くするために、第4層12dの形成に選択めっきを用いる。例えば錫イオンあるいは銀イオンを含む溶液中で、シリコンが光を吸収する1300 nm以下300 nm以上の波長の光を受光素子の表側から照射しながら正極側となる集電電極14及び電流取り出し電極15から給電する電解

10

20

30

40

50

めっきを施すことによって、負極側のみに電気めっきを施し、点状電極 1 2 D 部分のみの電極高さを自己整合的に高くする。この結果、負極側のみに負電極の第 4 層 1 2 d が形成され、素子の正極と負極の高さの差を広げることができ、モジュールにした際に素子の正極と負極間の絶縁性を高めることができるという利点を有する。また、このような電解めっきを施すことによって、熔融はんだに対する濡れ性が高い金属を表面に形成することができるという利点を有する。また、このようにして素子電極上の負極と正極との高さが異なるようにすることによって素子間接続体の素子裏部分（本体部）3 2 A としてより容易に安価な平面状の金属を用いることができるようになるという利点を有する。この他にも、上記のような光電気めっきとしては、例えば錫及び鉛、銅などを含む溶液中でめっき処理を施しても良い。

10

【0205】

このように本実施の形態によれば、受光素子を形成する工程が、受光素子に光起電力が発生するように光を照射しながら第 1 及び第 2 の電極に通電することで、金属イオンを含有するめっき槽に浸漬することにより、負電極側である第 1 の電極に選択的に金属を析出させ、負電極である第 1 の電極の高さが正電極である第 2 の電極より高くなるようにめっき層を形成する。

【0206】

この際、必要であれば、集電電極 1 4 及び電流取り出し電極 1 5 上にスクリーン印刷による銀電極を形成せずに、また、表面に用いる金属の材質をアルミニウムとしておくことにより、受光素子裏面の正極に対してははんだが付きにくくなるため、熔融したはんだ槽に受光素子を浸漬した際に点状電極 1 2 D の部分にのみ選択的にはんだを付着させることができるようになる。この結果として受光素子裏面の点状電極 1 2 D と素子間接続体の本体部 2 3 2 とのみをはんだで接続する一方で、受光素子裏面の集電電極 1 4 とは接続しないようにすることができ、電極間の絶縁性を高めることができるとともにはんだ付けを容易に行えるようになるという利点を有する。これらの点状電極 1 2 D 及び電気接続体 2 1 を構成する材質として柔らかい金属もしくは導電体を選びかつその高さを高くすることにより、受光素子と素子間接続体の素子裏部分（本体部）との間の熱膨張係数差による応力を点状電極 1 2 D 及び電気接続体 2 1 部分が歪むことで緩和することができるという利点も有する。

20

【0207】

この後、電気接続体 2 1 を素子電極部分のみに形成するために、加熱して熔融した錫・銀はんだ槽に素子を浸漬することにより、素子電極部分のみに電気接続体 2 1（錫・銀はんだ）でコートしておく。このような錫・銀はんだとしては、例えば銀をおよそ 3.5% 含有するものを用いることができる。

30

【0208】

また、受光素子の第 1 および第 2 の電極の接合部を除く領域を絶縁層で被覆した状態で、受光素子の一部あるいは全部をはんだ槽に浸漬することによって接合部にはんだ層を形成するにしてもよい。これにより、受光素子と素子間接続体との接続に際し、位置合わせが容易である。

【0209】

また、光電解めっきなどにより、第 1 および第 2 の電極に高低差を形成した上で、第 1 および第 2 の電極の接合部を除く領域を絶縁層で被覆した状態で、受光素子の一部あるいは全部をはんだ槽に浸漬することによって接合部にはんだ層を形成してもよい。これにより、受光素子と素子間接続体との接続に際し、さらに位置合わせが容易となる。

40

【0210】

（素子間接続体の構造）

次に、このようにして作成した受光素子に図 2 7（a）に示される素子間接続体の本体部 2 3 2 を接続する。本実施の形態 3 においては、図 2 7（a）に示される形状に切り抜いたアルミニウムのシートを素子間接続体の本体部 2 3 2 として用いる。本実施の形態 3 ではアルミニウムシートを用いることにより、表面が酸化されても光透過性が高いアルミ

50

ナとなり、アルミニウムシート基材内部のアルミニウムによって光は反射され、高い反射率を保つことができ、優れた耐久性を得ることができるという利点を有する。本実施の形態では、あらかじめ陽極酸化などによって均一な膜厚の酸化アルミニウム膜をアルミニウムシート表面に形成しておく。このことにより、酸化アルミニウム膜によって光の干渉を生じさせて受光素子を透過してきた光に対する反射率をアルミ単体よりも高くすることができるという利点を有する。あとの工程での受光素子とのはんだ付けのため、素子電極と接続される部分に対応する部分の素子間接続体表面には、はんだが付きやすいようにアルミニウム以外の金属を接続しておく。

【0211】

本実施の形態では、図24(e)に示すように本体部232の凸部232R1部分に示すパターンにニッケルが電解めっきあるいは無電解めっきにより形成される。また、これとは反対側の面の素子間接続体の素子間接続部231との接続部分に相当する部分にも電解めっきあるいは無電解めっきなどによりニッケルあるいは錫などの皮膜を形成しておく。このような金属としては、錫、銀などの金属を用いてもよい。また、これらのめっき処理の際、必要であればアルミニウムを亜鉛溶液に浸漬するジンケート処理をしてもよい。この工程において、めっき材質にニッケルを用いた場合はこの後の溶融はんだの付着性を向上させる目的で、これらのニッケル膜の上にはさらに銅や錫をめっきしておく。このようにめっきによってアルミ箔上に金属パターンを形成するためには、マスキングフィルムなどを用いて、所望のパターンに切り抜いて素子間接続体シートに貼り付け、リン酸水溶液に浸漬しての表面のアルミニウム酸化膜を除去してからめっき処理を施し、そののちにマスキングフィルムをはがせばよい。

【0212】

このような高い光反射率を有する素子間接続体の本体部232としては、アルミニウム以外にも銅箔、銀箔、アルミニウムと銅の合金などを用いることもでき、銅箔自体をそのまま用いることもできるが、銅箔と素子の点状電極12Dとの接続部分以外、例えば図27(a)の凸部232R1以外の部分に電気めっき、溶射、蒸着などによりアルミニウムを形成したものをを用いてもよい。このように表面反射層にアルミニウムを用いることにより、表面が酸化されても光透過性が高いアルミナとなるだけなので、高い反射率を保つことができるという利点を有する。このほかに、銅の表面の酸化を防止する層(耐酸化性皮膜)としてベンゾトリアゾールなどの酸化防止剤を銅箔に塗布したものや、プラチナイトR(関西ペイント社製)などのアルミニウム反射体を含む塗布材を銅板に塗布したもの、箔押しにより部分的にアルミニウム膜が銅箔に貼り付けられたもの、真空中でポリアミドやフッ素樹脂などのポリマーを部分的にコーティングした銅などを用いてもよい。これらの、受光素子の素子電極の側の表面の大部分がコートされた素子間接続体の本体部232は、はんだ槽に浸漬することによって、コーティングされていない部分に選択的にはんだ層を形成することができるため、あらかじめ反射領域のパターンとなるように反射体をコーティングしておくことにより、主に素子間接続体上の素子電極との接続部分にはんだ層を形成することができ、素子間接続体の素子電極に対するはんだ付け性を上げることができる。この本体部232の、素子との接続面でない面側(裏面側)は、素子間接続体の素子間接続部231との接続部分を除いて、たとえばポリイミドのような樹脂などで覆われていてもよい。このような場合、受光素子モジュールの裏面側の絶縁体として封止材22及び裏面側主面材25以外に、さらに絶縁層が追加されるため受光素子モジュールの絶縁性が向上するという利点がある。また、この際には、封止材22と素子間接続体の素子裏部分(本体部)232との密着性が向上できるという利点を有する。

【0213】

このようにして、素子間接続体と素子電極との接続部分のはんだに対する濡れ性が高く、その一方でそれ以外の部分は銅あるいはアルミニウムが表面に露出し、素子電極に対する電気接続性が高いとともに、素子電極からの電流の集電性能が高く、素子を透過した光の反射性に優れる素子間接続体を作成できる、という利点を有する。

【0214】

この本体部 232 は、実施の形態 3 においては受光素子（単結晶シリコン太陽電池を構成する受光素子用の素子基板 11）と同程度の大きさで、受光素子とおおよそ相似形状で構成される。望ましくは、図 25（a）及び図 25（b）に示すように、素子の一方の極性となる点状電極 12D、電流取り出し電極 13 が形成された領域よりも少し大きく、他方の極性となる集電電極 14、電流取り出し電極 15 全体の最外部よりも小さい程度の大きさ及び形状とする。このような素子間接続体の本体部 232 として具体的には、たとえば長辺 152 mm 短辺 150 mm の疑似長方形とし、一方の長辺を構成する 2 つの角は 98 mm の半径によって形成される円弧とし、その厚みは 0.01 ~ 1 mm 程度とすることができる。

【0215】

また、これとは別に、受光素子モジュール 1 を形成する受光素子の間を接続する素子間接続体の素子間接続部 231 は、たとえば幅が 3 ~ 10 mm 程度、長さが 130 mm 程度、厚さを 0.01 ~ 1 mm 程度の銅箔によって、作成しておく。また、たとえば幅を 3 mm 程度、厚さ 0.2 mm 程度、長さを 160 mm 程度とした帯状の銅箔からなる電流引き出し線 38 を予め作成しておく。これらの導体は、少なくとも素子間接続体の素子裏部分（本体部）232 との接続部分は錫・銀はんだによって被覆しておく。

【0216】

電気接続体 21 としては、錫・銀はんだ以外にも錫・ビスマスはんだや、導電性樹脂などを用いても良い。電気接続体 21 の材料としては、電気接続体 21 部分を形成する際に必要な温度が低いほうが、接続体接合後に室温まで温度を下げた際の受光素子及び素子間接続体の本体部 232 への応力が低下し、受光素子の反りが少なく強度及び長期信頼性に優れた受光素子モジュールを得ることができるという効果を有する。また、素子間接続体の本体部 232 やストリング端部の素子間接続体（例えば図 23 の 230e など）の、素子との接続面でない面側（裏面側）は、たとえばポリイミドやポリアミドのような樹脂などで、電氣的接続部以外の大部分が覆われていてもよく、例えば、ポリイミドに銅を貼り合わせたフィルムや板を用いることができる。

【0217】

（素子間接続体と素子電極との間の接続方法）

受光素子を形成した半導体基板上に直接接着層 26 と素子間接続体 230 とを接続する手順としては、本実施の形態 3 においては、素子間接続体 230 を受光素子 310 に対して電氣的に接続してから接着層 26 を形成することにする。このような順で形成する場合、接着層 26 の前駆体は粘度の低いものを用いて、毛細管現象により先に接続が形成された素子間接続体 230 と素子基板 11 の間に、接着層 26 の前駆体を注入した後に硬化させる。この際に、接着層 26 の前駆体液を注入する目的で、素子間接続体の本体部 232 の一部に小さな穴を 1 つあるいは複数あけておいても良い。このような接着層 26 としては、半導体基板の厚みによるが、半導体基板としてシリコン基板を用いた場合は、シリコンを透過するおおよそ 900 ~ 1300 nm 程度の光に対する光透過性が高いことが望ましい。

【0218】

以下では 6 個の受光素子を 3 組 2 列につなげる場合を例にして受光素子間の接続方法を説明する。裏面側に図 22 に示される形状の素子電極が形成された受光素子 310a の受光面を 100 ~ 140 程度に加熱されたホットプレート側に向けて設置する（ステップ S301）。この後、この受光素子 310 の非受光面側の素子裏部分に、素子間接続体の本体部 232 を重ねて配置し、その上から錫・銀はんだによって被覆された電流引き出し線 38 及び素子間接続体 230 の本体部 232 との接続部分を錫・銀はんだによって被覆された素子間接続体の素子間接続部 231 を設置する（ステップ S302、図 33（a））。

【0219】

ついで、ホットプレートの温度を電気接続体 21 の接続温度まで上昇させる（ステップ S303）。本実施の形態 3 の場合は、錫・銀はんだの融点以上の温度、例えば 230

10

20

30

40

50

程度に設定する。ホットプレートで加熱しながら、ダイアフラムや発泡シリコンゴムなどを用いて、素子間接続体の本体部 2 3 2 の上からホットプレートに向けて圧力をかける。この際、使用する荷重治具（スタンパー）が柔軟性を有している場合、本体部 2 3 2 へ圧力をかける際に、電極がない部分及び高さの低い集電電極 1 4 と電流取り出し電極 1 5 部分にあたる部分はスタンパーが受光素子側に凸となる形状となり、点状電極 1 2 D 部分ではへこむ形状となり、集電電極 1 4 及び電流取り出し電極 1 5 に対して素子間接続体 3 2 が接触しやすくなる。これを防止するため、集電電極 1 4 及び電流取り出し電極 1 5 部分にジルコニア粒子やポリイミド、ポリアミドなどから構成される絶縁性の接着層 2 6 をスクリーン印刷などによってあらかじめ形成し、図 2 6 に示す構造とする。また、例えば、素子間接続体 2 3 0 の端部が素子の集電電極 1 4 のもっとも外側の電極と直接接触しないように、集電電極 1 4 のもっとも外側の電極部分の素子間接続体の本体部 2 3 2 と受光素子 3 1 0 の間に素子の P F A 製などの薄いシートやテープの絶縁体を挟むようにしてもよい。

10

【 0 2 2 0 】

熱を加え、あらかじめ受光素子、素子間接続体 2 3 0、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1、及び電流引き出し線 3 8 に付着した錫・銀はんだを熔融した後、ホットプレート温度を再び 1 0 0 ~ 1 4 0 程度まで低下させ、熔融したはんだを固体状態に戻す。このことにより、モジュールからの電流引き出し線 3 8 と素子間接続体の本体部 2 3 2 とが接続されるとともに、素子間接続体の本体部 2 3 2 と素子間接続部 2 3 1 とを接続され、受光素子が図 3 3 (a) の状態で固定される。

20

【 0 2 2 1 】

このようにして順次、接続を行うが、本実施の形態においても、接続プロセスは 3 つに分けることができ、他に接続する受光素子がある場合（ステップ S 3 0 4 で Y e s の場合）には、ステップ S 3 0 1 へと処理が戻る。つまり、つぎの受光素子を接続する場合として、（ 1 ）素子ストリングの延在方向に沿って次の受光素子 3 1 0 を接続する場合、（ 2 ）素子ストリングの延在方向とは異なる方向に次の受光素子 3 1 0 を接続する場合、（ 3 ）受光素子モジュール 1 の他方の端部の受光素子 3 1 0 f を接続する場合、とに分けることができる。ここでは、それぞれの場合について、6 個の受光素子を 3 組 2 列につなげる場合を例に、簡単に説明する。

30

【 0 2 2 2 】

（ 接続プロセス 1 ）

接続プロセス 1 は、素子ストリングの延在方向に沿って次の受光素子 3 1 0 を接続する場合である。素子間接続体の本体部 2 3 2 が接続され、図 3 3 (a) に示す構造になった素子間接続体 2 3 0 付き受光素子 3 1 0 a をホットプレートから外し、ホットプレートの横に置く。受光素子 3 1 0 b をホットプレート上に配置し、上記受光素子 3 1 0 a の上の素子間接続体の本体部 2 3 2 に接続された素子間接続部 2 3 1 が、受光素子 3 1 0 b の電流取り出し電極 1 5 の上に重なるように配置する（図 3 3 (b)）。前記の素子間接続部 2 3 1 と重ならないように、新たな素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 及び素子間接続部 2 3 1 を受光素子 3 1 0 b の裏面の上に配置するとともに、ホットプレート上の受光素子 3 1 0 b 部分に下向きの圧力を加えながら再びホットプレートの温度を 2 3 0 程度まで上昇させて（ステップ S 3 0 3）から再び 1 0 0 程度まで温度を下げることによって、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 及び本体部 2 3 2 の一部、受光素子の点状電極 1 2 D を被覆しているはんだを各導電体間で融着させ、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 と素子間接続体の本体部 2 3 2、及び素子間接続体の本体部 2 3 2 と受光素子の点状電極 1 2 D とを、はんだ（電気接続体 2 1）で接続する（図 3 3 (c)、ステップ S 3 0 4 の状態）。このように前回の受光素子 3 1 0 a をホットプレート上から逃がすことによって、ホットプレートとともに新しい受光素子 3 1 0 b を加熱しても受光素子 3 1 0 a のはんだが剥離することがなくなる。この際、受光素子 3 1 0 a に冷風をあてたり受光素子上の素子間接続体 2 3 0 上に熱容量の大きいものを密着させるなどして受光素子 3 1 0 a を冷却していても良い。なお、上記では大気圧下でゴムなどを用いて圧力を加えたが、加熱真空ラ

40

50

ミネータを用いても良い。

【0223】

さらに、素子をつなぐ場合はステップS301に戻り、手順を繰り返し、この工程を所望の数だけ繰り返していくことによって、受光素子310のストリング列を形成することができる。

【0224】

(接続プロセス2)

接続プロセス2は、素子ストリングの延在方向とは異なる方向に受光素子310を接続する場合である。この場合には、ストリングの折り返し地点の受光素子310cをホットプレートに置いたのち(ステップS301)、ステップS302において隣にある受光素子310bの上の素子間接続体の本体部232に接続された素子間接続体230の素子間接続部231が、受光素子310cの電流取り出し電極15の上に重なるように配置する(図34(a))。また、新たに素子間接続体230の本体部232を受光素子310cの上に配置する(図34(b))。ここまでの手順は(1)と同様にしておこない、新たな素子間接続体230の素子間接続部231を受光素子310cの裏面の上に配置する際に、図34(c)に示すように(1)での素子間接続体230の素子間接続部231の配置に対して90度回転した向きに配置する。そのうえで、ホットプレート上の受光素子310c部分に下向きの圧力を加えながら再び受光素子310cが載置されているホットプレートの温度を230程度まで上昇させて(ステップS303)から100程度まで温度を下げることによって、素子間接続体の素子間接続部231及び本体部232の一部、受光素子の点状電極12Dを被覆しているはんだを各導電体間で融着させ、素子間接続体の素子間接続部231と素子間接続体の本体部232、及び素子間接続体の本体部232と受光素子の点状電極12Dとを、はんだ(電気接続体21)で接続する(図34(c))の状態に固定され、ステップS304となった状態)。このようにして受光素子310cと310bは素子間接続体により接続され、受光素子310cで素子間接続体の素子間接続部231がストリング列に対して90°折り返した状態で接続される。

【0225】

その後、形成されたストリング列とつながっている受光素子310cをホットプレートからおろし、ホットプレートに隣接して置く。受光素子310dを、受光素子310cの素子間接続部231の下になるようにホットプレート上に配置する(図35(a)、ステップS301)。新たな素子間接続体230の素子間接続部231及び本体部232を受光素子310dの電流取り出し電極15部分の一部及び点状電極12Dが重なるように配置する(図35(b)、ステップS302)。ホットプレートを約230に加熱し、ダイアフラムや発泡シリコンゴムなどを用いて、素子間接続体230の上からホットプレートに向けて圧力を加えることにより、素子間接続体の本体部232と素子間接続部231、受光素子310dの電流取り出し電極15と素子間接続体230の素子間接続部231、及び受光素子310dの点状電極12Dと素子間接続体230の本体部232、の各組を接続する(ステップS303)。接続する際に、上記の受光素子310dと素子間接続体230との各素材の位置がずれないようにする。この際、素子間接続体の本体部232の端部が素子の集電電極14と直接接触しないように、集電電極14部分に絶縁シートをはさむなどしてもよい。そして、ホットプレート温度を100程度まで低下させて、1つ分の素子の接続が完了し、ストリング列を90°折り返した状態となる。

【0226】

ステップS304にて、これ以降に素子を接続してストリングを直線的にのばしていく場合は(接続プロセス1)と同じ手順で素子を素子間接続体によって接続していけばよい。

【0227】

(接続プロセス3)

接続プロセス3は、受光素子モジュール1の他方の端部の受光素子310fを接続する場合である。この場合には、形成されたストリング列の末端の受光素子(今の場合は受光

10

20

30

40

50

素子 3 1 0 e) をホットプレートからおろし、ホットプレートに隣接して置く。あらかじめ素子間接続体の本体部 2 3 2 が接続された受光素子 3 1 0 f を受光面がホットプレート側になるようにホットプレート上に配置する (ステップ S 3 0 1)。受光素子 3 1 0 f をホットプレート上に配置し、上記受光素子 3 1 0 e の上の素子間接続体の本体部 2 3 2 に接続された素子間接続体 2 3 0 の素子間接続部 2 3 1 が、受光素子 3 1 0 f の電流取り出し電極 1 5 の上に重なるように配置する (図 3 6 (a))。前記の受光素子 3 1 0 e に接続された素子間接続部 2 3 1 と重ならないように、新たな素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 及び電流引き出し線 3 8 を受光素子 3 1 0 f の裏面の上に配置するとともに、ホットプレート上の受光素子 3 1 0 f 及び電流引き出し線 3 8 部分に下向きの圧力を加えながら再びホットプレートの温度を 2 3 0 程度まで上昇させて (ステップ S 3 0 3) から再び 1 0 0 程度まで温度を下げることによって、素子間接続体の本体部 2 3 2 の一部、電流引き出し線 3 8、及び受光素子の点状電極 1 2 D を被覆しているはんだを各導電体間で融着させ、電流引き出し線 3 8 と素子間接続体の本体部 2 3 2、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 と素子間接続体の本体部 2 3 2、及び素子間接続体の本体部 2 3 2 と受光素子の点状電極 1 2 D とを、はんだ (電気接続体 2 1) で接続する (図 3 6 (b))、ステップ S 3 0 4 の状態)。この際、受光素子 3 1 0 e に冷風をあてる、あるいは受光素子 3 1 0 e 上の素子間接続体 2 3 0 の本体部 2 3 2 上に熱容量の大きいものを密着させるなどして受光素子 3 1 0 e を冷却していても良い。なお、上記では大気圧下でゴムなどで圧力を加えたが、加熱真空ラミネータを用いても良い。

10

【 0 2 2 8 】

20

以上の工程を組み合わせながら繰り返し実行していき、図 3 2 のステップ S 3 0 4 で他に接続する受光素子がなくなった状態 (ステップ S 3 0 4 で No の場合) で、図 2 2 及び図 2 3 に示した受光素子配列が得られる。以上の工程を組み合わせることで、より大きな受光素子モジュールを形成することもできる。

【 0 2 2 9 】

また、以上では受光素子の受光面側をホットプレート側にしてその上に素子間接続体を設置する形で接続したが、この逆に素子間接続体をホットプレート上に設置し、その上から素子裏面をホットプレート側に向けて配置するようにして接続しても良い。特に素子間接続体の本体部 2 3 2 が受光素子よりも大きい場合は、受光素子と素子間接続体の本体部 2 3 2 との位置関係がわかりやすくなるためホットプレート側に素子間接続体の本体部 2 3 2 を配置して接続するようにしたほうが良い。

30

【 0 2 3 0 】

(接着層の形成方法)

その後、接着層 2 6 としてシリカフィラーを含むエポキシ樹脂前駆体を、ストリング列内の各素子と各素子間接続体の本体部 2 3 2 との間に供給する (ステップ S 3 0 5)。このような方法として具体的には、エポキシ樹脂前駆体含有液を各素子及び各素子間接続体の本体部 2 3 2 の周縁部に供給したのち、チャンバーのなかなどで素子列全体を減圧状態にする方法を用いることができる。このようにすると、減圧下で各素子と各素子間接続体の本体部 2 3 2 との間が脱気され、毛細管現象によりエポキシ樹脂前駆体含有液が各素子と各素子間接続体の本体部 2 3 2 との間に侵入していく。この後、受光素子配列全体を 1 0 0 ~ 1 5 0 程度に加熱することによりエポキシ樹脂の重合反応を進行させ、接着層 2 6 を形成する。このような前駆体含有液の粘度としては低いことが好ましい。

40

【 0 2 3 1 】

このようにして、図 2 6 に示すように、受光素子の裏側全面を接着層 2 6 が覆い、素子間接続体の本体部 2 3 2 (図示せず) と集電電極 1 4 (図示せず) 及び電流取り出し電極 1 5 との間が絶縁された受光素子構造を有する素子列からなる受光素子モジュール 1 を得ることができる。このような絶縁層である接着層 2 6 は、素子の電流取り出し電極 1 5 の一部のみを除き、主に集電電極 1 4 と電流取り出し電極 1 5 を覆う一方で点状電極 1 2 D の凸部の上面には形成されず、素子間接続体の本体部 2 3 2 と点状電極 1 2 D との間の電氣的接続は妨げない一方で、素子間接続体の本体部 2 3 2 と受光素子の正極である電流取

50

り出し電極 1 5 及び集電電極 1 4 とは絶縁する。また、このような接着層 2 6 としては、シリカなどのフィラー及び重合開始剤などを有し、重合後に膨張係数を素子基板に近づけたエポキシ樹脂などのポリマーを用いることによって、素子間接続体の本体部 2 3 2 による収縮応力を緩和し、素子の反りを低減し、モジュールの長期寿命に優れた受光素子モジュールを作成することができる。また、モジュール形成時の素子割れを低減するという利点を有する受光素子モジュール製造方法とすることができる。このような接着層 2 6 として A 1 N などをフィラーとして含ませて熱伝導性を向上させ、素子間接続体の本体部 2 3 2 を放熱板として用いても良く、この場合、素子間接続体の本体部 2 3 2 のモジュール裏面側の表面積が大きくなる構造とすると良い。

【 0 2 3 2 】

本実施の形態 3 では先に電気接続体 2 1 によって受光素子と各素子間接続体の本体部 2 3 2 を接続した後で接着層 2 6 を形成したが、実施の形態 1 と同様に各素子間を接続する前に接着層 2 6 を形成してもよい。この他の接着層 2 6 の形成方法としては、受光素子の裏面側の図 2 6 に示した形状にあらかじめ樹脂あるいは樹脂前駆体を配置しておいてから電気接続体 2 1 によって素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 と受光素子とをつなぎ、次いで各素子間をつないでいくようにしても良い。この場合、これらの素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 及び素子間接続体の本体部 2 3 2 と受光素子とを接続する際には、接着層 2 6 の樹脂の熱分解や電気接続体 2 1 の再溶解を避けるために、より低温な電気接続体を用いて、より低温で電氣的に接続することが好ましい。このような電気接続体としては、銀錫ピスマスやインジウムを含むはんだや銀粒子を含む樹脂や導電接着フィルムなどを用いても良い。あるいは、接着層 2 6 の樹脂に耐熱性が高い材料を用いることが好ましく、このような工程に使用する接着層 2 6 としてはエチレンビニルアセテート、樹脂前駆体としてはポリイミドモノマー溶液やエポキシモノマー溶液などを用いることができる。この他にも接着層 2 6 として高温に耐えるポリスルホン、ポリイミド、ポリアミド、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミドなどを用いることができ、また、接着層 2 6 は用いずに空隙としてもよい。

【 0 2 3 3 】

これらの接着層 2 6 及びその前駆体は熱と圧力をかけることにより図 3 1 に示される接着層 2 6 の形状から広がり、図 3 1 に示すように受光素子と素子間接続体の本体部 2 3 2 の間を充填する。このように電気接続体 2 1 を溶融させる際に、接着層を形成するためにも一定の温度をかけることが好ましいが、その一方で樹脂が高温になって分解しないように温度を高くしすぎず、また、加熱時間を短くすることが好ましい。この後、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 を用いて、素子間接続体の本体部 2 3 2 が接続された受光素子間をつないでいくことにより図 2 2 及び図 2 3 に示した受光素子モジュールを形成することができる。また、このような順番で接着層と素子間接続体の素子裏部分（本体部）を形成する場合、必要であれば、素子間を接続する前に素子単体の状態で素子の電氣的特性を評価する。このような製造方法は、実際の素子裏での素子間接続体による光反射の効果を含めた電氣特性を評価することができるため、素子を直列に接続した素子モジュールを作成する際に、素子間の電流が実環境で一致する素子を選んで 1 つのモジュールを作成することができ、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができるという利点を有する。また、このような順番で接着層 2 6 と素子間接続体の本体部 2 3 2 を形成した場合、素子裏面に素子間接続体の本体部 2 3 2 が接続された状態で素子からモジュール化までの工程を実施することができるため、搬送やラミネートなどの製造工程での素子割れが生じる可能性を低減することができるという利点を有する。特に受光素子 3 1 0 を構成する素子基板 1 1 が薄くなり、150 μm 程度以下の厚みになると、素子自体の強度が低くなり、素子割れが生じる可能性が飛躍的に高くなってくるため、薄い受光素子基板を用いた受光素子において有用である。受光素子基板を支持させるために、素子間接続体の本体部 2 3 2 の厚みを、例えば 0.5 mm 程度以上に増やしても良い。

【 0 2 3 4 】

また、これらの方法以外にも、接着層 2 6 を形成する前にあらかじめ受光素子と素子間

10

20

30

40

50

接続体の本体部 2 3 2 とを接続しておくようにしてもよい。例えば、はんだが溶融しない程度まで素子間接続体の本体部 2 3 2 及び受光素子 3 1 0 を加熱し、加熱して流動状態にした樹脂あるいは樹脂前駆体に圧力をかけて受光素子と素子間接続体の本体部 2 3 2 との間に接着層 2 6 を流し込んだあと、温度を低下させるようにしてもよい。そして、この後、素子間接続体の素子間接続部 2 3 1 を用いて、素子間接続体の本体部 2 3 2 が接続された受光素子間をつないでいくことにより図 2 2 及び図 2 3 に示した受光素子モジュール 1 を形成しても良い。

【 0 2 3 5 】

(ラミネート工程)

この後、2列のストリングから構成される受光素子配列の表面側上には、受光素子配列より若干大きい程度の大きさのシート状のエチレンビニルアセテート樹脂などの封止材 2 2 とガラスなどの受光面側主面材 2 3 を配置し、受光素子配列裏面側上には受光素子配列より若干大きい程度の大きさのシート状のエチレンビニルアセテート樹脂などの封止材 2 2 と耐候性のポリエチレンテレフタレート樹脂とアルミニウムを張り合わせたシートなどからなる裏面側主面材 2 5 (バックシート) を配置した積層体を構成する。そして、この積層体を加熱真空ラミネータによって減圧下で 1 0 0 ~ 1 5 0 の温度で 2 0 分程度加熱することによって、受光素子配列が受光面側主面材 2 3 と裏面側主面材 2 5 によって封止される(ステップ S 3 0 6)。

【 0 2 3 6 】

この際、裏面側主面材 2 5 及び裏面側の封止材 2 2 に孔を開けておき、受光素子配列の裏側に形成されたこの孔の部分から 2 本の受光素子モジュール 1 の電流引き出し線 3 8 を出した状態で封止しておくことによって、裏面側主面材 2 5 の孔部分から電流引き出し線 3 8 を取り出せるようにしておく。この電流引き出し線 3 8 は、ジャンクションボックス(接続箱)中の導線と接続されて、ジャンクションボックスに接続されたケーブルを通じて受光素子モジュール 1 の外部に取り出される。

【 0 2 3 7 】

特に受光素子 3 1 0 を構成する素子基板 1 1 が薄くなり、1 5 0 μ m 程度以下の厚みになると、素子自体の強度が低くなり、搬送やラミネートなどの製造工程での素子割れが生じる可能性が飛躍的に高くなっていく。この場合は素子間接続体の本体部 2 3 2 の厚みを、例えば 0 . 5 mm 程度以上などに増やし、素子基板 1 1 を支持させることで、本実施の形態 3 における受光素子においては、素子割れを防ぎ、歩留まりを向上させることができるという利点を有する。特にラミネート時の素子割れは、一枚の素子割れでもモジュール全体が不良となるため、これを抑制することができる本発明の構造は有用である。

【 0 2 3 8 】

(モジュール化工程)

この後、封止された板状の受光素子配列の端部にシリコン樹脂などを用いてフレームを、電流引き出し線 3 8 部分にはジャンクションボックス(接続箱)を、接着する(ステップ S 3 0 7)。このようにして、受光素子モジュール 1 を得ることができる。

【 0 2 3 9 】

上記実施の形態では、表面の反射率が高い素子間接続体を用いたが、素子間接続体の光反射率を高める必要が低い場合は、図 2 7 (a) に示したように凹凸を有する導電体の全面あるいは凸部 2 3 2 R 1 のみに導電性接着剤を塗布して、これを受光素子上の電極に押しつけて接着することにより接続してもよい。

【 0 2 4 0 】

以上説明してきたように、本実施の形態 3 による受光素子モジュール 1 では、正極に比べて導電抵抗が高くなる負電極である点状電極 1 2 D と素子間接続体 2 3 0 が素子裏部分で直接電氣的に接続される。一方、比較的導電抵抗の小さい正電極(集電電極 1 4、電流取り出し電極 1 5)とは絶縁層である接着層 2 6 により絶縁され、負電極における集電は点状電極 1 2 D のみでなく受光素子の裏面全体を覆うように形成された導電性の高い素子間接続体 2 3 0 を通じて行われる。従って、線状電極だけの場合だけでなく、あるいは裏

10

20

30

40

50

面全体に素子電極を形成した特許文献4の場合に比べても大幅に集電抵抗を低減することができ、光電変換効率を従来に比べて向上させることができる。これにより、素子電極で集電する場合に比べて、素子のサイズのより大きいものをモジュールに使用することができ、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができるという利点を有する。

【0241】

同様に、受光素子から放熱する際の熱抵抗についても、実施の形態3では受光素子モジュールの厚み方向及び平面方向の熱伝導性が高く、熱抵抗としては低くなるため、特許文献1の素子よりも素子温度を低く保つことができ、この結果として光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができるという利点を有する。

【0242】

また、本実施の形態3においては、モジュール化をおこなう際に素子間接続体を素子に接続するためには受光素子基板の裏面に合うようにして素子間接続体を接着すればよく、高精度な位置あわせは不必要であり、位置あわせの回数を減らすことができ、この結果として位置あわせ精度を上げることができ、より電極ピッチが狭く、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができる。なお、素子間接続体の本体部232と受光素子基板の素子電極とを電気接続体21で接続する前に接着層26を形成する場合には、位置あわせが必要となるが、この位置あわせについては図29に示すように接着層26は正負のうち一方の電極の大部分を覆うとともに他方の電極の一部を露出できればいいだけであるため、位置あわせは高精度である必要はない。

【0243】

また、本実施の形態3による受光素子モジュール1においては、一方の素子電極である点状電極12Dが他の極となる素子電極に対して張り出す構造を有するため、モジュール化時における高精度な位置あわせをおこなうことなく、素子間接続体230の本体部232であるアルミ箔を点状電極12Dにのみ接続することができるという利点を有する。また、接着層26も素子間接続体230の本体部232を受光素子310と接続した後から形成するため、位置あわせが不要であるという利点を有する。また、接着層26が絶縁層として機能するため、電極間の絶縁性に優れた素子間接続体付き受光素子及び受光素子モジュールを得ることができる。これにより、特許文献2に示した受光素子モジュールでは必要であった素子間接続体と素子基板との間の細かな位置あわせが不要となり、位置あわせ精度に依存することなく素子電極の電極ピッチを狭くすることができる。従って、内部抵抗が小さく、キャリア収集効率が高く、光電変換効率に優れた接続体付き受光素子及び受光素子モジュールを得ることができる。

【0244】

また、本実施の形態3による受光素子モジュール1では、図29、30(a)から30(b)に示すように、受光素子を構成する素子基板11を透過し、素子電極(点状電極12D、集電電極14、電流取り出し電極15)の間を透過して基板外に逃げる光が素子間接続体230によって反射され、素子基板内に入射することにより光透過損失の低減が可能となり、光電変換効率に優れた受光素子モジュール1を製造することができる。本実施の形態では、受光素子を構成するシリコン基板の裏面側に素子間接続体の本体部232としてアルミ箔を有し、素子基板と素子間接続体230の間には主に透光性の高い接着層26があるのみである。アルミ箔(素子間接続体の本体部232)は、シリコン基板の光吸収係数が小さく、透過させてしまうような一部の波長の光に対して反射率が高い。このため、例えば900~1300nm程度の波長の光がシリコン基板の裏面まで透過しても、素子間接続体230による反射によって再度素子に光を入射させることができ、光の損失を大幅に低減することができる。

【0245】

また、本実施の形態3による接続体付き受光素子及び受光素子モジュール1は、図30(a)及び30(b)に示すように、素子電極(点状電極12D、集電電極14、電流取り出し電極15)を金属(素子間接続体の本体部232)と樹脂(接着層26と封止材22)とで覆うことができる。このため、受光素子の周囲環境から素子電極部分に到達する

10

20

30

40

50

水分を低減することができるため、素子電極のマイグレーションによる短絡や電気化学反応による抵抗増大を防ぐことができ、光電変換効率の長期安定性に優れた接続体付き受光素子及び受光素子モジュールを提供することが可能となる。これは特に、正極と負極の電極間距離が小さく、光電変換効率が高い受光素子の場合に重要である。

【0246】

また、特に、屋外で使用される受光素子では、外気の湿度の高さにより封止樹脂内に水分が侵入し、電気化学反応を起こすことによる電極金属の腐食を引き起こし、電極部の抵抗が増大する可能性がある。これに対し、本実施の形態3においては、素子電極は主に金属からなる素子間接続体の本体部232と接着層26によって囲まれており、水分が素子電極まで到達しにくい構造となっているため、長期的な光電変換効率に優れた接続体付き受光素子及び受光素子モジュールの構造であるという利点を有する。

10

【0247】

また、本実施の形態3においては図22、23に示すようにストリングの端部において受光素子を90°回転させて接続することができ、素子間接続体の素子間接続部231を用いてストリング間の電氣的接続を取ることができる。従って実施の形態1などにおいて、受光素子の外縁部にストリング間接続体34(図2)を設ける場合に生じる非発電領域を減らすことができ、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができる。

【0248】

また、本実施の形態3においては、素子間接続体230が直に受光素子310に接して形成されておらず、接着層26が存在するために、接着層26が素子間接続体230との間の応力を緩和し、反りが低減され強度に優れた受光素子及び受光素子モジュールとすることができるという利点を有している。従って素子電極に膜応力クラックや剥離が生じるようなこともない。

20

【0249】

さらにまた、本実施の形態3においては、素子間接続体の本体部232と受光素子との間に、膨張係数が素子基板11に近い接着層26を有するため、受光素子の応力を緩和し反りを小さくすることができる。更に、本実施の形態3においては、素子間接続体の本体部232が凹凸構造を有するため、凹凸の境目において比較的大きく変形することができる。また、このように応力を緩和するとともに、素子間接続体の本体部232は基板上の膜ではなく、独立した支持体として存在することができるため、素子間接続体の本体部232は、その厚みを容易に厚くすることができる。従って、これによって集電抵抗が小さく、光電変換効率に優れた受光素子モジュール構造とすることができる。特に、素子間接続体230の本体部232は、受光素子が薄い場合にも素子基板11の、反りを減らすとともに素子基板11の支持体として機能し、素子割れを抑制することができる。

30

【0250】

さらにまた、素子間接続体自体に厚みを設け、集電抵抗を小さくすると、素子電極の延在方向に受光素子にかかる応力が大きくなるという問題があるが、本実施の形態3においては集電に用いられる電極面積を増やすことができる結果、その分だけ素子間接続体の厚みを低減することができ、素子にかかる応力を低減することができ、強度に優れた接続体付き受光素子及び受光素子モジュールを作成することができる。

40

【0251】

また、本実施の形態3は、素子内での集電に寄与する素子間接続体230の本体部232を有するとともに、素子基板を透過した光を反射することができる表面を有する素子間接続体230の本体部232を有するため、素子間を接続する素子間接続体をより少ないモジュール組み立て工程数で受光素子モジュールを製造することができ、より少ない工程によって光電変換効率に優れた受光素子モジュールを製造する方法である。

【0252】

また、一般的に、太陽電池の用途においては、同一の受光素子モジュール内の素子間で電流が一致しない場合、モジュール全体としての光電変換効率が低下するという問題があ

50

る。このため、素子間接続体がない素子の状態で事前に発電特性を測定し、素子間の電流が一致するように素子を選んで受光素子モジュールを作成する。反射体が素子裏面にある場合、素子電極がない部分を透過する光が素子裏面の反射体により反射されて基板内に入射することにより得られる利得により、光電流量は変化する。これに対し、実施の形態3の太陽電池モジュールを用いることで、素子間接続体の本体部232を素子基板11（半導体基板）に接続した上で光電流量を評価して、光電流量が一致するものを組みあわせてモジュールを作成できるため、素子間接続体付き受光素子間の発電電流値をより近づけることができる。その結果、本実施の形態3の製造方法を用いることによりストリングには他の受光素子に比して著しく低い発電電流値を有する受光素子がないため、受光素子モジュール1の発電効率を従来に比して高めることができる。このため、実施の形態3の受光素子モジュールの製造方法によれば、受光素子間の電流の不一致量を低減することができ長寿命化をはかることができる。

10

【0253】

また、本実施の形態の方法を用いれば受光素子毎に素子間接続体を接続していくため、モジュール化の際に位置あわせをおこなう必要が無く、位置ずれによって正極と負極間が短絡した素子は、素子単体で除くことができ、受光素子の無駄を少なくすることができる。

【0254】

また、実施の形態3による受光素子モジュール1では、図27(a)に示すように表面に凹凸を有する板状の素子間接続体を用いたが、平面状の素子間接続体230を用いてもよい。本実施の形態のように表面に凹凸を有する素子間接続体の場合、背面の素子電極に凹凸をもつ受光素子用の素子基板11上の凸部となる負極と素子間接続体とは接続される一方で、凹部となる正極と素子間接続体とは空間に離間されるとともに最終的な受光素子構造においては接着層26によって絶縁されるため、素子基板と素子間接続体との間で位置あわせをおこなう必要がなく、素子電極の正極と負極間の間隔を狭くすることができ、光電変換効率に優れた受光素子を得ることができるという利点を有する。また、本実施の形態3にかかる製造方法においては、素子電極と素子間接続体との接続の後に流動状態の樹脂や樹脂前駆体などを流しこむことにより絶縁層である接着層26を自己整合的に形成するため、接着層26を形成する際に位置あわせが不要であるという利点を有する。

20

【0255】

また、本実施の形態3における製造方法においては、光電解めっきにより自己整合的に負極のみ突出させることにより、位置あわせをおこなうことなく背面接続型受光素子の一方の電極のみを凸部とすることができるという利点を有する。また、本実施の形態3の受光素子、接続体付き受光素子及び受光素子モジュールは、光電解めっきにより自己整合的に負極のみ突出させた構造をとることにより、位置あわせをおこなうことなく背面接続型受光素子の一方の電極のみを凸部とすることができるため、絶縁性に優れ、位置あわせ精度が高く、正と負の電極間距離が短く、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを得ることができる。

30

【0256】

本実施の形態3によれば、平面状の素子間接続体の本体部232が素子基板の裏に形成され、これに対して別の素子間接続体の素子間接続部231が自由に接続できる構造であるため隣接する受光素子間の位置関係の自由度が高いという利点を有する。この結果、例えば図22, 23に示すように素子間を直線的に接続でき、受光素子1列のみで1つのストリングとすることができ、任意の列数で、任意の地点でストリングを折り返された受光素子モジュールを作成することができるという利点を有する。

40

【0257】

なお、以上の実施の形態1~3では、受光素子として、単結晶シリコン基板を用いているが、多結晶シリコン基板を用いてもよいし、ガリウム砒素などの化合物半導体基板を用いた場合にも、同様の効果が得られる。また、本実施の形態1~3においては、素子間を直列接続するように記載したが、素子間を並列接続にしても良い。

50

【 0 2 5 8 】

また、以上の実施の形態 1 ~ 3 では、背面接続型素子として素子基板に貫通孔が無いものを用いたが、例えば一般的にエミッタラップスルーあるいはメタルラップスルーと呼ばれる貫通孔を介して背面で再配列配線を形成した背面接続型の受光素子を用いても良い。

【 0 2 5 9 】

(変形例)

以下、実際に則して、前記実施の形態 1 ~ 3 あるいはその変形例における材料や構造を具体的に説明する。

【 0 2 6 0 】

素子間接続体 3 0 , 1 3 0 , 2 3 0 は、導電体箔あるいは導電体板からなり、素子裏部分(本体部) 3 2 A , 外側部分 3 2 B , 本体部 1 3 2 , 2 3 2 については、少なくともその表面の材料は受光素子の光吸収率が低い波長領域で反射率が高いことが好ましい。その一方で、素子電極との接続部分の表面においては電気接続体 2 1 との濡れ性、密着性、接続性などが高いことが好ましい。また、基材の材質としては、導電性が高く、素子との応力緩和の目的のためには柔らかい金属であることが好ましい一方で、受光素子基板が薄い場合は受光素子基板を保持する強度をもつものであることが好ましい。これらの異なる特性を異なる領域で満たすために、素子間接続体の本体部あるいは素子裏部分の基材、受光素子との接続部、接続部以外の素子間接続体の表面部分、の各部で異なる材料を用いて素子間接続体の素子裏部分(本体部) 3 2 , 1 3 2 , 2 3 2 を形成しても良い。

【 0 2 6 1 】

たとえば受光素子がシリコンで構成される場合、このような素子間接続体の本体部、素子裏部分の導電体の基材としては、鉄、鉄ニッケル合金、アルミニウム、銅、銀、金、錫やそれらの組み合わせによる箔あるいは板を用いる。そして、その表面は、シリコンの厚みによるが 8 0 0 ~ 1 3 0 0 nm の波長域の光に対して反射率が高い材料となるようにすることが好ましい。また、受光素子と素子間接続体の本体部(素子裏部分)とをばんだで電氣的に接続する場合は、その接続部分はばんだに対する濡れ性がよい材料を用いることが好ましい。

【 0 2 6 2 】

なお、素子間接続体の本体部の基材 5 0 として、反射率は高い一方ではばんだに対する濡れ性が悪い金属を用いる場合は、基材そのものを光反射体として用いることができる一方で、受光素子との電氣的接続をとることが困難である。このため、受光素子との接続部分の少なくとも表面には錫や銅、銀などの電氣的接続がとりやすい、あるいはばんだ付け性が高い金属が形成されていることが望ましい。このような金属としては、アルミニウムがある。アルミニウムは可視から赤外領域にわたって光反射率が高い材料である一方で、酸化されやすく、ばんだに対する濡れ性が悪いため、アルミニウムを素子間接続体の本体部(素子裏部分)の基材の材料として用いる場合は、素子電極との接続部分にはばんだなどの接続性がよい材料を介在させることが好ましい。

【 0 2 6 3 】

(変形例 1)

このような電氣的接続層を有する本実施の形態 3 の素子間接続体の変形例を図 3 7 及び図 3 8 に示す。図 3 8 は図 3 7 の Y 方向の凸部を含む面で切断した断面図である。

【 0 2 6 4 】

図 3 7 に示す素子間接続体の素子裏部分である本体部 5 3 2 は、素子電極との接続部分に相当する基材 5 0 上の凸部 5 3 2 R 1 の表面に、電気接続体 2 1 としてはばんだを用いて接続するために素子の点状電極 1 2 D の配置に沿ってアルミニウム表面にはばんだとの接着性の高い金属層として電気接続領域 5 3 を有する。これによればばんだ付け性の低いアルミニウムを基材に用いても受光素子上の素子電極に対して良好に接続をとることができる。その一方で、アルミニウムは反射率が高く、酸化しても反射率の低下が起こりにくいいため、表面反射層を形成しなくても良い。このような電気接続領域 5 3 としては具体的にはニッケルと錫の積層体を用いることができる。なお、反射体層が形成される領域が広い方

10

20

30

40

50

が光電変換効率が高くできるため、電気接続領域53が形成される領域はより狭い方が好ましく、必ずしも凸部532R1と同じ広さ分だけ形成されていなくても良く、凸部532R1よりも狭い領域に形成しても良い。51は素子間接続部(図示せず)と接続するための接続部を構成するめっき層である。

【0265】

変形例1によれば、受光素子の点状電極12Dなどの素子電極との接続点のみに選択的に電気接続領域53が形成されているため、反射部を確保することができ、光電変換効率を高めることができる。

【0266】

(変形例2)

このような光反射性の高い基材を用いた素子間接続体の素子裏部分(本体部)532の変形例として図39のような構造のものを用いることができる。図39の素子間接続体の素子裏部分(本体部)532は、素子間接続体の素子裏部分(本体部)532上の受光素子の素子電極と接続されない部分に光透過性の高い絶縁層26bを有し、それ以外の部分のはんだなどによる接続性の高い錫によって覆われている。このような構造は、あらかじめ基材50となるアルミニウムの上に樹脂などにより絶縁層26bを図37の素子電極との電気接続領域53以外の部分に形成した後、電解めっきなどによりニッケル及び錫を絶縁膜以外の部分に選択的に形成し、プレス加工などにより凹凸構造を形成することにより作成することができる。このような素子間接続体を用いることにより図31に断面図で示したような素子間接続体付きの受光素子を作成することができる。

【0267】

なお、凹凸部の形成に関して、基材が箔などで、剛性が低く、凸部532R1,凹部532R2をプレス加工形成した形状を保持するのが困難な場合は、後の工程となる受光素子と素子間接続体とを接続する際に凹凸の型を有する治具などを用いて凹凸部を保持させた状態で受光素子と素子間接続体とを接続して形成しても良い。また、図38の素子間接続体の構造を形成する工程と同様にして図39に示す素子間接続体の素子裏部分となる本体部532を作成することができる。具体的には、図39に示した構造を形成する際、基材全体をめっき槽に浸漬するかわりに図38の凸部532R1が突出する部分のみをめっき槽に浸漬するように変更し、そのあと絶縁層26bを有機溶剤などで除去し、基材の端部のみの表面に錫めっきして接続部51を形成することにより図39に示す素子間接続体の本体部532を作成することができる。

【0268】

(変形例3)

次に濡れ性が高く光に対する反射率が高い金属を素子間接続体の素子裏部分となる本体部632の基材50として用いる場合について図40を参照しつつ説明する。このような基材50の材料の例としては銅や錫が挙げられるがここではより反射率が高く抵抗率の小さい銅を例に用いて説明する。銅を素子間接続体の本体部632の基材50として用いる場合、銅ははんだへの濡れ性が高く、また、800nm以上の波長での反射率が高いため表面反射層を形成しなくても良い。このため、図37及び図38に示したように多層構造としなくてもよく、実施の形態2において示したように基材50としての30μm程度の厚みの銅箔のみで素子間接続体の素子裏部分となる本体部632とすることができる。ここでも本体部632は凸部632R1,凹部632R2を有している。

【0269】

しかし、その一方で、銅は酸化によって反射率の低下が生じてしまう。これを防ぐため、表面保護材としてチアゾール、ベンゾトリアゾールなどを使用しても良いが、受光素子を設置する環境が高温多湿の場合はモジュール化後においても銅の表面が酸化される可能性がある。このため、図40に断面図を示すように、素子間接続体の本体部632上の、受光素子の点状電極12Dと接続される領域に反射層52としてアルミニウムを50nm程度蒸着してもよい。このように、アルミニウムなどの反射層52を形成することで銅の表面酸化による反射率の低下を抑制することもできる。

【0270】

(変形例4)

また、アルミニウムと銅との間には、銅の拡散や酸化を抑制する目的で溶融めっきや電気めっきなどにより錫や錫・銀はんだ層を銅箔表面に形成しても良い。このような表面に錫の層を持つ銅箔を基材50として、図41に示すように、素子間接続体の素子裏部分(本体部)である単層からなる本体部732としても良い。また、基材50を錫箔あるいは錫の板とする場合も、錫単体で素子間接続体の素子裏部分(本体部)732とすることができるが、銅と同様にアルミニウムを反射層52として図41のような構造を用いることができる。このような素子間接続体の素子裏部分である本体部732は、例えば真空蒸着などにより、メタルマスクなどを通して素子電極との接続部分以外の部分にのみ30~40nmの厚みのアルミニウム層を銅箔上に形成し、形成した後にプレス加工によって凸部732R1, 凹部732R2を形成することにより作成することができる。これらの凹凸部の形成に関して、基材が箔などで、剛性が低く、凹凸部の形状を保持するのが困難な場合は、後の工程となる受光素子と素子間接続体とを接続する際に凹凸の型を有する治具などを用いて凹凸部を保持させた状態で受光素子と素子間接続体とを接続して形成しても良い。なお、はんだに対する濡れ性のよい金属を基材として用いる場合は、はんだ性があるので、素子間接続体間の素子間接続部にははんだ層などの被覆層は形成されていなくてよい。また、アルミニウムからなる反射層は蒸着のみならず溶融めっきなどによっても形成することができ、反射層の厚みはより厚くても良い。

10

【0271】

20

次に、濡れ性が低く、光に対する反射率が比較的低い金属を素子間接続体の素子裏部分である本体部832の基材50として用いる場合について述べる。アルミニウムや金、銀、銅、ロジウム、白金など以外の、例えばステンレスなどの反射率が低く、はんだなどに対する接着性が低い材料を基材として用いる場合は、図42(a)に示すように、反射層52及び電氣的接続領域53の両方を形成することが好ましい。

【0272】

(変形例5)

また、図42(a)のように、反射層52下には電氣的接続領域53がない構造も有効である。この構成によれば、凹凸をより確実に維持することができる。製造に際しては、上記の銅箔を用いた場合と同様に、例えば鉄、あるいはステンレス、もしくはコパールなどを基材の材料とし、溶融めっきなどにより基材をはんだ性のよい金属でコートしてから図38の接続領域53と同じパターンとなるように樹脂マスクを基材上に形成し、30~50nm程度の厚みのアルミニウムを蒸着して反射層52を形成し、樹脂マスクを有機溶剤などによって除去すればよい。図42(a)に示すように局所的に反射層52と電氣的接続領域53が形成された素子間接続体の本体部832を作成するには、次のようにすることができる。

30

【0273】

例えば鉄、あるいはステンレス、もしくはコパールなどを基材の材料とし、基材金属を反射層52として用いても良いが、さらに反射率を向上させるために反射層52としてアルミニウムを用いる場合について説明する。まず、あらかじめ受光素子と同程度の大きさに切り抜かれた金属箔あるいは板上に図37の接続領域53と同じパターンとなるように樹脂マスクを形成する。この樹脂マスク上に、30~50nm程度の厚みのアルミニウムを蒸着して反射層52を形成する。こののち、樹脂マスクを有機溶剤などによって除去して、反射層52を形成する。この反射層52が形成された金属箔あるいは接続部51の端部をニッケルなどの金属イオンを含有するめっき槽中に浸漬して電気めっきあるいは無電解めっきなどにより表面にニッケル層を形成する。こののち、錫イオンが溶けた浴のなかに浸漬して電気めっきすることにより金属基材の表面に錫層を形成し、素子間接続体の素子間接続部(ここでは図示せず)との接続部51に、はんだ性がよい金属被膜を形成する。この後、凸部832R1を凹部832R2に対して突出するように、必要に応じてプレス加工して素子間接続体の素子裏部分である本体部832に凸部832R1を形成する。

40

50

この状態で、凸部側の面をニッケルめっき槽に浸漬して電解めっきあるいは無電解めっきをおこなったあとに更に錫イオンを含むめっき槽でめっきすることにより、凸部 8 3 2 R 1 に受光素子との接続領域 5 3 を形成することができる。同様にして、素子間接続体の素子裏部分である本体部 8 3 2 の端部のみをめっき槽に浸けて素子間接続体の素子間接続部（図示せず）との接続部 5 1 を形成することができる。

【 0 2 7 4 】

本実施の形態 3 の変形例では、その素子間接続体の本体部 8 3 2 として、図 4 2 (a) に示す形状とし、その材料としてはアルミ箔を用いて、素子裏面側の表面に、めっきによりクロムやニッケル、さらにその上に錫などの金属膜を形成し、後の工程のはんだ付けが容易になるようにしておく。この際、素子電極と接続する部分については、電気接続体 2 1 としてはんだ付けを行うために、図 4 2 (a) に示すように素子の点状電極 1 2 D が形成される列の配置に沿った電氣的接続領域 5 3 のパターン上に錫が露出した形状とする。さらにこの素子間接続体を溶融したはんだ槽に浸漬して、図 4 2 (b) に示すように電気接続体 2 1 で素子間接続体の素子間接続部との接続部 5 1 及び受光素子の電極との電氣的接続領域 5 3 とにはんだ層を形成しても良い。なお、図 4 2 (b) では図 3 7 の Y 方向の断面図となっており、Y 3 2 が W 3 1 に比べて狭くなっており、点状電極 1 2 D が凹部 8 3 2 R 2 部分に入り込まないようになっている。

【 0 2 7 5 】

これらめっき処理の際、あらかじめアルミニウムが酸化されていることによりアルミ蒸着膜形成部分に対してめっき金属が形成されにくくなるため、素子間接続体の素子裏部分（本体部）8 3 2 の樹脂マスクを形成した部分（電気接続のための接続領域 5 3）のみをめっき金属でコートすることができる。これらの凹凸部の形成に関して、基材が箔などで、剛性が低く、凸部 8 3 2 R 1 及び凹部 8 3 2 R 2 の形状を保持するのが困難な場合は、後の工程となる受光素子と素子間接続体とを接続する際に凹凸の型を有する治具などを用いて凹凸部を保持させた状態で受光素子と素子間接続体とを接続して形成しても良い。以上のようにして図 4 2 に示す素子間接続体の素子裏部分である本体部 8 3 2 を作成することができる。

【 0 2 7 6 】

（変形例 6）

この例では、受光素子と素子間接続体の本体部 9 3 2 との間に配される接着層 2 6 A に、二酸化チタン粒子などの光反射体を含有させたものである。図 4 3 (a) に平面図、図 4 3 (b) に図 4 3 (a) の A - B 断面図、図 4 4 に受光素子モジュールの断面図を示す。図 4 4 は図 4 3 (b) に対して直交する断面を示すものである。点状電極 1 2 D と素子間接続体 9 3 0 を電氣的に接続する電気接続体 2 1 は、素子間接続体の本体部 9 3 2 と、電流取り出し電極 1 5 及び点状電極 1 2 D とが接続される部分だけに形成されており、他の面には絶縁層 2 6 b が形成されている。また、素子間接続体 9 3 0 の素子側の面を広く覆っていてもよい。ただし、電気接続体 2 1 が図 4 3 (b) のように素子間接続体本体部 9 3 2 の素子側の面を覆っており、かつその光反射率が受光素子の光吸収係数が小さい領域で必ずしも高くない場合でも、接着層 2 6 A に二酸化チタン粒子などの光反射体を含ませているため、十分な集光を行うことができる。なお、受光素子の光吸収係数が小さい領域とは、例えば、光が電極を除いた部分の受光素子を 1 % 以上透過するほどの侵入長をもち、かつ、受光素子を透過した光のうち 1 % 以上が吸収される波長領域などを目安とすることができる。受光素子がシリコン基板からなる場合、基板の厚みによるが、800 ~ 1300 nm の波長領域である。

【 0 2 7 7 】

また、素子間接続体 9 3 0 で接続される隣接する 2 つの受光素子の間には素子間接続部 9 3 1 が通るため、2 つの受光素子は若干の間隔を開けて配置される。この素子間の隙間部分には素子間接続部 9 3 1 が通るため、この隙間部分は光反射性が高く、外からの見栄えが異なる場合がある。このような場合には、必要であればこの隙間部分だけ塗料を塗布する、あるいは、遮光テープを貼るなどして、隙間部分の外観を他の部分とほぼ同じにす

10

20

30

40

50

ることができる。

【0278】

なお、前記実施の形態3においては、受光素子310を構成する素子基板11の裏面に凹凸がある場合を記載したが、基板自体はこのような凹凸を有していなくても良く、電極の高さのみで高低差をつけたものでも良い。このような点状電極12Dが形成される部分の素子基板が他の部分に比べて凸となっていない場合の受光素子モジュールの断面は、図44に示すようになる。また、素子間接続体930の素子裏部分である本体部932は集電電極14の最も外周の電極と重ならない程度の大きさにすることにより、受光素子の正極と素子間接続体との間の絶縁性を向上させることができるため、図44では素子間接続体930の本体部932の大きさを図30(a)及び図30(b)に示した実施の形態3の素子間接続体の構造よりも小さいものとし、電流取り出し電極15と重ならず点状電極12Dを覆うだけの大きさとなっている。また、素子間接続体自体も凹凸を有していなくてもよく、図44ではこの場合を示している。これに対して、素子間接続体930と接続される側の素子電極が凸となる場合は、素子間接続体の負電極への接続が簡便になるとともに、他方の正電極と素子間接続体とは距離が離れるため、絶縁性が向上するという利点を有する。

10

【0279】

(変形例7)

また、前記実施の形態3では受光素子として基板が凹凸するものについて説明したが、図45(a)に示すように、基板が平坦な表面を有しており、電極が同一面上に形成され、点状電極12Dが表面から突出した面上に形成されていてもよい。図45(b)はおもに基板内に形成された導電層の位置と素子間接続体の位置関係を示す図であり、図45(a)の断面に直交する点状電極12Dを含む面を示した断面図である。図では素子を素子間接続体で接続した状態のストリングの一部について記載しており、受光面側のパッシベーション膜、封止材等は記載を省略している。他部については図31に示した実施の形態3の受光素子と同様であるためここでは説明を省略する。同一部位には同一符号を付した。

20

【0280】

一般的に、光電変換素子は半導体の光電効果を利用する。しかし、半導体は導電性が低いため、半導体基板内を電流がながれる距離が長いと抵抗損失が増大し、また、少数キャリアが移動する距離が長いと光生成キャリアの失活により電流の低下が生じるため、一般的な光電変換素子は、金属や透光性導電膜を半導体基板上に形成することによって面内方向の導電性を確保する構造となっている。このため、金属電極はある間隔で離間しながら、半導体基板面内全体に広く分布する構造となる。

30

【0281】

光電変換素子のなかで、背面接続型の光電変換素子の素子構造としては、一般的に、MWT(Metal Wrap Through)セルやEWT(Emitter Wrap Through)セルやIBC(Inter-digit Back-contact)セルといったものがある。このうち、IBCセルとEWTセルでは、受光面にはグリッド電極がないため、前記の通り裏面に正と負の両極が離間しながら共に広く分布する必要がある。これに対し、MWTセルにおいては、受光面側にグリッド電極を有するため、電極影が生じるものの、裏面側には正極と負極どちらかだけが広く分布していればよいため、裏面側の素子電極構造は相対的に単純になる。このため、本実施の形態は受光面に素子電極を有しない素子構造を主な対象とするものであるが、受光面に素子電極を有する素子に適用しても良い。

40

【0282】

このように異なる2つの極性の電極が一つの面のみに離間しながら広く分布する必要がある場合、その配線は複雑になる。そこで、特許文献1のように櫛歯状の電極を対向させた素子電極で集電する構造や特許文献2のように素子電極を多層化する方法が考案されてきた。しかし、素子電極を半導体基板に対して抵抗が小さくなるように形成するためには

50

、例えば金属を蒸着した後に5 - 30分の200 - 400 程度の加熱処理や、ガラスフリットを含有するペーストを印刷した後で500 - 900 程度の加熱処理を行う等の、高温の熱処理が必要であった。この際、特許文献1あるいは特許文献2で記されるようなパッシベーション膜等を介して素子基板上に直に金属電極を有する半導体素子においては、金属材料がパッシベーション膜を突き抜けてあるいは偶然形成されたピンホール等を通して半導体素子基板に到達する。この場合、金属が再結合中心として働き、金属が存在する領域の半導体内の導電率が小さいほど半導体内での再結合の影響が増大し、光電変換素子の光電変換効率が低下するという問題があった。半導体内部に導電率がある程度以上高い領域が存在する場合、オージェ再結合等の原因となり、素子の光電変換効率が低下するため、導電率が高い領域の面積を制限した場合に、上記のように金属が再結合中心として強く働く。

10

【0283】

このような、絶縁層あるいはパッシベーション膜を介して素子電極が素子と直接接触する素子構造においては、接触抵抗を低減するための高温処理等によって素子電極の金属が絶縁層を拡散していき、基板内と導通する可能性があるが、これに加えて、一方の極性を有する半導体層上に他方の極性の電極が半導体基板上に形成された無機絶縁層を介して、直接接触する場合、電極から拡散した金属が半導体層と金属間を短絡してしまうため、光電変換効率の低下は顕著になる。この問題は、絶縁層を介するものの、広い面積で半導体基板と電極金属が密着し、その上でさらに加熱してしまうために生じる。さらに、これらの問題は素子面積が大きいほど顕著に生じるという問題があった(例えば“Decoupling charge carrier collection and metallization geometry of back-contacted back-junction silicon solar cells by using insulating thin films,” c. Reichel, M. Reusch, F. Granek, M. Hermle, S.W. Glunz, 第35回IEE Photovoltaic Specialists Conference 国際会議 議事録2010年7月; 1034頁 1038頁 参照)。これに対し、各実施の形態においては、発電素子上には素子基板と素子電極の電気導通部にのみ存在するようにでき、はんだ等により比較的低い温度で素子電極と素子間接続体との間の導通をとり、また、素子間接続体も直接素子基板と接触しないため、高い絶縁性を得ることができるという利点を有する。さらにンホールの生じにくい、樹脂等を用いて十分に厚みのある絶縁層26を形成することにより絶縁性を向上させることができる。これに対し、例えばシリコン酸化膜などの絶縁膜上に、蒸着などにより直接導電体を成膜した場合、素子基板とは絶縁膜を介して広い面積で直に接触しているため、その後のコンタクトアニール等により、特に絶縁膜のピンホール等を介して、短絡する部分が出るという問題がある。特に、銅のような安価な良導体を使用する場合は、銅はシリコン中に拡散しやすいため、非常に短絡しやすいという問題があった。

20

30

【0284】

これに対し、本実施の形態においては、図45(b)に示すように、素子間接続体の本体部932が半導体領域17のn型拡散層に対して隔絶されており、また、はんだや導電性樹脂等の電気接続体21によって低温で素子間接続体の本体部932と素子電極の内の点状電極12Dとが接続される。一方絶縁層26が介在することで半導体領域16であるp型拡散層に接続された点状電極12Dはn型拡散層である半導体領域17とは分離されている。また半導体領域17表面はパッシベーション膜18で被覆されている。パッシベーション膜18としてはシリコン酸化膜及びアモルファスシリコン窒化膜の積層体が用いられる。このため、半導体基板中への金属の拡散、および、正極(図45(b)中の素子間接続体932)と負極(図45(b)中の半導体領域17)間の短絡による光電変換効率低下が生じにくく、光電変換効率に優れた受光素子モジュールを簡便につくることができるという利点を有する。特に、銅を電極として使用する場合は、銅はシリコンに対する拡散係数が大きいので、銅の拡散部分で短絡やキャリアの再結合が非常に生じやすいとい

40

50

う問題があった。

【0285】

本実施の形態においては、発電素子上には素子基板と素子電極の電気導通部にのみ存在するようにでき、また、素子間接続体も直接素子基板と接触しないため、高い絶縁性を獲得することができる。このため、はんだ付け性がよい良導体である銅を、簡便に素子内での抵抗を低減するための電極材料として使用し、一般的に素子電極に用いられ、稀少資源である銀の使用量を低減することができるという利点を有する。

【0286】

またこれら以外にも、特許文献1, 2等の素子電極が集電を担う構造では、素子面内の集電抵抗を低減するために素子電極自身に厚みが必要であるため、真空蒸着やめっき等により素子電極の厚みを増やす工程が必要であったのに対し、本実施の形態を用いることで一方の極の素子電極には厚みがいらず、また、素子間を接続すると同時に素子基板面内の抵抗を低減できるため、工程数を低減することができるという利点を有する。

10

【0287】

また、これらとは別に、特許文献3, 4のような素子電極に対して素子基板の面の広範にわたって素子間接続体を接続する、背面接続型の光電変換素子においては、素子間を接続する際に位置あわせが必要であり、また、この際の位置あわせ精度よりも電極素子の正極と負極間の間隔を狭くすることができないという問題があったが、本実施の形態によれば位置あわせ精度が必要なく、位置あわせ精度に依存することなく素子電極の電極ピッチを狭くすることができ、正と負の電極間の間隔を狭くすることができ、簡便な構造および方法によって光電変換効率に優れる光電変換素子モジュールを作成できるという利点を有する。

20

【0288】

以上説明した素子間接続体及び受光素子は実施の形態1, 2, 3だけでなく後述する実施の形態4, 5においても適用可能である。また、いずれの素子間接続体の素子裏部分である本体部932についても、素子間接続体の素子間接続部との接続部分以外は樹脂などによって覆われていることにより耐電圧を向上させることができる。

【0289】

実施の形態4.

実施の形態4の受光素子モジュール1は、素子間接続体の素子裏部分である本体部1032の構成と形状、及び素子電極と本体部1032との間の接続のされ方が、実施の形態3とは異なっている。そこで、以下ではこれらの相違点を中心に説明する。なお、それ以外の部分については、実施の形態3で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

30

【0290】

図46(a)は、実施の形態4による素子間接続体1030の本体部1032を表面(素子電極と接続される面)側から見た平面図であり、図46(b)は、実施の形態4による素子間接続体の本体部1032を裏面側から見た平面図、図47は素子間接続体の断面図である。図48は、本実施の形態4の素子間接続体付き受光素子の断面図である。図49(a)は、素子間接続体の本体部1032と接続される点状電極12Dを通る部分で切断した本実施の形態4にかかる受光素子モジュールの断面図である。図49(b)は、もう一方の極性の素子電極を通る部分で切断した本実施の形態4にかかる受光素子モジュールの断面図である。図50(a)は、電気接続体を形成した後の本実施の形態4にかかる素子間接続体の平面図である。図50(b), 50(c)は、実施の形態4にかかる素子間接続体付き受光素子の断面図である。

40

【0291】

本実施の形態4では、素子間接続体1030の基材50部分として0.2mm程度の厚みを有し、ニッケルを30~50重量%程度含む鉄ニッケル合金(インバー)を用いている。ニッケルの含有比率を選ぶことで、後述する素子間接続体の素子側表面層52とあわせた熱膨張率をシリコン基板などの受光素子の基板に近づけることができる。この結果と

50

して、素子基板 1 1 と素子間接続体の本体部 1 0 3 2 との間の熱膨張率の違いによる素子への応力や反りを低減することができる。このため、本実施の形態 4 においては、素子間接続体の本体部 1 0 3 2 は可撓性を有していなくてもよく、素子間接続体の本体部 1 0 3 2 を厚くすることができ、薄い素子基板を用いても素子基板自体を素子間接続体の本体部 1 0 3 2 が支持することができ、素子間接続体付き素子全体としての強度を高めることができるという利点を有する。この結果、より薄い素子基板を用いてもラミネートや搬送時の素子割れなどを回避することができるという利点を有する。また、素子間接続体の本体部 1 0 3 2 が素子基板 1 1 を支持する基板となることから、使用する半導体基板を少なくすることができるという利点を有する。

【 0 2 9 2 】

このような鉄ニッケル合金は、受光素子に比較的良好に用いられる波長域である可視域から近赤外域にかけての光反射率はあまり高くなく、また、伝導率も銅などに比べると低い。そのため、反射率や導電性を向上させる目的のため、本実施の形態 4 においてはインバーの表面に素子間接続体の素子側表面層 5 2 として光反射性の高い金属などが接続されている。本実施の形態 4 においては、インバーの表面の全面に 10 μm 程度の銅箔が接着されたものを素子間接続体の本体部 1 0 3 2 として用いる。このような表面に銅が形成されたインバーの例としては、例えば銅とインバーの積層体銅・インバー・銅クラッド板などを用いてもよい。

【 0 2 9 3 】

また、上記では素子間接続体の本体部 1 0 3 2 の基材 5 0 として鉄ニッケル合金を用いたが、それ以外にもチタン、タングステン、モリブデンなどの熱膨張率が比較的半導体基板に近い金属を用いることもできる。このような金属の選択は、面積が大きく熱膨張率差の影響が大きい太陽電池において、特に一方の主面にしか電極を有しない背面接続型受光素子において、特に重要である。この他にも、素子電極の側に銅箔などがなく、鉄ニッケル合金などはんだが付きにくい材料を素子間接続体の本体部 1 0 3 2 に用いる場合は、実施の形態 3 と同様に、受光素子との電氣的接続領域 5 3 として、錫などをめっきによって素子間接続体の本体部 1 0 3 2 と素子電極とのおおよそ接続される部分に形成してはんだ付け性を向上させてもよい。

【 0 2 9 4 】

また、素子間接続体の本体部 1 0 3 2 としては、全体として導電体であればよい。素子間接続体の基材 5 0 は金属でなくてもよい。例えばこのようなものとしては、受光素子が無機基板からなる場合、ガラスエポキシ基板に銅箔を貼り合わせたものや、 Al_2O_3 、 AlN 、 SiO_2 、 BN などの基材の上に銀や銅が蒸着や貼り合わせにより形成されたものなどを用いてもよい。

【 0 2 9 5 】

インバーそのものは溶融はんだに対して接続しにくい。そのため、素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 との接続部 5 1 にははんだ付けの接合が取りやすいように電極層が形成される。本実施の形態 4 では、図 5 0 (a) に示すように素子間接続体の本体部 1 0 3 2 の裏側の端部に、めっきなどによりニッケル及びその上に錫を形成し、これを素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 と素子間接続体の本体部 1 0 3 2 との接続部 5 1 とする。このような素子間接続体 1 0 3 0 は、あらかじめ素子と同様の形状に切り取った一方の面に銅箔を有するインバー板基材 5 0 の端部をニッケルめっき槽に浸漬して電解めっきなどにより素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 との接続部 5 1 にニッケル層を形成した後、同様にして錫めっきを施して素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 との接続部 5 1 を形成することにより作成することができる。

【 0 2 9 6 】

素子間接続体と受光素子との接続は、実施の形態 3 にて記載された自己整合（セルフアライン）工程と同様の方法によっておこなうことができる。具体的には、基板電極上のみはんだ層（電気接続体 2 1）が形成された電極付き受光素子基板を用いて、加熱しながら電極付き素子基板と素子間接続体の本体部 1 0 3 2 を接着させることにより、接続体付

10

20

30

40

50

き受光素子を形成する。これらの接続体付き受光素子を実施の形態3と同様に素子間接続体の素子間接続部1031で接続することにより本実施の形態4の受光素子モジュールを作成することができる。このようにして作成される受光素子モジュールの平面図は、素子間接続体の本体部1032に凹凸がないことを除いて図22、23とほぼ同様であることから平面図は省略する。本実施の形態4の素子間接続体付き受光素子を図48に、受光素子モジュールの断面図を図49(a)、49(b)に示す。

【0297】

このような構造を用いることにより、素子電極部分以外には光反射率が低い電気接続体21が存在しないため、素子電極がない部分から基板を透過する光は高い反射率を有する素子間接続体表面の銅箔で光を反射できるとともに、素子電極に対してははんだによって素子電極と素子間接続体の本体部1032とを電気的に接続することができ、基板電極上の集電抵抗を低減することができるという利点を有する。

10

【0298】

この他にも、電気接続体21としてはエポキシ樹脂に銀粒子を含んだ銀エポキシ樹脂やインジウム・錫はんだなどを用いることができる。銀エポキシ樹脂はヤング率が低いため、電気接続体21に用いることにより、変形して素子基板と素子間接続体の本体部1032との間の応力を低減することができるという利点を有している。また、更に応力緩和が必要である場合は、受光素子の電極と素子間接続体の本体部1032との間に柔らかい金属からなるリードフレームを導入したり、接着層26をなくしたりしても良い。特に本実施の形態4では素子間接続体の本体部1032の平坦性がよいため、素子間接続体の本体部1032が突出している側の素子電極に対しては接触する一方で、へこんでいる側の素子電極に対して接触しにくいという利点を有する。

20

【0299】

素子間接続体の素子間接続部1031としては、銅箔を錫・銀はんだでコートしたものをを用い、実施の形態3と同様にして、受光素子と素子間接続体の本体部1032と接続する際に、素子間接続体の本体部1032上の接続領域53と接触させ、また同時に、素子間接続体の素子間接続部1031と基板上の電流取り出し電極15と接触させ、加熱することにより、基板上の点状電極12Dと素子間接続体の本体部1032、素子間接続体の素子間接続部1031と基板上の電流取り出し電極15、素子間接続体の素子間接続部1031と素子間接続体の本体部1032のそれぞれを接続できる。これを繰り返していくことにより、凹凸部を有さない以外は実施の形態3の図22、23に示される平面図と同様の受光素子モジュールを作成することができる。

30

【0300】

受光素子基板と素子間接続体とを接続する目的などの為に電極形成後の受光素子基板を高温で加熱する場合があるが、素子と素子間接続体との膨張係数の違いにより、素子に反りあるいは素子電極にひび割れなどが発生し、素子の強度が低下するあるいは素子電極の抵抗が増大するという問題があった。また、反りが大きい場合は封止材によってラミネートする際に素子が割れるという問題があった。このため、金属電極の厚み増大による電極剥離の増大と基板の反りの増大によって、高効率で信頼性の高い太陽電池を製造することに問題があった。これらの問題は、半導体基板の主面のうち一方の面にしか電極が形成されない背面接続型の受光素子で、さらに基板の厚みが薄い場合に特に大きな問題であった。

40

【0301】

これに対し、本実施の形態4の接続体付き受光素子及び受光素子モジュールは、熱膨張率が素子基板と近い素子間接続体を用いることにより、発電出力の低下が生じにくい優れた接続体付き受光素子及び受光素子モジュール1を製造することができるという効果を有する。また、本実施の形態4においては、素子間接続体の表面に銅箔が形成されており、素子電極に形成されたはんだを溶融させて素子間接続体表面の銅箔と接続することにより、素子間接続体1030の素子電極の位置に対応する部分のみに自己整合的に光反射率が低いはんだ領域が形成され、それ以外の部分は光反射率を高くすることができるという利

50

点を有する。これにより、実施の形態 4 によれば、受光素子に入射した光のうち受光基板裏面の素子電極（点状電極 1 2 D、集電電極 1 4、電流取り出し電極 1 5）以外の部分に到達し、基板を透過する光が、素子間接続体 1 0 3 0 によって反射され、受光素子基板に再入射することにより光透過損失の低減が可能となり、光電変換効率に優れた受光素子モジュール 1 を製造することができるという利点を有する。

【 0 3 0 2 】

また、本実施の形態 4 においても実施の形態 3 の図 2 9 などと同様に素子間接続体の本体部 1 0 3 2 側に絶縁層 2 6 b を設けても良い。このような素子間接続体の本体部 1 0 3 2 の平面図を図 5 0 (a) に、接着層 2 6 を使用しない場合の素子間接続体付き受光素子の断面図を図 5 0 (b) に、接着層 2 6 b を使用する場合の素子間接続体付き受光素子の断面図を図 5 0 (c) に示す。

10

【 0 3 0 3 】

このような素子間接続体付き受光素子は以下のようにして作成することができる。素子間接続体の本体部 1 0 3 2 に両面が銅に挟まれて接着されたインバーを用い、図 5 0 (a) における受光素子との接続部分以外の部分の形状に切り抜いたポリイミド粘着テープを素子間接続体の本体部 1 0 3 2 に接着して絶縁層 2 6 b を形成する。次に、素子電極との接続領域 5 3 は、絶縁層 2 6 b が形成されておらず基材表面の銅が表に出た状態であるため、この接着層 2 6 b が形成された面を溶融はんだ槽に浸漬することにより、素子電極との電気的接続領域 5 3 にはんだによる電気接続体 2 1 を形成し、図 5 0 (b) に示す素子間接続体の本体部 1 0 3 2 を作成することができる。

20

【 0 3 0 4 】

このような素子間接続体の本体部 1 0 3 2 上に電気接続体 2 1 が形成されている素子間接続体を用いる場合、素子間接続体を接続する素子電極が点状電極であると、位置あわせを精密におこなう必要がある。このため、この場合に用いる受光素子としては、実施の形態 1 や 2 のように、素子間接続体の本体部 1 0 3 2 と接続する素子電極が線状の集電電極を有する受光素子であることが好ましい。この素子間接続体の本体部 1 0 3 2 を用いて、実施の形態 3 と同様に、素子間接続体の本体部 1 0 3 2 上の接続領域 5 3 に形成された電気接続体 2 1 と受光素子上の素子電極とを接触させた状態にし、また同時に、はんだコートされた銅からなる素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 と受光素子基板上的電流取り出し電極 1 5 と接触させ、加熱することにより、素子基板 1 1 上の線状電極 1 2 と素子間接続体の本体部 1 0 3 2、素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 と基板上的電流取り出し電極 1 5、素子間接続体の素子間接続部 1 0 3 1 と素子間接続体の本体部 1 0 3 2、のそれぞれを接続できる。この際、すべての素子間接続体上の接続領域 5 3 が受光素子電極と接続されるとは限らないが、現在の例では素子電極が線状電極であるため、必ずしも全ての素子間接続体上の電気的接続領域 5 3 が素子電極と直接接触する必要はなく、素子上の線状電極を横方向に導電して素子電極と接続されている部分を通じて素子間接続体と接続されればよい。

30

【 0 3 0 5 】

このようにして図 5 0 (b) に示す素子間接続体付き受光素子を作成することができ、これに接着層 2 6 として、実施の形態 3 と同様にして素子間接続体と受光素子の間にエポキシ前駆体を注入することにより図 5 0 (c) に示す素子間接続体付き受光素子を作成することができる。新たな受光素子と素子間接続体を使用してこの工程を繰り返していくことにより、凹凸部を有さない以外は実施の形態 3 の図 2 2 , 2 3 に示す平面図と同様の受光素子モジュールを作成することができる。

40

【 0 3 0 6 】

また、素子間接続体の、熱膨張率による伸張長さを減らすために素子間接続体の大きさを小さくすることができ、例えば図 5 1 に素子間接続体付き受光素子の変形例を示すように分割した素子内の接続体間を導体 1 1 3 1 b で接続して 1 つの素子の素子間接続体 1 1 3 0 としても良い。また、素子間接続体の光反射率を高める必要がない場合は、平坦な導電体全面に導電性接着剤を塗布して、これを受光素子上の電極に押しつけて接着すること

50

により接続してもよい。

【0307】

このように絶縁層26bを素子間接続体側に形成することにより素子電極と素子間接続体との間での短絡の可能性を低減し、絶縁性を高めることができるという利点を有する。また、ポリイミドは、シリコン製の受光素子が透過しやすい800～1300nmの波長領域で光透過性が高いため、光は減衰することなく素子間接続体の本体部1132の表面層である銅によって反射され、再び受光素子へ入射することができるため、光電変換効率を低下させることがない。

【0308】

これらの構造によっても前述の本実施の形態4の素子間接続体と同様の効果を得ることができる。また、これらの本実施の形態4における素子間接続体、及び素子間接続体付き受光素子、受光素子モジュールにおいても実施の形態1, 2, 3と同様の効果を得ることができる。

【0309】

実施の形態5。

実施の形態5の受光素子モジュール1は、素子間接続体の本体部1132の構成と形状、及び素子電極と素子間接続体の本体部1232との間の接続のされ方が、実施の形態3とは異なっている。そこで、以下ではこれらの相違点を中心に説明する。なお、それ以外の部分については、実施の形態3で説明したものと同様であるので、その説明を省略する。

【0310】

図52(a)は、実施の形態5による素子間接続体を表面(素子基板と接続される面)側から見た平面図であり、図52(b)は、実施の形態5による素子間接続体の断面図であり、図53のA-BおよびC-Dを通る断面を模式的に示す図であり、図53は、実施の形態5による素子間接続体の一部及び線状電極の一部との位置関係を示す斜視図である。

【0311】

素子間接続体1230の基体として例えば1～500μm程度の厚みの銅などを用いることができる。図に示すように、銅には切り込みが入っており、少なくとも素子の素子電極と接続される部分においては、切り込み部分の銅箔が他の部分の銅箔凹部1232R2から突き出て凸部1232R1を形成する構造となっている。この突き出た部分(凸部1232R1)が受光素子の素子電極と接続されて接続体付き受光素子及び受光素子モジュールが形成される。この突き出た部分である凸部1232R1は、他の銅箔部分である凹部1232R2と切り離されており、他の部分から独立した動きが可能であり、容易に変形することができるため、素子基板11と素子間接続体の本体部1232との間の熱膨張率の違いによる素子への応力や反りを低減することができるという利点を有する。特に、面積が大きく熱膨張率差の影響が大きい太陽電池で、また一方の主面にしか電極を有しない背面接続型受光素子において、このような構造によって応力を緩和することは特に重要である。

【0312】

図52(a)に示す素子間接続体は、次のようにして作成することができる。20μm程度の厚みの平らな銅箔を受光素子とほぼ同等の大きさに切り出し、Y方向にY51の長さの線分となる切り込みをV51ずつ離間して、切り込みの列を形成する。この切り込みの列をX方向にX51及びU51の間隔で交互に形成する。後に凸部となる電氣的接続体33と凹部となるストリング間接続体34部分と逆の方向にピンで押すことにより作成することができる。このようなX51及びY51の大きさとしては、10mm以下とすることができ、5mm程度の大きさの場合は、点状あるいは線状の素子電極の複数を1つの素子間接続体の凸部1232R1に接続しても良い。その一方で、X51及びY51が0.1mm程度の大きさで素子電極の間隔にくらべて非常に小さい場合は、複数の凸部1232R1が1つの点状の素子電極に接続されても良く、受光素子上の電極形状が線状の場合

10

20

30

40

50

は、一本の線状電極 1 2 に対して複数の凸部 1 2 3 2 R 1 が接続されることになる。

【 0 3 1 3 】

実施の形態 3 にて記載された自己整合（セルフアライン）工程によって基板電極上にはんだ層（電気接続体 2 1）が形成された電極付き基板を用いて、加熱しながら電極付き素子基板と素子間接続体の本体部 1 2 3 2 上の凸部 1 2 3 2 R 1 とを接着させることにより、実施の形態 3 と同様の効果を有する接続体付き受光素子、受光素子モジュールを作成することができる。この際、実際に電氣的接続が形成される素子間接続体 1 2 3 0 の凸部 1 2 3 2 R 1 のみを例えばレーザー照射加熱や誘導電流加熱などにより局所的に加熱することにより、素子間接続体全体及び受光素子全体への熱の拡散を抑制し、熱膨張を減らすことができ、素子間接続体付き受光素子の反りを低減し、強度を高めることができる。更に、凹部 1 2 3 2 R 2 を冷やししながら受光素子と素子間接続体とを接続することもできる。このような利点が生じるのは、切れ目により素子間接続体の熱抵抗が大きく、素子間接続体の面内で温度差ができやすいためである。

10

【 0 3 1 4 】

このような接続体付き受光素子、受光素子モジュールにおいては、電極付き素子基板上の電極がない部分から基板を透過する光は高い反射率を有する銅箔で光を反射できるとともに、素子電極に対してははんだによって電極付き素子基板と素子間接続体の本体部 1 2 3 2 とを電氣的に接続することができ、基板電極上の集電抵抗を低減することができるという利点を有する。銅は、シリコン基板の光吸収係数が小さく透過光が多い 800 ~ 1300 nm の波長領域において光反射率が高く、電気伝導率が高いとともに比較的柔らかい金属であるため、このような用途に好適である。

20

【 0 3 1 5 】

素子間接続体の構造としては、図 5 2 (a) , 5 2 (b) , 5 3 に示した以外にも、実施の形態 3 と同様の基体を用いる、あるいは反射層や受光素子の電極との接続層を形成することも可能である。例えば、銅以外の金属を用いることもでき、このような高い光反射率を有する素子間接続体の本体部 1 2 3 2 としては、アルミ箔、銀箔、アルミニウムと銅の合金箔などを用いることもできる。また、銅箔と素子の素子電極との接続部分以外、例えば図 5 2 (a) , 5 2 (b) , 5 3 の凸部 1 2 3 2 R 1 以外の部分に電気めっき、溶射、蒸着などによりアルミニウムを形成したものをを用いてもよい。このように表面反射層にアルミニウムを用いることにより、表面が酸化されても光透過性が高いアルミナとなるだけであるため、長期的に高い反射率を保つことができるという利点を有する。このほかに、銅の表面の酸化を防止する層（耐酸化性皮膜）としてベンゾトリアゾールなどの酸化防止剤を銅箔に塗布したものや、プラチナイト R などのアルミニウム反射体を含む塗布材を銅板に塗布したもの、箔押しにより部分的にアルミニウム膜を銅箔に貼り付けたもの、真空中でポリアミドやフッ素樹脂などのポリマーを部分的にコーティングした銅などを用いてもよい。この他にも、絶縁層として透光性樹脂やアルミナやシリカなどの膜を素子間接続体の本体部 1 2 3 2 の凹部 1 2 3 2 R 2 部分に形成しても良い。これらの表面の大部分が、ポリアミドなどのはんだ付け性の低い材料でコートされた素子間接続体の本体部 1 2 3 2 を、はんだ槽に浸漬することによって、主に素子間接続体上の素子電極との接続部分にはんだ層を形成することができ、素子間接続体の素子電極に対するはんだ付け性を上げることができる。また、実施の形態 3 と同様に、素子間接続体 1 2 3 0 の凸部 1 2 3 2 R 1 のみをはんだが溶融した層に浸漬しても凸部 1 2 3 2 R 1 のみにはんだ層を形成することができる。

30

40

【 0 3 1 6 】

電気接続体 2 1 にはんだ以外にも、電気接続体 2 1 としてはエポキシ樹脂に銀粒子を含んだ銀エポキシ樹脂などを用いることができる。銀エポキシ樹脂はヤング率が低いため、電気接続体 2 1 に用いることにより、変形して素子基板と素子間接続体の本体部 1 2 3 2 との間の応力を低減することができるという利点を有している。

【 0 3 1 7 】

また、本実施の形態 5 にかかる素子間接続体は、素子間接続体に切れ目があるため、こ

50

の切れ目から絶縁層となる流動状態の絶縁物前駆体を供給することができ、素子間接続体の本体部 1 2 3 2 と受光素子の間に絶縁層を形成しやすいという利点を有する。具体的には、実施の形態 3 と同様にして素子間接続体の凸部 1 2 3 2 R 1 を素子電極である線状電極 1 2 に接続した後で、エチレンビニルアセテート (EVA) 樹脂を棒状にしたものを、図 5 2 (b) において凹部 1 2 3 2 R 2 の下の空間に入り込ませた状態で加熱し、高温で EVA を流動状態として、凹部 1 2 3 2 R 2 と受光素子の間に接着層 2 6 として EVA を形成することができる。また、この加熱時にダイアフラムやスタンパーなどにより、素子間接続体付き受光素子の裏 (受光素子があるのと逆の側の素子間接続体の面) 側から圧力をかけることにより、流動状態になった EVA を素子間接続体の本体部 1 2 3 2 の凸部 1 2 3 2 R 1 と受光素子との間に導入することができる。

10

【0318】

更に、この加熱時に素子間接続体付き受光素子を減圧環境とすることにより隙間なく、流動状態となった EVA を素子間接続体の本体部 1 2 3 2 と受光素子との間に入れることができるようになるので好ましい。この接着層 2 6 を形成する工程は、実施の形態 3 と同様にストリングを形成した後、モジュールを作成する工程と同時におこなっても良いが、素子に素子間接続体を電氣的に接続した後におこなってもよい。この際、素子間接続体の素子間接続部との接続部 5 1 を除いた素子間接続体の裏面全面に絶縁層からなる接着層 2 6 を形成してもよく、この場合は、絶縁性が向上する。素子間接続体の裏面の一部にのみ接着層 2 6 を形成する場合は、凹部 1 2 3 2 R 2 が絶縁層からなる接着層 2 6 よりも裏側に突出するような構造とすることにより、素子間接続体付き受光素子の状態で電流電位特性を評価できるようになるという利点を有する。このような素子間接続体付き受光素子の平面図を図 5 4 に示す。なお、この図では見やすさのため接着層 2 6 を除いている。

20

【0319】

X 5 1, Y 5 1 がある程度小さい場合は上記のように EVA 樹脂を棒状にしたものを用いなくてもよく、素子間接続体付き受光素子の裏面全体に EVA シートを重ねた状態で、高温に加熱して EVA を流動状態にした上で、減圧状態にすることにより、素子間接続体と受光素子との間に EVA を侵入させることができる。この際に、凹部 1 2 3 2 R 2 が素子電極と短絡しないようにするために、図 5 2 (b) において PTFE などの EVA に対して接着しにくい棒を凹部 1 2 3 2 R 2 の下の空間に入れた状態で加熱し、ある程度 EVA が固まってから引き抜いて接着層 2 6 を形成しても良い。このようにある程度固まった状態にしておいてから、モジュール化の際に封止する時に再度加熱することにより、凹部 1 2 3 2 R 2 が素子電極と短絡しにくくすることができる。このように本実施の形態 5 の素子間接続体 1 2 3 0 は、素子間接続体と絶縁されるべき集電電極 1 4 と素子間接続体の凹部 1 2 3 2 R 2 との位置が重ねあわされた状態となり (図 5 5)、特に絶縁すべき凹部 1 2 3 2 R 2 が受光素子側とは逆に飛び出しており、受光素子と素子間接続体との間が広がっており、絶縁層となる流動状態の絶縁物前駆体を供給しやすいため、絶縁すべき凹部 1 2 3 2 R 2 に絶縁層を形成しやすくなるという利点を有する。この結果、優れた絶縁性を有する素子間接続体付き受光素子及び受光素子モジュールを得ることができる。

30

【0320】

また、実施の形態 5 では、素子電極としては線状、点状のものどちらも使用できるが、本素子間接続体を接続する受光素子上の素子電極を線状電極 1 2 とすることにより、素子間接続体上の凸部 1 2 3 2 R 1 と素子電極との電極延伸方向 (Y 方向) の位置あわせが不要になると共に、受光素子の電極が線状電極 1 2 であるため、必ずしも全ての凸部 1 2 3 2 R 1 が素子電極と接触していなくてもよくなり、凸部 1 2 3 2 R 1 の数が多ければ、凸部 1 2 3 2 R 1 が形成される位置も列状にそろっていなくてもよく、任意位置でよくなり、素子間接続体の製造が簡便になるとともに、受光素子と素子間接続体との間の位置あわせも簡単になるという利点を有する。図 5 3 では線状電極 1 2 を用いた場合の素子上の線状電極 1 2 と素子間接続体の本体部 1 2 3 2 との位置関係を記載しており、これを用いて上記の利点を説明する。受光素子の電極が線状である場合、図 5 3 の凸部 1 2 3 2 R 1 付近で生じた光電流は、図 2 5 (b) の 1 2 h で示すようなコンタクト孔 (開口部) のどれ

40

50

か1つを通じて電流が点状電極12Dに取り出されるが、例えば図53の凸部1232R1が線状電極12と接触していなくても、凸部1232R1付近で生じた光電流は線状電極12及び凹部1232R2を通じて素子間接続体の本体部1232まで、比較的低い抵抗値を持つ金属電極を伝って到達することができる。

【0321】

これに対し、素子電極が点状電極である場合、図53の凸部1232R1付近で生じた光電流は、図25(b)の12hで示すようなコンタクト孔のどれか1つを通じて電流が点状電極12Dに取り出されるが、例えば図53の凸部1232R1が線状電極12と接触していないと、凸部1232R1付近で生じた光電流は抵抗が高い素子基板内を通じてしか素子間接続体の本体部1232まで、到達できないため抵抗が高くなる。従って、素子電極に点状電極を用いる場合は実施の形態3のように切り込みの列間の距離V51を狭くするなどの処置を施すことが好ましい。

10

【0322】

また、X方向には変形しやすいために応力を低減しやすいが、Y方向では変形量が小さいため素子に応力がかかる。これを緩和するために、図51に示した実施の形態4と同じように素子間接続体の本体部1232を分割して、各素子間接続体の本体部1232の間を電気接続体(図示せず)で接続してもよい。

【0323】

また、更なる変形例として図56に示すような単位からなる素子間接続体1330を用いてもよい。この素子間接続体1330は、本体部1332と素子間接続部1331とが一体成形されている。そして本体部1332は平坦部1332Fと、切り起こし片部1332Pとを有し、金属板に、長さV52、幅U52の切り込みをいれて形成した、切り起こし片部1332Pが、素子電極との接続に寄与し、平坦部1332Fとともに電流搬送部としての役割を担っている。構造は簡単であり、素子のほぼ全面を覆っている。この例についても、本体部1332は素子間接続部1331と別体成形してもよい。

20

【0324】

また、本実施の形態の素子間接続体1230, 1330には、受光素子として背面接続型以外の受光素子として表と裏の両面で受光して光起電力を生じることが可能な両面受光素子を用いてもよい。このような素子においても素子透過光が生じるため本実施の形態の素子間接続体を用いることによって素子上の集電抵抗を低減できると共に素子透過光を再度受光素子へ入射させて光の利用効率を高めることができるという利点を有する。

30

【0325】

このようにして、本実施の形態5にかかる素子間接続体、素子間接続体付き受光素子、及び受光素子モジュールは、素子間接続体と素子電極との接続部分にはんだに対する濡れ性が高く、その一方でそれ以外の部分は銅あるいはアルミニウムが表面に露出し、素子電極に対する電気接続性が高いとともに、素子電極からの電流の集電性能が高く、素子を透過した光の反射性に優れる素子間接続体を作成できる、という利点を有する。

【0326】

受光素子基板と素子間接続体とを接続する目的などの為に電極形成後の受光素子基板を高温で加熱する場合があるが、従来の受光素子においては、素子と素子間接続体との膨張係数の違いにより、素子に反りあるいは素子電極にひび割れなどが発生し、素子の強度が低下するあるいは素子電極の抵抗が増大するという問題があった。また、反りが大きい場合は封止材によってラミネートする際に素子が割れるという問題があった。このため、金属電極の厚み増大による電極剥離の増大と基板の反りの増大によって、高効率で信頼性の高い太陽電池を製造することに問題があった。これらの問題は、半導体基板の主面のうち一方の面にしか電極が形成されない背面接続型の受光素子で、さらに基板の厚みが薄い場合に特に大きな問題であった。

40

【0327】

これに対し、本実施の形態5の接続体付き受光素子及び受光素子モジュールは、切り込みがはいることにより凹部1232R2に対して凸部1232R1が比較的自由に変形で

50

きることにより、発電出力の低下が生じにくい優れた接続体付き受光素子及び受光素子モジュール1を製造することができるという効果を有する。これは変形例の素子間接続体1330についても同様であり、平坦部1332Fに対して切り起こし片部1332Pが比較的自由に変形可能である。同時に、この切り込みにより絶縁層(接着層26)を素子間接続体と受光素子との間に形成しやすいという利点を有する。

【0328】

この素子間接続体は、切り込みを形成し平坦な板状体とし、接着層26を形成し、受光素子と当接させた状態で、ホットプレートで加熱しながら、素子間接続体の本体部の上からホットプレートに向けてスタンパーにより圧力をかけるようにしてもよい。この際、使用するスタンパーが柔軟性を有している場合、本体部に圧力をかける際に、電極がない部分及び高さの低い集電電極14と電流取り出し電極15部分にあたる部分はスタンパーが受光素子側に凸となる形状となり、点状電極12D部分ではへこむ形状となり、集電電極14及び電流取り出し電極15に対して素子間接続体が良好に接触する。

【0329】

また、本実施の形態5においては、素子間接続体の表面に銅箔が形成されており、素子電極に形成されたはんだを溶融させて素子間接続体表面の銅箔と接続することにより、素子間接続体1230上の素子電極の位置に対応する部分のみに自己整合的に光反射率が低いはんだ領域が形成され、それ以外の部分は光反射率を高くすることができるという利点を有する。これにより、実施の形態5によれば、受光素子に入射した光のうち受光基板裏面の素子電極(線状電極12, 集電電極14, 電流取り出し電極15)以外の部分に到達し、基板を透過する光が、素子間接続体1232, 1332によって反射され、受光素子基板に再入射することにより光透過損失の低減が可能となり、光電変換効率に優れた受光素子モジュール1を製造することができるという利点を有する。それ以外にも、本実施の形態5においても実施の形態1, 2, 3, 4と同様の効果を得ることができる。

【0330】

また以上の実施の形態1~5において、素子間接続体の素子裏部分を含む本体部と線状電極12あるいは点状電極12Dとの接続点(接続領域)を除く、受光素子10との間に、反射性粒子を含む絶縁性樹脂からなる接着層26が充填されるのが望ましい。また受光素子モジュールにおいては封止樹脂に対しても、反射性粒子を含む絶縁性樹脂を用いることで、更なる集光性を高めることができる。

【0331】

以上説明してきたように、本発明にかかる素子間接続体を用いた受光素子モジュールによれば、素子間接続体によって受光素子のほぼ全面が金属連続体からなる本体部で覆われているため、素子間接続体より後方に光を逃がす量が減り、光利用効率を高めることができる。また精密な位置あわせが不要である上、強度が高く、受光素子をつけた状態での搬送時などに割れにくい。任意の大きさで搬送可能である。また、素子間接続体は全体的に受光素子とつながれているため、ストリング状態においても一点に力がかからず割れにくい。以上の点から、本発明にかかる受光素子モジュールは、特に薄型の受光素子の実装に有効である。

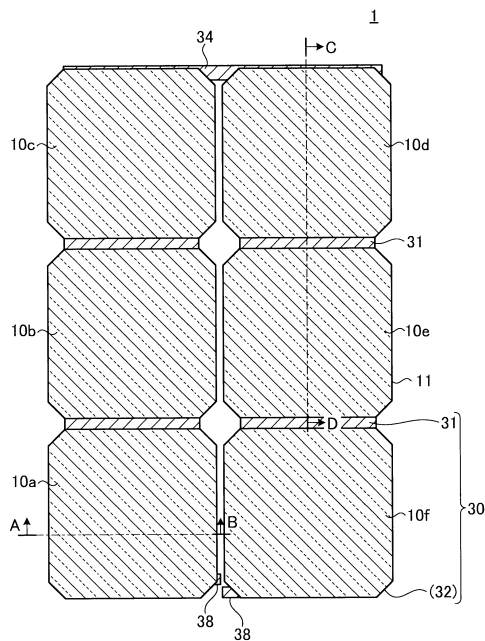
【符号の説明】

【0332】

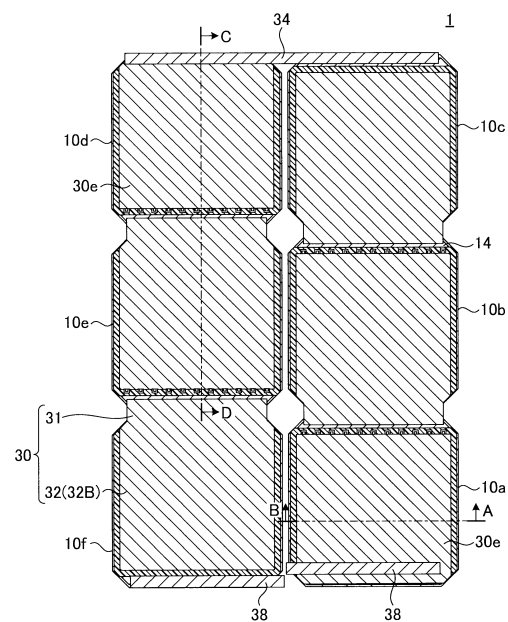
1 受光素子モジュール、10, 10a~10f, 310, 310a~310f 受光素子、11 素子基板、12 線状電極、12D 点状電極、12a 負電極第1層、12b 負電極第2層、12c 負電極第3層、12d 負電極第4層、13 電流取り出し電極、14 集電電極、14a 正電極第1層、14b 正電極第2層、14c 正電極第3層、15 電流取り出し電極、16, 17 半導体領域、18 パッシベーション膜、21, 33 電気接続体、22 封止材、23 受光面側主面材、25 裏面側主面材、26 接着層、26b 素子間接続体上の絶縁層、26c 受光素子上の絶縁層、30, 130, 230, 930, 1030, 1230 素子間接続体、31, 131, 231, 931, 1031 素子間接続体の素子間接続部、32A 素子間接続体の素子裏部分

(本体部)、32B 外側部分、32, 132, 232, 532, 632, 732, 832, 932, 1032, 1132, 1232 素子間接続体の本体部、32R1, 132R1, 232R1, 532R1, 632R1, 732R1, 832R1, 932R1, 1232R1 凸部、32R2, 132R2, 232R2, 532R2, 632R2, 732R2, 832R2, 932R2, 1232R2 凹部、30e スtring端部の素子間接続体、38 電流引き出し線、50 素子間接続体の素子裏部分(本体部)の基材、51 素子間接続体の素子裏部分(本体部)と素子間接続部との接続部分を構成するめっき層、52 素子側表面層(素子間接続体上の大部分を占める素子側の一層目反射層)、53 素子電極と素子間接続体の本体部との電氣的続領域(素子との接続層)。

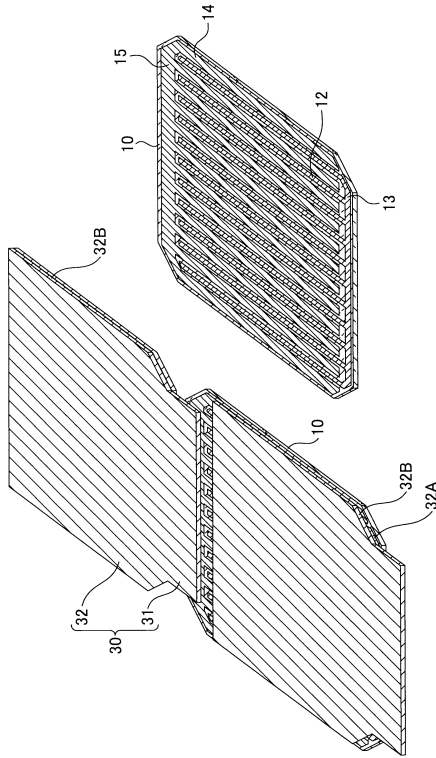
【図1】



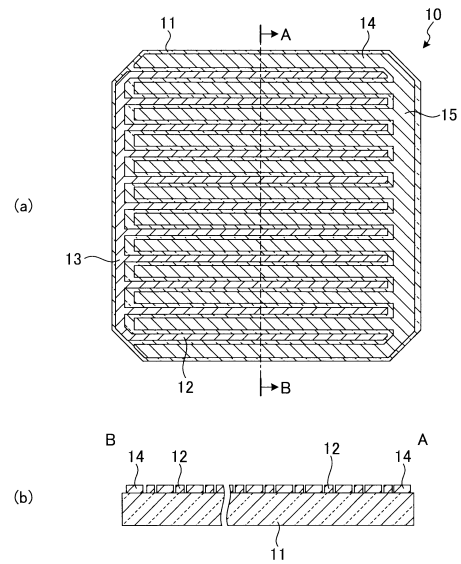
【図2】



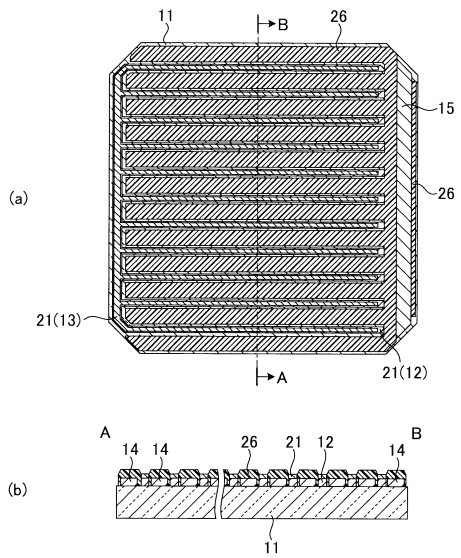
【 図 3 】



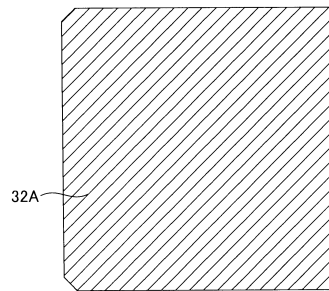
【 図 4 】



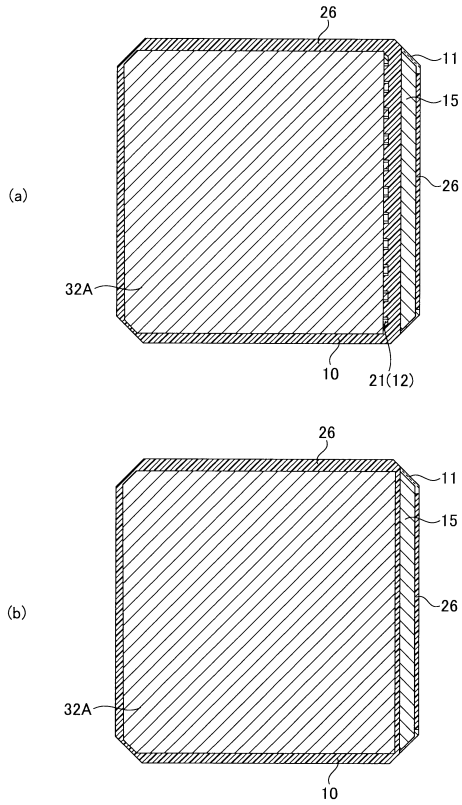
【 図 5 】



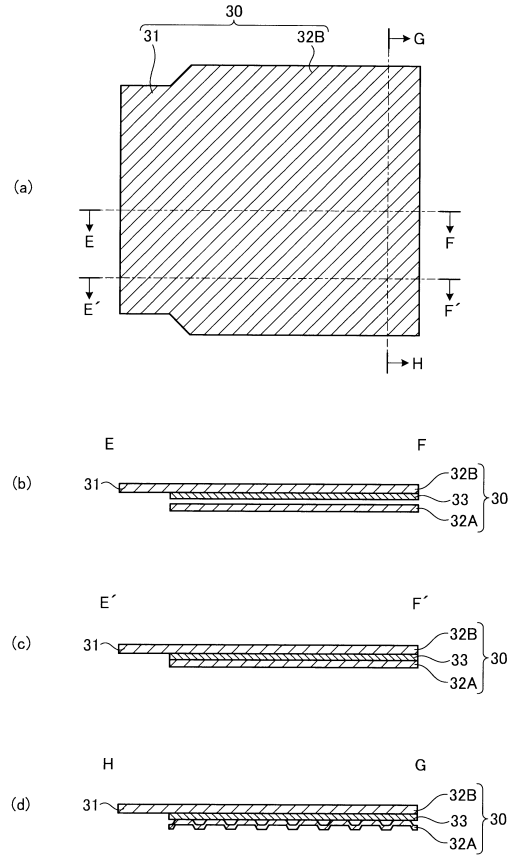
【 図 6 】



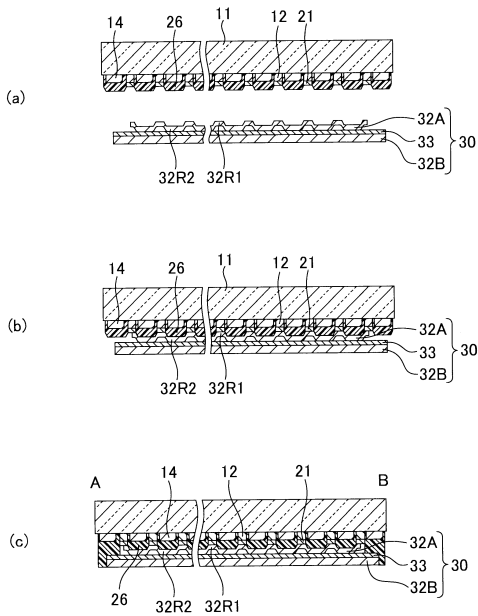
【図7】



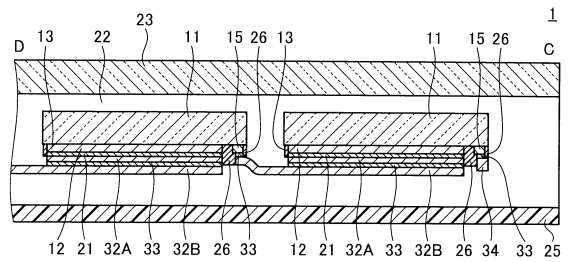
【図8】



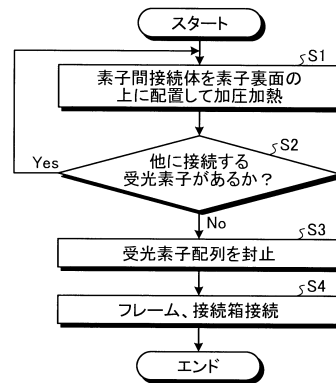
【図9】



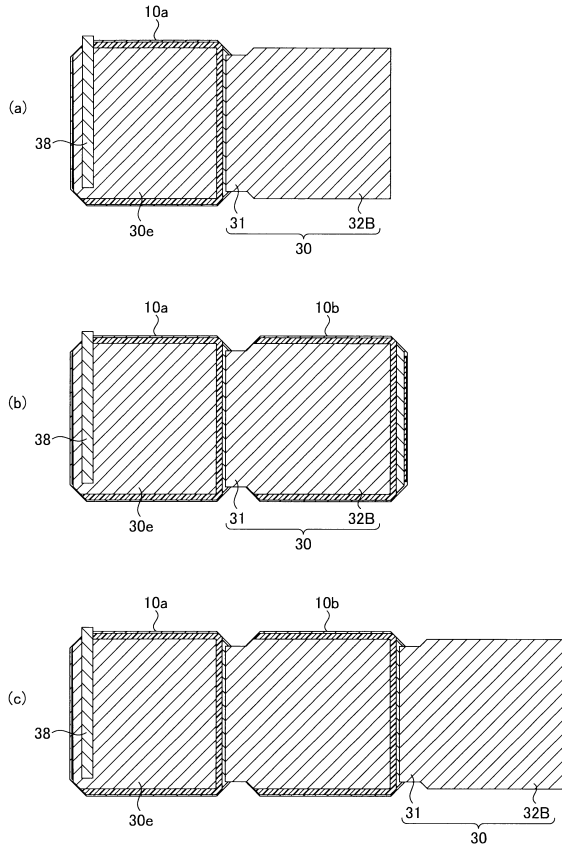
【図10】



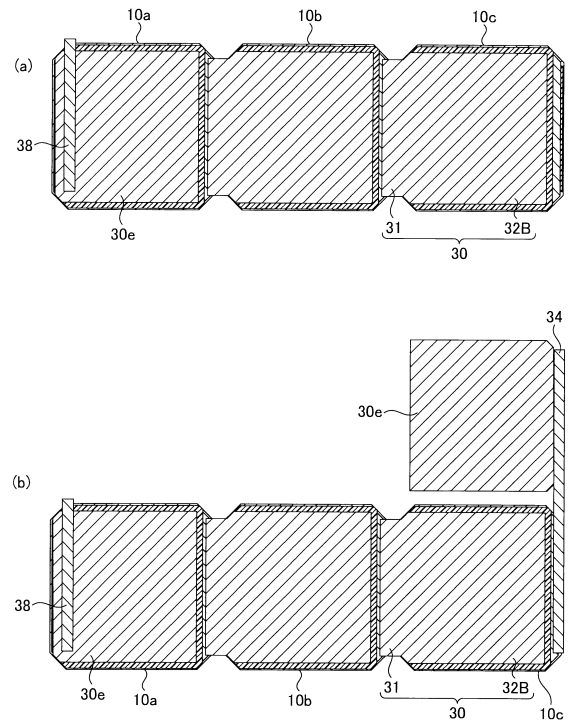
【図11】



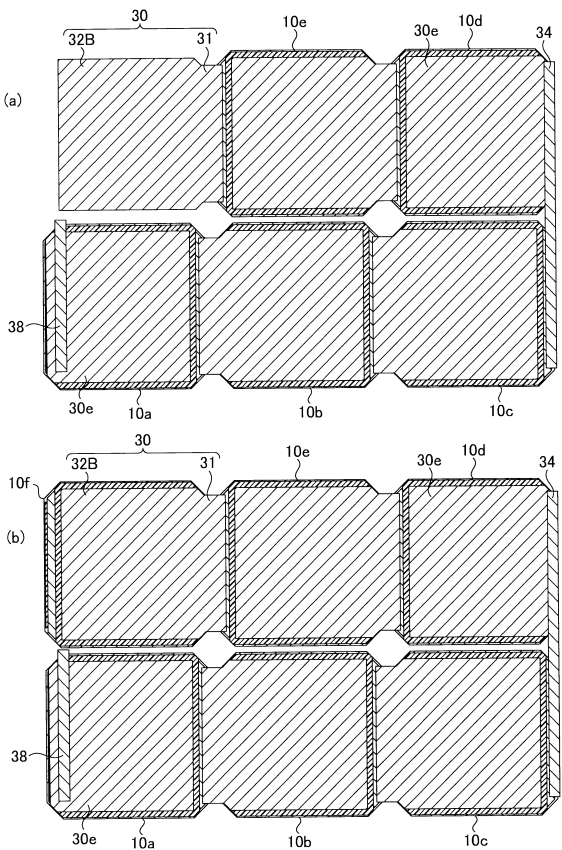
【 図 1 2 】



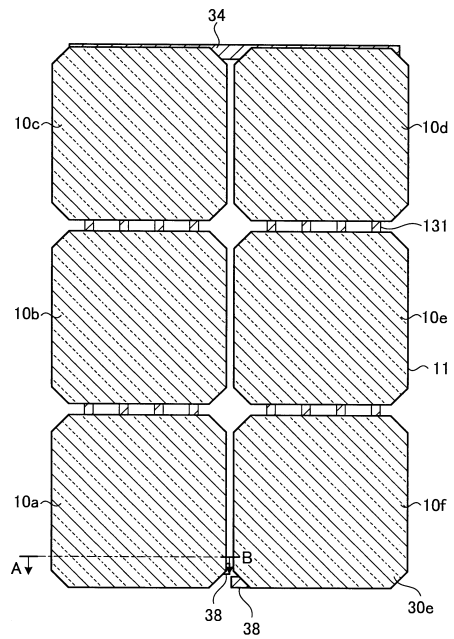
【 図 1 3 】



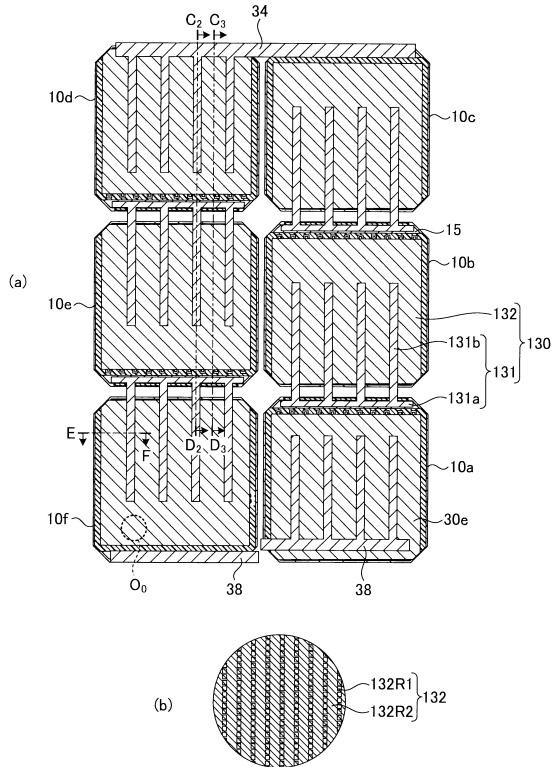
【 図 1 4 】



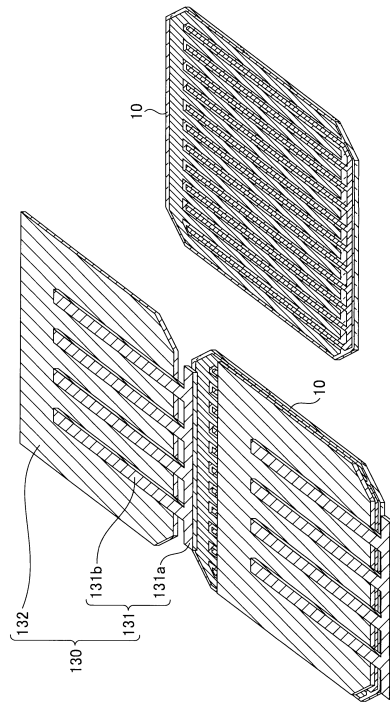
【 図 1 5 】



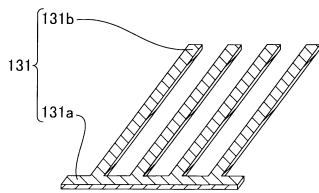
【図16】



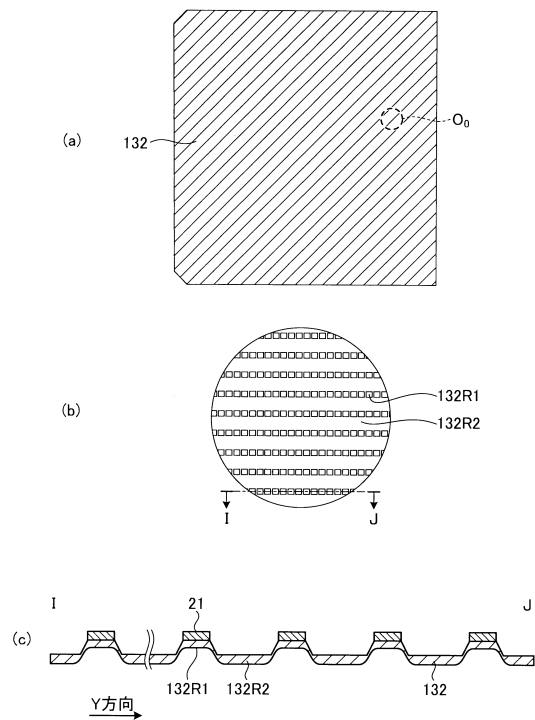
【図17】



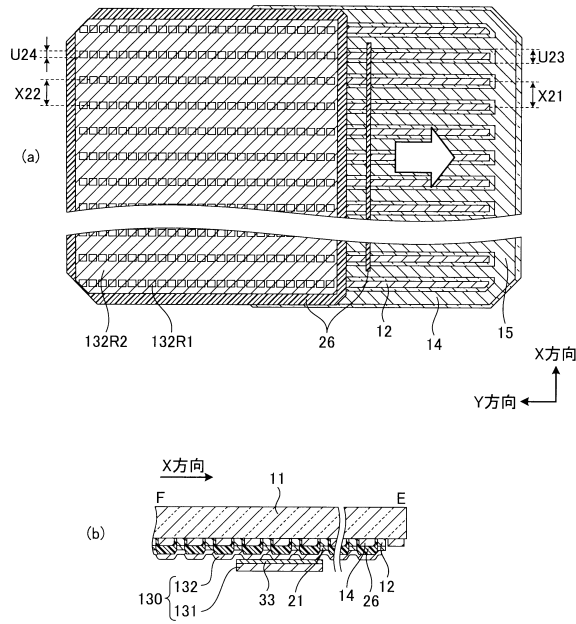
【図18】



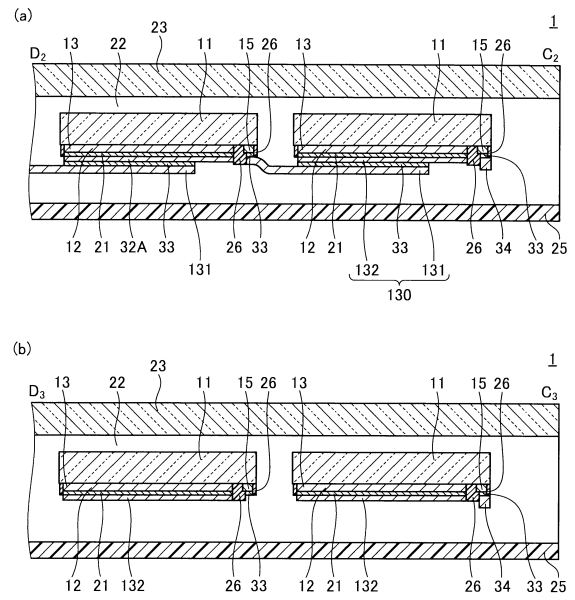
【図19】



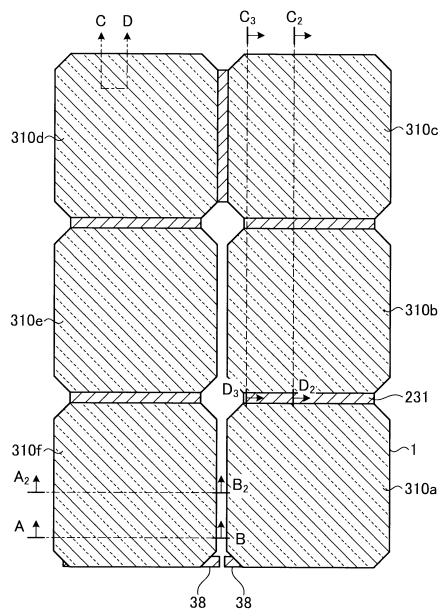
【図20】



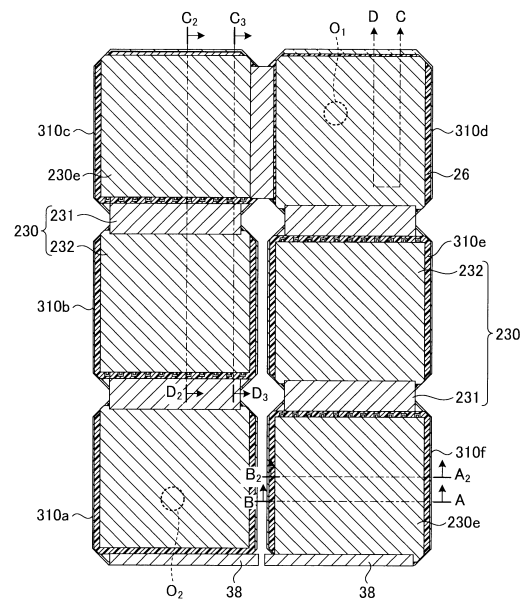
【図21】



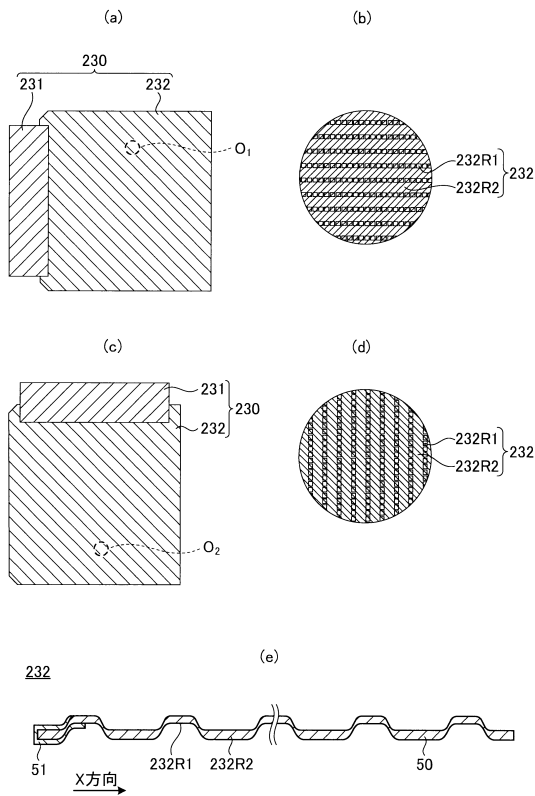
【図22】



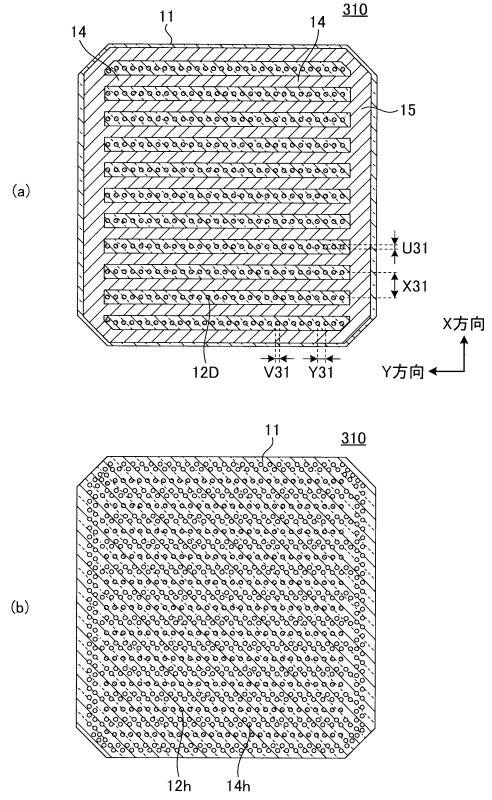
【図23】



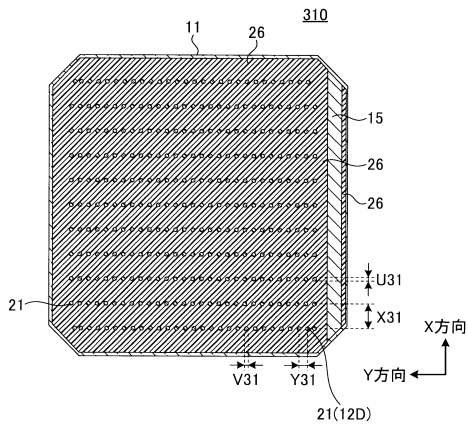
【 図 2 4 】



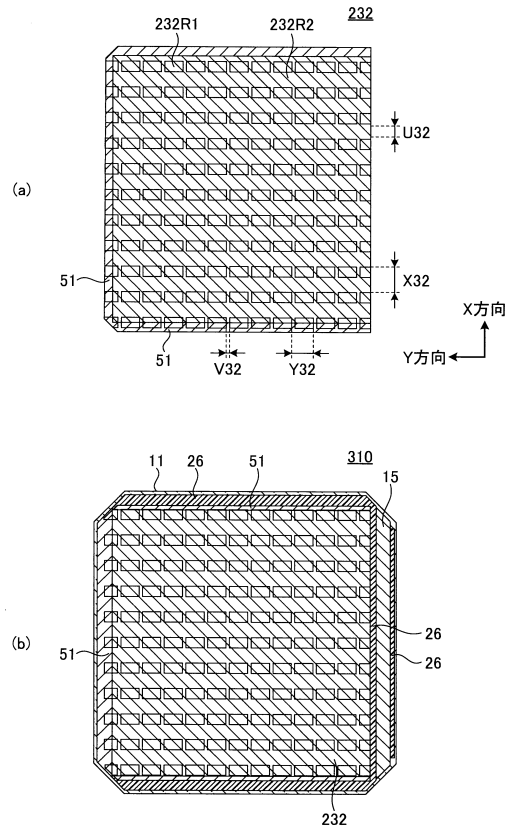
【 図 2 5 】



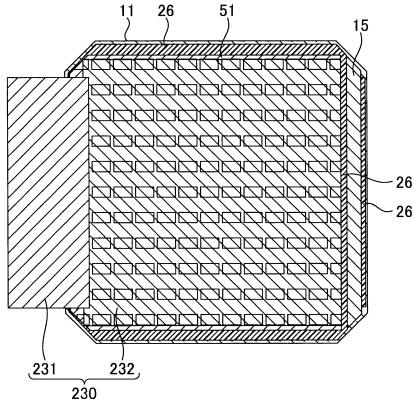
【 図 2 6 】



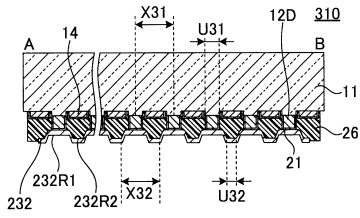
【 図 2 7 】



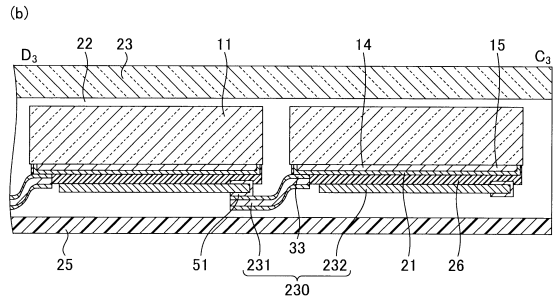
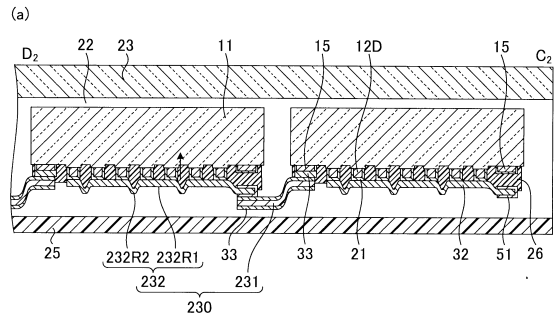
【図28】



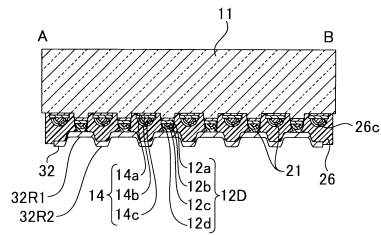
【図29】



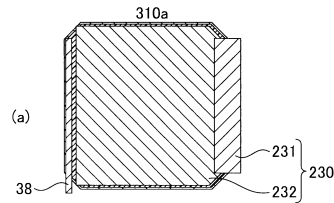
【図30】



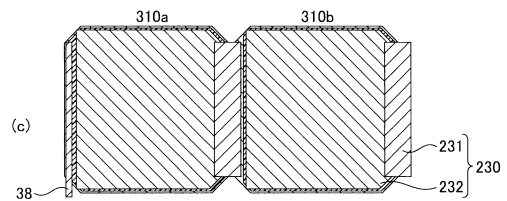
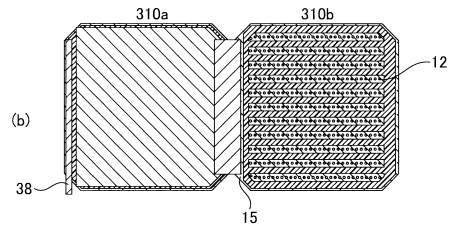
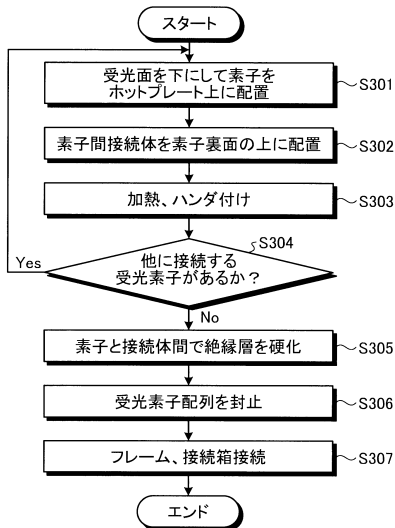
【図31】



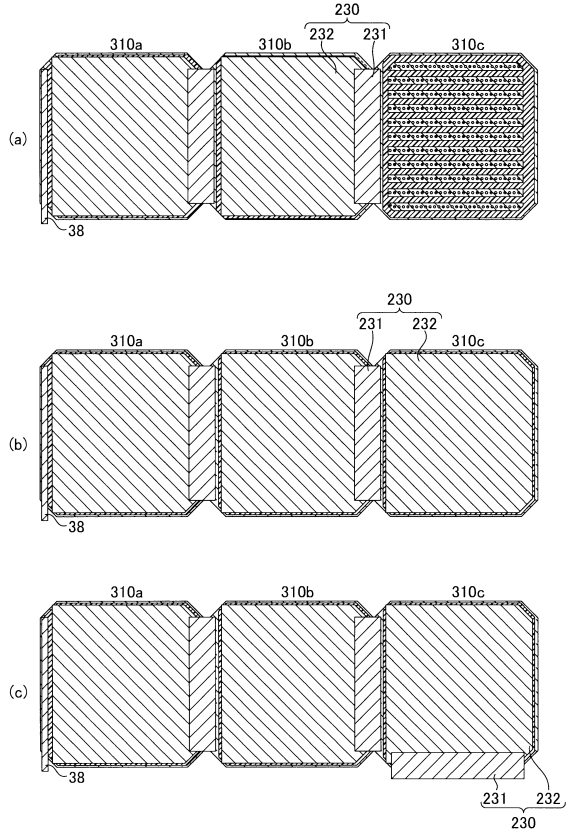
【図33】



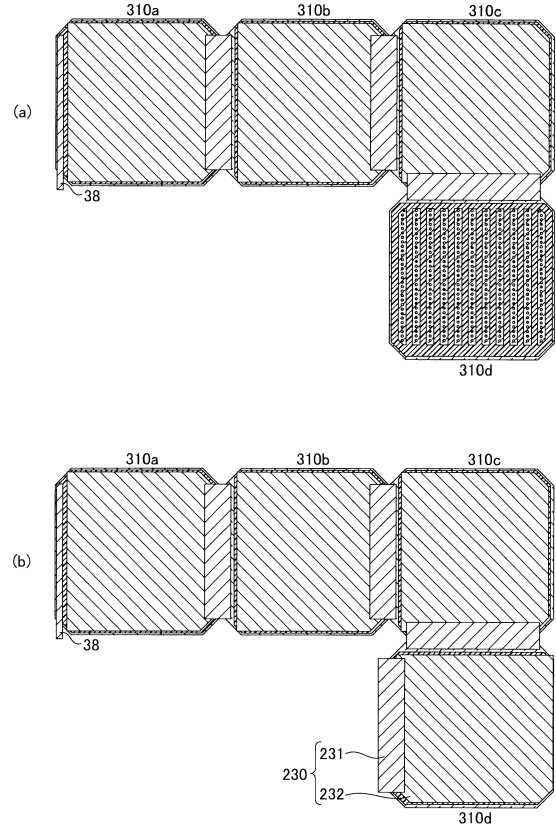
【図32】



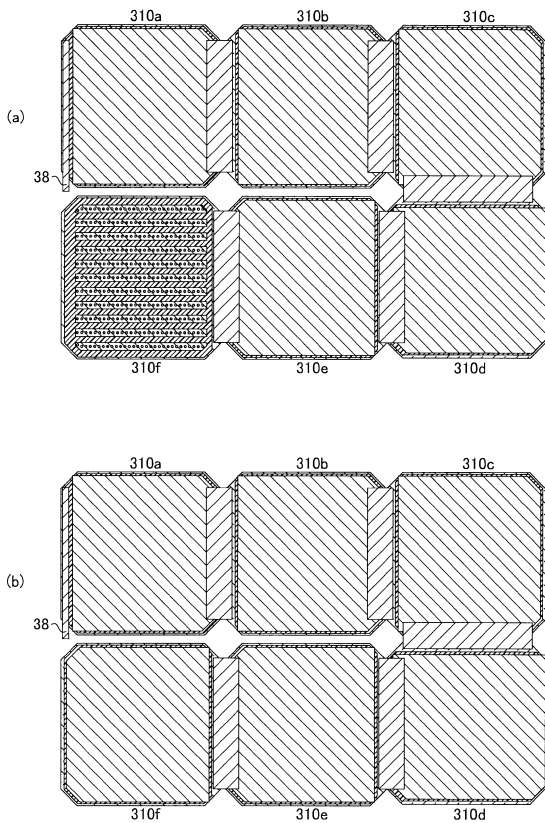
【 3 4 】



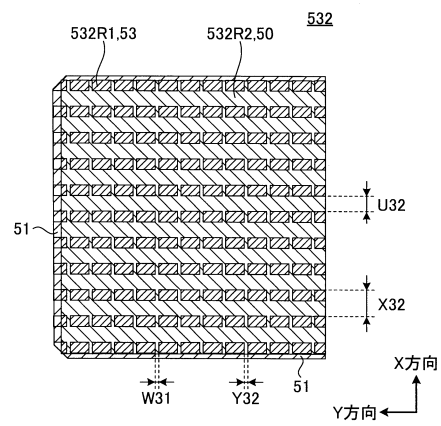
【 3 5 】



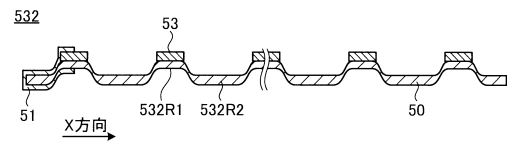
【 3 6 】



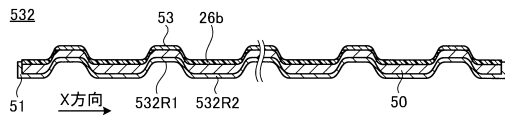
【 3 7 】



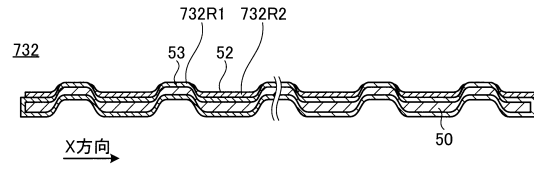
【 3 8 】



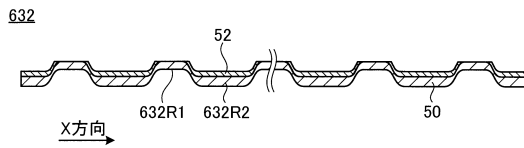
【 図 3 9 】



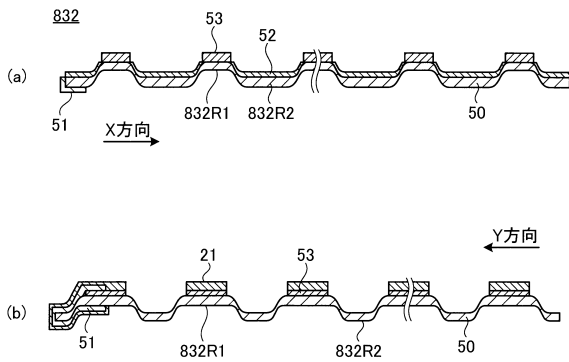
【 図 4 1 】



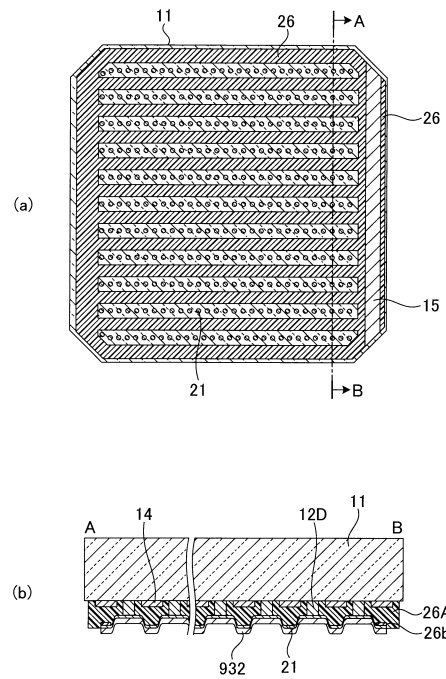
【 図 4 0 】



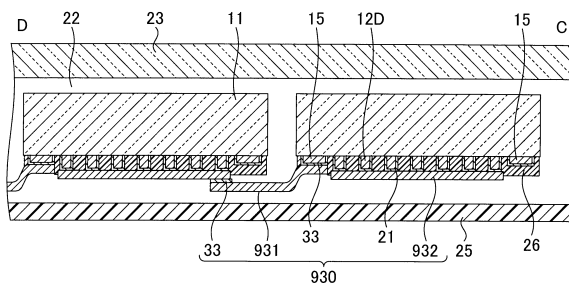
【 図 4 2 】



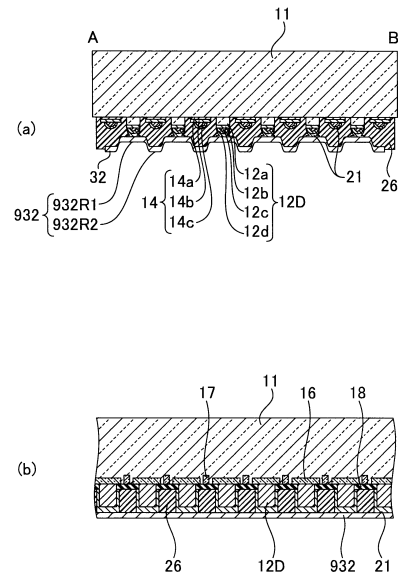
【 図 4 3 】



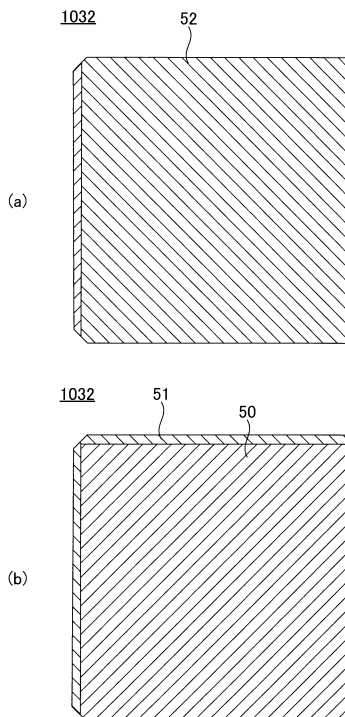
【 図 4 4 】



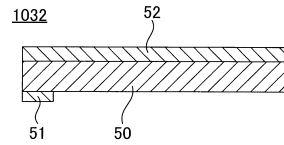
【 図 4 5 】



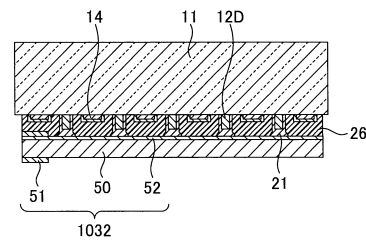
【 図 4 6 】



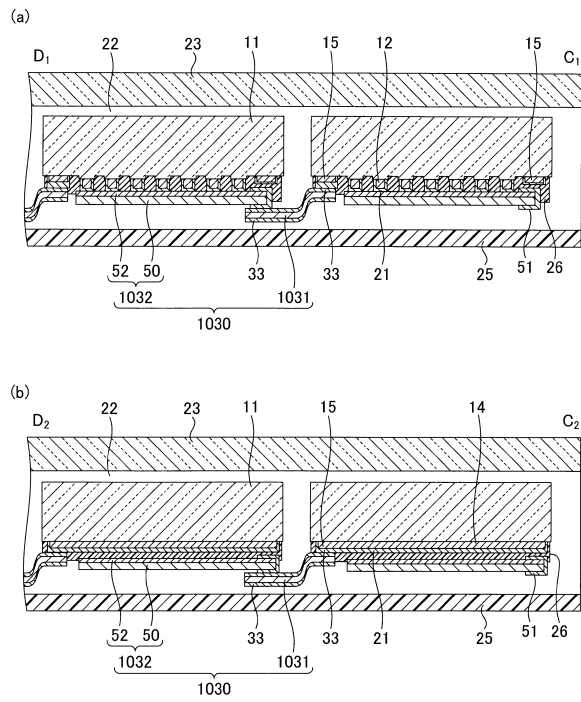
【 図 4 7 】



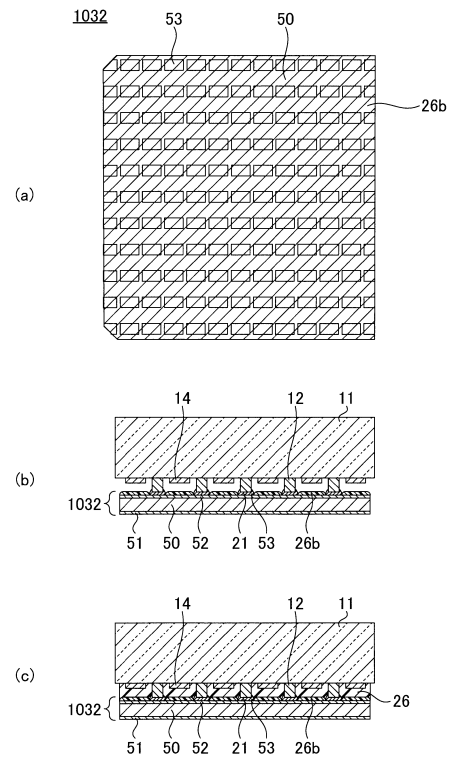
【 図 4 8 】



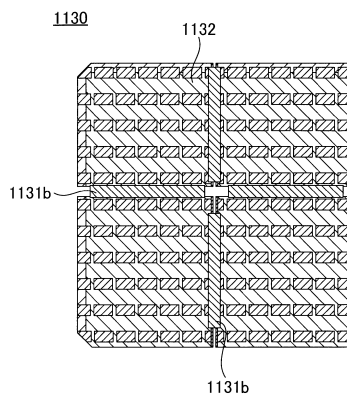
【 図 4 9 】



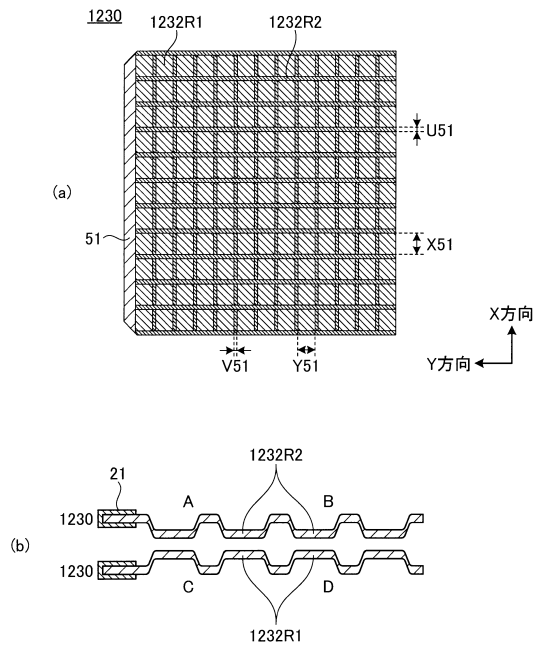
【 図 5 0 】



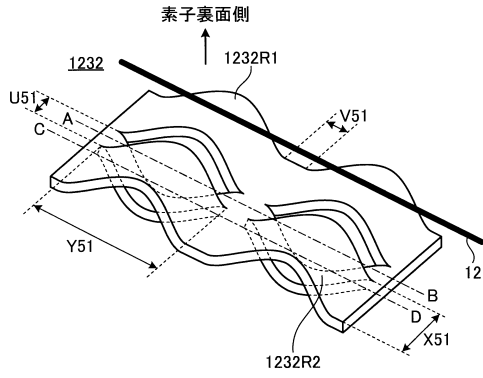
【 図 5 1 】



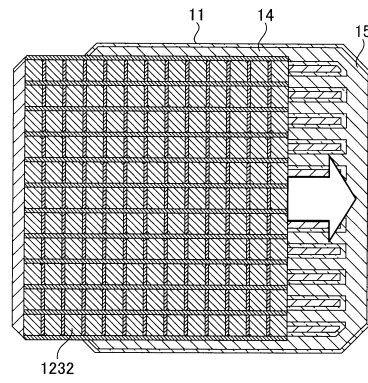
【 図 5 2 】



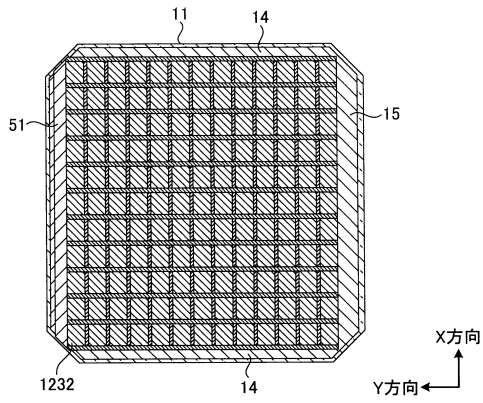
【図53】



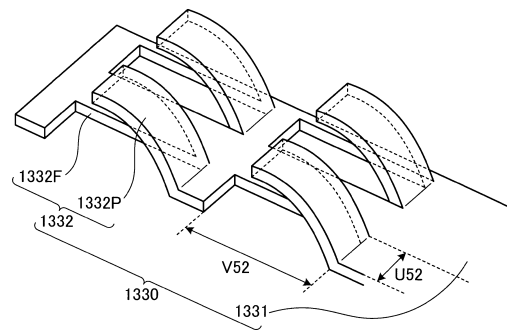
【図55】



【図54】



【図56】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2015/072241(WO, A1)

特開2009-266848(JP, A)

特開2009-206366(JP, A)

特開2010-192572(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/05

H01L 31/0224