

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6189971号
(P6189971)

(45) 発行日 平成29年8月30日 (2017. 8. 30)

(24) 登録日 平成29年8月10日 (2017. 8. 10)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 31/0224 (2006. 01)	HO 1 L 31/04 2 6 2
HO 1 L 31/05 (2014. 01)	HO 1 L 31/04 5 7 0

請求項の数 12 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2015-545297 (P2015-545297)	(73) 特許権者	000006633
(86) (22) 出願日	平成26年10月30日 (2014. 10. 30)		京セラ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2014/078910		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
(87) 国際公開番号	W02015/064696	(72) 発明者	寺村 剛
(87) 国際公開日	平成27年5月7日 (2015. 5. 7)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
審査請求日	平成28年4月18日 (2016. 4. 18)		京セラ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2013-225368 (P2013-225368)	(72) 発明者	本間 武道
(32) 優先日	平成25年10月30日 (2013. 10. 30)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		京セラ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2013-245961 (P2013-245961)	(72) 発明者	伊藤 憲和
(32) 優先日	平成25年11月28日 (2013. 11. 28)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		京セラ株式会社内
		審査官	山本 元彦
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 太陽電池セルおよび太陽電池モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 主面および該第 1 主面の裏面に相当する第 2 主面を有する半導体基板と、
前記第 2 主面上において第 1 方向の両側の端部近傍間にわたって前記第 1 方向に延びる線
上に配置されたバスバー電極と、
前記第 2 主面上において、前記第 1 方向の両側の端部のそれぞれに配置されたパッドと、
を備え、
該パッドは、前記バスバー電極よりも厚く構成されており、前記第 1 方向の端部近傍のう
ち前記バスバー電極の延長線上に該バスバー電極から離して設けられている、太陽電池セ
ル。

【請求項 2】

前記パッドは導電性材料から成る、請求項 1 に記載の太陽電池セル。

【請求項 3】

前記第 2 主面上に位置していて、少なくとも前記第 2 主面を平面視して前記パッドと前
記半導体基板の前記第 1 方向の端部との間に位置しているパッシベーション膜をさらに備
えている、請求項 1 または 2 に記載の太陽電池セル。

【請求項 4】

前記バスバー電極は銀を主として含み、前記パッドはアルミニウムを主として含む、請
求項 2 または 3 に記載の太陽電池セル。

【請求項 5】

前記パッドの前記第 1 方向に直交する第 2 方向における長さは、前記バスバー電極の前記第 2 方向における長さよりも長い、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の太陽電池セル。

【請求項 6】

前記第 2 主面上において、前記バスバー電極から前記第 2 方向に延びる複数の帯状のフィンガー電極が設けられており、前記パッドと前記フィンガー電極とが同一材料から成る、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の太陽電池セル。

【請求項 7】

前記第 2 主面上において、前記パッドから前記第 2 方向に延びる第 2 フィンガー電極が設けられている、請求項 6 に記載の太陽電池セル。

【請求項 8】

前記バスバー電極は、前記第 1 方向に延びる線状部および該線状部から前記第 2 方向に突出する複数の突出部を有しているとともに、前記第 2 主面上において、前記バスバー電極に沿って前記第 1 方向に延びるように帯状の補助バスバー電極が設けられており、該補助バスバー電極は、前記フィンガー電極と同一材料から成るとともに、前記突出部および前記フィンガー電極のそれぞれに接続している、請求項 6 または 7 に記載の太陽電池セル。

【請求項 9】

前記補助バスバー電極は前記フィンガー電極よりも厚い、請求項 8 に記載の太陽電池セル。

【請求項 10】

前記パッドは半円形状または台形状である、請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の太陽電池セル。

【請求項 11】

前記パッドはスリット状部または格子状部を有している、請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の太陽電池セル。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の太陽電池セルが複数個配列されており、隣接する前記太陽電池セル同士が、前記パッド上に接触している帯状の配線導体を介して電氣的に接続されている太陽電池モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽電池セルおよび太陽電池モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

太陽光発電などに使用される太陽電池モジュールは、例えばシリコン基板を用いた結晶系の太陽電池セルの複数を電氣的に接続している。

【0003】

この太陽電池モジュールは、金属から成る帯状の配線導体（接続タブ）を、太陽電池セルの第 1 電極と隣接する太陽電池セルの裏面側電極に半田付けすることによって、複数の太陽電池セルを接続している（例えば、特開 2006-278695 号公報を参照）。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

配線導体を用いた太陽電池セルの接続においては、一方の太陽電池セルの第 1 電極から他方の太陽電池セルの裏面側電極を接続するために、配線導体が太陽電池セルの上から下へ回り込むように配置される。

【0005】

このため、太陽電池モジュールの製造工程等において、太陽電池セルの上下方向に圧力がかかった場合、配線導体と当接する太陽電池セル端部に割れ、欠け等が発生して、太陽

10

20

30

40

50

電池モジュールの歩留り等が低下することがあった。

【0006】

本発明の1つの目的は、太陽電池モジュールの製造工程において歩留り等を向上させることができる太陽電池セルを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一形態に係る太陽電池セルは、第1主面および該第1主面の裏面に相当する第2主面を有する半導体基板と、前記第2主面上において第1方向の両側の端部近傍間にわたって前記第1方向に延びる線上に配置されたバスバー電極と、前記第2主面上において、前記第1方向の両側の端部のそれぞれに配置されたパッドと、を備え、該パッドは、前記バスバー電極よりも厚く構成されており、前記第1方向の端部近傍のうち前記バスバー電極の延長線上に該バスバー電極から離して設けられている。

10

【0008】

また、本発明の一形態に係る太陽電池モジュールは、上記の太陽電池セルが複数個配列されており、隣接する前記太陽電池セル同士が、前記パッド上に接触している帯状の配線導体を介して電氣的に接続されている。

【発明の効果】

【0009】

上記構成の太陽電池セルおよび太陽電池モジュールによれば、太陽電池モジュールの製造工程の歩留り等を向上させることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る太陽電池セルを第1主面側から見た平面模式図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に係る太陽電池セルを第2主面側から見た平面模式図である。

【図3】図3は、本発明の一実施形態に係る太陽電池セルの構造を模式的に示す図であり、図2におけるK-K線で切断した断面図である。

【図4】図4は、本実施形態に係る太陽電池セルに配線導体を接続した場合の、太陽電池セルの端部の状態を模式的に示す断面図である。

30

【図5】図5は、本発明の他の実施形態に係る太陽電池セルを第2主面側から見た平面模式図である。

【図6】図6は、本発明の他の実施形態に係る太陽電池セルを第2主面側から見た平面模式図である。

【図7】図7(a)～(f)は、本発明の一形態に係る太陽電池セルの作製工程を示す断面模式図である。

【図8】図8(a)は、本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールの第1面側を示す平面模式図であり、図8(b)は、第2面側の一実施形態を示す平面模式図である。

【図9】図9(a)は、本発明の一実施形態に係る太陽電池セルに配線導体を接続した状態を示す平面模式図であり、図9(b)は、2つの太陽電池セル同士の接続状態を示す断面模式図である。

40

【図10】図10は、本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュールの構造を示す断面模式図である。

【図11】図11は、比較例の太陽電池セルを第2主面側から見た平面模式図である。

【図12】図12は、実施例および比較例の太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールの荷重試験とクラック発生率との結果を示すグラフである。

【図13】図13は、本発明の他の実施形態に係る太陽電池セルを第2主面側から見た平面模式図である。

【図14】図14は、本発明の他の実施形態に係る太陽電池セルを第2主面側から見た平面模式図である。

50

【図 1 5】図 1 5 は、本発明の他の実施形態に係る太陽電池セルを第 2 主面側から見た平面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明の実施形態に係る太陽電池セルおよび太陽電池モジュールについて図面を参照しながら説明する。なお、太陽電池セル、太陽電池モジュールを構成する同一名称の部材については同一符号を付すものとする。また、図面は模式的に示したものであるもので、各図における構成要素のサイズおよび位置関係等は適宜変更できる。

【0012】

＜太陽電池セル＞

図 1～3 に示すように、太陽電池セル 1 は半導体基板 2 から成り、半導体基板 2 は主として光が入射する一主面である第 1 主面 2 a と、その第 1 主面 2 a の裏面側に相当する第 2 主面 2 b を有する。

【0013】

半導体基板 2 は、第一導電型（例えば p 型）を有する第 1 半導体部 2 p と、第 1 半導体部 2 p 上に設けられて、第 1 半導体部 2 p と逆の第 2 導電型（例えば n 型）を示す第 2 半導体部 2 n とを有する。このような半導体基板 2 には、例えばボロンあるいはガリウムなどの所定のドーパント元素を有した、一導電型（例えば、p 型）を有する単結晶または多結晶のシリコン基板が用いられる。また、半導体基板 2 の厚みは、例えば 100～250 μm 程度であればよい。また、半導体基板の形状は、特に限定されるものではないが、1 辺の長さが 140～180 mm 程度の正形状または長形状などの四角形状であればよい。

【0014】

第 2 半導体部 2 n は、第 1 半導体部 2 p に対して逆の導電型を有する層であり、半導体基板 2 の第 1 主面 2 a 側に設けられている。第 1 半導体部 2 p が p 型の導電型を有する場合であれば、第 2 半導体部 2 n は、n 型の導電型を有するように形成される。n 型の導電型を有する第 2 半導体部 2 n を形成する場合は、半導体基板 2 の第 1 主面 2 a 側にリン等のドーパント元素を拡散させることによって形成できる。

【0015】

半導体基板 2 の少なくとも第 2 主面 2 b 側の略全面に、パッシベーション膜 6 を設けることが、太陽電池セル 1 の光電変換効率の向上のため望ましい。パッシベーション膜 6 は、半導体基板 2 の第 2 主面 2 b 側において、少数キャリアの再結合を低減する効果を有する。パッシベーション膜 6 としては、窒化シリコン、酸化シリコン、酸化チタンまたは酸化アルミニウムなどが使用できる。パッシベーション膜 6 の厚みは、10～200 nm 程度であり、ALD（Atomic Layer Deposition：原子層蒸着）法、PECVD 法、熱 CV D 法、蒸着法またはスパッタリング法などを用いて形成すればよい。また、パッシベーション膜 6 は、半導体基板 2 の第 1 主面 2 a および側面部に形成してもよい。

【0016】

半導体基板 2 の第 1 主面 2 a 表面には、反射防止膜 13 が形成される。この反射防止膜 13 は、第 1 主面 2 a における光の反射率を低減させて、半導体基板 2 に吸収される光の量を増大させる。そして、光吸収によって生成する電子正孔対を増大させる役割を果たすことで太陽電池セル 1 の変換効率の向上に寄与する。反射防止膜 13 は、例えば、窒化シリコン膜、酸化チタン膜、酸化シリコン膜、もしくは酸化アルミニウム膜、またはそれらの積層膜からなる。反射防止膜 13 の厚みなどは、構成する材料によって適宜最適なものに設定すればよいが、例えば反射防止膜 13 の屈折率は 1.8～2.3 程度、厚み 30～120 nm 程度が好ましい。

【0017】

受光面側の第 1 電極は、図 1 に示すように、第 2 半導体部 2 n 上に設けられている。第 1 電極は、接続電極 3 および集電電極 4 を有する。集電電極 4 の両端または一端部は、接続電極 3 に接続されており、また、太陽電池セル 1 の両側にある集電電極 4 の外側端部を

10

20

30

40

50

結ぶように補助集電電極 5 を設けてもよい。

【0018】

この接続電極 3 は、後のモジュール製造工程において配線導体が接続されるものであり、帯状を成している。また、接続電極 3 は、第 1 方向（図 1 の Y 方向）に例えば 2 ～ 5 本程度設けられ、1 ～ 3 mm 程度の幅を有している。集電電極 4 および補助集電電極 5 は、光生成キャリアを集電するものである。集電電極 4 は、その線幅が 30 ～ 200 μm 程度であり、接続電極 3 とほぼ直交するように、図 1 の X 方向に沿って、互いに 1 ～ 3 mm 程度の間隔を空けて複数設けられている。また、補助集電電極 5 の線幅も 30 ～ 200 μm 程度であればよい。

【0019】

接続電極 3、集電電極 4 および補助集電電極 5 の厚みは、10 ～ 40 μm 程度であり、銀（または銅もしくは銀銅合金）を主成分とする金属を含有している。これら電極は、例えば、上記金属、ガラスフリットおよび有機ビヒクルなどから成る電極用導電性ペーストを、スクリーン印刷法等によって所望の形状に塗布した後、焼成することによって形成することができる。

【0020】

第 2 電極は、図 2 に示すように、バスバー電極 7、横フィンガー電極 8、補助バスバー電極 9、縦フィンガー電極 10 および導電性材料から成るパッドである端部電極 11 を有し、これらがパッシベーション膜 6 の上から設けられている。

【0021】

バスバー電極 7 は、上述の接続電極 3 と対向するように、第 2 主面 2 b 上の第 1 方向（図 2 の Y 方向）に延びる線上に配置されるものであり、例えば 2 ～ 5 本程度設けられている。バスバー電極 7 は、第 2 主面 2 b 上において第 1 方向の両側の端部近傍間にわたって第 1 方向に延びる線上に配置されている。すなわち、バスバー電極 7 は半導体基板 2 の両側における端部近傍間に配置されている。また、端部電極 11 は第 2 主面 2 b 上において第 1 方向の端部近傍のうち、バスバー電極 7 の延長線上にバスバー電極 7 から離して設けられている。各々のバスバー電極 7 は、例えば帯状に連続または不連続に設けられた形状でもよいし、図 2 に示すように、島状部 7 a および線状部 7 b から成るものでもよいし、また島状部 7 a のみから成る形状でもよい。

【0022】

バスバー電極 7 が島状部 7 a および線状部 7 b を含む場合、島状部 7 a は、線状部 7 b から第 2 方向（X 方向）に突出するように、互いに離れた位置に 5 ～ 20 個程度設けられる。この島状部 7 a に、後のモジュール製造工程において、帯状の配線導体が接続される。よって、線状部 7 b は、島状部 7 a を互いに接続する状態になる。このため、仮に島状部 7 a のどれか 1 つにおいて、配線導体との接続が不十分になった場合でも、太陽電池モジュールの抵抗成分の増加を抑制することができる。

【0023】

バスバー電極 7 が島状部 7 a と線状部 7 b を含む場合、島状部 7 a の大きさは幅方向（X 方向）が 3 ～ 10 mm 程度、縦方向（Y 方向）が 1 ～ 5 mm 程度であればよい。また、線状部 7 b は、幅方向（X 方向）が 1 ～ 3 mm 程度である。このようなバスバー電極 7（島状部 7 a と線状部 7 b）の厚みは 2 ～ 15 μm 程度である。さらに、バスバー電極 7 は、銀（または銅もしくは銀銅合金）を主成分とし、ガラスフリットおよび有機ビヒクルなどから成る電極用導電性ペーストを、スクリーン印刷法等によって所望の形状に塗布した後、焼成することによって形成できる。

【0024】

端部電極 11 は、各々のバスバー電極 7 の延長線上において、バスバー電極 7 の両端部側で、空隙部 12 を介することによって、バスバー電極 7 と離れて位置している。さらに、端部電極 11 は、バスバー電極 7 よりも厚く形成されている。すなわち、バスバー電極 7 の膜厚が上述のように 2 ～ 15 μm 程度の場合、端部電極 11 は 20 ～ 60 μm 程度に形成される。このようなバスバー電極 7 および端部電極 11 は、スクリーン印刷法によ

10

20

30

40

50

て形成する場合、使用するペースト粘度は、バスバー電極 7 を作製する場合よりも、端部電極 1 1 を作製する場合の方を大きくすることができる。また、使用するスクリーン製版の乳剤の厚みは、バスバー電極 7 を作製する場合よりも端部電極 1 1 を作製する場合の方を厚くすることができる。また、使用するスクリーン製版のメッシュの開口部の大きさは、バスバー電極 7 を作製する場合よりも端部電極 1 1 を作製する場合の方を大きくすることができる。

【0025】

このような構造にすることによって、図 4 に示すように、バスバー電極 7 に接続された配線導体 2 2 は、端部電極 1 1 はバスバー電極 7 よりも厚い。これにより、バスバー電極 7 の端部から斜め上方に向かい、さらに配線導体 2 2 は、端部電極 1 1 の上面部に載置するように配置されることとなる。さらに、太陽電池モジュールの製造工程において、太陽電池セル 1 の上下方向に圧力がかかった場合でも、この圧力を端部電極 1 1 の上面部で受けることができる。そして、半導体基板 2 の端部が配線導体 2 2 に当接することがないため、半導体基板 2 の端部を起点とする割れ、欠けなどを抑制することが可能となる。

【0026】

また図 2 に示すように、端部電極 1 1 をバスバー電極 7 の延長線上に、第 2 方向（X 方向）に非連続に設けたことによって、端部電極 1 1 によるパッシベーション膜 6 の破壊する（すなわち、端部電極 1 1 を構成する金属、例えばアルミニウムなどが端部電極 1 1 形成時の焼成などによってパッシベーション膜 1 1 の内部に拡散し、この部分のパッシベーション膜 6 が変質して、パッシベーション膜として作用しなくなる。）面積を小さくすることができ、太陽電池セルの光電変換効率をより向上させることができる。

【0027】

また、バスバー電極 7 は半田による半田付けが可能な材質から成り、端部電極 1 1 はバスバー電極 7 よりも半田で濡れにくい材料からなり、半田付けができない材質から成ることが望ましい。バスバー電極 7 が半田付けが可能な材質から成ることによって、太陽電池モジュールの製造工程において、配線導体 2 2 を直接バスバー電極 7 に半田付けすることが可能になり、簡単に低抵抗な接続を行うことができる。さらに、端部電極 1 1 が配線導体 2 2 と半田付けしにくい、または半田付けされないことによって、端部電極 1 1 と配線導体 2 2 の熱膨張率の差異による熱応力が生じるのを抑制できる。これにより、端部電極 1 1 が剥離しにくく、端部電極 1 1 と半導体基板 2 との接合強度が低下しないようにして、さらに耐久性の高い太陽電池セルとすることができる。なお、ここでいう半田とは、バスバー電極 7 と配線導体 2 2 との接合に用いる半田である。このような半田としては、例えば、主として錫（Sn）および鉛（Pb）から成るものであり、例えば錫が 60～63 質量%で残部が実質的に鉛から成る共晶半田である。さらに、半田として、実質的に鉛を含まない、錫が 90～97 質量%で残部が銀（Ag）または銅（Cu）などから成る半田、錫を主成分として亜鉛（Zn）、ビスマス（Bi）またはインジウム（In）を含む半田なども使用可能である。

【0028】

このようなバスバー電極 7 は銀を主として含み、端部電極 1 1 はアルミニウムを主として含むことが望ましい。バスバー電極 7 が銀を主として含むことによって、焼成時の酸化を抑制することができる。これにより、配線導体 2 2 との良好な半田付け状態を得ることができる。また端部電極 1 1 が、アルミニウムを主として含むことによって、半田付けされないことに加え、端部電極 1 1 形成部分の半導体基板 2 内部にアルミニウムが高濃度に拡散し、このアルミニウムが p 型不純物として働くため、BSF（back surface field）層となり、太陽電池セルの光電変換効率を向上させることができる。

【0029】

バスバー電極 7 が上述のように銀を主成分とし、端部電極 1 1 がアルミニウムを主成分とした場合、この両者が空隙部 1 2 無しに当接または積重した場合、その部分には焼成によって銀とアルミニウムの合金層が形成される。この合金層は熱収縮率が大きいため、焼成後冷却すると形成された合金層と半導体基板 2 との間に引っ張り応力が発生し、合金層

10

20

30

40

50

を起点とするクラックや割れが発生する場合があった。これに対し、本実施形態に係る太陽電池セル1においては、図4に示すように、バスバー電極7と端部電極11とは、空隙部12によって離れている。このため、両者が空隙部12によって当接または積重することがないので、銀とアルミニウムの合金層が形成されることがなく、この部分の強度の低下を抑制することができる。

【0030】

また図5における別の実施形態に係る太陽電池セル1mのように、端部電極11の幅Sは、バスバー電極の配線導体22が接続される部分（すなわち島状部7a）の幅Tよりも大きいことが望ましい。このようにすることによって、バスバー電極7に配線導体22が接続されるときに、バスバー電極7と平行とならずに斜め方向に接続された場合でも、配線導体22が半導体基板2の端部と当接することを抑制することができる。

10

【0031】

横フィンガー電極8および縦フィンガー電極10は、共に光生成キャリアを集電するものであり、横フィンガー電極8は、第1方向（Y方向）と直交する第2方向（X方向）に延びて配置されており、その線幅は100～500μm程度であり、その厚みは15～40μm程度である。この横フィンガー電極8は互いに1～6mm程度の間隔を空けて複数設けられている。横フィンガー電極8の両端または一端部は、補助バスバー電極9に接続されており、また太陽電池セル1の両側にある横フィンガー電極8の外側端部を結ぶように縦フィンガー電極10が設けられている。この縦フィンガー電極10は、100～300μm程度の線幅であり、その厚みは15～40μm程度である。この縦フィンガー電極10は第1方向（Y方向）に沿って設けられる。横フィンガー電極8および縦フィンガー電極10は、アルミニウムを主成分とし、ガラスフリットおよび有機ビヒクルなどから成る電極用導電性ペーストを、スクリーン印刷法等によって所望の形状に塗布した後、焼成することによって形成することができる。このように、横フィンガー電極8および縦フィンガー電極10と、端部電極11とが同じ材質からなることによって、これらをスクリーン印刷法などで同時に形成することができ、工程の簡略化が可能となる。

20

【0032】

補助バスバー電極9は、バスバー電極7に沿って第1方向（Y方向）に延びるように、バスバー電極7の幅方向の両側に0.5～3mm程度の線幅であるとともに、30～60μm程度の厚みで帯状に設けられる。補助バスバー電極9は、横フィンガー電極8を接続するものであり、さらにバスバー電極7の島状部7aの幅方向の両端部において積重することによってバスバー電極7にも接続されている。これにより、補助バスバー電極9は、横フィンガー電極8および縦フィンガー電極10によって集電された光生成キャリアをさらに集めて、それらをバスバー電極7に伝える役目をする。このような補助バスバー電極9を設けることによって、バスバー電極7の島状部7aにも無駄なく光生成キャリアを伝えることができる。さらに、これにより、バスバー電極7を帯状に形成する必要がなくなり、銀の使用量を削減することができて、太陽電池セル1のコスト削減ができる。

30

【0033】

補助バスバー電極9は、横フィンガー電極8と同じ材料から成るものとすることによって、工程の簡略化を図ることができる。すなわち、補助バスバー電極9は、アルミニウムを主成分とし、ガラスフリットおよび有機ビヒクルなどから成る電極用導電性ペーストを、横フィンガー電極8および縦フィンガー電極10の形成時に、スクリーン印刷法などによって所望の形状に塗布した後、焼成することによって形成することができる。

40

【0034】

横フィンガー電極8、補助バスバー電極9および縦フィンガー電極10がアルミニウムを主成分として含むことによって、これらの形成部分には半導体基板2の内部にアルミニウムが高濃度に拡散したBSF層14が同時に形成される。

【0035】

さらに、補助バスバー電極9の厚みは、横フィンガー電極8および縦フィンガー電極10よりも厚くすることが望ましい。すなわち、補助バスバー電極9は、上述のように集電

50

された光生成キャリアをさらに集めるものであるため、より低抵抗にする必要があるので、線幅のみでなく厚さもより大きくすることが望ましい。補助バスバー電極9の厚みは、例えば30～60 μm 程度である。補助バスバー電極9の形成は、スクリーン印刷法によって、横フィンガー電極8、縦フィンガー電極10および補助バスバー電極9を同時に形成する場合、補助バスバー電極9のみ膜厚を厚くする。このため、横フィンガー電極8、縦フィンガー電極10および補助バスバー電極9を印刷後、ペーストを乾燥した後、再度、補助バスバー電極9のみを重ねるように印刷してもよい。

【0036】

さらに、上述のように横フィンガー電極8を端部電極11と同じ材質で形成した場合には、複数の横フィンガー電極8のうちの一部は、端部電極11から第2方向(X方向)に延びている、図2に示す横フィンガー電極8aを設けることが望ましい。すなわち、端部電極11から延びる横フィンガー電極8aを設けることによって、端部電極11間および端部電極11と半導体基板2の周辺端部の間の光生成キャリアの集電が行える。さらに、端部電極11と補助バスバー電極9とを接続することによって、光生成キャリアをバスバー電極7に伝えることもできて、太陽電池セル1の光電変換効率を向上させることができる。

10

【0037】

また、横フィンガー電極8を端部電極11と同じ材料で形成した場合には、端部電極11は、横フィンガー電極8よりも厚いことが望ましい。

【0038】

20

<他の実施形態に係る太陽電池セル>

図6は、他の実施形態に係る太陽電池セル1nの非受光面側を示すものである。太陽電池セル1mの端部電極11は、台形状の端部電極11a～11cまたは半円形状または半楕円形状の端部電極11d～11fであることを特徴とする。このような形状とすることによって、バスバー電極7に配線導体22が接続されるときに、バスバー電極7と平行にならずに斜め方向に接続された場合でも、配線導体22が半導体基板2の端部と当接しにくい。さらに、上記形状によって、端部電極11の面積を小さくすることができ、パッシベーション膜6の破壊を小さくすることができて、太陽電池セル1mの光電変換効率を向上させることができる。

【0039】

30

また、太陽電池セル1mの端部電極11は、その内部全面に形成されている端部電極11a、11dの他、その内部にスリット状に形成されている端部電極11b、11e、その内部に格子状に形成されている端部電極11c、11fにしてもよい。端部電極11内部をスリット状または格子状に形成することによって、パッシベーション膜6の破壊を小さくすることができて、太陽電池セル1mの光電変換効率を向上させることができる。

【0040】

<絶縁パッドの例>

また、図5～7に示すように、パッドとして、端部電極11の代わりに絶縁パッド41を用いてもよい。

【0041】

40

絶縁パッド41は、図4において端部電極11の場合で説明したように、バスバー電極7の第1方向の両端部側で、空隙部12を介することによって、バスバー電極7と離れている。さらに絶縁パッド41は、バスバー電極7より厚く形成される。例えば、バスバー電極7の厚みが上述のように2～15 μm 程度の場合、絶縁パッド41は20～60 μm 程度に形成される。このような絶縁パッド41は、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、フェノール樹脂、ポリウレタンまたはポリイミドなどの硬化後に $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の体積抵抗率を示す絶縁性樹脂で構成されている。このような絶縁パッド41は、例えばスクリーン印刷法によって絶縁パッド41を形成する場合、用いる未硬化の樹脂の粘度や使用するスクリーン製版の乳剤の厚み、メッシュの開口部の大きさ等を調整することによって、上記の厚みに設定可能である。なお、絶縁パッド41は、硬化後の硬度が高く、絶縁性

50

が良く、常温での硬化が可能で硬化時の収縮率が小さい特性を有する材料がよい。このような材料としては、2液混合型のエポキシ樹脂が挙げられる。また、絶縁パッド41は、PET（ポリエチレンテレフタレート）などの樹脂フィルムに粘着材を塗布したものをを用いてもよい。

【0042】

本実施形態において、バスバー電極7に接続された配線導体22は、絶縁パッド41がバスバー電極7よりも厚いので、バスバー電極7の端部から斜め上方に向かいやすくなる。さらに、配線導体22は、絶縁パッド41の上面部に配置されることとなる。これにより、本実施形態では、太陽電池モジュールの製造工程において太陽電池セル1の上下方向に圧力がかかった場合であっても、この圧力を絶縁パッド41の上面部で受けることができるため、半導体基板2の端部が配線導体22と接触しにくくなる。その結果、本実施形態では、半導体基板2の端部に集中しにくくなるため、半導体基板2の端部を起点とする割れ、欠けの発生を低減できる。

10

【0043】

また、絶縁パッド41を絶縁性樹脂で作製したことによって、半導体基板2の第2面2bの端部から半導体基板2の側面部または第1面2aに樹脂が回り込んでも、太陽電池セル1のpn接触によるリーク電流の発生を抑制できる。これにより、本実施形態では、半導体基板2の第2面2bと側面部との角部分まで絶縁パッド41を配置させることができる。そのため、本実施形態では、太陽電池セル1の周辺端部をより補強することができる。

20

【0044】

また、絶縁パッド41は、100℃以下の比較的低温度で樹脂を硬化して作製することができるため、絶縁パッド41の直下に位置するパッシベーション膜6の熱による破壊を低減できる。これにより、光電変換効率の低下を低減できる。

【0045】

また、絶縁パッド41は、絶縁性の樹脂で構成すれば、半田が被着しにくいため、半田、絶縁パッド41および半導体基板2の熱膨張係数の差異による熱応力が発生しにくい。これにより、絶縁パッド41の半導体基板2からの剥離が低減される。

【0046】

なお、絶縁パッド41およびバスバー電極7は、空隙部12を設けることなく、接触するように設けてもよい。一方で、本実施形態のように、絶縁パッド41が、バスバー電極7から空隙部12を介して離れていれば、空隙部12において配線導体22が絶縁パッド41の上方向に曲げられることになるので、バスバー電極7の端部近傍にまで半田の厚みがほぼ一定となるように半田付けが可能となる。これにより、信頼性の高い太陽電池モジュールを作製しやすくなる。

30

【0047】

また、補助バスバー電極9は、絶縁パッド41の第1方向の端部の外側または絶縁パッド41の直下を通り、最も外側にあるフィンガー電極8aに接続されるまで延在した延在部9aを有していてもよい。この延在部9aを設けることによって、絶縁パッド41の第2方向にあるフィンガー電極8aおよび補助フィンガー電極10にて集電された光生成キャリアもバスバー電極7に集めることができる。これにより、太陽電池セル1の光電変換効率が向上する。

40

【0048】

さらに他の実施形態について説明する。図13に示すように、太陽電池セル1Lは、半導体基板2の第2面2b上において、バスバー電極7は互いに間隔を空けて複数設けられている。本実施形態では、Y方向に延びる3本のバスバー電極7がX方向に互いに間隔を空けて設けられている。このとき、太陽電池セル1Lの絶縁パッド41aは、隣り合うバスバー電極7の延長線上にわたって跨るように設けられている。これにより、本実施形態では、絶縁パッド41aの第2方向（図13のX方向）の長さを上記した実施形態よりも長く形成できる。そのため、本実施形態では、半導体基板2の配線導体22の延出方向の

50

端部をより補強することができる。さらに、本実施形態では、配線導体 22 がバスバー電極 7 に対して若干傾斜した状態で接続された場合でも、配線導体 22 が半導体基板 2 の端部と当接しにくくなる。なお、本実施形態では、バスバー電極 7 の延長線上ではなく、隣り合うバスバー電極 7 上に絶縁パッド 41 があってもよい。

【0049】

また、図 14 に示すように、他の実施形態に係る太陽電池セル 1M は、絶縁パッド 41b の幅 S がバスバー電極の配線導体 22 が接続される部分（すなわち島状部 7a）の幅 T よりも大きい点で他の実施形態と相違する。本実施形態では、バスバー電極 7 に配線導体 22 が接続されるときに、バスバー電極 7 に対して若干傾斜した状態で接続された場合でも、比較的小さい絶縁パッド 41 で、配線導体 22 が半導体基板 2 の端部と接触しにくく

10

【0050】

また、図 15 に示すように、他の実施形態に係る太陽電池セル 1N は、太陽電池セル 1N の絶縁パッド 41 が、台形状の絶縁パッド 41c ~ 11e または半円形状または半楕円形状の絶縁パッド 41f ~ 11h である。このような形状とすることによって、バスバー電極 7 に配線導体 22 が接続されるときに、バスバー電極 7 に対して若干傾斜した状態で接続された場合でも、配線導体 22 が半導体基板 2 の端部と接触しにくくすることができる。さらに、本実施形態では、絶縁パッド 41 の面積を小さくすることができるため、絶縁性樹脂の硬化時の収縮による太陽電池セル 1M の反りの発生を低減することができる。

20

【0051】

また、太陽電池セル 1N の絶縁パッド 41 は、その内部全面に形成されている絶縁パッド 41c、11f の他、その内部にスリット状に形成されている絶縁パッド 41d、11g、その内部に格子状に形成されている絶縁パッド 41e、11h にしてもよい。絶縁パッド 41 内部をスリット状または格子状に形成することによって、絶縁性樹脂などの硬化時の収縮による太陽電池セル 1M の反りの発生をより低減できる。

【0052】

＜太陽電池セルの製造方法＞

次に、太陽電池セル 1 の製造方法について説明する。

【0053】

まず、図 7 (a) に示すように、一導電型層を構成する半導体基板 2 を準備する。半導体基板 2 としては、第 1 導電型を呈するもので、例えばドーパントとしてボロンなどがドーパされた p 型のシリコン基板であればよい。このシリコン基板は、シリコンインゴットから切り出された単結晶シリコン基板または多結晶シリコン基板からなるシリコン基板を用いればよく、比抵抗は $0.2 \sim 2 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度が好適である。また、シリコン基板の大きさは、例えば一辺 $140 \sim 180 \text{ mm}$ 程度の正方形または矩形で、その厚みは $100 \mu\text{m} \sim 250 \mu\text{m}$ 程度にすればよい。半導体基板 2 が単結晶シリコン基板の場合は、例えば FZ（フローティングゾーン）法または CZ（チョクラルスキー）法などによって形成される。半導体基板 2 が多結晶シリコン基板の場合は、例えば鋳造法によって多結晶シリコンのインゴットを作製し、このインゴットを例えば所定の厚みにスライスして、半導体基板 2 を作製する。なお、以下では、p 型の多結晶シリコンを用いた例によって説明する。

30

40

【0054】

半導体基板 2 は、スライス面の機械的ダメージ層および汚染層を除去するために、表面を水酸化ナトリウム、水酸化カリウムまたはフッ硝酸などの溶液でごく微量エッチングするのが望ましい。なお、このエッチング工程後に、ウエットエッチング法または RIE（Reactive Ion Etching）法などのドライエッチング法を用いて、半導体基板 2 の第 1 主面 2a 側に微小な凹凸構造（テクスチャ）を形成するのが望ましい。テクスチャの形成によって、第 1 主面 2a 側における光の反射率が低減して、太陽電池セル 1 の光電変換効率が向上する。

【0055】

次に、図 7 (b) に示すように、半導体基板 2 の第 1 半導体部 2p の第 1 主面 2a 側に

50

n型の第2半導体部2nを形成する。このような第2半導体部2nは、n型不純物（例えばリン）を第1主面2a側の表層内に拡散させることによって形成される。このような拡散の方法として、例えばペースト状態にした五酸化二リン（ P_2O_5 ）を半導体基板2の表面に塗布して熱拡散させる塗布熱拡散法、ガス状態にしたオキシ塩化リン（ $POCl_3$ ）を拡散源とした気相熱拡散法、または、リンイオンを直接拡散させるイオン打ち込み法などが挙げられる。この第2半導体部2nは、例えば0.1～1μm程度の厚みで、40～150Ω/□程度のシート抵抗に形成される。また、第2半導体部2n形成時に、第2主面2b側にも逆導電層が形成された場合には、第2主面2b側のみをエッチングによって除去して、p型の導電領域を露出させる。例えば、フッ硝酸溶液に半導体基板2における第2主面2b側のみを浸して第2主面2b側の第2半導体部2nを除去する。また、予め第2主面2b側に酸化シリコンなどから成る拡散防止用マスクを形成しておき、気相熱拡散法等によって第2半導体部2nを形成して、続いて拡散マスクを除去するプロセスによっても、同様の構造を形成することが可能である。

10

【0056】

次に、図7（c）に示すように、半導体基板2の第1主面2a側および第2主面2b側の両面側略全面に、パッシベーション膜6を形成する。パッシベーション膜6は、例えばALD法を用いることによって、半導体基板2の全表面に同時に形成することができる。ALD法によって、例えば酸化アルミニウムから成るパッシベーション膜6を形成するには、次の方法による。

【0057】

20

まず、成膜室内に上述の半導体基板2を載置して、基板温度を100～300℃に加熱する。次に、トリメチルアルミニウム等のアルミ原料を、アルゴンガス、窒素ガス等のキャリアガスとともに0.5秒間、半導体基板2上に供給して、半導体基板2の全周囲にアルミ原料を吸着させる（PS工程1）。

【0058】

次に、窒素ガスによって成膜室内を1秒間パージすることによって、空間中のアルミ原料を除去するとともに、半導体基板2に吸着したアルミ原料のうち、原子層レベルで吸着した成分以外を除去する（PS工程2）。

【0059】

次に、水またはオゾンガス等の酸化剤を、成膜室内に4秒間供給して、アルミ原料であるトリメチルアルミニウムのアルキル基である CH_3 を除去するとともに、アルミニウムの未結合手を酸化させ、半導体基板2に酸化アルミニウムの原子層を形成する（PS工程3）。

30

【0060】

次に、窒素ガスによって成膜室内を1.5秒間パージすることによって、空間中の酸化剤を除去するとともに、原子層レベルの酸化アルミニウム以外、例えば、反応に寄与しなかった酸化剤等を除去する（PS工程4）。

【0061】

そして、上記の成膜PS工程1からPS工程4を繰り返すことによって、所定厚みを有する、酸化アルミニウムからなるパッシベーション膜6を形成することができる。また、PS工程3で用いる酸化剤に水素を含有させることによって、酸化アルミニウム層に水素が含有されやすくなり、水素パッシベーション効果を増大させることもできる。

40

【0062】

上述したパッシベーション膜6の形成において、ALD法を使用することによって、半導体基板2表面の微小な凹凸に応じて酸化アルミニウム層が形成されることから、表面パッシベーション効果を高めることができる。

【0063】

次に、図7（d）に示すように、半導体基板2の第1主面2a側のパッシベーション膜6上に反射防止膜13を形成する。反射防止膜13は、窒化シリコン、酸化チタン、酸化シリコン、または酸化アルミニウムなどからなる膜を、PECVD（plasma enhanced ch

50

emical vapor deposition) 法、熱CVD法、蒸着法またはスパッタリング法などを用いて形成される。例えば、窒化シリコン膜からなる反射防止膜13をPECVD法で形成する場合であれば、反応室内を500℃程度としてシラン(SiH_4)とアンモニア(NH_3)との混合ガスを窒素(N_2)で希釈し、グロー放電分解でプラズマ化させて堆積させることで反射防止膜13が形成される。

【0064】

次に、図7(e)に示すように、第1電極(接続電極3、集電電極4、補助集電電極5)形成のための第1導電ペースト20aの塗布を行う。第1電極(接続電極3、集電電極4、補助集電電極5)は、銀(または銅もしくは銀銅合金)などの導電成分と、ガラスフリットと、有機ビヒクルとを含有する導電ペーストを用いて作製される。この導電性ペーストは、銀(または銅もしくは銀銅合金)を主成分として、有機ビヒクルは、例えばバインダーとして使用される樹脂成分を有機溶媒に溶解して得られる。バインダーとしては、エチルセルロース等のセルロース系樹脂のほか、アクリル樹脂、またはアルキッド樹脂等が使用される。また、有機溶媒としては、例えばターピネオールまたはジエチレングリコールモノブチルエーテル等が使用される。有機ビヒクルの含有質量は、銀などの導電成分の合計質量(100質量部)に対して、およそ6質量部以上20質量部以下であることが好ましい。また、ガラスフリットの成分は、ガラス材料として例えば SiO_2 - Bi_2O_3 - PbO 系、 Al_2O_3 - SiO_2 - PbO 系などの鉛系ガラスを用いることができるほか、 B_2O_3 - SiO_2 - Bi_2O_3 系、または B_2O_3 - SiO_2 - ZnO 系などの非鉛系ガラスも用いることができる。ガラスフリットの含有質量は、銀などの導電成分の合計質量(100質量部)に対して、およそ2質量部以上13質量部以下であることが好ましい。

この第1導電ペースト20aを、スクリーン印刷法などを用いて半導体基板2の第1主面2aの反射防止膜4上に塗布し、その後、乾燥させる。例えば接続電極3は幅(太さ)1~3mm程度、集電電極4と補助集電電極5は幅0.05~0.2mm程度に形成される。

【0065】

次に図7(f)に示すように、パッシベーション膜6上に第2電極として、バスバー電極7、横フィンガー電極8、補助バスバー電極9、縦フィンガー電極10および端部電極11を形成するための第2導電ペースト20bと第3導電ペースト20cとを塗布する。まずバスバー電極7(島状部7aと線状部7b)を形成するための第2導電ペースト20bの塗布を行う。バスバー電極7は、例えば幅(図2のX方向)約3~8mm程度で、長さ(図2のY方向)は、約2~8mm程度で形成される。使用する導電ペーストは、上述の第1電極形成時に用いたものと同様のものが使用可能であり、スクリーン印刷法を用いて塗布し、その後乾燥する。

【0066】

次に、横フィンガー電極8、補助バスバー電極9、縦フィンガー電極10および端部電極11を形成するための第3導電ペースト20cを塗布する。これらの電極を形成するための導電ペーストとしては、アルミニウムを主成分とする金属粉末、ガラスフリットおよび有機ビヒクルを含有するアルミニウムペーストを用いて作製される。アルミニウム粉末は、平均粒径が3~20 μm 程度のものである。また、有機ビヒクルは、上述のようにバインダーが有機溶媒に溶解したものである。また、ガラスフリットは、例えば、 SiO_2 - PbO 系、 SiO_2 - B_2O_3 - PbO 系、 Bi_2O_3 - SiO_2 - B_2O_3 系のガラスフリットが使用可能である。

【0067】

アルミニウムペーストの組成は、アルミニウムペーストの総重量の60重量%以上85重量%以下がアルミニウム粉末であり、5重量%以上25重量%以下が有機ビヒクルで、0.1重量%以上10重量%以下のガラスフリットである。さらに焼成後の半導体基板2に生じる反りの低減や抵抗率低減のために、酸化亜鉛(ZnO)、酸化シリコン(SiO_2)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)などを添加してもよい。例えば、横フィンガー電極

8の幅は約0.1～0.7mm程度である。補助バスバー電極9の幅は約0.3～1mm程度である。縦フィンガー電極10の幅は約0.1～0.7mm程度である。端部電極11の幅(図2のX方向)は約3～10mm程度であり、その長さ(図2のY方向)は約3～10mm程度である。また、空隙12の間隔は約0.1～2mm程度であり、端子電極11の半導体基板2端部からの距離は約0.1～2mm程度で形成される。

【0068】

その後、第1電極形成のための第1導電ペースト20a、第2電極形成のための第2導電ペースト20b、および第3導電ペースト20cを塗布した半導体基板2を、ピーク温度600～800℃で数十秒～数十分程度焼成する。これにより、電極を形成し、太陽電池セル1が完成する。

10

【0069】

なお、本発明に係る太陽電池セルの構造および製造方法は、上述の内容に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更、改良は可能である。例えばパッシベーション膜6は、半導体基板2の第1主面2a側および第2主面2b側の両面側ではなく、第2主面2b側のみに形成してもよい。

【0070】

<太陽電池モジュール>

本発明の一実施形態に係る太陽電池モジュール21は、図8(a)、(b)に示すように、複数の太陽電池セル1を有する太陽電池パネル23と、この太陽電池パネル23の外周部に配置されたフレーム24とを有する。図8(a)に示すように、太陽電池モジュール21は、主として光を受ける面である第1面21aを有し、図8(b)に示すように、第1面21aの裏面に相当する第2面21bを有する。そして、太陽電池モジュール21は、第2面21b側に端子箱25等をさらに有している。端子箱25には、太陽電池モジュール21によって発生した電力を外部回路に供給するための出力ケーブル26が接続されている。

20

【0071】

また、一方向に配列された太陽電池セル1のうち、隣り合う太陽電池セル1同士は、図8、9に示すように、配線導体22によって電氣的に接続されている。この配線導体22は、例えば、厚さが0.1～0.3mm程度の銅またはアルミニウムなどから成る帯状の金属箔で、金属箔には、表面に半田がコーティングされている。この半田は、メッキまたはディッピング等によって、例えば、10～50μm程度の厚みになるように設けられる。この配線導体22の幅は、接続電極3の幅と同等または接続電極3の幅よりも小さくすればよい。これにより、配線導体22によって太陽電池セル1の受光を妨げにくくできる。また、配線導体22は、バスバー電極3およびバスバー電極7の略全表面に接続してもよい。これにより、太陽電池セル1の電気抵抗成分を小さくできる。ここで、配線導体22で、150mm角程度の2つの太陽電池セル1同士を接続する場合、配線導体22の幅は、1～3mm程度、その長さは260～300mm程度であればよい。

30

【0072】

1つの太陽電池セル1に接続される配線導体22においては、一方の配線導体22aは、図9(a)に示すように、太陽電池セル1の第1主面2aのバスバー電極3に半田付けされている。また、他方の配線導体22bは、太陽電池セル1の第2主面2bのバスバー電極7に半田付けされている。

40

【0073】

また、図9(b)に示すように、隣り合う太陽電池セル1(太陽電池セル1S、1T)は、太陽電池セル1Sの第1主面2aのバスバー電極3に接続した配線導体22の他端部を太陽電池セル1Tの第2主面2bのバスバー電極7に半田付けされることによって接続される。このような接続を複数(例えば5～10個程度)の太陽電池セル1に対して繰り返すことによって、複数の太陽電池セル1が直線状に直列接続されてなる太陽電池ストリングが形成される。

【0074】

50

次に、この太陽電池ストリングを複数（例えば2～10本程度）用意して、1～10m程度の所定間隔を空けて略平行に整列させて、太陽電池ストリングの各端部の太陽電池セル1同士を横方向配線35にて半田付けなどで接続する。また両端側の太陽電池ストリングの横方向配線35を接続していない太陽電池セル1には、外部導出配線36を接続する。

【0075】

次いで、透光性基板31、表面側充填材32、裏面側充填材33および裏面材34を準備する。透光性基板31としては、ガラスやポリカーボネート樹脂などからなる基板が用いられる。ここでガラスとしては、例えば白板強化ガラス、倍強化ガラスまたは熱線反射ガラスなどが用いられる。また、樹脂であれば、ポリカーボネート樹脂などの合成樹脂が用いられる。透光性基板31は、白板強化ガラスであれば、厚さ3～5mm程度であればよい。

10

【0076】

表面側充填材32および裏面側充填材33は、エチレン-酢酸ビニル共重合体（以下EVAと略す）およびポリビニルブチラール（PVB）から成り、Tダイと押し出し機とによって、厚さ0.4～1mm程度のシート状に成形されたものが用いられる。これらはラミネート装置によって、減圧下にて加熱加圧を行うことで、軟化、融着して他の部材と一体化するものである。

【0077】

裏面材34は、外部からの水分の浸入を低減する役割を有する。この裏面材34は、例えば、アルミ箔を挟持した耐候性を有するフッ素系樹脂シート、アルミナまたはシリカを蒸着したポリエチレンテレフタレート（PET）シート等が用いられる。裏面材34は、太陽電池モジュール21の第2面21b側からの光入射を発電に用いる場合は、ガラスまたはポリカーボネート樹脂等を用いてもよい。

20

【0078】

次に、図10に示すように、透光性基板31上に表面側充填材32を配置した後、上記のように接続した太陽電池セル1、裏面側充填材33および裏面材34等を順次積層して積層体を作製する。

【0079】

次いで、この積層体をラミネート装置にセットし、減圧下にて加圧しながら100～200℃で例えば15分～1時間程度加熱することによって、太陽電池パネル23を作製できる。

30

【0080】

最後に、太陽電池パネル23の外周部にフレーム24を、第2面21b側に端子箱25を必要に応じてそれぞれ取り付けすることで、図8に示す太陽電池モジュール21が完成する。

【0081】

このような太陽電池モジュール21において、上述した太陽電池セル1を使用することによって、屋外に設置後においても風圧などで太陽電池セルの割れ、欠け等が発生することが抑制される。これにより、歩留まりが向上して、信頼性が高く、さらにパッシベーション膜6を備えることによって、光電変換効率を向上させた太陽電池モジュール21を提供することができる。

40

【実施例】

【0082】

＜実施例の太陽電池セルの作製＞

まず、実施例の太陽電池セルを以下のようにして作製した。

【0083】

図7（a）に示すように、半導体基板2として、比抵抗値が約 $1.0\Omega\cdot\text{cm}$ 、一辺約156mmの正形状の平面形状を有し、厚みが200 μm 程度のボロンがドーピングされたp型の多結晶シリコン基板を用意した。この半導体基板2は鋳造法によって作製した。

50

【0084】

半導体基板2は、NaOH水溶液を用いて、表面から7～12 μ m程度の深さをエッチングした後に、RIE法を用いて第1主面2a側に微細なテクスチャを形成した。

【0085】

その後、オキシ塩化リン(POCl₃)を拡散源とした気相熱拡散法によって、半導体基板2の表面全面にn型領域を形成した。このn型領域は、50～100 Ω /□程度のシート抵抗になるように形成した。その後、半導体基板2の裏面2b側のみをフッ酸、硝酸の混合溶液に浸して、裏面2b側のn型領域を除去した。これにより、図7(b)に示すように、半導体基板2のp型の第1半導体領域2pに対して、第1主面2a側にn型の第2半導体領域2nを形成した。

10

【0086】

次に、図7(c)に示すように、半導体基板2の第1主面2a側および裏面2b側の略全面に、パッシベーション膜6を形成した。このパッシベーション膜6は、上述したALD法によって酸化アルミニウムを厚み約30～50nmで成膜した。

【0087】

次に、図7(d)に示すように、半導体基板2の第1主面2a上に、PECVD装置を用いて、窒化シリコンからなる反射防止膜13を形成した。反射防止膜13は、屈折率が2.1～2.2程度であり、厚みを40～90nm程度とした。

【0088】

次に、図7(e)に示すように、第1主面2a側の電極(図1に示す接続電極3、集電電極4および補助集電電極5)を形成するための第1導電ペースト20aの塗布を行った。第1導電ペースト20aは、銀を主成分として、ガラスフリットおよび有機ビヒクル等を含むものを用いた。そして、図1に示すような形状にスクリーン印刷法を用いて、約20～30 μ mの厚さに塗布し、その後乾燥を行った。

20

【0089】

次に、図7(f)に示すように、裏面2b側において、パッシベーション膜6上に図2に示すようなバスバー電極7を形成するための第2導電ペースト20bを塗布した。この第2導電ペースト20bは、銀を主成分として、ガラスフリットおよび有機ビヒクル等を含むものを用いた。そして、第2導電ペースト20bは、スクリーン印刷法を用いて、図2に示すような形状に、幅(図2のX方向)約6.0mm、長さ(図2のY方向)約3.2mm、厚さ約10～20 μ mに塗布し、その後乾燥を行った。

30

【0090】

そして、図2に示すような横フィンガー電極8、補助バスバー電極9、縦フィンガー電極10および端部電極11を形成するための第3導電ペースト20cを裏面2b側に塗布した。これらの電極を形成するための第3導電ペースト20cは、アルミニウムを主成分として、ガラスフリットおよび有機ビヒクル等を含むものを用いた。そして、図2に示すような形状にスクリーン印刷法を用いた。ここで、第3導電ペースト20cは各電極が以下のサイズとなるように塗布し、その後乾燥を行った。

【0091】

次に、第1導電ペースト20a、第2導電ペースト20bおよび第3導電ペースト20cを塗布した半導体基板2を、ピーク温度約700℃で、10分程度焼成することによって電極を形成して、実施例の太陽電池セル1を作製した。

40

【0092】

各電極のサイズは、横フィンガー電極8の幅は約0.3mm、補助バスバー電極9の幅は約0.5mm、縦フィンガー電極10の幅は約0.3mm、端部電極11の幅(図2のX方向)は約5.9mm、長さ(図2のY方向)は約5.8mm、空隙12の間隔は約1mm、端子電極11の半導体基板2端部からの距離は約0.7mm、端子電極11の厚さは約40～50 μ mとした。

【0093】

<比較例の太陽電池セルの作製>

50

次に、比較例の太陽電池セル 1 R を作製した。図 7 (a) ~ (e) において、第 1 主面 2 a 側の電極を形成するための第 1 導電ペースト 2 0 a の塗布するところまで、上述の実施例の太陽電池セル 1 の作製と同様の工程および条件で行った。

【0094】

比較例の太陽電池セル 1 R の裏面 2 b 側においては、パッシベーション膜 6 上に図 1 1 に示すようなバスバー電極 7、横フィンガー電極 8、補助バスバー電極 9、縦フィンガー電極 1 0 を形成した。すなわち、比較例の太陽電池セル 1 R において、バスバー電極 7 は、基板 2 端部近傍部まで延びている。また、端部電極は設けられておらず、その代わりに島状部 7 a が基板 2 端部近傍部に設けられている。

【0095】

まず、バスバー電極 7 を形成するための第 2 導電ペースト 2 0 b を塗布した。この第 2 導電ペースト 2 0 b は、銀を主成分としたもので、実施例の太陽電池セル 1 を作製したときに用いたものと同じものを使用し、同一方法、条件で、ほぼ同じ膜厚で塗布し、乾燥した。

【0096】

その後、図 1 1 に示すような横フィンガー電極 8、補助バスバー電極 9 および縦フィンガー電極 1 0 を形成するための第 3 導電ペースト 2 0 c を裏面 2 b 側に塗布した。この第 3 導電ペースト 2 0 c は、アルミニウムを主成分としたものであり、実施例の太陽電池セル 1 を作製したときに用いたものと同じものを使用し、同一方法、条件で、ほぼ同じ膜厚で塗布し、乾燥した。

【0097】

次に、第 1 導電ペースト 2 0 a、第 2 導電ペースト 2 0 b および第 3 導電ペースト 2 0 c を塗布した半導体基板 2 を、実施例の太陽電池セルと同じ装置、同一条件で焼成することによって電極を形成して、比較例の太陽電池セル 1 R を作製した。

【0098】

＜テスト用太陽電池モジュールの作製＞

次に、実施例および比較例の太陽電池セルを用いた 2 種類の太陽電池モジュールを作製した。まず、太陽電池モジュールを構成する太陽電池ストリングを次のように作製した。実施例および比較例の太陽電池セルを各 7 枚用意した。そして、図 9 (b) に示すように、配線導体 2 2 を用いて太陽電池セル同士を半田付けによって直列に接続して、実施例および比較例の太陽電池セルを用いた 2 種類の太陽電池ストリングを作製した。

【0099】

さらに、このようにして作製した太陽電池ストリングを、実施例用および比較例用の太陽電池モジュールを作製するために各 6 本用意した。6 本の太陽電池ストリングは、互いに略平行に整列させて、各々の太陽電池ストリングの端部にある太陽電池セルに対して、図 8 に示すような横方向配線 3 5 および外部導出配線 3 6 を半田付けによって接続した。

【0100】

その後、図 8 に示すように、透光性基板 3 1 上に表面側充填材 3 2 を配置した後、互いに接続された 6 本の太陽電池ストリング、裏面側充填材 3 3 および裏面材 3 4 等を順次積層して積層体を作製した。そして、この積層体をラミネート装置にセットし、減圧下にて加圧しながら 1 0 0 ~ 1 6 0 °C 程度で約 2 0 分加熱、押圧することによって、太陽電池パネル 2 3 を作製した。

【0101】

次に、太陽電池パネル 2 3 の外周部にアルミニウムから成るフレーム 2 4 を取り付けて、第 2 面 2 1 b 側に端子箱 2 5 を配置して、実施例の太陽電池セルを用いた太陽電池モジュール 2 1 と、比較例の太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールとを完成させた。

【0102】

＜荷重試験＞

次に、上述した実施例および比較例の太陽電池モジュールに対して荷重試験を行った。2 つの太陽電池モジュール 2 1 の第 1 面 2 1 a 側に、1 0 0 0 P a 毎に 6 0 0 0 P a まで

10

20

30

40

50

の荷重をかけて、配線導体 2 2 の配置方向に平行方向に発生する太陽電池セルのクラックの発生率を目視で観察した。

【0103】

この結果を図 1 2 に示す。図 1 2 は上記 2 種類の太陽電池モジュールの各々の荷重の大きさとクラック発生率のグラフである。なお、このグラフの縦軸は、比較品太陽電池セルから成る太陽電池モジュールに 6 0 0 0 P a の荷重をかけた時に、クラックの発生した割合を 1 0 0 とした時の指数として表わしたものである。

【0104】

これらの結果から明らかなように、実施例の太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールでは、比較例の太陽電池セルを用いた太陽電池モジュールに比べてクラック発生率が低く抑えることができ、耐荷重性能が大きく向上したことを確認できた。

10

【符号の説明】

【0105】

- 1、1 m：太陽電池セル
- 2：半導体基板
- 2 a：受光面
- 2 b：非受光面
- 2 p：第 1 半導体部
- 2 n：第 2 半導体部
- 3：接続電極
- 4：集電電極
- 5：補助集電電極
- 6：パッシベーション膜
- 7：バスバー電極
- 7 a：島状部
- 7 b：線状部
- 8：横フィンガー電極
- 9：補助バスバー電極
- 1 0：縦フィンガー電極
- 1 1：端部電極（パッド）
- 1 2：空隙部
- 1 3：反射防止膜
- 1 4：B S F 層
- 2 0 a：第 1 導電ペースト
- 2 0 b：第 2 導電ペースト
- 2 0 c：第 3 導電ペースト
- 2 1：太陽電池モジュール
- 2 1 a：太陽電池モジュールの第 1 面
- 2 1 b：太陽電池モジュールの第 2 面
- 2 2：配線導体
- 2 3：太陽電池パネル
- 2 4：フレーム
- 2 5：端子箱
- 3 1：透光性基板
- 3 2：表面側充填材
- 3 3：裏面側充填材
- 3 4：裏面材
- 3 5：横方向配線
- 3 6：外部導出配線
- 4 1：絶縁パッド（パッド）

20

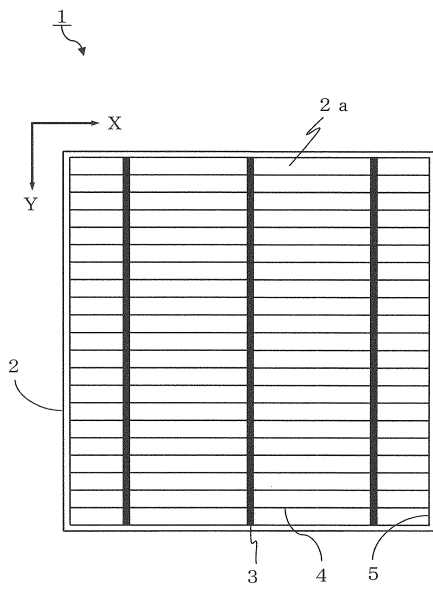
30

40

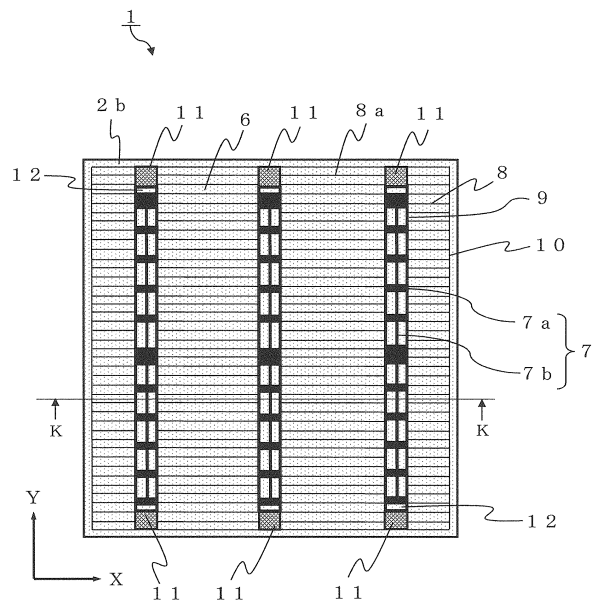
50

Y方向：第1方向
X方向：第2方向

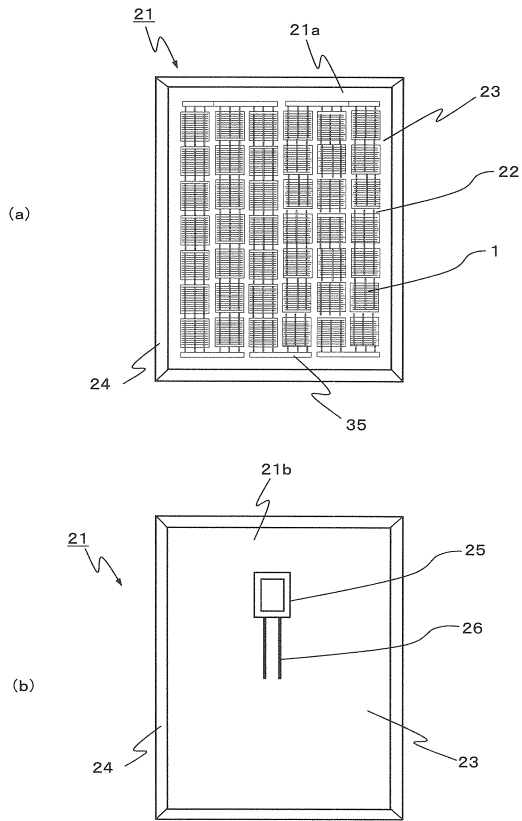
【図1】



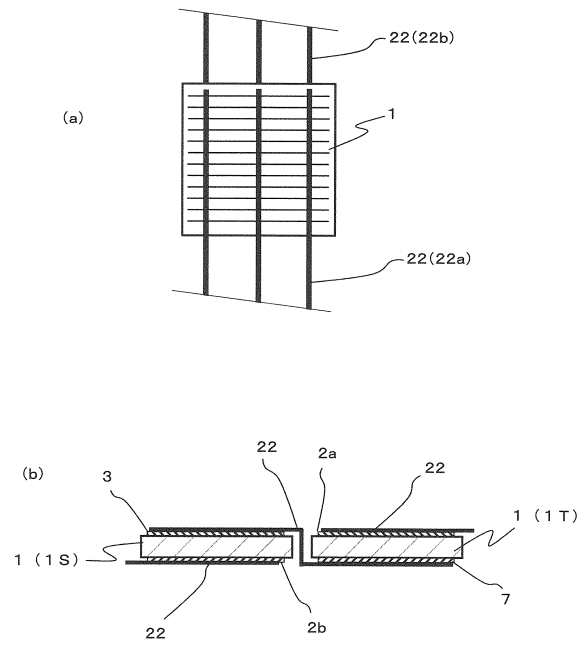
【図2】



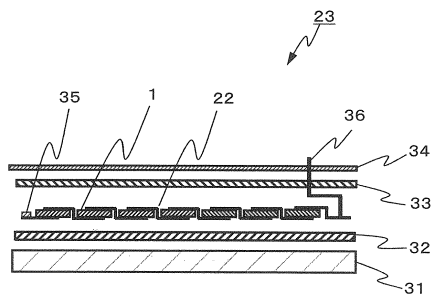
【図 8】



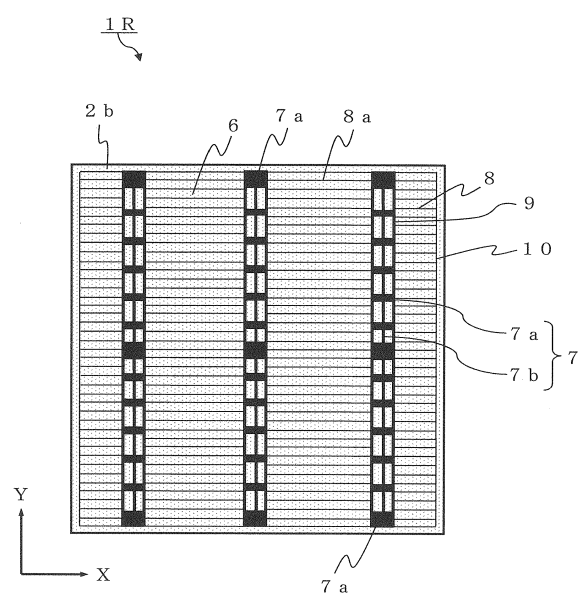
【図 9】



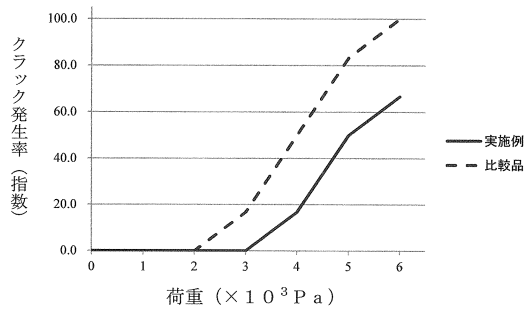
【図 10】



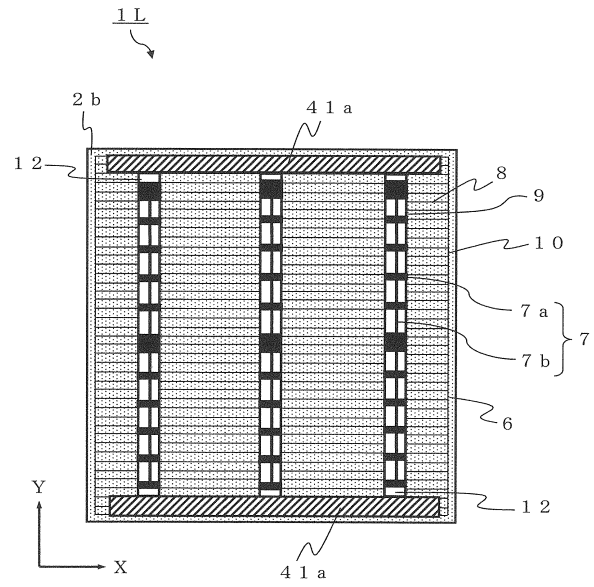
【図 11】



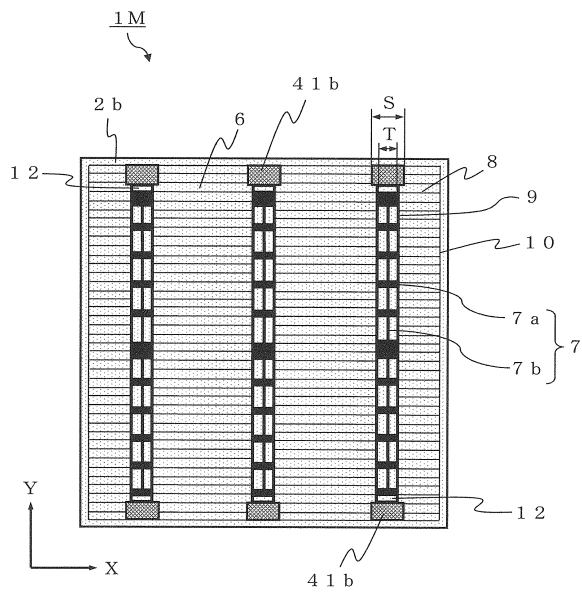
【図 1 2】



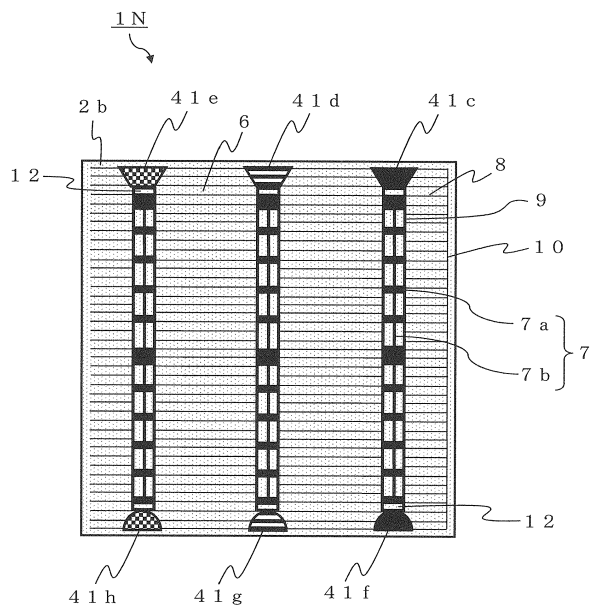
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-133826 (JP, A)
国際公開第2013/140552 (WO, A1)
国際公開第2013/039158 (WO, A1)
国際公開第2012/173203 (WO, A1)
特開2008-010857 (JP, A)
米国特許出願公開第2010/0043863 (US, A1)
特開2003-69055 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/02-31/078、31/18-31/20