

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5596852号

(P5596852)

(45) 発行日 平成26年9月24日(2014.9.24)

(24) 登録日 平成26年8月15日(2014.8.15)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 31/0224 (2006.01)

H O 1 L 31/04 2 6 0

請求項の数 22 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-508653 (P2013-508653)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成23年4月4日(2011.4.4)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/058542		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87) 国際公開番号	W02012/137291	(74) 代理人	100089118
(87) 国際公開日	平成24年10月11日(2012.10.11)		弁理士 酒井 宏明
審査請求日	平成25年4月25日(2013.4.25)	(72) 発明者	西本 陽一郎
前置審査			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
		審査官	山本 元彦
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池およびその製造方法、太陽電池モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

貫通孔が形成された第1導電型の半導体基板と、
 前記半導体基板の一面側に設けられた第2導電型の不純物拡散層と、
 前記半導体基板の一面側において前記不純物拡散層と電氣的に接続して設けられた受光面電極と、
 前記貫通孔を介して前記半導体基板の他面側に引き出されて前記受光面電極に電氣的に接続して設けられた引き出し電極と、
 前記半導体基板の他面側において前記半導体基板と電氣的に接続するとともに前記引き出し電極と電氣的に分離された裏面電極と、
 を備え、
 一対の雄型部材および雌型部材からなる金属部材を前記貫通孔を介して接続して前記雄型部材と前記雌型部材とにより前記半導体基板を挟むことにより前記金属部材と前記半導体基板とが固定されること、
 を特徴とする太陽電池。

【請求項 2】

前記金属部材は、平坦部の一面上に少なくとも一つの突起部が設けられて構成され、
 前記突起部が前記貫通孔に充填され、前記平坦部の一面側が前記半導体基板の他面側に当接して配置されること、
 を特徴とする請求項 1 に記載の太陽電池。

【請求項 3】

前記引き出し電極は、前記貫通孔の内部に単体金属からなる前記金属部材が充填されて構成され、導電性材料を介して前記受光面電極に電氣的に接続されること、
を特徴とする請求項 2 に記載の太陽電池。

【請求項 4】

前記金属部材は、少なくとも前記平坦部における前記半導体基板の他面側との当接面が絶縁膜で被覆されていること、
を特徴とする請求項 3 に記載の太陽電池。

【請求項 5】

前記金属部材は、前記突起部の上面および前記平坦部の他面の一部を除いた全面が絶縁膜で被覆されていること、
を特徴とする請求項 4 に記載の太陽電池。 10

【請求項 6】

前記裏面電極が前記半導体基板の他面側の全面に形成されていること、
を特徴とする請求項 5 に記載の太陽電池。

【請求項 7】

前記裏面電極が前記貫通孔の周辺部を除いた前記半導体基板の他面側の全面に形成され、
前記引き出し電極と裏面電極とを電氣的に分離する分離溝を前記周辺部に備えること、
を特徴とする請求項 4 に記載の太陽電池。 20

【請求項 8】

前記金属部材は、前記突起部の上面が粗面化されていること、
を特徴とする請求項 3 ～ 7 のいずれか 1 つに記載の太陽電池。

【請求項 9】

前記平坦部の一面側が接着剤により前記半導体基板の他面側に固定されること、
を特徴とする請求項 3 ～ 7 のいずれか 1 つに記載の太陽電池。

【請求項 10】

前記単体金属が、銅を主体とする銅系金属であること、
を特徴とする請求項 3 ～ 9 のいずれか 1 つに記載の太陽電池。

【請求項 11】

第 1 導電型の半導体基板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、
前記半導体基板の一面側に第 2 導電型の不純物拡散層を形成する不純物拡散層形成工程と、
前記半導体基板の一面側において前記不純物拡散層と電氣的に接続する受光面電極を形成する受光面電極形成工程と、
前記貫通孔を介して前記半導体基板の他面側に引き出された引き出し電極を形成する引き出し電極形成工程と、
前記受光面電極と前記引き出し電極とを導電性材料を介して電氣的に接続する接続工程と、
前記半導体基板の他面側において前記半導体基板と電氣的に接続する裏面電極を形成する裏面電極形成工程と、
を含み、
前記引き出し電極形成工程では、平坦部の一面上に所定の間隔をおいて複数個の突起部が形成され前記突起部間に働く応力を緩和する応力緩和構造を有する金属部材の前記突起部が前記貫通孔に充填され、前記平坦部の一面側が前記半導体基板の他面側に当接して配置されること、
を特徴とする太陽電池の製造方法。 30 40

【請求項 12】

第 1 導電型の半導体基板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、
前記半導体基板の一面側に第 2 導電型の不純物拡散層を形成する不純物拡散層形成工程 50

と、

前記半導体基板の一面側において前記不純物拡散層と電氣的に接続する受光面電極を形成する受光面電極形成工程と、

前記貫通孔を介して前記半導体基板の他面側に引き出された引き出し電極を形成する引き出し電極形成工程と、

前記受光面電極と前記引き出し電極とを導電性材料を介して電氣的に接続する接続工程と、

前記半導体基板の他面側において前記半導体基板と電氣的に接続する裏面電極を形成する裏面電極形成工程と、

を含み、

10

前記引き出し電極形成工程では、一对の雄型部材および雌型部材からなる金属部材を前記貫通孔を介して接続して前記雄型部材と前記雌型部材とにより前記半導体基板を挟むことにより前記金属部材と前記半導体基板とが固定されること、

を特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項 1 3】

前記金属部材は、平坦部の一面上に少なくとも一つの突起部が設けられて構成され、

前記突起部が前記貫通孔に充填され、前記平坦部の一面側が前記半導体基板の他面側に当接して配置されること、

を特徴とする請求項 1 2 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 1 4】

20

前記引き出し電極は、前記貫通孔の内部に単体金属からなる前記金属部材が充填されて構成され、導電性材料を介して前記受光面電極に電氣的に接続されること、

を特徴とする請求項 1 1 または 1 3 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 1 5】

前記金属部材は、少なくとも前記平坦部における前記半導体基板の他面側との当接面が絶縁膜で被覆されていること、

を特徴とする請求項 1 4 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 1 6】

前記金属部材は、前記突起部の上面および前記平坦部の他面の一部を除いた全面が絶縁膜で被覆されていること、

30

を特徴とする請求項 1 5 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 1 7】

前記裏面電極を前記半導体基板の他面側の全面に形成すること、

を特徴とする請求項 1 6 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 1 8】

前記裏面電極を前記貫通孔の周辺部を除いた前記半導体基板の他面側の全面に形成し、前記引き出し電極と裏面電極とを電氣的に分離する分離溝を前記周辺部に形成すること

、

を特徴とする請求項 1 5 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 1 9】

40

前記金属部材は、前記突起部の上面が粗面化されていること、

を特徴とする請求項 1 4 ～ 1 8 のいずれか 1 つに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 2 0】

前記平坦部の一面側を接着剤により前記半導体基板の他面側に固定すること、

を特徴とする請求項 1 4 ～ 1 8 のいずれか 1 つに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 2 1】

前記単体金属が、銅を主体とする銅系金属であること、

を特徴とする請求項 1 4 ～ 2 0 のいずれか 1 つに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 2 2】

請求項 1 ～ 1 0 のいずれか 1 つに記載の構造を有する太陽電池セルの少なくとも 2 つ以

50

上が電氣的に直列または並列に接続されてなること、
を特徴とす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、太陽電池およびその製造方法、太陽電池モジュールに関し、特に、スルーホール（貫通穴）を介して受光面電極を裏面側に引き出して配置した構造の太陽電池およびその製造方法、太陽電池モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、結晶系シリコン（Si）太陽電池の構造は、pn接合を形成した光電変換部の上に成膜された反射防止膜と、光電変換部の受光面側に形成された櫛型の表面電極と、光電変換部の裏面の全面に形成された裏面電極と、を用いた構造が一般的である。照射光は受光面側において表面電極により遮られるため、表面電極で覆われた領域は発電に寄与しない。すなわち、いわゆるシャドーロスが生じる。このようなシャドーロスの割合は、10%弱である。

【0003】

電極面積を減らす事でシャドーロスを減らす事は可能である。しかし、電極の断面積が減少することにより電極の抵抗は増えるため、表面電極の抵抗損失が増加する。抵抗損失の増加は曲線因子（FF）の低下を招くため、単純に電極面積を減らただけでは変換効率を上げる事はできない。電極面積を減らすのであれば、その分、電極を厚くする、電極材質そのものの抵抗率を下げる、などの抵抗損失を低減する方策が必要となる。

【0004】

このように相反した要求を解決する一つの方法として、スルーホール（貫通穴）を介して表面電極（もしくは拡散層）を裏面に配置した構造の太陽電池が検討されており、MW T (Metal Wrap Through)セル（拡散層の場合はEWT (Emitter Wrap Through)セル）と呼ばれる（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。

【0005】

上述した従来の構造の太陽電池では、表面電極の電極面積を減らすと抵抗損失が増えるという問題があったが、このような構造の太陽電池ではバス電極（EWTセルでは表面電極の全て）を電極面積の制約の緩い裏面に配置してシャドーロスを減らすと共に、電極面積を増やす事で直列抵抗を下げるといった手法が可能となる。このようなスルーホールを利用した太陽電池では、受光面側で収集された電流はスルーホールを通る。このため、スルーホールの数とスルーホール内での抵抗とが太陽電池の特性に影響を与える。

【0006】

例えば、受光面の面積が面積Sである太陽電池において、スルーホールが1つ開いている場合とスルーホールが4つの開いている場合とについて考えてみる。光電流密度をJ、スルーホールの抵抗をRとすると、スルーホールが1つ開いている場合でのスルーホールの抵抗損失Ploss1は下記の数式（1）で表される。一方、スルーホールが4つ開いている場合でのスルーホールの抵抗損失Ploss4は下記の数式（2）で表される。そして、数式（1）および数式（2）から分かるように、スルーホールの数が多いほど、抵抗損失を減らすことができる。

【0007】

【数1】

$$P_{loss1} = J^2 S^2 R \quad \cdots (1)$$

【0008】

10

20

30

40

【数 2】

$$P_{loss4} = \left(J \times \frac{1}{4} S \right)^2 \times R \times 4 = \frac{1}{4} J^2 S^2 R \quad \cdots (2)$$

【0009】

また、スルーホールの抵抗は、スルーホールの径に依存している。受光面側で収集された電流は、MWTセルの場合はスルーホールに充填された金属を、EWTセルの場合はスルーホールの側面の拡散層を流れる。そして、半径が r 、高さが d の円柱の体積 V は、下記の数式 (3) で表される。また、半径が r 、高さが d の円柱の側面積 A は、下記の数式 (4) で表される。したがって、スルーホールの径が大きいほど、スルーホールの抵抗を小さくする事ができる。すなわち、MWTセル、EWTセルの高光電変換効率化にはスルーホールの径が大きく、且つ、スルーホールが多い方が好ましいと言える。

10

【0010】

【数 3】

$$V = \pi r^2 d \quad \cdots (3)$$

【0011】

【数 4】

$$A = 2\pi r \quad \cdots (4)$$

【0012】

つぎに、MWTセルの製造プロセスについて説明する。なお、EWTセルとMWTセルとでは電極の位置が違っただけで、プロセスに大きな差は無い。ここでは p 型のシリコン基板（以下、基板と呼ぶ）の使用を仮定しているが、拡散材料を適切なものに変更すれば、 n 型のシリコン基板を適用しても同様のセルが作製できる。

20

【0013】

まず、レーザーにより p 型の Si 基板（以下、基板と呼ぶ場合がある）にスルーホールを形成する。つぎに、基板の表面にテクスチャーと呼ばれる微小凹凸を形成する。テクスチャーにより太陽電池の表面反射率は低減し、高い変換効率を得ることができる。

【0014】

つぎに、基板をオキシ塩化リン ($POCl_3$) ガス雰囲気中で加熱することにより、基板の表面に n 型不純物拡散層を形成して半導体 pn 接合を形成する。つぎに、基板の受光面側に反射防止膜としてプラズマ CVD (plasma-enhanced Chemical Vapor Deposition: PECVD) 法により例えば窒化シリコン (SiN) 膜 (PECVD- SiN 膜) を形成する。

30

【0015】

ここでは n 型不純物拡散層の形成にオキシ塩化リン ($POCl_3$) を用いた気相拡散を行い、反射防止膜として PECVD による窒化シリコン (SiN) 膜 (PECVD- SiN 膜) を使用しているが、SOD (Spin on Dopant) を用いて n 型不純物拡散層を形成しても構わない。また、使用する基板が単結晶 Si 基板であれば、反射防止膜としてシリコン熱酸化膜 (SiO_2) を使用する選択肢もある。また、SOD (Spin on Dopant) としてリン (P) ドープの二酸化チタン (TiO_2) を用いれば、 n 型不純物拡散層の形成と同時に反射防止膜を形成するというプロセスも可能である。

40

【0016】

その後、スルーホール内を含む基板の表裏面に電極の印刷・焼成を行い、レーザーによるアイソレーションを経て、MWTセルが完成する。

【0017】

このように拡散層および反射防止膜の形成方法によって幾つかのプロセスが考えられるが、スルーホールの拡散層、反射防止膜の有無は電極形成に大きな影響を与えるので、注意が必要である。一般に、太陽電池の表面電極の形成には、導電性ペーストを印刷・焼成することで導電性ペースト反射防止膜を食い破り、その下の拡散層とコンタクトを取る、いわゆるファイヤースルー (fire-through) という手法が取られている。

50

【0018】

例えばスルーホールに拡散層のみが存在する場合は、スルーホールの充填にファイヤースルー用のペーストを用いると、焼成の際にペーストがスルーホール内部の拡散層を破壊してリークパスを形成するため良好な特性が得られない、という問題が起こる。このため、非特許文献1では、裏面n型電極と表面n型電極とでは用いるペーストを変える必要があることが記述されている。また、特許文献3では、ヘテロ接合であるpn接合を形成した後にスルーホールを形成しているが、スルーホール内に導電性材料を充填する前に、スルーホールの側面に絶縁膜を形成するという対策を採っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0019】

【特許文献1】特開平04-223378号公報

【特許文献2】特開平02-051282号公報

【特許文献3】特開2008-294080号公報

【特許文献4】特開2009-88406号公報

【非特許文献】

【0020】

【非特許文献1】A. van der Heide, D. Gribenski, J. Szlufcik, Photovoltaic h, "INDUSTRIAL FABRICATION OF MULTI CRYSTALLINE MWT CELL WITH INTERCONNECTION FLEXIBILITY OF 16.5% EFFICIENCY" 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-25 September 2009, Hamburg, Germany, p942-p945

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

以上のプロセスを踏まえて前述の「スルーホールの径が大きく、且つ、数多くのスルーホールを開ける」という方針を考えると、この方針は実用性に乏しいことがわかる。何故ならば、スルーホールの形成はレーザーを用いた枚葉処理であり、スルーホールの数が多くなるほど生産性は落ちるからである。したがって、小さいスルーホールを数多く開けるよりも、数は少ないものの大きなスルーホールを開ける方が実用的であると言えるが、ここでもまた問題が生じる。

30

【0022】

MWTセルの場合は、導電性ペーストをスルーホールに充填することによって表面電極を裏面側に配置するが、充填したペーストをスルーホール内に保持し、そのまま硬化させる、または焼成しなくてはならない。しかしながら、導電性ペーストの粘度が高すぎる場合には、裏面から印刷した導電性ペーストと表面から印刷した導電性ペーストとがスルーホール内で接触し難くなる。また、導電性ペーストの粘度が低すぎる場合には、スルーホール内に導電性ペーストを保持できないため、スルーホールの抵抗が増加する。更に、導電性ペーストの粘度が低い場合においては、印刷ステージを汚す可能性が高くなり、生産性にも悪影響を与える。

【0023】

40

このような問題を解決するために、特許文献4では、スルーホールに導電性ペーストを充填する際、基板の裏面に配置した支持体によりスルーホールの裏面を覆い、印刷、乾燥させる事でスルーホール内にペーストを保持させる。特許文献4の方法によれば、スルーホール内に導電性ペーストを保持でき、スルーホールでの抵抗損失を減らすことが可能である。しかしながら、導電性ペーストの抵抗率は同種の金属よりも抵抗率が1桁以上も大きく、このため、スルーホール全体に導電性ペーストが充填されたとしても、十分に抵抗を下げる事ができず光電変換効率が低下する、という問題がある。

【0024】

なお、EWTセルの場合にはスルーホール内の導電に拡散層を利用するのでこのような問題は生じない。しかし、拡散層の抵抗率と導電性ペーストの抵抗率とを比べると、後者

50

の方が圧倒的に小さいため、MWTセルの方が高い変換効率が得られると考えられており、現時点ではMWTセルの検討の方が盛んである。

【0025】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、光電変換効率に優れ、且つ生産性の高い太陽電池およびその製造方法、太陽電池モジュールを得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0026】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる太陽電池は、貫通孔が形成された第1導電型の半導体基板と、前記半導体基板の一面側に設けられた第2導電型の不純物拡散層と、前記半導体基板の一面側において前記不純物拡散層と電氣的に接続して設けられた受光面電極と、前記貫通孔を介して前記半導体基板の他面側に引き出されて前記受光面電極に電氣的に接続して設けられた引き出し電極と、前記半導体基板の他面側において前記半導体基板と電氣的に接続するとともに前記引き出し電極と電氣的に分離された裏面電極と、を備え、一对の雄型部材および雌型部材からなる金属部材を前記貫通孔を介して接続して前記雄型部材と前記雌型部材とにより前記半導体基板を挟むことにより前記金属部材と前記半導体基板とが固定されること、を特徴とする。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、光電変換効率に優れ、且つ生産性の高い太陽電池が得られる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1-1】図1-1は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルを受光面から見た平面図である。

【図1-2】図1-2は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルを受光面と反対側の面（裏面）から見た平面図である。

【図1-3】図1-3は、図1-1の線分A-Aにおける要部断面図である。

【図2-1】図2-1は、本発明の実施の形態1にかかる引き出し電極を構成する金属プラグの外観を示す斜視図である。

【図2-2】図2-2は、本発明の実施の形態1にかかる引き出し電極を構成する他の金属プラグの外観を示す斜視図である。

【図3-1】図3-1は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図3-2】図3-2は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図3-3】図3-3は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図3-4】図3-4は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図3-5】図3-5は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図3-6】図3-6は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図3-7】図3-7は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図4】図4は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの製造方法を示すフローチャートである。

【図5】図5は、ストレスリリース部を備えた金属プラグの平面図である。

【図6】図6は、本発明の実施の形態1にかかる太陽電池セルの相互接続方法の一例を模式的に示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 7】図 7 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セルの相互接続方法の他の例を模式的に示す断面図である。

【図 8-1】図 8-1 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8-2】図 8-2 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8-3】図 8-3 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8-4】図 8-4 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

10

【図 8-5】図 8-5 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8-6】図 8-6 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8-7】図 8-7 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8-8】図 8-8 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。

【図 9】図 9 は、本発明の実施の形態 2 にかかる太陽電池セルの製造方法を示すフローチャートである。

20

【図 10-1】図 10-1 は、従来の MWT セルを裏面から見た平面図である。

【図 10-2】図 10-2 は、図 10-1 の線分 B-B における要部断面図であり、突起部の存在しない領域の要部断面図である。

【図 11-1】図 11-1 は、本発明の実施の形態 3 にかかる太陽電池セルを裏面から見た平面図である。

【図 11-2】図 11-2 は、図 11-1 の線分 C-C における要部断面図であり、突起部の存在しない領域の要部断面図である。

【図 12】図 12 は、従来の一般的な太陽電池セルの構成を模式的に示す斜視図である。

【図 13】図 13 は、本発明の実施の形態 4 にかかる金属プラグの形態を示す断面図である。

30

【図 14】図 14 は、本発明の実施の形態 4 にかかる金属プラグとシリコン基板 10 との配置関係を示す要部断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下に、本発明にかかる太陽電池およびその製造方法、太陽電池モジュールの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明は以下の記述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適宜変更可能である。また、以下に示す図面においては、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。また、平面図であっても、図面を見易くするためにハッチングを付す場合がある。

40

【0030】

実施の形態 1.

図 1-1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる太陽電池セル 1 を受光面から見た平面図である。図 1-2 は、太陽電池セルを受光面と反対側の面（裏面）から見た平面図である。図 1-3 は、図 1-1 の線分 A-A における要部断面図である。実施の形態 1 にかかる太陽電池セル 1 は、スルーホール（貫通穴）を介して表面電極を裏面に引き出して配置した構造を有する MWT セルである。

【0031】

太陽電池セル 1 は、複数のスルーホール（貫通孔）H が設けられたシリコン基板 10 の受光面上に反射防止膜 14 と受光面電極 21 とを有する。シリコン基板 10 は、p 型のシ

50

リコン基板 11 と、シリコン基板 10 の受光面側の表面に設けられて n 型の不純物が拡散された n 型不純物拡散層 12 と、シリコン基板 10 の裏面側の表面に設けられて高濃度不純物を含んだ p+層 (Back Surface Field: B S F 層) 13 とを有する。n 型不純物拡散層 12 は、その一部がスルーホール H の内面およびシリコン基板 10 の裏面におけるスルーホールの周囲の領域まで回り込んで形成されている。

【0032】

受光面電極 21 は、シリコン基板 10 の受光面側において n 型不純物拡散層 12 に電氣的に接続する表面 n 電極であり、いわゆるグリッド電極である。反射防止膜 14 は、受光面電極 21 がファイヤースルーを用いて形成されているため、シリコン基板 10 の受光面側において受光面電極 21 の下部には殆ど存在せず、受光面電極 21 の下部以外の領域に存在する。図 1-3 では、シリコン基板 10 との位置関係を示すために参考に図示している。

10

【0033】

シリコン基板 10 のスルーホール H には、裏面 n 電極である引き出し電極 22 が埋設されている。引き出し電極 22 は、受光面電極 21 に電氣的に接続しており、スルーホール H を介してシリコン基板 10 の裏面側に引き出されている。なお、図 1-1 では、反射防止膜 14 を透過させて引き出し電極 22 を示している。

【0034】

図 2-1 は、引き出し電極 22 を構成する金属部材である金属プラグの外観を示す斜視図である。すなわち、引き出し電極 22 は、スルーホール H の内部に単体金属からなる金属プラグが充填されて構成されている。金属プラグは、平坦部 221 の一面上に円柱状の複数の突起部 222 が設けられて構成されている。突起部 222 は、シリコン基板 10 の面内において図 1-1 の線分 A-A と直交する方向において隣接するスルーホール H 同士の間隔と同じ所定の間隔で平坦部 221 の一面上に設けられている。そして、突起部 222 がスルーホール H に充填され、平坦部 221 の一面側がシリコン基板 10 の裏面 (n 型不純物拡散層 12) に当接して配置されている。

20

【0035】

ここで、単体金属とは不導電性の不純物を含有しない金属であり、合金も含む。また、金属プラグは、突起部の上面 222a が受光面電極 21 と電氣的に接続するため、半田や受光面電極 21 の電極材料ペーストとの接合性が良好な材料が好ましい。そして、単体金属は、引き出し電極が銀 (Ag)、ガラスなどを含む電極材料ペーストから形成される場合よりも引き出し電極 22 の抵抗率を低減するために、抵抗率が低い材料が好ましい。このような材料としては、例えば銅 (Cu) を主体とする銅系材料、銀 (Ag) を主体とする銀系材料、ニッケル (Ni) を主体とするニッケル系材料などが挙げられる。その中でも、銅系材料は安価であり、金属プラグの材料として好ましい。

30

【0036】

金属プラグの表面は、平坦部 221 の他面の一部に設けられた接続領域 221a および突起部の上面 222a を除いた全面が絶縁膜 (図示せず) で被覆されている。すなわち、突起部の上面 222a および接続領域 221a は、絶縁膜が被覆されていない。接続領域 221a は、太陽電池セルなどの外部部材と引き出し電極 22 との電氣的相互接続をするための領域である。接続領域 221a には、半田や導電性接着剤を介して導電性のタブ等が接続される。なお、接続領域 221a の位置は、外部部材との電氣的相互接続の方法により柔軟に対応するものであって、設置場所を限定するものではない。また、絶縁膜は、少なくとも平坦部 221 におけるシリコン基板 10 の裏面側との当接面を被覆していればよい。

40

【0037】

図 2-1 に示した金属プラグでは、平坦部 221 の一面上に複数の突起部 222 が形成され、金属プラグの長手方向における平坦部 221 の端部側の他面中央部に接続領域 221a が設けられている。これは、金属プラグの一形態であり、金属プラグは例えば図 2-2 に示すように平坦部 221 の一面上に一つの突起部 222 が形成された形態とされても

50

よい。図2-2は、引き出し電極22を構成する他の金属プラグの外観を示す斜視図である。図2-2に示すような金属プラグの場合は、各スルーホールHに充填された各金属プラグの接続領域221a同士が半田や導電性接着剤を介して導電性のタブが電氣的に相互接続される。

【0038】

シリコン基板10の裏面上には、シリコン基板10のうちp型の導電性を有するBSF層13に電氣的に接続する裏面p電極24と、裏面p電極24の表面上の所定領域に設けられた接続用裏面p電極25とを備えている。裏面p電極24は、アルミニウムを主体とする電極材料ペーストを印刷・焼成して形成されたアルミニウム電極である。接続用裏面p電極25は、銀を主体とする電極材料ペーストを印刷・焼成して形成された銀電極である。裏面p電極24と接続用裏面p電極25とによりp電極23が構成される。また、裏面p電極24と引き出し電極22とは、シリコン基板10の裏面に回り込んだn型不純物拡散層12の表面からシリコン基板11の内部まで達するpn分離溝51により電氣的に分離されている。

10

【0039】

なお、図1-1においては理解の容易のため受光面電極21が5本設けられた例を示しているが、実際にはより多くの本数の受光面電極21が設けられる。また、図1-1においては各受光面電極21に対して2つの引き出し電極22が設けられているが、受光面電極21の本数と引き出し電極22の数との対応は、受光面電極21の本数等により柔軟に対応するものであって、設置数を限定するものではない。すなわち、例えば10本の受光面電極21に対して引き出し電極22が1つ設けられる等の形態としてもよい。

20

【0040】

つぎに、実施の形態1にかかる太陽電池セル1の製造方法について図3-1～図3-7、図4を参照して説明する。図3-1～図3-7は、実施の形態1にかかる太陽電池セル1の製造方法を示す要部断面図である。図4は、実施の形態1にかかる太陽電池セル1の製造方法を示すフローチャートである。なお、ここではp型のシリコン基板の使用を仮定しているが、拡散材料を適切なものに変更すれば、n型のシリコン基板を適用しても同様の太陽電池セルが作製できる。

【0041】

まず、p型のシリコン基板11（以下、基板11と呼ぶ場合がある）の所定の位置に、円筒状のスルーホールHを形成する（図3-1、ステップS10）。なお、スルーホールHの形成方法は特に限定されず、例えばレーザーを用いて形成することが可能である。また、スルーホールHの形状も特に限定されない。レーザーを用いてスルーホールHを形成する場合は、径の小さいスルーホールHを数多く開けるよりも、数は少ないものの径の大きなスルーホールHを開ける方が生産性の観点から有利である。

30

【0042】

つぎに、基板11の表面にテクスチャーと呼ばれる微小凹凸を形成し、またスルーホールHの周辺部のダメージ層を除去する（ステップS20）。テクスチャーにより太陽電池の表面反射率は低減し、高い光電変換効率を得ることができる。一般に結晶系シリコン太陽電池のテクスチャーの形成にはウェットエッチングが用いられる。ウェットエッチングによるテクスチャーの形成時に、基板スライス時のダメージが除去されるとともに、スルーホールHの形成時にレーザーにより導入されたスルーホールHの周辺部のダメージ層も除去される。ドライエッチングによってテクスチャーを形成する場合でもテクスチャーの形成前にアルカリによるスライスダメージの除去工程があり、そこでスルーホールの周辺部のダメージ層は除去される。

40

【0043】

つぎに、基板11をオキシ塩化リン（ POCl_3 ）ガス雰囲気中で加熱することにより、基板11の表面にリン（P）が拡散したn型不純物拡散層12（以下、拡散層12と呼ぶ場合がある）を形成して半導体pn接合を形成する。そして、拡散層12の形成直後の表面には拡散処理中に表面に堆積したガラス質（燐珪酸ガラス、PSG：Phospho-Silica

50

te Glass) 層が形成されている。このため、基板 11 をフッ酸水溶液等に浸漬して P S G 層をエッチング除去する (図 3-2、ステップ S 30)。なお、S O D を用いて拡散層 12 を形成しても構わない。

【0044】

つぎに、基板 11 の受光面側に反射防止膜 14 として例えばプラズマ C V D (P E C V D) 法により窒化シリコン (S i N) 膜 (P E C V D-S i N 膜) を形成する (図 3-3、ステップ S 40)。なお、基板 11 が単結晶 S i 基板であれば、反射防止膜 14 としてシリコン熱酸化膜 (S i O₂) を使用する選択肢もある。また、S O D としてリン (P) がドーパされた二酸化チタン (T i O₂) を用いれば、拡散層 12 の形成と同時に反射防止膜 14 を形成するというプロセスも可能である。

10

【0045】

つぎに、p 電極 23 を印刷する。例えばスクリーン印刷によって、基板 11 の裏面側に p 電極 23 として裏面 p 電極 24 の形状に電極材料ペーストであるアルミニウムペースト 24a を塗布し、さらに接続用裏面 p 電極 25 の形状に電極材料ペーストである銀ペーストを塗布し、乾燥させる (図 3-4、ステップ S 50)。なお、図中ではアルミニウムペースト 24a のみを示している。

【0046】

つぎに、突起部 222 がスルーホール H に収まるように、引き出し電極 22 となる金属プラグを基板 11 の裏面側から挿入・設置する (図 3-5、ステップ S 60)。つぎに、例えばスクリーン印刷によって、基板 11 の受光面側に表面 n 電極である受光面電極 21 の形状に電極材料ペーストである銀ペースト 21a を塗布し、乾燥させる (図 3-6、ステップ S 70)。銀ペースト 21a は、スルーホール H 内の金属プラグに接触するようにスルーホール H の上部を埋めて塗布される。

20

【0047】

ここで、スルーホール H は金属プラグによって塞がれているため、印刷時に銀ペースト 21a がスルーホール H から漏れて印刷ステージを汚すことがない。また、金属プラグに設けられた平坦部 221 が、従来は印刷により形成されていた裏面 n 電極に相当するため、これまで必要であった裏面 n 電極の印刷工程を省略することができる。

【0048】

つぎに、基板 11 の表面および裏面の電極ペーストを例えば 600℃~900℃程度の温度で同時に焼成することで、基板 11 の表側では銀ペースト 21a 中に含まれているガラス材料で反射防止膜 14 が溶融している間に銀材料がシリコンと接触し再凝固する。これにより、受光面電極 21 が得られ、受光面電極 21 と基板 11 のシリコンとの導通が確保される。また、スルーホール H 内では、銀ペースト 21a 中に含まれている銀材料が金属プラグと接触し再凝固する。これにより、受光面電極 21 は、引き出し電極 22 と電氣的・機械的に接続される (ステップ S 80)。

30

【0049】

このように導電性ペーストにより受光面電極 21 と金属プラグとの電氣的接続を得るので、金属プラグの突起部 222 の上面は粗面化されていた方が、導電性ペーストの突起部 222 への接続が良くなる。平坦部 221 に複数の突起部 222 が形成された金属プラグを使用した場合、焼成時に基板 11 と金属プラグとの熱膨張係数の差により平坦部 221 (隣接する突起部 222 間) に熱応力が加わり、金属プラグがたわむことが考えられる。そこで、図 5 に示すように平坦部 221 (隣接する突起部 222 間) にストレスリリース部 223、すなわち平坦部 221 (隣接する突起部 222 間) に働く応力を緩和する応力緩和構造を設けることで金属プラグのたわみを解消できる。図 5 は、ストレスリリース部 223 を備えた金属プラグの平面図である。

40

【0050】

また、アルミニウムペースト 24a も基板 11 のシリコンと反応して裏面 p 電極 24 が得られ、かつ裏面 p 電極 24 の直下に B S F 層 13 が形成される。これにより、p 型のシリコン基板 11 と、n 型不純物拡散層 12 と、B S F 層 13 とを有するシリコン基板 10

50

が得られる。また、銀ペースト 21a の銀材料がアルミニウムと接触し再凝固して接続用裏面 p 電極 25 が得られる（図 3-7）。なお、図中では受光面電極 21、引き出し電極 22 および裏面 p 電極 24 のみを示している。

【0051】

つぎに、レーザーによるアイソレーションを行う（図 3-7、ステップ S90）。すなわち、シリコン基板 10 の裏面に回り込んだ拡散層 12 の表面からシリコン基板 11 の内部まで達する p n 分離溝 51 をレーザーにより形成し、裏面 p 電極 24 と引き出し電極 22 とを電氣的に分離する。以上の工程を経て、実施の形態 1 にかかる太陽電池セル 1 が完成する。

【0052】

その後、複数の太陽電池セル 1 が電氣的に直列（または並列）に相互接続されて太陽電池モジュールが作製される。図 6 は、太陽電池セル 1 の相互接続方法の一例を模式的に示す断面図である。図 6 では、シリコン基板 10 の面内において図 1-1 の線分 A-A と直交する方向における断面を示している。図 6 に示すように引き出し電極 22 において突起部の上面 222a および接続領域 221a を除いた全面が絶縁膜 224 で被覆され、半田ペースト 31 と導電性のタブ 32 などの新たな部材により太陽電池セル 1 同士の相互接続を行う場合は、金属プラグの接続領域 221a が平坦部 221 の他面（突起部 222 が設置されていない側の面）にある方が作業性が良い。また、裏面 p 電極 24 は、シリコン基板 10 の裏面においてスルーホール H を除くほぼ全面に形成できる。この場合はシリコン基板 10 の裏面に接している電極は裏面 p 電極 24 のみであり、BSF 層の面積を広く確保することができる。このため、シリコン基板 10 で発生したキャリアの再結合に起因した開放電圧の低下を招き難く、高い開放電圧が得られる、という利点もある。この形態では p n 分離溝は不要である。

【0053】

図 7 は、太陽電池セル 1 の相互接続方法の他の例を模式的に示す断面図である。図 7 では、シリコン基板 10 の面内において図 1-1 の線分 A-A と直交する方向における断面を示している。図 7 に示すように金属プラグの平坦部 221 を太陽電池セル 1 の外側に延長して相互接続を行う場合は、接続領域 221a が平坦部 221 の一面（突起部 222 が設置されている側の面）にある方が作業性が良い。また、裏面 p 電極 24 は、シリコン基板 10 の裏面においてスルーホール H を除くほぼ全面に形成できる。この場合はシリコン基板 10 の裏面に接している電極は裏面 p 電極 24 のみであり、BSF 層の面積を広く確保することができる。このため、シリコン基板 10 で発生したキャリアの再結合に起因した開放電圧の低下を招き難く、高い開放電圧が得られる、という利点もある。この形態では p n 分離溝は不要である。

【0054】

なお、金属プラグにおける接続領域 221a の配置位置は、相互接続の方法によって適宜柔軟に対応すればよい。また、半田ペースト 31 の代わりに導電性接着剤を使用することもできる。また、図 6 および図 7 においては引き出し電極 22 の接続方法に注目して示しており、太陽電池セル 1 の一部の部材を省略して図示している。

【0055】

上述した実施の形態 1 においては、単体金属からなる金属プラグをスルーホール H に配置し、この金属プラグを介して受光面電極 21 を引き出して基板 11 の裏面に設置する。一般に導電性ペーストは金属粒子、有機成分、ガラスフリット等で構成されているため、その抵抗率は単体金属と比較して 1 桁以上大きい。そこで、従来、導電性ペーストを充填して形成されていたスルーホール H 内の電極を、単体金属により構成することにより、スルーホール H での抵抗損失が低減することができ、光電変換効率の高い太陽電池セルが実現できる。

【0056】

また、実施の形態 1 においては、金属プラグをスルーホール H に配置するため、受光面電極 21 の形成時にスルーホール H 全体に導電性ペーストを充填する必要がない。これに

より、導電性ペーストの印刷が容易になる。更に金属プラグがスルーホールHに配置された状態で導電性ペーストの印刷が行われるため、印刷の際に印刷ステージを汚すことが無く、生産性を向上させることができる。

【0057】

したがって、実施の形態1によれば、引き出し電極22の抵抗が低く光電変換効率に優れ、且つ生産性の高い太陽電池セルが得られる。

【0058】

なお、上記においては、金属プラグは受光面電極21の形成に用いる導電性ペーストの接着力のみで保持されており、突起部222の径によっては、金属プラグの自重を支えきれないという問題が生じる可能性がある。この場合は、ストレスリリース部223を除く平坦部221の一部に接着剤を塗布し、金属プラグをシリコン基板10に固定することで対処可能である。

【0059】

実施の形態2.

実施の形態1では導電性ペーストにより受光面電極21と金属プラグとの電氣的接続を得ているが、半田ペーストの印刷およびリフローを用いてもこれらの電氣的接続を得ることができる。以下、実施の形態2にかかる太陽電池セルの製造方法について図8-1～図8-8、図9を参照して説明する。図8-1～図8-8は、実施の形態2にかかる太陽電池セルの製造方法を示す要部断面図である。図9は、実施の形態2にかかる太陽電池セルの製造方法を示すフローチャートである。なお、図8-1～図8-8において、図3-1～図3-7と同様の部材については同じ符号を付している。

【0060】

実施の形態2にかかる太陽電池セルの製造方法において、図8-1～図8-4およびステップS10～ステップS50に示したアルミニウムペースト24aの塗布までのプロセスは、図3-1～図3-4および図4に示したプロセスと同じである。ただし、シリコン基板10の裏面においてスルーホールHを除くほぼ全面に裏面p電極24となるアルミニウムペースト24aを塗布する。なお、ここでは、接続用裏面p電極25の形成の説明は省略する。

【0061】

アルミニウムペースト24aの塗布後、例えばスクリーン印刷によって、基板11の受光面側に表面n電極である受光面電極21の形状に電極材料ペーストである銀ペースト21aを塗布し、乾燥させる（図8-5、ステップS110）。このとき、銀ペースト21aは、基板11の受光面側におけるスルーホールHの周囲の領域を除いて塗布される。

【0062】

つぎに、基板11の表面および裏面の電極ペーストを同時に焼成する（図8-6、ステップS120）。これにより、基板11の表側では銀ペースト21a中に含まれているガラス材料で反射防止膜14が熔融している間に銀材料がシリコンと接触し再凝固する。これにより、受光面電極21が得られ、受光面電極21と基板11のシリコンとの導通が確保される。この段階では、受光面電極21はスルーホールHの位置において分割されている。

【0063】

また、アルミニウムペースト24aも基板11のシリコンと反応して裏面p電極24が得られ、かつ裏面p電極24の直下にBSF層13が形成される。これにより、p型のシリコン基板11と、n型不純物拡散層12と、BSF層13とを有するシリコン基板10が得られる。なお、裏面p電極24は、シリコン基板10の裏面においてスルーホールHの周囲の領域を除くほぼ全面に形成される。

【0064】

つぎに、レーザーによるアイソレーションを行う（図8-6、ステップS130）。すなわち、シリコン基板10の裏面に回り込んだ拡散層12の表面からシリコン基板11の内部まで達するpn分離溝51をレーザーにより形成し、裏面p電極24と、後に形成さ

れる引き出し電極 2 2 とを電氣的に分離する。

【0065】

つぎに、突起部 2 2 2 がスルーホール H に収まるように、引き出し電極 2 2 となる金属プラグを基板 1 1 の裏面側から挿入・設置する（図 8-7、ステップ S 1 4 0）。つぎに、基板 1 1 の表面におけるスルーホール H およびその周辺（受光面電極 2 1 の形成されていない領域）に半田ペーストを印刷し（ステップ S 1 5 0）、リフローを行うことにより、受光面電極 2 1 を半田 3 3 により金属プラグに電氣的・機械的に接続する（図 8-8、ステップ S 1 6 0）。以上の工程を経て、実施の形態 2 にかかる太陽電池セルが完成する。

【0066】

上述した実施の形態 2 においても、スルーホール H 内の電極を単体金属により構成することにより、実施の形態 1 の場合と同様に引き出し電極 2 2 の抵抗が低く光電変換効率に優れた太陽電池セルが得られる。

【0067】

また、受光面電極 2 1 の形成時にスルーホール H に導電性ペーストを充填する必要がない。これにより、導電性ペーストの印刷が容易になる。更に印刷の際に導電性ペーストで印刷ステージを汚すことが無く、生産性を向上させることができる。

【0068】

実施の形態 3.

図 1 0-1 は、従来の MWT セルを裏面から見た平面図である。図 1 0-2 は、図 1 0-1 の線分 B-B における要部断面図であり、スルーホール H の存在しない領域の要部断面図である。図 1 1-1 は、実施の形態 3 にかかる太陽電池セルを裏面から見た平面図である。図 1 1-2 は、図 1 1-1 の線分 C-C における要部断面図であり、スルーホール H の存在しない領域の要部断面図である。実施の形態 3 にかかる太陽電池セルでは、引き出し電極 2 2 である金属プラグの平坦部 2 2 1 は絶縁膜 2 2 4 で被覆されている。なお、図 1 1-1 においては、引き出し電極 2 2 の平坦部 2 2 1 および絶縁膜 2 2 4 を透過して見ている。

【0069】

従来の MWT セルでは、図 1 0-1 および図 1 0-2 に示すように、電極間の短絡が生じないように裏面 n 電極 1 2 2 を形成する領域には裏面 p 電極 2 4 が形成されてはいけなかった。

【0070】

一方、図 1 1-1 および図 1 1-2 に示すような実施の形態 3 にかかる太陽電池セルでは、従来の MWT セルの裏面 n 電極 1 2 2 に相当する引き出し電極 2 2 である金属プラグの平坦部 2 2 1 は絶縁膜 2 2 4 で被覆されている。このため、図 1 1-1 および図 1 1-2 に示すように、裏面 p 電極 2 4 上に金属プラグの平坦部 2 2 1 が配置されても支障は無く、電極間の短絡が生じない。この場合、アイソレーションはシリコン基板 1 0 の裏面側のスルーホール H の周辺部のみに行えばよい。すなわち、図 1 1-1 に示すように、pn 分離溝 5 1 は、シリコン基板 1 0 の裏面側のスルーホール H の周辺部のみに形成される。

【0071】

また、図 1 0-1 および図 1 0-2 に示すような従来の MWT セルの電極構造では、シリコン基板 1 0 の裏面に裏面 n 電極と裏面 p 電極との両方が接していたため裏面 p 電極 2 4 の形成されていない領域の直下には B S F 層が形成されず、B S F 層がシリコン基板 1 0 の裏面の全面には形成されない。このため、シリコン基板 1 0 で発生したキャリアがそれぞれの電極に到達するまでに再結合してしまう確率が高く、概して図 1 2 に示すような一般的な太陽電池セルよりも開放電圧が低いという問題があった。

【0072】

図 1 2 は、従来の一般的な太陽電池セルの構成を模式的に示す斜視図である。図 1 2 に示す太陽電池セル 1 0 0 は、p 型のシリコン基板 1 0 1 と、p 型のシリコン基板 1 0 1 の受光面側の表面に設けられて n 型の不純物が拡散された n 型不純物拡散層 1 0 2 とにより

10

20

30

40

50

p n接合を形成した光電変換部を有する。また、太陽電池セル100は、n型不純物拡散層102上に反射防止膜103と楕形の受光面電極104とを有する。受光面電極104は、バス電極105とグリッド電極106とにより構成される。また、p型のシリコン基板101の裏面の全面に裏面電極107を有し、裏面電極107覆われたp型のシリコン基板101の裏面側の表面にはBSF層108が設けられている。

【0073】

一方、実施の形態3にかかる太陽電池セルでは、シリコン基板10の裏面に接しているのは裏面p電極24のみであり、BSF層の面積を広く確保することができる。このため、シリコン基板10で発生したキャリアの再結合に起因した開放電圧の低下を招き難く、高い開放電圧が得られる、という利点もある。

10

【0074】

また、図1-1～図1-3に示した実施の形態1にかかる太陽電池セルでは、図10-1および図10-2の場合と同様に引き出し電極22の周囲に裏面p電極24の形成されていない領域がライン状に存在する。そして、シリコン基板10に裏面において、裏面p電極24の形成されていない領域の直下にはBSF層13が形成されず、この領域での再結合の影響が懸念される。このため、キャリアの再結合に起因した開放電圧の低下を抑制する効果は、実施の形態1にかかる太陽電池セルよりも実施の形態3にかかる太陽電池セルの方が高い。

【0075】

上述した実施の形態3においても、スルーホールH内の電極を単体金属により構成することにより、実施の形態1の場合と同様に引き出し電極22の抵抗が低く光電変換効率に優れた太陽電池セルが得られる。

20

【0076】

また、実施の形態3にかかる太陽電池セルでは、BSF層の面積を広く確保することができ、高い開放電圧が得られる。

【0077】

実施の形態4.

実施の形態1～実施の形態3では金属プラグが一つの導体で形成されていたが、金属プラグは2つの部材で構成してもよい。図13は、実施の形態4にかかる金属プラグの形態を示す断面図である。図13に示す金属プラグは、一対の雄型部材41および雌型部材42からなる。雄型部材41は、実施の形態1～実施の形態3の金属プラグと同様の構成を有し、平坦部411と突起部412を有する。雄型部材41は、少なくとも平坦部441におけるシリコン基板10の裏面側との当接面が絶縁膜により被覆されている。雌型部材42は、羽根部421と円筒形の突起部422を有する。突起部422の外径は、スルーホールHの径と略同等とされる。突起部422の内径は、突起部412の外径と略同等とされる。

30

【0078】

そして、図14に示すように雌型部材42の羽根部421と雄型部材41の平坦部411とによりシリコン基板10を挟んで金属プラグとシリコン基板10とを固定し、シリコン基板10から金属プラグが抜けにくくすることができる。図14は、実施の形態4にかかる金属プラグとシリコン基板10との配置関係を示す要部断面図である。なお、図14においては金属プラグの接続方法に注目して示しており、太陽電池セル1の一部の部材を省略して図示している。

40

【0079】

このような金属プラグを用いる場合は、実施の形態2における図8-7のプロセスにおいて雌型部材42を受光面側からスルーホールHに挿入する。そして、基板11の表面におけるスルーホールHおよびその周辺（受光面電極21の形成されていない領域）に半田ペーストを印刷し、リフローを行うことにより、受光面電極21を半田により雌型部材42に電氣的・機械的に接続する。

【0080】

50

つぎに、雄型部材 4 1 を受光面側からスルーホール H に挿入し、雄型部材 4 1 と雌型部材 4 2 とを電氣的・機械的に接続する。なお、平坦部 4 1 1 の一部に接着剤を塗布し、金属プラグを基板 1 1 に固定してもよい。

【0081】

上述した実施の形態 4 においても、スルーホール H 内の電極を単体金属により構成することにより、実施の形態 1 の場合と同様に引き出し電極 2 2 の抵抗が低く光電変換効率に優れた太陽電池セルが得られる。

【0082】

また、受光面電極 2 1 の形成時にスルーホール H に導電性ペーストを充填する必要がない。これにより、導電性ペーストの印刷が容易になる。更に印刷の際に導電性ペーストで印刷ステージを汚すことが無く、生産性を向上させることができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0083】

以上のように、本発明にかかる太陽電池は、光電変換効率に優れ、且つ生産性の高い MWT 型の太陽電池の実現に有用である。

【符号の説明】

【0084】

- 1 太陽電池セル
- 10 シリコン基板
- 11 シリコン基板（基板）
- 12 n 型不純物拡散層（拡散層）
- 13 p+ 層（BSF 層）
- 14 反射防止膜
- 21 受光面電極
- 21a 銀ペースト
- 22 引き出し電極
- 23 p 電極
- 24 裏面 p 電極
- 24a アルミニウムペースト
- 25 接続用裏面 p 電極
- 31 半田ペースト
- 32 タブ
- 33 半田
- 41 雄型部材
- 42 雌型部材
- 51 pn 分離溝
- 100 太陽電池セル
- 101 シリコン基板
- 102 n 型不純物拡散層
- 103 反射防止膜
- 104 受光面電極
- 105 バス電極
- 106 グリッド電極
- 107 裏面電極
- 108 BSF 層
- 122 裏面 n 電極
- 221 平坦部
- 221a 接続領域
- 222a 突起部の上面
- 222 突起部

20

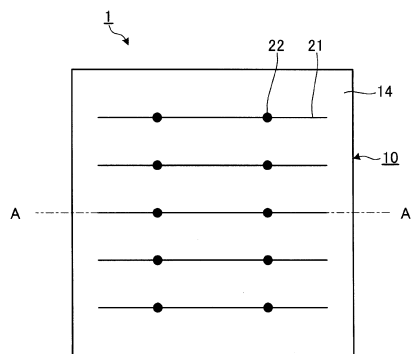
30

40

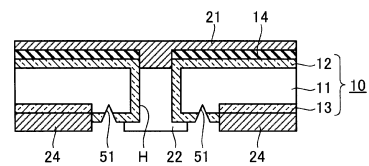
50

- 2 2 3 ストレスリリース部
- 2 2 4 絶縁膜
- 4 1 1 平坦部
- 4 1 2 突起部
- 4 2 1 羽根部
- 4 2 2 突起部

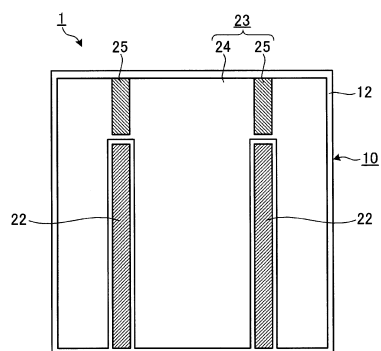
【図 1 - 1】



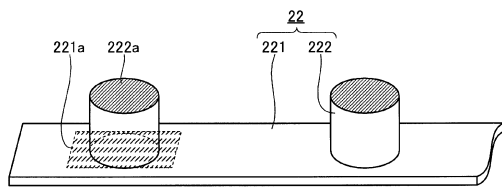
【図 1 - 3】



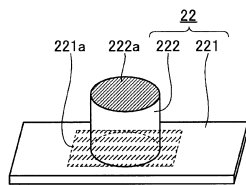
【図 1 - 2】



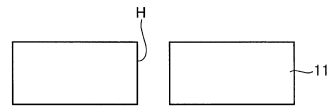
【図 2 - 1】



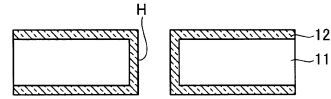
【図 2 - 2】



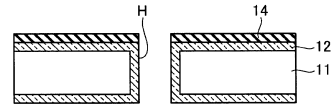
【図 3 - 1】



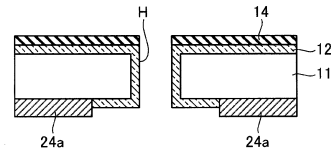
【図 3 - 2】



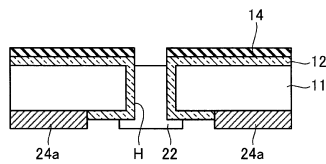
【図 3 - 3】



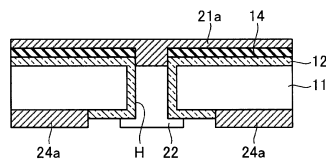
【図 3 - 4】



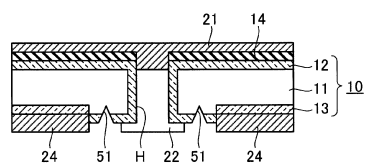
【図 3 - 5】



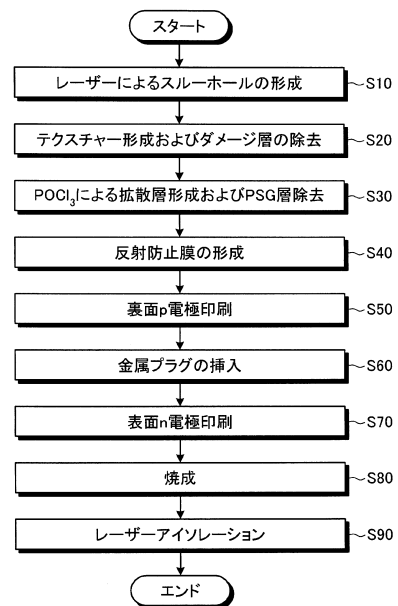
【図 3 - 6】



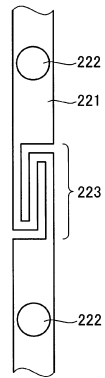
【図 3 - 7】



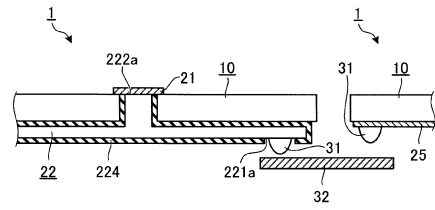
【図 4】



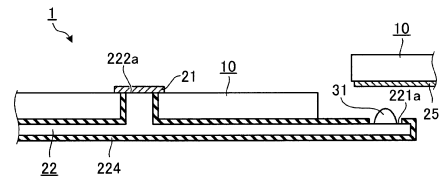
【図 5】



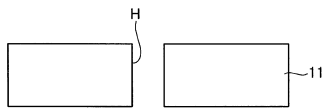
【図 6】



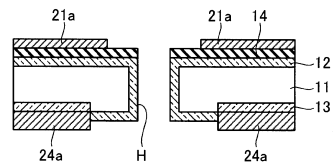
【図 7】



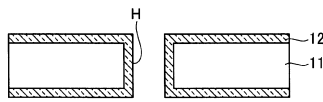
【図 8 - 1】



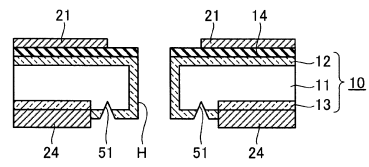
【図 8 - 5】



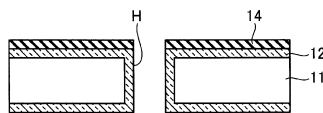
【図 8 - 2】



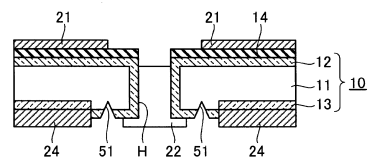
【図 8 - 6】



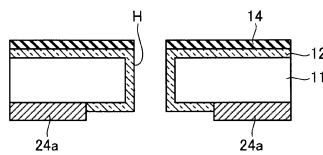
【図 8 - 3】



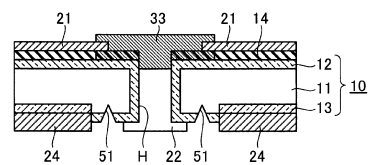
【図 8 - 7】



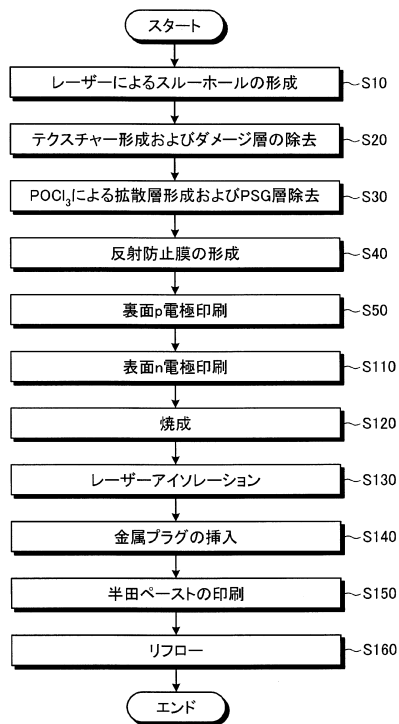
【図 8 - 4】



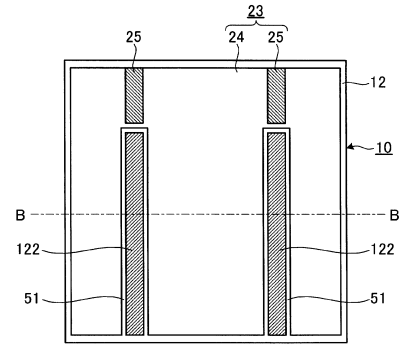
【図 8 - 8】



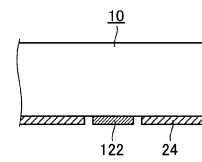
【図 9】



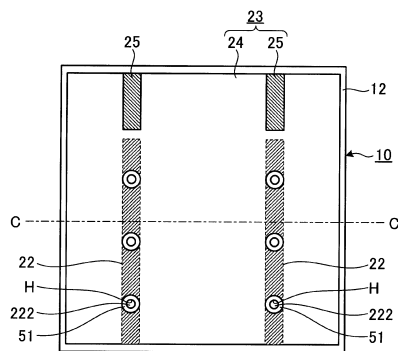
【図 10-1】



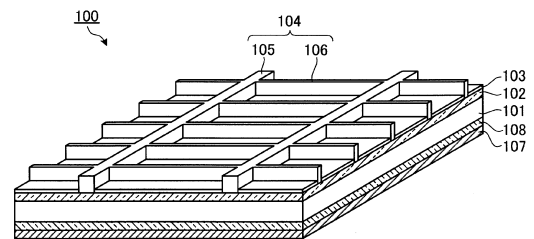
【図 10-2】



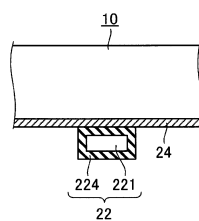
【図 11-1】



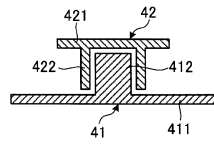
【図 12】



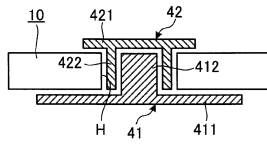
【図 11-2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2009/066583 (WO, A1)

特開2007-311425 (JP, A)

国際公開第2009/063754 (WO, A1)

特開平11-330518 (JP, A)

実開昭56-154172 (JP, U)

実開昭61-086956 (JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/02-31/078、31/18-31/20