

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5091161号
(P5091161)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012.12.5)

(24) 登録日 平成24年9月21日(2012.9.21)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 31/04 (2006.01)

H O 1 L 31/04

H

請求項の数 20 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2008-551133 (P2008-551133)	(73) 特許権者	000006633
(86) (22) 出願日	平成19年12月26日(2007.12.26)		京セラ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2007/074944		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	W02008/078771	(74) 代理人	100088672
(87) 国際公開日	平成20年7月3日(2008.7.3)		弁理士 吉竹 英俊
審査請求日	平成21年6月17日(2009.6.17)	(74) 代理人	100088845
(31) 優先権主張番号	特願2006-349047 (P2006-349047)		弁理士 有田 貴弘
(32) 優先日	平成18年12月26日(2006.12.26)	(72) 発明者	坂元 智成
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		滋賀県東近江市蛇溝町1166番地の6
(31) 優先権主張番号	特願2007-281349 (P2007-281349)		京セラ株式会社滋賀八日市工場内
(32) 優先日	平成19年10月30日(2007.10.30)	(72) 発明者	小波本 直也
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		滋賀県東近江市蛇溝町1166番地の6
			京セラ株式会社滋賀八日市工場内
		審査官	道祖土 新吾
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池素子及び太陽電池素子の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

太陽光を受光する第一の面と、前記第一の面の裏側の第二の面とを含み、前記第一の面と前記第二の面との間を貫通する貫通孔を有するシリコン基板と、

ガラス成分を含んでおり前記シリコン基板の前記第一の面上に形成された主電極部と、前記主電極部と電氣的に接続されるとともに前記シリコン基板の前記貫通孔内に形成されており、前記主電極部よりもガラス成分の含有比率が小さい導通部と、を含む第一電極と、

を有する太陽電池素子。

【請求項2】

前記導通部がガラス成分を有さないことを特徴とする請求項1に記載の太陽電池素子。

【請求項3】

前記貫通孔の表面が粗面であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の太陽電池素子。

【請求項4】

前記貫通孔の表面が高さおよび幅が30μm以下の凸部を有することを特徴とする請求項3に記載の太陽電池素子。

【請求項5】

前記第一電極が、前記シリコン基板の前記第二の面上に形成され前記導通部と接続された裏面電極部をさらに含む、ことを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載

の太陽電池素子。

【請求項 6】

前記第一電極は第一の極性を有し、前記第一の極性と異なる第二の極性を有し、前記シリコン基板の前記第二の面に形成された第二電極をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項 7】

前記シリコン基板は、前記シリコン基板の前記第一の面と前記貫通孔の表面とに形成されており前記シリコン基板と異なる導電性を有する層をさらに有することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項 8】

太陽光を受光する第一の面と、前記第一の面の裏側の第二の面とを含み、前記第一の面と前記第二の面との間を貫通する貫通孔を有するシリコン基板と、

ガラス成分を含んでおり前記シリコン基板の前記第一の面上に形成された第一の部分と、前記第一の部分上に形成されており、前記第一の部分よりガラスの含有比率が小さい第二の部分と、前記第二の部分と電気的に接続されているとともに前記貫通孔内に形成されており、前記第一の部分よりガラスの含有比率が小さい第三の部分と、を含む第一電極と、

を有することを特徴とする太陽電池素子。

【請求項 9】

前記シリコン基板は、前記シリコン基板の前記第一の面と前記貫通孔の表面とに形成されており前記シリコン基板と異なる導電性を有する層をさらに有することを特徴とする請求項 8 に記載の太陽電池素子。

【請求項 10】

前記第一電極の前記第一の部分と、前記第一電極の前記第三の部分とが離間していることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 に記載の太陽電池素子。

【請求項 11】

前記第一電極の前記第三の部分は、ガラス成分を含有しないことを特徴とする請求項 8 ないし請求項 10 のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項 12】

前記第一電極の前記第二の部分は、ガラス成分を含有しないことを特徴とする請求項 8 ないし請求項 11 のいずれかに記載の太陽電池素子。

【請求項 13】

第一の面と第二の面とを含み、貫通孔を有するシリコン基板を準備する工程と、

前記第一の面上に主電極部を有するとともに前記貫通孔内に導通部を有する第一電極を形成する工程であって、

前記シリコン基板の前記第一の面に第一の導電性ペーストを塗布する工程と、

前記シリコン基板の前記貫通孔内に、前記第一の導電性ペーストよりもガラスフリットの含有比率が小さい第二の導電性ペーストを塗布する工程と、
を含む工程と、

を有することを特徴とする太陽電池素子の製造方法。

【請求項 14】

前記第二の導電性ペーストのガラスフリットの含有比率が、前記第一の導電性ペーストのガラスフリットの含有比率の $1/5$ 以下であることを特徴とする請求項 13 に記載の太陽電池素子の製造方法。

【請求項 15】

前記第二の導電性ペーストが、ガラスフリットを含有しないことを特徴とする請求項 14 に記載の太陽電池素子の製造方法。

【請求項 16】

前記第二の導電性ペーストを塗布後、前記第二の導電性ペーストを前記シリコン基板の前記貫通孔内にさらに塗布する工程を有することを特徴とする請求項 15 に記載の太陽電

10

20

30

40

50

池素子の製造方法。

【請求項 17】

前記第一の導電性ペーストと前記第二の導電性ペーストとを同時に焼成する工程をさらに有することを特徴とする請求項 13 ないし請求項 16 のいずれかに記載の太陽電池素子の製造方法。

【請求項 18】

前記第一の導電性ペーストを塗布することによって形成された塗布膜の上に、第三の導電性ペーストを塗布する工程をさらに有することを特徴とする請求項 13 ないし請求項 17 のいずれかに記載の太陽電池素子の製造方法。

【請求項 19】

前記第一の導電性ペーストと前記第三の導電性ペーストとを同時に焼成する工程をさらに有することを特徴とする請求項 18 に記載の太陽電池素子の製造方法。

【請求項 20】

前記第二の導電性ペーストを塗布する工程において、前記第二の導電性ペーストを前記シリコン基板の前記貫通孔の表面と、前記第一の導電性ペースト上とに同時に塗布することを特徴とする請求項 13 または請求項 14 に記載の太陽電池素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽電池素子及び太陽電池素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽電池モジュールは、複数の太陽電池素子を有する。近年、太陽電池モジュールを高効率化する対策の一つとして、スルーホール型の太陽電池素子が検討されている。

【0003】

スルーホール型太陽電池素子とは、太陽電池素子の受光面側から裏面側への貫通孔を設けることで、受光面側の電極をなくす、もしくは従来の太陽電池素子よりも減らすことによって、受光面積を向上させ、高効率化を図るというものである。例えば、受光面側の電極を第一の導電型を呈する結晶基板の表面上に、同じく第一の導電型を呈する化合物半導体層と、第一の導電型とは異なる第二の導電型を呈する化合物半導体層とを順に積層し、結晶基板と化合物半導体層とを貫通する貫通孔を介して受光面側の電極と裏面側の電極と導通させるという構造が開示されている（例えば、特開昭 63 - 211773 号公報（特許文献 1）参照）。

【0004】

また、一導電型を呈する半導体基板とは逆の導電型を呈する第 2 の導電型層の形成範囲を、スルーホールの裏面側周辺にまで広げた太陽電池素子も開示されている（例えば、特表 2002 - 500825 号公報（特許文献 2）参照）。

【0005】

上述の従来技術においてはいずれも、電極やスルーホールの形成材料に半導体基板との接着強度を向上させるためのガラスを含んでいる。しかしながら、係るガラスの存在が、太陽電池素子の出力特性を低下させるという問題があった。

【発明の開示】

【0006】

本発明はこれらの問題点に鑑みてなされたものであり、簡易な構成で且つ高効率な太陽電池素子およびその製造方法を提供するものである。

【0007】

本発明の第 1 の態様に係る太陽電池素子は、貫通孔を有するシリコン基板と、ガラス成分を含んでおりシリコン基板の表面上に形成された主電極部と、主電極部と電気的に接続されるとともにシリコン基板の貫通孔内に形成されており、主電極部よりもガラス成分の含有比率が小さい導通部と、を含む第一電極と、を有する。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、ガラス成分によるシリコン基板の侵食を低減させるとともに、導通部の電気抵抗を低減することができるので、太陽電池素子の出力特性を向上させることが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 第 1 の実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 A の構造を示す断面模式図である。

【 図 2 】 太陽電池素子 1 0 A を第一の面側から見た場合の平面図である。

【 図 3 】 太陽電池素子 1 0 A を第二の面 1 S の側から見た場合の平面図である。

【 図 4 】 太陽電池素子 1 0 A の製造過程の一例を模式的に示す図である。

10

【 図 5 】 導通部 4 b の断面構造について具体的に例示する図である。

【 図 6 】 第 2 の実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 B の構造を示す断面模式図である。

【 図 7 】 導通部 4 b 、コンタクト部 4 d および非コンタクト部 4 e の形成態様の一例を説明するための図である。

【 図 8 】 第 3 の実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 C の構造を示す断面模式図である。

【 図 9 】 第三逆導電型層 2 c を形成する代わりに、酸化膜や窒化膜などからなる絶縁材料層 8 を形成してなる太陽電池素子 1 0 D の断面模式図である。

【 図 1 0 】 絶縁材料層 8 のさらに異なる形成態様を例示する図である。

【 図 1 1 】 裏面電極部 4 c の異なる態様を例示する図である。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づき詳細に説明する。

【 0 0 1 1 】

(第 1 の実施の形態)

太陽電池素子

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 A の構造を示す断面模式図である。

【 0 0 1 2 】

太陽電池素子 1 0 A は、一導電型を有する半導体基板 1 と、半導体基板 1 と異なる導電型を有する逆導電型層 2 と、第一の電極 4 と、第二の電極 5 とを備える。

30

【 0 0 1 3 】

太陽電池素子 1 0 A は、第一の面 1 F (図 1 においては上面) と第一の面 1 F の裏側の第二の面 1 S (図 1 においては下面) とを含む半導体基板 1 を有する。太陽電池素子 1 0 A においては、第一の面 1 F が受光面となる (説明の便宜上、第一の面 1 F を半導体基板 1 の受光面などと称することもある) 。

【 0 0 1 4 】

半導体基板 1 としては、所定のドーパント元素 (導電型制御用の不純物) を有して一導電型 (例えば、 p 型) を呈する単結晶シリコン基板や多結晶シリコン基板等の結晶シリコン基板が用いられる。なお、リボン法等の引き上げ法で得られた板状シリコンを用いる態様であってもよい。半導体基板 1 の厚みは、300 μ m 以下であるのが好ましく、250 μ m 以下であるのがより好ましく、150 μ m 以下であるのがさらに好ましい。

40

【 0 0 1 5 】

本実施の形態においては、半導体基板 1 として、p 型の導電型を呈する結晶シリコン基板を用いる場合を例として説明する。結晶シリコン基板からなる半導体基板 1 が p 型を呈するようにする場合、ドーパント元素としては、ボロンあるいはガリウムを用いるのが好適な一例である。特にガリウムを用いた場合、光劣化現象を低減でき、太陽電池素子を高効率化できる。

【 0 0 1 6 】

半導体基板 1 の第一の面 1 F の側には、第一の面 1 F における入射光の反射を低減させて太陽光を半導体基板 1 内へより多く吸収させるべく、多数の微細な突起 1 b からなるテ

50

クスチャ構造（凹凸構造）1 a が形成されている。突起 1 b は、幅と高さがそれぞれ 2 μ m 以下であり、かつアスペクト比（高さ / 幅）が 0 . 1 以上 2 以下であるのが好適である。テクスチャ構造 1 a は、ウェットエッチングやドライエッチングなどの手法を用いて形成される。なお、テクスチャ構造 1 a を備えることは、本実施形態において必須の構成ではなく、必要に応じて形成すればよい。

【 0 0 1 7 】

また、半導体基板 1 には、第一の面 1 F と第二の面 1 S の間に複数の貫通孔 3 が形成されてなる。ただし、図 1 では、図示の便宜上、1 つの貫通孔 3 のみを含む断面を図示してなる。貫通孔 3 は、後述するように、その表面に第二逆導電型層 2 b が形成されている。また貫通孔 3 の内部に、第一の電極 4 の導通部 4 b が形成されてなる。貫通孔 3 は、直径が 5 0 μ m 以上 3 0 0 μ m 以下の範囲で、一定のピッチで形成されるのが好ましい。なお、第一の面 1 F と第二の面 1 S とで、貫通孔 3 の直径が異なってもよい。貫通孔 3 は、機械的ドリルやウォータージェット、あるいはレーザー加工装置などによって形成される。

10

【 0 0 1 8 】

逆導電型層 2 は、半導体基板 1 とは逆の導電型を呈する層である。逆導電型層 2 は、半導体基板 1 の第一の面 1 F 側に形成された第一逆導電型層 2 a と、貫通孔 3 の表面に形成された第二逆導電型層 2 b と、半導体基板 1 の第二の面 1 S 側に形成された第三逆導電型層 2 c とを含む。半導体基板 1 として p 型の導電型を呈するシリコン基板を使用する場合であれば、n 型の導電型を呈するように形成される。これは、例えば、熱拡散法などによってリンを拡散させることによって実現される。逆導電型層 2 の形成方法については後で詳述する。

20

【 0 0 1 9 】

第一逆導電型層 2 a は、6 0 ~ 3 0 0 $\Omega / \square$ 程度のシート抵抗を有する n⁺型として形成されるのが好適である。この範囲とすることで、第一の面 1 F での表面再結合の増大および表面抵抗の増大を抑えることができる。特に、テクスチャ構造 1 a と組み合わせて設けた場合には、太陽電池素子 1 0 A の短絡電流が大幅に増大することになる。なお、シート抵抗の値は、四探針法により測定することができる。例えば、半導体基板 1 の表面に一直線上に並んだ 4 本の金属針を加圧しながら接触させ、外側の 2 本の針に電流を流したときに、内側の 2 本の針の間に発生した電圧を測定し、この電圧と流した電流からオームの法則によって抵抗値が求められる。

30

【 0 0 2 0 】

第一逆導電型層 2 a は、半導体基板 1 の第一の面 1 F のうち、貫通孔 3 が存在する部分以外の領域に、0 . 2 μ m ~ 0 . 5 μ m 程度の深さに形成されることが好ましい。第三逆導電型層 2 c は、半導体基板 1 の第二の面 1 S のうち、貫通孔 3 の周辺部にのみ形成されればよい。

【 0 0 2 1 】

この逆導電型層 2 を有することにより、太陽電池素子 1 0 A においては、逆導電型層 2 と半導体基板 1 のバルク領域（逆導電型層 2 以外の領域）との間に、p n 接合が形成されてなる。

40

【 0 0 2 2 】

太陽電池素子 1 0 A は、半導体基板 1 の内部に高濃度ドープ層 6 を有する。高濃度ドープ層 6 は、半導体基板 1 の第二の面 1 S の近傍でキャリア再結合が生じることによる発電効率の低下を防ぐために、太陽電池素子 1 0 A の内部に内部電界を形成することを目的として（いわゆる B S F 効果を得ることを目的として）設けられる層である。高濃度ドープ層 6 は、半導体基板 1 の第二の面 1 S の側において、貫通孔 3 近傍以外の略全面に形成される。より詳細には、高濃度ドープ層 6 は、第二の面 1 S の側において、第三逆導電型層 2 c と接しないように（両者の間に半導体基板 1 のバルク領域が存在するように）形成されてなる。

【 0 0 2 3 】

50

ここで、「高濃度」とは、半導体基板 1 において一導電型を呈するためにドーブされるドーパント元素の濃度よりも高い濃度でドーパント元素が存在することを意味する。高濃度ドーブ層 6 は、例えば、第二の面 1 S からボロンやアルミニウムなどのドーパント元素を拡散させることによって、これらドーパント元素の濃度が $1 \times 10^{18} \sim 5 \times 10^{21}$ atoms/cm³ 程度となるように形成されるのが好適である。これにより、高濃度ドーブ層 6 は、p⁺型の導電型を呈するものとなっており、後述する集電部 5 b との間にオーミックコンタクトが実現されてなる。

【0024】

ボロンをドーパント元素とする場合であれば、高濃度ドーブ層 6 は、BBr₃（三臭化ボロン）を拡散源とした熱拡散法を用いて形成することができる。アルミニウムをドーパント元素とする場合であれば、アルミニウム粉末と有機ピヒクル等からなるアルミニウムペーストを塗布・焼成することで、形成することができる。

【0025】

高濃度ドーブ層 6 は、半導体基板 1 の第二の面 1 S を平面視した場合に、第二の面 1 S の全領域の 70% 以上 90% 以下に形成されることが好ましい。70% 以上とした場合には、太陽電池素子 10 A の出力特性を向上させる B S F 効果が得やすい。90% 以下とした場合、第一の電極 4 の裏面電極部 4 c を形成するための領域や係る裏面電極部 4 c の形成に伴って必要となる集電部 5 b の非形成領域 R E を確保しやすい。ただし、本発明に係る太陽電池素子 10 A においては、後述するように、裏面電極部 4 c の形成領域を従来の太陽電池素子 10 A よりも小さくすることができるので、最大で第二の面 1 S を平面視した場合の全領域の 90% という、十分に大きな範囲に高濃度ドーブ層 6 を形成することが可能である。

【0026】

太陽電池素子 10 A は、半導体基板 1 の第一の面 1 F 側に反射防止膜 7 を有する。反射防止膜 7 は、半導体基板 1 の表面において入射光の反射を低減する役割を有するものであり、第一逆導電型層 2 a 上に形成されている。反射防止膜 7 は、窒化珪素膜（SiN_x膜（Si₃N₄ ストイキオメトリを中心にして組成比（x）には幅がある））あるいは酸化物材料膜（TiO₂ 膜、SiO₂ 膜、MgO 膜、ITO 膜、SnO₂ 膜、ZnO 膜）などによって形成されるのが好適である。反射防止膜 7 の厚みは、構成材料によって好適な値は異なるが、入射光に対して無反射条件が実現される値に設定される。例えば、半導体基板 1 としてシリコン基板を用いる場合であれば、屈折率が 1.8 ~ 2.3 程度の材料によって 500 ~ 1200 程度の厚みに反射防止膜 7 を形成すればよい。なお、反射防止膜 7 を備えることは、本実施形態において必須の構成ではなく、必要に応じて形成すればよい。反射防止膜 7 は、PECVD 法、蒸着法、スパッタ法などによって形成される。

【0027】

第一の電極 4 は、半導体基板 1 の第一の面 1 F の上に形成された主電極部 4 a と、第二の面 1 S の上に形成された裏面電極部 4 c と、主電極部 4 a と第一接続部 4 c とを電氣的に接続する貫通孔 3 内に設けられた導通部 4 b とから構成される。主電極部 4 a は、第一の面 1 F にて生成したキャリアを集電する機能を有し、第一接続部 4 c は、外部配線を接続する配線接続部としての機能を有する。第一の電極 4 は第一の極性を有する。

【0028】

主電極部 4 a と導通部 4 b と裏面電極部 4 c とは、例えば、金属粉末として銀、銅、金、白金などを含む導電性ペーストを半導体基板 1 の第一の面 1 F（主電極部 4 a と導通部 4 b の場合）あるいは第二の面 1 S（裏面電極部 4 c）の上に所定の電極パターンで塗布し、その後焼成することによって形成される。なお、生産面、特性面の両方からは、銀ペーストを用いることが好ましい。

【0029】

一方、第二の電極 5 は、第一の電極 4 の第一の極性と異なる第二の極性を有しており、バスバー部 5 a と、集電部 5 b とから構成される。集電部 5 b は、半導体基板 1 の第二の面 1 S の側に形成されてなる高濃度ドーブ層 6 の上に形成されてなり、第二の面 1 S の側

10

20

30

40

50

で生成したキャリアを集電する。なお、集電部 5 b は、半導体基板 1 内で吸収されなかった光を再び半導体基板 1 内へと反射させて光電流を増加させる役割をも有する。バスバー部 5 a は、外部配線を接続する配線接続部としての役割を有する。太陽電池素子 10 A のバスバー部 5 a の少なくとも一部は、集電部 5 b と重なるように構成されている。

【0030】

集電部 5 b は、例えば、金属粉末としてアルミニウムや銀などを含む導電性ペーストを高濃度ドーブ層 6 の上に所定の電極パターンで塗布し、その後焼成することによって形成される。なお導電性ペーストとしてアルミニウムペーストを用いる場合は、後述するように、高濃度ドーブ層 6 と集電部 5 b とを同時に形成することも可能である。

【0031】

バスバー部 5 a は、金属粉末として、銀を主成分として含む導電性ペーストを、高濃度ドーブ層 6 の上に所定の電極パターンで塗布し、その後焼成することによって形成される。これにより、バスバー部 5 a は集電部 5 b と電氣的に接続されてなる。

【0032】

このようなバスバー部 5 a として銀が用いられ、集電部 5 b としてアルミニウムが用いられる場合、バスバー部 5 a は亜鉛又は亜鉛合金を含有していると好ましい。このような構成とすることにより、集電部 5 b とバスバー部 5 a との間における抵抗の上昇を低減できる。特に銀 100 重量部に対して亜鉛または亜鉛合金を 7 重量部以上 35 重量部以下含有するように形成した場合、さらに太陽電池素子 10 A の出力特性が低下しにくい。

【0033】

図 2 (a) (b) は、太陽電池素子 10 A を第一の面 1 F 側から見た場合の平面図である。図 2 (a) においては、貫通孔 3 が半導体基板 1 の辺に平行な直線状に略等間隔に配列するように設けられている。さらに、それぞれの貫通孔 3 に対応させて、複数の導通部 4 b が形成されてなる。図 2 においては、白丸状に図示している導通部 4 b の形成位置が貫通孔 3 の形成位置にも相当する。また、主電極部 4 a は、図 2 (a) に示すように、複数のライン状に形成される態様が好ましい。係る場合、各ラインはそれぞれ、少なくとも 1 つの導通部 4 b の少なくとも 1 つと接続される。主電極部 4 a をこのように設けることで、半導体基板 1 中で生成されたキャリアを効率よく集電することができ、導通部 4 b を通じて、第二の面側の裏面電極部 4 c から取り出すことができる。

【0034】

また、図 2 (b) は、半導体基板 1 の辺に平行な複数列 (図 2 では 3 列) の配列が生じるように貫通孔 3 が形成され、それぞれに導通部 4 b が形成されてなる場合を例示している。さらに図 2 (b) は、主電極部 4 a を、少なくとも導通部 4 b に接続するポイント状に形成する場合をも例示している。このようにポイント状にする場合、半導体基板 1 における受光量をより多くすることができる。

【0035】

図 2 (a) および図 2 (b) に示すように主電極部 4 a を半導体基板 1 の第一の面 1 F 側に設ける場合、一つの導通部 4 b に集中して電流が流れ、抵抗損失が大きくなることが低減され、太陽電池素子の出力特性が低下しにくい。

【0036】

加えて、太陽電池素子 10 A においては、受光面である第一の面 1 F の面全体に比して第一の電極 4 を構成する主電極部 4 a と導通部 4 b の占める割合が非常に小さいため、高い受光効率を実現されるとともに、主電極部 4 a が一様に形成されてなるので、第一の面 1 F において発生したキャリアを効率よく集電することができる。

【0037】

図 3 は、裏面電極部 4 c およびバスバー部 5 a のパターンの一例を示す、太陽電池素子 10 A を第二の面 1 S の側から見た場合の平面図である。図 3 に示す場合において、裏面電極部 4 c は、導通部 4 b の配列方向に長手方向を有する長尺形状 (帯状) をなし、複数の導通部 4 b (貫通孔 3) の直下の位置に形成されている。また、裏面電極部 4 c は、直上の導通部 4 b と接続されてなる。裏面電極部 4 c は、導通部 4 b の配列に対応して、複

10

20

30

40

50

数個形成されてなる。図3においては、3個の裏面電極部4cが形成されている。

【0038】

また、裏面電極部4cおよびその周辺部分を除く第二の面1Sの略全面には、集電部5bが形成されてなる。集電部5bを裏面電極部4cが形成された領域以外の略全面に設けることで、集電部5bで集電されるキャリアの移動距離が短くなり、ひいてはバスバー部5aから取り出されるキャリアの量を増加させることになるので、太陽電池素子10Aの出力特性の向上に寄与するものである。集電部5bは、半導体基板1の第二の面1Sの全面積の70%以上90%以下の範囲で形成することが好ましい。

【0039】

さらに、該集電部5bの上には、複数の裏面電極部4cのそれぞれに並行に裏面電極部4cと同様の長尺形状(帯状)をなす複数のバスバー部5aが形成されてなる。図3においては、4つのバスバー部5aが形成されている。

10

【0040】

上述のような構成を有することで、第一の電極4と第二の電極5との間に、逆導電型層2と半導体基板1と高濃度ドープ層6とからなる $n^+ / p / p^+$ 接合を有する太陽電池素子10Aが実現されてなる。すなわち、第一の電極4と第二の電極5とは、互いに異なる極性を有してなり、太陽電池素子10Aにおいては、受光面である第一の面1Fに入射した光のエネルギーに応じて両電極の間に生じる起電力が取り出される。特に、太陽電池素子10Aにおいては、第一の面側に設けられた主電極4aが、導通部4bによって第二の面側に設けられた裏面電極部4cと導通してなるので、第一の面側で集電された電流を第二の面側から効率的に取り出すことができる。

20

【0041】

第一の電極の詳細構成

次に、上述のような構造を有する太陽電池素子10Aの第一の電極4について、より詳細に説明する。

【0042】

まず、第一の電極4の主電極部4aは、半導体基板1との(より厳密には第1逆導電型層2aとの)接着強度を確保し、確実にコンタクトを得るという観点から、所定比率のガラス成分を含有させて形成される。主電極部4aと半導体基板1とが十分にコンタクトされることにより、太陽電池素子10Aに光が入射し、吸収された光が光電変換されることで生成された光生成キャリア(電子キャリアまたは正孔キャリア)を、効率よく収集することができる。

30

【0043】

一方、第一の電極4の導通部4bは、主電極部4aに比べてガラス成分の含有比率が小さく形成される。なお、本実施の形態において、ガラス成分の含有比率が小さいとは、主成分である金属に対するガラス成分の量が小さいことを意味している。好ましくは、導通部4bにおけるガラス成分の含有比率が、主電極部4aにおけるガラス成分の含有比率の1/5以下とされる。

【0044】

このようなガラス成分は、例えば $PbO - SiO_2 - B_2O_3$ 系ガラスや $Bi_2O_3 - PbO - SiO_2 - B_2O_3$ 系ガラス、また鉛レスの $ZnO - SiO_2 - B_2O_3$ 系ガラス等を含むガラスフリットが焼成されてなる。

40

【0045】

図5は、導通部4bの断面構造の一例を示す。上述のように、導通部4bにおけるガラス成分の含有比率が小さい場合、導通部4bと半導体基板1との間の(より詳細には図5においては第2逆導電型層との間の)接着強度が弱くなるため、図5(a)、(b)に示されるように、部分的に貫通孔3の表面と導通部4bとの間や導通部4bの内部に隙間9が生じることがある。

【0046】

しかしながら、主電極部4aと半導体基板1(第1逆導電型層2a)とのコンタクトが

50

なされており、導通部 4 b による主電極部 4 a と裏面電極部 4 c との導通が十分に確保されていれば、太陽電池素子 10 A の p n 接合領域（空乏層領域）における暗時の逆方向飽和電流が抑えられ、曲線因子（ F/F_0 ）の向上が実現される。

【0047】

なお、貫通孔 3 内における導通部 4 b の充填率が 50% 以上、より好ましくは 70% 以上であれば、十分に主電極部 4 a と裏面電極部 4 c との導通が確保されることも確認されている。

【0048】

太陽電池素子 10 A においては、導通部 4 b と第二逆導電型層 2 b とのコンタクト性を高めてキャリアの収集効率を高めるよりも、第二逆導電型層 2 b 近傍の空乏層領域における暗時の逆方向飽和電流を低減させる方が、その特性を向上させる上で好ましい。これは、貫通孔 3 周辺に形成された主電極部 4 a や導通部 4 b によって覆われて隠されてしまう第二逆導電型層 2 b の場合、第一逆導電型層 2 a よりも受光量が小さいために、もともと第一逆導電型層 2 a に比べて発電に対する寄与が小さいことが理由の一つとして考えられる。

【0049】

本実施の形態の太陽電池素子 10 A の第一の電極 4 は、これらの知見に基づいて、上述したように導通部 4 b におけるガラスの存在比率が、主電極部 4 a におけるガラスの存在比率よりも小さくなされている。

【0050】

主電極部 4 a と導通部 4 b とを構成する導電性ペーストは、主成分の金属粉末に対するガラスフリットの重量比率が異なる導電性ペーストが各々用いられる。好ましくは、導通部 4 b を形成するための導電性ペースト（以下、第二の導電性ペーストと称する）のガラスフリットの含有比率が、主電極部 4 a を形成するための導電性ペースト（以下、第一の導電性ペーストと称する）のガラスフリットの含有比率の 1/5 以下である、という関係をみたす導電性ペーストが、主電極部 4 a と導通部 4 b の形成に用いられる。

【0051】

例えば、主成分として銀からなる金属粉末を含む導電性ペーストを用いる場合であれば、第一の導電性ペーストとしては、銀 100 重量部に対して、有機ビヒクルを 10～30 重量部添加するとともに、ガラスフリットを 1～10 重量部添加したものを用い、第二の導電性ペーストとしては、銀 100 重量部に対して有機ビヒクルを 10～30 重量部添加するとともに、ガラスフリットを 0.1 重量部よりも少なく、より好ましくは 0.05 重量部以下添加するものを用いるのが好適である。それぞれの導電性ペーストにおける銀とガラスとの重量比はペーストの焼成前後で（ペーストの状態と焼成後の状態とで）略一定であるとみなすことができるので、このように第一と第二の導電性ペーストの組成を違えることで、主電極部 4 a と導通部 4 b とにおけるガラス成分の存在比率を違えることができる。

【0052】

あるいは、ガラスフリットを含まないものを用いる態様であってもよい。係る場合、太陽電池素子の出力特性をさらに向上させることができる。

【0053】

また、第一および第二の導電性ペーストに含まれる金属粉末の含有率はペースト全重量に対して 70 重量% 以上 90 重量% 以下であればよい。特に、第二の導電性ペーストに含まれる金属粉末の含有率は、ペースト全重量に対して 80 重量% 以上、より好ましくは 85 重量% 以上であることが好ましい。しかも、第一の導電性ペーストに比べて第二の導電性ペーストに含まれる金属粉末の含有率を高くすることが好ましい。第二の導電性ペーストの金属粉末の含有率を第一の導電性ペーストにおける含有率よりも高くすることにより、焼成した際の導通部 4 b の収縮を抑えることができ、断線等の問題を低減することができる。さらに、第二の導電性ペーストに第一の導電性ペーストに比べて平均粒径の小さい金属粉末を用いることによって、導通部 4 b の比抵抗をより低下させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

また、第二の導電性ペーストには、球状、フレーク状、不定形状等の種々の形状の金属粉末を用いることができる。特に、球状の金属粉末が用いられた第二の導電性ペーストを用いて導通部 4 b を形成することにより、焼成時の導通部 4 b の収縮を低減できる。

【 0 0 5 5 】

また、第二の導電性ペーストにおいて、金属粉末に銀粉末を用いる際は、結晶性の高い粉末を用いることが好ましい。これにより、焼成による導通部 4 b の収縮を抑えることができる。結晶性は結晶子径の大小で評価するものとする。結晶子径が大きいほど結晶性がよいと推定される。結晶子径とは、銀粉末の X 線回折測定において、銀の (1 1 1) 面のピーク (回折角度 $2\theta = \text{約 } 38.1^\circ$ 付近のピーク) の半値幅から下式 (Scherrer の式)

10

【 0 0 5 6 】

$$D = K \cdot \lambda / \beta \cos \theta$$

但し、D : 結晶子径

λ : 測定 X 線波長

β : 半値幅 (ラジアン)

θ : 回折角

K : Scherrer 定数 (0.9)

【 0 0 5 7 】

本実施の形態においては、Cu 管球を用いることにより、 $\lambda = 1.54056$ として結晶子径 D の値を算出するものとする。算出された銀粉末の結晶子径の値が 50 nm 以上であれば結晶性が高いと判断することができる。

20

【 0 0 5 8 】

有機ビヒクルとしては、セルロース系樹脂およびアクリル樹脂およびブチラール樹脂等から選択される少なくとも 1 種類の樹脂を、ブチルカルビトール、ブチルカルビトールアセテート等の有機溶剤に溶解させたものを用いることができる。

【 0 0 5 9 】

ガラスフリットとしては、 $PbO - SiO_2 - B_2O_3$ 系ガラスや $Bi_2O_3 - PbO - SiO_2 - B_2O_3$ 系ガラス、また鉛レスの $ZnO - SiO_2 - B_2O_3$ 系ガラス等を用いることができる。

30

【 0 0 6 0 】

なお、主電極部 4 a および導通部 4 b におけるガラスの含有の有無は、SEM 写真や TEM 写真による観察と EPM A による成分分析とを行い、半導体基板 1 と主電極部 4 a または導通部 4 b との界面にガラス層と認められる層があるかないかで判断することができる。具体的には、成分分析において、ペースト中に含有されていたガラスフリットの成分がガラス層に相当する箇所で検出された場合、ガラス成分が主電極部 4 a あるいは導通部 4 b に含まれているものと判断でき、半導体基板 1 の表面に形成された酸化膜と区別することが可能である。また、第一の導電性ペースト中のガラスフリットの含有比率が大きければ、半導体基板 1 と主電極部 4 a との界面近傍だけではなく主電極部 4 a の内部においてもガラス成分を検出することができる。

40

【 0 0 6 1 】

本実施の形態においては、半導体基板 1 の第一の面 1 F 側に設ける主電極部 4 a と第二の面 1 S 側に設ける裏面電極部 4 c との間で導通を確保する導通部 4 b におけるガラス成分の存在比率を、主電極部 4 a における存在比率よりも小さくすることで、従来よりも特性の優れた太陽電池素子の実現されてなる。

【 0 0 6 2 】

太陽電池素子の製造方法

本実施の形態に係る太陽電池素子 10 A の製造方法の一例について説明する。図 4 は、係る製造方法を実行する場合の太陽電池素子 10 A の製造過程を模式的に示す図である。

【 0 0 6 3 】

50

< 半導体基板の準備工程 >

まず、p型の導電型を呈する半導体基板1を準備する(図4(a))。

【0064】

半導体基板1として単結晶シリコン基板を用いる場合であれば、FZやCZ法など公知の製法で作製された単結晶シリコンインゴットを所定の厚みに切り出すことで半導体基板1を得ることができる。また、多結晶シリコン基板を半導体基板1として用いる場合であれば、キャスト法や鋳型内凝固法などの製法で作製された多結晶シリコンインゴットを所定の厚みに切り出すことで半導体基板1を得ることができる。また、リボン法等の引き上げ法で得られた板状シリコンを用いる場合は、この板状シリコンを所定の大きさにカットし、必要に応じて表面研磨処理等を施すことで所望の半導体基板1を得ることができる。

10

【0065】

以下においては、ドーパント元素としてボロンあるいはガリウムを $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 程度ドーピングして成ることでp型の導電型を呈する結晶シリコン基板を半導体基板1として用いる場合を例にとって説明する。ドーパント元素のドーピングは、上述したそれぞれのシリコンインゴットの製造方法において、シリコン融液中に、ドーパント元素そのものを、あるいはドーパント元素がシリコン中に適量含まれたドーパント材を、適量溶かすことで実現できる。

【0066】

なお、基板のスライスに伴う基板表層部の機械的ダメージ層や汚染層を除去するために、この基板の受光面側及び裏面側の表層部をNaOHやKOH、あるいはフッ酸と硝酸の混合液などでそれぞれ10~20 μm 程度エッチングし、その後、純水などで洗浄することで、有機成分や金属成分を除去しておくようにする。

20

【0067】

< 貫通孔の形成工程 >

次に、半導体基板1の第一の面1Fと第二の面1Sとの間に貫通孔3を形成する(図4(b))。

【0068】

貫通孔3は、機械的ドリル、ウォータージェットあるいはレーザー加工装置等を用いて形成する。係る場合、受光面となる第一の面1Fが損傷することを避けるべく、半導体基板1の第二の面1Sの側から第一の面1Fの側に向けて加工を行うようにする。ただし、加工による半導体基板1への損傷が少なければ、第一の面1Fの側から第二の面1Sの側に向けて加工を行うようにしてもよい。また、貫通孔3にダメージ層がある場合には、エッチングすることが好ましい。例えば、フッ酸と硝酸を2:7で混合した溶液にてミラーエッチングを行ってもよい。

30

【0069】

< 第一の面のテクスチャ構造の形成工程 >

次に、貫通孔3が形成された半導体基板1の受光面側に、光反射率の低減を効果的に行うための微細な突起(凸部)1bをもつテクスチャ構造1aを形成する(図4(c))。

【0070】

テクスチャ構造1aの形成方法としては、NaOHやKOHなどのアルカリ水溶液によるウェットエッチング法や、Siをエッチングする性質を有するエッチングガスを用いるドライエッチング法を用いることができる。

40

【0071】

ここで、ウェットエッチング法を用いる場合は、半導体基板1の第二の面1Sの側にも凹凸が形成されてしまうことを防ぐべく、第二の面1Sの側をエッチング防止材でマスクすることが好ましい。

【0072】

ドライエッチング法を用いる場合は、基本的に処理面側(第一の面1F側)にだけ微細なテクスチャ構造1aを形成することができる。ドライエッチング法として、RIE法(Reactive Ion Etching法)を用いると、広い波長域に渡って極めて低

50

い光反射率に抑えられる微細なテクスチャ構造 1 a を広い面積に渡って短時間で形成することができ、太陽電池素子 10 A の発電効率を向上できる。特に、R I E 法は、結晶の面方位に大きく影響されないで凹凸構造を形成できるため、半導体基板 1 として多結晶シリコン基板を用いた場合でも、多結晶シリコン基板内の各結晶粒の面方位に無関係に、基板全域に渡って低反射率を有する微細なテクスチャ構造 1 a を一様に形成することができる。

【0073】

< 逆導電型層の形成工程 >

次に、逆導電型層 2 を形成する。すなわち、半導体基板 1 の第一の面 1 F に第一逆導電型層 2 a を形成し、貫通孔 3 の表面に第二逆導電型層 2 b を形成し、第二の面 1 S に第三逆導電型層 2 c を形成する（図 4（d））。

10

【0074】

p 型の導電型を呈する結晶シリコン基板を半導体基板 1 として用いる場合、逆導電型層 2 を形成するための n 型化ドーピング元素としては、P（リン）を用いることが好ましい。

【0075】

逆導電型層 2 は、半導体基板 1 におけるその形成対象箇所にペースト状態にした P_2O_5 を塗布して熱拡散させる塗布熱拡散法、ガス状態にした $POCl_3$ （オキシ塩化リン）を拡散源として形成対象箇所に拡散させる気相熱拡散法、および p^+ イオンを形成予定箇所に対して直接に拡散させるイオン打ち込み法などによって形成する。気相熱拡散法を用いれば半導体基板 1 の両主面における形成対象箇所と貫通孔 3 の表面とに、同時に逆導電型層 2 を形成することができるので好ましい。なお、第二逆導電型層 2 b は貫通孔 3 内部に形成されるため、第一逆導電型層 2 a に比べて、ドーパント濃度が低く、厚みが薄くなりやすい。

20

【0076】

なお、形成対象箇所以外にも拡散領域が形成されるような条件下では、その部分にあらかじめ拡散防止層を形成したうえで逆導電型層 2 を形成するようにすることにより、部分的に拡散を低減することができる。また、拡散防止層を形成せず、形成対象箇所以外に形成された拡散領域を後からエッチングして除去してもよい。なお、逆導電型層 2 の形成後、後述するように高濃度ドーブ層 6 をアルミニウムペーストによって形成する場合は、p 型ドーパント元素であるアルミニウムを十分な濃度で十分な深さまで拡散させることができるので、既に形成されていた浅い拡散領域の存在は無視することができる。すなわち、高濃度ドーブ層 6 の形成予定箇所に存在する逆導電型層 2 は特に除去する必要がない。係る場合、裏面電極部 4 c が形成される領域の周囲についてのみ、ガラス等からなるエッチングペーストを塗布・焼成することで、pn 分離を行ってもよい。

30

【0077】

< 反射防止膜の形成工程 >

次に、第一逆導電型層 2 a の上に、反射防止膜 7 を形成する（図 4（e））。

【0078】

反射防止膜 7 の形成方法としては、PECVD 法、蒸着法やスパッタ法などを用いることができる。例えば、 $SiNx$ 膜からなる反射防止膜 7 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（ Si_3H_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 7 が形成される。

40

【0079】

なお、後ほど形成する主電極部 4 a の形成予定箇所に反射防止膜 7 が形成されないように、所定のパターンでパターニングしつつ、反射防止膜 7 を形成するようにしてもよい。パターニング法としては、レジストなどマスクを用いたエッチング法（ウェットエッチングあるいはドライエッチング）を用いて主電極部 4 a の形成予定箇所に反射防止膜 7 を除去する方法のほか、反射防止膜 7 の形成に先だってマスクをあらかじめ形成しておき、反

50

射防止膜 7 の形成後にこれを除去する方法などを用いることができる。

【 0 0 8 0 】

あるいは、パターニング法を用いる代わりに、反射防止膜 7 を貫通孔 3 以外の一様に形成した後、その表面であってかつ主電極部 4 a の形成予定箇所の上に主電極部 4 a を形成するための導電性ペーストを直接塗布し、これを焼き付けることによって、主電極部 4 a と第一逆導電型層 2 a とを電氣的に接触させ（ファイヤースルー法）てもよい。

【 0 0 8 1 】

< 第二の面への高濃度ドーブ層の形成工程 >

次に、半導体基板 1 の第二の面 1 S に、高濃度ドーブ層 6 を形成する（図 4（f））。

【 0 0 8 2 】

ボロンをドーパント元素とする場合、 BBr_3 （三臭化ボロン）を拡散源とする熱拡散法により、800～1100 程度の温度で形成することができる。この場合、高濃度ドーブ層 6 の形成に先立ち、高濃度ドーブ層 6 の形成予定箇所以外の領域の上に、例えば、既に形成されている逆導電型層 2 などの上に、酸化膜などからなる拡散バリアを形成し、高濃度ドーブ層 6 の形成後にこれを除去するようにするのが望ましい。

【 0 0 8 3 】

また、ドーパント元素としてアルミニウムを用いる場合は、アルミニウム粉末と有機ヒクル等からなるアルミニウムペーストを印刷法で半導体基板 1 の第二の面 1 S に塗布した後、700～850 程度の温度で熱処理（焼成）してアルミニウムを半導体基板 1 に向けて拡散させることによって、高濃度ドーブ層 6 を形成することができる。この場合、アルミニウムペーストの印刷面である第二の面 1 S だけに所望の拡散領域である高濃度ドーブ層 6 を形成することができる。しかも、焼成後に第二の面 1 S の上に形成されたアルミニウムからなる層を、除去せずにそのまま集電部 5 b として利用することもできる。

【 0 0 8 4 】

< 第一電極および第二電極の形成工程 >

次に、第一の電極 4 を構成する主電極部 4 a と導通部 4 b とを形成する。（図 4（g））。

【 0 0 8 5 】

具体的には、導通部 4 b を形成するための第二の導電性ペーストが貫通孔 3 内に充填されるように塗布する。一方、主電極部 4 a を形成するための第一の導電性ペーストは第一の面 1 F の側に、例えば図 2（a）あるいは図 2（b）に示すような形成パターンにて塗布する。そして、最高温度 500～850 で数十秒～数十分程度焼成することにより、塗布された各々の導電性ペーストは、主電極部 4 a と導通部 4 b となる。

【 0 0 8 6 】

塗布方法には、スクリーン印刷法、ロールコーター方式及びディスペンサー方式など種々の手法を用いることができる。

【 0 0 8 7 】

なお、導電性ペーストを塗布した後、焼成に先だって、所定の温度で塗布膜中の溶剤を蒸散させて該塗布膜を乾燥させるのが好ましい。また、一度の焼成で主電極部 4 a と導通部 4 b とを同時に形成する場合、生産性の観点から好ましい。

【 0 0 8 8 】

また、主電極部 4 a の形成に際しては、第一の導電性ペーストを複数回塗布することによって、主電極部 4 a がより大きな厚みを有するようにしてもよい。

【 0 0 8 9 】

また、導通部 4 b の形成に際しても、部分的に貫通孔 3 の表面と導通部 4 b との間や導通部 4 b の内部に隙間 9 が生じる場合等に、第二の導電性ペーストを繰り返し塗布することによって、貫通孔 3 への第二の導電性ペーストの充填率を高めるようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

なお、上述したように、主電極部 4 a および導通部 4 b の形成に先立って、反射防止膜 7 が形成されてなる場合は、主電極部 4 a は、パターニングされた領域に形成されるか、

10

20

30

40

50

あるいは、あるいはファイヤースルー法によって形成されることになる。

【0091】

ファイヤースルー法によって主電極部4aを形成する場合、例えば、ガラスフリットが鉛系ガラスフリット、またはリンを導電性ペースト中に含有させたファイヤースルー用導電性ペーストを反射防止膜上に塗布し、800以上の高温で焼成することで反射防止膜7をファイヤースルーすることができる。なお、その際には、併せて貫通孔3内に第二の導電性ペーストが塗布（充填）され、同時に焼成されるのが好ましい。

【0092】

あるいは、主電極部4aおよび導通部4bを形成した後に、反射防止膜7を形成してもかまわない。この場合、反射防止膜7をパターンニングする必要もなく、またファイヤースルー法を用いる必要もないため、主電極部4aおよび導通部4bの形成条件が緩やかなものとなる。例えば、800程度の高温で焼成を行わずとも、主電極部4aおよび導通部4bを形成することができる。

【0093】

次に、半導体基板1の第二の面上に、第二電極5の集電電極5bを形成する（図4（h））。

【0094】

集電部5bについても、塗布法を用いて形成することができる。具体的には、半導体基板1の第二の面1Sに、例えばアルミニウムまたは銀等からなる金属粉末100重量部に対して有機ビヒクルを10～30重量部、ガラスフリットを0.1～5重量部を添加してなる導電性ペーストを、例えば図3に示す集電部5bの形成パターンにて塗布することで塗布膜を形成した後、塗布膜を最高温度500～850で数十秒～数十分程度焼成することにより、集電部5bを形成することができる。なお、前述したように、アルミニウムペーストを用いる場合は、高濃度ドーブ層6と集電部5bとを同時に形成することができる。

【0095】

さらに、半導体基板1の第二の面1Sに、裏面電極部4cとバスバー部5aとを形成する（図4（i））。

【0096】

裏面電極部4cとバスバー部5aとは、塗布法を用いて同時に形成することができる。具体的には、半導体基板1の第二の面1Sに、例えば銀等からなる金属粉末100重量部に対して有機ビヒクルを10～30重量部、ガラスフリットを0.1～5重量部を添加してなる導電性ペーストを、図2（a）に示す裏面電極部4cとバスバー部5aとの形成パターンにて塗布することで塗布膜を形成した後、塗布膜を最高温度500～850で数十秒～数十分程度焼成することにより、裏面電極部4cとバスバー部5aとを形成することができる。裏面電極部4cおよびバスバー部5aをガラスフリットを含有した銀ペーストを用いて形成した場合、裏面電極部4cおよびバスバー部5aと半導体基板1との接着強度が高められるので、後述する太陽電池モジュールを構成する場合において配線部材を接続する際に、裏面電極部4cやバスバー部5aが剥がれる等の問題が低減される。

【0097】

なお、裏面電極部4cとバスバー部5aとを別々に形成したり、相異なる組成の導電性ペーストを用いて形成してもよい。例えば、バスバー部5aを形成するための導電性ペーストとして、金属粉末として銀と亜鉛または亜鉛合金を含有するものを用いる態様であってもよい。例えば、銀100重量部、有機ビヒクルを10～30重量部、ガラスフリットを0.1～5重量部に対して亜鉛または亜鉛合金を7重量部以上35重量部以下含有する導電性ペーストを用いてバスバー部5aを形成した場合には、バスバー部5aと集電部5bとの間の直列抵抗の上昇が低減される。

【0098】

また、バスバー部5aを、第一の導電性ペーストにより形成するようにしてもよい。これに加えて、裏面電極部4cも第一の導電性ペーストにより形成するようにしてもよい。

この場合、両者を同時に形成できるので生産性が向上する。

【0099】

本実施の形態に係る太陽電池素子10Aは、以上のような手順で作製することができる。

【0100】

太陽電池モジュール

本実施の形態に係る太陽電池素子10Aは、単独で使用する事が可能であるが、同じ構造を有する複数の太陽電池素子10Aを隣接配置し、さらに互いを直列に接続してモジュールを構成することもできる。係る場合、隣り合う太陽電池素子10A同士は、一方の太陽電池素子10Aの第二の面1Sに設けられた裏面電極部4cと、他方の太陽電池素子10Aの同じく第二の面1Sに設けられたバスバー部5aとに、配線材を接合することによって互いに接続される。よって、従来の太陽電池モジュールのように、配線材を折り曲げて接続させる必要がないことから、配線材が電極から剥離することが低減される。

10

【0101】

配線材は、厚さが0.1～0.2mm、幅が約2mmの銅箔の表面を半田材料によって被覆したのち、所定の長さに切断することにより得るのが好適な一例である。また、環境問題を考慮して、半田材料としては無鉛半田を用いることが望ましい。また、導電性接着剤を用いて電極と配線部材とを接続してもよい。

【0102】

なお、必要に応じて、第1接続部4cとバスバー部5aとに、半田ディップ処理によって半田領域を形成したうえで、配線材を接合するようにしてもよい。

20

【0103】

(第2の実施の形態)

図6は、本発明の第2の実施の形態に係る太陽電池素子10Bの構造を示す断面模式図である。本実施の形態に係る太陽電池素子10Bは、第一の電極4の構成が第一の実施の形態に係る太陽電池素子10Aと相違する。よって、太陽電池素子10Aの構成要素と同一の作用効果を奏する構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0104】

本実施の形態に係る太陽電池素子10Bにおいては、主電極部4aが、コンタクト部(第二の部分)4dと、非コンタクト部(第一の部分)4eの2層で構成される。コンタクト部4dは、第一逆導電型層2aと直接接続される部位である。一方、非コンタクト部4eは、コンタクト部4dの上に形成されるとともに導通部4bとも接続される部位であるが、逆導電型層2とは意図的に接続されることのない部位である。また、係る非コンタクト部4eが存在することで、コンタクト部4dと導通部4bとは互いに離間して備わっている。

30

【0105】

コンタクト部4dと非コンタクト部4eとは、第一の実施の形態に係る太陽電池素子10Aの主電極部4aと導通部4bとのガラスの含有比率と同様の関係を有する。すなわち、本実施の形態に係る太陽電池素子10Bにおいては、第一逆導電型層2aとのコンタクトを確保する必要があるコンタクト部4dのガラスの含有比率に比して、係るコンタクトの必要がない導通部4bおよび非コンタクト部4eにおけるガラスの存在比率が小さくなるように、第一の電極4が形成されてなる。

40

【0106】

このようなコンタクト部4dと非コンタクト部4eとは、前者を第一の導電性ペーストによって形成し、後者を第二の導電性ペーストによって形成することで実現される。あるいは、非コンタクト部4eは、第一の導電性ペーストよりもガラスフリットの存在比率が小さい点では同じであるが、第二の導電性ペーストとは異なる組成を有する第三の導電性ペーストを用いて形成する態様であってもよい。

【0107】

このように、主電極部4aをコンタクト部4dと非コンタクト部4eとの2層構造とし

50

て設けるとともに、非コンタクト部 4 e におけるガラスの含有比率を小さくすることによって、主電極部 4 a の電気抵抗をより低減できるとともに、導通部 4 b を通して電流を効率よく伝えることが可能となる。特に、非コンタクト部がガラスを含有しない場合、電気抵抗がさらに低減されるので、電流の抵抗損失をさらに低減させることができる。

【 0 1 0 8 】

図 7 は、本実施の形態における、導通部 4 b、コンタクト部 4 d および非コンタクト部 4 e の形成態様の一例を説明するための図である。まず例えば図 2 (a) や図 2 (b) に示すようなパターンを形成するように第一の導電性ペーストを塗布することによって、コンタクト部 4 d に相当する塗布膜が形成される。ただし、その際には、図 7 (a) および図 7 (b) に示すように、貫通孔 3 の部分はその周囲を囲むように形成される。なお、図 7 (b) は、図 7 (a) の A - A 断面を示す図である。

10

【 0 1 0 9 】

その後、図 7 (c) および図 7 (d) に示すように、第二の導電性ペーストを同様のパターンで塗布することによって、貫通孔 3 への充填と、非コンタクト部 4 e に相当する塗布膜とが形成される。なお、図 7 (d) は、図 7 (c) の B - B 断面を示す図である。このように非コンタクト部 4 e と導通部 4 b とを同じ第二の導電性ペーストを用いて同時に形成することで、生産性を向上させることができる。

【 0 1 1 0 】

塗布膜を形成した後、第一の実施の形態と同様に乾燥・焼成を行うことで、コンタクト部 4 d と、導通部 4 b および非コンタクト部 4 e とが形成される。

20

【 0 1 1 1 】

また、第二の導電性ペーストの粘度を第一の導電性ペーストの粘度よりも小さい値とする場合、第二の導電性ペーストを塗布する際の流動性が高くなるため、非コンタクト部 4 e と導通部 4 b との同時形成が行いやすい、という利点がある。

【 0 1 1 2 】

また、第一の導電性ペーストの塗布と第二導電性ペーストの塗布とをいずれもスクリーン印刷にて行う場合においては、コンタクト部 4 d の形成に用いられるスクリーンの開口幅よりも非コンタクト部 4 e の形成に用いられるスクリーンの開口幅の方が大きく形成されることが好ましい。これにより、線幅が細く、厚みの大きいライン状のパターンを形成することができる。例えば、コンタクト部 4 d の形成に用いられるスクリーンの開口幅を $30\ \mu\text{m} \sim 60\ \mu\text{m}$ とし、非コンタクト部 4 e の形成に用いられるスクリーンの開口幅を $50\ \mu\text{m} \sim 80\ \mu\text{m}$ とするのが好適な一例である。

30

【 0 1 1 3 】

また、貫通孔 3 を、第一の面 1 F の側から第二の面 1 S に向かうに従って細くなるテーパ形状に設けることによって、非コンタクト部 4 e と導通部 4 b との同時形成が行いやすくなる。例えば、半導体基板 1 の第一の面 1 F の側（受光面側）からレーザー光を照射することによって貫通孔 3 を形成する場合であれば、貫通孔 3 は第一の面 1 F の側から第二の面 1 S の側に向かうに従って細くなる。

【 0 1 1 4 】

また、貫通孔 3 の開口が円形状である場合、開口部の直径は $50\ \mu\text{m}$ 以上 $300\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。具体的には、受光面開口部における断面積 S_1 に対する裏面開口部における断面積 S_2 の割合 (S_2 / S_1) が、 $0.5 \leq (S_2 / S_1) \leq 0.9$ となるように形成することが好ましく、より好ましくは、 $0.6 \leq (S_2 / S_1) \leq 0.8$ である。

40

【 0 1 1 5 】

(S_2 / S_1) を 0.5 よりも小さくすると裏面側での第 1 電極 4 の抵抗値が大きくなり、 0.9 よりも大きくすると、水分の浸入を十分に防ぐことができない。

【 0 1 1 6 】

また、貫通孔 3 にダメージ層がある場合には、エッチングすることが好ましく、たとえば、フッ酸と硝酸を 2 : 7 で混合した溶液にてミラーエッチングを行ってもよい。

50

【 0 1 1 7 】

(第 3 の実施の形態)

図 8 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 C の構造を示す断面模式図である。本実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 C は、第 1 の実施の形態に係る太陽電池素子 1 0 A と同様の構成要素を有するものであるが、貫通孔 3 の表面が粗面化されてなる（凹凸構造を有してなる）点で太陽電池素子 1 0 A とは相違する。

【 0 1 1 8 】

貫通孔 3 をこのように構成することで、上述のようにガラスの含有比率が小さい導電性ペーストにて導通部 4 b を構成する場合であっても、アンカー効果によって第二逆導電型層 2 b に対する導通部 4 b の密着性を高めることができる。貫通孔 3 の表面の凸部の高さおよび幅は、30 μm 以下であることが好ましい。

10

【 0 1 1 9 】

係る粗面化は、図 4 (b) に示すように貫通孔 3 を形成した後、半導体基板 1 を酸又はアルカリ溶液でエッチングすることによって行う。

【 0 1 2 0 】

半導体基板 1 としてシリコン基板を用いる場合、酸溶液としては、フッ酸と硝酸の混合水溶液に係る好適に用いられる。この場合、フッ酸溶液の濃度は 30 重量 % 以上 60 重量 % 以下であり、硝酸溶液の濃度は 2 重量 % 以上 20 重量 % 以下であることが好ましい。また、上記混合溶液に 1 重量 % 以上 15 重量 % 以下の濃度の酢酸を添加してもよい。

【 0 1 2 1 】

一方、アルカリ溶液としては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化カルシウムなどの水溶液を好適に用いることができる。水溶液の濃度は、1 重量 % 以上 50 重量 % 以下であることが好ましい。また、50 以上 100 以下の温度で用いることによりエッチング速度を大きくすることができる。また、0.1 重量 % 以上 20 % 重量 % 以下の濃度のイソプロピルアルコールなどの有機溶媒を加えることにより、粗面の形状を制御することができる。

20

【 0 1 2 2 】

なお、本実施の形態の場合、基板のスライスに伴う基板表層部の機械的ダメージ層や汚染層の除去を、貫通孔 3 表面の粗面化と同時に行っても構わない。

【 0 1 2 3 】

本実施の形態によれば、半導体基板 1 に与えられるダメージを低減させつつ、導通部 4 b における光生成キャリアの収集効率を高めた太陽電池素子の実現される。

30

【 0 1 2 4 】

(変形例)

< 絶縁材料層の形成 >

図 9 は、第三逆導電型層 2 c を形成する代わりに、酸化膜や窒化膜などからなる絶縁材料層 8 を形成してなる太陽電池素子 1 0 D の断面模式図である。

【 0 1 2 5 】

絶縁材料層 8 を形成することにより、半導体基板 1 と裏面電極部 4 c とが直接接触しないため、半導体基板 1 と裏面電極部 4 c との間に生じるリークを低減することができる。しかも、絶縁材料層 8 として酸化膜や窒化膜を形成した場合には、パッシベーション効果によって半導体基板 1 の第二の面 1 S における表面再結合速度が低減するので、太陽電池素子の出力特性が向上することになる。

40

【 0 1 2 6 】

具体的には、シリコン酸化膜 (SiO_2 膜)、チタン酸化膜 (TiO_2) やシリコン窒化膜 (Si_3N_4) などを、スパッタ法、蒸着法あるいは CVD 法などを用いて、10 nm ~ 50 μm 程度の厚みに形成することによって、絶縁材料層 8 を形成することができる。また、酸素雰囲気または大気雰囲気の熱酸化炉内で半導体基板 1 に熱処理を施したり、酸化膜材料をスピコート法、スプレー法やスクリーン印刷法等の塗布法を用いて塗布・焼成することによって、絶縁材料層 8 となる酸化膜を形成してもかまわない。なお、絶縁材料

50

層 8 は単層膜であってもよいし、酸化シリコン膜と窒化シリコン膜の二層構造等からなる複数層であってもよい。

【 0 1 2 7 】

なお、係る絶縁材料層 8 に水素を含有させた場合、パッシベーション効果がさらに向上する。例えば、プラズマ CVD 法を用いて形成したシリコン窒化膜は、水素 (H) を含んでいることから、成膜中および成膜後の加熱により、半導体基板 1 内に水素 (H) を拡散させ、半導体基板 1 中に存在するダングリングボンド (余った化学結合手) に水素 (H) を結合させることにより、キャリアがダングリングボンドに捕まる確率を低減することができる。ゆえに、例えば、第二の面 1 S の略全面にシリコン窒化膜を形成することにより、より高効率な太陽電池素子が得られることになる。

10

【 0 1 2 8 】

また、第二の面 1 S の略全面に絶縁材料層 8 を形成することで、逆導電型層 (拡散層) の形成に際して、半導体基板 1 の裏面側に逆導電型層 2 が形成されにくい。特に、CVD 法や塗布法等を用いれば、絶縁材料層 8 のみを半導体基板 1 の第二の面のみに形成することができるため好ましい。

【 0 1 2 9 】

また、絶縁材料層 8 の上に裏面電極部 4 c を形成する場合、電極中にガラスフリットを有することから、半導体基板 1 上に電極を形成する場合に比べて電極強度を向上させることができる。なお、電極形成の際の焼成温度を低温 (500 ~ 700 程度) とすることにより、絶縁材料層 8 の厚みが薄いためにファイヤースルーによって導電性ペースト (電極) が絶縁材料層 8 を突き抜け、第一の電極 4 が半導体基板 1 と接触しリークが生じる、といった問題を低減できる。

20

【 0 1 3 0 】

さらに、絶縁材料層 8 を形成した後に、半導体基板 1 に水素を添加してもよい。これにより、水素が半導体基板 1 の粒界に拡散し、パッシベーション効果を得ることができる。水素を添加する方法としては、水素雰囲気内において半導体基板 1 にプラズマ処理を施せばよい。また、係る水素雰囲気中にヘリウム、アルゴンなどの不活性ガスを混合してもよい。水素プラズマを発生させるための電源の周波数としては、ラジオ周波数 (RF) やマイクロ波を使用すればよい。

【 0 1 3 1 】

30

また、図 10 は、絶縁材料層 8 のさらに異なる形成態様を例示する図である。すなわち、図 10 に示されるように、高濃度ドーブ層 6 を第三逆導電型層 2 c の近傍まで設けた後に、絶縁材料層 8 の構成材料を含むガラスペーストを高濃度ドーブ層 6 と第三逆導電型層 2 c との境界部分に塗布・焼成することによって、pn 分離を行う態様であってもよい。また、焼成後、ガラスからなる絶縁材料層 8 をそのまま残して、その上に第一電極 4 を形成してもよい。

【 0 1 3 2 】

< その他の変形例 >

また、図 11 は、裏面電極部 4 c の異なる態様を例示する図である。裏面電極部 4 c の形状は、図 3 に示されるような帯状に限定されるものではなく、これに代えて、例えば、図 11 (a) に示されるように、導通部 4 b の上にポイント状に形成されてもよい。この場合、図 11 (a) の Y-Y 断面である図 11 (b) に例示するように、それぞれのポイント状の裏面電極部 4 c 同士の間、絶縁材料層 8 を形成することが好ましい。これにより、パッシベーション効果を得て太陽電池素子の出力特性を向上させることができる。また、係るポイント状の第 1 接続部 4 c 同士の間、高濃度ドーブ層 6 を形成する態様であってもよい。

40

【 0 1 3 3 】

また、主電極部 4 a、導通部 4 b、裏面電極部 4 c、バスバー部 5 a、集電部 5 b を形成する際の塗布・焼成は、上述の実施形態で述べた順序で行う必要はない。例えば、それぞれを形成するための導電性ペーストを全て塗布した後に一括焼成を行って全ての電極を

50

形成する態様であってもよい。あるいは、集電部 5 b、バスバー部 5 a、裏面電極部 4 c および導通部 4 b を塗布・焼成して形成した後に、主電極部 4 a を塗布・焼成して形成してもよい。その他、適宜、手順を組み合わせることで形成すればよい。

【0134】

また、第二逆導電型層 2 b を形成することなく、貫通孔 3 の表面にも、絶縁材料層 8 を形成する態様であってもよい。なお、この場合においても、導通部 4 b の形成は、ガラスフリットを含有しない第二導電性ペーストを用いて行うことが好ましい。このようにしておけば、所定温度以上の温度で第二導電性ペーストを焼成する時に、第二導電性ペースト中のガラスフリットが絶縁材料層 8 を突き抜けて（ファイアスルーが生じて）、導通部 4 b と半導体基板 1 との間でリーク電流が発生することがない。例えば、第二導電性ペーストと反射防止膜 7 上に塗布したガラスフリットを含有する第一導電性ペーストとを同時に焼成する場合などが、このような第二導電性ペーストを採用する好適な例として挙げられる。

10

【0135】

逆導電型層 2 の形成態様は、上述したものに限定されるものではない。例えば、薄膜形成技術を用いて、水素化アモルファスシリコン膜や、微結晶シリコン膜を含む結晶質シリコン膜などを形成してもよい。ここで水素化アモルファスシリコン膜を用いて逆導電型層 2 を形成する場合は、その厚さは 50 nm 以下、好ましくは 20 nm 以下とし、結晶質シリコン膜を用いて形成する場合はその厚さは 500 nm 以下、好ましくは 200 nm 以下とする。さらに、半導体基板 1 と逆導電型層 2 との間に、i 型（ノンドープ型）のシリコン領域を厚さ 20 nm 以下で形成してもよい。

20

【0136】

高濃度ドープ層 6 を、薄膜技術を用いて例えば水素化アモルファスシリコン膜や微結晶 Si 相を含む結晶質シリコン膜などによって形成してもよい。特に、逆導電型層 2 と半導体基板 1 のバルク領域（逆導電型層 2 以外の領域）との間の pn 接合を、薄膜技術を用いて形成する場合は、高濃度ドープ層 6 の形成も薄膜技術を用いて行うことが好ましい。このとき、高濃度ドープ層 6 の膜厚は 10 ~ 200 nm 程度とする。さらに、半導体基板 1 と高濃度ドープ層 6 との間に i 型シリコン領域を厚さ 20 nm 以下で形成すると特性向上に有効である。

【0137】

さらに、半導体基板 1 の第一の面 1 F に反射防止膜 7 を設ける際に、貫通孔 3 の表面にまで反射防止膜 7 が形成される態様であってもよい。この場合においては、例えば、第二の導電性ペーストのガラスフリットの含有比率を第一の導電性ペーストの含有量の 1 / 5 以下、より好ましくは 1 / 10 以下とすることで、第二導電性ペースト中のガラスフリットが貫通孔 3 の表面に形成された反射防止膜 7 を突き抜けることを防ぐことができる。また、このようにすることで、貫通孔 3 の表面に形成された反射防止膜 7 に比べて第一の面 1 S に形成された反射防止膜 7 の厚みが薄い場合であっても、反射防止膜 7 を突き抜けたガラスフリットが pn 接合に与えるダメージを低減できる。

30

【実施例】

【0138】

本実施例では、第一の実施の形態に係る太陽電池素子および比較例に係る太陽電池素子として、導通部 4 b のガラス成分の含有比率が異なる 7 つの太陽電池素子を作製し、それぞれの特性を評価した。

40

【0139】

まず、それぞれの太陽電池素子のために、半導体基板 1 として、厚さが 230 μm で、外形が 15 cm × 15.5 cm の多結晶シリコン基板を用意した。係る多結晶シリコン基板は、あらかじめ p 型の導電型を呈するようにドーパントがドーピングされてなる。

【0140】

用意したそれぞれの多結晶シリコン基板に、YAG レーザー装置によって 2 mm ピッチで複数の貫通孔 3 を形成した。さらに受光面（第一の面 1 F）となる主面の側に、RIE

50

法を用いてテクスチャ構造 1 a を形成した。次に、リン原子を拡散させて、シート抵抗が $90 \Omega/\square$ となる n 型の逆導電型層 2 (第一逆導電型層 2 a、第二逆導電型層 2 b、第三逆導電型層 2 c) を形成した。受光面側にはさらに、プラズマ CVD 法により窒化シリコンからなる反射防止膜 7 を形成した。なお、裏面 (第二の面 1 S) となる主面の側に形成された逆導電型層の一部についてはフッ酸溶液により除去して p n 分離を行った。

【0141】

そして、裏面側にアルミニウムペーストを塗布・焼成して高濃度ドーブ層 6 と集電部 5 b とを形成した。引き続き、いずれも銀ペーストを塗布・焼成することにより、主電極部 4 a、導通部 4 b、裏面電極部 4 c、バスバー部 5 a を形成した。

【0142】

その際、主電極部 4 a、裏面電極部 4 c、バスバー部 5 a を形成するための銀ペースト (第一の導電性ペースト) には、いずれの太陽電池素子についても、銀 100 重量部に対してガラスフリットを 4 重量部含有させたものを用いた。

【0143】

一方、導通部 4 b を形成するための銀ペースト (第二の導電性ペースト) には、実施例 1 ~ 実施例 6 についてはそれぞれ、銀 100 重量部に対してガラスフリットを 0、0.05、0.1、0.5、0.8、1 重量部含有させたものを用いた。また、比較例では、導通部 4 b も第一の導電性ペーストを用いて形成した。

【0144】

各実施例および比較例についてそれぞれ、同じ条件で 10 個の太陽電池素子を作製し、太陽電池素子出力特性を評価した。表 1 は、各実施例および比較例における出力特性を示している。なお、各項目の値はいずれも、10 個の太陽電池素子についての平均値である。

【0145】

【表 1】

	ガラス (重量部)	$I_{sc}(A)$	$V_{oc}(V)$	F.F.(-)	$P_{max}(W)$	効果(%)
実施例 1	0	8.357	0.613	0.767	3.929	16.90
実施例 2	0.05	8.368	0.612	0.766	3.923	16.87
実施例 3	0.1	8.361	0.613	0.765	3.921	16.86
実施例 4	0.5	8.377	0.612	0.763	3.912	16.82
実施例 5	0.8	8.384	0.613	0.761	3.911	16.82
実施例 6	1	8.382	0.612	0.758	3.888	16.72
比較例	4	8.385	0.613	0.756	3.886	16.71

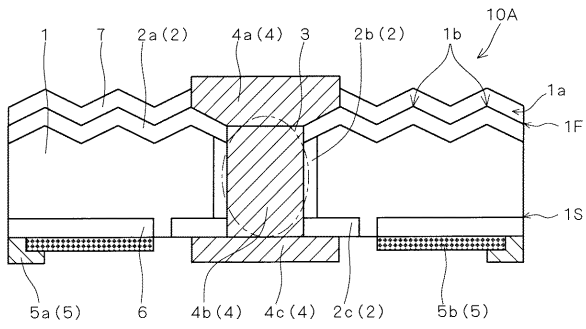
【0146】

表 1 に示すように、実施例 1 ないし実施例 6 に係る太陽電池素子のうち、導通部 4 b におけるガラス成分の含有比率がもっとも大きい実施例 6 で比較例と同等程度の F.F. および素子効率が得られた。実施例 6 よりもさらに含有比率が少ない実施例 1 ないし実施例 5 では、F.F. が 0.761 以上となり、素子効率が 16.82% 以上となっており、素子効率は、比較例から約 0.1% 以上上昇させることができた。特に、導通部 4 b がガラス成分を含有しない実施例 1 においては、F.F. が 0.767 となり、素子効率が 16.90% となっており、素子効率は比較例から約 0.2% 以上上昇させることができた。

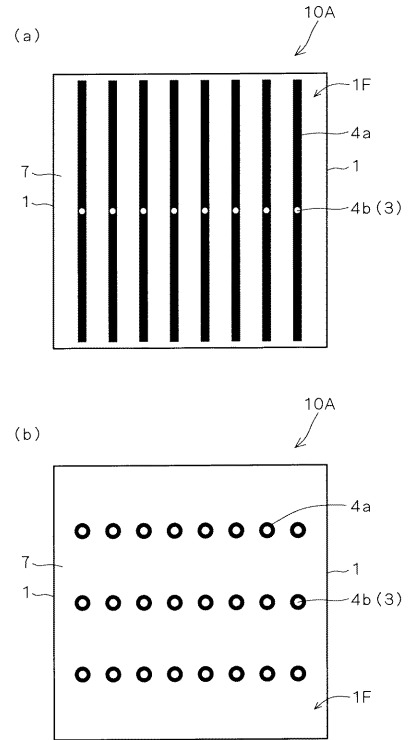
【0147】

すなわち、導通部 4 b におけるガラス成分の含有比率を低減させてなる本発明に係る太陽電池素子が、従来の太陽電池素子よりも優れた素子特性を有するものであることが確認された。

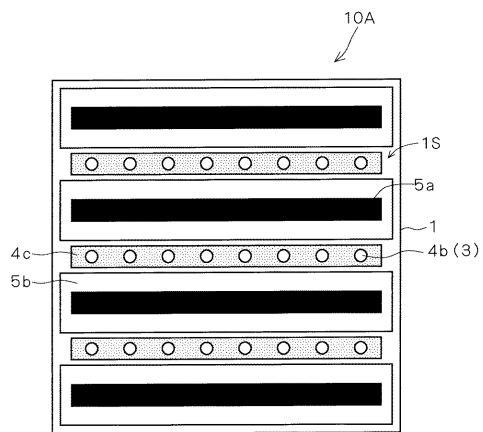
【図 1】



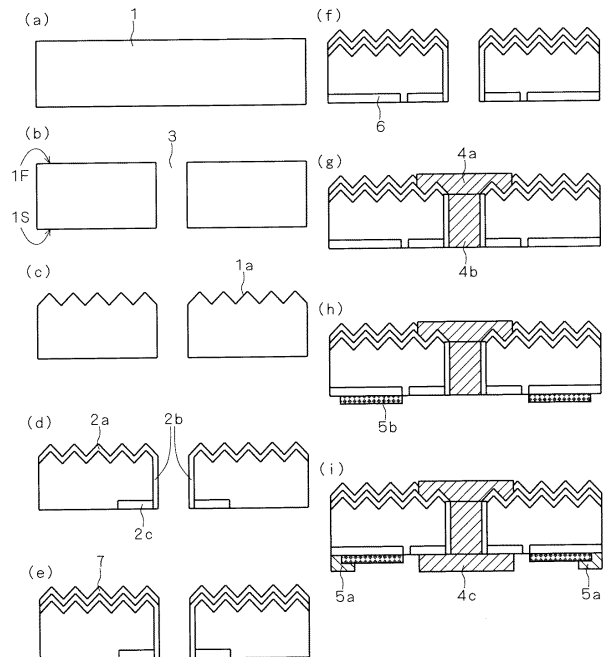
【図 2】



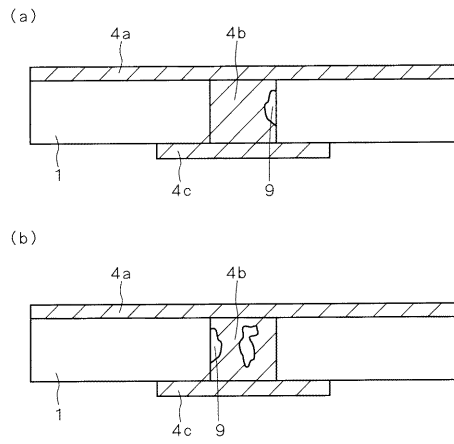
【図 3】



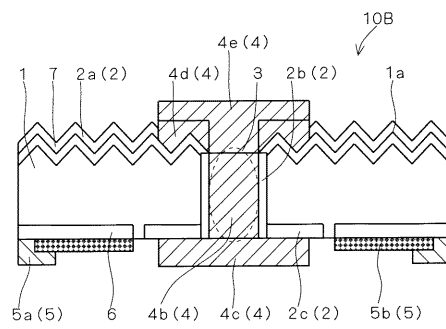
【図 4】



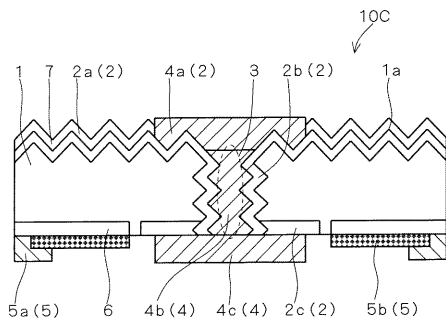
【図 5】



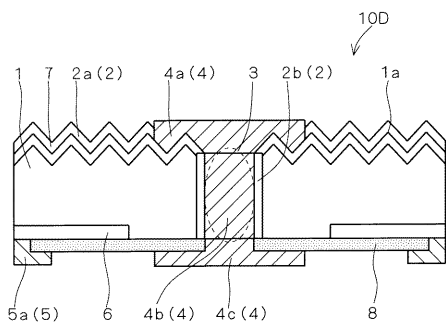
【図 6】



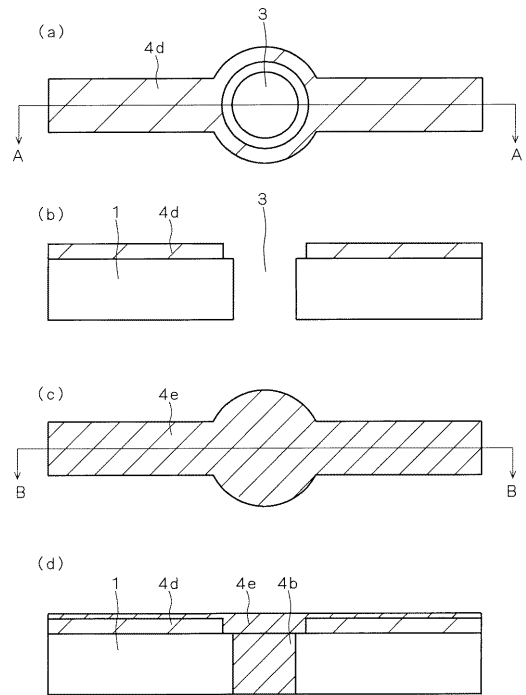
【図 8】



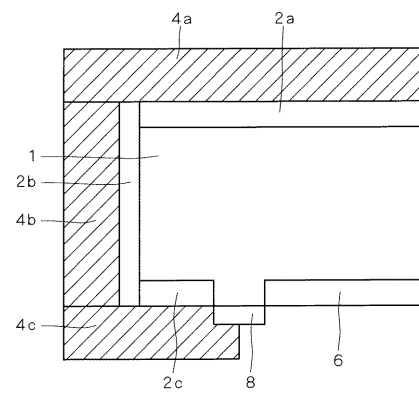
【図 9】



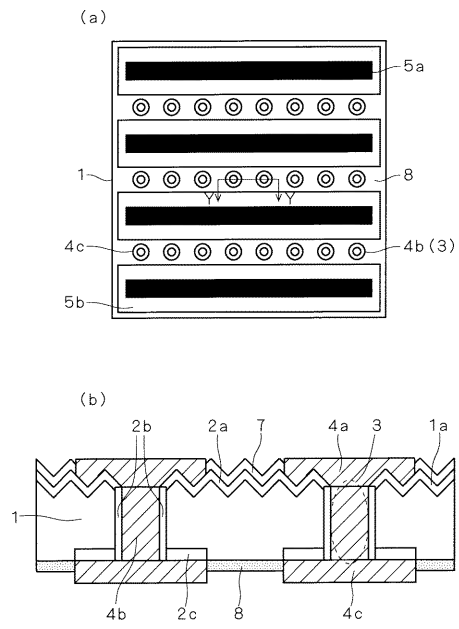
【図 7】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成18年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、新エネルギー技術研究開発 太陽光発電システム未来技術研究開発 新構造超薄型多結晶シリコン太陽電池の研究開発委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願)

(56)参考文献 特開昭63-211773(JP,A)
特開2005-129660(JP,A)
特開2000-150929(JP,A)
実開昭61-086956(JP,U)
特表2003-529207(JP,A)
国際公開第2006/078985(WO,A1)
特開平08-148446(JP,A)
特表2002-500825(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/04 - 31/078