

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-290105

(P2009-290105A)

(43) 公開日 平成21年12月10日(2009.12.10)

(51) Int.Cl.
H01L 31/04 (2006.01)F1
H01L 31/04テーマコード (参考)
5F051

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-143126 (P2008-143126)
(22) 出願日 平成20年5月30日 (2008.5.30)(71) 出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(74) 代理人 100064746
弁理士 深見 久郎
(74) 代理人 100085132
弁理士 森田 俊雄
(74) 代理人 100083703
弁理士 仲村 義平
(74) 代理人 100096781
弁理士 堀井 豊
(74) 代理人 100098316
弁理士 野田 久登
(74) 代理人 100109162
弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

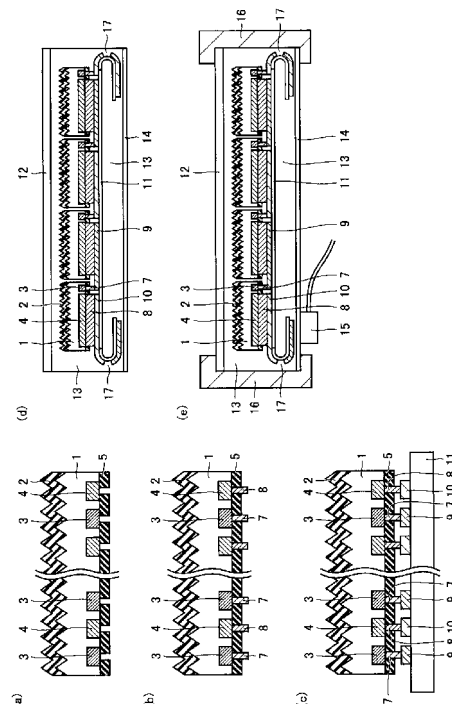
(54) 【発明の名称】 太陽電池、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュール

(57) 【要約】

【課題】電極の抵抗を低く抑えて特性を向上させることのできる太陽電池、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュールを提供する。

【解決手段】シリコン基板とのコンタクト抵抗が $70\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である電極を有する太陽電池セルと、太陽電池セルの電極に電氣的に接続するための導電性部材とを備え、太陽電池セルの電極が導電性部材に電氣的に接続されるように導電性部材上に太陽電池セルが配置されている太陽電池、その太陽電池の製造方法およびその太陽電池を用いた太陽電池モジュールである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン基板とのコンタクト抵抗が $70 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である電極を有する太陽電池セルと、

前記太陽電池セルの前記電極に電氣的に接続するための導電性部材とを備え、

前記太陽電池セルの前記電極が前記導電性部材に電氣的に接続されるように前記導電性部材上に前記太陽電池セルが配置されていることを特徴とする、太陽電池。

【請求項 2】

前記電極の主成分は、Ag、Ni、Cu または Al であ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】

前記電極の厚さは $20 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の太陽電池。

【請求項 4】

前記電極の形成のパターンと前記導電性部材の形成のパターンとが電氣的に接続された際に、前記電極の形成のパターンは前記導電性部材の形成のパターンに実質的に重なるパターンであることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の太陽電池。

【請求項 5】

前記導電性部材は、絶縁性基材と前記絶縁性基材上に設置された配線とを含む配線基板であることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の太陽電池。

【請求項 6】

前記配線の主成分は、Ag、Ni、Cu または Al であ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】

前記電極の幅は、前記配線基板の前記配線の幅よりも小さいことを特徴とする、請求項 5 または 6 に記載の太陽電池。

【請求項 8】

前記太陽電池セルは、p 電極および n 電極がともに前記シリコン基板の裏面側に形成されていることを特徴とする、請求項 1 から 7 のいずれかに記載の太陽電池。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の太陽電池を製造する方法であって、金属粉末を主成分とする電極ペーストを印刷した後に前記電極ペーストを焼成することによって前記電極を形成することを特徴とする、太陽電池の製造方法。

【請求項 10】

前記電極ペーストは、前記金属粉末と、溶剤と、増粘剤と、軟化点が 450°C 以下のガラスフリットとを含有することを特徴とする、請求項 9 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 11】

前記電極ペーストの焼成は、前記電極ペーストを 550°C 以下の温度で焼成することにより行なわれることを特徴とする、請求項 9 または 10 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 12】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の太陽電池を製造する方法であって、電解めっき、無電解めっきまたは真空蒸着によって前記電極を形成することを特徴とする、太陽電池の製造方法。

【請求項 13】

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の太陽電池が封止材によって封止されてなる、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、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュールに関し、特に、電

10

20

30

40

50

極の抵抗を低く抑えて特性を向上させることができる太陽電池、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、エネルギー資源の枯渇の問題や大気中の CO_2 の増加のような地球環境問題などからクリーンなエネルギーの開発が望まれており、特に太陽電池を用いた太陽光発電が新しいエネルギーとして開発され、実用化され、そして発展の道を歩んでいる。

【0003】

太陽電池としては、単結晶または多結晶の一導電型シリコン基板の受光面に逆導電型の不純物を拡散させてpn接合を形成し、そのシリコン基板の受光面と裏面とにそれぞれ電極を形成したものが従来から主流となっている。また、一導電型シリコン基板の裏面に同じ導電型の不純物を高濃度に含む不純物層を形成することによって、裏面電界効果による高出力化を図った太陽電池も一般的となっている。

【0004】

さらに、シリコン基板の受光面には電極を形成せずに、その裏面にp電極およびn電極を形成する裏面電極型太陽電池も開発されている（特許文献1参照）。裏面電極型太陽電池においては、一般的に受光面に電極を有しないので電極によるシャドーロスがなく、シリコン基板の受光面と裏面とにそれぞれ電極を有する太陽電池に比べて高い出力を得ることが期待される。

【特許文献1】特表2006-523025号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

太陽電池において高い変換効率を得るために、キャリアライフタイムを高く保つことが重要であり、そのためには低温の処理温度で太陽電池を製造することが有効である。特に、太陽電池の電極形成時の処理温度はキャリアライフタイムに大きく影響するため、この処理温度を低温化することによって高い変換効率を期待することができる。

【0006】

しかしながら、実際には、太陽電池の電極形成時の処理温度を低温化することによってシリコン基板と電極とのコンタクト抵抗が大きくなったり、電極自体の抵抗率が大きくなるなどして、期待した成果を得ることができなかった。

【0007】

特に、太陽電池に一般的に用いられている、焼成により形成された電極は、金属粉末が主成分となるため、電極形成時の処理温度を低温化した場合には金属粉末同士が十分に融着せず、さらには、シリコン基板とのコンタクトを良好にするためにガラスフリットが添加されているために電極自体の抵抗率が大きくなる。一方、電極自体の抵抗率を低くするためにガラスフリットを添加しない場合には、シリコン基板とのコンタクト抵抗が非常に大きくなってしまうため、低温処理で電極自体の抵抗率とコンタクト抵抗の両方を小さい値にすることは非常に困難であった。

【0008】

また、特許文献1に記載されているような裏面電極型太陽電池においては、その裏面にp+層、n+層、p電極およびn電極がそれぞれ存在するため、その構造が複雑であることに加え、p電極およびn電極のバスバー電極は、太陽電池モジュールの製造時に隣接する裏面電極型太陽電池と直列接続するために裏面の両端部に設けざるを得ない。そのため、フィンガー電極の長さをシリコン基板の幅とほぼ同等程度の長さにしななければならないため、フィンガー電極1本当たりに流れる電流量が多くなり、フィンガー電極での抵抗損失が起りやすい傾向にある。そのため、裏面電極型太陽電池においては、シリコン基板の受光面と裏面にそれぞれ電極がある一般的な太陽電池よりも電極の抵抗を低く抑える必要があった。

【0009】

上記の事情に鑑みて、本発明の目的は、電極の抵抗が大きくても影響を低く抑えて特性を向上させることができる太陽電池、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、シリコン基板とのコンタクト抵抗が $70\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 以下である電極を有する太陽電池セルと、太陽電池セルの電極に電氣的に接続するための導電性部材とを備え、太陽電池セルの電極が導電性部材に電氣的に接続されるように導電性部材上に太陽電池セルが配置されている太陽電池である。

【0011】

ここで、本発明の太陽電池において、電極の主成分は、Ag、Ni、CuまたはAlであることが好ましい。

【0012】

また、本発明の太陽電池において、電極の厚さは $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

また、本発明の太陽電池において、電極の形成のパターンと導電性部材の形成のパターンとが電氣的に接続された際に、電極の形成のパターンは導電性部材の形成のパターンに実質的に重なるパターンであることが好ましい。

【0013】

また、本発明の太陽電池において、導電性部材は、絶縁性基材と絶縁性基材上に設置された配線とを含む配線基板であることが好ましい。

【0014】

また、本発明の太陽電池において、配線の主成分は、Ag、Ni、CuまたはAlであることが好ましい。

【0015】

また、本発明の太陽電池において、電極の幅は、配線基板の配線の幅よりも小さいことが好ましい。

【0016】

また、本発明の太陽電池において、太陽電池セルは、p電極およびn電極がともにシリコン基板の裏面側に形成されていることが好ましい。

【0017】

また、本発明は、上記のいずれかの太陽電池を製造する方法であって、金属粉末を主成分とする電極ペーストを印刷した後に電極ペーストを焼成することによって電極を形成する太陽電池の製造方法である。

【0018】

また、本発明の太陽電池の製造方法において、電極ペーストは、金属粉末と、溶剤と、増粘剤と、軟化点が 450°C 以下のガラスフリットとを含有することが好ましい。

【0019】

また、本発明の太陽電池の製造方法において、電極ペーストの焼成は、電極ペーストを 550°C 以下の温度で焼成することにより行なわれることが好ましい。

【0020】

また、本発明は、上記のいずれかの太陽電池を製造する方法であって、電解めっき、無電解めっきまたは真空蒸着によって電極を形成する太陽電池の製造方法である。

【0021】

さらに、本発明は、上記のいずれかの太陽電池が封止材によって封止されてなる太陽電池モジュールである。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、電極の抵抗を低く抑えて特性を向上させることができる太陽電池、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュールを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【0023】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本発明の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表わすものとする。

【0024】

(実施の形態1)

以下に、図1(a)～図1(e)の模式的断面図を参照して、本発明の太陽電池モジュールの製造方法の一例について説明する。

【0025】

まず、図1(a)に示すように、たとえばn型のシリコン基板1の裏面にp型不純物を拡散することにより形成したp+層3およびn型不純物を拡散することにより形成したn+層4を形成する。また、シリコン基板1の裏面にはp+層3の表面の一部が露出するとともに、n+層4の表面の一部が露出するように形成された開口部であるコンタクトホールを有するパッシベーション膜5を形成する。また、シリコン基板1の受光面には反射防止膜2を形成する。ここで、上記の反射防止膜2、p+層3、n+層4およびパッシベーション膜5はそれぞれ従来から公知の方法により形成することができる。

【0026】

また、この例においては、p+層3およびn+層4はそれぞれ図1の紙面の表側から裏側に向かって直線状に伸びるライン状に交互に配置されているが、この構成に限定されるものではない。

【0027】

また、パッシベーション膜5が備えているコンタクトホールは、p+層3上およびn+層4上にそれぞれ、たとえばドット状またはライン状などの形状に形成することができる。コンタクトホールは、たとえば、パッシベーション膜5をエッチング可能なペーストをコンタクトホールの形状にパッシベーション膜5上に印刷し、加熱することによって簡単に形成することができる。

【0028】

次に、図1(b)に示すように、シリコン基板1の裏面のパッシベーション膜5のコンタクトホールを埋めるようにして電極ペーストを印刷し、その電極ペーストを焼成することによって、p+層3に接するp電極7およびn+層4に接するn電極8をそれぞれ形成する。

【0029】

ここで、電極ペーストの主成分は、Ag、Ni、CuまたはAlの金属粉末であることが好ましい。なお、本発明において、「主成分」とは、電極ペーストの50質量%以上を占める成分であることを意味する。また、上記の電極ペーストは、上記の金属粉末とともに、溶剤、増粘剤および軟化点が450℃以下のガラスフリットを含むことが好ましい。

【0030】

さらに、上記の電極ペーストは、550℃以下の温度で焼成されることが好ましく、450℃以下の温度で焼成されることがより好ましい。上記の電極ペーストを550℃以下、特に450℃以下の温度で焼成することによって、シリコン基板1におけるキャリアライフタイムの低下を抑えることができ、高い太陽電池特性を期待することができる。

【0031】

また、電極ペーストが、Ag、Ni、CuまたはAlの金属粉末を主成分とし、軟化点が450℃以下のガラスフリットを用いることによって、550℃以下の低温焼成においてもシリコン基板1との良好なコンタクトが得られる電極(p電極7およびn電極8)を得ることができる。

【0032】

なお、良好なコンタクトとは、コンタクト抵抗が $70\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、好ましくは $50\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であることを意味する。このコンタクト抵抗が $70\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である場合には0.7以上のフィルファクタ(F.F)が期待でき、コンタクト抵抗が $50\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である場合には0.75以上のF.Fが期待できる(詳細な説明は後述

10

20

30

40

50

する)。

【0033】

また、p電極7およびn電極8の形状としては、たとえば図2(a)の模式的平面図に示すようなドット状、図2(b)に示すようなライン状、図2(c)に示すような楕形状などに形成することができる。

【0034】

なお、本発明においては、p電極7およびn電極8は、シリコン基板1と良好なコンタクトが得られればよいために、従来のように電極の抵抗を小さくするために電極の断面積を大きくする必要がない。そのため、電極ペーストは、薄くコンタクトホールを覆う程度の幅に印刷されることが好ましい。この場合には、高価な電極ペーストの使用量を低減することができる傾向にある。

【0035】

また、従来においては、電極の断面積を大きくするために電極ペーストを厚く印刷する必要があった。そのため、スクリーン印刷により電極ペーストの印刷が行なわれ、他の印刷方法はあまり用いられていなかったが、本発明においては、電極ペーストを薄く印刷してもよい、スクリーン印刷の他にも、厚膜化が難しいインクジェット印刷やオフセット印刷、凸版印刷、凹版印刷など様々な印刷法による印刷も可能である。すなわち、本発明においては、インクジェット印刷などのスクリーン印刷に比べて細線パターンの印刷に優れた方法で印刷することにより、電極の細線化と併せて電極の薄型化が可能となり、電極ペーストの使用量を低減することができる傾向が大きくなる。

【0036】

次に、図1(c)に示すように、太陽電池セルのp電極7およびn電極8にそれぞれ対応したp配線9およびn配線10を備えた配線基板上に、p電極7がp配線9上に設置され、n電極8がn配線10上に設置されるようにして太陽電池セルを設置する。これにより、本発明の太陽電池が作製される。

【0037】

ここで、p電極7とp配線9との電氣的接続およびn電極8とn配線10との電氣的接続はそれぞれ、たとえば、半田または導電性接着剤などの接続材料により行なってもよく、これらの接続材料を用いずに後の封止材による封止工程での真空圧着を利用して物理的な圧着のみで行なってもよい。また、太陽電池セルの電極の形成のパターンと配線基板の配線の形成のパターンとを電氣的に接続した際に、太陽電池セルの電極の形成のパターンは配線基板の配線の形成のパターンに実質的に重なるパターンであることが好ましい。

【0038】

なお、上記の配線基板としては、たとえば図3の模式的平面図に示す構成のような配線基板を用いることができる。ここで、配線基板は、絶縁性基材11上にp配線9およびn配線10を含む配線を備えたものを用いることができる。

【0039】

また、配線基板の配線には、たとえば図3に示すようなスリット17が形成されていてもよく、p配線9とn配線10とを電氣的に接続する接続用配線18が形成されていてもよい。

【0040】

また、p配線9およびn配線10を含む配線の主成分は、Ag、Ni、CuまたはAlであることが好ましい。また、絶縁性基材11としては、たとえば、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリイミドおよびエチレンビニルアセテートからなる群から選択された少なくとも1種を含む可撓性のある絶縁性基材を用いることができる。

【0041】

また、本発明において、太陽電池セルの電極は、配線基板の配線への良好なコンタクトが得られればよい、電極ペーストの使用量を低減する観点から、太陽電池の特性に影響を与えない範囲で、太陽電池セルの電極の表面の面積は小さい方がよい。

【0042】

一方、配線基板の配線は、太陽電池セルから収集した電気を集電するために直列抵抗を十分に小さくするという観点から、配線基板の配線の表面の面積は大きい方がよい。したがって、たとえば図4の模式的断面図に示すように、太陽電池セルの電極の幅D2よりも配線基板の配線の幅D1の方が広いことが好ましい。

【0043】

次に、図1(d)に示すように、配線基板上に設置した太陽電池セルを透光性封止材13、ガラスなどの透光性部材12および耐候性基材14により封止する。

【0044】

最後に、図1(e)に示すように、端子ボックス15および枠16を取付けることにより太陽電池モジュールが完成する。以上により、F・Fが0.75以上の太陽電池モジュールを作製することができる。

【0045】

以下に、太陽電池セルの電極のコンタクト抵抗とF・Fとの関係について説明する。まず、組成が僅かに異なる電極ペーストを数種類用意し、電極ペースト以外は全く同じ条件で複数の太陽電池セルを作製する。

【0046】

ここで、電極ペーストの違いは主に太陽電池セルの電極の抵抗率と、当該電極とシリコン基板とのコンタクト抵抗の違いとして表われる。さらに、このようにして作製した太陽電池を十分に配線抵抗が小さく、太陽電池セルの電極と同形状の配線が形成された配線基板上に設置して太陽電池セルの特性を評価することによって、太陽電池セルの電極の抵抗は無視することができるため、太陽電池セルの電極のコンタクト抵抗とF・Fとの相関を見ることができる。ここで、太陽電池セルの電極のシリコン基板に対するコンタクト抵抗は、TLM法により算出した値を用いている。

【0047】

図5に、太陽電池セルのF・Fと電極のコンタクト抵抗との相関を示す。図5に示すように、太陽電池セルの電極のコンタクト抵抗が $70\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である場合には、太陽電池セルのF・Fが0.7以上となる傾向にあり、 $50\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である場合にはF・Fが0.75以上となる傾向にある。したがって、この結果から、太陽電池セルの電極のシリコン基板に対するコンタクト抵抗が $70\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である場合にはシリコン基板と良好なコンタクト抵抗が得られている電極であると言える。

【0048】

本発明においては、シリコン基板におけるキャリアライフタイムを高く維持するため、電極ペーストを 550°C 以下の温度で焼成することから、従来のように 700°C 前後で電極ペーストの焼成を行なった場合と比べて、太陽電池セルの電極の抵抗率が高くなってしまふ。電極ペーストの金属粉末以外の成分がすべて有機成分である電極ペーストである場合には、電極ペーストを 550°C 以下という低温で焼成することによって、十分に低い抵抗率を示す電極が得られるが、シリコン基板との良好なコンタクトが得られない。

【0049】

シリコン基板との良好なコンタクトを得るためにはガラスフリットを電極ペーストに含有させる必要があるが、 550°C 以下といった低温焼成で低融点のガラスフリットを用いた場合でも、ガラスフリットが十分に溶融せず、金属粉末同士の接触を阻害することで電極の抵抗率は高くなるものと思われる。

【0050】

ここで、配線基板を用いずに太陽電池セルの電極のみで、太陽電池セルのシリコン基板の両端部で集電するパターンの電極にて、当該電極を 450°C と 650°C でそれぞれ焼成して形成したときの太陽電池セルの特性を比較した。太陽電池セルの特性は、図7(a)および図7(b)に示すように、p電極7、n電極8の集電電極(図7(a)の上下方向に伸びるp電極7およびn電極8の部分)にインターコネクタ19を接続し、4端子法により行なった。このとき、 450°C と 650°C の両焼成温度において、当該電極のシリコ

10

20

30

40

50

ン基板に対するコンタクト抵抗は $50\text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であることを確認している。また、太陽電池セルの電極のパターンは同じであり、電極の抵抗を極力小さくするために、p電極7とn電極8との間のスペースをp電極7とn電極8とが接触しない程度に最小とすることで、電極幅をそれぞれ約 $300\text{ }\mu\text{m}$ と大きくとり、電極の厚みも $20\text{ }\mu\text{m}$ とスクリーン印刷で可能な限り高く形成した。この太陽電池セルの裏面の面積は 105 cm^2 であり、フィンガー電極（図7（a）の左右方向に伸びるp電極7およびn電極8の部分）は 1 mm ピッチで形成されており、フィンガー電極の長さは 10 cm である。また、コンタクトホールはライン状で、その幅は $100\text{ }\mu\text{m}$ で、長さは 10 cm である。このときの太陽電池セルの短絡電流密度（ J_{sc} ）は約 $37\text{ mA}/\text{cm}^2$ であった。

【0051】

表1に、太陽電池セル1枚当たりの特性、電極の抵抗率を示す。

【0052】

【表1】

焼成温度	短絡電流密度 $J_{sc}(\text{mA}/\text{cm}^2)$	開放電圧 $V_{oc}(\text{V})$	F.F	変換効率 $\text{Eff}(\%)$	電極の 抵抗率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
650℃	36.49	0.640	0.763	17.82	8.7×10^{-6}
450℃	37.26	0.646	0.726	17.46	1.7×10^{-5}

【0053】

表1に示すように、電極ペーストを 450°C で焼成した場合と 650°C で焼成した場合とで、電極の抵抗率 ρ は約2倍の差があり、この差がF.Fの差になって表われている。

【0054】

また、上記のようにして作製した太陽電池セルを、図8（a）～図8（c）に示すように、太陽電池セルの電極と同形状の配線を形成した配線基板上に設置して、作製した太陽電池の特性を4端子法により測定した結果を表2に示す。

【0055】

【表2】

焼成温度	短絡電流密度 $J_{sc}(\text{mA}/\text{cm}^2)$	開放電圧 $V_{oc}(\text{V})$	F.F	変換効率 $\text{Eff}(\%)$
650℃	36.44	0.639	0.775	18.05
450℃	37.12	0.647	0.771	18.53

【0056】

ここで、配線基板の配線には銅箔を用い、抵抗が十分に小さくなるように設計しているため、太陽電池セルを配線基板上に設置することによって、太陽電池セルの電極の抵抗は無視することができる。

【0057】

したがって、表2に示すように、表1に示された電極ペーストを 450°C で焼成して電極の抵抗率 ρ が高かった太陽電池セルは配線基板上に設置することによって、電極による抵抗損失が解消され、F.Fが0.771と大幅に改善した。

【0058】

また、表2に示すように、電極ペーストを 650°C で焼成して電極を形成し、電極の抵抗率 ρ が低かった太陽電池セルを用いた場合でもF.Fが改善していることが確認され、 650°C の焼成でも電極の抵抗が十分に低くなっていないことがわかった。

【0059】

10

20

30

40

50

このように450℃の焼成で電極の抵抗が大きい場合であっても、シリコン基板とのコンタクト抵抗が低い場合には、配線基板を利用することで高いF.Fを得ることが可能となる。上記で用いた太陽電池セルは10cm角程度の大きさであったが、さらに太陽電池セルが大型化する場合、太陽電池セルの両端で集電する方法では電極の抵抗の影響が大きくなり、650℃の焼成でもF.Fが大きく低下することが予想される。しかしながら、この場合でも配線基板を利用する上記の方法では、配線基板の配線、たとえば銅箔を厚くすることで容易に対応可能である。一方、従来のように、電極の厚みを厚くする方法ではスクリーン印刷で電極を厚く形成することは技術的に難しいだけでなく、銀ペーストなどの高価な電極ペーストを大量に使用することになり、材料費が非常に高くなってしまう。

【0060】

また、上記の方法のように太陽電池セルで発生した電流を太陽電池セルの電極を経由して配線基板に集電する場合には、従来のように太陽電池セルの電極の厚みが厚いと電極の抵抗による損失が発生する傾向にある。そのため、太陽電池セルの電極は薄ければ薄いほどよいが、太陽電池セルの裏面に絶縁性のパッシベーション膜が形成されている場合には、配線基板の配線と確実に接続するために、太陽電池セルの電極の厚みはパッシベーション膜の厚み以上であることが好ましい。

【0061】

また、太陽電池セルの電極の厚みは薄い方が好ましいが、上記のように太陽電池セルの電極の厚みが20μmである場合でも配線基板によるF.F向上の効果が得られたことから、太陽電池セルの電極の厚みは20μm以下であることが好ましい。

【0062】

さらに、電極ペーストを650℃で焼成して電極を形成した場合と比べて、450℃で焼成した場合の方が太陽電池の短絡電流密度と開放電圧が高くなっている。これは、電極ペーストの焼成温度を低くしたことでシリコン基板におけるキャリアライフタイムの低下を防ぐことができたためであり、結果として、電極ペーストを650℃で焼成した場合よりも450℃で焼成した場合の方が高い変換効率を有する太陽電池が得られた。

【0063】

従来太陽電池の電極は、シリコン基板からの電流の取り出しと収集という2つの役割を担っていたため、上記のように短絡電流密度および開放電圧の改善を狙って電極ペーストの焼成温度を低くした場合には、電極の抵抗が高くなってしまい、結果として太陽電池の変換効率を低下することがあった。

【0064】

しかしながら、本発明のように、シリコン基板からの電流の取り出しを太陽電池セルの電極で行ない、取り出した電流の収集を配線抵抗が十分低くなるように配線が設計された配線基板で行なうことによって、太陽電池セルの電極とシリコン基板のコンタクト抵抗が70mΩ・cm²以下、より好ましくは50mΩ・cm²以下である場合には、電極の抵抗によらず、F.Fが0.75以上の太陽電池が得られ、結果として高い変換効率の太陽電池および太陽電池モジュールが得られる。

【0065】

また、本発明においては、太陽電池セルの電極はシリコン基板と良好なコンタクトが得られればよいので、従来のように電極を厚く形成する必要がなく（抵抗成分となるため電極は薄い方が好ましい）、電極材料の使用量を大幅に低減することができることから、材料コストを低減することができる。

【0066】

さらに、本発明においては、電極ペーストを厚く印刷する必要がないため、電極ペーストの印刷方法として一般的であったスクリーン印刷のほか、インクジェット印刷やオフセット印刷、凸版印刷、凹版印刷など様々な印刷法を使用することができるため、より高精度なパターンの電極を形成することもできる。

【0067】

（実施の形態2）

10

20

30

40

50

以下に、図 6 (a) ~ 図 6 (e) の模式的断面図を参照して、本発明の太陽電池モジュールの製造方法の他の一例について説明する。

【0068】

まず、図 6 (a) に示すように、たとえば p 型のシリコン基板 1 の裏面に p 型不純物を拡散させることにより形成した p+層 3 および n 型不純物を拡散させることにより形成した n+層 4 を形成する。また、シリコン基板 1 の裏面には p+層 3 の表面の一部が露出するとともに、n+層 4 の表面の一部が露出するように形成された開口部であるコンタクトホールを有するパッシベーション膜 5 を形成する。また、シリコン基板 1 の受光面には反射防止膜 2 を形成する。ここで、上記の反射防止膜 2、p+層 3、n+層 4 およびパッシベーション膜 5 はそれぞれ従来から公知の方法により形成することができる。

10

【0069】

また、この例においても、p+層 3 および n+層 4 はそれぞれ図 6 (a) の紙面の表側から裏側に向かって直線状に伸びるライン状に交互に配置されているが、この構成に限定されるものではない。

【0070】

また、パッシベーション膜 5 が備えているコンタクトホールは、p+層 3 上および n+層 4 上にそれぞれ、たとえばドット状またはライン状などの形状に形成することができる。コンタクトホールは、たとえば、パッシベーション膜 5 をエッチング可能なペーストをコンタクトホールの形状にパッシベーション膜 5 上に印刷し、加熱することによって簡単に形成することができる。

20

【0071】

次に、図 6 (b) に示すように、パッシベーション膜 5 のコンタクトホール上に、電解めっき、無電解めっきまたは真空蒸着のいずれかにより太陽電池セルの p 電極 7 a および n 電極 8 a を形成する。このとき、電極 (p 電極 7 a および n 電極 8 a) の主成分は、Ag、Ni、Cu、または Al であることが好ましい。

【0072】

従来、電解めっき、無電解めっきまたは真空蒸着は、太陽電池セルの電極の形成方法として用いられていなかった。その理由の 1 つとしては、電極の成長速度が遅く、電極の形成に時間がかかることが挙げられる。

【0073】

しかしながら、本発明においては、太陽電池セルの電極を厚く形成する必要はなく、シリコン基板との良好なコンタクトさえ得られれば、太陽電池セルの電極は薄い方が有利となるため、電解めっき、無電解めっきまたは真空蒸着により電極を形成することが可能となる。

30

【0074】

すなわち、従来の太陽電池セルの電極は、電極の抵抗を低く抑える必要があるため、数十 μm 程度の厚さを必要としていたが、この程度の厚さの電極を電解めっき、無電解めっきおよび真空蒸着によって形成する場合には、電極の形成速度は数 nm ~ 数 μm / 分程度となるため、少なくとも 10 分以上必要となる。

【0075】

一方、本発明においては、太陽電池セルの電極の厚さは薄い方が好ましいため、たとえば 1 μm 以下に薄くすることができ、太陽電池セルの電極の形成時間を数分以下と短くすることができるとともに、電極材料の使用量も低減することができる。ただし、この場合においても、配線基板の配線と良好な接続を得るために、太陽電池セルの電極の厚さは、太陽電池セルの裏面にパッシベーション膜 (絶縁膜) が形成されているときには、パッシベーション膜 (絶縁膜) 以上の厚さであることが好ましい。

40

【0076】

特に、無電解めっきは、電解めっきに比べて電極の形成速度は遅いが、めっき液にシリコン基板を浸漬させるだけで p 電極 7 a および n 電極 8 a の形成が可能であり、また真空蒸着のように真空プロセスを含まないため、電極の形成を簡単に行なうことができる点で

50

好ましい。

【0077】

ここで、無電解めっきは、たとえば従来から公知の方法で行なうことができるが、たとえば、Niを主成分とするめっき液を80℃程度に加熱し、そのめっき液に図6(a)のようなコンタクトホールを形成したシリコン基板を約3分間浸漬させることによって、図6(b)のようにシリコン基板の露出した部分に0.3μm程度の厚さのNi層からなるp電極7aおよびn電極8aを形成することができる。このとき、太陽電池セルの裏面のパッシベーション膜は0.1μmの厚さで製膜されていた。また、電極の成長を促進する目的で、めっき液に浸漬する前に触媒処理をしてもよい。

【0078】

上記の方法により、太陽電池セルの電極を形成した後にシリコン基板とのコンタクトを良好なものとするためにたとえば300℃～500℃程度の温度でアニールすることが好ましい。アニールの雰囲気は特に限定されないが、たとえば水素と窒素との混合ガス雰囲気とすることができる。このように、太陽電池セルの電極を形成することで、シリコン基板とのコンタクト抵抗が70mΩ・cm²以下、好ましくは50mΩ・cm²以下の電極とすることができる。

【0079】

次に、図6(c)に示すように、太陽電池セルのp電極7aおよびn電極8aにそれぞれ対応したp配線9およびn配線10を備えた配線基板上に、p電極7aがp配線9上に設置され、n電極8aがn配線10上に設置されるようにして太陽電池セルを設置する。これにより、本発明の太陽電池が作製される。

【0080】

ここで、p電極7aとp配線9との電氣的接続およびn電極8aとn配線10との電氣的接続はそれぞれ、たとえば半田または導電性接着剤などの接続材料により行なってもよく、これらの接続材料を用いずに後の封止材による封止工程での真空圧着を利用して物理的な圧着のみで行なってもよい。

【0081】

また、本発明において、太陽電池セルの電極は、配線基板の配線への良好なコンタクトが得られればよいため、電極材料の使用量を低減する観点から、太陽電池の特性に影響を与えない範囲で、太陽電池セルの電極の表面の面積は小さい方がよい。

【0082】

一方、配線基板の配線は、太陽電池セルから収集した電流を集電するために直列抵抗を十分に小さくする観点から、配線基板の配線の表面の面積は大きい方がよい。したがって、たとえば、図4の模式的断面図に示すように、太陽電池セルの電極の幅D2よりも配線基板の配線の幅D1の方が広いことが好ましい。

【0083】

次に、図6(d)に示すように、配線基板上に設置した太陽電池セルを透光性封止材13、ガラスなどの透光性部材12および耐候性基材14により封止する。

【0084】

最後に図6(e)に示すように、端子ボックス15および枠16を取り付けることによって本発明の太陽電池モジュールが完成する。このように太陽電池モジュールを作製することによってF/Fが0.75以上の本発明の太陽電池モジュールとすることができる。

【0085】

このように、本発明によれば、配線基板に集電機能を担わせることによって、太陽電池セルの電極はシリコン基板との良好なコンタクトを得るだけでよいため、材料費の低減、太陽電池の特性向上および製造時間の短縮などを行なうことが可能となる。

【0086】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれるこ

10

20

30

40

50

とが意図される。たとえば、本実施例においては、配線基板の配線は太陽電池セルの電極すべてを覆うような形状となっていたが、F．Fが低下しない範囲で太陽電池セルの電極の先端が配線基板の配線よりも長い形状となるなど、一部接触しない部分があってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0087】

本発明によれば、電極の抵抗を低く抑えて特性を向上させることができる太陽電池、太陽電池の製造方法および太陽電池モジュールを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0088】

10

【図1】(a)～(e)は、本発明の太陽電池モジュールの製造方法の一例を図解する模式的な断面図である。

【図2】(a)～(c)は、本発明に用いられる太陽電池セルの電極のパターンの一例を示す模式的な平面図である。

【図3】本発明に用いられる配線基板の一例の模式的な平面図である。

【図4】本発明の太陽電池の一例の模式的な断面図である。

【図5】本発明に用いられる太陽電池セルのF．Fと電極のコンタクト抵抗との相関を示す図である。

【図6】(a)～(e)は、本発明の太陽電池モジュールの製造方法の他の一例を図解する模式的な断面図である。

20

【図7】(a)および(b)は、太陽電池セルの特性を測定する方法の一例を図解する模式図であり、(a)は太陽電池セルの電極にインターコネクタを接続する前の模式的な平面図であり、(b)は太陽電池セルの電極にインターコネクタを接続した後の模式的な断面図である。

【図8】(a)～(c)は、太陽電池の特性を測定する方法の一例を図解する模式図であり、(a)は配線基板が接続される前の太陽電池セルの模式的な平面図であり、(b)は太陽電池セルに接続する前の配線基板の模式的な平面図であり、(c)は(b)に示す配線基板が(a)に示す太陽電池セルに接続された後の太陽電池の模式的な断面図である。

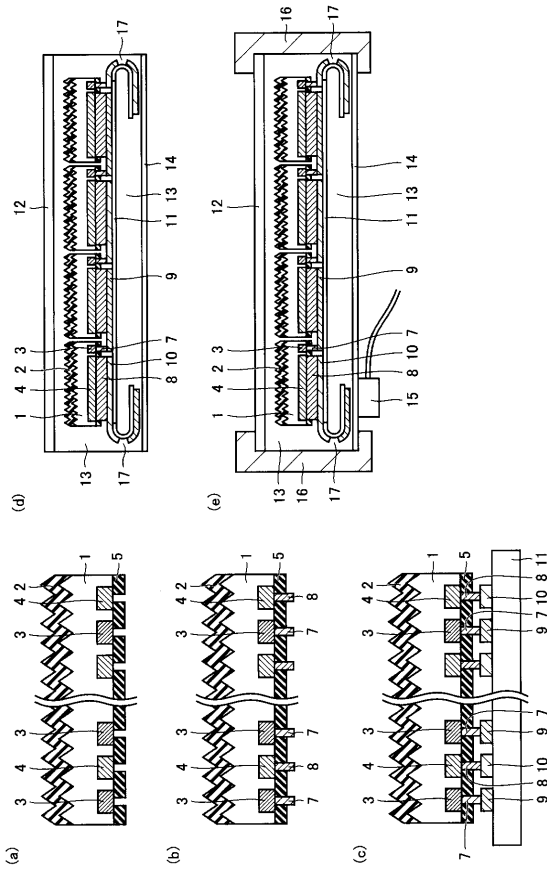
【符号の説明】

【0089】

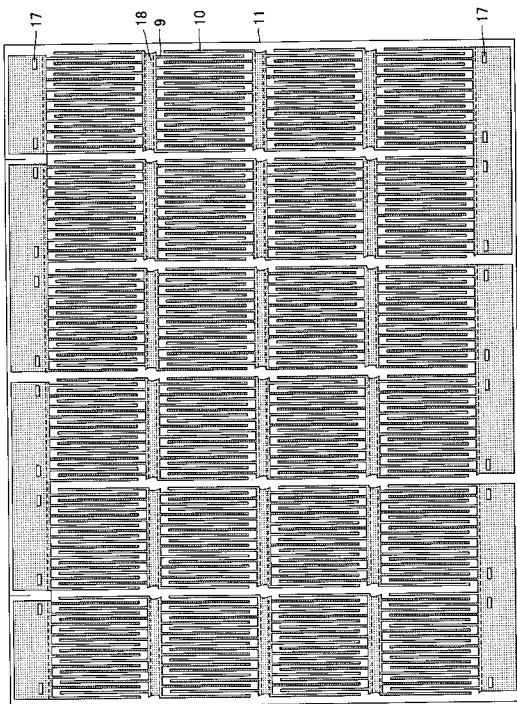
30

1 シリコン基板、2 反射防止膜、3 p+層、4 n+層、5 パッシベーション膜、7, 7a p電極、8, 8a n電極、9 p配線、10 n配線、11 絶縁性基材、12 透光性部材、13 透光性封止材、14 耐候性基材、15 端子ボックス、16 枠、17 スリット、18 接続用配線、19 インターコネクタ。

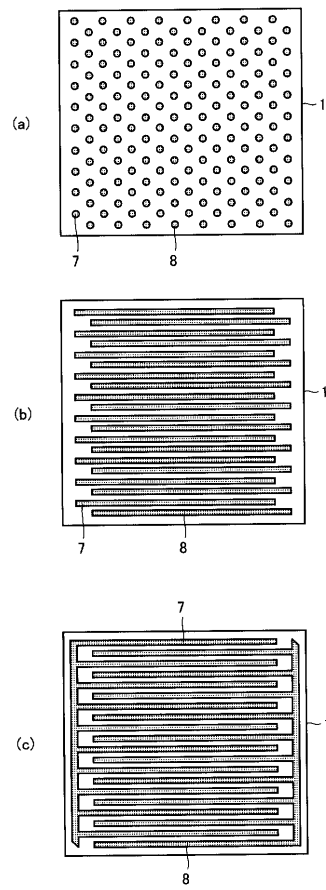
【図 1】



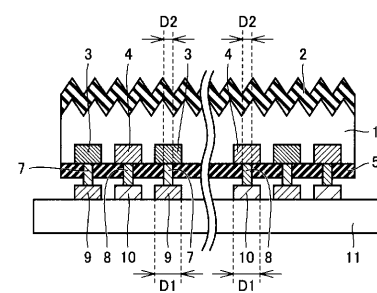
【図 3】



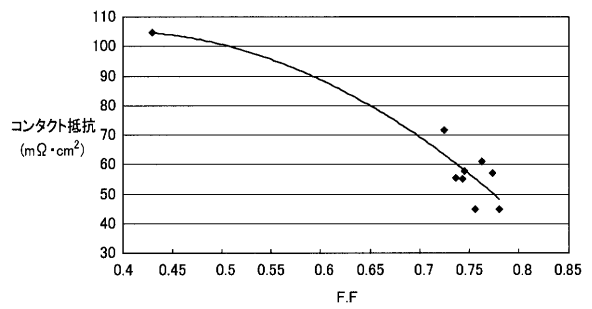
【図 2】



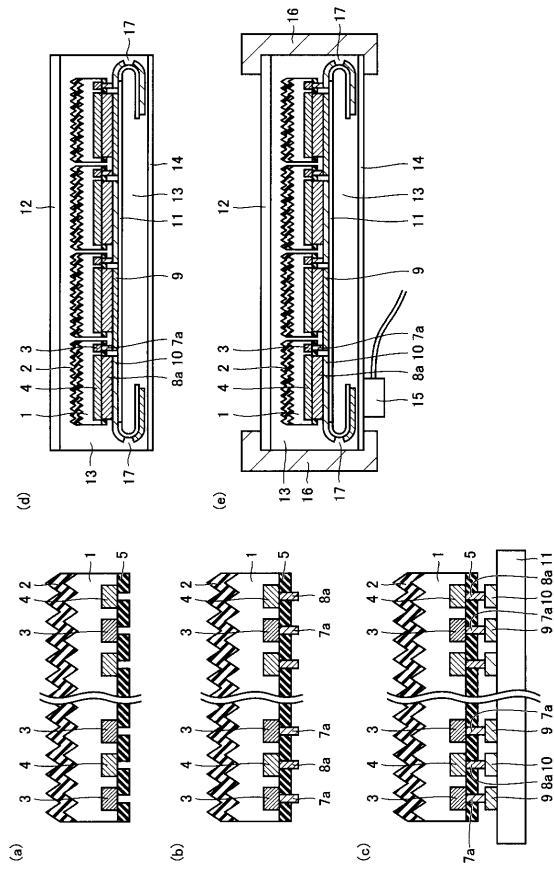
【図 4】



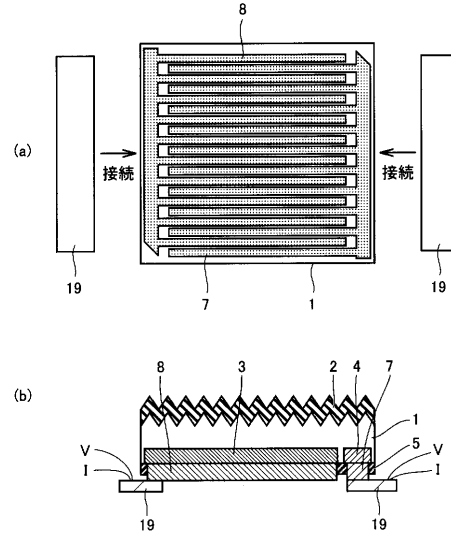
【図 5】



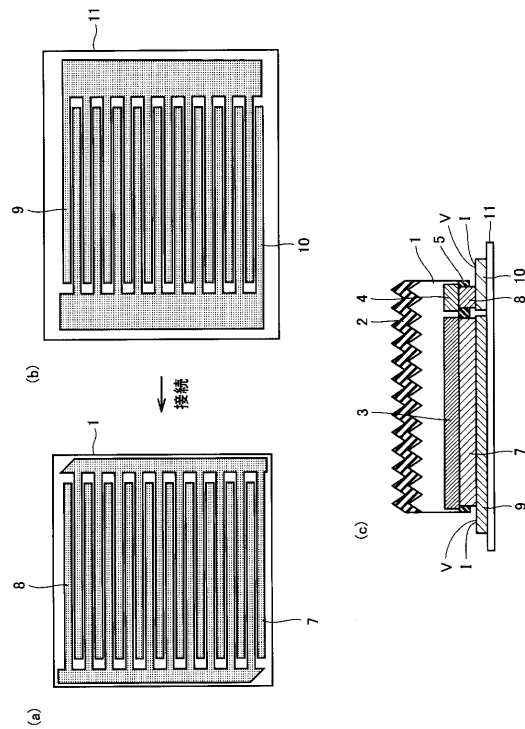
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 船越 康志

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5F051 AA02 CB20 DA03 EA04 FA06 FA10 FA15 FA16 GA04