# 明　細　書

## 発明の名称 ： 太陽電池及び太陽電池モジュール

## 技術分野

[0001] 本発明は、安価で高効率な太陽電池及び太陽電池モジュールに関する。

## 背景技術

[0002] 単結晶や多結晶シリコン基板を用いた一般的な量産型太陽電池の概観を図１に示す。この太陽電池は、シリコン基板１０１に不純物を高濃度拡散して拡散層１０２を形成すると同時にｐｎ接合が形成され、受光面の電極として、取出し電極１０４とよばれる数百～数十μｍ幅の電極を多数有し、また、取出し電極を集約し太陽電池セルを連結するための電極として集電極１０５を数本有する。この電極の形成方法としては、コストの面からＡｇ等の金属微粒子を有機バインダーに混ぜた金属ペーストをスクリーン版などを用いて印刷し、数百度で熱処理を行って基板と接着する方法が広く用いられている。また受光面の反対面には、受光面と逆極性となる裏面電極１０６が、ＡＩ等の金属微粒子を有機バインダーに混ぜた金属ペーストのスクリーン印刷と７００～８５０℃程度での焼成により形成される。光が太陽電池に入射する領域にはより効率よく光を取り込むための反射防止膜１０３が形成されている。反射防止膜は化学気相堆積などで形成されるシリコン窒化膜などが広く用いられる。

[0003] 反射防止膜に用いる材料の更に重要な機能として、シリコン表面の終端化がある。結晶内部のシリコン原子は隣接する原子同士で共有結合し、安定な状態にある。しかしながら、原子配列の末端である表面では結合すべき隣接原子が不在となることで、未結合手又はダングリングボンドといわれる不安定なエネルギー準位が出現する。ダングリングボンドは電気的に活性であるため、シリコン内部で光生成された電荷を捕らえて消滅させてしまい、太陽電池の特性が損なわれる。この損失を抑制するため、太陽電池では何らかの表面終端化処理を施してダングリングボンドを低減している。

[0004] 一方、金属とシリコンが接触する界面では、ダングリングボンドが終端化されず、キャリアの再結合速度が非常に大きいことが知られている。即ち、シリコン表面には光生成したキャリアを取り出すための電極を接触させる必要があるが、このシリコン／電極界面は太陽電池特性の大きな損失要素になっている。そのため、高効率太陽電池ではシリコンと電極の接触面積を最小限にする工夫が試みられている。具体的には、ナロー接触型やポイント接触型などの構造である。これらの構造を作る場合、フォトリソグラフィー（例えば、Ｊ．Ｋｎｏｂｌｏｃｈ，Ａ．Ｎｏｅｌ，Ｅ．Ｓｃｈａｆｆｅｒ，Ｕ．Ｓｃｈｕｂｅｒｔ，Ｆ．Ｊ．Ｋａｍｅｒｅｗｅｒｄ，Ｓ．Ｋｌｕｓｓｍａｎｎ，Ｗ．Ｗｅｔｔｌｉｎｇ，Ｐｒｏｃ．ｔｈｅ２３ｒｄＩＥＥＥＰｈｏｔｏｖｏｌｔａｉｃＳｐｅｃｉａｌｉｓｔｓＣｏｎｆｅｒｅｎｃｅ，ｐ．２７１，１９９３．）やエッチングペースト印刷によりパッシベーション膜を部分的に除去してシリコンを露出させ、その上から金属の蒸着又は印刷などを行う。また別の方法では、パッシベーション膜上に金属膜を形成し、その上からレーザー光を点状に照射することによって金属を加熱し、パッシベーション膜を貫通させることでシリコン／電極接触を形成する（例えば、Ｓ．Ｗ．Ｇｌｕｎｚ，Ｒ．Ｐｒｅｕ，Ｓ．Ｓｃｈａｅｆｅｒ，Ｅ．Ｓｃｈｎｅｉｄｅｒｌｏｃｈｎｅｒ，Ｗ．Ｐｆｌｅｇｉｎｇ，Ｒ．Ｌｕｄｅｍａｎｎ，Ｇ．Ｗｉｌｌｅｋｅ，Ｐｒｏｃ．ｔｈｅ２８ｔｈＩＥＥＥＰｈｏｔｏｖｏｌｔａｉｃＳｐｅｃｉａｌｉｓｔｓＣｏｎｆｅｒｅｎｃｅ，ｐ．１６８，２０００．）。

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、ナロー接触型やポイント接触型の形成は工程数のみならず、パターニングのためにレジスト材料やエッチングペーストなどが新たに必要になることからコスト高であり、パッシベーションの効果による利得を十分に得ることができない。またレーザーを使用する方法は装置が高価であり、また金属膜の形成に蒸着などの煩雑な工程が必要になるので、やはりコス

ト的メリットが低減されてしまう。

[0006] 本発明は、上記事情に鑑みなされたもので、電極／シリコン界面での電荷損失が少なく、短絡電流、開放電圧が改善されて、太陽電池特性の向上した、コスト的に安価に製造することができる太陽電池及び太陽電池モジュールを提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、上記目的を達成するため、下記太陽電池及び太陽電池モジュールを提供する。

［１］：

少なくともｐｎ接合をもつ結晶シリコン基板上にパッシベーション膜が形成され、導電性ペーストの印刷と熱処理の工程を経て電極が形成される太陽電池において、光生成されたキャリアをシリコン基板から取出す取出し電極がシリコン基板に接触するように形成される第１電極と、前記第１電極で集められたキャリアを集める集電極が前記第１電極に接触するように形成される第２電極とを有し、前記第２電極とシリコン基板が、少なくとも第１電極と第２電極の接触点以外において部分的にしか又は全く接していないことを特徴とする太陽電池。

［２］：

前記第１電極と前記第２電極が接触する部分の面積を除いた第２電極とシリコン基板の非接触部の面積割合が、第２電極の幅と総延長で決まる面積から第１電極と該第２電極が接触する部分の面積を除いた面積に対して２０％以上である［１］記載の太陽電池。

［３］：

前記第１電極は、第２電極と部分的に接触しているか、又は全体が重なり合っている［１］又は［２］記載の太陽電池。

［４］：

前記第１電極は、Ｂ、Ａｌ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｉｎ、Ｓｂの単体又は化合物を含有する導電性ペーストで形成され、前記シリコン基板の該電極下部分

に該元素が高濃度に拡散された領域を有する［１］～［３］のいずれかに記載の太陽電池。

［５］：

前記パッシベーション膜は、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、酸化チタンのいずれか又はその組み合わせからなる［１］～［４］のいずれかに記載の太陽電池。

［６］：

前記第１電極と前記第２電極の組み合わせでなる集電極が、太陽電池の受光面又は非受光面あるいはその両方に形成されている［１］～［５］のいずれかに記載の太陽電池。

［７］：

［１］～［６］のいずれかに記載の太陽電池を電気的に接続してなることを特徴とする太陽電池モジュール。

## 発明の効果

[0008] 集電極とシリコンの間にパッシベーション膜を完全又は部分的に残すことにより、電極／シリコン界面での電荷損失を低減させ、短絡電流、開放電圧が改善されて、太陽電池特性を向上させることができる。また、工程は従来のスクリーン印刷技術などで実現可能であり、コスト削減に極めて有効である。

## 図面の簡単な説明

[0009] [図1]従来技術による、一般的な太陽電池の構造を示した概略斜視図である。

[図2]本発明に係る、一般的な太陽電池の構造の一例を示した概略斜視図である。

[図3]本発明に係る、一般的な太陽電池の構造の他の例を示した概略斜視図である。

[図4]（ａ）～（ｃ）はそれぞれ本発明の電極形成に用いる印刷製版の例を示した平面図で、（ａ）は取出し電極のみのパターン、（ｂ）は集電極のみの

パターン、（ｃ）は取出し電極と集電極の両方がパターニングされた例を示す。

[図5]本発明に係る、太陽電池特性への影響を示したグラフである。

[図6]本発明に係る、ガラスフリット添加量の影響を示したグラフである。

[図7]本発明に係る、電極下におけるパッシベーション面積を説明した図である。

## 発明を実施するための形態

[0010] 図２は、本発明の一実施例を示す太陽電池であり、この太陽電池は、シリコン基板２０１に不純物を高濃度拡散して拡散層２０２を形成すると同時にｐｎ接合が形成され、これによって少なくともｐｎ接合をもつシリコン基板２０１上にパッシベーション膜２０３が形成され、導電性ペーストの印刷と熱処理の工程を経て電極が形成される太陽電池であって、光生成されたキャリアをシリコン基板から取出す取出し電極がシリコン基板に接触するように形成される第１電極２０４と、第１電極２０４で集められたキャリアを集める集電極が第１電極２０４に接触するように形成される第２電極２０５とを有し、少なくとも第２電極２０５と高濃度拡散層２０２が、第１電極２０４と第２電極２０５の接触点以外において部分的にしか又は全く接していないことで、第２電極２０５下におけるシリコン表面パッシベーションが可能となる。なお、２０６は裏面電極である。

[0011] この場合、前記第１電極と前記第２電極が接触する部分の面積を除いた第２電極とシリコン基板の非接触部の面積割合が、第２電極の幅と総延長で決まる面積から第１電極と該第２電極が接触する部分の面積を除いた面積に対して２０％以上、特に４０～１００％であることが好ましい。

[0012] また、前記第２電極は、前記第１電極に用いる導電性ペーストのガラスフリット含有割合よりも少ないガラスフリット含有量の導電性ペーストで形成されることが好ましく、前記第２電極は、ガラスフリット含有量が少なくとも２質量％以下、好ましくは１質量％以下である導電性ペーストで形成されることが好ましく、０質量％でもよい。

この場合、第１電極に用いる導電性ペーストのガラスフリット含有量は、８～２０質量％、特に８～１０質量％とすることが好ましい。８質量％より少ないと高濃度拡散層との接触が不十分になり、電気抵抗が増加して太陽電池の特性が低下することがある。また２０質量％より多いと電気的に絶縁物であるガラス成分が過剰になり、電極自体の導電率が低下したり、電極と高濃度拡散層の間にガラス成分が過剰に入り込んだりして電気抵抗が増加して太陽電池の特性が低下することがある。

[0013] 図２の太陽電池は、第１電極２０４が第２電極２０５と部分的に接触されているものであるが、図３に示すように、第１電極３０４全体を第２電極３０５と重なり合うように形成することができる。なお、図３において、３０１はシリコン基板、３０２は高濃度拡散層、３０３はパッシベーション膜であり、３０６は裏面電極である。

[0014] 前記第１電極は、Ｂ、Ａｌ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｉｎ、Ｓｂの単体又は化合物を含有する導電性ペーストで形成され、前記シリコン基板の該電極下部分に該元素が高濃度に拡散された領域を有することが好ましい。

[0015] 前記第２電極の導電率は前記第１電極の導電率よりも高いことが好ましい。

[0016] なお、前記パッシベーション膜は、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、酸化チタンのいずれか又はその組み合わせからなることが好ましい。

[0017] 前記第１電極と前記第２電極の組み合わせでなる集電極が、太陽電池の受光面又は非受光面あるいはその両方に形成されていることが好ましい。

[0018] 本発明の太陽電池の作製方法の一例を以下に述べる。但し、本発明はこの方法で作製された太陽電池に限られるものではない。

[0019] 高純度シリコンにＢあるいはＧａのようなＩＩＩ族元素をドープし、抵抗率０．１～５Ω・ｃｍとしたアズカット単結晶｛１００｝ｐ型シリコン基板表面のスライスダメージを、濃度５～６０質量％の水酸化ナトリウムや水酸化カリウムのような高濃度のアルカリ、もしくは、フッ酸と硝酸の混酸など

を用いてエッチングする。単結晶シリコン基板は、ＣＺ法、ＦＺ法いずれの方法によって作製されてもよい。また、高純度シリコンにＰあるいはＳｂのようなＶ族元素をドープし、抵抗率０．１～５Ω・ｃｍとした単結晶｛１００｝ｎ型シリコン基板を用いても良い。さらに単結晶シリコンに限らず、キャスト法やリボン成長法などで得られる多結晶シリコン基板を用いることもできる。

[0020] 引き続き、基板表面にテクスチャとよばれる微小な凹凸形成を行う。テクスチャは太陽電池の反射率を低下させるための有効な方法である。テクスチャは、加熱した水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、テトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド等のアルカリ溶液（濃度１～１０質量%、温度６０～１００℃）中に１０～３０分程度浸漬することで容易に作製される。上記溶液中に、所定量の２－プロパノールを溶解させ、反応を制御することが多い。

[0021] テクスチャ形成後、塩酸、硫酸、硝酸、フッ酸など、もしくはこれらの混合液の酸性水溶液中で洗浄する。コスト的及び特性的観点から、塩酸中での洗浄が好ましい。清浄度を向上するため、塩酸溶液中に、０．５～５質量%の過酸化水素を混合させ、６０～９０℃に加温して洗浄してもよい。

[0022] この基板上に、オキシ塩化リンを用いた気相拡散法により高濃度拡散層を形成する。一方、ｎ型基板を使用する場合の高濃度拡散層は、臭化ホウ素の気相拡散などにより形成する。一般的なシリコン太陽電池は、ｐｎ接合を受光面側にのみ形成する必要があり、これを達成するために基板同士を２枚重ね合わせた状態で拡散したり、片面の拡散層をアルカリ水溶液などでエッチングしたりして、裏面にｐｎ接合ができないような工夫を施す必要がある。拡散後、表面にできたガラスをフッ酸などで除去する。

[0023] 次に、受光面の反射防止・パッシベーション膜を形成する。成膜には化学気相堆積装置を用い窒化シリコン膜などを約１００ｎｍ程度成膜する。反応ガスとして、モノシラン（$SiH_4$）及びアンモニア（$NH_3$）を混合して用いることが多いが、$NH_3$の代わりに窒素を用いることも可能であり、また、$H_2$

ガスによる成膜種の希釈やプロセス圧力の調整、反応ガスの希釈を行い、所望の屈折率を実現する。窒化シリコンに限らず、熱処理や原子層堆積などの方法による酸化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、酸化チタンなどを替わりに用いてもよい。

[0024] パッシベーション膜は、窒化シリコン膜に限られず、上述したように、酸化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、酸化チタン等やこれらの組み合わせでもよく、これらは常法によって成膜し得る。

[0025] 次いで、上記基板の受光面に、第１電極に該当する取出し電極のみを図４（ａ）に示すようなパターニングの製版でスクリーン印刷する。Ａｇ粉末とガラスフリットを有機バインダーと混合したＡｇペーストを印刷し、この後、熱処理によりシリコン窒化膜等のパッシベーション膜にＡｇ粉末を貫通させ、電極とシリコンを導通させる。なお、図４中、４０１は第１電極印刷パターンであり、４０２は第２電極印刷パターンである。

[0026] 第１電極とシリコン基板のオーミック接触をより低抵抗にして太陽電池の曲線因子を高めるためには、第１電極下のシリコン基板に高濃度の不純物拡散層を形成するとよい。第１電極用導電性ペーストにＢ、Ａｌ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｉｎ、Ｓｂの単体又は化合物を予め添加しておくことで、電極印刷後の焼成と同時にシリコン基板に高濃度拡散層を形成することが可能である。導電性ペーストへの不純物添加量は、導電性ペーストの組成により異なるが、金属とシリコンの仕事関数の関係から、一般的にはシリコン基板に形成される高濃度不純物拡散層における最大不純物濃度が２×１０$^{19}$ａｔｏｍｓ／ｃｍ$^{3}$以上、好ましくは５×１０$^{19}$ａｔｏｍｓ／ｃｍ$^{3}$以上になるように調整するのがよい。なお、その上限は２×１０$^{22}$ａｔｏｍｓ／ｃｍ$^{3}$である。

[0027] 第１電極を形成した上に、第２電極に該当する集電極をスクリーン印刷する。第２電極の製版は、図４（ｂ）に示すような集電極のみのパターンでもよいし、図４（ｃ）のように取出し電極と集電極両方のパターニングがされているものを使い、第１電極を重ね塗りしてもよい。後者の場合において、

第２電極の導電率を第１電極の導電率より高くすることにより、電極の抵抗損を低減させ、太陽電池の特性を更に改善することが可能である。

[0028] 第２電極用Ａｇペーストには、第１電極形成領域以外のパッシベーション膜を残すため、第１電極用Ａｇペーストに比べてパッシベーション膜の貫通性能が低くなるように添加物を調整したものを使う。

[0029] 導電性ペーストのパッシベーション膜貫通性能は、導電性ペースト中のガラスフリット含有量により制御が可能である。ガラスフリットには、Ｂ－Ｐｂ－Ｏ系、Ｂ－Ｓｉ－Ｐｂ－Ｏ系、Ｂ－Ｓｉ－Ｐｂ－Ａｌ－Ｏ系、Ｂ－Ｓｉ－Ｂｉ－Ｐｂ－Ｏ系、Ｂ－Ｓｉ－Ｚｎ－Ｏ系等のガラス材料を用いるのが好ましい。

[0030] 裏面電極は、Ａｌ粉末を有機物バインダーで混合したペーストをスクリーン印刷して形成する。印刷後、５～３０分間，７００～８５０℃の温度で焼成して、裏面電極と第２電極が形成される。裏面電極及び受光面電極の焼成は一度に行うことも可能である。また各面の電極を形成する順番は入れ替えてもよい。

また、電極の形成方法は、スクリーン印刷に限らず、ディスペンサーやエアゾル堆積などの方法でも可能である。

## 実施例

[0031] 以下、実験例と実施例及び比較例を示し、本発明を具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に制限されるものではない。

[0032] ［実験例］

〈第２電極下パッシベーション膜面積及び導電性ペーストのガラスフリット含有量の検討〉

第２電極下に残るパッシベーション膜の面積（即ち、該電極とシリコンの非接触面積）と太陽電池特性の関係を調べた。

Ａｇ粉末と有機バインダーとＢ－Ｐｂ－Ｏ系ガラスフリットとを混合して作製したペーストを、高濃度拡散層とその上にシリコン窒化膜（パッシベーション膜）を１００ｎｍ形成したシリコン基板上へ印刷し、焼成を行った。

このようにしてできた太陽電池セルから全ての電極を王水で溶解し、電極形成領域をダイシングで切り出し、評価試料とした。該試料両面にプローブを当て、受光面にエアマス１．５の擬似太陽光を照射し、開放電圧を測定した。

[0033] 図５は、電極下に残るパッシベーション膜の面積割合と開放電圧との関係を示す。該パッシベーション膜面積割合は導電性ペースト条件毎に６サンプルの平均値とし、開放電圧は平均値及び最大値と最小値をプロットした。

図５に示すように、電極下パッシベーション面積が２０％の付近から開放電圧の上昇率は鈍化し、４０％以上でほぼ飽和した。この結果から、第２電極下パッシベーション面積は、該電極面積に対して２０％以上、好ましくは４０％以上であることが好ましいといえる。

[0034] 図６は、上記検討に用いたＡｇペーストのガラスフリット含有量を横軸にとり、第２電極下に残るパッシベーション膜の面積割合を縦軸に示す。第２電極下パッシベーション面積が２０％及び４０％となるＡｇペーストのガラスフリット含有量はそれぞれ約２質量％及び１質量％であった。

[0035] なお、上記第２電極下におけるパッシベーション面積は、図７で説明される。

図７は、上記電極溶解後の太陽電池セルにおける第２電極形成領域の試料表面を模式的に示す。該パッシベーション面積は、第２電極形成領域７０１の内側において、第１電極と第２電極が重なる部分７０４を除いた面積（正味第２電極面積）から第２電極がパッシベーション膜７０５を貫通した部分７０２の総面積を引いた面積で定義される。

パッシベーション面積割合はパッシベーション面積と正味第２電極面積の比である。パッシベーション面積の測定は、デジタル撮像機による表面画像取得と、その画像処理などで可能である。

[0036] ［実施例、比較例］

本発明の有効性を確認するため、比較例として一般的な電極構造の太陽電池と、本発明の電極構造の太陽電池の発電性能比較を行った。

拡散厚さ２５０μｍ、比抵抗１Ω・ｃｍの、ボロンドープ｛１００｝ｐ型アズカットシリコン基板１００枚に対し、熱濃水酸化カリウム水溶液によりダメージ層を除去後、水酸化カリウム／２－プロパノール水溶液中に浸漬し、テクスチャ形成を行い、引き続き塩酸／過酸化水素混合溶液中で洗浄を行った。次に、オキシ塩化リン雰囲気下、８７０℃で裏面同士を重ねた状態で熱処理し、ｐｎ接合を形成した。拡散後、フッ酸にてリンガラスを除去し、純水洗浄の後、乾燥させた。

以上の処理の後、プラズマＣＶＤ装置を用いてシリコン窒化膜を受光面反射防止・パッシベーション膜として試料全面に形成した。

ここで、上記基板を５０枚ずつＡとＢに分けて受光面の電極印刷を行った。Ａには、第１電極と第２電極が同一スクリーンにパターニングされた製版（図４（ｃ））を使用し、第１電極と第２電極を同時に１回印刷し、乾燥した。Ｂには、第１電極のみがスクリーンにパターニングされた製版（図４（ａ））を使用し、第１電極のみを印刷し、乾燥した。ＡとＢで使用したＡｇペーストは同一のもので、Ｂ－Ｓｉ－Ｂｉ－Ｐｂ－Ｏ系ガラスフリットを３質量％添加し、更に高濃度拡散層形成のためリン化合物を３質量％添加したものを用いた。

[0037] 次に、全基板の裏側全面にＡｌペーストをスクリーン印刷し、乾燥した。

この後、７８０℃の焼成を空気雰囲気下に行い、Ａｇ電極にシリコン窒化膜を貫通させてシリコンと導通させると同時に、基板裏面のＡｌ電極をシリコンと導通させた。Ａは電極全面がシリコンと導通し、電極とシリコンの非接触面積が０％であった。一方、Ｂには第２電極を形成するため、図４（ｃ）の製版を使用し、第１電極と重なり合うように形成した。第２電極とシリコンの非接触面積が８０％になるようにガラスフリット添加量を調整し、かつ第１電極より高い導電率を持つように調合されたＡｇペーストをスクリーン印刷で塗付後、７５０℃の熱処理を空気雰囲気下で行い硬化させた。

ＡはＢと熱履歴を同じくするため、Ｂと同じ焼成炉において空気雰囲気下で７５０℃の熱処理を行った。

Ａ、Ｂ両者の太陽電池セルを、エアマス１．５の擬似太陽光を用いた電流電圧測定機で特性測定を行ったところ、表１に示すように、本発明を実施したＢの特性がＡの特性を優越する結果が得られた。

[0038] [表1]

| | 短絡電流 [mA／cm$^2$] | 開放電圧 [V] |
|---|---|---|
| A(従来) | 36.0 | 0.622 |
| B(本発明) | 36.2 | 0.629 |

# 請求の範囲

[請求項1] 少なくともｐｎ接合をもつ結晶シリコン基板上にパッシベーション膜が形成され、導電性ペーストの印刷と熱処理の工程を経て電極が形成される太陽電池において、光生成されたキャリアをシリコン基板から取出す取出し電極がシリコン基板に接触するように形成される第１電極と、前記第１電極で集められたキャリアを集める集電極が前記第１電極に接触するように形成される第２電極とを有し、前記第２電極とシリコン基板が、少なくとも第１電極と第２電極の接触点以外において部分的にしか又は全く接していないことを特徴とする太陽電池。

[請求項2] 前記第１電極と前記第２電極が接触する部分の面積を除いた第２電極とシリコン基板の非接触部の面積割合が、第２電極の幅と総延長で決まる面積から第１電極と該第２電極が接触する部分の面積を除いた面積に対して２０％以上である請求項１記載の太陽電池。

[請求項3] 前記第１電極は、第２電極と部分的に接触しているか、又は全体が重なり合っている請求項１又は２記載の太陽電池。

[請求項4] 前記第１電極は、Ｂ、Ａｌ、Ｇａ、Ｐ、Ａｓ、Ｉｎ、Ｓｂの単体又は化合物を含有する導電性ペーストで形成され、前記シリコン基板の該電極下部分に該元素が高濃度に拡散された領域を有する請求項１乃至３のいずれか１項記載の太陽電池。

[請求項5] 前記パッシベーション膜は、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコン、酸化アルミニウム、アモルファスシリコン、微結晶シリコン、酸化チタンのいずれか又はその組み合わせからなる請求項１乃至４のいずれか１項記載の太陽電池。

[請求項6] 前記第１電極と前記第２電極の組み合わせでなる集電極が、太陽電池の受光面又は非受光面あるいはその両方に形成されている請求項１乃至５のいずれか１項記載の太陽電池。

[請求項7] 請求項１乃至６のいずれか１項に記載の太陽電池を電気的に接続してなることを特徴とする太陽電池モジュール。