

明 細 書

発明の名称：バックコンタクト型太陽電池セル

技術分野

[0001] 本発明は、バックコンタクト型太陽電池に関する。

背景技術

[0002] 従来から主流の太陽電池は、たとえば単結晶または多結晶のシリコン基板の受光面にシリコン基板の導電型と反対の導電型となる不純物を拡散することによってp-n接合を形成し、シリコン基板の受光面とその反対側にある裏面にそれぞれ電極を形成して製造されてきた。

[0003] この主流のシリコン太陽電池は、いずれも受光面に金属からなる表電極（多くはバスバー及びフィンガーと呼ばれる金属電極からなる）を有している。これら表電極は入射する太陽光を遮るため、太陽電池の出力をロスするという問題があった。

[0004] そこで、シリコン基板の受光面には電極を形成せずに、シリコン基板の裏面のみに電極を形成するいわゆるバックコンタクト型太陽電池が開発されている。受光面に電極がないバックコンタクト型太陽電池は、電極によるシャドウロスがなく、入射してくる太陽光を100%太陽電池に取り込むことができるため、原理的に高効率の実現可能である。

[0005] このバックコンタクト型太陽電池の受光面に太陽光が入射すると、シリコン基板の受光面近傍で生じたキャリアがバックコンタクト型太陽電池の裏面に形成されたp-n接合まで到達し、フィンガーp型電極およびフィンガーn型電極に収集されて外部に取り出される。

[0006] 図1に一般的な太陽電池の電極構造を示す。電極にはフィンガー部102とバスバー部103がある。フィンガー部102は、太陽電池から発生した光電流を抵抗損失なく効率よく収集することを目的として形成されている集電電極である。バスバー部103は、フィンガー部102を通して電流を集め、タブ線の下地になる役割をする。図2は一般的な太陽電池セルの受光面

にタブ線をつけた場合の、電流の流れを示している。図2に示すようにシリコン基板201内で発生した電子は近接のフィンガー202に集電され、さらに近接のバスバー203に電流が流れ、タブ線204を介して電力として取り出される。前述のようにバスバーはフィンガーに集電された電流を集める役割があるため、なるべく多くのフィンガーと接続されることが望ましい。また、図3(a)に示すようにフィンガー301からバスバー302の電流303と平行して、前記フィンガー301直下の拡散層304にも少なからず電流が流れている。仮に図3(b)に示すようにフィンガー301が極小領域で断線していたとしても、電流は拡散層を通るため、電流が発生した箇所からバスバーまでの抵抗ロスは小さい。

[0007] フィンガー電極は、断面積が小さくなると、直列抵抗が大きくなり出力を多く損失するため、断面積は大きくなるように設計される。すなわち電極高さを高くする、あるいは電極幅を広くするように設計される。しかし、前者には複数回の工程や長時間処理を要する上に限度があり、後者は直列抵抗値を低減できる代わりに受光面積減少や表面パッシベーション悪化を招き、結果として太陽電池の出力を低下させてしまうことが多く、それぞれ現在の技術では太陽電池の高出力化方法として頭打ちとなっている。

[0008] 直列抵抗を低減する方法としては、フィンガーの断面積を大きくする他にもフィンガー長さを短縮することが挙げられる。図4に一般的なバックコンタクトセルの裏面電極構造を示す。バックコンタクト型太陽電池は両面に電極が形成されている一般的な太陽電池と比較してフィンガー長さが長く、十分に改良の余地がある。

[0009] フィンガー長さを短縮するために、導電型領域とその上に形成される導電型電極を断片化させることで基板領域内部にもバスバーを形成できるバックコンタクト型太陽電池が開示されている（特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：再表2009-025147号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、特許文献1のバックコンタクト型太陽電池においては、断片化されたバスバーのうち少なくとも2本は、当該バスバーの長手方向における基板の両端付近に設置されており、このような基板端のバスバーはフィンガーと片側しか接続されていないため、バスバーを多く設けられる構成であるにもかかわらず、バスバー1本に対して集電できるフィンガーの数は少なく、バスバーが十分に生かされていなかった。

[0012] 上記の事情に鑑みて、本発明の目的は特性を向上させることができるとともに、バスバーの位置取りに自由度があり、比較的容易に製造可能なバックコンタクト型太陽電池を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明に係る太陽電池は、半導体基板と、半導体基板の受光面側とは反対側の裏面側に形成された第一の導電型領域と、半導体基板の裏面側に形成された第二の導電型領域と、第一の導電型領域の上に略直線状に形成された第一の導電型集電電極と、第二の導電型領域の上に略直線状に形成された第二の導電型集電電極とを備え、第一の導電型領域と第二の導電型領域とは交互に配列され、第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極は、不連続箇所を有し、当該不連続箇所は、第一の導電型領域と第二の導電型領域とが交互に配列される配列方向において、導電型ごとに略一直線上に並ぶように設けられる。

[0014] 第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極における不連続箇所に隣接する部分は、当該第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の他の部分より太い小バスバーとして形成されるとよい。また、第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極における小バスバーの線幅は200～2000 μm とするとよく、第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極における小バスバー以外の部分の線幅は50～500 μm とするとよい。

[0015] 小バスバーは、半導体基板において、第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の長手方向の端部に隣接しない位置に設けられるとよい。また、第一の導電型集電電極または第二の導電型集電電極の一方の不連続箇所は、第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の他方の小バスバーと、配列方向において隣接するとよい。

[0016] 不連続箇所は、第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の長手方向において1～4箇所であることが好ましい。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、特性を向上させることができるバックコンタクト型太陽電池を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]一般的な太陽電池セルの電極構造の概要図である。

[図2]一般的な太陽電池セルの受光面にタブ線をつけた場合の、電流流れの概要図である。

[図3]図3（a）は一般的な太陽電池セル内の、電流流れの断面図である。図3（b）は、局所的に電極が断線した太陽電池セル内の電流流れの断面図である。

[図4]一般的なバックコンタクト型太陽電池セルの裏面電極構造の概要図である。

[図5]本発明のバックコンタクト型太陽電池セルの拡散領域および裏面電極構造の一例である。

[図6]本発明のバックコンタクト型太陽電池セルの裏面電極構造およびタブ線位置の一例である。

[図7]本発明のバックコンタクト型太陽電池セルの拡散パターンの一例である。

[図8]本発明のバックコンタクト型太陽電池セルの裏面電極パターンの一例である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の一実施形態におけるバックコンタクト型太陽電池セルについて、図を参照しながら説明する。なお、図示の便宜のため、部材のサイズおよび形状は、変形あるいは誇張して模式的に示している。

[0020] 図5に示すように本発明の太陽電池は、シリコン基板501の裏面側において、第一の導電型拡散領域502と基板よりも高濃度の第二の導電型拡散領域503が交互に所定の間隔を置いて連続的に略直線状に形成され、複数の線状の第一の導電型集電電極504あるいは第二の導電型集電電極505がそれぞれの第一の導電型拡散領域502あるいは第二の導電型拡散領域503上に不連続に形成されている太陽電池の構造を特徴とする。シリコン基板501は第二の導電型である。なお、本願において、第一の導電型拡散領域502および第二の導電型拡散領域503が線状に延びる方向を「長手方向」、第一の導電型拡散領域502および第二の導電型拡散領域503が交互に配列される方向を「配列方向」と呼ぶ。

[0021] 図5に示されているように、電極不連続箇所506および507はそれぞれ、配列方向において略一直線上に並んで設けられている。すなわち、第一の導電型集電電極504あるいは第二の導電型集電電極505の長手方向は図5において左右方向となっているところ、電極不連続箇所506および507はそれぞれ、図5中の上下方向において略一直線上に並んで設けられる。

[0022] 第一の導電型集電電極504あるいは第二の導電型集電電極505には、長手方向における半導体基板の両端間にそれぞれ不連続箇所506あるいは507が1～4箇所形成される。

[0023] 第一の導電型集電電極504あるいは第二の導電型集電電極505におけるバスバー部に相当する部分508の線幅は、その他の部分より太く形成してもよい。また、バスバー部に相当する部分508は、同一導電型の不連続箇所506あるいは507に隣接していることが好ましい。今後、便宜上のためバスバー部に相当する部分508を小バスバーと呼ぶ。

[0024] 不連続箇所506が配列方向に並んで設けられるのとほぼ同一直線上に、

第二の導電型の小バスバー部分508が設けられていることが好ましい。また、前記第二の不連続箇所507が配列方向に並んで設けられるのとほぼ同一直線上に第一の導電型の小バスバー部分508が設けられていることが好ましい。

[0025] 小バスバー508の線幅509は200～2000 μm であり、それ以外の箇所の集電電極の線幅510は50～500 μm で形成されるのがよい。ここで、小バスバー508の長さ511は200～5000 μm であることが好ましい。また、電極不連続箇所506および507の長さは300～6000 μm であることが好ましく、電極不連続箇所506および507の長さは小バスバー508の長さより100～1000 μm 程度長いことが好ましい。

[0026] 第一の導電型拡散領域502の幅512は500～5000 μm 、第二の導電型拡散領域503の幅513は50～1000 μm であることが好ましい。また、第一の導電型拡散領域502の幅512の方が第二の導電型拡散領域503の幅513よりも広いことが好ましい。第一の導電型集電電極504と第二の導電型集電電極505の間隔514は300～5000 μm であることが好ましい。

[0027] 上記のセル構造とすることにより、図6に示すようにモジュール作製時の第一の導電型タブ線601は、第一の導電型の小バスバー602上及び第二の導電型集電電極608の不連続箇所603上に設置され、第二の導電型タブ線604は、第二の導電型の小バスバー605上及び第一の導電型集電電極607の不連続箇所606上に設置される。

[0028] タブ線601および604は、導電性であれば、その材質および形状は特に限定されないが、たとえば箔状または板状等の帯状に形成された導電体からなることが好ましい。タブ線が帯状である場合には、タブ線の幅は200～5000 μm 程度であることが好ましく、厚さは50～500 μm 程度であることが好ましい。また、タブ線の幅は不連続箇所の長さより100～1000 μm 程度短いことが好ましい。これにより、異なる導電型の集電電極

における不連続箇所の上に配されるタブ線との間に十分なクリアランスを確保することができる。

[0029] タブ線には、種々の金属、合金等が含まれ、たとえば、Au、Ag、Cu、Pt、Al、Ni、Ti等の金属またはこれらの合金が含まれ、なかでもCuを用いることが好ましい。また、タブ線にはSn、Pb、Cuの合金からなる半田めっきがされていることが好ましい。

[0030] 小バスバー602または605とその上に設置されるタブ線601または604を電氣的に接着させるべく、半田付けが使用される。ここで「半田付け」は、小バスバー602または605上にフラックスを塗布し、その上にタブ線を設置し、セル全体を加熱して小バスバー602または605とタブ線601または604とを接合することをさす。

[0031] 小バスバー602または605は長手方向における基板端付近になく、基板の内側に設置される。ここで、長手方向において同一直線上にある第一の導電型集電電極607は不連続であるが、不連続箇所606には拡散層があり極小領域であるため、不連続箇所606での抵抗ロスは小さい。一方、第二の導電型タブ線604は、不連続箇所606とは半田付けされないため電氣的に分離されている状態である。また、長手方向において同一直線上にある第二の導電型集電電極608は互いに不連続であるが、不連続箇所603には拡散層があり極小領域であるため、不連続箇所603での抵抗ロスは小さい。一方、第一の導電型タブ線601は、不連続箇所603とは半田付けされないため電氣的に分離されている状態である。よって、本願ではすべての小バスバー602または605に対しフィンガーを両側に具備させることができ、1本の小バスバー602または605対して実効的に集電できるフィンガーの数が多い。これにより直列抵抗が軽減でき、太陽電池の高効率化が可能である。

[0032] 小バスバー位置は略直線状に並んでおり、第一の導電型小バスバーと第二の導電型小バスバーは互いに近接しているため、タブ線接着時にフラックスが塗りやすく、一般的なバックコンタクト型太陽電池と比較してモジュール

の製造が容易である。

[0033] 以下、本発明の太陽電池の作製方法の一例を述べる。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。

[0034] 高純度シリコンにホウ素あるいはガリウムのようなⅢ族元素をドーピングし、比抵抗 $0.1 \sim 5 \Omega \cdot \text{cm}$ 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 $5 \sim 60$ 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、ふっ酸と硝酸の混酸等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。

[0035] 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等のアルカリ溶液（濃度 $1 \sim 10$ 質量%、温度 $60 \sim 100^\circ\text{C}$ ）中に $10 \sim 30$ 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、反応を促進させることが多い。

[0036] テクスチャ形成後、塩酸、硫酸、硝酸、ふっ酸等、もしくはこれらの混合液の酸性水溶液中で洗浄する。経済的及び効率的見地から、塩酸中での洗浄が好ましい。清浄度を向上させるため、塩酸溶液中に、 $0.5 \sim 5\%$ の過酸化水素を混合させ、 $60 \sim 90^\circ\text{C}$ に加温して洗浄してもよい。

[0037] 前記シリコン基板の裏面側に、エミッタ層及びBSFを形成する。本願のバックコンタクト型太陽電池は、p-n接合を裏面の所望の領域にのみ形成する必要があり、これを達成するためにパターニングにより拡散層を形成したり、拡散前に所望の拡散領域以外に酸化珪素膜や窒化珪素膜等を拡散マスクとして形成したりして、所望の拡散領域以外にp-n接合ができないような工夫を施す必要がある。

[0038] 図7に示すように、所望の拡散領域とは、たとえばp型シリコン基板701を使用する場合、n型拡散領域702と基板よりも高濃度のp型拡散領域

703が交互に帯状に形成されているパターンがよい。n型拡散領域702の幅704は500～5000 μm 、p型拡散領域703の幅705は50～2000 μm であることが好ましい。また、n型拡散領域702の幅704の方がp型拡散領域703の幅705よりも広いことが好ましい。n型拡散領域702とp型拡散領域703のスペース706は50～500 μm であることが好ましい。基板端にもっとも近い拡散層端と基板端間のスペース707は200～2000 μm であることが好ましい。

[0039] 酸化膜の形成方法においては、プラズマCVDによるデポ（堆積）、あるいはシリコンを含む高分子を塗布後、加熱し硬化させるなど種々の方法が利用できる。拡散マスクとして使用する酸化膜の膜厚は100～200nmとするのが望ましい。

[0040] ここで示す事例は、先にp型拡散層を形成する。例えばプラズマCVDを用いるのであれば、所望のp型拡散領域上に酸化膜の堆積が防止できるパターン式の板を基板上に載せ、所望のp型拡散領域以外（例えば受光面側全体も）に酸化膜を製膜する。また、シリコンを含む高分子を使用するのであれば、シリコンを含む高分子をスクリーン印刷により所望のp型拡散領域以外（例えば受光面側全体も）に塗布し、ホットプレート等により加熱硬化させ、所望のp型拡散領域以外に酸化膜を形成する。裏面にドーパントを含む塗布剤を塗布後、900～1000℃で熱処理を行うことでp型拡散領域を裏面に形成する。この塗布拡散は BBr_3 を用いた気相拡散で行ってもよい。熱処理後、シリコン基板に付いたガラス成分はガラスエッチング等により洗浄する。この時同時にp型拡散領域以外の酸化膜も除去される。ドーパントはp型であればどれでもよいが、特にボロンを用いるのが好ましい。また、シート抵抗は1～100 $\Omega/\square$ であり、好ましくは3～40 $\Omega/\square$ である。

[0041] 次にn型拡散層を形成する。同様の処理により所望のn型拡散領域以外（受光面側全体も）に酸化膜を形成し、裏面にドーパントを含む塗布剤を塗布後、900～1000℃で熱処理を行うことでn型拡散領域を裏面に形成する。この塗布拡散は POCl_3 を用いた気相拡散であってもよい。熱処理後、

シリコン基板に付いたガラス成分はガラスエッチング等により洗浄する。なお、この時同時に n 型拡散領域以外の酸化膜も除去される。ドーパントは n 型であればどれでもよいが、特にリンを用いるのが好ましい。また、シート抵抗は $20 \sim 200 \Omega/\square$ であり、好ましくは $40 \sim 100 \Omega/\square$ である。

[0042] 続いて、再結合サイトの一つとなるダングリングボンドを減らすために、シリコン基板上に酸化膜を形成する。拡散層を形成したシリコン基板を酸素雰囲気下で $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ で 0.5 ～ 2 時間処理して、パッシベーション膜となるシリコン酸化膜を形成する。シリコン酸化膜の膜厚は $3 \sim 30 \text{ nm}$ が好ましい。

[0043] 次に、表裏両面の反射防止膜形成を行う。プラズマ CVD 法により、基板の表裏両面に誘電体膜である窒化珪素膜を堆積する。この膜厚は $70 \sim 100 \text{ nm}$ が好ましい。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、プロセス圧力の調整、反応ガスの希釈、更には、基板に多結晶シリコンを用いた場合には基板のバルクパッシベーション効果を促進するため、反応ガスに水素を混合することもある。CVD の反応ガスの励起方法としては、前述のプラズマによるもののほか、熱 CVD や光 CVD 等を用いてもよい。他の反射防止膜として酸化珪素、二酸化チタン膜、酸化亜鉛膜、酸化スズ膜、酸化タンタル膜、酸化ニオブ膜、フッ化マグネシウム膜、酸化アルミニウム膜等があり、代替が可能である。また、形成方法も上記以外にコーティング法、真空蒸着法等があるが、経済的な観点から、上記、窒化珪素膜をプラズマ CVD 法によって形成するのが好適である。

[0044] 次に、電極を形成する。スクリーン印刷装置等を用い、上記基板の裏面に、例えば銀を主成分とするペーストを、スクリーン印刷装置を用いて p 型拡散層及び n 型拡散層上に所定のパターンに印刷し、乾燥させる。

[0045] 図 8 は、本発明のバックコンタクト型太陽電池セルの裏面電極パターンの一例である。図 8 に示すように裏面電極のパターンは、フィンガー 801 に相当する複数の線が略平行に設けられ、長手方向において同一線上にある線

には1～4つフィンガー不連続箇所802があり、フィンガー不連続箇所802に隣接して小バスバー803がある。フィンガー不連続箇所802は、線ごとに、略一直線上に並んで形成されている。フィンガー801の線幅804は50～500 μ mであり、小バスバー803の線幅805は200～2000 μ m、長さ806は200～5000 μ mであることが好ましい。フィンガー801間の間隔807は300～5000 μ mであることが好ましい。

[0046] ペースト中には、ガラスフリットと呼ばれるシリコン基板と電極との接着強度を向上させるための成分が含有される。p型拡散層とn型拡散層で必要なガラスフリットの種類および量は異なるため、p型電極とn型電極ではペーストを分けて印刷してもよい。この場合、一度目の印刷時にたとえばp型電極を印刷するときのパターンと、二度目の印刷時にn型電極印刷するときのパターンを別に用意しておく必要がある。また、小バスバー部分にはガラスフリット成分がほぼ不要なため、フィンガー部分とペーストを分けて印刷してもよい。

[0047] これらの印刷の後、焼成炉において、500～900℃で1～30分間焼成を行い、窒化珪素膜に銀粉末を貫通させ（ファイアースルー）、電極とシリコンを導通させる。

[0048] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。例えば、上述の例ではp型基板を使用した、n型基板を使用してもよい。

符号の説明

[0049] 101、201、305、401、501 シリコン基板
102、202、301、402、801 フィンガー
103、203、302、403 バスバー

- 204 タブ線
- 205、303 電流
- 304 フィンガー直下の拡散層
- 502 第一の導電型拡散領域
- 503 第二の導電型拡散領域
- 504、607 第一の導電型集電電極
- 505、608 第二の導電型集電電極
- 506、606 第一の導電型集電電極の不連続箇所
- 507、603 第二の導電型集電電極の不連続箇所
- 508、803 小バスバー
- 509、805 小バスバー線幅
- 510、804 フィンガー線幅
- 511、806 小バスバー長さ
- 512 第一の導電型拡散領域の幅
- 513 第二の導電型拡散領域の幅
- 514 第一の導電型電極と第二の導電型電極の間隔
- 601 第一の導電型タブ線
- 602 第一の導電型の小バスバー
- 604 第二の導電型タブ線
- 605 第二の導電型の小バスバー
- 701 p型シリコン基板
- 702 n型拡散領域
- 703 p型拡散領域
- 704 n型拡散領域の幅
- 705 p型拡散領域の幅
- 706 n型拡散領域とp型拡散領域のスペース
- 707 基板端にもっとも近い拡散層端と基板端間のスペース
- 802 フィンガー不連続箇所

807 フィンガー間の間隔

請求の範囲

- [請求項1] 半導体基板と、
 前記半導体基板の受光面側とは反対側の裏面側に形成された第一の導電型領域と、
 前記半導体基板の前記裏面側に形成された第二の導電型領域と、
 前記第一の導電型領域の上に略直線状に形成された第一の導電型集電電極と、
 前記第二の導電型領域の上に略直線状に形成された第二の導電型集電電極とを備え、
 前記第一の導電型領域と前記第二の導電型領域とは交互に配列され、
 前記第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極は、不連続箇所を有し、
 当該不連続箇所は、前記第一の導電型領域と前記第二の導電型領域とが交互に配列される配列方向において、導電型ごとに略一直線上に並ぶように設けられることを特徴とする太陽電池。
- [請求項2] 前記第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極における前記不連続箇所に隣接する部分は、当該第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の他の部分より太い小バスバーとして形成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] 前記第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極における前記小バスバーの線幅は200～2000 μm であり、前記第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極における前記小バスバー以外の部分の線幅は50～500 μm であ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] 前記小バスバーは、前記半導体基板において、前記第一の導電型集電電極および前記第二の導電型集電電極の長手方向の端部に隣接しない位置に設けられることを特徴とする請求項2または3に記載の太陽

電池。

[請求項5] 前記前記第一の導電型集電電極または第二の導電型集電電極の一方の前記不連続箇所は、前記第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の他方の前記小バスバーと、配列方向において隣接することを特徴とする、請求項2から4のいずれか1項に記載の太陽電池。

[請求項6] 前記不連続箇所は、前記第一の導電型集電電極および第二の導電型集電電極の長手方向において1～4箇所であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の太陽電池。