

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5567706号
(P5567706)

(45) 発行日 平成26年8月6日(2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日(2014.6.27)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 31/0216 (2014.01)

H O 1 L 31/04 2 4 0

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-40346 (P2013-40346)	(73) 特許権者	502032105
(22) 出願日	平成25年3月1日(2013.3.1)		エルジー エレクトロニクス インコーポ
(65) 公開番号	特開2013-197587 (P2013-197587A)		レイティド
(43) 公開日	平成25年9月30日(2013.9.30)		大韓民国ソウル、ヨンドゥンポーク、ヨイ
審査請求日	平成25年3月1日(2013.3.1)		ーデロ、128
(31) 優先権主張番号	10-2012-0027678	(74) 代理人	100099759
(32) 優先日	平成24年3月19日(2012.3.19)		弁理士 青木 篤
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100114018
			弁理士 南山 知広
		(74) 代理人	100165191
			弁理士 河合 章
		(74) 代理人	100151459
			弁理士 中村 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 導電型を有する半導体基板と、

前記第 1 導電型と異なる第 2 導電型を有し前記半導体基板の第 1 面に位置するエミッタ部と、

前記エミッタ部の上に位置する反射防止部と、

前記半導体基板の第 1 面の反対側に位置する前記半導体基板の第 2 面上に直接位置し前記半導体基板の前記第 2 面側に電荷蓄積層を形成し、前記第 1 導電型を有する不純物を含むした半導体層と、

前記半導体基板の前記第 1 面に位置し前記のエミッタ部と接続された第 1 電極と、

前記半導体基板の前記第 2 面に位置し前記半導体基板と接続された第 2 電極を含み、

前記第 1 導電型は n 型であり、前記第 2 導電型は p 型であり、

前記反射防止部は、前記エミッタ部の上に位置し、5 nm 乃至 10 nm の厚さを有する酸化アルミニウムからなる第 1 反射防止膜と前記第 1 反射防止膜の上に位置し、70 nm 乃至 80 nm の厚さを有する窒化シリコンからなる第 2 反射防止膜を含む太陽電池。

【請求項 2】

前記半導体層に含有された前記不純物の含有量は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ である、請求項 1 記載の太陽電池。

【請求項 3】

10

20

前記半導体層は、炭化ケイ素（SiC）から形成されている、請求項2記載の太陽電池。

【請求項4】

前記第2電極と接している前記基板の前記第2面に位置し、前記第1導電型を有する電界部をさらに含む、請求項1記載の太陽電池。

【請求項5】

前記半導体基板は、結晶質半導体から形成され、前記のエミッタ部は結晶質半導体から形成されている、請求項1記載の太陽電池。

【請求項6】

前記半導体基板は、結晶質半導体から形成され、前記のエミッタ部は非晶質シリコンから形成されている、請求項1記載の太陽電池。

10

【請求項7】

前記エミッタ部は炭化ケイ素から形成されている、請求項1記載の太陽電池。

【請求項8】

前記エミッタ部は非晶質シリコンから形成されている、請求項1記載の太陽電池。

【請求項9】

前記第1電極が接する前記基板の前記第1面に、前記エミッタ部よりも高い濃度で前記第2導電型の不純物を含有した高濃度ドーピング部をさらに含む、請求項8記載の太陽電池。

【請求項10】

20

前記エミッタ部と前記半導体基板との間に保護部をさらに含む、請求項1記載の太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は太陽電池に関する。

【0002】

最近、石油や石炭のような既存エネルギー資源の枯渇が予測され、これらを取り替える代替エネルギーに対する関心が高くなり、これによって太陽エネルギーから電気エネルギーを生産する太陽電池が注目されている。

30

【0003】

一般的な太陽電池はp型とn型のように互いに異なる導電型（conductive type）によりp-n接合を形成する半導体部、それと互いに異なる導電型の半導体部にそれぞれ接続された電極を備える。

【0004】

このような太陽電池に光が入射されると半導体で電子と正孔が生成され、生成された電荷はp-n接合によりn型半導体とp型半導体にそれぞれ移動するので、電子はn型半導体部の方向に移動し、正孔はp型半導体部の方向に移動する。移動した電子と正孔はそれぞれp型半導体部とn型半導体部に接続された互いに異なる電極によって収集され、この電極を電線で接続して電力を得る。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、太陽電池の効率を向上することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の太陽電池は第1導電型を有する半導体基板と第1導電型と異なる第2導電型を有し半導体基板の第1面に位置するエミッタ部、半導体基板の第1面の反対側に位置する半導体基板の第2面上に直接位置し半導体基板の第2面側に電荷蓄積層を形成し、第1導電型を有する不純物を含有した半導体層と半導体基板の第1面に位置しエミッタ部と接

50

続された第1電極と、半導体基板の第2面に位置し半導体基板と接続された第2電極を含む。

【0007】

半導体層に含有された不純物の含有量は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 乃至 $5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ で有り得る。

【0008】

半導体層は、炭化ケイ素(SiC)から形成されることがよい。

【0009】

前述の特徴に係る太陽電池は、第2電極と接している基板の第2面に位置し、第1導電型を有する電界部をさらに含むことがある。

10

【0010】

半導体基板は、結晶質半導体から形成され、エミッタ部は結晶質半導体で形成することができる。

【0011】

半導体基板は、結晶質半導体から形成され、エミッタ部は非晶質シリコンから形成することができる。

【0012】

前述の特徴に係る太陽電池は、エミッタ部上に位置する反射防止部をさらに含むことができる。

【0013】

第1導電型はn型であり、第2導電型はp型で有り得る。

20

【0014】

反射防止部は酸化アルミニウムから形成される第1反射防止膜と窒化シリコンから形成される第2反射防止膜を含むことができる。

【0015】

本発明の他の特徴に係る太陽電池は、第1導電型を有する半導体基板と、第1導電型と他の第2導電型を有し、半導体基板の第1面に位置し半導体基板の第1面側に電荷蓄積層を形成するエミッタ部と半導体基板の第1面に位置しエミッタ部と接続された第1電極と半導体基板の第2面に位置し半導体基板と接続された第2電極を含む。

【0016】

エミッタ部は炭化ケイ素から形成することができる。

30

【0017】

前述の特徴に係る太陽電池は、エミッタ部と第1電極の間に透明な導電性物質から形成される反射防止部をさらに含むことができる。

【0018】

エミッタ部は非晶質炭化ケイ素から形成することができる。

【0019】

前述の特徴に係る太陽電池は、第1電極が接する基板の第1面に、エミッタ部より高い濃度で第2導電型の不純物を含有した高濃度ドーピング部をさらに含むことができる。

【0020】

前述の特徴に係る太陽電池は、エミッタ部と半導体基板との間に保護部をさらに含むことができる。

40

【発明の効果】

【0021】

これらの特徴によれば、半導体基板内の不純物ドーピング濃度を増加させず、半導体基板上に半導体基板と同一の導電型の不純物を含有した半導体層が位置するので、半導体基板と半導体層の間のエネルギーバンドベンディング(energy band bending)によって、半導体基板から第2電極への電荷移動が容易に行われる。これにより、太陽電池の効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 2 】

【図 1】本発明の一実施の形態に係る太陽電池の一例に対する一部斜視図である。

【図 2】図 1 に示した太陽電池を I I - I I 線に沿って切断した断面図である。

【図 3】本発明の一実施の形態に係る基板の後面から基板や炭化珪素層の接合に伴うエネルギーバンドギャップを示した図である。

【図 4】基板内の不純物ドーピング濃度による少数キャリアの寿命（ライフタイム）減少率を示したグラフである。

【図 5】本発明の一実施の形態に係る太陽電池の開放電圧、短絡電流、フィルファクタと効率の上昇率を示したグラフである。

【図 6】本発明の一実施の形態に係り異種接合を有する太陽電池の様々な例を一部示した断面図である。

10

【図 7】本発明の一実施の形態に係り異種接合を有する太陽電池の様々な例を一部示した断面図である。

【図 8】本発明の一実施の形態に係り異種接合を有する太陽電池の様々な例を一部示した断面図である。

【図 9】本発明の一実施の形態に係り基板の前面から基板と炭化珪素層の接合に伴うエネルギーバンドギャップを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 3 】

以下では添付した図面を参照にして本発明の実施の形態に対して本発明が属する技術分野で通常の知識を有する者が容易に実施できるように詳しく説明する。しかし本発明はいろいろな多様な形態に具現することができここで説明する実施の形態に限定されない。そして図面で本発明を明確に説明するために説明と関係ない部分は省略し、明細書全体を介して類似の部分に対しては類似の図面符号を付けた。

20

【 0 0 2 4 】

図で多くの層及び領域を明確に表現するために厚さを拡大して示した。層、膜、領域、基板などの部分が他の部分「上に」と言う時、これは他の部分「真上に」とある場合だけでなくその中間に他の部分がある場合も含む。反対に何れの部分が他の部分「真上に」と言う時には中間に他の部分がないことを意味する。

【 0 0 2 5 】

30

それでは添付した図面を参照にして本発明の一実施の形態に係る太陽電池を説明する。

【 0 0 2 6 】

先ず、図 1 と図 2 を参照して、本発明の一実施の形態に係る太陽電池に対して説明する。

【 0 0 2 7 】

図 1 と図 2 を参照すれば、本発明の一実施の形態に係る太陽電池の一例は基板 1 1 0、基板 1 1 0 の第 1 面の前面の方に位置したエミッタ部（emitter region）1 2 1、エミッタ部 1 2 1 上に位置する反射防止部（層）1 3 0、基板 1 1 0 の第 1 面の反対側面に位置した基板 1 1 0 の第 2 面の後面の方に存在する電界部（surface field region）1 7 2、基板 1 1 0 の後面の上に位置し、ブロードバンドギャップ（wideband gap）を有する半導体物質から形成される半導体層（semiconductor region）1 7 5、基板 1 1 0 の前面に位置し反射防止部 1 3 0 を貫通しエミッタ部 1 2 1 と接続され、複数の前面電極（複数の第 1 電極）1 4 1 と複数の前面バスバー（複数の第 1 バスバー）1 4 2 を備えた前面電極部（第 1 電極部）1 4 0、そして電界部 1 7 2 の上に位置し電界部 1 7 2 と接続され、複数の後面電極（複数の第 2 電極）1 5 1 と複数の後面バスバー（複数の第 2 バスバー）1 5 2 を備えた後面電極部（第 2 電極部）1 5 0 を備える。

40

【 0 0 2 8 】

基板 1 1 0 は、第 1 導電型、例えば、n 型導電型のシリコン（silicon）などの半導体から形成される半導体基板である。この時、半導体は、多結晶シリコンまたは単結晶シリコンのような結晶質半導体である。

50

【 0 0 2 9 】

基板 1 1 0 が、n 型の導電型を有する場合、リン (P)、ヒ素 (A s)、アンチモン (S b) などのように 5 価元素の不純物が基板 1 1 0 にドーピング (doping) される。しかし、これとは異なり、基板 1 1 0 は、p 型導電型で有り得る。基板 1 1 0 が p 型の導電型を有する場合、ホウ素 (B)、ガリウム、インジウムなどの 3 価元素の不純物が基板 1 1 0 にドーピングすることができる。

【 0 0 3 0 】

図 1 と図 2 で、平坦面の基板 1 1 0 の前面に別のテクスチャリング処理工程が行われ、基板 1 1 0 の前面は複数の突起と複数凹部を備えた凹凸面のテクスチャリング表面 (textured surface) を有する。この場合、基板 1 1 0 の前面上に位置するエミッタ部 1 2 1 と反射防止部 1 3 0 もまた凹凸面を有する。

10

【 0 0 3 1 】

このように、基板 1 1 0 の前面がテクスチャリングされているので、基板 1 1 0 の入射面積が増加し突起と凹部による複数回の反射動作で光反射度が減少し、基板 1 1 0 に入射される光の量が増加するので、太陽電池の効率が向上する。

【 0 0 3 2 】

便宜上、図 1 と図 2 においてテクスチャリング表面の各突起部はすべて同じ径と突出高さを持っているが、実際にテクスチャリング表面の各突起部の直径の大きさと突出高さのサイズは、ランダム (random) に決まるので、異なる径と突出高さを有する複数の突起が形成される。

20

【 0 0 3 3 】

基板 1 1 0 に位置するエミッタ部 1 2 1 は、基板 1 1 0 の導電型と反対の第 2 導電型、例えば、p 型の導電型を備えている不純物ドーピング部である。したがって、基板 1 1 0 の第 1 導電型部分と p - n 接合を形成する。

【 0 0 3 4 】

基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 との p - n 接合に起因する内部電位差 (built-in-potential difference) により、基板 1 1 0 に入射された光によって生成された電荷の電子と正孔のうち、電子は n 型側に移動し、正孔は p 型側に移動する。したがって、基板 1 1 0 が n 型であり、エミッタ部 1 2 1 が p 型の場合、電子は基板 1 1 0 の後面方向に移動し、正孔はエミッタ部 1 2 1 方向に移動する。

30

【 0 0 3 5 】

反射防止部 1 3 0 は、前面電極部 1 4 0 が位置する部分を除外した基板 1 1 0 の前面の上であるエミッタ部 1 2 1 の上に位置する。

【 0 0 3 6 】

このような反射防止部 1 3 0 は、光の反射を防止して、光が透過する材料で形成され、一定の大きさの屈折率を有しており、太陽電池に入射する光の反射度を減らし、特定の波長領域の選択性を増加させ、太陽電池の効率を高める。このような反射防止部 1 3 0 はまた、透明な材料で形成できる。

【 0 0 3 7 】

図 1 と図 2 に示したように、反射防止部 1 3 0 は、エミッタ部 1 2 1 に位置し酸化アルミニウム (Al_2O_3) から形成された第 1 反射防止膜 1 3 1 と、第 1 反射防止膜 1 3 1 上に位置し水素化された窒化シリコン ($SiNx:H$) から形成された第 2 反射防止膜 1 3 2 から形成されている。

40

【 0 0 3 8 】

この例では、酸化アルミニウム (Al_2O_3) から形成された、第 1 反射防止膜 1 3 1 の厚さは約 5 nm 乃至 110 nm であり、屈折率は約 1.1 乃至 1.6 であり、窒化シリコン ($SiNx:H$) から形成された第 2 反射防止膜 1 3 2 の厚さは約 70 nm 乃至 80 nm であり屈折率は約 2.0 乃至 2.2 である。

【 0 0 3 9 】

酸化アルミニウム膜 (Al_2O_3) の第 1 反射防止膜 1 3 1 は、前面電極部 1 4 0 が位置

50

した部分を除外した基板 1 1 0 の前面の上、すなわち基板 1 1 0 の前面に位置したエミッタ部 1 2 1 上に位置する。

【 0 0 4 0 】

酸化アルミニウム膜 (Al_2O_3) は、一般的に負 (-) の固定電荷 (fixed charge) を有している。

【 0 0 4 1 】

したがって、p 型のエミッタ部 1 2 1 の上に位置する負 (-) の固定電荷を有する酸化アルミニウム膜 (Al_2O_3) の第 1 反射防止膜 1 3 1 によってプラス (+) 電荷の正孔は、エミッタ部 1 2 1 方向に引かれ、エミッタ部 1 2 1 の方向に移動する電子は、基板 1 1 0 の後面の方向に押し出される。

10

【 0 0 4 2 】

これにより、酸化アルミニウム膜 (Al_2O_3) から形成された、第 1 反射防止膜 1 3 1 により、エミッタ部 1 2 1 の方向に移動する正孔の量はさらに増加し、エミッタ部 1 2 1 での電子と正孔の再結合量は減少する。

【 0 0 4 3 】

また、酸化アルミニウム (Al_2O_3) に含有された酸素 (O) によって基板 1 1 0 の前面及びその近くに存在する欠陥を安定結合に変える。つまり、第 1 反射防止膜 1 3 1 に含有された酸素は、基板 1 1 0 の前面の方向に移動し基板 1 1 0 の表面及びその近くに存在する欠陥と結合し、これらの欠陥を安定結合に変えるパッシベーション機能を実行する。

【 0 0 4 4 】

20

また、第 1 反射防止膜 1 3 1 上に位置し水素化された窒化シリコン ($SiN_x:H$) から形成された第 2 反射防止膜 1 3 2 もまたその中に含まれる水素 (H) を利用しパッシベーション機能を実行する。したがって、第 2 反射防止膜 1 3 2 に含有された水素 (H) が第 1 反射防止膜 1 3 1 の方向を移動し基板 1 1 0 の表面およびその近くに存在する欠陥と結合して、これらの欠陥を安定結合に変えるパッシベーション機能を実行する。

【 0 0 4 5 】

これにより、第 1 反射防止膜 1 3 1 と第 2 反射防止膜 1 3 2 から形成された反射防止部 1 3 0 のパッシベーション機能により、基板 1 1 0 の表面の欠陥によって失われる電荷の量が減少する。

【 0 0 4 6 】

30

酸化アルミニウムの第 1 反射防止膜 1 3 1 の厚さが約 5 nm 以上の場合、酸化アルミニウム膜がさらに均一に形成され、第 1 反射防止膜 1 3 1 の固定電荷を用いた電界パッシベーション効果と酸素を利用したパッシベーション効果がさらに安定的に得られ、第 1 反射防止膜 1 3 1 の厚さが約 10 nm 以下の場合には、第 1 反射防止膜 1 3 1 の製造時間と製造コストが削減される。

【 0 0 4 7 】

また、窒化シリコンの第 2 反射防止膜 1 3 2 の厚さが約 70 nm 以上の場合、第 2 反射防止膜 1 3 2 をさらに均一に形成し水素 (H) を用いたパッシベーション効果がさらに安定的に得られ、第 2 反射防止膜 1 3 2 の厚さが約 80 nm 以下の場合には、第 2 反射防止膜 1 3 2 の製造時間と製造コストが削減される。

40

【 0 0 4 8 】

基板 1 1 0 の後面に位置する電界部 1 7 2 は、基板 1 1 0 と同一の導電型の不純物が基板 1 1 0 より高濃度でドーピングされた不純物ドーピング部として、例えば、n + 領域である。

【 0 0 4 9 】

したがって、基板 1 1 0、すなわち、基板 1 1 0 の第 1 導電性領域と電界部 1 7 2 との間の不純物濃度差による電位障壁が形成され、これにより、電子の移動方向の電界部 1 7 2 の方向に正孔移動は妨害される一方、電界部 1 7 2 の方向に電子移動はさらに容易になる。したがって、電界部 1 7 2 は、基板 1 1 0 の後面とその近傍での電子と正孔の再結合で失われる電荷の量を減らし、所望の電荷 (例えば、電子) の移動を加速させ、後面電極

50

部 1 5 0 への電荷移動量を増加させる。

【 0 0 5 0 】

また、電界部 1 7 2 の不純物のドーピング濃度が基板 1 1 0 より高いので、電界部 1 7 2 の伝導度が向上する。

【 0 0 5 1 】

基板 1 1 0 の後面に位置する半導体層 1 7 5 は、既に説明したように、広いバンドギャップを有する半導体物質から形成され、例えば、半導体層 1 7 5 はバンドギャップ (band gap、E_g) が約 2 . 3 6 e V の炭化ケイ素 (silicon carbide、S i C) で形成され得る。

【 0 0 5 2 】

このような半導体層 1 7 5 は、基板 1 1 0 と同一の導電型の第 1 導電型 (例えば、n 型) の不純物がドーピング (含有) されている。

【 0 0 5 3 】

このとき、半導体層 1 7 5 は、後面電極部 1 5 0 が位置する基板 1 1 0 の後面部分を除外すると、基板 1 1 0 の後面の全体に位置する。このため、半導体層 1 7 5 は、隣接する後面電極 1 5 1 の間、隣接する後面電極 1 5 1 と後面バスバー 1 5 2 の間、隣接する後面バスバー 1 5 2 の間の基板 1 1 0 の後面の上に位置する。しかし、代案的な例では、半導体層 1 7 5 は、後面電極部 1 5 0 が位置する基板 1 1 0 の後面部分だけでなく、基板 1 1 0 の後面の端の部分にも位置しないことがある。

【 0 0 5 4 】

このような半導体層 1 7 5 に含有された第 1 導電型 (例えば、n 型) の不純物 [例、リン (P)] の含有量は、約 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 乃至約 $5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ で有り得、半導体層 1 7 5 の厚さは約 10 nm ~ 100 nm で有り得る。

【 0 0 5 5 】

この例では、半導体層 1 7 5 は、プラズマ気相蒸着法 (plasma enhanced chemical vapor deposition、P E C V D) で形成され、この時、半導体層 1 7 5 を形成する工程室内に第 1 導電型を有する不純物、[例、リン (P)] を含有したドーピングガス (doping gas) を注入し半導体層 1 7 5 内に第 1 導電型の不純物を注入することができる。

【 0 0 5 6 】

このように、半導体層 1 7 5 内に基板 1 1 0 と同一の導電型の不純物が含有されることによって、基板 1 1 0 と半導体層 1 7 5 の間にエネルギーバンドベンディング (energy band bending) 現象が発生する。

【 0 0 5 7 】

したがって、図 3 に図示したように、このような基板 1 1 0 のエネルギーバンド (energy band) と半導体層 1 7 5 のエネルギーバンドのベンディング (bending) 現象により、シリコン (Si) から形成される基板 1 1 0 のエネルギーバンドと炭化珪素 (S i C) から形成される半導体層 1 7 5 のエネルギーバンドが平衡状態に変換される。

【 0 0 5 8 】

つまり、基板 1 1 0 のエネルギーバンドのフェルミ準位 (Fermi level、E_f) と半導体層 1 7 5 のフェルミ準位 (E_f) が同じ準位に調節され、それに応じて基板 1 1 0 と半導体層 1 7 5 の伝導帯 (conduction band、C B) と価電子帯 (valence band、V B) のベンディングが起こる。

【 0 0 5 9 】

したがって、伝導帯 (conduction band) でのエネルギー障壁の高さは減り、価電子帯 (valence band) でのエネルギー障壁の高さは増加し、価電子帯からのバンドオフセット (band-offset : B offset) のサイズが増加する。

【 0 0 6 0 】

例えば、基板 1 1 0 と電界部 1 7 2 の接合によって生成されたエネルギーバンド図 (energy band diagram) で価電子帯のバンドオフセットの大きさは、約 - 0 . 1 8 e V であるのに対し、本例に応じて、基板 1 1 0 と半導体層 1 7 5 の接合によって生成されたエネ

10

20

30

40

50

ルギーバンド図での価電子帯のバンドオフセットの大きさは、約 -1.2 eV である。したがって、基板 110 と電界部 172 の接合面の場合に比べて、基板 110 と半導体層 175 の接合面で生成されたバンドオフセットの絶対値の大きさは、約 1.02 eV 増加した。

【0061】

一般的に、電子は伝導帯を介して移動して、正孔は、価電子帯を介して移動するので、半導体層 175 によるエネルギーバンドベンディングによって n 型の基板 110 の基板 110 の後面側、つまり半導体層 175 に移動する電子は、エネルギー障壁が低くなった伝導帯 (CB) を容易に通過し基板 110 の後面から半導体層 175 に容易に移動する。

【0062】

一方、n 型基板 110 に存在する正孔は、価電子帯 (VB) での増加バンドオフセットにより、基板 110 の後面から半導体層 175 への移動に悪影響を受けることになり、基板 110 から半導体層 175 方向に移動する正孔は、バンドオフセットによるエネルギー障壁に遮られて半導体層 175 方向に移動せず、再び基板 110 方向に戻るようになる。

【0063】

したがって、このような基板 110 と半導体層 175 との間のエネルギーバンドベンディングによって、基板 110 の後面方向に電子移動と正孔の移動が制御されるので、基板 110 の後面から発生する電子と正孔の再結合量が減少する。

【0064】

また、図 3 に図示したように、基板 110 と半導体層 175 の間の接合された伝導帯から基板 110 のエネルギー準位よりも半導体層 175 のエネルギー準位が高い部分 (例えば、準位突起部) (A) が、半導体層 175 に存在し基板 110 と炭化ケイ素 175 の間の接合面には、谷の部分 (B) が形成される。

【0065】

したがって、基板 110 の伝導帯のエネルギー準位は基板 110 と半導体層 175 の接合面の方向に行くほど減少し、半導体層 175 の伝導帯のエネルギー準位は基板 110 と半導体層 175 の接合面の方向に行くほど増加した後、接合面で基板 110 のエネルギー準位と同じ準位となる。

【0066】

このように、基板 110 と半導体層 175 の接合面に準位突起部 (A) によって形成された谷の部分 (B) が存在するので、伝導帯に沿って基板 110 から半導体層 175 に移動する電子は、谷の部分 (B) に蓄積され、これにより、電子が蓄電された電荷蓄積層 179 が谷部分 (B) に形成される。

【0067】

したがって、この電荷蓄積層 179 に沿って、電子の移動は加速化されるので、基板 110 から半導体層 175 方向に移動した電子は、半導体層 175 に沿って迅速に移動した後、隣接する電界部 172 を介して後面電極部 150 に移動することになる。

【0068】

このように、基板 110 と同じ導電型の不純物を含有し基板 110 のエネルギーバンドベンディングを誘発し電子と正孔の移動を制御する半導体層 175 は、シリコン (Si) やアモルファスシリコン (a-Si) より大きなエネルギーバンドギャップ (energy band gap) を有しているので、半導体層 175 自体で吸収する光の量が減少する。したがって、半導体層 175 内で吸収する光 (例えば、長波長帯の光) の量が少ないので、基板 110 に入射する光の損失量、さらに具体的には、長波長帯の光の損失量が減少する。これにより、基板 110 内に入射する光の量が増加し太陽電池から出力される短絡電流 (I_{sc}) の量が増加する。

【0069】

また、半導体層 175 は、第 1 導電型の不純物のドーピングが容易であるので、第 1 導電型を有する半導体層 175 の製造が容易である。

【0070】

10

20

30

40

50

既に説明したように、第1導電型の不純物[例、リン(P)]を含有した半導体層175は、熱拡散法やイオン注入法などを介して基板110の中に不純物を拡散させ電界部172のように基板110内に形成される代わりに、プラズマ気相蒸着法(PECVD)を用いて基板110の後面に位置する。

【0071】

これにより、半導体層175により、基板110内に拡散(または注入)される不純物は存在しない、半導体層175によって基板110の不純物ドーピング濃度は増加しなくなる。

【0072】

既に説明したように、太陽電池を製作するとき、n型の基板110の場合p-n接合のためのエミッタ部121を形成するために、3価のホウ素(B)を基板110内に注入し、電界部172のために5価のリン(P)を基板110内に注入する。

【0073】

このように、基板110内に注入された不純物は、正常なp-n接合を形成して、電界部による電界効果などが得られるが、基板110内に注入された不純物の量が過度に多くなるようになるため欠陥として作用することになる。したがって、基板110内に不純物のドーピング濃度が増加するにつれて、少数キャリア(minority carrier)の寿命(ライフタイム)(lifetime)が急激に減少することになる。

【0074】

したがって、電界部172を形成するために、基板110内に対応する導電型(例えば、n型)の不純物を基板110内に注入する場合、基板110内にドーピングされた不純物が増加し電荷の損失量が増加する。

【0075】

しかし、半導体層175により基板110内に不純物(例えば、n型の不純物)ドーピング濃度が増加しないため、半導体層基板110の半導体層175の不純物による電荷損失は発生しない。

【0076】

半導体層175に含まれた不純物(例えば、n型不純物)のドーピング濃度が約 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上の場合、基板110と半導体層175との間の接合面でのバンドベンディングがさらに安定的に発生して電荷蓄積層179の形成がさらにスムーズに行われ、半導体層175に含有された不純物のドーピング濃度が約 $5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 以下の場合、半導体層175の不純物ドーピング動作が容易に行われる。

【0077】

また、半導体層175の厚さは約10nm以上の場合、半導体層175がさらに均一に基板110の後面に形成され、半導体層175の厚さが約100nm以下の場合には、半導体層175の製造時間と製造コストがさらに削減される。

【0078】

また、半導体層175は、熱に強いので、太陽電池の製造工程中に印加される熱による損傷が少ないか、発生しないため、太陽電池の劣化現象が減少する。

【0079】

次に、図4を参考にして、基板110内の不純物濃度の変化に応じた、キャリアの寿命変化を示す。

【0080】

図4は、比較例での、半導体層が存在しないときに基板内に存在する電界部で基板の厚さの変化に伴う少数キャリアの寿命変化と本願実施例に係る半導体層175で基板110の厚さの変化に伴う少数キャリアの寿命変化を示したものである。

【0081】

図4で、横軸の深さは約180μmの厚さを有する基板の深さを表すので、深さが180μmに近いほど電界部や半導体層175が位置する基板の後面に近いことを意味し、深さが180μmから遠いほど、前面電極部140が位置した基板の前面、すなわちエミッ

10

20

30

40

50

タ部 1 2 1 の前面に近いことを意味する。また、図 4 で、縦軸は少数キャリアの寿命の短縮率を示す。

【 0 0 8 2 】

図 4 で、グラフ「G 1」と「G 2」は、比較例に係るグラフとして、グラフ「G 1」は約 $120\ \Omega/\square$ のシート抵抗を有する電界部で少数キャリアの寿命変化図であり、グラフ「G 2」は、約 $300\ \Omega/\square$ のシート抵抗を有する電界部で少数キャリアの寿命変化図である。グラフ「G 3」は、この例に係るグラフとして、本例に係る半導体層が位置した基板で少数キャリアの寿命変化図である。

【 0 0 8 3 】

不純物のドーピング濃度が増加するにつれて、シート抵抗が低くなるので、 $120\ \Omega/\square$ のシート抵抗を有する電界部が $300\ \Omega/\square$ のシート抵抗を有する電界部より不純物のドーピング濃度は多い。

10

【 0 0 8 4 】

図 4 に図示したように、キャリアの寿命は基板の前面から後面方向にいくほど減少するが、寿命が急激に減少する時点は不純物のドーピング濃度に応じて異なることを知ることができる。

【 0 0 8 5 】

つまり、3つのグラフ(G 1 - G 3)で不純物のドーピング濃度が最も高い場合のシート抵抗が $120\ \Omega/\square$ の電界部が位置する基板の場合(G 1)、基板の深さが約 $179.6\ \mu\text{m}$ 時点の時少数キャリアの寿命が急激に減少し、不純物のドーピング濃度が 2 番目に高い場合のシート抵抗が $300\ \Omega/\square$ の電界部が位置する基板の場合(G 2)、基板の深さが約 $179.8\ \mu\text{m}$ のとき少数キャリアの寿命が急激に減少した。

20

【 0 0 8 6 】

しかし、本実施例に係って基板の後面上に半導体層が位置する基板では、(G 3) 基板の深さが約 $179.9\ \mu\text{m}$ のとき少数キャリアの寿命が急激に減少した。したがって、半導体層が位置する基板の場合、少数キャリアの移動距離は基板の厚さとほぼ同じ $180\ \mu\text{m}$ に近接することを知ることができる。

【 0 0 8 7 】

したがって、不純物を含有した半導体層が基板上に位置するとしても半導体層 1 7 5 に含有された不純物による少数キャリアの寿命に悪影響を及ぼさないことを知ることができる。

30

【 0 0 8 8 】

したがって、このような半導体層により、キャリアの寿命が短縮せずに基板から、基板の後面の方向に所望の電荷(例えば、電子)は、損失なく迅速に移動する。

【 0 0 8 9 】

基板 1 1 0 の前面に位置する前面電極部 1 4 0 は、既に説明したように、エミッタ部 1 2 1 と接している複数の前面電極 1 4 1 とエミッタ部 1 2 1 と接していて複数の前面電極 1 4 1 と接続されている複数の前面バスバー 1 4 2 を備える。

【 0 0 9 0 】

複数の前面電極 1 4 1 は、エミッタ部 1 2 1 と電気的および物理的に接続され、互いに離隔され決まった方向に並行するように延びている。複数の前面電極 1 4 1 は、エミッタ部 1 2 1 の方向に移動した電荷、例えば、正孔を収集する。

40

【 0 0 9 1 】

複数の前面バスバー 1 4 2 は、エミッタ部 1 2 1 と電気的および物理的に接続されており、複数の前面電極 1 4 1 と交差する方向に並行するように延びている。

【 0 0 9 2 】

各前面バスバー 1 4 2 は、エミッタ部 1 2 1 から移動する電荷、すなわちキャリア(例えば、正孔)だけでなく、交差する複数の前面電極 1 4 1 によって収集された電荷を集めて所望の方向に移動させなければならないので、各前面バスバー 1 4 2 の幅は、各前面電極 1 4 1 の幅より大きい。

50

【 0 0 9 3 】

本例では、複数の前面バスバー 1 4 2 は、複数の前面電極 1 4 1 と同じ層に位置し、各前面電極 1 4 1 と交差する地点で、該前面電極 1 4 1 と電気的および物理的に接続されている。

【 0 0 9 4 】

したがって、図 1 に図示したように、複数の前面電極 1 4 1 は、横または縦方向に伸びているストライプ (stripe) 形状を有し、複数の前面バスバー 1 4 2 は、縦または横方向に伸びてあるストライプ形状を有しており、前面電極部 1 4 0 は、基板 1 1 0 の前面に格子状に位置する。

【 0 0 9 5 】

複数の前面バスバー 1 4 2 は、外部装置と接続され、収集された電荷を外部デバイスに出力する。

【 0 0 9 6 】

複数の前面電極 1 4 1 と複数の前面バスバー 1 4 2 を備えた前面電極部 1 4 0 は、銀 (Ag) のような少なくとも一つの導電物質から形成されている。

【 0 0 9 7 】

図 1 で、基板 1 1 0 に位置する前面電極 1 4 1 と前面バスバー 1 4 2 の個数は一例に過ぎず、場合によって変更可能である。

【 0 0 9 8 】

基板 1 1 0 の後面に位置する後面電極部 1 5 0 は、半導体層 1 7 5 を貫通して電界部 1 7 2 と接し、複数の後面電極 1 5 1 と後面電極 1 5 1 に接続されている複数の後面バスバー 1 5 2 を備える。

【 0 0 9 9 】

複数の後面電極 1 5 1 は、基板 1 1 0 の後面に位置した電界部 1 7 2 と接触しており、互いに離隔され決まった方向に並行するように延びている。この時、複数の後面電極 1 5 1 は、基板 1 1 0 の前面に位置する複数の前面電極 1 4 1 と同じ方向に伸びている。

【 0 1 0 0 】

複数の後面電極 1 5 1 は、アルミニウム (Al)、銀 (Ag)、またはアルミニウム (Al) と銀 (Ag) の合金などのような導電性物質から形成されている。

【 0 1 0 1 】

このようなバック電極 1 5 1 は、電界部 1 7 2 の方から移動する電荷は、例えば、電子を収集する。

【 0 1 0 2 】

本例では、後面電極 1 5 1 は、約 $25\ \mu\text{m}$ の幅を有しており、約 0.05 乃至 $0.01\ \text{mm}$ の間隔を有している。このような条件の後面電極 1 5 1 が設計されるとき、太陽電池の電力損失が最も少なく、フィルファクタ (fill factor、FF) が大幅に向上した。

【 0 1 0 3 】

複数の後面バスバー 1 5 2 は、複数の後面電極 1 5 1 と交差する方向に互いに離隔して伸びており、複数の前面バスバー 1 4 2 と対向位置する。これにより、各後面バスバー 1 5 2 は、交差部分で複数の後面電極 1 5 1 と接続されている。

【 0 1 0 4 】

このような後面バスバー 1 5 2 は基板 1 1 0 内に位置する電界部 1 7 2 と接している。これにより、電界部 1 7 2 は、複数の後面電極 1 5 1 と複数の後面バスバー 1 5 2 を備えた後面電極部 1 5 0 と接する基板 1 1 0 の後面内に位置し、隣接する後面電極 1 5 1 の間、隣接する後面電極 1 5 1 と後面バスバー 1 5 2 の間、隣接する後面バスバー 1 5 2 の間の基板 1 1 0 の後面側には、電界部 1 7 2 が存在しない。したがって、電界部 1 7 2 は、後面電極部 1 5 0 の形成のような格子形状を有しており、基板 1 1 0 の後面全体または基板 1 1 0 の後面の端の部分を除いた後面全体に形成されるのに対し、電界部 1 7 2 の形成面積が減少する。複数の後面バスバー 1 5 2 は、複数の前面バスバー 1 4 2 と同様に、後面電極 1 5 1 から伝達される電荷を収集する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

複数の後面バスバー 1 5 2 は外部デバイスと接続され、複数の後面バスバー 1 5 2 によって収集された電荷（例えば、電子）を外部デバイスに出力される。

【 0 1 0 6 】

このような複数の後面バスバー 1 5 2 は、後面電極 1 5 1 より良好な伝導度を有する物質から形成することが可能であり、例えば、銀（A g）などのような少なくとも一つの導電性物質を含有する。

【 0 1 0 7 】

前述のように、複数の後面電極 1 5 1 と複数の後面バスバー 1 5 2 を備えた後面電極部 1 5 0 が基板 1 1 0 より高い不純物ドーピング濃度を有する電界部 1 7 2 と接触するので、基板 1 1 0、すなわち電界部 1 7 2 と後面電極部 1 5 0 の間の接触抵抗が減少して基板 1 1 0 から後面電極部 1 5 0 への電荷転送効率が向上する。

10

【 0 1 0 8 】

このような構造を有する太陽電池は、基板 1 1 0 の前面と後面の内の少なくとも一面に光が入射する両面受光型太陽電池として、動作は次のとおりである。

【 0 1 0 9 】

太陽電池に光が照射され反射防止部 1 3 0 を介して半導体部のエミッタ部 1 2 1 と基板 1 1 0 に入射すると、光エネルギーによって、半導体部からの電子-正孔対が発生する。この時、基板 1 1 0 のテクスチャリング表面と反射防止部 1 3 0 によって基板 1 1 0 に入射する光の反射損失が減り、基板 1 1 0 に入射する光の量が増加する。

20

【 0 1 1 0 】

これらの電子と正孔は、基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 の p - n 接合により、n 型の導電型を有する基板 1 1 0 と p 型の導電型を有するエミッタ部 1 2 1 方向にそれぞれ移動する。エミッタ部 1 2 1 の方向に移動した正孔は、複数の前面電極 1 4 1 と複数の前面バスバー 1 4 2 によって収集され、複数の前面バスバー 1 4 2 に沿って移動し、基板 1 1 0 の方向に移動した電子は複数の後面電極 1 5 1 によって収集され、複数の後面バスバー 1 5 2 に沿って移動する。このような前面バスバー 1 4 2 と後面バスバー 1 5 2 を導線で接続すると、電流が流れ、これを外部から電力として利用することになる。

【 0 1 1 1 】

このような太陽電池で、基板 1 1 0 と同じ導電型の不純物含有した半導体層 1 7 5 が基板 1 1 0 の後面に位置する。

30

【 0 1 1 2 】

これにより、基板 1 1 0 と半導体層 1 7 5 との接合によって基板 1 1 0 のエネルギーバンドと半導体層 1 7 5 のエネルギーバンドのベンディング現象が発生し、基板 1 1 0 から半導体層 1 7 5 に移動する正孔の移動を妨げ、基板 1 1 0 から半導体層 1 7 5 に移動する電子の移動はさらに容易に行われる。

【 0 1 1 3 】

これにより、後面電極 1 5 1 によって収集された電子の量はさらに増加し、基板 1 1 0 の後面方向に移動する正孔の量は減少するため、基板 1 1 0 の後面から発生する電子と正孔の再結合の損失量が減少する。

40

【 0 1 1 4 】

また、半導体層 1 7 5 は、基板 1 1 0 の内部に位置せず基板 1 1 0 の後面の上に位置するので、半導体層 1 7 5 に起因する基板 1 1 0 の内部の不純物ドーピング濃度は増加しない。したがって、基板 1 1 0 の内に不純物の増加による電荷の寿命短縮と不純物による電荷の損失なしに基板 1 1 0 の後面に電荷移動を向上する。

【 0 1 1 5 】

さらに、後面電極部 1 5 0 と接する基板 1 1 0 の部分またこの基板 1 1 0 の部分とその周辺にのみ電界部 1 7 2 が位置し電界部 1 7 2 の形成面積が減少し、不純物による電荷の寿命の短縮と電荷損失が減少する。

【 0 1 1 6 】

50

このような構造を有する太陽電池の場合には、図 5 に示したように、開放電圧 (V_{oc})、短絡電流 (I_{sc})、フィルファクタ (fill factor、 FF) 及び効率 (E_{ff}) が増加する。この時、図 5 のグラフで、基準となる比較例の太陽電池は、基板の前面の全面にエミッタ部があり、基板の後面の全面に電界部が存在し、電界部と接する複数の後面電極と複数の後面バスバー 152 を備えた両面受光型太陽電池 (bifacial solar cell) である。したがって、比較例の太陽電池での電界部は隣接する後面電極との間、隣接する後面電極と後面バスバーの間、隣接する後面バスバーの間の基板後面の方向に電界部が存在する。

【0117】

図 5 に示したように、比較例と比較する時、本例の開放電圧 (V_{oc}) は約 4.5% 増加し、本例の短絡電流 (I_{sc}) は約 1.5% 増加しており、本例の効率は約 6.5% 増加する。本例のフィルファクタもまた比較例の場合より増加した。

【0118】

この時、開放電圧 (V_{oc}) と短絡電流 (I_{sc}) は、エネルギーバンドベンディングによる不純物のない電子/正孔の収集層の半導体層 175 を形成することにより、パッシベーション特性が改善され導出された結果である。

【0119】

すなわち、太陽電池を製造するための半導体基板に人工的に第 1 導電型 (例えば、 n 型) の不純物を注入し、基板の後面全体に形成された高濃度ドーピング層を用いて電流を収集する比較例の場合、基板に高濃度でドーピングされた不純物によって電荷 (例えば、電子) が失われ電荷のライフタイム (lifetime) が減少する問題が発生する。

【0120】

しかし、本実施例のように、太陽電池を製造するための半導体基板 110 に第 1 導電型 (例えば、 n 型) の不純物を別に注入しなくても、半導体層 175 を用いて基板 110 の表面をパッシベーションし、基板 110 とのバンドギャップエネルギー差を利用し電荷が移動することができる移動層の電荷蓄積層 179 を形成する場合、基板 110 に含有した不純物による電荷のライフタイムの減少なしに電荷の収集が行われる。したがって、電荷の収集量が増加し、本実施形態に係る太陽電池の開放電圧 (V_{oc}) と短絡電流 (I_{sc}) が増加する。

【0121】

図 1 ~ 図 3 に図示した太陽電池では、エミッタ部 121 は、基板 110 の中に該当する導電型を有する不純物をドーピング (注入) して基板 110 の一部をエミッタ部 121 で形成したものである。基板 110 とエミッタ部 121 は、すべて基板 110 の半導体物質の同じ半導体物質、例えば、結晶質半導体から形成され、基板 110 とエミッタ部 121 は、同種接合を形成する太陽電池である。

【0122】

しかし、半導体層 175 は、基板とエミッタ部が互いに異なる半導体物質から形成される場合には、例えば、基板は単結晶シリコンや多結晶シリコンのような結晶質半導体から形成され、エミッタ部は非晶質シリコンのような非晶質半導体から形成され、基板とエミッタ部は異種接合を形成する場合にも適用できる。

【0123】

異種接合を形成する太陽電池の例を図 6 乃至図 9 を参考して説明する。

【0124】

図 1 と図 2 に図示した太陽電池と比較する時、同じ構造を有し、同じ機能を実行する構成要素については、同じ図面の符号を付与しその詳細の説明は省略する。

【0125】

まず、図 6 に示された異種接合構造を有する太陽電池は、結晶質半導体から形成される基板 110 上に第 2 導電型を有する非晶質半導体 (例えば、 p 型の非晶質シリコン) から形成されたエミッタ部 121a が位置する。

【0126】

この時、基板 1 1 0 の前面およびその近傍に存在する欠陥を除去するパッシベーション機能を実行し、欠陥による電荷損失を低減するために、基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 a の間には、保護部 1 9 1 が位置する。

【 0 1 2 7 】

保護部 1 9 1 は、非晶質シリコン (amorphous silicon)、特に、真性非晶質シリコン (intrinsic amorphous silicon) から形成することができる。この時、基板 1 1 0 から生成された電荷 (例えば、正孔) は、保護部 1 9 1 を通過してエミッタ部 1 2 1 a に移動することができる厚さを有する。たとえば、保護部 1 9 1 の厚さは約 1 nm ~ 10 nm で有り得る。このような保護部 1 9 1 は省略可能である。

【 0 1 2 8 】

この時、エミッタ部 1 2 1 a と保護部 1 9 1 は、プラズマ気相蒸着法のような膜積層法によって形成することができる。

【 0 1 2 9 】

基板 1 1 0 の後面には、図 1 及び図 2 に示した太陽電池と同じように、基板 1 1 0 の後面上に位置する複数の後面電極 1 5 1 と複数の後面バスバー 1 5 2 から形成された後面電極部 1 5 0 と後面電極部 1 5 0 が位置していない基板 1 1 0 の後面上に位置し電荷蓄積層 1 7 9 を基板 1 1 0 内に形成する半導体層 1 7 5、そして後面電極部 1 5 0 下部の基板 1 1 0 内に位置する電界部 7 2 を備えている。

【 0 1 3 0 】

このような 異種接合太陽電池の場合、結晶質半導体の基板 1 1 0 と非晶質半導体のエミッタ部 1 2 1 a との間のエネルギーバンドギャップの差が同種接合の場合のエネルギーバンドギャップの差より増加し太陽電池の開放電圧 (V_{oc}) が増加するので、太陽電池の効率がさらに向上する。

【 0 1 3 1 】

また、既に図 1 ~ 図 5 を参考して説明したように、基板 1 1 0 の後面に位置する半導体層 1 7 5 によるエネルギーバンドベンディング現象と電荷蓄積層 1 7 9 により、後面電極部 1 5 0 に収集される電荷 (例えば、電子) の量が増加し、電荷の再結合損失量が減少する。さらに、電界部 1 7 2 が後面電極部 1 5 0 下部に主に形成される格子形状を有しており、電界部 1 7 2 の形成面積が減少するので、電界部 1 7 2 の不純物による電荷損失量もまた減少する。

【 0 1 3 2 】

また、代案的な例では、図 7 に示したように、基板 1 1 0 の前面に位置したエミッタ部 1 2 1 b は、ブロードバンドギャップを有する半導体物質の炭化ケイ素 (SiC) から形成されることがある。したがって、この場合には、エミッタ部 1 2 1 b は、第 2 導電型の不純物がドーピングされ広いバンドギャップを有する半導体物質から形成される半導体層となる。

【 0 1 3 3 】

したがって、図 7 に示したように、基板 1 1 0 が n 型の場合、エミッタ部 1 2 1 b は、p 型の炭化ケイ素 (SiC) (p-SiC) から形成される。

【 0 1 3 4 】

この時、p-SiC のエミッタ部 1 2 1 b は、プラズマ気相蒸着法のような膜積層法を用いて基板 1 1 0 上に形成されることがあり、エミッタ部 1 2 1 b を形成するときに所望の導電型 (例えば、p 型) を有する不純物を含有したドーピングガスを利用しエミッタ部 1 2 1 b は、基板 1 1 0 と他の第 2 導電型を有することができる。

【 0 1 3 5 】

また、図 7 に示したように、本例に係る太陽電池は、エミッタ部 1 2 1 b の上に形成された ITO (indium tin oxide) などの透明導電性酸化膜 (transparent conductive oxide、TCO) のような透明な導電性物質から形成された反射防止部 1 3 0 a が位置する。この時、反射防止部 1 3 0 a は、基板 1 1 0 の前面全体または基板 1 1 0 の前面の端部を除外した基板 1 1 0 の前面全体に位置する。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 6 】

次に、反射防止部 1 3 0 a の上に、既に図 1 及び図 2 を参考で説明したように、複数の前面電極 1 4 1 と複数の前面電極 1 4 1 と接続された複数の前面バスバー 1 4 2 から形成される前面電極部 1 4 0 が位置する。

【 0 1 3 7 】

基板 1 1 0 の後面側の構造は、既に図 1 及び図 2 を参考にして説明したのと同様であるので、省略する。

【 0 1 3 8 】

このように、第 2 導電型の不純物がドーピングされたエミッタ部 1 2 1 b が広いバンドギャップを有する半導体物質の炭化ケイ素 (S i C) から形成される場合には、半導体層 1 7 5 を参考で説明した図 3 と同様に、基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 b の間にエネルギーバンドのベンディング現象が発生して、このようなエネルギーバンドのベンディング現象により、基板 1 1 0 と半導体層 1 7 5 の伝導帯 (C B) と価電子帯 (V B) のベンディングが行われます。

10

【 0 1 3 9 】

しかし、この場合、図 9 に示したように、図 3 の場合とは逆に、伝導帯と価電子帯からのエネルギー準位の高さが増加することにより、伝導帯でのエネルギー障壁 (つまり、伝導帯でのバンドオフセット) のサイズが増加する。

【 0 1 4 0 】

これにより、伝導帯を介し移動する電子の移動は増加した伝導帯でのエネルギー障壁により、n 型の基板 1 1 0 で、p 型のエミッタ部 1 2 1 b への電子移動に悪影響を受けることになり基板 1 1 0 からのエミッタ部 1 2 1 b 方向に移動する電子の量が減少することになる。

20

【 0 1 4 1 】

また、半導体基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 b との間のエネルギーベンディングによって高まった価電子帯でのエネルギー準位によって発生したエネルギー障壁を通過 [トンネリング (tunneling)] し基板 1 1 0 側からエミッタ部 1 2 1 b 方向に移動する。

【 0 1 4 2 】

この時、半導体基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 b の間の界面には、図 9 に示したように、半導体基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 b との間のエネルギーベンディングによって谷部分 1 2 9 が形成され、基板 1 1 0 から移動した正孔は、この谷の部分 1 2 9 に蓄積され、これにより、谷の部分 1 2 9 は、電荷蓄積層として機能する。

30

【 0 1 4 3 】

この時、既に説明したように、前面電極部 1 4 0 とエミッタ部 1 2 1 b の間に位置する反射防止部 1 3 0 a は、所定の仕事関数 (work function) を有している伝導度が良好な透明導電性酸化物から形成される。

【 0 1 4 4 】

したがって、エミッタ部 1 2 1 b 方向に移動して電荷蓄積層 1 2 9 に位置する電荷 (例えば、正孔) は、反射防止部 1 3 0 a の仕事関数によって反射防止部 1 3 0 a にさらに容易に移動した後、前面電極部 1 4 0 方向に動く。この時、透明導電性酸化物 (T C O) から形成された反射防止部 1 3 0 a は、約 5 e V 以上の仕事関数を有している方がいい。この場合、エミッタ部 1 2 1 b 方向に移動した電荷はさらに容易に反射防止部 1 3 0 b 方向に移動することになる。

40

【 0 1 4 5 】

また、前面電極部 1 4 0 とエミッタ部 1 2 1 b の間に位置する反射防止部 1 3 0 a により、金属製の前面電極部 1 4 0 とエミッタ部 1 2 1 b との間の接触特性が向上されてエミッタ部 1 2 1 b から前面電極部 1 4 0 への移動する電荷の移動量が増加する。

【 0 1 4 6 】

しかし、代案的な例としては、反射防止部 1 3 0 a は、図 1 および図 2 に図示したような反射防止部 1 3 0 のように、窒化シリコンや酸化アルミニウムなどのように反射防止機

50

能を有する絶縁物質になりえる。この時、前面電極部 1 4 0 は、反射防止部を貫通しエミッタ部 1 2 1 b と接している。

【 0 1 4 7 】

別の例として、太陽電池は、図 8 に示したような構造を有する。

【 0 1 4 8 】

図 7 と比較すると、図 8 に示した太陽電池は、基板 1 1 0 の前面側に位置するエミッタ部 1 2 1 c の構造を除外すれば、同じ構造を有する。

【 0 1 4 9 】

つまり、図 7 に図示したように、基板 1 1 0 の前面上には複数の前面電極 1 4 1 と複数の前面電極 1 4 1 と接続された複数の前面バスバー 1 4 2 が位置し、前面電極部 1 4 0 が位置していない基板 1 1 0 の前面上にはエミッタ部 1 2 1 c が位置する。

10

【 0 1 5 0 】

また、図 8 に示した太陽電池は、前面電極部 1 4 0 下部とその周辺に位置する基板 1 1 0 の中に位置し基板 1 1 0 とエミッタ部 1 2 1 c よりも高い濃度で第 2 導電型の不純物が含有されている（ドーピングされた）第 2 導電型の高濃度ドーピング部 1 2 3 をさらに含む。したがって、高い不純物ドーピング濃度により高濃度ドーピング部 1 2 3 の伝導度は増加しシート抵抗は減少するので、高濃度ドーピング部 1 2 3 と前面電極部 1 4 0 との間の接触抵抗が減少する。

【 0 1 5 1 】

したがって、隣接する前面電極 1 4 1 の間、隣接する前面電極 1 4 1 と前面バスバー 1 4 2 の間、隣接する前面バスバー 1 4 2 の間に位置する基板 1 1 0 の前面側には、高濃度ドーピング部 1 2 3 が位置しない。

20

【 0 1 5 2 】

この例では、エミッタ部 1 2 1 c は、基板 1 1 0 の導電型と他の第 2 導電型（例えば、p 型）の不純物がドーピングされた非晶質炭化ケイ素（p - a - SiC）から形成されている。

【 0 1 5 3 】

したがって、基板 1 1 0 との p - n 接合を形成する部分は、エミッタ部 1 2 1 c と高濃度ドーピング部 1 2 3 となる。

【 0 1 5 4 】

このような構造を有する太陽電池では、エミッタ部 1 2 1 c の役割は、基板 1 1 0 との p - n 接合だけでなく、基板 1 1 0 の後面に位置する半導体層 1 7 5 と同じ役割をする。

30

【 0 1 5 5 】

したがって、すでに図 7 を参考して説明したように、基板 1 1 0 からエミッタ部 1 2 1 c に正孔の移動が行われ、電荷蓄積層 1 2 9 に電荷（正孔）が蓄積されると、図 1 と図 2 の場合と同様に谷の部分、すなわち、電荷蓄積層 1 2 9 に蓄積された電荷は電荷蓄積層 1 2 9 によって形成されたパス（path）に沿って移動し隣接する高濃度ドーピング部 1 2 3 を介して前面電極部 1 4 0 に容易に移動する。

【 0 1 5 6 】

基板 1 1 0 に位置した電界部 1 7 2 に接続された後面電極部 1 5 0 と同様に、高い不純物ドーピング濃度によって伝導度が増加した高濃度ドーピング部 1 2 3 に前面電極部 1 4 0 と接しているため、エミッタ部 1 2 1 c に沿って移動した電荷は高濃度ドーピング部 1 2 3 を介して前面電極部 1 4 0 にさらに容易に移動することになる。

40

【 0 1 5 7 】

図 7 と図 8 に示した太陽電池では、基板 1 1 0 の前面およびその周辺に存在する欠陥に起因する電荷の損失を減らすために、基板 1 1 0 のすぐ上に図 6 に示した保護部 1 9 1 が存在することができる。この時、保護部 1 9 1 は、基板 1 1 0 とエミッタ部（1 2 1 b、1 2 1 c）の間に位置することができる。このような場合には、欠陥によって失われる電荷の量が減少するので、太陽電池の効率が向上する。

【 0 1 5 8 】

基板 1 1 0 の後面に電界部 1 7 2 は、図 7 と図 8 とは異なり、基板 1 1 0 とは異なり第

50

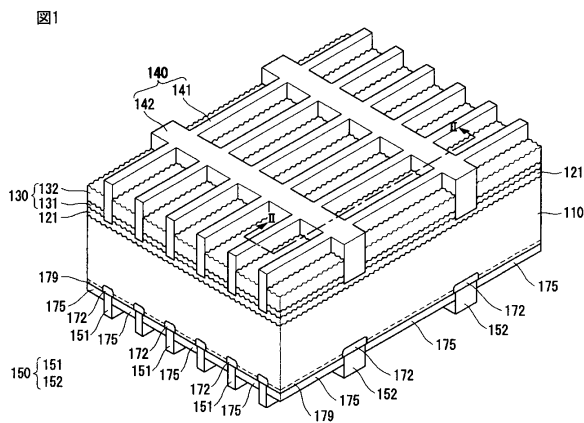
１導電型の不純物が基板１１０より高い濃度で含有された非晶質シリコンから形成され基板１１０の後面の上に位置することができる。この時、基板１１０の後面に位置する半導体層１７５は省略することができる。また、この場合には、後面電極部１５０は、基板１１０の後面の上に位置する第１導電型の非晶質シリコンから形成される電界部の上に位置し、図７と図８に示したものと異なり、複数の後面電極１５１は、複数の後面バスバー１５２が位置する部分を除外した電界部または複数の後面バスバー１５２が位置する部分と後面の端の部分を除いた後面全体に位置する一つの後面電極に形成することができる。

【０１５９】

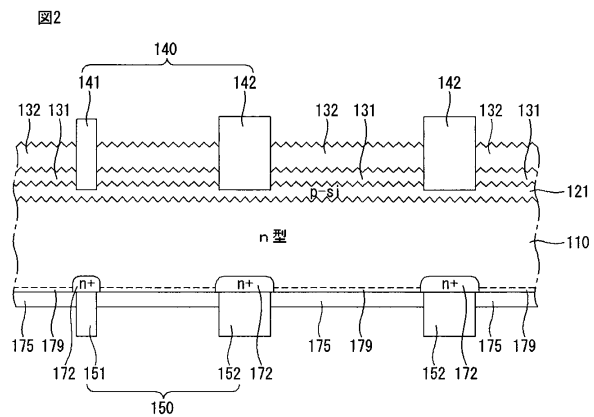
以上で本発明の実施の形態に対して詳細に説明したが本発明の権利範囲はこれに限定されるのではなく、次の請求範囲で定義している本発明の基本概念を利用した当業者の多くの変形及び改良形態もまた本発明の権利範囲に属する。

10

【図１】

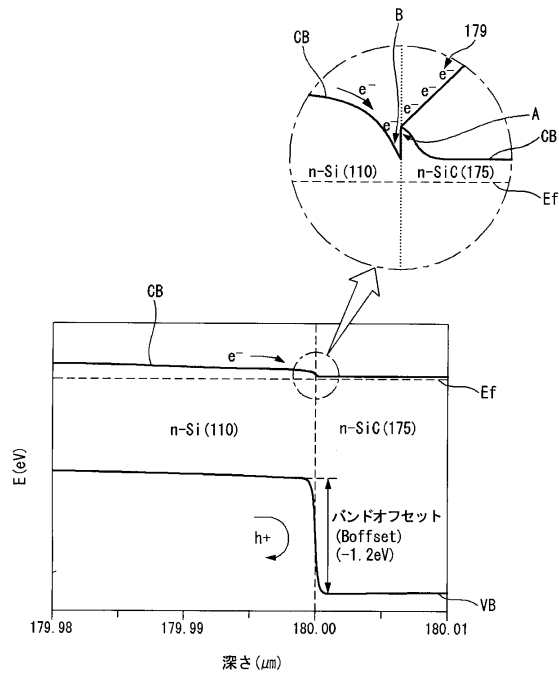


【図２】



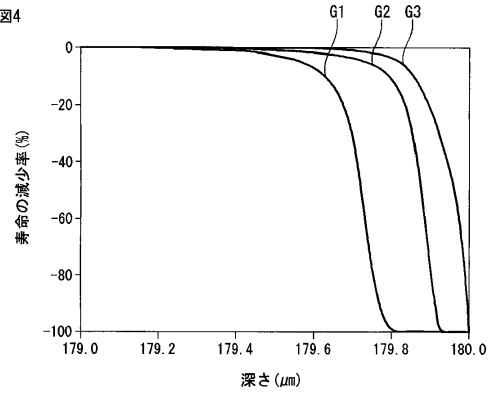
【図 3】

図3



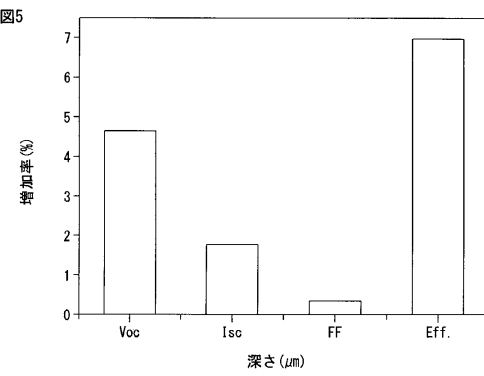
【図 4】

図4



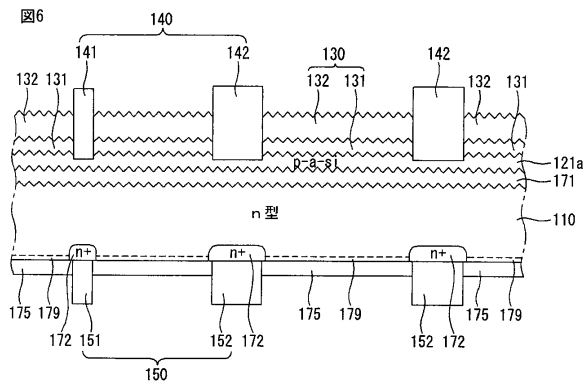
【図 5】

図5



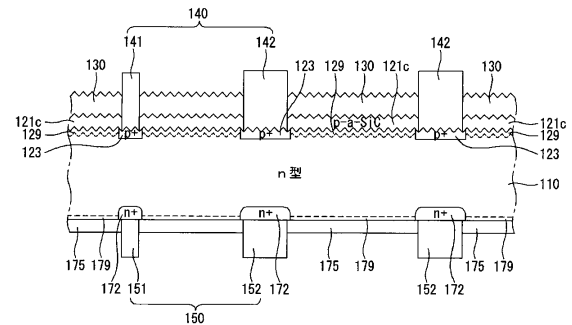
【図 6】

図6



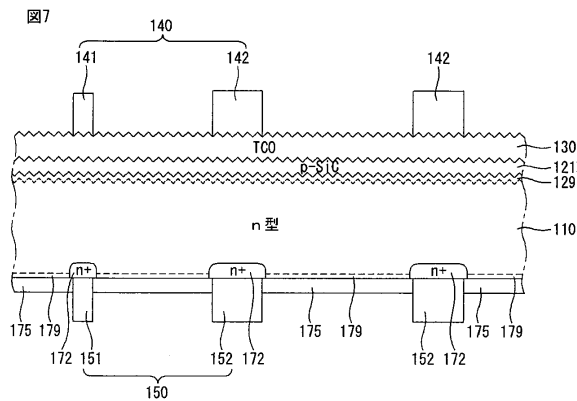
【図 8】

図8



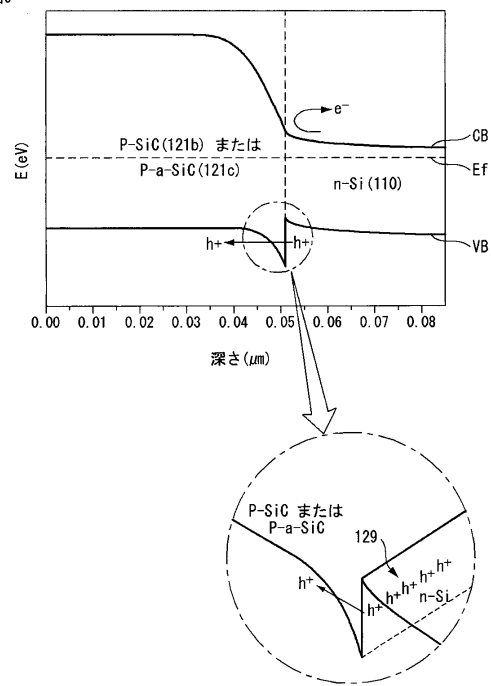
【図 7】

図7



【図 9】

図9



フロントページの続き

(72)発明者 シム スンファン

大韓民国, ソウル 137-724, ソチョ-ク, ウーミョン-ドン, 16, エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド アイピー グループ

(72)発明者 キム キス

大韓民国, ソウル 137-724, ソチョ-ク, ウーミョン-ドン, 16, エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド アイピー グループ

(72)発明者 ヨン ウンヒェ

大韓民国, ソウル 137-724, ソチョ-ク, ウーミョン-ドン, 16, エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド アイピー グループ

(72)発明者 ファン ユジュ

大韓民国, ソウル 137-724, ソチョ-ク, ウーミョン-ドン, 16, エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド アイピー グループ

(72)発明者 リ ヨンヒュン

大韓民国, ソウル 137-724, ソチョ-ク, ウーミョン-ドン, 16, エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド アイピー グループ

(72)発明者 パク サンウク

大韓民国, ソウル 137-724, ソチョ-ク, ウーミョン-ドン, 16, エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド アイピー グループ

審査官 門 良成

(56)参考文献 特開平11-008400(JP, A)

特開2006-319335(JP, A)

特開2011-159783(JP, A)

特開昭55-141765(JP, A)

特開2010-263222(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/0216

H01L 31/06-078