

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5221674号
(P5221674)

(45) 発行日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)

(24) 登録日 平成25年3月15日 (2013. 3. 15)

(51) Int. Cl.

H 0 1 L 31/04 (2006.01)

F I

H 0 1 L 31/04

F

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2010-538044 (P2010-538044)
 (86) (22) 出願日 平成20年12月2日 (2008. 12. 2)
 (65) 公表番号 特表2011-518422 (P2011-518422A)
 (43) 公表日 平成23年6月23日 (2011. 6. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/085241
 (87) 国際公開番号 W02009/079199
 (87) 国際公開日 平成21年6月25日 (2009. 6. 25)
 審査請求日 平成23年11月24日 (2011. 11. 24)
 (31) 優先権主張番号 61/007, 758
 (32) 優先日 平成19年12月14日 (2007. 12. 14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 12/325, 878
 (32) 優先日 平成20年12月1日 (2008. 12. 1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 505379467
 サンパワー コーポレイション
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9 5
 1 3 4、サンノゼ リオ ローブルス 7
 7
 (74) 代理人 110000877
 龍華国際特許業務法人
 (72) 発明者 ルーアン、シンーチャオ
 アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 1 3
 4、サンノゼ、ノース・ファースト・スト
 リート・3 9 3 9 サンパワー コーポレ
 イション内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 裏面コンタクト太陽電池用の高光吸収層を有する反射防止膜

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

裏面コンタクト太陽電池を製造する方法であって、
 前記裏面コンタクト太陽電池の正面側のシリコン基板の表面にテクスチャ加工を施して
 テクスチャ加工された正面側の表面を生成する工程と、
 前記テクスチャ加工された正面側の表面の上に、二酸化シリコンを含むパッシベーショ
 ンレベルを形成する工程と、
 前記パッシベーションレベルの上に高 k シリコン窒化物層を形成する工程と、
 前記高 k シリコン窒化物層の上に低 k シリコン窒化物層を形成する工程とを備え、
 前記裏面コンタクト太陽電池は前記正面とは反対の裏面上に、複数の拡散領域と、前記
 複数の拡散領域に電氣的に連結された複数の金属コンタクトとを含み、前記正面は通常動
 作において太陽側を向き、太陽放射を収集し、
 前記高 k シリコン窒化物層は、前記正面から前記シリコン基板へ入射する UV 放射の少
 なくとも 1 0 % を遮光する方法。

【請求項 2】

前記高 k シリコン窒化物層は、4 0 0 n m 以下の波長の光に対して少なくとも 0 . 0 3
 の消衰係数を有し、前記低 k シリコン窒化物層は、4 0 0 n m 以上の波長の光に対して多
 くとも 0 . 0 3 の消衰係数を有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記シリコン基板は、N 型シリコン基板を含む請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記パッシベーションレベルは、熱成長した二酸化シリコンを含む請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記高 k シリコン窒化物は、1 nm から 100 nm の範囲の厚みを有する請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

裏面コンタクト太陽電池であって、

前記裏面コンタクト太陽電池の正面側のシリコン基板上のテクスチャ加工された表面と

、

前記テクスチャ加工された表面上に形成されたパッシベーションレベルと、

前記パッシベーションレベル上に形成された高光吸収層と、

前記高光吸収層上に形成された低光吸収層とを備え、

前記正面は通常動作において太陽側を向き、太陽放射を収集し、

前記高光吸収層は、前記正面から前記シリコン基板へ入射する UV 放射の少なくとも 10 % を遮光する裏面コンタクト太陽電池。

【請求項 7】

前記高光吸収層は、400 nm 以下の波長の光に対して少なくとも 0.03 の消衰係数を有し、前記低光吸収層は、400 nm 以上の波長の光に対して多くとも 0.03 の消衰係数を有する請求項 6 に記載の裏面コンタクト太陽電池。

【請求項 8】

前記高光吸収層は、400 nm 以下の波長の光に対して少なくとも 0.03 の消衰係数を有する高 k シリコン窒化物を有する請求項 6 または 7 に記載の裏面コンタクト太陽電池。

【請求項 9】

前記高光吸収層は、1 nm から 100 nm の範囲の厚みに形成された高 k シリコン窒化物を有する請求項 6 から 8 の何れか 1 項に記載の裏面コンタクト太陽電池。

【請求項 10】

裏面コンタクト太陽電池を製造する方法であって、

前記裏面コンタクト太陽電池の太陽電池基板の正面側の表面にテクスチャ加工を施してテクスチャ加工された正面側の表面を生成する工程と、

前記テクスチャ加工された正面側の表面の上に、パッシベーションレベルを形成する工程と、

前記パッシベーションレベルの上に高光吸収層を形成する工程と、

前記高光吸収層の上に低光吸収層を形成する工程とを備え、

前記正面は通常動作において太陽側を向き、太陽放射を収集し、

前記高光吸収層は、前記正面から前記基板へ入射する UV 放射の少なくとも 10 % を遮光する方法。

【請求項 11】

前記基板は N 型シリコンを含む請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記高光吸収層は、1 nm から 100 nm の範囲の厚みに形成された高 k シリコン窒化物を有する請求項 10 または 11 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2007 年 12 月 14 日出願の米国仮特許出願第 61 / 007 , 758 号明細書の利益を主張しており、その内容全体をここに参照として組み込む。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

本発明は、概して太陽電池に係り、より詳しくは太陽電池製造プロセスおよび構造に係るが、これらに限定はされない。

【0003】

太陽電池は、太陽放射を電気エネルギーに変換する公知のデバイスである。半導体プロセス技術を用いて半導体基板上に製造されうる。太陽電池はP型およびN型の複数の拡散領域を含む。太陽電池に入射する太陽放射は、拡散領域へと移動する電子および正孔を生成して、拡散領域間に電圧差を生成する。裏面コンタクト太陽電池では、拡散領域およびこれらに連結された金属接触フィンガーの両方が太陽電池の裏面に設けられる。接触フィンガーは、外部電気回路を太陽電池に連結させ、太陽電池による電力供給を受けさせる。

【0004】

裏面コンタクト太陽電池は概して公知である。裏面コンタクト太陽電池の例としては、米国特許第5,053,083号明細書および米国特許第4,927,770号明細書が挙げられ、これらの全体をここに参照として組み込む。図1は、従来の裏面コンタクト太陽電池の別の例の概略図である。

【0005】

図1の例を見ると、従来の裏面コンタクト太陽電池100は、N型シリコン基板102を含む。太陽電池100の正面は、概して120という参照番号を付され、正面とは反対側の裏面は、概して121という参照番号を付される。太陽電池の正面は、通常動作において太陽側を向き、太陽放射を収集する。正面には無作為に反射を低減させるテクスチャ加工を施すことで、基板102で収集される太陽放射量を増加させる。熱成長二酸化シリコン(SiO_2)層122および窒化シリコン層103を含む多層反射防止構造110を、テクスチャ加工されたシリコン基板上に形成する。

【0006】

太陽電池100の裏面は、複数のP型拡散領域105および複数のN型拡散領域106を含む。これら拡散領域105および106は、裏面から適切なドーパントを拡散することにより形成されてよい。金属フィンガー109は、P型拡散領域105と電氣的に接続しており、金属フィンガー110は、N型拡散領域106と電氣的に接続している。金属フィンガー109および110によって、太陽電池100で生成された電子が外部電気回路により利用可能となる。層107は、電気短絡を回避するべく絶縁を行う。

【0007】

裏面コンタクト太陽電池の性能は、 SiO_2 およびSi間の界面準位密度が低減するにつれて向上する。従って二酸化シリコン層122と基板102の表面との間の界面は界面準位密度を低減するよう設計される。シリコン窒化物層103を利用することにより、 SiO_2 /Si界面準位が太陽電池100の性能に対して及ぼす影響をさらに低減させることができる。 SiO_2 /Si界面準位密度およびこれが太陽電池の性能に及ぼす影響を低減させるプロセスは、「パッシベーション」とも称される。

【0008】

本発明の実施形態は、裏面コンタクト太陽電池の正面のパッシベーションの劣化を防止する一助となる。

【発明の概要】

【0009】

一実施形態では、裏面コンタクト太陽電池の反射防止構造が、太陽電池の正面に形成される。反射防止構造は、パッシベーションレベル、パッシベーションレベルの上の高光吸収層、および高光吸収層の上の低光吸収層を含んでよい。パッシベーションレベルは、N型シリコン基板であってよい太陽電池基板のテクスチャ加工された表面上に熱成長した二酸化シリコンを含むことができる。高光吸収層は、基板に入射するUV放射の少なくとも10%を遮光するよう構成されてよい。高光吸収層は、高kシリコン窒化物を含んでよく、低光吸収層は低kシリコン窒化物を含んでよい。

【0010】

本発明の上述した特徴またはその他の特徴は、添付図面および請求項を含む本開示を読

10

20

30

40

50

んだ当業者には明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】従来の裏面コンタクト太陽電池の概略図である。

【図 2】従来の裏面コンタクト太陽電池の正面のバンド図を示し、正面パッシベーションの劣化を引き起こすメカニズムを示す。

【図 3】本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池の概略図である。

【図 4】本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池の概略図である。

【図 5】光の波長の関数としてアモルファスシリコンの消衰係数 (extinction coefficient) (k) を示すプロットである。

10

【図 6】光の波長の関数としてシリコン窒化物の消衰係数 (k) を示すプロットである。

【図 7】アモルファスシリコンおよびシリコン窒化物の光特性および、それぞれが光強度に及ぼす影響を示す表である。

【図 8】アモルファスシリコンを裏面コンタクト太陽電池の多層反射防止構造で利用した場合の UV 安定性の向上を示すプロットである。

【図 9】アモルファスシリコンが量子効率に及ぼす影響を示すプロットである。

【図 10】本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池の概略図である。

【図 11】高 k シリコン窒化物層および低 k シリコン窒化物層の光の波長の関数として消衰係数を示すプロットである。

【図 12】高 k シリコン窒化物および低 k シリコン窒化物の光特性および、それぞれが光強度に及ぼす影響を示す表である。

20

【図 13】高 k シリコン窒化物の利用が、裏面コンタクト太陽電池の効率に及ぼす影響を示す実験結果である。

【図 14】高 k シリコン窒化物の利用が、裏面コンタクト太陽電池の UV 安定性に及ぼす影響を示す実験結果である。

【図 15】本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池に多層反射防止構造を形成する方法を示すフロー図である。

【 0 0 1 2 】

異なる図面間で同じ参照番号が付されている部材は、同じまたは類似していることを示す。図面は実寸に比例しては描かれていない。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

本開示においては、材料、処理パラメータ、処理ステップ、および構造面での例示等、多くの詳細を提供して、本発明の実施形態の完全な理解を促す。しかし、当業者であれば、本発明がこれら特定の詳細の 1 以上がなくても実施可能であることを理解する。他の場合においては、公知の詳細を図示または記載から省略することで、本発明の側面を曖昧にしないよう心がけている箇所もある。

【 0 0 1 4 】

理論に制約されることなく、本願の発明者は、現在利用可能な裏面コンタクト太陽電池が、以下の分析に基づき向上させることが可能であることを信じている。

40

【 0 0 1 5 】

正面側のテクスチャ加工が施された表面のパッシベーションは、高効率の裏面コンタクト太陽電池の製造には重要である、というのも、収集された太陽放射により生成される電子および正孔の密度がシリコン基板の前表面に集中するからである。シリコン基板に光生成された電子および正孔の光強度および密度は、基板の前表面から裏表面にかけて指数関数的に低下する。正面に良好なパッシベーションが存在しないと、大量の電子および正孔が SiO_2 / Si 界面で再結合して、太陽電池の効率低減を引き起こしうる。

【 0 0 1 6 】

UV 放射は、裏面コンタクト太陽電池の正面パッシベーションを低下させることがあり、効率を低減させたり安定性において問題があったりする。図 2 は、従来の裏面コンタク

50

ト太陽電池の正面のバンド図を示し、正面パッシベーションの劣化を引き起こすメカニズムを示す。二酸化シリコンの伝導帯とシリコンの伝導帯との間のエネルギー差は3.1 eVである。このエネルギーは、波長が400 nmの光子のエネルギーに相当する。波長が400 nm未満のUV放射は、シリコン伝導帯から二酸化シリコン伝導帯へと電子を励起するのに足るエネルギーを有すると考えられ、これによりSiO₂/Si欠陥準位密度(defect state density)が増加する。このプロセスにより、前表面において電子および正孔の再結合が促進され、太陽電池の効率が悪くなる。P. E. GruenbaumおよびR. R. King, R. M. Swanson著「Photoinjected hot-electron damage in silicon point-contact solar cells」Journal of Applied Physics、第66巻、p.6110-6114、1989年なる文献も参照のこと。

10

【0017】

図3は、本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池300の概略図である。太陽電池300は、110ではなくて反射防止構造310が利用されていることを除いて、図1の太陽電池100と同じである。太陽電池100と太陽電池300とに共通のコンポーネントは、図1を参照して説明済みである。

【0018】

一実施形態では、反射防止構造310は、パッシベーション層312、パッシベーション層312上に形成された高光吸収層313、および、高光吸収層313上に形成された低光吸収層314を含む。一実施形態では、パッシベーション層312は、約0.5 nmから100 nmの厚みに熱成長させられた二酸化シリコンを含み、低光吸収層314は、PECVD（プラズマ化学気相成長法）または反応スパッタリングにより約5 nmから100 nmの厚みに成膜されたシリコン窒化物を含む。

20

【0019】

高光吸収層313という名称の所以は、低光吸収層314と比べて、通過する光の顕著な割合を吸収することにある。一実施形態では、高光吸収層313は、波長が400 nm以下の光の少なくとも10パーセントを遮光するよう構成されている。高光吸収層は太陽電池基板に到達する光量を低減させるので、多くの太陽電池設計においては、太陽電池の正面側に高光吸収層を用いることは一般に推奨されておらず太陽電池産業では実施されていない手法である。言い換えると、高光吸収層は、太陽電池効率に悪影響を及ぼしうる、ということである。これが一般的に太陽電池の正面側には低光吸収層が好んで利用されていることの理由である。しかし、以下の説明から明らかとなるように、裏面コンタクト太陽電池において高光吸収層を正面側に利用することで、高光吸収層が効率に悪影響を及ぼさずに太陽電池の安定性を向上させる、という予期せぬ利点を生じる。実際のところ、発明者の研究のなかには、裏面コンタクト太陽電池の正面に高光吸収層を設けたことで実際に効率向上に寄与したことを示したものがある。

30

【0020】

UV安定性を向上させて経時的な性能劣化を最小限に抑えるべく、太陽電池300のSiO₂/Si界面（概して「104」という参照番号で示す）に衝突するUV放射量を低減しつつ可視光のフィルタ効果は最小限に抑えるよう、高光吸収層313を構成する。例えば、高光吸収層313は、可視光に対して比較的透過性が高いが、UV放射（400 nm以下の範囲の波長の光）は大いに吸収する材料を含んでよい。高光吸収層313は、二酸化シリコンパッシベーション層312とシリコン基板102（一実施形態においてN型シリコンを含む）との間の界面におけるUV放射によるダメージを低減させる。

40

【0021】

図4は、本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池300Aの概略図である。太陽電池300Aは、太陽電池300（図3参照）の特定の実施形態であり、ここでは、高光吸収層がアモルファスシリコン層413を含み、低光吸収層がシリコン窒化物層414を含む。太陽電池300Aの多層反射防止構造は、「310A」として総称される。太陽電池300Aおよび300はこの他の面においては同じである。

【0022】

50

図5および図6は、光の波長の関数としてアモルファスシリコンおよびシリコン窒化物の消衰係数(k)をそれぞれ示すプロットである。太陽電池の場合には、消衰係数は、材料がどのくらいよく光を吸収するかを示す測度である。従って、アモルファスシリコンまたはシリコン窒化物を反射防止被膜310Åに利用したときの、裏面コンタクト太陽電池300Åの SiO_2/Si 界面104に到達する光の強度は、これら2つの材料の消衰係数を用いて評価することができる。

【0023】

図7は、アモルファスシリコンおよびシリコン窒化物の光特性および、それぞれが光強度に及ぼす影響を示す表である。図7の表は、光の波長、消衰係数(k)、算出された吸光係数(absorption coefficient)(α)、光強度が64%低下するのに必要な各材料の厚み($1/e$)、および、光強度が10%低下するのに必要なアモルファスシリコン($a\text{-Si}$)およびシリコン窒化物の厚みを含む。

【0024】

消衰係数および吸光係数が比較的大きいことにより、顕著な強度の低下に必要となるアモルファスシリコンの厚みは、シリコン窒化物のものよりも薄い。400nmの波長(これは、 SiO_2/Si 界面に顕著なダメージを与えうるUVスペクトルの最長の波長に相当する)の光を例にとると、光の10%をフィルタにより除去しようとする、約11nmのアモルファスシリコンが必要となる。350nmの波長においては、光の10%をフィルタにより除去しようとする、約1nmのアモルファスシリコンが必要となる。これらの厚みは、シリコン窒化物のものとは大幅に異なっている。400nmでは、光の10%をフィルタにより除去しようとする、約1545nmのシリコン窒化物が必要となる。太陽電池の通常の反射防止構造においては、シリコン窒化物の厚みは通常この値の10分の1未満である。UV放射は、波長が400nmより短いので、原則としてフィルタにより除去されることなくシリコン窒化物を通過する。多層反射防止構造(例えば反射防止構造310Å)のシリコン窒化物と二酸化シリコンとの間に11nmを超えるアモルファスシリコンが形成されると、90%未満のUV放射がアモルファスシリコンを通過する。従ってアモルファスシリコンは、裏面コンタクト太陽電池の SiO_2/Si 界面を保護する良好なUVフィルタとして利用可能である。裏面コンタクト電池の多層反射防止構造の高光吸収層として利用されるときには、アモルファスシリコンは、太陽電池の正面から、またはそこへと入力される太陽放射の少なくとも25%をフィルタにより除去または遮光するように設けられると好適である。

【0025】

図8は、アモルファスシリコンを裏面コンタクト太陽電池(例えば図4の太陽電池300Å)の多層反射防止構造で利用した場合のUV安定性の向上を示すプロットである。図8のプロットは、裏面コンタクト太陽電池に関する実験により得られた。図8では、垂直軸は、実験で用いられた裏面コンタクト太陽電池の開回路電圧(V_{oc})の増減率を表し、水平軸は、太陽電池がUV放射に曝された時間の量を時間単位で表している。プロット801は参照のみを目的としており、太陽電池がUV放射に曝されていない間の経時的な開回路電圧の増減率を示す。プロット802は、100nmの厚みのシリコン窒化物層414と60nmの厚みのアモルファスシリコン層413とを有する太陽電池300Å等の裏面コンタクト太陽電池のものであり、プロット803は、100nmの厚みのシリコン窒化物層414と30nmの厚みのアモルファスシリコン層413とを有する太陽電池300Å等の裏面コンタクト太陽電池のものである。プロット804は、太陽電池100等の裏面コンタクト太陽電池のものである(図1参照)。つまり、プロット804は、アモルファスシリコン層が反射防止構造に含まれていない従来の裏面コンタクト太陽電池のものである。

【0026】

図8から明らかなように、シリコン窒化物のみを反射防止構造に利用した場合(プロット804)、太陽電池の開回路電圧は、UV放射に80時間曝されると1.2%を超える劣化を示した。30nm(11nmを超える範囲)のアモルファスシリコンを反射防止層

10

20

30

40

50

に追加した場合には（プロット 803）、太陽電池は UV によるダメージに対してロバストとなった。30 nm の厚みのアモルファスシリコンでは、太陽電池の開回路電圧は、同じ 80 時間の間に 0.1 % 未満の低下を示した。60 nm のアモルファスシリコンを利用した場合には、開回路電圧はさらに劣化が少なく（プロット 802）、UV 放射に曝されない太陽電池のものと類似したプロファイルを示した（プロット 801）。よって、アモルファスシリコンを裏面コンタクト太陽電池の反射防止構造に追加することは、太陽電池の UV 安定性を向上させる効果的な方法であり、経時的なパッシベーションレベルの劣化を最小限に抑えることができる。

【0027】

確かにアモルファスシリコンは裏面コンタクト太陽電池の UV 安定性を向上させるが、可視光領域での高光吸収性を示すという課題を持つ。これは、アモルファスシリコンを反射防止構造の正面側に設けると、太陽電池の効率が落ちる可能性があることを示している。この現象を図 9 を参照しながら説明する。

【0028】

図 9 は、アモルファスシリコンが量子効率に及ぼす影響を示すプロットである。太陽電池の場合、量子効率は、光子が太陽電池の表面に衝突して、電子-正孔対を生成する割合で表される。S.M.Sze 著、「Physics of Semiconductor Devices」第 2 版、1981 年も参照のこと。図 9 の例では、水平軸が光の波長を表し、垂直軸が等価量子効率の割合を示す。プロット 902 は、100 nm の厚みのシリコン窒化物層 414 と 60 nm の厚みのアモルファスシリコン層 413 とを有する太陽電池 300 A 等の裏面コンタクト太陽電池のものであり、プロット 903 は、100 nm の厚みのシリコン窒化物層 414 と 30 nm の厚みのアモルファスシリコン層 413 とを有する太陽電池 300 A 等の裏面コンタクト太陽電池のものである。プロット 904 は、太陽電池 100 等の、アモルファスシリコン層が反射防止構造に組み込まれていない裏面コンタクト太陽電池のものである（図 1 参照）。プロット 904 をプロット 902 および 903 と比較すると、アモルファスシリコンを裏面コンタクト太陽電池の正面に組み込むことにより、等価量子効率が悪くなっていることが明らかである。加えられるアモルファスシリコンの厚みが大きくなるほど、効率低下も大きくなる。

【0029】

図 10 を参照すると、本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池 300 B の概略図が示されている。太陽電池 300 B は、太陽電池 300（図 3 参照）の特定の実施形態であり、ここでは、高光吸収層が高 k シリコン窒化物層 513 を含み、低光吸収層が低 k シリコン窒化物層 514 を含む。太陽電池 300 B の多層反射防止構造は、「310 B」として総称される。太陽電池 300 B および 300 A はこの他の面においては同じである。

【0030】

「高 k シリコン窒化物」および「低 k シリコン窒化物」は、それぞれ、高消衰係数及び低消衰係数を有するシリコン窒化物のことを示す。高 k シリコン窒化物は、400 nm 以下の光の波長において少なくとも 0.03 の消衰係数を有するシリコン窒化物を含む。一実施形態では、高 k シリコン窒化物は、PECVD または反応スパッタリングにより形成されうる。低 k シリコン窒化物は、400 nm 以上の光の波長において多くとも 0.03 の消衰係数を有するシリコン窒化物を含む。一実施形態では、低 k シリコン窒化物は、PECVD または反応スパッタリングにより形成されうる。

【0031】

図 11 は、高 k シリコン窒化物層および低 k シリコン窒化物層について、光の波長の関数として消衰係数を示すプロットである。図 11 の例では、水平軸は光の波長を表し、垂直軸は消衰係数を表す。プロット 921 は高 k シリコン窒化物のものであり、プロット 922 は低 k シリコン窒化物のものである。図 11 から明らかなように、波長が 400 nm 以下において、高 k シリコン窒化物の消衰係数は低 k シリコン窒化物のものより数オーダーも大きい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

図 1 2 は、高 k シリコン窒化物および低 k シリコン窒化物の光特性および、それぞれが光強度に及ぼす影響を示す表である。図 1 2 において、低 k シリコン窒化物は実質的に UV 放射に対する透過性を有する。他方で高 k シリコン窒化物は、UV 領域において光吸収性が高い（ を参照のこと）。400 nm では、高 k シリコン窒化物により光の 10 % を除去するには、約 10 nm の厚みが必要である。350 nm では、同じことを行うのに約 6 nm の厚みのみでよい。従って高 k シリコン窒化物は非常に良好な UV 放射フィルタであり、太陽電池の UV 安定性を高めるのに利用可能である。

【 0 0 3 3 】

良好な UV 放射フィルタであることに加えて、高 k シリコン窒化物はさらに、可視領域で比較的透明である。これにより、高 k シリコン窒化物は、多層反射防止構造における高光吸収層としてアモルファスシリコンよりも好適である。図 1 2 において、535 nm の波長である光の 10 % を除去するには約 668 nm の高 k シリコン窒化物が必要であるが、アモルファスシリコンは 151 nm の厚みだけでよい（図 7 参照）。従って高 k シリコン窒化物は比較的良好的な UV フィルタとして利用可能であり、同時に、可視光の殆どを太陽電池のシリコン基板に入射させて、電気エネルギーへと変換することができる。

【 0 0 3 4 】

反射防止構造における高 k シリコン窒化物は、UV 安定性を向上させつつも少なくとも太陽電池効率を維持できる厚みを持つと好適である。高 k シリコン窒化物の厚みは、裏面コンタクト太陽電池の仕様に応じて変化させてよい。一般的に、高 k シリコン窒化物の厚みは、式 1 に応じて決定することができる。

【 0 0 3 5 】

式 1 : 高光吸収層の厚み $> \ln(0.9) / (-4k)$

ここで λ は光の波長を表しており、400 nm 以下であり、 k は消衰係数である。高 k シリコン窒化物は、太陽電池が曝される UV 放射（400 nm 以下の波長）の少なくとも 10 % をフィルタにより除去できるよう構成されると好適である。式 1 は、高 k シリコン窒化物のみならず、一般的な高光吸収層の厚みを決定するのに利用可能である。

【 0 0 3 6 】

図 1 3 は、高 k シリコン窒化物の利用が、裏面コンタクト太陽電池の全効率に及ぼす影響を示す実験結果である。図 1 3 では、「高 k SiN により」と記されたコラムは、裏面コンタクト太陽電池 300 B（図 10）等の高 k シリコン窒化物を有する裏面コンタクト太陽電池のものであり、「低 k SiN のみにより」と記されたコラムは、裏面コンタクト太陽電池 100（図 1）等の高 k シリコン窒化物を有さない裏面コンタクト太陽電池のものである。図 1 3 から明らかなように、高 k シリコン窒化物は、効率性に最小の影響しか与えず、サンプルによってはより高い効率を示したものもあった。高 k シリコン窒化物を多層反射防止構造に組み込むことにより、効率面における悪影響はない。

【 0 0 3 7 】

図 1 4 は、高 k シリコン窒化物の利用が、裏面コンタクト太陽電池の開回路電圧の増減率に及ぼす影響を示す実験結果である。図 1 4 では、「高 k SiN により」と記されたコラムは、裏面コンタクト太陽電池 300 B（図 10）等の高 k シリコン窒化物を有する裏面コンタクト太陽電池のものであり、「低 k SiN のみにより」と記されたコラムは、裏面コンタクト太陽電池 100（図 1）等の高 k シリコン窒化物を有さない裏面コンタクト太陽電池のものである。「Ref」と記されたコラムは、参照のみを目的としており、UV 放射に曝されなかった裏面コンタクト太陽電池 100 のものである。これらコラムは、太陽電池が UV 放射下に曝された時間の量を時間単位で示している（ゼロから 189.7 時間）。図 1 4 において、高 k シリコン窒化物を多層反射防止構造に組み込むことにより、UV に曝されることによる開回路電圧の劣化を最小限に抑えることによって太陽電池が安定化されたことがわかる。このように、高 k シリコン窒化物の利用により、効率面に悪影響を出さずに裏面コンタクト太陽電池の UV 安定性を高めることができる。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

図15を参照すると、本発明の一実施形態による裏面コンタクト太陽電池に多層反射防止構造を形成する方法500を示すフロー図が示されている。裏面コンタクト太陽電池の正面は通常動作において太陽側を向き、裏面は正面とは反対側にある。複数の拡散領域およびこれらに接触する複数の金属コンタクトは、全て太陽電池の裏面側に形成される。

【0039】

ステップ501で、太陽電池の正面に対して無作為にテクスチャ加工を施す。無作為のテクスチャ加工は、N型シリコン基板の正面側の表面に対して行われてよい。基板の正面側の表面は、例えば水酸化カリウム、水、およびイソプロピルアルコールを含むウェットエッチングプロセスによりテクスチャ加工を施されてよい。ウェットエッチングプロセスによるテクスチャ加工により、無作為なピラミッド状に正面が加工され、これにより太陽放射の収集効率が高まり好適である。

10

【0040】

ステップ502で、パッシベーションレベルが、テクスチャ加工された正面側の表面上に形成される。一実施形態では、パッシベーションレベルは、テクスチャ加工された正面側の表面上に約0.5nmから100nmの厚みに（好適には約50nmの厚みに）熱成長させられた酸化シリコン層を含む。

【0041】

ステップ503で、UV放射を遮光する高光吸収層がパッシベーションレベル上に形成される。高光吸収層は、正面側からシリコン基板に入射する400nm以下の波長の光の少なくとも10%を遮光するよう構成されると好適である。高光吸収層の厚みは、用途に応じて変化させてよい。上で高kシリコン窒化物用に示した式1は、他の材料の高光吸収層の厚みを算出する目的にも利用可能である。高光吸収層は、PECVDまたは反応スパッタリングにより約1nmから100nmの厚みに（好適には約12nmに）形成された高kシリコン窒化物を含む。

20

【0042】

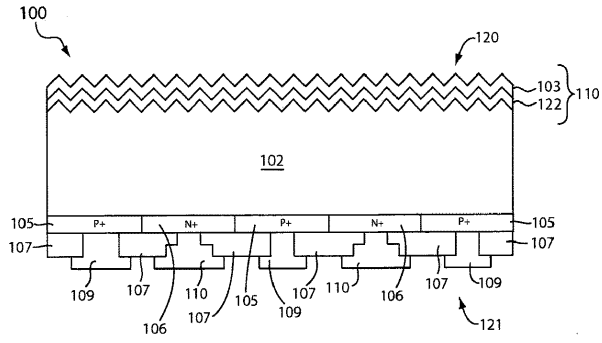
ステップ504で、低光吸収層が高光吸収層の上に形成される。低光吸収層は、PECVD、反応スパッタリング、その他の適切なプロセスにより、20nmから100nmの厚みに（好適には、約60nmの厚みに）成膜された低kシリコン窒化物を含んでよい。

【0043】

裏面コンタクト太陽電池用の向上した多層反射防止構造およびその製造プロセスについて説明してきた。本発明の特定の実施形態を示したが、これら実施形態は例示を目的としており、限定を目的としていない。多くのさらなる実施形態がこの開示を読んだ当業者には明らかである。

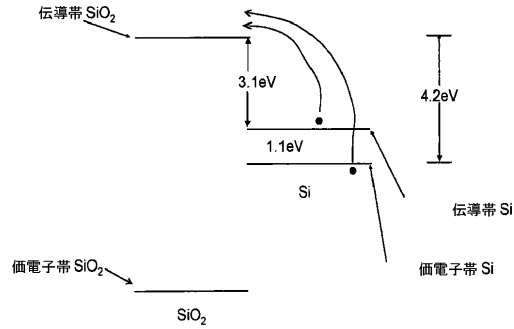
30

【図 1】

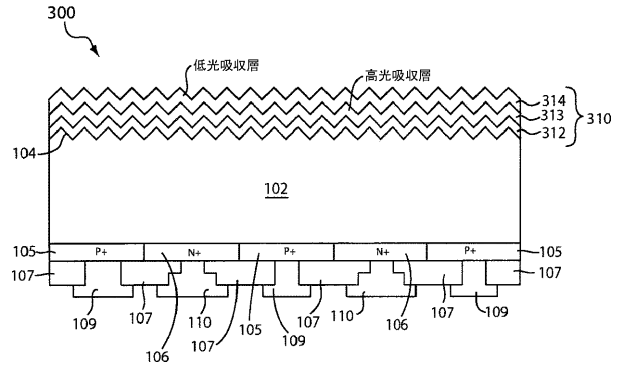


(先行技術)

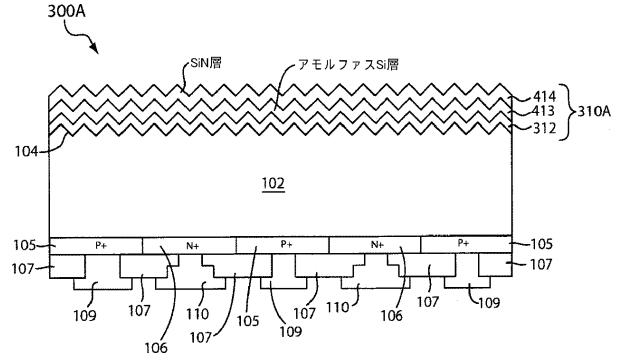
【図 2】



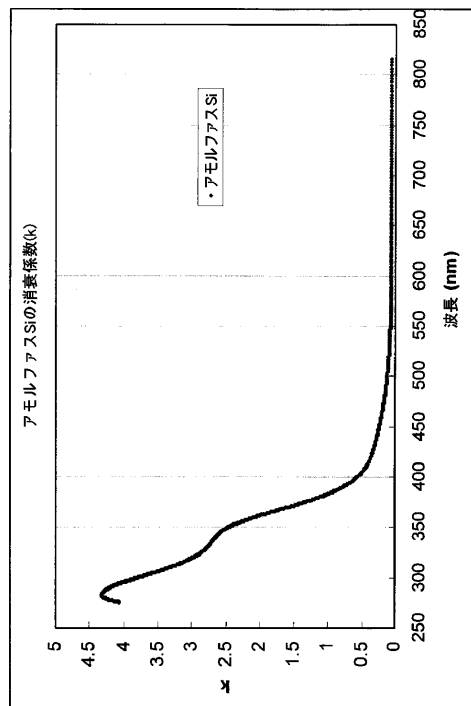
【図 3】



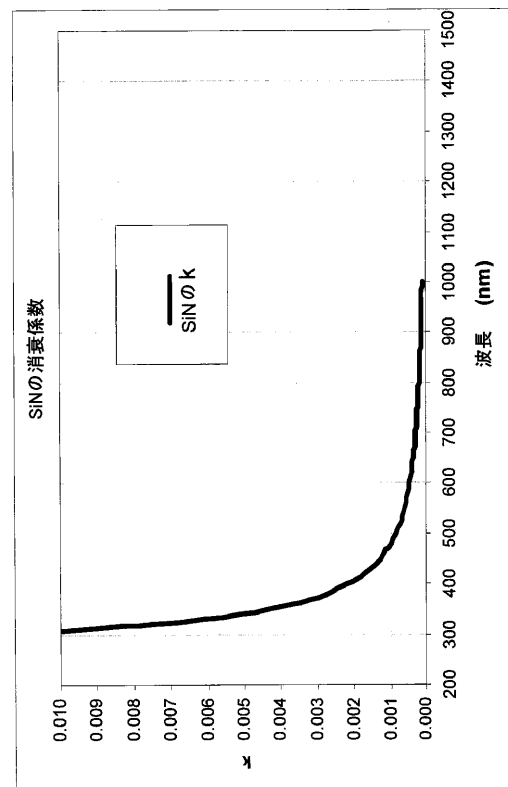
【図 4】



【図 5】



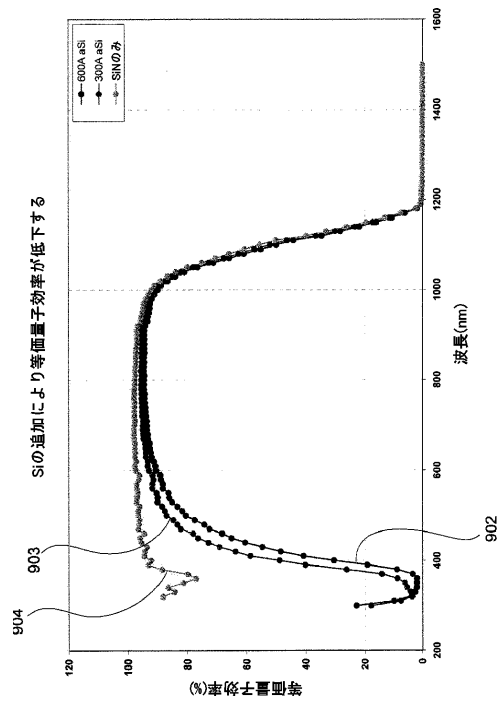
【図 6】



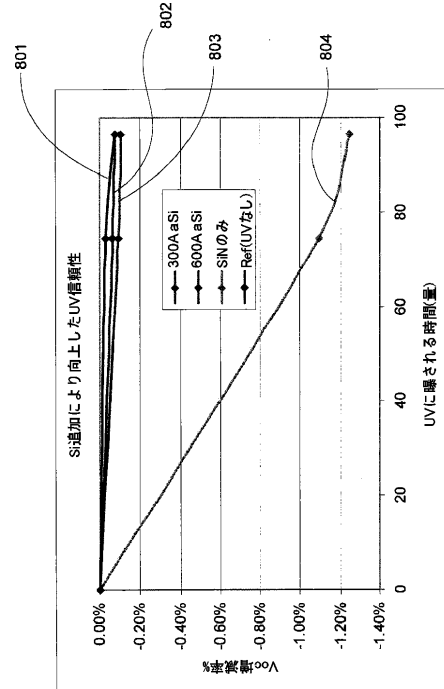
【図 7】

材料	光の波長	k	α (1/cm)	1/E ₀ (1)にまで(64%) 光強度を低減させるのに 必要な厚み	強度を 10%低減させるのに 必要な厚み
a-Si	350nm	2.904	1.0E+06	10nm	11nm
	400nm	0.303	9.5E+04	105nm	11nm
	535nm	0.030	7.0E+03	1432nm	151nm
	600nm	0.020	4.2E+03	2387nm	251nm
SiN	350nm	0.004345	1.56E+03	6410nm	675nm
	400nm	0.002178	6.82E+02	14669nm	1545nm
	535nm	0.000691	1.61E+02	62188nm	6544nm
	600nm	0.000452	9.47E+01	105634nm	11126nm

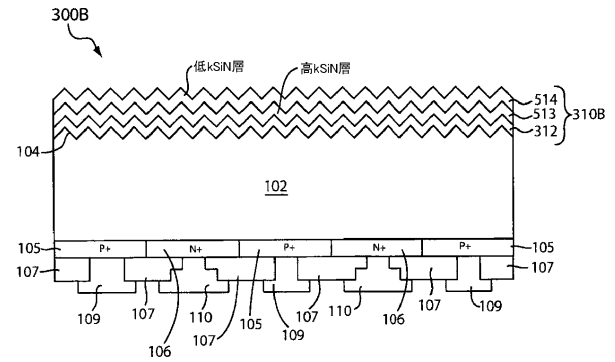
【図 9】



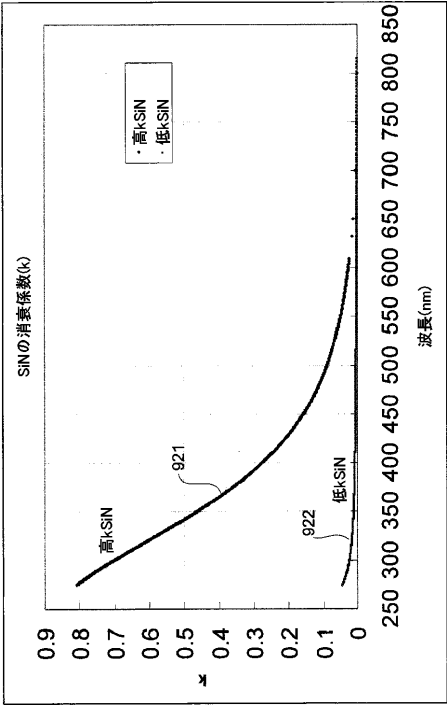
【図 8】



【図 10】



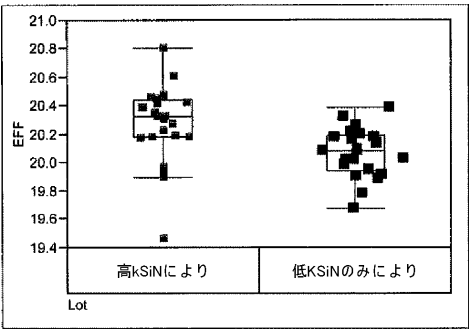
【図 1 1】



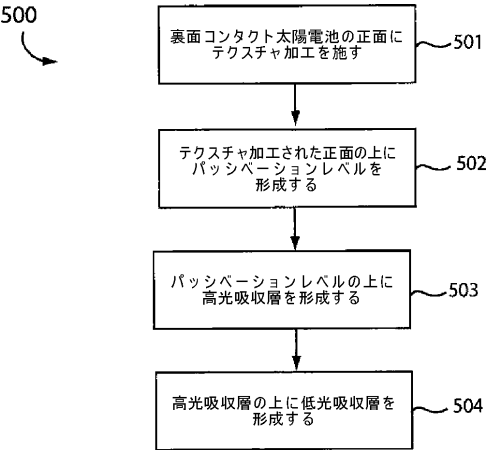
【図 1 2】

材料	光の波長	k	α (1/cm)	1/eにまで(64%) 光強度を低減させるのに 必要な厚み	強度を 10%低減させるのに 必要な厚み
低kSiN	350nm	1.18E-02	4.2E+03	2360nm	249nm
	400nm	7.67E-03	2.4E+03	4150nm	437nm
	535nm	0.004	9.3E+02	10697nm	1127nm
	600nm	0.003	6.8E+02	14601nm	1538nm
高kSiN	350nm	0.4645	1.67E+05	59nm	6nm
	400nm	0.2761	8.67E+04	95nm	10nm
	535nm	0.0067	1.57E+03	6354nm	668nm
	600nm	0.0029	6.07E+02	16464nm	1735nm

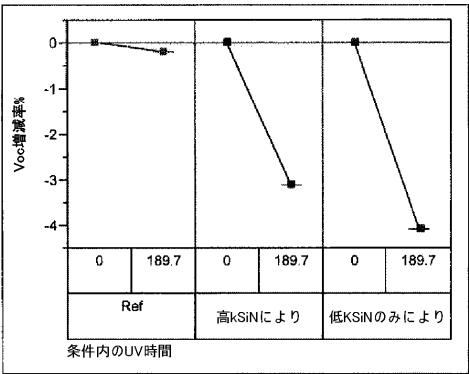
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 デ ケスター、デニス

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 1 3 4 , サンノゼ , ノース・ファースト・ストリート・ 3 9
3 9 サンパワー コーポレーション内

審査官 門 良成

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 6 / 0 9 6 2 4 7 (WO , A 2)

特開平 2 - 2 0 1 9 7 2 (JP , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L 3 1 / 0 4