

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6383291号
(P6383291)

(45) 発行日 平成30年8月29日 (2018. 8. 29)

(24) 登録日 平成30年8月10日 (2018. 8. 10)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 31/0236 (2006. 01)	HO 1 L 31/04 2 8 0
HO 1 L 31/18 (2006. 01)	HO 1 L 31/04 4 4 0
HO 1 L 31/068 (2012. 01)	HO 1 L 31/06 3 0 0

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-550436 (P2014-550436)	(73) 特許権者	509101804
(86) (22) 出願日	平成24年12月26日 (2012. 12. 26)		ソレクセル、インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2015-506582 (P2015-506582A)		アメリカ合衆国 9 5 0 3 5 - 7 4 0 5
(43) 公表日	平成27年3月2日 (2015. 3. 2)		カリフォルニア、ミルピータス、マッカー
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/071677		シー プールバード 1 5 3 0
(87) 国際公開番号	W02013/101846	(74) 代理人	100092093
(87) 国際公開日	平成25年7月4日 (2013. 7. 4)		弁理士 辻居 幸一
審査請求日	平成27年12月24日 (2015. 12. 24)	(74) 代理人	100082005
(31) 優先権主張番号	61/696, 725		弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日	平成24年9月4日 (2012. 9. 4)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大塚 文昭
(31) 優先権主張番号	61/580, 290	(74) 代理人	100086771
(32) 優先日	平成23年12月26日 (2011. 12. 26)		弁理士 西島 孝喜
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池の光捕獲性を改善するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結晶シリコン太陽電池を処理する方法において、
 全バックコンタクト・バックジャンクション太陽電池に使用するための厚みが100ミクロン未満の結晶シリコン基板をテンプレート上に準備し、
 第1のパルスレーザビームを前記結晶シリコン基板の背面に当てて、
 ピコ秒パルス巾及び赤外線波長を有する前記第1のパルスレーザビームを使用して、前記結晶シリコン基板の背面をテクスチャー化し、
 第2のパルスレーザビームを前記テクスチャー化された背面に当てて、
 前記第2のパルスレーザビームを使用して、前記結晶シリコン基板の前記背面をアニールし、このアニールプロセスにより、レーザダメージを除去する、
 という段階を含み、更に、
 前記第1のパルスレーザビームを前記結晶シリコン基板の前面に当て、
 前記結晶シリコン基板の前記前面を前記第1のパルスレーザビームでテクスチャー化し、
 前記結晶シリコン基板の前記前面にドーパントを堆積し、及び
 前記結晶シリコン基板の前記前面を第3のパルスレーザビームでドーピングする、
 という段階を含み、前記レーザドーピングプロセスは、前面フィールドを形成し、
 前記アニールプロセスにおいて、前記結晶シリコン基板を成長するために使用された前記テンプレートへの過剰な熱伝達を回避すべく、パルス状のナノ秒IR又は緑色レーザが

10

20

使用される方法。

【請求項 2】

前記第 1 のパルスレーザビームは、パルス巾が 1 0 0 0 ピコ秒未満である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 のレーザビームは、波長が 3 5 5 n m から 1 0 6 4 n m の範囲である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 のパルスレーザビームは、ナノ秒パルス巾及び 5 3 2 n m 波長を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記結晶シリコン基板の前記前面に前面フィールドを形成する前記第 3 のパルスレーザビームは、ナノ秒パルス巾及び 5 3 2 n m 波長を有する、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2011 年 12 月 26 日付米国プロビジョナル特許出願 61/580,290 号に基づく優先権主張を伴う出願である。この参照をもって全内容を本願に組み込む。

【0002】

本出願は、また 2012 年 9 月 4 日付米国プロビジョナル特許出願 61/696,725 号に基づく優先権主張を伴う出願である。この参照をもって全内容を本願に組み込む。

【0003】

本発明は、一般的に、光起電力の分野に関するもので、より詳細には、光起電力太陽電池の光捕獲特性を改善する方法及び構造体に関する。

【背景技術】

【0004】

工業用の太陽電池、例えば、シリコン太陽電池の処理フローは、多くの場合、結晶シリコン太陽電池の光学的反射ロスを減少するために前面テクスチャー化を含む。前面又は換言すれば太陽放射に向いたセル表面又は太陽側又は前側は、光学的反射ロスを減少し且つ太陽放射の全吸収性を高めるためにテクスチャー化される。例えば、前面テクスチャー化プロセスは、(単結晶シリコンセルの場合) KOH 又は NaOH を含むアルカリ槽、又は(多結晶シリコンセルの場合) HF 及び HNO₃ を含む酸性槽のいずれかでシリコン表面をエッチングすることより成る。アルカリ槽におけるシリコンウェハの化学的エッチングは、配向に依存するもので、最も遅いエッチング平面 (111) が露出される。エッチングの結果として、ランダムなミクロンスケールサイズ及び配向を伴う方形基底ピラミッドのランダムな表面テクスチャーが形成され、隣接する傾斜したランダムなピラミッドシリコン表面に反射光線が当たって光の吸収性を高める。それらピラミッドの傾斜面に入射する太陽光線は、隣接表面に当たる確率を高める角度で反射されて、シリコンバルクにおけるその吸収性を高める(そして太陽電池の光学的反射ロスを減少させる)。薄い窒化シリコン層のような反射防止被覆の使用と組み合わせると、これは、太陽電池における太陽放射の光学的反射ロスを減少させる非常に有効な方法となる。

【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、この湿式エッチングテクスチャー化プロセスは、多数の欠点がある。第 1 に、湿式アルカリ化学的テクスチャー化を使用して除去されるシリコン材料の量は、約 5 ないし 10 ミクロンである。出発シリコン基板厚みが数ミクロンないし数十ミクロンの範囲である薄膜結晶シリコン太陽電池では、テクスチャー化の間のこのシリコンロスの量が明らかに過剰で、望ましくない。更に、この方法は、ある場合に、単結晶シリコン太陽

10

20

30

40

50

電池については適当であるが、粒の表面配向が粒ごとに異なる多結晶ウェハに適用したときには制約が生じる。

【 0 0 0 6 】

更に、このタイプのシリコン表面テクスチャー化は、多数の先鋭なピラミッド先端を伴う表面域を増加し、又、少数キャリアの表面再結合速度（即ち、前面再結合速度 $F S R V$ ）を高めると共に、セルの開路電圧を下げることもある。このプロセスは、フロントコンタクト・フロントジャンクション（ $F C F J$ ）太陽電池、又はバックコンタクト・バックジャンクション（ $B C B J$ ）太陽電池の背面には適していない。フロントコンタクト・フロントジャンクション太陽電池（ $F C F J$ ）では、多くの場合、ブランケットアルミニウムが背面に（通常スクリーン印刷されたアルミニウムペーストとして）堆積され、そしてアニール又は焼成されて、アルミニウム背面フィールド（ $B S F$ ）を形成し、その間に表面テクスチャーが破壊される。効率の高いフロントコンタクト・フロントジャンクション（ $F C F J$ ）太陽電池は、不動態化誘電体膜が先ず背面に堆積され、そしてその誘電体に作られた接触穴を通してアルミニウムのブランケット膜がシリコンに接触する構造を有する。そのような穴は、パルスレーザアブレーションを使用して形成される。或いは又、太陽電池の背面に局所的な接触部を形成するプロセスは、パルスナノ秒レーザツールを使用するレーザ焼成接触（ $L F C$ ）プロセスを使用して遂行されてもよい。誘電体のアブレーション（又は $L F C$ 接触部の形成）は、テクスチャーの存在により、甚だしい有害な影響を受ける。バックコンタクト・バックジャンクション（ $B C B J$ ）太陽電池では、背面に構造体を形成するのに使用されるプロセスは、不都合なことに、シリコン表面にテクスチャーが存在することで影響を受ける。これらの理由で、高効率セルの背面は、典型的に、フラットであり（即ち、シリコンの背面は、通常、テクスチャー化されず）、そして構造体は、このフラットな表面上にある酸化物（又は窒化物）の不動態化層と、それに続いて、ベース開口（フロントコンタクトセル）、又はエミッタ又はベースの両開口（バックコンタクトバックジャンクションセル）を形成し、それに続いて、背面側の表面（フロントコンタクトセルについては $B S F$ 、又は $B C B J$ セルについては大量の金属表面積）を覆う典型的にアルミニウムの金属膜を堆積することより成る。酸化物（又は窒化物）の膜厚み及び金属膜の反射率を最適化することで、背面からの太陽光線の高い反射を生じる。しかしながら、この反射は、ほとんど又は完全に鏡面反射のようなもので、フラットな「ミラー」から垂直に後方に反射される太陽光線は、吸収されずにシリコン膜を脱出する機会が増える。背部の鏡面反射は、赤外線光子の平均移動経路長さを最大にせず、従って、光子の量子効率、著しく改善されない。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

それ故、太陽電池の光捕獲特性を改善する必要性が生じている。ここに開示する要旨によれば、太陽電池の光捕獲特性を改善する方法であって、以前に開発された太陽電池処理方法に関連した欠点を実質的に排除又は減少する方法が提供される。

【 0 0 0 8 】

ここに開示する要旨の1つの実施形態によれば、バックコンタクト太陽電池のための結晶シリコン太陽電池処理方法が提供される。バックコンタクト太陽電池結晶シリコン基板の背面が、パルスレーザビームでテクスチャー化される。バックコンタクト太陽電池結晶シリコン基板のテクスチャー化された背面は、次いで、レーザテクスチャー化プロセスからのダメージを除去するためにアニールされる。次いで、背面のベース及びエミッタ領域に背面金属被覆が形成される。

【 0 0 0 9 】

ここに開示する要旨のこれら及び他の態様、並びに付加的な新規な特徴は、ここに述べる説明から明らかとなろう。この概要の意図は、請求項に述べる要旨を包括的に説明するものではなく、要旨の機能の幾つかの簡単な概略を与えるものである。当業者であれば、図面及び以下の詳細な説明を検討すれば、ここに述べる他のシステム、方法、特徴及び効果が明らかとなろう。この説明に含まれるそのような付加的なシステム、方法、特徴及び

効果は、全て、特許請求の範囲内に包含されることが意図される。

【0010】

ここに開示する要旨及びその効果をより完全に理解するために、同じ特徴部が同じ参照番号で示された添付図面に関連して以下に述べる簡単な説明を参照されたい。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】種々の波長の放射が結晶シリコンへ貫通する深さを示すグラフである。

【図2】前面テクスチャー化に対して湿式エッチングを使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。

【図3】バックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である（バックプレーンは示さず）。

【図4】F S F形成のためにレーザテクスチャー化を使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。

【図5】図4のプロセスフローにより形成されるバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である（バックプレーンは示さず）。

【図6】背面シリコン基板面テクスチャーを形成するためにレーザテクスチャー化を使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。

【図7】背面シリコン基板面テクスチャー化を伴うバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である（バックプレーンは示さず）。

【図8】分離された背面金属接触部を伴うフロントコンタクトセルの断面図である。

【図9】分離された背面金属接触部及び背面テクスチャー化を伴うフロントコンタクトセルの断面図である。

【図10】シリコン面の顕微鏡写真である。

【図11】テクスチャー化された太陽電池及びテクスチャー化されない太陽電池の波長対反射率のグラフである。

【図12A】太陽電池の非テクスチャー化シリコン面（図12A）及び太陽電池のテクスチャー化シリコン面（図12B）に堆積されたPVD金属の表面テクスチャーの相違を示す顕微鏡写真である。

【図12B】太陽電池の非テクスチャー化シリコン面（図12A）及び太陽電池のテクスチャー化シリコン面（図12B）に堆積されたPVD金属の表面テクスチャーの相違を示す顕微鏡写真である。

【図13】分離された背面金属接触部及びテクスチャー化された不動態層を伴うフロントコンタクトセルの断面図である。

【図14】セルの前面にテクスチャーを形成するために湿式エッチングを使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。

【図15】背面の酸化物面をレーザでテクスチャー化するバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。

【図16】セルの背面に拡散ミラーを形成するために太陽電池の背面の酸化物面へのサブミクロンサイズの分散シリカ粒子の堆積を使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。

【図17】テクスチャー化された背面を有する不動態層を伴うバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である（バックプレーンは示さず）。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下の説明は、限定的な意味で行うのではなく、本開示の一般的な原理を説明する目的でなされるものである。本開示の範囲は、請求項を参照して決定されねばならない。本開示の規範的な実施形態が図面に示され、種々の図面の同じ及び対応部分を指すために同じ番号が使用される。

【0013】

1ミクロン（又はせいぜい数ミクロン）の表面シリコンを除去するパルスレーザテクスチャー化プロセスは、多結晶ウェハを含む極薄太陽電池に適用するのに非常に適している。というのは、レーザテクスチャー化は、セルの粒子構造とは独立しているからである。しかしながら、シリコンのレーザ照射は、基板に有害なダメージを引き起こしてセルの効率を下げる可能性がある。ここに開示するレーザアニール（又は熱炉アニール）方法は、このダメージを修復し、そしてあるケースでは、シリコンの表面を同時にドーブし、セルの効率を改善する（例えば、バックコンタクト/バックジャンクション太陽電池に前面フィールド又はFSFを形成することにより）。フロントコンタクトセルでは、レーザドーピングが、エミッタ接合領域を形成し、全バックコンタクトバックジャンクション太陽電池では、レーザドーピングが、前面フィールド（FSF）を形成して、有効前面不動態化を改善すると共に、前面再結合速度（FSRV）を下げるができる。

【0014】

上述した前面テクスチャー化は、UVから可視光までの波長の短い放射の反射を減少するが、光子エネルギーがシリコンバンドギャップエネルギーに近い赤外線放射のような長い太陽放射波長（例えば、900nmから1,150nmの範囲の波長）は、シリコンにおける貫通深さが深く、典型的なシリコン吸収材を逃れることがある（有効な背面反射が存在しない場合）。図1は、種々の波長の放射が結晶シリコンへ貫通する深さを示すと共に、長いIR波長（特に800nmより上）では吸収が非常に少ないことを示すグラフである。図1に示すように、1ミクロンより長い波長は、標準的な150ないし180ミクロン厚みの結晶シリコン太陽電池を脱出する。分離型の金属接触部を伴うある進歩型の太陽電池設計では、これらの波長の長い放射をシリコンバルクへ反射して戻すために、酸化物不動態化層がアルミニウム膜と共に使用される。しかしながら、太陽電池の厚みが減少するにつれて（例えば、セル吸収材厚みが数十ミクロン、例えば、100までの範囲の薄膜単結晶シリコン太陽電池では）、このIR放射のほとんどが、特に、背面から鏡面反射された場合に、全太陽電池の変換効率に貢献することなく太陽電池の前面から脱出する。短い波長は、シリコン膜の小さな深さで吸収されるが、シリコン吸収材の厚みが減少するにつれて、短い波長の放射でもシリコン膜を脱出する。従って、結晶シリコン太陽電池の厚みが100ミクロンより充分小さく減少するにつれて、（光捕獲構造体の一部分として拡散後部ミラーを形成する等により）太陽電池の背面からのこの反射をランダム化して、吸収材層におけるその横断の長さ、及び全反射を実質的に増加させ、それにより、長い波長の放射の効率的な捕獲及び吸収を与える方法を見出すことが益々重要になる。

【0015】

太陽電池の背面に関連して、背面へのレーザにより生じるダメージは、熱アニール、例えば、炉の熱アニール（及び/又は酸化）又はレーザアニールにより除去することができる。前面を参照して説明すると、レーザアニールは、シリコン面をドーブして、例えば、フロントコンタクト太陽電池では背面フィールド（BSF）を、そしてバックジャンクションバックコンタクト太陽電池ではエミッタ接合及びベース接触拡散領域を、形成するのにも使用される。

【0016】

パルスレーザビームを使用して、前面、又は背面（換言すれば、太陽電池の日の当たる側とは反対の側）のいずれかをテクスチャー化する太陽電池製造プロセスがここに提供される。1つの実施形態では、太陽電池の前面及び背面の両方がパルスレーザビームを使用してテクスチャー化される。望ましいパルスオーバーラップを与える適当なパルス繰り返し率（PRR）及びスキャン速度でウェハをスキャンするパルスレーザビームを使用して、表面テクスチャーが形成される。テクスチャーの平均深さは、パルスエネルギーを

コントロールすることによりコントロールされ、そして約 0.1 ミクロンから数ミクロンの範囲である。

【0017】

ここに開示するパルスレーザテクスチャー処理方法の重要な観点は、テクスチャー化の間にパルスレーザビームにより生じるシリコンダメージのコントロール及び排除である。このダメージは、使用するレーザビームのパルス長さ及び波長に強く依存する。例えば、マイクロ秒又はナノ秒のような連続波又は長いパルス波長のレーザの使用は、シリコン面にテクスチャーを与えるが、著しい溶融や欠陥領域（いわゆる「熱影響ゾーン（HAZ）」）の生成を生じることもある。この欠陥領域は、湿式エッチングにより除去されるか、或いは高温長時間の熱アニール（例えば、1000、数時間）によって修復されるが、テクスチャー化プロセスを高価なものにする。レーザダメージは、ピコ秒又はフェムト秒パルス巾のレーザを使用するときには著しく少なくなり、このケースでは、シリコンへのダメージが表面付近に局所化され、そして適当な熱アニール（例えば、600、30分）又は太陽電池プロセスフローに一体化されたレーザアニールステップを使用して修復される。更に、除去される材料の量は、ピコ秒又はフェムト秒パルス巾のレーザのような短いパルス長さを使用するときには相当に少なくなる。従って、ピコ秒又はフェムト秒パルス長さのレーザは、ある用途におけるシリコン面テクスチャー化ではパルス長さの長いレーザより効果的である。

【0018】

レーザアニールでは、レーザの波長及びパルス長さが、シリコン厚み及びプロセスフローの制約に基づいて最適に選択される。130から180ミクロン厚みの範囲の典型的なウェハベースの太陽電池では、赤外線（IR）波長をもつ連続波又はパルス状のマイクロ秒又はナノ秒パルス長さのレーザビームがアニールに適している。例えば、テンプレート上に成長されたエピタキシャル層から形成される（そして犠牲的な多孔性層を使用してテンプレートから解除される）バックジャンクション/バックコンタクトセルでは、テンプレートへの過剰な熱伝達を回避すべき場合に、パルス状のナノ秒IR又は緑色レーザがより適している。

【0019】

レーザドーピング用途では、ドーピングの深さも、レーザのパルス長さ及び波長に依存する。図1に示すように、長い波長は、シリコンにより深く入り込む。エミッタ、背面フィールド（BSF）及び前面フィールド（FSF）に要求される典型的なドーピング深さでは、赤又は赤外線よりも、緑及びUVのような短い波長が選択される。従って、テクスチャー化のための短いパルス長さのレーザ（<1000ピコ秒から数フェムト秒まで）を短いパルス波長（<1.06 μm）で使用することで、ダメージが最小ないし生じない全乾式非接触シリコンテクスチャー化及びドーピングプロセスシーケンスが提供される。

【0020】

ここに開示するレーザテクスチャー化及びアニーリング方法は、参考としてここにそのまま援用される2011年5月27日に出願された共通の譲受人の米国特許公告第2012/0028399号に述べられたように、背面櫛型(interdigitated)金属被覆パターンを伴う櫛型バックコンタクト薄膜結晶シリコン太陽電池（IBC）（ここではNBLCと称される）の形成に特に適用できる。図2は、前面テクスチャー化（ステップ15）に対して湿式エッチングを使用してバックジャンクション/バックコンタクトエピタキシャルシリコン太陽電池（NBLC）を形成するためのプロセスフロー実施形態である。図3は、図2のプロセスフローに従って形成されるバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である（バックプレーンは示さず）。図3のバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の後側は、n型ベースの薄いエピタキシャル基板10（例えば、厚みが30から50 μmの範囲）と、ベース金属被覆を形成する金属被覆層16（例えば、Al/NiV/Sn金属スタック又はAlペースト）に接触するn++ベース接触部12と、エミッタ金属被覆を形成するp+エミッタ接触部20において金属費服装16に接触するp+エミッタ層14と、誘

電体層 18 (例えば、APCVD BSG/USG/PSG/USG 誘電体層) 戸を含む。更に、ベース/エミッタ極性は、p 型基板に対して調整される。薄いエピタキシャル基板 10 の前面は、テクスチャー化された前面 12 を含み、これは、PECVD 窒化物のような不動態化層で被覆される。

【0021】

図 4 は、FSF 形成 (ステップ 15) のためにレーザテクスチャー化を使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池 (NBLC) を形成するためのプロセスフロー実施形態である。図 5 は、図 4 のプロセスフローにより形成されるバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である (バックプレーンは示さず)。図 5 のバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の背面及び前面は、図 3 に示されたものと同様であるが、図 5 のバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の前面は、図 4 に示されたレーザアニール処理ステップにより形成された n 型前面フィールド 24 を含む。

10

【0022】

図 6 は、後側シリコン基板面テクスチャーを形成するステップ 3 とステップ 4 との間のレーザテクスチャー化ステップを使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である。図 7 は、図 6 のプロセスフローにより形成されたバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図で (バックプレーンは示さず)、背面テクスチャー化を強調するものである。図 7 のバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の背面及び前面は、図 5 に示されたものと同様であるが、n 型前面フィールド 28 は、任意に形成されたものであり、バックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の背面は、レーザシリコン面テクスチャー化部分 26 を含む。

20

【0023】

後側又は後部のシリコン面テクスチャーは、背面からのランダムな反射 (鏡面より拡散的な) を生成して、高度な反射拡散ミラーをセルの背面に生じさせ、赤外線放射のような波長の長い放射を与える。拡散後部ミラーは、薄いシリコン層を使用して太陽電池の IR 変換効率を改善する。テクスチャー化されたシリコン背面がない場合には、後部誘電体/金属反射器が酸化物層で形成されて、背面の金属被覆パターンは、比較的フラットとなり、赤外線放射のような波長の長い放射の、強い典型的な鏡面反射を生じさせる。

30

【0024】

図 8 は、分離された背面金属接触部を伴うフロントコンタクトセルの断面図である。このフロントコンタクトセルは、基板 30 (例えば、n 型ベース) を備え、これは、エミッタ層 38、任意の酸化物層 40、ARC 層 42、及び前側エミッタ金属被覆金属グリッド 44 を含むテクスチャー化された前面を有する。基板 30 の背面は、n+ 背面フィールド 32、不動態化層 34 (例えば、酸化シリコン層)、及び分離されたベース金属接触部 46 において n+ 背面フィールド 32 に接触する金属被覆層 36 (例えば、アルミニウム) を含む。

40

【0025】

図 9 は、図 8 と同様の分離された背面金属接触部を、背面レーザテクスチャー化セル面 48 (基板 30 のテクスチャー化された n+ 背面フィールド 32 として示された) と共にもつフロントコンタクトセルの断面図である。上述したように、テクスチャー化された背面により、セルの背面からの放射がランダム化され、従って、拡散後部ミラーを形成し、波長の長い放射の光子の捕獲性を改善する。

【0026】

図 10 は、パルスエネルギーが 156 マイクロジュール、スポットピッチが 40 ミクロンの 10 ピコ秒 IR レーザビームを使用してテクスチャー化された 725 ミクロン厚みの単結晶シリコン面上に得られた粗面性を示す顕微鏡写真である。図 11 は、標準的な非テ

50

クスチャー化のバックコンタクト・バックジャンクション太陽電池ウェハ（標準的ウェハ 50として示す）に比較して、図10の顕微鏡写真に使用された同じレーザパラメータを使用して、NB L A C（バックジャンクション/バックコンタクト）太陽電池（レーザテクスチャー化ウェハ52として示す）のシリコン背面をテクスチャー化した後に測定された反射率の減少を示すグラフである。

【0027】

図12A及び12Bは、NB L A C太陽電池の非テクスチャー化シリコン面（図12A）及びNB L A C太陽電池のテクスチャー化シリコン面（図12B）のA P C V D酸化物に堆積されたP V D金属の表面テクスチャーの相違を示す顕微鏡写真である。図12Aは、NB L A Cセルの酸化物非テクスチャー化シリコン背面上の1200Å A l / 200Å N i - V / 2250Å S nを示す。図12Bは、赤外線波長のピコ秒レーザを使用してテクスチャー化された図12Aの同じシリコン面を示す。

【0028】

例えば、レーザテクスチャー化された表面のパルスレーザドーピングは、次の2つの方法で遂行される。

- 液体ドーパントソース（例えば、n型ドーピングの場合は、燐含有ガラス、P S G、そしてp型ドーピングの場合は、ホウ素含有ガラス、B S G）を、テクスチャー化された表面に塗布し（例えば、スピン被覆、スプレー被覆、等により）、それに続いて、パルスレーザ照射でドーパントソースからのドーパントを、テクスチャー化された基板の表面上の薄い熔融部に導入し、次いで、選択的湿式エッチングプロセスを使用して、ドーパント

ソースを選択的に除去する。
- 或いは又、ガス浸漬レーザドーピング（G I L D）のようなプロセスを使用して、適当な気相ドーパントソース（n型ドーピングの場合にはP H 3又はA s H 3、或いはp型ドーピングの場合にはB 2 H 6）を含む雰囲気中で、レーザテクスチャー化された基板の表面をパルスレーザ露出により直接ドーブする。

【0029】

レーザテクスチャー化に関してここに開示され及び/又は意図される（及び種々の仕方で結合される）特定の実施形態及び態様は、次のものを含むが、これに限定されない。

- パルスレーザビームスキャンを使用して、（薄いエピタキシャルシリコン太陽電池を含めて）結晶シリコン太陽電池を含む結晶半導体太陽電池の前面及び/又は背面をテクスチャー化し、その後、後続のパルスレーザ又は熱アニール動作を使用してシリコンの表面のドーピングも行うプロセス。この後続のアニール及びドーピング動作は、レーザテクスチャー化の間にシリコン基板表面に導入されたダメージも除去する。

- フロントコンタクトの結晶半導体太陽電池の前面をレーザテクスチャー化した後に、表面のレーザ導入ドーピングを行って、エミッタを形成し、そしてレーザ導入ダメージを排除するプロセス。

【0030】

- バックジャンクション・バックコンタクト結晶半導体太陽電池のシリコンの前面を、パルスレーザビームを使用してテクスチャー化した後に、パルスレーザで表面のドーピングを誘起して、前面フィールド（F S F）を形成し、そしてレーザテクスチャー化で誘起されたダメージを排除するプロセス。

- フロントコンタクトの結晶半導体太陽電池のシリコンの背面をレーザでテクスチャー化した後に、レーザで表面のドーピングを誘起して、背面フィールド（B S F）を形成し、そしてレーザで誘起されたダメージを排除するプロセス。

- 全バックコンタクト・バックジャンクション太陽電池のシリコン基板の背面をテクスチャー化して、波長の長い放射の捕獲を改善するパルスレーザビームスキャンプロセス。

【0031】

- 全バックコンタクト・バックジャンクション太陽電池のシリコン基板の背面をテクスチャー化して、波長の長い放射の捕獲を改善し、その後、レーザテクスチャー化の間に生じたシリコンダメージをレーザアニール又は炉の熱アニール（又は酸化）により除去する

パルスレーザビームスキャンプロセス。

- 全バックコンタクト・バックジャンクション太陽電池のシリコン基板の背面をテクスチャー化して、波長の長い放射の捕獲を改善し、その後、レーザ又は熱アニール（或いは熱アニール/酸化）ステップによりエミッタ及びベース領域を形成し、レーザテクスチャー化の間に生じたシリコンダメージをこの熱アニール中に除去するパルスレーザビームスキャンプロセス。

【 0 0 3 2 】

- 単結晶膜（例えば、厚みが数ミクロンから数百ミクロン、例えば、10から100ミクロンの範囲、及び1ミクロン程度）の前面及び/又は背面をテクスチャー化して、シリコンにおける太陽放射の捕獲性を向上させ、全太陽電池効率を改善するパルスレーザビームスキャンプロセス。

- 光子インプラント（又は応力誘起のスポーリング）等のエピタキシー又はカーフレス(kerfless)バルクウェハスライス技術のような堆積技術を使用して得た薄い単結晶半導体膜を使用して形成された全バックコンタクト・バックジャンクション櫛型金属被覆太陽電池に対し、太陽放射の捕獲性を向上させ、全太陽電池変換効率を改善する処理。

【 0 0 3 3 】

- 分離された金属接触部を背面に有するフロントコンタクトの太陽電池のシリコン背面をテクスチャー化して、波長の長い放射の捕獲性を改善する。

- パルス状の短いパルス長さ（< 1000ピコ秒、及びある場合には100フェムト秒まで）のレーザを使用するレーザテクスチャー化。

- レーザビームテクスチャー化で生じたダメージを、その後のレーザアニールにより、例えば、連続波又はマイクロ秒レーザ、或いはナノ秒のパルスレーザを使用して、減少し/除去する。非常に薄い（> 10ミクロン）エピタキシャルシリコン基板がテンプレートに支持されるNBLACセルでは、パルス状のナノ秒IR又は緑波長のレーザビームが使用される。

【 0 0 3 4 】

- 例えば、半導体表面にドーパントソースをスピン被覆又はスプレー被覆することにより、レーザテクスチャー化された表面に前面フィールドを形成し、それに続いて、半導体表面にパルスレーザ照射を行って、表面にコントロールされた溶融部を形成し且つコントロールされた深さのドーピングを行うパルスレーザドーピング処理。

- PH₃、AsH₃又はB₂H₆のようなドーパントソースを含む雰囲気中で直接ガス浸漬レーザドーピング(GILD)により、レーザテクスチャー化された表面に前面フィールドを形成するパルスレーザドーピング処理。

【 0 0 3 5 】

太陽電池の背面に拡散又はランバート面を形成するための製造技術は、次のものを含むが、それに限定されない。

- 不動態誘電体膜のパルスレーザテクスチャー化。

- 誘電体島部の堆積によるパターン化されたテクスチャーの追加形成（例えば、個別の及び/又は相互接続された誘電体バンプのスクリーン印刷による）。そのようなパターン化された追加層は、接触部を開いた後であって且つセル上での金属被覆プロセスの直前に付着され、接触領域を覆うものではない。

- スクリーン印刷可能なペースト又はインクジェット印刷可能なインクにサブミクロンサイズ及び/又は1ミクロンから数ミクロンサイズの誘電体粒子を含む光散乱層の追加形成。そのようなパターン化された追加層は、接触部を開いた後であって且つセル上での金属被覆プロセスの直前に付着され、接触領域を覆うものではない。

【 0 0 3 6 】

不動態層のレーザテクスチャー化：ピコ秒又はフェムト秒のパルス長さのレーザを使用するシリコンの背面のレーザテクスチャー化は、前記で述べた。バンドギャップが1.1 eVの結晶シリコンは、DUVからIRの範囲の放射（1.1 eVのバンドギャップエネルギーまでの光子エネルギーをもつ）を吸収し、それらの波長は、シリコン表面をテクス

10

20

30

40

50

チャー化するのに使用される。パルス長さが < 1000 ピコ秒、例えば、低ピコ秒(< 4 ピコ秒)又はフェムト秒範囲の超高速レーザを使用すると、最小の熱影響ゾーン(HAZ)でシリコンのアブレーションが生じ、シリコンの表面品質への作用を著しく少なくして表面テクスチャーを形成することができる。しかしながら、シリコンの表面へのレーザアブレーションの作用、及び背面における少数キャリアの再結合速度(背面再結合速度BSRV)の上昇は、シリコン表面それ自体ではなく、シリコン表面に位置する誘電体不動態層がテクスチャー化される場合には、最小にされ又は完全に排除される。

【0037】

酸化シリコン層は、バックコンタクトシリコン太陽電池の背面を不動態化するのに使用される。バンドギャップが約 9 eV であれば、酸化シリコンは、パルス巾がナノ秒範囲の193nmパルスまでの通常利用可能なレーザ波長を透過する。しかしながら、フルエンスが十分に高い波長157nmのナノ秒パルスは、酸化シリコンに吸収され、従って、酸化物表面をテクスチャー化するのにも使用される(それを完全にアブレーションせずに)。例えば、そのようなパルスは、エキシマー(Excimer)レーザを使用して得ることができ、そしてF2レーザは、157nmの既知のソースである。

【0038】

更に、効果的なテクスチャー化のためには酸化物膜におけるレーザビームの貫通を最小にすることが有用である。例えば、フェムト秒範囲の極短パルスが使用される場合には、吸収が劇的に増加され、従って、酸化物における貫通の深さが劇的に減少される。フェムト秒のパルスを使用することで、より高い波長を使用して、特殊なレーザが要求されないようにすることができる。酸化シリコン膜は、波長がUVからIRの範囲、例えば、1064nmの < 500 フェムト秒パルスでアブレーションされる。しかしながら、貫通が減少するので(例えば、ナノ秒パルスと組み合わせで)、緑の波長532nm又はUV波長355nmが使用される。フェムト秒の緑又はUVパルスは、酸化物表面にリップル及びテクスチャーを形成し、アルミニウム膜のような反射金属膜で覆われたときに優れた拡散ミラーを生じさせ、低ロス高反射性の拡散金属・誘電体複合反射器を形成する。

【0039】

オーバーラップするフェムト秒パルスにより酸化物表面に形成されるリップルは、太陽電池の後側へ貫通する太陽光線、ひいては、セルの背部に背面からの非常に有効な拡散反射を受けさせる太陽光線、の波長より小さな又は大きな周期をもつ周期的構造である。或いは又、オーバーラップするフェムト秒パルスにより酸化物表面に形成されるリップルは、ある範囲の値をカバーする局所的に変化する周期、例えば、サブミクロン程度から数十ミクロンまでの周期をもつ周期的構造であってもよい。別の実施形態では、誘電体の表面は、ランダムにテクスチャー化される。重要なことは、ここに開示する誘電体表面テクスチャー化方法において、テクスチャー化プロセスは、誘電体層だけをテクスチャー化するのであって、誘電体厚みを通してパンチ/プッシュしてその下に横たわるシリコンを露出させるのではないことである。更に別の実施形態では、例えば、フェムト秒パルスを使用する非オーバーラップパルスレーザアブレーションを使用して、同じサイズのクレータのアレイ又は可変サイズ(異なるクレータ直径)のクレータのアレイを酸化物表面に生成する。クレータの直径は、ある値の範囲をカバーし、例えば、サブミクロン程度の直径から数十ミクロンの直径までである。更に、クレータの直径は、パルス状のフェムト秒レーザビームのビーム直径及び/又はエネルギーフルエンスにより調整され、変更される。

【0040】

化学量論的酸化シリコン膜は、UV/可視光/IR範囲において非常に透明であるが、非化学量論的シリコンリッチのシリコン酸化物については吸収性が増加される。一酸化シリコン(SiO)は、248nm以下の放射を吸収し、従って、この膜を化学量論的 SiO_2 の頂部に追加すると、特に、フェムト秒レーザの使用に関連して、より高い波長を許す。更に、この一酸化シリコン層を使用すると、低いピコ秒範囲(例えば、 < 10 ピコ秒)のパルス長さを使用して高品質のテクスチャーを生成することができる。一酸化シリコン層は、例えば、シリカのスパッタ堆積により形成することができる。

【 0 0 4 1 】

太陽電池用途に使用される酸化シリコンは、多くの場合、P E C V D 又は A P C V D 技術を使用して堆積される。そのような酸化物は、非化学量論的であり、従って、濃密な酸化シリコンに比して吸収性が高い。これは、フェムト秒又は短い波長の U V レーザビームの貫通深さを減少し、堆積された酸化物膜の薄い層は、層の完全なアブレーションを伴わずにパルスレーザ処理を使用して効果的にテクスチャー化される。

【 0 0 4 2 】

p 型の表面では、負の表面電荷を伴う酸化アルミニウムは、優れた表面保護を与える。酸化アルミニウム層は、原子層堆積 (A L D) 又は大気圧化学的蒸着 (A P C V D) プロセスのような適当な堆積技術により堆積される。酸化シリコンと同様に、酸化アルミニウムも、157nm 波長のナノ秒パルス又は U V 波長のフェムト秒パルスでテクスチャー化される (フェムト秒パルスは、表面にリップルを発生するという付加的な効果もある) 。原子層堆積 (A L D) 技術を使用する酸化アルミニウム堆積は、それらの膜に過剰な負の電荷が存在するので、p 型表面の不動態化に特に適している。そのような非化学量論的処理は、それらの膜の吸収性も増加して、ピコ秒 U V パルスが表面にリップル構造を与えるようにし、これは、膜の頂部に反射性アルミニウム膜を堆積した後に、優れた拡散反射を与えることができる。

【 0 0 4 3 】

酸化物 (又は窒化物又は酸窒化物) 島部の堆積を使用するテクスチャー : 結晶シリコン膜は、比較的透明で、赤外線 (I R) 波長範囲の太陽光線をあまり吸収しないので (特に、ほぼ 900nm 以上の波長、及び特に、より薄いシリコン吸収材では) 、セルの背面上でのこれらの波長に対する相対的拡散又はランバート反射は、I R 光子の有効な捕獲により I R 吸収性及び量子効率を改善する。従って、反射素子のサイズ及び分散性が例えば 1 μ m のこのサイズ及び / 又はこのサイズの倍数に近い及び / 又はそれより小さい層は、光捕獲性の改善及び I R 光子吸収性の向上に有効な拡散反射を与える。

【 0 0 4 4 】

これらの反射素子又は粒子は、太陽電池の背面の不動態化誘電体 (例えば、酸化アルミニウム) の表面に (例えば、スクリーン印刷、インクジェット印刷、等により) 比較的均一に付着された種々の粒子サイズ (例えば、サブミクロンサイズの粒子、又はサブミクロンサイズの粒子と数ミクロンまでの大きな粒子との混合) の球状又はランダムな幾何学形状の誘電体粒子 (例えば、シリカ、酸化チタン、酸化アルミニウム、及び / 又は他の非吸収性誘電体材料) である。ある誘電体粒子は、シリコンテトラクロライドのようなシリコン化合物の熱分解により又は電気アーク中でシリカ砂を蒸発させることにより発生する溶融シリカ粒子として通常入手することができる。又、誘電体粒子は、ケイ酸塩溶液から又はゾルゲルから沈殿した粒子でもよい。上述したように、酸化アルミニウム又は酸化チタンで作られたもののような他の適当な誘電体材料粒子も使用できる。

【 0 0 4 5 】

太陽電池の背面に均一に分散させるために、これらの粒子は、高分子量アルコールのような揮発性液体又はシリカ懸濁水の噴霧を使用してスプレーされるか、或いはペーストのスクリーン印刷又はそのような光散乱誘電体粒子を含むインクのインクジェット印刷を使用して付着される。後側の不動態化層 (例えば、後側に p + エミッタを伴う酸化アルミニウム) と、これらの誘電体粒子及びセル上の金属被覆 (好ましくはスクリーン印刷された A 1 ペースト又はインクジェット印刷された A 1 インクを使用するアルミニウム金属被覆) との組み合わせは、高反射性の拡散 (又は近ランバート) 後部ミラーを形成し、太陽電池の I R 量子効率を向上させる。

【 0 0 4 6 】

図 13 は、図 8 と同様の分離された背面金属接触部、及びテクスチャー化された不動態表面 50 (例えば、酸化シリコンを不動態層として使用してテクスチャー化された不動態層 34 として示す) を伴うフロントコンタクトセルの断面図である。テクスチャー化された不動態表面 50 は、上述したテクスチャー化のための加算的方法によりレーザテクスチ

10

20

30

40

50

ャー化によって形成される。1つの実施形態において、フロントコンタクト太陽電池の背面の酸化シリコンは、フェムト秒レーザビーム又はD U Vレーザビームを使用してテクスチャー化される。或いは又、背面I R光子分散反射は、I R量子効率の向上のために誘電体粒子含有ペースト又はインクをセルの背面に付着するために加算的方法を使用して達成される。図8と同様に、図13の太陽電池は、n型ベース基板30を備え、或いは又、p型ベース基板30については、背面フィールドが強くpドーピングされる(即ち、p+背面フィールド32)。p+背面フィールドについては、表面の酸化アルミニウムが有効な不動態化を与え、そしてフェムト秒又はD U Vレーザビームを使用してテクスチャー化される。或いは又、拡散ランバート反射は、上述したようにシリカ球(或いは酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化シリコン、酸化チタン、等の適当な誘電体材料の規則的又はランダムな形状/サイズの粒子を含む他のペースト又はインク)の堆積により得られる。

10

【0047】

重ねて述べるが、ここに開示するレーザテクスチャー化方法は、参考としてここにそのまま援用される2011年5月27日に出願された共通の譲受人の米国特許公告第2012/0028399号に述べられたように、背面櫛型金属被覆パターンを伴う櫛型バックコンタクト薄膜結晶シリコン太陽電池(IBC)(ここではNBLCと称される)の形成に特に適用できる。これらの太陽電池は、シリコン基板のエピタキシャル堆積と、それに続く、再使用可能な結晶シリコンテンプレートの表面からの多孔性シリコンリフトオフ又は剥離とによって形成される。薄膜結晶太陽電池は、例えば、単結晶シリコン太陽電池は、その厚みが10から100ミクロン厚みの範囲であり、及び1ミクロン厚み程度のこ

20

【0048】

シリコンへの種々の波長の貫通深さを示す図1のグラフから、薄膜シリコンセルの場合に、800から1200nmの波長範囲(及び特に長いI R波長)の放射は、それが例えば背面反射により十分に捕獲されない限り、膜を通して脱出し得ることが明らかである。上述したように、反射光を散乱させる拡散反射器(例えば、上述した方法により形成された)が背面にある場合には、I R光の捕獲がより有効となる。

【0049】

図14は、セルの前面にテクスチャーを形成するために湿式エッチングを使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成し、例えば、図3に示したバックコンタクトセルを形成するプロセスフロー実施形態である。

30

【0050】

図15は、後側の酸化物面のレーザテクスチャー化でバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である(ステップ7とステップ8との間のレーザテクスチャー化ステップ)。図16は、セルの背面に拡散ミラーを形成するために太陽電池の後側の酸化物面へのサブミクロンサイズの分散シリカ粒子の堆積を使用してバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池を形成するプロセスフロー実施形態である(ステップ7とステップ8との間の粒子堆積ステップ)。

【0051】

40

図17は、図15及び16のプロセスフローに従って形成されたバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の断面図である(バックプレーンは示さず)。図17のバックジャンクション/バックコンタクトのエピタキシャルシリコン太陽電池の背面及び前面は、図15に示したものと同様であるが、誘電体層18(例えば、酸化シリコン層)の背面に背面拡散ミラー52を更に備えている。例えば、背面拡散ミラー52は、不動態層18(例えば、酸化シリコン不動態層)の背面をレーザテクスチャー化したものであるか、又は不動態層18に堆積された付加的な粒子含有材料層である。

【0052】

ここに開示した実施形態、構造及び方法は、セルの背面に光散乱誘電体テクスチャーを

50

形成することにより I R 光子捕獲性を向上させると共に太陽電池の I R 量子効率を向上させるための拡散後部ミラーの形成を提供する。ここに詳述した拡散形成の実施形態は、不動態化誘電体の減算的レーザテクスチャー化と、背面への粒子含有材料層の加算的印刷又は堆積とを含み(従って、シリコン面をテクスチャー化する必要性を排除し)、効率の高い太陽電池を提供する。

【0053】

以下の方法及び構造は、拡散反射(又はいわゆるランバート反射)、即ち鏡面反射がほとんどないか又は無視できるような高度に拡散された反射を与えて、波長の長い太陽光線(例えば、 $\sim 900\text{ nm}$ ないし 1150 nm の波長範囲の光子)の吸収性及び量子効率を高める太陽電池の背面を提供する。拡散ミラーの形成に関してここに開示され及び/又は意図される(及び種々の仕方で組み合わせられる)特定の実施形態及び態様は、次のものを含むが、これに限定されない。

- 不動態化のために後側のシリコン面に堆積された透明な不動態化層のレーザテクスチャー化によりフロントコンタクト・フロントジャンクション太陽電池及びバックコンタクト・バックジャンクション太陽電池の背面に拡散後部ミラーを形成する。ある実施形態では、不動態化層は、酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化シリコン又は酸窒化シリコン、或いはある実施形態では、ALD Al_2O_3 である。テクスチャー化のためのレーザパラメータは、ナノ秒パルス巾レーザ(例えば、 157 nm 波長のナノ秒パルス巾レーザ)、或いはUVからIRの範囲、例えば、 1064 nm の波長のピコ秒又はフェムト秒レーザ(例えば、 355 nm の波長のフェムト秒レーザ)を含むが、これに限定されない。シリコン層の亜酸化物は、レーザビームの吸収性を高めるために使用される。太陽電池は、例えば、 10 から 100 ミクロン厚みの範囲及び 1 ミクロン厚み程度の薄い結晶シリコン膜であり、例えば、単結晶シリコンテンプレートからエピタキシャル堆積及び剥離によって形成される。

【0054】

- 後面の不動態化層酸化物又は酸化アルミニウムの頂部にシリカの分散粒子(例えば、球状粒子)を堆積することによりフロントコンタクト・フロントジャンクション太陽電池及びバックコンタクト・バックジャンクション太陽電池の背面に拡散ミラーを形成する。1つの実施形態では、シリコン化合物の熱分解により又は沈殿形態のゾルゲルによりシリカ粒子が形成される。或いは又、誘電体ペーストのスクリーン印刷、或いは適当な誘電体材料の粒子(例えば、サブミクロンから数ミクロンの範囲の均一な球形状の粒子サイズ又はランダムな粒子形状、及びサブミクロンから数ミクロンの範囲の粒子サイズをもつ粒子)を含む誘電体インクのインクジェット印刷により後面の不動態化層の酸化物又は酸化アルミニウムの頂部に球状粒子が堆積される。誘電体粒子は、酸化シリコン及び/又は窒化シリコン及び/又は酸化チタン及び/又は酸化アルミニウム及び/又は別の適当な非吸収性誘電体材料で作られる。1つの実施形態において、シリコン化合物の熱分解により又は沈殿形態のゾルゲルによりシリカ粒子が形成される。不動態化層は、例えば、酸化シリコン、酸化アルミニウム、窒化シリコン、酸窒化シリコンである。太陽電池は、例えば、 10 から 100 ミクロン厚みの範囲及び 1 ミクロン厚み程度の薄い結晶シリコン膜であり、例えば、単結晶シリコンテンプレートからエピタキシャル堆積及び剥離によって形成される。

【0055】

動作について、ここに開示された要旨は、太陽からの波長の長い光子を捕獲するように太陽電池の基板面をテクスチャー化し及びアニールするための処理方法を提供する。前面フィールドを形成するように太陽電池の基板面をテクスチャー化し及びドーピングするための処理方法も提供する。太陽からの波長の長い光子を捕獲するように太陽電池の後側基板面の不動態化層をテクスチャー化するための処理方法も提供する。更に、ここに開示された要旨は、ベース及びエミッタ領域を形成するように太陽電池の表面をテクスチャー化し及びドーピングし、そしてテクスチャー化プロセスで生じた欠陥を除去するようにレーザアニールするための処理方法も提供する。

【 0 0 5 6 】

ここに述べる実施形態は、主として、非常に薄い単結晶シリコン吸収層及びバックプレーンを使用するバックコンタクト及びフロントコンタクトシリコン太陽電池に関連して説明したが、ここに開示する要旨の観点は、当業者による他の太陽電池及びモジュール実施形態にも適用できることを理解されたい。そのような他の実施形態は、結晶GaAs、GaN、Ge及び/又は他の元素及び化合物の半導体から作られるもののような非結晶シリコン太陽電池及びモジュール；並びに（結晶シリコンウェハのような）結晶半導体ウェハから作られるバックコンタクト/フロントジャンクション、バックコンタクト/バックジャンクション、及びフロントコンタクトの太陽電池を含むウェハベースの太陽電池を含むが、これに限定されない。

10

【 0 0 5 7 】

規範的实施形態の以上の説明は、請求項に述べた要旨を当業者が実行し又は利用できるようにするためのものである。当業者には、これら実施形態に対する種々の変更が容易に明らかであり、ここに定義した一般的な原理を、革新的能力を使用せずに他の実施形態に適用することができよう。従って、請求項の要旨は、ここに示す実施形態に限定されるものではなく、ここに開示した原理及び新規な特徴と矛盾のない最も広い範囲に一致されるものとする。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

- 10：基板
- 12：接触部
- 14：エミッタ層
- 16：金属被覆層
- 18：誘電体層
- 20：エミッタ接触部
- 24、28：前面フィールド
- 26：テクスチャー化部分
- 30：基板
- 32：背面フィールド
- 34：不動態化層
- 36：金属被覆層
- 38：エミッタ層
- 40：酸化物層
- 42：ARC層
- 44：金属グリッド
- 46：金属接触部
- 48：セル面
- 50：テクスチャー化された不動態表面
- 52：拡散ミラー

20

30

【図 1】

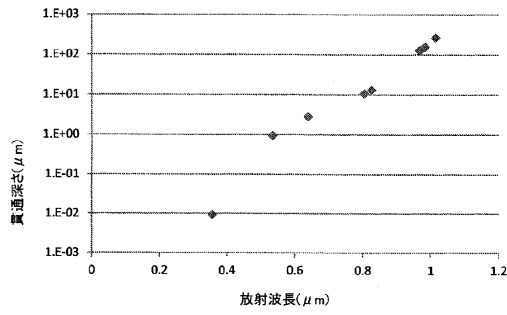


Fig. 1

【図 3】

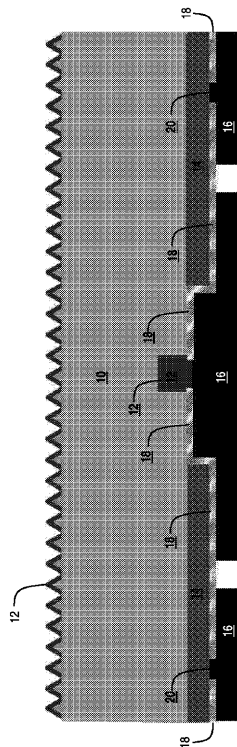


Fig. 3

【図 2】

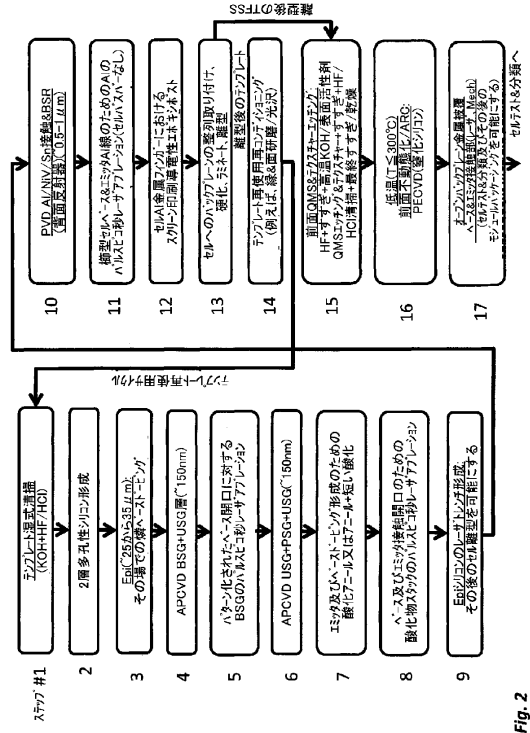


Fig. 2

【図 4】

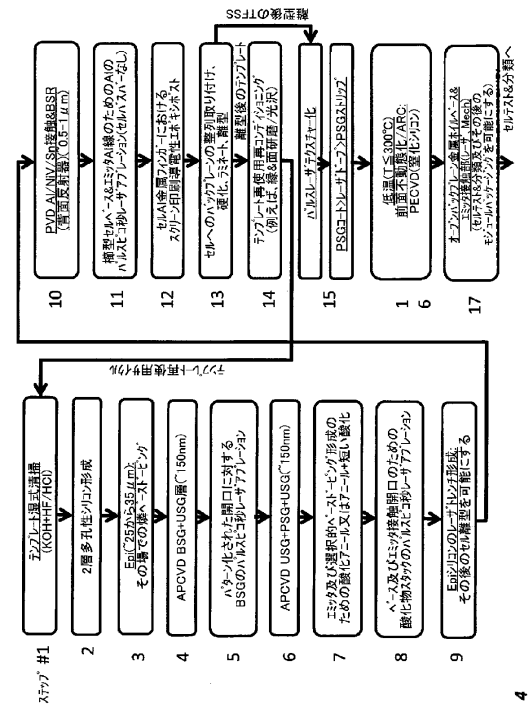


Fig. 4

【図 5】

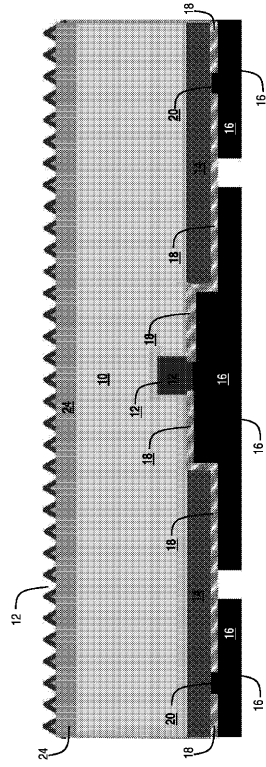


Fig. 5

【図 7】

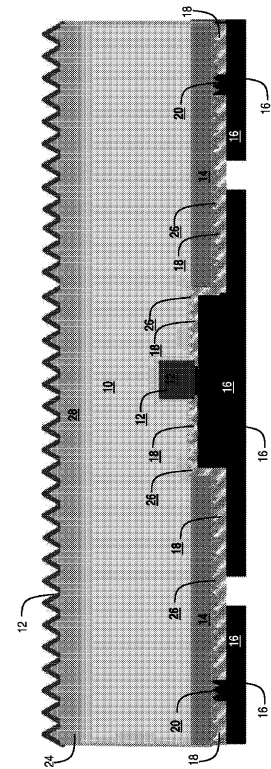


Fig. 7

【図 6】

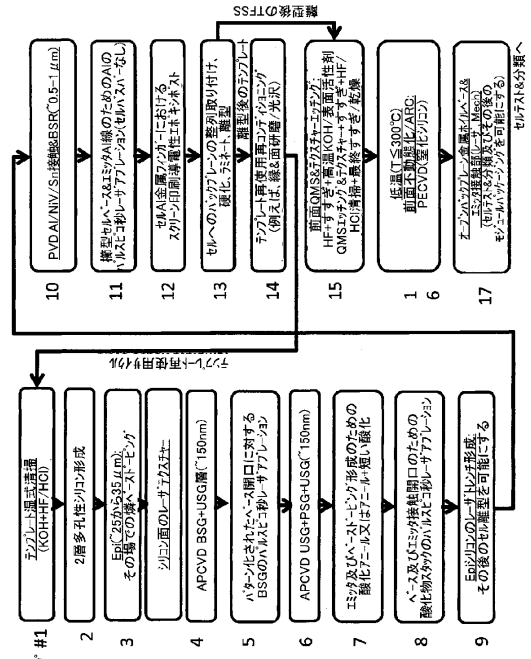


Fig. 6

【図 8】

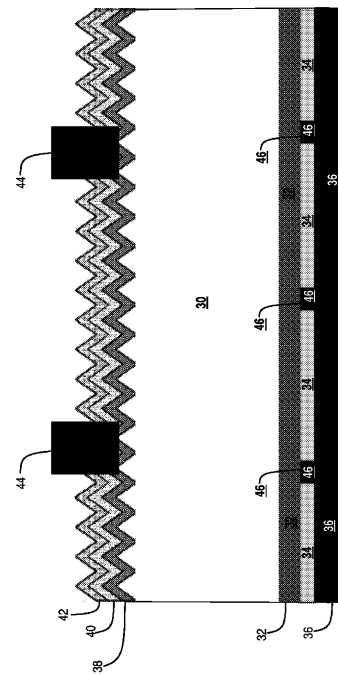


Fig. 8

【図 9】

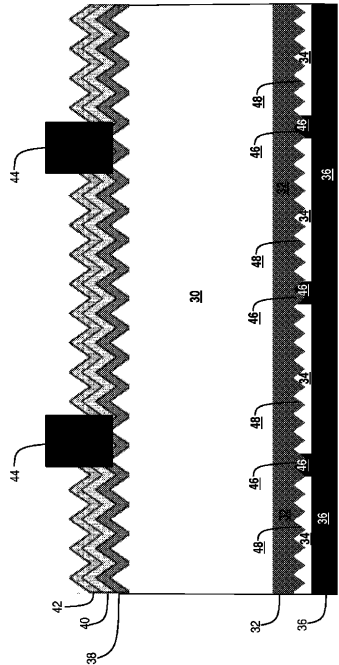


Fig. 9

【図 10】

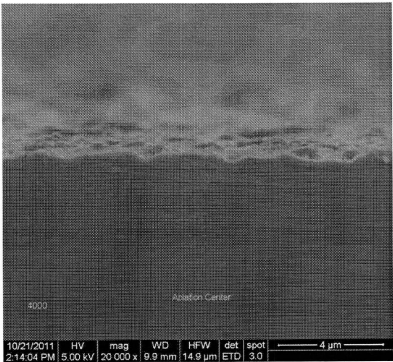


Fig. 10 (写真)

【図 11】

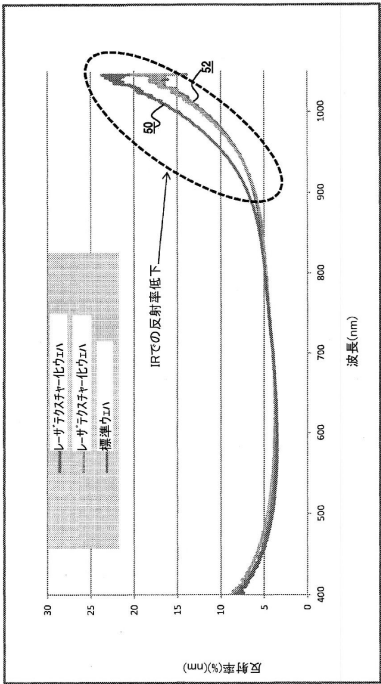


Fig. 11

【図 12 A】

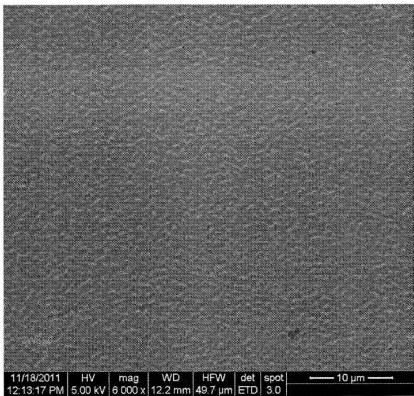


Fig. 12A (写真)

【図 12 B】

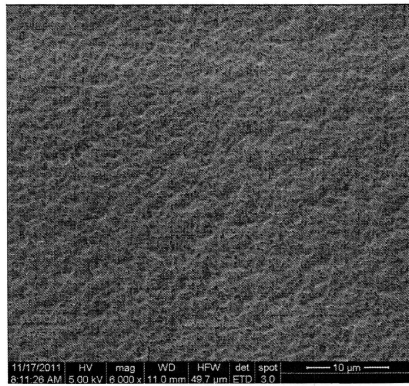


Fig. 12B (写真)

【図 13】

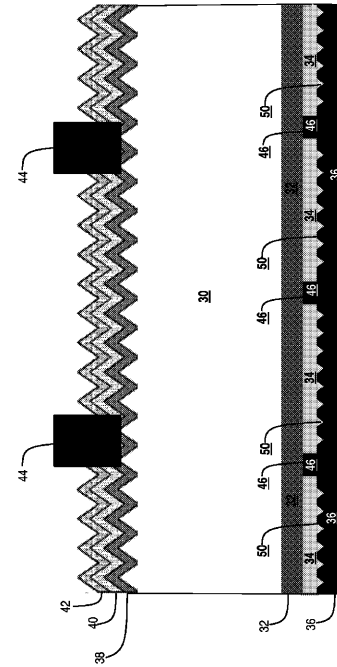


Fig. 13

【図 14】

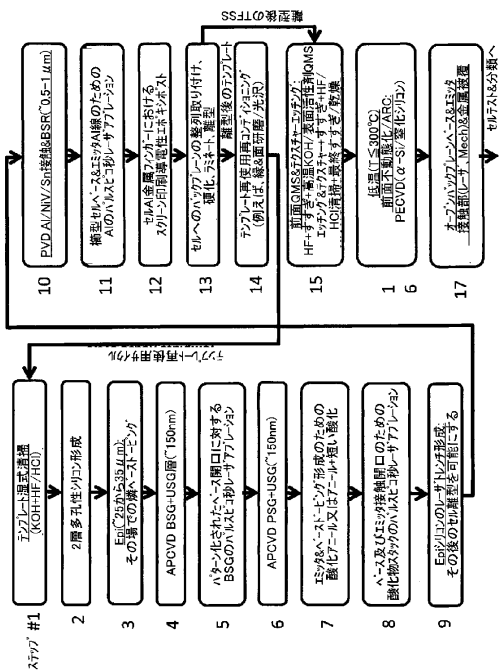


Fig. 14

【図 15】

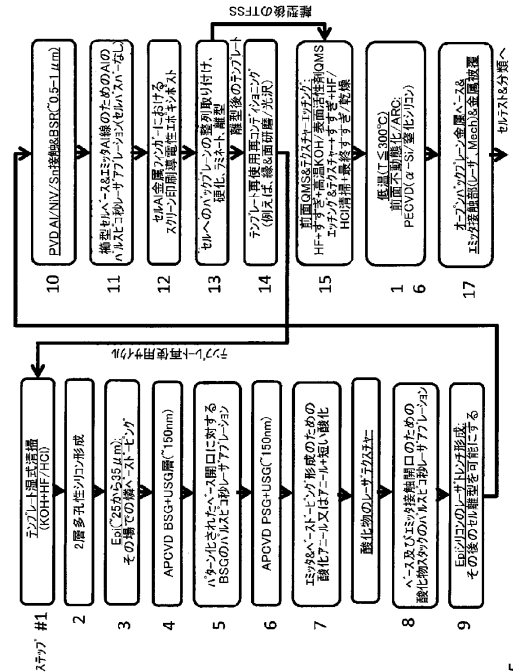


Fig. 15

【 図 1 6 】

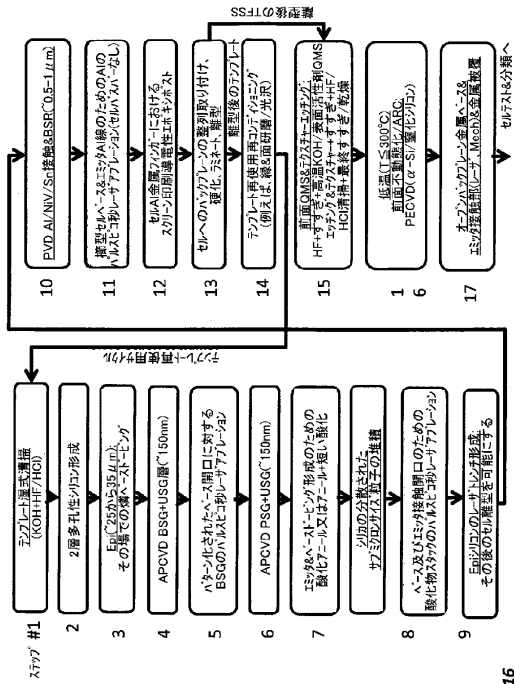


Fig. 16

【 図 1 7 】

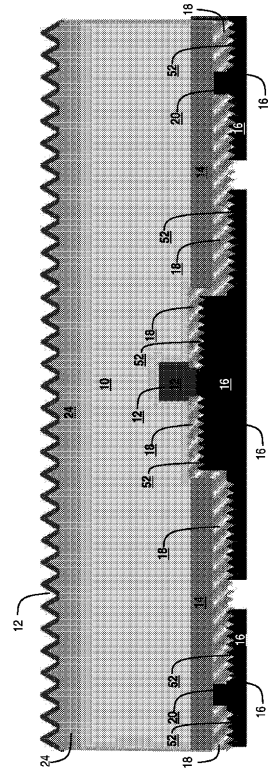


Fig. 17

フロントページの続き

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(72)発明者 モスレヒー メールダッド エム

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 4 ロス アルトス スタンリー アベニュー 9
5 6

(72)発明者 ラナ ヴィレンドラ ヴイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 2 ロス ガトス アンドレ コート 1 0 1

(72)発明者 クータン ソレーヌ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 - 7 4 0 5 ミルピタス マッカーシー ブール
バード 1 5 3 0

(72)発明者 デシェイザー ヘザー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 - 7 4 0 5 ミルピタス マッカーシー ブール
バード 1 5 3 0

(72)発明者 アンバラガン プラナヴ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 6 サンノゼ サドル ラック ストリート 1 3
9 0 アpartment 3 0 9

(72)発明者 ラトル ベンジャミン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 - 7 4 0 5 ミルピタス マッカーシー ブール
バード 1 5 3 0

審査官 山本 元彦

(56)参考文献 特開平09 - 172196 (JP, A)

特開2010 - 199289 (JP, A)

特開2011 - 014856 (JP, A)

特開2011 - 066400 (JP, A)

特開2010 - 251667 (JP, A)

国際公開第2011 / 150397 (WO, A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31 / 00 - 31 / 20