

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-44147

(P2012-44147A)

(43) 公開日 平成24年3月1日(2012.3.1)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 L 31/04 (2006.01) H O 1 L 31/04 B 5 F 1 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2011-127179 (P2011-127179)	(71) 出願人	508064610
(22) 出願日	平成23年6月7日 (2011.6.7)		モーザー ベイアー インディア リミテッド
(31) 優先権主張番号	1360/DEL/2010		インド国, 110020 ニュー・デリー
(32) 優先日	平成22年6月11日 (2010.6.11)		, オクラ・インダストリアル・エステート
(33) 優先権主張国	インド (IN)		43ビー
		(74) 代理人	110001139
			S K 特許業務法人
		(74) 代理人	100130328
			弁理士 奥野 彰彦
		(74) 代理人	100130672
			弁理士 伊藤 寛之

最終頁に続く

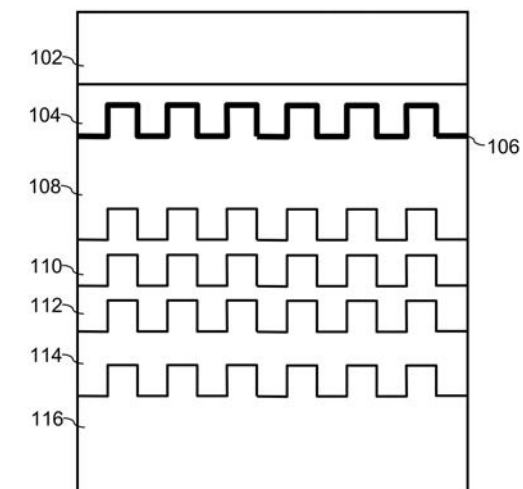
(54) 【発明の名称】 光電デバイスでの反射防止バリア層

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】入射太陽光の光電変換用の光電デバイスを提供する。

【解決手段】実質的に平坦な表面を有する透明サブストレート102と、透明サブストレート102の前記平坦な表面上にテクスチャー層104を含み、光トラッピング構造を形成する。その後、光電デバイスは、テクスチャー層104上にバリア層106を含む。バリア層106は、テクスチャー層104によって放出される1又は複数の流体に不透過である。さらに、バリア層106上に1又は複数の半導体層110, 112, 114を含む。バリア層106は、1又は複数の流体からの1又は複数の半導体層の汚染を防ぐ。最後に、光電デバイスは、1又は複数の半導体層上にカバーサブストレート116を含む。

【選択図】図1



100

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射太陽光の光電変換用の光電デバイスであって、前記光電デバイスは、少なくとも、実質的に平坦な表面を有する透明サブストレートと、前記透明サブストレートの前記実質的に平坦な表面上にテクスチャー層と、バリア層上に 1 又は複数の半導体層と、前記テクスチャー層と前記 1 又は複数の半導体層の間の前記バリア層と、カバーサブストレートのスタックを備え、

前記テクスチャー層は、光トラッピング構造を有し、

前記バリア層は、前記テクスチャー層によって放出される 1 又は複数の流体へ不透過であり、これによって、前記 1 又は複数の流体からの前記 1 又は複数の半導体層の汚染は、前記バリア層によって防がれる、光電デバイス。

10

【請求項 2】

前記テクスチャー層は、粘性硬化材料からなる、請求項 1 に記載の光電デバイス。

【請求項 3】

前記バリア層は、光学的に透明である、請求項 1 に記載の光電デバイス。

【請求項 4】

前記バリア層の屈折率は、1.4~2.2の範囲である、請求項 1 に記載の光電デバイス。

【請求項 5】

前記バリア層の厚さは、1nm~150nmの範囲である、請求項 1 に記載の光電デバイス。

【請求項 6】

前記バリア層の材料は、シリコン酸化物(SiO_x)、シリコン窒化物(SiN_x)、 Al_2O_3 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 及び SiON を備える群から選択される、請求項 1 に記載の光電デバイス。

20

【請求項 7】

入射太陽光の光電変換用の光電デバイスであって、前記光電デバイスは、少なくとも、実質的に平坦な表面を有する透明サブストレートと、前記透明サブストレートの前記実質的に平坦な表面上にテクスチャー層と、前記テクスチャー層上にバリア層と、前記バリア層上に透明導電酸化物層と、前記透明導電酸化物層上に 1 又は複数の半導体層と、カバーサブストレートのスタックを備え、

前記テクスチャー層は、光トラッピング構造を有し、

前記バリア層は、前記テクスチャー層によって放出される 1 又は複数の流体へ不透過であり、これによって、前記 1 又は複数の流体からの前記 1 又は複数の半導体層の汚染は、前記バリア層によって防がれる、光電デバイス。

30

【請求項 8】

前記テクスチャー層は、粘性硬化材料からなる、請求項 7 に記載の光電デバイス。

【請求項 9】

前記バリア層は、光学的に透明である、請求項 7 に記載の光電デバイス。

【請求項 10】

前記バリア層の屈折率は、1.4~2.2の範囲である、請求項 7 に記載の光電デバイス。

【請求項 11】

前記バリア層の厚さは、1nm~150nmの範囲である、請求項 7 に記載の光電デバイス。

40

【請求項 12】

前記バリア層の材料は、シリコン酸化物(SiO_x)、シリコン窒化物(SiN_x)、 Al_2O_3 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 及び SiON を備える群から選択される、請求項 7 に記載の光電デバイス。

【請求項 13】

前記バリア層は、前記テクスチャー層と前記透明導電酸化物層の間の密着を容易にする、請求項 7 に記載の光電デバイス。

【請求項 14】

前記バリア層と前記透明導電酸化物層の間の密着性は、前記粘性硬化材料の前記層と前記透明導電酸化物層の間の密着性より大きい、請求項 13 に記載の光電デバイス。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

この出願は、インド特許出願番号1360/DEL/2010（発明の名称「光電デバイスでの反射防止バリア層」、出願日：2010年6月11日）に基づいており、この出願からの優先権の利益を主張する。上記の出願の内容は、ここに参照取り込みされる。

【0002】

ここに開示された本発明は、一般に、光電デバイス（例：太陽電池）に関する。より詳しくは、本発明は、薄膜太陽電池に関する。

【背景技術】

【0003】

太陽電池は、ソーラーエネルギーを電気エネルギーへ変換するデバイスである。太陽電池は、p型半導体、i型半導体、及びn型半導体の光活性半導体層を含む。これらの光活性半導体層は、太陽光を吸収し、外部回路内に電流として引き出される電子正孔対を生成する。

【0004】

ナノテクスチャーを有するサブストレート又はスーパーストレートを用いることは、薄膜太陽電池の効率に大きな効果をもたらす。なぜなら、このナノテクスチャーは、太陽電池による光のトラップングを高めるからである。ナノ構造は、ラッカー及びゾルゲル材料を用いることによってサブストレート又はスーパーストレート上に堆積可能である。しかしながら、これらの材料についての問題は、太陽電池の製造の間に、これらの材料によって放出される溶媒によって太陽電池の半導体層が汚染される傾向があることである。ラッカー及びゾルゲル材料のナノ構造による半導体層の汚染は、太陽電池の効率を減少させる。ラッカー及びゾルゲル材料の使用についての他の問題は、この材料と透明導電酸化物(TCO)層との密着性が、例えば、サブストレート又はスーパーストレートとTCO層の間の密着性よりも劣る場合があることである。これによって、太陽電池が不安定になり、太陽電池の寿命が減少する。

【0005】

上記欠点のため、太陽電池のサブストレート又はスーパーストレート上にナノテクスチャーを使用することが困難で非実用的になっている。従って、ナノテクスチャーを効果的に利用し、上記欠点を緩和することによって太陽電池の効率を増大させることができる太陽電池に対する要求がある。

【図面の簡単な説明】

【0006】

新規であると信じられている本発明の特徴は、添付の請求の範囲で詳細に言及している。本発明は、添付図面を用いた次の説明を参照して最もよく理解することができる。これらの図面及び関連する説明は、本発明のいくつかの実施形態を例示するために提供され、本発明の範囲を限定しない。

【0007】

【図1】図1は、本発明の実施形態による例示的光電デバイスの種々のコンポーネントを示す。

【0008】

【図2】図2は、本発明の別の実施形態による例示的光電デバイスの種々のコンポーネントを示す。

【0009】

【図3】図3は、本発明の実施形態による光電デバイスを製造する例示的方法を説明するフローチャートである。

【0010】

【図4】図4は、本発明の別の実施形態による光電デバイスを製造する方法を説明するフローチャートである。

【0011】

当業者は、図中の要素は簡潔さ及び明確さを求めて図示したものであり、必ずしも正確な縮尺ではないということを理解する。例えば、図中の要素のいくつかの寸法は、本発明の理解を向上させるために、他の要素に比べて、誇張する場合がある。

【 0 0 1 2 】

先の出願中で説明されているが、図面の一つには描写されていない追加の構造がある場合がある。このような構造が説明されているが図面に描かれていない場合、このような図面がないことは、このようなデザインが明細書から省かれたものと考えるべきではない。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 3 】

本願の例示的实施形態は、入射太陽光の光電変換用の光電デバイスを提供する。

【 0 0 1 4 】

本発明のいくつかの実施形態は、光電デバイスを製造する方法を提供する。

【 0 0 1 5 】

本発明は、太陽光の光起電力変換用の光電デバイスを提供する。本発明によれば、光電デバイスは、透明サブストレート、粘性硬化材料のテクスチャー層(textured layer)、バリア層、透明導電酸化物(TCO)の層、複数の半導体層及びカバーサブストレートを含む、層のスタックを有する。バリア層は、粘性硬化材料のテクスチャー層とTCOの第1層の間の密着を容易にする。さらに、バリア層は、光電デバイスの製造の間又は光電デバイスの実際の使用の間に透明サブストレート及び粘性硬化材料から生じる汚染物質へ不透過であり、それによって他の堆積層への汚染物質の悪影響を防ぐ。

【 0 0 1 6 】

いくつかの実施形態では、入射太陽光の光電変換用の光電デバイス提供される。光電デバイス実質的に平坦な表面を有する透明サブストレートを含む。さらに、光電デバイスは、透明サブストレートの平坦な表面上に堆積されたテクスチャー層を含み、光トラッピング構造を形成する。光電デバイスは、テクスチャー層上に堆積されたバリア層を含む。バリア層は、テクスチャー層によって放出される1又は複数の流体へ不透過である。さらに、光電デバイスはバリア層上に堆積される1又は複数の半導体層、を含む。バリア層は、1又は複数の流体からの1又は複数の半導体層の汚染を防ぐ。最後に、光電デバイスは、カバーサブストレートを含む。

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態では、入射太陽光の光電変換用の光電デバイスが提供される。光電デバイスは、実質的に平坦な表面を有する透明サブストレートを含む。さらに、光電デバイスは、透明サブストレートの平坦な表面上に堆積されたテクスチャー層を含み、光トラッピング構造を形成する。光電デバイスは、テクスチャー層上に堆積されたバリア層も含む。バリア層は、テクスチャー層によって放出される1又は複数の流体へ不透過である。また、光電デバイスは、バリア層上に堆積された透明導電酸化物層を含む。さらに、光電デバイスは、透明導電酸化物層上に堆積された1又は複数の半導体層を含む。バリア層は、1又は複数の流体からの1又は複数の半導体層の汚染を防ぐ。最後に、光電デバイスは、カバーサブストレートを含む。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

本発明を詳細に説明する前に、本発明は、光電デバイスを製造する方法に関連した方法ステップ及び装置コンポーネントの組み合わせを利用することに注目すべきである。従って、装置コンポーネント及び方法ステップは、適切な場合には図面中で従来の記号によって表され、詳細の開示をばやけさせないように本発明の理解に関連する具体的詳細のみを示しており、この開示は、ここでの説明の利益を有する当業者に容易に明らかになるであろう。

【 0 0 1 9 】

明細書は、新規であると考えられている本発明の特徴を規定する請求の範囲で終わって

10

20

30

40

50

いるが、本発明は、類似の参照符号が繰り越される図面を用いた次の説明を考慮してより良く理解されるであろう。

【0020】

必要に応じて、詳細な本発明の実施形態がここで開示される。しかしながら、開示された実施形態は、種々の形態で具現化可能な本発明の単なる例示であることを理解すべきである。従って、ここで開示される具体的な構造及び機能詳細は、限定的に解釈すべきでなく、請求の範囲の単なる基礎として解釈すべきであり、当業者が本発明を採用する際に実質的にどのような適切な詳細な構造でも採用できるような教示の代表的な基礎として解釈すべきである。さらに、ここで使用される用語及びフレーズは、限定的に解釈すべきでなく、本発明の説明の理解のために提供されると解釈すべきである。

10

【0021】

ここで使用される「a」又は「an」という用語は、1又は複数として定義される。ここで使用される「another」という用語は、少なくとも第二又はそれ以上として定義される。ここで使用される「including」及び「/」又は「having」という用語は、「comprising」（つまり、オープンな移行句）として定義される。ここで使用される「coupled」又は「operatively coupled」という用語は、接続されているとして定義される（必ずしも直接ではなくてもよく、必ずしも機械的ではなくてもよい）。

【0022】

ここで図面を参照すると、図1に、本発明の実施形態による例示的光電デバイス100の種々のコンポーネントを図示する。光電デバイス100の例は、薄膜太陽電池、有機太陽電池、アモルファスシリコン太陽電池、微結晶シリコン太陽電池、マイクロモーフオ(micromorph)シリコンタンデム太陽電池、銅インジウムガリウムセレンナイド(CIGS)太陽電池、カドミウムテルル(CdTe)太陽電池、などを含むがこれに限定されない。光電デバイス100は、入射太陽光の光電変換を引き起こして、電気を生成する。光電デバイス100に存在している半導体材料の層は、この電気の生成に責任を有する。入射太陽光に存在しているフォトン

20

は、半導体材料の層によって受け取られ、次に、エキシトン、つまり、拘束された電子正孔対の生成を生じさせる。これらの拘束された電子正孔対は、半導体材料の層内で分離して自由電子及び正孔になる。自由電子及び正孔は、電気を生成することに責任を有する電荷キャリアとして働く。

【0023】

光電デバイス100は、サブストレータ102、粘性硬化材料のテクスチャー層104、バリア層106、TCOの層108、複数の半導体層110、112、114及びカバーサブストレータ116のスタックを含むように図示されている。

30

【0024】

サブストレータ102は、光電デバイス100へ強度を提供し、光電デバイス100を構成する他の層の堆積のための出発点として使用される。サブストレータ102の材料の例は、ガラス及び透明プラスチックを含むがこれに限定されない。いくつかの例示的实施形態では、実生活での適用の間、光電デバイス100は、サブストレータ102が太陽に面し、光電デバイス100に当たる全ての太陽光がサブストレータ102に入射するように配置される。これらの実施形態では、サブストレータ102は、最大の光がサブストレータ102を通過して次の層に到達するように、透明材料で形成される。サブストレータ102は、平坦な表面を含み、その上に、他の層が堆積可能である。

40

【0025】

粘性硬化材料の層104に移る。粘性硬化材料の層104は、本発明の種々の実施形態の理解を容易にするための、次の説明において、粘性硬化材料のテクスチャー層104としても参照される。粘性硬化材料のテクスチャー層104は、サブストレータ102の上に堆積される。最初に、粘性硬化材料がサブストレータ102の上に堆積される。粘性硬化材料は、その上に型押しされたナノテクスチャーが媒体（例：熱又は光）を用いて硬化されると、このナノテクスチャーを保持可能であるべきであり、これによって、サブストレータ102上に粘性硬化材料のテクスチャー層104が形成される。粘性硬化材料は、紫外線硬化材料、光硬

50

化樹脂ラッカー、アクリレート、及びシリカ又はシリカ-チタニアベースのゾルゲル材料を含むがこれに限定されない。

【0026】

いくつかの実施形態では、粘性硬化材料は、サブストレート102の平坦な表面上に粘性硬化材料の層104を堆積する前に光及び/又は熱を用いることによってプリキュアされる。粘性硬化材料のプリキュアは、光電デバイス100の製造の後工程の間又は光電デバイス100の実際の使用の間の、粘性硬化材料からの流体又は溶媒のガス放出を最小化するために行われる。粘性硬化材料から出てくるこれらの流体又は溶媒は、光電デバイス100の次の層を汚染し、従って、光電デバイス100の総合的性能に影響を与える傾向がある。

【0027】

本発明によれば、粘性硬化材料の層104は、テクスチャーが粘性硬化材料の層104の表面上に形成されるように堆積される。テクスチャーの例は、V-形状又はU-形状特徴、1D又は2D周期的格子(長方形又は正弦波)、ブレード(blazed)格子、及びランダムピラミッドを含むがこれに限定されない。このテクスチャーは、光電デバイス100の半導体層の光トラッピング能力を可能にし、これを高める。このテクスチャーは、光の散乱及び回折を助け、従って、光電デバイス100を通る光路を増大させ、従って、光電デバイス100の半導体層による光の吸収の機会を増やす。

【0028】

光電デバイス100内での光吸収を増大させるために、粘性硬化材料のテクスチャー層104に種々のテクスチャーが生成可能である。適切な角度散乱機能を規定し且つ表面プロファイルを最適化することによって、吸収されるフォトン数を増大させる。一実施形態では、テクスチャー層104は、本質的に周期的又はほぼ周期的であるテクスチャーを含んでもよい。

【0029】

粘性硬化材料の層104上に光トラッピングを可能にするテクスチャーを作成するために、いくつかの方法が使用可能である。一実施形態では、テクスチャーは、粘性硬化材料(例:光硬化樹脂ラッカー又はゾルゲル材料)の薄い層104をサブストレート102上に塗布し、次に、ナノテクスチャー表面を有するスタンパーをこの層104内に押圧することによって生成可能である。さらに、粘性硬化材料の層104上にナノテクスチャーを固定するためにUV硬化プロセスが適用される。

【0030】

別の実施形態では、テクスチャーは、粘性熱硬化材料(例:光硬化樹脂ラッカー又はゾルゲル材料)の薄い層104をサブストレート102上に塗布し、次に、ナノテクスチャー表面を有するスタンパーをこの層104内に押圧することによって生成可能である。さらに、層104に熱を加えて、ナノ粘性硬化材料の層104上にテクスチャーを固定する。

【0031】

さらに別の実施形態では、テクスチャーは、変形(ガラス転移)温度以上にサブストレート102を加熱しながら、スタンパーをサブストレート102に対して押圧し(熱エンボス加工)、その後に急冷プロセスを行うことによって生成可能である。この後に、粘性硬化材料の層104がサブストレート102上に堆積される。別の実施形態では、テクスチャーは、射出成形技術を用いて生成可能である。この実施形態では、射出成形ダイは、サブストレート102の表面上にマウントされ、テクスチャーは、粘性硬化材料を射出成形ダイ内に注入することによって形成される。

【0032】

いくつかの実施形態では、粘性硬化材料の層104がサブストレート102の上に堆積された後、粘性硬化材料の層104のアニーリングが行われる。アニーリングの主目的は、他の層の堆積前に、粘性硬化材料及び/又はサブストレート102によって放出される流体又は溶媒の最大量を除去することである。

【0033】

バリア層106に移る。バリア層106は、粘性硬化材料の層104が透明サブストレート102上に

10

20

30

40

50

堆積された後に、粘性硬化材料の層104上に堆積される。バリア層106は、光電デバイス100の製造の後工程の間又は光電デバイス100の実際の使用の間に粘性硬化材料によって放出される流体又は溶媒（例：光重合開始剤残渣、未反応樹脂、副反応生成物又は不純物のような揮発性有機化合物）に対して不透過である。バリア層106は、ナトリウムのようなサブストレートから生じる汚染物質に対しても不透過である。従って、バリア層106は、粘性硬化材料及び／又はサブストレート（例：ガラスからのナトリウム）102によって放出される汚染物質／元素、流体又は溶媒による、他の堆積層（例：TCOの第1層108、及び半導体層110、112及び114）又は光電デバイス100の封止材への悪影響を防ぐ。

【0034】

バリア層106の使用は、重要である。なぜなら、光トラッピングを可能にするテクスチャが粘性硬化材料の層104上に型押しされた後、それは、250-300 の範囲内のより高い温度でアニールされる。このアニーリングのプロセスの間、多くの汚染物質／元素、流体又は溶媒が粘性硬化材料及び／又はサブストレート102から生じる。さらに、これらの元素、流体又は溶媒は、他の堆積層（例：半導体層又は封止材）を汚染する傾向がある。バリア層106は、粘性硬化材料及び／又はサブストレート102から生じて他の堆積層を汚染する元素、流体又は溶媒を防ぐ。

【0035】

バリア層106は、光学的に透明である材料から作成可能である。バリア層106は、光学的に透明な状態が保たれ、これによって、光が光電デバイス100に入ると、光がバリア層106を通過することが可能になり、半導体層110、112及び114による電気の生成が容易にする。さらに、バリア層106の屈折率は、概ね、1.4～2.2の範囲である。一般に、バリア層106の屈折率は、サブストレート102の屈折率及びTCOの屈折率に依存している。例えば、バリア層106の屈折率がサブストレート102のものより小さいと、光は、バリア層106を通過せず、反射されてサブストレート102に戻るであろう。他方では、例えば、バリア層106の屈折率がTCOのものより大きいと、光は、TCOを通過しないであろう。その結果、バリア層106の屈折率は、サブストレート102の屈折率とTCOの屈折率の間にあるべきである。例えば、サブストレート102が屈折率1.5を有するガラスであり、TCOの屈折率が1.9であれば、バリア層106の屈折率は、1.5～1.9の間にあるべきである。理想的に、バリア層106の屈折率は、 $(n_{\text{サブストレート}} \times n_{\text{TCO}})$ であるべきである。 $n_{\text{サブストレート}}$ は、サブストレート102の屈折率であり、 n_{TCO} は、TCOの屈折率である。従って、上記例では、バリア層106の屈折率は、 (1.5×1.9) 、つまり1.69にすることができる。

【0036】

バリア層106の厚さは、光電デバイス100がトラップしようとする光の波長に基づいて変化し得る。しかしながら、一般に、バリア層106の厚さは、1nm～150nmの範囲にすることができる。バリア層106用の層厚が、トラップする必要がある光の波長の1/4と一致する場合には、バリア層106は、反射防止層としても働く。バリア層106に使用可能である材料は、シリコン酸化物(SiO_x)、シリコン窒化物(SiN_x)、 Al_2O_3 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 及び SiON を含むがこれに限定されない。通常、粘性硬化材料の層104とTCOの第1層108の間の密着は、光電デバイス100へ安定性を提供するほどではない。バリア層106は、粘性硬化材料の層104とTCOの第1層108の間の密着を容易にする。バリア層106用に選択された材料と粘性硬化材料の層104の間の密着性、及びバリア層106とTCOの第1層108の間の密着性が粘性硬化材料の層104とTCOの第1層108の間の密着性より大きいので、粘性硬化材料の層104とTCOの第1層108の間の密着は、容易になる。

【0037】

TCOの層108に移る。TCOの層108は、バリア層106の上に堆積される。TCOは、光電デバイスで使用されるドーパされた金属酸化物である。TCOの例は、アルミニウムドーパされた亜鉛酸化物(AZO)、ボロンドープされた亜鉛酸化物(BZO)、ガリウムドーパされた亜鉛酸化物(GZO)、フッ素ドーパされたスズ酸化物(FTO)及びインジウムドーパされたスズ酸化物(ITO)を含むがこれに限定されない。TCOは、80%より大きい入射光透過率を有し、効率的なキャリア輸送のために 10^3 S/cm より高い導電率を有する。TCOの透過率は、他の透明材料と

10

20

30

40

50

同様に、欠陥及び粒界での光散乱によって制限される。

【 0 0 3 8 】

光電デバイス100のスタック中の次のセットの層は、半導体層110、112及び114である。一般に、半導体層は、化学気相堆積、スパッタリング、及びホットワイヤー技術を用いてTCOの層108上に堆積される。この説明の目的のために、半導体層は、p型半導体の層110、i型半導体の層112、及びn型半導体の層114を含むように示している。しかしながら、光電デバイス100は、本発明の範囲から逸脱することなく1又は複数の半導体層を含めたり除外したりすることを当業者は容易に理解可能であろう。

【 0 0 3 9 】

この説明の目的のために、p型半導体の層110、i型半導体の層112、及びn型半導体の層114は、a-Si:Hで形成される。

10

【 0 0 4 0 】

一般に、ガラスがスーパーサブストレート又はサブストレートとして使用されると、半導体層は、p-i-nつまりp型半導体、i型半導体、及びn型半導体の順序で、堆積される。これは、a-Si:H中での電子の移動度がaSi:H中での正孔のもののほぼ二倍であり、従ってp型-n型コンタクトから移動する電子の回収率は、p型-n型コンタクトから移動する正孔に比べて優れているからである。従って、p型半導体層は、光の強度がより大きいトップに配置される。

【 0 0 4 1 】

半導体層の後に、カバーサブストレート116が堆積される。カバーサブストレート116は、光電デバイス100のバックコンタクトを形成する。いくつかの場合には、市販の光電デバイス100は、効率を高めるか又は信頼性を向上させるために追加の層を有する場合がある。

20

【 0 0 4 2 】

光電デバイス100は、光トラッピング構造を形成するように、透明サブストレート102と、透明サブストレート102上に堆積されたテクスチャー層104を含む層のスタックを有するように構成される。テクスチャー層104上に堆積されたバリア層106及びその上に堆積された複数の半導体層110、112及び114がその後に続く。最後に、光電デバイス100は、カバーサブストレート116も含む。全ての上記の層は、封入技術を用いて封入され、光電デバイス100が得られる。

30

【 0 0 4 3 】

ここで、図2を参照して、本発明の別の実施形態による例示的光電デバイス200の種々のコンポーネントを図示する。光電デバイス200の例は、薄膜太陽電池、有機太陽電池、アモルファスシリコン太陽電池、微結晶シリコン太陽電池、マイクロモフォシリコンタンデム太陽電池、銅インジウムガリウムセレンナイド(CIGS)太陽電池、カドミウムテルル(CdTe)太陽電池、などを含むがこれに限定されない。光電デバイス200は、サブストレート202、粘性硬化材料の層204、バリア層206、TCOの第一層208、複数の半導体層210、212、214、216及び218、TCOの第二層220、銀の層222、及びアルミニウムの層224のスタックを含むように示されている。

【 0 0 4 4 】

40

サブストレート202は、光電デバイス200へ強度を提供し、光電デバイス200を構成する他の層の堆積のための出発点として使用される。サブストレート202の材料の例は、ガラス及び透明プラスチックを含むがこれに限定されない。いくつかの例示的实施形態では、実生活での適用の間、光電デバイス200は、サブストレート202が太陽に面し、光電デバイス200に当たる全ての太陽光がサブストレート202に入射するように配置される。これらの実施形態では、サブストレート202は、最大の光がサブストレート202を通過して次の層に到達するように、透明材料で形成される。サブストレート202は、平坦な表面を含み、その上に、他の層が堆積可能である。

【 0 0 4 5 】

粘性硬化材料の層204に移る。粘性硬化材料の層204は、サブストレート202の上に堆積

50

される。粘性硬化材料は、その上に型押しされたナノテクスチャーが媒体（例：熱又は光）を用いて硬化されると、このナノテクスチャーを保持可能であるべきである。粘性硬化材料は、紫外線硬化材料、光硬化樹脂ラッカー、アクリレート、及びシリカ又はシリカ-チタニアベースのゾルゲル材料を含むがこれに限定されない。

【0046】

いくつかの実施形態では、粘性硬化材料は、サブストレート202の平坦な表面上に粘性硬化材料の層204を堆積する前に光及び／又は熱を用いることによってプリキュアされる。粘性硬化材料のプリキュアは、光電デバイス200の製造の後工程の間又は光電デバイス200の実際の使用の間の、粘性硬化材料からの流体又は溶媒のガス放出を最小化するために行われる。粘性硬化材料から出てくるこれらの流体又は溶媒は、光電デバイス200の次の層を汚染し、従って、光電デバイス200の総合的性能に影響を与える傾向がある。

10

【0047】

本発明によれば、粘性硬化材料の層204は、テクスチャーが粘性硬化材料の層204の表面上に形成されるように堆積される。テクスチャーの例は、V-形状又はU-形状特徴、1D又は2D周期的格子（長方形又は正弦波）、ブレード格子、及びランダムピラミッドを含むがこれに限定されない。このテクスチャーは、光電デバイス200の半導体層の光トラッピング能力を可能にし、これを高める。このテクスチャーは、光の散乱及び回折を助け、従って、光電デバイス200を通る光路を増大させ、従って、光電デバイス200の半導体層による光の吸収の機会を増やす。

20

【0048】

粘性硬化材料の層204上に光トラッピングを可能にするテクスチャーを作成するために、いくつかの方法が使用可能である。一実施形態では、テクスチャーは、粘性硬化材料（例：光硬化樹脂ラッカー又はゾルゲル材料）の薄い層204をサブストレート202上に塗布し、次に、ナノテクスチャー表面を有するスタンパーをこの層204内に押圧することによって生成可能である。さらに、粘性硬化材料の層104上にナノテクスチャーを固定するためにUV硬化プロセスが適用される。

【0049】

別の実施形態では、テクスチャーは、粘性熱硬化材料（例：光硬化樹脂ラッカー又はゾルゲル材料）の薄い層204をサブストレート202上に塗布し、次に、ナノテクスチャー表面を有するスタンパーをこの層204内に押圧することによって生成可能である。さらに、層204に熱を加えて、ナノ粘性硬化材料の層204上にテクスチャーを固定する。

30

【0050】

さらに別の実施形態では、テクスチャーは、変形（ガラス転移）温度以上にサブストレート202を加熱しながら、スタンパーをサブストレート202に対して押圧し（熱エンボス加工）、その後急冷プロセスを行うことによって生成可能である。この後に、粘性硬化材料の層204がサブストレート202上に堆積される。別の実施形態では、テクスチャーは、射出成形技術を用いて生成可能である。この実施形態では、射出成形ダイは、サブストレート202の表面上にマウントされ、テクスチャーは、粘性硬化材料を射出成形ダイ内に注入することによって形成される。

【0051】

いくつかの実施形態では、粘性硬化材料の層204がサブストレート202の上に堆積された後、粘性硬化材料の層204のアニーリングが行われる。アニーリングの主目的は、他の層の堆積前に、粘性硬化材料及び／又はサブストレート202によって放出される流体又は溶媒の最大量を除去することである。

40

【0052】

バリア層206に移る。バリア層206は、粘性硬化材料の層204が透明サブストレート202上に堆積された後に、粘性硬化材料の層204上に堆積される。バリア層206は、光電デバイス200の製造の後工程の間又は光電デバイス200の実際の使用の間に粘性硬化材料によって放出される流体又は溶媒（例：光重合開始剤残渣、未反応樹脂、副反応生成物又は不純物のような揮発性有機化合物）に対して不透過である。バリア層106は、ナトリウムのような

50

サブストレータから生じる汚染物質に対しても不透過である。従って、バリア層206は、粘性硬化材料及び／又はサブストレータ(例：ガラスからのナトリウム)202によって放出される、汚染物質／元素、流体又は溶媒による、他の堆積層(例：TCOの第1層108、及び半導体層210、212、214、及び216)又は光電デバイス200の封止材への悪影響を防ぐ。

【0053】

バリア層206の使用は、重要である。なぜなら、光トラッピングを可能にするテクスチャが粘性硬化材料の層204上に型押しされた後、それは、250-300 の範囲内のより高い温度でアニールされる。このアニーリングのプロセスの間、多くの汚染物質／元素、流体又は溶媒が粘性硬化材料及び／又はサブストレータ202から生じる。さらに、これらの元素、流体又は溶媒は、他の堆積層(例：半導体層又は封止材)を汚染する傾向がある。バリア層206は、粘性硬化材料及び／又はサブストレータ202から生じて他の堆積層を汚染する元素、流体又は溶媒を防ぐ。

10

【0054】

バリア層206は、光学的に透明である材料から作成可能である。バリア層206の屈折率は、概ね、1.4~2.2の範囲である。一般に、バリア層206の屈折率は、サブストレータ202の屈折率及びTCOの屈折率に依存している。バリア層206の屈折率は、サブストレータ202の屈折率とTCOの屈折率の間にあるべきである。例えば、サブストレータ202が屈折率1.5を有するガラスであり、TCOの屈折率が1.9であれば、バリア層206の屈折率は、1.5~1.9の間にあるべきである。理想的に、バリア層206の屈折率は、 $((n_{\text{サブストレータ}} \times n_{\text{TCO}}))$ であるべきである。 $n_{\text{サブストレータ}}$ は、サブストレータ202の屈折率であり、 n_{TCO} は、TCOの屈折率である。従って、上記例では、バリア層206の屈折率は、 (1.5×1.9) 、つまり1.69にすることができる。

20

【0055】

バリア層206の厚さは、光電デバイス200がトラップしようとする光の波長に基づいて変化し得る。しかしながら、一般に、バリア層206の厚さは、1nm~150nmの範囲にすることができる。バリア層206用の層厚が、トラップする必要がある光の波長の1/4と一致する場合には、バリア層206は、反射防止層としても働く。バリア層206に使用可能である材料は、シリコン酸化物(SiO_x)、シリコン窒化物(SiN_x)、 Al_2O_3 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 及び SiON を含むがこれに限定されない。粘性硬化材料の層204とTCOの第1層208の間の密着は、光電デバイス200へ安定性を提供するのに実質的でない。バリア層206は、粘性硬化材料の層204とTCOの第1層208の間の密着を容易にする。バリア層206用に選択された材料と粘性硬化材料の層204の間の密着性、及びバリア層206とTCOの第1層208の間の密着性が粘性硬化材料の層204とTCOの第1層208の間の密着性より大きいので、粘性硬化材料の層204とTCOの第1層208の間の密着は、容易になる。

30

【0056】

TCOの第1層208に移る。TCOの第1層208は、バリア層206の上に堆積される。TCOは、光電デバイスで使用されるドーパされた金属酸化物である。TCOの例は、アルミニウムドーパされた亜鉛酸化物(AZO)、ボロンドープされた亜鉛酸化物(BZO)、ガリウムドーパされた亜鉛酸化物(GZO)、フッ素ドーパされたスズ酸化物(FTO)及びインジウムドーパされたスズ酸化物(ITO)を含むがこれに限定されない。TCOは、80%より大きい入射光透過率を有し、効率的なキャリア輸送のために 10^3S/cm より高い導電率を有する。TCOの透過率は、他の透明材料と同様に、欠陥及び粒界での光散乱によって制限される。

40

【0057】

光電デバイス200のスタック中の次のセットの層は、半導体層210、212、214、216、及び218である。一般に、半導体層は、化学気相堆積、スパッタリング、及びホットワイヤー技術を用いてTCOの第1層208上に堆積される。この説明の目的のために、半導体層は、第一p型半導体の層210、第二p型半導体の層212、バッファーの層214、i型半導体の層216、及びn型半導体の層218を含むように示している。しかしながら、光電デバイス200は、本発明の範囲から逸脱することなく1又は複数の半導体層を含めたり除外したりすることを当業者は容易に理解可能であろう。

50

【 0 0 5 8 】

この説明の目的のために、第一 p 型半導体の層210は、 μ cSi:Hで形成される。しかしながら、第二 p 型半導体の層212、i 型半導体の層216、及び n 型半導体の層218は、a-Si:Hで形成される。

【 0 0 5 9 】

一般に、ガラスがスーパーストレート又はサブストレートとして使用されると、半導体層は、p-i-nつまり p 型半導体、i 型半導体、及び n 型半導体の順序で、堆積される。これは、a-Si:H中での電子の移動度がaSi:H中での正孔のもののほぼ二倍であり、従ってp型-n型コンタクトから移動する電子の回収率は、p型-n型コンタクトから移動する正孔に比べて優れているからである。従って、p 型半導体層は、光の強度がより大きいトップに配置される。

10

【 0 0 6 0 】

半導体層の後に、カバーサブストレートが堆積される。一実施形態では、カバーサブストレートは、TCOの第二層220、銀の層222、及びアルミニウムの層224を含む。他の実施形態では、カバーサブストレートは、TCOの第二層220、銀の層222、及びアルミニウムの層224の少なくとも1つのを含んでもよい。これらの層は、単独で又は組み合わせで、光電デバイス200のバックコンタクトを形成する。いくつかの場合には、市販の光電デバイス200は、効率を高めるか又は信頼性を向上させるために追加の層を有する場合がある

【 0 0 6 1 】

全ての上記の層は、封入技術を用いて封入され、光電デバイス200が得られる。

20

【 0 0 6 2 】

図3に移るが、図3は、本発明の実施形態による光電デバイス100を製造するための例示的方法300を説明するフローチャートである。方法300を説明するために、図1を参照する。ただし、方法300は、他の適切なデバイスを製造するために実行可能であることは理解されるであろう。さらに、本発明は、ステップが方法300内にリストされる順序に限定されない。さらに、方法300は、図3に示されたものより多い又は少ないステップ数を含んでもよい。

【 0 0 6 3 】

光電デバイス100を製造するための方法300は、ステップ302で開始される。ステップ304では、サブストレート102が提供される。図1を用いて説明したように、サブストレート102は、光電デバイス100へ強度を提供し、光電デバイス100の堆積のための出発点として使用される。サブストレート102は、本質的に透明であり、ガラス及び透明プラスチックのような材料で形成可能である。サブストレート102は、最大の光がサブストレート102を通過して次の半導体層に到達するように、透明材料で形成される。さらに、サブストレート102は、実質的に平坦な表面を含み、その上に、光電デバイス100の他の層が堆積可能である。

30

【 0 0 6 4 】

この後に、ステップ306では、粘性硬化材料の層104がサブストレート102の平坦な表面上に堆積される。粘性硬化材料は、ブラシ又はローラー、ディスペンシング (dispensing)、スロットダイコーティング、スピン-コーティング、スプレーコーティング又は印刷を用いることによって堆積可能である。粘性硬化材料は、紫外線硬化材料、光硬化樹脂ラッカー、アクリレート、及びゾルゲル材料を含んでもよいがこれに限定されない。粘性硬化材料の層104は、粘性硬化材料の層104の表面上にテクスチャーが形成されるように堆積される。このテクスチャーは、光電デバイス100の半導体層の光トラッピング能力を可能にし、これを高める。このテクスチャーは、光の散乱及び回折を助け、従って、光電デバイス100を通る光路を増大させ、従って、光電デバイス100の半導体層による光の吸収の機会を増やす。光トラッピング粘性硬化材料の層104上にテクスチャーを形成するために使用可能である種々の方法は、図1を用いて説明した。

40

【 0 0 6 5 】

ステップ308では、例えば、物理気相堆積、化学気相堆積、スパッタリング又はブラ

50

ズマ化学気相堆積によって、バリア層106が粘性硬化材料の層104上に堆積される。バリア層106は、光電デバイス100の製造の後工程の間又は光電デバイス100の実際の使用の間に粘性硬化材料及びサブストレート102によって放出される流体又は溶媒に対して不透過である。従って、バリア層106は、粘性硬化材料及び / 又はサブストレート102によって放出される流体又は溶媒による、他の堆積層への悪影響を防ぐ。

【0066】

バリア層106は、光学的に透明である材料から作成可能である。さらに、バリア層106の屈折率は、1.4~2.2の範囲である。一般に、バリア層106の厚さは、1nm~150nmの範囲である。バリア層106用の層厚が、トラップする必要がある光の波長の1/4と一致する場合には、バリア層106は、反射防止層としても働く。バリア層106に使用可能である材料は、シリコン酸化物(SiO_x)、シリコン窒化物(SiN_x)、 Al_2O_3 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 及び SiON を含むがこれに限定されない。さらに、バリア層106は、粘性硬化材料の層104と他の堆積層(例:TCOの層108及び複数の半導体層110、112、及び114)の間の密着を容易にする。

10

【0067】

その後、ステップ310では、複数の半導体層がバリア層106上に堆積される。これらの複数の半導体層は、TCOの層108、p型半導体の層110、i型半導体の層112、及びn型半導体の層114を含んでもよい。図1を用いて説明したように、半導体層は、p-i-n構造を形成するように堆積される。

【0068】

この後に、ステップ312では、複数の半導体層110、112、及び114上にカバーサブストレート116が提供される。方法300は、ステップ314で完了する。

20

【0069】

図4は、本発明の別の実施形態による光電デバイス200を製造するための方法400を説明するフローチャートである。この説明の目的のために、方法400は、光電デバイス200の製造について説明する。方法400を説明するために、図2を参照する。ただし、方法400は、本発明の範囲から逸脱することなく、他の適切なデバイス又はシステムを製造するために適用されることは理解されるであろう。さらに、本発明は、ステップが方法400内にリストされる順序に限定されない。さらに、方法400は、図4に示されたものより多い又は少ないステップ数を含んでもよい。

【0070】

光電デバイス200を製造するための方法は、ステップ402で開始される。ステップ404では、サブストレート202が提供される。図2を用いて説明したように、サブストレート202は、光電デバイス200へ強度を提供し、光電デバイス200の堆積のための出発点として使用される。サブストレート202は、本質的に透明であり、ガラス及び透明プラスチックのような材料で形成可能である。サブストレート202は、最大の光がサブストレート202を通して次の半導体層に到達するように、透明材料で形成される。さらに、サブストレート202は、実質的に平坦な表面を含み、その上に、他の層が堆積可能である。

30

【0071】

この後に、ステップ406では、粘性硬化材料が光及び / 又は熱を用いることによってプリキュアされる。粘性硬化材料のプリキュアは、光電デバイス200の製造の後工程の間又は光電デバイス200の実際の使用の間の、粘性硬化材料からの流体又は溶媒のガス放出を最小化するために行われる。粘性硬化材料から出てくるこれらの流体又は溶媒は、光電デバイス200の次の層を汚染し、従って、光電デバイス200の総合的性能に影響を与える傾向がある。

40

【0072】

この後に、ステップ408では、プリキュアされた粘性硬化材料の層204がサブストレート202の平坦な表面上に堆積される。粘性硬化材料は、紫外線硬化材料、光硬化樹脂ラッカー、アクリレート、及びゾルゲル材料を含んでもよいがこれに限定されない。粘性硬化材料の層204は、粘性硬化材料の層204の表面上にテクスチャーが形成されるように堆積される。このテクスチャーは、光電デバイス200の半導体層の光トラッピング能力を可能にし

50

、これを高める。このテクスチャーは、光の散乱及び回折を助け、従って、光電デバイス200を通る光路を増大させ、従って、光電デバイス200の半導体層による光の吸収の機会を増やす。

【0073】

ステップ410では、粘性硬化材料の層204が熱及び／又は光を用いることによって硬化／アニールされる。アニーリングの主目的は、他の層の堆積前に、粘性硬化材料及び／又はサブストレート102によって放出される流体又は溶媒の最大量を除去することである。粘性硬化材料を硬化／アニーリングするために使用される媒体は、粘性硬化材料に依存している。粘性硬化材料が紫外線硬化材料である場合、硬化／アニーリング媒体としてUV光が使用される。別の例では、粘性硬化材料がアクリレートである場合、硬化／アニーリング媒体として熱が使用可能である。熱による粘性硬化材料の層204の硬化／アニーリングは、概ね、250-300 の範囲内のより高い温度でアニールされる。この硬化／アニーリングのプロセスの後でさえ、多くの流体又は溶媒が粘性硬化材料及びサブストレート202から生じる。これらの流体又は溶媒は、他の堆積層（例：半導体層）を汚染する傾向がある。従って、ステップ412では、バリア層206が粘性硬化材料の層204上に堆積され、粘性硬化材料及び／又はサブストレート202から生じる流体又は溶媒が他の堆積層を汚染することを防ぐ。

【0074】

バリア層206は、粘性硬化材料及びサブストレート202によって放出される流体又は溶媒へ不透過である。従って、バリア層206は、粘性硬化材料及び／又はサブストレート202によって放出された流体又は溶媒による、他の堆積層への悪影響を防ぐ。

【0075】

バリア層206は、光学的に透明である材料から作成可能である。さらに、バリア層206の屈折率は、1.4~2.2の範囲である。一般に、バリア層206の厚さは、1nm~150nmの範囲である。バリア層206用の層厚が、トラップする必要がある光の波長の1/4と一致する場合には、バリア層206は、反射防止層としても働く。バリア層206に使用可能である材料は、シリコン酸化物(SiO_x)、シリコン窒化物(SiN_x)、 Al_2O_3 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 及び SiON を含むがこれに限定されない。さらに、バリア層106は、粘性硬化材料の層204と他の堆積層（例：TCOの第1層208及び半導体層210、212、214、216、及び218）の間の密着を容易にする。

【0076】

その後、ステップ414では、TCOの第1層208がバリア層206上に堆積される。その後、ステップ416では、複数の半導体層がバリア層206上に堆積される。これらの複数の半導体層は、第一p型半導体の層210、第二p型半導体の層212、バッファーの層214、i型半導体の層216、及びn型半導体の層218を含んでもよい。図2を用いて説明したように、半導体層は、p-i-n構造を形成するように堆積される。

【0077】

この後に、ステップ418では、カバーサブストレートが複数の半導体層上に提供される。カバーサブストレートは、TCOの第二層220、銀の層222、及びアルミニウムの層224を含む。方法400は、ステップ420で完了する。

【0078】

上述した種々の実施形態は、いくつかの利点を有する光電デバイスを提供する。この光電デバイスのいくつかの実施形態のいくつかの利点の一つは、光電デバイスの効率を増大させることである。この実施形態の他の利点は、光電デバイスの半導体層が粘性硬化材料及びサブストレートによって放出される流体又は溶媒によって汚染されないことである。さらに、バリア層は、TCO層とサブストレートの間のより良い密着性も提供する。

【0079】

本発明は、詳細に図示及び説明を行った好ましい実施形態を用いて、開示を行ったが、これに対する種々の修正及び改良は、当業者に明らかになるであろう。従って、本発明の精神及び範囲は、前記例によって制限されず、法によって許容される最も広い意味で理解されるべきである。

10

20

30

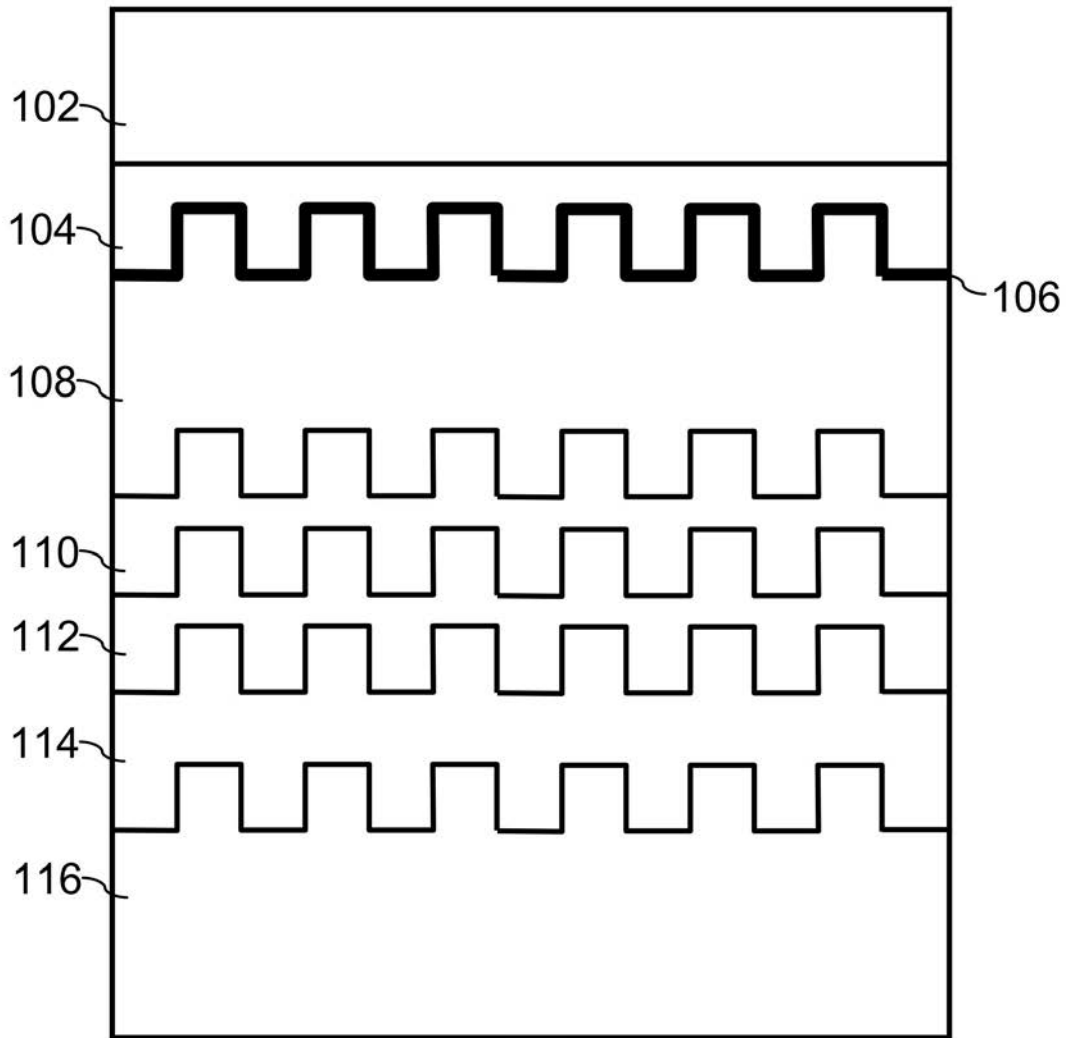
40

50

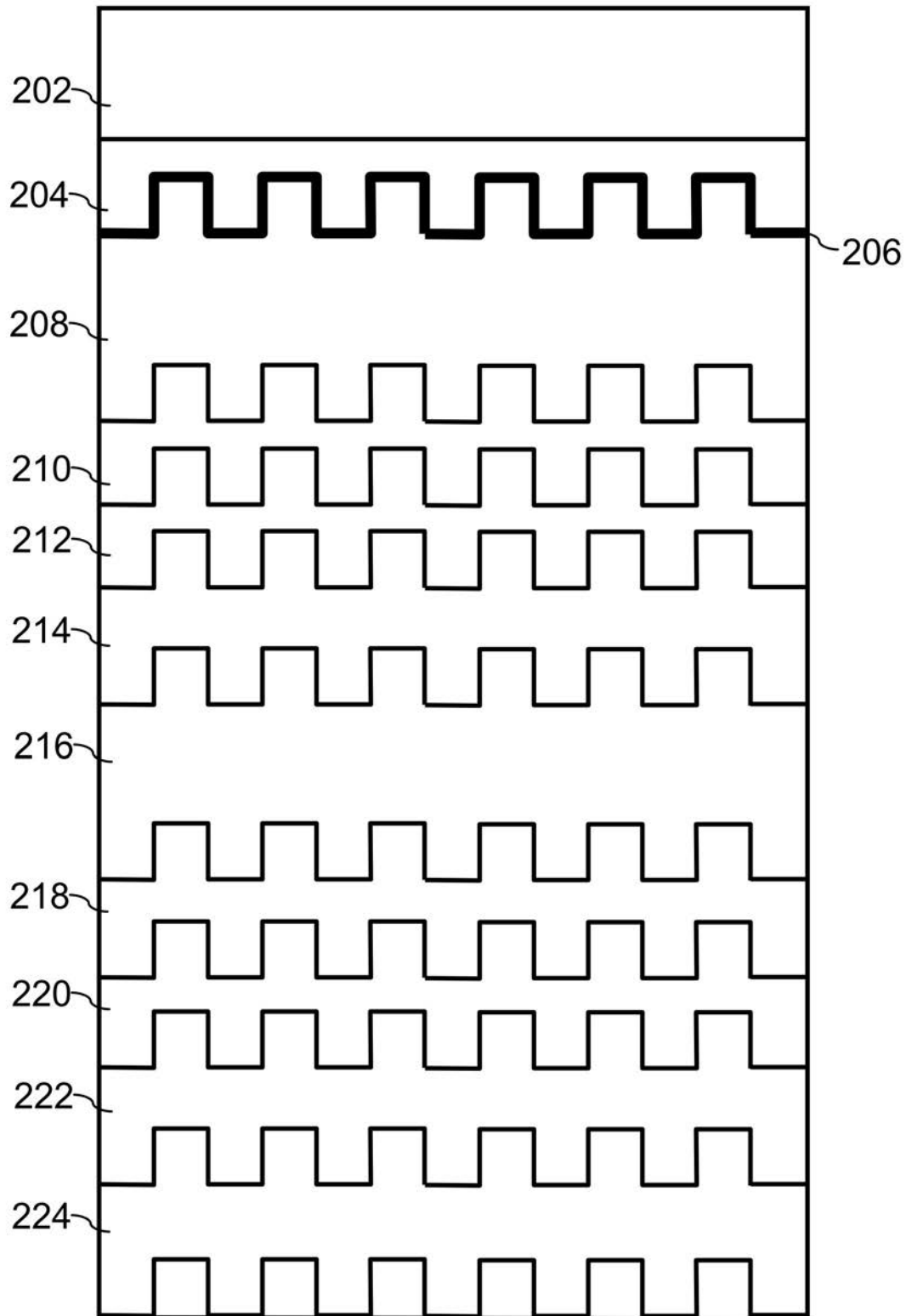
【 0 0 8 0 】

ここで参照された全ての文献は、参照によってここに取り込まれる。

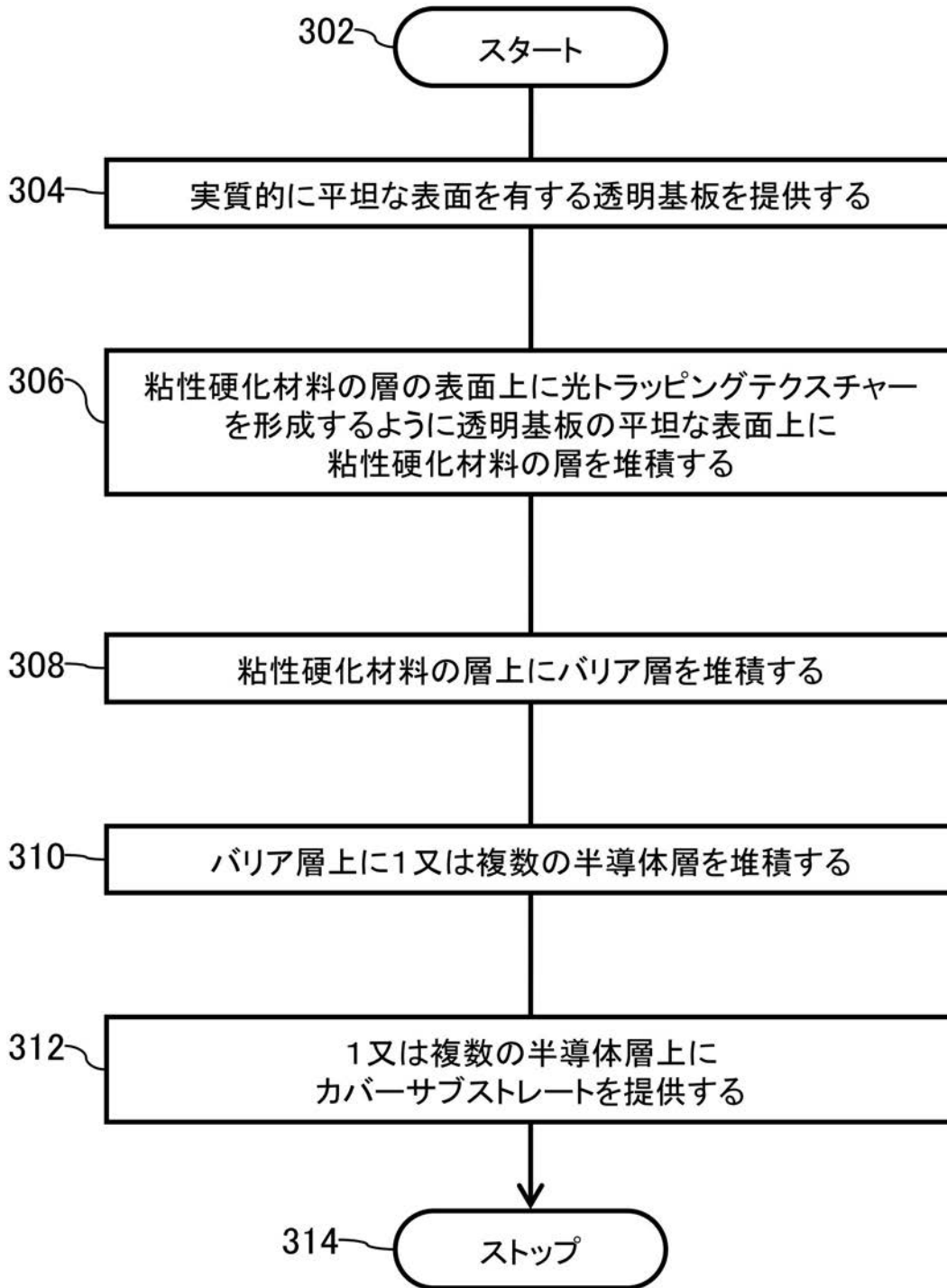
【図 1】

100

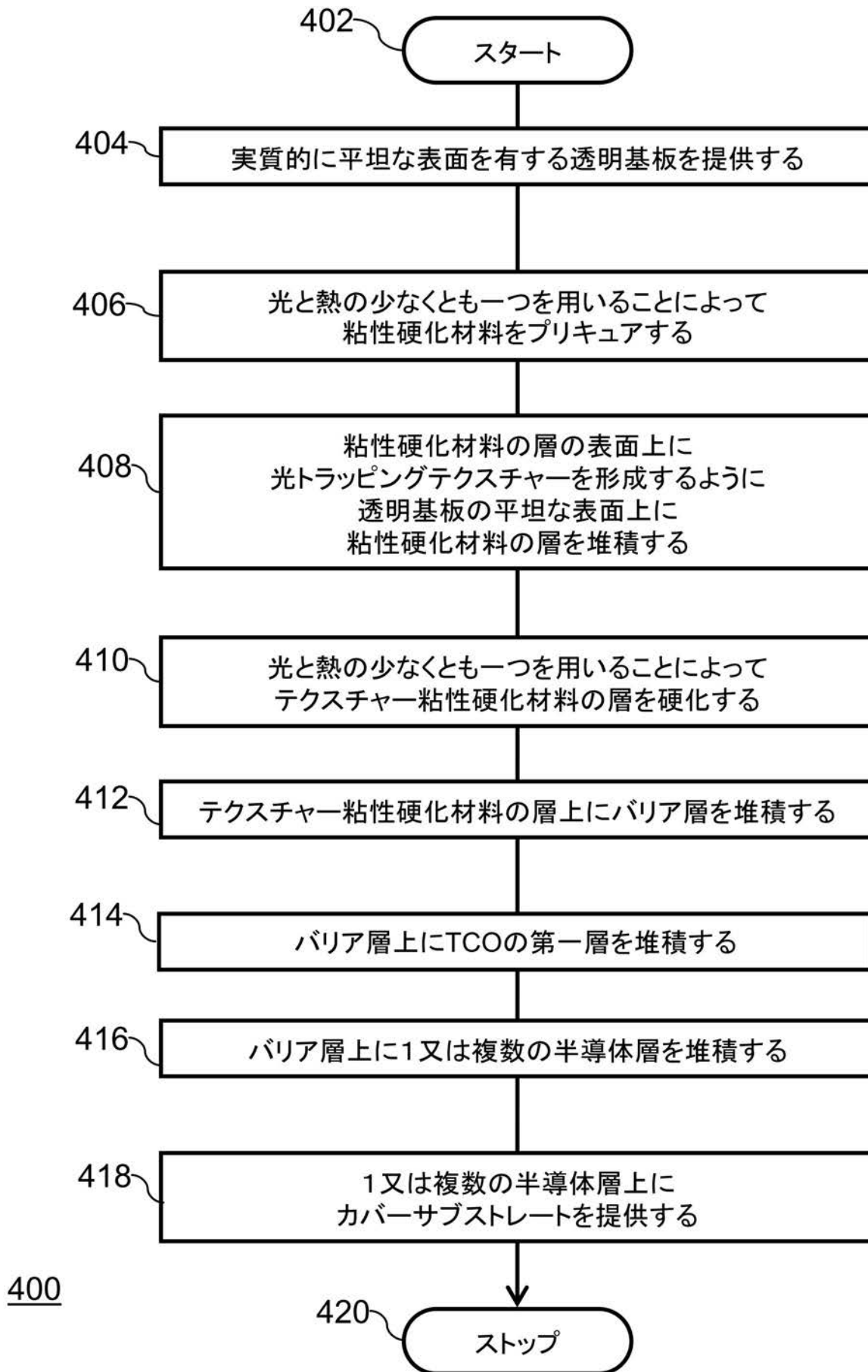
【 図 2 】



【図 3】

300

【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 エー・ジェイ・エム・ ファン アーバン

インド国, 1 1 0 0 2 0 ニュー・デリー, オクラ・インダストリアル・エステート 4 3 ビー
F ターム(参考) 5F151 AA05 CA14 CB13 DA04 FA02 FA06 GA03 GA16 HA03

【外国語明細書】
2012044147000001.pdf