

(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2009-277979

(P2009-277979A)

(43) 公開日 平成21年11月26日(2009.11.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 31/04 (2006.01)	HO 1 L 31/04 H	5 F 0 0 4
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O 5 A	5 F 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 (22) 出願日 (出願人による申告)平成18年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、「新エネルギー技術研究開発 太陽光発電システム未来技術研究開発 未来型超薄型多結晶シリコン太陽電池の研究開発(放電加工スライス、セルプロセス)」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願	特願2008-129505 (P2008-129505) 平成20年5月16日(2008.5.16)	(71) 出願人 000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 (74) 代理人 100089118 弁理士 酒井 宏明 (72) 発明者 西村 邦彦 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Fターム(参考) 5F004 AA04 BA04 BB13 DA18 DA26 DB01 5F051 AA03 CB20 FA10 GA04 GA15
--	---	--

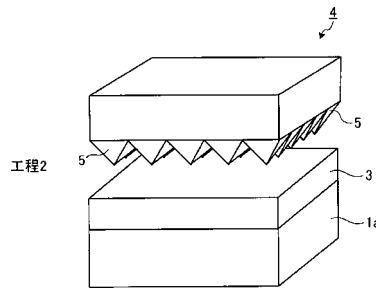
(54) 【発明の名称】 基板の粗面化方法、光起電力装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 基板の材質に依らずに基板表面の均一な粗面化が可能な基板の粗面化方法、光起電力装置の製造方法および光起電力装置を得る。

【解決手段】 基板の一面側の表面にマスク膜を形成する第1工程と、表面に凹凸形状を有するモールドを用いて型押しを行うことにより前記モールドの凹凸形状を前記マスク膜に転写する第2工程と、前記マスク膜を前記基板の面内方向に略垂直な方向からドライエッチングにより除去する第3工程と、前記マスク膜の除去後に、前記基板の表面に対して前記基板の面内方向に略垂直な方向からドライエッチングを行う第4工程と、を含む。

【選択図】 図2-3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板の一面側の表面にマスク膜を形成する第 1 工程と、
表面に凹凸形状を有するモールドを用いて型押しを行うことにより前記モールドの凹凸形状を前記マスク膜に転写する第 2 工程と、
前記マスク膜を前記基板の面内方向に略垂直な方向からドライエッチングにより除去する第 3 工程と、
前記マスク膜の除去後に、前記基板の表面に対して前記基板の面内方向に略垂直な方向からドライエッチングを行う第 4 工程と、
を含むことを特徴とする基板の粗面化方法。

10

【請求項 2】

前記第 1 工程において、前記マスク膜に熱軟化性を有する材料を含有させて形成し、
前記第 2 工程において、前記モールドを前記マスク膜の熱軟化温度よりも高い温度に加熱して前記型押しを行うこと、
を特徴とする請求項 1 に記載の基板の粗面化方法。

【請求項 3】

前記第 4 の工程を前記第 3 の工程に引き続いて連続的に行うこと、
を特徴とする請求項 1 に記載の基板の粗面化方法。

【請求項 4】

前記モールドが、単結晶シリコンからなること、
を特徴とする請求項 1 に記載の基板の粗面化方法。

20

【請求項 5】

前記モールドは、略平板状部材の表面に凹凸形状を有してなること、
を特徴とする請求項 1 に記載の基板の粗面化方法。

【請求項 6】

前記モールドは、略円柱状部材の外周面の表面に凹凸形状を有してなること、
を特徴とする請求項 1 に記載の基板の粗面化方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の基板の粗面化方法を含むことを特徴とする光起電力装置の製造方法。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載の光起電力装置の製造方法により製造されることを特徴とする光起電力装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、基板の粗面化方法、光起電力装置およびその製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

太陽電池等の光電変換装置の性能向上には、太陽電池を構成する基板内部に太陽光を効率良く取り込むことが大切である。このため、光入射側の基板表面にテクスチャ加工を施し、基板表面で一度反射した光を再度基板表面に入射させることで、より多くの太陽光を基板内部に取り込み、光電変換効率の向上を図っている。ここでテクスチャ加工とは、基板表面に意図的に数十 nm ~ 数十 μm の寸法の微細凹凸を形成する加工のことである。

40

【0003】

太陽電池用の基板にテクスチャ形成を行う方法として、基板が単結晶基板の場合には、エッチング速度に結晶方位依存性を有する水酸化ナトリウムや水酸化カリウム等のアルカリ水溶液による、結晶方位を利用した異方性エッチングが広く用いられる。例えば、(100) 基板表面に対してこの異方性エッチングを行うと、(111) 面が露出したピラミッド状のテクスチャ構造が基板表面に形成される。

50

【 0 0 0 4 】

しかし、このようなアルカリ水溶液を用いて異方性エッチングを行う方法では、基板に多結晶基板を用いた場合には、エッチングレートが結晶面により大きく異なっていること、そして結晶面方位がそろっていないことにより、部分的にしかテクスチャ構造が作製できない。このため、基板表面における光の反射率を低減するには限界がある、という問題がある。

【 0 0 0 5 】

例えば波長 628 nm における反射率は、表面が鏡面研磨されたシリコンでは約 36% であり、(100)面のシリコン単結晶基板をウェットエッチングした場合には約 15% となるのに対し、多結晶シリコン基板の表面をウェットエッチングした場合は 27~30% 程度である。

10

【 0 0 0 6 】

上記の問題は、多結晶シリコン基板のような不均質な材料を、異方性を有するエッチング方式で加工するために発生する。そこで、エッチングを用いないテクスチャ形成方法として、モールドを用いた型押し方法、あるいは、モールドを用いた注型方法が提案されている。

【 0 0 0 7 】

このような方法として、例えば表面に光閉じ込め用の凹凸が形成された酸化錫膜を有するマスタ基板を準備し、このマスタ基板を下金型とし、上金型と組み合わせたシート状の空間に樹脂を注入することで、マスタ基板の凹凸形状を樹脂基板に転写する方法が提案されている(たとえば、特許文献 1 参照)。

20

【 0 0 0 8 】

また、他の方法として、表面に光閉じ込め用の凹凸形状を有する原版を用いて型押しすることにより、またはロール上にセットし、基板となりうる金属の圧延時等、適当な条件下で金属表面に凹凸パターンを転写する方法が提案されている(たとえば、特許文献 2 参照)。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開平 11 - 145491 号公報

【特許文献 2】特開平 2 - 382 号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

しかしながら、上記従来技術によれば、基板材料をエッチングすることなく、マスタ基板の凹凸形状または原版の凹凸形状が転写された凹凸形状を形成できるが、注型可能な粘度を有する材料、あるいは型押しで変形可能な材料のみにしか適用できないという問題があった。例えば、適用できない材料の一例として、光起電力装置用基板として用いられる多結晶シリコン基板が挙げられる。

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、基板の材質に依らずに基板表面の均一な粗面化が可能な基板の粗面化方法、光起電力装置の製造方法および光起電力装置を得ることを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる基板の粗面化方法は、基板の一面側の表面にマスク膜を形成する第 1 工程と、表面に凹凸形状を有するモールドを用いて型押しを行うことにより前記モールドの凹凸形状を前記マスク膜に転写する第 2 工程と、前記マスク膜を前記基板の面内方向に略垂直な方向からドライエッチングにより除去する第 3 工程と、前記マスク膜の除去後に、前記基板の表面に対して前記基板の面内方向に略垂直な方向からドライエッチングを行う第 4 工程と、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 3 】

この発明によれば、基板の材質に依らずに基板表面の粗面化を均一に行うことができる、という効果を奏する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 4 】

以下に、本発明にかかる基板の粗面化方法、光起電力装置およびその製造方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、本発明は以下の記述に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。また、本発明において基板の材質、および粗面化された基板の用途は特に限定しないが、以下の説明では一例として多結晶シリコン基板の粗面化について説明する。また基板の用途として、多結晶シリコン太陽電池を製造するために用いるものとして説明する。また、以下に示す図面においては、理解の容易のため各部材の縮尺が実際と異なる場合があり、各図面間においても同様である。

10

【 0 0 1 5 】

実施の形態 1 .

図 1 は、本実施の形態にかかる基板の粗面化方法により表面の粗面化が施された基板であり、光起電力装置である太陽電池用の基板である p 型多結晶シリコン基板 1 (以下、基板 1 と称する) を示す模式図である。この基板 1 は、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法により基板表面の粗面化が施された基板であり、光閉じ込め用凹凸形状として逆ピラミッド状凹凸形状 6 が配列されたテクスチャ構造 2 が、基板表面に略均一に形成されている。

20

【 0 0 1 6 】

つぎに、このような基板 1 を形成するための実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法について説明する。図 2 - 1 ~ 図 2 - 4 は、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。以下、これらの図面を参照して実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法を説明する。

【 0 0 1 7 】

まず、工程 1 では、図 2 - 1 に示すように基板表面の粗面化を行う対象である基板 1 a の一面側の表面に、後述する光閉じ込め用凹凸形状を形成するための層として、マスク膜 3 を形成する。マスク膜 3 は、可塑性を有する材料により構成される。

30

【 0 0 1 8 】

実施の形態 1 における基板 1 a は、民生用太陽電池向けとして最も多く使用されている多結晶シリコン基板であり、多結晶シリコンインゴットからマルチワイヤーソーでスライスした後に、酸またはアルカリ溶液を用いたウェットエッチングでスライス時のダメージを除去したものである。例えばダメージ除去後の基板 1 a の厚みは 1 8 0 μm 、外形寸法は 1 5 c m とされる。なお、基板 1 a の寸法はこれに限定されるものではなく、適宜変更可能である。

【 0 0 1 9 】

また、実施の形態 1 においては、マスク膜 3 は、ガラス粉の混入された印刷用ペーストを一般的なスクリーン印刷法で基板 1 a の表面に印刷した後、1 2 0 に保温された乾燥炉で基板 1 a を 1 0 分間乾燥させることにより形成した。なお、印刷用ペーストには、ガラス粉の他に樹脂成分としてエチルセルロースが混入されており、また粘度調整のために溶剤としてターピネオールが使用されている。印刷用ペーストの材料選定の根拠は、後述する工程 2 の説明の中で詳述する。

40

【 0 0 2 0 】

工程 2 では、光閉じ込め用凹凸形状として図 2 - 2 に示すようなピラミッド状凹凸形状 5 を有する押し型であるモールド 4 を用いて型押しを行い、ピラミッド状凹凸形状 5 をマスク膜 3 に転写する。すなわち、図 2 - 3 に示すようにピラミッド状凹凸形状 5 をマスク膜 3 に対向させてモールド 4 を配置し、マスク膜 3 にモールド 4 を押し付ける (押圧する) ことにより、モールド 4 のピラミッド状凹凸形状 5 をマスク膜 3 に転写する。これによ

50

り、図 2 - 4 に示すように逆ピラミッド状凹凸形状 6 がマスク膜 3 に形成される。

【 0 0 2 1 】

具体的には、実施の形態 1 では、1 2 0 に加熱された定板（図示せず）上に基板 1 a を設置し、また 1 5 0 に加熱されたモールドささえ板（図示せず）の下部にモールド 4 を装着した状態で、定板とモールドささえ板とを対向させてマスク膜 3 にモールド 4 を押し付けた。

【 0 0 2 2 】

ここで、マスク膜 3 の材料中に含まれるエチルセルロースは軟化点が 1 3 5 であるため、モールド 4 が接触する以前は固体としてその形状を保っているが、1 5 0 に加熱されたモールド 4 が接触した時点から軟化し始めて変形可能となる。これにより、モールド 4 のピラミッド状凹凸形状 5 をマスク膜 3 に転写することが可能である。その後、モールド 4 をマスク膜 3 から引き離すと、マスク膜 3 の温度は再び 1 2 0 に戻るため、マスク膜 3 は転写された凹凸形状を維持したまま固化する。マスク膜 3 の材料を選択することにより、上記のようなマスク膜 3 への凹凸形状の転写が可能となる。すなわち、マスク膜 3 を熱軟化性を有する材料を含有させて形成し、モールド 4 をマスク膜 3 の熱軟化温度よりも高い温度に加熱して型押しを行うことにより、上記のようなマスク膜 3 への凹凸形状の転写が可能となる。

【 0 0 2 3 】

なお、ここではマスク膜 3 中の樹脂成分としてエチルセルロースを用いたが、熱軟化性を有する他の材料を使用することも可能であり、または室温でも変形可能な材料を使用することもできる。

【 0 0 2 4 】

ここで、モールド 4 について説明する。図 3 - 1 ~ 図 3 - 3 は、実施の形態 1 におけるモールド 4 の製造工程を説明するための模式図である。モールド 4 は、たとえば以下のようにして作製することができる。まず、図 3 - 1 に示すようなモールド作製用基板 1 1 上に、後述するエッチングに対してエッチング耐性を有する膜（以下、耐エッチング性膜と称する）1 2 を形成する。実施の形態 1 ではモールド作製用基板 1 1 として、〈 1 0 0 〉配向の単結晶シリコン基板を用いた。そして、このモールド作製用基板 1 1 の一面側の表面上に、耐エッチング性膜 1 2 として熱酸化膜を形成した。

【 0 0 2 5 】

つぎに、図 3 - 2 に示すように、耐エッチング性膜 1 2 がモールド作製用基板 1 1 の表面の面内方向において網目状に残存するようにパターンニングを施す。耐エッチング性膜 1 2 のパターンニングの方法としては、例えば一般的に用いられるリソグラフィ技術を用いることができる。

【 0 0 2 6 】

具体的には、耐エッチング性膜 1 2 上に感光性レジストを塗布し、あらかじめ所望のパターンが描かれた露光用マスクを重ねて感光性レジストを露光し、さらにアルカリ現像液により露光部分を除去することで所望の網目状のレジストパターンを形成する。そして、このレジストパターンをマスクとして、フッ化水素（HF）水溶液による湿式エッチングを耐エッチング性膜 1 2 に施し、アミン系レジスト剥離剤によりレジストパターンを剥離することで、図 3 - 2 に示すようにモールド作製用基板 1 1 の表面の面内方向において網目状にパターンニングされた耐エッチング性膜 1 3 を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

つぎに、網目状にパターンニングされた耐エッチング性膜 1 3 をマスクとしてモールド作製用基板 1 1 をエッチングする。モールド作製用基板 1 1 のエッチングは、たとえばアルカリ水溶液である水酸化ナトリウム（NaOH）水溶液を用いたエッチングにより実施することができる。

【 0 0 2 8 】

ここで、NaOH 水溶液を用いて単結晶シリコンをエッチングする場合は、（1 0 0）面のエッチング速度が（1 1 1）面のエッチング速度よりも速いという性質があるため、

10

20

30

40

50

開始面の(100)面からエッチングが進行し、(100)面と54.7度の角度をなす(111)面が出現したところでエッチングが略停止する。

【0029】

その後、フッ酸水溶液にて耐エッチング性膜13を除去することにより、図3-3に示すようにピラミッド状凹凸形状5を基板表面に略均一に有するモールド4を得ることができる。ここでは、モールド材料であるモールド作製用基板11として単結晶シリコン基板を用いたため、基板の表面の全面に均質なピラミッド状凹凸形状5を形成することができる。

【0030】

なお、上記においては、マスク膜3に光閉じ込め用凹凸形状を形成するための凹凸形状としてピラミッド状凹凸形状5がモールド4の表面に均等に配列された場合について説明したが、逆ピラミッド状凹凸形状がモールド4の表面に均等に配列されてもよく、また、さらに別の形状の凹凸形状がモールド4の表面に均等に配列されてもよい。

10

【0031】

また、上記においてはモールド作製用基板11として、<100>配向の単結晶シリコン基板を用いたが、モールド作製用基板11として他の材料を使用することも可能である。またこの場合には、上述したアルカリ水溶液を用いたエッチングによりモールド作製用基板11に所望のピラミッド状凹凸形状5または他の形状の凹凸形状を形成できない場合は、切削加工やその他の方法を用いて凹凸形状を形成してもよい。

【0032】

つぎに、基板の粗面化方法の工程3では、モールド4をマスク膜3から引き離した後、マスク膜3が付いた状態の基板1aを、熱焼成炉でたとえば600で1時間の条件で熱処理を実施する。この熱処理工程を経ることで、マスク膜3中の樹脂成分は焼失され、図2-5に示すように逆ピラミッド状凹凸形状6aが配列されたテクスチャ構造を有する緻密な無機ガラス膜よりなるマスク膜3aを得ることができる。

20

【0033】

つぎに、工程4では、逆ピラミッド状凹凸形状6aが形成されたマスク膜3aを基板1aの面内方向に略垂直な方向からドライエッチングし、さらに引き続き連続的に基板1aを該基板1aの面内方向に略垂直な方向からドライエッチングする。

【0034】

実施の形態1では、以下のような条件でドライエッチングを行った。エッチングガスとしては六フッ化硫黄(SF₆)と酸素(O₂)との混合ガスを使用し、エッチング圧力を2Paとした。そして、平行平板型の電極にマスク膜3a付きの基板1aを載置して前記エッチングガス中に設置し、13.56MHzの高周波電力を印加することでプラズマを発生させ、反応性イオンエッチングモードでエッチングを行った。

30

【0035】

このような条件でエッチングを行った場合、エッチングは直進的に進行するため、マスク膜3aの表面の凹凸形状を保持したままエッチングが進行する。また、実施の形態1で使用したエッチング条件では、マスク膜3aである無機ガラス膜と基板1aとがほぼ同じエッチング速度を持つため、マスク膜3aを完全に除去した後も、引き続き下地の基板1aがエッチングされる。

40

【0036】

そして、ドライエッチング法を用いる場合には、エッチング対象である基板の結晶面方位によるエッチング速度の違いはほとんどないため、基板1aの表面形状はマスク膜3aの表面の逆ピラミッド状凹凸形状6aを保持することができる。このようにして、一定時間経過後にエッチングを終了すると、図2-6に示すようにエッチング前のマスク膜3aの表面の逆ピラミッド状凹凸形状6aと同じ逆ピラミッド状凹凸形状6を有する基板1を得ることができる。

【0037】

以上により、光閉じ込め用凹凸形状として逆ピラミッド状凹凸形状6が配列されたテク

50

スチャ構造 2 を、基板 1 の表面に略均一に形成することができる。

【0038】

なお、実施の形態 1 ではエッチング条件として反応性イオンエッチングを使用した。エッチングの直進性があれば、他のモード、たとえばスパッタリングモードなどを使用してエッチングを行ってもよい。

【0039】

また、実施の形態 1 では、ガラス粉末の混入されたペーストを熱処理することで形成した無機ガラス膜をマスク膜 3 a として使用したが、他の材料を使用することもできる。この場合には、マスク膜 3 a と基板 1 a とはエッチング速度が必ずしも一致する必要はない。たとえば、マスク膜 3 a のエッチング速度が基板 1 a のエッチング速度の 2 倍であれば、実施の形態 1 で得られる基板 1 の表面の逆ピラミッド状凹凸形状 6 の凹凸の高低差は、マスク膜 3 a の凹凸の高低差の 0.5 倍となる。このように、マスク膜 3 a と基板 1 a とのエッチング速度を異ならせることにより、基板 1 の表面の逆ピラミッド状凹凸形状 6 の凹凸の高低差を制御することができる。

10

【0040】

図 4 - 1 および図 4 - 2 は、上述した基板 1 を用いて作製した光起電力装置を示す図であり、図 4 - 1 は光起電力装置の要部断面図、図 4 - 2 は光起電力装置の上面図である。図 4 - 1 および図 4 - 2 に示す光起電力装置は、基板表層に N 層 2 1 a を有する半導体基板 2 1 と、半導体基板 2 1 の受光面側の面（表面）に形成された反射防止膜 2 2 と、半導体基板 2 1 の受光面側の面（表面）に形成された受光面側電極 2 3 と、半導体基板 2 1 の受光面と反対側の面（裏面）に形成された裏面電極 2 4 と、を備える。

20

【0041】

また、受光面側電極 2 3 としては、グリッド電極 2 3 a およびバス電極 2 3 b を含み、図 4 - 1 においてはグリッド電極 2 3 a の長手方向に垂直な断面における断面図を示している。そして、半導体基板 2 1 には、上述した基板の粗面化方法を用いて基板表面にテクスチャ構造を形成した基板 1 を使用して、15 cm 角の光起電力装置を構成している。

【0042】

つぎに、上述した基板 1 を用いて図 4 - 1 および図 4 - 2 に示す光起電力装置を製造するための工程を説明する。なお、ここで説明する工程は、一般的な多結晶シリコン基板を用いた光起電力装置の製造工程と同様であるため、特に図示しない。

30

【0043】

上記の工程 4 の処理が完了した基板 1 を熱酸化炉へ投入し、オキシ塩化リン（ POCl_3 ）蒸気存在下で加熱して基板 1 の表面にリンガラスを形成することで基板 1 中にリンを拡散させ、基板 1 の表層に N 層 2 1 a を形成する。拡散温度は、例えば 840 とされる。

【0044】

つぎに、フッ酸溶液中で基板 1 のリンガラス層を除去した後、反射防止膜 2 2 としてプラズマ CVD 法により窒化シリコン膜（SiN 膜）を N 層 2 1 a 上に受光面側電極 2 3 の形成領域を除いて形成する。反射防止膜の膜厚および屈折率は、光反射を最も抑制する値に設定する。なお、屈折率の異なる 2 層以上の膜を積層してもよい。また、反射防止膜 2 2 は、スパッタリング法など、異なる成膜方法により形成しても良い。

40

【0045】

つぎに、基板 1 の受光面に銀の混入したペーストを楕形にスクリーン印刷にて印刷し、基板 1 の裏面にアルミニウムの混入したペーストを全面にスクリーン印刷にて印刷した後、焼成処理を実施して受光面側電極 2 3 と裏面電極 2 4 とを形成する。焼成は大気雰囲気中において例えば 760 で実施する。以上のようにして、図 4 - 1 および図 4 - 2 に示す光起電力装置が作製される。

【0046】

上記の工程を経て作製した光起電力装置の性能評価した結果に関して説明する。なお、光起電力装置の作製に当たって、基板 1 の粗面化を実施した時点で基板 1 の光反射特性を

50

、分光光度計で評価した。そのうち波長 628 nm における反射率を表 1 に示す。

【0047】

【表 1】

	本実施の形態による基板	比較例
628nmにおける反射率(%)	17	30

【0048】

また比較例として、多結晶シリコン基板をアルカリ水溶液でエッチングした基板を作製した。そして、この比較例の基板に対して、光反射特性を分光光度計で評価した。そのうち波長 628 nm における反射率を表 1 に併せて示す。

10

【0049】

表 1 からわかるように、波長 628 nm における反射率は、比較例の基板では 30 % であるのに対して、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法により粗面化を実施した基板 1 では 17 % にまで抑制できており、この値は (100) 面を有する単結晶シリコン基板で得られる反射率に近いものである。これにより、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法により粗面化を施した基板 1 は、良好な反射率抑制効果を発揮していることがわかった。

【0050】

次に、作製した光起電力装置を実際に作動させ、発電特性を測定して評価した。その結果として開放電圧 V_{oc} (V)、短絡電流密度 J_{sc} (mA/cm^2)、曲線因子 FF 、光電変換効率 (%) を表 2 に示す。

20

【0051】

【表 2】

	本実施の形態による光起電力装置	比較例
開放電圧 V_{oc} (mV)	620.7	621.0
短絡電流密度 J_{sc} (mA/cm^2)	35.1	32.1
曲線因子 FF (%)	76.87	77.53
変換効率 η (%)	16.7	15.5

30

【0052】

また比較例として、上記の比較例の基板を使用して 15 cm の光起電力装置を作製した。そして、この比較例の光起電力装置を実際に作動させ、発電特性を測定して評価した。その結果として開放電圧 V_{oc} (V)、短絡電流密度 J_{sc} (mA/cm^2)、曲線因子 FF 、光電変換効率 (%) を表 2 に併せて示す。

【0053】

40

表 2 からわかるように、実施の形態 1 にかかる光起電力装置では、比較例の光起電力装置と比較して短絡電流密度が大幅に増大し、光電変換効率が向上している。これにより、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法により粗面化を施した基板 1 を使用して光起電力装置を構成することにより、基板 1 の表面反射損失の抑制が奏功して、短絡電流密度が大幅に増大し、光電変換効率の向上に寄与することがわかった。

【0054】

上述したように、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法によれば、基板 1 a の表面に設けられたマスク膜 3 の形状の加工にモールド 4 を用いた型押しを行うため、不均質な基板材料の影響を受けることなく、均質にマスク膜 3 の表面形状を加工することができる。そして、均質に表面形状の加工がなされたマスク膜 3 をドライエッチング法でエッチング

50

し、引き続き連続的に基板 1 a をエッチングするため、不均質な基板材料の影響を受けることなく、基板 1 a に対してマスク膜 3 の表面形状を保持したテクスチャ加工を行うことができる。これにより、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法によれば、基板 1 a が不均質な材料であっても、不均質な基板材料の影響を受けることなく、光閉じ込め用凹凸形状として逆ピラミッド状凹凸形状が配列されたテクスチャ構造 2 を、基板表面に略均一に形成することができる。

【 0 0 5 5 】

したがって、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法によれば、基板 1 a の材質に依らずに基板 1 a の表面に対して粗面化を均一に実施することが可能であり、優れた反射抑制効果を発揮する基板の粗面化が可能である。

10

【 0 0 5 6 】

モールドに設けられた凹凸形状をシリコン基板の表面に直接転写してシリコン基板の表面にテクスチャ構造を形成しようとした場合、モールドを直接シリコン基板に押し当てても、実用的な押し当て圧力ではシリコンを変形させることは不可能である。また、シリコン基板が変形しやすいようにシリコン基板の温度を例えば 1 0 0 0 程度以上に上げる方法も考えられるが、この場合には不純物が混入してエネルギー変換効率が低下しやすい。

【 0 0 5 7 】

しかしながら、上述した実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法によれば、不純物の混入によるエネルギー変換効率の低下を生じさせることなく、シリコン基板の表面に対して粗面化を均一に実施することが可能であり、優れた反射抑制効果を発揮する基板の粗面化が可能である。

20

【 0 0 5 8 】

また、実施の形態 1 にかかる光起電力装置の製造方法によれば、上記の実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法により基板表面の粗面化を施した基板 1 を用いて光起電力装置を作製するため、光入射側の基板表面における表面光反射損失が大幅に低減され、光電変換効率の向上が図られた、良好な光電変換効率を有する光起電力装置を作製することができる。これにより、従来と同等の光電変換効率を有する光起電力装置を作製する際には、基板の面積を小さくし、基板の原材料の減量化を図るとともに、光起電力装置の小型化、軽量化、減容化を図ることが可能である。

【 0 0 5 9 】

実施の形態 2 .

実施の形態 2 では、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法および光起電力装置の製造方法の変形例について説明する。実施の形態 2 にかかる基板の粗面化方法は、実施の形態 1 にかかる基板の粗面化方法のうち工程 2 のみが異なるため、以下では、実施の形態 2 にかかる基板の粗面化方法の工程 2 について説明する。

30

【 0 0 6 0 】

図 5 は、実施の形態 2 の工程 2 で使用する円筒状モールド 3 1 およびこの円筒状モールド 3 1 を用いた型押しを説明するための模式図である。図 6 は、図 5 に示す円筒状モールド 3 1 を説明するための図であり、円筒状モールド 3 1 における中心軸に平行な方向での断面図である。円筒状モールド 3 1 は、略円柱状を呈する直径 8 0 m m 、長さ 2 0 0 m m の S U S 製円筒の外周面の表面に、図 6 に示すようにモールド 4 のピラミッド状凹凸形状 5 と同じ多数のピラミッド状凹凸形状 3 2 を切削加工で形成したものである。

40

【 0 0 6 1 】

実施の形態 2 にかかる基板の粗面化方法の工程 2 においては、円筒状モールド 3 1 を用いて型押しを行い、ピラミッド状凹凸形状 3 2 をマスク膜 3 に転写する。すなわち、1 2 0 に加熱された定板（図示せず）上に基板 1 a を設置し、1 5 0 に加熱された円筒状モールド 3 1 を基板 1 a の表面の一端部に所定の圧力で押し当てた状態で、図 5 に示すように円筒状モールド 3 1 を基板 1 a の表面の他端部側の方向（図 5 中、矢印 A の方向）に回転移動させることにより、円筒状モールド 3 1 のピラミッド状凹凸形状 3 2 をマスク膜 3 に転写する。これにより、図 7 に示すように逆ピラミッド状凹凸形状 6 がマスク膜 3 に

50

形成される。

【0062】

このように、ピラミッド状凹凸形状をマスク膜3に転写するためのモールドの形状を平板状から円筒状へ変更することで、マスク膜3にモールド31を押し付ける力が少なくすむという利点がある。

【0063】

この工程2以降は、実施の形態1の場合と同様にして工程3および工程4の処理を行うことにより、図2-6に示すようにエッチング前のマスク膜3aの逆ピラミッド状凹凸形状と同じ逆ピラミッド状凹凸形状6を有する基板1を得ることができる。以上により、光閉じ込め用凹凸形状として逆ピラミッド状凹凸形状6が配列されたテクスチャ構造2が基板表面に略均一に形成された基板1を作製することができる。

10

【0064】

また、実施の形態2にかかる基板の粗面化方法により表面の粗面化を施した基板1を用いて、実施の形態1の場合と同様にして良好な光電変換効率を有する光起電力装置を作製することができる。具体的な方法については、実施の形態1を参照することとして、ここでは省略する。

【0065】

上述した実施の形態2にかかる基板の粗面化方法によれば、基板1aの表面に設けられたマスク膜3の形状の加工にモールド31を用いた型押しを行うため、不均質な基板材料の影響を受けることなく、均質にマスク膜3の表面形状を加工することができる。そして、均質に表面形状の加工がなされたマスク膜3をドライエッチング法でエッチングし、引き続き連続的に基板1aをエッチングするため、不均質な基板材料の影響を受けることなく、基板1aに対してマスク膜3の表面形状を保持したテクスチャ加工を行うことができる。これにより、実施の形態2にかかる基板の粗面化方法によれば、基板1aが不均質な材料であっても、不均質な基板材料の影響を受けることなく、光閉じ込め用凹凸形状として逆ピラミッド状凹凸形状6が配列されたテクスチャ構造2を、基板表面に略均一に形成することができる。

20

【0066】

したがって、実施の形態2にかかる基板の粗面化方法によれば、基板1aの材質に依らずに基板1aの表面に対して粗面化を均一に実施することが可能であり、優れた反射抑制効果を発揮する基板の粗面化が可能である。

30

【0067】

また、実施の形態2にかかる基板の粗面化方法によれば、型押しを行うモールドとして円筒状モールド31を用いるため、マスク膜3にモールド31を押し付ける力が少なくすむという利点を有し、作業時の省力化を図ることができる。

【0068】

また、実施の形態2にかかる光起電力装置の製造方法によれば、上記の実施の形態2にかかる基板の粗面化方法により基板表面の粗面化を施した基板1を用いて光起電力装置を作製するため、光入射側の基板表面における表面光反射損失が大幅に低減され、光電変換効率の向上が図られた、良好な光電変換効率を有する光起電力装置を作製することができる。これにより、従来と同等の光電変換効率を有する光起電力装置を作製する際には、基板の面積を小さくし、基板の原材料の減量化を図るとともに、光起電力装置の小型化、軽量化、減容化を図ることが可能である。

40

【産業上の利用可能性】

【0069】

以上のように、本発明にかかる基板の粗面化方法は、不均一な材料からなる基板の基板表面に均一な粗面化を行う場合に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法により表面の粗面化が施された

50

p型多結晶シリコン基板を示す模式図である。

【図2-1】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。

【図2-2】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法において使用するモールドを説明するための模式図である。

【図2-3】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。

【図2-4】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。

【図2-5】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。

【図2-6】本発明の実施の形態1にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。

【図3-1】本発明の実施の形態1にかかるモールドの製造工程を説明するための模式図である。

【図3-2】本発明の実施の形態1にかかるモールドの製造工程を説明するための模式図である。

【図3-3】本発明の実施の形態1にかかるモールドの製造工程を説明するための模式図である。

【図4-1】本発明の実施の形態1にかかる基板を用いて作製した光起電力装置を示す断面図である。

【図4-2】本発明の実施の形態1にかかる基板を用いて作製した光起電力装置を示す上面図である。

【図5】本発明の実施の形態2にかかる基板の粗面化方法において使用する円筒状モールドおよびこの円筒状モールドを用いた型押しを説明するための模式図である。

【図6】本発明の実施の形態2にかかる基板の粗面化方法において使用する円筒状モールドを説明するための図であり、円筒状モールドにおける中心軸に平行な方向での断面図である。

【図7】本発明の実施の形態2にかかる基板の粗面化方法の工程を説明するための模式図である。

【符号の説明】

【0071】

- 1 表面の粗面化が施された基板
- 1 a p型多結晶シリコン(基板)
- 2 テクスチャ構造
- 3 マスク膜
- 3 a テクスチャ構造を有する無機ガラス膜よりなるマスク膜
- 4 モールド
- 5 ピラミッド状凹凸形状
- 6 基板の表面に転写された逆ピラミッド状凹凸形状
- 6 a マスク膜に転写された逆ピラミッド状凹凸形状
- 11 モールド作製用基板
- 12 耐エッチング性膜
- 13 パターニングされた耐エッチング性膜
- 21 半導体基板
- 21 a N層
- 22 反射防止膜
- 23 受光面側電極
- 23 a グリッド電極
- 23 b バス電極

10

20

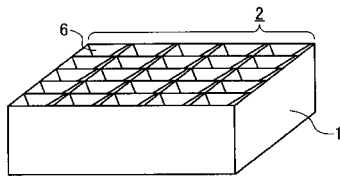
30

40

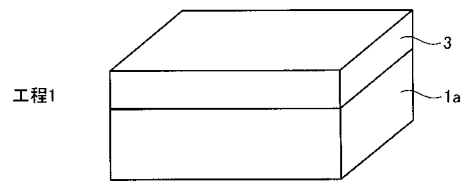
50

- 2 4 裏面電極
- 3 1 円筒状モールド
- 3 2 ピラミッド状凹凸形状

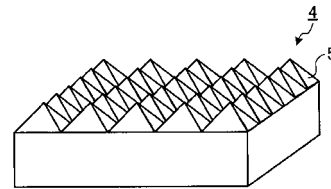
【図1】



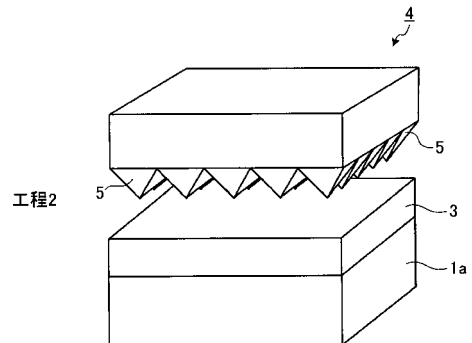
【図2 - 1】



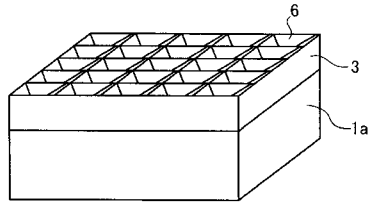
【図2 - 2】



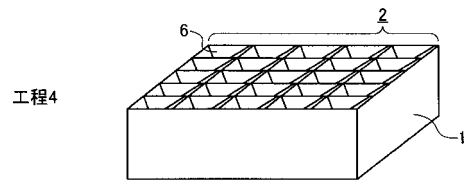
【図2 - 3】



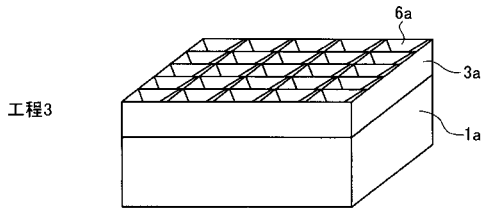
【 図 2 - 4 】



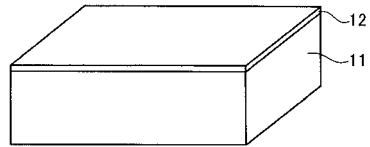
【 図 2 - 6 】



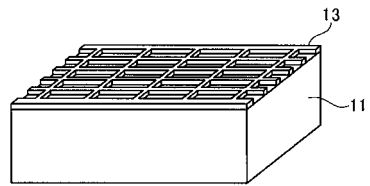
【 図 2 - 5 】



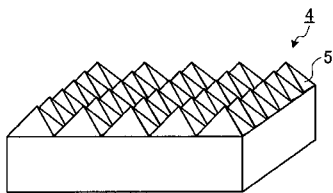
【 図 3 - 1 】



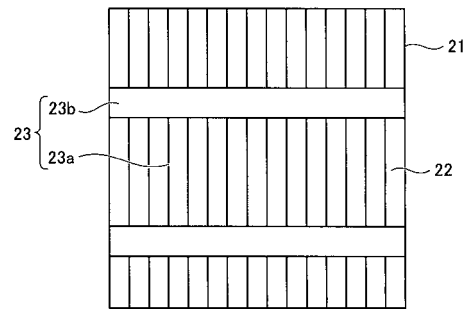
【 図 3 - 2 】



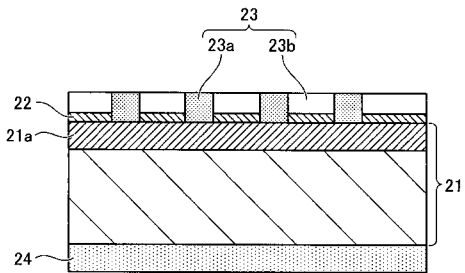
【 図 3 - 3 】



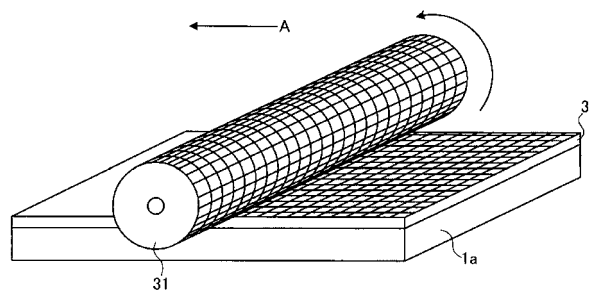
【 図 4 - 2 】



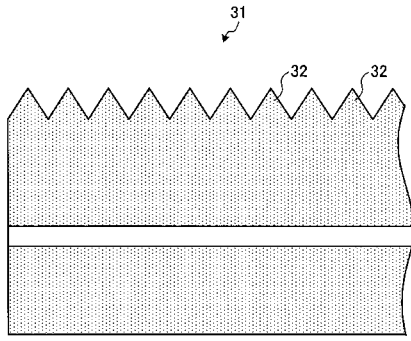
【 図 4 - 1 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

