

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3898621号  
(P3898621)

(45) 発行日 平成19年3月28日(2007.3.28)

(24) 登録日 平成19年1月5日(2007.1.5)

(51) Int. Cl.		F I		
	<b>HO 1 L 21/3065 (2006.01)</b>		HO 1 L 21/302	1 O 5 B
	<b>HO 1 L 31/04 (2006.01)</b>		HO 1 L 31/04	H

請求項の数 8 (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-311820 (P2002-311820)</p> <p>(22) 出願日 平成14年10月25日(2002.10.25)</p> <p>(65) 公開番号 特開2004-146699 (P2004-146699A)</p> <p>(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)</p> <p>審査請求日 平成17年4月13日(2005.4.13)</p>	<p>(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地</p> <p>(72) 発明者 猪股 洋介 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野1166番地の6 京セラ株式会社滋賀八日市工場内</p> <p>審査官 長谷部 智寿</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽電池の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極側電極に対向して設けた陰極側電極上にシリコン基板を載置し、該シリコン基板と所定間隔を隔てて、複数の棒状部材で構成された平板状の障害物を設置して、エッチングマスクとなるエッチング残渣を前記障害物と前記シリコン基板との間に閉じ込めつつ前記シリコン基板の表面に光反射低減用の凹凸を形成するドライエッチング工程、を有する太陽電池の製造方法。

【請求項2】

前記障害物は、前記棒状部材を編み込んだメッシュ構造であることを特徴とする請求項1に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項3】

前記障害物は前記棒状部材の隙間からなる開口部を有し、その開口率が5～40%であることを特徴とする請求項1又は2に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項4】

前記障害物は、前記棒状部材を積層してなる積層構造であることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項5】

前記障害物がガラス系材料または金属材料から構成されていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項6】

10

20

前記障害物がアルミニウム系の材料から構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 7】

陽極側電極に対向して設けた陰極側電極上にシリコン基板を載置し、該シリコン基板と所定間隔を隔てて、シート部材からなる障害物を設置して、エッチングマスクとなるエッチング残渣を前記障害物と前記シリコン基板との間に閉じ込めつつ前記シリコン基板の表面に光反射低減用の凹凸を形成するドライエッチング工程、を有する太陽電池の製造方法。

【請求項 8】

前記障害物と前記シリコン基板との距離を 5 ~ 30 mm 離して設置することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の太陽電池の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はエッチング装置とエッチング方法に関し、特に太陽電池などに用いられるシリコン基板等に微細な凹凸を高タクトに形成することができるエッチング装置とエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

太陽電池は表面に入射した太陽光などの光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。この電気エネルギーへの変換効率を向上させるため、従来から様々な試みがなされてきた。そのひとつに基板の表面に入射した光の反射を少なくする技術があり、入射した光の反射を低減することで電気エネルギーへの変換効率を高めることができる。 20

【0003】

太陽電池は、材料によって結晶系、アモルファス系、化合物系などに分類される。このうち、現在市場で流通しているのはほとんどが結晶系シリコン太陽電池である。この結晶系シリコン太陽電池はさらに単結晶型、多結晶型に分類される。単結晶型シリコン太陽電池は基板の品質がよいため、高効率化が容易であるという長所を有する反面、基板の製造コストが大きいという短所を有する。それに対し、多結晶型シリコン太陽電池は基板の品質が劣るために高効率化が難しいという欠点はあるものの、低コストで製造できるというメリットがある。また、最近では多結晶シリコン基板の品質の向上やセル化技術の進歩により、研究レベルでは 18% 程度の変換効率が達成されている。 30

【0004】

一方、量産レベルの多結晶シリコン太陽電池は低コストであったため、従来から市場に流通してきたが、近年環境問題が取りざたされる中でさらに需要が増してきており、低コストで且つより高い変換効率が求められるようになった。

【0005】

シリコン基板を用いて太陽電池素子を形成する場合に、基板の表面を水酸化ナトリウムなどのアルカリ水溶液でエッチングすると、表面に微細な凹凸が形成されて基板表面での反射をある程度低減させることができる。 40

【0006】

面方位が (100) 面の単結晶シリコン基板を用いた場合は、このような方法でテクスチャー構造と呼ばれるピラミッド構造を基板の表面に均一に形成することができるものの、アルカリ水溶液によるエッチングは結晶の面方位に依存することから、多結晶シリコン基板で太陽電池素子を形成する場合、ピラミッド構造を均一には形成できず、そのため全体の反射率も効果的には低減できないという問題がある。

【0007】

このような問題を解決するために、太陽電池素子を多結晶シリコン基板で形成する場合に、基板表面に微細な突起を反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching) 法で形成することが提案されている (例えば特許文献 1 参照)。すなわち、多結晶シリコンにおける 50

不規則な結晶の面方位に左右されずに微細な突起を均一に形成し、特に多結晶シリコンを用いた太陽電池素子においても、反射率をより効果的に低減しようとするものである。

【0008】

しかしながら、凹凸を形成するための条件は非常に微妙であり、また、装置の構造によっても変化するため、条件の検討は非常に難しいことが多い。微細な突起を均一に形成できない場合は、太陽電池の光電変換効率が低下し、個々の太陽電池の価値はその発電効率で決まることから、そのコストを低減するためには、太陽電池の変換効率を向上させなければならない。

【0009】

また、反応性イオンエッチング法で用いられる反応性イオンエッチング装置は一般に平行平板電極型をしており、基板を設置している電極の側にRF電圧を印加し、他の一方の側及び内部の側壁をアースに接続してある。この容器内部を真空ポンプで真空引きし、真空引き完了後、エッチングガスを導入し、圧力を一定に保持しながら内部の被エッチング基板をエッチングする。エッチングが完了した後に、容器内部を大気圧に戻す。

10

【0010】

このような手順を踏むことから、反応性イオンエッチング装置では真空引き及び大気リークの待ち時間が多い。また、反応性イオンエッチング装置はLSIなどの精密な小型半導体素子に用いられる場合が多いが、太陽電池用基板のエッチングに用いる際には太陽電池自身の面積が大きいため、1回あたりの処理枚数が少なく、コストが高くなるという問題があった。そのため反応性イオンエッチング装置を太陽電池の製造工程に用いる場合には、いかに高タクトで処理を行うかも重要なポイントである。

20

【0011】

本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、基板、特に太陽電池に用いられるシリコン基板等の基板表面に凹凸を効率よく均一に形成する方法を提供することを目的とする。

【0012】

【特許文献1】

特公昭60-27195号公報

【0013】

【課題を解決するための手段】

30

上記目的を達成するために、本発明の太陽電池の製造方法では、陽極側電極に対向して設けた陰極側電極上にシリコン基板を載置し、該シリコン基板と所定間隔を隔てて、複数の棒状部材で構成された平板状の障害物を設置して、エッチングマスクとなるエッチング残渣を前記障害物と前記シリコン基板との間に閉じ込めつつ前記シリコン基板の表面に光反射低減用の凹凸を形成するドライエッチング工程、を有することを特徴とする。

【0014】

また本発明の太陽電池の製造方法では、前記障害物は、前記棒状部材を編み込んだメッシュ構造であることが望ましい。

【0015】

上記太陽電池の製造方法では、前記障害物は前記棒状部材の隙間からなる開口部を有し、その開口率が5~40%であることが望ましい。

40

【0016】

上記太陽電池の製造方法では、前記障害物は、前記棒状部材を積層してなる積層構造であることが望ましい。

【0018】

上記太陽電池の製造方法では、前記障害物がガラス系材料または金属材料から構成されていることが望ましい。

【0019】

上記太陽電池の製造方法では、前記障害物がアルミニウム系の材料から構成されていることが望ましい。

50

## 【0020】

さらに本発明の太陽電池の製造方法は、陽極側電極に対向して設けた陰極側電極上にシリコン基板を載置し、該シリコン基板と所定間隔を隔てて、シート部材からなる障害物を設置して、エッチングマスクとなるエッチング残渣を前記障害物と前記シリコン基板との間に閉じ込めつつ前記シリコン基板の表面に光反射低減用の凹凸を形成するドライエッチング工程を有することを特徴とする。

## 【0021】

上記太陽電池の製造方法では、前記障害物と前記シリコン基板との距離を5～30mm離して設置することが望ましい。

## 【0026】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を添付図面に基づき詳細に説明する。

図1は本発明の方法を用いて形成される太陽電池素子を示す図であり、1はシリコン基板、2は表面凹凸構造、3は受光面側の不純物拡散層、4は裏面側の不純物拡散層(BSF)、5は反射防止膜、6は表面電極、7は裏面電極である。

## 【0027】

前記シリコン基板1は単結晶もしくは多結晶のシリコン基板である。この基板はp型、n型いずれでもよい。単結晶シリコンの場合は引き上げ法などによって形成され、多結晶シリコンの場合は鋳造法などによって形成される。多結晶シリコンは、大量生産が可能で製造コスト面で単結晶シリコンよりもきわめて有利である。引き上げ法や鋳造法によって形成されたインゴットを300μm程度の厚みにスライスして、15cm×15cm程度の大きさに切断してシリコン基板1となる。

## 【0028】

シリコン基板1の表面側には、逆導電型半導体不純物が拡散された層3と反射防止膜5が形成されている。また、シリコン基板1の裏面側には、一導電型半導体不純物が高濃度に拡散された層(BSF)4を形成することが望ましい。シリコン基板1の表面側および裏面側には、表面電極6および裏面電極7が形成されている。この表面電極6および裏面電極7はAgペーストをスクリーン印刷して焼成し、その上に半田層を設けて形成する。

## 【0029】

シリコン基板1の表面側には、入射する光を反射させずに有効に取り込むために微細な表面凹凸構造2を形成して粗面化する。これは、真空引きされたチャンバ内にガスを導入し、一定圧力に保持して、チャンバ内に設けられた電極にRF電力を印加することでプラズマを発生させ、生じた活性種であるイオン・ラジカル等の作用により基板の表面をエッチングするものである。

## 【0030】

反応性イオンエッチング(RIE)法と呼ばれるこの方法は図2および図3のように示される。図2および図3において、1はエッチングされる基板、8はマスフローコントローラ、9はRF電極(陰極側電極)、10は圧力調整器、11は真空ポンプ、12はRF電源である。装置内にマスフローコントローラ8部分からエッチングガスを導入するとともに、RF電源12でプラズマを発生させてイオンやラジカルを励起活性化して、RF電極(陰極側電極)9の上部に配設されたシリコン基板1の表面に作用させてエッチングする。図2に示す装置では、RF電極(陰極側電極)9を装置内に配設して一枚のシリコン基板1の表面をエッチングするが、図3に示す装置では、RF電極(陰極側電極)9を装置の外壁に配設して複数枚のシリコン基板1の表面を同時にエッチングするようにしている。

## 【0031】

発生した活性種のうち、イオンがエッチングに作用する効果を大きくした方法を一般に反応性イオンエッチング法と呼んでいる。類似する方法にプラズマエッチングなどがあるが、プラズマ発生の原理は基本的に同じであり、エッチングされる基板1に作用する活性種の種類の分布をチャンバ構造、電極構造、あるいは発生周波数等により異なる分布に変化

10

20

30

40

50

させているだけである。本発明はイオン効果の大きい反応性イオンエッチング法において特に有効であるが、原理的に反応性イオンエッチング法に限らず、他のプラズマエッチング法全般に対しても有効である。

#### 【0032】

本発明では、例えば三フッ化メタン ( $\text{CHF}_3$ ) を 20 s c c m、塩素 ( $\text{Cl}_2$ ) を 50 s c c m、酸素 ( $\text{O}_2$ ) を 10 s c c m、六フッ化硫黄 ( $\text{SF}_6$ ) を 80 s c c m、さらにこれらに加えて  $\text{H}_2\text{O}$  を 1 s c c m 流しながら、反応圧力 7 Pa、プラズマを発生させる R F パワー 500 W で 3 分間程度エッチングする。これによりシリコン基板 1 の表面には表面凹凸構造 2 が形成される。エッチング中はシリコンがエッチングされて基本的には気化するが、一部は気化しきれずに分子同士が吸着してシリコン基板 1 の表面に残渣として残る。

10

#### 【0033】

また、ガス条件、反応圧力、R F パワーなどの表面凹凸構造 2 の形成条件をシリコンからなるエッチングの残渣が基板 1 の表面に残るような条件に設定すると、表面凹凸構造 2 を確実に形成することができる。ただし、その表面凹凸構造 2 のアスペクト比は条件によって最適化が必要である。逆に、シリコン基板 1 の表面に残渣が残らないような条件では表面凹凸構造 2 を形成することは困難である。

#### 【0034】

本発明では、シリコン基板 1 と陽極側電極との間に、障害物 15 を配設する。このようにシリコン基板 1 を障害物 15 で覆ってエッチングすることで残渣の形成を促進させ、これに伴って表面凹凸構造 2 の形成を促進させることができる。

20

#### 【0035】

図 4 は障害物を拡大して示す図である。図 4 において、1 はエッチングされるシリコン基板、9 は R F 電極 (陰極側電極)、15 は障害物、17 は側壁、18 はチャンバ壁 (陽極側電極)、19 は開口部、20 は絶縁体を示す。R F 電極 (陰極側電極) 9 上には、被エッチング体であるシリコン基板 1 が載置されている。アースに接続されたチャンバ壁 18 は陽極側電極となる。側壁 17 によって支えられた障害物 15 には、開口部 19 が複数形成されている。この開口部 19 でガスおよびプラズマが透過される。この開口部 19 の開口パターンは特に問わない。ただし、開口していない面積の大きい部分があるとエッチングムラが発生する。

30

#### 【0036】

障害物 15 の実施形態を図 5 ~ 図 7 を用いてさらに詳しく説明する。図 5 において、16 は棒状部材、17 は側壁を示す。障害物 15 は棒状部材 16 によって略平板状に構成されその隙間が開口部 19 となってガスおよびプラズマを透過させる。また棒状部材 16 自体に穴をあけることによって開口部を設けることも可能である。

#### 【0037】

この障害物 15 は図 6 のようにメッシュ構造にしても構わない。これにより 1 つずつの開口部 19 の面積を小さくすることができ、エッチングムラの発生を低減することができる。とともに、棒状部材 16 の太さを細くしたり、弱い材質の材料を用いたとしても強度を確保することができる。また図 7 に示すように積層構造にすることも可能である。さらに、これらの構成部材お複数組み合わせたものであってもよい。

40

#### 【0038】

この障害物 15 の材質はとくに問わない。アルミ系材質、ガラス系材質のどちらでも使用可能である。加工の容易さという面では金属が好ましいが、ステンレス系の材質などではシリコンのエッチングに用いるガスに曝されると腐食するためにシリコンをエッチングする際には不適である。一方、エッチング中はプラズマに曝されるために発熱する。この温度は条件によって大幅に変わるが、プラズマ中に温度が上昇して表面凹凸構造 2 の形成が一旦終了すれば大気中でシリコン基板 1 を取り出すといった工程となるため、温度の上下動に耐える材質が好ましい。そのため、高温のプラズマに曝される場合にはガラス系材質が望ましい。また、大面積になる場合にはガラス系材質では破損しやすいために取り扱い

50

が困難となる。このような場合にはアルミ系の材質が適している。このように条件によって好ましい材質を選択することができる。また複数の材質を組み合わせることも可能である。例えば図6のようなメッシュ構造の場合、加工のしにくい例えばガラス系の材質でメッシュの縦方向をまっすぐに形成し、加工のしやすい例えばアルミ系の材質やテフロン(R)などの樹脂系の材料を横方向に編み込むようにして構成することもできる。図7のような構造の場合、下層はアルミ系の材質、上層はガラス系の材質にすることも可能である。

#### 【0039】

また棒状部材16の形状も問わない。例えば図5～図7に示すように円柱状にしても構わないし、角柱形状としてもよい。さらに棒状部材をシート部材に置き換えれば、障害物の厚みが薄くなり、エッチングチャンバーの容積を小さくできる。また平板に近くなるためエッチング中の異常放電が発生しにくくなる。さらに、棒状部材16をワイヤー状の細いものにすれば、加工しやすく、重量の軽量化もはかれるのでさらによい。

10

#### 【0040】

ガスやプラズマを透過しない材質で障害物15を構成する場合、開口部19の開口率は5～40%にするのが望ましい。開口部19の開口率が5%未満であるとシリコンのエッチングに必要なガスの供給が不十分となり、逆に残渣の形成速度が遅くなるため、表面凹凸構造2の形成が遅くなる。また、開口部19の開口率が40%を越えると、エッチング時に生成するシリコン化合物が揮発する際にシリコン基板1と障害物15の内部に閉じこめる効果が弱くなり、残渣の形成の促進効果が少なくなる。

20

#### 【0041】

障害物15は例えばテフロン(R)シートやアルミ箔などといったシートやフィルムで構成することも可能である。ガスやプラズマを透過する材質であれば、開口部19を形成しなくてもよい。

#### 【0042】

障害物15とシリコン基板1とは上述したエッチングを用いてシリコン基板をエッチングする場合、5mmから30mmの間隔を保持してエッチングを行うことが望ましい。このようにすることでエッチングするとき生成するシリコン化合物がシリコン基板1と障害物15の内部に閉じこめられる効果が生じ、シリコンを主成分とする残渣がシリコン基板1上に容易に生成しやすくなり、残渣の形成が促進されると同時に、表面凹凸構造2の形成を促進することができる。この障害物15とシリコン基板1との間隔が5mm未満では表面凹凸構造2を形成するとき障害物15の開口部19がシリコン基板1の表面に模様として転写されてムラとなる。また、30mmを越えると残渣を早く形成して表面凹凸構造2の形成を促進する効果が少なくなる。

30

#### 【0043】

障害物15とシリコン基板2との距離を保持するための方法は、特に問わない。例えば図4から図7のように側壁17を設けることで間隔を保持する方法が簡単である。障害物15の厚みは特に問わない。強度と材料コスト、及びエッチング条件の関係により自由に設定することができる。

#### 【0044】

本発明は主に表面凹凸構造2を形成するために必要なエッチングのマスクとなる残渣の発生を促進させることにより、表面凹凸構造2の形成速度を向上させることが目的であるが、シリコン基板1への表面凹凸構造2の形成が面内で均一になるという副次的な大きな効果がある。これは特に大面積の場合に有効である。

40

#### 【0045】

ここまでエッチングされる基板としてバルク型シリコン太陽電池を例にとり説明を行ってきたが、これに限定されるものではない。エッチングされる基板はシリコンに限らず、ガラス、金属、プラスチック、樹脂のうちのいずれでもよく、例えば薄膜太陽電池の製造装置としても有効である。

#### 【0046】

50

**【発明の効果】**

以上のように、本発明の太陽電池の製造方法では、陽極側電極に対向して設けた陰極側電極上にシリコン基板を載置し、該シリコン基板と所定間隔を隔てて、複数の棒状部材で構成された平板状の障害物を設置して、エッチングマスクとなるエッチング残渣を前記障害物と前記シリコン基板との間に閉じ込めつつ前記シリコン基板の表面に光反射低減用の凹凸を形成するドライエッチング工程を有することから、エッチング処理時のバッチ内の均一性を向上させることができ、シリコン基板などの表面に凹凸（粗面）を効率よく均一に形成することが可能となり、高効率な太陽電池を製造できる。

**【0047】**

また本発明の太陽電池の製造方法では、陽極側電極に対向して設けた陰極側電極上にシリコン基板を載置し、該シリコン基板と所定間隔を隔てて、シート部材からなる障害物を設置して、エッチングマスクとなるエッチング残渣を前記障害物と前記シリコン基板との間に閉じ込めつつ前記シリコン基板の表面に光反射低減用の凹凸を形成するドライエッチング工程を有することから、エッチング処理時のバッチ内の均一性を向上させることができ、シリコン基板などの表面に凹凸（粗面）を効率よく均一に形成することが可能となり、高効率な太陽電池を製造できる。

10

**【図面の簡単な説明】**

【図1】本発明に係るエッチング装置で形成されるバルク型シリコン太陽電池を示す図である。

【図2】本発明に係るエッチング装置の一例を示す図である。

20

【図3】本発明に係るエッチング装置の他の例を示す図である。

【図4】本発明に係るエッチング装置の障害物の一例を示す図である。

【図5】本発明に係るエッチング装置に用いる障害物の他の一例を示す図である。

【図6】本発明に係るエッチング装置に用いる障害物の他の一例を示す図である。

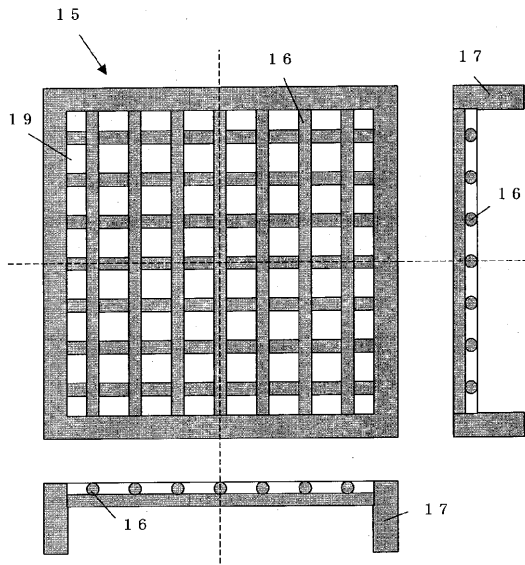
【図7】本発明に係るエッチング装置に用いる障害物の他の一例を示す図である。

**【符号の説明】**

1；基板、9；陰極側電極（RF電極）、15；障害物、16；棒状部材、18；陽極側電極（チャンバ壁）、19；開口部



【 図 7 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 037097 (JP, A)  
特開平11 - 102880 (JP, A)  
特開昭58 - 032417 (JP, A)  
特開2000 - 261008 (JP, A)  
特開2002 - 076404 (JP, A)  
特開昭60 - 184771 (JP, A)  
特開昭54 - 050440 (JP, A)  
特開昭56 - 158874 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065  
H01L 21/205  
H01L 31/04  
H05H 1/46  
C23F 4/00