

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月3日(03.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/078666 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 31/068 (2012.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2016/004689

(22) 国際出願日:

2016年10月25日(25.10.2016)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人: 信越化学工業株式会社 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 渡部 武紀 (WATABE, Takenori); 〒3790195 群馬県安中市磯部2丁目13番1号信越化学工業株式会社 精密機能材料研究所内 Gunma (JP). 橋上 洋 (HASHIGAMI, Hiroshi); 〒3790195 群馬県安中市磯部2丁目13番1号信越化学工業株式会社 精密機能材料研究所内 Gunma (JP). 大塚 寛之 (OHTSUKA, Hiroyuki); 〒3790195 群馬県安中市磯部2丁

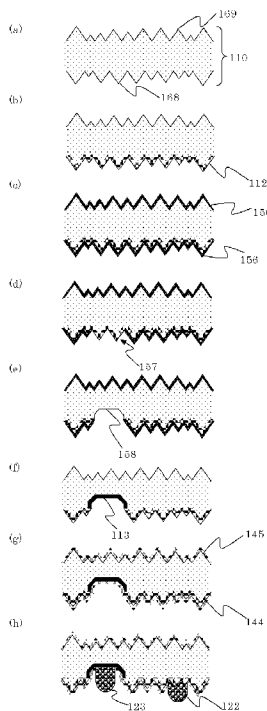
目13番1号信越化学工業株式会社 精密機能材料研究所内 Gunma (JP).

(74) 代理人: 好宮 幹夫, 外 (YOSHIMIYA, Mikio et al.); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号第一下谷ビル8F Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: HIGH PHOTOELECTRIC CONVERSION EFFICIENCY SOLAR-CELL AND MANUFACTURING METHOD FOR HIGH PHOTOELECTRIC CONVERSION EFFICIENCY SOLAR-CELL

(54) 発明の名称: 高光電変換効率太陽電池及び高光電変換効率太陽電池の製造方法



(57) Abstract: The present invention is a solar cell manufacturing method which includes: a step for forming recesses and protrusions on both primary surfaces of a semiconductor substrate having a first conductivity type; a step for forming an emitter layer on a first primary surface of the semiconductor substrate; a step for forming a diffusion mask on the emitter layer; a step for removing portions of the diffusion mask in a pattern shape; a step for forming a base layer on locations where the diffusion mask was removed; a step for removing the remaining portions of the diffusion mask; a step for forming a dielectric film on the first primary surface; a step for forming a base electrode on the base layer; and a step for forming an emitter electrode on the emitter layer. Due to this configuration, a manufacturing method for a solar cell having a high photoelectric conversion efficiency is provided, the method having a reduced number of steps.

(57) 要約: 本発明は、第一導電型を有する半導体基板の両主表面に凹凸を形成する工程、半導体基板の第一主表面に、エミッタ層を形成する工程、エミッタ層上に拡散マスクを形成する工程、拡散マスクをパターン状に除去する工程、拡散マスクを除去した箇所、ベース層を形成する工程、残存させた拡散マスクを除去する工程、第一主表面上に誘電体膜を形成する工程、ベース層上にベース電極を形成する工程、エミッタ層上にエミッタ電極を形成する工程を有する太陽電池の製造方法である。これにより、工数を削減しつつも高い光電変換効率を示す太陽電池の製造方法が提供される。



WO 2018/078666 A1

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

高光電変換効率太陽電池及び高光電変換効率太陽電池の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、高光電変換効率太陽電池及び高光電変換効率太陽電池の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 単結晶や多結晶半導体基板を用いた比較的高い光電変換効率を有する太陽電池構造の一つとして、正負の電極をすべて非受光面（裏面）に設けた裏面電極型太陽電池がある。裏面電極型太陽電池1000の裏面の概観を図10に示す。基板1010の裏面には、エミッタ層1012及びベース層1013が交互に配列され、それぞれの層上に沿って電極（集電電極）（エミッタ電極1022、ベース電極1023）が設けられている。更に、これらの電極から得られる電流を更に集電するためのバスバー電極（エミッタ用バスバー電極1032、ベース用バスバー電極1033）が設けられている。機能上、バスバー電極は集電電極と直交していることが多い。エミッタ層1012の幅は数mm～数百 μ m、ベース層1013の幅は数百 μ m～数十 μ mである。また、集電電極（エミッタ電極1022、ベース電極1023）の幅は数百～数十 μ m程度が一般的であり、該電極はフィンガー電極と呼ばれることが多い。

[0003] 裏面電極型太陽電池1000の断面構造の模式図を図11に示す。基板の裏面の最表層近傍にエミッタ層1012及びベース層1013が形成されている。エミッタ層1012及びベース層1013の各層厚はせいぜい1 μ m程度である。各層上にはフィンガー電極1022、1023が設けられ、非電極領域（電極が形成されていない領域）の表面は窒化シリコン膜や酸化シリコン膜等の誘電体膜（裏面保護膜1044）で覆われる。太陽電池1000の受光面側には反射損失を低減する目的で、反射防止膜1045が設けら

れる。

[0004] 上記構造を有する太陽電池の製造方法の一例が特許文献1で公知となっている。工程の概略フローを図9(b)に示す。これによれば、スライスダメージを除去したN型基板に対し、まず、裏面にのみテクスチャマスクを形成し、テクスチャを片面(受光面)にのみ形成する。マスク除去後、裏面に拡散マスクを形成し、パターン状に開口する。開口部に、ホウ素等のP型ドーパントを拡散させ、マスク及び拡散時形成したガラスをHF等で除去する。次に、再度拡散マスクを形成して開口し、開口部にリン等のN型ドーパントを拡散させ、マスク及びガラスを除去する。これら一連の工程を経て、裏面にベース層及びエミッタ層が形成される。その後、保護膜形成および開口、集電電極及びバスバー電極の形成を行う。

[0005] また、別の製造方法の一例として、特許文献2が開示されている。工程の概略フローを図9(c)に示す。特許文献2では、スライスダメージを除去したN型基板に対し、エミッタ層及びマスク形成、マスク開口、エッチング、ベース層及びマスク形成、受光面マスク開口、テクスチャ形成、保護膜形成、保護膜開口並びに集電電極及びバスバー電極の形成を行う。このように、特許文献2の方法も少なくとも2度のマスク形成及び開口工程を必要としていた。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2015-167260号公報
特許文献2：米国特許第7,339,110号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記のような公知の方法は工数が多いことが問題となっていた。マスク形成工程と開口工程が必ず対で必要となっているため、製造コストが増大する。更には、基板を高温に曝す熱処理工程が多く、基板の少数キャリアライフ

タイムを低下させる要因ともなっていた。

[0008] また、いずれの方法も基板の片面にのみテクスチャ形成する必要があることから、片面だけマスクを形成する必要がある。片面に窒化シリコン膜等を形成したり、両面に酸化シリコン膜を形成した後、裏面にレジストを全面形成してHF浸漬して受光面のみ酸化シリコン膜を除去したりする必要があり、工数だけでなく、材料も多く使用するという問題があった。更に、マスク厚を必要最低限にしようとする、マスクを面内均一に形成するのが困難となるといった問題があった。

[0009] また、いずれの方法も裏面を平坦にした状態でエミッタ層及びベース層を形成するため、電極との電氣的な接触がとりにくくなり、基板と集電電極とのコンタクト抵抗が増大し、結果として変換効率が低くなるという問題もあった。この問題は特にP型層において顕著であった。

[0010] 本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、工数を削減しつつも高い光電変換効率を示す太陽電池の製造方法を提供することを目的とする。また、コンタクト抵抗を低減して光電変換効率を高めた太陽電池を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するために、本発明では、第一導電型を有する半導体基板の両主表面に凹凸を形成する工程と、

前記半導体基板の第一主表面に、前記第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層を形成する工程と、

該エミッタ層上に拡散マスクを形成する工程と、

前記拡散マスクをパターン状に除去し、除去した箇所以外の拡散マスクを残存させる工程と、

前記第一主表面の前記拡散マスクを除去した箇所に、前記第一導電型を有し、かつ、前記半導体基板よりも高いドーパント濃度を有するベース層を形成する工程と、

前記残存させた拡散マスクを除去する工程と、

前記第一主表面上に誘電体膜を形成する工程と、
前記ベース層上にベース電極を形成する工程と、
前記エミッタ層上にエミッタ電極を形成する工程と
を有することを特徴とする太陽電池の製造方法を提供する。

- [0012] 本発明の方法により、拡散マスク形成及び開口工程は1回に削減される。
また、本発明の方法により製造される太陽電池は、エミッタ領域（エミッタ層）表面に微細な凹凸（例えばテクスチャ）が形成されているため、エミッタと接続する電極（すなわち、エミッタ電極）と基板のコンタクト抵抗が低減でき変換効率は向上する。更に、テクスチャ等の凹凸を工程の最初に形成しているため、片面のみマスクを形成する必要がない。
- [0013] また、前記拡散マスクをパターン状に除去する工程の後、かつ、前記ベース層を形成する工程の前に、前記拡散マスクを除去した箇所の半導体基板表面をエッチングすることが好ましい。
- [0014] このように、開口部（マスク除去箇所）のエミッタ層をエッチングしてからベース層を形成することで変換効率が向上する。
- [0015] また、前記ベース層形成後の該ベース層上の酸化シリコン膜厚を95 nm以下としても良い。
- [0016] 本発明の方法では、ベース層形成後はマスク形成不要であるから、ベース層形成後に酸化シリコンを形成しなくても良い。
- [0017] また、前記第一導電型をN型とし、前記第二導電型をP型としても良い。
- [0018] このように、本発明の方法では、第一導電型をN型とし、第二導電型をP型とすることができる。
- [0019] この場合、前記エミッタ層を形成する工程において、前記エミッタ層を形成する際に同時に前記第一主表面上にガラス層を形成し、前記拡散マスクを形成する工程において、前記ガラス層を残留させたまま前記エミッタ層上に拡散マスクを形成することが好ましい。
- [0020] このように、エミッタ層としてP型導電型層を形成する際に同時に形成されるガラス層を残留させたまま拡散マスク形成すると、基板の少数キャリア

ライフタイムを高い状態で保つことができる。

[0021] また、この場合、前記誘電体膜形成後、該誘電体膜を除去することなく前記ベース電極及び前記エミッタ電極を形成しても良い。

[0022] このように、テクスチャが形成されている部分にP型のエミッタ層が形成されることで、誘電体膜を開口することなく、エミッタ（P型）層と集電電極間に低いコンタクト抵抗を実現させることができる。

[0023] また、この場合、前記誘電体膜を形成する工程を、前記ベース層及び前記エミッタ層を覆うように酸化アルミニウム膜を形成し、該酸化アルミニウム膜上に窒化シリコン膜を形成する工程とすることが好ましい。

[0024] 裏面電極型太陽電池において、通常、裏面の大半はエミッタ層であるから、エミッタ層がP型である場合は、P型のパッシベーションとして有効な酸化アルミニウム膜で裏面を覆うことで、簡便でありながら高光電変換効率を示すことができる。

[0025] また、前記エミッタ層を形成する工程において、前記エミッタ層を前記第一主表面の全面に形成することが好ましい。

[0026] このような太陽電池の製造方法であれば、ベース層及びエミッタ層が隣接する太陽電池を容易に製造することができる。

[0027] また、前記凹凸をテクスチャとすることが好ましい。

[0028] このような太陽電池の製造方法であれば、生産性が良い。

[0029] 更に本発明では、第一導電型を有する半導体基板を備え、該基板の第一主表面に、前記第一導電型を有し、かつ、前記半導体基板よりも高いドーパント濃度を有するベース層及び前記第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層を備え、前記ベース層上及び前記エミッタ層上に誘電体膜を備え、前記ベース層と電氣的に接続されるベース電極を備え、前記エミッタ層と電氣的に接続されるエミッタ電極を備える太陽電池であって、

少なくとも前記エミッタ電極と前記エミッタ層の接触界面において、前記半導体基板表面に凹凸が形成されていることを特徴とする太陽電池を提供する。

- [0030] このようにエミッタ領域の電極との接触部分に微細な凹凸（例えばテクスチャ）が形成されていることで、誘電体膜を開口することなく、エミッタ層と集電電極間に低いコンタクト抵抗を実現させることができる。その結果、コンタクト抵抗を低減して光電変換効率を高めた太陽電池とすることができる。
- [0031] また、前記第一主表面上に表面が平坦である凹部をパターン状に有し、前記ベース層は該凹部内表面に形成されていることが好ましい。
- [0032] 上記のように、この太陽電池は、ベース領域表面が周囲より窪み、また、その表面が平坦となる。表面を平坦にすることで表面での少数キャリアの再結合速度は小さくなり、光電変換効率の向上に寄与する。なお、このような構造は、上述の通り、拡散マスクをパターン状に除去し、マスク除去箇所のエミッタ層をエッチングしてからベース層を形成することで作製可能である。
- [0033] また、前記第一の導電型はN型であり、前記第二の導電型はP型であっても良い。
- [0034] このように、本発明の太陽電池では、第一の導電型はN型であり、第二の導電型はP型であっても良い。
- [0035] この場合、前記誘電体膜は酸化アルミニウム膜と窒化シリコン膜の積層構造であり、前記酸化アルミニウム膜が前記第一主表面と接することが好ましい。
- [0036] 裏面電極型太陽電池において、通常、裏面の大半はエミッタ層であるから、エミッタ層がP型である場合は、P型のパッシベーションとして有効な酸化アルミニウム膜で裏面を覆うことで、簡便でありながら高光電変換効率を示すことができる。
- [0037] また、前記ベース層及び前記エミッタ層が隣接することが好ましい。
- [0038] このような太陽電池は、容易に作製可能である。
- [0039] また、前記半導体基板の第二主表面に凹凸が形成されていることが好ましい。

- [0040] このような太陽電池であれば、第二主表面の反射率をより低下することができる。
- [0041] また、前記凹凸がテクスチャであることが好ましい。
- [0042] このような太陽電池であれば、容易に作製可能である。
- [0043] 更に本発明では、上記本発明の太陽電池が内蔵されていることを特徴とする太陽電池モジュールを提供する。
- [0044] このように、本発明の太陽電池は太陽電池モジュールに内蔵することができる。
- [0045] 更に本発明では、上記本発明の太陽電池モジュールを有することを特徴とする太陽光発電システムを提供する。
- [0046] このように、本発明の太陽電池を内蔵した太陽電池モジュールは、太陽光発電システムに用いることができる。

発明の効果

- [0047] 本発明の方法により、工数を大幅に削減しつつも、高い光電変換効率を有する太陽電池を製造できる。これにより、高光電変換効率を有する裏面電極型太陽電池を安価で製造することができる。また、本発明の太陽電池は、コンタクト抵抗が低く、変換効率に優れる。

図面の簡単な説明

- [0048] [図1]本発明に係る、裏面電極型太陽電池の製造方法の一例を示す断面模式図である。
- [図2]本発明に係る、裏面電極型太陽電池の製造方法の一例を示す模式図である。
- [図3]本発明に係る、裏面電極型太陽電池の概観図である。
- [図4]本発明に係る、裏面電極型太陽電池の断面模式図である。
- [図5]本発明に係る、太陽電池モジュールの概観図である。
- [図6]本発明に係る、太陽電池モジュールの裏面内部模式図である。
- [図7]本発明に係る、太陽電池モジュールの断面模式図である。
- [図8]本発明に係る、太陽光発電システムの模式図である。

[図9]本発明に係る太陽電池製造工程のフロー図（a）と、従来の太陽電池製造工程のフロー図（b, c）である。

[図10]本発明に係る、一般的な裏面電極型太陽電池の概観図である。

[図11]本発明に係る、一般的な裏面電極型太陽電池の断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0049] 以下、本発明をより詳細に説明する。

[0050] 上記のように、工数を削減しつつも高い光電変換効率を示す太陽電池の製造方法が求められている。

[0051] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を行った。その結果、第一導電型を有する半導体基板の両主表面に凹凸を形成する工程と、前記半導体基板の第一主表面に、前記第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層を形成する工程と、該エミッタ層上に拡散マスクを形成する工程と、前記拡散マスクをパターン状に除去し、除去した箇所以外の拡散マスクを残存させる工程と、前記第一主表面の前記拡散マスクを除去した箇所に、前記第一導電型を有し、かつ、前記半導体基板よりも高いドーパント濃度を有するベース層を形成する工程と、前記残存させた拡散マスクを除去する工程と、前記第一主表面上に誘電体膜を形成する工程と、前記ベース層上にベース電極を形成する工程と、前記エミッタ層上にエミッタ電極を形成する工程とを有することを特徴とする太陽電池の製造方法が、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。

[0052] 更に、上記のように、コンタクト抵抗を低減して光電変換効率を高めた太陽電池が求められている。

[0053] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を行った。その結果、第一導電型を有する半導体基板を備え、該基板の第一主表面に、前記第一

導電型を有し、かつ、前記半導体基板よりも高いドーパント濃度を有するベース層及び前記第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層を備え、前記ベース層上及び前記エミッタ層上に誘電体膜を備え、前記ベース層と電氣的に接続されるベース電極を備え、前記エミッタ層と電氣的に接続されるエミッタ電極を備える太陽電池であって、

少なくとも前記エミッタ電極と前記エミッタ層の接触界面において、前記半導体基板表面に凹凸が形成されていることを特徴とする太陽電池が、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。

[0054] 以下の詳細な説明では、本発明の全体の理解、及び特定の具体例でどのように実施するかを提供するために、多くの特定の細部が説明される。しかしながら、本発明は、それらの特定の細部無しに実施できることが理解されるであろう。以下では、公知の方法、手順、及び技術は、本発明を不明瞭にしないために、詳細には示されない。本発明は、特定の具体例について特定の図面を参照しながら説明されるが、本発明はこれに限定されるものではない。ここに含まれ記載された図面は模式的であり、本発明の範囲を限定しない。また図面において、図示目的で幾つかの要素の大きさは誇張され、それゆえに縮尺通りではない。

[0055] [太陽電池]

以下、本発明の太陽電池について、図面を用いて説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。図3は、本発明に係る、裏面電極型太陽電池の概観図である。また、図4は、本発明に係る、裏面電極型太陽電池の断面模式図である。図4に示すように、本発明の太陽電池300は、第一導電型を有する半導体基板110を備える。また、半導体基板110の第一主表面に、第一導電型を有し、かつ、半導体基板110よりも高いドーパント濃度を有するベース層113及び第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層112を備える。また、ベース層113上及びエミッタ層112上に誘電体膜（裏面保護膜）144を備える。また、ベース層113と電氣的に接続されるベース電極123を備える。また、エミッタ層112

と電氣的に接続されるエミッタ電極 122 を備える。

[0056] また、図 3 に示すように、本発明の太陽電池 300 は、通常、ベース層 113 と電氣的に接続されるベース電極 123 から得られる電流を更に集電するためのベース用バスバー電極（ベース電極用バスバー） 233 を備える。また、通常、エミッタ層 112 と電氣的に接続されるエミッタ電極 122 から得られる電流を更に集電するためのエミッタ用バスバー電極（エミッタ電極用バスバー） 232 を備える。機能上、バスバー電極 232、233 は集電電極（エミッタ電極 122、ベース電極 123）と直交していることが多い。なお、バスバー電極と集電電極の位置は図 3 に示すものに限定されず、例えば、後述する図 2（c）に示すように、絶縁膜 405 を設けることによって、バスバー電極と集電電極を立体構造としても良い。

[0057] また、後述する図 1（a）に示すように、本発明の太陽電池の半導体基板 110 の第二主表面には凹凸 169 が形成されていることが多い（簡単のため図 4 においては図示していない）。また、図 4 に示すように、第二主表面上には、反射防止膜 145 が設けられることが多い。このような太陽電池であれば、第二主表面の反射率をより低下することができる。

[0058] 上記構造に加えて、本発明の太陽電池では、後述する図 1（h）に示すように、少なくともエミッタ電極 122 とエミッタ層 112 の接触界面において、半導体基板表面に凹凸 168 が形成されている（簡単のため図 4 においては図示していない）。このようにエミッタ領域の電極との接触部分に微細な凹凸が形成されていることで、誘電体膜を開口することなく、エミッタ層と集電電極間に低いコンタクト抵抗を実現させることができる。その結果、コンタクト抵抗を低減して光電変換効率を高めた太陽電池とすることができる。

[0059] 凹凸の高さは特に限定されないが、例えば 1～50 μm とすることができる。1～50 μm の範囲であれば、反射防止効果が大きい上に、形成するのも比較的容易にできる。

[0060] また、凹凸 168、169 がテクスチャであることが好ましい。このよう

な太陽電池であれば、容易に作製可能である。

[0061] また、第一主表面上に表面が平坦である凹部（後述する図1（e）のパターン状凹部158参照）をパターン状に有し、ベース層113は該凹部内表面に形成されていることが好ましい。上記のように、この太陽電池は、ベース領域表面が周囲より窪み、また、その表面が平坦となる。表面を平坦にすることで表面での少数キャリアの再結合速度は小さくなり、光電変換効率の向上に寄与する。なお、このような構造は、後述の通り、拡散マスクをパターン状に除去し、マスク除去箇所のエミッタ層をエッチングしてからベース層を形成することで作製可能である。

[0062] また、第一の導電型はN型であり、第二の導電型はP型であっても良い。この場合、誘電体膜144は酸化アルミニウム膜と窒化シリコン膜の積層構造であり、酸化アルミニウム膜が第一主表面と接することが好ましい。裏面電極型太陽電池において、通常、裏面の大半はエミッタ層であるから、エミッタ層がP型である場合は、P型のパッシベーションとして有効な酸化アルミニウム膜で裏面を覆うことで、簡便でありながら高光電変換効率を示すことができる。

[0063] N型ドーパントとしては、P（リン）、Sb（アンチモン）、As（ヒ素）、Bi（ビスマス）等を挙げることができる。P型ドーパントとしては、B（ボロン）、Ga（ガリウム）、Al（アルミニウム）、In（インジウム）等を挙げることができる。

[0064] 第一導電型を有する半導体基板110のドーパント濃度は特に限定されないが、例えば、 $8 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。半導体基板110の厚さは特に限定されないが、例えば、 $100 \sim 300 \mu\text{m}$ 厚とすることができる。ベース層113のドーパント濃度は半導体基板110よりも高ければ良いが、例えば、 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $2.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることができる。エミッタ層112のドーパント濃度は特に限定されないが、例えば、 $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上 $7.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$

cm^3 以下とすることができる。

[0065] また、ベース層 113 及びエミッタ層 112 が隣接することが好ましい。このような太陽電池は、容易に作製可能である。

[0066] [太陽電池の製造方法]

本発明の方法の工程の概略フローを図 9 (a) に示す。以下に、具体的な本発明の太陽電池製造方法を N 型基板の場合を例に図 1 を用いて説明する。

[0067] まず、高純度シリコンにリン、ヒ素、又はアンチモンのような 5 価元素をドーピングし、比抵抗 $0.1 \sim 5 \Omega \cdot \text{cm}$ としたアズカット単結晶 $\{100\}$ N 型シリコン基板を準備する。単結晶シリコン基板は、CZ 法、FZ 法いずれの方法によって作製されてもよい。基板は必ずしも単結晶シリコンである必要はなく、多結晶シリコンでもかまわない。

[0068] 次に、図 1 (a) に示すように、半導体基板 110 の両主表面にテクスチャと呼ばれる微小な凹凸 168、169 の形成を行う。テクスチャは太陽電池の反射率を低下させるための有効な方法である。テクスチャは、加熱した水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム等のアルカリ溶液（濃度 $1 \sim 10\%$ 、温度 $60 \sim 100^\circ\text{C}$ ）中に 10 分から 30 分程度浸漬することで作製される。上記溶液中に、所定量の 2-プロパノールを溶解させ、反応を促進させてもよい。

[0069] 上記のようにテクスチャを形成した半導体基板 110 を、塩酸、硫酸、硝酸、ふっ酸等、若しくはこれらの混合液の酸性水溶液中で洗浄する。過酸化水素を混合し清浄度を向上させてもよい。

[0070] 次に、この半導体基板 110 の第一主表面に、図 1 (b) に示すように、エミッタ層 112 を形成する。エミッタ層 112 は半導体基板 110 と逆の導電型（この場合 P 型）で厚みが $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度である。エミッタ層 112 は BBr_3 等を用いた気相拡散によって形成できる。半導体基板 110 を 2 枚一組として重ね合わせた状態で熱処理炉に載置し、 BBr_3 と酸素の混合ガスを導入して $950 \sim 1050^\circ\text{C}$ で熱処理する。キャリアガスとしては窒素やアルゴンが好適である。また、ホウ素源を含有させた塗布剤を第一主

表面に塗布し、950～1050℃で熱処理する方法でも形成が可能である。塗布剤としては例えば、ホウ素源としてホウ酸1～4%、増粘剤としてポリビニルアルコール0.1～4%、を含有させた水溶液が使用できる。上記いずれかの方法でエミッタ層を形成すると、エミッタ層表面にはホウ素を含むガラス層も同時に形成される。

[0071] なお、図1(b)の工程において、エミッタ層112を第一主表面の全面に形成することが好ましい。このような太陽電池の製造方法であれば、ベース層及びエミッタ層が隣接する太陽電池を容易に製造することができる。

[0072] エミッタ層112を形成したら、図1(c)に示すように、次工程であるベース層形成のための拡散マスク(別名バリア膜、以下、単に「マスク」とも称する)156を両主表面上に形成する。拡散マスク156としては酸化シリコン膜若しくは窒化シリコン膜等を用いることができる。CVD法を用いれば、導入するガス種を適宜選択することにより、いずれの膜も形成可能である。酸化シリコン膜の場合は、半導体基板110を熱酸化しても形成できる。半導体基板110を酸素雰囲気中950～1100℃、30分～4時間熱処理することで100～250nm程度のシリコン熱酸化膜が形成される。この熱処理は上記エミッタ層112の形成のための熱処理に引き続いて同一バッチ内で実施してもかまわない。また、エミッタ層形成後には上記のように基板表面にガラスが形成されるが、特にエミッタ層がP型の場合、これはマスク形成前に除去しない方が好ましい。すなわち、図1(b)の工程において、エミッタ層112を形成する際に同時に第一主表面上にガラス層を形成し、図1(c)の工程において、ガラス層を残留させたままエミッタ層112上に拡散マスク156を形成することが好ましい。この場合、ガラス層を除去する工程を行わないので、工数が増加しない。また、エミッタ層としてP型導電層を形成する際に同時に形成されるガラス層を残留させたまま拡散マスク形成すると、基板の少数キャリアライフタイムを高い状態で保つことができる。ガラス層がゲッターリング効果を付与していると考えられる。

- [0073] また、エミッタのドーパントとしてホウ素を用いた場合、熱酸化によりマスク形成すると、Si中とSiO₂中の拡散係数と偏析係数の違いから、ホウ素の表面濃度が低下して表面での再結合速度が低下し好ましい。
- [0074] 次いで、図1(d)に示すように、ベース領域となる部分のマスクを開口する(マスク開口部157)。具体的には、開口幅が50~200μm、0.6~2.0mm程度の間隔で平行線状に開口する。開口にはフォトリソ法やエッチングペーストのような化学的な方法でもよいし、レーザーやダイサーのような物理的な方法いずれを用いてもかまわない。
- [0075] マスクを開口した後、次に、図1(e)に示すように、50~90℃に加熱した高濃度(テクスチャを形成する際の濃度よりも高い濃度であることが好ましく、例えば、10~30%、好ましくは、20~30%)のKOH、NaOH等のアルカリ水溶液中に1~30分間半導体基板110を浸漬し、開口部157に位置する不要なエミッタ層を除去(エッチング)してもよい。すなわち、図1(d)の工程の後、かつ、後述する図1(f)に示すベース層を形成する工程の前に、拡散マスクを除去した箇所(マスク開口部157)の半導体基板表面をエッチングすることが好ましい。このように、開口部(マスク除去箇所)のエミッタ層をエッチングしてからベース層を形成することで変換効率が向上する。なお、図1(e)の工程におけるアルカリ水溶液の温度もテクスチャを形成する際のものより高いことが好ましい。高温高濃度のアルカリ水溶液で半導体基板表面をエッチングすることにより、エッチング箇所が平坦になりやすい。
- [0076] 上記拡散マスク156は、本工程(図1(e))においてはアルカリエッチングのマスクとしても機能する。エッチングすると、図1(e)のように基板表面に凹部(パターン状凹部158)が形成される。凹部の深さは、エミッタ層の深さにより決定され、0.5~10μm程度である。開口部のP型ドーパントを除去することで、ベース層のドーパント濃度を制御しやすくなる。また、受光面側にもマスクが形成されているため、受光面のテクスチャがエッチングされることはない。

- [0077] なお、図1(e)に示すように、パターン状凹部158の位置(高さ)は、裏面側の凹凸168の凹部の位置を基準としたときに、該基準位置よりも低い(深い)位置とすることができる。また、このパターン状凹部158の平坦性は、例えば、PV値(変位の最大値と最小値の差)で1 μ m未満とすることができる。
- [0078] 次に、図1(f)に示すように、ベース層113を形成する。ベース層113の形成にはオキシ塩化リンを用いた気相拡散法が使用できる。830~950 $^{\circ}$ C、オキシ塩化リンと窒素及び酸素混合ガス雰囲気下で半導体基板110を熱処理することで、ベース層113となるリン拡散層(N⁺層)が形成される。気相拡散法その他、リンを含有する材料をスピン塗布したり、印刷したりしてから熱処理する方法でも形成可能である。受光面側にマスクが形成されているため、熱処理時にリンが受光面側にオートドーピングしたりすることはない。また、以降の工程でマスクは不要であることから、必要以上に基板を酸化したり、余分な製膜をする必要はない。すなわち、当該ベース層形成のための熱処理終了時点で、ベース層113上の酸化シリコン膜厚は95nm以下であってかまわない。なお、上記エッチング工程(図1(e))を経た場合は、図1(f)のように凹部内表面にベース層113が形成される。
- [0079] 拡散層形成の後、拡散マスク156及び表面に形成されるガラスをふっ酸等で除去する(図1(f)参照)。
- [0080] 次に、図1(g)に示すように、半導体基板110の第一主表面上に誘電体膜144を形成する。このとき、同時に、又は前後いずれかの工程として、第二主表面に反射防止膜145を形成してもよい。
- [0081] 第二主表面の反射防止膜145としては、窒化シリコン膜や酸化シリコン膜等が利用できる。窒化シリコン膜の場合はプラズマCVD装置を用い約100nm製膜する。反応ガスとして、モノシラン(SiH₄)及びアンモニア(NH₃)を混合して用いることが多いが、NH₃の代わりに窒素を用いることも可能であり、また、プロセス圧力の調整、反応ガスの希釈、更には、基板に多結晶シリコンを用いた場合には基板のバルクパッシベーション効果を

促進するため、反応ガスに水素を混合することもある。酸化シリコン膜の場合は、CVD法でも形成できるが、熱酸化法により得られる膜の方が高い特性が得られる。表面の保護効果を高めるため、あらかじめ基板表面に酸化アルミニウム膜を形成してから窒化シリコン膜や酸化シリコン膜等を形成してもよい。

[0082] 第一主表面にも、表面保護膜として窒化シリコン膜や酸化シリコン膜等の誘電体膜144が利用できる。誘電体膜144の膜厚は50~250nmとするのが好適である。第二主表面（受光面）側と同様、窒化シリコン膜の場合はCVD法で、酸化シリコン膜の場合は熱酸化法やCVD法で形成が可能である。また、この例のように基板がN型の場合は、P型層のパッシベーションとして有効な酸化アルミニウム膜をあらかじめ基板表面に形成してから、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜等を形成してもよい。例えば、図1の方法において、図1（g）の工程を、ベース層113及びエミッタ層112を覆うように酸化アルミニウム膜を形成し、該酸化アルミニウム膜上に窒化シリコン膜を形成する工程としても良い。この場合、裏面電極型太陽電池において、通常、裏面の大半はエミッタ層であるから、エミッタ層がP型である場合は、P型のパッシベーションとして有効な酸化アルミニウム膜で裏面を覆うことで、簡便でありながら高光電変換効率を示すことができる。なお、この場合、ベース（N型）層上にも酸化アルミニウム膜は形成されるが、表面の大半がエミッタ（P型）層であることから、これによる特性の低下は軽微である。

[0083] 次いで、図1（h）に示すように、ベース層113上にベース電極123を、例えばスクリーン印刷法で形成する。例えば、開口幅30~100 μ m、0.6~2.0mm間隔の平行線パターンを有する製版を用意しておき、Ag粉末とガラスフリットを有機物バインダと混合したAgペーストをベース層113に沿って印刷する。同様にして、エミッタ層112上にエミッタ電極122としてAgペーストを印刷する。ベース電極用Agペーストとエミッタ電極用Agペーストは同じでもよいし違うものを使用してもよい。以

上の電極印刷の後、熱処理により窒化シリコン膜にAg粉末を貫通させ（ファイアスルー）、電極とシリコンを導通させる。焼成は、通常700～850℃の温度で1～5分間処理することで行われる。従来の方法であれば、コンタクト抵抗を下げるために第一主表面上の保護膜を除去する必要があった。しかしながら、本発明の方法によれば、テクスチャが形成されている部分にエミッタが形成されているため、保護膜を除去することなく低コンタクト抵抗が実現できる。すなわち、本発明の方法では、誘電体膜144形成後、該誘電体膜144を除去することなくベース電極123及びエミッタ電極122を形成しても良い。なお、ベース層用電極及びエミッタ層用電極の焼成は別々に行うことも可能である。

[0084] 次にバスバー電極を形成する工程について、図2を参照して説明する。図2(a)は上記図1(h)の工程後の半導体基板110の上面図である。エミッタ領域（エミッタ層112）上にエミッタ電極122が、ベース領域（ベース層113）上にベース電極123が、それぞれ形成されている。この半導体基板110に絶縁材料（硬化させると絶縁膜405となる）をパターン状に塗布する。このとき、Nバスバー（この場合ベース電極と接続するベース用バスバー電極）がエミッタ電極と導通しないように、更に、Pバスバー（この場合エミッタ電極と接続するエミッタ用バスバー電極）がベース電極と導通しないように、例えば図2(b)のようなパターンで塗布すればよい。塗布にはスクリーン印刷法等を用いることができる。絶縁材料としては、シリコーン樹脂、ポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、フッ素樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリウレタン、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂及びポバール樹脂から一つ以上選択された樹脂を含有する材料からなるものが使用できる。以上のような絶縁材料を例えばスクリーン印刷法等を用いて塗布した後、100～400℃で1～60分程度硬化させる。

[0085] 最後に、ベース用バスバー電極233及びエミッタ用バスバー電極232を形成する。図2(c)のように、Nバスバー（ベース用バスバー電極）2

33がベース電極123と、Pバスバー（エミッタ用バスバー電極）232がエミッタ電極122と接続され、Nバスバー233とエミッタ電極122並びにPバスバー232とベース電極123は絶縁層を介した構成となる。バスバー材料としては、低温硬化型の導電性ペーストが使用できる。具体的には、Ag、Cu、Au、Al、Zn、In、Sn、Bi、Pbから選択される1種類以上の導電性物質と、更にエポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂から選択される1種類以上の樹脂を含有する材料からなるものが使用できる。以上のような材料を例えばスクリーン印刷法やディスペンサー等を用いてパターン状に塗布した後、100～400℃で1～60分程度硬化させる。バスバーを増やせば、隣接するバスバー間距離を短くできるから、フィンガー電極の細線化ができ、フィンガー電極の材料費を削減することができる。バスバー数増による材料費増加分とフィンガー電極細線化による材料費減のトレードオフで適宜バスバー数は決定できるが、4～20の間が好ましい。

[0086] 以上、基板がN型の場合を例に説明したが、基板がP型の場合も本発明の方法は適用できる。すなわち、エミッタ層としてN型層を、ベース層としてP型層を設ければよい。このような図1及び図9(a)に示す方法であれば、図9(b)、(c)に示す従来の方法と比べて、工程数を削減することができる。

[0087] 上記方法により製造された太陽電池は、太陽電池モジュールの製造に用いることができる。上記方法により製造された太陽電池が内蔵された太陽電池モジュールの一例の概観を図5に示す。上記の方法により作製された太陽電池500は、太陽電池モジュール560内ではタイル状に敷き詰められた構造をなす。

[0088] 太陽電池モジュール560内では、隣接する太陽電池500同士が数枚～数10枚電氣的に直列に接続され、ストリングと呼ばれる直列回路を構成している。ストリングの概観を図6に示す。図6は、通常人目に触れることのないモジュール内部裏面側の模式図に相当する。また、フィンガー電極やバ

スバー電極は図示されていない。直列接続にするため、図6に示したように、隣接する太陽電池500のPバスバー（基板のP型層に接合したフィンガー電極に接続されているバスバー電極）とNバスバー（基板のN型層に接合したフィンガー電極に接続されているバスバー電極）同士がリード線561等で接続されている。

[0089] 太陽電池モジュール560の断面模式図を図7に示す。上述のようにストリングは、複数の太陽電池500を、バスバー電極732にリード線561を接続することで構成される。該ストリングは、通常EVA（エチレンビニルアセテート）等の透光性の充填剤772で封止され、非受光面側はPET（ポリエチレンテレフタレート）等の耐候性樹脂フィルム773、受光面はソーダライムガラス等の透光性で機械的強度が強い受光面保護材料771で覆われている。充填剤772としては、上記EVAの他、ポリオレフィン、シリコン等が使用できる。

[0090] 更にこの太陽電池モジュールを用いて太陽光発電システムを製造、構成することもできる。図8は本発明のモジュールを連結した太陽光発電システムの基本構成を示したものである。複数の太陽電池モジュール16が配線15で直列に連結され、インバータ17を経由して外部負荷回路18に発電電力を供給する。図8には示していないが、当該システムは発電した電力を蓄電する2次電池を更に備えていて良い。

実施例

[0091] 以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に限定されるものではない。

[0092] （実施例1）

本発明の方法を用いて、太陽電池の作製を行った。

[0093] まず、厚さ200 μ m、比抵抗1 $\Omega \cdot \text{cm}$ の、リンドーブ{100}N型アズカットシリコン基板8枚を準備した。このシリコン基板に対し、72 $^{\circ}$ Cの2%水酸化カリウム/2-プロパノール水溶液中に浸漬し両面にテクスチャ形成を行い、引き続き75 $^{\circ}$ Cに加熱した塩酸/過酸化水素混合溶液中で洗

浄を行った（図1（a）参照）。

[0094] 次に、基板を2枚一組として重ね合わせた状態で熱処理炉に戴置し、 BBr_3 と酸素とアルゴンの混合ガスを導入して $1000^{\circ}C$ で10分熱処理を行った。これにより、エミッタ層を形成した（図1（b）参照）。四探針法で測定した結果、エミッタ層のシート抵抗は 50Ω となった。

[0095] これを $1000^{\circ}C$ 3時間酸素雰囲気中で熱酸化してマスク形成した（図1（c）参照）。

[0096] 裏面のマスクをレーザーで開口した（図1（d）参照）。レーザー源はNd： YVO_4 の第二次高調波を用いた。開口パターンは、間隔 1.2mm 平行線状とした。

[0097] これを $80^{\circ}C$ 濃度24%のKOH水溶液に浸漬して開口部のエミッタ層を除去した（図1（e）参照）。

[0098] 次に、オキシ塩化リン雰囲気下、 $870^{\circ}C$ で受光面同士を重ね合わせた状態で40分間熱処理し、開口部にリン拡散層（ベース層）を形成した（図1（f）参照）。この後、濃度25%のふっ酸に浸漬することで表面ガラス及びマスクを除去した。

[0099] 以上の処理の後、プラズマCVD装置を用いて誘電体膜として酸化アルミニウム膜及び窒化シリコン膜を両面に形成した（図1（g）参照）。すなわち、誘電体膜を酸化アルミニウム膜と窒化シリコン膜の積層構造とし、酸化アルミニウム膜が第一主表面と接するようにした（以下、この積層構造を「酸化アルミニウム／窒化シリコン膜」と称する）。酸化アルミニウム膜及び窒化シリコン膜の膜厚は表裏ともそれぞれ 10nm 、 100nm とした。

[0100] 次に、酸化アルミニウム／窒化シリコン膜を開口することなく、スクリーン印刷機を用いて、Agペーストをベース層上及びエミッタ層上にそれぞれ印刷して乾燥した（図1（h）参照）。これを $780^{\circ}C$ の空気雰囲気下で焼成した。これにより、集電電極（フィンガー電極）として、ベース層上にベース電極を形成し、エミッタ層上にエミッタ電極を形成した。

[0101] この基板に、スクリーン印刷機を用い、絶縁材料をパターン状に印刷した

。絶縁材料としては、信越化学工業株式会社製のシリコンを用いた。200°Cのベルト炉にて5分間硬化させた。

[0102] 最後に低温硬化型のAgペーストを、既設のフィンガー電極に直交するように直線状に6本、スクリーン印刷機で印刷し、300°Cのベルト炉にて30分間硬化させ、バスバーとした。

[0103] (実施例2)

実施例1において、レーザー開口まで実施例1と同様に処理を行い、80°C KOH水溶液に浸漬する工程を実施せず、リン拡散工程以降実施例1と同様の処理を行い太陽電池作製を行った。

[0104] (実施例3)

実施例1において、レーザー開口、80°C KOH水溶液浸漬工程まで実施例1と同様に処理を行った後、オキシ塩化リン雰囲気下、870°Cで受光面同士を重ね合わせた状態で40分間熱処理し、更に、酸素雰囲気下1000°Cで酸化処理を行うことで、開口部にリン拡散層及び酸化シリコン膜100nmを形成した。25%ふっ酸浸漬による表面ガラス除去工程以降は実施例1と同様に行った。

[0105] (実施例4)

実施例1において、酸化アルミニウム/窒化シリコン膜製膜後、エミッタ上の酸化アルミニウム/窒化シリコン膜を一部ライン状に開口(膜除去)した。開口にはNd:YVO₄の第二次高調波レーザーを用いた。開口幅は約250μmとなった。開口部に沿うようにAgペーストを印刷した。ベース電極も同様に印刷で形成し、焼成した。絶縁膜形成及びバスバー形成は実施例1と同様に行った。

[0106] (実施例5)

ホウ素ドーパ{100}P型シリコン基板に対し本発明の方法を適用した。基板両面にテクスチャ形成、洗浄後、基板を2枚一組として重ね合わせた状態で熱処理炉に載置し、オキシ塩化リン雰囲気下870°Cで熱処理を行い、引き続いて1000°C3時間酸素雰囲気中で熱酸化してマスク形成した。

- [0107] 裏面のマスクをレーザーで開口後、KOH水溶液に浸漬して開口部のリン拡散層を除去した。
- [0108] 次に、 BBr_3 と酸素とアルゴンの混合ガスを導入して $1000^{\circ}C$ で10分熱処理を行って、開口部にホウ素の拡散層を形成した。
- [0109] ふっ酸浸漬して表面のガラス除去後、両面に窒化シリコン膜を形成した。
- [0110] 電極形成工程は実施例1と同様に行った。
- [0111] (比較例)
比較用にエミッタ層表面にテクスチャを有しない太陽電池の作製を行った。
- [0112] 最初に $70^{\circ}C$ 25%のKOH水溶液で基板のスライスダメージをエッチングし、洗浄した後、CVD装置を用いテクスチャマスクとして窒化シリコン膜約 50nm を片面にのみ製膜した。
- [0113] テクスチャを実施例と同様に行った後、25%フッ酸水溶液で窒化シリコン膜を除去し、洗浄した。片面にのみテクスチャが形成されているのが目視で確認できた。以降、 BBr_3 の拡散工程からは、実施例1と同様に行った。
- [0114] 以上のようにして得られた実施例1～5及び比較例の太陽電池のサンプルについて、山下電装社製ソーラーシミュレータを用いてAM1.5スペクトル、照射強度 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ 、 $25^{\circ}C$ の条件下で、電流電圧特性を測定し光電変換効率を求めた。得られた結果の平均値を表1に示す。

[0115] [表1]

	光電変換効率 (%)	短絡電流 (mA/cm^2)	開放電圧 (mV)	形状因子 (%)
実施例1	22.6	41.0	682	80.8
実施例2	22.3	40.9	680	80.2
実施例3	22.5	40.9	681	80.8
実施例4	22.6	41.0	683	80.7
実施例5	22.2	40.6	678	80.6
比較例	18.6	40.3	684	67.5

- [0116] 表1に示すように、比較例に比べ、工数を短縮した実施例1は変換効率が高い。エミッタ電極下にテクスチャが存在することで、エミッタ層と電極のコンタクト抵抗が改善し、形状因子が非常に高くなっている。また、工程数

が減って汚染を受ける機会が減り、ライフタイムが改善したことも一因と考えられる。

[0117] 実施例 2 は実施例 1 と変換効率が同等である。開口後のエッチングを施さなくても高い変換効率を示すことができる。

[0118] 実施例 1 は、実施例 3 と変換効率が同等である。ベース層形成後の酸化膜厚は薄くても変換効率は低下しない。

[0119] 実施例 1 は、実施例 4 と変換効率が同等である。エミッタ電極接触部のテクスチャの存在により、裏面保護膜を開口することなく低コンタクト抵抗、高変換効率が実現できる。

[0120] 比較例に比べ、実施例 5 は変換効率が高い。本発明の方法によれば、P 型基板においても高い変換効率を示すことができる。

[0121] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] 第一導電型を有する半導体基板の両主表面に凹凸を形成する工程と、
、
前記半導体基板の第一主表面に、前記第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層を形成する工程と、
該エミッタ層上に拡散マスクを形成する工程と、
前記拡散マスクをパターン状に除去し、除去した箇所以外の拡散マスクを残存させる工程と、
前記第一主表面の前記拡散マスクを除去した箇所に、前記第一導電型を有し、かつ、前記半導体基板よりも高いドーパント濃度を有するベース層を形成する工程と、
前記残存させた拡散マスクを除去する工程と、
前記第一主表面上に誘電体膜を形成する工程と、
前記ベース層上にベース電極を形成する工程と、
前記エミッタ層上にエミッタ電極を形成する工程と
を有することを特徴とする太陽電池の製造方法。
- [請求項2] 前記拡散マスクをパターン状に除去する工程の後、かつ、前記ベース層を形成する工程の前に、前記拡散マスクを除去した箇所の半導体基板表面をエッチングす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] 前記ベース層形成後の該ベース層上の酸化シリコン膜厚を95nm以下とすることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の太陽電池の製造方法。
- [請求項4] 前記第一導電型をN型とし、前記第二導電型をP型とすることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。
- [請求項5] 前記エミッタ層を形成する工程において、前記エミッタ層を形成する際に同時に前記第一主表面上にガラス層を形成し、前記拡散マスク

を形成する工程において、前記ガラス層を残留させたまま前記エミッタ層上に拡散マスクを形成することを特徴とする請求項4に記載の太陽電池の製造方法。

[請求項6] 前記誘電体膜形成後、該誘電体膜を除去することなく前記ベース電極及び前記エミッタ電極を形成することを特徴とする請求項4又は請求項5に記載の太陽電池の製造方法。

[請求項7] 前記誘電体膜を形成する工程を、前記ベース層及び前記エミッタ層を覆うように酸化アルミニウム膜を形成し、該酸化アルミニウム膜上に窒化シリコン膜を形成する工程とすることを特徴とする請求項4から請求項6のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

[請求項8] 前記エミッタ層を形成する工程において、前記エミッタ層を前記第一主表面の全面に形成することを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

[請求項9] 前記凹凸をテクスチャとすることを特徴とする請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

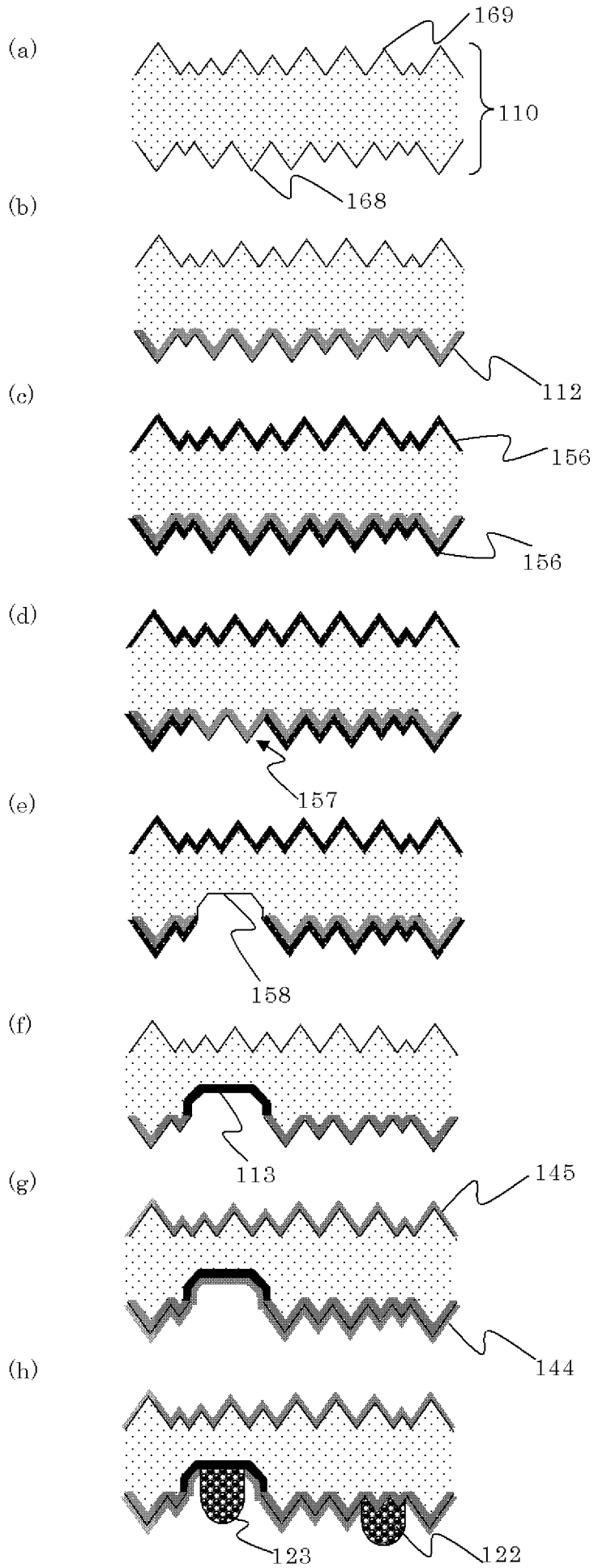
[請求項10] 第一導電型を有する半導体基板を備え、該基板の第一主表面に、前記第一導電型を有し、かつ、前記半導体基板よりも高いドーパント濃度を有するベース層及び前記第一導電型と反対の導電型である第二導電型を有するエミッタ層を備え、前記ベース層上及び前記エミッタ層上に誘電体膜を備え、前記ベース層と電氣的に接続されるベース電極を備え、前記エミッタ層と電氣的に接続されるエミッタ電極を備える太陽電池であって、

少なくとも前記エミッタ電極と前記エミッタ層の接触界面において、前記半導体基板表面に凹凸が形成されていることを特徴とする太陽電池。

[請求項11] 前記第一主表面上に表面が平坦である凹部をパターン状に有し、前記ベース層は該凹部内表面に形成されていることを特徴とする請求項10に記載の太陽電池。

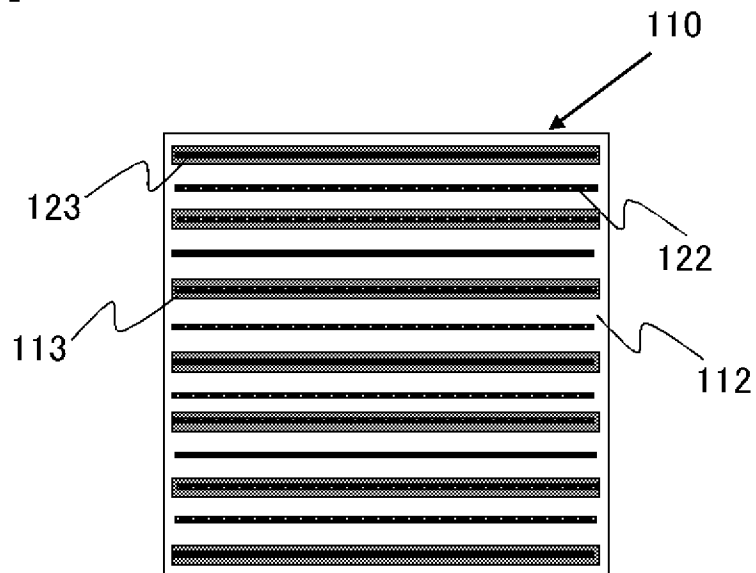
- [請求項12] 前記第一の導電型はN型であり、前記第二の導電型はP型であることを特徴とする請求項10又は請求項11に記載の太陽電池。
- [請求項13] 前記誘電体膜は酸化アルミニウム膜と窒化シリコン膜の積層構造であり、前記酸化アルミニウム膜が前記第一主表面と接することを特徴とする請求項12に記載の太陽電池。
- [請求項14] 前記ベース層及び前記エミッタ層が隣接することを特徴とする請求項10から請求項13のいずれか1項に記載の太陽電池。
- [請求項15] 前記半導体基板の第二主表面に凹凸が形成されていることを特徴とする請求項10から請求項14のいずれか1項に記載の太陽電池。
- [請求項16] 前記凹凸がテクスチャであることを特徴とする請求項10から請求項15のいずれか1項に記載の太陽電池。
- [請求項17] 請求項10から請求項16のいずれか1項に記載の太陽電池が内蔵されていることを特徴とする太陽電池モジュール。
- [請求項18] 請求項17に記載の太陽電池モジュールを有することを特徴とする太陽光発電システム。

[図1]

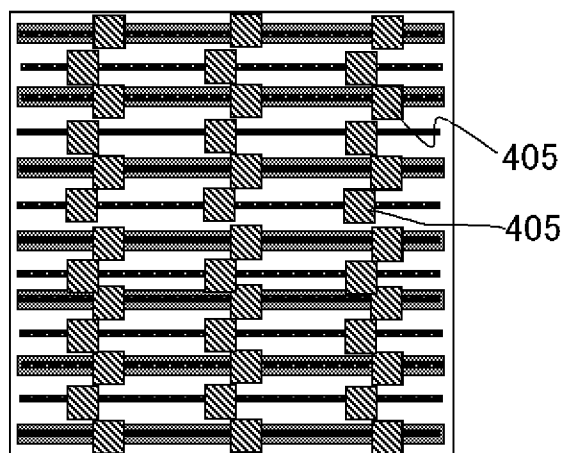


[図2]

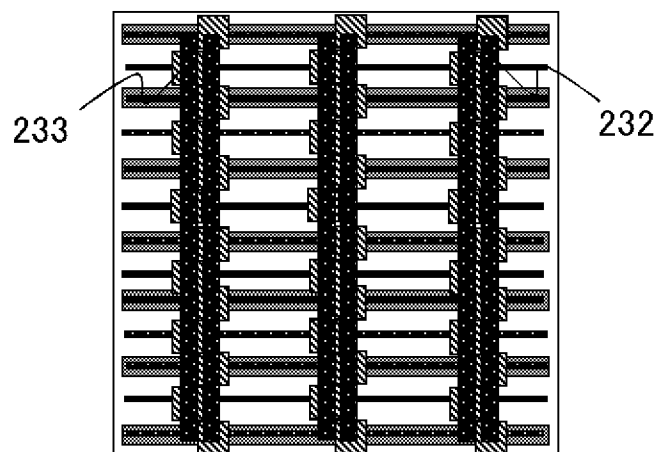
(a)



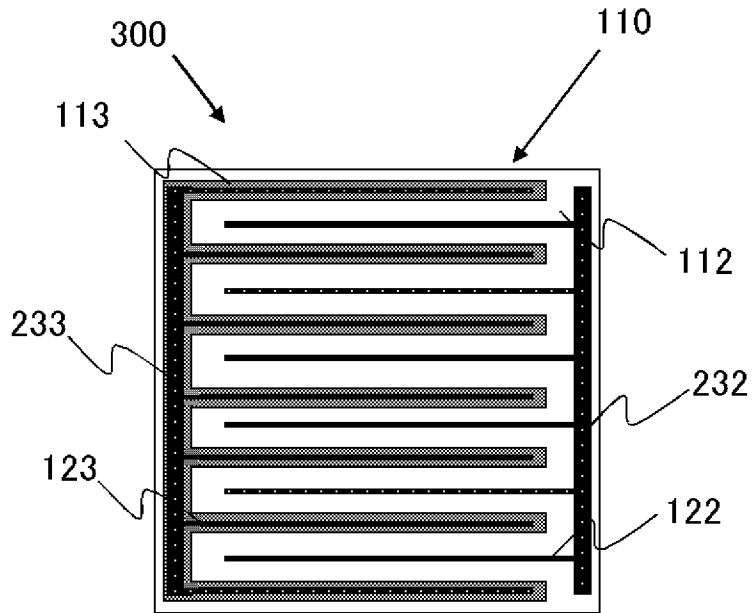
(b)



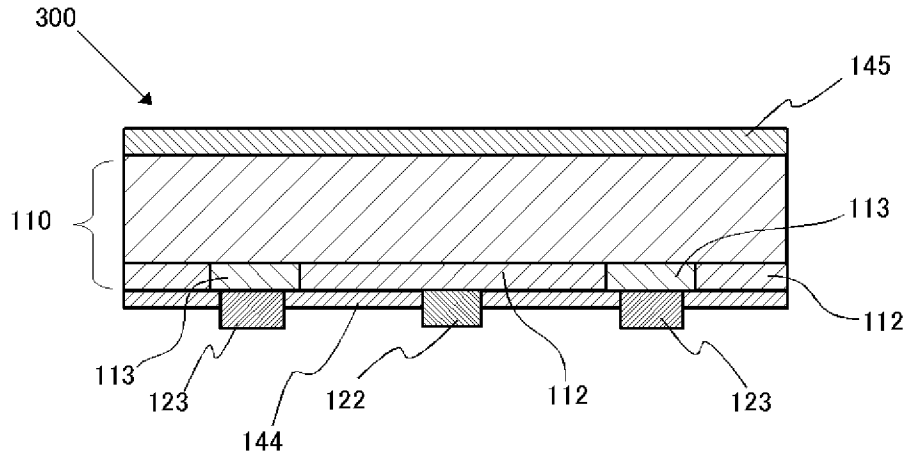
(c)



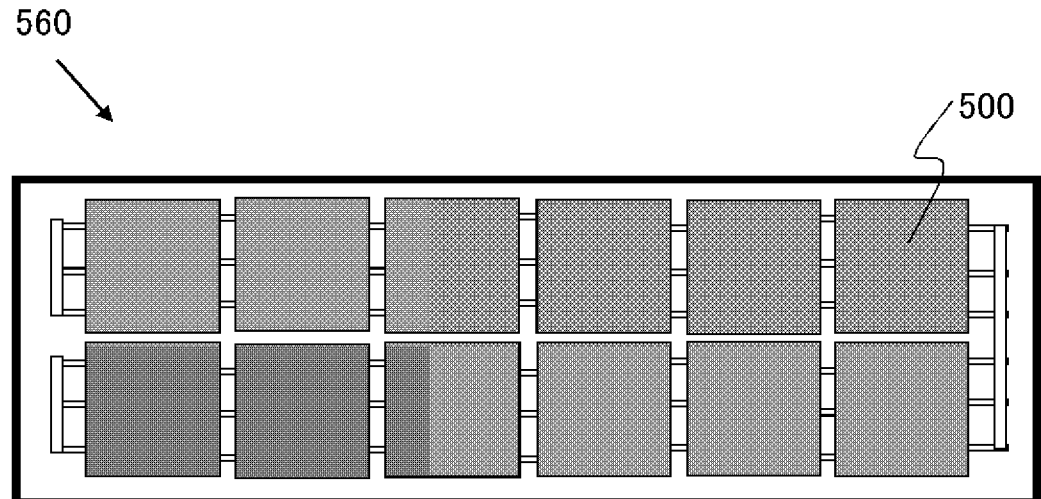
[図3]



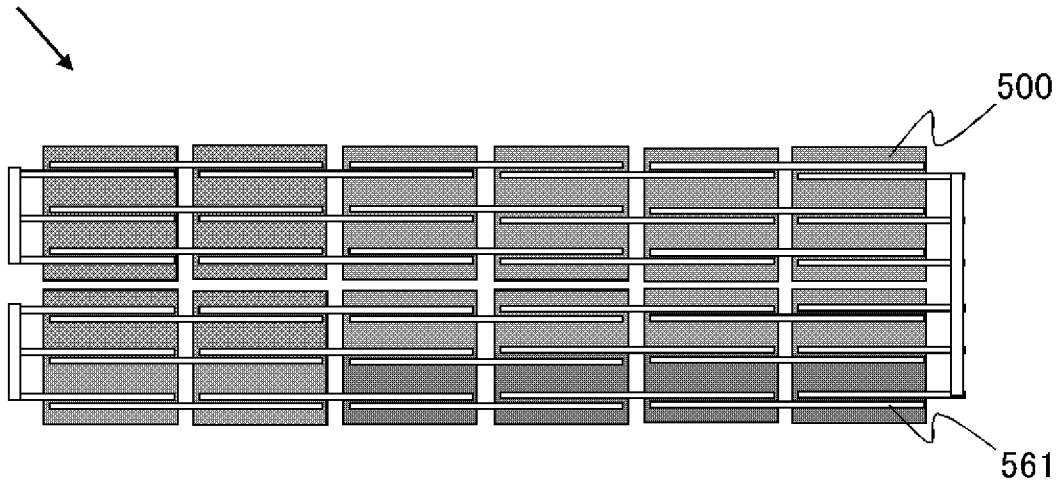
[図4]



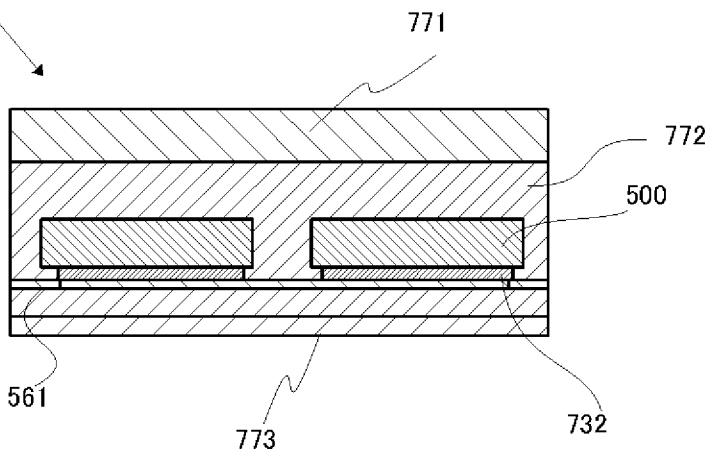
[図5]



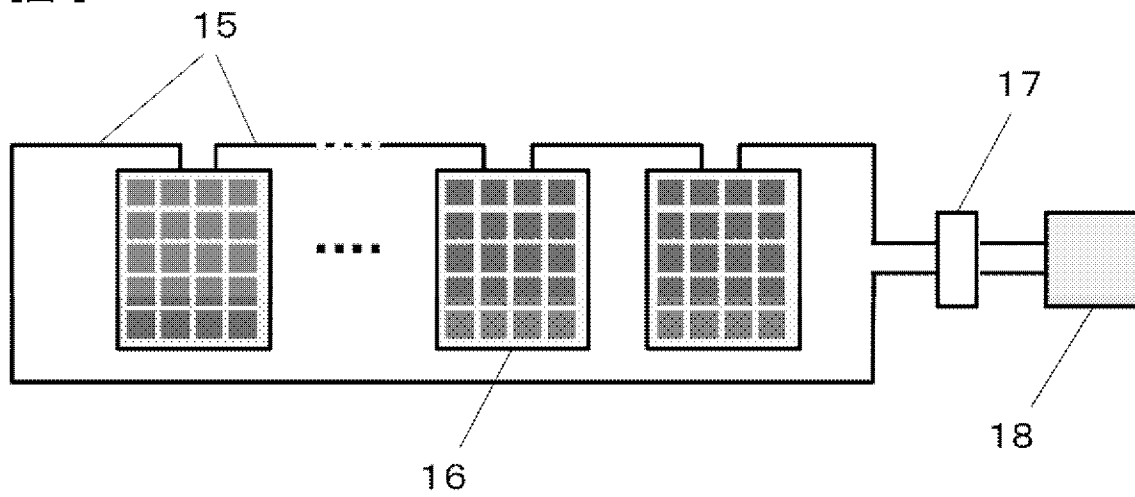
[図6]
560



[図7]
560

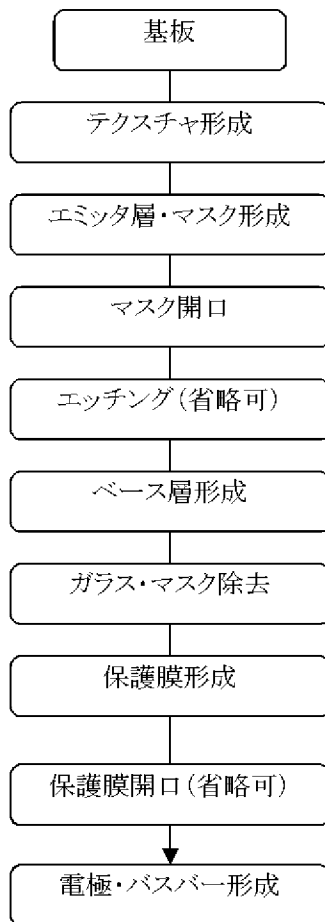


[図8]

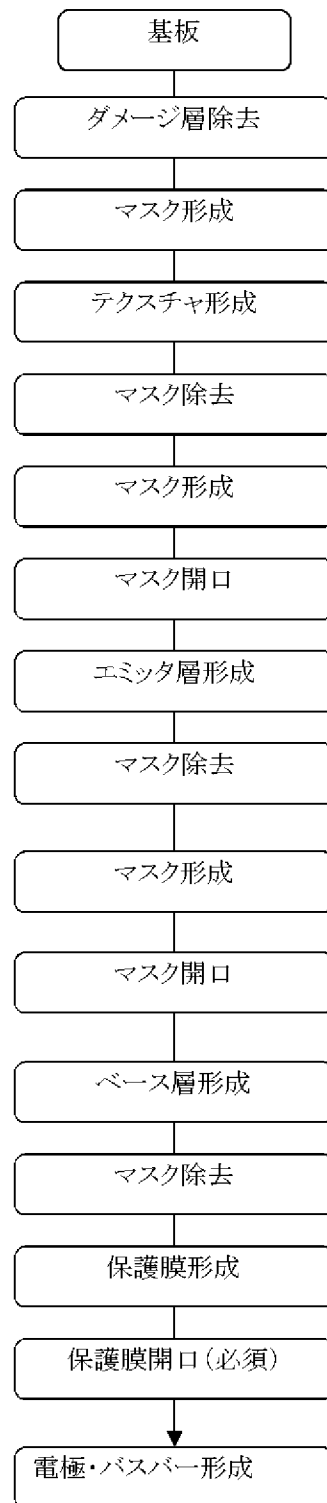


[図9]

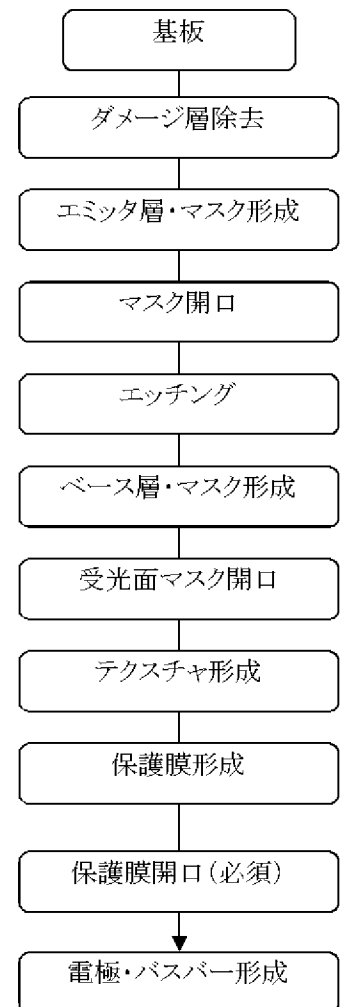
(a)



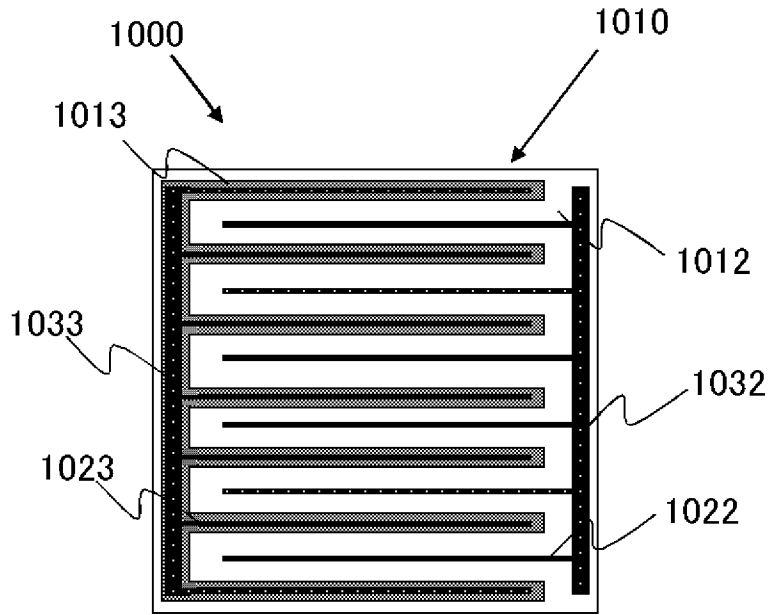
(b)



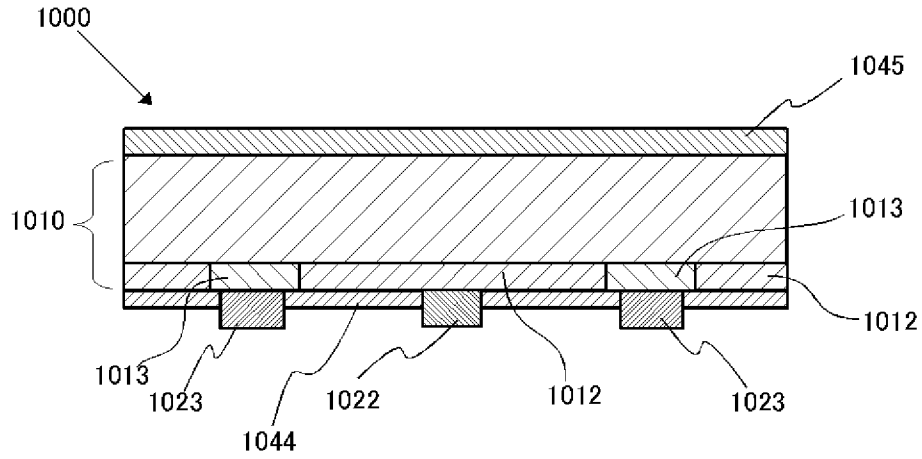
(c)



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/004689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L31/068 (2012.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L31/068

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-112600 A (Sharp Corp.), 19 June 2014 (19.06.2014), paragraphs [0019] to [0039] (Family: none)	1-18
Y	JP 2014-086590 A (Sharp Corp.), 12 May 2014 (12.05.2014), paragraphs [0026] to [0028]; fig. 1 (Family: none)	1-18
Y	JP 5963999 B1 (Mitsubishi Electric Corp.), 03 August 2016 (03.08.2016), paragraph [0058] & WO 2016/080348 A1 & TW 201630203 A	3

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 December 2016 (15.12.16)	Date of mailing of the international search report 27 December 2016 (27.12.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/004689

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 05-299672 A (Hitachi, Ltd.), 12 November 1993 (12.11.1993), paragraph [0020] (Family: none)	5
Y	JP 2016-146471 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 August 2016 (12.08.2016), paragraph [0069] (Family: none)	7,13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L31/068(2012.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L31/068

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-112600 A（シャープ株式会社） 2014.06.19, 段落【0019】 - 【0039】 （ファミリーなし）	1-18
Y	JP 2014-086590 A（シャープ株式会社） 2014.05.12, 段落【0026】 - 【0028】 , 図1 （ファミリーなし）	1-18

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.12.2016

国際調査報告の発送日

27.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

吉岡 一也

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K

4742

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 5963999 B1 (三菱電機株式会社) 2016.08.03, 段落【0058】 & WO 2016/080348 A1 & TW 201630203 A	3
Y	JP 05-299672 A (株式会社日立製作所) 1993.11.12, 段落【0020】 (ファミリーなし)	5
Y	JP 2016-146471 A (三菱電機株式会社) 2016.08.12, 段落【0069】 (ファミリーなし)	7, 13