

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5723143号
(P5723143)

(45) 発行日 平成27年5月27日 (2015. 5. 27)

(24) 登録日 平成27年4月3日 (2015. 4. 3)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 L	31/0216	(2014. 01)	HO 1 L	31/04	2 4 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 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2010-271134 (P2010-271134)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成22年12月6日 (2010. 12. 6)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2012-124193 (P2012-124193A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成24年6月28日 (2012. 6. 28)	(72) 発明者	横沢 雄二
審査請求日	平成25年10月1日 (2013. 10. 1)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	赤田 博之
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	伊坂 隆行
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	山崎 努
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 裏面電極型太陽電池の製造方法、および裏面電極型太陽電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン基板の受光面とは反対側の面に n 型用電極と p 型用電極とを有する裏面電極型太陽電池の製造方法において、

前記シリコン基板の受光面に、前記シリコン基板の導電型と同じ導電型になる不純物を含む化合物、チタンアルコキシドおよびアルコールを少なくとも含む溶液を塗布し窒素雰囲気下で熱処理することにより受光面拡散層と反射防止膜とを形成する工程と、

前記受光面拡散層と前記反射防止膜とを形成する工程の後に、前記シリコン基板の受光面に熱酸化処理により受光面パッシベーション膜として酸化シリコンを形成する工程とを有する裏面電極型太陽電池の製造方法。

【請求項 2】

前記受光面パッシベーション膜を形成する工程における熱処理温度は、850 より高い温度である請求項 1 に記載の裏面電極型太陽電池の製造方法。

【請求項 3】

前記受光面パッシベーション膜を形成する工程において、前記シリコン基板の裏面に裏面パッシベーション膜が形成される請求項 1 または 2 のいずれかに記載の裏面電極型太陽電池の製造方法。

【請求項 4】

前記受光面拡散層のシート抵抗が、100 / 以上250 / 未満である請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の裏面電極型太陽電池の製造方法。

【請求項 5】

前記受光面拡散層と反射防止膜とを形成する工程と、前記受光面パッシベーション膜を形成する工程とを、一連の熱処理によって形成する請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の裏面電極型太陽電池の製造方法。

【請求項 6】

シリコン基板の受光面とは反対側の面に n 型用電極と p 型用電極とを有する裏面電極型太陽電池において、

前記シリコン基板の受光面側に形成された、前記シリコン基板の導電型と同じ導電型で不純物濃度が前記シリコン基板よりも高い濃度である受光面拡散層と、

前記受光面拡散層の受光面上に形成された受光面パッシベーション膜と、

前記受光面パッシベーション膜の受光面上に形成された、前記シリコン基板の導電型と同じ導電型の不純物を含む酸化チタンである反射防止膜とを有し、

前記受光面拡散層のシート抵抗が、100 / 以上250 / 未満である裏面電極型太陽電池。

【請求項 7】

前記反射防止膜に含まれる不純物が n 型不純物であり、前記 n 型不純物はリン酸化物として 15 wt % ~ 35 wt % 含有する請求項 7 に記載の裏面電極型太陽電池。

【請求項 8】

前記受光面パッシベーション膜は、酸化シリコンである請求項 6 または 7 に記載の裏面電極型太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、裏面電極型太陽電池の製造方法、および裏面電極型太陽電池、特に、裏面電極型太陽電池の受光面側の構造に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽電池は、近年、特に地球環境問題の観点から、次世代のエネルギー源としての期待が急激に高まっている。太陽電池としては、化合物半導体または有機材料を用いたものなど様々な種類があるが、現在、主流となっているのは、シリコン結晶を用いたものである。

【0003】

現在、最も多く製造および販売されている太陽電池は、太陽光が入射する側の面である受光面と、受光面の反対側である裏面とに電極が形成された構造のものである。

【0004】

しかしながら、受光面に電極を形成した場合、電極における光の反射、吸収があることから、形成された電極の面積分だけ入射する太陽光が減少するので、裏面にのみ電極を形成した裏面電極型太陽電池が開発されている。

【0005】

図10は、特許文献1に開示されている従来の裏面電極型太陽電池の断面を表す模式図である。以下に、従来の裏面電極型太陽電池101について説明する。

【0006】

n型シリコンウェーハ104の受光面側には凹凸形状105が形成され、n型前面側拡散領域106であるFSF(Front Surface Field)層が形成されている。そして、凹凸形状105上には、n型シリコンウェーハ104側から、二酸化ケイ素を含む誘電性パッシベーション層108、窒化シリコンを含む反射防止コーティング107が形成されている。

【0007】

また、n型シリコンウェーハ104の裏面には酸化物層109が形成されている。さらに、n型シリコンウェーハ104の裏面側にはn型ドーパされたn⁺領域110とp型ド

10

20

30

40

50

ープされた p^+ 領域111とが交互に形成されている。そして、 n^+ 領域110には n 型用金属コンタクト102が形成されており、 p^+ 領域111には p 型用金属コンタクト103が形成されている。

【0008】

次に、裏面電極型太陽電池101の受光面側の形成方法を示す。 n 型シリコンウェーハ104の受光面となる面にエッチングによる凹凸形状105を形成後、拡散により n 型前面側拡散領域106を形成し、その後、高温酸化による二酸化シリコンの誘電性パッシベーション層108形成し、プラズマ化学気相成長法による窒化シリコンの反射防止コーティング107を形成する。

【0009】

また、裏面電極型太陽電池101の裏面側の形成方法を示す。 n 型シリコンウェーハ104の受光面となる面と反対の面側である裏面に、 n 型ドーパされた n^+ 領域110と p 型ドーパされた p^+ 領域111とを形成し、その後、裏面電極型太陽電池101の裏面に酸化層109を形成する。次に、酸化層109にパターン形成し、 n 型用金属コンタクト102と p 型用金属コンタクト103とを形成する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特表2008-532311号公報（平成20年8月14日公表）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献1に記載のFSF層をもつ裏面電極型太陽電池の受光面側の製造方法では、 n 型シリコンウェーハの受光面に凹凸形状を形成後、拡散による n 型前面側拡散領域を形成し、その後、誘電性パッシベーション層を形成し、さらに、反射防止コーティングを形成しているため、工程数が多く、裏面電極型太陽電池を効率的に製造することができなかった。

【0012】

そこで、工程数を減らす検討を行い、さらに、裏面電極型太陽電池の特性を上げるため、再結合電流を低減させる検討を行った。再結合電流は、受光面側のパッシベーション性と裏面側のパッシベーション性とに大きく起因している。加えて、受光面側にはFSF層が形成されているので、受光面側のパッシベーション性には、FSF層の不純物濃度も影響する。

【0013】

図11は、工程数を減らした裏面電極型太陽電池の受光面側のみの製造フロー図である。 n 型シリコン基板の受光面となる面（以下「 n 型シリコン基板の受光面」という。）にテクスチャ構造である凹凸形状を形成する（S101。「S」はステップを表す。以下同様。）。次に、 n 型シリコン基板の受光面にリン化合物、チタンアルコキシドおよびアルコールを少なくとも含む混合液の塗布を行い、乾燥する。その後、酸素を含む雰囲気中で熱処理を行い、 n 型不純物であるリンが拡散して、受光面側全面に受光面拡散層である n^+ 層および反射防止膜となるリンを含有した酸化チタン膜が形成される（S102）。次に、熱酸化を行い、受光面拡散層と反射防止膜との間に受光面パッシベーション膜である酸化シリコン膜が形成される（S103）。

【0014】

しかしながら、上記工程では、工程数を減らすことはできたが、S102において、酸素を含む雰囲気中で熱処理を行った場合、受光面側のパッシベーション性に起因した再結合電流を低減させることができなかった。

【0015】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、工程数を低減して、効率的に製造し、さらに、受光面側のパッシベーション性に起因した再結合電流を低減す

10

20

30

40

50

ることが可能な裏面電極型太陽電池の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法は、シリコン基板の受光面とは反対側の面にn型用電極とp型用電極とを有する裏面電極型太陽電池の製造方法において、シリコン基板の受光面に、シリコン基板の導電型と同じ導電型になる不純物を含む化合物、チタンアルコキシドおよびアルコールを少なくとも含む溶液を塗布し窒素雰囲気中で熱処理することにより受光面拡散層と反射防止膜とを形成する工程と、受光面拡散層と反射防止膜とを形成する工程の後に、シリコン基板の受光面に熱酸化処理により受光面パッシベーション膜として酸化シリコンを形成する工程とを有する。

10

【0017】

ここで、本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法は、受光面パッシベーション膜を形成する工程における熱処理温度は、850より高い温度であってもよい。

【0019】

また、本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法は、受光面パッシベーション膜を形成する工程において、シリコン基板の裏面に裏面パッシベーション膜が形成されてもよい。

【0020】

また、本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法は、受光面拡散層のシート抵抗が、100 / 以上250 / 未満であってもよい。

【0021】

20

また、本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法は、受光面拡散層と反射防止膜とを形成する工程と、受光面パッシベーション膜を形成する工程とを、一連の熱処理によって形成してもよい。

【0022】

本発明の裏面電極型太陽電池は、シリコン基板の受光面とは反対側の面にn型用電極とp型用電極とを有する裏面電極型太陽電池において、シリコン基板の受光面側に形成された、シリコン基板の導電型と同じ導電型で不純物濃度がシリコン基板よりも高い濃度である受光面拡散層と、受光面拡散層の受光面上に形成された受光面パッシベーション膜と、受光面パッシベーション膜の受光面上に形成された、シリコン基板の導電型と同じ導電型の不純物を含む酸化チタンである反射防止膜とを有し、受光面拡散層のシート抵抗が、100 / 以上250 / 未満である。

30

【0023】

ここで、本発明の裏面電極型太陽電池は、反射防止膜に含まれる不純物がn型不純物であり、n型不純物はリン酸化物として15wt%～35wt%含有してもよい。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、チタンアルコキシドおよびアルコールを少なくとも含む溶液に、裏面電極型太陽電池に用いられるシリコン基板の導電型と同じ導電型になるような不純物を含む化合物を含めることで、反射防止膜とF S F層である受光面拡散層とを形成することができるため、工程数を低減して効率的に製造することができる。

40

【0025】

さらに、受光面拡散層と反射防止膜とを形成する工程における熱処理を窒素雰囲気で行うことにより、受光面側のパッシベーション性に起因する再結合電流を低減させることができ、裏面電極型太陽電池特性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の裏面電極型太陽電池の一例の模式的な裏面図である。

【図2】本発明の裏面電極型太陽電池の一例の模式的な断面構成図である。

【図3】本発明の裏面電極型太陽電池の一例の裏面側から見た半導体領域の模式的な図である。

50

【図４】本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法の一例を示す模式的な図である。

【図５】本発明の効果を評価するサンプルの構造を表す模式的な図である。

【図６】本発明の効果を評価するサンプルの作製フロー図である。

【図７】図６のフローに対する酸化シリコン膜形成温度 T を変えた場合の再結合電流 J_0 の測定結果である。

【図８】図６のフローに対する酸化シリコン膜形成温度 T を変えた場合のシート抵抗 s の測定結果である。

【図９】酸化チタン膜の X 線解析結果である。

【図１０】従来技術の裏面電極型太陽電池の一例の模式的な断面構成図である。

【図１１】工程数を減らした裏面電極型太陽電池の受光面側のみの製造フロー図である。

10

【発明を実施するための形態】

【実施例１】

【００２７】

図１、図２は、受光面と反対側の面である裏面にのみ電極を形成した本発明の一例の裏面電極型太陽電池を表す図である。図１は、裏面電極型太陽電池１の裏面側から見た図であり、裏面電極型太陽電池１の裏面には、 n 型用電極２および p 型用電極３がそれぞれ帯状に交互に形成されている。

【００２８】

図２は、図１で示した A - A の断面を表す図である。単結晶シリコン基板である n 型シリコン基板４の受光面側にはテクスチャ構造である凹凸形状５が形成されている。この凹凸は数 μm ～数十 μm オーダーである。受光面側全面には受光面拡散層６である n^+ 層が F S F (F r o n t S u r f a c e F i e l d) 層として形成され、受光面拡散層６の受光面側には受光面パッシベーション膜１３が形成されている。さらに、受光面側には反射防止膜１２が形成されている。ここで、受光面パッシベーション膜１３は酸化シリコン膜で、その膜厚は 5nm ～ 200nm であり、好ましくは 5nm ～ 60nm である。また、反射防止膜１２は酸化チタン膜である。膜厚は 10 ～ 400nm である。さらに、反射防止膜にはリンが含まれており、その濃度はリン酸化物として 15 ～ $35\text{wt}\%$ 含有する。

20

【００２９】

また、 n 型シリコン基板４の裏面には、 n 型シリコン基板４側から、第２裏面パッシベーション膜８、第１裏面パッシベーション膜１１の２層からなる裏面パッシベーション膜１４が形成されている。 n 型シリコン基板４の裏面側には n 型半導体領域である n^+ 領域９と p 型半導体領域である p^+ 領域１０とが交互に隣接して形成されており、 n 型シリコン基板４の裏面の n^+ 領域９の表面は、 n 型シリコン基板４の裏面の n^+ 領域９以外の表面よりも凹状になっている。ここで、図２に示す凹状の深さ d は数十 nm のオーダーである。さらに、 n^+ 領域９には n 型用電極２が形成され、 p^+ 領域１０には p 型用電極３が形成されている。 n 型シリコン基板４の裏面の最も外側には、電極が形成されていない、すなわち、電極に接触していない半導体領域である p^+ 領域７１が形成されている。また、 n^+ 領域９上の裏面パッシベーション膜１４と p^+ 領域１０上の裏面パッシベーション膜１４とに膜厚差があり、 n^+ 領域９上の裏面パッシベーション膜１４の方が厚くなっている。ここで、 n^+ 領域９と p^+ 領域１０とが交互に隣接して形成されていることより、裏面電極型太陽電池１に逆方向のバイアスがかかったとき、部分的に電圧がかかることなく、局所的なリーク電流による発熱をさけることができる。

30

40

【００３０】

図３は、裏面電極型太陽電池１から n 型用電極２と p 型用電極３とを除去し、さらに裏面パッシベーション膜１４を除去した場合に、 n^+ 領域９と p^+ 領域１０とを裏面側から見た図である。 n 型シリコン基板４の裏面の外周縁には、電極に接触していない半導体領域である p^+ 領域７１が形成されている（外周縁に形成された電極に接触していない半導体領域を、以下「外周縁半導体領域」という。）。 n^+ 領域９の周囲に、 n^+ 領域９とは導電型の異なる外周縁半導体領域である p^+ 領域７１を形成することで、裏面電極型太陽

50

電池 1 のエッジ部等に半導体領域ができたとしても、その半導体領域と、 n^+ 領域 9 および p^+ 領域 10 とは、電氣的に分離できている。外周縁には、電極に接触していない半導体領域があるので、裏面電極型太陽電池 1 に逆方向のバイアスがかかったとき、外周縁を通して発生するリーク電流を抑えることができる。また、図 3 では、 n^+ 領域 9 は全てつながって 1 つの半導体領域を形成しているが、必ずしも全部がつながっていてもよい。さらに、図 3 では、 p^+ 領域 10 は複数に分離して形成しているが、つながっている箇所があってもよい。

【0031】

なお、最も外側の電極が同じ導電型なので、形成した電極を回転対称構造にすることが可能になり、裏面電極型太陽電池を複数並べる太陽電池モジュールを作製する際、例えば、図 1 に示す裏面電極型太陽電池の上下が反対になっても問題ない。

10

【0032】

以下に、本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法の一例を示す。

【0033】

図 4 は、図 1、および図 2 に示す本発明の裏面電極型太陽電池の製造方法の一例である。図 4 に示すように模式的断面図を参照して説明する。

【0034】

まず、図 4 (a) に示すように、 $100\mu\text{m}$ 厚の n 型シリコン基板 4 の受光面となる面 (以下「 n 型シリコン基板の受光面」という。) の反対側の面である裏面 (以下「 n 型シリコン基板の裏面」という。) に、窒化シリコン膜等のテクスチャマスク 21 を CVD 法、またはスパッタ法等で形成する。その後、図 4 (b) に示すように、 n 型シリコン基板 4 の受光面にテクスチャ構造である凹凸形状 5 をエッチングにより形成する。エッチングは、たとえば、水酸化ナトリウムまたは水酸化カリウムなどのアルカリ水溶液にイソプロピルアルコールを添加し、 70°C 以上 80°C 以下に加熱した溶液により行われる。

20

【0035】

次に、図 4 (c) を用いて次工程を説明する。図 4 (c) は、 n 型シリコン基板 4 の裏面側が上となっている。図 4 (c) に示すように、 n 型シリコン基板 4 の裏面に形成したテクスチャマスク 21 を除去後、 n 型シリコン基板 4 の受光面に酸化シリコン膜等の拡散マスク 22 を形成する。その後、 n 型シリコン基板 4 の裏面において、 n^+ 領域 9 を形成しようとする箇所以外に、例えば、溶剤、増粘剤および酸化シリコン前駆体を含むマスク 23 を形成し、 POCl_3 を用いた気相拡散によって、 n 型シリコン基板 4 の裏面の露出した箇所に、 n 型不純物であるリンが拡散して n^+ 領域 9 が形成される。

30

【0036】

次に、図 4 (d) に示すように、 n 型シリコン基板 4 に形成した拡散マスク 22、23、および拡散マスク 22、23 にリンが拡散して形成されたガラス層をフッ化水素酸処理により除去した後、酸素または水蒸気による熱酸化を行い、酸化シリコン膜 24 を形成する。この際、図 4 (d) に示すように、 n 型シリコン基板 4 の裏面の n^+ 領域 9 上の酸化シリコン膜 24 が厚くなる。 900°C で水蒸気による熱酸化を行い、 n^+ 領域 9 上以外の酸化シリコン膜 24 の膜厚が $70\text{nm} \sim 90\text{nm}$ 、 n^+ 領域 9 上の酸化シリコン膜 24 の膜厚は $250\text{nm} \sim 350\text{nm}$ になった。ここで、熱酸化前の n^+ 領域 9 のリンの表面濃度は、 $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上であり、熱酸化の処理温度の範囲としては、酸素による熱酸化で $800^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ 、水蒸気による熱酸化で $800^\circ\text{C} \sim 950^\circ\text{C}$ である。

40

【0037】

酸化シリコン膜 24 を、 p^+ 領域形成時の n^+ 領域の拡散マスクとして使用するには、 n^+ 領域 9 上と n^+ 領域 9 上以外との酸化シリコン膜 24 の膜厚差は、 60nm 以上必要となる。

【0038】

また、熱酸化時に、シリコン基板に拡散される不純物の種類と濃度により、熱酸化による酸化シリコン膜の成長速度が異なる。とくに n 型不純物濃度が高い場合は、成長速度が

50

速くなる。このため、 n 型シリコン基板 4 よりも n 型不純物濃度が高い n^+ 領域 9 上の酸化シリコン膜 2 4 の膜厚の方が n 型シリコン基板 4 上よりも厚くなる。酸化シリコン膜 2 4 は、熱酸化時にシリコンと酸素とが結びつくことで形成されるので、 n 型シリコン基板 4 の裏面の n^+ 領域 9 の表面は、 n 型シリコン基板 4 の裏面の n^+ 領域 9 以外である p^+ 領域の表面よりも凹状になる。

【0039】

次に、図 4 (e) に示すように、 n 型シリコン基板 4 の受光面の酸化シリコン膜 2 4 および裏面の n^+ 領域 9 上以外の酸化シリコン膜 2 4 をエッチングにより除去する。裏面では、上記に示したように、酸化シリコン膜 2 4 が n^+ 領域 9 上に厚く形成されているので、 n^+ 領域 9 上だけ酸化シリコン膜 2 4 が残る。 n^+ 領域 9 上の酸化シリコン膜 2 4 と n^+ 領域 9 上以外の酸化シリコン膜 2 4 とのエッチングレートの差により、 n^+ 領域 9 上の酸化シリコン膜 2 4 は 120 nm 程度の膜厚となる。例えば、900 30 分の水蒸気による熱酸化で酸化シリコン膜 2 4 を形成し、 n^+ 領域 9 上以外の酸化シリコン膜 2 4 を除去するためにフッ化水素酸処理をした場合、 n^+ 領域 9 上の酸化シリコン膜 2 4 の膜厚は 120 nm 程度となる。先述したように 60 nm 以上あれば p^+ 領域形成時の拡散マスクとして機能する。

【0040】

さらに、 n 型シリコン基板 4 の受光面に酸化シリコン膜等の拡散マスク 2 5 を形成し、その後、 n 型シリコン基板 4 の裏面に、有機性高分子にホウ素化合物を反応させたポリマーをアルコール系溶媒に溶解させた溶液を塗布し、乾燥後、熱処理により n 型シリコン基板 4 の裏面の露出した箇所に p 型不純物であるボロンが拡散して p^+ 領域が形成される。この際、 p^+ 領域 1 0 と p^+ 領域 7 1 とが形成される。

【0041】

次に、図 4 (f) を用いて次工程を説明する。図 4 (f) は、 n 型シリコン基板 4 の受光面側が上となっている。図 4 (f) に示すように、 n 型シリコン基板 4 に形成した酸化シリコン膜 2 4、拡散マスク 2 5、および酸化シリコン膜 2 4、拡散マスク 2 5 にボロンが拡散して形成されたガラス層をフッ化水素酸処理により除去する。その後、 n 型シリコン基板 4 の裏面に酸化シリコン膜等の拡散マスクを兼ねた第 1 裏面パッシベーション膜 1 1 を CVD 法、または SOG (スピンオンガラス) の塗布、焼成により形成する。その後、 n 型シリコン基板 4 の受光面に受光面拡散層 6 である n^- 層および反射防止膜 1 2 を形成するため、 n 型シリコン基板 4 の受光面にリン化合物、チタンアルコキシドおよびアルコールを少なくとも含む混合液 2 7 の塗布を行い、乾燥する。ここで、混合液 2 7 のリン化合物としては五酸化リン、チタンアルコキシドとしてはテトライソプロピルチタネート、およびアルコールとしてはイソプロピルアルコールを用いる。

【0042】

次に、図 4 (g) に示すように、熱処理により n 型不純物であるリンが拡散して受光面側全面に受光面拡散層 6 である n^- 層および反射防止膜 1 2 となるリンを含有した酸化チタン膜が形成される。この熱処理は、窒素雰囲気で行った。

【0043】

n 型シリコン基板 4 の裏面に酸化シリコン膜による第 2 裏面パッシベーション膜 8 を形成するため、酸素または水蒸気による熱酸化を行う。この際、 n 型シリコン基板 4 の裏面に第 2 裏面パッシベーション膜 8 である酸化シリコン膜が形成されながら、図 4 (j) に示すように、 n 型シリコン基板 4 の受光面全面にも、酸化シリコン膜が形成される。この受光面全面に形成された酸化シリコン膜は、受光面拡散層 6 と反射防止膜 1 2 との間に形成され、受光面パッシベーション膜 1 3 となる。また、第 2 裏面パッシベーション膜 8 と受光面パッシベーション膜 1 3 との形成は、受光面拡散層 6 および反射防止膜 1 2 を形成する熱処理に引き続き、ガスを切り替えて酸素または水蒸気による熱酸化を行うことによっても可能である。すなわち、受光面拡散層 6 である n^- 層および反射防止膜 1 2 を形成する熱処理と、受光面パッシベーション膜 1 3 形成する熱処理とを、一連の熱処理によって形成することにより、工程数を減らすことができる。

【0044】

次に、図4(h)に示すように、n型シリコン基板4の裏面側に形成されたn⁺領域9、p⁺領域10に電極を形成するため、n型シリコン基板の裏面に形成された裏面パッシベーション膜14にパターニングを行う。パターニングは、エッチングペーストをスクリーン印刷法などで塗布し加熱処理により行われる。その後、パターニング処理を行ったエッチングペーストは超音波洗浄し酸処理により除去する。ここで、エッチングペーストとしては、例えば、エッチング成分としてリン酸、フッ化水素、フッ化アンモニウムおよびフッ化水素アンモニウムからなる群から選択された少なくとも1種を含み、水、有機溶媒および増粘剤を含むものである。

【0045】

次に、図4(i)に示すように、n型シリコン基板4の裏面の所定の位置に銀ペーストをスクリーン印刷法により塗布し、乾燥する。その後、焼成により、n⁺領域9にはn型用電極2が形成され、p⁺領域10にはp型用電極3が形成され、裏面電極型太陽電池1を作製した。

【0046】

ここで、受光面側のパッシベーション性の効果を評価するため、サンプルを作製して、再結合電流を測定した。測定は、QSSPC(Quasi Steady State Photo Conductance)法を用い、測定器として、シントンコンサルティング社製のWTC-120を用いた。

【0047】

図5は作製したサンプル81の構造である。82はn型シリコン基板、83は受光面拡散層に対応するn⁻層、84はパッシベーション膜である酸化シリコン膜、85は反射防止膜に対応するリンを含有した酸化チタン膜に相当する。

【0048】

図6は、図5のサンプル81の製造方法を示す製造フロー図である。図5に示すサンプル81は、まず、n型シリコン基板82の両面に凹凸構造(図5では図示していない)を形成する(S1。「S」はステップを表す。以下同様。)。n型シリコン基板82の両面に、リン化合物、チタンアルコキシドおよびアルコールを少なくとも含む混合液の塗布を行い、乾燥する。ここで、混合液のリン化合物としては五酸化リン、チタンアルコキシドとしてはテトライソプロピルチタネート、およびアルコールとしてはイソプロピルアルコールを用いる(S2)。熱処理によりn型不純物であるリンが拡散してn⁻層83およびリンを含有した酸化チタン膜85が形成される(S3)。熱酸化を行い、酸化シリコン膜84を形成する(S4)。また、サンプル81を作製して再結合電流の測定後、サンプル81の、両側の酸化チタン膜85、および両側の酸化シリコン膜84を除去し、さらに、片側のn⁻層83を除去した後、シート抵抗の測定を、除去していないn⁻層83上で行った。

【0049】

図7は、図6において、S4の酸化シリコン膜形成温度Tを850、900、950、1000に変えた場合の再結合電流J₀の測定結果である。図7において、は、S4の前工程であるS3の熱処理を窒素雰囲気で行った場合であり、は、比較例として、S3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行った場合である。ここで、図7の縦軸の値は、S3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行った後、S4の酸化シリコン膜形成温度Tを850で行った際の再結合電流J₀を1とした場合の値である。また、S4で形成する酸化シリコン膜はパッシベーション膜に対応する膜であるので、そのパッシベーション性を確保するため酸化シリコン膜形成温度Tを850以上とした。なお、S4で形成する酸化シリコン膜は酸素を用いた熱酸化で形成した。

【0050】

図7から、S3の熱処理を窒素雰囲気で行えば、S4の酸化シリコン膜形成温度Tを高くするほど、再結合電流J₀を低減することができた。しかしながら、比較例であるS3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行った場合は、S4の酸化シリコン膜形成温度Tを変化さ

10

20

30

40

50

せても再結合電流 J_0 を低減させることができなかった。

【0051】

また、S4の酸化シリコン膜形成温度Tが高い領域で、S3の熱処理を窒素雰囲気で行うと、比較例に比べ、再結合電流 J_0 値が低くなることわかる。S4の酸化シリコン膜形成温度Tは850より高い温度で、比較例に比べ、再結合電流 J_0 値が低くなることわかり、好ましくは900以上、より好ましくは950以上であることがわかる。これから、S3の熱処理での雰囲気、S4の酸化シリコン膜形成温度Tが、再結合電流 J_0 に影響することがわかる。

【0052】

図8は、図6において、S3の熱処理を窒素雰囲気で行い、S4の酸化シリコン膜形成温度Tを850、900、950、1000に変えた場合のシート抵抗 s の測定結果である。図8から、n型シリコン基板表面のシート抵抗値を100 / 以上250 / 未満で、実用的な裏面電極型太陽電池が得られることがわかった。また、比較例で、S4の酸化シリコン膜形成温度Tを900、1000にした場合のn型シリコン基板表面のシート抵抗値も図8に示しておく。このように、S3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行ったものはn型シリコン基板表面のシート抵抗値が低いため、S3の熱処理を窒素雰囲気で行ったものに比べ、再結合電流 J_0 値が高くなったと考えられる。これは、酸素雰囲気における熱処理では、シリコン基板に対してn型不純物であるリンがシリコン基板表面に偏析し、この偏析したリンによるディフェクトより再結合電流が下がらなかったと

【0053】

したがって、裏面電極型太陽電池1作製時において、受光面拡散層6であるn⁻層、および反射防止膜12となるリンを含有した酸化チタン膜作製時の熱処理を窒素雰囲気で行うことで、酸素を含む雰囲気で行うよりも裏面電極型太陽電池1の受光面側の再結合電流を低減することができ、裏面電極型太陽電池特性を向上させることができる。そして、受光面パッシベーション膜13である酸化シリコン膜形成温度を850より高く、より好ましくは900以上にすることで、裏面電極型太陽電池1の受光面側の再結合電流を低減することができ、裏面電極型太陽電池特性を向上させることができる。加えて、受光面パッシベーション膜13である酸化シリコン膜形成後の、受光面拡散層6であるn⁻層のn型シリコン基板4表面のシート抵抗値を100 / 以上250 / 未満であれば、さらに、裏面電極型太陽電池1の受光面側の再結合電流を低減することができ、裏面電極型太陽電池特性を向上させることができる。

【0054】

次に、S3の熱処理を窒素雰囲気で行った後S4の熱処理を行った場合と、S3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行った後S4の熱処理で行った場合の、酸化チタン膜85のX線解析を行った。図9は、X線解析の結果である。(a)は、S3の熱処理を窒素雰囲気で行った場合、(b)は、S3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行った場合であり、(a)、(b)とも、S3の熱処理温度は920であり、S4の酸化シリコン膜形成温度は950である。図9から、S3の熱処理を窒素雰囲気で行った場合、酸化チタン膜はアナタース型であり、S3の熱処理を酸素を含む雰囲気で行った場合、酸化チタン膜はルチル型である結果が得られた。

【0055】

実施例1では、n型シリコン基板について記載したが、p型シリコン基板を用いることも可能である。その際、受光面拡散層が存在する場合はp型不純物を用いたp⁻層となり、反射防止膜はp型不純物が含まれた膜となり、他の構造はn型シリコン基板について記載した上記構造と同様である。

【0056】

また、p型シリコン基板を用いる場合は、より高い短絡電流を得るために、シリコン基板の導電型であるp型と異なる導電型であり、電極が形成されたn⁺領域の合計面積のほうが、電極が形成されたp⁺領域の合計面積よりも大きい。この場合、隣接するp⁺領域

は長さ方向に対し垂直方向に分離されていてもよい。その際、 p^+ 領域間は n^+ 領域が形成されている。また、 n^+ 領域が長さ方向に対し垂直方向に分離されている場合は、 n^+ 領域間に p^+ 領域が形成されている。

【0057】

さらに、本発明の裏面電極型太陽電池の概念には、半導体基板の裏面となる面のみに p 型用電極および n 型用電極の双方が形成された構成の裏面電極型太陽電池だけでなく、MWT (Metal Wrap Through) 型 (半導体基板に設けられた貫通孔に電極の一部を配置した構成の太陽電池) などの構成の太陽電池も含まれる。

【符号の説明】

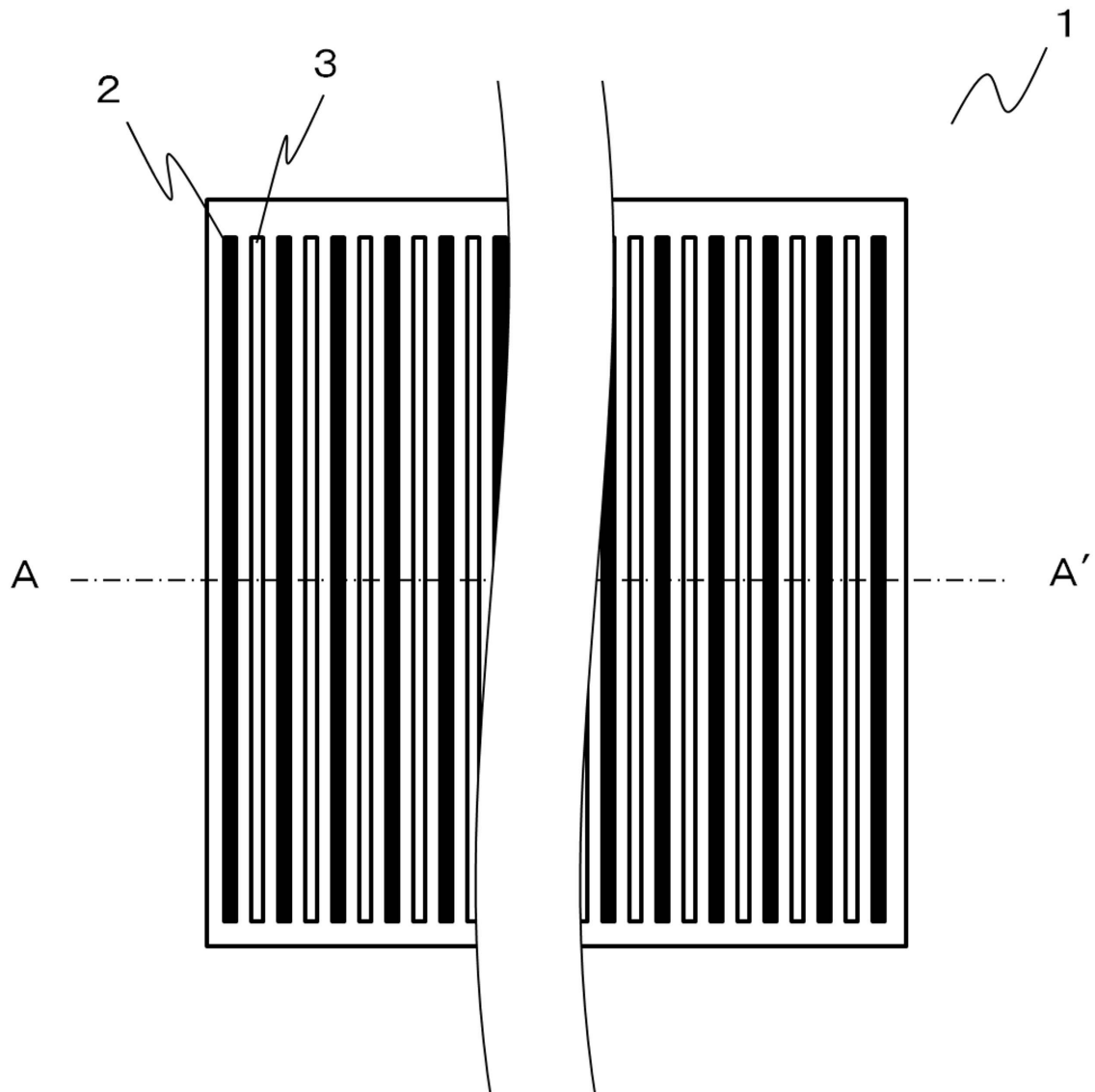
【0058】

1 裏面電極型太陽電池、2 n 型用電極、3 p 型用電極、4 n 型シリコン基板、5 凹凸形状、6 受光面拡散層、8 第2裏面パッシベーション膜、9 n^+ 領域、10 p^+ 領域、11 第1裏面パッシベーション膜、12 反射防止膜、13 受光面パッシベーション膜、14 裏面パッシベーション膜、21 テクスチャマスク、22 拡散マスク、23 拡散マスク、24 酸化シリコン膜、25 拡散マスク、27 混合液、71 p^+ 領域、81 サンプル、82 n 型シリコン基板、83 n^+ 層、84 酸化シリコン膜、85 酸化チタン膜、101 裏面電極型太陽電池、102 n 型用金属コンタクト、103 p 型用金属コンタクト、104 n 型シリコンウェーハ、105 凹凸形状、106 n 型前面側拡散領域、107 反射防止コーティング、108 誘電性パッシベーション層、109 酸化物層、110 n^+ 領域、111 p^+ 領域。

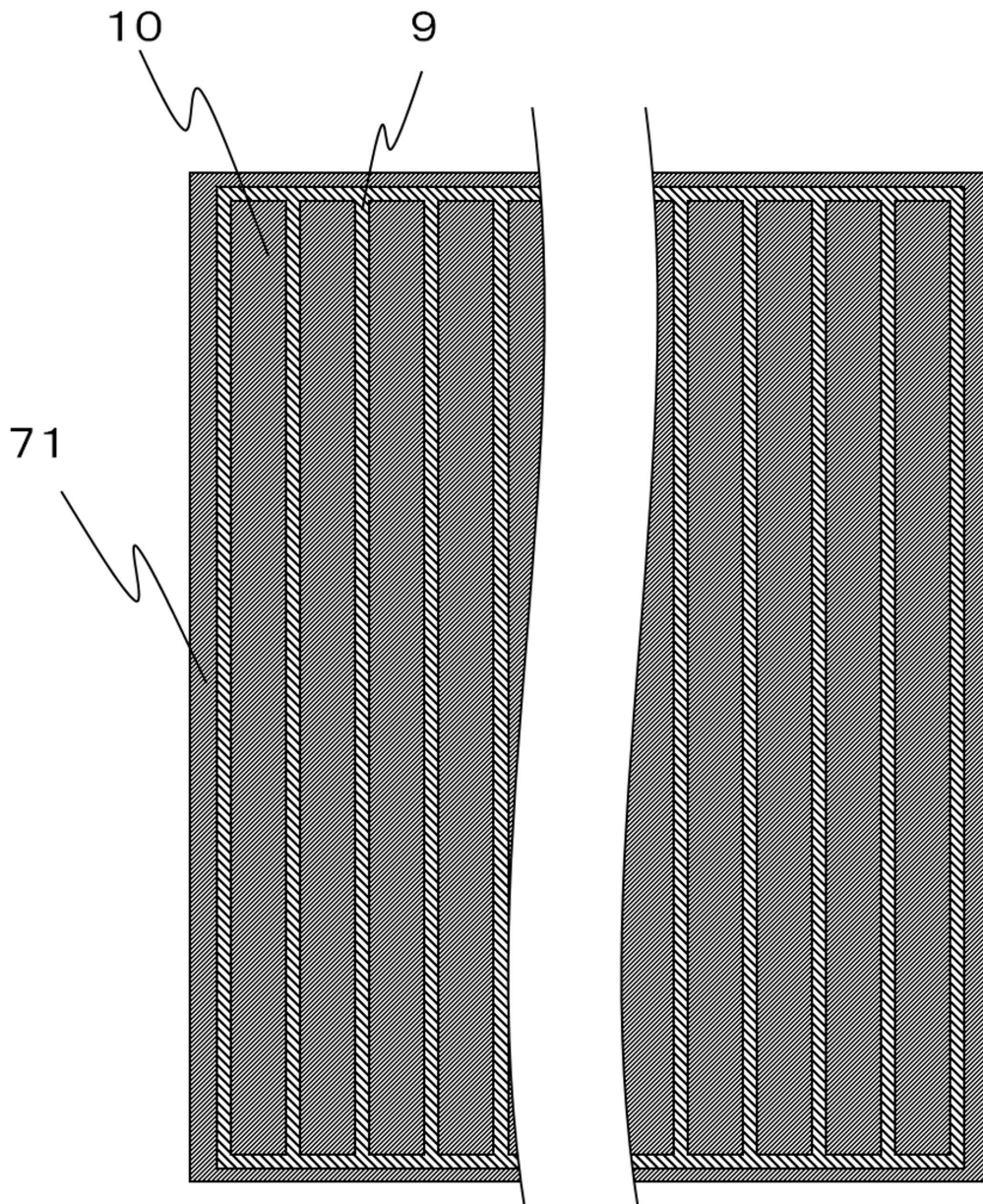
10

20

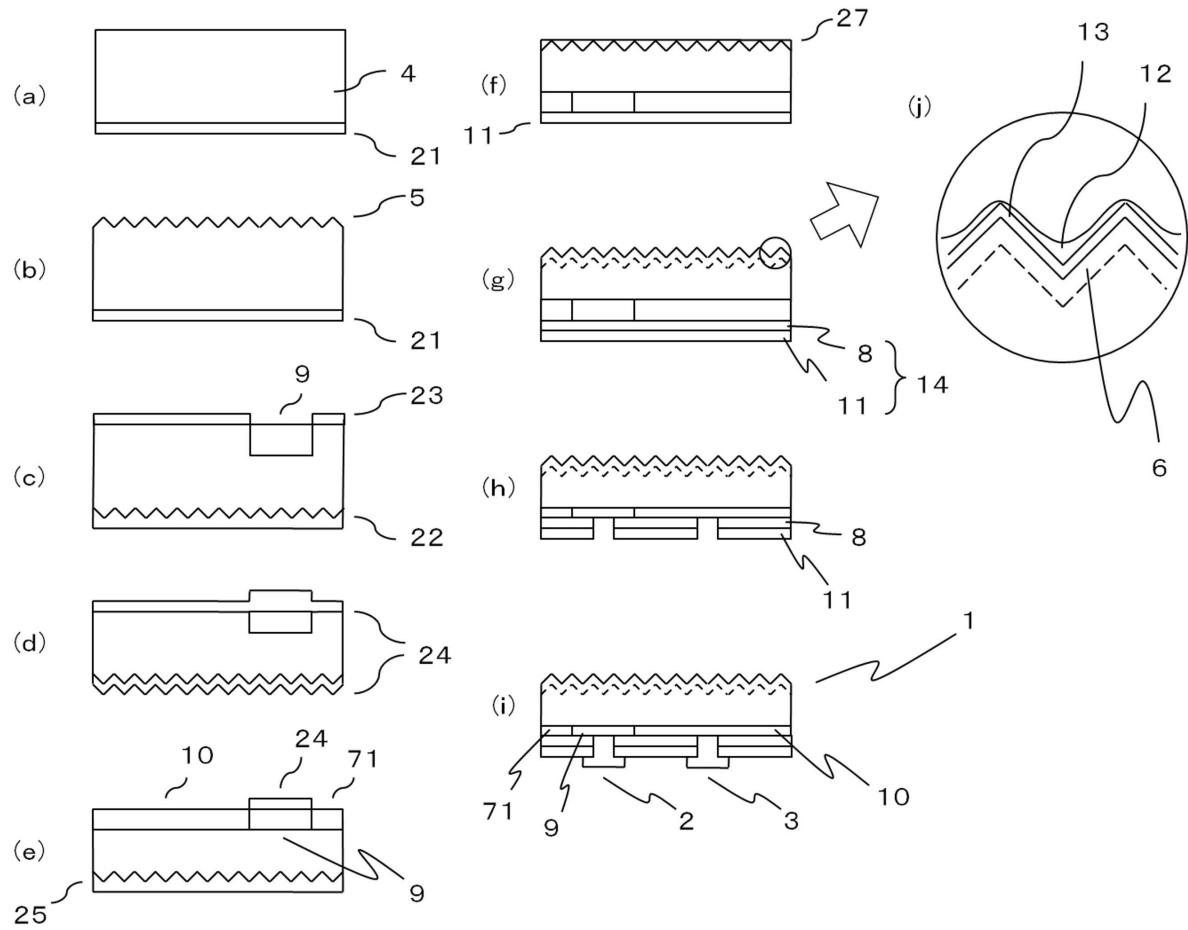
【図 1】



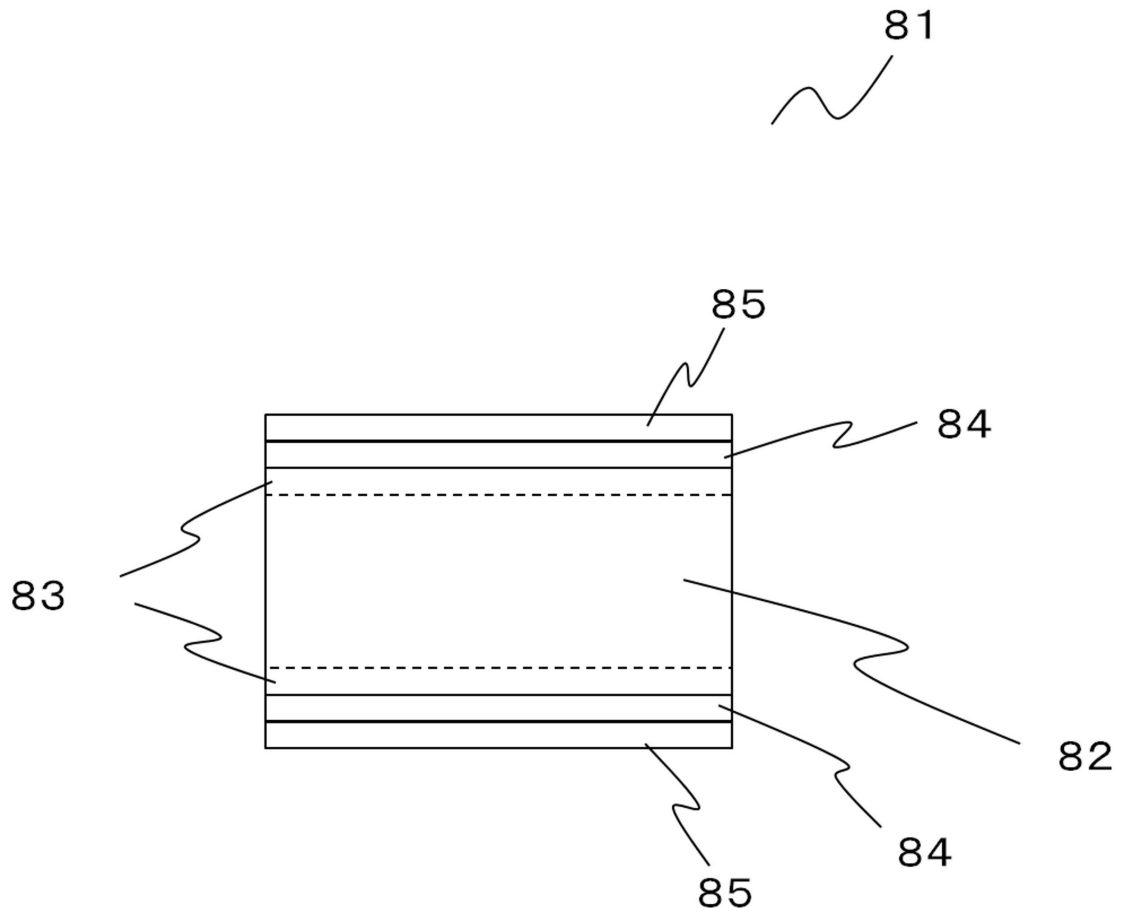
【図 3】



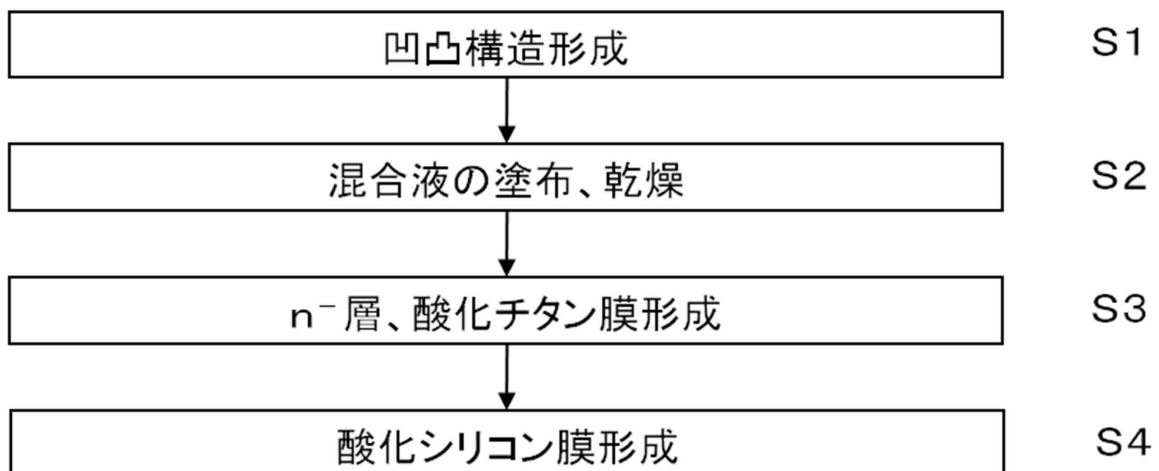
【図 4】



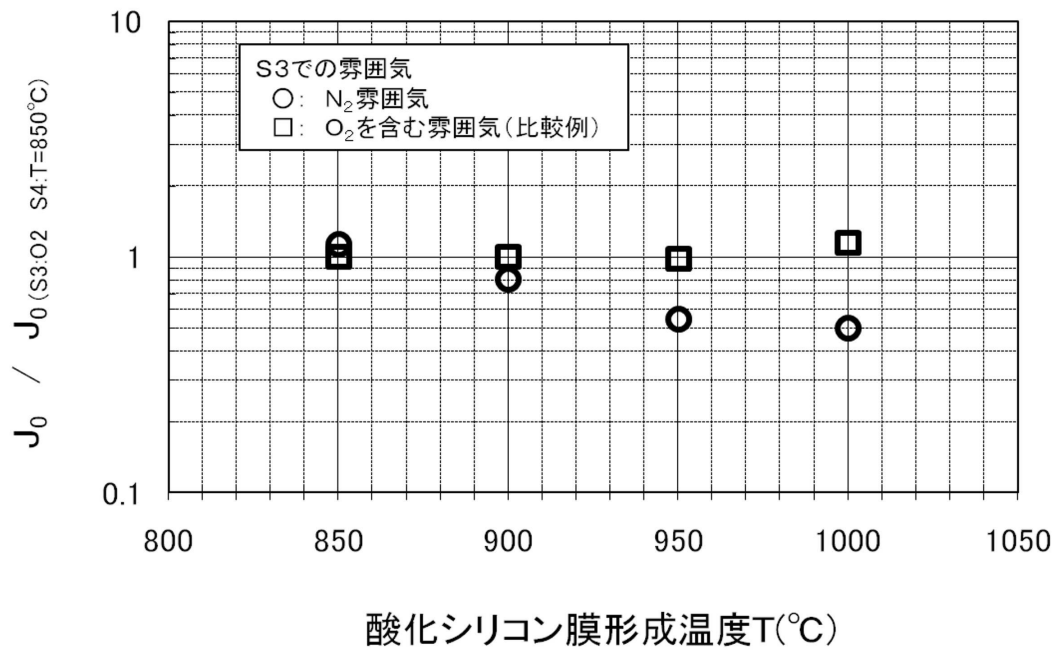
【図5】



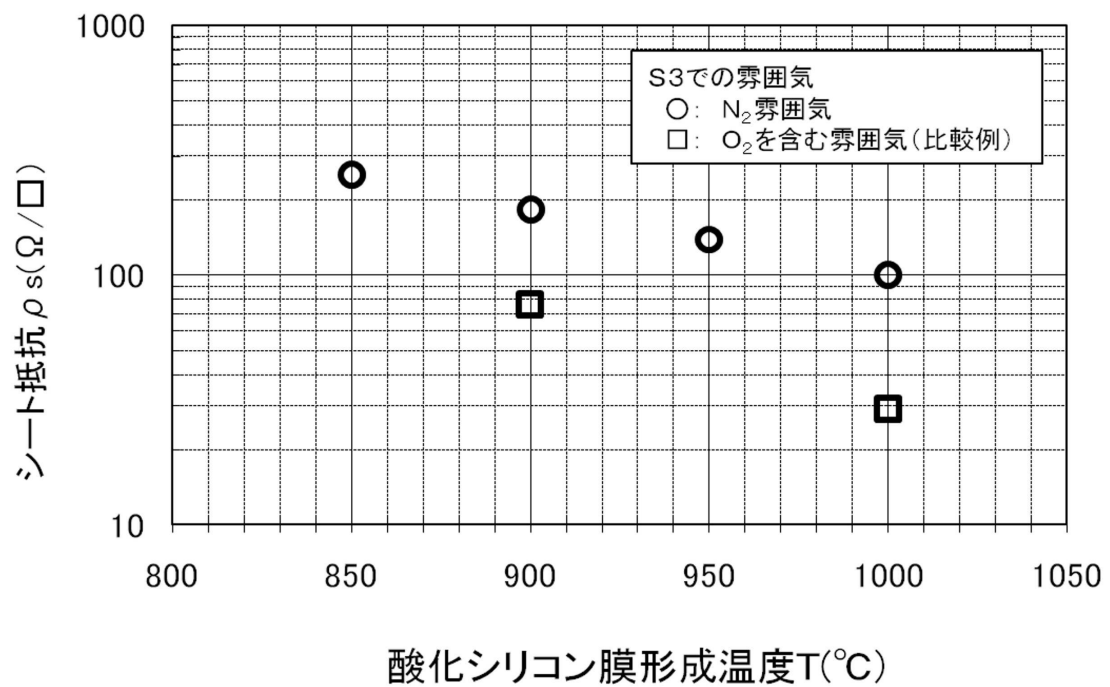
【図6】



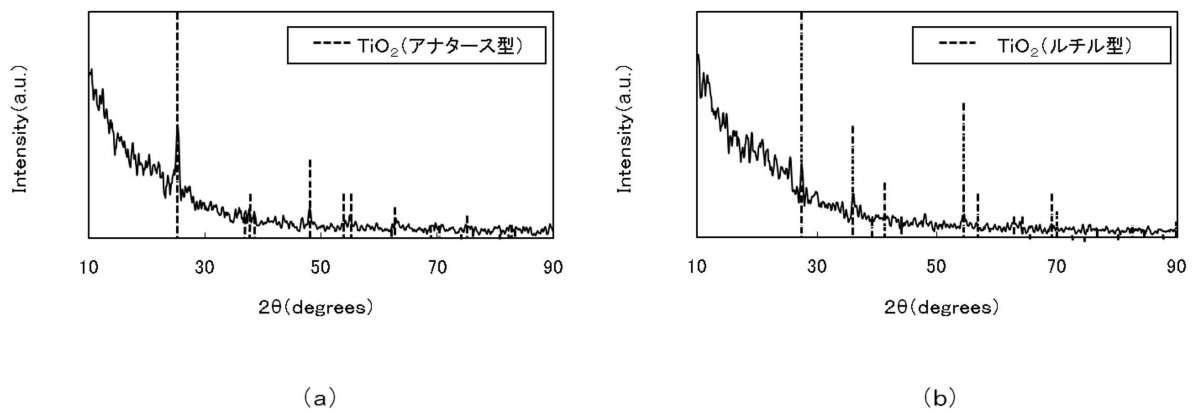
【図 7】



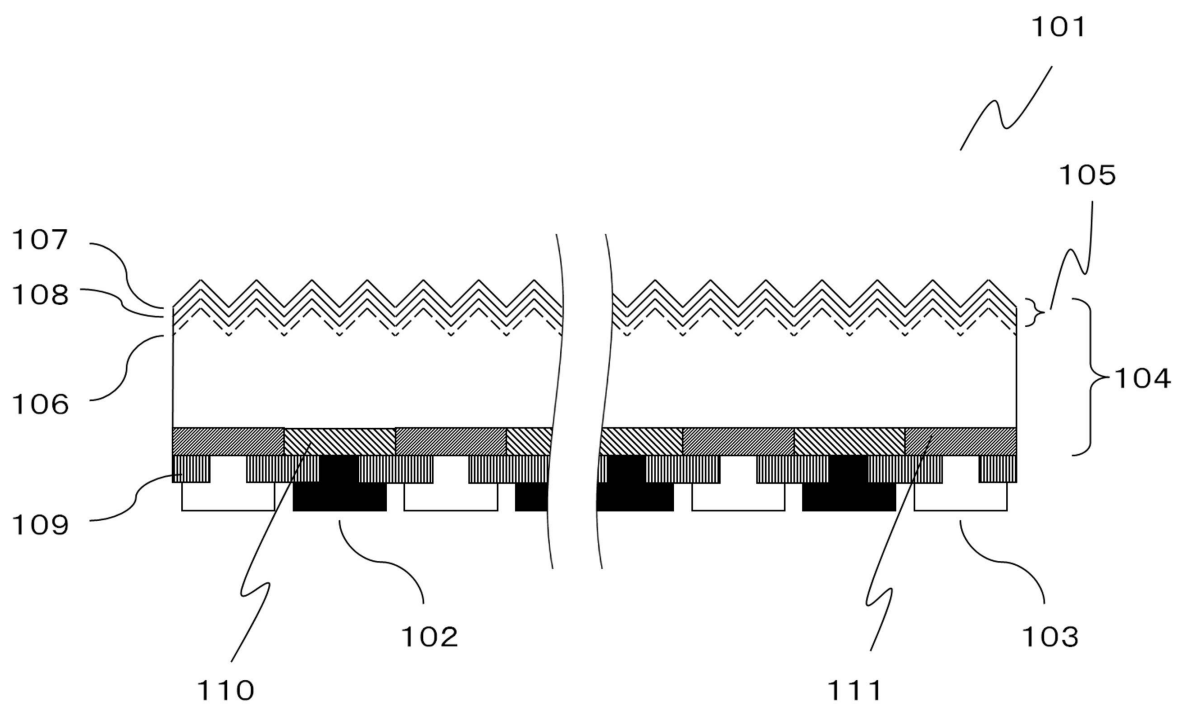
【図 8】



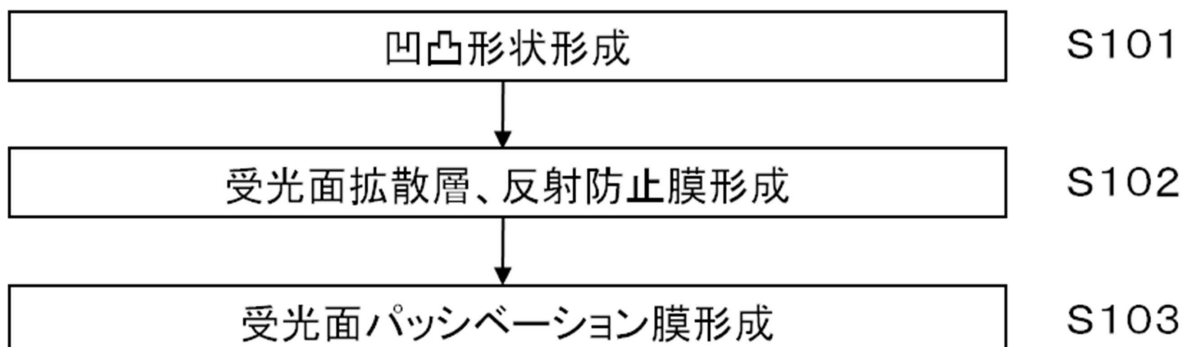
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

審査官 和田 将彦

- (56)参考文献 特表2008-532311(JP,A)
特開昭56-60075(JP,A)
特開2002-76399(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0167510(US,A1)
欧州特許出願公開第1732142(EP,A1)
特開平7-297429(JP,A)
特開平8-85874(JP,A)
特開2001-267610(JP,A)
特表2013-516082(JP,A)
国際公開第2011/093360(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/0216
H01L 31/068
H01L 31/18
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)