

(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4月5日(05.04.2018)



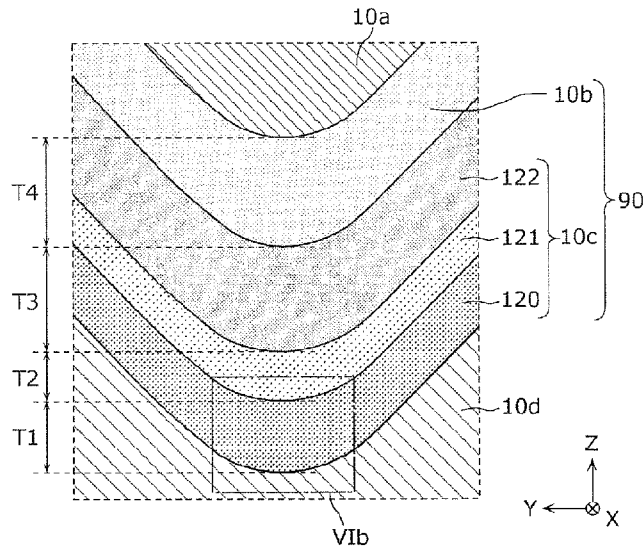
(10) 国際公開番号

WO 2018/061966 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 31/0236 (2006.01) H01L 31/0747 (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/034056
- (22) 国際出願日: 2017年9月21日(21.09.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2016-195006 2016年9月30日(30.09.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6-1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 瀬能 未奈都 (SENO Minato), 山田 裕之(YAMADA Hiroyuki).
- (74) 代理人: 鎌田 健司, 外(KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番6-1号 パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (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, JO, JP, KE, KG, KH, 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,

(54) Title: SOLAR CELL, SOLAR CELL MODULE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SOLAR CELL

(54) 発明の名称: 太陽電池セル、太陽電池モジュール、及び太陽電池セルの製造方法



(57) Abstract: A solar cell (10) is provided with: a silicon substrate (10d) having a textured structure on a first main surface; and a first non-crystalline silicon layer (90) having a shape with recesses and projections reflecting the textured structure, the first non-crystalline silicon layer (90) being formed on the first main surface of the silicon substrate (10d). In a valley part (103) having a shape with recesses and projections, the first non-crystalline silicon layer (90) has, in this order: a first epitaxial layer (120) that includes a crystalline region (120a) epitaxially grown on the silicon substrate (10d); a first amorphous layer (121) which is a non-crystalline silicon layer; and a second amorphous layer (122) which is a non-crystalline silicon layer. Also, the density of the first amorphous layer (121) is lower than the density of the second amorphous layer (122).

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.

(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))

---

(57) 要約: 太陽電池セル(10)は、テクスチャ構造を第1主面に有するシリコン基板(10d)と、シリコン基板(10d)の第1主面上に形成され、テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層(90)とを備える。第1非晶質シリコン層(90)は、凹凸形状の谷部(103)において、シリコン基板(10d)上にエピタキシャル成長した結晶領域(120a)を含む第1エピタキシャル層(120)と、非晶質シリコン層である第1アモルファス層(121)と、非晶質シリコン層である第2アモルファス層(122)とを、この順に有する。そして、第1アモルファス層(121)の密度は、第2アモルファス層(122)の密度より低い。

## 明 細 書

発明の名称：

太陽電池セル、太陽電池モジュール、及び太陽電池セルの製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、太陽電池セル、太陽電池セルを備える太陽電池モジュール、及び太陽電池セルの製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、光エネルギーを電気エネルギーに変換する光電変換装置として、太陽電池セル及び太陽電池セルを備える太陽電池モジュールの開発が進められている。太陽電池セル及び太陽電池セルを備える太陽電池モジュールは、無尽蔵の太陽光を直接電気に変換できることから、また、化石燃料による発電と比べて環境負荷が小さくクリーンであることから、新しいエネルギー源として期待されている。

[0003] 太陽電池セルの受光面には角錐が2次元状に配置されたテクスチャ構造と呼ばれる凹凸が形成されることにより、太陽電池セルの受光面で反射した反射光が当該太陽電池セルを備える太陽電池モジュールの外部に出射されることを低減している。これにより、太陽電池セル内部への入射光が増加するので、太陽電池セルの発電効率が向上することが知られている。

[0004] 例えば、特許文献1では、太陽電池セルの受光面においてテクスチャ構造が形成されたシリコン基板と、当該シリコン基板の表面上に設けられた非晶質シリコン層とを備え、断面視における非晶質シリコン層の谷部のエピタキシャル成長領域（結晶領域）が傾斜部のエピタキシャル成長領域よりも厚い太陽電池セルが開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2014/155833号

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、エピタキシャル成長領域の厚みを制御することは難しく、テクスチャ構造を微細化（小径化）する場合、非晶質シリコン層におけるエピタキシャル成長領域の占有率が高くなる。これにより、太陽電池セルの曲線因子（FF）は向上するが、開放電圧（ $V_{oc}$ ）が低下してしまう。

[0007] そこで、本発明は、太陽電池セルに形成されるテクスチャ構造を微細化する場合においても、曲線因子及び開放電圧を高く維持できる太陽電池セル等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

[0008] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る太陽電池セルは、複数の角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造を第1主面に有するシリコン基板と、前記シリコン基板の前記第1主面上に形成され、前記テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層とを備え、前記第1非晶質シリコン層は前記凹凸形状の谷部において、前記シリコン基板上にエピタキシャル成長した結晶領域を含む第1エピタキシャル層と、前記第1エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第1アモルファス層と、前記第1アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第2アモルファス層とをこの順に有し、前記第1アモルファス層の密度は、前記第2アモルファス層の密度より低い。

[0009] また、本発明の一態様に係る太陽電池モジュールは、上記の太陽電池セルを複数備える。

[0010] また、本発明の一態様に係る太陽電池セルの製造方法は、テクスチャ構造を有するシリコン基板の第1主面上に、シリコンを含む原材料ガスを用いた気相成長法により前記テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層を形成する非晶質層形成工程を含み、前記非晶質層形成工程は、前記シリコン基板上に形成されエピタキシャル成長した結晶領域を含む第1エピタキシャル層を形成する第1エピタキシャル層形成工程と、前記第1エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第1アモルファス

層を形成する第1アモルファス層形成工程と、前記第1アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第2アモルファス層を形成する第2アモルファス層形成工程とを含み、前記第1アモルファス層形成工程における成膜速度は、前記第2アモルファス層形成工程における成膜速度より高い。

### 発明の効果

[0011] 本発明に係る太陽電池セル等によれば、テクスチャ構造を微細化する場合においても、曲線因子及び開放電圧を高く維持することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0012] [図1]図1は、実施の形態1に係る太陽電池モジュールの平面図である。
- [図2]図2は、図1の| | - | |線における太陽電池モジュールの断面図である。
- [図3]図3は、実施の形態1に係る太陽電池セルの一例を示す平面図である。
- [図4]図4は、実施の形態1に係る太陽電池セルの一例を示す断面図である。
- [図5A]図5Aは、実施の形態1に係るシリコン基板に形成されるテクスチャ構造の拡大平面を示す模式図である。
- [図5B]図5Bは、図5AのV b - V b線におけるシリコン基板の断面図である。
- [図6A]図6Aは、図4の破線領域における拡大断面図である。
- [図6B]図6Bは、図6Aの破線領域における拡大断面図である。
- [図7]図7は、実施の形態1に係る第1非晶質シリコン層の谷部のアール形状を表す曲率半径を説明する図である。
- [図8A]図8Aは、実施の形態1に係る太陽電池セルの製造方法を示すフローチャートである。
- [図8B]図8Bは、実施の形態1に係る非晶質シリコン層の製造方法を示すフローチャートである。
- [図9]図9は、実施の形態1に係る非晶質シリコン層を形成する成膜条件を示す図である。
- [図10]図10は、実施の形態2に係る太陽電池セルの拡大断面図である。

## 発明を実施するための形態

[0013] (発明に至った経緯)

上記でも説明したように、太陽電池セルのシリコン基板にはテクスチャ構造と呼ばれる凹凸が形成され、その上に非晶質シリコン層が形成されている。非晶質シリコン層は、非晶質シリコン層の主たる構成要素である非晶質領域（アモルファス領域）とエピタキシャル成長領域（結晶領域）とから構成される。凹凸形状の谷部において、非晶質シリコン層は、エピタキシャル成長領域（結晶領域）が傾斜部のエピタキシャル成長領域よりも厚く形成される。

[0014] エピタキシャル成長領域は、非晶質領域に比べて導電性に優れている。したがって、非晶質シリコン層においてエピタキシャル成長領域の占有率が高いほど抵抗損失が低減され、曲線因子（FF）を向上させることができる。しかしながら、非晶質シリコン層におけるエピタキシャル成長領域の占有率が高くなると、開放電圧（ $V_{oc}$ ）が低下するという問題がある。また、非晶質領域の占有率が高くなると開放電圧は上昇するが、抵抗損失が増加し曲線因子が低下する。

[0015] 一方、シリコン基板に形成される凹凸は、発電効率の観点から微細化（小径化）されることが好ましい。しかし、非晶質シリコン層内におけるエピタキシャル成長領域の厚みを制御することは困難であり、テクスチャ構造を微細化すると、非晶質シリコン層におけるエピタキシャル成長領域の占有率が高くなる。これにより、非晶質シリコン層のパッシベーション性が低下するので、太陽電池セルの開放電圧が低下してしまう。つまり、発電効率が低下してしまう。

[0016] 一般的に、成膜速度を低くすると、形成される膜質が向上する（緻密になる）ので、非晶質シリコン層のパッシベーション性が向上する。しかし、高いパッシベーション性を有する非晶質シリコン層を成膜するために成膜速度を低くすると、成膜時にシリコン基板の結晶方位の影響を受けやすくなり、エピタキシャル成長を促進してしまう。つまり、成膜速度を低くすると、非

晶質シリコン層のパッシベーション性が低下してしまう。また、成膜速度を高くすると、エピタキシャル成長領域が形成されなくなってしまう。つまり、非晶質シリコン層において、高いパッシベーション性を有し、かつエピタキシャル成長領域の厚みを精度よく制御することは困難であった。

[0017] そこで、本願発明者らは、エピタキシャル成長領域を含むエピタキシャル層と高いパッシベーション性を有するアモルファス層（第1パッシベーション層）とを分けて、かつ層状に形成することで上記問題を解決できないか考察を行った。エピタキシャル層の上に直接第1パッシベーション層を形成すると、第1パッシベーション層はエピタキシャル層の結晶領域の影響を受け、エピタキシャル成長してしまう。つまり、第1パッシベーション層は、高いパッシベーション性を有することができない。

[0018] そこで、エピタキシャル層と第1パッシベーション層との間に、エピタキシャル成長領域を有さないアモルファス層（第1中間層）を設けることで、高いパッシベーション性を有する第1パッシベーション層を形成できることを見出した。つまり、第1中間層は、第1パッシベーション層がエピタキシャル層の結晶領域の影響を受けないようにするために設けられる下地層であり、エピタキシャル成長を抑制するための層（エピタキシャル成長抑制層）である。

[0019] これにより、エピタキシャル成長領域を含むエピタキシャル層の厚みを制御することにより、曲線因子を調整できる。エピタキシャル層の厚みの調整は、例えば成膜する時間の管理などで実現できる。よって、成膜する時間といった簡単な管理で、エピタキシャル層の厚み、つまり曲線因子を制御できる。

[0020] また、エピタキシャル層と第1パッシベーション層との間に、エピタキシャル成長を抑制する第1中間層を設けることで、第1中間層の上に形成される第1パッシベーション層をエピタキシャル層の影響を受けずに成膜することができる。また、エピタキシャル層の影響を受けずに成膜することができるので、第1パッシベーション層を成膜する成膜速度を低くできる。これに

より、第1パッシベーション層の膜質が向上する。つまり、高いパッシベーション性を有する第1パッシベーション層が形成できる。よって、開放電圧を向上させることができる。これらにより、テクスチャ構造の凹凸形状が微細化した場合でも、曲線因子及び開放電圧を高く維持できる。

[0021] 以下、本発明の一態様に係る太陽電池セル、太陽電池セルを備える太陽電池モジュール、及び太陽電池セルの製造方法について説明する。

[0022] 以下では、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。以下に説明する実施の形態は、いずれも本発明の一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置、接続形態及び工程等は、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0023] なお、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化される場合がある。例えば、以下の実施の形態においては、当該実施の形態よりも前に説明が行われた実施の形態との相違点を中心に説明が行われる。また、「略\*\*」との記載は実質的に\*\*と認められるものを含む意図であり、例えば「略平行」を例に挙げて説明すると、完全に平行はもとより、実質的に平行と認められるものを含む意図である。

[0024] また、各図において、Z軸方向は、例えば、鉛直方向であり、太陽電池モジュールの主面、及び、太陽電池セルの主面（表面）に垂直な方向である。X軸方向及びY軸方向は互いに直交し、かつ、いずれもZ軸方向に直交する方向である。例えば、以下の実施の形態において、「平面視」とは、Z軸方向から見ていることを意味する。

[0025] （実施の形態1）

以下、図1～図9を用いて、実施の形態1を説明する。

[0026] [1-1. 太陽電池モジュールの構成]

まず、本実施の形態に係る太陽電池モジュールの概略構成について、図1及び図2を用いて説明する。

[0027] 図1は、本実施の形態に係る太陽電池モジュール1の平面図である。図2は、図1の11-11線における太陽電池モジュール1の断面図である。

[0028] 図1及び図2に示すように、太陽電池モジュール1は、複数の太陽電池セル10と、配線部材20と、表面保護部材30と、裏面保護部材40と、充填部材50と、フレーム60とを備える。太陽電池モジュール1は、表面保護部材30と裏面保護部材40との間に、複数の太陽電池セル10が充填部材50で封止された構造となっている。

[0029] 図1に示すように、太陽電池モジュール1の平面視形状は、例えば、略長方形形状である。

[0030] 以下、太陽電池モジュール1の各構成部材について、図1及び図2を参照しながら、図3及び図4を用いてさらに詳細に説明する。

[0031] [1-1-1. 太陽電池セル]

太陽電池セル10は、太陽光等の光を電力に変換する光電変換素子（光起電力素子）である。図1に示すように、太陽電池セル10は、同一平面において行列状（マトリクス状）に複数枚配列されている。なお、太陽電池セル10は、同一平面において1行又は1列のみ配列されていてもよい。

[0032] 直線状に配列された複数の太陽電池セル10は、隣り合う2つの太陽電池セル10同士が配線部材20によって連結されてストリング（セルストリング）を構成している。1つのストリング10S内の複数の太陽電池セル10は、配線部材20によって電氣的に接続され、直列接続されている。

[0033] 図1に示すように、本実施の形態では、行方向（X軸方向）に沿って等間隔に配列された12枚の太陽電池セル10が配線部材20で接続されることで1つのストリング10Sを構成している。ストリング10Sは、複数形成されている。複数のストリング10S（ストリングス）は、列方向（Y軸方向）に沿って並べられている。本実施の形態では、図1に示すように、6つ

のストリング10Sが互いに平行となるように列方向に沿って等間隔で並べられている。

[0034] なお、各ストリング10Sは、配線部材20を介して他の配線部材（不図示）に接続されている。これにより、複数のストリング10Sが直列接続又は並列接続されてセルアレイが構成される。本実施の形態では、隣り合う2つのストリング10Sが直列接続されて1つの直列接続体（24枚の太陽電池セル10が直列接続されたもの）が構成されており、この直列接続体が3つ直列接続されて、72枚の太陽電池セルが直列接続されたものが構成されている。

[0035] 図1に示すように、複数の太陽電池セル10は、行方向及び列方向に隣り合う太陽電池セル10との間に隙間をあけて配置されている。この隙間には、例えば、光反射部材（不図示）が配置されていてもよい。光反射部材が配置されていると、太陽電池セル10間の隙間領域に入射した光は、光反射部材の表面で反射する。この反射光は、表面保護部材30と太陽電池モジュール1の外部空間との界面で再び反射され、太陽電池セル10上に照射される。よって、太陽電池モジュール1全体の光電変換効率を向上させることが可能となる。

[0036] 図3は、本実施の形態に係る太陽電池セル10の一例を示す平面図である。図3に示すように、本実施の形態において、太陽電池セル10の平面視形状は、略矩形状である。例えば、太陽電池セル10は、125mm角の正方形の角が欠けた形状である。つまり、1つのストリング10Sは、隣り合う2つの太陽電池セル10の一辺同士が対向するように構成されている。なお、太陽電池セル10の形状は、略矩形状に限定されない。

[0037] 図4は、本実施の形態に係る太陽電池セル10の一例を示す断面図である。具体的には、図4は、図3のI-V-I'線における太陽電池セル10の断面図である。図4に示すように、太陽電池セル10は、半導体pn接合を基本構造としており、一例として、n型の半導体基板であるn型単結晶シリコン基板10dと、n型単結晶シリコン基板10dの一方の主面側に順次形成

された、n型非晶質シリコン層10b及びn側電極10aと、n型単結晶シリコン基板10dの他方の主面側に順次形成された、p型非晶質シリコン層10f及びp側電極10gとによって構成されている。n側電極10a及びp側電極10gは、例えば、ITO (Indium Tin Oxide) 等の透明電極である。また、n型単結晶シリコン基板10dとn型非晶質シリコン層10bとの間にはパッシベーション層であるi型非晶質シリコン層10cが設けられ、n型単結晶シリコン基板10dとp型非晶質シリコン層10fとの間にはパッシベーション層であるi型非晶質シリコン層10eが設けられている。つまり、太陽電池セル10は、例えば、ヘテロ接合型の太陽電池セルである。これにより、n型単結晶シリコン基板10dとn型非晶質シリコン層10bとの界面、及び、n型単結晶シリコン基板10dとp型非晶質シリコン層10fとの界面（ヘテロ接合界面）での欠陥が低減する。よって、太陽電池モジュール1の光電変換効率を向上させることができる。

[0038] なお、パッシベーション層は、i型非晶質シリコン層10c、10eに限定されず、酸化シリコン層又は窒化シリコン層等でもよいし、設けられなくてもよい。また、太陽電池セル10を構成する結晶系シリコン基板は単結晶シリコン基板（n型単結晶シリコン基板、又は、p型単結晶シリコン基板）に限定されず、多結晶シリコン基板等の結晶系シリコン基板（以降、シリコン基板）であればよい。以降の説明において、結晶系シリコン基板が、n型単結晶シリコン基板である場合について説明する。また、結晶系シリコン基板を単にシリコン基板10dと表記する。

[0039] また、本実施の形態において、シリコン基板10dの一方の主面とは、太陽電池モジュール1の主受光面側のシリコン基板10dの面（Z軸プラス側の面）である。シリコン基板10dの他方の主面とは、一方の主面と背向するシリコン基板10dの面（Z軸マイナス側の面）である。

[0040] 図4に示すように、シリコン基板10dの一方の主面（表面）及び他方の主面（裏面）には、テクスチャ構造と呼ばれる凹凸形状が形成されている。テクスチャ構造が形成された一方の主面を第1主面、他方の主面を第2主面

とする。そして、シリコン基板10dの第1主面及び第2主面に形成される非晶質シリコン層90、91及び電極10a、10gも、テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有している。本実施の形態では、シリコン基板10dの第1主面及び第2主面がテクスチャ構造を有する例について説明するが、これに限定されない。例えば、第1主面のみが上記のテクスチャ構造を有していてもよい。シリコン基板10dと非晶質シリコン層との界面については、後述する。

[0041] なお、上記ではヘテロ接合型の太陽電池セルについて説明したが、太陽電池セル10はヘテロ接合型に限定されない。例えば、太陽電池セル10は単結晶シリコン型又は多結晶シリコン型等の結晶シリコン型の太陽電池セルでもよい。また、例えば、シリコン基板10dの厚みは150 $\mu$ m以下である。

[0042] 本実施の形態において、太陽電池セル10は、n側電極10aが太陽電池モジュール1の主受光面側（表面保護部材30側）となるように配置されているが、これに限定されない。例えば、p側電極10gが太陽電池モジュール1の主受光面側となるように配置されていてもよい。また、太陽電池モジュール1が片面受光方式である場合には、裏面側に位置する電極（本実施の形態ではp側電極10g）は透明である必要はなく、例えば反射性を有する金属電極であってもよい。

[0043] 各太陽電池セル10において、表面は表面保護部材30側の面であり、裏面は裏面保護部材40側の面である。図2に示すように、太陽電池セル10には、表面集電極11と裏面集電極12とが形成されている。表面集電極11は、太陽電池セル10の表面側電極（例えばn側電極10a）に電氣的に接続される。裏面集電極12は、太陽電池セル10の裏面側電極（例えばp側電極10g）に電氣的に接続される。

[0044] 表面集電極11及び裏面集電極12の各々は、例えば、配線部材20の延設方向と直交するように直線状に形成された複数本のフィンガー電極70と、これらのフィンガー電極70に接続されるとともにフィンガー電極70に

直交する方向（配線部材 20 の延設方向）に沿って直線状に形成された複数本のバスバー電極 80 によって構成されている。バスバー電極 80 の本数は、例えば、配線部材 20 と同数であり、本実施の形態では、3 本である。なお、表面集電極 11 及び裏面集電極 12 は、互いに同じ形状となっているが、これに限定されない。また、図 3 に示すように、表面集電極 11 を構成するとバスバー電極 80 それぞれの上には、配線部材 20 が接合される。配線部材 20 の詳細は、後述する。

[0045] 表面集電極 11 及び裏面集電極 12 は、銀（Ag）等の低抵抗導電材料からなる。例えば、表面集電極 11 及び裏面集電極 12 は、バイнда樹脂中に銀等の導電性フィラーが分散した導電性ペースト（銀ペースト等）を所定のパターンでスクリーン印刷することで形成することができる。

[0046] このように構成される太陽電池セル 10 は、表面及び裏面の両方が受光面となる。太陽電池セル 10 に光が入射すると太陽電池セル 10 の光電変換部でキャリアが発生する。発生したキャリアは、表面集電極 11 及び裏面集電極 12 で収集されて配線部材 20 に流れ込む。このように、表面集電極 11 及び裏面集電極 12 を設けることで、太陽電池セル 10 で発生したキャリアを外部回路に効率的に取り出すことができる。

[0047] [1-1-2. 配線部材（インターコネクタ）]

図 1 及び図 2 に示すように、配線部材 20（インターコネクタ）は、ストリング 10S において、隣り合う 2 つの太陽電池セル 10 同士を電氣的に接続するタブ配線である。図 1 に示すように、本実施の形態では、隣り合う 2 つの太陽電池セル 10 は、互いに略平行に配置された 3 本の配線部材 20 によって接続されている。各配線部材 20 は、接続する 2 つの太陽電池セル 10 の並び方向に沿って延設されている。図 2 に示すように、各配線部材 20 については、配線部材 20 の一端部が、隣り合う 2 つの太陽電池セル 10 のうちの一方の太陽電池セル 10 の表面に配置され、配線部材 20 の他端部が、隣り合う 2 つの太陽電池セル 10 のうちの他方の太陽電池セル 10 の裏面に配置されている。各配線部材 20 は、隣り合う 2 つの太陽電池セル 10 に

において、一方の太陽電池セル10の表面集電極11と、他方の太陽電池セル10の裏面集電極12とを電氣的に接続している。例えば、配線部材20と、太陽電池セル10の表面集電極11及び裏面集電極12のバスバー電極80とは、ハンダ材等の導電性を有する接着剤や、樹脂接着材で接合されている。配線部材20と太陽電池セル10の表面集電極11及び裏面集電極12のバスバー電極80とを樹脂接着材で接合する場合、樹脂接着材は導電性粒子を含んでもよい。

[0048] 配線部材20は、長尺状の導電性配線であって、例えば、リボン状の金属箔である。配線部材20は、例えば、銅箔や銀箔等の金属箔の表面全体を半田や銀等で被覆したものを所定の長さに短冊状に切断することによって作製することができる。

[0049] [1-1-3. 表面保護部材、裏面保護部材]

表面保護部材30は、太陽電池モジュール1の表側の面を保護する部材であり、太陽電池モジュール1の内部（太陽電池セル10等）を、風雨や外部衝撃等の外部環境から保護する。図2に示すように、表面保護部材30は、太陽電池セル10の表面側に配設されており、太陽電池セル10の表面側の受光面を保護している。

[0050] 表面保護部材30は、太陽電池セル10において光電変換に利用される波長帯域の光を透過する透光性部材によって構成されている。表面保護部材30は、例えば、透明ガラス材料からなるガラス基板（透明ガラス基板）、又は、フィルム状や板状の透光性及び遮水性を有する硬質の樹脂材料からなる樹脂基板である。

[0051] 一方、裏面保護部材40は、太陽電池モジュール1の裏側の面を保護する部材であり、太陽電池モジュール1の内部を外部環境から保護する。図2に示すように、裏面保護部材40は、太陽電池セル10の裏面側に配設されており、太陽電池セル10の裏面側の受光面を保護している。

[0052] 裏面保護部材40は、例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）又はポリエチレンナフタレート（PEN）等の樹脂材料からなるフィルム状や

板状の樹脂シートである。

[0053] 太陽電池モジュール 1 が片面受光方式である場合には、裏面保護部材 4 0 は、不透光の板体又はフィルムとしてもよい。なお、裏面保護部材 4 0 は、不透光部材に限るものではなく、ガラス材料からなるガラスシート又はガラス基板等の透光性部材であってもよい。

[0054] [1-1-4. 充填部材]

表面保護部材 3 0 及び裏面保護部材 4 0 の間には充填部材 5 0 が充填されている。表面保護部材 3 0 及び裏面保護部材 4 0 と太陽電池セル 1 0 とは、この充填部材 5 0 によって接着されて固定されている。本実施の形態において、充填部材 5 0 は、表面保護部材 3 0 と裏面保護部材 4 0 との間を埋めるように充填されている。

[0055] 図 2 に示すように、充填部材 5 0 は、表面充填部材 5 1 と裏面充填部材 5 2 とによって構成されている。表面充填部材 5 1 及び裏面充填部材 5 2 の各々は、マトリクス状に配置された複数の太陽電池セル 1 0 を覆っている。

[0056] 複数の太陽電池セル 1 0 は、例えばシート状の表面充填部材 5 1 と裏面充填部材 5 2 とで挟み込まれた状態でラミネート処理（ラミネート加工）を行うことで充填部材 5 0 によって全体が覆われる。

[0057] 具体的には、複数の太陽電池セル 1 0 を配線部材 2 0 で連結してストリング 1 0 S を形成した後、複数本のストリング 1 0 S を表面充填部材 5 1 と裏面充填部材 5 2 とで挟み込み、さらに、その上下に表面保護部材 3 0 と裏面保護部材 4 0 とを配置して、例えば 1 0 0 °C 以上の温度で真空中で熱圧着を行う。この熱圧着によって、表面充填部材 5 1 及び裏面充填部材 5 2 が加熱されて熔融し、太陽電池セル 1 0 を封止する充填部材 5 0 となる。

[0058] ラミネート処理前の表面充填部材 5 1 は、例えば、エチレンビニールアセテート（EVA）又はポリオレフィン等の樹脂材料によって構成された樹脂シートであり、複数の太陽電池セル 1 0 と表面保護部材 3 0 との間に配置される。表面充填部材 5 1 は、ラミネート処理によって主に太陽電池セル 1 0 と表面保護部材 3 0 との間の隙間を埋めるように充填される。

[0059] 表面充填部材 51 は、透光性材料によって構成されている。本実施の形態では、ラミネート処理前の表面充填部材 51 として、EVA からなる透明樹脂シートを用いている。

[0060] ラミネート処理前の裏面充填部材 52 は、例えば EVA 又はポリオレフィン等の樹脂材料によって構成された樹脂シートであり、複数の太陽電池セル 10 と裏面保護部材 40 との間に配置される。裏面充填部材 52 は、ラミネート処理によって主に太陽電池セル 10 と裏面保護部材 40 との間の隙間を埋めるように充填される。

[0061] なお、本実施の形態における太陽電池モジュール 1 は片面受光方式であってもよく、片面受光方式である場合には、裏面充填部材 52 は、透光性材料に限るものではなく、黒色材料又は白色材料等の着色材料によって構成されていてもよい。

[0062] [1-1-5. フレーム]

フレーム 60 は、太陽電池モジュール 1 の周縁端部を覆う外枠である。フレーム 60 は、例えば、アルミ製のアルミフレーム（アルミ枠）である。図 1 に示すように、フレーム 60 は、4 本用いられており、それぞれ太陽電池モジュール 1 の 4 辺の各々に装着されている。フレーム 60 は、例えば、接着剤によって太陽電池モジュール 1 の各辺に固着されている。

[0063] [1-2. 太陽電池セルの詳細]

続いて、本実施の形態に係る太陽電池セル 10 の詳細構成について、図 5 A ~ 図 6 B を用いて説明する。

[0064] [1-2-1. シリコン基板の表面構造]

まずは、図 5 A 及び図 5 B を用いて、本実施の形態に係るシリコン基板 10 d の表面構造について説明する。

[0065] 図 5 A は、本実施の形態に係るシリコン基板 10 d に形成されるテクスチャ構造の拡大平面を示す模式図である。図 5 B は、図 5 A の V b - V b 線におけるシリコン基板 10 d の断面図である。なお、図 5 A は、第 1 主面におけるテクスチャ構造の模式図である。

[0066] 図5Aに示すように、シリコン基板10dの第1主面は、複数の角錐が2次元状に配置されたテクスチャ構造（凹凸）を有している。図5Bに示すように、テクスチャ構造は、四角錐の基板頂部101及び隣接する基板頂部101で挟まれた基板谷部102を有している。本実施の形態では、基板頂部101と基板谷部102との間の角錐面はシリコン結晶の(111)面となっている。なお、第2主面も、第1主面と同様、テクスチャ構造を有していてもよい。

[0067] また、基板谷部102から基板頂部101までの高さは、例えば、1 $\mu$ m以上10 $\mu$ m以下であり、隣接する基板頂部101の間隔は、例えば、1 $\mu$ m以上10 $\mu$ m以下である。なお、本実施の形態に係るシリコン基板10dのテクスチャ構造では、基板頂部101及び基板谷部102の高さ及びピッチはランダムであってもよいし、規則的であってもよい。

[0068] また、シリコン基板10dの第1主面及び第2主面が有するテクスチャ構造の例について説明したが、第1主面及び第2主面が有するテクスチャ構造の形状は同じでもよいし、異なってもよい。例えば、第1主面及び第2主面に入射する光の角度は異なるので、それぞれの主面に入射する光の角度に合わせてテクスチャ構造の形状が決定されてもよい。

[0069] [1-2-2. 非晶質シリコン層の構造]

次に、図6A及び図6Bを用いて、シリコン基板10dの主面上に形成される非晶質シリコン層について説明する。なお、第1主面及び第2主面における非晶質シリコン層の構造は実質的には同じであり、第1主面についてのみ説明する。

[0070] 図6Aは、図4の破線領域V1aにおける拡大断面図である。具体的には、図6Aは、シリコン基板10d、第1非晶質シリコン層90及びn側電極10aの谷部付近の積層構造を拡大した断面図である。図6Aの断面図は、第1非晶質シリコン層90の頂部（図示しない）及び谷部103（図7参照）を結ぶ傾斜部104（図7参照）と、隣接する2つの傾斜部104に挟まれた谷部103とを示している。図6Bは、図6Aの破線領域V1bにおけ

る拡大断面図である。

[0071] 図6Aに示すように、第1非晶質シリコン層90は、i型非晶質シリコン層10c及びn型非晶質シリコン層10bにより構成される。本実施の形態では、i型非晶質シリコン層10cは3層構造を有している。本実施の形態では、i型非晶質シリコン層10cにおいて、第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122が形成される。図6Bに示すように、第1エピタキシャル層120は、エピタキシャル成長した結晶領域120aと非晶質領域120bとを有する。また、第1中間層121及び第1パッシベーション層122は、非晶質（アモルファス）領域のみで構成されており、密度（膜密度）などが異なる。より詳しくは、第1中間層121の密度は、第1パッシベーション層122の密度より低い。なお、密度（膜密度）とは、各層の単位体積（例えば、1立方センチメートル）あたりの質量を意味する。また、n型非晶質シリコン層10bは、本実施の形態では、非晶質領域のみで構成されているパッシベーション層である。第1中間層121及びn型非晶質シリコン層10bは、密度（膜密度）などが異なる。より詳しくは、第1中間層121の密度は、n型非晶質シリコン層10bの密度より低い。

[0072] 第1非晶質シリコン層90は、谷部103において、シリコン基板10d上にエピタキシャル成長した結晶領域120aを含む第1エピタキシャル層120と、第1エピタキシャル層120上に形成された非晶質シリコン層である第1中間層121と、第1中間層121上に形成された非晶質シリコン層である第1パッシベーション層122と、第1パッシベーション層122上に形成された非晶質シリコン層であるn型非晶質シリコン層10bとが、シリコン基板10dの第1主面から略垂直方向（Z軸プラス側方向）に向けて積層されている。

[0073] また、図6Aに示すように、第1非晶質シリコン層90は、シリコン基板10dの第1主面のテクスチャ構造を反映した凹凸形状を有している。また、n側電極10aも当該テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有している。

- [0074] 図6Bに示すように、本実施の形態では、i型非晶質シリコン層10cの第1エピタキシャル層120は、谷部103において結晶領域120aと非晶質（アモルファス）領域120bとを含んでいる。結晶領域120aは、シリコン基板10dの結晶方位を反映したエピタキシャル成長領域や微細な結晶領域を含んでいてもよい。また、非晶質領域120bは、シリコン基板10dの結晶方位を反映しない、非晶質（アモルファス）で占有された領域である。なお、例えば、第1エピタキシャル層120の導電率は、暗導電率が $1.0 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ 以上 $1.0 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ 以下であり、光導電率が $1.0 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ 以上 $1.0 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ 以下である。
- [0075] 第1エピタキシャル層120が結晶領域120aを含むことで、曲線因子の低下を抑制することができる。また、曲線因子の調整は、第1エピタキシャル層120の厚みを調整することで実現できる。第1エピタキシャル層120の厚みは、成膜する時間により調整することができる。よって、テクスチャ構造が微細化した場合でも、第1エピタキシャル層120の成膜時間を調整するといった簡単な制御で、曲線因子の低下を抑制することができる。つまり、テクスチャ構造が微細化した場合でも、曲線因子を高い状態に維持することができる。
- [0076] なお、第1エピタキシャル層120における結晶領域120a及び非晶質領域120bの占有率は、特に限定されない。例えば、第1エピタキシャル層120は、結晶領域120aのみから構成されてもよい。例えば、少なくとも谷部103において、第1エピタキシャル層120は結晶領域120aのみから構成されてもよい。結晶領域120aは、第1エピタキシャル層120の主たる構成要素である非晶質領域120bに比べて導電性に優れている。従って、第1エピタキシャル層120において、結晶領域120aの占有率が高いほど、抵抗損失が低減され、曲線因子を向上させることができる。また、占有率とは、太陽電池セル10を断面視した（Y軸方向から見た）場合の第1エピタキシャル層120の谷部103の面積に対する結晶領域120a又は非晶質領域120bの面積の割合である。

[0077] また、図6Bでは、第1エピタキシャル層120上に形成される第1中間層121にわたって結晶領域120aが貫通している例を示しているが、これに限定されない。結晶領域120aは、第1中間層121にわたって貫通していなくてもよい。

[0078] 続いて、第1エピタキシャル層120の上に積層される第1中間層121について説明する。第1エピタキシャル層120は結晶領域120aを含んでいる。第1中間層121は、成膜される際、第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けないように形成される。具体的には、第1中間層121を成膜する成膜速度（成膜レート）を、第1エピタキシャル層120を成膜する成膜速度より大きくする。例えば、第1中間層121を成膜する成膜速度は、第1エピタキシャル層120を成膜する成膜速度の3倍などである。これにより、形成される第1中間層121は、第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに成膜される。つまり、第1中間層121は、エピタキシャル成長領域を含まない非晶質領域のみで形成される。また、第1中間層121の成膜速度が大きいので、第1中間層121の密度は、第1エピタキシャル層120の密度より低くなる。なお、第1中間層121は、第1アモルファス層の一例である。

[0079] 続いて、第1中間層121の上に形成される第1パッシベーション層122について説明する。第1中間層121は非晶質領域のみで形成されている。そのため、第1パッシベーション層122を成膜する際、第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに第1パッシベーション層122が形成される。これにより、第1パッシベーション層122は、非晶質領域のみで形成される。

[0080] 一般的に、成膜速度を低くすると膜質の良い膜が形成される。つまり、成膜速度を低くすると、高いパッシベーション性を有する膜が形成される。そのため、第1パッシベーション層122は、成膜速度を低くして形成されることが好ましい。例えば、第1パッシベーション層122を成膜する成膜速度は、第1エピタキシャル層120を成膜する成膜速度より低い。これによ

り、第1パッシベーション層122の密度は、第1エピタキシャル層120の密度より高くなる。

[0081] また、第1パッシベーション層122を成膜する成膜速度を低くすることで、第1パッシベーション層122の導電率は高くなる。例えば、第1パッシベーション層122を成膜する成膜速度を、第1中間層121を成膜する成膜速度より低くすることで、第1パッシベーション層122の導電率は、第1中間層121の導電率より高くなる。例えば、第1中間層121の導電率は、暗導電率が $1.0 \times 10^{-14} \text{ S/cm}$ 以上 $1.0 \times 10^{-10} \text{ S/cm}$ 以下であり、光導電率が $1.0 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ 以上 $1.0 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ 以下である。また、例えば、第1パッシベーション層122の導電率は、暗導電率が $1.0 \times 10^{-9} \text{ S/cm}$ 以上 $1.0 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ 以下であり、光導電率が $1.0 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ 以上 $1.0 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ 以下である。つまり、第1パッシベーション層122を形成することで、高いパッシベーション性を維持でき、かつ曲線因子が低下することを抑制することができる。よって、テクスチャ構造が微細化した場合でも、曲線因子の低下を抑制し、かつ、開放電圧を高い状態に維持することができる。

[0082] なお、第1中間層121は、例えば、第1エピタキシャル層120及び第1パッシベーション層122より導電率が低い。つまり、第1中間層121による抵抗損失が大きい。そのため、第1中間層121が厚いと太陽電池セル10の曲線因子が低下するので、第1中間層121は薄く成膜される方が好ましい。第1中間層121は、第1パッシベーション層122が第1エピタキシャル層120の影響を受けずに成膜できる厚みの中で、極力薄く成膜される方が好ましい。例えば、第1中間層121の厚みは、第1パッシベーション層122の厚みより薄い。例えば、第1中間層121の厚みは、1 nm以上3 nm以下である。なお、厚みの調整は、第1エピタキシャル層120と同様、成膜する時間で調整できる。

[0083] 続いて、第1パッシベーション層122の上に形成されるn型非晶質シリコン層10bについて説明する。第1パッシベーション層122は非晶質領

域のみで形成されている。そのため、 $n$ 型非晶質シリコン層10bを成膜する際、第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに $n$ 型非晶質シリコン層10bが形成される。これにより、 $n$ 型非晶質シリコン層10bは、非晶質領域のみで形成される。また、 $n$ 型非晶質シリコン層10bは、第1パッシベーション層122と同様、成膜速度を低くして形成されることが好ましい。

[0084] なお、第1パッシベーション層122及び $n$ 型非晶質シリコン層10bは、第2アモルファス層の一例である。第2アモルファス層とは、第1中間層の上に形成される非晶質シリコン層である。なお、 $n$ 型非晶質シリコン層10bは、第2アモルファス層に含まれなくてもよい。

[0085] また、第1非晶質シリコン層90は、谷部103を除く部分において実質的にアモルファス状態である。つまり、 $n$ 型非晶質シリコン層10b及び $i$ 型非晶質シリコン層10c（第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122）は、谷部103以外では、実質的にアモルファス状態である。

[0086] 次に、第1非晶質シリコン層90における谷部103の範囲について説明する。

[0087] 図7は、本実施の形態に係る第1非晶質シリコン層90の谷部103のアーチ形状を表す曲率半径を説明する図である。谷部103は、太陽電池セル10を断面視した場合、シリコン基板10dの基板谷部102の形状を反映したアーチ形状を有している。谷部103は、略直線状の傾斜部104に挟まれた領域である。ここで、谷部103の範囲は、図7に示すように、傾斜部104の傾面の傾きが変化する点 $X1 \sim X4$ で挟まれた領域と定義される。例えば、谷部103の曲率半径 $R$ は、 $1 \text{ nm}$ 以上 $300 \text{ nm}$ 以下である。なお、谷部103の曲率半径 $R$ とは、2つの点 $X1$ 及び $X2$ で挟まれた谷部103の曲面とを含む円 $C$ の半径と定義される。

[0088] [1-3. 製造方法]

続いて、本実施の形態に係る太陽電池セル10の製造方法について、図8

A～図9を用いて説明する。なお、製造方法では、第1主面及び第2主面の両面に非晶質シリコン層90、91を成膜する場合について説明する。

[0089] 図8Aは、本実施の形態に係る太陽電池セル10の製造方法を示すフローチャートである。

[0090] まず、シリコン基板10dの(100)面を異方性エッチングする(S10)。これにより、複数の角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造をシリコン基板10dの表面及び裏面に形成する。つまり、第1主面および第2主面を形成する。

[0091] 具体的には、(100)面を有するシリコン基板10dをエッチング液に浸漬する。エッチング液は、アルカリ水溶液を含む。アルカリ水溶液は、例えば、水酸化ナトリウム(NaOH)、水酸化カリウム(KOH)、及び水酸化テトラメチルアンモニウム(TMAH)の少なくとも1つを含む。シリコン基板10dの(100)面を上記アルカリ水溶液に浸漬することにより、シリコン基板10dの表面及び裏面が、(111)面に沿って異方性エッチングされる。この結果、図5A及び図5Bに示すように、シリコン基板10dの表面及び裏面に、基板頂部101及び基板谷部102を有する四角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造が形成される。四角錐の角錐面は、(111)面である。なお、エッチング液に含まれるアルカリ水溶液の濃度は、例えば、0.1重量%以上10重量%以下である。なお、テクスチャ構造の凹凸のうち、シリコン基板10dの内側へへこんでいる凹部を谷部とする。

[0092] 次に、上記テクスチャ構造が形成されたシリコン基板10dを、等方性エッチングする(S20)。これにより、基板谷部102がアール形状に加工される(図6A及び図6B参照)。本工程は、具体的には、フッ酸(HF)と硝酸(HNO<sub>3</sub>)との混合溶液、又はフッ酸(HF)と硝酸(HNO<sub>3</sub>)と酢酸(CH<sub>3</sub>COOH)との混合溶液を用いたウェットエッチング、あるいは、四フッ化メタン(CF<sub>4</sub>)と酸素(O<sub>2</sub>)との混合ガスを用いたドライエッチングを適用することができる。上記材料の混合比及び処理時間などを制御

することにより、基板谷部102の曲率半径を調整できる。また、本工程により、基板頂部101やテクスチャ構造の稜線部分を丸くしてもよい。

[0093] 次に、上記等方性エッチング工程を経たシリコン基板10dを、フッ酸（HF）及び過酸化水素（ $H_2O_2$ ）を含有する混合溶液に浸漬する（S30）。本工程において、フッ酸及び過酸化水素の混合溶液を用いることで、アー形状となった基板谷部102の表面が選択的に改質される。なお、上記混合溶液に含まれるフッ酸の濃度は、0.1重量%以上5重量%以下であり、過酸化水素の濃度は、0.1重量%以上5重量%以下であることが好ましい。さらに好ましくは、上記混合溶液に含まれるフッ酸の濃度は、0.5重量%以上3重量%以下であり、過酸化水素の濃度は、2重量%以上4重量%以下である。

[0094] シリコン基板10dの基板谷部102の表面を改質することで、シリコン基板10dの基板谷部102の結晶性が乱される。これにより、シリコン基板10dの谷部103のほぼ全領域に結晶領域120aのみが形成されることを抑制している。図6Bに示すように、結晶領域120aは、第1主面から略垂直方向に向けて成長し、かつ谷部103のうちシリコン基板10dと接する下端部と反対側の上端部において、第1主面と略平行な面に離散的に存在するようになる。これにより、谷部103の全領域が結晶領域120aとなり、開放電圧が低下することを抑制できる。なお、谷部103の第1エピタキシャル層120の全領域を結晶領域120aとする場合、ステップS30は省略されてもよい。

[0095] 次に、表面処理されたシリコン基板10dの第1主面及び第2主面に第1非晶質シリコン層90及び第2非晶質シリコン層91を形成する非晶質層形成工程（S40）が行われる。なお、非晶質シリコン層90のみに上記で説明した谷部103における膜構造を有する非晶質シリコン層が形成される場合、第1主面にのみ、以下の工程が行われる。その場合、非晶質層形成工程では、複数の角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造を有するシリコン基板10dの第1主面上に、シリコンを含む原材料ガスを用いた気相成長法

により、テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層90が形成される。

[0096] 本工程では、i型非晶質シリコン層10c（第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122）、n型非晶質シリコン層10b、i型非晶質シリコン層10e、及びp型非晶質シリコン層10fをこの順で形成する。なお、形成順序はこれに限定されない。例えば、i型非晶質シリコン層10c及びi型非晶質シリコン層10eを同時形成した後、n型非晶質シリコン層10b及びp型非晶質シリコン層10fをこの順で形成してもよい。

[0097] 図8Bを用いて、より詳細にステップS40について説明する。図8Bは、本実施の形態に係る非晶質シリコン層90、91の製造方法を示すフローチャートである。

[0098] まず、シリコン基板10dの第1主面に、第1エピタキシャル層120を形成する第1エピタキシャル層形成工程（S41）を行う。例えば、第1エピタキシャル層120は、プラズマ化学気相成長法（PECVD）、Catalytic Chemical Vapor Deposition（Catalytic Chemical Vapor Deposition）、及びスパッタリング法などにより形成される。PECVDは、RFプラズマCVD法、周波数の高いVHFプラズマCVD法、及びマイクロ波プラズマCVD法など、いずれの手法を用いてもよい。本実施の形態では、例えば、RFプラズマCVD法を用いて第1エピタキシャル層120を形成する。具体的には、シラン（SiH<sub>4</sub>）などのケイ素含有ガスを水素で希釈したガスを製膜室に供給し、当該製膜室に配置された平行平板電極にRF周波数電力を印加して当該ガスをプラズマ化する。このプラズマ化されたガスを、150℃以上250以下に加熱されたシリコン基板10dの第1主面に供給することにより、第1エピタキシャル層120が形成される。

[0099] 第1エピタキシャル層120を形成する成膜速度により、第1エピタキシャル層120がエピタキシャル成長領域を含む結晶領域120aを有するかどうかを制御することができる。第1エピタキシャル層120を成膜する成膜

速度（ガスを供給する速度）を高くすると、エピタキシャル成長領域が形成されない。また、成膜速度を低くすると、シリコン基板 10 d の結晶方位の影響を大きく受け結晶領域 120 a のみが形成され、非晶質領域 120 b が形成されない。そこで、結晶領域 120 a 及び非晶質領域 120 b の両方が形成される成膜速度で、第 1 エピタキシャル層 120 は形成される。例えば、第 1 エピタキシャル層 120 を形成する成膜速度は、 $0.1 \text{ \AA}/\text{秒}$ 以上  $3 \text{ \AA}/\text{秒}$ 以下である。また、例えば、その成膜速度で形成された第 1 エピタキシャル層 120 の密度（膜密度）は、 $2.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以上  $2.4 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以下である。また、例えば、水素濃度は、 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 以上  $5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 以下である。

[0100] なお、成膜速度の調整は、例えば、供給するガスの流量により調整する。例えば、流量を多くすると成膜速度を大きくすることができる。なお、成膜速度の調整方法は、これに限定されない。例えば、シリコン基板 10 d の温度、製膜室内の圧力及び RF 電力などによって調整してもよい。例えば、シリコン基板 10 d の温度、製膜室内の圧力及び RF 電力を高くすると、成膜速度を大きくすることができる。

[0101] また、第 1 エピタキシャル層 120 の厚みは、成膜時間により制御される。成膜時間を長くすることで、第 1 エピタキシャル層 120 の厚みを厚くすることができる。第 1 エピタキシャル層 120 の成膜時間は、第 1 エピタキシャル層 120 を成膜する成膜速度と第 1 エピタキシャル層 120 の狙い厚みとに応じて、適宜決定される。なお、狙い厚みとは、例えば、所望の曲線因子を得るための第 1 エピタキシャル層 120 の厚みの狙い値である。また、第 1 エピタキシャル層 120 の厚みは、例えば、 $1 \text{ nm}$ 以上  $25 \text{ nm}$ 以下である。なお、第 1 エピタキシャル層 120 の厚みとは、谷部 103 での第 1 エピタキシャル層 120 の Z 軸方向の厚みであり、図 6 A に示す厚み T1 に相当する。

[0102] 次に、第 1 エピタキシャル層 120 の上に第 1 中間層 121 を形成する第 1 中間層形成工程（S42）、及び、ステップ S42 の後に、第 1 中間層 1

21の上に第1パッシベーション層122を形成する第1パッシベーション層形成工程(S43)を行う。本実施の形態では、第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122は、i型非晶質シリコン層10cにおいて形成される。そのため、第1中間層121を形成する第1中間層形成工程、及び、第1パッシベーション層122を形成する第1パッシベーション層形成工程において、成膜方法や使用される材料は第1エピタキシャル層形成工程と同じである。第1エピタキシャル層形成工程と異なるのは、成膜条件である。

[0103] まず、第1中間層121を形成する第1中間層形成工程(S42)について説明する。第1中間層121を成膜する成膜速度を高くすると、第1中間層121には非晶質領域のみが形成される。また、成膜速度を低くすると、第1中間層121には第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けエピタキシャル成長領域を含む結晶領域が形成される。そこで、非晶質領域のみが形成される成膜速度で、第1中間層121が形成される。例えば、第1中間層121を形成する成膜速度は、 $3 \text{ \AA} / \text{秒}$ 以上 $5 \text{ \AA} / \text{秒}$ 以下である。また、例えば、その成膜速度で形成された第1中間層121の密度(膜密度)は、 $2.0 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以上 $2.2 \text{ g} / \text{cm}^3$ 以下である。また、水素濃度は、 $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ 以下である。

[0104] また、第1中間層121の厚みは、成膜時間により制御される。成膜時間を長くすることで、第1中間層121の厚みを厚くすることができる。なお、第1中間層121の厚み(狙い厚み)は、第1中間層121の上に形成される第1パッシベーション層122が第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けなくなる厚みの中で、極力薄く形成されることが好ましい。これは、第1中間層121による曲線因子の低下を低減するためである。第1中間層121を成膜する成膜時間は、第1中間層121を成膜する成膜速度と第1中間層121の狙い厚みとに応じて、適宜決定される。また、第1中間層121の厚みは、例えば、 $1 \text{ nm}$ 以上 $3 \text{ nm}$ 以下である。なお、第1中間層121の厚みとは、谷部103での第1中間層121のZ軸

方向の厚みであり、図6Aに示す厚みT2に相当する。

[0105] なお、本実施の形態では、第1中間層形成工程は第1アモルファス層形成工程の一例である。

[0106] なお、成膜速度の調整は、ステップS41と同様であるので、説明を省略する。

[0107] 次に、第1パッシベーション層122を形成する第1パッシベーション層形成工程(S43)について説明する。第1パッシベーション層122は、成膜速度に関わらず非晶質領域のみが形成される。これは、第1パッシベーション層122が、非晶質領域のみで形成される第1中間層121の上に形成されるためである。つまり、第1中間層121が形成されていることで、第1パッシベーション層122は第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに成膜される。なお、成膜速度は低い方が膜質のよい膜が形成されるため、第1パッシベーション層122の成膜速度は低い方が好ましい。これにより、高いパッシベーション性を有する第1パッシベーション層122が形成される。例えば、第1パッシベーション層122を形成する成膜速度は、 $0.1 \text{ \AA}/\text{秒}$ 以上 $5 \text{ \AA}/\text{秒}$ 以下である。また、例えば、その成膜速度で形成された第1パッシベーション層122の密度(膜密度)は、 $2.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以上 $2.4 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以下である。また、水素濃度は、 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ 以下である。

[0108] また、第1パッシベーション層122の厚みは、成膜時間により制御される。成膜時間を長くすることで、第1パッシベーション層122の厚みを厚くすることができる。なお、第1パッシベーション層122の厚みは、特に限定されない。例えば、第1中間層121より厚く形成される。例えば、第1パッシベーション層122を成膜する成膜時間は、第1パッシベーション層122を成膜する成膜速度と第1パッシベーション層122の狙い厚みとに応じて、適宜決定される。なお、狙い厚みとは、例えば、所望の開放電圧を得るための第1パッシベーション層122の厚みの狙い値である。また、第1パッシベーション層122の厚みは、例えば、 $1 \text{ nm}$ 以上 $25 \text{ nm}$ 以下

である。なお、第1パッシベーション層122の厚みとは、谷部103での第1パッシベーション層122のZ軸方向の厚みであり、図6Aに示す厚みT3に相当する。

[0109] また、上記では、第1中間層121の厚みは第1パッシベーション層122の厚みより薄い例について説明したが、これに限定されない。例えば、第1パッシベーション層122の厚みは、所望の開放電圧を得ることができれば、第1中間層121の厚みと同じまたは薄くてもよい。つまり、第1中間層121の厚みは第1パッシベーション層122の厚みより厚くてもよい。

[0110] 次に、第1パッシベーション層122の上に、n型非晶質シリコン層10bを形成するn型非晶質シリコン層形成工程(S44)を行う。例えば、n型非晶質シリコン層10bは、PECVD、Cat-CVD、及びスパッタリング法などにより形成される。PECVDは、RFプラズマCVD法が適用される。具体的には、シラン( $\text{SiH}_4$ )などのケイ素含有ガス及びホスフィン( $\text{PH}_3$ )などのn型ドーパント含有ガスを水素で希釈した混合ガスを製膜室に供給し、当該製膜室に配置された平行平板電極にRF高周波電力を印加して当該混合ガスをプラズマ化する。なお、プラズマ化されたガスを150°C以上250°C以下に加熱されたシリコン基板10dの第1主面に供給することにより、第1パッシベーション層122の上に、n型非晶質シリコン層10bが形成される。

[0111] n型非晶質シリコン層10bは、成膜速度に関わらず非晶質領域のみが形成される。これは、n型非晶質シリコン層10bが、非晶質領域のみで形成される第1パッシベーション層122の上に形成されるためである。なお、成膜速度は低い方が膜質のよい膜が形成されるため、n型非晶質シリコン層10bの成膜速度は低い方が好ましい。これにより、高いパッシベーション性を有するn型非晶質シリコン層10bが形成される。例えば、n型非晶質シリコン層10bを形成する成膜速度は、0.1 Å/秒以上5 Å/秒以下である。また、例えば、その成膜速度で形成されたn型非晶質シリコン層10bの密度(膜密度)は、2.2 g/cm<sup>3</sup>以上2.4 g/cm<sup>3</sup>以下である。

また、水素濃度は、 $1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 以上 $5 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ 以下である。

[0112] また、n型非晶質シリコン層10bの厚みは、成膜時間により制御される。成膜時間を長くすることで、n型非晶質シリコン層10bの厚みを厚くすることができる。なお、n型非晶質シリコン層10bの厚みは、特に限定されない。例えば、第1パッシベーション層122と同程度の厚みで形成される。例えば、n型非晶質シリコン層10bを成膜する成膜時間は、n型非晶質シリコン層10bを成膜する成膜速度とn型非晶質シリコン層10bの狙い厚みとに応じて、適宜決定される。なお、狙い厚みとは、例えば、所望の開放電圧を得るためのn型非晶質シリコン層10bの厚みの狙い値である。また、n型非晶質シリコン層10bの厚みは、例えば、1nm以上25nm以下である。なお、n型非晶質シリコン層10bの厚みとは、谷部103でのn型非晶質シリコン層10bのZ軸方向の厚みであり、図6Aに示す厚みT4に相当する。

[0113] また、本実施の形態では、第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程は、第2アモルファス層形成工程の一例である。なお、n型非晶質シリコン層形成工程は、第2アモルファス層形成工程に含まなくてもよい。

[0114] ここで、図9を用いて、非晶質層形成工程における成膜速度及び成膜時間について説明する。

[0115] 図9は、本実施の形態に係る非晶質シリコン層90を形成する成膜条件を示す図である。具体的には、各工程における成膜条件の相对比较及びそれによる膜性能の相对比较の一例を示す図である。なお、膜性能はカッコ内に記載している。

[0116] 図9に示すように、第1中間層形成工程における成膜速度は、第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度より高い。例えば、第1中間層形成工程における成膜速度は、第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度の3倍などである。これにより、第1中間層121は、第1エピタキシャル層120の影響を受けずに非晶質領域のみで形成される。

[0117] また、第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程における成膜速度は、第1中間層形成工程における成膜速度より低い。これにより、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bは、第1中間層121に比べ密度が高く膜質の良い膜が形成される。つまり、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bは、高いパッシベーション性及び高い導電性を有する。よって、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bにより、第1非晶質シリコン層90における曲線因子の低下を抑制し、かつ開放電圧を高い状態に維持することができる。

[0118] また、上記より、第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度は、例えば、第1パッシベーション層形成工程における成膜速度より高く、第1中間層形成工程における成膜速度より低い。つまり、第1エピタキシャル層120の密度は、第1中間層121の密度より高く、かつ第1パッシベーション層122の密度より低い。これにより、第1エピタキシャル層120はエピタキシャル成長領域を含む結晶領域120a及び非晶質領域120bの両方が形成される。つまり、結晶領域120aによる開放電圧の低下を非晶質領域120bにより抑制することができる。

[0119] なお、図9では、第1エピタキシャル層120の密度は、第1中間層121の密度より高く、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bの密度より低い例について示しているが、これに限定されない。第1エピタキシャル層120の密度は、第1中間層121の密度より高ければ、特に限定されない。例えば、第1エピタキシャル層120の密度は、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bの少なくとも一方の密度より高くてもよい。第1エピタキシャル層120の密度が第1中間層121の密度より高い、つまり第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度が第1中間層形成工程における成膜速度より低いことで、第1エピタキシャル層120には結晶領域120aが形成されやすくなる。よって、第1エピタキシャル層120に形成された結晶領域120aにより、第1非晶

質シリコン層90の曲線因子を高い状態に維持させることができる。なお、第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度は、第1パッシベーション層形成工程における成膜速度より低くてもよい。また、第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度は、n型非晶質シリコン形成工程における成膜速度より低くてもよい。

[0120] また、第1中間層形成工程における成膜時間は、第1パッシベーション層形成工程における成膜時間より短い。これにより、第1中間層121の厚みは、第1パッシベーション層122の厚みより薄く形成される。第1中間層121では抵抗損失が大きいので、第1中間層121が薄く形成されることで、第1中間層121を成膜することによる曲線因子の低下を抑制することができる。

[0121] なお、図9では、第1エピタキシャル層形成工程における成膜時間は、第1中間層形成工程における成膜時間より長く、第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程における成膜時間より短い例について示しているが、これに限定されない。第1エピタキシャル層形成工程における成膜時間は、第1中間層形成工程における成膜時間より短くてもよいし、第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程における成膜時間より長くてもよい。第1エピタキシャル層形成工程における成膜時間は、第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度と第1エピタキシャル層120の狙い厚みとに応じて、適宜決定される。

[0122] 次に、シリコン基板10dの第2主面に第2非晶質シリコン層91を形成する工程について説明する。なお、第2主面には、ステップS10において複数の角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造が形成される。また、第2主面に形成される第2エピタキシャル層、第2中間層及び第2パッシベーション層については、図示を省略している。本実施の形態では、第2エピタキシャル層、第2中間層及び第2パッシベーション層は、i型非晶質シリコン層10eにより形成される。

[0123] また、シリコン基板10dの第2主面に形成される第2非晶質シリコン層

91は、シリコン基板10dの第2主面からp側電極10g側（Z軸マイナス方向）に向け積層されるが、ステップS45～S48において、Z軸マイナス方向に積層することを層の上に形成すると表現している。例えば、第2エピタキシャル層の上に第2中間層を形成するとは、第2エピタキシャル層に対しZ軸マイナス方向に第2中間層を形成する（積層する）意味である。

[0124] まず、シリコン基板10dの第2主面に、エピタキシャル成長領域を含む第2エピタキシャル層を形成する第2エピタキシャル層形成工程（S45）を行う。

[0125] 第2エピタキシャル層の成膜方法は、第1エピタキシャル層120の成膜方法（ステップS41）と同様であり、説明を省略する。なお、例えば、第2エピタキシャル層の密度及び厚みを第1エピタキシャル層120の密度及び厚みから変更してもよい。変更する場合は、成膜速度及び成膜時間で調整を行う。また、例えば、第2エピタキシャル層は、第1エピタキシャル層120と同じ材料で成膜される。

[0126] 次に、第2エピタキシャル層の上に第2中間層を形成する第2中間層形成工程（S46）、及びステップS46の後に、第2中間層の上に第2パッシベーション層を形成する第2パッシベーション層形成工程（S47）を行う。本実施の形態では、第2エピタキシャル層、第2中間層及び第2パッシベーション層は、i型非晶質シリコン層10eにおいて形成される。そのため、第2中間層を形成する第2中間層形成工程及び第2パッシベーション層を形成する第2パッシベーション層形成工程において、成膜方法や使用される材料は第2エピタキシャル層形成工程と同じである。

[0127] 第2中間層の成膜方法は、第1中間層121の成膜方法（ステップS42）と同様であり、説明を省略する。第2中間層は、非晶質領域のみから形成される。なお、例えば、第2中間層の密度及び厚みを第1中間層121の密度及び厚みから変更してもよい。変更する場合は、成膜速度及び成膜時間で調整を行う。また、例えば、第2中間層は、第1中間層121と同じ材料で成膜される。なお、第2中間層は、第3アモルファス層の一例である。

[0128] 第2パッシベーション層の成膜方法は、第1パッシベーション層122の成膜方法（ステップS43）と同様であり、説明を省略する。第2パッシベーション層は、非晶質領域のみから形成される。なお、例えば、第2パッシベーション層の密度及び厚みを第1パッシベーション層122の密度及び厚みから変更してもよい。変更する場合は、成膜速度及び成膜時間で調整を行う。また、例えば、第2パッシベーション層は、第1パッシベーション層122と同じ材料で成膜される。

[0129] 次に、第2パッシベーション層の上に、p型非晶質シリコン層10fを形成するp型非晶質シリコン層形成工程（S48）を行う。p型非晶質シリコン層10fは、PECVD、Cat-CVD及びスパッタリング法などにより形成される。PECVDは、RFプラズマCVD法が適用される。具体的には、シラン（ $\text{SiH}_4$ ）などのケイ素含有ガス及びジボラン（ $\text{B}_2\text{H}_6$ ）などのp型ドーパント含有ガスを水素で希釈した混合ガスを製膜室に供給し、当該製膜室に配置された平行平板電極にRF高周波電力を印加して当該混合ガスをプラズマ化する。なお、混合ガスにおけるジボラン（ $\text{B}_2\text{H}_6$ ）の濃度は、例えば1%である。このプラズマ化されたガスを、150℃以上250以下に加熱されたシリコン基板10dの第2主面に供給することにより、第2パッシベーション層上にp型非晶質シリコン層10fが形成される。

[0130] p型非晶質シリコン層10fは、成膜速度に関わらず非晶質領域のみが形成される。これは、p型非晶質シリコン層10fが、非晶質領域のみで形成される第2パッシベーション層の上に形成されるためである。なお、成膜速度は低い方が膜質のよい膜が形成されるため、p型非晶質シリコン層10fの成膜速度は低い方が好ましい。これにより、高いパッシベーション性を有するp型非晶質シリコン層10fが形成される。

[0131] なお、第2パッシベーション層及びp型非晶質シリコン層10fは、第4アモルファス層の一例である。

[0132] 第2非晶質シリコン層91は凹凸形状の谷部において、シリコン基板10d上にエピタキシャル成長した結晶領域を含む第2エピタキシャル層と、第

2エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第2中間層と、第2中間層上に形成された非晶質シリコン層である第2パッシベーション層と、第2パッシベーション層上に形成された非晶質シリコン層であるp型非晶質シリコン層10fとが、シリコン基板10dの第2主面から略垂直方向（Z軸マイナス側方向）に向けて積層されている。また、第2中間層の密度は、第2パッシベーション層及びp型非晶質シリコン層10fの密度より低い。

[0133] 以上の工程（S41～S48）により、シリコン基板10dの第1主面及び第2主面に、非晶質シリコン層90及び91が形成される。

[0134] 図8Aを再び参照して、最後に、非晶質シリコン層90及び91の上に、透明電極であるn側電極10a及びp側電極10g、並びに、電属電極である表面集電極11及び裏面集電極12が形成される（S50）。まず、n型非晶質シリコン層10bの上にn側電極10aを形成し、p型非晶質シリコン層10fの上に、p側電極10gを形成する。具体的には、n型非晶質シリコン層10b及びp型非晶質シリコン層10fの上に、インジウムスズ酸化物（ITO）などの透明導電性酸化物を、蒸着法及びスパッタリング法などにより成膜する。続いて、n側電極10aの上にフィンガー電極70を含む表面集電極11（金属電極）を形成し、p側電極10gの上にフィンガー電極70を含む裏面集電極12（金属電極）を形成する。表面集電極11及び裏面集電極12は、例えば、樹脂材料をバインダとし、銀粒子などの導電性粒子をフィラーとした熱硬化型である樹脂型導電性ペーストを用いて、スクリーン印刷などの印刷法により形成することができる。

[0135] 以上の工程（S10～S50）により、本実施の形態に係る太陽電池セル10が形成される。

[0136] なお、i型非晶質シリコン層10cにおいて第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122が形成され、n型非晶質シリコン層10bにおいてパッシベーション層が形成されている例について説明したが、これに限定されない。例えば、i型非晶質シリコン層10

cにおいて第1エピタキシャル層120及び第1中間層121が形成され、n型非晶質シリコン層10bにおいてパッシベーション層が形成されてもよい。また、i型非晶質シリコン層10cにおいて第1エピタキシャル層120が形成され、n型非晶質シリコン層10bにおいて第1中間層121及びパッシベーション層が形成されてもよい。曲線因子(F F)及び開放電圧( $V_{oc}$ )を考慮し、第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122(パッシベーション層)が形成される層(i型非晶質シリコン層10c及びn型非晶質シリコン層10b)を適宜決定すればよい。なお、上記の場合、n型非晶質シリコン層10bに形成されるパッシベーション層が第2アモルファス層の一例である。

[0137] また、本実施の形態に係る太陽電池セル10の場合、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bにおいて第2アモルファス層が形成されている。これにより、第2アモルファス層の一部は、シリコン基板10d(n型単結晶シリコン基板)の導電型と同じ導電型である。あるいは、n型非晶質シリコン層10bにおいてのみパッシベーション層が形成されている場合、第2アモルファスはシリコン基板10dの導電型と同じ導電型である。つまり、n型非晶質シリコン層10bに第1エピタキシャル層120、第1中間層121及びパッシベーション層(第2アモルファス層)のいずれの層を形成するかで、シリコン基板10dの導電型と同じ導電型である層が変化する。言い換えると、第1エピタキシャル層120、第1中間層121(第1アモルファス層)及びパッシベーション層(第2アモルファス層)の少なくとも1つの一部が、シリコン基板10dの導電型と同じ導電型である。

[0138] 一方、シリコン基板10dの導電型と異なる導電型である第2非晶質シリコン層91の場合、界面であるpn接合部でキャリアが効果的に分離される。よって、pn接合部での抵抗損失を考慮する重要度は低い。従って、シリコン基板10dの導電型と異なる導電型である第2非晶質シリコン層91は、第2エピタキシャル層が第1エピタキシャル層120より薄く形成されて

いることが好ましい。また、第2非晶質シリコン層91は、第2エピタキシャル層を有していなくてもよい。つまり、i型非晶質シリコン層10eは、非晶質領域のみで形成されてもよい。

[0139] これにより、シリコン基板10dの導電型と同じ導電型である第1非晶質シリコン層90により、抵抗損失が低減することで曲線因子を向上させ、かつ開放電圧を向上させる。そして、シリコン基板10dの導電型と異なる導電型である第2非晶質シリコン層91により、開放電圧を効果的に向上させることが可能となる。

[0140] なお、第2非晶質シリコン層91の導電型がシリコン基板10dの導電型と異なる場合でも、上記で説明したように第2非晶質シリコン層91は第2エピタキシャル層、第2中間層、パッシベーション層（第2パッシベーション層及びp型非晶質シリコン層10f）で構成されてもよい。

[0141] [1-4. 効果]

本実施の形態に係る太陽電池セル10は、複数の角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造を第1主面に有するシリコン基板10dと、シリコン基板10dの第1主面上に形成され、テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層90とを備える。第1非晶質シリコン層90は、凹凸形状の谷部103において、シリコン基板10d上にエピタキシャル成長した結晶領域120aを含む第1エピタキシャル層120と、第1エピタキシャル層120上に形成された非晶質シリコン層である第1アモルファス層（第1中間層121）と、第1アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第2アモルファス層（第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10b）とを、この順に有する。そして、第1アモルファス層の密度は、第2アモルファス層の密度より低い。

[0142] 本発明の太陽電池セル10は、第1主面における凹凸形状の谷部103において、エピタキシャル成長した結晶領域120aを含む第1エピタキシャル層120と、非晶質シリコン層である第1アモルファス層（第1中間層121）及び第2アモルファス層（第1パッシベーション層122及びn型非

晶質シリコン層 10b) とが、この順に形成される。

- [0143] 第1エピタキシャル層 120が形成されることで、第1非晶質シリコン層 90における抵抗損失が低減され、太陽電池セル 10の曲線因子 (FF) を向上させることができる。
- [0144] 第1中間層 121は、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bより密度が低くなるように形成されることで、第1エピタキシャル層 120の結晶領域 120aの影響を受けずに形成される。つまり、第1中間層 121は、非晶質領域のみを有する。
- [0145] 第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bは、非晶質領域のみを有する第1中間層 121の上に形成されることで、第1エピタキシャル層 120の結晶領域 120aの影響を受けずに形成される。つまり、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bは、非晶質領域のみを有する。これにより、第1非晶質シリコン層 90における開放電圧 ( $V_{oc}$ ) を向上させることができる。さらに、第1中間層 121の密度は、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bの密度より低い。つまり、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bの密度は高いので、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bは高いパッシベーション性及び高い導電性を有する。これにより、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bによる曲線因子の低下を抑制し、かつさらに第1非晶質シリコン層 90における開放電圧を向上させることができる。
- [0146] よって、本実施の形態に係る太陽電池セル 10によれば、太陽電池セルに形成されるテクスチャ構造を微細化した場合においても、曲線因子及び開放電圧を高く維持できる。
- [0147] また、第1中間層 121の厚みは、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bの厚みより薄い。
- [0148] 第1中間層 121は、第1パッシベーション層 122及びn型非晶質シリコン層 10bに比べ導電性が低く、抵抗損失が大きい。第1中間層 121の

厚みを第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bの厚みより薄くすることで、第1中間層121による抵抗損失を抑制することができる。つまり、第1中間層121による曲線因子の低下を抑制することができる。

- [0149] また、第1中間層121の厚みは、1nm以上3nm以下である。
- [0150] 第1中間層121の厚みが1nm以上あれば、第1中間層121の上に形成される第1パッシベーション層122は第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに形成される。また、第1中間層121の厚みを3nm以下とすることで、第1中間層121による抵抗損失を抑制することができる。よって、第1中間層121の厚みは、1nm以上3nm以下とすることで、第1中間層121による曲線因子の低下を抑制し、かつ非晶質領域のみで形成される第1パッシベーション層122を形成することができる。
- [0151] また、第1エピタキシャル層120は、さらに、非晶質領域120bを有する。
- [0152] 第1エピタキシャル層120が非晶質領域120bを有することで、第1エピタキシャル層120における開放電圧を向上させることができる。これにより、結晶領域120aによる開放電圧の低下を抑制することができる。
- [0153] また、第1エピタキシャル層120の密度は、第1中間層121の密度より高い。
- [0154] これにより、第1エピタキシャル層120は、エピタキシャル成長領域を含む結晶領域120aが形成されやすくなる。よって、本実施の形態に係る太陽電池セル10は、曲線因子を高い状態に維持することができる。
- [0155] また、第1エピタキシャル層120、第1アモルファス層（第1中間層121）及び第2アモルファス層（第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10b）の少なくとも1つの一部は、シリコン基板10dの導電型と同じ導電型である。
- [0156] これにより、シリコン基板10dの導電型と同じ導電型である第1非晶質

シリコン層 90 において、より抵抗損失が低減され、曲線因子を向上させることができる。

[0157] また、シリコン基板 10d は、さらに、複数の角錐が 2 次元状に配列されたテクスチャ構造を、第 1 主面と背向する第 2 主面に有する。そして、太陽電池セル 10 は、さらに、シリコン基板 10d の第 2 主面上に形成され、テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第 2 非晶質シリコン層 91 を備える。第 2 非晶質シリコン層 91 は凹凸形状の谷部において、シリコン基板 10d 上にエピタキシャル成長した結晶領域 120a を含む第 2 エピタキシャル層と、第 2 エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第 3 アモルファス層（第 2 中間層）と、第 3 アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第 4 アモルファス層（第 2 パッシベーション層及び p 型非晶質シリコン層 10f）とを、この順に有する。そして、第 3 アモルファス層の密度は、第 4 アモルファス層の密度より低い。

[0158] これにより、第 1 非晶質シリコン層 90 及び第 2 非晶質シリコン層 91 において、開放電圧の低下を抑制しながら、曲線因子を向上させることが可能となる。

[0159] また、本実施の形態に係る太陽電池モジュール 1 は、上記に記載の太陽電池セルを複数備える。

[0160] これにより、太陽電池モジュール 1 は、太陽電池セルに形成されるテクスチャ構造を微細化する場合においても、曲線因子及び開放電圧を高く維持できる太陽電池セル 10 を備えることができるので、太陽電池モジュール 1 の発電効率を向上させることができる。

[0161] また、本実施の形態に係る太陽電池セルの製造方法は、テクスチャ構造を有するシリコン基板 10d の第 1 主面上に、シリコンを含む原材料ガスを用いた気相成長法によりテクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第 1 非晶質シリコン層 90 を形成する非晶質層形成工程（S40）を含む。そして、非晶質層形成工程は、第 1 エピタキシャル層形成工程（S41）と、第 1 中間層形成工程（S42）と、第 1 パッシベーション層形成工程（S43）と

、n型非晶質シリコン層形成工程（S44）とを含む。エピタキシャル層形成工程（S41）では、シリコン基板10d上に形成されエピタキシャル成長した結晶領域120aを含む第1エピタキシャル層120を形成する。第1中間層形成工程（S42）では、第1エピタキシャル層120上に形成された非晶質シリコン層である第1中間層121を形成する。第1パッシベーション層形成工程（S43）では、第1中間層121上に形成された非晶質シリコン層である第1パッシベーション層122を形成する。n型非晶質シリコン層形成工程（S44）では、第1パッシベーション層122の上に形成された非晶質シリコン層であるn型非晶質シリコン層10bを形成する。そして、第1中間層形成工程における成膜速度は、第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程における成膜速度より高い。

[0162] 本発明の太陽電池セルの製造方法では、第1主面における凹凸形状の谷部103において、エピタキシャル成長した結晶領域120aを含む第1エピタキシャル層120と、非晶質シリコン層である第1中間層121、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bとが、この順に形成される。

[0163] 第1エピタキシャル層120が形成されることで、第1非晶質シリコン層90における抵抗損失が低減され、太陽電池セルの曲線因子（FF）を向上させることができる。

[0164] 第1中間層形成工程における成膜速度が第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程における成膜速度より高いことで、第1中間層121は第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに形成される。つまり、第1中間層121は、非晶質領域のみを有する。

[0165] 第1パッシベーション層122は、非晶質領域のみを有する第1中間層121の上に形成されることで、第1エピタキシャル層120の結晶領域120aの影響を受けずに形成される。つまり、第1パッシベーション層122は、非晶質領域のみを有する。

- [0166] n型非晶質シリコン層10bは、非晶質領域のみを有する第1パッシベーション層122の上に形成されることで、非晶質領域のみを有する。
- [0167] これらにより、第1非晶質シリコン層90における開放電圧( $V_{oc}$ )を向上させることができる。
- [0168] また、第1中間層形成工程における成膜速度が、第1パッシベーション層形成工程及びn型非晶質シリコン層形成工程における成膜速度より高いことで、第1中間層121は、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bより密度が低く形成される。つまり、第1パッシベーション層122は、高いパッシベーション性及び高い導電性を有する。これにより、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bによる曲線因子の低下を抑制し、かつさらに第1非晶質シリコン層90における開放電圧を向上させることができる。
- [0169] よって、本実施の形態に係る太陽電池セルの製造方法によれば、太陽電池セルに形成されるテクスチャ構造を微細化した場合においても、曲線因子及び開放電圧を高く維持できる。
- [0170] また、第1中間層形成工程(S42)における成膜時間は、第1パッシベーション層形成工程(S43)及びn型非晶質シリコン層形成工程(S44)における成膜時間より短い。
- [0171] これにより、第1中間層121は、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bより薄く形成される。よって、第1中間層121による抵抗損失を抑制することができる。つまり、第1中間層121による曲線因子の低下を抑制することができる。
- [0172] また、第1エピタキシャル層形成工程(S41)における成膜速度は、第1パッシベーション層形成工程(S43)及びn型非晶質シリコン層形成工程(S44)における成膜速度より高く、かつ第1中間層形成工程(S42)における成膜速度より低い。
- [0173] これにより、エピタキシャル層形成工程において、第1エピタキシャル層120はエピタキシャル成長領域を含む結晶領域120a及び非晶質領域1

20bの両方が形成される。つまり、結晶領域120aによる開放電圧の低下を非晶質領域120bにより抑制することができる。よって、本実施の形態に係る太陽電池セルの製造方法によれば、開放電圧に低下を抑制し、かつ曲線因子を高い状態に維持することができる。

[0174] (実施の形態2)

以下、図10を用いて、実施の形態2を説明する。

[0175] [2-1. 非晶質シリコン層の構造]

図10は、本実施の形態に係る太陽電池セル210の拡大断面図である。実施の形態1では、谷部103において第1エピタキシャル層120、第1中間層121、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bが形成されている例について説明した。本実施の形態に係る太陽電池セル210では、シリコン基板10dに形成されたテクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層90の全域において、シリコン基板10dの第1主面から略垂直方向に向けて、第1エピタキシャル層120、第1中間層121、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bがこの順に形成されている。なお、第1非晶質シリコン層90の全域には、谷部103も含まれる。つまり、凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層90の頂部105、谷部103、頂部105及び谷部103を結ぶ傾斜部104のすべてにおいて、第1エピタキシャル層120、第1中間層121、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bがこの順で形成されている。

[0176] 本実施の形態では、i型非晶質シリコン層10cにおいて第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122を形成する。また、n型非晶質シリコン層10bにおいてパッシベーション層を形成する。なお、第1中間層121は第1アモルファス層の一例であり、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bは第2アモルファス層の一例である。

[0177] 実施の形態1に係る太陽電池セル10は、谷部103において曲線因子（

FF)を調整していたが、本実施の形態に係る太陽電池セル210では、第1非晶質シリコン層90の全域において曲線因子を調整することができる。つまり、実施の形態1に係る太陽電池セル10より、抵抗損失を低減することができる。よって、本実施の形態に係る太陽電池セル210は、より曲線因子を高く調整することが可能である。

[0178] また、図10では、第1エピタキシャル層120、第1中間層121、第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10bはテクスチャ構造全域でほぼ一定の厚みで形成されている例について説明しているが、これに限定されない。例えば、谷部103において第1エピタキシャル層120の厚みを厚くしてもよい。

[0179] また、図10ではシリコン基板10dの第1主面の全域に形成された各層について説明したが、シリコン基板10dの第2主面の全域においても第2エピタキシャル層、第2中間層、第2パッシベーション層及びp型非晶質シリコン層10fが形成されていてもよい。なお、第2エピタキシャル層は形成されなくてもよい。

[0180] [2-2. 効果]

本実施の形態に係る太陽電池セル210における第1非晶質シリコン層90は、谷部103を含む凹凸形状の全域において、第1エピタキシャル層120、第1アモルファス層（第1中間層121）、第2アモルファス層（第1パッシベーション層122及びn型非晶質シリコン層10b）をこの順に有する。

[0181] これにより、第1主面の全域において曲線因子を調整できるので、曲線因子を高く調整することが可能となる。

[0182] （その他の変形例など）

以上、本発明に係る太陽電池セル等について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されない。

[0183] 例えば、第1非晶質シリコン層90は、n型非晶質シリコン層10b及びi型非晶質シリコン層10cで構成される例について説明したが、これに限

定されない。例えば、第1非晶質シリコン層90は、n型非晶質シリコン層10bのみで構成されてもよい。この場合、n型非晶質シリコン層10bにおいて、第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122が形成される。具体的には、成膜に使用する材料は同じで、n型非晶質シリコン層10bを成膜する成膜速度を変更することにより、第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122が形成される。

[0184] また、第1主面及び第2主面に形成される非晶質シリコン層90及び91の層構造は同じである例について説明したが、これに限定されない。第1主面及び第2主面に形成される非晶質シリコン層90及び91の層構造は異なってもよい。例えば、第1主面では、i型非晶質シリコン層10cにおいて第1エピタキシャル層120、第1中間層121及び第1パッシベーション層122が形成され、n型非晶質シリコン層10bにおいてパッシベーション層が形成される。一方、第2主面では、i型非晶質シリコン層10eにおいて第2エピタキシャル層及び第2中間層が形成され、p型非晶質シリコン層10fにおいてパッシベーション層が形成されてもよい。また、その他の層構造でもよい。

[0185] また、上記実施の形態に係る太陽電池モジュール1では、複数の太陽電池セルが面上に行列状に配置された構成を示したが、これに限定されない。例えば、太陽電池セルは円環状配置や1次元の直線状又は曲線状に配置された構成であってもよい。

[0186] なお、上記ではテクスチャ構造が微細化した場合について説明したが、これに限定されない。上記で示した太陽電池セルは、テクスチャ構造を有する太陽電池セルであればテクスチャ構造のサイズに関わらず、使用することができる。

[0187] その他、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本発明に含まれる。

## 符号の説明

- [0188] 1 太陽電池モジュール
- 10、210 太陽電池セル
- 10b n型非晶質シリコン層（第2アモルファス層）
- 10d n型単結晶シリコン基板（シリコン基板）
- 80 バスバー電極
- 90 非晶質シリコン層（第1非晶質シリコン層）
- 91 非晶質シリコン層（第2非晶質シリコン層）
- 103 谷部
- 120 第1エピタキシャル層
- 120a エピタキシャル成長領域（結晶領域）
- 120b 非晶質領域
- 121 第1中間層（第1アモルファス層）
- 122 第1パッシベーション層（第2アモルファス層）
- T1、T2、T3、T4 厚み

## 請求の範囲

- [請求項1] 複数の角錐が2次元状に配列されたテクスチャ構造を第1主面に有するシリコン基板と、  
前記シリコン基板の前記第1主面上に形成され、前記テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第1非晶質シリコン層とを備え、  
前記第1非晶質シリコン層は前記凹凸形状の谷部において、  
前記シリコン基板上にエピタキシャル成長した結晶領域を含む第1エピタキシャル層と、  
前記第1エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第1アモルファス層と、  
前記第1アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第2アモルファス層とをこの順に有し、  
前記第1アモルファス層の密度は、前記第2アモルファス層の密度より低い  
太陽電池セル。
- [請求項2] 前記第1アモルファス層の厚みは、前記第2アモルファス層の厚みより薄い  
請求項1に記載の太陽電池セル。
- [請求項3] 前記第1アモルファス層の厚みは、1nm以上3nm以下である  
請求項2に記載の太陽電池セル。
- [請求項4] 前記第1エピタキシャル層は、さらに、非晶質領域を有する  
請求項1～3のいずれか1項に記載の太陽電池セル。
- [請求項5] 前記第1エピタキシャル層の密度は、前記第1アモルファス層の密度より高い  
請求項1～4のいずれか1項に記載の太陽電池セル。
- [請求項6] 前記第1非晶質シリコン層は、前記谷部を含む前記凹凸形状の全域において、前記第1エピタキシャル層、前記第1アモルファス層、前記第2アモルファス層をこの順に有する

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の太陽電池セル。

[請求項7]

前記第 1 エピタキシャル層、前記第 1 アモルファス層、及び前記第 2 アモルファス層の少なくとも 1 つの一部は、前記シリコン基板の導電型と同じ導電型である

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の太陽電池セル。

[請求項8]

前記シリコン基板は、さらに、複数の角錐が 2 次元状に配列されたテクスチャ構造を、前記第 1 主面と背向する第 2 主面に有し、

前記太陽電池セルは、さらに、

前記シリコン基板の前記第 2 主面上に形成され、前記テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第 2 非晶質シリコン層を備え、

前記第 2 非晶質シリコン層は前記凹凸形状の谷部において、

前記シリコン基板上にエピタキシャル成長した結晶領域を含む第 2 エピタキシャル層と、

前記第 2 エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第 3 アモルファス層と、

前記第 3 アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第 4 アモルファス層とをこの順に有し、

前記第 3 アモルファス層の密度は、前記第 4 アモルファス層の密度より低い

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の太陽電池セル。

[請求項9]

請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の太陽電池セルを複数備える太陽電池モジュール。

[請求項10]

テクスチャ構造を有するシリコン基板の第 1 主面上に、シリコンを含む原材料ガスを用いた気相成長法により前記テクスチャ構造を反映した凹凸形状を有する第 1 非晶質シリコン層を形成する非晶質層形成工程を含み、

前記非晶質層形成工程は、

前記シリコン基板上に形成されエピタキシャル成長した結晶領域を

含む第1エピタキシャル層を形成する第1エピタキシャル層形成工程と、

前記第1エピタキシャル層上に形成された非晶質シリコン層である第1アモルファス層を形成する第1アモルファス層形成工程と、

前記第1アモルファス層上に形成された非晶質シリコン層である第2アモルファス層を形成する第2アモルファス層形成工程とを含み、

前記第1アモルファス層形成工程における成膜速度は、前記第2アモルファス層形成工程における成膜速度より高い

太陽電池セルの製造方法。

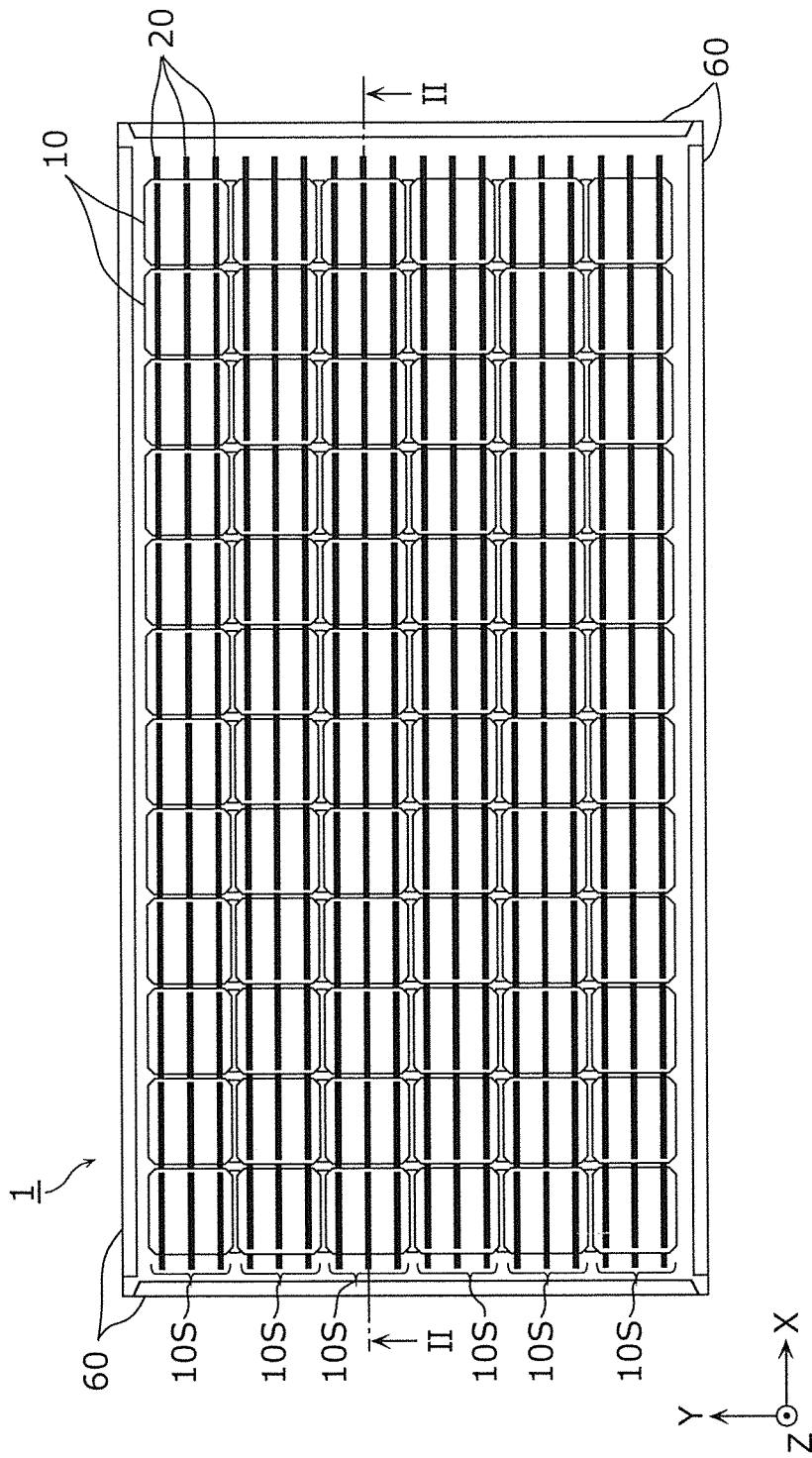
[請求項11] 前記第1アモルファス層形成工程における成膜時間は、前記第2アモルファス層形成工程における成膜時間より短い

請求項10に記載の太陽電池セルの製造方法。

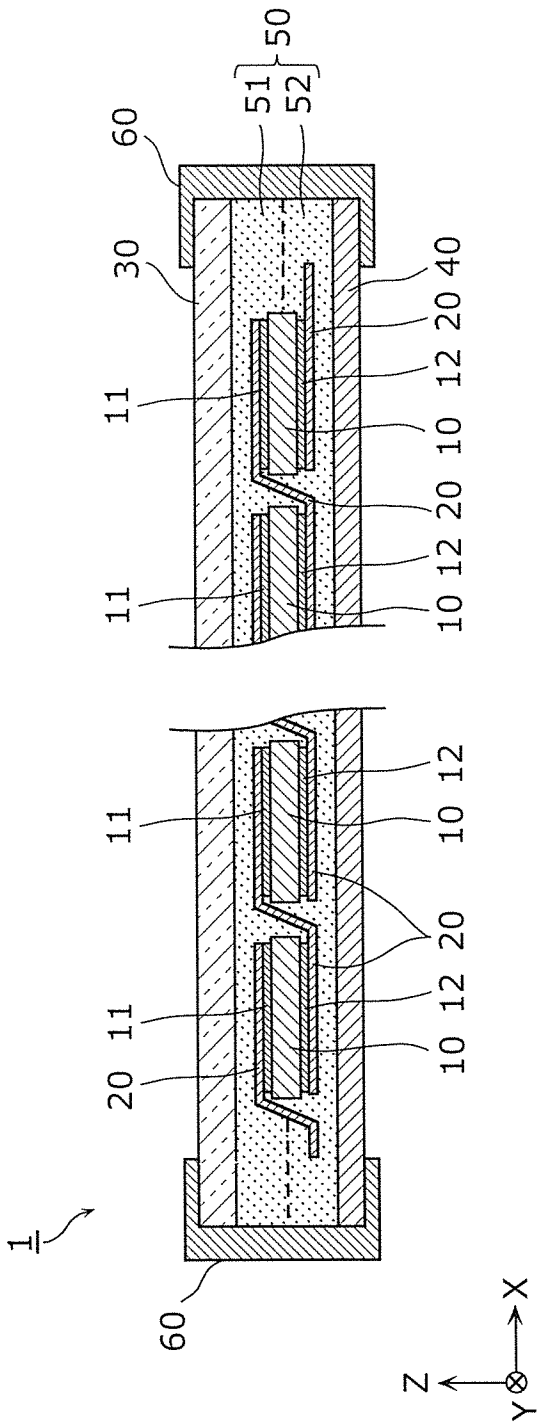
[請求項12] 前記第1エピタキシャル層形成工程における成膜速度は、前記第2アモルファス層形成工程における成膜速度より高く、かつ前記第1アモルファス層形成工程における成膜速度より低い

請求項10又は11に記載の太陽電池セルの製造方法。

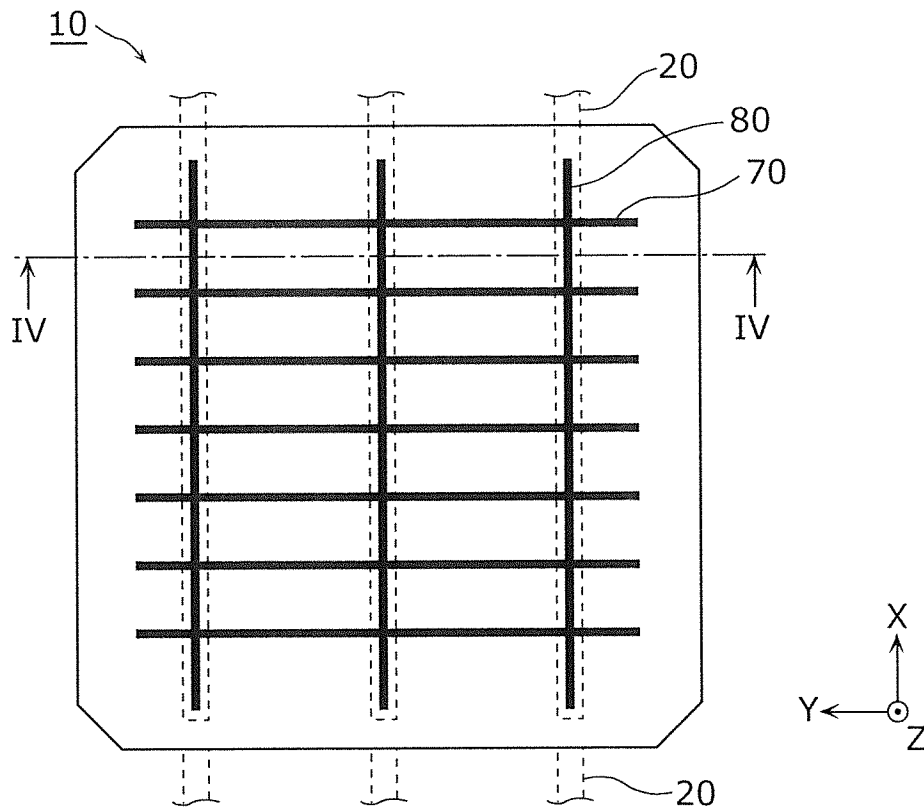
[図1]



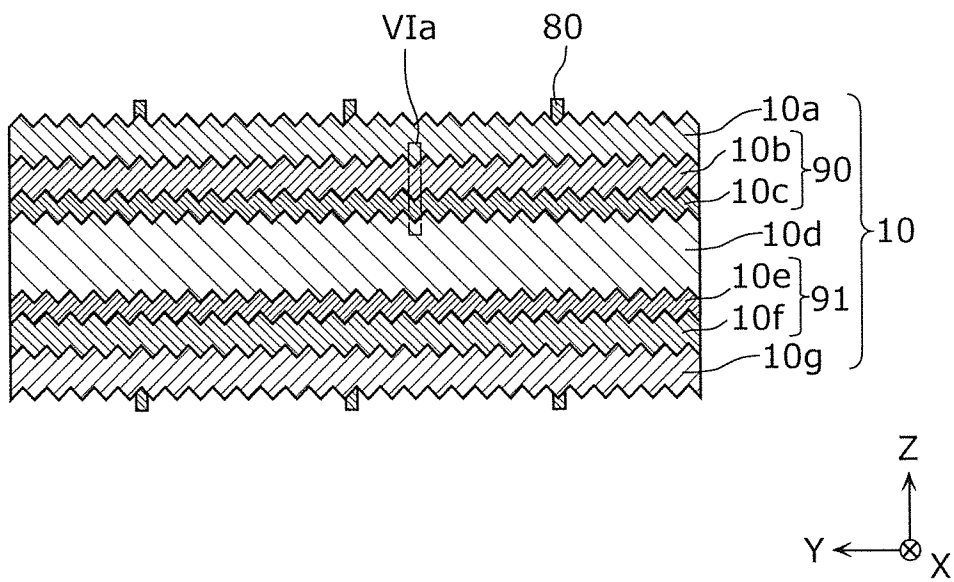
[図2]



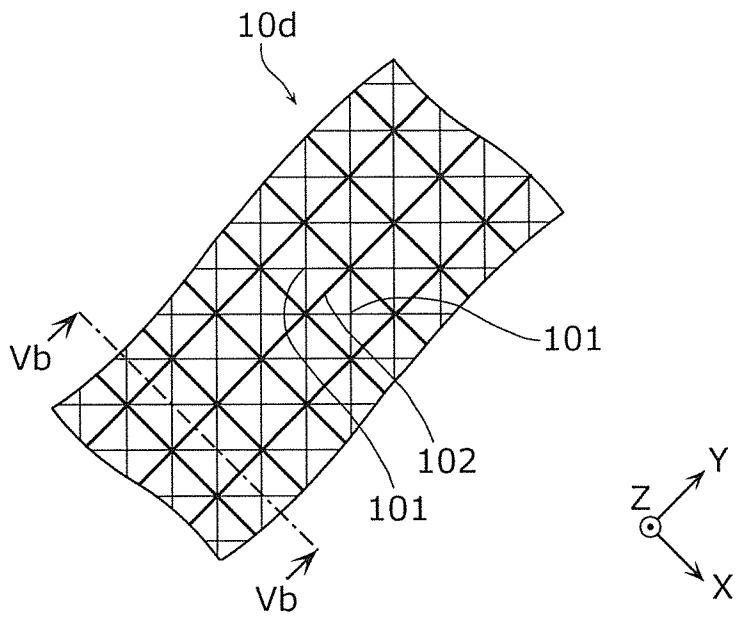
[図3]



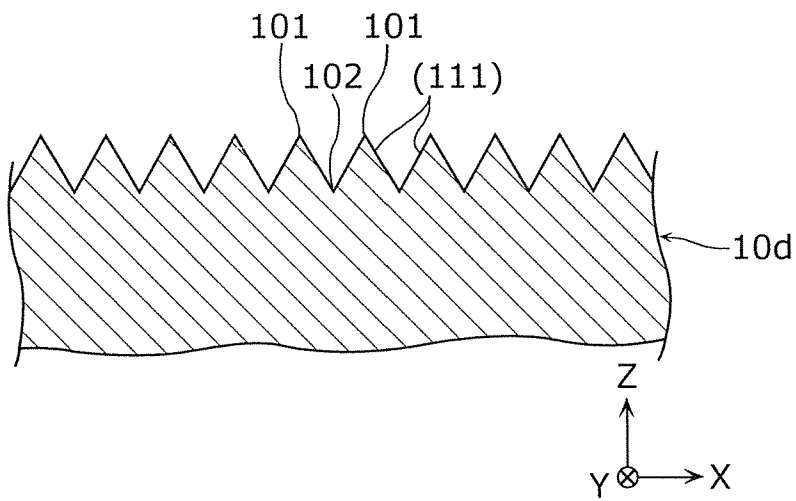
[図4]



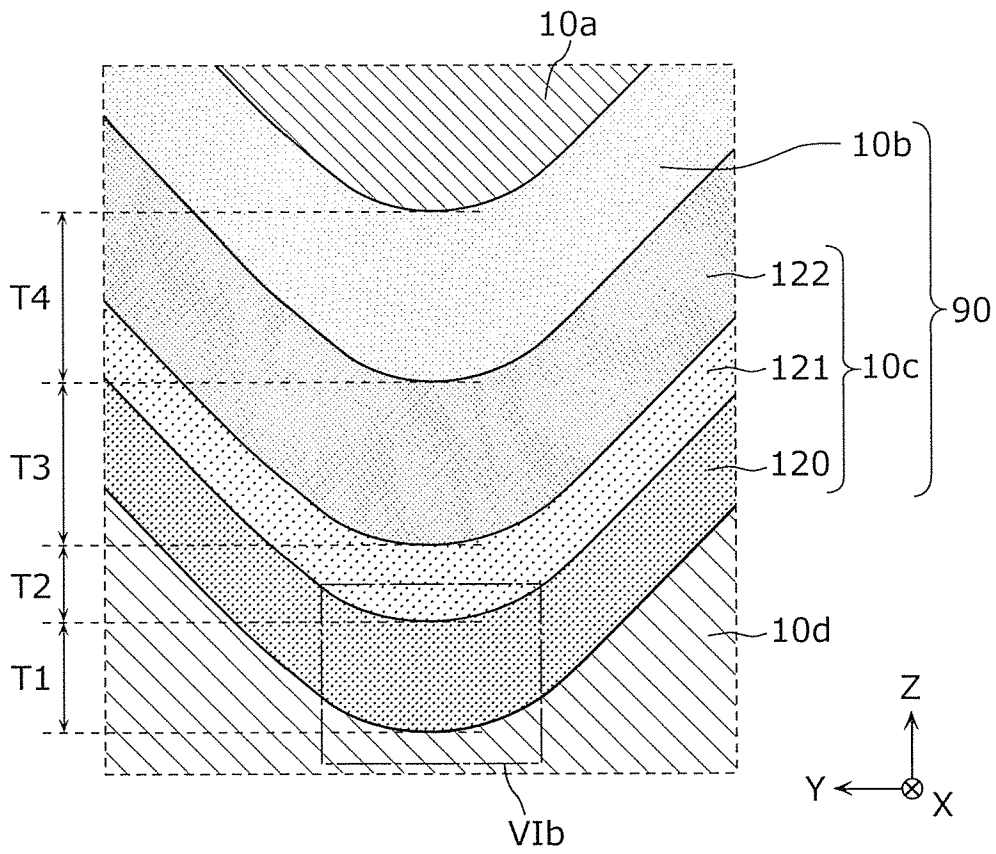
[図5A]



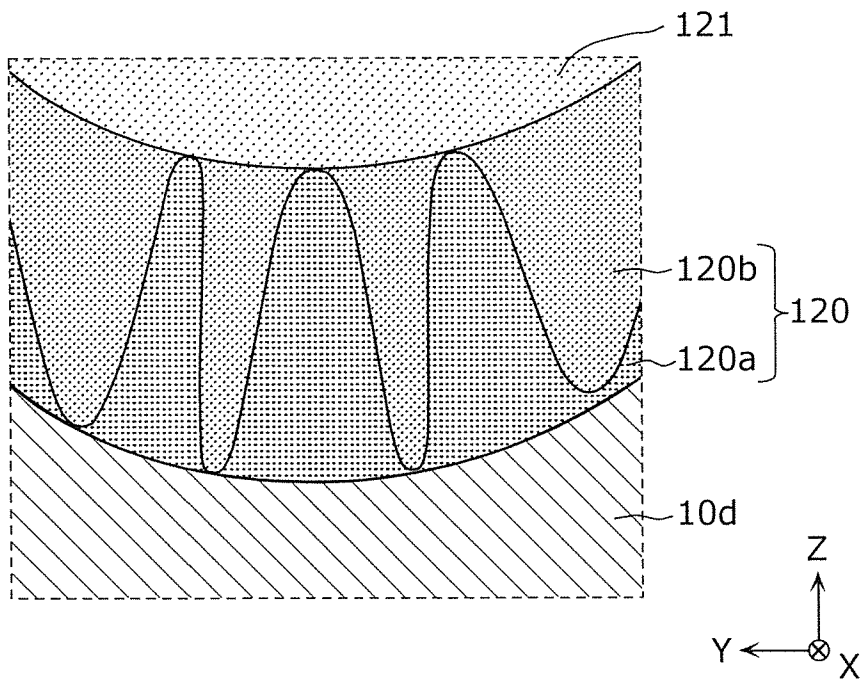
[図5B]



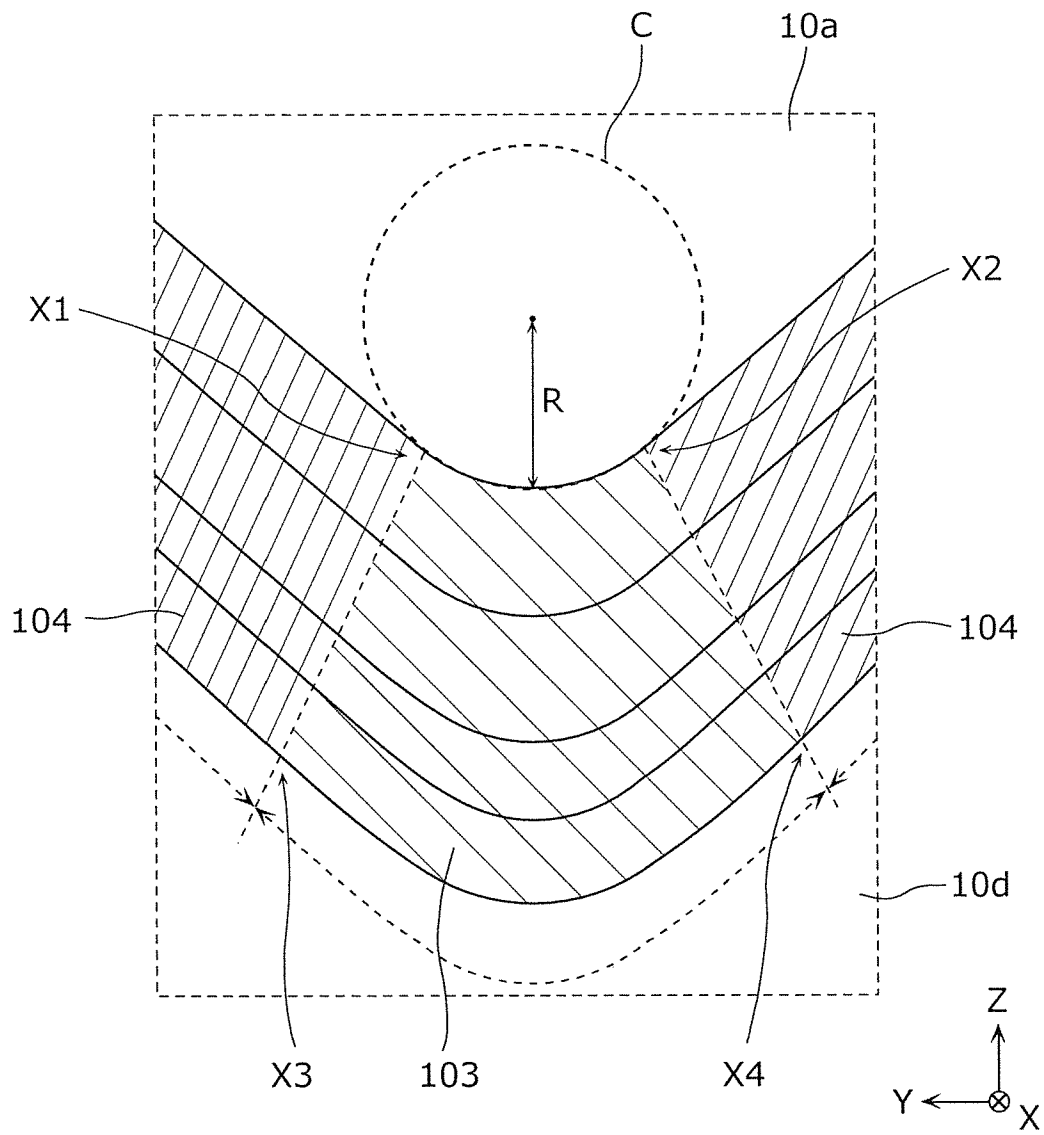
[図6A]



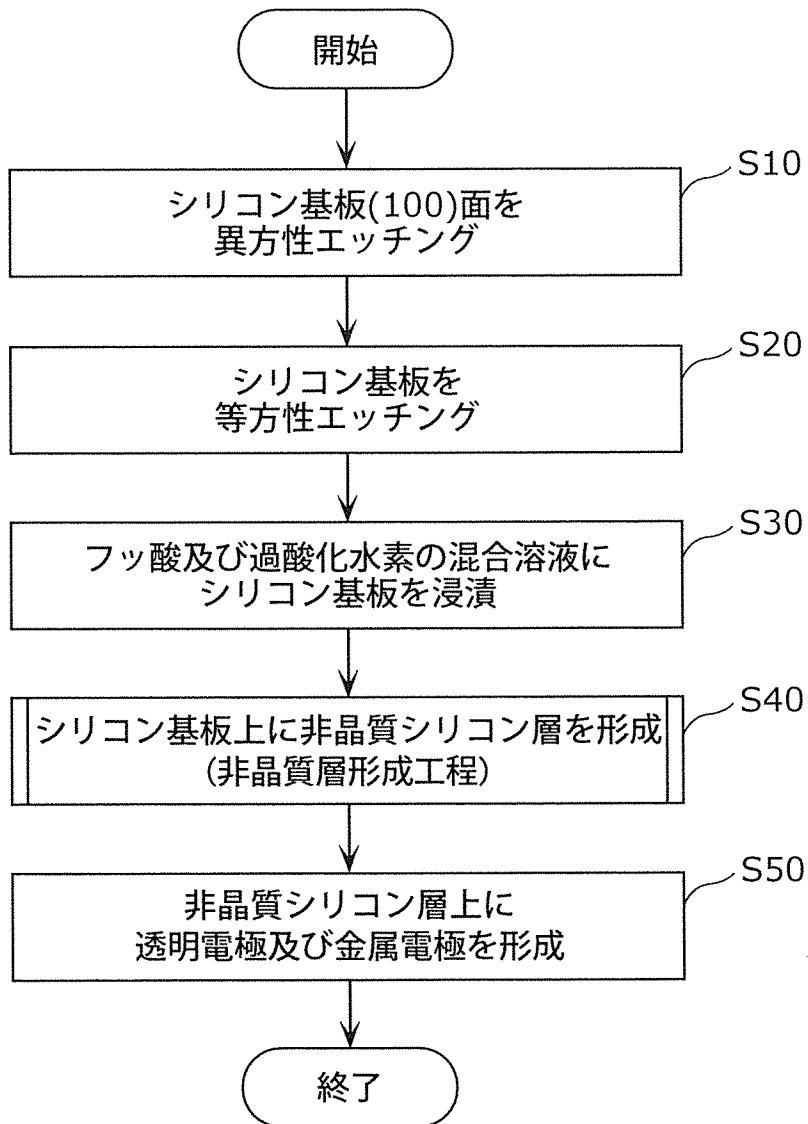
[図6B]



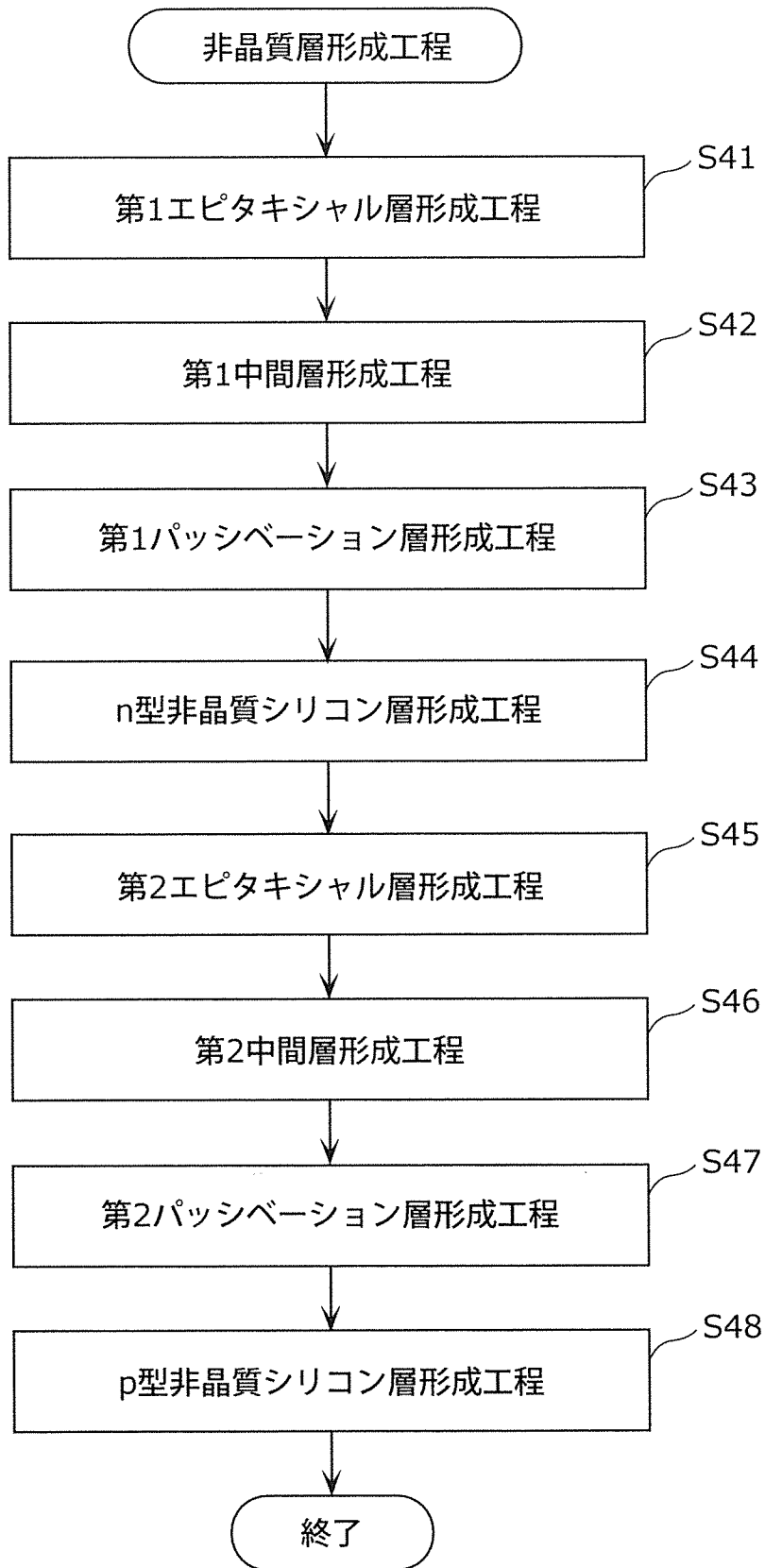
[図7]



[図8A]



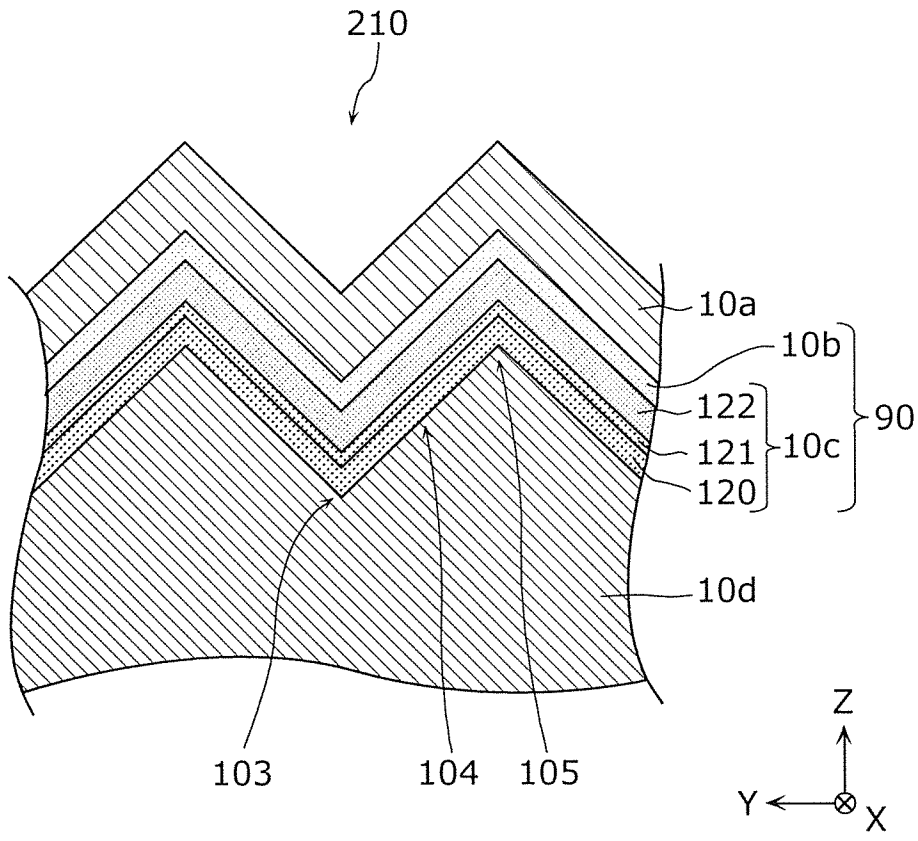
[図8B]



[図9]

非晶質層形成工程				
	第1エピタキシャル層 形成工程	第1中間層 形成工程	第1パッシベーション 形成工程	n型非晶質シリコン層 形成工程
成膜速度 (密度)	中 (中)	高い (低い)	低い (高い)	低い (高い)
成膜時間 (厚み)	中 (中)	短い (薄い)	長い (厚い)	長い (厚い)

[図10]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/034056

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H01L31/0236(2006.01)i, H01L31/0747(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)

H01L31/02-31/078, 31/18-31/20, 51/42-51/48, H02S10/00-10/40, 30/00-50/15, 99/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2014-11198 A (Mitsubishi Electric Corp.), 20 January 2014 (20.01.2014), paragraphs [0015] to [0056]; fig. 1-1 to 6 (Family: none)	1-12
Y	WO 2014/155833 A1 (Sanyo Electric Co., Ltd.), 02 October 2014 (02.10.2014), paragraphs [0009] to [0029]; fig. 1 to 5 & JP 14-155833 A1 & EP 2980861 A1 & US 2015/0372166 A1 paragraphs [0015] to [0034]; fig. 1 to 5	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "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)
- "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

- "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
- "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
- "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
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
27 October 2017 (27.10.17)

Date of mailing of the international search report  
07 November 2017 (07.11.17)

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/JP2017/034056

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4660561 B2 (Sanyo Electric Co., Ltd.), 30 March 2011 (30.03.2011), paragraphs [0013] to [0044]; fig. 1 to 4 & EP 1973167 A2 & KR 10-2008-0085724 A & CN 101271930 A & US 2008/0230122 A1; paragraphs [0033] to [0064]; fig. 1 to 4	1-12
A	US 2009/0272435 A1 (GENERAL ELECTRIC CO.), 05 November 2009 (05.11.2009), paragraphs [0032] to [0069]; fig. 1 to 5 & EP 2113946 A2 & CN 101582464 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01L31/0236(2006.01)i, H01L31/0747(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. H01L31/02-31/078, 31/18-31/20, 51/42-51/48, H02S10/00-10/40, 30/00-50/15, 99/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2014-11198 A (三菱電機株式会社) 2014.01.20, [0015]-[0056], 図 1-1 - 図 6 (ファミリーなし)	1-12
Y	WO 2014/155833 A1 (三洋電機株式会社) 2014.10.02, [0009]-[0029], 図 1-5 & JP 14-155833 A1 & EP 2980861 A1 & US 2015/0372166 A1 [0015]-[0034], 図 1-5	1-12

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日  
27. 10. 2017

国際調査報告の発送日  
07. 11. 2017

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) 河村 麻梨子	2K	5555
電話番号 03-3581-1101 内線	3255	

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
A	JP 4660561 B2 (三洋電機株式会社) 2011. 03. 30, [0013]-[0044], 図 1-4 & EP 1973167 A2 & KR 10-2008-0085724 A & CN 101271930 A & US 2008/0230122 A1 [0033]-[0064], 図 1-4	1-12
A	US 2009/0272435 A1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 2009. 11. 05, [0032]-[0069], 図 1-5 & EP 2113946 A2 & CN 101582464 A	1-12