



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103367478 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201310015979. 5

(22) 申请日 2013. 01. 16

(30) 优先权数据

10-2012-0031644 2012. 03. 28 KR

(71) 申请人 LG 电子株式会社

地址 韩国首尔

(72) 发明人 李京洙 河万孝 李圣恩

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 丁香兰 庞东成

(51) Int. Cl.

H01L 31/0352(2006. 01)

H01L 31/18(2006. 01)

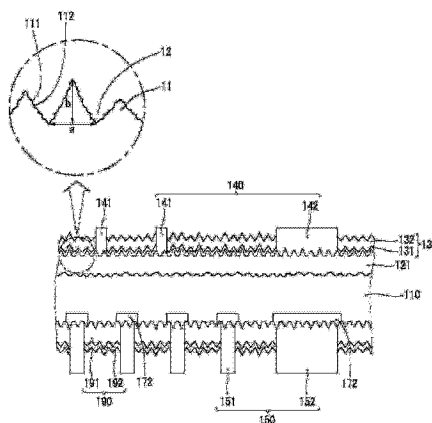
权利要求书2页 说明书18页 附图8页

(54) 发明名称

太阳能电池及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种太阳能电池及其制造方法。所述太阳能电池包括：由 n 型晶体半导体形成的基板；位于基板的第一表面的 p 型发射极区；位于基板的与第一表面相反的第二表面上的第一介电层；分别位于发射极区和第一介电层上的第二介电层；位于在所述发射极区上的第二介电层上的第三介电层；位于基板的第一表面上并与发射极区连接的第一电极；和位于基板的第二表面上并与基板连接的第二电极。



1. 一种太阳能电池,所述太阳能电池包括:
基板,所述基板由 n 型晶体半导体形成;
p 型发射极区,所述 p 型发射极区位于所述基板的第一表面;
第一介电层,所述第一介电层位于所述基板的与所述第一表面相反的第二表面上;
第二介电层,所述第二介电层分别位于所述发射极区和所述第一介电层上;
第三介电层,所述第三介电层位于在所述发射极区上的所述第二介电层上;
第一电极,所述第一电极位于所述基板的所述第一表面上并与所述发射极区连接;和
第二电极,所述第二电极位于所述基板的所述第二表面上并与所述基板连接,
其中,所述发射极区具有第一纹理化表面,所述第一纹理化表面包括多个第一凸部,每个第一凸部的凸起高度和最大直径为约 $5\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$,并且
其中,所述多个第一凸部中的每个都具有第二纹理化表面,所述第二纹理化表面包括多个第二凸部,每个第二凸部的凸起高度和最大直径为约 $300\text{nm} \sim 600\text{nm}$ 。
2. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述第一介电层和所述第三介电层由氢化硅氮化物形成。
3. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述第二介电层由氧化铝形成。
4. 如权利要求 3 所述的太阳能电池,其中,所述第二介电层具有约 $5\text{nm} \sim 15\text{nm}$ 的厚度。
5. 如权利要求 4 所述的太阳能电池,其中,所述第一介电层和所述第三介电层各自具有约 $70\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 的厚度。
6. 如权利要求 3 所述的太阳能电池,所述太阳能电池还包括氢化硅氧化物层,所述氢化硅氧化物层位于所述第一介电层与在所述第一介电层上的所述第二介电层之间。
7. 如权利要求 6 所述的太阳能电池,其中,所述氢化硅氧化物层具有约 $50\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 的厚度。
8. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,所述太阳能电池还包括硅氧化物层,所述硅氧化物层位于所述基板的所述第二表面与所述第一介电层之间。
9. 如权利要求 8 所述的太阳能电池,其中,所述硅氧化物层具有约 $2\text{nm} \sim 3\text{nm}$ 的厚度。
10. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述基板的所述第一表面和所述第二表面为光线入射用的入射表面。
11. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,所述太阳能电池还包括位于所述第三介电层上的氢化硅氧化物层。
12. 如权利要求 11 所述的太阳能电池,其中,所述氢化硅氧化物层具有约 $50\text{nm} \sim 100\text{nm}$ 的厚度。
13. 如权利要求 11 所述的太阳能电池,所述太阳能电池还包括位于所述发射极区与所述第二介电层之间的硅氧化物层。
14. 如权利要求 13 所述的太阳能电池,其中,所述硅氧化物层具有约 $2\text{nm} \sim 3\text{nm}$ 的厚度。
15. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述多个第二凸部的针状末端指向与所述多个第一凸部的顶端所指的方向平行的方向。
16. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述第一和第二纹理化表面还形成在所述基板的所述第二表面上。

17. 如权利要求 1 所述的太阳能电池,其中,所述多个第二凸部各自具有针状末端,并且相邻的第二凸部的针状末端通过锯齿状边缘相连接。

太阳能电池及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明的实施方式涉及太阳能电池及其制造方法。

背景技术

[0002] 近来,由于预期到诸如石油和煤炭等现有能源将枯竭,人们对取代现有能源的替代性能源的兴趣日益增加。在替代性能源中,从太阳能产生电能的太阳能电池已经受到特别关注。

[0003] 太阳能电池通常包括半导体部件,例如,分别具有不同导电类型(例如,p型和n型)并由此形成p-n结的基板和发射极区,以及分别连接于所述不同导电类型的半导体部件的电极。

[0004] 当光入射到太阳能电池上时,半导体部件内的电子因光电效应而成为自由电子(下文中称作“电子”)。此外,在半导体部件的p-n结的影响下,电子和空穴分别移向n型半导体(例如,发射极区)和p型半导体(例如,基板)。移向发射极区的电子和移向基板的空穴分别被电连接至发射极区和基板的各电极收集。利用电线将电极相互连接起来,由此获得电力。

发明内容

[0005] 在一个方面中,提供了一种太阳能电池,所述太阳能电池包括:基板,所述基板由n型晶体半导体形成;p型发射极区,所述p型发射极区位于基板的第一表面上;第一介电层,所述第一介电层位于基板的与第一表面相反的第二表面上;第二介电层,所述第二介电层分别位于发射极区和第一介电层上;第三介电层,所述第三介电层位于在发射极区上的第二介电层上;第一电极,所述第一电极位于基板的第一表面上并与发射极区连接;和第二电极,所述第二电极位于基板的第二表面上并与基板连接,其中,所述发射极区具有第一纹理化表面,所述第一纹理化表面包括多个第一凸部,每个第一凸部的凸起高度和最大直径为约 $5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$,且其中,多个第一凸部中的每个都具有第二纹理化表面,所述第二纹理化表面包括多个第二凸部,每个第二凸部的凸起高度和最大直径为约 $300\text{nm}\sim 600\text{nm}$ 。

[0006] 第一介电层和第三介电层可以由氢化硅氮化物形成。第二介电层可以由氧化铝形成。

[0007] 第二介电层可以具有约 $5\text{nm}\sim 15\text{nm}$ 的厚度。

[0008] 第一介电层和第三介电层各自可以具有约 $70\text{nm}\sim 100\text{nm}$ 的厚度。

[0009] 所述太阳能电池可以还包括位于第一介电层与第三介电层之间的氢化硅氧化物层。该氢化硅氧化物层可以具有约 $50\text{nm}\sim 100\text{nm}$ 的厚度。

[0010] 所述太阳能电池可以还包括位于基板的第二表面与第一介电层之间的硅氧化物层。该硅氧化物层可以具有约 $2\text{nm}\sim 3\text{nm}$ 的厚度。

[0011] 基板的第一表面和第二表面可以作为光线入射用的入射表面。

[0012] 在位于第一介电层上的第二介电层上,所述太阳能电池可以还包括氢化硅氧化物

层。该氢化硅氧化物层可以具有约 50nm ~ 100nm 的厚度。

[0013] 所述太阳能电池可以还包括位于发射极区与第二介电层之间的硅氧化物层。该硅氧化物层可以具有约 2nm ~ 3nm 的厚度。

[0014] 多个第二凸部的针状末端可以指向与多个第一凸部的顶端所指的方向平行的方向。

[0015] 多个第二凸部各自可以具有针状末端,并且相邻的第二凸部的针状末端可以通过锯齿状边缘相连接。

[0016] 根据所述太阳能电池的上述特征,由于基板的表面具有第一和第二纹理化表面,因此入射至基板上的光的量增加。由此,太阳能电池的效率得到提高。

[0017] 此外,由于在基板的前表面和后表面上分别形成了包括多个介电层的抗反射层和包括多个介电层的钝化层,因此光的反射量减少。由此,在基板的表面产生了表面钝化效应,太阳能电池的效率得到进一步提高。

[0018] 此外,通过将具有固定负电荷的层堆积在 n 型基板上而获得了场钝化效应,因此,减少了太阳能电池的载流子的损失量。

[0019] 另外,通过在基板的前表面和后表面中的至少一个表面上薄薄地涂布硅氧化物层而减少了天然氧化物层带来的问题,因此,太阳能电池的效率得到进一步提高。

[0020] 在另一个方面中,提供了一种制造太阳能电池的方法,所述方法包括:进行湿蚀刻工序以在基板的至少一个表面上形成第一纹理化表面,进行干蚀刻工序以在第一纹理化表面上形成第二纹理化表面,和进行离子注入工序以将杂质离子注入第一纹理化表面和第二纹理化表面中,并进行活化工序以形成发射极区和后表面场区中的至少一种。

[0021] 湿蚀刻工序可以使用诸如异丙醇 (IPA) 或氢氧化钾 (KOH) 等碱溶液来进行。

[0022] 包括多个第一凸部和多个第一凹部的第一纹理化表面可以通过采用碱溶液的湿蚀刻工序来形成。多个第一凸部各自的凸起高度和直径可以为约 5 μm ~ 10 μm 。

[0023] 干蚀刻工序可以使用反应离子蚀刻 (RIE) 法来进行。

[0024] 包括多个第二凸部和多个第二凹部的第二纹理化表面可以通过采用反应离子蚀刻法的干蚀刻工序来形成。多个第二凸部各自的凸起高度和直径可以为约 300nm ~ 600nm。

[0025] 所述方法还可以包括:在形成第二纹理化表面之后,进行干蚀刻工序以除去基板的残余物。

[0026] 第一和第二纹理化表面可以在基板的第一表面上形成,并且第一和第二纹理化表面还可以在第二表面上形成。在此情形中,发射极区可以在基板的第一表面形成,而后表面场区可以在基板的第二表面局部形成。

[0027] 在本发明的实施方式中,后表面场区的局部形成是指后表面场区按照与第二电极部分的多个指状电极相同的图样在基板的第二表面形成。

[0028] 因此,不同于在基板的第一表面整体形成的发射极区,后表面场区在基板的第二表面局部形成。

[0029] 在本发明的实施方式中,在基板的整个第一表面形成发射极区是指在基板的除边缘以外的整个第一表面形成发射极区。

[0030] 发射极区可以通过注入并活化第一杂质离子而形成,而后表面场区可以通过注入并活化与第一杂质离子导电类型相反的第二杂质离子而形成。第一杂质离子和第二杂质离

子的活化工序可以在能够活化第一杂质离子的约 1,000°C ~ 2,000°C 的温度下进行约 20 分钟 ~ 60 分钟。

[0031] 该方法还可以包括：进行活化工序以除去基板的第一和第二表面因干蚀刻工序而受损的部分。

[0032] 该方法还可以包括：在基板的第二表面上形成第一介电层，分别在发射极区和第一介电层上同时形成第二介电层，在位于发射极区上的第二介电层上形成第三介电层，并形成包括多个指状电极并与发射极区连接的第一电极部分和包括多个指状电极并与后表面场区连接的第二电极部分。

[0033] 第一电极部分和第二电极部分中的至少一个可以包括至少一个沿着与指状电极相交的方向延伸的汇流电极 (bus electrode)。

[0034] 第一介电层和第三介电层每个都可以通过沉积约 70nm ~ 100nm 厚的氢化硅氮化物而形成。第二介电层可以通过使用原子层沉积 (ALD) 法沉积约 5nm ~ 15nm 厚的氧化铝而形成。

[0035] 该方法还可以包括：在第一介电层与第二介电层之间并在第三介电层上形成第四介电层。第四介电层可以通过沉积约 50nm ~ 100nm 厚的氢化硅氧化物而形成。

[0036] 该方法还可以包括：在形成第一介电层之前，在基板的第一和第二表面上形成第五介电层。第五介电层的形成可以包括：将基板在氢离子浓度 (pH) 为约 2 ~ 4 的硝酸溶液中浸渍约 5 分钟 ~ 30 分钟，以形成约 2nm ~ 3nm 厚的硅氧化物层。

[0037] 后表面场区可以按照与第二电极部分的多个指状电极相同的图样来形成。

附图说明

[0038] 包含附图是为了提供对本发明的进一步理解，并将附图并入本说明书构成本说明书的一部分，附图阐明了本发明的实施方式，并与说明书一起用于解释本发明的原理。附图中：

[0039] 图 1 是本发明的示例性实施方式的太阳能电池的部分透视图；

[0040] 图 2 是沿图 1 的 II-II 线获得的截面图；

[0041] 图 3 图示了图 1 和图 2 所示的太阳能电池的基板的一部分，在该部分上进行了湿蚀刻工序和干蚀刻工序；

[0042] 图 4A ~ 4H 依次图示了制造本发明的示例性实施方式的太阳能电池的方法；

[0043] 图 5 是本发明的示例性实施方式的太阳能电池的另一实例的部分截面图；

[0044] 图 6 和图 7 是本发明的示例性实施方式的太阳能电池的其他实例的部分截面图。

具体实施方式

[0045] 下面将对本发明的实施方式进行详细描述，实施方式的实例图示于附图中。不过，本发明可以以许多不同方式实施，不应解读为限于此处所述的实施方式。只要可能，所有附图中将使用相同的附图标记来指示相同或相似的部分。应当注意，如果可以确定已知的技术会误导本发明的实施方式，则将省略对这些技术的详细描述。

[0046] 在附图中，为清楚起见，夸大了层、膜、面板和区等的厚度。应当理解，当提及诸如层、膜、区或基板等元件位于另一元件“上”时，其可以直接位于其他元件上，或者其间可以

存在居间元件。相反,当提及元件“直接”位于另一元件“上”时,则不存在居间元件。

[0047] 此外,应当理解,当提及诸如层、膜、区或基板等元件“完全”位于另一元件“上”时,其可以位于其他元件的整个表面上,而不会位于其他元件的部分边缘上。

[0048] 下面将参照图 1 ~ 7 详细描述本发明的示例性实施方式。

[0049] 下面参照图 1 和图 2 详细描述本发明的示例性实施方式的太阳能电池。

[0050] 如图 1 和图 2 所示,本发明的示例性实施方式的太阳能电池包括:基板 110;位于基板 110 的前表面(或第一表面)上的发射极区 121;位于发射极区 121 上的抗反射层 130;位于基板 110 的与前表面相反的后表面(或第二表面)上的钝化层 190;前电极部分(或第一电极部分)140,其位于基板 110 的前表面上,与发射极区 121 连接,并包括多个前电极(或多个第一电极)141 和多条前汇流线(bus bar)(或多条第一汇流线)142;后电极部分(或第二电极部分)150,其位于基板 110 的后表面上,并包括多个后电极(或多个第二电极)151 和多条后汇流线(或多条第二汇流线)152;和多个后表面场区 172,其位于在基板 110 的后表面处的多个后电极 151 和多条后汇流线 152 下方。

[0051] 在本发明的实施方式中,光入射到基板 110 的前表面和后表面至少之一上。

[0052] 基板 110 是由诸如第一导电类型的硅(例如,n 型硅)等半导体形成的半导体基板,但这不是必须的。用于基板 110 的半导体为晶体半导体,例如单晶硅和多晶硅。n 型基板 110 掺杂有诸如磷(P)、砷(As)和锑(Sb)等 V 族元素杂质。

[0053] 如图 1 ~ 3 所示,在基板 110 的平坦的前表面上整体地进行单独的纹理化工序以形成第一纹理化表面,所述第一纹理化表面为不平坦的表面或者具有不平坦特征,并包括多个第一凸部 11 和多个第一凹部 12。在此情形中,位于基板 110 的前表面上的发射极区 121 和抗反射层 130 具有纹理化表面。

[0054] 每个第一凸部 11 都具有棱锥形状或类似形状。

[0055] 在本发明的实施方式中,每个第一凸部 11 的直径(即,尺寸)“a”和凸出高度“b”可以在数微米范围内(例如约 $5\mu\text{m}$ ~ $10\mu\text{m}$)。每个第一凸部 11 的纵横比“b/a”可以为约 1.0 ~ 1.5。在本发明的实施方式中,纵横比“b/a”通过将第一凸部 11 的凸起高度“b”除以第一凸部 11 的直径“a”而获得。第一凸部 11 的直径“a”为第一凸部 11 的基部的宽度。

[0056] 由于多个第一凸部 11 位于基板 110 的前表面上,因此基板 110 的入射面积增加,并且光反射率因各第一凸部 11 所引起的多次反射行为而降低。因此,入射到基板 110 的光量增加,太阳能电池的效率得到提高。

[0057] 如图 2 和图 3 所示,在各第一凸部 11 的表面上形成了多个第二凸部 111 和多个第二凹部 112。由此,各第一凸部 11 的表面具有第二纹理化表面,所述第二纹理化表面为不平坦的表面或者具有不平坦特征,并包括多个第二凸部 111 和多个第二凹部 112。

[0058] 包括在每个第一凸部 11 中的每个第二凸部 111 的直径(即,尺寸)和凸起高度小于每个第一凸部 11 的直径(即,尺寸)和凸起高度。

[0059] 例如,每个第二凸部 111 的直径和凸起高度可以在数百纳米范围内。例如,每个第二凸部 111 都可以具有约 300nm ~ 600nm 的最大直径和凸起高度。

[0060] 由于各第一凸部 11 的表面具有第二纹理化表面,因此基板 110 的入射面积进一步增加。此外,因为光的反射行为反复进行,所以入射到基板 110 的光量进一步增加。

[0061] 如上所述,基板 110 的表面形成具有第一凸部 11 和第一凹部 12 的第一纹理化表

面,并且各第一凸部 11 的表面形成具有第二凸部 111 和第二凹部 112 的第二纹理化表面。即,基板 110 的表面具有第一和第二纹理化表面。因此,波长为约 300nm ~ 1,100nm 的光的反射率(例如,加权平均反射率)的值很小,为约 1% ~ 10%。

[0062] 如图 2 和图 3 所示,第一凸部 11 具有在通常为尖形的各项端处汇聚的多个表面。第一凸部 11 的多个表面中的每一个都具有多个具有针尖状末端的第二凸部 111。每个第二凸部 111 通过锯齿状边缘与其他第二凸部 111 连接,所述锯齿状边缘限定了多个凹部 112。多个第二凸部 111 通常指向与多个第一凸部 11 的顶端所指的方向平行的方向。多个凹部 112 也沿着与多个第一凸部 11 的顶端所指的方向平行的方向凹陷。

[0063] 在本发明的实施方式中,当基板 110 由单晶硅形成时,第一纹理化表面 11(12) 可以通过采用碱溶液(例如异丙醇(IPA)或氢氧化钾(KOH))的湿蚀刻法来形成,第二纹理化表面 111(112) 可以通过诸如反应离子蚀刻(RIE)法等干蚀刻法来形成。

[0064] 位于基板 110 的前表面的发射极区 121 是掺杂有与基板 110 的第一导电类型(例如,n 型)相反的第二导电类型(例如,p 型)的杂质的杂质区。因此,第二导电类型的发射极区 121 与基板 110 的第一导电类型区(例如,n 型区)一起形成 p-n 结。

[0065] 在本发明的实施方式中,发射极区 121 可以具有约 $70 \Omega/\text{sq.}$ ~ $80 \Omega/\text{sq.}$ 的薄层电阻。

[0066] 关于载流子(例如,由入射到基板 110 的光产生的电子和空穴),电子和空穴因内在的电位差而分别移向 n 型半导体和 p 型半导体,所述内在的电位差系由基板 110 与发射极区 121 之间的 p-n 结引起。因此,当基板 110 为 n 型而发射极区 121 为 p 型时,电子和空穴移分别移向基板 110 和发射极区 121。

[0067] 当发射极区 121 为 p 型时,发射极区 121 可以通过使基板 110 掺杂有诸如硼(B)、镓(Ga)和铟(In)等 III 族元素杂质而形成。在此情形中,发射极区 121 可以使用离子注入法形成。

[0068] 抗反射层 130 包括位于发射极区 121 上的第一抗反射层 131 和位于第一抗反射层 131 上的第二抗反射层 132。

[0069] 在本发明的实施方式中,第一抗反射层 131 可以由氧化铝(Al_2O_3)形成,第二抗反射层 132 可以由氢化硅氮化物($\text{SiN}_x\text{:H}$)形成。

[0070] 由氧化铝(Al_2O_3)形成的第一抗反射层 131 可以具有约 5nm ~ 15nm 的厚度和约 1.1 ~ 1.6 的折射率。由氢化硅氮化物($\text{SiN}_x\text{:H}$)形成的第二抗反射层 132 可以具有约 70nm ~ 100nm 的厚度和约 2.0 ~ 2.2 的折射率。

[0071] 在此情形中,由于与基板 110 邻近的第一抗反射层 131 的折射率小于与空气邻近的第二抗反射层 132 的折射率,因此抗反射效果因第一抗反射层 131 的折射率而降低。优选(但不必须)的是,第一抗反射层 131 的厚度比第二抗反射层 132 的厚度小得多,以防止抗反射效果降低。

[0072] 由氧化铝(Al_2O_3)形成的第一抗反射层 131 位于基板 110 的前表面上,即,直接在位于基板 110 的前表面的发射极区 121 上。

[0073] 通常,氧化铝(Al_2O_3)具有固定的负电荷的特征。

[0074] 因此,固定正电荷(即,空穴)被拉向 p 型发射极区 121,而电子则被由具有固定负电荷的氧化铝(Al_2O_3)形成的第一抗反射层 131 推向基板 110 的后表面。也即,获得了场钝

化效应。

[0075] 因此,由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第一抗反射层 131 进一步增加了移向发射极区 121 的空穴的量,且第一抗反射层 131 降低了移向发射极区 121 的电子的量。由此减少了电子与空穴在发射极区 121 及其附近的复合。

[0076] 用于形成第一抗反射层 131 的氧化铝 (Al_2O_3) 中所包含的氧 (O) 移向基板 110 的邻接第一抗反射层 131 的表面,由此发挥钝化功能,从而将存在于基板 110 的表面及其附近的缺陷(例如悬键)转化为稳定键。

[0077] 由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第一抗反射层 131 可以使用具有优异的阶梯覆盖的原子层沉积 (ALD) 法来形成。

[0078] 如上所述,使用湿蚀刻法的第一纹理化表面 11(12) 和使用干蚀刻法的第二纹理化表面 111(112) 形成在基板 110 的前表面上。因此,基板 110 的邻接第一抗反射层 131 的前表面(即,发射极区 121 的表面)的粗糙度与仅形成第一纹理化表面 11(12) 时相比进一步增大。

[0079] 如果第一抗反射层 131 系使用沉积法(例如等离子体增强型化学气相沉积 (PECVD) 法) 直接形成在发射极区 121 上,则不能将第一抗反射层 131 正常地涂布在第一和第二凸部 11 和 111 以及第一和第二凹部 12 和 112 上。因此,在基板 110 的第一和第二纹理化表面中,第一抗反射层 131 的未形成区域会增大。

[0080] 在此情形中,表面钝化效应不会在第一抗反射层 131 的未形成区域中产生。结果,在基板 110 的表面及其附近失去的载流子的量会增加。

[0081] 另一方面,在本发明的实施方式中,第一抗反射层 131 系使用具有优异的阶梯覆盖的原子层沉积法形成在发射极区 121 上。因此,第一抗反射层 131 正常地形成在第一和第二凸部 11 和 111 以及第一和第二凹部 12 和 112 上。因此,在基板 110 的第一和第二纹理化表面中,第一抗反射层 131 的未形成区域减小。

[0082] 因此,由于在基板 110 的第一和第二纹理化表面中第一抗反射层 131 的形成区域增大,所以利用第一抗反射层 131 的表面钝化效果得到提高。由此,在基板 110 的表面及其附近失去的载流子的量减少,太阳能电池的效率得到提高。

[0083] 由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第二抗反射层 132 直接位于在基板 110 的前表面上的第一抗反射层 131 上。

[0084] 用于形成第二抗反射层 132 的氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 中所包含的氢 (H) 经由第一抗反射层 131 移向基板 110 的表面,由此在基板 110 的表面及其附近发挥钝化功能。

[0085] 在基板 110 的表面及其附近失去的载流子的量凭借利用第一和第二抗反射层 131 和 132 实现的钝化功能而进一步减少。

[0086] 如上所述,由于在基板 110 的前表面上形成了包括由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第一抗反射层 131 和由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第二抗反射层 132 的双层抗反射层 130,因此,不仅获得了利用第一和第二抗反射层 131 和 132 的折射率变化的抗光反射效果,还获得了利用第一抗反射层 131 的固定电荷实现的场钝化效应和利用第一和第二抗反射层 131 和 132 实现的表面钝化效应。

[0087] 当由氧化铝形成的第一抗反射层 131 的厚度等于或大于约 5nm 时,氧化铝层 131 形成得更均匀,并且更稳定地获得了利用第一抗反射层 131 的固定电荷而实现的场钝化效

应。当第一抗反射层 131 的厚度等于或小于约 15nm 时,第一抗反射层 131 的制造时间和成本降低,且不会减小第一抗反射层 131 的折射率所引起的抗反射效果。

[0088] 当由氢化硅氮化物形成的第二抗反射层 132 的厚度等于或大于约 70nm 时,硅氮化物层 132 形成得更均匀,并且更稳定地获得了利用氢 (H) 实现的表面钝化效应。当第二抗反射层 132 的厚度等于或小于约 100nm 时,第二抗反射层 132 的制造时间和成本降低,且不会减小利用具有固定正电荷的硅氮化物而实现的场钝化效应。

[0089] 位于基板 110 的后表面的多个后表面场区 172 各自为比基板 110 更多地掺杂有导电类型与基板 110 相同(例如, n 型)的杂质的区。

[0090] 后表面场区 172 邻接位于基板 110 的后表面上的后电极 151 和后汇流线 152,并有选择地或局部地位于基板 110 的后表面处。

[0091] 因此,后表面场区 172 并不位于相邻的后电极 151 之间、后电极 151 与后汇流线 152 之间以及相邻的后汇流线 152 之间。

[0092] 基板 110 的第一导电类型区(例如, n 型区)与后表面场区 172 的杂质浓度差形成了势垒。由此,该势垒防止或减弱了空穴向作为电子移动路径使用的后表面场区 172 移动,并使电子更容易移向后表面场区 172。

[0093] 因此,后表面场区 172 减少了因电子和空穴在基板 110 的后表面及其附近的复合和/或消失而失去的载流子的量,并且加块了所需载流子(例如,电子)的移动,由此增加了移向后电极部分 150 的载流子的量。

[0094] 由于后表面场区 172 的杂质浓度高于基板 110 的杂质浓度,因此邻接后电极部分 150 的后表面场区 172 的电导率大于基板 110 的电导率。由此,载流子从后表面场区 172 向后电极部分 150 的移动容易进行。

[0095] 钝化层 190 包括直接位于基板 110 的后表面上的第一钝化层 191 和直接位于第一钝化层 191 上的第二钝化层 192。

[0096] 第一钝化层 191 可以由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成,第二钝化层 192 可以由氧化铝 (Al_2O_3) 形成。

[0097] 在本发明的实施方式中,第一钝化层 191 和第二抗反射层 132 可以使用相同的工艺同时形成,或者第二钝化层 192 和第一抗反射层 131 可以使用相同的工艺同时形成。

[0098] 由此,第一钝化层 191 可以由与第二抗反射层 132 相同的材料形成,并因此可以具有与第二抗反射层 132 相同的特征,例如,厚度、性质、组分、组成(或组成比)和折射率等。此外,第二钝化层 192 可以由与第一抗反射层 131 相同的材料形成,因此可以具有与第一抗反射层 131 相同的特征,例如,厚度、性质、组分、组成(或组成比)和折射率等。

[0099] 更具体而言,由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第一钝化层 191 可以具有约 70nm ~ 100nm 的厚度和约 2.0 ~ 2.2 的折射率。由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第二钝化层 192 可以具有约 5nm ~ 15nm 的厚度和约 1.1 ~ 1.6 的折射率。

[0100] 由于由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第一钝化层 191 处在直接位于基板 110 的后表面上的后表面场区 172 上,因此可发挥利用氢 (H) 的表面钝化功能。由此,在基板 110 的后表面及其附近失去的载流子的量减少。

[0101] 氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 具有与氧化铝 (Al_2O_3) 相反的正电荷的特征。

[0102] 在本发明的实施方式中,基板 110 为 n 型,并且用硅氮化物直接形成在基板 110 的

后表面上的第一钝化层 191 具有固定的正电荷的特征。由此,移向第一钝化层 191 的负电荷(即,电子)的极性与由硅氮化物形成的第一钝化层 191 相反。结果,电子因第一钝化层 191 的正极性而被拉向第一钝化层 191。另一方面,正电荷(即,空穴)的极性与第一钝化层 191 相同,由此因第一钝化层 191 的正极性而被推向基板 110 的与第一钝化层 191 相对的前表面。

[0103] 由此,当第一钝化层 191 系使用氢化硅氮化物($\text{SiN}_x\text{:H}$)直接形成在 n 型基板 110 的后表面上时,移向基板 110 的后表面的电子的量因固定正电荷的影响而进一步增加。此外,减少了电子和空穴在基板 110 的后表面及其附近的复合。

[0104] 用氧化铝(Al_2O_3)在第一钝化层 191 上形成的第二钝化层 192 因制造太阳能电池时所施加的热而防止了包含在第一钝化层 191 中的氢(H)移向与基板 110 的前表面相对的后电极部分 150。结果,利用包含在第一钝化层 191 中的氢(H)而实现的基板 110 的后表面的表面钝化效果得到了提高。

[0105] 如上所述,以与位于基板 110 的前表面上的双层抗反射层 130 相同的方式,在基板 110 的后表面上形成了包括由氢化硅氮化物($\text{SiN}_x\text{:H}$)形成的第一钝化层 191 和由氧化铝(Al_2O_3)形成的第二钝化层 192 的双层钝化层 190。由此,基板 110 的后表面的表面钝化效应得到提高。

[0106] 优选(但不必须)的是,第一钝化层 191 的厚度大于位于第一钝化层 191 上的第二钝化层 192 的厚度,从而使具有固定负电荷的第二钝化层 192 不会对具有固定正电荷的第一钝化层 191 造成不利影响。此外,第一钝化层 191 的厚度可以大于在基板 110 的前表面上的第二抗反射层 132 的厚度。

[0107] 因此,如有必要,位于基板 110 的前表面上的氢化硅氮化物层(即,第二抗反射层 132)的厚度可以不同于位于基板 110 的后表面上的硅氮化物层(即,第一钝化层 191)的厚度。在此情形中,位于基板 110 的前表面上的硅氮化物层(即,第二抗反射层 132)可以具有约 90nm 的厚度,而位于基板 110 的后表面上的硅氮化物层(即,第一钝化层 191)可以具有约 100nm 的厚度。

[0108] 当光入射到基板 110 的后表面上时,从空气进入基板 110 的折射率增加。因此,入射到基板 110 的后表面上的光的反射量减少,并且在基板 110 中吸收的光的量增加。由此,当光入射到基板 110 的后表面上时,钝化层 190 充当抗反射层。

[0109] 前电极部分 140 的多个前电极 141 与发射极区 121 连接,并且前电极部分 140 的多条前汇流线 142 与前电极 141 和发射极区 121 连接。

[0110] 前电极 141 与发射极区 121 电连接且物理连接,并且前电极 141 彼此分离。前电极 141 彼此平行地沿固定方向延伸。前电极 141 收集移向发射极区 121 的载流子(例如,空穴)。

[0111] 前汇流线 142 与发射极区 121 电连接且物理连接,并且前汇流线 142 彼此平行地沿与前电极 141 相交的方向延伸。

[0112] 前汇流线 142 不仅必须收集从发射极区 121 移出的载流子(例如,空穴),还必须收集由与前汇流线 142 相交的前电极 141 收集的载流子,并且必须以所需方向移动所收集的载流子。由此,各前汇流线 142 的宽度可以大于各前电极 141 的宽度。

[0113] 在本发明的实施方式中,前汇流线 142 与前电极 141 位于相同水平的层上,并且在

前电极 141 与前汇流线 142 的相交处,前汇流线 142 与前电极 141 电连接且物理连接。

[0114] 因此,如图 1 所示,多个前电极 141 具有沿横向(或纵向)延伸的条带形状,并且多个前汇流线 142 具有沿与前电极 141 相交的方向(例如纵向(或横向))延伸的条带形状。因此,前电极部分 140 在基板 110 的前表面上具有栅格形状。

[0115] 前汇流线 142 与外部装置连接,并将所收集的载流子输出至该外部装置。

[0116] 包括前电极 141 和前汇流线 142 的前电极部分 140 由至少一种导电材料(例如银(Ag))形成。

[0117] 后电极部分 150 的多个后电极 151 位于后表面场区 172 上,并直接邻接后表面场区 172。后电极 151 彼此分离,并以与前电极 141 相同的方式沿固定方向延伸。在此情形中,后电极 151 与前电极 141 沿相同的方向延伸。后电极 151 收集移向后表面场区 172 的载流子(例如,电子)。

[0118] 后电极部分 150 的多个后汇流线 152 位于后表面场区 172 上,并邻接后表面场区 172。后汇流线 152 彼此平行地沿与后电极 151 相交的方向延伸。在此情形中,后汇流线 152 与前汇流线 142 沿相同的方向延伸。后汇流线 152 可以位于与前汇流线 142 相对的位置,且二者之间夹有基板 110。

[0119] 后汇流线 152 收集由与后汇流线 152 相交的后电极 151 收集的载流子(例如,电子),并使所收集的载流子沿所需方向移动。由此,各后汇流线 152 的宽度可以大于各后电极 151 的宽度。

[0120] 后汇流线 152 位于与后电极 151 相同水平的层上,并在后电极 151 与后汇流线 152 的相交处,后汇流线 152 与后电极 151 电连接且物理连接。

[0121] 由此,以与前电极部分 140 相同的方式,后电极部分 150 在基板 110 的后表面上具有栅格形状。

[0122] 后电极 151 和后汇流线 152 可以含有与前电极 141 和前汇流线 142 相同的导电性材料(例如,银(Ag))。作为另一选择,后电极部分 150 可以由与前电极部分 140 不同的材料形成,并且后电极 151 可以由与后汇流线 152 不同的材料形成。

[0123] 如上所述,在本发明的实施方式中,后表面场区 172 位于后电极 151 和后汇流线 152 下方,并沿后电极 151 和后汇流线 152 延伸。由此,后表面场区 172 有选择地或局部地位于基板 110 的后表面,并以与后电极部分 150 相同的方式具有栅格形状。由此,如上所述,在基板 110 的后表面存在后表面场区 172 的未形成部分。

[0124] 在本发明的实施方式中,位于基板 110 的前表面上并接收大部分光的前电极 141 的数量少于位于基板 110 的后表面上的后电极 151 的数量,所述后电极 151 接收的光量少于基板 110 的前表面。因此,两个相邻的前电极 141 之间的距离大于两个相邻的后电极 151 之间的距离。

[0125] 如上所述,由于前电极部分 140 和后电极部分 150 含有诸如银(Ag)等金属材料,因此前电极部分 140 和后电极部分 150 不透光。

[0126] 由于前电极 141 之间的距离大于后电极 151 之间的距离,因此前电极 141 的布局减小或防止了基板 110 的前表面的光入射区域的减小。由此,入射到基板 110 的前表面的光的量增加。

[0127] 在另一实施方式中,如果有需要或要求,可以省去前汇流线 142 或后汇流线 152,

或两者都省去。

[0128] 在本发明的实施方式中,前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一可以使用电镀法形成。

[0129] 当使用电镀法形成前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一时,前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一可以具有如本发明的实施方式中的单层结构。作为另一选择,前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一可以具有多层结构,例如双层结构和三层结构。当使用电镀法形成的前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一具有单层结构时,前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一可以由银 (Ag) 形成。

[0130] 当使用电镀法形成的前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一具有双层结构时,邻接发射极区 121(即,基板 110 的第二导电类型区)或邻接后表面场区 172(即,基板 110 的掺杂有第一导电类型杂质的重掺杂区)的下层(或第一层)可以由镍 (Ni) 形成,而在下层上的上层(或第二层)可以由银 (Ag) 形成。

[0131] 当使用电镀法形成的前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一具有三层结构时,邻接发射极区 121 或后表面场区 172 的下层(或第一层)可以由镍 (Ni) 形成,在下层上的中层(或第二层)可以由铜 (Cu) 形成,在中层上的上层(或第三层)可以由银 (Ag) 或锡 (Sn) 形成。

[0132] 当使用电镀法形成的前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一具有双层结构时,下层的厚度可以为约 $0.5\ \mu\text{m} \sim 1\ \mu\text{m}$,上层的厚度可以为约 $5\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 。当使用电镀法形成的前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一具有三层结构时,下层和上层各自可以具有约 $0.5\ \mu\text{m} \sim 1\ \mu\text{m}$ 的厚度,中层的厚度可以为约 $5\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 。

[0133] 在此情形中,下层用来降低下层与邻接下层的发射极区 121 或后表面场区 172 之间的接触电阻,并用来改善接触特性。考虑到降低成本,中层可以由较不昂贵且具有良好的电导率的材料(例如铜 (Cu))形成。如果中层由铜 (Cu) 形成,则位于中层下面的下层可以防止会与硅 (Si) 平稳键合的铜 (Cu) 充当杂质区(其会渗透(吸收)至由硅 (Si) 形成的发射极区 121 或后表面场区 172 中,从而减少或防止载流子的移动)。

[0134] 上层防止位于上层下面的层(例如,下层或中层)被氧化,并提高这些层(例如,下层或中层)与导电膜(例如,位于上层上的条带)之间的粘合强度。

[0135] 如上所述,使用电镀法形成的前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一可以具有双层结构或三层结构,并且下层可以由镍 (Ni) 形成。在此情形中,硅化镍化合物因镍 (Ni) 与发射极区 121(即,基板 110 的第二导电类型区)的硅 (Si) 之间的键或者镍 (Ni) 与后表面场区 172(即,基板 110 的掺杂有第一导电类型的杂质的重掺杂区)的硅 (Si) 之间的键而存在于下层与发射极区 121 之间或者下层与后表面场区 172 之间。

[0136] 作为另一选择,前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一可以通过采用含有玻璃浆料 (glass frit) 的 Ag 糊剂或含有玻璃浆料的 Al 糊剂的丝网印刷法形成。在此情形中,玻璃浆料可以穿过抗反射层 130 或钝化层 190,并且可以与发射极区 121 或后表面场区 172 邻接。

[0137] 因此,在前电极部分 140 与发射极区 121 之间的接触部分中,或者在后电极部分 150 与后表面场区 172 之间的接触部分中,可检测到玻璃浆料的至少一种组分。例如,可以检测到玻璃浆料中所含的铅 (Pb) 类材料(如 PbO)、铋 (Bi) 类材料(如 Bi_2O_3)、铝 (Al) 类材

料（如 Al_2O_3 ）、硼（B）类材料（如 B_2O_3 ）、锡（Sn）类材料、锌（Zn）类材料（如 ZnO ）、钛（Ti）类材料（如 TiO ）和磷（P）类材料（如 P_2O_5 ）中的至少一种。

[0138] 另一方面,当使用电镀法形成前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一时,在基板 110(即,发射极区 121)与包括前电极 141 和前汇流线 142 的前电极部分 140 之间,以及在基板 110(即,后表面场区 172)与包括后电极 151 和后汇流线 152 的后电极部分 150 之间,未检测到玻璃浆料的组分。

[0139] 如上所述,当前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一具有多层结构时,使用电镀法依次形成下层、中层和上层,以具有所需的厚度。

[0140] 在本发明的实施方式中,前电极 141 的数量、前汇流线 142 的数量、后电极 151 的数量和后汇流线 152 的数量可以视需要或要求而有所变化。

[0141] 各前汇流线 142 和各后汇流线 152 分别收集来自发射极区 121 和后表面场区 172 的载流子,并且还分别将前电极 141 所收集的载流子和后电极 151 所收集的载流子输出至外部装置。

[0142] 在另一实施方式中,前汇流线 142 和后汇流线 152 至少之一可以直接位于抗反射层 130 和钝化层 190 至少之一上,并且可以与抗反射层 130 和钝化层 190 至少之一邻接。

[0143] 如上所述,由于基板 110 的前表面和后表面各自具有第一和第二纹理化表面,因此基板 110 的表面积增大。

[0144] 因此,与各前电极 41 接触的发射极区 121 的面积和与各后电极 151 接触的后表面场区 172 的面积增大。因此,即使每个前电极 141 的宽度 W_{11} 和每个后电极 151 的宽度 W_{12} 减小,发射极区 121 与前电极 141 之间的接触面积和后表面场区 172 与后电极 151 之间的接触面积也不会减小。

[0145] 结果,即使每个前电极 141 的宽度 W_{11} 和每个后电极 151 的宽度 W_{12} 减小,从发射极区 121 移向前电极 141 的载流子的量和从后表面场区 172 移向后电极 151 的载流子的量也不会减少。

[0146] 在本发明的实施方式中,每个前电极 141 的宽度 W_{11} 和每个后电极 151 的宽度 W_{12} 可以为约 $40\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ 。宽度 W_{11} 和 W_{12} 比比较例的电极的宽度(约 $60\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$)小得多。

[0147] 如上所述,由于前电极 141 和后电极 151 的形成面积(其防止或减少基板 110 的前表面和后表面的光入射)减小,因此入射到基板 110 的前表面和后表面的光的量增加。

[0148] 然而,沿发射极区 121 移向前电极 141 的载流子的移动距离和沿后表面场区 172 移向后电极 151 的载流子的移动距离却因基板 110 的第一和第二纹理化表面而增加。

[0149] 因此,在本发明的实施方式中,两个相邻的前电极 141 之间的距离 D_{11} 和两个相邻的后电极 151 之间的距离 D_{12} 可以缩短,以抵偿发射极区 121 表面积和后表面场区 172 表面积的增加所引起的载流子移动距离的增加。例如,两个相邻的前电极 141 之间的距离 D_{11} 和两个相邻的后电极 151 之间的距离 D_{12} 可以等于或大于约 1.5mm 且小于约 2.0mm。

[0150] 如上所述,由于每个前电极 141 的宽度 W_{11} 和每个后电极 151 的宽度 W_{12} 减小,因此即使距离 D_{11} 和距离 D_{12} 增加,基板 110 的前表面和后表面的光入射面积也不会减小。

[0151] 对具有上述结构的太阳能电池的运转描述如下。

[0152] 当照射至太阳能电池的光穿过抗反射层 130 和钝化层 190 至少之一入射至基板

110 以及各自为半导体部件的发射极区 121 和后表面场区 172 至少之一上时, 凭借基于入射光而产生的光能, 在基板 110 中生成了电子和空穴。在此情形中, 由于入射至基板 110 上的光的反射损失因基板 110 的第一和第二纹理化表面、抗反射层 130 和钝化层 190 而减少, 因此入射至基板 110 的光的量增加。

[0153] 通过基板 110 和发射极区 121 的 p-n 结, 电子移向 n 型半导体部件 (例如, 基板 110), 而空穴移向 p 型半导体部件 (例如, 发射极区 121)。

[0154] 移向发射极区 121 的空穴被前电极 141 和前汇流线 142 收集, 然后沿前汇流线 142 移动。移向基板 110 的电子穿过后表面场区 172, 被后电极 151 和后汇流线 152 收集, 并沿后汇流线 152 移动。当利用电线 (如导电膜) 将前汇流线 142 连接至后汇流线 152 时, 电流在其中流动, 由此使该电流能够用于产生电力。

[0155] 如上所述, 基板 110 的前表面和后表面各自具有包括尺寸为数微米的第一凸部 11 和尺寸为数百纳米的第二凸部 111 的双纹理化结构, 因此基板 100 的入射面积增加。此外, 光的反射量因利用第一和第二凸部 11 和 111 实现的反射行为而减少, 入射至基板 110 的光的量增加。

[0156] 太阳能电池的效率因以下效应而提高: 利用抗反射层 130 和钝化层 190 的折射率而实现的抗反射效应, 利用固定电荷而实现的场钝化效应, 和利用氢 (H) 或氧 (O) 而实现的表面钝化效应。

[0157] 下面将参照图 4A ~ 4H 描述制造本发明的实施方式的太阳电池的方法。

[0158] 如图 4A 所示, 在第一导电类型 (例如, n 型) 的基板 110 的前表面和后表面上进行湿蚀刻工艺, 以形成具有多个第一凸部 11 和多个第一凹部 12 的第一纹理化表面。

[0159] 基板 110 可以由单晶硅形成的晶体半导体。

[0160] 当基板 110 由单晶硅形成时, 第一纹理化表面 11 (12) 可以使用碱溶液 (如异丙醇 (IPA) 或氢氧化钾 (KOH)) 来形成。

[0161] 第一凸部 11 各自可以具有棱锥形状, 如三棱锥。每个第一凸部的直径 (即, 尺寸) 和凸起高度可以为约 $5\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 。

[0162] 接下来, 如图 4B 所示, 在形成第一纹理化表面 11 (12) 之后, 使用例如反应离子蚀刻 (RIE) 法等干蚀刻法在每个第一凸部 11 的表面上形成具有多个第二凸部 111 和多个第二凹部 112 的第二纹理化表面。

[0163] 每个第二凸部 111 的最大直径 (即, 尺寸) 和凸起高度可以为约 $300\text{nm} \sim 600\text{nm}$ 。

[0164] 在本发明的实施方式中, RIE 法中所使用的蚀刻气体可以是 SF_6 和 Cl_2 的混合物。也可以使用其他气体。

[0165] 在形成第二纹理化表面 111 (112) 之后, 可以额外执行用于除去基板 110 的表面的残余物 (或一部分表面层) 的工序。可以使用用来形成第二纹理化表面 111 (112) 的处理室 (或腔室) (而不是使用单独的处理室 (或腔室)) 的干燥气体 (在干蚀刻法中所用的干燥气体) 来除去所述残余物。在此情形中, 使用干蚀刻法除去残余物的工序所需的时间与湿蚀刻法相比得到进一步减少。

[0166] 此外, 如果使用湿蚀刻法除去残余物, 可能会使第一和第二纹理化表面的不平坦部分变形。然而, 当使用干蚀刻法除去残余物时, 第一和第二纹理化表面的不平坦部分不会变形, 因此不会产生由第一和第二纹理化表面引起的光反射的改变或偏移。

[0167] 接下来,如图 4C 所示,使用离子注入法将预定导电类型的第一杂质的离子(下文中称为“第一杂质离子”)注入基板 110 的前表面中。

[0168] 在此情形中,预定的导电类型可以是与基板 110 的第一导电类型相反的第二导电类型(例如,p 型)。在本发明的实施方式中,第一杂质可以使用硼(B)。由此,第一杂质离子可以是硼(B)的正离子 B^+ 。

[0169] 更具体而言,将第二导电类型的第一杂质离子注入基板 110 的暴露的前表面中,以形成杂质区,即,在基板 110 的前表面的第二导电类型的第一杂质区 120。

[0170] 然后,使用离子注入法将预定导电类型(即,第一导电类型)的第二杂质的离子(下文中称作“第二杂质离子”)注入基板 110 的后表面中,以形成在基板 110 的后表面的第一导电类型的第二杂质区 170。

[0171] 在本发明的实施方式中,第二杂质可以使用磷(P)。由此,第二杂质离子可以是磷(P)的正离子 P^+ 。

[0172] 在形成第一和第二杂质区 120 和 170 的离子注入工序中可以使用掩模,从而仅在基板 110 的前表面和后表面各自的所需区域中注入离子。

[0173] 例如,位于基板 110 的前表面上的掩模可以仅遮蔽基板 110 的前表面的边缘,并可以露出基板 110 的前表面的除边缘之外的其余部分。此外,位于基板 110 的后表面上的掩模可以仅露出拟形成后表面场区的区域,并可以遮蔽基板 110 的后表面的其余部分。

[0174] 用于将第一和第二杂质离子注入基板 110 中的离子加速能量可以为约 1keV ~ 20keV。离子的注入深度可以根据加速能量来确定。

[0175] 由此,用于第一杂质区 120 的加速能量可以不同于用于第二杂质区 170 的加速能量。例如,用于将 p 型杂质的离子注入基板 110 中的加速能量可以大于用于将 n 型杂质的离子注入基板 110 中的加速能量。

[0176] 在本发明的实施方式中,第一杂质区 120 和第二杂质区 170 的形成顺序可以改变。第一杂质区 120 和第二杂质区 170 可以在同一腔室或者在各自的腔室中形成。

[0177] 接下来,如图 4D 所示,在形成第一和第二杂质区 120 和 170 之后,在氮气(N_2)或氧气(O_2)的气氛中对具有第一和第二杂质区 120 和 170 的基板 110 进行热处理。由此,第一和第二杂质区 120 和 170 被完全活化。因此,第一杂质区 120 形成位于基板 110 的前表面的发射极区 121,由此使发射极区 121 与基板 110 形成 p-n 结。此外,第二杂质区 170 形成位于基板 110 的后表面的多个后表面场区 172。

[0178] 换言之,第一和第二杂质区 120 和 170 的 p 型和 n 型杂质离子的注入状态因第一和第二杂质区 120 和 170 经热处理活化而从填隙状态变为替代状态。由此,硅和 p 型及 n 型杂质离子发生重排。结果,第一和第二杂质区 120 和 170 分别充当 p 型发射极区 121 和 n 型后表面场区 172。

[0179] 用于形成发射极区 121 的硼(B)的溶解度低于用于形成后表面场区 172 的磷(P)的溶解度。因此,第一和第二杂质区 120 和 170 的活化温度根据第一杂质区 120 来确定,从而稳定地活化第一杂质区 120。

[0180] 第一和第二杂质区 120 和 170 的活化温度可以为约 1,000°C ~ 2,000°C,并且热处理所需的时间可以为约 20 分钟 ~ 60 分钟。

[0181] 在本发明的实施方式中,由于活化工序在能够稳定地活化硼(B)的等于或高于约

1,000°C的高温下进行,因此第一杂质区 120 和第二杂质区 170 被稳定地活化。由此,平稳地形成了发射极区 121 和后表面场区 172。

[0182] 此外,由于热处理在等于或高于约 1,000°C的高温下进行,因此在针对第一和第二杂质区 120 和 170 的离子注入工序中产生的损伤部分发生重结晶。由此,离子注入工序中产生的损伤部分得到恢复,而无需单独的使用湿蚀刻法等的损伤去除工序。

[0183] 当使用 RIE 法形成第二纹理化表面 111(112) 时,基板 110 的表面的损伤部分因工序中产生的等离子体而产生。然而,如上所述,通过在等于或高于约 1,000°C的高温下进行热处理,硅(Si)的重结晶使损坏部分得到恢复。因此,不必进行单独的使用湿蚀刻法等的损伤去除工序。

[0184] 由于这些原因,可以省略可在形成第一和第二纹理化表面之后进行的残余物去除工序。

[0185] 在本发明的实施方式中,在 RIE 工序中和离子注入工序中在基板 110(或发射极区 121) 的表面中形成的损伤部分通过的高温(等于或高于约 1,000°C)下进行的第一杂质区 120 活化工序(该工序用于获得 p 型发射极区 121) 而得到恢复。由此,入射到发射极区 121 上的短波长波段的光的反射率并不升高。

[0186] 接下来,如图 4E 所示,在基板 110 的后表面上形成由氢化硅氮化物($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第一钝化层 191。第一钝化层 191 可以使用沉积法(例如等离子体增强型化学气相沉积(PECVD)法)来形成。在本发明的实施方式中,第一钝化层 191 可以具有约 70nm ~ 100nm 的厚度。

[0187] 接下来,如图 4F 所示,分别在位于基板 110 的前表面的发射极区 121 和位于基板 110 的后表面上的第一钝化层 191 上形成由氧化铝(Al_2O_3) 形成的层,以形成在发射极区 121 上的第一抗反射层 131 和在第一钝化层 191 上的第二钝化层 192。

[0188] 所述氧化铝层可以使用 PECVD 法和原子层沉积(ALD) 法等方法来形成。

[0189] 当使用 PECVD 法形成氧化铝层时,该层仅在处理气体暴露的部分上堆积。因此,第一抗反射层 131 和第二钝化层 192(各自由氧化铝形成) 通过单独的 PECVD 法分别形成在基板 110 的前表面和后表面上。

[0190] 在此情形中,分别位于基板 110 的前表面和后表面上的第一抗反射层 131 和第二钝化层 192 可以在相同的工艺条件下形成,由此具有相同的特征。作为另一选择,第一抗反射层 131 和第二钝化层 192 可以在不同的工艺条件下形成,由此具有不同的特征。

[0191] 然而,当使用 ALD 法形成氧化铝层时,氧化铝层可以通过一个堆积工序形成在基板 110 的前表面、后表面和侧面上。因此,通过一个 ALD 工序在基板 110 的前表面和后表面上同时形成氧化铝层,从而形成第一抗反射层 131 和第二钝化层 192。

[0192] 由于分别位于基板 110 的前表面和后表面上的第一抗反射层 131 和第二钝化层 192 在相同的工艺条件下形成,因此第一抗反射层 131 和第二钝化层 192 具有相同的特征。

[0193] 在本发明的实施方式中,第一抗反射层 131 和第二钝化层 192 可以具有约 5nm ~ 15nm 的厚度。

[0194] 由此,在基板 110 的后表面上形成了包括第一和第二钝化层 191 和 192 的钝化层 190。

[0195] 接下来,如图 4G 所示,使用 PECVD 法以约 70nm ~ 100nm 的厚度在第一抗反射层

131 上形成由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第二抗反射层 132。由此,形成了包括第一和第二抗反射层 131 和 132 的抗反射层 130。

[0196] 如上所述,在基板 110 的前表面上形成了包括由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第一抗反射层 131 和由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第二抗反射层 132 的抗反射层 130,并在基板 110 的后表面上形成了包括由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第一钝化层 191 和由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第二钝化层 192 的钝化层 190。之后,形成了前电极部分 140,其包括穿过抗反射层 130 并与抗反射层 130 下的发射极区 121 邻接的多个前电极 141 和多个前汇流线 142。另外,形成了后电极部分 150,其包括穿过钝化层 190 并与钝化层 190 下的后表面场区 172 邻接的多个后电极 151 和多个后汇流线 152。结果,完成了如图 1 和图 2 所示的太阳能电池。

[0197] 现参照图 4H 描述形成前电极部分 140 和后电极部分 150 的方法的实例。

[0198] 例如,如图 4H 所示,将激光束有选择地分别照射在基板 110 的前表面和后表面上,从而在用来形成前电极部分 140 和后电极部分 150 的位置形成多个第一和第二开口 181 和 182。

[0199] 多个第一开口 181 穿过抗反射层 130,并使抗反射层 130 的开口部分下的发射极区 121 暴露。多个第二开口 182 穿过钝化层 190,并使钝化层 190 的开口部分下的后表面场区 172 暴露。

[0200] 多个第一开口 181 用于形成多个前电极 141 和多个前汇流线 142。在此情形中,对应于各前电极 141 的第一开口 181 的宽度小于对应于各前汇流线 142 的第一开口 181 的宽度。

[0201] 多个第二开口 182 用于形成多个后电极 151 和多个后汇流线 152。在此情形中,对应于各后电极 151 的第二开口 182 的宽度小于对应于各后汇流线 152 的第二开口 182 的宽度。

[0202] 对应于前电极 141 的第一开口 181 的数量可以少于对应于后电极 151 的第二开口 182 的数量。由此,两个相邻的第一开口 181 之间的距离可以大于两个相邻的第二开口 182 之间的距离。

[0203] 对应于前汇流线 142 的第一开口 181 可以位于对应于后汇流线 152 的第二开口 182 的反面,二者之间夹有基板 110。

[0204] 然后,使用电镀法或化学镀法,分别在由第一和第二开口 181 和 182 露出的发射极区 121 和后表面场区 172 上形成前电极部分 140 和后电极部分 150。

[0205] 在另一实施方式中,前电极 141、前汇流线 142、后电极 151 和后汇流线 152 可以通过以下方式形成:使用丝网印刷法等将含有金属材料(如银(Ag))的金属糊剂涂布在第一和第二开口 181 和 182 上,然后在所需的温度下对金属糊剂进行热处理。

[0206] 在另一实施方式中,前电极 141、前汇流线 142、后电极 151 和后汇流线 152 可以通过以下方式形成:将含有银(Ag)和铝(Al)至少之一的金属糊剂涂布在抗反射层 130 和钝化层 190 上并使其干燥,然后对金属糊剂进行热处理。由此,可以在发射极区 121 上形成包括前电极 141 和前汇流线 142 的前电极部分 140,并且可以在后表面场区 172 上形成包括后电极 151 和后汇流线 152 的后电极部分 150。

[0207] 由于前电极部分 140 和后电极部分 150 必须部分地分别穿过抗反射层 130 和钝化

层 190, 因此金属糊剂可以含有蚀刻剂, 例如用于蚀刻抗反射层 130 和钝化层 190 的 PbO 。金属糊剂中含有的蚀刻剂的量和种类可以根据抗反射层 130 和钝化层 190 的厚度或材料来确定。

[0208] 当对涂布在抗反射层 130 和钝化层 190 上的金属糊剂进行热处理时, 金属糊剂穿过抗反射层 130 和钝化层 190, 并与在抗反射层 130 和钝化层 190 下的发射极区 121 和后表面场区 172 化学粘结。由此, 形成了与发射极区 121 电连接且物理连接的前电极部分 140 和与后表面场区 172 电连接且物理连接的后电极部分 150。

[0209] 当省略抗反射层 130 和钝化层 190 至少之一时, 前电极部分 140 和后电极部分 150 至少之一不能含有蚀刻剂, 因为其不需要穿过被省略的组成部分 (即, 抗反射层 130 和钝化层 190 至少之一)。

[0210] 当前汇流线 142 和后汇流线 152 至少之一直接位于抗反射层 130 或钝化层 190 上时, 前汇流线 142 和后汇流线 152 至少之一不能含有蚀刻剂, 因为其不需要穿过抗反射层 130 或钝化层 190。作为另一选择, 前汇流线 142 和后汇流线 152 至少之一可以含有不会穿过抗反射层 130 或钝化层 190 的少量蚀刻剂。

[0211] 在此情形中, 前电极 141、前汇流线 142、后电极 151 和后汇流线 152 可以由不同于其他组成部分的材料形成。

[0212] 下面参照图 5 描述本发明的示例性实施方式的太阳能电池的另一实例。

[0213] 将与图 1 ~ 3 所示的太阳能电池中所描述的结构和组成部分相同或等同的结构和组成部分用相同的附图标记指示, 进一步的描述可以简要地进行或者完全省略。

[0214] 不同于图 1 和图 2 所示的太阳能电池, 在分别位于基板 110 的前表面和后表面上的氢化硅氮化物 ($SiN_x:H$) 层上, 图 5 所示的太阳能电池还包括氢化硅氧化物 ($SiO_x:H$) 层。

[0215] 更具体而言, 位于基板 110 的前表面上的抗反射层 130a 不仅包括由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第一抗反射层 131 和由氢化硅氮化物 ($SiN_x:H$) 形成的第二抗反射层 132, 还包括直接位于第二抗反射层 132 上且由氢化硅氧化物 ($SiO_x:H$) 形成的第三抗反射层 133。由此, 抗反射层 130a 具有包括层 131 ~ 133 的三层结构。

[0216] 此外, 位于基板 110 的后表面上的钝化层 190a 包括: 由氢化硅氮化物 ($SiN_x:H$) 形成的第一钝化层 191, 直接位于第一钝化层 191 上且由氢化硅氧化物 ($SiO_x:H$) 形成的第二钝化层 192a, 和直接位于第二钝化层 192a 上且由氧化铝 (Al_2O_3) 形成的第三钝化层 193。

[0217] 换言之, 与图 1 和图 2 所示的太阳能电池不同, 图 5 所示的太阳能电池还包括在氢化硅氮化物层与氧化铝层之间的氢化硅氧化物层。由此, 钝化层 190a 具有包括层 191、192a 和 193 的三层结构。

[0218] 如上所述, 直接位于氢化硅氮化物层 132 和 191 上的氢化硅氧化物层 133 和 192a 可防止包含在氢化硅氮化物层 132 和 191 中且发挥表面钝化功能的氢 (H) 沿着背离基板 110 的方向移动。由此, 包括在抗反射层 130a 和钝化层 190a 中的氢化硅氧化物层 133 和 192a 充当位于氢化硅氧化物层 133 和 192a 下的氢化硅氮化物层 132 和 191 的封盖层。

[0219] 氢化硅氧化物层 133 和 192a 含有能够使缺陷恢复的氢 (H)。由此, 包含在氢化硅氧化物层 133 和 192a 中的氢 (H) 移向基板 110 的表面并发挥表面钝化功能。

[0220] 因此, 表面钝化效应通过分别位于基板 110 的前表面和后表面上的氢化硅氧化物层 133 和 192a 而得到进一步提高。

[0221] 氢化硅氧化物层 133 和 192a 使用 PECVD 法形成。与图 1 和图 2 所示的太阳能电池中抗反射层 130 和钝化层 190 的形成顺序不同,抗反射层 130a 和钝化层 190a 按照以下形成顺序形成。

[0222] 例如,在使用 PECVD 法在基板 110 的后表面上形成由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第一钝化层 191 之后,使用 PECVD 法在第一钝化层 191 上形成由氢化硅氧化物 ($\text{SiO}_x\text{:H}$) 形成的第二钝化层 192a。然后,使用 ALD 法,分别在第二钝化层 192a 和位于基板 110 前表面的发射极区 121 上同时形成的第三钝化层 193 和第一抗反射层 131 (各自由氧化铝 (Al_2O_3) 形成)。然后,使用 PECVD 法,在位于基板 110 的前表面上的第一抗反射层 131 上,依次形成由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第二抗反射层 132 和由氢化硅氧化物 ($\text{SiO}_x\text{:H}$) 形成的第三抗反射层 133。

[0223] 除了抗反射层 130a 和钝化层 190a 的形成方法和形成顺序之外,图 5 所示的太阳能电池通过图 4A ~ 4F 所示的制造工序制造。

[0224] 各自由氢化硅氧化物 ($\text{SiO}_x\text{:H}$) 形成的第三抗反射层 133 和第二钝化层 192a 可以具有约 50nm ~ 100nm 的厚度和约 1.5 的折射率。

[0225] 如上所述,由氢化硅氮化物 ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 形成的第二抗反射层 132 和第一钝化层 191 分别被由氢化硅氧化物 ($\text{SiO}_x\text{:H}$) 形成的第三抗反射层 133 和第二钝化层 192a 封盖。由此,第二抗反射层 132 和第一钝化层 191 所发挥的钝化功能得到进一步提高。此外,图 5 所示的太阳能电池的钝化效果因第三抗反射层 133 和第二钝化层 192a 所发挥的钝化功能而得到进一步提高。

[0226] 由于抗反射层 130a 和钝化层 190a 还包括由氢化硅氧化物 ($\text{SiO}_x\text{:H}$) 形成的第三抗反射层 133 和第二钝化层 192a,因此在基板 110 的前表面和后表面的抗反射效果得到提高。由此,入射到基板 110 的光的量增加,太阳能电池所输出的电流的量增加。

[0227] 下面参照图 6 和图 7 描述图 1 ~ 3 所示的太阳能电池和图 5 所示的太阳能电池的其他实例。

[0228] 图 6 图示了图 1 ~ 3 所示的太阳能电池的另一实例,图 7 图示了图 5 所示的太阳能电池的另一实例。

[0229] 与图 1 ~ 3 所示的太阳能电池和图 5 所示的太阳能电池不同,图 6 和图 7 所示的太阳能电池还包括位于发射极区 121 与抗反射层 130 (130a) 之间和位于基板 110 的后表面与第一钝化层 191 之间的硅氧化物 (SiO_x) 层 180。

[0230] 除硅氧化物层 180 之外,图 6 和图 7 所示的太阳能电池的构造分别与图 1 ~ 3 所示的太阳能电池和图 5 所示的太阳能电池的构造基本相同。

[0231] 如图 6 和图 7 所示,硅氧化物层 180 直接位于处在基板 110 前表面的发射极区 121 上,并直接位于基板 110 的后表面上。抗反射层 130 (130a) 和钝化层 190 (190a) 直接位于硅氧化物层 180 上。

[0232] 硅氧化物层 180 是通过将基板 110 浸入所需的化学溶液中而有意形成的氧化物层。硅氧化物层 180 的厚度可以为约 2nm ~ 3nm。

[0233] 在图 4A ~ 4F 所示的制造太阳能电池的方法中,在形成发射极区 121 之后,在形成抗反射层 130 和钝化层 190 之前形成硅氧化物层 180。

[0234] 硅氧化物层 180 通过在常温至约 70℃ 的处理温度下将基板 110 浸入氢离子浓度

(pH) 为约 2 ~ 4 的硝酸 (HNO_3) 溶液约 5 分钟 ~ 30 分钟而形成。所述 HNO_3 溶液中的 HNO_3 浓度 (即, 所述 HNO_3 溶液中的 HNO_3 量) 可以为约 65% ~ 70%。

[0235] 在用于在发射极区 121 和后表面场区 172 上形成抗反射层 130 (130a) 和钝化层 190 (190a) 的工序中, 通常在发射极区 121 上会直接形成由存在于大气或处理室中的氧气产生的天然氧化物层。因此, 所形成的天然氧化物层不稳定地键合于存在于基板 110 或发射极区 121 中的硅, 从而产生缺陷。在本发明的实施方式中, 天然氧化物层是自发且非有意地形成的氧化物层。

[0236] 当在天然氧化物层上形成例如氧化铝 (Al_2O_3) 层等层时, 包含在层形成用处理材料中的氢 (H) 与具有不稳定键的天然氧化物层之间成键, 从而生成水 (H_2O)。此外, 会产生因形成氢分子而导致的起泡现象, 例如斑点。

[0237] 然而, 在本发明的实施方式中, 使用单独的 PECVD 法, 分别在基板 110 的前表面和后表面上直接形成了特性优于天然氧化物层的硅氧化物层 180。因此, 氢与氧的键所产生的问题的频率大大降低。

[0238] 包含在硅氧化物层 180 中的氧发挥钝化功能, 用于将存在于基板 110 表面的键转化为稳定的键, 由此进一步提高了表面钝化效应。

[0239] 如图 6 和图 7 所示, 在基板 110 的前表面和后表面上均形成了硅氧化物层 180。在另一实施方式中, 可以仅在基板 110 的前表面和后表面之一上形成硅氧化物层 180。

[0240] 如上所述, 形成硅氧化物层 180 是为了提高基板 110 的前表面和后表面的表面钝化效果, 并减少天然氧化物层所导致的问题。因此, 硅氧化物层 180 不必很厚, 可以具有约 2nm ~ 3nm 的厚度。

[0241] 本发明的实施方式基于双面太阳能电池而描述, 其中光入射至基板 110 的前表面和后表面。本发明的实施方式可以用于其他种类的太阳能电池, 例如使用 n 型单晶硅的其他种类的太阳能电池。

[0242] 虽然参照一些说明性实施方式对实施方式进行了描述, 但应理解, 本领域技术人员可以设计仍落在本公开内容的原理的范围内的许多其他修改和实施方式。更具体而言, 在本公开内容、附图和所附权利要求的范围内, 可以对主题组合布局中的组成部分和 / 或布局进行各种变化和修改。除了对组成部分和 / 或布局的变化和修改之外, 替代性用途对于本领域技术人员而言也是显而易见的。

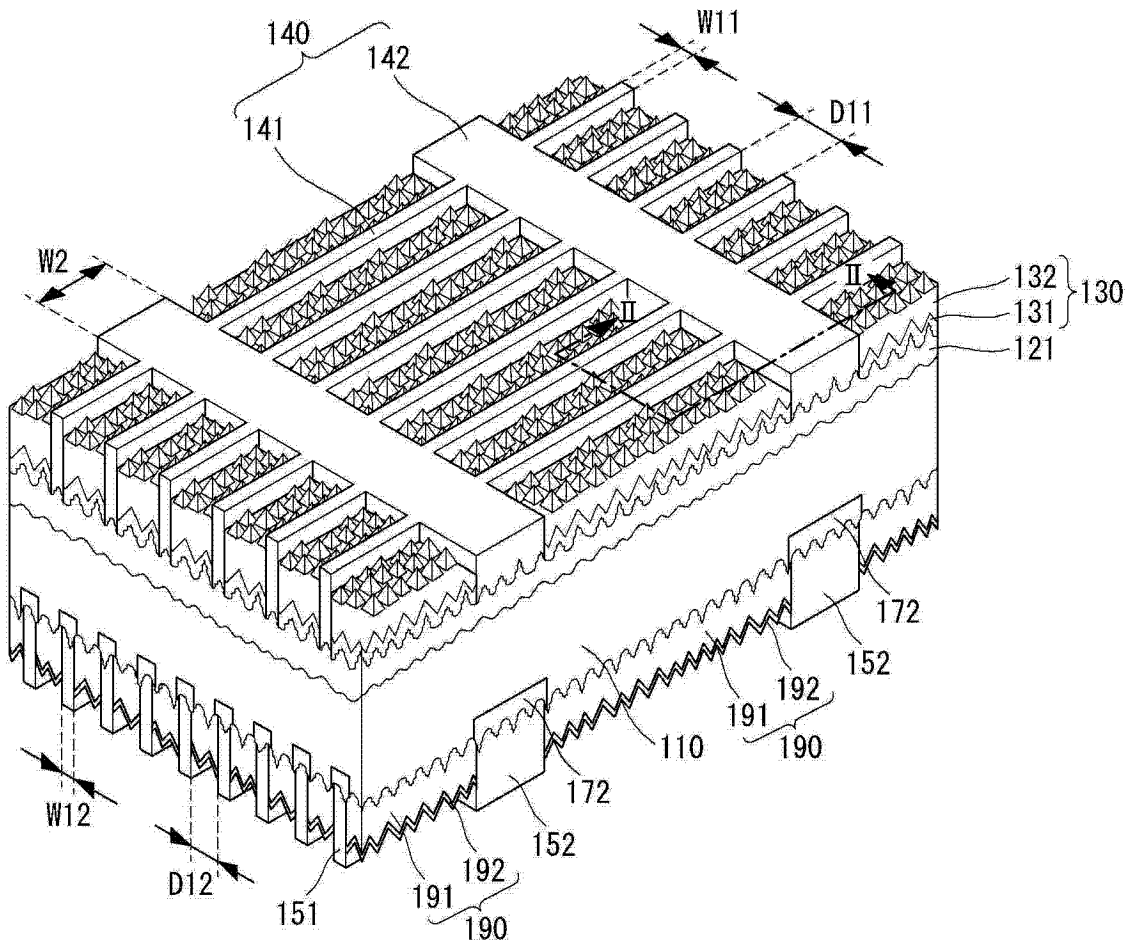


图 1

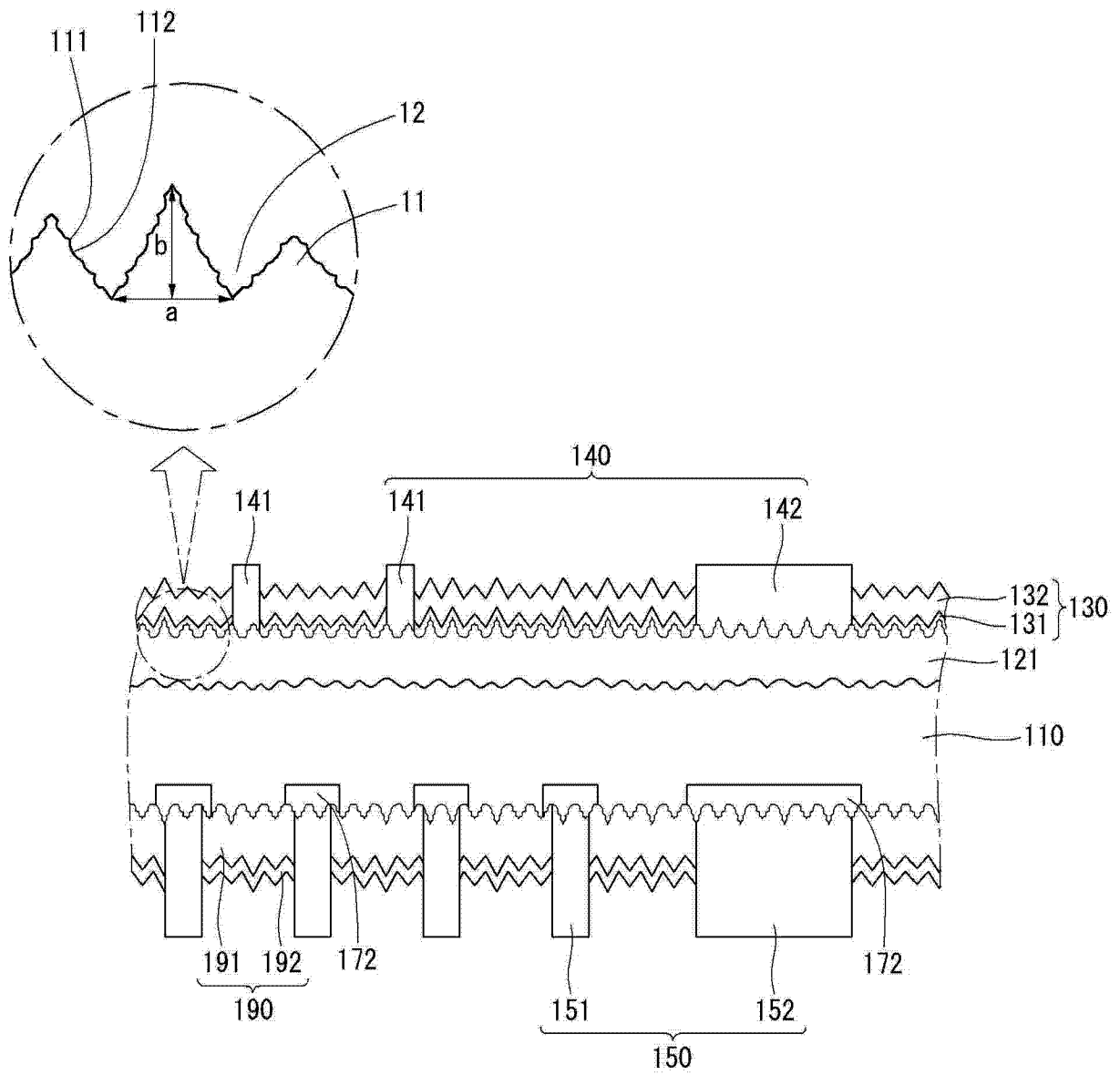


图 2

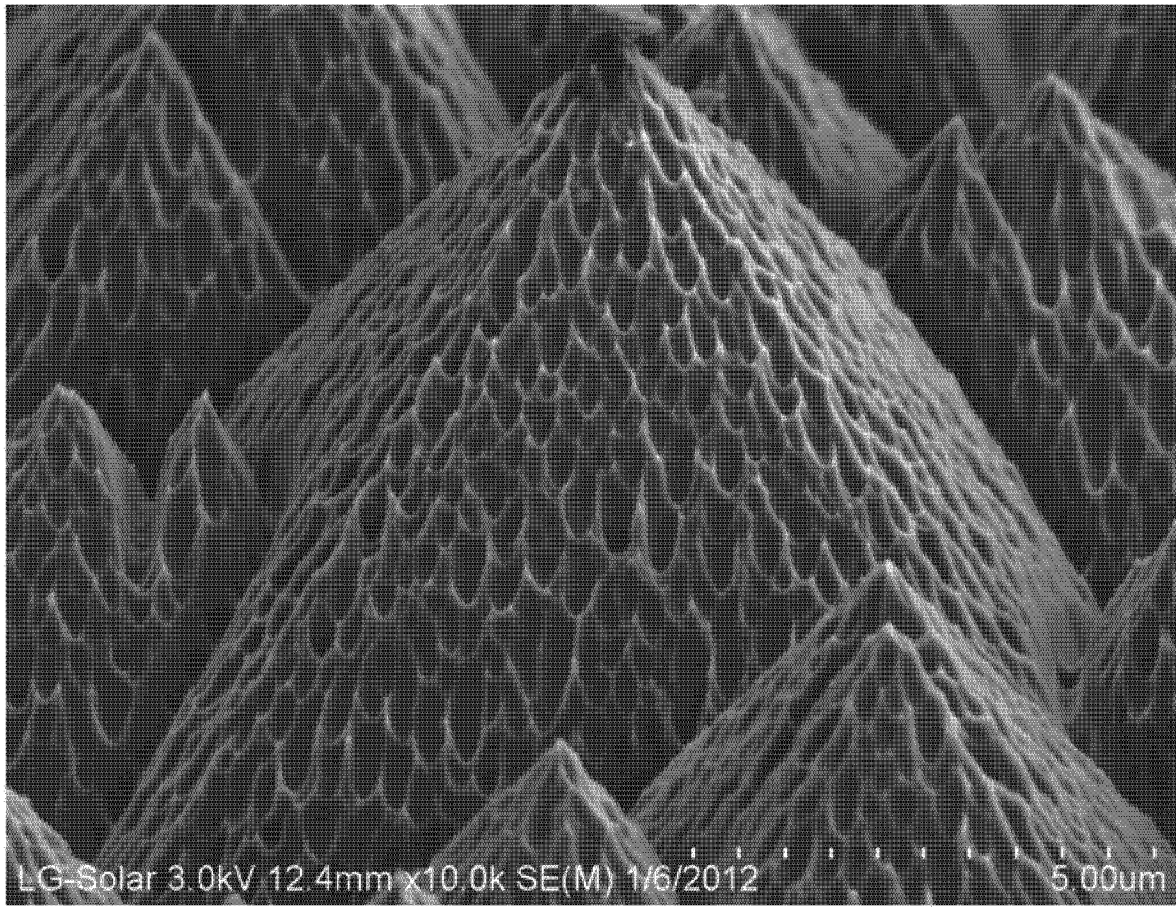


图 3

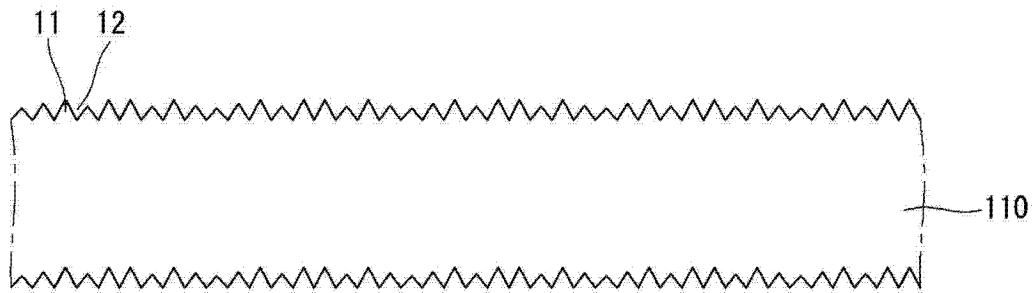


图 4A

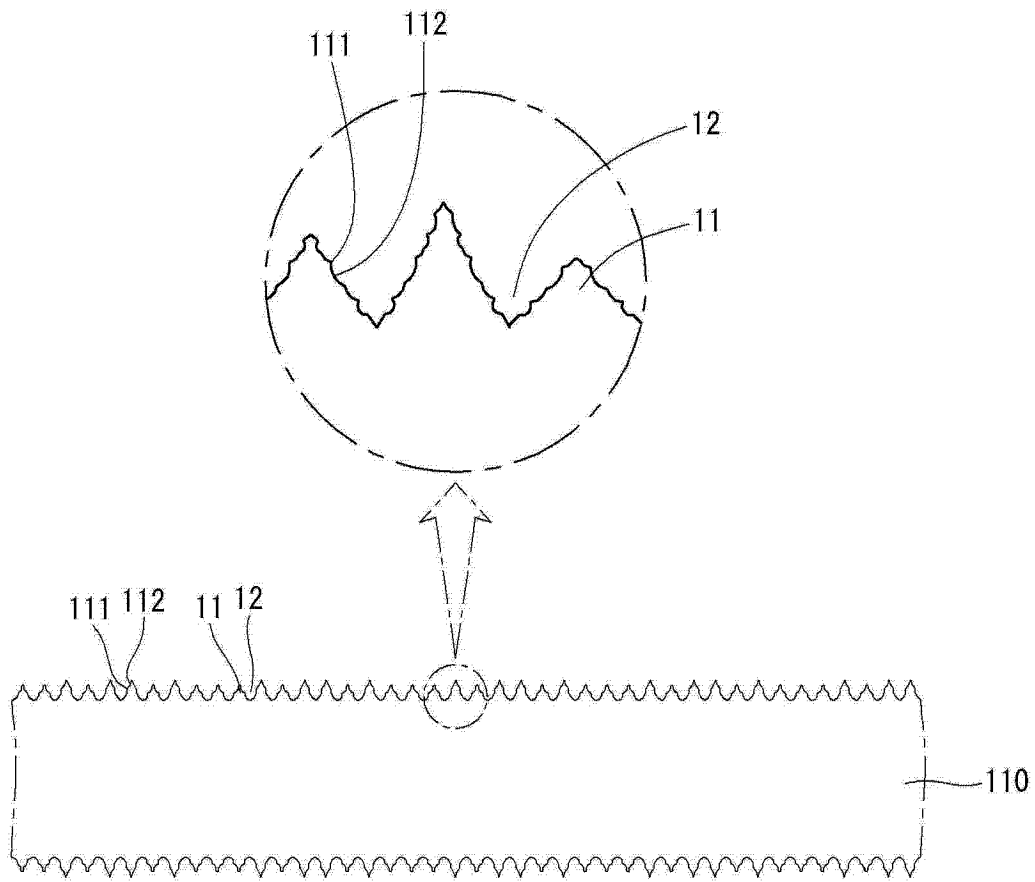


图 4B

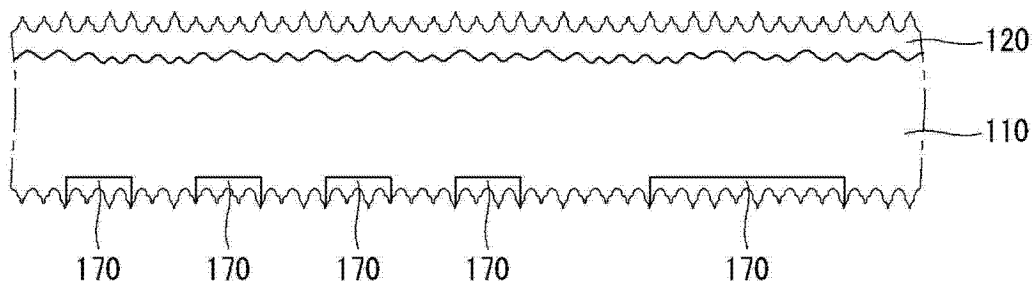


图 4C

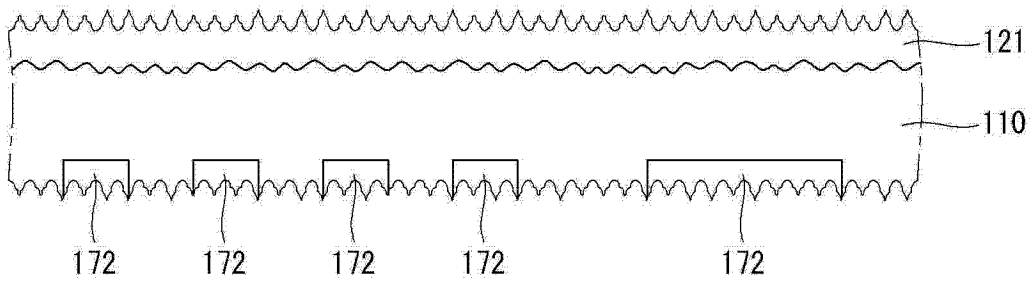


图 4D

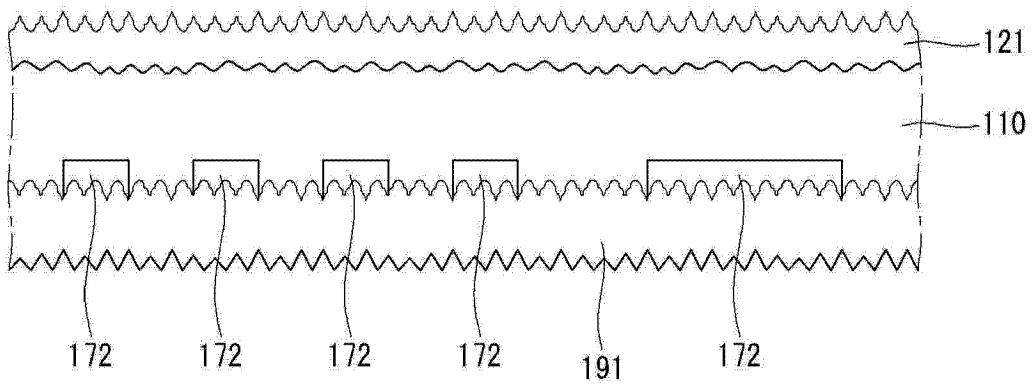


图 4E

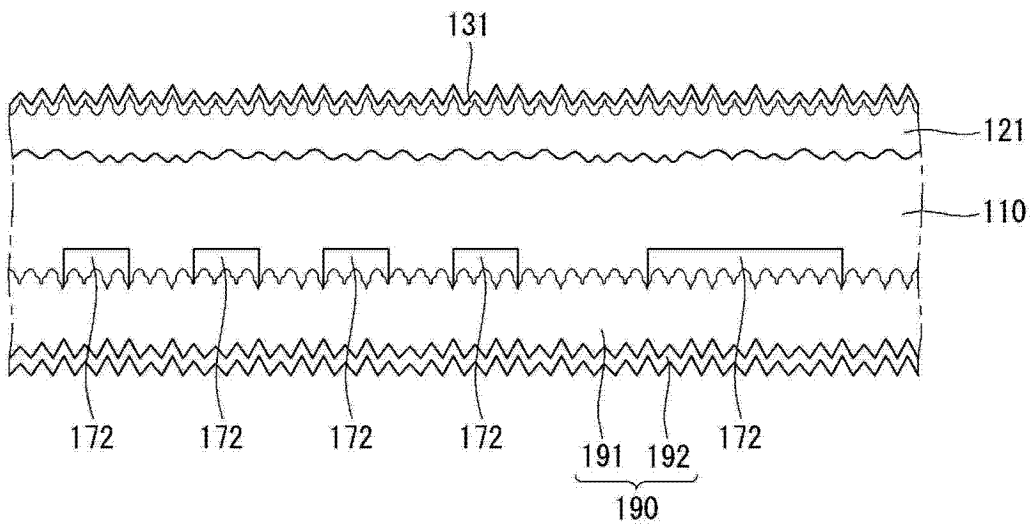


图 4F

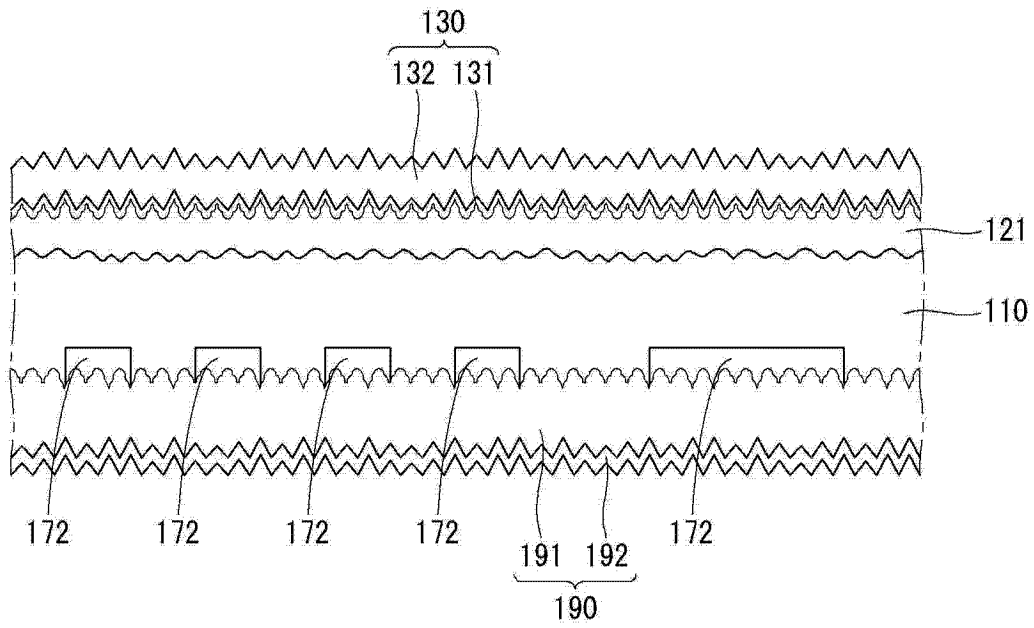


图 4G

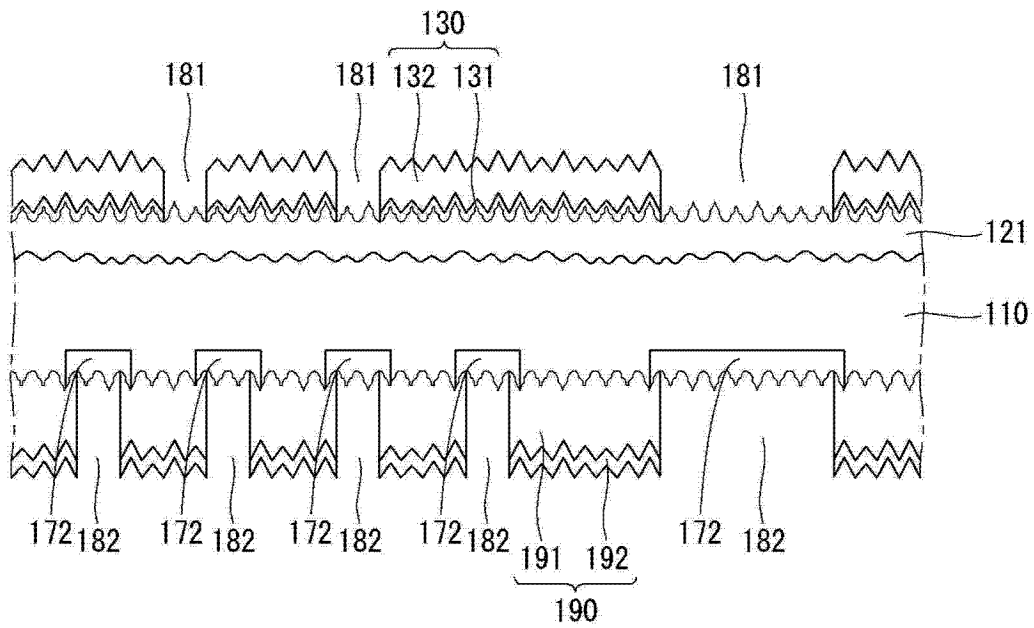


图 4H

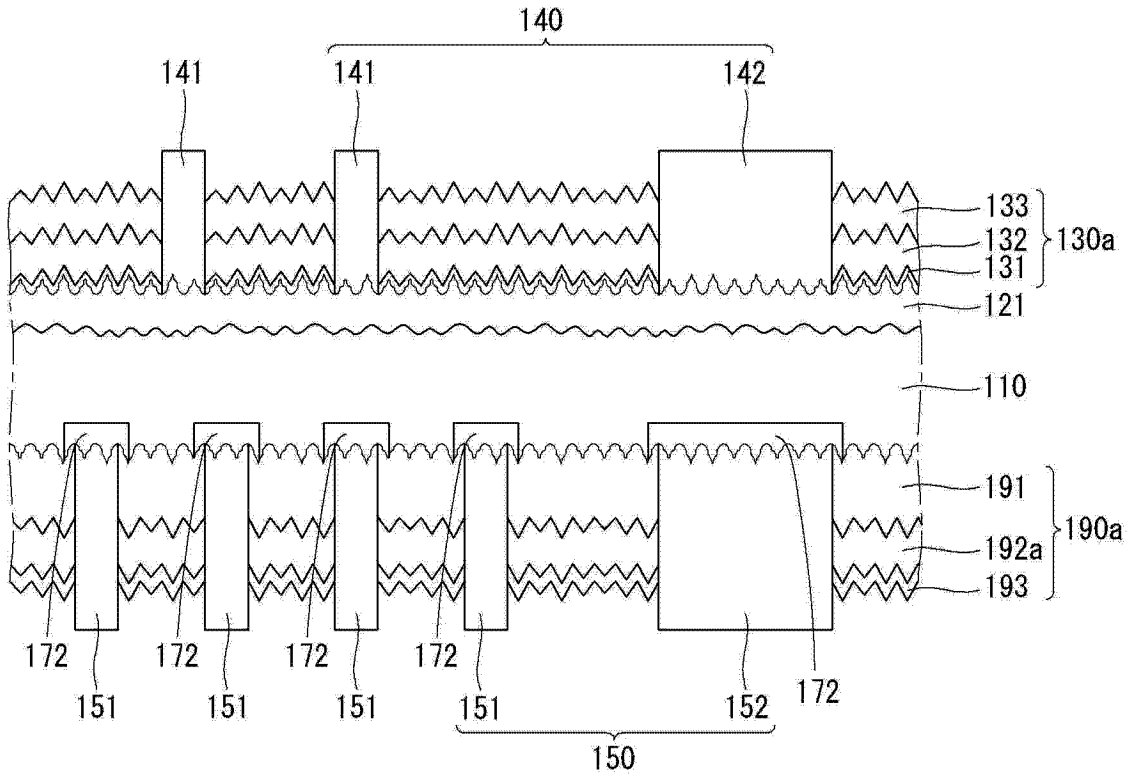


图 5

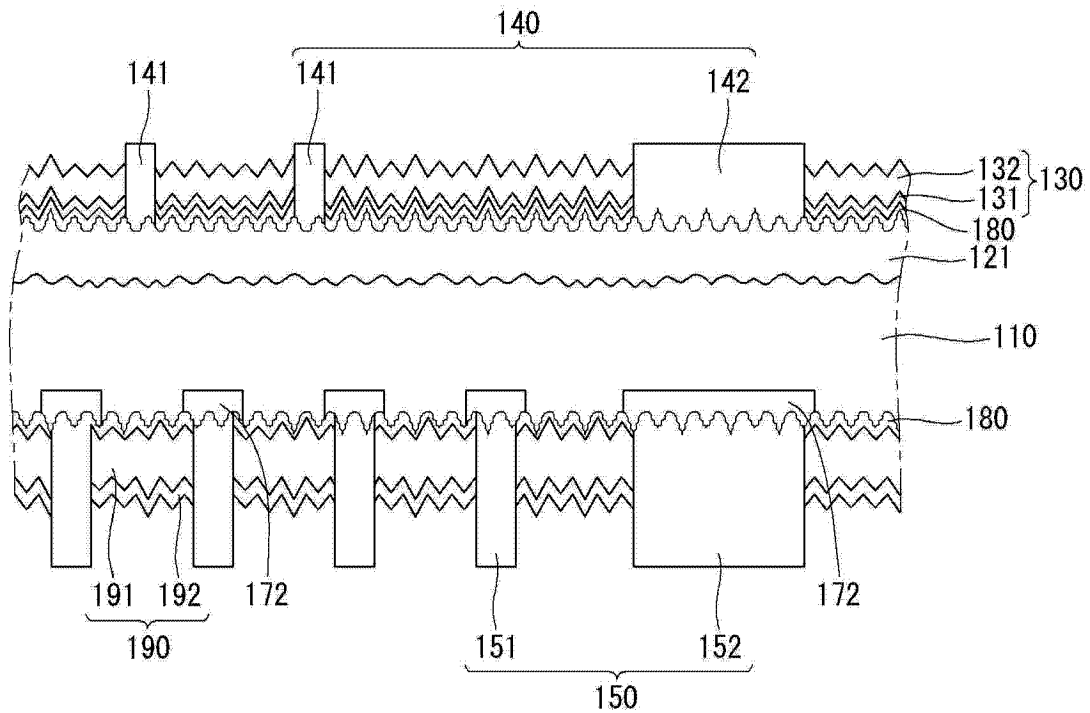


图 6

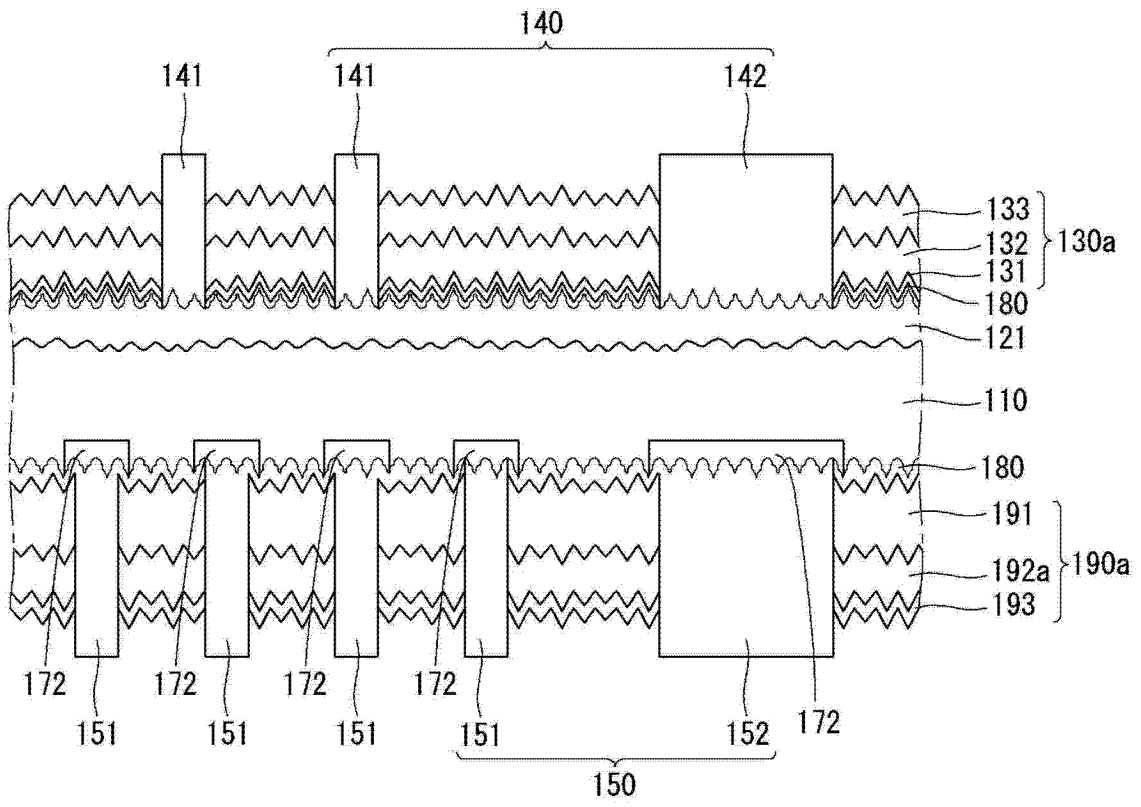


图 7