



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106887483 A

(43)申请公布日 2017.06.23

(21)申请号 201510931989.2

(22)申请日 2015.12.15

(71)申请人 盐城金合盛光电科技有限公司

地址 224799 江苏省盐城市建湖县开发区
北京路

(72)发明人 张金隆 杨茹媛 陈坤贤 许硕夫

(74)专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司 11228

代理人 毛广杰

(51) Int. Cl.

H01L 31/072(2012.01)

H01L 31/0747(2012.01)

H01L 31/028(2006.01)

H01L 31/0224(2006.01)

H01L 31/18(2006.01)

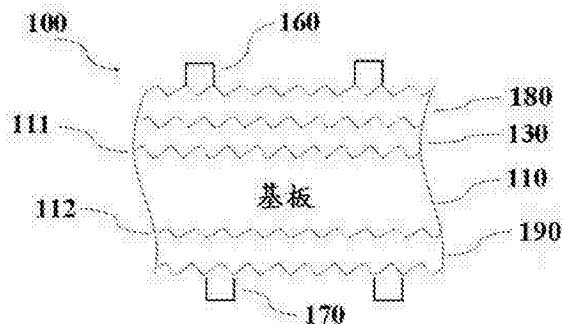
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54)发明名称

硅基异质界面太阳能电池及其制备方法

(57)摘要

本发明公开一种硅基异质界面太阳能电池及其制备方法。所述硅基异质界面太阳能电池，包括：一硅基PN界面结构、一第一透明导电膜、一第二透明导电膜、一第一电极以及一第二电极。本发明借由直流电弧放电在低温下高速沉积透明导电膜，该硅基异质界面太阳能电池具有改善其电流特性及提升光电转换效率的特性。



1. 一种硅基异质界面太阳能电池,其特征在于,包括:

一硅基PN界面结构,具有两个相对表面,其中该硅基PN界面结构由一P型半导体层与一N型半导体层所组成,且该P型半导体层的能隙不同于该N型半导体层的能隙;

一第一透明导电膜,设置位于该硅基PN界面结构的一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

一第二透明导电膜,设置位于该硅基PN界面结构且相对于第一电极的另一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

一第一电极,设置于该第一透明导电膜之上,用于取出该硅基PN界面结构的电流;以及

一第二电极,设置于该第二透明导电膜之上,用于取出该硅基PN界面结构的电流。

2. 根据权利要求1所述的硅基异质界面太阳能电池,其特征在于,其中该第一透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间,且该第二透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间。

3. 根据权利要求1所述的硅基异质界面太阳能电池,其特征在于,其中该第一透明导电膜与该第二透明导电膜选自掺杂铝的氧化锌、掺杂镓的氧化锌、掺杂硼的氧化锌、掺杂锌的氧化镧、掺杂硼的氧化镧、掺杂氢的氧化镧或其中任意两种以上的组合。

4. 根据权利要求1所述的硅基异质界面太阳能电池,其特征在于,其中该第一透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至30纳米之间,且该第二透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至30纳米之间。

5. 根据权利要求1所述的硅基异质界面太阳能电池,其特征在于,其中该第一透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间,且该第二透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间。

6. 一种硅基异质界面太阳能电池的制备方法,其特征在于,包括下列步骤:

形成一硅基PN界面结构,具有两个相对表面,其中该硅基PN界面结构由一P型半导体层与一N型半导体层所组成,且该P型半导体层的能隙不同于该N型半导体层的能隙;

沉积一第一透明导电膜于该PN界面结构的一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

沉积一第二透明导电膜于该PN界面结构且相对于该第一电极的另一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;以及

形成一第一电极于该第一透明导电膜之上与形成一第二电极于该第二透明导电膜之上,用于取出该硅基PN界面结构的电流。

7. 根据权利要求6所述的硅基异质界面太阳能电池的制备方法,其特征在于,其中该第一透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间,且该第二透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间。

8. 根据权利要求6所述的硅基异质界面太阳能电池的制备方法,其特征在于,其中该第一透明导电膜选自掺杂铝的氧化锌、掺杂镓的氧化锌、掺杂硼的氧化锌、掺杂锌的氧化镧、掺杂硼的氧化镧、掺杂氢的氧化镧或其中任意两种以上的组合。

9. 根据权利要求6所述的硅基异质界面太阳能电池的制备方法,其特征在于,其中该第一透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至50纳米之间,且该第二透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至50纳米之间。

10. 根据权利要求6所述的硅基异质界面太阳能电池的制备方法,其特征在于,其中该

第一透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间,且该第二透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间。

硅基异质界面太阳能电池及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明关于一种硅基异质界面太阳能电池及其制备方法,特别有关于一种具有直流电弧放电沉积透明导电膜的硅基异质界面太阳能电池及其制备方法。

背景技术

[0002] 目前由于国际能源短缺,而世界各国一直持续研发各种可行的替代能源,而其中又以太阳能发电的太阳电池最受到瞩目。目前,以硅晶做成的太阳能电池的转换效率,因其仅能吸收1.1 电子伏特以上的太阳光能的限制、反射光造成的损失、材料对太阳光的吸收能力不足、载子在尚未被导出之前就被材料中的缺陷捕捉而失效,或是载子受到材料表面的悬浮键结捕捉产生复合等诸多因素,皆使其效率下降。因此,现在市售硅晶太阳能电池的转换效率仅约15%,即表示硅晶太阳能电池的高效率化其实还有相当大的空间。其中,太阳能电池高效率化的基本原理就是结合不同能隙的发电层材质,把它们做成叠层结构。

[0003] 参照美国公告专利第5,213,628号,标题为:光伏组件(Photovoltaic device),其主要揭示一种结合不同能隙的太阳能电池,借由加入非晶硅本质半导体,增加太阳能电池的载子寿命,减少电子电洞复合机率,提高光电流转换效率。

[0004] 参照美国公告专利第6,878,921号,标题为:光伏组件与其制作方法(Photovoltaic device and manufacturing method thereof)。如图1所示,其主要揭示一种硅基异质界面太阳能电池,使用铟锡氧化物(In₂O₃:SnO₂,ITO)透明导电膜作为电流分散层,以提升其电流特性及提升光电转换效率的特性。

[0005] 参照美国公告专利第7,164,150号,标题为:光伏组件及其制作方法(Photovoltaic device and manufacturing method thereof),其主要揭示一种太阳能电池的结构与制备方式。该电池配置一透明导电膜于背电极及光电转换层之间,以使入射光反射回光电转换层中进行再作用,借以改善电流特性并增加电池整体的光电转换效率。

[0006] 参照美国公告专利第7,601,558号,标题为:具有渐进氧含量的氧化锌透明电极(Transparent zinc oxide electrode having a graded oxygen content),其主要揭示一种太阳能电池的制备方式。其利用溅镀法沉积氧化锌透明导电膜,借由提高透明导电膜的厚度来提高面的纹理化,借以提升入射光的折射率,进而增加电池整体的光电转换效率。

[0007] 参照美国公告专利第8,513,044号,标题为:薄膜光伏转换元的制作方法(Method for the manufacturing of thin film photovoltaic converter device),其主要揭示一种太阳能电池的结构与制备方式。其利用溅镀法沉积氧化锌透明导电膜,再利用氢氟酸稀释溶液或离子蚀刻法使透明导电膜形成纹理结构,借此增加入射光的行径长度,增加光吸收量,进而改善组件电池整体的光电转换效率。

[0008] 对于太阳电池所应用的透明导电膜而言,锡铟氧化物(ITO)一直是主流材料,然而铟矿稀少并且昂贵,并且,在氢电浆中抵抗力弱,因此未来势必要研发取代材料。然而,上述专利揭示的溅镀法所沉积的透明导电膜过于平坦,无法达到所需的粗糙度,形成纹理结构,因此必须额外再进行薄膜的蚀刻制备,导致增加太阳能电池的制造成本。

[0009] 氧化锌为一具有潜力的材料,其具有资源丰富且成本低廉的优点,未经掺杂的氧化锌即具备一定水平的导电性与光穿透率,并且对氢电浆的耐抗性强,而掺杂铝的氧化锌更具有不亚于ITO的导电性与光穿透率。综上所述,有必要提出一种硅基异质界面太阳能电池以改善上述问题。

发明内容

[0010] 本发明的主要目的在于提出一种硅基异质界面太阳能电池,借由直流电弧放电沉积制备出的表面具有粗糙纹理结构的透明导电膜,借此改善电池整体的光电转换效率。

[0011] 本发明的另一目的在于提出一种硅基异质界面太阳能电池的制备方法,借由以直流电弧放电的高镀率下制备出具有粗糙纹理结构的透明导电膜,借此改善电池整体的光电转换效率。

[0012] 为达到本发明的主要目的,本发明提供一种硅基异质界面太阳能电池,包括:

一硅基PN界面结构,具有两个相对表面,其中该硅基PN界面结构由一P型半导体层与一N型半导体层所组成,且该P型半导体层的能隙不同于该N型半导体层的能隙;

一第一透明导电膜,设置位于该硅基PN界面结构的一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

一第二透明导电膜,设置位于该硅基PN界面结构且相对于第一电极的另一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

一第一电极,设置于该第一透明导电膜之上,用于取出该硅基PN界面结构的电流;以及

一第二电极,设置于该第二透明导电膜之上,用于取出该硅基PN界面结构的电流。

[0013] 其中该第一透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间,且该第二透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间。

[0014] 其中该第一透明导电膜与该第二透明导电膜选自掺杂铝的氧化锌、掺杂镓的氧化锌、掺杂硼的氧化锌、掺杂锌的氧化镓、掺杂硼的氧化镓、掺杂氢的氧化镓或其中任意两种以上的组合。

[0015] 其中该第一透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至30纳米之间,且该第二透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至30纳米之间。

[0016] 其中该第一透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间,且该第二透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间。

[0017] 为达到本发明的另一目的,本发明还提供一种硅基异质界面太阳能电池的制备方法,包括下列步骤:

形成一硅基PN界面结构,具有两个相对表面,其中该硅基PN界面结构由一P型半导体层与一N型半导体层所组成,且该P型半导体层的能隙不同于该N型半导体层的能隙;

沉积一第一透明导电膜于该PN界面结构的一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

沉积一第二透明导电膜于该PN界面结构且相对于该第一电极的另一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;以及

形成一第一电极于该第一透明导电膜之上与形成一第二电极于该第二透明导电膜之上,用于取出该硅基PN界面结构的电流。

[0018] 其中该第一透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间,且该第二透明导电膜的折射率介于1.90至1.94之间。

[0019] 其中该第一透明导电膜选自掺杂铝的氧化锌、掺杂镓的氧化锌、掺杂硼的氧化锌、掺杂锌的氧化铟、掺杂硼的氧化铟、掺杂氢的氧化铟或其中任意两种以上的组合。

[0020] 其中该第一透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至30纳米之间,且该第二透明导电膜的晶粒尺寸介于20纳米至30纳米之间。

[0021] 其中该第一透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间,且该第二透明导电膜的表面粗糙度介于3纳米至20纳米之间。

[0022] 本发明具有的优点在于:

本发明借由直流电弧放电制备透明导电膜,其具有在制备温度低于200 °C达到较高的成膜速度,且表面具有良好的粗糙纹理结构,不需要再经过蚀刻程序即可为太阳能电池所使用。

[0023] 本发明的技术特征在于使用直流电弧放电沉积该第一透明导电膜与该第二透明导电膜。借此达成加速硅基异质界面太阳能电池的量产。因此,本发明的优点还包括:

提高透明导电膜的成膜速度,表面具有良好的粗糙纹理结构;

增加光的吸收,并同时最到抗反射层的功能,提升输出电流密度,进而提高光电转换效率;

提供商业化量产速度,降低量产制备成本。

附图说明

[0024] 图1显示为硅基异质界面太阳能电池的现有技术剖面示意图;

图2显示为本发明异质界面太阳能电池的第一实施例剖面示意图;

图3显示为本发明异质界面太阳能电池的第二实施例剖面示意图;

图4显示为本发明异质界面太阳能电池的第三实施例剖面示意图;

图5显示为本发明异质界面太阳能电池的第四实施例剖面示意图。

[0025] 图中:

100 硅基异质界面太阳能电池;

110 基板;

111 第一糙化表面;

112 第二糙化表面;

120 第一本质非晶硅层;

130 P型半导体层;

140 第二本质非晶硅层;

150 N型半导体层;

160 第一电极;

170 第二电极;

180 第一透明导电膜;

181 无掺杂的透明导电膜;

182 有掺杂的透明导电膜;

- 190 第二透明导电膜；
- 191 无掺杂的透明导电膜；
- 192 有掺杂的透明导电膜。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明,以使本领域的技术人员可以更好的理解本发明并能予以实施,但所举实施例不作为对本发明的限定。

[0027] 现请参照图2,其显示为根据本发明的第一实施例中,所揭示的一种硅基异质界面太阳能电池 100结构,其包含:一基板 110;一半导体层 130;一第一透明导电膜180;一第一电极 160;一第二透明导电膜190;以及一第二电极 170。

[0028] 该基板 110选自P型半导性基板、N型半导性基板、P型硅基板以及N型硅基板之一。较佳地,该基板 110选自N型半导性硅基单晶基板,但并不限,该基板 110选自N型半导性 III-V单晶基板。

[0029] 此外,本发明的基板 110还具有第一糙化表面111以及一第二糙化表面112。在一较佳实施例中,第一糙化表面111以及第二糙化表面112的表面粗糙度介于10纳米至80纳米。

[0030] 该半导体层 130的导电性相对于该基板 110的导电性。举例来说,若该基板 110选自N型半导性基板,则该半导体层 130的导电性则为P型半导体层。

[0031] 在一实施例中,该半导体层 130的导电性则为P型半导体层,配置于具有N型半导性的该基板 110上。于本发明实施例中,该半导体层 130掺杂浓度在 10^{18} 至 10^{20} 原子/立方公分之间。该半导体层 130其氧含量介于 5×10^{18} 至 1×10^{17} 原子/立方公分之间。其中,在原本质材料中加入杂质(Impurities)用以产生多余的电洞,以电洞构成多数载子的半导体,则称之为P型半导体层。例:就硅或锗半导体而言,在其本质半导体中,掺入3价原子的杂质时,即形成多余的电洞,且该电洞为电流的运作方式。

[0032] 其中,该半导体层 130的制备可选用电浆增强型化学式气相沉积制备(Plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD)、热丝化学气相沉积法(Hot-wire chemical vapor deposition, HW-CVD)或特高频电浆增强型化学式气相沉积(Very high frequency-plasma enhance chemical vapor deposition, VHF-PECVD)制备作为主要制备方式,并通入硅化合物(Silicide)气体如硅烷(silane, SH_4)并混和氢气(Hydrogen, H)、氩气(Argon, Ar)等气体作为制备气体。

[0033] 该半导体层 130的掺杂方式于本发明中采用可选用气体掺杂、热扩散法(Thermal diffusion)、固相结晶化(Solid phase crystalline, SPC)或准分子雷射退火(Excimer laser anneal, ELA)等制备作为主要的制备方式。此外,该半导体层 130选自非晶硅、非晶硅锗、非晶碳化硅以及纳米晶硅之一。

[0034] 在一实施例中,该半导体层 130的导电性则为P型非晶硅半导体层,配置于具有N型半导性单晶硅的该基板 110上,以形成一PN界面结构。该第一电极180,设置位于该PN界面结构的一表面;以及该第二电极190,设置位于该PN界面结构且相对于该第一电极的另一表面。

[0035] 该第一透明导电膜180,设置位于该PN界面结构的一表面,且该第二透明导电膜

190, 设置位于该PN接面结构且相对于该第一电极的另一表面。参见图2的实施例, 该第一透明导电膜180, 设置位于该该半导体层 130的表面, 且该第二透明导电膜190, 设置位于该具有N型半导性单晶硅的该基板 110的表面。

[0036] 第一透明导电膜180与第二透明导电膜190的制作材料可选用氧化铟、氧化锡、氧化锌、含杂质的氧化铟、含杂质的氧化锡以及含杂质的氧化锌。例如, 但不限于, 掺杂铝的氧化锌(ZnO:Al)、掺杂镓的氧化锌(ZnO:Ga)、掺杂硼的氧化锌(ZnO:B)、掺杂锌的氧化铟($\text{In}_2\text{O}_3:\text{Zn}$)、掺杂硼的氧化铟($\text{In}_2\text{O}_3:\text{B}$)、掺杂氢的氧化铟($\text{In}_2\text{O}_3:\text{H}$)或其组成。

[0037] 需注意的是, 本发明的技术特征在于使用直流电弧放电沉积该第一透明导电膜180与该第二透明导电膜190, 其镀率大于 1.5 nm/s (纳米/秒), 较佳的镀率度介于 1.6 nm/s 至 5 nm/s 之间; 且制备温度低于 $200 \text{ }^\circ\text{C}$, 较佳的制备温度介于 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 至 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间。

[0038] 该第一透明导电膜180的折射率介于 1.90 至 1.94 之间, 厚度介于 50nm 至 90nm 之间, 可以得到比较好的抗反射作用。该第二透明导电膜190的折射率介于 1.90 至 1.94 之间, 厚度介于 50nm (纳米)至 90nm (纳米)之间, 可以得到比较好的抗反射作用。

[0039] 该第一透明导电膜180与该第二透明导电膜190的晶粒尺寸介于 20 纳米至 50 纳米之间, 亦可以得到比较好的抗反射作用。

[0040] 第一透明导电膜180与第二透明导电膜190的制备方式可选自于蒸镀法、溅镀法、电镀法、湿式化学法、化学气相沉积法、印刷法与电弧放电沉积法中的任何一种制备, 其中较佳为直流电弧放电沉积法。

[0041] 直流电弧放电沉积法其工作原理为热阳极或热阴极所产生的直流电弧放电, 此区电极的电流密度可高达 $106\text{A}/\text{cm}^2$, 可借此产生具有超高解离率的直流电弧放电来熔融靶材, 因此其沉积速度较一般常用的溅镀法快, 可达每分钟数百纳米。此外, 当靶材受到具有高解离率的阳极电弧直流放电轰击时, 会导致较大颗粒的原子沉积于基板, 使其具有不平整的薄膜表面。因此, 该第一透明导电膜180使用镀率大于 1.5 nm/s (纳米/秒)的直流电弧放电沉积所形成, 其表面粗糙度介于 3 纳米至 20 纳米之间, 且晶粒尺寸介于 20 纳米至 30 纳米之间; 且该第二透明导电膜190使用镀率大于 2 nm/s (纳米/秒)的直流电弧放电沉积所形成, 表面粗糙度介于 3 纳米至 20 纳米之间, 且晶粒尺寸介于 20 纳米至 30 纳米之间。在本发明中, 第一透明导电膜180与第二透明导电膜190具有粗糙化表面, 可以增加入射光的利用率, 用以改善光电流特性。

[0042] 第一电极 160配置于第一透明导电膜180上, 第二电极 170配置于第二透明导电膜190上, 用以取出电能与提升光电转换的效率。其中, 第一电极 160以及第二电极 170的材料可选用镍、金、银、钛、铜、钯、及铝。在一较佳实施例中, 第一电极 160以及第二电极 170的材料选用银。于本实施例中, 其厚度介于 100 纳米至 900 纳米之间。

[0043] 该第一电极 160与该第二电极 170的电极线宽介于 100 微米至 2000 微米之间。图中, 虽然仅显示两条第一电极 160, 与两条该第二电极170, 但实施时, 并不限于两条, 较佳地, 该第一电极 160与该第二电极 170具有至少两条以上的电极线, 电极线的数量介于 2 条至 20 条之间。该第一电极 160与该第二电极 170的电极线宽越小时, 电极线的数量越多; 反之, 当该第一电极 160与该第二电极 170的电极线宽越大时, 电极线的数量越少。借此, 未被该第一电极 160与该第二电极 170遮蔽的光可穿透的开放面积至少具有 95% 以上。

[0044] 该第一电极 160与该第二电极 170的材料为可选用纯金属与金属化合物。金属可

包含金、银、铜、镍、铝及其合金,制备方式可选自于蒸镀法、溅镀法、电镀法、电弧电浆沉积法、湿式化学法以及印刷法中的任何一种制备。第一电极 160以及第二电极 170的厚度介于100纳米至900纳米之间,电阻值介于 $0.1\ \Omega$ 至 $5\ \Omega$ 之间。较佳地,第一电极 160以及第二电极 170的材料为银。

[0045] 目前透明导电膜要沉积于硅基板存在一定的难度,主要有以下几个原因:(1)硅与透明导电膜具有不同的晶体结构,且晶格常数相差较多。(2)二者的热膨胀系数相差较大。在硅基板上成长透明导电膜时,大的晶格失配和热失配会使得薄膜内容易生成失配错位和缺陷。因此在硅基板与掺杂的透明导电膜中间需要加入一层未经掺杂的透明导电膜作为缓冲层,可解决晶格失配和热失配问题。

[0046] 现请参照图3,其显示为根据本发明的第二实施例中,所揭示的一种硅基异质界面太阳能电池 100结构,其包含:一基板 110;一半导体层 130;一第一透明导电膜180;一第一电极 160;一第二透明导电膜190;以及一第二电极 170。

[0047] 该第二实施例大致相似于第一实施例,相似之处不再赘述。该第二实施例与第一实施例的主要差异在于:第一透明导电膜180分别由二层不同材质所组成,包含一无掺杂的透明导电膜181与一有掺杂的透明导电膜182。第二透明导电膜190分别由二层材质所组成,包含一无掺杂的透明导电膜191与一有掺杂的透明导电膜192。

[0048] 需注意的是,无掺杂的透明导电膜181是设置于该有掺杂的透明导电膜182与该半导体层 130之间;无掺杂的透明导电膜191是设置于该有掺杂的透明导电膜192与该基板 110之间。

[0049] 需注意的是,该第一透明导电膜180的折射率介于1.90至1.94之间,厚度介于50nm至90nm之间,可以得到比较好的抗反射作用。该第二透明导电膜190的折射率介于1.90至1.94之间,厚度介于50nm至90nm之间,可以得到比较好的抗反射作用。其中,无掺杂的透明导电膜181与无掺杂的透明导电膜191的厚度介于10至30纳米之间。

[0050] 有掺杂的透明导电膜的制作材料可选用含杂质的氧化铟、含杂质的氧化锡以及含杂质的氧化锌。例如,但不限于,掺杂铝的氧化锌(ZnO:Al)、掺杂镓的氧化锌(ZnO:Ga)、掺杂硼的氧化锌(ZnO:B)、掺杂锌的氧化铟($\text{In}_2\text{O}_3:\text{Zn}$)、掺杂硼的氧化铟($\text{In}_2\text{O}_3:\text{B}$)、掺杂氢的氧化铟($\text{In}_2\text{O}_3:\text{H}$)或其组成。无掺杂的透明导电膜的制作材料可选用氧化铟、氧化锡、氧化锌。

[0051] 现请参照图4,其显示为根据本发明的第三实施例中,所揭示的一种异质界面太阳能电池100,其包含:一基板 110;一第一本质非晶硅层120;一第一半导体层 130;一第一透明导电膜180;一第二本质非晶硅层140;一第二半导体层150;以及一第二透明导电膜190;以及一第二电极 170。

[0052] 该第三实施例大致相似于第一实施例,其主要差异在于,该异质界面太阳能电池 100还包括:一第一本质非晶硅层120;一第二本质非晶硅层140以及一第二半导体层150。亦即是,在该基板 110与该第一半导体层 130之间,还包括一第一本质非晶硅层120。该基板 110与该第二透明导电膜190之间,还依序包括一第二本质非晶硅层140;一第二半导体层 150。亦即是,该基板 110与该第二半导体层150之间,包括该第二本质非晶硅层140。

[0053] 该第二实施例的该基板 110、该第一透明导电膜180与该第二透明导电膜190相同于该第一实施例的该基板 110、该第一透明导电膜180与该第二透明导电膜190,且该第二实施例的该第一半导体层 130相同于该第一实施例的该半导体层 130。亦即特征相同于上

揭第一实施例所述,因此在此不再赘述。

[0054] 第一本质非晶硅层120配置于该基板 110的第一糙化表面111上,设置于该基板 110与该第一半导体层 130之间,其氢含量介于3%至10%之间。第二本质非晶硅层140配置于该基板 110的第二糙化表面112上,是相对于在该基板 110上相对该第一本质非晶硅层120的另一面,特别是设置于该基板 110与该第二半导体层 150之间,其氢含量介于3%至10%之间。

[0055] 其中,第一本质非晶硅层120与第二本质非晶硅层140的制作材料可选用非晶硅、非晶硅锗、纳米晶硅、微晶硅、微晶硅锗、多晶硅与多晶硅锗之一。此外,第一本质非晶硅层 120与第二本质非晶硅层140可用以形成量子局限效应,借以改进电特性,以增加可吸收的入射光能谱范围。

[0056] 第一本质非晶硅层120与第二本质非晶硅层140可选用电浆增强型化学式气相沉积制备(Plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD)、热丝化学气相沉积法(Hot-wire chemical vapor deposition, HW-CVD)或特高频电浆增强型化学式气相沉积(Very high frequency-plasma enhance chemical vapor deposition, VHF-PECVD)制备作为主要制备方式,并通入硅化合物(Silicide)气体如硅烷(silane, SH_4)并混和氢气(Hydrogen, H)、氩气(Argon, Ar)等气体作为制备气体。于本发明的较佳实施例中,第一本质非晶硅层120与第二本质非晶硅层140的厚度介于5纳米至20纳米之间,且氢含量均介于3%至7%之间。需注意,氢含量的不同将影响光电转换特性。此外,第一本质非晶硅层120与第二本质非晶硅层140亦可用以填补P型半导体层 130与基板 110接面处或N型半导体层 150与基板 110接面处发生的缺陷,以增加转换效率。

[0057] 在该第二实施例中,该第一半导体层 130的导电性则为P型非晶硅半导体层,配置于具有N型半导性单晶硅的该基板 110上,以形成一PN接面结构。

[0058] 因此,该第二半导体层 150为N型半导体层,配置于该第二本质非晶硅层140上。该第二半导体层 150的掺杂浓度在 10^{18} 至 10^{20} 原子/立方公分之间,且其氧含量介于 5×10^{18} 至 1×10^{17} 原子/立方公分之间。其中,该第二半导体层 150指在本质材料中加入的杂质可产生多余的电子,以电子构成多数载子的半导体。例如,就硅和锗半导体而言,若在其本质半导体中掺入5价原子的杂质时,即形成多余的电子。其中,电子流以电子为主来运作。

[0059] 该第二半导体层 150的掺杂方式可选用于气体掺杂热、准分子雷射退火、固相结晶化、扩散法或离子布植法作为主要制备方式。在一实施例中,该第二半导体层 150选自非晶硅、非晶硅锗、非晶碳化硅以及纳米晶硅之一。

[0060] 请参照图5,其显示为根据本发明的第四实施例中。该第四实施例大致相似于第三实施例,相似之处不再赘述。该第三实施例与第二实施例的主要差异在于:第一透明导电膜 180分别由二层不同材质所组成,包含一无掺杂的透明导电膜181与一有掺杂的透明导电膜 182。第二透明导电膜190分别由二层材质所组成,包含一无掺杂的透明导电膜191与一有掺杂的透明导电膜192。

[0061] 需注意的,无掺杂的透明导电膜181是设置于该有掺杂的透明导电膜182与该第一半导体层 130之间;无掺杂的透明导电膜191是设置于该有掺杂的透明导电膜192与该第二半导体层 150之间。

[0062] 需注意的,该第一透明导电膜180的折射率介于1.90至1.94之间,厚度介于50nm

至90nm之间,可以得到比较好的抗反射作用。该第二透明导电膜190的折射率介于1.90至1.94之间,厚度介于50nm至90nm之间,可以得到比较好的抗反射作用。其中,无掺杂的透明导电膜181与无掺杂的透明导电膜191的厚度介于10至30纳米之间。

[0063] 有掺杂的透明导电膜的制作材料可选用含杂质的氧化铟、含杂质的氧化锡以及含杂质的氧化锌。例如,但不限于,掺杂铝的氧化锌(ZnO:Al)、掺杂镓的氧化锌(ZnO:Ga)、掺杂硼的氧化锌(ZnO:B)、掺杂锌的氧化铟(In₂O₃:Zn)、掺杂硼的氧化铟(In₂O₃:B)、掺杂氢的氧化铟(In₂O₃:H)或其组成。无掺杂的透明导电膜的制作材料可选用氧化铟、氧化锡、氧化锌。

[0064] 需注意,第一透明导电膜180与第二透明导电膜190的配置亦可用以填补第一半导体层130、第二半导体层150与第一电极160、第二电极170接面处发生的缺陷,并借由第一透明导电膜180与第二透明导电膜190的透光性与优良光电特性。

[0065] 本发明的基板 110所具有的粗糙化表面用以增加入射光的散射率,借由增加入射光的散射率,可增加光补限(light-trapping)的效率,改进电特性。第一透明导电膜180与第二透明导电膜190亦具有粗糙化表面,其功能与基板 110所具有的粗糙化表面功能相同。

[0066] 需注意,当基板为N型硅基板时,则照光面为P型半导体层,且N型半导体层与第二本质非晶硅层则可形成背向表面电场(Back Surface Field,BSF)的效果。反之,当基板为P型硅基板时,则照光面为N型半导体层,且P型半导体层与第一本质非晶硅层则可形成背向表面电场的效果。

[0067] 为说明本发明的硅基异质接面太阳能电池 100的制备,所揭示的硅基异质接面太阳能电池 100的制备流程包含以下步骤:

步骤210为:形成一硅基PN接面结构,具有两个相对表面,其中该硅基PN接面结构由一P型半导体层与一N型半导体层所组成,且该P型半导体层的能隙不同于该N型半导体层的能隙;

步骤220为:沉积一第一透明导电膜于该PN接面结构的一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;

步骤230为:沉积一第二透明导电膜于该PN接面结构且相对于该第一电极的另一表面,其使用镀率大于1.5 nm/s的直流电弧放电沉积所形成;以及

步骤240为:形成一第一电极于该第一透明导电膜之上且形成一第二电极于该第二透明导电膜之上,用于取出该硅基PN接面结构的电流。

[0068] 于步骤210中,因基板 110表面容易残留微粒子、有机物、金属残留物、化合物等污染,所以必须先将基板 110经过清洗以得干净的表面。此外,蚀刻基板 110的目的在于使其形成一第一粗糙化表面111以及一第二粗糙化表面112,用以增加入射光的散射率,借由增加入射光的散射率,可增加光补限(light-trapping)的效率,改进电特性。其中,用以形成基板 110粗糙化表面的蚀刻液为碱性溶液,其主要由NaOH(0.1~8wt%)+异丙醇(IPA)(<1wt%)或KOH(3~6%)+异丙醇(IPA)(<1wt%)配制而成,该蚀刻液藉由对基板 110的(111)面与(100)面蚀刻速率不同所制作而成。需注意,蚀刻液亦可借由酸性溶液HF与HNO₃配制而成,其中HNO₃除以HF的比例介于10至30之间。

[0069] 该硅基PN接面结构由一P型半导体层与一N型半导体层所组成。

[0070] 举例来说,在第一实施例中,该半导体层 130的导电性则为P型非晶硅半导体层,

配置于具有N型半导性单晶硅的该基板 110上,以形成一PN界面结构。

[0071] 举例来说,在该第二实施例中,第一本质非晶硅层120配置于第一糙化表面111上,设置于该基板 110与该第一半导体层 130之间,其氢含量介于3%至10%之间。该基板 110与该第一半导体层 130形成PN界面结构。第二本质非晶硅层140配置于第二糙化表面112上,设置于该基板 110与该第二半导体层 150之间,其氢含量介于3%至10%之间。

[0072] 第一本质非晶硅层120、第二本质非晶硅层140、P型半导体层与N型半导体层的制备由电浆增强型化学式气相沉积制备(Plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD)、热丝化学气相沉积法(Hot-wire chemical vapor deposition, HW-CVD)与特高频电浆增强型化学式气相沉积(Very high frequency-plasma enhance chemical vapor deposition, VHF-PECVD)之一。

[0073] 在上述化学式气相沉积系统中,至少通入氢气以及硅烷气体,使第一本质非晶硅层120与第二本质非晶硅层140分别沉积于第一糙化表面111上以及第二糙化表面112上,且借由通入的氢气流量与硅烷气体流量的比例在1倍至100倍之间,使第一本质非晶硅层120与第二本质非晶硅层140其氢含量介于3%至10%之间。

[0074] P型半导体层的制备是氧含量介于 5×10^{18} 至 1×10^{17} 原子/立方公分之间,其选用电浆增强型化学式气相沉积制备、热丝化学气相沉积法或特高频电浆增强型化学式气相沉积制备作为主要制备方式,并借由通入硅化合物(Silicide)气体如硅烷(silane, SH₄)并混和氢气(Hydrogen, H)、氩气(Argon, Ar)等气体作为制备气体。如:搭配以硅烷气体与氢气混合;硅烷气体、氢气与氩气混合;硅烷气体、锆烷气体与氢气混合;硅烷气体、锆烷气体、氢气与氩气混合所组成族群中的任何一种制备完成。借由改变硅烷及氢气混和比例及通入的气体,可使P型半导体层 130为非晶硅、非晶硅锆、非晶碳化硅以及纳米晶硅之一。于本发明实施例中, P型半导体层的掺杂浓度在 10^{18} 至 10^{20} 原子/立方公分之间。

[0075] N型半导体层的制备是氧含量介于 5×10^{18} 至 1×10^{17} 原子/立方公分之间,其选用电浆增强型化学式气相沉积制备、热丝化学气相沉积法或特高频电浆增强型化学式气相沉积制备作为主要制备方式,并借由通入硅化合物(Silicide)气体如硅烷(silane, SH₄)并混和氢气(Hydrogen, H)、氩气(Argon, Ar)等气体作为制备气体。如:搭配以硅烷气体与氢气混合;硅烷气体、氢气与氩气混合;硅烷气体、锆烷气体与氢气混合;硅烷气体、锆烷气体、氢气与氩气混合所组成族群中的任何一种制备完成。借由改变硅烷及氢气混和比例及通入的气体,可使N型半导体层 150为非晶硅、非晶硅锆、非晶碳化硅以及纳米晶硅之一。于本发明实施例中, N型半导体层的掺杂浓度在 10^{18} 至 10^{20} 原子/立方公分之间。

[0076] 步骤220与步骤230中,第一透明导电膜180与第二透明导电膜190分别配置于该第一半导体层130与该第二半导体层 150上。其中,第一透明导电膜180与第二透明导电膜190的制备方式选自于蒸镀法、溅镀法、电镀法、湿式化学法、化学气相沉积法、印刷法与直流电弧放电沉积法所组成族群中的任何一种制备。

[0077] 然而为了得到一较佳的表面粗糙度,第一透明导电膜180与第二透明导电膜190以直流电弧放电沉积法形成,而后不需要再进行蚀刻步骤即可得具粗糙纹理结构的透明导电单元。

[0078] 需注意,本发明的技术特征在于使用直流电弧放电沉积该第一透明导电膜180与该第二透明导电膜190,其镀率大于1.5 nm/s,较佳的镀率度介于1.6 nm/s至5 nm/s 之间;

且制备温度低于200 °C,较佳的制备温度介于50°C至150°C之间。透明导电膜使用低温制备具有特别的功能,亦即是不会对先前制备的薄膜产生加热退火的效果。

[0079] 需注意的是,该第一透明导电膜180的折射率介于1.90至1.94之间,厚度介于50nm至90nm之间,可以得到比较好的抗反射作用。该第二透明导电膜190的折射率介于1.90至1.94之间,厚度介于50nm至90nm之间,可以得到比较好的抗反射作用。

[0080] 较佳地,第一透明导电膜180分别由二层不同材质所组成,包含一无掺杂的透明导电膜181与一有掺杂的透明导电膜182。第二透明导电膜190分别由二层材质所组成,包含一无掺杂的透明导电膜191与一有掺杂的透明导电膜192。其中,无掺杂的透明导电膜181与无掺杂的透明导电膜191的厚度介于10至30纳米之间。其中,无掺杂的透明导电膜181与无掺杂的透明导电膜191厚度介于10至30纳米之间。

[0081] 步骤240,第一电极 160以及第二电极 170采用蒸镀法、溅镀法、化学气相沉积法、电镀法、湿式化学法、印刷法与阴极阳极电弧直流放电沉积法所组成族群中的任何一种制备,且第一电极 160以及第二电极 170的材料可选用镍、金、银、钛、铜、钯、及铝。第一电极 160以及第二电极 170的厚度介于100纳米至900纳米之间,电阻值介于0.1 Ω 至5 Ω 之间。较佳地,第一电极 160以及第二电极 170的材料为银。需注意的是,不同的第一电极 160以及第二电极 170制备方式亦会影响其所具的光电特性的质量。

[0082] 本发明的实施例中,采用直流电弧放电沉积法以制备氧化锌做为第一透明导电膜180与第二透明导电膜190,且配合不同的第一本质非晶硅层 120、P型半导体层 130、第二本质非晶硅层140以及N型半导体层 150的制备方式亦会影响硅基异质界面太阳能电池100的光电特性的质量。透明导电膜使用低温制备具有特别的功能,亦即是不会对先前制备的薄膜产生加热退火的效果。

[0083] 为了达到低温下能有高的镀率,直流电弧放电沉积法主要是控制其他的制备参数,包含:气体流量、气体压力比与直流电弧放电电流。在一较佳实施例中,第一透明导电膜180与第二透明导电膜190所采用的阳极直流电弧放电沉积的制备参数。其气体流量比(氩气:氧气)介于1:4至1:12之间,且一较佳的气体流量比介于1:6至1:10之间;其中,氧气流量速度介于5 sccm至 30 sccm之间。其锌靶材的直流电弧放电电流介于20A至150A之间,且一较佳的锌靶材的阳极电弧直流放电电流介于50A至100A之间;其腔体压力介于 10^{-3} 托耳(torr)至 10^{-4} 托耳(torr)之间。

[0084] 本发明的一较佳实施例中至少有一制备气体经过纯化步骤,以减少该制备气体中氧气含量。制备气体中氧气含量过多将会在沉积的薄膜结构中产生过多氧空缺,造成太阳能电池中的载子移动率降低,进而使发电效率降低。借由进行纯化气体的步骤,该较佳实施例中成长的薄膜的氧气浓度低于 5×10^{18} 原子/立方公分。需注意的是,本发明所揭示的结构与方法,不仅适用于单一单元电池,更可实施于模块化的太阳能电池制备。

[0085] 相较于传统硅基异质界面硅太阳能电池,本发明提出的硅基异质界面太阳能电池100具有的优点如下所示:

采用低成本的透明导电膜,可降低生产成本。

[0086] 透明导电膜不需额外加入蚀刻程序,可缩短制备时间。

[0087] 可有效增加紫外光的利用,以提升效率。

[0088] 以上所述实施例仅是为充分说明本发明而所举的较佳的实施例,本发明的保护范

围不限于此。本技术领域的技术人员在本发明基础上所作的等同替代或变换,均在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围以权利要求书为准。

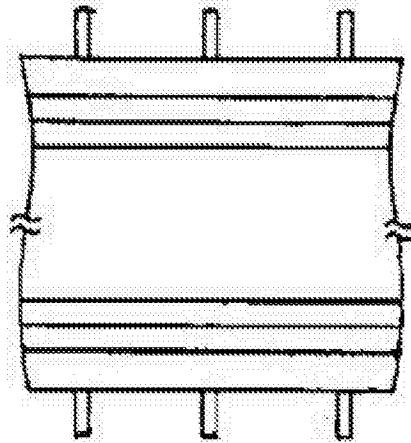


图 1

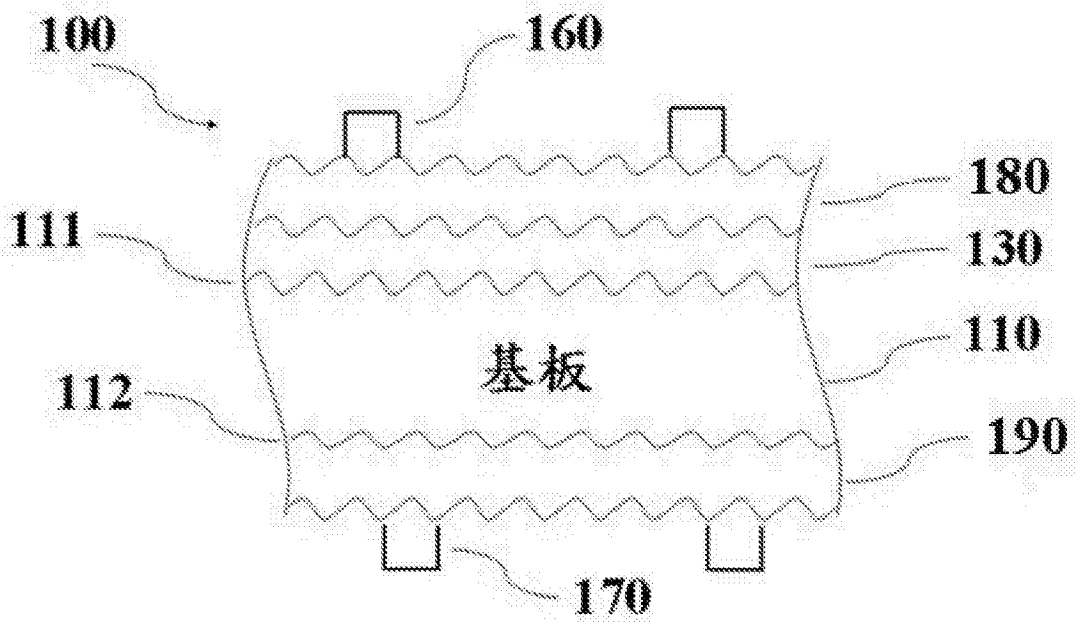


图 2

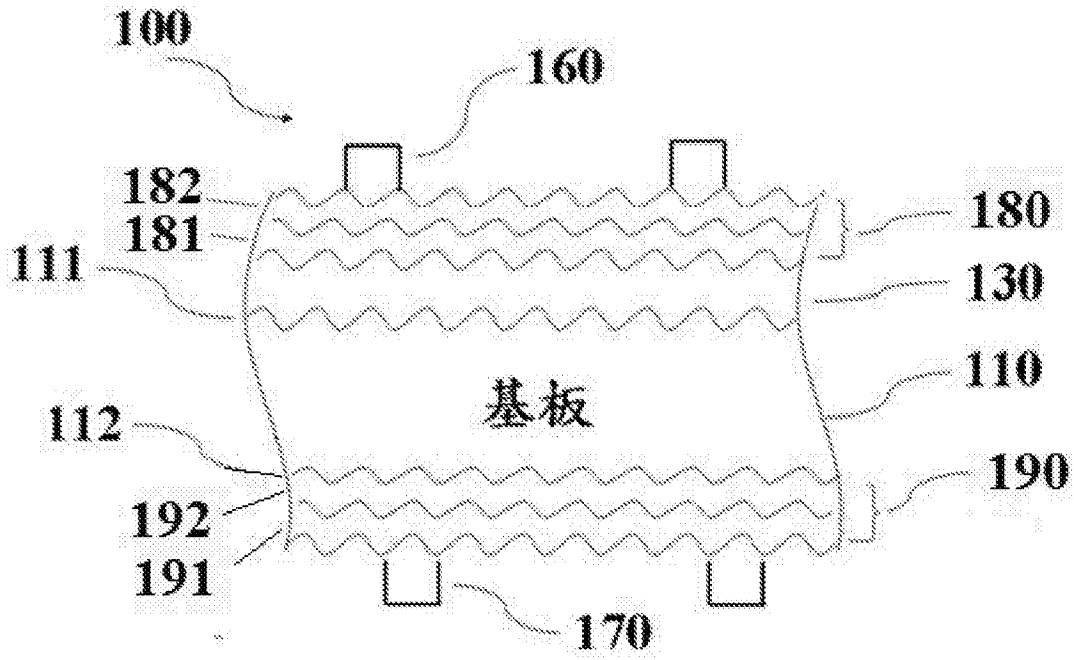


图 3

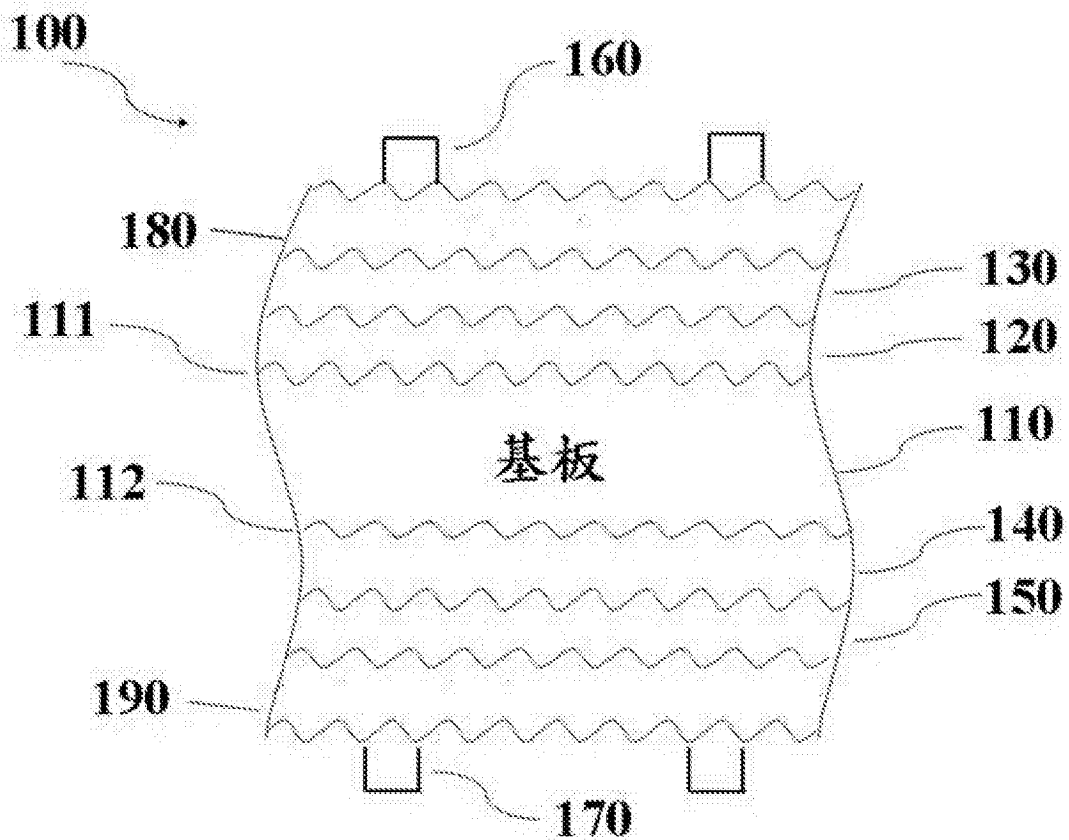


图 4

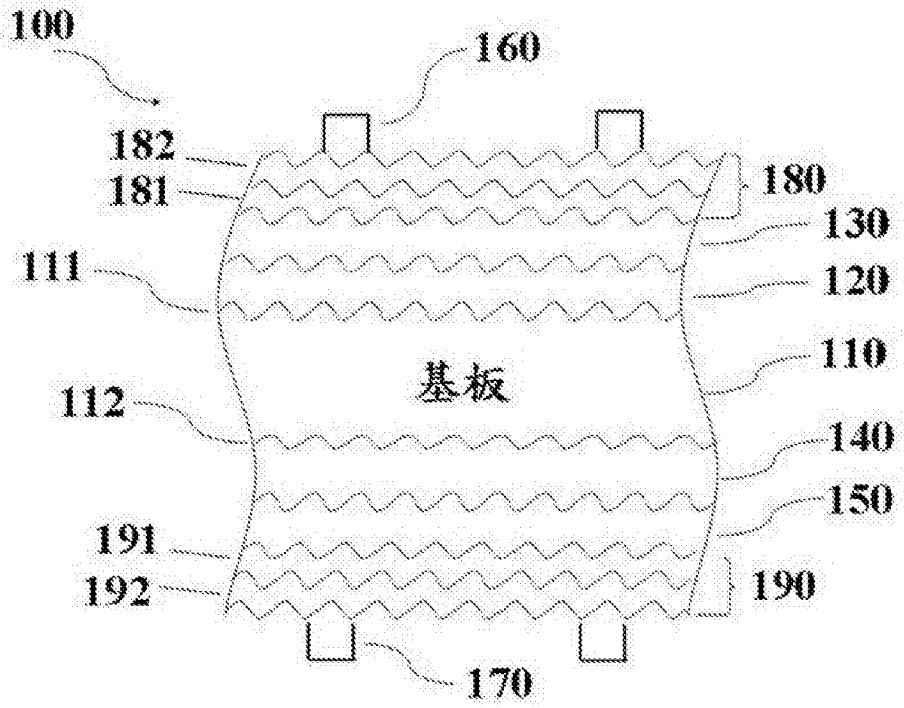


图 5