



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108630765 B

(45) 授权公告日 2022. 01. 25

(21) 申请号 201710794498.7
 (22) 申请日 2017.09.06
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 108630765 A
 (43) 申请公布日 2018.10.09
 (30) 优先权数据
 2017-053463 2017.03.17 JP
 (73) 专利权人 株式会社东芝
 地址 日本东京都
 (72) 发明人 芝崎聪一郎 盐川美雪 中川直之
 山本和重 保西祐弥 新井本武士
 (74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
 72002
 代理人 陈建全

(51) Int.Cl.
 H01L 31/0224 (2006.01)
 H01L 31/072 (2012.01)
 (56) 对比文件
 US 8629346 B2, 2014.01.14
 US 8629346 B2, 2014.01.14
 US 2016071655 A1, 2016.03.10
 KR 20140080468 A, 2014.06.30
 CN 105684163 A, 2016.06.15
 EP 1724838 A1, 2006.11.22

审查员 黄毅敏

权利要求书1页 说明书14页 附图5页

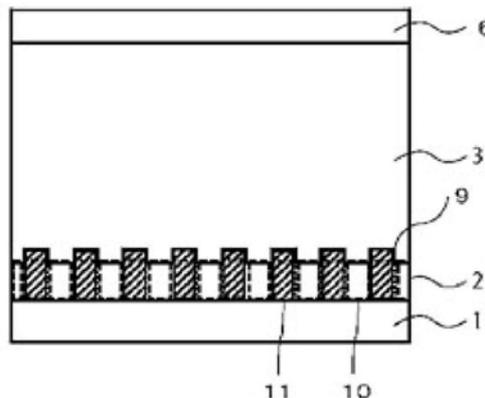
(54) 发明名称

太阳能电池、多结型太阳能电池、太阳能电池模块以及太阳能发电系统

(57) 摘要

提供一种改善了转换效率的太阳能电池、多结型太阳能电池、太阳能电池模块及太阳能发电系统。实施方式的太阳能电池具备具有透光性的基板、具有多个金属部且具有透光性的第1电极、设置于所述第1电极上且吸收光的光吸收层和设置于所述光吸收层上且具有透光性的第2电极6。

100



1. 一种太阳能电池,其具备:
具有透光性的基板;
具有包含半导体膜的透明电极和多个金属部且具有透光性的第1电极;
设置于所述第1电极上且吸收光的光吸收层;和
设置于所述光吸收层上且具有透光性的第2电极,
所述多个金属部分别与所述基板直接接触,
所述多个金属部分别与所述光吸收层直接接触,
所述金属部以点状分开,
所述金属部贯通所述第1电极,
所述第1电极包含透光部分和非透光部分,
所述非透光部分为所述多个金属部,
在所述透光部分中,在所述第1电极与所述光吸收层之间存在第1绝缘膜,
所述第1绝缘膜存在于所述透光部分中所述第1电极与所述光吸收层之间的整面上。
2. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部存在于从所述基板侧表面至所述第1电极的光吸收层侧表面上。
3. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部存在于从所述基板侧表面至所述光吸收层内部。
4. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其中,所述基板包含碱金属。
5. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其中,在所述第1电极的光吸收层侧表面,透光部分的面积相对于所述透光部分及所述非透光部分的合计面积的比例为50%~99.95%。
6. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部包含金属单质、合金、导电性氧化物和导电性氮化物中的任1种以上。
7. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部包含Mo、Pt、Ir和Pd中的任1种以上。
8. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其中,所述第1电极配置于所述基板与所述光吸收层之间。
9. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其中,在所述第1电极的光吸收层侧表面,透光部分的面积相对于所述透光部分及所述非透光部分的合计面积的比例为80%~99.95%。
10. 根据权利要求1所述的太阳能电池,其中,在所述第1电极的光吸收层侧表面,透光部分的面积相对于所述透光部分及所述非透光部分的合计面积的比例为81%~99.95%。
11. 根据权利要求1或2所述的太阳能电池,其中,
金属部的点直径为2nm~20 μ m,
金属部的点直径的最小值及最大值为金属部的点直径的平均值的0.8倍~1.2倍,
金属部的间隔的最小值及最大值为金属部的间隔的平均值的0.8倍~1.2倍。
12. 一种多结型太阳能电池,其使用了权利要求1~11中任一项所述的太阳能电池。
13. 一种太阳能电池模块,其使用了权利要求1~11中任一项所述的太阳能电池或者权利要求12所述的多结型太阳能电池。
14. 一种太阳能发电系统,其使用了权利要求13所述的太阳能电池模块。

太阳能电池、多结型太阳能电池、太阳能电池模块以及太阳能发电系统

[0001] 关联申请的引用

[0002] 本申请基于日本专利申请2017-053463(申请日:2017年3月17日),从该申请享有优先权。本申请通过参照该申请而包含该申请的全部内容。

技术领域

[0003] 本发明的实施方式涉及太阳能电池、多结型太阳能电池、太阳能电池模块及太阳能发电系统。

背景技术

[0004] 作为太阳能电池有多结型(串联)。由于可以使用针对每一波长带效率良好的电池,所以与单结相比可期待高的转换效率。已知使用了以铜(Cu)、铟(In)、镓(Ga)、硒(Se)这4种元素作为原料而生成的化合物半导体的黄铜矿太阳能电池与其他的太阳能电池相比转换效率良好,通过进行宽禁带化而可成为顶部单元候补。然而,作为顶部单元使用的情况下,为了使禁带宽度以下的光透射,需要使用透明电极。若在透明电极上直接形成光吸收层,则由于界面发生氧化而无法形成良好的接触,因此成为降低转换效率的主要原因。

发明内容

[0005] 实施方式提供一种改善了转换效率的太阳能电池、多结型太阳能电池、太阳能电池模块及太阳能发电系统。

[0006] 实施方式的太阳能电池具备:具有透光性的基板、具有多个金属部且具有透光性的第1电极、设置于上述第1电极上且吸收光的光吸收层和设置于上述光吸收层上且具有透光性的第2电极。

[0007] 根据上述构成,提供改善了转换效率的太阳能电池。

附图说明

[0008] 图1是实施方式所涉及的太阳能电池的断面概念图。

[0009] 图2是实施方式所涉及的象图(image diagram)。

[0010] 图3是实施方式所涉及的断面图。

[0011] 图4是本实施方式的制造方法的流程图。

[0012] 图5是实施方式所涉及的太阳能电池的断面概念图。

[0013] 图6A和6B是实施方式所涉及的光学显微镜图像。

[0014] 图7是实施方式所涉及的多结太阳能电池的断面概念图。

[0015] 图8是实施方式所涉及的太阳能电池模块的概念图。

[0016] 图9是实施方式所涉及的太阳能发电系统的概念图。

[0017] 符号的说明

- [0018] 100、101、102 太阳能电池、
- [0019] 1 基板、
- [0020] 2 第1电极、
- [0021] 3 光吸收层、
- [0022] 4 区域、
- [0023] 6 第2电极、
- [0024] 7 第1绝缘膜、
- [0025] 8 第2绝缘膜、
- [0026] 9 金属部、
- [0027] 10 透光部分、
- [0028] 11 非透光部分、
- [0029] 200 多结型太阳能电池、
- [0030] 201 顶部单元的太阳能电池、
- [0031] 202 底部单元的太阳能电池、
- [0032] 300 太阳能电池模块、
- [0033] 301 太阳能电池单元、
- [0034] 400 太阳能电池系统、
- [0035] 401 太阳能电池模块、
- [0036] 402 转换器、
- [0037] 403 蓄电池、
- [0038] 404 负载

具体实施方式

[0039] 以下,参照附图对本发明的一个优选的实施方式进行详细说明。

[0040] (第1实施方式)

[0041] 参照图1对第1实施方式进行说明。本实施方式的太阳能电池100具备可透光的包含碱金属的基板1和设置在基板1上的第1电极2。在第1电极2上具有光吸收层3。此外,在光吸收层3上存在第2电极6。通过从第2电极入射的光使得光吸收层3对第2电极6供给电子。第1电极2包含具有使碱金属扩散到光吸收层3的金属部(导电部)9的非透光部分11。此外,非透光部分11与基板1相对置。第1电极2进一步包含与非透光部分11邻接且具有使从光吸收层3入射的光透射的材料的透光部分10。所谓非透光部分是指不具有透光性的部分或实质上没有透光性的部分,所谓透光性是指光能够透射的性质。

[0042] 在此,本说明书内的“相对置”表示彼此相向,可以接触着相对置,也可以中间隔着其他的构成要素而相对置。此外,“上”及“下”表示沿着从基板1到第2电极6的最短面对方向(层叠方向)上的上或下。

[0043] 图1的实施方式中,金属部9形成于从基板1侧表面至第1电极3的光吸收层3侧表面上,其结果是:金属部9与基板1及光吸收层3这两者直接接触。该金属部9只要与基板1直接接触即可,例如也可以如图1中所示的那样形成于从基板1侧表面至光吸收层3内部。金属部9形成至光吸收层3内部的结构例如为下述结构:在光吸收层3的与第1电极2相对置的表面

存在多个槽、且金属部9也存在于多个槽内。此外,在可得到本发明的作用的情况下,金属部9也可以不形成至第1电极2的光吸收层3侧表面、而形成至第1电极2内部。

[0044] (基板)

[0045] 作为实施方式的基板1而言,其是包含碱金属的具有透光性的基板。从光吸收层3入射的光透过基板1。例如优选使用钠钙玻璃,也可以使用石英、白板玻璃、化学强化玻璃等所有玻璃、聚酰亚胺、丙烯酸酯等树脂。

[0046] 若为玻璃基板,则由于包含钠、钾,所以可以期待从基板向光吸收层内部的扩散,但在玻璃中的含量少的情况下或使用石英或其他的基板的情况下,优选事先将包含钠、钾的材料(例如氟化物等)蒸镀或成膜于基板上。

[0047] (第1电极)

[0048] 实施方式的第1电极2为包含具有透光性的透光部分10和形成多个金属部9且不具有透光性的非透光部分11,存在于基板1与光吸收层3之间且开口率有50%以上的区域。所谓开口率是指:在第1电极2的光吸收层侧表面中,透光部分10的面积相对于透光部分10及非透光部分11的合计面积的比例。所谓透光部分10是具有可透射光的透明电极的部分,并不意味着不存在电极。通过透光部分10,使得来自光吸收层3的光能够向基板1方向透射,反过来来自基板1的光能够向光吸收层3方向透射。此外,在非透光部分11中存在金属部9,在该部分中光不透射,但能够使基板1内的碱金属扩散到光吸收层3中。金属部9例如从光所入射的方向看以点状分开设置。

[0049] 透光部分10为具有包含半导体膜的透明电极的部分。作为透明电极,例如可以使用包含氧化铟锡(ITO:Indium-Tin Oxide)的半导体膜。

[0050] 此外,在透光部分10与光吸收层3之间,也可以层叠包含 SnO_2 、 TiO_2 、载流子掺杂的 ZnO:Ga 、 ZnO:Al 等氧化物的层。

[0051] 非透光部分11为具有金属部9的部分,具有下述效果:抑制构成光吸收层3的化合物半导体的氧化、并且使来源于基板1的碱金属扩散到光吸收层3内而改善电流特性。金属部9优选由不与光吸收层3反应的材料或基本不反应的材料或者即使反应也能够确保导电性的材料构成。因而,金属部9优选包含金属、合金和导电性氧化物中的任1种以上。当光吸收层3包含Se、S的情况下,构成金属部9的材料优选可耐受因Se、S而引起的腐蚀的材料。若为金属,则优选贵金属系元素、Mo。因而,金属部9优选包含Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、Ir和Pt等中的任1种以上。作为导电性氧化物,从Se及S耐腐蚀性的观点出发,优选 RuO_2 、 PdO 、 Rh_2O_3 、 PtO_2 、 IrO_2 等。此外,优选能够与光吸收层3欧姆接触的金属,优选功函数大的金属、化合物(氧化物、氮化物)。优选功函数为5.4eV以上的金属、化合物(氧化物)。从这些方面考虑,金属部9更优选包含Mo、Pt、Ir和Pd中的任1种以上。这些金属可以是一种,也可以由二种以上的材料的组合构成。

[0052] 将光吸收层3的朝向第1电极2的面如图2的象图那样以格子状等分割成12个区域(横2、纵6),对各区域的包含中央部的断面例如以40k倍进行SEM(Scanning Electron Microscope:扫描电子显微镜)观察。区域沿长边方向进行6次分割,沿短边方向进行2次分割。当形状为正方形的情况下,对哪边进行6次分割都可以。观察的断面为层叠方向的包含光吸收层3、第1电极2的面。进而,观察的12个断面全部如图2中的假想线X1到X6为止的线上的断面那样为同一方向的断面。通过格子区域中心的各线的角度按照能够观察透光部分10

及非透光部分11的方式任意地选择。对能够在SEM图像中确认到7个金属部9的面进行观察。对观察面中的 $6 \times 10^{-6} \text{mm}^2$ 的区域进行观察,得到图3的象图那样的SEM图像。然后,如图3的象图中所示的那样将各金属部9(图3中,9A、9B、9C、9D、9E、9F、9G)向第1电极2侧进行投影。将各金属部9的投影时的长度设定为 $L_1、L_2 \cdots L_n$ (图3中为 L_1 到 L_7)。将该 L_1 到 L_n 作为各金属部的点直径。将观察面的第1电极2的宽度设定为 L_0 。将 L_1 到 L_n 之和设定为 L_s 。于是,意味着由 $(L_s/L_0)^2$ 求出的开口率满足上述开口率。即,优选 $50\% \leq (L_s/L_0)^2 \leq 99.5\%$ 。更优选 $61\% \leq (L_s/L_0)^2 \leq 99.5\%$ 。进一步优选 $80\% \leq (L_s/L_0)^2 \leq 99.5\%$ 、 $81\% \leq (L_s/L_0)^2 \leq 99.5\%$ 。然后,更优选12个断面的全部均满足上述开口率的状态。将该状态视为整体上满足上述开口率的状态。

[0053] 金属部9的点直径优选为 $2\text{nm} \sim 20\mu\text{m}$ 。这里所谓金属部9的点直径表示在光吸收层3的朝向第1电极2的面上与层叠方向大致正交的第1方向或者与第1方向大致正交的第2方向上的长度。当金属部9为点形状的情况下,表示点的直径。金属部9的点直径更优选为 $6\text{nm} \sim 10\mu\text{m}$ 。若金属部9的点直径过大,则产生透光性的不均,此外,若点直径过小,则光吸收层3变得容易被氧化,因此过大或过小均不优选。

[0054] 金属部9的层叠方向上的长度(厚度)没有特别限定,若与第1电极2的膜厚同等或变厚,则从光吸收层3难以氧化的理由出发而优选。由于仅使第1电极2中具备金属部9时变得容易使碱金属扩散,所以金属部9的层叠方向上的长度(厚度)也可以比第1电极2的膜厚薄。在光吸收层3的移动度不那么高的情况下,在通过使用开孔的空心形状的金属部9能够缩短金属部9彼此的间隔且提高开口率这点上来看是优选的。

[0055] 例如,若使用像Mo那样通过SEM进行观测时晶体变成柱状的材料,则从碱金属通过成膜时的加热在间隙中扩散并变得容易向光吸收层扩散的方面出发是优选的。在电极变厚的情况下,通过调整加热时间、温度能够控制扩散。

[0056] 在SEM观察像中无法确认到7个金属部9的情况下,适当改变倍率,根据情况进行TEM(Transmission Electron Microscope:透射型电子显微镜)观察。

[0057] 此外,优选各金属部9的点直径之差较小。这里,将 $L_1、L_2 \cdots L_n$ 的平均值设定为 L_{AVE} 。将 $L_1、L_2 \cdots L_n$ 中的最大值设定为 L_{MAX} 。将 $L_1、L_2 \cdots L_n$ 中的最小值设定为 L_{MIN} 。此时,当满足 $0.8L_{AVE} \leq L_{MIN} \leq L_{MAX} \leq 1.2L_{AVE}$ 时,意味着金属部9的点直径的最小值及最大值为金属部9的点直径的平均值的0.8倍~1.2倍,因而优选。同样地,当满足 $0.9L_{AVE} \leq L_{MIN} \leq L_{MAX} \leq 1.1L_{AVE}$ 时,意味着金属部9的点直径的最小值及最大值为金属的长度的平均值的0.9倍~1.1倍,因而更优选。此外,优选在12个断面的全部中,各金属部9的点直径之差较小。将该状态视为在整体上满足上述金属部9的点直径之差较小的条件的状态。

[0058] 此外,若金属部9不均衡地存在,则由于在金属部9较多的区域中透光性低,在金属较少的区域中光吸收层3的朝向第1电极2的面容易氧化,所以不优选。因此,优选金属部9间隔的差较小。金属部9间隔的最小值及最大值优选为金属部9间隔的平均值的0.8倍~1.2倍。金属部9间隔的最小值及最大值更优选为金属部9间隔的平均值的0.9倍~1.1倍。对于金属部9间隔的不均,使用图3的象图进行说明。在求出金属部9间隔时使用的SEM图像与求出开口率的SEM图像相同。将各金属部9(图3中为9A、9B、9C、9D、9E、9F、9G)向第1电极2侧进行投影。将投影的部分 $L_1、L_2 \cdots L_n$ (图3中为 L_1 到 L_7)之间的距离设定为 $D_1、D_2 \cdots D_n$ (图3中为 D_1 到 D_6)。将 $D_1、D_2 \cdots D_n$ 的平均值设定为 D_{AVE} 。将 $D_1、D_2 \cdots D_n$ 中的最大值设定为 D_{MAX} 。将 $D_1、$

$D_2 \cdots D_n$ 中的最小值设定为 D_{MIN} 。此时,当满足 $0.8D_{\text{AVE}} \leq D_{\text{MIN}} \leq D_{\text{MAX}} \leq 1.2D_{\text{AVE}}$ 时,意味着金属部9间隔的最小值及最大值为金属部9间隔的平均值的0.9倍~1.2倍。同样地,当满足 $0.9D_{\text{AVE}} \leq D_{\text{MIN}} \leq D_{\text{MAX}} \leq 1.1D_{\text{AVE}}$ 时,意味着金属部9间隔的最小值及最大值为金属部9间隔的平均值的0.9倍~1.1倍。从相同观点出发,金属部9间隔优选为 $0.8\text{nm} \sim 24\mu\text{m}$ 。若像这样金属部9均匀地分散,则透光性中不均较少,太阳能电池100的光学特性提高,此外,在为相同开口率且相同大小的金属部9的情况下,越是均匀地分散,防止光吸收层3的氧化的功能越发提高,因而优选。认为这是由于在金属部9非常少或没有金属部9的区域内容易进行氧化,只要存在少量的金属部9即可阻碍氧化膜的形成,结果是转换效率提高。因此,还优选在12个断面全部均满足上述金属部9的间隔的条件的状态。将该状态视为在整体上满足上述金属部9的间隔的条件的状态。

[0059] 第1电极2的透光部分10和非透光部分11可以通过将金属膜、氧化膜、氮化膜形成后使用掩模按照成为任意的金属部图案的方式进行加工的方法、通过使用具有金属部图案形状的铸模进行压印来形成。

[0060] 第1电极2的膜厚例如为 $100\text{nm} \sim 1000\text{nm}$ 。

[0061] 本实施方式所述的太阳能电池还具有抑制后述的光吸收层3与第1电极2的界面处的氧化区域形成的作用,通过接触部分成为金属部9,能够使电场集中于金属部9部分,抑制界面再结合并提高开路电压。若光吸收层3的氧化被抑制,则开路电压提高,转换效率也提高。若在第1电极2上导入绝缘层,则电极与后述的光吸收层3的接触部分在物理上变少(绝缘区域相当于钝化膜),进而能够抑制界面再结合,保持高的开路电压。进而,图1中,金属部9与基板1由于直接接触,所以金属部9从基板1向光吸收层3内部移动使得碱金属的扩散得到促进。通过碱金属填补光吸收层3的缺陷,能够改善电流特性。高的透光性是作为多结型太阳能电池的顶部单元使用时适合的特性。此外,不仅适合用于多结型太阳能电池,而且作为要求透明性的太阳能电池的用途,实施方式的太阳能电池也适合。

[0062] 作为防止光吸收层3的氧化的功能在极高的开口率下也会产生。具体的开口率优选为 $50\% \sim 99.95\%$ 。若开口率低于 50% ,则透光性下降,因而不优选。开口率低于 99% 时以有效数字2位数(四舍五入)表示,为 99% 以上时以有效数字3位数或4位数(四舍五入)表示。此外,若开口率超过 99.95% ,则基本见不到防止光吸收层3氧化的效果,变得难以有助于转换效率提高。更优选的开口率为 $61\% \sim 99.95\%$ 、 $80\% \sim 99.95\%$ 、 $81\% \sim 99.95\%$ 。据认为:即使是这样高的开口率也具有氧化防止功能是由于通过金属部9分散地存在于光吸收层3与第1电极2之间,从而阻碍氧化膜的形成。在光吸收层3的化合物半导体与电极间产生接触电阻,但在该部分中介由低电阻的金属的传导成为支配性,并且,由于在金属所存在的部分中变得难以形成氧化膜,所以会形成良好的接触。因此,被集电于金属部9,保持高的开口率,并且有效地发挥功能。

[0063] 从光所入射的方向看到的金属部9的形状没有特别限定。作为形状的具体例子,可列举出圆形、椭圆型、多边形等。这些圆形、椭圆型、多边形可以是具有空心(O型等)、开口(C型、括弧形状等),没有特别限定。此外,从光所入射的方向看到的金属部9的形状可以不分地设置成阵列状,也可以设置成栅状。

[0064] 此外,图1的例子中,金属部9贯通第1电极2,与基板1及光吸收层6相接,但只要按照碱金属从基板1向光吸收层3的扩散被促进的方式设置金属部9即可。具体而言,可以是金

属部9与基板1直接接触而与光吸收层3不直接接触的方式或者金属部9与光吸收层3直接接触而与基板1不直接接触的方式。

[0065] (光吸收层)

[0066] 实施方式的光吸收层3为包含n型和p型的化合物半导体层且异质接合而成的层。存在于第1电极2与第2电极6之间,通过从第2电极6上透射的光使得从n型和p型的化合物半导体层界面向第2电极6供给电子。

[0067] 就n型的化合物半导体而言,优选以能够得到高的开路电压的光电转换元件的方式控制了费米能级的化合物半导体。n型的化合物半导体例如可以使用 $Zn_{1-y}M_yO_{1-x}S_x$ 、 $Zn_{1-y-z}M_zM_yO$ 、 $ZnO_{1-x}S_x$ 、 $Zn_{1-z}M_zO$ (M为选自由B、Al、In及Ga组成的组中的至少1个元素)、CdS、控制了载流子浓度的n型的GaP等。n型的化合物半导体的厚度优选为2nm~800nm。n型的化合物半导体例如通过溅射、CBD (Chemical Bath Deposition: 化学溶液析出法) 形成。将n型的化合物半导体通过CBD形成的情况下,例如可以通过在水溶液中使金属盐(例如 $CdSO_4$)、硫化物(硫脲)和络合剂(氨)进行化学反应而形成于光吸收层3上。在光吸收层3中使用CuGaSe₂层、AgGaSe₂层、CuGaAlSe₂层、CuGa (Se, S)₂层等IIIb族元素中不包含In的黄铜矿型化合物的情况下,作为n型的化合物半导体,优选CdS。

[0068] p型的化合物半导体包含含有I族、III族和VI族元素的化合物。I族元素优选至少包含Cu。III族元素优选至少包含Ga。VI族元素优选至少包含Se。可以使用包含I族 (Ib族) 元素、III族 (IIIb) 族元素和VI族 (VIb族) 元素的例如Cu (In, Ga) Se₂、CuInTe₂、CuGaSe₂、Cu (In, Al) Se₂、Cu (Al, Ga) (S, Se)₂、Cu (In, Ga) (S, Se)₂、CuGa (S, Se)₂、Ag (In, Ga) Se₂这样的具有黄铜矿结构的化合物半导体作为p型的化合物半导体。Ib族元素优选包含Cu或者Cu及Ag, IIIb族元素优选为Ga、Al和In中的1种以上的元素, VIb族元素优选为Se、S和Te中的1种以上的元素。其中, Ib族元素更优选包含Cu, IIIb族元素更优选包含Ga、Al或者Ga及Al, VIb族元素更优选包含Se、S或者Se及S。若IIIb族元素中In较少, 则作为多结型太阳能电池的顶部单元, 优选容易将光吸收层3的禁带宽度调整为适宜的值。光吸收层3的膜厚例如为800nm~3000nm。

[0069] 通过元素的组合, 可以容易将禁带宽度的大小调节为作为目标的值。作为目标的禁带宽度的值例如为1.0eV~2.7eV。

[0070] (第2电极)

[0071] 实施方式的第2电极6为将太阳光那样的光透射并且具有导电性的电极膜。第2电极6设置于光吸收层3之上。第2电极6例如在Ar气氛中进行溅射或CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学气相沉积) 法来形成。第2电极6例如可以使用利用了含有2wt%氧化铝 (Al₂O₃) 的ZnO靶材的ZnO:Al或者以来自二硼烷或三乙基硼的B作为掺杂剂的ZnO:B。

[0072] (制造方法)

[0073] 使用图4, 将本实施方式的制造方法示于流程图中。

[0074] 在基板1上形成金属部9膜 (图4 (S1))。使用抗蚀剂掩模, 将金属部9膜加工成规定的图案 (按照点的分布成为所期望的开口率的方式来设定) (图4 (S2))。之后, 将作为第1电极2的材料通过溅射等进行成膜 (图4 (S3))。除去抗蚀剂掩模 (图4 (S4))。之后, 将作为光吸收层3的材料通过溅射等进行成膜 (图4 (S5))。将作为第2电极6的材料通过溅射等进行成膜 (图4 (S5))。

[0075] 制造方法并不仅限于上述方法。例如在基板1上将作为第1电极2的材料通过溅射进行成膜,之后使用抗蚀剂掩模,将第1电极2加工成规定的图案,将作为金属部9的材料进行溅射。最后除去抗蚀剂掩模。这样的制造方法也同样可以进行。

[0076] (第1实施方式的变形例)

[0077] 第1实施方式也可以具备第3电极。

[0078] 实施方式的第3电极(未图示)为太阳能电池100的电极,为形成于第2电极6上的金属膜。若进一步具备第3电极,则能够更高效地进行集电。

[0079] 作为第3电极,可以使用Ni、Al等导电性的金属膜。第3电极的膜厚例如为200nm~2000nm。此外,在第2电极6的电阻值低、能够忽视串联电阻成分的程度等的情况下,也可以将第3电极省略。

[0080] 第1实施方式也可以具备防反射膜。

[0081] 实施方式的防反射膜为用于易于向光吸收层3中导入光的膜,形成于第2电极6上或第3电极上。作为防反射膜,例如优选使用 MgF_2 、 SiO_2 。另外,实施方式中,可以将防反射膜省略。需要根据各层的折射率、膜厚来调整膜厚,但优选蒸镀70~130nm(优选为80~120nm)。

[0082] 第1实施方式也可以具备氧化物层。

[0083] 实施方式的氧化物层为优选设置于光吸收层3与第2电极6之间的薄膜。氧化物层为包含 $Zn_{1-x}Mg_xO$ 、 $ZnO_{1-y}S_y$ 和 $Zn_{1-x}Mg_xO_{1-y}S_y$ ($0 \leq x, y < 1$) 中的任一种化合物的薄膜。氧化物层也可以是不将光吸收层3与第2电极6之间全部覆盖的形态。例如只要将第2电极6侧的光吸收层3的面的50%覆盖即可。作为其它的候补,还可列举出纤锌矿型的AlN、GaN、BeO等。氧化物层的体积电阻率若为 $1 \Omega \text{ cm}$ 以上,则具有能够抑制来源于有可能存在于光吸收层3内的低电阻成分的漏电流这样的优点。另外,实施方式中,可以省略氧化物层。这些氧化物层为氧化物粒子层,优选在氧化物层中具有大量的空隙。中间层并不限于上述的化合物、物性,只要是有助于太阳能电池的转换效率提高等的层即可。中间层也可以是物性不同的多个层。

[0084] (第2实施方式)

[0085] 省略第1实施方式和第2实施方式中共同的说明。

[0086] 如图5中所示的那样,本实施方式的太阳能电池在第1实施方式的透光部分10中在第1电极2与光吸收层3之间具备第1绝缘膜7。

[0087] 通过具备第1绝缘膜7,从而能够抑制第1电极2与光吸收层3间的电传导,曲率因子FF提高,转换效率提高。

[0088] (第1绝缘膜)

[0089] 第1绝缘膜7在透光部分10中存在于第1电极2与光吸收层3之间。第1绝缘膜7为防止光吸收层3氧化的具有透光性的膜。通过金属部9能够一部分防止光吸收层3的氧化。从防止氧化的观点出发,开口率较低为好,但由于光的透射率下降,所以不优选。此外,在将第1绝缘膜7设置于光吸收层3与第1电极2之间的整面上而没有设置金属部9的太阳能电池中,电极与光吸收层的接触变得不良且转换效率不提高。若单纯地导入绝缘膜,则太阳能电池的串联电阻成分(R_s)变大,从而效率减少。

[0090] 作为第1绝缘膜7,可列举出氧化膜和氮化膜中的任一者。作为氧化膜,具体而言,优选 AlO_x 、 SiO_x 、 MgO_x 和 $(Al, Si, Mg)O_x$ 中的任1种以上的膜。此外,作为氮化膜,优选 SiN_x 、

AlN_x 、 GaN_x 和 $(\text{Si}, \text{Al}, \text{Ga})\text{N}_x$ 中的任1种以上的膜。第1绝缘膜7的厚度优选为1nm~80nm。此外,第1绝缘膜7的厚度更优选为5nm~50nm。第1绝缘膜7即使在透光部分10中不将第1电极2与光吸收层3之间的整面覆盖也具有上述效果。从防止氧化及FF提高的观点以及成膜工艺的观点出发,第1绝缘膜7优选存在于透光部分10中第1电极2与光吸收层3之间的整面上。

[0091] 图6中示出了在第1电极2上形成有第1绝缘膜7的部件的光学显微镜图像。图6(A)为包含钼的金属,为空心的圆形(O型),金属部9长度(直径)为 $5\mu\text{m}$,金属部9间隔为 $8\mu\text{m}$,开口率为82%,金属部9高度为50nm。另外,在空心部分中的第1电极2与光吸收层3之间也存在第1绝缘膜7。于是,在图6(A)中,作为第1绝缘膜7,形成有厚度为40nm的 AlO_x 。图6(B)除了使用 SiN_x 作为第1绝缘膜7以外,与图6(A)相同。在任一SEM图像中均形成有均匀的金属部9图案。另外,在图6的光学显微镜图像中所示的部件中,在周边部包含一部分没有形成金属部9的区域。若金属部9形状为空心且如图6那样金属部9以均匀的图案进行配置,则不论有无第1绝缘膜7,在光吸收层3的移动度不那么高的情况下,在通过使用开孔的空心形状的金属部9能够缩短金属部9彼此的间隔并且提高开口率,因此是优选的。

[0092] (制造方法)

[0093] 除了添加在图4的S3与S4之间溅射作为第1绝缘层7的材料的工序以外,与第1实施方式同样地进行制造。

[0094] (第3实施方式)(多结型太阳能电池)

[0095] 第3实施方式为使用了第1实施方式的太阳能电池的多结型太阳能电池。图7中表示第3实施方式的多结型太阳能电池200的断面概略图。图7的多结型太阳能电池200具有顶部单元的太阳能电池201和底部单元的太阳能电池202。第1实施方式的太阳能电池100至第2实施方式的太阳能电池101被用于多结型太阳能电池200的顶部单元201中。透过顶部单元的太阳能电池201的基板1的光接着入射至底部单元的太阳能电池202中。对于底部单元的太阳能电池202,例如也可以使用具有Si的光吸收层的太阳能电池、与顶部单元的太阳能电池201相比具有更窄禁带的光吸收层3的第1实施方式的太阳能电池100至第2实施方式的太阳能电池101。在将第1实施方式的太阳能电池100用于顶部单元的情况下,从吸收波长和转换效率的观点出发,I族元素优选为Cu、III族元素优选为Ga、VI族元素优选为Se。第1实施方式的太阳能电池的光吸收层由于为宽禁带,所以优选用于顶部单元。在将第1实施方式的太阳能电池100用于底部单元的情况下,从吸收波长和转换效率的观点出发,I族元素优选为Cu、III族元素优选为In和Ga、VI族元素优选为Se。

[0096] (第4实施方式)(太阳能电池模块)

[0097] 第1至第3实施方式的太阳能电池可以作为第5实施方式的太阳能电池模块中的发电元件来使用。实施方式的太阳能电池所发的电力被与太阳能电池电连接的负载消耗或者储存于与太阳能电池电连接的蓄电池中。

[0098] 实施方式的太阳能电池模块可列举出将多个太阳能电池的单元固定在以串联、并联、或串联及并联的方式连接而成的部件上的结构或者将单一的单元固定在玻璃等支撑部件上的结构。在太阳能电池模块中也可以设置聚光体,制成将以比太阳能电池单元的面积更多的面积接收到的光转换成电力的构成。在太阳能电池单元中,包含以串联、并联或串联及并联的方式连接的太阳能电池。

[0099] 图8中表示将多个太阳能电池单元301沿横向排列6个单元、沿纵向排列6个单元的

太阳能电池模块300的构成概念图。图8的太阳能电池模块300省略了连接布线,但如上所述,优选将多个太阳能电池单元301以串联、并联、或串联及并联的方式连接。在太阳能电池单元301中,优选使用第1实施方式的太阳能电池100至第3实施方式的多结型太阳能电池200。此外,实施方式的太阳能电池模块300也可以采用将使用了第1实施方式的太阳能电池100至第3实施方式的多结型太阳能电池200的模块与使用了其他的太阳能电池的模块重叠而成的模块结构。此外,还优选采用提高转换效率的结构。在实施方式的太阳能电池模块300中,太阳能电池单元301由于具有宽禁带宽度的光电转换层,所以优选设置于受光面侧。

[0100] (第5实施方式)

[0101] 实施方式的太阳能电池模块300在第5实施方式的太阳能发电系统中,可以作为进行发电的发电机使用。实施方式的太阳能发电系统为使用太阳能电池模块来进行发电的系统,具体而言,具有进行发电的太阳能电池模块、将所发的电进行电力转换的机构和储存所发的电的蓄电机构或消耗所发的电的负载。图9中表示实施方式的太阳能发电系统400的构成概念图。图9的太阳能发电系统具有太阳能电池模块401(300)、转换器402、蓄电池403和负载404。也可以省略蓄电池403和负载404中的任一方。负载404也可以制成还能够利用储存于蓄电池403中的电能的构成。转换器402为DC-DC转换器、DC-AC转换器、AC-AC转换器等包含进行变压、直流交流转换等电力转换的电路或元件的装置。转换器402的构成可根据发电电压、蓄电池403或负载404的构成来采用适合的构成即可。

[0102] 太阳能电池模块300中包含的接收了光的太阳能电池单元301进行发电,其电能被转换器402转换,或被蓄电池403储存或被负载404消耗。在太阳能电池模块401中,优选设置用于使太阳能电池模块401总是朝向太阳的太阳光追踪驱动装置或者设置将太阳光聚光的聚光体或者附加用于使发电效率提高的装置等。

[0103] 太阳能发电系统400优选被用于住宅、商业设施或工厂等不动产或者被用于车辆、飞机、电子设备等动产。通过将实施方式的转换效率优异的光电转换元件用于太阳能电池模块401中,可以期待发电量的增加。

[0104] 以下,基于实施例对本发明更具体地进行说明,但本发明并不限于以下的实施例。

[0105] (实施例1)

[0106] 将顶部单元和底部单元这2个太阳能电池接合而制作多结型太阳能电池,评价多结型太阳能电池的转换效率、顶部单元的 V_{oc} (开路电压)、 J_{sc} (短路电流密度)、FF(输出因子)、光的透射率(700nm至1150nm的平均)、开口率和转换效率、以及底部单元的转换效率。首先,对顶部单元的制作方法进行说明。使用高透射率玻璃、钠钙玻璃作为基板。将ITO(150nm)、 SnO_2 (100nm)通过溅射而成膜作为第1电极。使用光刻法,在第1电极上开孔,导入金属部(导入体的直径:3 μm 、厚度:250nm)。这里开口率为86%。在该例子中,使用Mo作为金属部。之后加热至370 $^{\circ}C$,在其上蒸镀Ga、Se(S)。将基板温度加热至520 $^{\circ}C$,同时蒸镀Cu、Se(S)。见到吸热反应后,继续蒸镀至Cu、Se(S)蒸镀时间的10%,最后蒸镀Ga、Se(S)。达到目标的Cu/Ga组成后,停止Ga蒸镀,在该状态下进行5分钟退火,其后降低基板温度。基板温度下降至380 $^{\circ}C$ 后停止Se(S)的蒸镀。

[0107] 另外,在第1电极上开孔后,也可以使用压印将金属部导入孔中。

[0108] 通过CBD法制作CdS层作为n型化合物半导体。将硫酸镉溶解到氨水溶液中,投入硫脲,300秒后取出并进行水洗。将有机Zn化合物通过旋涂涂布到基板上。在120 $^{\circ}C$ 下加热5分

钟,制作15~30nm的ZnO保护层。

[0109] 通过溅射制作ZnO:Al作为第2电极。基板温度优选为0~150℃。若在较低温下进行成膜,则开路电压容易变大,因而优选。

[0110] 蒸镀Ni/Al作为第3电极。通过先蒸镀Ni,从而即使在与第2电极的界面处引起氧化也能够保持传导性,因此优选。在其上蒸镀Al。膜厚分别优选为60nm、500nm左右。

[0111] 蒸镀100nm厚的MgF₂作为防反射膜。

[0112] 接着,对底部单元的制作方法进行说明。

[0113] 准备0.5μm厚的Si晶片,向光照射侧离子注入n型掺杂剂。为了形成良好的接触,Ag布线的正下面制成n⁺型。从其上形成防反射膜。在背面侧使用SiN_x制作钝化层(区域)。形成不存在SiN_x的部分,通过仅一部分与背面Al电极导通,从而减少结晶界面中的再结合,得到高效率的底部单元。

[0114] 对转换效率的测定方法进行描述。

[0115] 使用模拟AM1.5G的光源的太阳模拟器,在气温25℃下在该光源下使用作为基准的Si电池按照成为1sun的方式调节光量。扫描电压,测定电流密度(将电流除以电池面积而得到的值)。使横轴为电压、使纵轴为电流密度时,与横轴相交的点成为开路电压V_{oc},与纵轴相交的点成为短路电流密度J_{sc}。在测定曲线上,若使电压与电流密度相乘,将变得最大的点分别设定为V_{mpp}、J_{mpp}(电压、电流的最大功率点),则由 $FF = (V_{mpp} \times J_{mpp}) / (V_{oc} \times J_{sc})$ 、效率 $Eff. = V_{oc} * J_{sc} * FF$ 求出。

[0116] 透射率是使用分光光度计并按照使样品面垂直于光源的方式来测定透射光相对于入射光的比例。反射率通过测定相对于入射光由垂直倾斜5度左右的样品的反射光而求出。由透射率/反射率求出禁带宽度。将从在禁带宽度以下透射变大的区域(标准50%以上透射)的波长到底部单元能够吸收的波长范围内作为标准,实施例1中算出波长700nm~1150nm透射光的平均值。

[0117] 将结果汇总于表1中。关于其他的实施例及比较例的结果也同样地汇总于表1中。

[0118] (比较例1)

[0119] 除了制作不具有金属部的开口率为100%的顶部单元的太阳能电池以外,通过与实施例1同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到比较例1的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。

[0120] (实施例2~8)

[0121] 除了改变金属部的点直径来制作顶部单元的太阳能电池以外,通过与实施例1同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例2~8的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。另外,实施例2至8的金属部的点直径为4、5、6、7、8、9、10μm。

[0122] (实施例9~17)

[0123] 除了改变开口率来制作顶部单元的太阳能电池以外,通过与实施例4同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例9~17的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。另外,实施例9~17的开口率为56、62、72、81、86、92、94、99.95%。

[0124] (实施例18~20)

[0125] 实施例18~20中,将金属部形状设定为圆状,将金属部的点直径(直径)设定为6 μ m,与实施例1同样地制作区域。金属部为空心且具有圆形的空洞。实施例18~20的金属中的空心的圆形的直径依次为1 μ m、1.5 μ m、2 μ m。除这些以外,通过与实施例1同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例18~20的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。

[0126] (实施例21~22)

[0127] 实施例21~22中,除了将第1电极正上面用AlO_x以5、15nm的膜厚进行覆盖以外,通过与实施例4同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例21~22的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。

[0128] (实施例23~25)

[0129] 实施例23~25中,除了将第1电极正上面用SiN_x以5、10、20nm的膜厚进行覆盖以外,通过与实施例4同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例21~22的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。

[0130] (实施例26~27)

[0131] 实施例26~27中,除了使金属部9的厚度变化为200nm、300nm来制作顶部单元的太阳能电池以外,通过与实施例4同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例26~27的多结型太阳能电池。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。

[0132] (实施例28~29)

[0133] 实施例28~29中,除了使SiN_x的厚度变化为10、20nm并将金属部9的厚度设定为300nm来制作顶部单元的太阳能电池以外,通过与实施例4同样的方法制作顶部单元的太阳能电池,得到实施例28~29的多结太阳。然后,通过与实施例1同样的方法进行太阳能电池的评价。

[0134] [表1]

	顶部单元						底部单元	多结型太阳能电池
	Voc V	Jsc mA/cm ²	FF	转换效率 %	开口率 %	透射率 %	转换效率 %	转换效率 %
实施例1	1.26	13.7	0.771	13.31	86	75.9	13.67	26.98
比较例1	1.08	13.7	0.680	10.06	100	84.9	15.28	25.34
实施例2	1.26	13.7	0.775	13.38	85	74.3	13.38	26.76
实施例3	1.26	13.8	0.783	13.61	85	74.3	13.38	26.99
实施例4	1.26	13.7	0.784	13.53	85	73.6	13.25	26.78
实施例5	1.26	13.7	0.786	13.57	84	72.0	12.97	26.53
实施例6	1.26	13.6	0.786	13.47	84	72.0	12.97	26.43
实施例7	1.26	13.6	0.788	13.50	86	73.0	13.14	26.65
实施例8	1.26	13.5	0.785	13.35	85	72.2	12.99	26.34
实施例9	1.26	13.9	0.790	13.84	56	48.5	8.73	22.57
实施例10	1.26	13.9	0.790	13.84	62	53.7	9.66	23.50
实施例11	1.26	13.8	0.788	13.70	72	62.4	11.22	24.92
实施例12	1.26	13.8	0.787	13.68	81	70.1	12.63	26.31
实施例13	1.26	13.7	0.785	13.55	86	74.5	13.41	26.96
实施例14	1.26	13.7	0.783	13.52	92	79.7	14.34	27.86
实施例15	1.25	13.7	0.781	13.37	94	81.4	14.65	28.03
实施例16	1.23	13.6	0.776	12.98	97	84.0	15.12	28.10
实施例17	1.15	13.4	0.721	11.11	99.95	86.6	15.58	26.69
实施例18	1.26	13.8	0.787	13.68	83	72.0	12.96	26.64
实施例19	1.26	13.8	0.787	13.68	86	74.3	13.37	27.05
实施例20	1.26	13.8	0.788	13.70	89	77.5	13.94	27.64
实施例21	1.27	13.9	0.795	14.03	86	74.5	13.41	27.44
实施例22	1.28	13.9	0.796	14.16	85	73.6	13.25	27.41
实施例23	1.27	13.9	0.795	14.03	86	74.5	13.41	27.44
实施例24	1.28	13.9	0.797	14.18	85	73.6	13.25	27.43
实施例25	1.28	13.9	0.798	14.20	85	73.6	13.25	27.45
实施例26	1.24	13.6	0.782	13.19	85	73.6	13.25	26.44
实施例27	1.28	13.7	0.784	13.75	85	73.6	13.25	27.00
实施例28	1.29	13.9	0.797	14.29	85	73.6	13.25	27.54
实施例29	1.29	13.9	0.798	14.31	85	73.6	13.25	27.56

[0135]

[0136] 如表1中所示的那样,实施例1~29与比较例1相比,作为顶部单元本身即太阳能电池的转换效率优异。进而,在作为多结型太阳能电池使用的情况下,实施例1~8及12~28的多结型太阳能电池与比较例1的多结型太阳能电池相比转换效率优异。这是由于:因为具备阻碍氧化膜的形成、开路电压提高的效果,所以转换效率提高。另一方面,显示出:与比较例1相比,实施例9~11的多结型太阳能电池的转换效率变低,但即使是底部单元本身中的转换效率低的情况下,通过使用本实施方式的顶部单元(太阳能电池),也能够提高转换效率。

[0137] 说明书中,元素的一部分仅以元素符号表示。

[0138] 对本发明的几个实施方式进行了说明,但这些实施方式是作为例子示出的,其并非旨在限定发明的范围。这些新颖的半导体装置及电力转换装置的实施方式可以以其它各种方式进行实施,在不脱离发明的主旨的范围内,可以进行各种省略、置换、变更。这些实施方式及其变形包含于发明的范围及主旨中,同时包含于权利要求书中记载的发明和其等同的范围内。

[0139] 另外,将上述的实施方式归纳为以下的技术方案。

[0140] 技术方案1

[0141] 一种太阳能电池,其具备:

[0142] 具有透光性的基板;

[0143] 具有多个金属部且具有透光性的第1电极;

[0144] 设置于所述第1电极上且吸收光的光吸收层;和

[0145] 设置于所述光吸收层上且具有透光性的第2电极。

[0146] 技术方案2

[0147] 根据技术方案1所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部存在于从所述基板侧表面至所述第1电极的光吸收层侧表面上。

[0148] 技术方案3

[0149] 根据技术方案1所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部存在于从所述基板侧表面至所述光吸收层内部。

[0150] 技术方案4

[0151] 根据技术方案1至3中任一项所述的太阳能电池,其中,所述第1电极包含透光部分和非透光部分。

[0152] 技术方案5

[0153] 根据技术方案4所述的太阳能电池,其中,所述非透光部分为所述多个金属部。

[0154] 技术方案6

[0155] 根据技术方案1~5中任一项所述的太阳能电池,其中,所述基板包含碱金属。

[0156] 技术方案7

[0157] 根据技术方案4所述的太阳能电池,其中,在所述第1电极的光吸收层侧表面,透光部分的面积相对于所述透光部分及所述非透光部分的合计面积的比例为50%~99.95%。

[0158] 技术方案8

[0159] 根据技术方案1~7中任一项所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部包含金属、合金、导电性氧化物和导电性氮化物中的任1种以上。

[0160] 技术方案9

[0161] 根据技术方案1~8中任一项所述的太阳能电池,其中,所述多个金属部包含Mo、Pt、Ir和Pd中的任1种以上。

[0162] 技术方案10

[0163] 根据技术方案4所述的太阳能电池,其中,在所述透光部分中,在所述第1电极与所述光吸收层之间存在第1绝缘膜。

[0164] 技术方案11

[0165] 根据技术方案1~10中任一项所述的太阳能电池,其中,所述第1电极配置于所述基板与所述光吸收层之间。

[0166] 技术方案12

[0167] 根据技术方案1~11中任一项所述的太阳能电池,其中,

[0168] 所述多个金属部分别与所述基板直接接触,

[0169] 所述多个金属部分别与所述光吸收层直接接触。

[0170] 技术方案13

[0171] 根据技术方案4所述的太阳能电池,其中,在所述第1电极的光吸收层侧表面,透光部分的面积相对于所述透光部分及所述非透光部分的合计面积的比例为80%~99.95%。

[0172] 技术方案14

[0173] 根据技术方案4所述的太阳能电池,其中,在所述第1电极的光吸收层侧表面,透光部分的面积相对于所述透光部分及所述非透光部分的合计面积的比例为81%~99.95%。

[0174] 技术方案15

- [0175] 根据技术方案1~14中任一项所述的太阳能电池,其中,
- [0176] 金属部的点直径为 $2\text{nm}\sim 20\mu\text{m}$,
- [0177] 金属部的点直径的最小值及最大值为金属部的点直径的平均值的0.8倍~1.2倍,
- [0178] 金属部的间隔的最小值及最大值为金属部的间隔的平均值的0.8倍~1.2倍。
- [0179] 技术方案16
- [0180] 一种多结型太阳能电池,其使用了技术方案1~15中任一项所述的太阳能电池。
- [0181] 技术方案17
- [0182] 一种太阳能电池模块,其使用了技术方案1~15中任一项所述的太阳能电池或者技术方案16所述的多结型太阳能电池。
- [0183] 技术方案18
- [0184] 一种太阳能发电系统,其使用了技术方案17所述的太阳能电池模块。

100

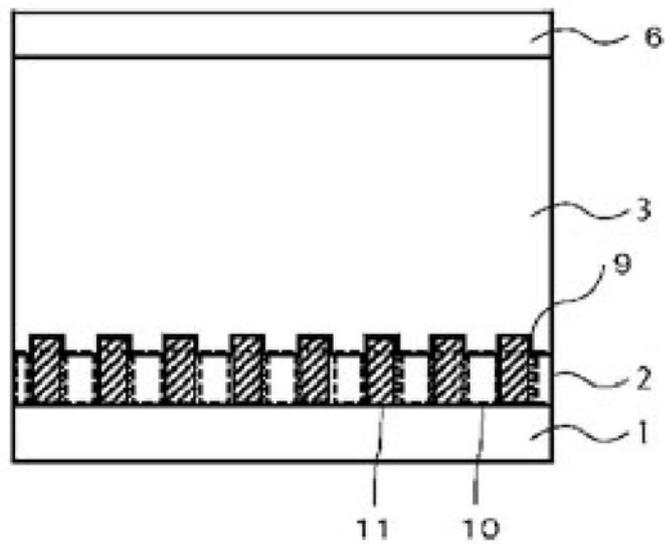


图1

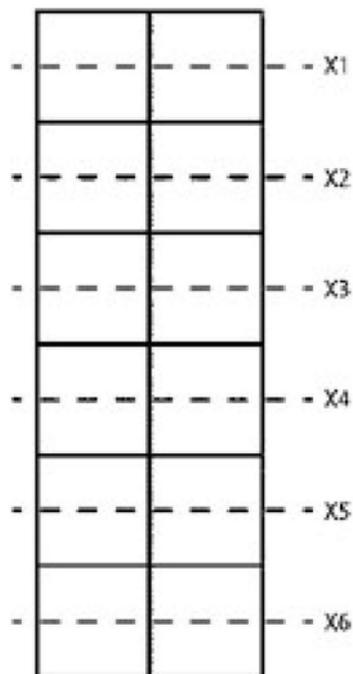


图2

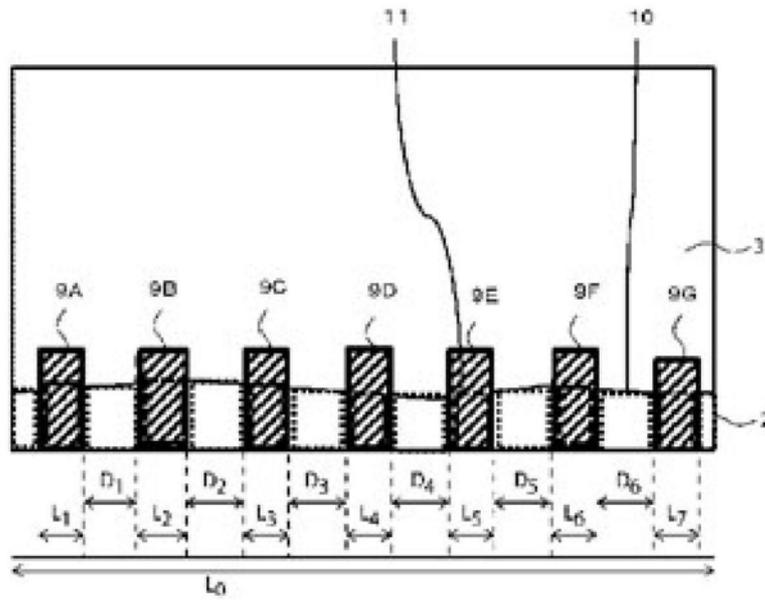


图3

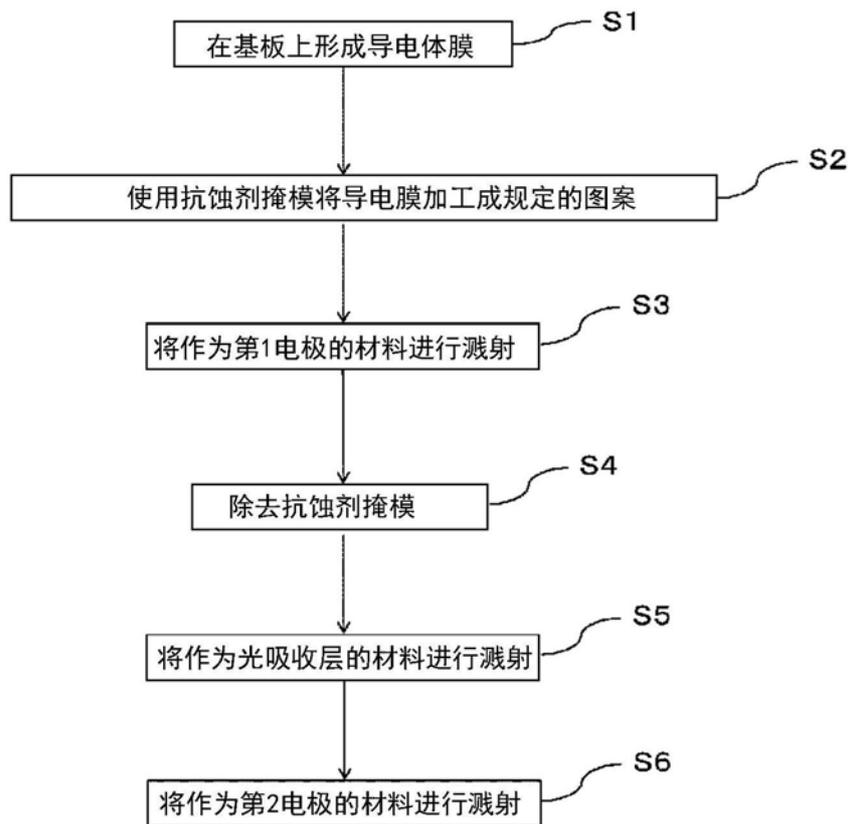


图4

101

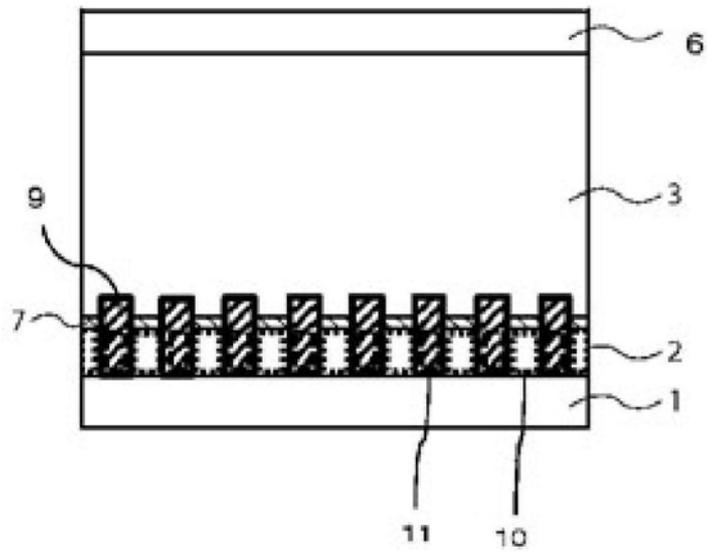


图5

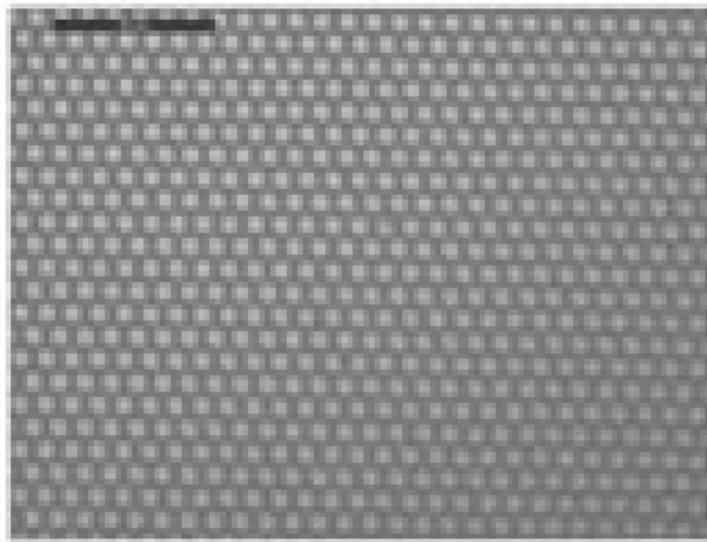


图6A



图6B

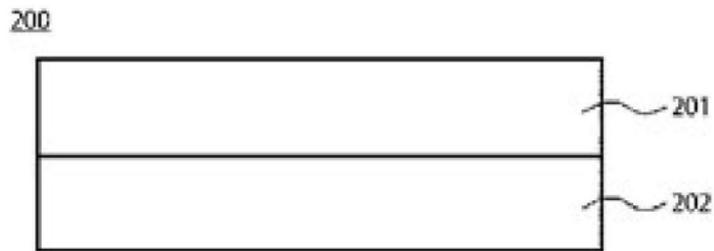


图7

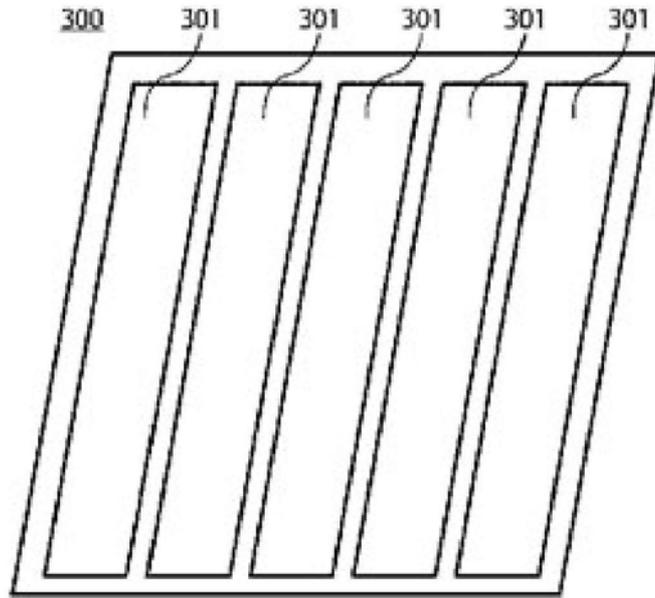


图8

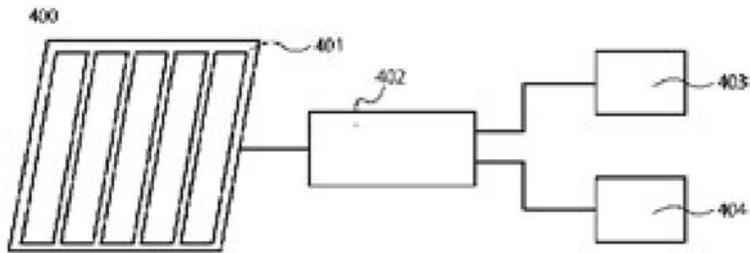


图9