

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103000745 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 27

(21) 申请号 201210328042. 9

(22) 申请日 2012. 09. 07

(30) 优先权数据

2011-195372 2011. 09. 07 JP

(71) 申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 浅见良信 坚石李甫

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 林毅斌 林森

(51) Int. Cl.

H01L 31/105(2006. 01)

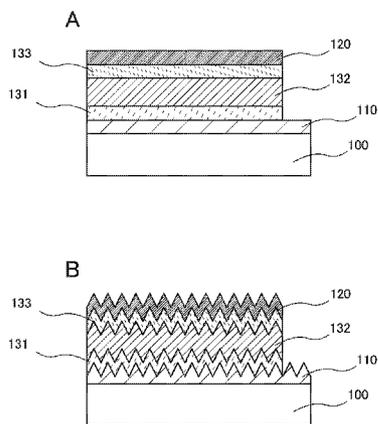
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

光电转换装置

(57) 摘要

本发明的一个方式提供一种窗口层中的光吸收损失少的光电转换装置。本发明的一个方式是一种光电转换装置,包括:第一电极;形成在第一电极上的第一半导体层;形成在第一半导体层上的第二半导体层;形成在第二半导体层上的第三半导体层;以及形成在第三半导体层上的第二电极,其中第一半导体层是包含有机化合物及无机化合物的透光半导体层,并且第二半导体层及第三半导体层是包含有机化合物的半导体层。



1. 一种光电转换装置,包括:
衬底;
所述衬底上的第一电极;
所述第一电极上的透光半导体层;
所述透光半导体层上的第一半导体层;
所述第一半导体层上的第二半导体层;以及
所述第二半导体层上的第二电极,
其中,所述透光半导体层包含有机化合物及无机化合物。
2. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中所述透光半导体层的导电型为p型,所述第一半导体层的导电型为i型,并且所述第二半导体层的导电型为n型。
3. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中所述无机化合物选自过渡金属氧化物。
4. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中所述无机化合物是属于元素周期表中的第4族至第8族中任一族的金属的氧化物。
5. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中所述无机化合物选自氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化镱以及氧化钛。
6. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中所述有机化合物选自芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物以及包含二苯并呋喃骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物。
7. 一种光电转换装置,包括:
衬底;
所述衬底上的第一电极;
所述第一电极上的第一透光半导体层;
所述第一透光半导体层上的第二透光半导体层;
所述第二透光半导体层上的第一半导体层;
所述第一半导体层上的第二半导体层;以及
所述第二半导体层上的第二电极,
其中,所述第一透光半导体层包含有机化合物及无机化合物,
并且,所述第二透光半导体层包含有机化合物。
8. 根据权利要求7所述的光电转换装置,其中所述第一透光半导体层及所述第二透光半导体层的导电型为p型,所述第一半导体层的导电型为i型,并且所述第二半导体层的导电型为n型。
9. 根据权利要求7所述的光电转换装置,其中所述无机化合物选自过渡金属氧化物。
10. 根据权利要求7所述的光电转换装置,其中所述无机化合物是属于元素周期表中的第4族至第8族中任一族的金属的氧化物。
11. 根据权利要求7所述的光电转换装置,其中所述无机化合物选自氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化镱以及氧化钛。
12. 根据权利要求7所述的光电转换装置,其中所述有机化合物选自芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物以及包含二苯并呋喃骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物。
13. 一种光电转换装置,包括:
衬底;

所述衬底上的第一电极；
所述第一电极上的第一半导体层；
所述第一半导体层上的第二半导体层；
所述第二半导体层上的透光半导体层；以及
所述透光半导体层上的第二电极，
其中，所述透光半导体层包含有机化合物及无机化合物。

14. 根据权利要求 13 所述的光电转换装置，其中所述透光半导体层的导电型为 p 型，所述第一半导体层的导电型为 i 型，并且所述第二半导体层的导电型为 n 型。

15. 根据权利要求 13 所述的光电转换装置，其中所述无机化合物选自过渡金属氧化物。

16. 根据权利要求 13 所述的光电转换装置，其中所述无机化合物是属于元素周期表中的第 4 族至第 8 族中任一族的金属的氧化物。

17. 根据权利要求 13 所述的光电转换装置，其中所述无机化合物选自氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化钨、氧化锰、氧化镧以及氧化钛。

18. 根据权利要求 13 所述的光电转换装置，其中所述有机化合物选自芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物以及包含二苯并呋喃骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物。

光电转换装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种使用包含有机材料的半导体的光电转换装置。

背景技术

[0002] 作为将光能转换成电能的光电转换装置,已知单晶或多晶等结晶硅太阳能电池、非晶硅太阳能电池以及使用 CIGS(Cu(In,Ga)Se₂) 等的化合物半导体太阳能电池。这些太阳能电池虽然已在广泛地普及,但是在成本方面等有多数问题,因此期待着能够以低成本制造的太阳能电池。作为该太阳能电池之一,已提出了使用有机半导体的太阳能电池。

[0003] 作为有机半导体太阳能电池,除了染料敏化太阳能电池以外,还已知薄膜型太阳能电池。作为薄膜型太阳能电池,例如,有具有 pin 结构的薄膜型太阳能电池,其使用呈现 p 型半导体特性的酞菁(简称 :H₂Pc)、呈现 n 型半导体特性的二萘嵌苯颜料(Me-PTC) 以及它们的共蒸镀层(参照非专利文献 1)。因为薄膜型太阳能电池不需要用于染料敏化太阳能电池的电解质,所以具有容易控制产率或长期可靠性的优点。非专利文献 1 M. Hiramoto, H. Fujiwara, M. Yokoyama. Three-layered organic solar cell with a photoactive interlayer of codeposited pigments. Appl. Phys. Lett., 58. 1062-1064. 1991。

[0004] 但是,使用有机材料的薄膜型太阳能电池有其转换效率比硅类或其他化合物半导体类太阳能电池低的问题。

[0005] 作为薄膜型太阳能电池的转换效率不得提高的理由之一,有窗口层中的光吸收损失。在窗口层中也吸收光而出现激子,但是其在有机半导体中的扩散距离非常短,而在到达结(junction)之前容易失活。就是说,因为实质上不能利用在窗口层中吸收的光,所以优选利用高透光性材料形成窗口层。

[0006] 另外,因为用于窗口层的现有的有机半导体的电阻高,所以不得不减薄膜厚度。因此,有因灰尘等而在表面电极与背面电极之间容易发生短路的问题。

发明内容

[0007] 鉴于上述问题,本发明的一个方式的目的之一是提供一种窗口层中的光吸收损失少的光电转换装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种在上下电极之间不容易发生短路的光电转换装置。

[0008] 本说明书所公开的本发明的一个方式涉及一种具有通过有机化合物及无机化合物形成的 p 型透光半导体作为窗口层的光电转换装置。

[0009] 本说明书所公开的本发明的一个方式是一种光电转换装置,包括:第一电极;形成在第一电极上的第一半导体层;形成在第一半导体层上的第二半导体层;形成在第二半导体层上的第三半导体层;以及形成在第三半导体层上的第二电极,其中第一半导体层是包含有机化合物及无机化合物的透光半导体层,并且第二半导体层及第三半导体层是包含有机化合物的半导体层。

[0010] 另外,本说明书等中的“第一”、“第二”等序数词是为了避免构成要素的混同而附

加上的,不是为了限定顺序或数量而附加上的。

[0011] 上述第一半导体层的导电型可以为 p 型,上述第二半导体层的导电型可以为 i 型,上述第三半导体层的导电型可以为 n 型。

[0012] 本说明书所公开的本发明的另一个方式是一种光电转换装置,包括:第一电极;形成在第一电极上的第一半导体层;形成在第一半导体层上的第二半导体层;形成在第二半导体层上的第三半导体层;形成在第三半导体层上的第四半导体层;以及形成在第四半导体层上的第二电极,其中第一半导体层是包含有机化合物及无机化合物的透光半导体层,并且第二半导体层、第三半导体层以及第四半导体层是包含有机化合物的半导体层。

[0013] 上述第一半导体层及上述第二半导体层的导电型可以为 p 型,上述第三半导体层的导电型可以为 i 型,上述第四半导体层的导电型可以为 n 型。

[0014] 另外,作为上述第一半导体层所包含的有机化合物,可以使用芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物以及包含二苯并呋喃骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物中的任一种。

[0015] 另外,作为上述第一半导体层所包含的无机化合物,可以使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化铯和氧化钛中的任一种。

[0016] 通过使用本发明的一个方式,可以减少窗口层中的光吸收损失,从而可以提供转换效率高的光电转换装置。另外,可以提供在上下电极之间不容易发生短路的光电转换装置。

附图说明

[0017] 图 1A 和 1B 是说明本发明的一个方式的光电转换装置的截面图;

图 2 是说明本发明的一个方式的光电转换装置的截面图;

图 3 是比较现有的窗口层材料和本发明的一个方式的窗口层材料的透光率的图;

图 4 是说明本发明的一个方式的光电转换装置的截面图。

具体实施方式

[0018] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行详细说明。但是,本发明不局限于以下说明,所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实就是其方式和详细内容可以被变换为各种形式。另外,本发明不应该被解释为仅限定在以下所示的实施方式所记载的内容中。在用于说明实施方式的所有附图中,有时以同一符号表示同一部分或具有类似功能的部分,而省略其重复说明。

[0019] 实施方式 1

在本实施方式中,说明本发明的一个方式的光电转换装置。

[0020] 在本说明书中,n 型半导体是指具有电子施主特性的半导体,而 p 型半导体是指具有电子受主特性的半导体。另外,就上述半导体而言,这二者都是包含有机材料而构成的。

[0021] 图 1A 是本发明的一个方式的光电转换装置的截面图的一个例子。该光电转换装置包括:透光衬底 100 上的第一电极 110;第一半导体层 131;第二半导体层 132;第三半导体层 133;以及第二电极 120。作为透光衬底 100,例如,可以使用玻璃衬底。

[0022] 另外,在本实施方式中,说明将透光导电膜用于第一电极 110 而将衬底 100 一侧用

作受光面的例子,但是只要将透光导电膜用于第二电极 120,就可以将第二电极 120 一侧用作受光面。另外,只要将透光导电膜用于第一电极 110 和第二电极 120 的双方,就可以将两面用作受光面。另外,在只将第二电极 120 一侧用作受光面时,衬底 100 也可以不需要透光性。

[0023] 另外,本发明不局限于图示的结构,也可以采用交换第一半导体层 131 和第三半导体层 133 的结构。另外,如图 2 所示,也可以设置第一电极 110 与第一半导体层 131 之间的第一缓冲层 141 及第二电极 120 与第三半导体层 133 之间的第二缓冲层 142。该缓冲层发挥对半导体层与电极之间的接触特性进行改良的效果,而可以使用具有导电性或半导体特性的氧化锌、氧化镍、氧化钼等金属氧化物、聚乙撑二氧噻吩 / 聚苯乙烯磺酸盐(简称: PEDOT / PSS) 等导电高分子。另外,也可以采用设置有第一缓冲层 141 和第二缓冲层 142 中的任何一方的结构。另外,第一缓冲层 141 和第二缓冲层 142 也可以使用不同的材料。

[0024] 另外,图 1B 示出对第一电极 110 的表面进行了凹凸加工的例子。第一半导体层 131、第二半导体层 132、第三半导体层 133 以及第二电极 120 如附图所示那样成为反映了第一电极 110 的表面凹凸的形状。入射光在被进行了凹凸加工的面上多重反射,且光倾斜地进入到光电转换区内,因此光路长度增大。另外,也可以产生背面反射光在表面全反射的所谓陷光效果(light trapping effect)。

[0025] 另外,作为上述透光导电膜,例如可以使用铟锡氧化物、包含硅的铟锡氧化物、包含锌的氧化铟、氧化锌、包含镓的氧化锌、包含铝的氧化锌、氧化锡、包含氟的氧化锡、包含铈的氧化锡或石墨烯等。另外,透光导电膜不局限于单层,而也可以为不同膜的叠层。

[0026] 第一半导体层 131 可以使用具有 p 型导电型的透光半导体层。另外,本发明的一个方式的透光半导体层使用包含无机化合物及有机化合物的复合材料。

[0027] 作为上述无机化合物,可以使用带隙为 2eV 以上,优选为 3eV 以上的过渡金属氧化物。尤其是,优选为属于元素周期表中的第 4 族至第 8 族的金属的氧化物。

[0028] 例如,作为上述无机化合物,可以使用氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化镨、氧化钛等。尤其是,优选使用氧化钼,因为它在大气中稳定并且吸湿性低,从而容易处理。

[0029] 另外,作为上述有机化合物,可以使用带隙为 2eV 以上,优选为 3eV 以上的材料。

[0030] 另外,作为上述有机化合物,优选使用高空穴传输性物质。具体地说,优选使用具有 $10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。但是,只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述以外的物质。

[0031] 例如,作为上述有机化合物,可以使用各种化合物,诸如芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)、包含二苯并呋喃骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物等。

[0032] 通过使用上述无机化合物及上述有机化合物,可以形成高透光性复合材料。

[0033] 另外,上述过渡金属氧化物具有电子受主性,并且其与高空穴传输性有机化合物的复合材料的载流子密度高且呈现 p 型半导体特性。另外,该复合材料具有其透光率在从可见区到红外区的广泛波长范围内高的特性。另外,该复合材料的折射率与铟锡氧化物等透光导电膜接近,从而通过适当得调整膜厚度,可以使该复合材料起到抗反射膜的作用。

[0034] 另外,可以使用共蒸镀法形成上述复合材料。另外,也可以使用涂敷法或溶胶-凝

胶法等形成上述复合材料。若相对于有机化合物的无机化合物的摩尔比增高,则有电荷迁移带的吸光度增大,即更多分子成为激发状态的倾向,但是因为电荷传输性还取决于有机化合物和无机化合物的组合,所以最好适当地决定摩尔比。该复合材料的厚度优选为 1nm 至 50nm。

[0035] 因为在使用现有的有机半导体的光电转换装置中,例如,将透光性不充分的酞菁用作窗口层,所以发生窗口层中的光吸收损失,但是通过将本发明的一个方式的具有透光性的该复合材料用作窗口层,可以降低窗口层中的光吸收损失,而在光吸收区中高效地进行光电转换。

[0036] 图 3 示出比较现有的窗口层的一个例子的锌酞菁(ZnPc)与本发明的一个方式的包含无机化合物及有机化合物的复合材料的透光率的结果,作为该包含无机化合物及有机化合物的复合材料,有包含 4,4'-二(N-咪唑基)联苯(简称:CBP)及氧化钼的复合材料(混合比为 CBP:氧化钼=1:1)、包含 4,4'-双(N-{4-[N'-(3-甲基苯基)-N'-苯基氨基]苯基}-N-苯基氨基)联苯(简称:DNTPD)及氧化钼的复合材料(混合比为 DNTPD:氧化钼=1:2)以及包含 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)及氧化钼的复合材料(混合比为 NPB:氧化钼=1:2)。由图 3 可知,本发明的一个方式的包含无机化合物及有机化合物的复合材料的透光率比现有的窗口层的一个例子的锌酞菁高得多,而可以减少窗口层中的光吸收损失。另外,因为透光率在广泛的波长范围内高,所以可以增大膜厚度,而可以降低横向的电阻并可以防止上下电极等之间的竖向的短路。另外,在将该复合材料用作窗口层的情况下,因为其与第一电极的接触电阻低,所以可以省略图 2 所示的接触于窗口层的缓冲层。

[0037] 第三半导体层 133 可以使用具有 n 型导电型的半导体层。第三半导体层 133 的厚度优选为 10nm 至 50nm,该第三半导体层 133 可以适当地使用共蒸镀法、涂敷法、溶胶-凝胶法等而形成。第三半导体层 133 优选为电子传输性有机化合物,更优选为具有包含芳环的螯合配体的螯合金属络合物、具有菲咯啉骨架的有机化合物或具有噁二唑骨架的有机化合物、二萘嵌苯衍生物、萘衍生物、醌类、甲基紫精、富勒烯等。具体地说,可以举出三(8-喹啉醇合)铝(简称:Alq₃)、三(4-甲基-8-喹啉醇合)铝(简称:Almq₃)、双(10-羟基苯并[h]喹啉)铍(简称:BeBq₂)、双(2-甲基-8-喹啉醇合)(4-苯基苯酚)铝(简称:BA1q)、双[2-(2'-羟基苯基)苯并噁唑]锌(简称:Zn(BOX)₂)、双[2-(2'-羟基苯基)苯并噻唑]锌(简称:Zn(BTZ)₂)、红菲咯啉(简称:BPhen)、浴铜灵(简称:BCP)、2-(4-联苯基)-5-(4-叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑(简称:PBD)、1,3-双[5-(4-叔丁苯基)-1,3,4-噁二唑-2-基]苯(简称:OXD-7)、2,2',2''-(1,3,5-苯三基)-三(1-苯基-1H-苯并咪唑)(简称:TPBI)、3-(4-联苯基)-4-苯基-5-(4-叔丁苯基)-1,2,4-三唑(简称:TAZ)、3-(4-联苯基)-4-(4-乙苯基)-5-(4-叔丁苯基)-1,2,4-三唑(简称:p-EtTAZ)、苯基 C₆₁ 酞酸甲酯(简称:PCBM)、萘-2,3,6,7-四羧酸二酸酐(简称:NTCDA)等,但是本发明不局限于这些化合物。尤其是,二萘嵌苯衍生物、萘衍生物、醌类、甲基紫精、富勒烯等容易发生电子载流子,而优选使用该化合物群作为第三半导体层 133。

[0038] 第二半导体层 132 可以使用具有 i 型导电型的半导体层。第二半导体层 132 可以通过共蒸镀上述具有 n 型导电型的有机半导体材料和具有 p 型导电型的有机半导体材料而形成。第二半导体层 132 的厚度优选为 1nm 至 1000nm。

[0039] 作为典型的 p 型有机半导体材料,可以举出酞菁(简称:H₂Pc)、铜酞菁(简称:CuPc)、锌酞菁(简称:ZnPc)、锡酞菁(简称:SnPc)、氧钒基酞菁(简称:VOpc)、4,4',4''-三(N,N'-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、1,3,5-三[N,N'-二(间-甲苯基)氨基]苯(简称:m-MTDAB)、N,N'-二苯基-N,N'-双(3-甲基苯基)-1,1'-联苯-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、4,4'-双{N-[4-二(m-甲苯基)氨基]苯基-N-苯胺}联苯(简称:DNTPD)、4,4',4''-三(N-咪唑基)三苯胺(简称:TCTA)、聚乙撑二噻吩/聚苯乙烯磺酸盐(简称:PEDOT/PSS)、聚(3-己基噻吩)(简称:P3HT)、聚[2,1,3-苯并噻二唑-4,7-二基-2,5-噻吩二基(1-十二烷基-1H-吡咯-2,5-二基)-2,5-噻吩二基](简称:PTPTB)、聚{2,1,3-苯并噻二唑-4,7-二基[4,4-双(2-乙基己基)-4H-环戊烷[2,1-b:3,4-b']]二噻吩-2,6-二基} (简称:PCPTBT)、聚[2-甲氧基-5-(3,7-二甲基辛氧基)-1,4-亚苯基亚乙烯基](简称:MDMO-PPV)、全氟辛酸铵(简称:APFO)、噻吩并噻吩(thienothiophene)和苯并噻吩的交替共聚物等,但是本发明不局限于这些化合物。尤其是,以 TDATA、MTDATA、m-MTDAB、TPD、NPB、DNTPD、TCTA 等为代表的芳香胺化合物容易发生空穴载流子,而优选使用该化合物群作为 p 型有机半导体材料。

[0040] 通过利用上述第一半导体层 131、第二半导体层 132 以及第三半导体层 133,可以形成 pin 结。另外,通过混合具有 n 型导电型的半导体层和具有 p 型导电型的半导体层而得到的作为 i 型半导体层的第三半导体层 133 作为光吸收层对光电转换做贡献。

[0041] 第二电极 120 可以使用银、铝、铜等低电阻金属,该第二电极 120 可以通过溅射法或真空蒸镀法等而形成。或者,该第二电极 120 也可以通过丝网印刷法利用银膏、铜膏等导电树脂而形成。另外,如上所述,也可以使用透光导电膜。

[0042] 另外,如图 4 所示,也可以采用作为窗口层的 p 型半导体层由两层构成的结构。图 4 所示的光电转换装置,包括:透光衬底 200 上的第一电极 210;第一半导体层 231;第二半导体层 232;第三半导体层 233;第四半导体层 234;以及第二电极 220。

[0043] 衬底 200、第一电极 210、第一半导体层 231 以及第二电极 220 的每一个可以使用与在说明图 1A 和 1B 的结构时举出的衬底 100、第一电极 110、第一半导体层 131 以及第二电极 120 的每一个材料相同的材料。

[0044] 另外,第三半导体层 233 可以使用与在说明图 1A 和 1B 的结构时举出的第二半导体层 132 的材料相同的材料,而第四半导体层 234 可以使用与第三半导体层 133 相同的材料。

[0045] 第二半导体层 232 由呈现 p 型半导体特性的有机化合物构成,而可以使用作为上述 p 型有机半导体材料举出的材料。

[0046] 像这样,通过进行用来使作为窗口层的 p 型半导体层成为两层的工序,可以减少针孔的产生,而可以减少上下电极之间的短路等不良。另外,也可以组合图 4 所示的光电转换装置的结构与图 1B 所示的光电转换装置的结构及/或图 2 所示的光电转换装置的结构。

[0047] 通过采用上述结构,可以提供在窗口层中的光吸收损失少且在上下电极之间不容易发生短路的光电转换装置。

[0048] 本实施方式可以与其他实施方式自由地组合。

[0049] 实施方式 2

在本实施方式中,说明实施方式 1 所示的透光半导体层。

[0050] 作为实施方式 1 所示的光电转换装置中的透光半导体层(第一半导体层 131),可以使用包含过渡金属氧化物及有机化合物的复合材料。另外,在本说明书中,“复合”不仅是指混合两个材料,而且是指通过混合多个材料来使其处于在材料之间可以授受电荷的状态。

[0051] 作为上述过渡金属氧化物,可以使用具有电子受主性的过渡金属氧化物。尤其是,使用属于元素周期表的第 4 族至第 8 族的金属的氧化物,其带隙为 2eV 以上,优选为 3eV 以上。

[0052] 例如,作为过渡金属氧化物,可以使用具有高电子受主性的氧化钒、氧化铌、氧化钽、氧化铬、氧化钼、氧化钨、氧化锰、氧化镱、氧化钛等。尤其是,优选使用氧化钼,因为它在大气中稳定并且吸湿性低,从而容易处理。

[0053] 另外,作为上述有机化合物,优选使用带隙(最高占据分子轨道能级(HOMO 能级)与最低未占分子轨道能级(LUMO 能级)之间的能量差)为 2eV 以上,优选为 3eV 以上的材料。

[0054] 另外,作为上述有机化合物,优选使用高空穴传输性物质。具体地说,优选使用具有 $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上的空穴迁移率的物质。但是,只要是其空穴传输性高于电子传输性的物质,就可以使用上述以外的物质。

[0055] 例如,作为上述有机化合物,可以使用各种化合物,诸如芳香胺化合物、咪唑衍生物、芳烃、高分子化合物(低聚物、树枝状聚合物、聚合物等)、包含二苯并呋喃骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物等。

[0056] 通过使用上述无机化合物及上述有机化合物,可以形成高透光性复合材料。

[0057] 在包含上述过渡金属氧化物和上述有机化合物的复合材料中,通过位于有机化合物的最高占据分子轨道能级(HOMO 能级)的电子迁移到过渡金属氧化物的传导带,在过渡金属氧化物和有机化合物之间产生相互作用。因该相互作用,包含过渡金属氧化物和有机化合物的复合材料具有高载流子浓度且呈现 p 型半导体特性。

[0058] 以下,具体地举出可以用于复合材料的有机化合物。

[0059] 例如,作为可以用于复合材料的芳香胺化合物,例如可以举出 4,4'-双[N-(1-萘基)-N-苯基氨基]联苯(简称:NPB)、N,N'-双(3-甲基苯基)-N,N'-二苯基-[1,1'-联苯]-4,4'-二胺(简称:TPD)、4,4',4''-三(N,N-二苯基氨基)三苯胺(简称:TDATA)、4,4',4''-三[N-(3-甲基苯基)-N-苯基氨基]三苯胺(简称:MTDATA)、N,N'-双(螺-9,9'-二芴-2-基)-N,N'-二苯基联苯胺(简称:BSPB)等。另外,可以举出 N,N'-双(4-甲基苯基)-N,N'-二苯基-对苯二胺(简称:DTDPPA)、4,4'-双[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DPAB)、N,N'-双{4-[双(3-甲基苯基)氨基]苯基}-N,N'-二苯基-(1,1'-联苯)-4,4'-二胺(简称:DNTPD)、1,3,5-三[N-(4-二苯氨基苯基)-N-苯基氨基]苯(简称:DPA3B)、4-苯基-4'-(9-苯基芴-9-基)三苯胺(简称:BPAFLP)、4,4'-双[N-(9,9-二甲基芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:DFLDPBi)、4,4'-双[N-(螺-9,9'-联芴-2-基)-N-苯基氨基]联苯(简称:BSPB)等。

[0060] 作为可以用于复合材料的咪唑衍生物,具体地可以举出 3-[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA1)、3,6-双[N-(9-苯基咪唑-3-基)-N-苯基氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCA2)、3-[N-(1-萘基)-N-(9-苯基咪

唑-3-基)氨基]-9-苯基咪唑(简称:PCzPCN1)等。

[0061] 另外,作为可以用于复合材料的其他咪唑衍生物,可以使用4,4'-二(N-咪唑基)联苯(简称:CBP)、1,3,5-三[4-(N-咪唑基)苯基]苯(简称:TCPB)、9-[4-(N-咪唑基)苯基]-10-苯基蒽(简称:CzPA)、1,4-双[4-(N-咪唑基)苯基]-2,3,5,6-四苯基苯等。

[0062] 作为可以用于复合材料的芳烃,例如可以举出2-叔丁基-9,10-二(2-萘基)蒽(简称:t-BuDNA)、2-叔丁基-9,10-二(1-萘基)蒽、9,10-双(3,5-二苯基苯基)蒽(简称:DPPA)、2-叔丁基-9,10-双(4-苯基苯基)蒽(简称:t-BuDBA)、9,10-二(2-萘基)蒽(简称:DNA)、9,10-二苯基蒽(简称:DPAnth)、2-叔丁基蒽(简称:t-BuAnth)、9,10-双(4-甲基-1-萘基)蒽(简称:DMNA)、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]-2-叔丁基蒽、9,10-双[2-(1-萘基)苯基]蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(1-萘基)蒽、2,3,6,7-四甲基-9,10-二(2-萘基)蒽、9,9'-联二蒽、10,10'-二苯基-9,9'-联二蒽、10,10'-双(2-苯基苯基)-9,9'-联二蒽、10,10'-双[(2,3,4,5,6-五苯基)苯基]-9,9'-联二蒽、蒽、并四苯、红荧烯、二萘嵌苯、2,5,8,11-四(叔丁基)二萘嵌苯等。另外,也可以使用并五苯、晕苯等。像这样,更优选使用其空穴迁移率为 $1 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上且其碳数为14至42的芳烃。

[0063] 可以用于复合材料的芳烃也可以具有乙烯基骨架。作为具有乙烯基的芳烃,例如可以举出4,4'-双(2,2-二苯基乙烯基)联苯(简称:DPVBi)、9,10-双[4-(2,2-二苯基乙烯基)苯基]蒽(简称:DPVPA)等。

[0064] 另外,可以用于复合材料的有机化合物也可以为包含二苯并咪唑骨架或二苯并噻吩骨架的杂环化合物。

[0065] 另外,可以用于复合材料的有机化合物也可以为高分子化合物,例如也可以使用聚(N-乙烯基咪唑)(简称:PVK)、聚(4-乙烯基三苯胺)(简称:PVTTPA)、聚[N-(4-{N'-[4-(4-二苯基氨基)苯基]苯基-N'-苯基氨基}苯基)甲基丙烯酰胺](简称:PTPDMA)、聚[N,N'-双(4-丁基苯基)-N,N'-双(苯基)联苯胺](简称:Poly-TPD)等。

[0066] 作为透光半导体层的形成方法,无论干法还是湿法都无妨,而可以使用多种方法。作为干法,例如可以举出从多个蒸发源将多个蒸镀材料汽化来进行成膜的共蒸镀法等。另外,作为湿法,可以使用溶胶-凝胶法等调制包含复合材料的组合物,并使用喷墨法或旋涂法等来进行成膜。

[0067] 通过将以上所说明的透光半导体层用于光电转换装置的窗口层,窗层中的光吸收损失减少,从而可以提高光电转换装置的电特性。另外,因为窗口层具有高透光性及低电阻,所以可以形成厚度厚的窗口层,而可以提供在上下电极之间不容易发生短路的光电转换装置。

[0068] 本实施方式可以与其他实施方式自由地组合。

[0069] 符号说明

100 衬底

110 第一电极

120 第二电极

131 第一半导体层

132 第二半导体层

133 第三半导体层

- 141 第一缓冲层
- 142 第二缓冲层
- 200 衬底
- 210 第一电极
- 220 第二电极
- 231 第一半导体层
- 232 第二半导体层
- 233 第三半导体层
- 234 第四半导体层。

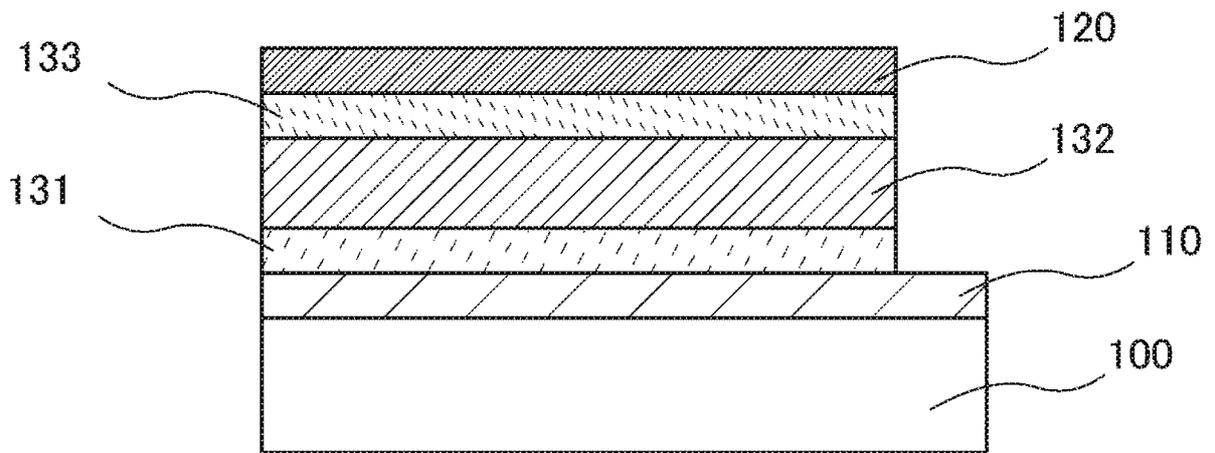


图 1A

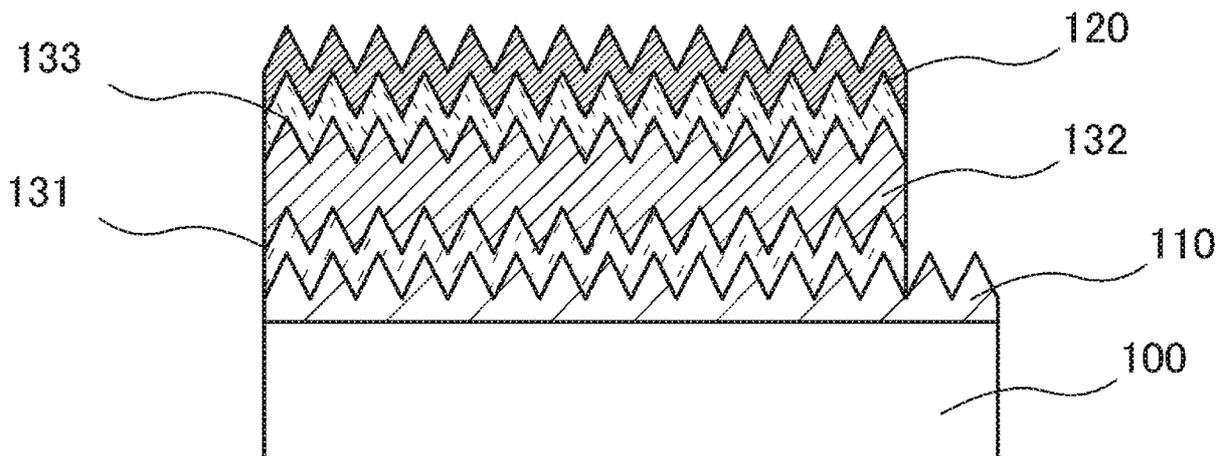


图 1B

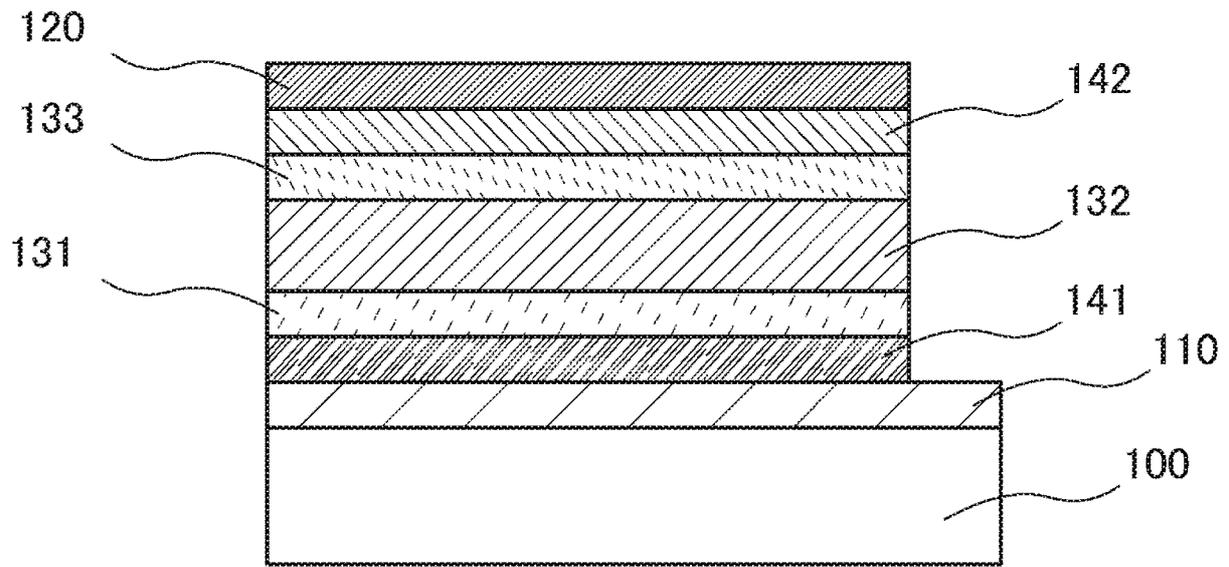


图 2

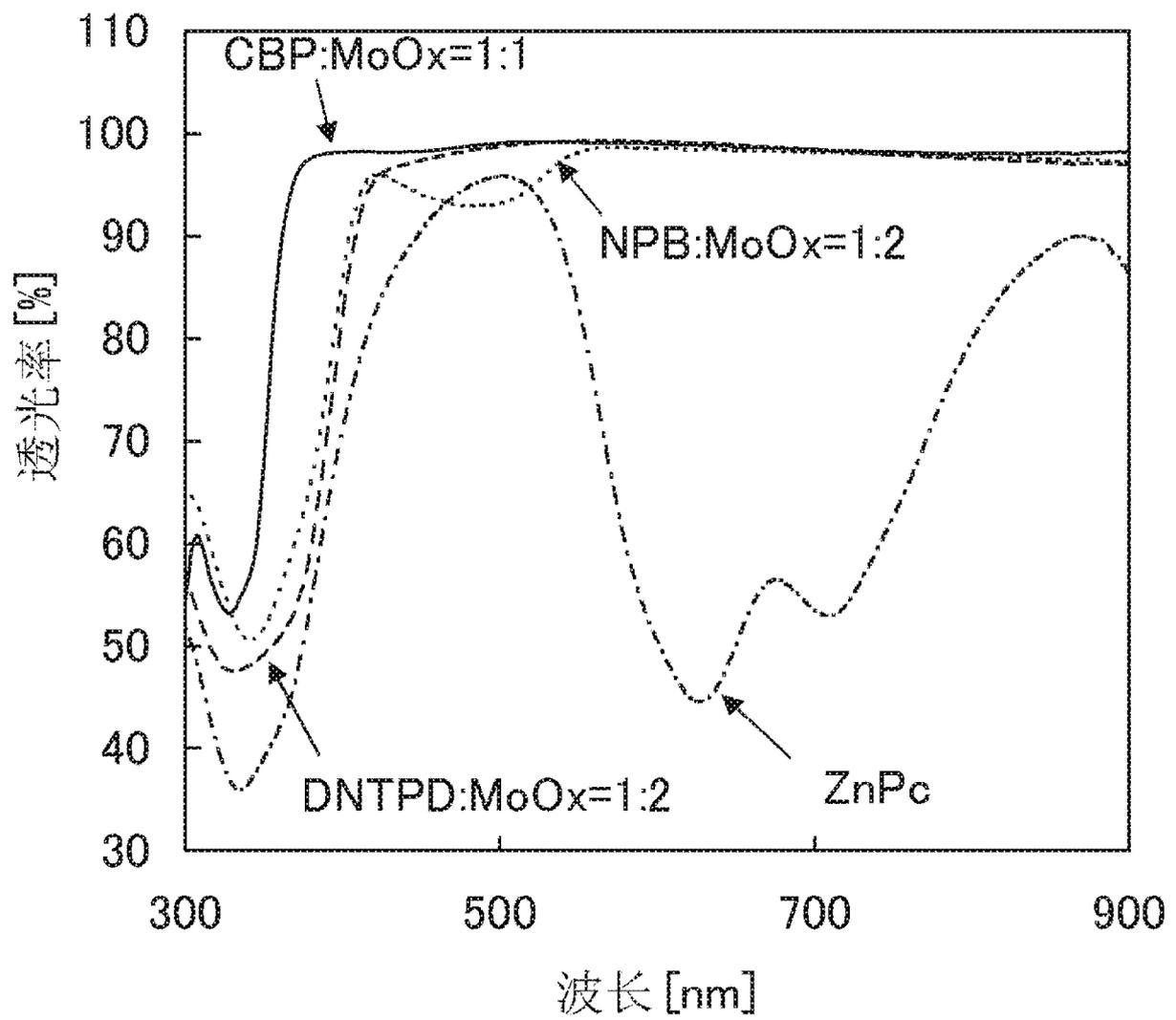


图 3

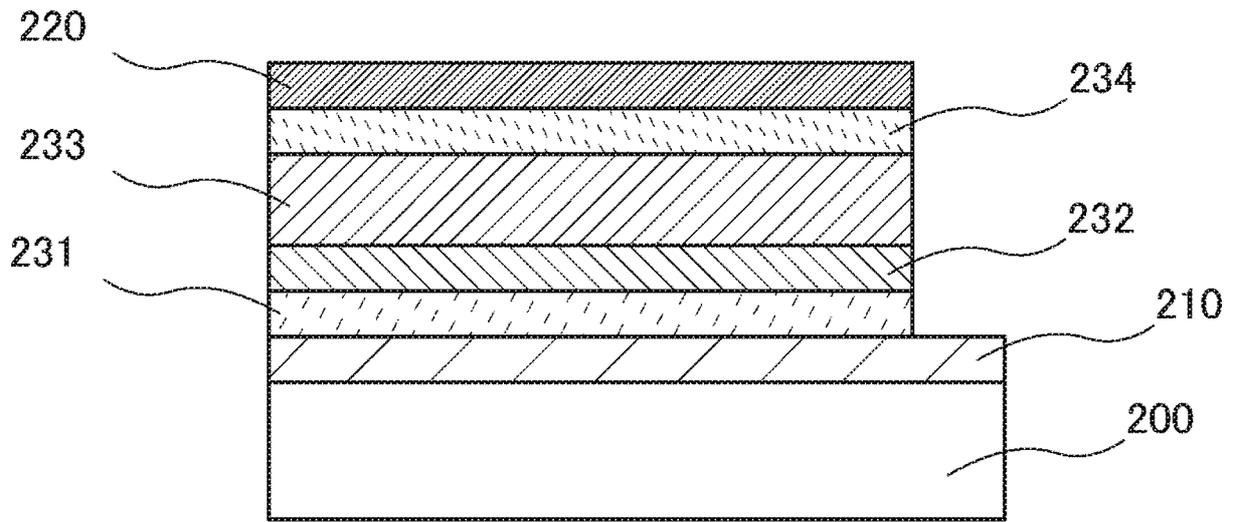


图 4