



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102460721 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201080025840. 3

H01L 31/18(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 05. 18

H02S 40/38(2014. 01)

(30) 优先权数据

2009-136672 2009. 06. 05 JP

(56) 对比文件

US 2008/0264478 A1, 2008. 10. 30, 说明书第 57-120 段, 图 5, 图 9-24.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 05

US 2009/0057875 A1, 2009. 03. 05, 说明书第 7-114 段, 图 5.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/058693 2010. 05. 18

JP 特开 2004-179560 A, 2004. 06. 24, 全文.

JP 特开 2003-251765 A, 2003. 09. 09, 全文.

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/140495 EN 2010. 12. 09

JP 特开 2001-68701 A, 2001. 03. 16, 全文.

审查员 张玉萍

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 山崎舜平 铃木幸惠 西和夫

荒井康行

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 何欣亭 朱海煜

(51) Int. Cl.

H01L 31/048(2014. 01)

H01L 31/043(2014. 01)

H01L 31/046(2014. 01)

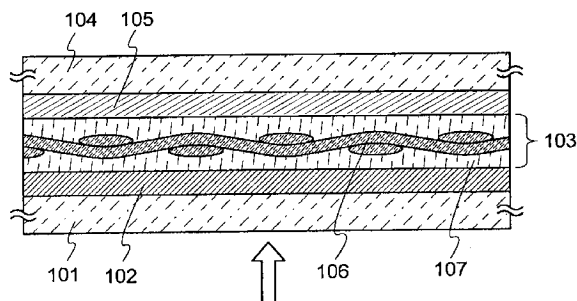
权利要求书2页 说明书37页 附图27页

(54) 发明名称

光电转换装置及其制造方法

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种不使制造工序复杂化而提高机械强度的光电转换装置。所述光电转换装置包括:具备光电转换功能的第一单元;具备光电转换功能的第二单元;将第一单元及第二单元牢固接合的包括纤维体的结构体。其结果, pin 结与其中使纤维体浸渍有机树脂的结构体即所谓的预浸料贴合,所以可以在抑制制造成本的同时实现提高机械强度的光电转换装置。



1. 一种光电转换装置,包括:
第一衬底;
所述第一衬底上的具有光电转换功能的第一单元;
所述第一单元上的结构体,所述结构体包括树脂和至少两层纤维体的层叠;
所述结构体上的具有光电转换功能的第二单元;以及
所述第二单元上的第二衬底,
其中,所述第一单元和所述第二单元通过所述结构体彼此粘合在一起,
其中,未在所述第一衬底和所述第一单元之间形成包括树脂和至少一层纤维体的结构体,
其中,未在所述第二衬底和所述第二单元之间形成包括树脂和至少一层纤维体的结构体,
其中,所述第一衬底是挠性衬底,
其中,所述第二衬底是挠性衬底,以及
其中,所述第一单元上的所述结构体的厚度是 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上且 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下。
2. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自包括夹在第一导电膜和第二导电膜之间的光电转换层。
3. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自包括夹在第一导电膜和第二导电膜之间的光电转换层,并且所述光电转换层包括 p 型半导体层和 n 型半导体层。
4. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自至少包括夹在第一导电膜和第二导电膜之间的光电转换层,并且所述光电转换层包括 p 型半导体层、i 型半导体层和 n 型半导体层。
5. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自至少包括非晶硅和晶体硅中的一种。
6. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中所述至少两层纤维体的层叠浸渍在所述树脂中。
7. 根据权利要求 1 所述的光电转换装置,其中所述至少两层纤维体的层叠浸渍在所述树脂中,并且所述树脂是有机树脂。
8. 一种光电转换装置,包括:
第一衬底;
所述第一衬底上的具有光电转换功能的第一单元;
所述第一单元上的结构体,所述结构体包括树脂和至少三层纤维体的层叠;
所述结构体上的具有光电转换功能的第二单元;以及
所述第二单元上的第二衬底,
其中,所述第一单元和所述第二单元通过所述结构体彼此粘合在一起,
其中,未在所述第一衬底和所述第一单元之间形成包括树脂和至少一层纤维体的结构体,
其中,未在所述第二衬底和所述第二单元之间形成包括树脂和至少一层纤维体的结构体,

其中,所述第一衬底是挠性衬底,

其中,所述第二衬底是挠性衬底,以及

其中,所述第一单元上的所述结构体的厚度是 $10\ \mu\text{m}$ 以上且 $100\ \mu\text{m}$ 以下。

9. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自包括夹在第一导电膜和第二导电膜之间的光电转换层。

10. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自包括夹在第一导电膜和第二导电膜之间的光电转换层,并且所述光电转换层包括 p 型半导体层和 n 型半导体层。

11. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自至少包括夹在第一导电膜和第二导电膜之间的光电转换层,并且所述光电转换层包括 p 型半导体层、i 型半导体层和 n 型半导体层。

12. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,其中所述第一单元和所述第二单元各自至少包括非晶硅和晶体硅中的一种。

13. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,其中所述至少三层纤维体的层叠浸渍在所述树脂中。

14. 根据权利要求 8 所述的光电转换装置,其中所述至少三层纤维体的层叠浸渍在所述树脂中,并且所述树脂是有机树脂。

15. 一种光电转换装置的制造方法,包括如下步骤:

在第一衬底上形成具有光电转换功能的第一单元;

在第二衬底上形成具有光电转换功能的第二单元;

使所述第一单元粘合到包括树脂和至少两层纤维体的层叠的结构体;以及

使所述第二单元粘合到所述结构体,

其中,未在所述第一衬底和所述第一单元之间形成包括树脂和至少一层纤维体的结构体,

其中,未在所述第二衬底和所述第二单元之间形成包括树脂和至少一层纤维体的结构体,

其中,所述第一衬底是挠性衬底,

其中,所述第二衬底是挠性衬底,以及

其中,所述第一单元和所述第二单元之间的所述结构体的厚度是 $10\ \mu\text{m}$ 以上且 $100\ \mu\text{m}$ 以下。

16. 根据权利要求 15 所述的光电转换装置的制造方法,其中作为所述第一单元和所述第二单元各自形成第一导电膜、光电转换层和第二导电膜。

17. 根据权利要求 15 所述的光电转换装置的制造方法,其中作为所述第一单元和所述第二单元各自形成第一导电膜、p 型半导体层、n 型半导体层和第二导电膜。

18. 根据权利要求 15 所述的光电转换装置的制造方法,其中作为所述第一单元和所述第二单元各自形成第一导电膜、p 型半导体层、i 型半导体层、n 型半导体层和第二导电膜。

光电转换装置及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种能够利用光来产生电能的光电转换装置及该光电转换装置的制造方法。

背景技术

[0002] 太阳能电池 (solar cell) 是一种光电转换装置, 利用光伏效应将所受到的光直接转换成电力并将其输出。与常规的发电系统不同, 使用太阳能电池的发电系统不需要在过程中将能量转换为热能或动能。因此, 虽然当生产或设置太阳能电池等时耗费燃料, 但太阳能电池具有如下优点: 太阳能电池每单位发电量排放的以二氧化碳为典型的温室效应气体、包含有毒物质的排出气体比基于化石燃料的能源少得多。此外, 太阳射入地球上一个小时的光能相当于人类在一年间所消耗的能量。并且, 生产太阳能电池所需要的原料基本上丰富, 例如, 硅储量近乎无限。太阳能光电发电有可能满足全世界的能量需求, 并且它作为代替储藏量有限的化石燃料的能量而备受期待。

[0003] 利用 pn 结或 pin 结等半导体结的光电转换装置可以分为具有一个半导体结的单结型以及具有多个半导体结的多结型。其中将带隙不同的多个半导体结在光行进的方向上配置为彼此重叠的多结型的太阳能电池, 可以将包括从紫外线到红外线的广泛波长范围的光的太阳光以更高转换效率并且没有浪费的方式转换成电能。

[0004] 作为光电转换装置的制造方法, 例如提议有如下方法: 通过将各形成有 pin 结 (或者 pn 结) 的两个衬底以彼此对置的方式贴合在一起以使该两个衬底位于外侧, 由此形成所谓的机械叠层 (mechanical stack) 结构的方法 (例如, 参照专利文献 1)。通过采用这种结构, 可以实现没有起因于叠层结构的对制造工序的限制并且具有高转换效率的光电转换装置。

[0005] 专利文献 1: 日本专利申请公开 2004-111557 号公报

[0006] 然而, 因为在专利文献 1 所示的光电转换装置中, 利用绝缘树脂将一个 pin 结和另一个 pin 结贴合在一起, 所以其贴合强度或机械强度有可能发生问题。尤其是, 当使用挠性衬底作为用来在其上形成 pin 结的衬底时, 机械强度的提高是极为重要的课题。

发明内容

[0007] 鉴于上述课题, 本发明的一个实施方式的目的在于, 提供一种不使制造工序复杂化而提高机械强度的光电转换装置。

[0008] 所公开的本发明的一个实施方式是一种光电转换装置, 包括: 具备光电转换功能的第一单元 (cell); 具备光电转换功能的第二单元; 以及配置成将第一单元及第二单元牢固接合的包括纤维体的结构体。

[0009] 所公开的本发明的一个实施方式是一种光电转换装置, 包括: 形成在第一衬底上的具备光电转换功能的第一单元; 形成在第二衬底上的具备光电转换功能的第二单元; 以及配置成将第一单元及第二单元牢固接合的包括纤维体的结构体。

[0010] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置中,第一单元可包括由第一导电膜和第二导电膜夹持的第一光电转换层,并且,第二单元可包括由第三导电膜和第四导电膜夹持的第二光电转换层。

[0011] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置中,第一光电转换层可包括第一 p 型半导体层及第一 n 型半导体层,并且,第二光电转换层可包括第二 p 型半导体层及第二 n 型半导体层。

[0012] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置中,在第一 p 型半导体层和第一 n 型半导体层之间可形成第一 i 型半导体层,并且,在第二 p 型半导体层和第二 n 型半导体层之间可形成第二 i 型半导体层。

[0013] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置中,第一衬底及第二衬底可以是挠性的衬底。

[0014] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置中,以第一衬底及第二衬底位于未配置结构体的外侧的方式使第一单元和第二单元夹着结构体彼此对置。

[0015] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置中,第一单元或第二单元包括非晶硅、晶体硅、单晶硅中的任一种。

[0016] 所公开的本发明的一个实施方式是一种光电转换装置的制造方法,包括如下步骤:形成具备光电转换功能的第一单元;形成具备光电转换功能的第二单元;以及利用包括纤维体的结构体将第一单元和第二单元牢固接合。

[0017] 所公开的本发明的一个实施方式是一种光电转换装置的制造方法,包括如下步骤:在第一衬底上形成具备光电转换功能的第一单元;在第二衬底上形成具备光电转换功能的第二单元;利用包括纤维体的结构体将第一单元和第二单元牢固接合以使其电连接。

[0018] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置的制造方法中,作为第一单元而形成第一导电膜、第一光电转换层、第二导电膜的叠层结构,并且,作为第二单元而形成第三导电膜、第二光电转换层、第四导电膜的叠层结构。

[0019] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置的制造方法中,第一光电转换层由第一 p 型半导体层和第一 n 型半导体层的层叠而形成,并且,第二光电转换层由第二 p 型半导体层和第二 n 型半导体层的层叠而形成。

[0020] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置的制造方法中,可在第一 p 型半导体层和第一 n 型半导体层之间形成第一 i 型半导体层,并且,可在第二 p 型半导体层和第二 n 型半导体层之间形成第二 i 型半导体层。

[0021] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置的制造方法中,第一单元及第二单元利用具有挠性的第一衬底及第二衬底来制造。

[0022] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置的制造方法中,以第一衬底及第二衬底位于未设置有结构体的外侧的方式使第一单元和第二单元夹着结构体而彼此相对地贴合。

[0023] 依据所公开的本发明的一个实施方式,在所述光电转换装置的制造方法中,第一单元或第二单元包括非晶硅、晶体硅、单晶硅中的任一种来制造。

[0024] 依据所公开的本发明的一个实施方式,因为利用使纤维体包含有机树脂而成的结构体,即所谓的预浸料进行 pin 结和 pin 结的贴合,所以可以在抑制制造成本的同时实现提

高机械强度的光电转换装置。

附图说明

- [0025] 图 1 是光电转换装置的截面图；
- [0026] 图 2A 和 2B 是光电转换装置的截面图；
- [0027] 图 3A 和 3B 是光电转换装置的截面图；
- [0028] 图 4A 和 4B 是光电转换装置的截面图；
- [0029] 图 5A 和 5B 是纺织布的俯视图；
- [0030] 图 6A 至 6E 是光电转换装置的制造方法的截面图；
- [0031] 图 7A 至 7C 是光电转换装置的制造方法的截面图；
- [0032] 图 8A 至 8E 是示出光电转换装置的制造方法的截面图；
- [0033] 图 9A 至 9G 是示出光电转换装置的制造方法的截面图；
- [0034] 图 10A 至 10C 是示出单晶硅薄片的加工方法的图；
- [0035] 图 11A 至 11C 是示出光电转换装置的制造方法的图；
- [0036] 图 12 是光电转换装置的截面图；
- [0037] 图 13 是示出用于光电转换层的制造的装置的结构图；
- [0038] 图 14 是示出用于光电转换层的制造的装置的结构图；
- [0039] 图 15A 和 15B 是示出太阳能光电模块的结构图；
- [0040] 图 16 是示出太阳能光电系统的结构图；
- [0041] 图 17A 和 17B 是示出使用太阳能光电模块的车辆的结构图；
- [0042] 图 18 是示出逆变器的一个模式的图；
- [0043] 图 19 是开关调整器的框图；
- [0044] 图 20 是示出从光电转换装置的输出电压的图；
- [0045] 图 21 是示出光电系统的一例的图；
- [0046] 图 22 是示出光电转换模块的周边部分的图；
- [0047] 图 23 是示出光电转换模块的周边部分的图；
- [0048] 图 24 是示出非晶硅 (a-Si) 和单晶硅 (c-Si) 的吸收系数的波长依赖性的图；
- [0049] 图 25 是示出使用非晶硅 (a-Si) 的光电转换层的量子效率的波长依赖性的图；
- [0050] 图 26 是示出使用单晶硅 (c-Si) 的光电转换层的量子效率的波长依赖性的图；
- [0051] 图 27 是示出其中层叠有光电转换层的结构中的量子效率的波长依赖性的图。

具体实施方式

[0052] 以下,参照附图对实施方式进行详细说明。但是,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,本发明不局限于以下的实施方式的说明,而其方式及详细内容在不脱离本发明的宗旨及其范围内的情况下可以被变化为各种各样的形式。因此,本发明不应当被解释为仅限定在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0053] 注意,连接到用来将电力取出到外部的端子的一个或多个太阳能电池 (cell) 相当于太阳能电池模块或者太阳能电池面板。为了保护单元 (cell) 避免湿气、污垢、紫外线、物理应力等,也可以利用树脂、钢化玻璃、金属框等的保护材料对太阳能电池模块进行加

强。此外,为了得到所希望的电力而串联连接的多个太阳能电池模块相当于太阳能电池串(solar cell string)。此外,排列为并列的多个太阳能电池串相当于太阳能电池阵列。本发明的光电转换装置将单元、太阳能电池模块、太阳能电池串、太阳能电池阵列都包括在其范畴内。此外,光电转换层是指包括利用光照射而得到光电动势的半导体层的层。就是说,光电转换层是指形成有以pn结、pin结等为代表的半导体结的半导体层。

[0054] 注意,在各实施方式的附图等中,有时为了清楚起见而夸大示出的各结构的尺寸、层的厚度或区域。因此,本发明的实施方式不局限于该尺度。

[0055] 另外,本说明书所使用的“第一”、“第二”、“第三”等序数词是为了避免组件间的混淆,而且这些词并非在数字上对组件进行限定。此外,在本说明书中,这些序数词不表示用来详述本发明的特有名称。

[0056] 实施方式 1

[0057] 根据本发明的一个实施方式的光电转换装置至少具备两个单元。该单元由具有光电转换功能的最小单位的光电转换层的单层结构或叠层结构构成。再者,光电转换装置至少具有一个使纤维体包含树脂而形成的结构体,并且,该结构体被夹在两个单元之间。参照图 1 而说明根据本发明的一个实施方式的光电转换装置的结构。

[0058] 图 1 所示的光电转换装置包括由衬底 101(也称为第一衬底)支撑的单元 102(也称为第一单元)、结构体 103、由衬底 104(也称为第二衬底)支撑的单元 105(也称为第二单元)。在单元 102 和单元 105 之间夹有结构体 103。单元 102 和单元 105 分别具有一个光电转换层或者所层叠的多个光电转换层。单元 102 所具有的光电转换层、结构体 103 以及单元 105 所具有的光电转换层依次配置为在箭头所示的光行进的方向上重叠。单元 102 与单元 105 在单元 102、与结构体 103 和单元 105 重叠的区域中通过结构体 103 而彼此电绝缘。另外,在单元 102、结构体 103 和单元 105 不重叠的区域中,单元 102 的 pn 结或 pin 结与单元 105 的 pn 结或 pin 结并联地电连接。

[0059] 光电转换层具有一个半导体结。注意,这里所公开的本发明的光电转换装置中可以使用的光电转换层并不需要具有半导体结。例如,也可以采用利用吸收光的有机染料而得到光电动势的染料敏化型的光电转换层。

[0060] 结构体 103 可以通过将由有机化合物或无机化合物形成的纤维体 106 浸渍在有机树脂 107 而形成。结构体 103 夹在由衬底 101 支撑的单元 102 和由衬底 104 支撑的单元 105 之间,进行热压贴合,由此能够使单元 102、结构体 103 以及单元 105 牢固地彼此接合。可以在单元 102 和结构体 103 之间设置用来将单元 102 和结构体 103 牢固接合的层,或者也可以在结构体 103 和单元 105 之间设置用来将结构体 103 和单元 105 牢固接合的层。用如下的方式使单元 102、结构体 103 以及单元 105 彼此牢固接合:在将纤维体 106 设置成重叠于单元 102 和单元 105 中的一方上后,将该纤维体 106 浸渍在有机树脂 107 来形成结构体 103,接着设置结构体 103 以使其与单元 102 和单元 105 的另一方重叠。注意,优选衬底 101 和衬底 104 排列成彼此对置并将结构体 103 夹于其间,使得第一衬底 101 及第二衬底 104 位于外侧(与设置有结构体 103 的一侧相反的一侧),在此情况下单元 102 和单元 105 由衬底 101 及衬底 104 保护。

[0061] 作为纤维体 106,可以使用利用有机化合物或无机化合物的高强度纤维的纺织布或无纺布。具体而言,高强度纤维是指拉伸弹性模量或杨氏模量高的纤维。通过使用高强度

纤维作为纤维体 106,即使对单元局部性地施加压力,该压力也分散到纤维体 106 的整体,因此可以防止单元部分延伸。就是说,可以防止由单元的一部分的延伸而导致的布线、单元等的破坏。此外,作为有机树脂 107,可以使用热塑性树脂或者热固性树脂。

[0062] 注意,虽然在图 1 中例示结构体 103 具有单层的纤维体 106 的情况,但是所公开的本发明的光电转换装置不局限于该结构。也可以在结构体 103 中层叠两层以上的纤维体。尤其是,当在结构体 103 中使用三层以上的纤维体时,在衬底 101 和衬底 104 各使用挠性衬底的情况下,光电转换装置在抵抗外力特别是压力方面的可靠性能得到提高。注意,该结构的效果已得到实验结果的确认。

[0063] 结构体 103 的厚度优选为 $10\ \mu\text{m}$ 以上且 $100\ \mu\text{m}$ 以下,更优选为 $10\ \mu\text{m}$ 以上且 $30\ \mu\text{m}$ 以下。当将挠性衬底用于衬底 101 及衬底 104 时,通过采用上述厚度的结构体 103,可以制造薄型且能够弯曲的光电转换装置。

[0064] 接着,说明由衬底 101 支撑的单元 102 以及由衬底 104 支撑的单元 105。当单元 102 和单元 105 所具有的光电转换层各具有半导体结时,该半导体结既可以是 pin 结,或是 pn 结。图 2A 和 2B 示出单元 102 和单元 105 各具有 pin 结的光电转换装置的截面图作为一例。

[0065] 在图 2A 所示的光电转换装置中,单元 102(第一单元)具有用作电极的导电膜 110(也称为第一导电膜)、光电转换层 111(也称为第一光电转换层)、用作电极的导电膜 112(也称为第二导电膜)。导电膜 110、光电转换层 111 以及导电膜 112 从衬底 101 一侧依次被层叠。光电转换层 111 具有 p 层 113(也称为第一 p 型半导体层)、i 层 114(也称为第一 i 型半导体层)以及 n 层 115(也称为第一 n 型半导体层)。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 113、i 层 114 以及 n 层 115 而形成 pin 结。此外,单元 105(第二单元)具有用作电极的导电膜 120(也称为第三导电膜)、光电转换层 121a(也称为第二光电转换层)、用作电极的导电膜 122(也称为第四导电层)。从衬底 104 一侧依次层叠导电膜 120、光电转换层 121a 以及导电膜 122。光电转换层 121a 具有 p 层 125(也称为第二 p 型半导体层)、i 层 124(也称为第二 i 型半导体层)以及 n 层 123(也称为第二 n 型半导体层)。通过从导电膜 120 一侧依次层叠 n 层 123、i 层 124 以及 p 层 125 而形成 pin 结。

[0066] 注意, p 层是指 p 型半导体层, i 层是指 i 型半导体层,并且 n 层是指 n 型半导体层。

[0067] 因此,当仅注目到图 2A 所示的光电转换装置的光电转换层 111 和光电转换层 121a 时,具有从衬底 101 一侧依次层叠有 p 层 113、i 层 114、n 层 115、p 层 125、i 层 124 以及 n 层 123 的结构。所以,可以制造将单元 102 的 pin 结与单元 105 的 pin 结并联地电连接的光电转换装置。结构体 103 包含纤维体 106,可以实现提高了机械强度的光电转换装置。

[0068] 另一方面,在图 2B 所示的光电转换装置中,与图 2A 所示的光电转换层 121a 相反的顺序层叠有光电转换层 121b 所具有的 p 层 125、i 层 124 以及 n 层 123。

[0069] 具体而言,在图 2B 所示的光电转换装置中,单元 102 具有用作电极的导电膜 110、光电转换层 111、用作电极的导电膜 112。从衬底 101 一侧依次层叠导电膜 110、光电转换层 111 以及导电膜 112。光电转换层 111 具有 p 层 113、i 层 114 以及 n 层 115。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 113、i 层 114 以及 n 层 115 而形成 pin 结。此外,单元 105 具有用作电极的导电膜 120、光电转换层 121b、用作电极的导电膜 122。从衬底 104 一侧依次

层叠导电膜 120、光电转换层 121b 以及导电膜 122。光电转换层 121b 具有 p 层 125、i 层 124 以及 n 层 123。通过从导电膜 120 一侧依次层叠 p 层 125、i 层 124 以及 n 层 123 而形成 pin 结。

[0070] 因此,当仅注目到图 2B 所示的光电转换装置的光电转换层 111 和光电转换层 121b 时,具有从衬底 101 一侧依次层叠有 p 层 113、i 层 114、n 层 115、n 层 123、i 层 124 以及 p 层 125 的结构。从而,可以制造将单元 102 的 pin 结与单元 105 的 pin 结并联地电连接的光电转换装置。结构体 103 包括纤维体 106,所以可以实现提高机械强度的光电转换装置。

[0071] 注意,在图 2B 中,p 层 113 形成在比 n 层 115 更近于衬底 101 一侧,并且,p 层 125 形成在比 n 层 123 更近于衬底 104 一侧,但是,所公开的本发明的结构不局限于此。在根据所公开的本发明的一个实施方式的光电转换装置中,也可以采用如下结构:n 层 115 形成在比 p 层 113 更近于衬底 101 一侧,并且,n 层 123 形成在比 p 层 125 更近于衬底 104 一侧。

[0072] 此外,在图 2A 和 2B 所示的光电转换装置中,既可以从衬底 101 一侧入射光,又可以从衬底 104 一侧入射光。但是,优选的是,将 p 层 113 配置在比 n 层 115 更接近入射光一侧。空穴的作为载流子的寿命很短,为电子的作为载流子的寿命的大约一半。当对具有 pin 结的光电转换层 111 照射光时,在 i 层 114 内形成大量的电子和空穴,电子移动到 n 层 115 一侧,空穴移动到 p 层 113 一侧,从而可以得到电动势。当从 p 层 113 一侧进行光的照射时,在离 p 层 113 比离 n 层 115 更近的 i 层 114 的区域中形成大量的电子和空穴。因此,可以缩短寿命短的空穴移动到 p 层 113 的距离,其结果,可以得到高电动势。根据相同的理由,而优选将 p 层 125 配置在比 n 层 123 更近于入射光一侧。

[0073] 此外,虽然在图 2A 和 2B 所示的光电转换装置中,例示了如下情况:单元 102 及单元 105 分别具有一个单位单元,即一个光电转换层,但是所公开的本发明不局限于此结构。单元 102 及单元 105 各自所具有的光电转换层可以为多个或一个。但是,当单元 102 具有多个光电转换层时,从衬底 101 一侧依次层叠上述多个光电转换层,并且,设置在衬底 101 和结构体 103 之间的单元 102 所包含的各个光电转换层以 p 层、i 层、n 层的顺序层叠以实现电串联连接。

[0074] 接着,图 3A 和 3B 示出单元 102 及单元 105 各自具有一个 pn 结的光电转换装置的截面图作为一例。

[0075] 在图 3A 所示的光电转换装置中,单元 102 具有用作电极的导电膜 110、光电转换层 131(也称为第一光电转换层)、用作电极的导电膜 112。从衬底 101 一侧依次层叠导电膜 110、光电转换层 131 以及导电膜 112。光电转换层 131 具有 p 层 133(也称为第一 p 型半导体层)以及 n 层 135(也称为第一 n 型半导体层)。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 133 以及 n 层 135 而形成 pn 结。此外,单元 105 具有用作电极的导电膜 120、光电转换层 141a(也称为第二光电转换层)、用作电极的导电膜 122。从衬底 104 一侧依次层叠导电膜 120、光电转换层 141a 以及导电膜 122。光电转换层 141a 具有 p 层 143(也称为第二 p 型半导体层)以及 n 层 145(也称为第二 n 型半导体层)。通过从导电膜 120 一侧依次层叠 n 层 145 以及 p 层 143 而形成 pn 结。

[0076] 因此,当仅注目到图 3A 所示的光电转换装置中的光电转换层 131 和光电转换层 141a 时,从衬底 101 一侧依次层叠有 p 层 133、n 层 135、p 层 143 以及 n 层 145 的结构。从而,可以得到将单元 102 的 pn 结与单元 105 的 pn 结并联地电连接的光电转换装置。结构

体 103 包含纤维体 106, 可以实现提高了机械强度的光电转换装置。

[0077] 另一方面, 在图 3B 所示的光电转换装置中, 以与图 3A 所示的光电转换层 141a 相反的顺序层叠有光电转换层 141b 所具有的 p 层 143 以及 n 层 145。

[0078] 具体而言, 在图 3B 所示的光电转换装置中, 单元 102 具有用作电极的导电膜 110、光电转换层 131、用作电极的导电膜 112。从衬底 101 一侧依次层叠导电膜 110、光电转换层 131 以及导电膜 112。光电转换层 131 具有 p 层 133 以及 n 层 135。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 133 以及 n 层 135 而形成 pn 结。此外, 单元 105 具有用作电极的导电膜 120、光电转换层 141b、用作电极的导电膜 122。从衬底 104 一侧依次层叠导电膜 120、光电转换层 141b 以及导电膜 122。光电转换层 141b 具有 p 层 143 以及 n 层 145。通过从导电膜 120 一侧依次层叠 p 层 143 以及 n 层 145 而形成 pn 结。

[0079] 因此, 当仅注目到图 3B 所示的光电转换装置中的光电转换层 131 和光电转换层 141b 时, 从衬底 101 一侧依次层叠有 p 层 133、n 层 135、n 层 145 以及 p 层 143 的结构。从而, 可以得到将单元 102 的 pn 结与单元 105 的 pn 结并联地电连接的光电转换装置。结构体 103 包括纤维体 106, 所以可以实现提高了机械强度的光电转换装置。

[0080] 注意, 在图 3B 中, p 层 133 比 n 层 135 更接近衬底 101, 并且, p 层 143 比 n 层 145 更接近衬底 104, 但是, 所公开的本发明的结构不局限于此结构。在根据所公开的本发明的一个实施方式的光电转换装置中, 也可以采用如下结构: n 层 135 比 p 层 133 更接近衬底 101 一侧, 并且, n 层 145 比 p 层 143 更接近衬底 104 一侧。

[0081] 此外, 在图 3A 和 3B 所示的光电转换装置中, 既可以从衬底 101 一侧入射光, 又可以从衬底 104 一侧入射光。

[0082] 此外, 虽然在图 3A 和 3B 所示的各个光电转换装置中, 例示了单元 102 及单元 105 分别具有一个单位单元, 即一个光电转换层, 但是所公开的本发明不局限于此结构。单元 102 及单元 105 所具有的光电转换层可以为多个或一个。但是, 当单元 102 具有多个光电转换层时, 从衬底 101 一侧依次层叠上述多个光电转换层, 并且, 在设置于衬底 101 和结构体 103 之间的单元 102 所包含的各个光电转换层中的 p 层、n 层依次层叠以实现电串联连接。

[0083] 接着, 图 4A 和 4B 示出单元 102 具有多个 pin 结的光电转换装置的截面图作为一例。

[0084] 在图 4A 所示的光电转换装置中, 单元 102 具有用作电极的导电膜 110、光电转换层 151 (也称为第一光电转换层)、光电转换层 152 (也称为第二光电转换层)、用作电极的导电膜 112。从衬底 101 一侧依次层叠导电膜 110、光电转换层 151、光电转换层 152 以及导电膜 112。光电转换层 151 具有 p 层 153 (也称为第一 p 型半导体层)、i 层 154 (也称为第一 i 型半导体层) 以及 n 层 155 (也称为第一 n 型半导体层)。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 153、i 层 154 以及 n 层 155 而形成 pin 结。此外, 光电转换层 152 具有 p 层 156 (也称为第二 p 型半导体层)、i 层 157 (也称为第二 i 型半导体层) 以及 n 层 158 (也称为第二 n 型半导体层)。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 156、i 层 157 以及 n 层 158 而形成 pin 结。

[0085] 因此, 图 4A 所示的光电转换装置作为单元 102 而使用具有有所层叠的两个单位单元即光电转换层 151 和光电转换层 152 的多结型的单元。

[0086] 此外, 单元 105 具有用作电极的导电膜 120、光电转换层 159 (也称为第三光电转换

层)、用作电极的导电膜 122。从衬底 104 一侧依次层叠导电膜 120、光电转换层 159 以及导电膜 122。光电转换层 159 具有 p 层 160(也称为第三 p 型半导体层)、i 层 161(也称为第三 i 型半导体层)以及 n 层 162(也称为第三 n 型半导体层)。通过从导电膜 120 一侧依次层叠 n 层 162、i 层 161 以及 p 层 160 而形成 pin 结。从而,可以得到将单元 102 的 pin 结与单元 105 的 pin 结并联地电连接的光电转换装置。结构体 103 包含纤维体 106,可以实现提高了机械强度的光电转换装置。

[0087] 注意,在图 4A 所示的光电转换装置中,直接层叠光电转换层 151 和光电转换层 152,但是所公开的本发明不局限于该结构。在单元具有多个光电转换层的情况下,也可以在光电转换层和光电转换层之间设置具有导电性的中间层。

[0088] 图 4B 示出在光电转换层 151 和光电转换层 152 之间具有中间层的光电转换装置的截面图的一例。具体而言,在图 4B 所示的光电转换装置中,单元 102 具有用作电极的导电膜 110、光电转换层 151、中间层 163、光电转换层 152 以及用作电极的导电膜 112。从衬底 101 一侧依次层叠导电膜 110、光电转换层 151、中间层 163、光电转换层 152 以及导电膜 112。光电转换层 151 具有 p 层 153、i 层 154 以及 n 层 155。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 153、i 层 154 以及 n 层 155 而形成 pin 结。此外,光电转换层 152 具有 p 层 156、i 层 157 以及 n 层 158。通过从导电膜 110 一侧依次层叠 p 层 156、i 层 157 以及 n 层 158 而形成 pin 结。由此,可以得到通过中间层 163 确保了 pin 结之间的足够的导电性且将单元 102 的 pin 结与单元 105 的 pin 结并联地电连接的光电转换装置。结构体 103 包含纤维体 106,可以实现提高了机械强度的光电转换装置。

[0089] 中间层 163 可以利用具有透光性的导电膜来形成。具体而言,作为中间层 163,可以使用氧化锌、氧化钛、氧化镁、氧化镉、氧化镓、 $\text{InGaO}_3\text{ZnO}_5$ 以及 In-Ga-Zn-O 类的非晶氧化物半导体等。此外,也可以使用包含氧化锌和氮化铝的混合材料的导电材料(称为 Zn-O-Al-N 类导电材料。注意,对各元素的构成百分比没有特别的限制。)注意,因为中间层 163 具有导电性,所以图 4B 所示的光电转换装置所具有的单元 102 也相当于图 4A 所示的层叠有两个单位单元即光电转换层 151 和光电转换层 152 的多结型的单元。

[0090] 注意,当仅注目到图 4A 和 4B 所示的各个光电转换装置中的光电转换层 151、光电转换层 152 以及光电转换层 159 时,从衬底 101 一侧依次层叠有 p 层 153、i 层 154、n 层 155、p 层 156、i 层 157、n 层 158、p 层 160、i 层 161 以及 n 层 162。但是,所公开的本发明不局限于该结构,而也可以用与图 2B 或图 3B 所示的光电转换装置相似的方式,以与图 4A、4B 所示的光电转换层 159 相反的顺序层叠光电转换装置 159 所具有的 p 层 160、i 层 161、n 层 162。或者,以与图 4A、4B 相反的顺序层叠光电转换装置 151 所具有的 p 层 153、i 层 154、n 层 155 以及光电转换层 152 所具有的 p 层 156、i 层 157、n 层 158。

[0091] 注意,在图 4A 和 4B 所示的光电转换装置中,既可以从衬底 101 一侧入射光,又可以从衬底 104 一侧入射光。但是,优选的是,将 p 层 153 配置在比 n 层 155 更接近入射光一侧。空穴的作为载流子的寿命很短,为电子的作为载流子的寿命的大约一半。当对具有 pin 结的光电转换层 151 照射光时,在 i 层 154 内形成大量的电子和空穴,电子移动到 n 层 155 一侧,空穴移动到 p 层 153 一侧,从而可以得到电动势。因此,当从 p 层 153 一侧进行光的照射时,在与离 n 层 155 相比离 p 层 153 更近的 i 层 154 内形成大量的电子和空穴。因此,可以缩短寿命短的空穴移动到 p 层 153 的距离,其结果,可以得到高电动势。由于同样的理

由,优选将 p 层 156 配置在比 n 层 158 更接近入射光一侧,并优选将 p 层 160 配置在比 n 层 162 更接近入射光一侧。

[0092] 此外,虽然在图 4A 和 4B 中例示单元 102 具有两个光电转换层(单位单元)的情况,但是,单元 102 所具有的光电转换层的数目也可以为三个以上。此外,虽然图 4A 和 4B 各自示出单元 105 具有一个光电转换层(单位单元)的情况,但是,单元 105 所具有的光电转换层的数目也可以与单元 102 同样为多个。注意,依次层叠各单元所具有的多个光电转换层,并且,在设置于衬底 101 和 104 中的一方与结构体 103 之间单元 102 和单元 105 所包含的各个光电转换层的 p 层、i 层、n 层依次层叠以实现电串联连接。如此,在多个光电转换层(单位单元)串联连接的情况下,可以得到更高的电动势。

[0093] 注意,短波长的光具有比长波长的光高的能量。因此,在图 1、图 2A 和图 2B、图 3A 和图 3B、图 4A 和图 4B 所示的各个光电转换装置中,通过将单元 102 所具有的单位单元和单元 105 所具有的单位单元中的利用短波长区域光进行光电转换的单位单元配置在更接近入射光一侧,可以抑制在光电转换装置内产生的短波长区域的光的损失,且可以提高转换效率。

[0094] 此外,在图 1、图 2A 和图 2B、图 3A 和图 3B、图 4A 和图 4B 所示的各个光电转换装置中,作为衬底 101、衬底 104,可以使用诸如钠钙玻璃、不透明玻璃、铅玻璃、钢化玻璃、陶瓷玻璃等玻璃衬底。此外,可以使用铝硅酸盐玻璃、钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃等无碱玻璃衬底,石英衬底,陶瓷衬底,不锈钢等金属衬底。有如下的一个趋势:由塑料等合成树脂形成的挠性衬底一般比上述衬底低的上限温度,但是只要能够承受制造工序中的处理温度就可以使用这种衬底。注意,也可以在衬底 101、衬底 104 的光入射面上设置抗反射膜。例如,通过设置氧化钛膜或者添加有选自铜、锰、镍、钴、铁、锌中的至少一种金属元素的氧化钛膜,可以得到抗反射膜。至于该抗反射膜通过如下的方式形成:将包含氧化钛或上述金属元素及氧化钛的有机溶剂涂敷到玻璃衬底,并且根据衬底的耐热性而以 60℃至 300℃的温度进行焙烧,从而薄膜表面有 10nm 至 20nm 厚的凹凸结构(也简单地称为凹凸、凹凸部、纹理结构(texture structure))。优选能够减少微小的凹凸例如纤毛(cilia)。设置在衬底的光入射面上的这种抗反射膜减少入射光的反射,并减少尺寸为 2 μm 至 10 μm 左右的悬浮微粒(沙尘等)的附着,以提高光电转换装置的转换效率。

[0095] 作为塑料衬底,可以举出包括如下材料的衬底:以聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)为典型的聚酯、聚醚砜(PES)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚碳酸酯(PC)、聚酰胺类合成纤维、聚醚醚酮(PEEK)、聚砜(PSF)、聚醚酰亚胺(PEI)、聚芳酯(PAR)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚酰亚胺、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚氯乙烯、聚丙烯、聚醋酸乙烯、丙烯酸树脂等。

[0096] 此外,光电转换层所具有的 p 层、i 层以及 n 层既可以使用单晶半导体、多晶半导体、微晶半导体等具有结晶性的半导体,又可以使用非晶形半导体。此外,作为光电转换层,可以使用硅、硅锗、锗、碳化硅等。

[0097] 注意,微晶半导体是具有介于非晶和晶体(包括单晶、多晶)结构之间的中间结构的半导体。微晶半导体是具有在自由能上稳定的第三状态的半导体。举例说明,微晶半导体是其晶粒尺寸为 2nm 以上且 200nm 以下,优选为 10nm 以上且 80nm 以下,更优选为 20nm 以上且 50nm 以下的半导体。作为微晶半导体的典型例子的微晶硅的拉曼光谱偏移表示

单晶硅的拉曼光谱的低于 520cm^{-1} 的波长一侧。即,微晶硅的拉曼光谱的峰值在表示单晶硅的 520cm^{-1} 和表示非晶硅的 480cm^{-1} 的范围之间。此外,使该微晶硅包含至少 1 原子%或更多的氢或卤素,以便消除不饱和键。进而,通过使该微晶硅还包含氦、氩、氦或氖等的稀有气体元素来进一步促进其晶格畸变,提高稳定性并且可以得到良好的微晶半导体。这种微晶半导体具有晶格畸变,并且由于该晶格畸变,而光学特性从单晶硅的间接迁移型变成直接迁移型。如果至少有 10% 的晶格畸变,则光学特性变成直接迁移型。注意,当局部性地存在晶格畸变时,也可以呈现直接迁移和间接迁移混在一起的光学特性。

[0098] 此外,在用于 i 层的半导体中,例如,包含赋予 p 型或 n 型导电性的杂质元素的浓度为 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以下,包含氧及氮的浓度为 $9 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下,并且光电导率为暗电导率的 100 倍以上。也可以对 i 层添加有 1ppm 至 1000ppm 的硼。在没有特意对 i 层添加用于价电子控制的杂质元素时, i 层有时呈现弱 n 型的导电性。在利用非晶半导体形成 i 层时显著地出现该现象。因此,在形成具有 pin 结的光电转换层的情况下,可以在成膜的同时或成膜后对 i 层添加赋予 p 型导电性的杂质元素。作为赋予 p 型导电性的杂质元素,典型的有硼,并且优选以 1ppm 比 1000ppm 的比例对半导体材料气体混入 B_2H_6 、 BF_3 等的杂质气体。并且,优选将硼的浓度例如设定为 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ 至 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 。

[0099] 或者,通过在形成 p 层后形成 i 层,可以将包含在 p 层中的赋予 p 型导电性的杂质元素扩散到 i 层中。根据上述结构,而即使没有特意对 i 层添加赋予 p 型导电性的杂质元素,也可以进行 i 层的价电子控制。

[0100] 此外,入射光一侧的层优选使用光的吸收系数小的材料而形成。例如,碳化硅的光的吸收系数比硅单质小。因此,通过将碳化硅用于 p 层和 n 层中的更接近光的入射一侧的层,可以提高到达 i 层的光入射量,其结果,可以提高太阳能电池的电动势。

[0101] 注意,可以将硅或锗等材料用于单元 102 及单元 105 的光电转换层,但是,所公开的本发明不局限于该结构。例如,作为单元 102 或单元 105,也可以使用将 Cu、In、Ga、Al、Se、S 等用于光电转换层并被称为 CIS、CIGS 或者黄铜矿 (chalcopyrite) 单元的单元。或者,也可以将作为光电转换层而使用 Cd 化合物的 CdTe-CdS 类单元用作单元 102 或单元 105。也可以将如染料敏化单元、有机半导体单元那样的将有机类材料用于光电转换层的有机类单元用作单元 102 或单元 105。

[0102] 此外,如果假定从衬底 101 一侧对光电转换装置入射光,则由衬底 101 支撑的单元 102 将具有透光性的透明导电材料,具体地说,氧化铟、氧化铟·锡合金 (ITO)、氧化锌等用于导电膜 110 及导电膜 112。此外,也可以使用 Zn-O-Al-N 类导电材料。此外,由衬底 104 支撑的单元 105 将与导电膜 110 及导电膜 112 同样地将具有透光性的透明导电材料用于离光源最近的导电膜 122。并且,由衬底 104 支撑的单元 105 将容易反射光的导电材料,具体地说,铝、银、钛、钽等用于离光源最远的导电膜 120。注意,也可以将上述透明导电材料用于导电膜 120。在此情况下,优选在衬底 104 上形成能够将穿过单元 105 的光反射到单元 105 一侧的膜 (反射膜)。作为反射膜,优选使用铝、银、钛、钽等容易反射光的材料。

[0103] 在使用容易反射光的导电材料来形成导电膜 120 的情况下,通过在接触于光电转换层的一侧的表面上形成凹凸,在导电膜 120 的表面上发生光的漫反射,所以可以在光电转换层中提高光的吸收率,并且提高转换效率。同样地,在形成反射膜的情况下,通过在反射膜的入射光的一侧的表面上形成凹凸,可以提高转换效率。

[0104] 注意,作为透明导电材料,可以使用导电高分子材料(也称为导电聚合物)代替氧化铟等的金属氧化物。作为导电高分子材料,可以使用 π 电子共轭类导电高分子。例如,可以举出聚苯胺和 / 或其衍生物、聚吡咯和 / 或其衍生物、聚噻吩和 / 或其衍生物、这些材料中的两种以上的共聚物等。

[0105] 此外,作为结构体 103 所具有的有机树脂 107,使用能够确保单元 102 和单元 105 之间的光的穿过的透光性材料。例如,作为有机树脂 107,可以使用环氧树脂、不饱和聚酯树脂、聚酰亚胺树脂、双马来酰胺三嗪树脂(bismaleimide-triazine resin)、氰酸酯树脂等的热固性树脂。或者,作为有机树脂 107,可以使用聚苯醚(polyphenylene oxide)树脂、聚醚酰亚胺树脂、氟树脂等的热塑性树脂。此外,作为有机树脂 107,也可以使用从上述热塑性树脂及上述热固性树脂中选出的多种树脂。通过使用上述有机树脂,可以利用热处理将纤维体 106 牢固接合到单元 102 及单元 105。有机树脂 107 的玻璃转变温度越高,越可以提高单元 102 及单元 105 的对局部性推压的机械强度,所以是优选的。

[0106] 可以将高导热性填料分散在有机树脂 107 或纤维体 106 的线束中。作为高导热性填料,可以举出氮化铝、氮化硼、氮化硅、矾土等。此外,作为高导热性填料,有银、铜等的金属粒子。通过在有机树脂或纤维体的线束中含有导电填料(conductive filler),容易将在单元 102 及单元 105 中产生的热释放到外部,所以可以抑制光电转换装置的蓄热,而可以抑制光电转换效率的降低以及光电转换装置的破坏。

[0107] 纤维体 106 是包含有机化合物或无机化合物的高强度纤维的纺织布或无纺布,并且以重叠于单元 102 及单元 105 的方式配置纤维体 106。具体而言,高强度纤维是拉伸弹性模量高的纤维或杨氏模量高的纤维。作为高强度纤维的典型例子,可以举出聚乙烯醇类纤维、聚酯类纤维、聚酰胺类纤维、聚乙烯类纤维、芳族聚酰胺类纤维、聚对苯撑苯并双恶唑(polyparaphenylenebenzobisoxazole)纤维、玻璃纤维、碳纤维。作为玻璃纤维,可以举出使用 E 玻璃、S 玻璃、D 玻璃、Q 玻璃等的玻璃纤维。注意,纤维体 106 既可以由一种上述高强度纤维形成,又可以由多种上述高强度纤维形成。

[0108] 此外,纤维体 106 也可以是将纤维束(单线)(以下称纤维束为线束)用于经线及纬线来编织的纺织布、或者将多种纤维的线束随机地或在一个方向上堆叠而成的无纺布。在纺织布的情况下,可以适当地使用平纹织物、斜纹织物、缎纹织物等。

[0109] 线束的截面可以是圆形或椭圆形。作为纤维束,也可以使用通过高压水流、以液体为介质的高频振荡、连续超声波的振荡、利用辊的推压等实施开纤加工(fiber opening)的纤维束。受到开纤加工的纤维束的宽度变宽,在厚度方向上具有更少的单线,并具有椭圆形或矩形的截面。此外,通过使用低捻丝(loosely twisted yard)作为纤维束,线束容易扁平化,并且线束的截面形状成为椭圆形状或矩形状。如上所述,通过以这种方式使用截面为椭圆形或矩形的线束,可以减薄纤维体 106 的厚度。由此,可以减薄结构体 103 的厚度,从而可以制造薄型光电转换装置。只要纤维束的直径为 $4\mu\text{m}$ 以上且 $400\mu\text{m}$ 以下(优选为 $4\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下),就可以得到足够的抑制由于推压而发生的光电转换装置的破坏的效果。并且,在原理上即使该纤维束的直径更薄,也可以得到上述效果。根据纤维的材料而决定具体纤维的粗细,所以不局限于上述数值范围。

[0110] 在附图中,纤维体 106 由利用其截面为椭圆形的线束来进行平织而成的纺织布表示。

[0111] 接着,图 5A 和 5B 示出纤维体 106 是以纤维束为经线及纬线来编织的纺织布的情况的俯视图。

[0112] 如图 5A 所示,纤维体 106 是用具有一定间隔的经线 250 及具有一定间隔的纬线 251 编织的纺织物。这种由经线 250 及纬线 251 编织的纤维体 106 具有不存在经线 250 及纬线 251 的区域(方平网眼(basket hole)252)。在该纤维体 106 中,更容易将该纤维体 106 浸渍在有机树脂 107 中,从而可以提高纤维体 106 与单元 102 和单元 105 之间的粘合性。

[0113] 此外,如图 5B 所示,纤维体 106 也可以是经线 250 及纬线 251 的密度高且方平网眼 252 所占有的面积小的纤维体。典型地说,优选的是,方平网眼 252 的面积比受到局部性推压的面积小。典型地说,优选的是,方平网眼 252 具有其一边为 0.01mm 以上且 0.2mm 以下的矩形形状。当纤维体 106 的方平网眼 252 的面积这样小时,即使被前端细的构件推压,也可以由纤维体 106 整体吸收该压力,从而可以有效地提高单元的机械强度。

[0114] 此外,为了提高有机树脂对线束内部的渗透率,也可以对线束进行表面处理。作为表面处理,例如,有用来使线束表面活化的电晕放电处理、等离子体放电处理等。此外,还有使用硅烷耦合剂、钛酸盐耦合剂的表面处理。

[0115] 所公开的本发明所使用的结构体 103 将拉伸弹性模量或杨氏模量高的高强度纤维用于纤维体 106。因此,即使受到点压或线压等的局部性推压,推压力被分散到纤维体 106 整体,因而,构成单元的光电转换层、导电膜的裂缝等产生、单元所包含的中间层、或者使单元彼此连接的布线等中发生裂缝等,结果可以提高光电转换装置的机械强度。

[0116] 根据所公开的本发明的一个实施方式的光电转换装置,通过对多个单元之间插入使纤维体浸渍在有机树脂而成的结构体即所谓的预浸料,可以在确保对单元的光入射的同时,可以提高光电转换装置的对推压力的机械强度及其可靠性。并且,通过使多个单元串联连接,可以形成与使用一个单元的情况相比具有更高电动势的光电转换装置。此外,通过使用吸收不同波长的光的多个单元,可以以更简单的工序形成能够将包括从紫外线到红外线的广泛波长范围的光的太阳光以更高转换效率并且没有浪费的方式转换成电能的光电转换装置。

[0117] 此外,可以以更简单的工序将在工序上很难连续形成于一个衬底上的不同种类的单元在光行进的方向上彼此重叠。因此,可以以更简单的工序形成如下光电转换装置:可以将吸收不同波长的光的多个单元彼此重叠,并且可以将包括从紫外线到红外线的广泛波长范围的光的太阳光以更高转换效率并且没有浪费的方式转换成电能。因此,可以抑制用来制造光电转换装置的制造成本。

[0118] 实施方式 2

[0119] 在本实施方式中,以图 2A 所示的光电转换装置为例而说明所公开的本发明的光电转换装置的制造方法。

[0120] 首先,说明在衬底 101 上的单元 102 的形成。如图 6A 所示,在衬底 101 上形成所构图(加工为所预定的形状)的导电膜 110。在本实施方式中,以从衬底 101 一侧入射光的光电转换装置为例而说明,所以优选衬底 101 具有对可见光的透光性。作为衬底 101,例如,可以使用诸如钠钙玻璃、不透明玻璃、铅玻璃、钢化玻璃、陶瓷玻璃等在市场出售的各种玻璃板。此外,可以使用铝硅酸盐玻璃、钡硼硅酸盐玻璃、铝硼硅酸盐玻璃等无碱玻璃衬底;

石英衬底；陶瓷衬底。一般，由塑料等合成树脂构成的挠性衬底（塑料衬底）的温度上限比上述衬底低，但是只要能够承受制造工序中的处理温度就可以使用这种衬底。

[0121] 作为塑料衬底，可以举出以聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）为典型的聚酯、聚醚砜（PES）、聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）、聚碳酸酯（PC）、聚酰胺类合成纤维、聚醚醚酮（PEEK）、聚砜（PSF）、聚醚酰亚胺（PEI）、聚芳酯（PAR）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）、聚酰亚胺、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂、聚氯乙烯、聚丙烯、聚醋酸乙烯、丙烯酸树脂等。

[0122] 此外，在本实施方式中，以从衬底 101 一侧入射光的光电转换装置为例而说明，所以导电膜 110 可以通过使用具有对可见光的透光性的导电材料的诸如以下材料形成：氧化铟锡（ITO）、包含氧化硅的氧化铟锡（ITSO）、有机铟、有机锡、氧化锌（ZnO）、包含氧化锌（ZnO）的氧化铟（IZO：Indium Zinc Oxide）、掺杂有镓（Ga）的 ZnO、氧化锡（SnO₂）、包含氧化钨的氧化铟、包含氧化钨的氧化铟锌、包含氧化钛的氧化铟、包含氧化钛的氧化铟锡等。此外，作为具有透光性的导电材料，可以使用导电高分子材料（也称为导电聚合物）。作为导电高分子材料，可以使用 π 电子共轭类导电高分子。例如，可以举出聚苯胺和 / 或其衍生物、聚吡咯和 / 或其衍生物、聚噻吩和 / 或其衍生物、这些材料中的两种以上的共聚物等。

[0123] 形成导电膜 110，以使其厚度成为 40nm 至 800nm，优选成为 400nm 至 700nm。此外，将导电膜 110 的薄层电阻设定为 20 Ω / $\square$ (square) 至 200 Ω / $\square$ 左右。

[0124] 在本实施方式中，使用如下日本旭硝子株式会社制造的衬底（产品名：Asahi-U），其中，在厚度为 1.1mm 的钠钙玻璃（soda-lime glass）的衬底 101 上依次层叠有厚度为 150nm 的氧化硅膜以及其表面有凹凸的厚度大约为 600nm 的使用氧化锡的导电膜。并且，通过对上述导电膜进行构图，可以形成使多个光电转换层电连接的导电膜 110。注意，导电膜 110 除了通过利用蚀刻或激光等对导电膜进行构图的方法以外，还可以通过利用金属掩模的蒸发法、液滴喷射法等来形成。注意，液滴喷射法是指通过从细孔喷射或喷出包括预定组合物的液滴来形成预定图案的方法，并且喷墨法等被包括在其范畴内。

[0125] 此外，通过在光电转换层 111 一侧的导电膜 110 的表面形成有凹凸，使光在导电膜 110 上折射或漫反射，所以可以在光电转换层 111 中提高光的吸收率，并且提高转换效率。

[0126] 接着，在导电膜 110 上形成依次层叠有 p 层 113、i 层 114、n 层 115 的光电转换层 111。注意，也可以在形成光电转换层 111 之前，进行用来提高导电膜 110 的表面上的清洁度的刷式清洗，具体而言，利用化学溶液等进行清洗来去掉杂质。此外，也可以利用包括氢氟酸等的化学药品对表面进行清洗。在本实施方式中，在利用上述化学溶液对导电膜 110 的表面进行洗涤后，利用 0.5% 的氟化氢水溶液对导电膜 110 的表面进行洗涤。

[0127] p 层 113、i 层 114、n 层 115 可以通过溅射法、LPCVD 法或者等离子体 CVD 法等并使用非晶半导体、多晶半导体、微晶半导体等来形成。此外，p 层 113、i 层 114、n 层 115 优选以不暴露于大气的方式连续形成，以防止尘屑等附着到其界面。

[0128] 或者，也可以将通过 SOI 法形成的单晶半导体薄膜用作 p 层 113、i 层 114、n 层 115。在采用单晶半导体薄膜的情况下，在光电转换层 111 内，成为阻碍载流子的移动的主要原因的晶体缺陷的数量少，所以可以提高转换效率。

[0129] 在本实施方式中，将包括碳化硅的非晶半导体用于 p 层 113，将包括硅的非晶半导体用于 i 层 114，并且将包括硅的微晶半导体用于 n 层 115。

[0130] 包括碳化硅的非晶半导体可以通过对包含碳的气体 and 包含硅的气体进行辉光放

电分解来得到。作为包含碳的气体,可以举出 CH_4 、 C_2H_6 等。作为包含硅的气体,可以举出 SiH_4 、 Si_2H_6 。包含硅的气体也可以利用氢、或氢及氦稀释。此外,在例如使用硼作为赋予 p 型导电性的杂质元素的情况下,通过对包含碳的气体和包含硅的气体添加硼烷、乙硼烷、三氟化硼等,可以对非晶半导体赋予 p 型导电性。具体而言,在本实施方式中,通过将甲烷、甲硅烷、氢、乙硼烷的流量分别设定为 18sccm、6sccm、150sccm、40sccm,将反应压力设定为 67Pa,将衬底温度设定为 250℃,采用 13.56MHz 的高频,在这样的条件下,通过等离子体 CVD 法使用包含碳化硅的 p 型非晶半导体,来形成厚度为 10nm 的 p 层 113。

[0131] 此外,包含硅的非晶半导体通过对上述包含硅的气体进行辉光放电分解来得到。具体而言,在本实施方式中,将甲硅烷、氢的流量分别设定为 25sccm、25sccm,将反应压力设定为 40Pa,将衬底温度设定为 250℃,采用 60MHz 的高频,在这样的条件下,通过等离子体 CVD 法使用包含硅的非晶半导体,来形成厚度为 60nm 的 i 层 114。

[0132] 注意,通过在形成 i 层 114 之前,对 p 层 113 的表面进行利用氢的等离子体处理,可以减少 p 层 113 和 i 层 114 的界面上的晶体缺陷的数目,而可以提高转换效率。具体而言,在本实施方式中,将氢的流量设定为 175sccm,将反应压力设定为 67Pa,将衬底温度设定为 250℃,采用 13.56MHz 的高频,以对 p 层 113 的表面进行等离子体处理。在上述等离子体处理中,也可以对氢添加氦。在添加氦的情况下,例如可以将其流量设定为 60sccm。

[0133] 此外,包含硅的微晶半导体可以通过利用其频率为几十 MHz 至几百 MHz 的高频等离子体 CVD 法、或者其频率为 1GHz 以上的微波等离子体 CVD 装置来形成。典型地说,可以通过利用氢稀释硅烷或乙硅烷等的氢化硅、氟化硅、氯化硅而使用,来形成微晶半导体膜。此外,也可以用氢和选自氦、氩、氦、氖中的一种或多种稀有气体对氢化硅、氟化硅、或氯化硅进行稀释。将氢对硅化氢等包含硅的化合物的流量比设定为大于或等于 5 : 1 且小于或等于 200 : 1,优选设定为大于或等于 50 : 1 且小于或等于 150 : 1,更优选设定为 100 : 1。此外,例如在作为赋予 n 型导电性的杂质元素而使用磷的情况下,通过对包含硅的气体添加磷化氢等,可以对微晶半导体赋予 n 型导电性。具体而言,在本实施方式中,将甲硅烷、氢、磷化氢的流量分别设定为 5sccm、950sccm、40sccm,将反应压力设定为 133Pa,将衬底温度设定为 250℃,采用 13.56MHz 的高频,在这样的条件下,通过等离子体 CVD 法使用包含硅的非晶半导体,来形成厚度为 10nm 的 n 层 115。

[0134] 注意,在将氧化铟锡用于导电膜 110 的情况下,当在导电膜 110 上形成作为非晶半导体的 i 层 114 时,在形成 i 层 114 之际氢使导电膜 110 中的氧化铟锡还原,所以有可能导致导电膜 110 的膜质劣化。在将氧化铟锡用于导电膜 110 的情况下,为防止氧化铟锡被还原,而优选在使用氧化铟锡的导电膜上以几十纳米的厚度层叠使用氧化锡的导电膜或使用包括氧化锌和氮化铝的混合材料的导电材料的导电膜而成的膜作为导电膜 110。

[0135] 此外,作为用于光电转换层 111 的半导体的材料,除了硅、碳化硅以外,还可以使用诸如锗,或者砷化镓、磷化铟、硒化锌、氮化镓、锗化硅等的化合物半导体。

[0136] 此外,能够以如下的方式在非晶半导体膜或微晶半导体膜上形成使用多晶半导体的光电转换层 111:通过对非晶半导体膜或微晶半导体膜进行激光晶化法、热晶化法、使用镍等的促进晶化的催化剂元素的热晶化法等中的一种或组合上述方法中的多种来使其晶化。此外,也可以通过利用溅射法、等离子体 CVD 法、热 CVD 法等直接形成多晶半导体。

[0137] 并且,如图 6B 所示,利用蚀刻、激光等对依次层叠有 p 层 113、i 层 114、n 层 115 的

光电转换层 111 进行构图。构图并分开的多个光电转换层 111 在 p 层 113 一侧与至少一个导电膜 110 电连接。

[0138] 接着,如图 6C 所示,在光电转换层 111 上形成所构图的导电膜 112。在本实施方式中,以从衬底 101 一侧入射光的光电转换装置为例而说明,所以作为导电膜 112 而优选以与导电膜 110 相似的方式使用具有对可见光的透光性的上述导电材料。形成导电膜 112, 以使其厚度成为 40nm 至 800nm, 优选成为 400nm 至 700nm。此外,将导电膜 112 的薄层电阻设定为 $20\ \Omega/\square$ 至 $200\ \Omega/\square$ 左右,即可。在本实施方式中,使用氧化锡来形成厚度大约为 600nm 的导电膜 112。

[0139] 注意,可以通过在光电转换层 111 上形成导电膜,然后对该导电膜进行构图来形成所构图的导电膜 112。注意,导电膜 112 除了利用蚀刻或激光等对导电膜进行构图的方法以外,还可以通过利用金属掩模的蒸发法、液滴喷射法等来形成。导电膜 112 在 n 层 115 一侧与通过构图而分开的多个光电转换层 111 中的至少一个电连接。并且,在 p 层 113 一侧与一个光电转换层 111 电连接的导电膜 110,电连接至在 n 层 115 一侧与不同于上述一个光电转换层 111 的光电转换层 111 电连接的导电膜 112。

[0140] 注意,也可以在导电膜 112 的与形成光电转换层 111 的一侧相反的一侧的表面上形成有凹凸。根据上述结构,而使光在导电膜 112 上折射或漫反射,所以可以在光电转换层 111 中以及在之后形成的光电转换层 121a 中提高光的吸收率,并且提高转换效率。

[0141] 接着,说明在衬底 104 上的单元 105 的形成。如图 6D 所示,在衬底 104 上形成所构图的导电膜 120。在本实施方式中,以从衬底 101 一侧入射光的光电转换装置为例而说明,所以衬底 104 除了可用于衬底 101 的上述衬底以外,还可以使用具有绝缘表面的金属衬底等的透光性低的衬底。

[0142] 作为导电膜 120,使用容易反射光的导电材料,具体地说,铝、银、钛、钽等。注意,也可以将上述具有透光性的导电材料用于导电膜 120。在此情况下,优选将容易反射光的材料用于衬底 104,或者在衬底 104 上形成能够将穿过单元 105 的光反射到单元 105 一侧的膜(反射膜)。作为反射膜,可以使用铝、银、钛、钽等。

[0143] 在使用容易反射光的导电材料来形成导电膜 120 的情况下,当在接触于光电转换层 121a 的一侧的表面上形成凹凸时,在导电膜 120 的表面上发生光的漫反射,所以可以在光电转换层 111 中以及在光电转换层 121a 中提高光的吸收率,并且提高转换效率。同样地,在形成反射膜的情况下,通过在反射膜的入射光一侧的表面上形成凹凸,可以提高转换效率。

[0144] 形成导电膜 120,以使其厚度成为 40nm 至 800nm, 优选成为 400nm 至 700nm。此外,将导电膜 120 的薄层电阻设定为大约 $20\ \Omega/\square$ 至 $200\ \Omega/\square$ 左右,即可。具体而言,在本实施方式中,通过溅射法层叠使用铝形成的厚度为 300nm 的导电膜、使用银形成的厚度为 100nm 的导电膜、使用包含铝的氧化锌形成的厚度为 60nm 的导电膜,并将该层叠的导电膜用做导电膜 120。

[0145] 可以通过在衬底 104 上形成导电膜,然后对该导电膜进行构图来形成所构图的导电膜 120。注意,导电膜 120 以与导电膜 110、导电膜 112 相似的方式,除了利用蚀刻或激光等对导电膜进行构图的方法以外,还可以通过利用金属掩模的蒸发法、液滴喷射法等来形成。通过上述构图,可以形成使之后形成的多个光电转换层电连接的导电膜 120。

[0146] 接着,在导电膜 120 上形成依次层叠有 n 层 123、i 层 124、p 层 125 的光电转换层 121a。注意,也可以在形成光电转换层 121a 之前,进行用来提高导电膜 120 的表面的清洁度的刷式清洗,具体而言,利用化学溶液等进行清洗来去掉杂质。此外,也可以利用包括氢氟酸等的化学溶液对表面进行清洗。在本实施方式中,在利用上述化学溶液对导电膜 120 的表面进行洗涤后,利用 0.5% 的氟化氢水溶液对导电膜 120 的表面进行洗涤。

[0147] n 层 123、i 层 124、p 层 125 的层叠顺序与 n 层 115、i 层 114、p 层 113 的层叠顺序相反,但是,n 层 123 可以与 n 层 115 同样地形成,i 层 124 可以与 i 层 114 同样地形成,并且 p 层 125 可以与 p 层 113 同样地形成。就是说,可以通过溅射法、LPCVD 法或者等离子体 CVD 法等并使用非晶半导体、多晶半导体、微晶半导体等来形成 n 层 123、i 层 124 和 p 层 125。此外,n 层 123、i 层 124、p 层 125 优选以不暴露于大气的方式连续形成,以防止尘屑等附着到其界面。

[0148] 或者,也可以将通过 SOI 法形成的单晶半导体薄膜用作 n 层 123、i 层 124、p 层 125。在采用单晶半导体薄膜的情况下,光电转换层 121a 具有的成为阻碍载流子的移动的因素的晶体缺陷少,所以可以提高转换效率。在本实施方式中,将包括碳化硅的非晶半导体用于 p 层 125,将包括硅的非晶半导体用于 i 层 124,并且将包括硅的微晶半导体用于 n 层 123。

[0149] 此外,在形成光电转换层 111 的情况下,为了形成光电转换层 111,在形成 i 层 114 之前,对 p 层 113 的表面进行利用氢的等离子体处理,但是,为了形成光电转换层 121a,优选在形成 i 层 124 之后,对 i 层 124 的表面进行利用氢的等离子体处理,然后形成 p 层 125。根据上述结构,可以减少 p 层 125 和 i 层 124 之间的界面上的晶体缺陷的数目,可以提高转换效率。具体而言,在本实施方式中,将氢的流量设定为 175sccm,将反应压力设定为 67Pa,将衬底温度设定为 250℃,采用 13.56MHz 的高频,在这样的条件下,对 i 层 124 的表面进行等离子体处理。在上述等离子体处理中,也可以对氢添加氩。在添加氩的情况下,可以将其流量例如设定为 60sccm。

[0150] 此外,因为在本实施方式中,从衬底 101 一侧入射光,所以接近光源的光电转换层 111 所具有的 i 层 114 的厚度,比远离光源的光电转换层 121a 所具有的 i 层 124 小。在本实施方式中,在导电膜 120 上依次层叠使用包含硅的非晶半导体的厚度为 10nm 的 n 层 123、使用包含硅的非晶半导体的厚度为 300nm 的 i 层 124、使用包含碳化硅的 p 型非晶半导体的厚度为 10nm 的 p 层 125。

[0151] 注意,在 i 层 114 是使用包含硅的非晶半导体而形成的情况下,优选将其厚度设定为 20nm 至 100nm 左右,更优选设定为 50nm 至 70nm。在 i 层 114 是使用包含硅的微晶半导体而形成的情况下,优选将其厚度设定为 100nm 至 400nm 左右,更优选设定为 150nm 至 250nm。在 i 层 114 是使用包含硅的单晶半导体而形成的情况下,优选将其厚度设定为 200nm 至 500nm 左右,更优选设定为 250nm 至 350nm。

[0152] 此外,在 i 层 124 是使用包含硅的非晶半导体而形成的情况下,优选将其厚度设定为 200nm 至 500nm 左右,更优选设定为 250nm 至 350nm。在 i 层 124 是使用包含硅的微晶半导体而形成的情况下,优选将其厚度设定为 0.7 μm 至 3 μm 左右,更优选设定为 1 μm 至 2 μm 。在 i 层 124 是使用包含硅的单晶半导体而形成的情况下,优选将其厚度设定为 1 μm 至 100 μm 左右,更优选设定为 8 μm 至 12 μm 。

[0153] 并且,如图 6D 所示,利用蚀刻、激光等对依次层叠有 n 层 123、i 层 124、p 层 125 的光电转换层 121a 进行构图。构图并分开的多个光电转换层 121a 在 n 层 123 一侧分别与至少一个导电膜 120 电连接。

[0154] 接着,在光电转换层 121a 上形成所构图的导电膜 122。在本实施方式中,以从衬底 101 一侧入射光的光电转换装置为例而说明,所以作为导电膜 122 而优选以与导电膜 110、导电膜 112 相似的方式使用具有对可见光的透光性的上述导电材料。形成导电膜 122,以使其厚度成为 40nm 至 800nm,优选成为 400nm 至 700nm。此外,将导电膜 122 的薄层电阻设定为 $20\ \Omega/\square$ 至 $200\ \Omega/\square$ 左右,即可。在本实施方式中,使用氧化锡来形成厚度大约为 600nm 的导电膜 122。

[0155] 注意,可以通过在光电转换层 121a 上形成导电膜,然后对该导电膜进行构图来形成所构图的导电膜 122。注意,导电膜 122 除了利用蚀刻或激光等对导电膜进行构图的方法以外,还可以通过利用金属掩模的蒸发法、液滴喷射法等来形成。导电膜 112 在 p 层 125 一侧与通过构图而分开的多个光电转换层 121a 中的至少一个电连接。并且,在 n 层 123 一侧与一个光电转换层 121a 电连接的导电膜 120,电连接至在 p 层 125 一侧与不同于上述一个光电转换层 121a 的光电转换层 121a 电连接的导电膜 122。

[0156] 接着,以单元 102 和单元 105 相对且结构体 103 介于单元 102 和单元 105 的方式将衬底 101、结构体 103 以及衬底 104 层叠在一起,在该结构体 103 中纤维体 106 浸渍在有机树脂 107 中。结构体 103 也被称为预浸料。具体来说,预浸料通过如下的方式形成:在对纤维体浸渍用有机溶剂稀释矩阵树脂而成的清漆之后,进行干燥来使有机溶剂挥发以使矩阵树脂半固化。结构体 103 的厚度优选为 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下,更优选为 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下。通过采用具有上述厚度的结构体,当衬底 101 及衬底 104 具有挠性时,可以制造薄型且能够弯曲的光电转换装置。

[0157] 另外,虽然在本实施方式中使用将单层的纤维体 106 浸渍在有机树脂的结构体 103,但是所公开的本发明不局限于该结构。还可以使用对层叠的多个纤维体 106 浸渍有机树脂的结构体。另外,当层叠在每一个结构体中对单层的纤维体 106 浸渍有机树脂的多个结构体时,还可以在各结构体之间夹有其他的层。

[0158] 并且,如图 6E 所示,通过对结构体 103 进行加热及压合使结构体 103 的有机树脂 107 塑化或固化。另外,当有机树脂 107 为可塑性有机树脂时,通过将其温度冷却到室温来使塑化的有机树脂固化。在大气压或低压下完成对结构体进行压合的工序。

[0159] 通过上述制造方法,可以制造图 2A 所示的光电转换装置。另外,在使用上述制造方法制造出来的光电转换装置中,单元 102 具有各包括导电膜 110、光电转换层 111 及导电膜 112 的多个第一叠层体,该多个第一叠层体的 pn 结或 pin 结串联电连接在一起。单元 105 具有各包括导电膜 120、光电转换层 121a 及导电膜 122 的多个第二叠层体,该多个第二叠层体的 pn 结或 pin 结串联电连接在一起。在多个第一叠层体、结构体 103 和多个第二叠层体不重叠的区域中,多个第一叠层体各自的 pn 结或 pin 结与多个第二叠层体各自的 pn 结或 pin 结并联电连接在一起。

[0160] 另外,在本实施方式中,虽然对将预先准备的结构体 103 牢固接合到单元 102 及单元 105 的例子进行了说明,但是所公开的本发明不局限于该结构。还可以在单元 102 上放上纤维体之后,对该纤维体浸渍有机树脂来形成结构体 103。

[0161] 当在单元 102 上形成结构体 103 时,能够如下地形成结构体 103:首先如图 7A 所示地将纤维体 106 放在单元 102 上。然后,如图 7B 所示地对纤维体 106 浸渍有机树脂 107。作为对纤维体 106 浸渍有机树脂 107 的方法,可以采用印刷法、浇铸法、液滴喷射法、浸涂法等。注意,在图 7C 中,虽然示出结构体 103 具有单层的纤维体 106 的例子,但是所公开的本发明不局限于该结构。结构体 103 还可以使用两层以上的纤维体 106。

[0162] 接着,以纤维体 106 及有机树脂 107 与单元 105 接触的方式将衬底 104 重叠于衬底 101 上。随后,通过对有机树脂 107 进行加热来使其塑化或固化,可以形成如图 7C 所示的固定在单元 102 及单元 105 的结构体 103。另外,当有机树脂为可塑性有机树脂时,则通过将其温度冷却到室温来使塑化的有机树脂固化。

[0163] 在本实施方式中,虽然以图 2A 所示的光电转换装置的制造方法为例进行说明,但是所公开的本发明不局限于该结构。图 2B、图 3A 和 3B、图 4A 和 4B 所示的光电转换装置也可以根据本实施方式所示的制造方法来制造。

[0164] 实施方式 3

[0165] 在本实施方式中,说明将具有光电转换层的单元形成并粘合到塑料衬底(具有挠性的衬底)上的结构。具体而言,举例说明如下的结构。在该结构中,在玻璃或陶瓷等耐热性高的支撑衬底上夹着剥离层及绝缘层而形成包括光电转换层的被剥离层后,用剥离层使支撑衬底和被剥离层彼此分开,将分开的被剥离层粘合到塑料衬底上,以在该塑料衬底上形成单元。在本实施方式中,对配置于与光入射侧相反的一侧的单元(底部单元)的制造进行说明。当作为配置于光入射侧的单元(顶部单元)而使用根据本实施方式所说明的制造方法形成的单元时,可以适当地改变电极及构成光电转换层的层的层叠顺序。

[0166] 此外,本实施方式中的光电转换层是指包括利用光照射而得到光电动势的半导体层的层。就是说,光电转换层是指形成有以 pn 结或 pin 结为典型的半导体结的半导体层。

[0167] 形成光电转换层作为支撑衬底上的被剥离层,在该光电转换层中,在成为一个电极(背面电极)的导电膜上层叠第一半导体层(例如 p 型半导体层)、第二半导体层(例如 i 型半导体层)以及第三半导体层(例如 n 型半导体层)。另外,在该光电转换层中,也可以层叠第一半导体层(例如 p 型半导体层)以及第三半导体层(例如 n 型半导体层)。作为用于光电转换层的半导体层,可以利用非晶硅、微晶硅等不需要高热处理就可以制造的半导体层。还可以采用如下半导体层,即利用耐热性高的支撑衬底并使用诸如晶体硅等需要一定程度的加热或激光处理的晶体半导体层。因此,可以在塑料衬底上形成光谱灵敏度特性不同的半导体层,所以可以谋求转换效率的提高以及衬底的轻量化所引起的便携性的提高。

[0168] 作为为了将半导体层转换为 n 型半导体层而引入到半导体层的杂质元素的典型例子,可以举出属于元素周期表第 15 族的元素的磷、砷或锑等。此外,作为为了将半导体层转换为 p 型半导体层而引入到半导体层的杂质元素的典型例子,可以举出属于元素周期表第 13 族的元素的硼或铝等。

[0169] 在本实施方式中作为一例而示出的光电转换层的截面图中,第一半导体层、第二半导体层、第三半导体层用相同的数目及形状示出。但是,在第二半导体层的导电型是 p 型或 n 型的情况下,pn 结形成于第一半导体层和第二半导体层之间或者第二半导体层和第三半导体层之间。为了使受到光感应的载流子移动到 pn 结而不重新结合,优选使 pn 结面积

大。从而,第一半导体层的数目及形状和第三半导体层的数目及形状不需要相同。此外,在第二半导体层的导电型为 i 型的情况下,空穴的寿命也比电子短,所以优选使 pi 结面积大,并且,与上述 pn 结的情况同样,第一半导体层的数目及形状和第三半导体层的数目及形状不需要相同。

[0170] 图 8A 至 8E 示出具备光电转换层的单元的制造工序的一例。

[0171] 首先,在具有绝缘表面的支撑衬底 1201 上夹着剥离层 1202 而形成绝缘层 1203、导电膜 1204、以及包括第一半导体层 1205(例如 p 型半导体层)、第二半导体层 1206(例如 i 型半导体层)以及第三半导体层 1207(例如 n 型半导体层)等的光电转换层 1221(参照图 8A)。

[0172] 作为支撑衬底 1201,可以使用玻璃衬底、石英衬底、蓝宝石衬底、陶瓷衬底、其表面形成有绝缘层的金属衬底等的耐热性高的衬底。

[0173] 剥离层 1202 形成为单层或层叠的多层,利用溅射法、等离子体 CVD 法、涂布法、印刷法等并使用由选自钨(W)、钼(Mo)、钛(Ti)、钽(Ta)、铌(Nb)、镍(Ni)、钴(Co)、锆(Zr)、锌(Zn)、钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)、锇(Os)、铱(Ir)、硅(Si)中的一种元素,或者以上述元素为主要成分的合金材料、以上述元素为主要成分的化合物材料。包括硅的层的晶体结构可以是非晶、微晶以及多晶中的任一种。注意,在此,涂布法包括旋涂法、液滴喷射法、分配器方法、喷嘴印制法(nozzle-printing method)、槽缝染料涂布法(slot die coating method)。

[0174] 在剥离层 1202 具有单层结构的情况下,优选形成钨层、钼层、包括钨和钼的混合物的层。或者,形成包括钨的氧化物或氮氧化物的层、包括钼的氧化物或氮氧化物的层、包括钨和钼的混合物的氧化物或氮氧化物的层。注意,钨和钼的混合物例如相当于钨和钼的合金。

[0175] 在剥离层 1202 具有多层结构的情况下,优选的是,作为第一层而形成钨层、钼层、包括钨和钼的混合物的层,并且,作为第二层而形成钨、钼或钨和钼的混合物的氧化物、氮氧化物、氮氧化物或氮氧化物。

[0176] 在作为剥离层 1202 而形成由包括钨的层和包括钨的氧化物的层构成的叠层结构的情况下,通过形成包括钨的层并且在其上形成由氧化物形成的绝缘层,在钨层和绝缘层之间的界面形成包括钨的氧化物的层。再者,也可以通过对包括钨的层的表面进行热氧化处理、氧等离子体处理、利用臭氧水等氧化力强的溶液的处理等,来形成包括钨的氧化物的层。此外,等离子体处理或加热处理可以在氧、一氧化二氮或者这种气体和另一种气体的混合气体的气氛下进行。在形成包括钨的氮化物、氮氧化物以及氮氧化物的层的情况下也是同样的,在形成包括钨的层后,可以在其上形成氮化硅层、氮氧化硅层、氮氧化硅层。

[0177] 另外,可以使用氧化硅膜、氮化硅膜、氮氧化硅膜、氮氧化硅膜等的无机绝缘膜的单层或多层来形成成为基底的绝缘层 1203。

[0178] 在本说明书中,氮氧化硅是指在其组成上氧含量多于氮含量的物质,例如,氮氧化硅包含浓度为 50 原子%以上且 70 原子%以下的氧、0.5 原子%以上且 15 原子%以下的氮、25 原子%以上且 35 原子%以下的硅以及 0.1 原子%以上且 10 原子%以下的氢。另外,氮氧化硅是指在其组成上氮含量多于氧含量的物质,例如,氮氧化硅包含浓度为 5 原子%以上且 30 原子%以下的氧、20 原子%以上且 55 原子%以下的氮、25 原子%以上且 35 原子%

以下的硅以及 10 原子%以上且 25 原子%以下的氢。注意,在使用卢瑟福背散射光谱学法(RBS,即Rutherford Backscattering Spectrometry)以及氢前方散射法(HFS,即Hydrogen Forward Scattering)来进行测定时,氧、氮、硅和氢的百分比落入上述的范围。此外,构成元素的百分比的总计不超过 100 原子%。

[0179] 另外,导电膜 1204 优选使用光反射率高的金属膜。例如,可以使用铝、银、钛、钼等。注意,导电膜 1204 可以使用蒸发法或溅射法来形成。另外,导电膜 1204 也可以由多个层形成,例如,可以采用金属膜、金属的氧化膜或金属的氮化膜等而形成并层叠用来提高导电膜 1204 和第一半导体层 1205 之间的粘合性的缓冲层等。另外,还可以通过对导电膜 1204 的表面进行蚀刻处理等的加工而形成纹理结构(凹凸结构)。由于通过使导电膜 1204 的表面具有纹理结构可以进行光的漫反射,所以可以有效地将入射光转换为电能。注意,纹理结构是指以不使入射的光发生反射的方式形成的凹凸结构,通过该凹凸结构利用光的漫反射来提高入射到光电转换层的光量并提高转换效率。

[0180] 另外,第一半导体层 1205、第二半导体层 1206 和第三半导体层 1207 可以使用任一种以下的材料形成:通过使用以硅烷及锗烷为代表的半导体材料气体的气相生长法或溅射法来制造的非晶半导体,利用光能或热能使该非晶半导体晶化而得到的多晶半导体,或者微晶(也称为半非晶或微晶。)半导体等。可以通过溅射法、LPCVD 法或等离子体 CVD 法等形式形成半导体层。

[0181] 在考虑到吉布斯自由能时,微晶半导体膜属于位于非晶结构和单晶结构的中间结构的准稳定状态。也就是说,微晶半导体膜包含具有自由能方面稳定的第三状态的半导体,并具有短程有序及晶格畸变。柱状或针状晶体在相对于衬底表面的法线方向上生长。微晶半导体的典型例子的微晶硅的拉曼光谱转移到比表示单晶硅的 520cm^{-1} 低的波数。即,微晶硅的拉曼光谱的峰值位于表示单晶硅的 520cm^{-1} 和表示非晶硅的 480cm^{-1} 之间。此外,包含至少 1 原子%或其以上的氢或卤素,以消除不饱和键(dangling bond)。再者,通过使微晶半导体膜包含氢、氘、氦、氖等的稀有气体元素而进一步促进晶格畸变,可以提高稳定性并得到优质的微晶半导体膜。

[0182] 作为非晶半导体,例如可举出氢化非晶硅。作为晶体半导体,例如可举出多晶硅等。多晶硅包括:以多晶硅为主要成分并在 800°C 以上的加工温度下形成的所谓的高温多晶硅;以多晶硅为主要成分并在 600°C 以下的加工温度下形成的所谓的低温多晶硅;以及使用促进晶化的元素等使非晶硅晶化的多晶硅等。当然,如上所述,也可以使用微晶半导体或部分包括晶相的半导体。

[0183] 另外,除了硅、碳化硅之外,还可以使用锗,或砷化镓、磷化铟、硒化锌、氮化镓、锗化硅等的化合物半导体来形成第一半导体层 1205、第二半导体层 1206 及第三半导体层 1207。

[0184] 当将晶体半导体层用作半导体层时,作为该晶体半导体层的制造方法,可以使用激光晶化法、热晶化法等各种方法形成。另外,可以利用热处理和激光照射的组合来使非晶半导体层晶化。可以分别进行多次的热处理或激光照射。

[0185] 可以通过等离子体 CVD 法在衬底上直接形成晶体半导体层。另外,也可以通过等离子体 CVD 法在衬底上选择性地形成晶体半导体层。注意,晶体半导体层优选在支撑衬底 1201 上以具有晶体生长成柱状的柱状结构的方式形成。

[0186] 注意,向第一半导体层 1205 和第三半导体层 1207 之一引入赋予第一导电型(例如 p 型导电性)的杂质元素,向另一个引入赋予第二导电型(例如 n 型导电性)的杂质元素。另外,优选第二半导体层 1206 为本征半导体层或引入有赋予第一导电型或第二导电型的杂质元素的层。在本实施方式中,虽然示出层叠三层半导体层以形成 pin 结并将其作为光电转换层的例子,但是也可以层叠多层半导体层以形成如 pn 结等的其他的结。

[0187] 通过上述工序,在剥离层 1202 和绝缘层 1203 上,可以形成导电膜 1204 和光电转换层 1221 等,该光电转换层 1221 包括:第一半导体层 1205、第二半导体层 1206 以及第三半导体层 1207。

[0188] 接着,使用剥离用粘合剂 1209 将由绝缘层 1203 上的导电膜 1204、第一半导体层 1205、第二半导体层 1206 及第三半导体层 1207 形成的被剥离层接合至临时支撑衬底 1208,并使用剥离层 1202 将被剥离层从支撑衬底 1201 上剥离。通过上述步骤被剥离层被设置在临时支撑衬底 1208 一侧(参照图 8B)。

[0189] 临时支撑衬底 1208 可以使用玻璃衬底、石英衬底、蓝宝石衬底、陶瓷衬底、金属衬底等。另外,还可以使用具有能够承受本实施方式的处理温度的耐热性的塑料衬底或者薄膜之类的挠性衬底。

[0190] 另外,作为这里所使用的剥离用粘合剂 1209,采用如可溶于水或溶剂的粘合剂或能够通过紫外线等的照射而被塑化的粘合剂等,从而在需要时能够对临时支撑衬底 1208 和被剥离层进行化学或物理上的分离。

[0191] 另外,上述作为一例而示出的将被剥离层转移到临时支撑衬底的工序,还可以采用其他的方法来进行。例如,可以适当地使用如下方法的任一种:在衬底与被剥离层之间形成剥离层,并在该剥离层与被剥离层之间设置金属氧化膜,通过使该金属氧化膜晶化而使其脆弱化以使该被剥离层剥离的方法;在耐热性高的支撑衬底与被剥离衬底之间设置含有氢的非晶硅膜,通过激光照射或蚀刻去除该非晶硅膜以使该被剥离层剥离的方法;在支撑衬底与被剥离层之间形成剥离层,并在该剥离层与被剥离层之间设置金属氧化膜,通过使该金属氧化膜晶化而使其脆弱化,并且利用溶液或 NF_3 、 BrF_3 、 ClF_3 等的氟化卤素气体蚀刻掉剥离层的一部分,在被脆弱化的金属氧化膜进行剥离的方法;机械地削除或利用溶液或 NF_3 、 BrF_3 、 ClF_3 等的氟化卤素气体蚀刻掉形成有被剥离层的支撑衬底的方法等。另外,还可以使用如下方法:使用包含氮、氧、氢等的膜(例如,包含氢的非晶硅膜、含氢的合金膜、含氧的合金膜等)作为剥离层,对剥离层照射激光使剥离层内含有的氮、氧及氢作为气体释放以促进被剥离层和衬底的剥离。

[0192] 此外,通过组合多种上述剥离方法,能够更容易地进行转移工序(transfer process)。也就是说,可以在进行激光的照射后通过物理力(利用机械等)进行剥离;使用气体或溶液等的对剥离层的蚀刻;使用锋利的刀子或手术刀等的机械削除,以创造能使剥离层和被剥离层彼此容易剥离的条件。

[0193] 此外,也可以使液体浸透到剥离层和被剥离层的界面以从支撑衬底剥离被剥离层,或者也可以在该界面边浇水或乙醇等液体边进行剥离。

[0194] 而且,当使用钨形成剥离层 1202 时,优选边使用氨水和过氧化氢溶液的混合溶液对剥离层进行蚀刻边进行剥离。

[0195] 接着,使用粘合剂层 1210 将从支撑衬底 1201 剥离并露出有剥离层 1202 和绝缘层

1203 的被剥离层粘合在塑料衬底 1211 上（参照图 8C）。

[0196] 作为粘合剂层 1210 的材料，可以使用各种固化型粘合剂诸如反应固化型粘合剂、热固化型粘合剂、紫外线固化型粘合剂等光固化型粘合剂、以及厌氧型粘合剂等。

[0197] 作为塑料衬底 1211，可以使用具有挠性并能够透射可见光的各种衬底，优选使用有机树脂的薄膜等。作为有机树脂，例如可以使用丙烯酸树脂、如聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）或聚萘二甲酸乙二醇酯（PEN）等的聚酯树脂、聚丙烯腈树脂、聚酰亚胺树脂、聚甲基丙烯酸甲酯树脂、聚碳酸酯树脂（PC）、聚醚砜树脂（PES）、聚酰胺树脂、环烯烃树脂、聚苯乙烯树脂、聚酰胺-酰亚胺树脂、聚氯乙烯树脂等。

[0198] 也可以预先在塑料衬底 1211 上形成如氮化硅或氧氮化硅等包含氮和硅的膜、氮化铝等包含氮和铝的膜等的透水性低的保护层。

[0199] 然后，通过将剥离用粘合剂 1209 溶解或塑化，去除临时支撑衬底 1208（参照图 8D）。接着，在将光电转换层 1221 加工成期望的形状等之后，在第三半导体层 1207 上形成成为另一个电极（表面电极）的导电膜 1212（参照图 8E）。

[0200] 通过上述步骤，可以将具备光电转换层的单元转移到塑料衬底等的衬底上制造。本实施方式中具备光电转换层的单元可以接合至如上述实施方式所示的、具有利用将纤维体浸渍在有机树脂的结构体的另一光电转换层的单元，由此来制造光电转换装置。

[0201] 注意，可以使用溅射法或真空蒸发法形成导电膜 1212。另外，导电膜 1212 优选使用能够充分透光的材料来形成。作为上述材料，例如可以使用铟锡氧化物（ITO）、含有氧化硅的铟锡氧化物（ITSO）、有机铟、有机锡、氧化锌（ZnO）、含有氧化锌的铟锌氧化物（IZO）、掺杂有镓（Ga）的 ZnO、氧化锡（SnO₂）、含有氧化钨的铟氧化物、含有氧化钨的铟锌氧化物、含有氧化钛的铟氧化物、含有氧化钛的铟锡氧化物等来形成。另外，作为具有透光性的导电材料，可以使用导电高分子材料（也称为导电聚合物）。作为导电高分子材料，可以使用 π 电子共轭类导电高分子。例如，可以举出聚苯胺和 / 或其衍生物、聚吡咯和 / 或其衍生物、聚噻吩和 / 或其衍生物、以及这些材料中的两种以上的共聚物等。

[0202] 另外，本实施方式可以与任意其他实施方式适当地组合。

[0203] 实施方式 4

[0204] 在本实施方式中，举出一例对具有光电转换层的单元的制造方法进行说明，其中所述光电转换层通过将单晶半导体衬底贴合到玻璃或陶瓷等制成的支撑衬底上而制造。另外，在本实施方式中，对配置于与光入射侧相反的一侧的单元（底部单元）的制造进行说明。当将根据本实施方式所说明的制造方法形成的单元作为配置于光入射侧的单元（顶部单元）时，可以适当地改变电极及构成光电转换层的层的层叠顺序。

[0205] 在接合到支撑衬底的单晶半导体衬底中形成脆化层。并预先在单晶半导体衬底上形成：作为一个电极（背面电极）的导电膜；层叠有第一半导体层、第二半导体层和第三半导体层的光电转换层；以及用于与支撑衬底贴合的绝缘层。并且，可以在将支撑衬底与绝缘层彼此紧密接合之后，在脆化层附近对其进行剥离，由此在支撑衬底上制造使用单晶半导体层作为用于光电转换层的半导体层的光电转换装置。由此，可以制造具有能阻止载流子移动的晶体缺陷更少的光电转换层的单元，可以实现转换效率高的光电转换装置。

[0206] 注意，虽然在本实施方式中作为一例而示出的光电转换层的截面图中，第一半导体层、第二半导体层、第三半导体层以相同的数目及形状示出，但是，在第二半导体层的导

电型是 p 型或 n 型的情况下,在第一半导体层和第二半导体层之间或者在第二半导体层和第三半导体层之间形成 pn 结。为了使受到光感应的载流子移动到 pn 结而不重新结合,优选使 pn 结面积大。从而,第一半导体层的数目及形状和第三半导体层的数目及形状不需要相同。此外,在第二半导体层的导电型为 i 型的情况下,空穴的寿命比电子短,所以优选使 pi 结面积大,并且,与上述 pn 结的情况同样,第一半导体层的数目及形状和第三半导体层的数目及形状不需要相同。

[0207] 另外,向第一半导体层和第三半导体层之一引入赋予第一导电型(例如 p 型导电性)的杂质元素,向另一个引入赋予第二导电型(例如 n 型导电性)的杂质元素。另外,第二半导体层优选为本征半导体层或引入有赋予第一导电型或第二导电型的杂质元素的层。在本实施方式中,虽然示出层叠三层半导体层作为光电转换层的例子,但是也可以层叠多层半导体层以形成如 pn 结等的其他的结。

[0208] 另外,这里所说的“脆化层”是指在剥离工序中单晶半导体衬底被剥离为单晶半导体层和剥离衬底(单晶半导体衬底)的区域及其附近。脆化层的状态根据形成脆化层的方法而不同。例如,脆化层是指因晶体结构局部无序而被脆弱化的层。注意,虽然有时从单晶半导体衬底的一个表面到脆化层之间的区域也多少被脆弱化,但是本说明书中的脆弱层是指在之后进行分割的区域及其附近。

[0209] 注意,这里所说的“单晶半导体”是指晶面和晶轴一致,并且构成该晶体的原子或分子以空间有序的方式排列的半导体。注意,在单晶半导体中,不排除具有不规则性的半导体,例如包括具有原子或分子的排列部分无序的晶格缺陷的半导体或具有有意的或无意的晶格畸变的半导体等。

[0210] 图 9A 至 9F 是示出具备本实施方式的光电转换层的单元的制造工序的一个例子的图。

[0211] 首先,在具有第一导电型的单晶半导体衬底 1101 的一个表面上形成保护层 1102(参照图 9A)。并且,从保护层 1102 的表面引入赋予第一导电型的杂质元素,由此形成引入有赋予第一导电型的杂质元素的第一半导体层 1103(参照图 9B)。

[0212] 另外,虽然以上的说明中示出单晶半导体衬底 1101 具有第一导电型,但是单晶半导体衬底 1101 的导电型不局限于此。优选单晶半导体衬底 1101 所引入的杂质元素的浓度低于之后形成的第一半导体层及第三半导体层所引入的赋予导电型的杂质元素的浓度。

[0213] 作为单晶半导体衬底 1101,可以使用硅或锗等的半导体晶片、砷化镓或磷化铟等化合物半导体晶片等。其中,优选使用单晶硅晶片。虽然单晶半导体衬底 1101 的平面形状没有限定于特别的形状,但是当之后固定单晶半导体衬底 1101 的支撑衬底为矩形时,优选单晶半导体衬底 1101 是矩形。另外,优选将单晶半导体衬底 1101 的表面抛光成镜面。

[0214] 另外,在市场上流通的单晶硅晶片的多半是圆形,当使用这种圆形晶片时,将其加工为矩形或多边形即可。例如,如图 10A 至 10C 所示,可以从圆形的单晶半导体衬底 1101(参照图 10A)切割出矩形形状的单晶半导体衬底 1101a(参照图 10B)、多边形的单晶半导体衬底 1101b(参照图 10C)。

[0215] 而且,图 10B 表示单晶半导体衬底 1101a 被切割成具有内接于圆形的单晶半导体衬底 1101 的、尺寸最大的矩形形状的情况。在此,单晶半导体衬底 1101a 的角部的角度大约为 90 度。此外,图 10C 表示切割出其对边的间隔长于上述单晶半导体衬底 1101a 的对边

的间隔的单晶半导体衬底 1101b 的情况。在此情况下,单晶半导体衬底 1101b 的各角部的角度不是 90 度,并且该单晶半导体衬底 1101b 是多边形,而不是矩形。

[0216] 作为保护层 1102 优选使用氧化硅或氮化硅。作为形成保护层 1102 的方法,例如可以使用等离子体 CVD 法或溅射法等。另外,也可以通过使用氧化性的化学药品或氧基对单晶半导体衬底 1101 进行氧化处理,形成保护层 1102。再者,还可以通过利用热氧化法使单晶半导体衬底 1101 的表面氧化来形成保护层 1102。通过形成保护层 1102,当在单晶半导体衬底 1101 中形成脆化层时,或者当对单晶半导体衬底 1101 添加赋予一种导电型的杂质元素时,可以防止衬底表面受到损坏。

[0217] 通过对单晶半导体衬底 1101 引入赋予第一导电型的杂质元素来形成第一半导体层 1103。另外,由于在单晶半导体衬底 1101 上形成有保护层 1102,赋予第一导电型的杂质元素通过保护层 1102 引入单晶半导体衬底 1101。

[0218] 作为上述赋予第一导电型的杂质元素,使用周期表第 13 族的一种元素,例如硼。由此,可以形成具有 p 型导电性的第一半导体层 1103。另外,第一半导体层 1103 还可以使用热扩散法来形成。但是,因为在热扩散法中进行 900℃ 左右或其以上的高温处理,所以需要在形成脆化层之前进行。

[0219] 通过上述方法来形成的第一半导体层 1103 被配置在与光入射侧相反的一侧。在此,当使用 p 型衬底作为单晶半导体衬底 1101 时,第一半导体层 1103 是高浓度 p 型区域。由此,从与光入射侧相反的一侧按顺序配置高浓度 p 型区域和低浓度 p 型区域,以形成背面电场 (BSF ;Back Surface Field)。就是说,电子不能进入高浓度 p 型区域,因此可以降低由于光激发而发生的载流子的重新结合。

[0220] 接着,对保护层 1102 的表面照射离子,在单晶半导体衬底 1101 中形成脆化层 1104 (参照图 9C)。在此,作为上述离子,优选使用利用包含氢的原料气体而生成的离子 (特别为 H^+ 离子、 H_2^+ 离子、 H_3^+ 离子等)。而且,形成脆化层 1104 的深度由照射离子时的加速电压控制。此外,根据形成脆化层 1104 的深度,决定从单晶半导体衬底 1101 分离的单晶半导体层的厚度。

[0221] 在离单晶半导体衬底 1101 的表面 (准确的是第一半导体层 1103 的表面) 500nm 以下的深度,优选为 400nm 以下的深度,更优选为 50nm 以上且 300nm 以下的深度的形成脆化层 1104。通过在较浅的深度形成脆化层 1104,可以较厚地残留分离后的单晶半导体衬底,所以可以增加单晶半导体衬底的重复利用次数。

[0222] 上述离子的照射可以通过利用离子掺杂装置、离子注入装置来进行。因为离子掺杂装置中通常不进行质量分离,所以即使将单晶半导体衬底 1101 大型化,也可以对单晶半导体衬底 1101 的整个表面均匀地照射离子。另外,当利用离子照射来在单晶半导体衬底 1101 上形成脆化层 1104 时,可以提高离子掺杂装置、离子注入装置的加速电压,以便使分离的单晶半导体层较厚。

[0223] 另外,离子注入装置是指对由原料气体生成的离子进行质量分离并将其照射到对象物,来添加构成该离子的元素的装置。另外,离子掺杂装置是指不对由原料气体生成的离子进行质量分离地将其照射到对象物,来添加构成该离子的元素的装置。

[0224] 在形成上述脆化层 1104 之后,去除保护层 1102 并在第一半导体层 1103 上形成成为一个电极的导电膜 1105。

[0225] 这里,导电膜 1105 优选采用能够承受之后的工序中的热处理膜的膜。作为导电膜 1105,例如可以使用钛、钼、钨、钽、铬、镍等。另外,还可以采用任一上述金属材料及其氮化物的叠层结构。例如,可以采用氮化钛层和钛层的叠层结构、氮化钽层和钽层的叠层结构、氮化钨层和钨层的叠层结构等。当采用上述那样的利用氮化物的叠层结构时,优选与第一半导体层 1103 接触地形成氮化物。通过氮化物的形成,导电膜 1105 和第一半导体层 1103 能够牢固地彼此接合。而且,导电膜 1105 可以通过利用蒸发法、溅射法来形成。

[0226] 接着,在导电膜 1105 上形成绝缘层 1106(参照图 9D)。绝缘层 1106 既可以采用单层结构又可以采用 2 层以上的叠层结构,但是在任何情况下优选其表面具有高平坦性。另外,还优选其最外的表面具有亲水性。作为上述绝缘层 1106,例如可以形成氧化硅层、氮化硅层、氧氮化硅层、氮氧化硅层等。作为绝缘层 1106 的形成方法,可以举出等离子体 CVD 法、光 CVD 法、热 CVD 法等 CVD 法。尤其是,通过应用等离子体 CVD 法,可以形成其平均面粗糙度 (R_a) 为 0.5nm 以下(优选为 0.3nm 以下)的平坦的绝缘层 1106。

[0227] 另外,作为上述绝缘层 1106,尤其优选通过使用有机硅烷的化学气相淀积法形成的氧化硅层。作为有机硅烷,可以使用四乙氧基硅烷(tetraethoxysilane)(TEOS: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、三甲基硅烷($\text{TMS}:(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$)、四甲基环四硅氧烷(TMCTS)、八甲基环四硅氧烷(OMCTS)、六甲基二硅氮烷(HMDS)、三乙氧基硅烷($\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$)、三二甲氨基硅烷($\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$)等。当然,也可以通过利用甲硅烷、乙硅烷或丙硅烷等无机硅烷来形成氧化硅、氧氮化硅、氮化硅、氮氧化硅等。

[0228] 另外,当绝缘层 1106 为叠层结构时,优选采用包括氮化硅层、氮氧化硅层等的含有氮的硅绝缘层的叠层结构。由此,可以防止来自支撑衬底的碱金属、碱土金属等所引起的半导体的污染。

[0229] 另外,当导电膜 1105 具有适当光滑的表面,具体地说,当导电膜 1105 具有平均面粗糙度 (R_a) 为 0.5nm 以下(优选为 0.3nm 以下)的表面时,有时不形成绝缘层 1106 也能够进行贴合。此时,不需要形成绝缘层 1106。

[0230] 接着,通过向紧密接合的上述绝缘层 1106 的一个表面和支撑衬底 1107 的一个表面加压,将单晶半导体衬底 1101 上的叠层结构和支撑衬底 1107 贴合在一起(参照图 9E)。

[0231] 此时,在上述贴合前,对要贴合的表面(在此,绝缘层 1106 的一个表面和支撑衬底 1107 的一个表面)进行足够的清洁化。这是因为如下缘故:当在要贴合的表面上存在有微小的尘埃等时,贴合失败的发生几率增高。而且,也可以预先使要贴合的表面活化,以降低贴合失败。例如,通过对要贴合的表面的一方或双方照射原子束或离子束,以使要贴合的表面活化。此外,也可以通过等离子体处理、化学药品处理等来进行活化。如此,通过使涉及贴合的表面活化,即使在 400℃ 以下的温度下也可以实现良好的贴合。

[0232] 而且,也可以采用如下结构:在支撑衬底 1107 上形成氮化硅层、氮氧化硅层等含有氮的硅绝缘层,并且将其与绝缘层 1106 紧密接合。在此情况下,也可以防止来自支撑衬底 1107 的碱金属、碱土金属等所引起的半导体的污染。

[0233] 接着,通过进行热处理,来加强贴合。进行热处理的温度必须以不在脆化层 1104 中促进剥离而设定。例如,可以设定为不足 400℃、优选为 300℃ 以下的温度。对热处理时间没有特别的限制,而根据处理速度和贴合强度的关系适当地设定最适的条件即可。作为一例,可以采用 200℃、2 小时左右的热处理。在此,也可以仅对要贴合的区域照射微波,进

行局部性的热处理。而且,在对贴合强度没有问题的情况下,也可以省略上述加热处理。

[0234] 接着,在脆化层 1104 中,将单晶半导体衬底 1101 剥离为剥离衬底 1108 和由单晶半导体构成的第二半导体层 1109(参照图 9F)。单晶半导体衬底 1101 的分离通过热处理来进行。该热处理的温度可以根据支撑衬底 1107 的温度上限而设定。例如,在使用玻璃衬底作为支撑衬底 1107 的情况下,优选在 400℃以上且 650℃以下的温度下进行热处理。但是,若是短时间进行,则也可以进行 400℃以上且 700℃以下的热处理。当然,在玻璃衬底的温度上限高于 700℃的情况下,也可以将热处理温度设定得高于 700℃。

[0235] 通过进行上述那样的热处理,形成于脆化层 1104 中的微孔发生体积变化,而在脆化层 1104 中发生裂缝。其结果,沿着脆化层 1104,单晶半导体衬底 1101 剥离。因为绝缘层 1106 与支撑衬底 1107 贴合在一起,所以由从单晶半导体衬底 1101 分离的单晶半导体构成的第二半导体层 1109 残留在支撑衬底 1107 上。此外,通过该热处理,支撑衬底 1107 和绝缘层 1106 的要贴合的界面被加热,所以在要贴合的界面形成共价键,从而进一步提高支撑衬底 1107 和绝缘层 1106 之间的贴合力。

[0236] 而且,第二半导体层 1109 和第一半导体层 1103 的厚度的合计大体上对应于形成有脆化层 1104 的深度。

[0237] 另外,当以脆弱层 1104 为边界对单晶半导体衬底 1101 进行剥离时,有时在第二半导体层 1109 的剥离面(分离面)上产生凹凸。另外,该凹凸面的结晶性及平坦性有时由于离子而受到损伤,所以优选对该表面的结晶性及平坦性进行恢复,以使第二半导体层 1109 能够作为用于外延生长的种子层。例如,可以在利用激光处理恢复结晶性或利用蚀刻去除损伤层的同时,进行使表面再次平坦的工序。另外,此时通过与激光处理一起进行热处理,可以谋求结晶性或损伤的恢复。作为热处理,优选利用加热炉、RTA 等进行比以脆化层 1104 为边界的用于单晶半导体衬底 1101 的剥离的热处理更高温和/或更长时间的热处理。当然,以不超过支撑衬底 1107 的应变点左右的温度进行热处理。

[0238] 通过上述工序,可以得到由固定在支撑衬底 1107 上的单晶半导体形成的第二半导体层 1109。另外,剥离衬底 1108 在进行了再生处理之后可以进行再利用。进行再生处理之后的剥离衬底 1108 既可以用于为了剥离单晶半导体层的衬底(在本实施方式中,对应于单晶半导体衬底 1101),又可以用于任一其它目的。当将剥离衬底重用作剥离单晶半导体层的衬底时,可以从一个单晶半导体衬底制造多个光电转换装置。

[0239] 接着,在第二半导体层 1109 上形成第三半导体层 1110,从而形成由第一半导体层 1103、第二半导体层 1109、第三半导体层 1110 构成的光电转换层 1111。接着,在将光电转换层 1111 加工成希望的形状等之后,在第三半导体层 1110 上形成成为另一个电极(表面电极)的导电膜 1112(参照图 9G)。

[0240] 通过上述步骤,可以制造具备由单晶半导体层形成的光电转换层的单元。具备本实施方式中的光电转换层的单元,可以利用如上述实施方式所示那样的将纤维体浸渍在有机树脂并部分导电的结构体(预浸料),接合至具备另一光电转换层的单元,从而制造光电转换装置。

[0241] 另外,由于作为单晶半导体的典型例子的单晶硅为间接迁移型的半导体,所以其光吸收系数低于作为直接迁移型的半导体的非晶硅的光吸收系数。为此,为了充分地吸收太阳光,利用单晶硅的光电转换层需要比利用非晶硅的光电转换层厚几倍以上。

[0242] 至于由单晶半导体形成的第二半导体层 1109 的厚膜化,作为一个例子,可以在形成非单晶半导体层以覆盖并填充第二半导体层 1109 的凹陷之后,进行加热处理,并将第二半导体层 1109 作为种子层通过固相外延生长来形成非单晶半导体层。另外,还可以通过等离子体 CVD 法等利用气相外延生长来形成非单晶半导体层。作为进行固相外延生长的热处理,可使用 RTA 装置、炉、高频发生装置等的热处理装置来进行。

[0243] 另外,可以使用溅射法或真空蒸发法形成导电膜 1112。另外,导电膜 1112 优选使用能够充分透光的材料来形成。作为上述材料,例如包括铟锡氧化物 (ITO)、含有氧化硅的铟锡氧化物 (ITSO)、有机铟、有机锡、氧化锌 (ZnO)、含有氧化锌的铟氧化物 (IZO)、掺杂有镓 (Ga) 的 ZnO、氧化锡 (SnO₂)、含有氧化钨的铟氧化物、含有氧化钨的铟锌氧化物、含有氧化钛的铟氧化物、含有氧化钛的铟锡氧化物等来形成。另外,作为具有透光性的导电材料,可以使用导电高分子材料 (也称为导电聚合物)。作为导电高分子材料,可以使用 π 电子共轭类导电聚合物。例如,可以举出聚苯胺和 / 或其衍生物、聚吡咯和 / 或其衍生物、聚噻吩和 / 或其衍生物、以及这些材料中的两种以上的共聚物等。

[0244] 另外,本实施方式可以与任意其他实施方式适当地组合。

[0245] 实施方式 5

[0246] 在本实施方式中,举出一个例子对具备使用单晶半导体衬底形成的光电转换层的单元的形成方法进行说明。另外,在本实施方式中,对配置于与光入射侧相反的一侧的单元 (底部单元) 的单元的制造进行说明。当作为配置于光入射侧的单元 (顶部单元) 而制造根据本实施方式所说明的制造方法来制造的单元时,可以适当地改变电极及构成光电转换层的层的层叠顺序。

[0247] 使用单晶半导体衬底制造的光电转换层,例如在单晶半导体衬底内有半导体结,并且在成为一个电极 (背面电极) 的导电膜上形成有层叠了第一半导体层、第二半导体层、第三半导体层的光电转换层。并且,将光电转换层的一个表面形成成为纹理结构 (凹凸结构) 并在光电转换层上形成电极,从而可以获得使用单晶半导体衬底制造的单元。

[0248] 另外,形成第一半导体层和第三半导体层,以向第一半导体层和第三半导体层之一引入赋予第一导电型 (例如 n 型导电性) 的杂质元素,向另一个引入赋予第二导电型 (例如 p 型导电性) 的杂质元素。另外,第二半导体层优选为本征半导体层或引入有赋予第一导电型或第二导电型的杂质元素的层。在本实施方式中,虽然示出层叠三层半导体层以形成光电转换层的例子,但是也可以层叠多层半导体层以形成如 pn 结等的其他的结。

[0249] 另外,虽然在本实施方式中作为一例而示出的光电转换层的截面图中,第一半导体层、第二半导体层、第三半导体层以相同的数目示出,但是,在第二半导体层的导电型是 p 型或 n 型的情况下,在第一半导体层和第二半导体层之间或者在第二半导体层和第三半导体层之间形成 pn 结。为了使受到光感应的载流子移动到 pn 结而不重新结合,优选使 pn 结面积大。从而,第一半导体层的数目及形状和第三半导体层的数目及形状不需要相同。此外,在第二半导体层的导电型为 i 型的情况下,空穴的寿命也比电子短,所以优选使 pi 结面积大,并且,与上述 pn 结的情况同样,第一半导体层的数目及形状和第三半导体层的数目及形状不需要相同。

[0250] 注意,这里所说的单晶半导体是指晶面和晶轴一致,并且构成该晶体的原子或分子以空间有序的方式排列。另外,在单晶半导体中,还具有不规则性的半导体,例如具有原

子或分子部分无序的晶格缺陷的半导体或具有有意或无意的晶格畸变的半导体等。

[0251] 图 11A 至 11C 是示出具备本实施方式的光电转换层的单元的制造工序的一个例子的图。

[0252] 首先,对赋予了第一导电型的单晶半导体衬底 1301 的一个表面进行蚀刻处理等的加工,由此形成纹理结构(凹凸结构)1302(参照图 11A)。由于单晶半导体衬底 1301 的表面形成成为具有纹理结构,可以进行光的漫反射,所以可以有效地将入射到之后形成的半导体结的光转换为电能。

[0253] 另外,单晶半导体衬底 1301 的导电型并不限于第一导电型(例如 p 型)。优选单晶半导体衬底 1301 所引入的杂质元素的浓度低于之后形成的第一半导体层及第三半导体层所引入的赋予一种导电型的杂质元素的浓度。

[0254] 作为单晶半导体衬底 1301,可以使用硅或锗等的半导体晶片、砷化镓或磷化铟等化合物半导体晶片等。其中,优选使用单晶硅晶片。

[0255] 另外,在市场上流通的单晶硅晶片的多半是圆形,当使用这种圆形晶片时,可以如上述实施方式的图 10A 至 10C 所示那样将其加工为矩形或多边形的形状。

[0256] 接着,在单晶半导体衬底 1301 的纹理结构 1302 上形成第一半导体层 1303。作为第一半导体层 1303,既可以通过利用热扩散法等对单晶半导体衬底 1301 引入赋予第二导电型的杂质元素来形成,又可以通过在形成有纹理结构 1302 的单晶半导体衬底 1301 上来形成。另外作为赋予第二导电型的杂质元素,可以使用属于周期表第 15 族的一种元素,例如磷。

[0257] 接着,在第一半导体层 1303 上形成成为表面电极的导电膜 1304(参照图 11B)。另外,还可以在第二半导体层 1303 与导电膜 1304 之间形成抗反射膜等的其他的膜。

[0258] 另外,导电膜 1304 可以利用溅射法或真空蒸发法来形成。另外,导电膜 1304 优选使用能够充分透光的材料来形成。导电膜 1304 例如可以使用铟锡氧化物(ITO)、含有氧化硅的铟锡氧化物(ITSO)、有机铟、有机锡、氧化锌(ZnO)、含有氧化锌的铟氧化物(铟锌氧化物(IZO))、掺杂有镓(Ga)的 ZnO、氧化锡(SnO₂)、含有氧化钨的铟氧化物、含有氧化钨的铟锌氧化物、含有氧化钛的铟氧化物、含有氧化钛的铟锡氧化物等来形成。作为具有透光性的导电材料,可以使用导电高分子材料(也称为导电聚合物)。作为导电高分子材料,可以使用 π 电子共轭类导电高分子。例如,可以举出聚苯胺和/或其衍生物、聚吡咯和/或其衍生物、聚噻吩和/或其衍生物、以及这些材料中的两种以上的共聚物等。

[0259] 另外,导电膜 1304 也可以利用丝网印刷法等印刷法,涂敷并印刷含有银膏等的金属的溶剂来形成。另外,由于设置有导电膜 1304 的面成为受光面,所以为了使光能够充分地透射,不将导电膜形成在整个表面而将其形成为网眼形状。

[0260] 接下来,在与设置有单晶半导体衬底 1301 的纹理结构 1302 及导电膜 1304 一侧的表面相反的表面,形成第三半导体层 1305 以及成为背面电极的导电膜 1306(参照图 11C)。作为第三半导体层 1305,既可以通过利用热扩散法等对单晶半导体衬底 1301 引入赋予第一导电型的杂质元素来形成,又可以与单晶半导体衬底 1301 接触地形成。另外作为赋予第一导电型的杂质元素,可以使用属于周期表第 13 族的一种元素,例如硼。

[0261] 另外,导电膜 1306 优选使用光反射率高的金属膜。例如,可以使用铝、银、钛、钼等。此外,导电膜 1306 可以使用蒸发法或溅射法来形成。另外,导电膜 1306 也可以由多

个层构成,例如,可以使用金属膜、金属的氧化膜或金属的氮化膜等而形成用来提高导电膜 1306 和第三半导体层 1305 之间的粘合性的缓冲层,且这些层可以层叠。另外,导电膜 1306 还可以通过层叠光反射率高的金属膜和光反射率低的金属膜来形成。

[0262] 通过上述工序,可以获得被导电膜 1304 及导电膜 1306 夹持并由第一半导体层 1303、成为第二半导体层的单晶半导体衬底 1301 以及第三半导体层 1305 构成的光电转换层 1307,并可以制造具备由单晶半导体层形成的光电转换层的单元。在本实施方式中具备光电转换层的单元,贴合至具有如上述实施方式所示那样将纤维体浸渍在有机树脂的结构体(预浸料)的另一光电转换层的单元,从而制造光电转换装置。

[0263] 本实施方式可以与任意其他实施方式适当地组合。

[0264] 实施方式 6

[0265] 在本实施方式中,对将单元串联连接的光电转换装置的例子进行说明(参照图 12)。

[0266] 图 12 所示的光电转换装置,包括光电转换层在衬底 101 上串联连接的单元 102,以及光电转换层在衬底 104 上串联连接的单元 105。

[0267] 具体地,通过设置在光电转换层的一部分中的导通部 612 使第一导电层与第二导电层彼此电连接,光电转换区域 610 中的光电转换层与邻接于光电转换区域 610 的光电转换区域中的光电转换层串联连接。另外,通过设置在光电转换层的一部分中的导通部 616 使第一导电层与第二导电层电连接,光电转换区域 614 中的光电转换层与邻接于光电转换区域 614 的光电转换区域中的光电转换层串联连接。

[0268] 虽然对于制造方法没有特别的限定,但是例如可以采用以下方法。在衬底 101 上形成所预定的图案的第一导电层,并形成光电转换层,对光电转换层进行构图以形成到达上述第一导电层的接触孔,形成第二导电层以覆盖光电转换层,通过至少对第二导电层进行构图来在衬底 101 上形成单元 102。使用与上述同样的方法在衬底 104 上形成单元 105,并利用结构体 103 贴合单元 102 和单元 105 来完成光电转换装置。另外,关于各工序的详细说明可以参照之前的实施方式。

[0269] 通过采用上述那样的结构,能够将大量的光电转换层串联连接。也就是说,即使当需要较大的电压的用途时,也能够提供可以供给足够电压的光电转换装置。

[0270] 另外,本实施方式可以与任意其他实施方式适当地组合。

[0271] 实施方式 7

[0272] 在本实施方式中,参照附图对可以用于光电转换装置的制造的装置的例子进行说明。

[0273] 图 13 示出能够用于光电转换装置、尤其是光电转换层的制造的装置的一个例子。图 13 所示的装置具备传输室(transfer chamber)1000、装载/卸载室 1002、第一淀积室 1004、第二淀积室 1006、第三淀积室 1008、第四淀积室 1010、第五淀积室 1012 以及传输机械 1020。

[0274] 利用传输室 1000 所具备的传输机械 1020,进行装载/卸载室 1002 及各淀积室之间的衬底的传输。另外,在各淀积室中形成有构成光电转换层的半导体层。下面,对使用该装置的光电转换层的淀积工序的一个例子进行说明。

[0275] 首先,利用传输机械 1020 将导入到装载/卸载室 1002 的衬底传输到第一淀积室

1004。优选预先在该衬底上形成有用作电极或布线的导电膜。至于导电膜的材质或形状（图案）等可以根据所要求的光学特性或电特性进行适当地变更。另外，这里，举出将玻璃衬底用作衬底，形成具有透光性的导电膜作为导电膜，且光从该导电膜入射到光电转换层的例子进行说明。

[0276] 在第一淀积室 1004 中形成与导电膜接触的第一半导体层。这里，虽然对形成添加有赋予 p 型导电性的杂质元素的半导体层（p 层）作为第一半导体层的情况进行了说明，但是公开的本发明的一个方式不局限于此。也可以形成添加有赋予 n 型导电性的杂质元素的半导体层（n 层）。作为成膜方法，典型地可以举出 CVD 法为例，但是不局限于此。例如，也可以利用溅射法等形式形成第一半导体层。另外，当利用 CVD 法形成第一半导体层时，也可以将淀积室称为“CVD 室”。

[0277] 接着，形成其上有上述第一半导体层的衬底被传输到第二淀积室 1006、第三淀积室 1008 或第四淀积室 1010 之一中。在第二淀积室 1006、第三淀积室 1008 或第四淀积室 1010 中，形成不添加赋予导电型的杂质元素的第二半导体层（i 层）以与第一半导体层接触。

[0278] 这里，为了形成第二半导体层而准备第二淀积室 1006、第三淀积室 1008 和第四淀积室 1010 三个淀积室是由于以下缘故：与第一半导体层相比需要将第二半导体层形成为较厚。当将第二半导体层形成得厚于第一半导体层时，考虑到第一半导体层和第二半导体层的淀积速度，第二半导体层的形成工序所需的时间比第一半导体层的形成工序所需的时间更多。为此，当仅在一个淀积室中进行第二半导体层的形成时，第二半导体层的成膜工序成为速度控制因素。由于上述原因，图 13 所示的装置具有准备有三个用于形成第二半导体层的淀积室的结构。另外，能够用于光电转换层的形成的装置的结构不局限于此。另外，作为形成第二半导体层的方法还可以与第一半导体层的情况同样地利用 CVD 法等，但是公开的本发明的实施方式并不局限于此。

[0279] 接着，在其上形成有上述第二半导体层的衬底被传输到第五淀积室 1012。在第五淀积室 1012 中以与第二半导体层接触的方式形成添加有赋予与第一半导体层不同的导电型的杂质元素的第三半导体层。这里，虽然对形成添加有赋予 n 型导电性的杂质元素的半导体层（n 层）作为第三半导体层的情况进行了说明，但是公开的本发明的一个实施方式不局限于此。作为形成第三半导体层的方法，可以与第一半导体层的情况同样地利用 CVD 法等，但是公开的本发明的一个实施方式不局限于此。

[0280] 通过上述步骤可以在导电膜上形成具有层叠有第一半导体层、第二半导体层及第三半导体层的结构的光电转换层。

[0281] 另外，在图 13 中，虽然对具备装载 / 卸载室 1002、用于形成第一半导体层的第一淀积室 1004、用于形成第二半导体层的第二淀积室 1006、用于形成第二半导体层的第三淀积室 1008、用于形成第二半导体层的第四淀积室 1010 以及用于形成第三半导体层的第五淀积室 1012 的装置进行了说明，但是能够用于根据所公开的本发明的光电转换装置的制造的装置的结构不局限于该结构。例如，也可以将第四淀积室 1010 用于第三半导体层的形成。

[0282] 另外，在图 13 中举出具备六个反应室的装置的例子进行了说明，但是能够用于根据所公开的本发明的光电转换装置的制造的装置不局限于该结构。例如，该装置还可以具

备用于形成导电膜的淀积室、进行各种表面处理的表面处理室或者用于分析膜的质量的分析室等。

[0283] 图 14 示出能够用于形成多个光电转换层的叠层结构时的装置的一个例子。图 14 所示的装置具备传输室 2100、分析室 2102、表面处理室 2104、第一淀积室 2106、装载室 2108、第二淀积室 2110、第三淀积室 2112、第四淀积室 2114、传输机械 2120、传输室 2140、第一淀积室 2142、第二淀积室 2144、第三淀积室 2146、卸载室 2148、第四淀积室 2150、第五淀积室 2152、第六淀积室 2154 以及传输机械 2160，其中传输室 2100 与传输室 2140 通过连接室 2180 连接。

[0284] 利用传输室 2100 所具备的传输机械 2120 进行装载室 2108、分析室 2102、表面处理室 2104 以及传输室 2100 周围的淀积室之间的衬底的传输。另外，利用传输室 2140 所具备的传输机械 2160 进行卸载室 2148 以及传输室 2140 周围的各淀积室之间的衬底的传输。另外，在各淀积室中形成有构成光电转换层的半导体层或光电转换装置的导电膜等。下面，对用于该装置的光电转换层的淀积工序的一个例子进行说明。

[0285] 首先，利用传输机械 2120 将导入到装载室 2108 的衬底传输到第一淀积室 2106。在第一淀积室 2106 中，在衬底上形成有用作电极或布线的导电膜。至于导电膜的材料或形状（图案）等可以根据所要求的光学特性或电特性进行适当地变更。另外，作为导电膜的淀积方法，典型地可以利用溅射法，但是本公开的发明的实施方式并不局限于此。例如，也可以利用蒸发法。当利用溅射法进行形成导电膜时，也可以将上述淀积室称为溅射室。另外，这里，举出当将玻璃衬底用作衬底，形成具有透光性的导电膜作为导电膜，且光从该导电膜入射到光电转换层时的例子进行说明。

[0286] 接着，其上形成有上述导电膜的衬底被传输到表面处理室 2104。在表面处理室 2104 中进行在导电膜的表面上形成凹凸形状（纹理结构）的处理。由此，可以将光封闭在光电转换层中，所以可以提高光电转换装置的光电转换率。作为凹凸形状的形成方法，例如可以举出蚀刻处理，但是本公开的发明的实施方式不局限于此。

[0287] 接着，上述衬底被传输到第二淀积室 2110。在第二淀积室 2110 中形成与导电膜接触的第一光电转换层的第一半导体层。这里，虽然对形成添加有赋予 p 型导电性的杂质元素的半导体层（p 层）作为第一半导体层的情况进行了说明，但是公开的本发明的一个实施方式不局限于此。也可以形成添加有赋予 n 型导电性的杂质元素的半导体层（n 层）。作为淀积方法，典型地可以举出 CVD 法等，但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。例如，也可以利用溅射法等形成第一半导体层。

[0288] 接着，其上形成有上述第一半导体层的衬底被传输到第三淀积室 2112。在第三淀积室 2112 中接触第一半导体层地形成不添加有赋予导电性的杂质元素的第二半导体层（i 层）。作为第二半导体层的形成方法，与第一半导体层同样地，可以举出 CVD 法等为例，但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。

[0289] 接着，其上形成有上述第二半导体层的衬底被传输到第四淀积室 2114。在第四淀积室 2114 中接触第二半导体层地形成添加有赋予与第一半导体层不同的导电性的杂质元素的第三半导体层。这里，虽然对形成添加有赋予 n 型导电性杂质元素的半导体层（n 层）作为第三半导体层的情况进行了说明，但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。作为第三半导体层的形成方法，可以与第一半导体层同样地利用 CVD 法等，但是本公开的发明

明的一个实施方式不局限于此。

[0290] 通过上述步骤可以在导电膜上形成具有层叠有第一半导体层、第二半导体层及第三半导体层的结构的第一光电转换层。

[0291] 接着,其上形成有上述第一光电转换层的衬底被再次传输到第一淀积室 2106。在第一淀积室 2106 中,在第一光电转换层上形成具有导电性的中间层。中间层的材料或形状(图案)等可以根据所要求的光学特性或电特性进行适当地变更,但是在制造工序上来说优选中间层具有与导电膜同样的结构。

[0292] 接着,通过连接室 2180 将其上形成有中间层的衬底送达到传输机械 2160。传输机械 2160 将该衬底传输到第一淀积室 2142。在第一淀积室 2142 中,形成与中间层接触的第三光电转换层的第一半导体层。这里,虽然对形成添加有赋予 p 型导电性杂质元素的半导体层(p 层)作为第一半导体层的情况进行了说明,但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。作为淀积方法,典型地可以举出 CVD 法等,但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。

[0293] 接着,其上形成有上述第一半导体层的衬底被传输到第四淀积室 2150、第五淀积室 2152 和第六淀积室 2154。在第四淀积室 2150、第五淀积室 2152 或第六淀积室 2154 中,与第一半导体层接触地形成不添加有赋予导电性的杂质元素的第二半导体层(i 层)。作为淀积方法,与第一半导体层同样地,可以举出 CVD 法等,但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。

[0294] 这里,为了形成第二半导体层准备了第四淀积室 2150、第五淀积室 2152 或第六淀积室 2154 三个淀积室的原因与图 13 所示的装置的情况相同。也就是说,将第二光电转换层的第二半导体层(i 层)形成得厚于第一光电转换层的第二半导体层(i 层)。此外,能够用于光电转换层的形成的装置的结构不局限于此。另外,作为形成第二导电膜的方法还可以与第一半导体层同样地利用 CVD 法等,但是并不局限于此。

[0295] 接着,其上形成有上述第二半导体层的衬底被传输到第二淀积室 2144。在第二淀积室 2144 中形成有接触于第二半导体层添加有赋予与第一半导体层不同的导电性的杂质元素的第三半导体层。这里,虽然对形成添加有赋予 n 型杂质元素的半导体层(n 层)作为第三半导体层的情况进行了说明,但是公开的本发明的一个方式不局限于此。作为成膜方法,可以与第一半导体层同样地利用 CVD 法等,但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。

[0296] 通过上述步骤可以在中间层上形成具有层叠有第一半导体层、第二半导体层及第三半导体层的结构的第二光电转换层。

[0297] 接着,其上形成有上述第二光电转换层的衬底被传输到第三淀积室 2146。在第三淀积室 2146 中,在第二光电转换层上形成用作电极或布线的导电膜。至于导电膜的材料或形状(图案)等可以根据所要求的光学特性或电特性进行适当地变更。另外,作为导电膜的淀积方法,典型地可以利用溅射法,但是本公开的发明的一个实施方式并不局限于此。例如,也可以利用蒸发法。当利用溅射法形成导电膜时,也可以将上述淀积室称为溅射室。另外,这里,对形成具有光反射性的导电膜作为导电膜的情况进行了说明,但是本公开的发明的一个实施方式不局限于此。例如,也可以层叠具有透光性的导电膜和具有光反射性导电膜而形成导电膜。

[0298] 然后,将上述衬底从卸载室 2148 取出到外部。

[0299] 通过上述步骤可以制造具有以下结构的光电转换装置:在衬底上依次层叠有导电膜、第一光电转换层、中间层、第二光电转换层以及导电膜。

[0300] 另外,与传输室 2100 以及传输室 2140 连接的室的结构不局限于图 14 所示的结构。此外,可以增加或减少室的数目。

[0301] 另外,各导电膜等的表面处理的时序或次数也不局限于如上所述的情况。例如,也可以在导电膜的形成后进行表面处理。另外,还可以在形成各层之前或之后进行形成图案的蚀刻处理等。

[0302] 实施方式 8

[0303] 可以使用根据实施方式 1 至 7 等获得的光电转换装置来制造太阳能光电模块。在本实施方式中,图 15A 示出使用实施方式 1 所示的光电转换装置的太阳能光电模块的一个例子。太阳能光电模块 5028 由设置在支撑衬底 4002 上的多个单位单元 4020 构成。在支撑衬底 4002 上的单位单元 4020 中,从支撑衬底 4002 一侧层叠地设置有夹在两个导电膜之间的第一单元、结构体及夹在两个导电膜之间的第二单元。而且,第一单元的一个导电膜和第二单元的一个导电膜与第一电极 4016 连接,第一单元的另一导电膜和第二单元的另一导电膜与第二电极 4018 连接。

[0304] 另外,在图 15A 和 15B 中,虽然没有特别示出,可以预先连接第一单元的一个导电膜与第二单元的一个导电膜,并与第一电极 4016 连接,或者设置多个第一电极 4016,并将第一单元一个的导电膜和第二单元的一个导电膜与相应的第一电极 4016 连接。同样地,可以预先连接第一单元的另一导电膜与第二单元的另一导电膜,并与第二电极 4018 连接,或者设置多个第二电极 4018,并将第一单元的一个导电膜与第二单元的一个导电膜与相应的第二电极 4018 连接。

[0305] 第一电极 4016 及第二电极 4018 形成在支撑衬底 4002 的一个表面一侧(形成有单位单元 4020 的一侧),并且在支撑衬底 4002 的端部分别与外部端子连接用的背面电极 5026 及背面电极 5027 连接。图 15B 是对应于图 15A 的 C-D 线的截面图,在图 15B 中,通过支撑衬底 4002 的贯通口,第一电极 4016 连接到背面电极 5026,第二电极 4018 连接到背面电极 5027。

[0306] 另外,本实施方式可以与任意其他实施方式适当地组合来使用。

[0307] 实施方式 9

[0308] 图 16 示出使用实施方式 8 所示的大阳能光电模块 5028 的大阳能光电系统的例子。具备 DC-DC 转换器等充电控制电路 5029 控制一个或多个大阳能光电模块 5028 所供应的电力并对蓄电池 5030 进行充电。另外,当蓄电池 5030 受到足够的充电时,充电控制电路 5029 控制一个或多个大阳能光电模块 5028 所供应的电力,使该电力直接输出到负载 5031。

[0309] 当使用双电层电容器作为蓄电池 5030 时,在充电中蓄电池 5030 不需要化学反应,所以蓄电池 5030 可以进行迅速的充电。此外,与利用化学反应的铅蓄电池等相比,可以将寿命提高为 8 倍左右并且将充放电效率提高为 1.5 倍左右。本实施方式所示的大阳能光电系统可以用于照明设备、电子设备等使用电力的各种各样的负载 5031。

[0310] 另外,本实施方式可以与任意其他实施方式适当地组合来使用。

[0311] 实施方式 10

[0312] 图 17A 及图 17B 示出将实施方式 8 所示的大阳能光电模块 5028 用于顶板部分的车辆 6000(汽车)的例子。大阳能光电模块 5028 通过转换器 6002 连接到电池或电容器 6004。也就是说,电池或电容器 6004 使用太阳能光电模块 5028 供应的电力充电。另外,使用监视器 6008 对引擎 6006 的工作状况进行监视,并根据引擎的状况选择充电/放电。

[0313] 大阳能光电模块 5028 有受热的影响而光电转换率下降的倾向。为了抑制光电转换率的这种下降,可以在大阳能光电模块 5028 内循环冷却用的液体等。例如,可以利用循环泵 6012 使散热器 6010 的冷却水循环。当然,本公开的发明的一个实施方式不局限于将冷却用的液体共用于大阳能光电模块 5028 和散热器 6010 的结构。另外,当光电转换率的降低不严重时,不需要采用循环液体的结构。

[0314] 另外,本实施方式可以与任意其他的实施方式适当地组合来使用。

[0315] 实施方式 11

[0316] 图 18 示出能够从任意一个实施方式的光电转换装置的输出稳定地提取交流电力而无需使用外部电源的逆变器的一个模式。

[0317] 由于光电转换装置的输出根据入射光量而变动,所以不作任何改变而使用输出电压时有时不能获得稳定的输出。图 18 所例示的逆变器设置有用于稳定的电容器 7004 及开关调节器 7006,以便进行产生稳定的 DC 电压的工作。

[0318] 例如,当光电转换装置 7002 的输出电压为 10V 至 15V 时,利用开关调节器 7006 可以产生 30V 的稳定的直流电压。

[0319] 图 19 示出开关调节器 7006 的框图。开关调节器 7006 包括衰减器 7012、三角波发生电路 7014、比较器 7016、开关晶体管 7020 及平滑电容 7021 而构成。

[0320] 当三角波发生电路 7014 的信号被输入到比较器 7016 时,开关晶体管 7020 导通,在电感器 7022 中储存能量。由此,开关调节器 7006 的输出中产生比光电转换装置 7002 的输出电压 V1 高的电压 V2。该电压通过衰减器 7012 反馈到比较器 7016,并将产生的电压控制为与参考电压 7018 相等。

[0321] 例如,当将参考电压设定为 5V 并将衰减器的调整量设定为 1/6 时,V2 被控制为 30V。

[0322] 二极管 7024 用来防止逆流,通过平滑电容 7021 使开关调节器 7006 输出电压平滑化。

[0323] 在图 18 中,利用开关调节器 7006 的输出电压 V2 来使脉冲宽度调制电路 7008 工作。在脉冲宽度调制电路 7008 中,脉冲宽度调制波既可以利用微型计算机以数字方式生成,又可以以模拟方式来生成。

[0324] 脉冲宽度调制波 V3、V4 是通过将脉冲宽度调制电路 7008 的输出输入到开关晶体管 7026 至 7029 而生成的。脉冲宽度调制波 V3、V4 经过带通滤波器 7010 被转换为正弦波。

[0325] 也就是说,如图 20 所示,脉冲宽度调制波 7030 是在特定的周期中其占空系数变化的矩形波,通过将脉冲宽度调制波 7030 通过带通滤波器 7010 可以得到正弦波 7032。

[0326] 如上所述,利用光电转换装置 7002 的输出,可以不使用外部电源地生成交流电力 V5、V6。

[0327] 另外,本实施方式可以与任意其他的实施方式适当地组合来使用。

[0328] 实施方式 12

[0329] 本实施方式参照图 21 示出光电系统的一个例子。对将该光电系统示出将其设置于住宅等时的结构。

[0330] 该光电系统具有将光电转换装置 7050 所产生的电力充电到蓄电装置 7056,或者将产生的电力在逆变器 7058 中作为交流电力而消耗。另外,将光电转换装置 7050 所产生的剩余电力卖给电力公司等。另一方面,在夜间或下雨天等电力不足时,使用电网 7068 向住宅等提供电力。

[0331] 由光电转换装置 7050 所产生的电力消耗和接受来自电网 7068 的电力的接收之间的转换,利用连接到光电转换装置 7050 一侧的直流开关 7052 和连接到电网 7068 一侧的交流开关 7062 来进行。

[0332] 充电控制电路 7054 控制向蓄电装置 7056 的充电,并且控制从蓄电装置 7056 向逆变器 7058 的电力供给。

[0333] 蓄电装置 7056 由锂离子电池等的二次电池或者锂离子电容器等的电容器等构成。在这一蓄电单元中,还可以使用利用钠来替代锂作为电极材料的二次电池或电容器。

[0334] 从逆变器 7058 输出的交流电力被用作使各种电器 7070 工作的电力。

[0335] 通过利用电网 7068 传输光电转换装置 7050 所产生的剩余电力,可以将剩余电力卖给电力公司。设置交流开关 7062 是用来通过变压器 (transformer) 7064 选择电网 7068 与配电盘 7060 之间的连接或切断。

[0336] 如上所述,本实施方式的光电系统可以通过利用本公开的发明的一个实施方式的光电转换装置提供环境负荷少的住宅等。

[0337] 另外,本实施方式可以与任意其他的实施方式适当地组合来使用。

[0338] 实施方式 13

[0339] 如图 22 所示,在以中间夹着纤维体 7100 及有机树脂 7102 且使单元 7096 的第一表面朝向内侧的方式重合的一对衬底 7098 的周边部分设置有框体 7088。

[0340] 在框体 7088 的内侧填充密封树脂 7084,以防止水的浸入。在各单元 7096 的端子部的与布线构件 7082 接触的部分设置焊料或导电膏等的导电构件 7080 以提高贴合强度。布线构件 7082 在框体 7088 内部从衬底 7098 的第一表面引至第二表面。

[0341] 像这样,通过以作为单元 7096 的支撑构件的衬底 7098 设置于外侧并能够作为双面密封构件的方式贴合一对单元 7096,能够实现光电转换设备的厚度的减少,并将发电量提高到 1.5 倍,较理想的为 2 倍。

[0342] 图 23 示出在光电转换装置的框体 7088 的内侧设置蓄电装置 7090 的结构。将蓄电装置 7090 的端子 7092 设置为至少接触于一个布线构件 7082。此时,优选将使用构成单元 7096 的半导体层及导电膜而形成的逆流防止二极管 7094,形成在单元 7096 与蓄电装置 7090 之间。

[0343] 另外,作为蓄电装置 7090,可以使用如镍氢电池、锂离子电池等的二次电池或者如锂离子电容器等的电容器等。在这些蓄电单元中,可以采用利用钠来替代锂的二次电池或电容器作为电极材料。另外,通过将蓄电装置 7090 设定为薄膜状,可以实现薄型化及轻量化,并可以将框体 7088 用作蓄电装置 7090 的加强构件。

[0344] 另外,本实施方式可以与任意其他的实施方式适当地组合来使用。

[0345] 实施方式 14

[0346] 在本实施方式中,确认了通过具有多个光电转换层而带来的光电转换效率的提高。具体而言,通过计算机计算得到使用非晶硅的光电转换层和使用单晶硅的光电转换层的光电转换效率(量子效率)的波长依赖性。作为计算软件使用 silvaco 公司制造的器件模拟器 Atlas。

[0347] 用于计算的光电转换层具有 pin 结结构。在使用非晶硅的光电转换层中,分别将 p 层的厚度设定为 10nm、i 层的厚度设定为 200nm、n 层的厚度设定为 10nm。在使用单晶硅的光电转换层中,将 p 层的厚度设定为 10nm、i 层的厚度设定为 30 μm 、n 层的厚度设定为 10nm。另外,将 p 层及 n 层中的杂质元素的浓度都设定为 $1 \times 10^{19}(\text{cm}^{-3})$,并在所有杂质都被激活的状态下进行计算。另外,不考虑在用作电极或中间层的导电层以及在导电层和光电转换层的界面中的光的反射、散射或吸收等。

[0348] 此外,在本实施方式中,为了简便,在以下条件对各光电转换层的量子效率进行了个别的计算,该条件是:使用非晶硅的光电转换层的入射光的光量与使用单晶硅的光电转换层的入射光的光量相等。

[0349] 图 24 示出用作计算的前提的非晶硅(a-Si)和单晶硅(c-Si)的吸收系数。在图中,横轴表示波长(μm),纵轴表示相对于对应的波长的吸收系数(cm^{-1})。

[0350] 图 25 示出根据上述数据计算出的使用非晶硅(a-Si)的光电转换层的量子效率。这里横轴表示波长(μm),纵轴表示相对于对应的波长的量子效率。量子效率是将入射光的全部被转换为电流时的电流作为分母,并将负极的电流作为分子而求出的值。

[0351] 从图 25 可知:在使用非晶硅的光电转换层中,短波长一侧(0.4 μm 至 0.6 μm)的光电转换效率高。在使用非晶硅的光电转换层中,既使其厚度为 100nm 左右也能够进行充分的光电转换。另外,使用非晶硅的光电转换层优选用作顶部单元,因为它能够充分地透射长波长的光。

[0352] 图 26 示出使用单晶硅(c-Si)的光电转换层的量子效率。在图 26 中,与图 25 同样,横轴表示波长(μm),纵轴表示相对于对应的波长的量子效率。

[0353] 从图 26 可知:使用单晶硅的光电转换层的光电转换效率在宽波长带(0.4 μm 至 0.9 μm)较高。使用单晶硅的光电转换层优选的厚度为几十微米,所以优选用作底部单元。

[0354] 图 27 示出使用图 25 和图 26 所示的结果求出的在使用非晶硅的光电转换层和使用单晶硅的光电转换层的叠层结构中的量子效率。另外,在图 27 中示出当将使用非晶硅的光电转换层用作顶部单元,将使用单晶硅的光电转换层用作底部单元时的量子效率。这里,为了方便,无视上述光电转换层以外的要素地进行计算。也就是说,不考虑连接顶部单元和底部单元的中间层等的影响。

[0355] 以上,从本实施方式的计算结果可知:适用于使用非晶硅的光电转换层的波长和适用于使用单晶硅的光电转换层的波长不同。也就是说,可以认为:通过层叠这些光电转换层能够提高光电转换效率。

[0356] 另外,本实施方式可以与任意其他的实施方式适当地组合来使用。

[0357] 本说明书基于 2009 年 6 月 5 日在日本专利局受理的日本专利申请号 2009-136672,所述申请内容包括在本说明书中。

[0358] 附图标记

[0359] 101 衬底 ;102 单元 ;103 结构体 ;104 衬底 ;105 单元 ;106 纤维体 ;107 有机树脂 ;110 导电膜 ;111 光电转换层 ;112 导电膜 ;113p 层 ;114i 层 ;115n 层 ;120 导电膜 ;121 光电转换层 ;122 导电膜 ;123n 层 ;124i 层 ;125p 层 ;131 光电转换层 ;133p 层 ;135n 层 ;143p 层 ;145n 层 ;151 光电转换层 ;152 光电转换层 ;153p 层 ;154i 层 ;155n 层 ;156p 层 ;157i 层 ;158n 层 ;159 光电转换层 ;160p 层 ;161i 层 ;162n 层 ;163 中间层 ;250 经线 ;251 纬线 ;252 方平网眼 ;602 光电转换区域 ;610 光电转换区域 ;612 导通部 ;614 光电转换区域 ;616 导通部 ;1000 传输室 ;1002 装载 / 卸载室 ;1004 淀积室 ;1006 淀积室 ;1008 淀积室 ;1010 淀积室 ;1012 淀积室 ;1020 传输机械 ;1101 单晶半导体衬底 ;1102 保护层 ;1103 第一半导体层 ;1104 脆化层 ;1105 导电膜 ;1106 绝缘层 ;1107 支撑衬底 ;1108 剥离衬底 ;1109 第二半导体层 ;1110 第三半导体层 ;1111 光电转换层 ;1112 导电膜 ;1101a 单晶半导体衬底 ;1101b 单晶半导体衬底 ;1201 支撑衬底 ;1202 剥离层 ;1203 绝缘层 ;1204 导电膜 ;1205 第一半导体层 ;1206 第二半导体层 ;1207 第三半导体层 ;1208 临时支撑衬底 ;1209 剥离用粘合剂 ;1210 粘合剂层 ;1211 塑料衬底 ;1212 导电膜 ;1301 单晶半导体衬底 ;1302 纹理结构 ;1303 第一半导体层 ;1304 导电膜 ;1305 第三半导体层 ;1306 导电膜 ;1307 光电转换层 ;121a 光电转换层 ;121b 光电转换层 ;1221 光电转换层 ;141a 光电转换层 ;141b 光电转换层。

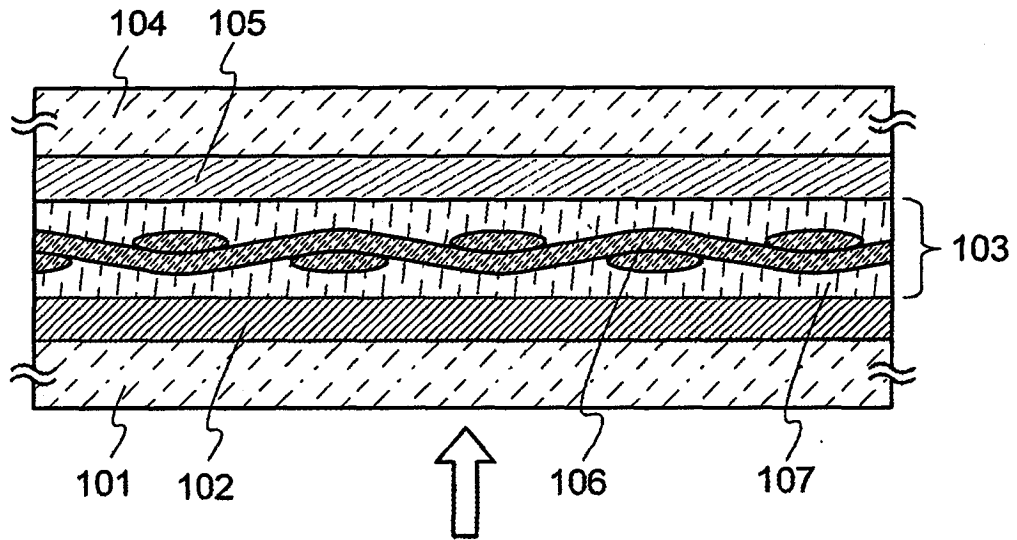


图 1

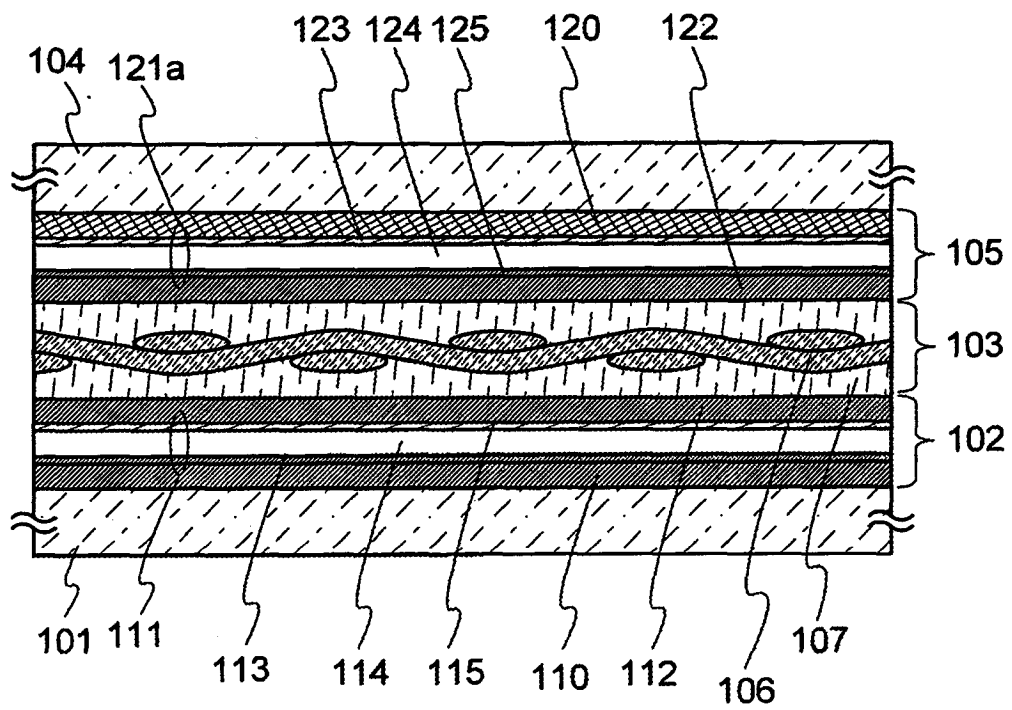


图 2A

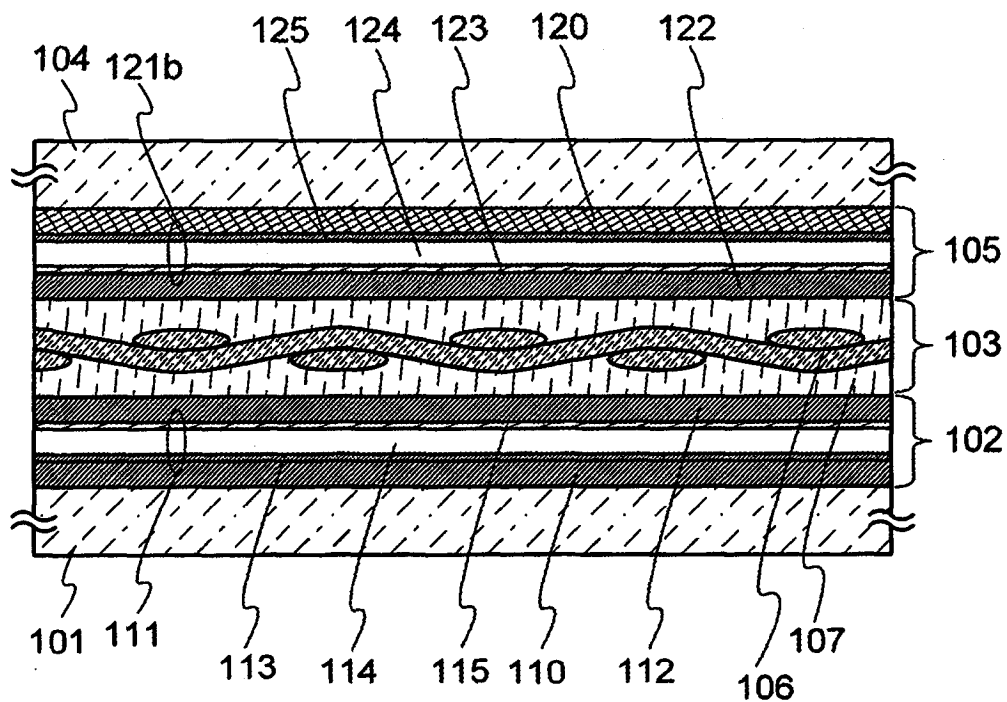


图 2B

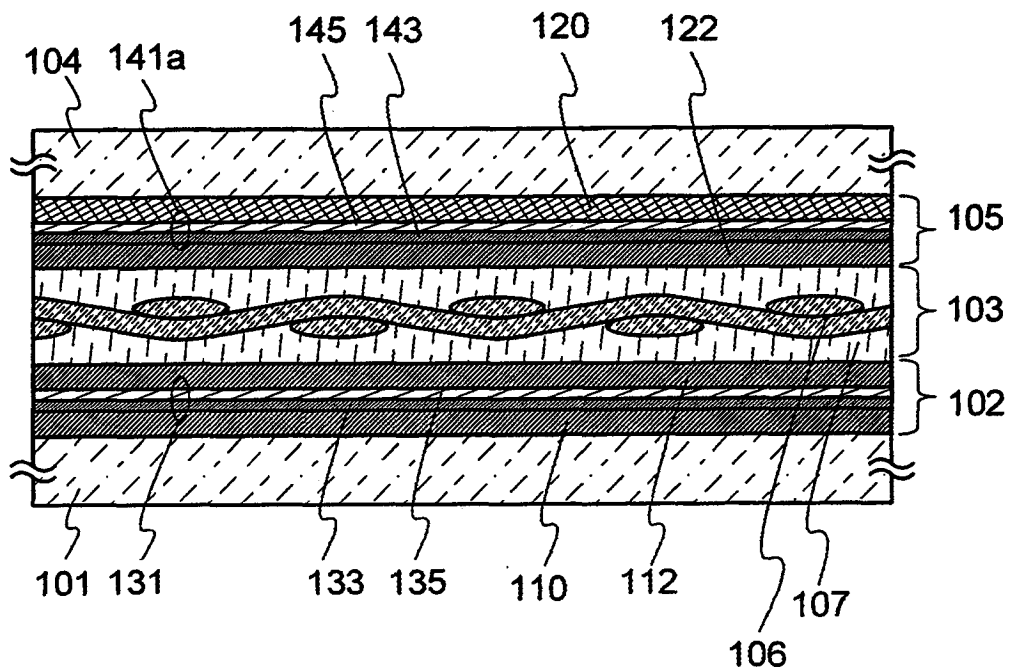


图 3A

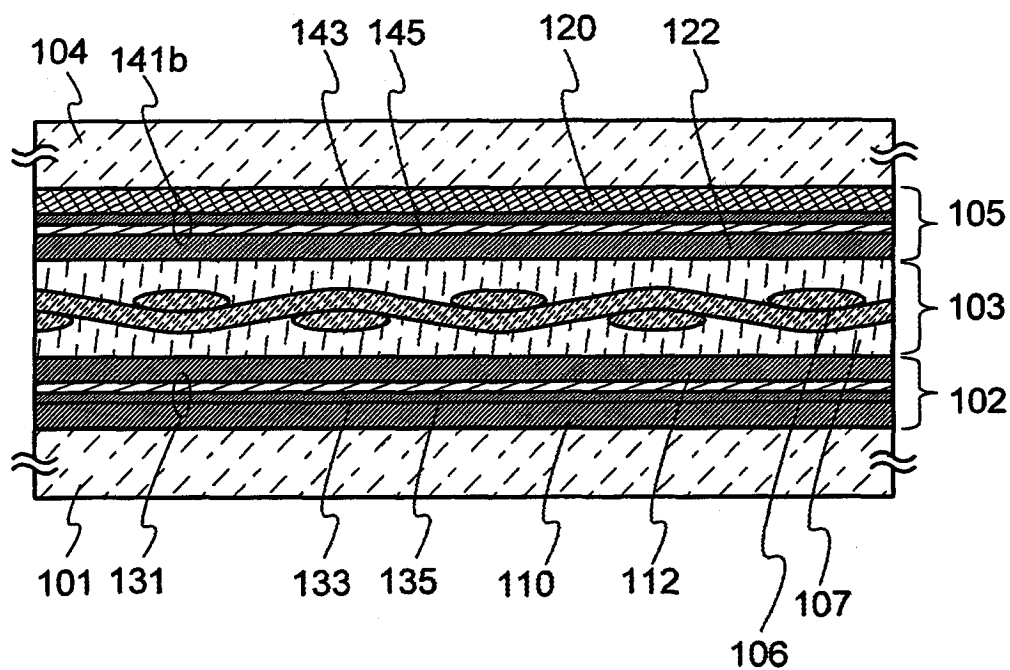


图 3B

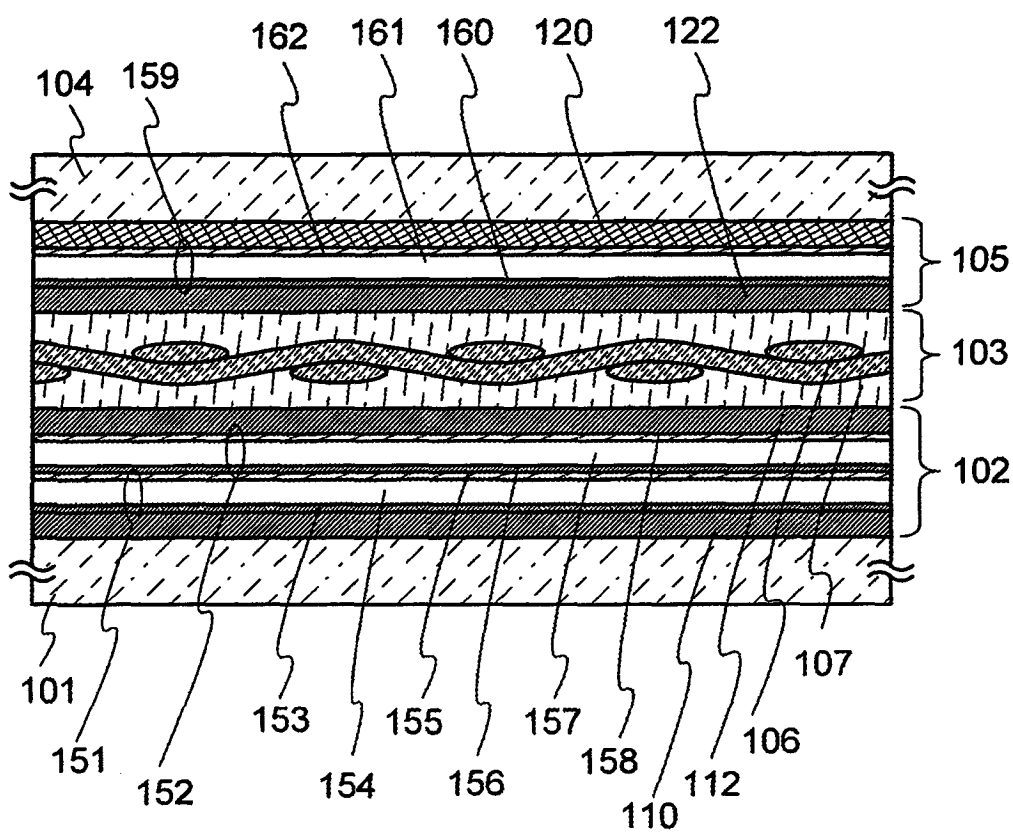


图 4A

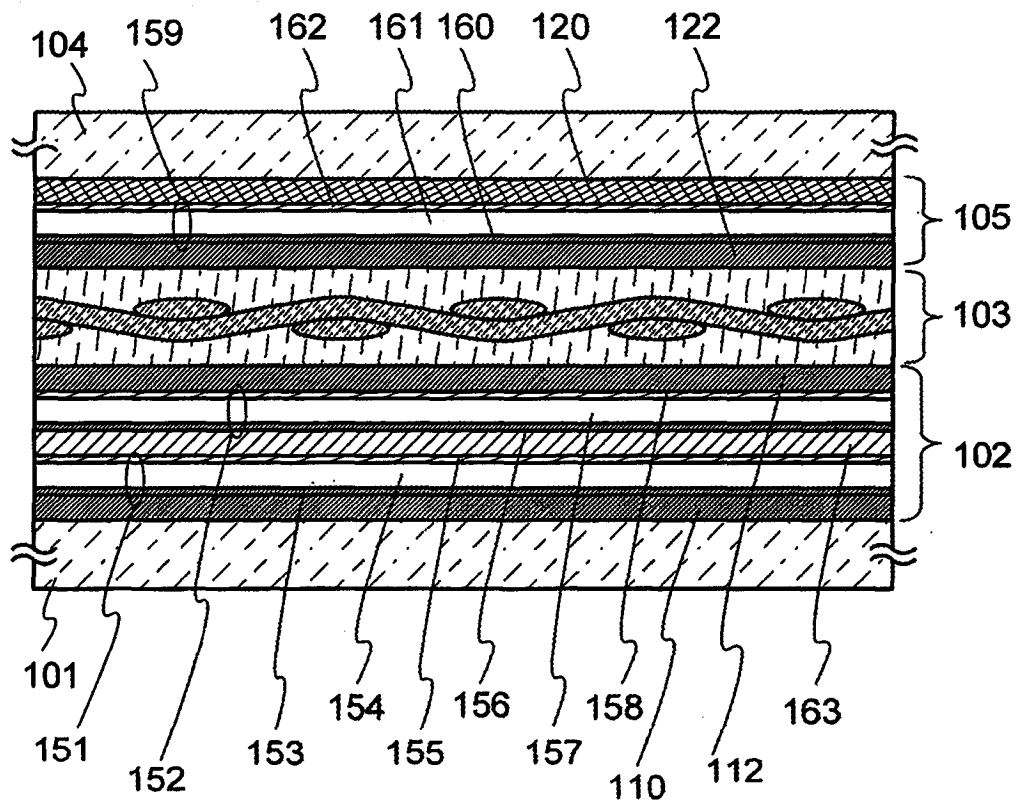


图 4B

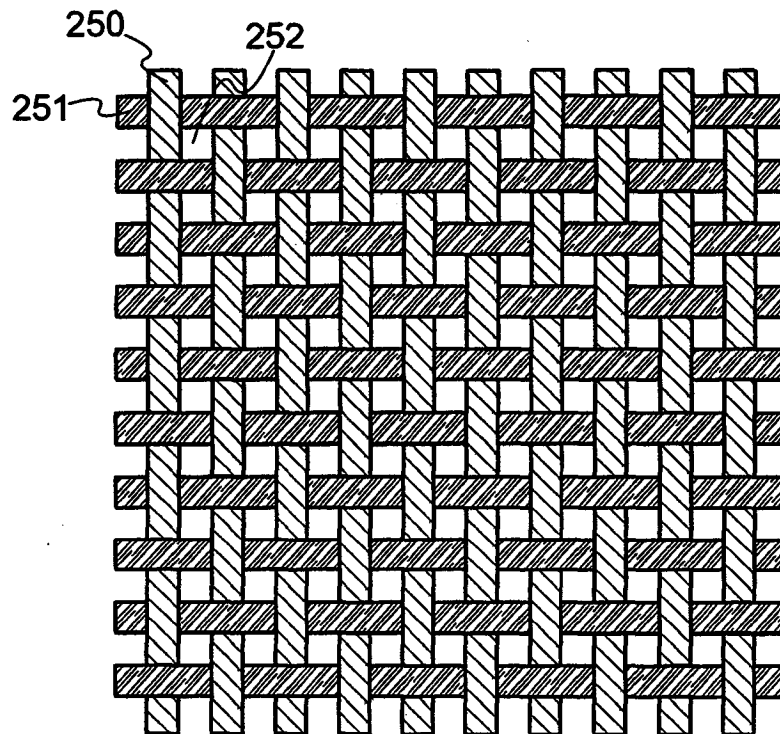


图 5A

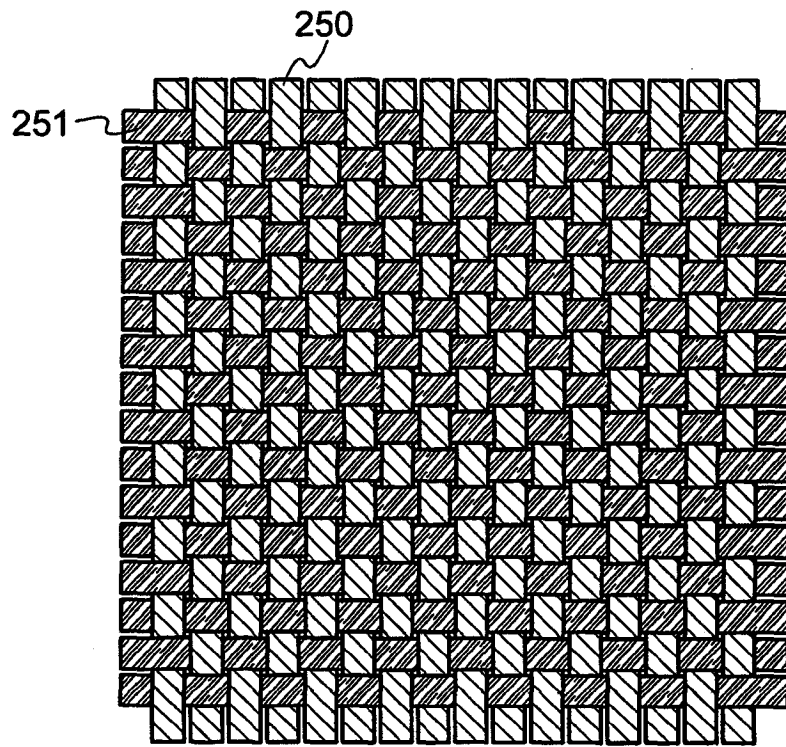


图 5B

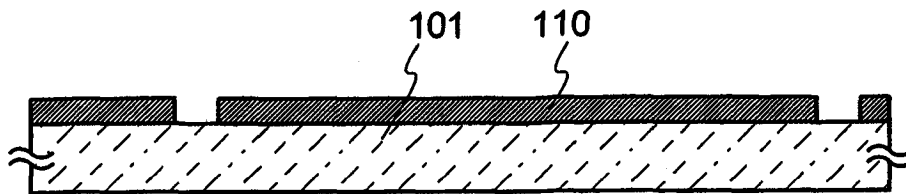


图 6A

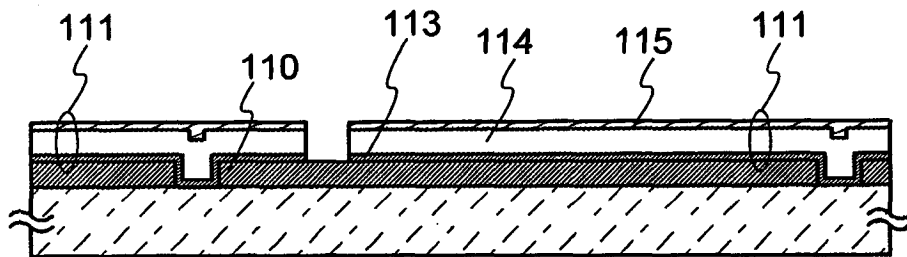


图 6B

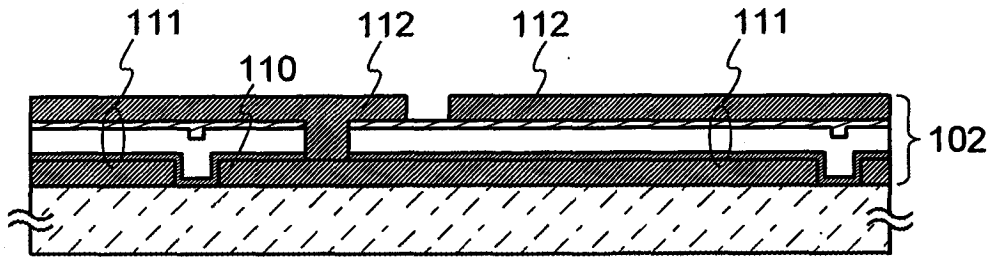


图 6C

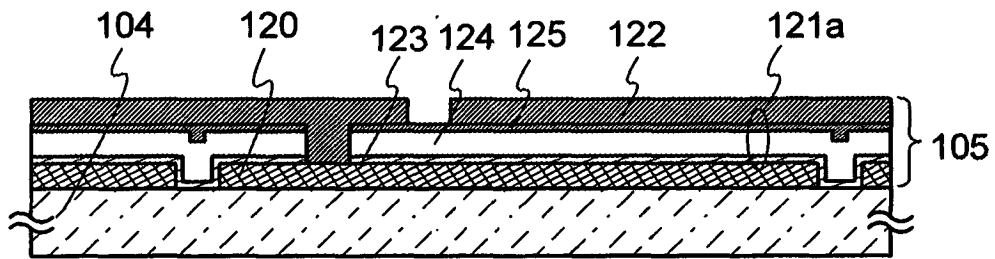


图 6D

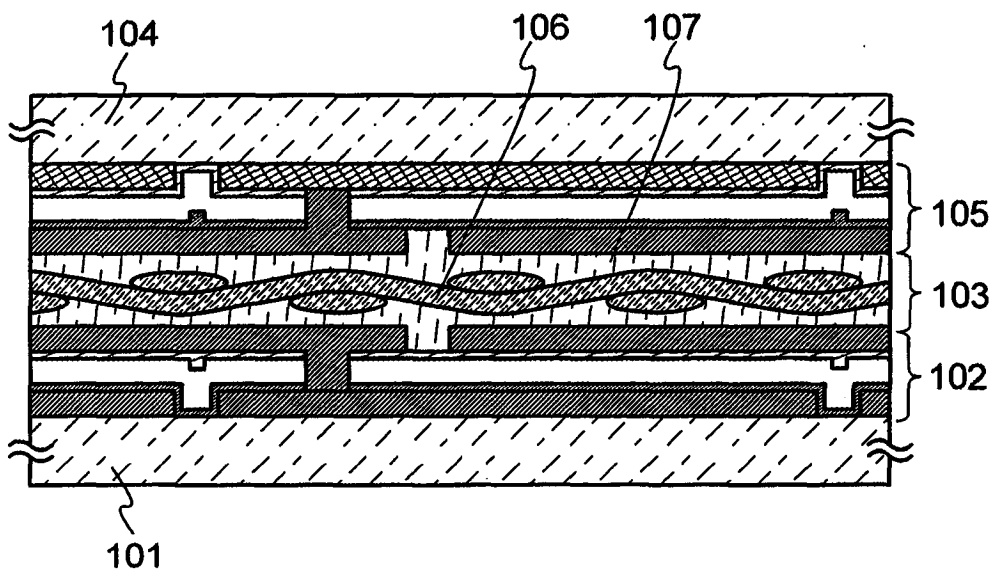


图 6E

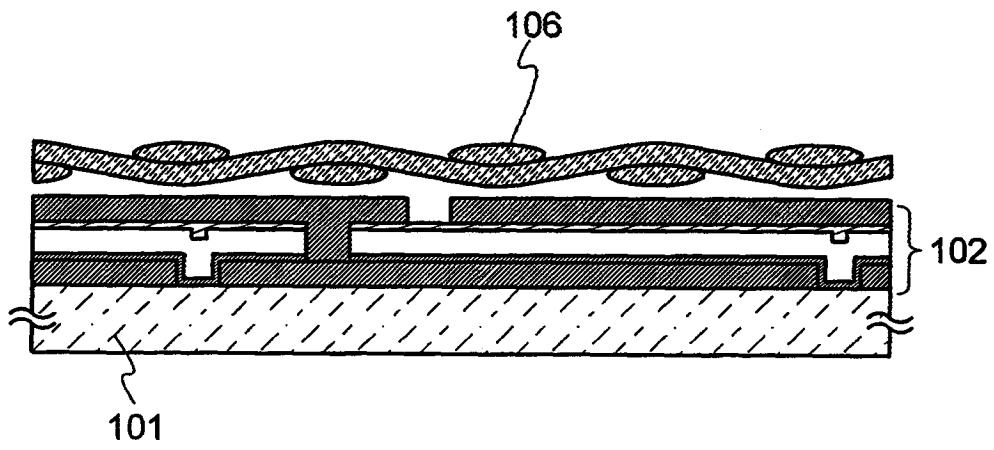


图 7A

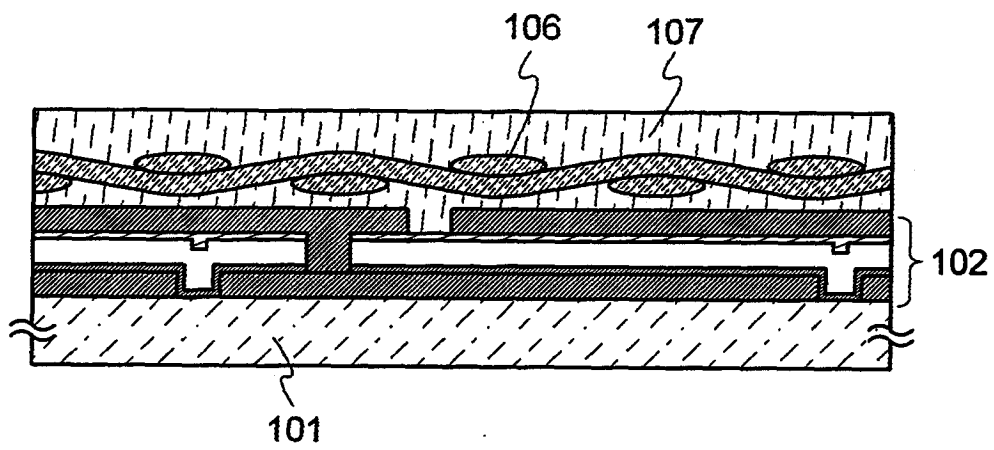


图 7B

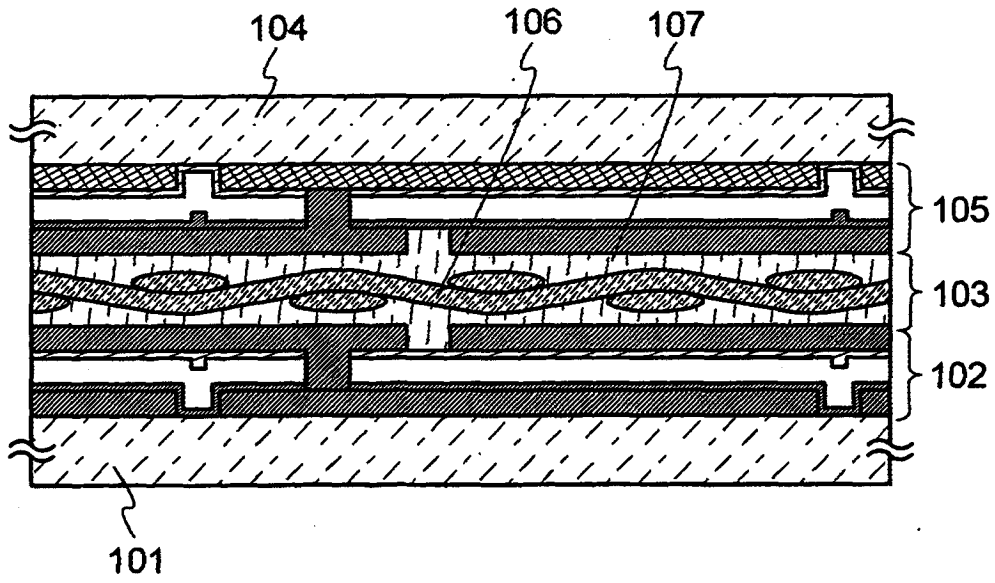


图 7C

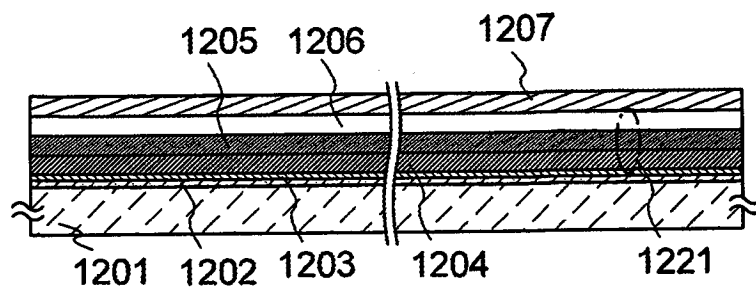


图 8A

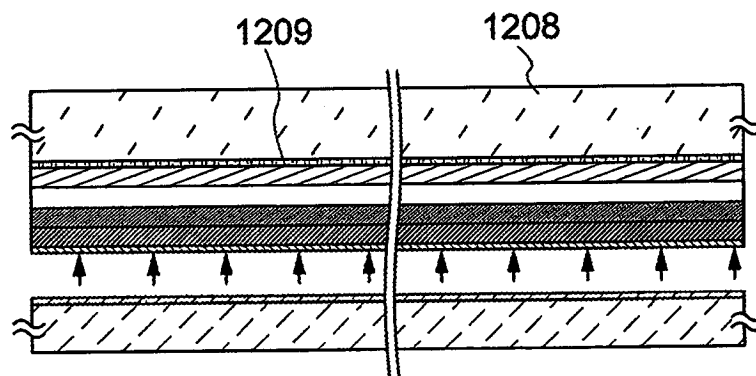


图 8B

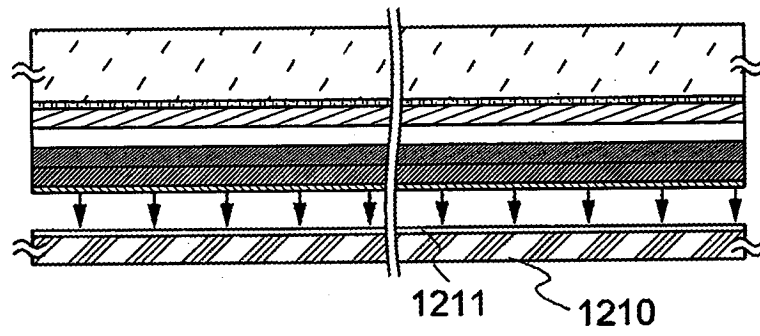


图 8C

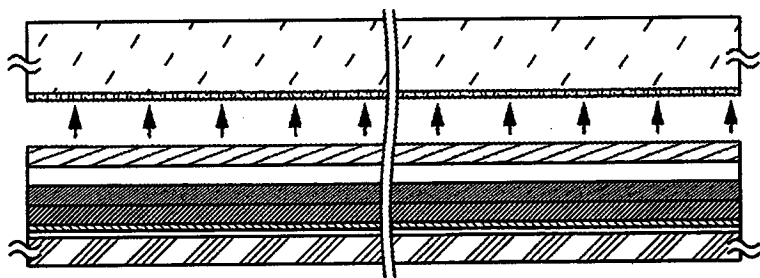


图 8D

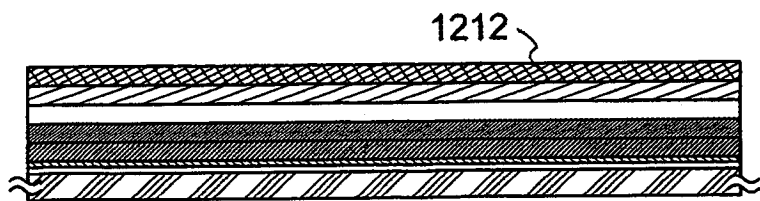


图 8E

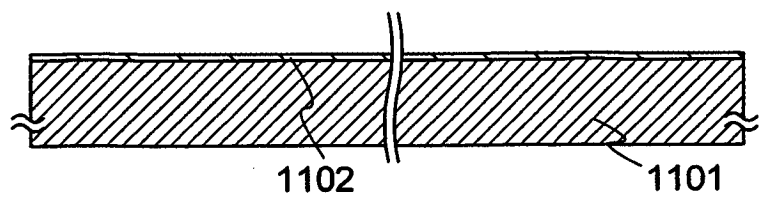


图 9A

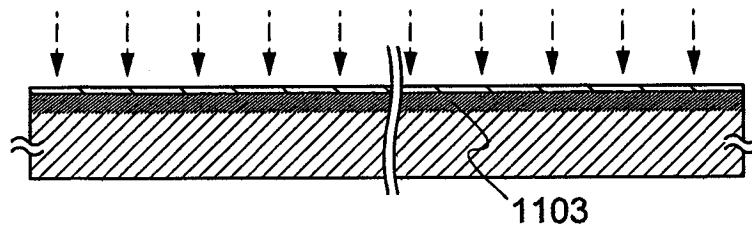


图 9B

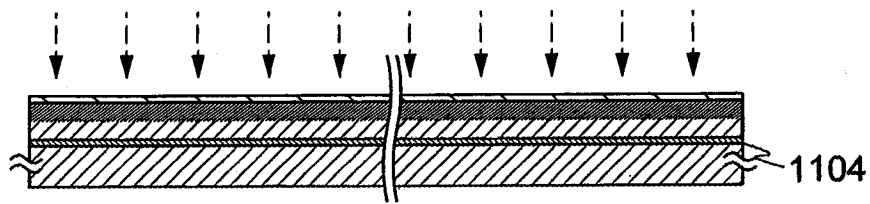


图 9C

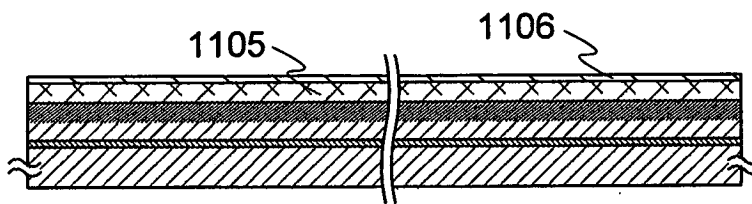


图 9D

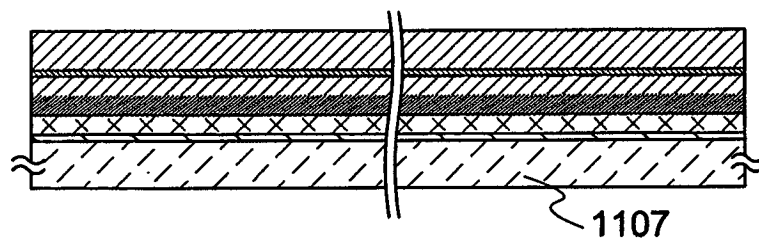


图 9E

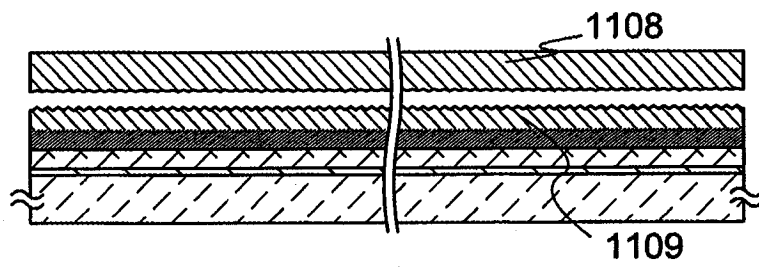


图 9F

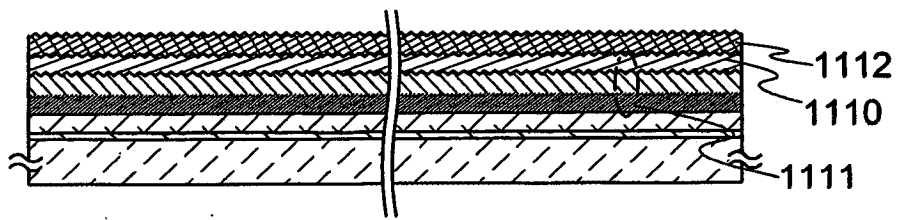


图 9G

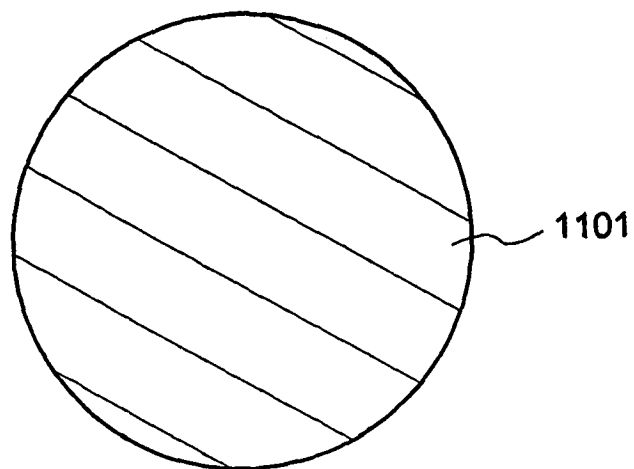


图 10A

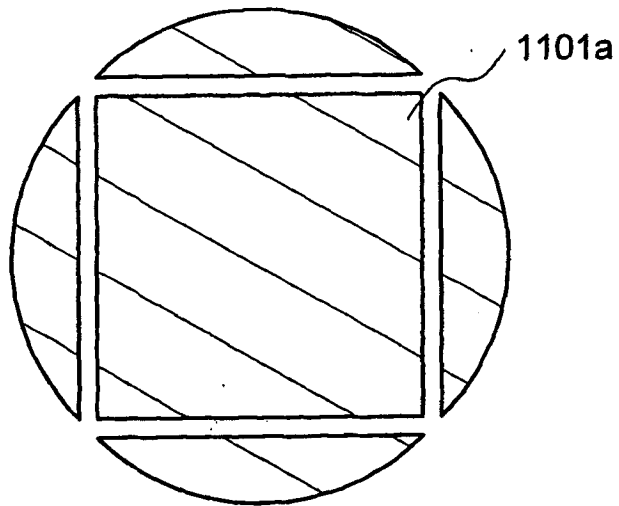


图 10B

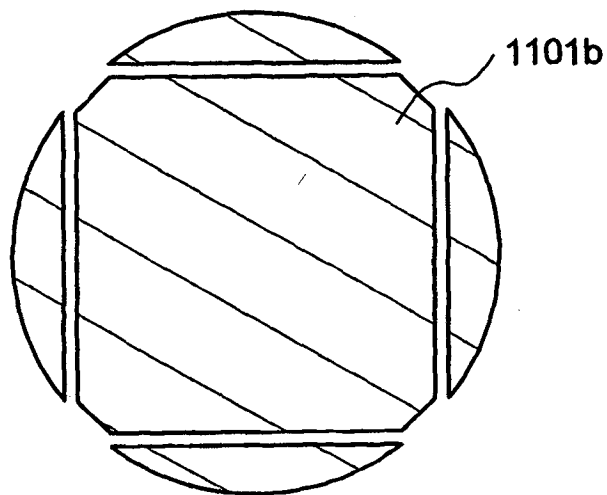


图 10C

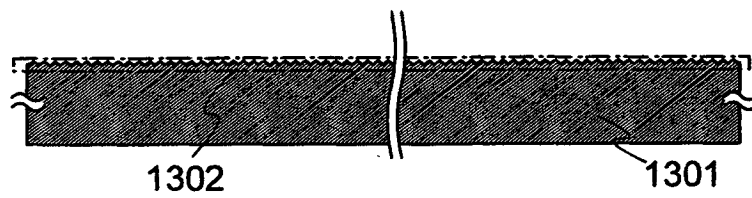


图 11A

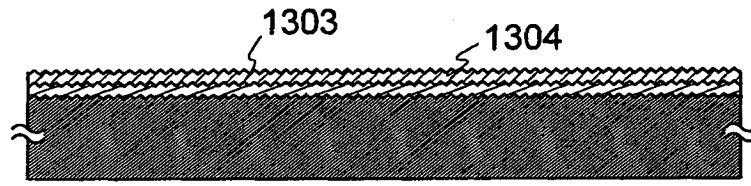


图 11B

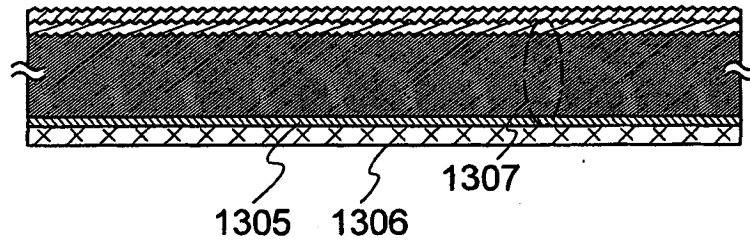


图 11C

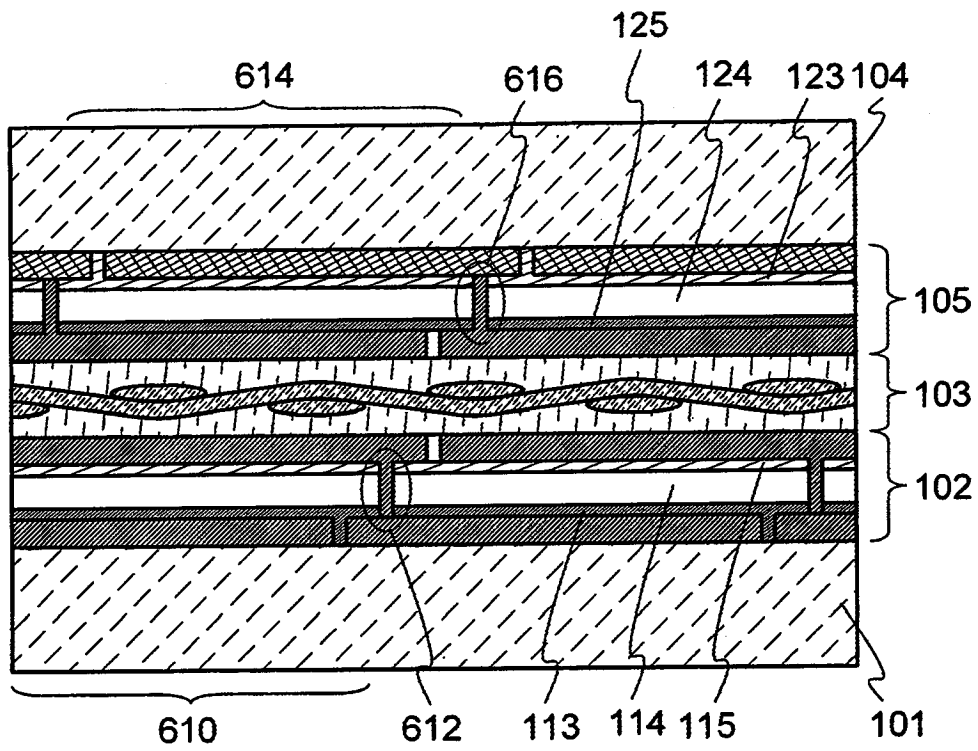


图 12

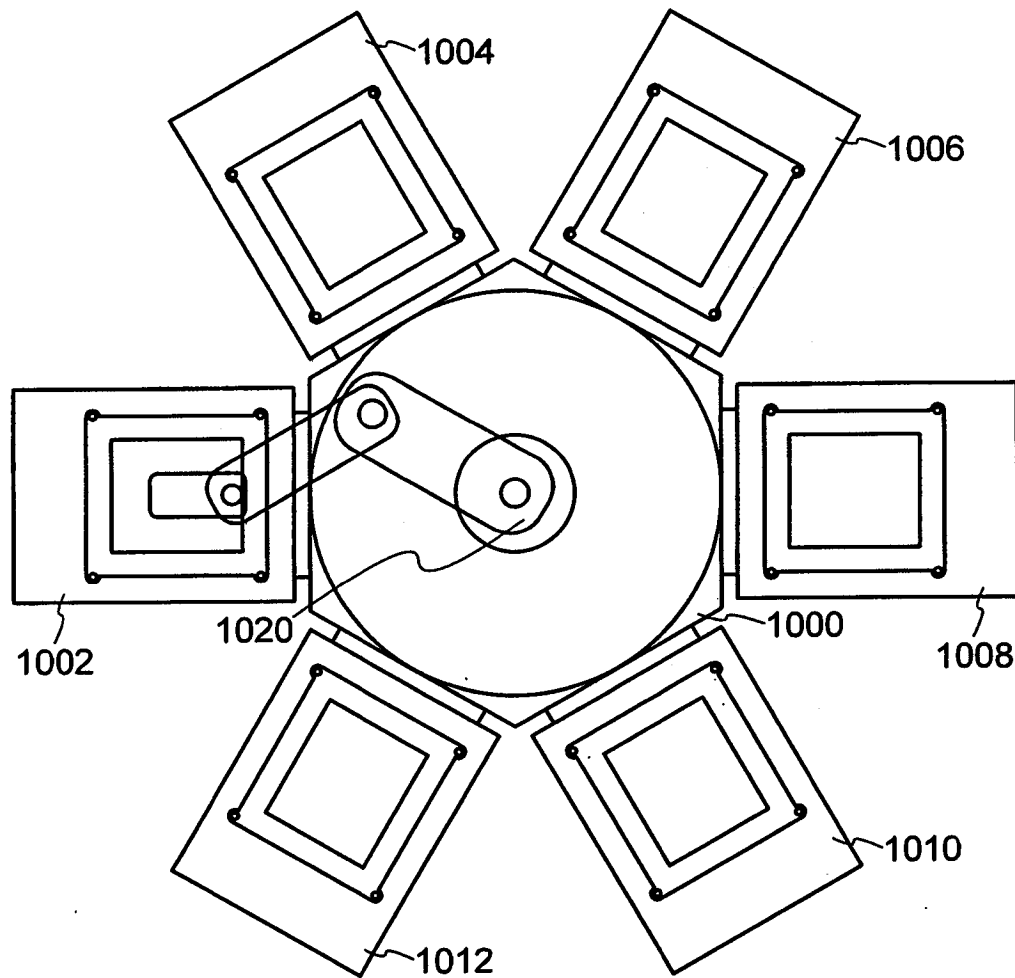


图 13

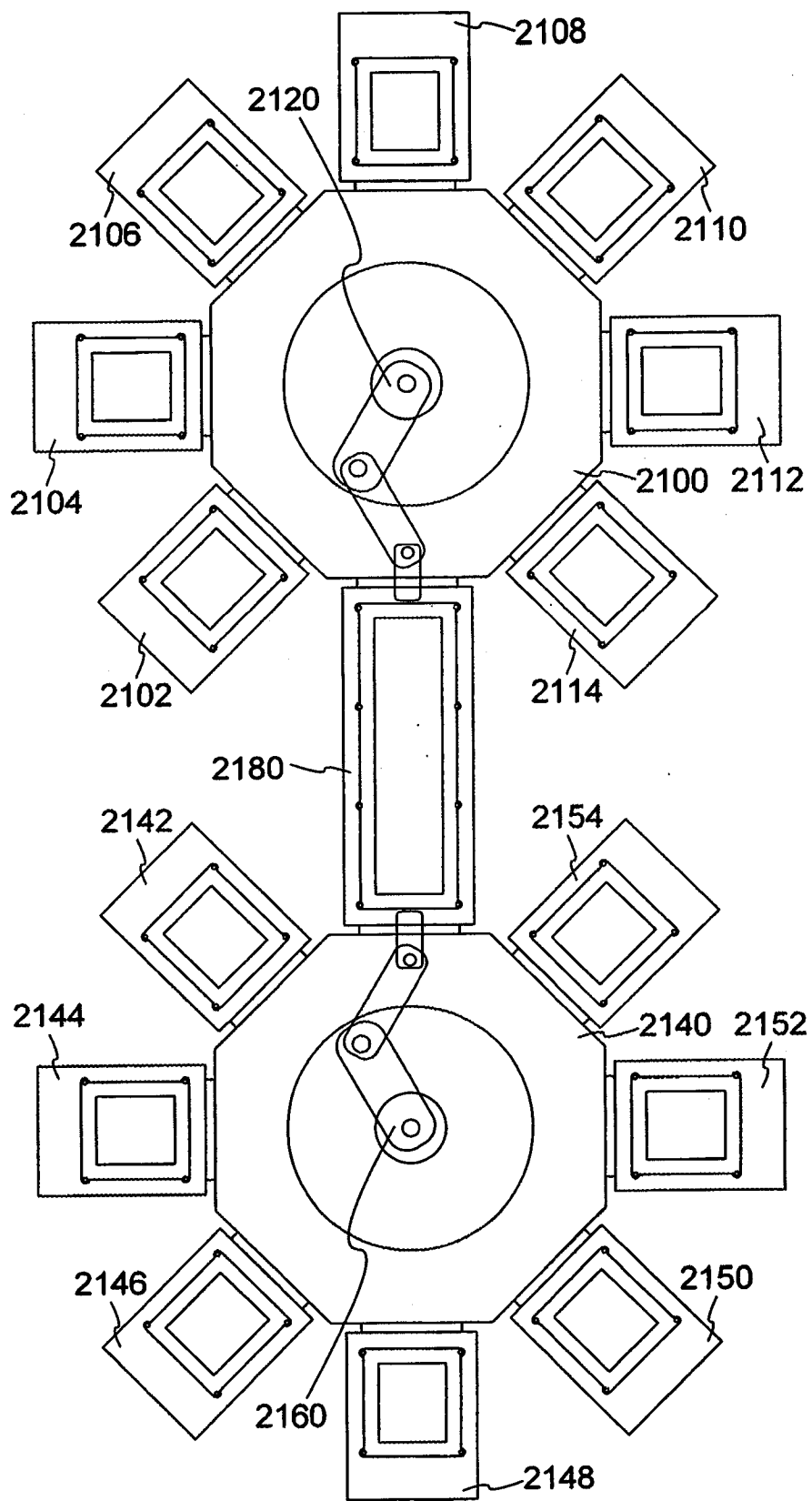


图 14

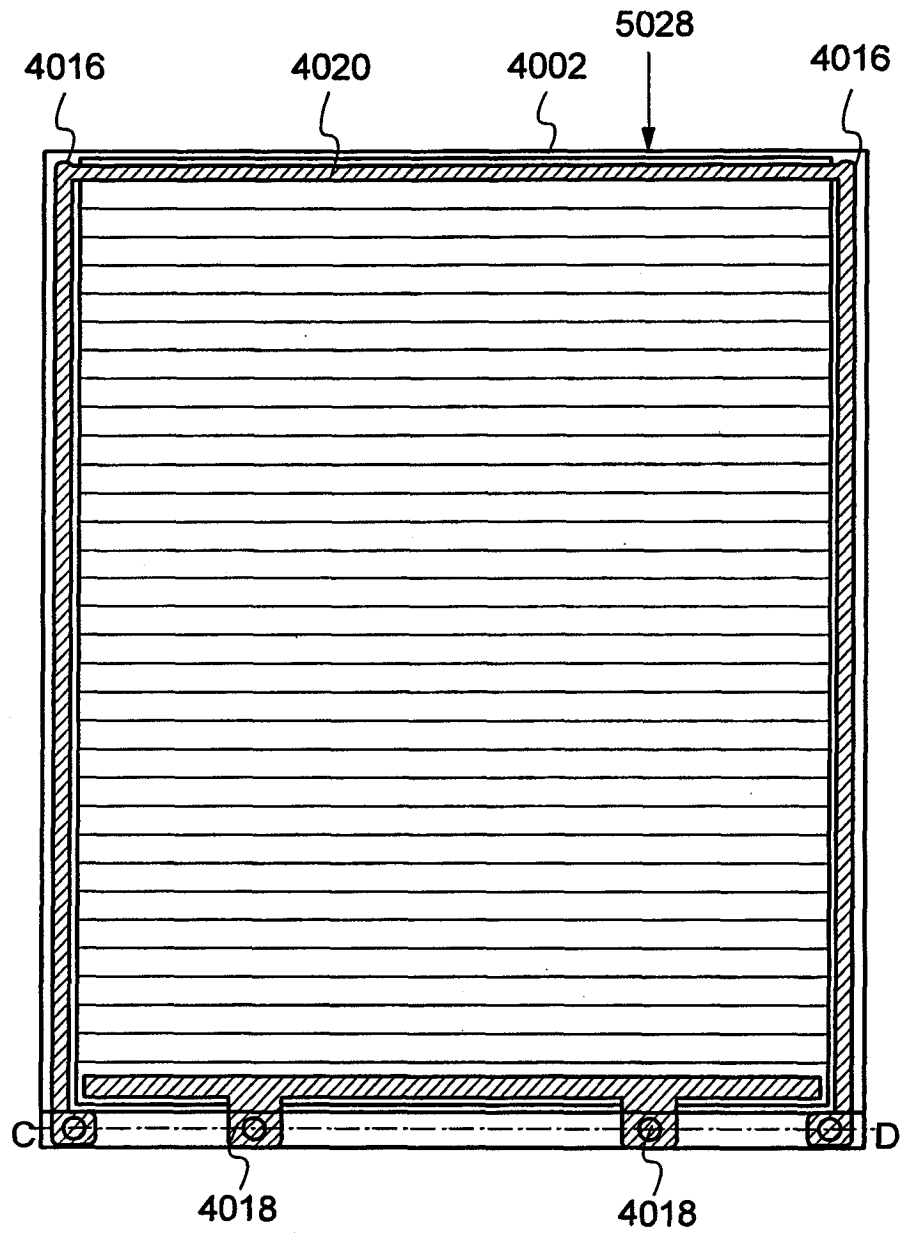


图 15A

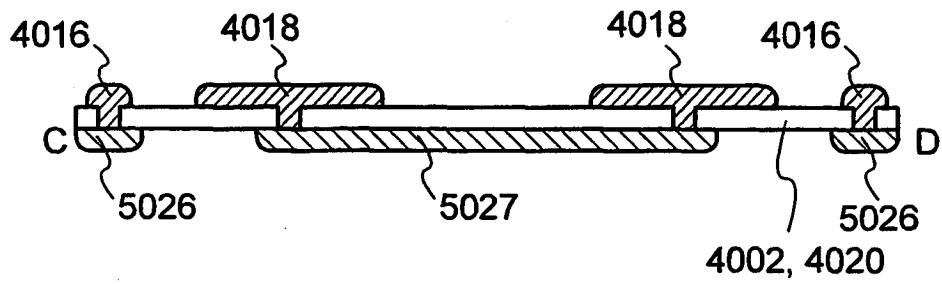


图 15B

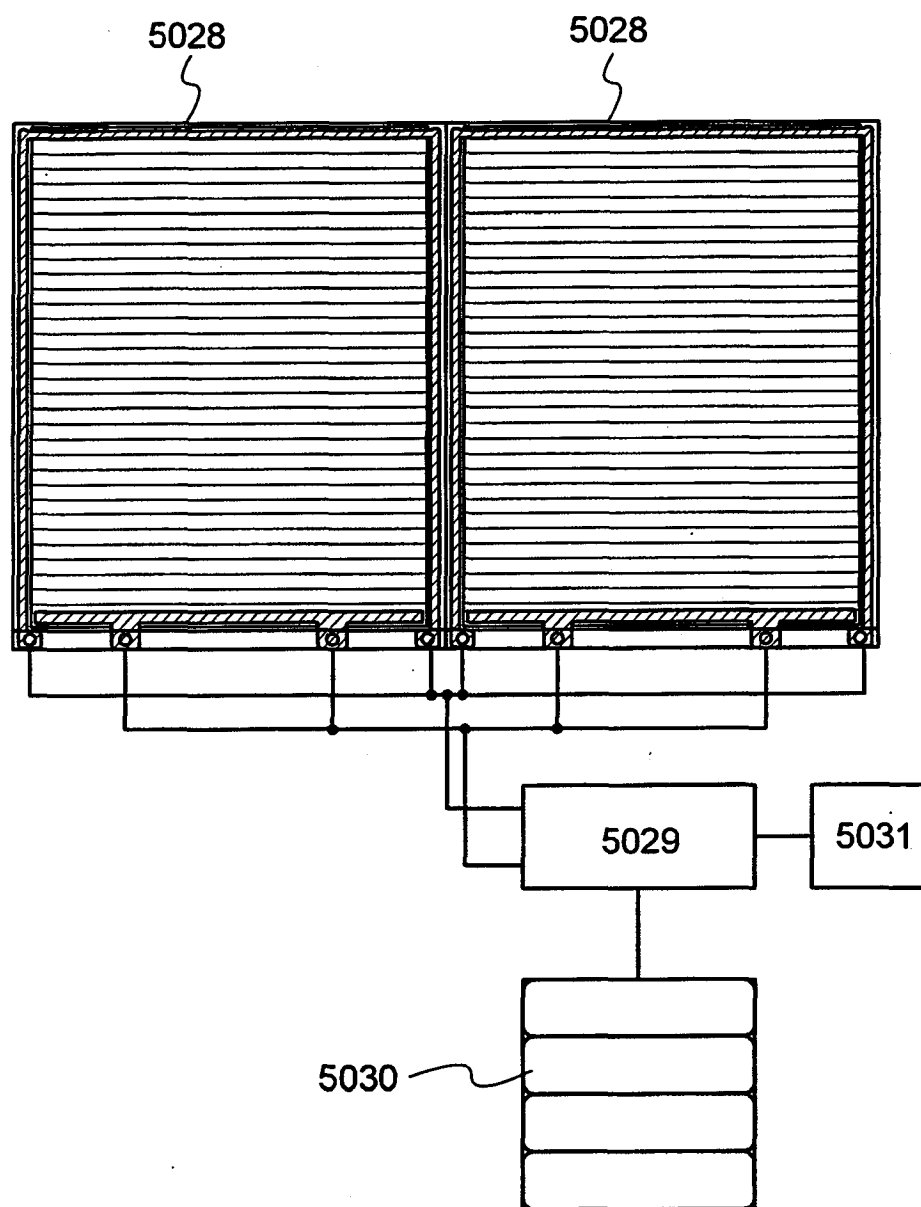


图 16

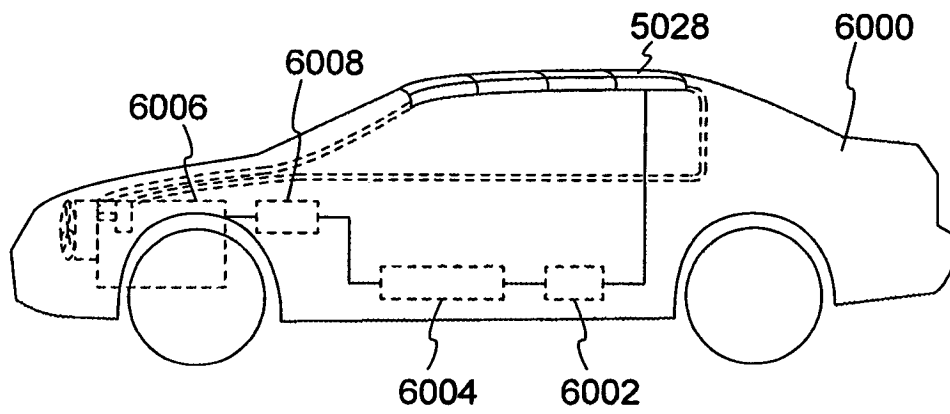


图 17A

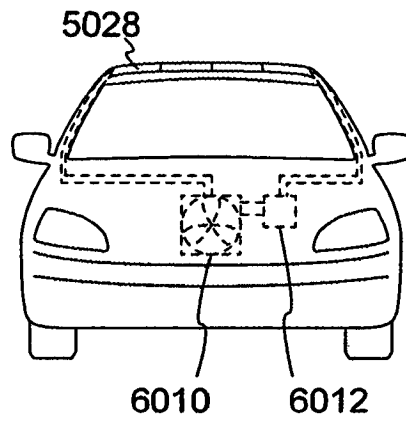


图 17B

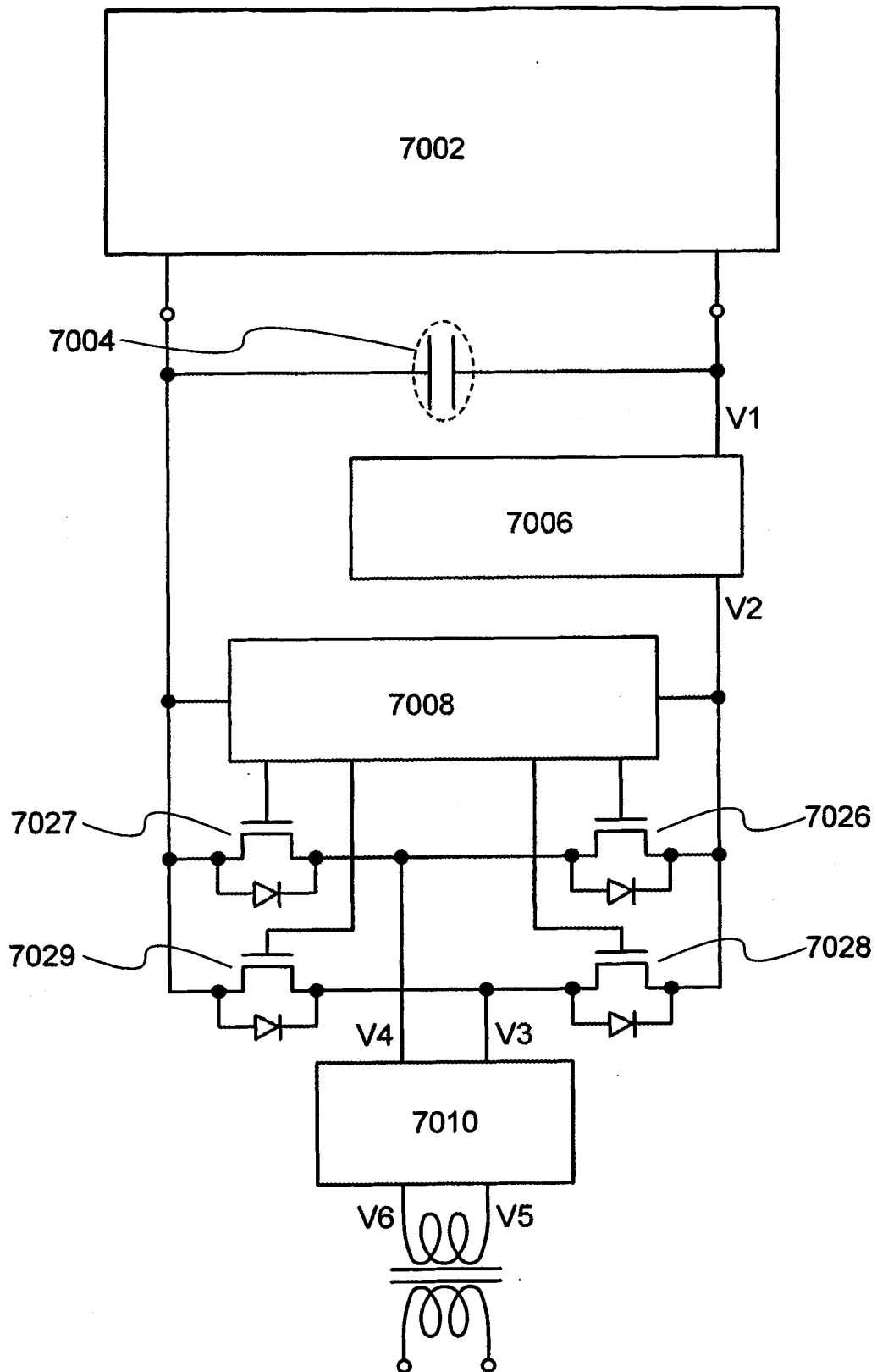


图 18

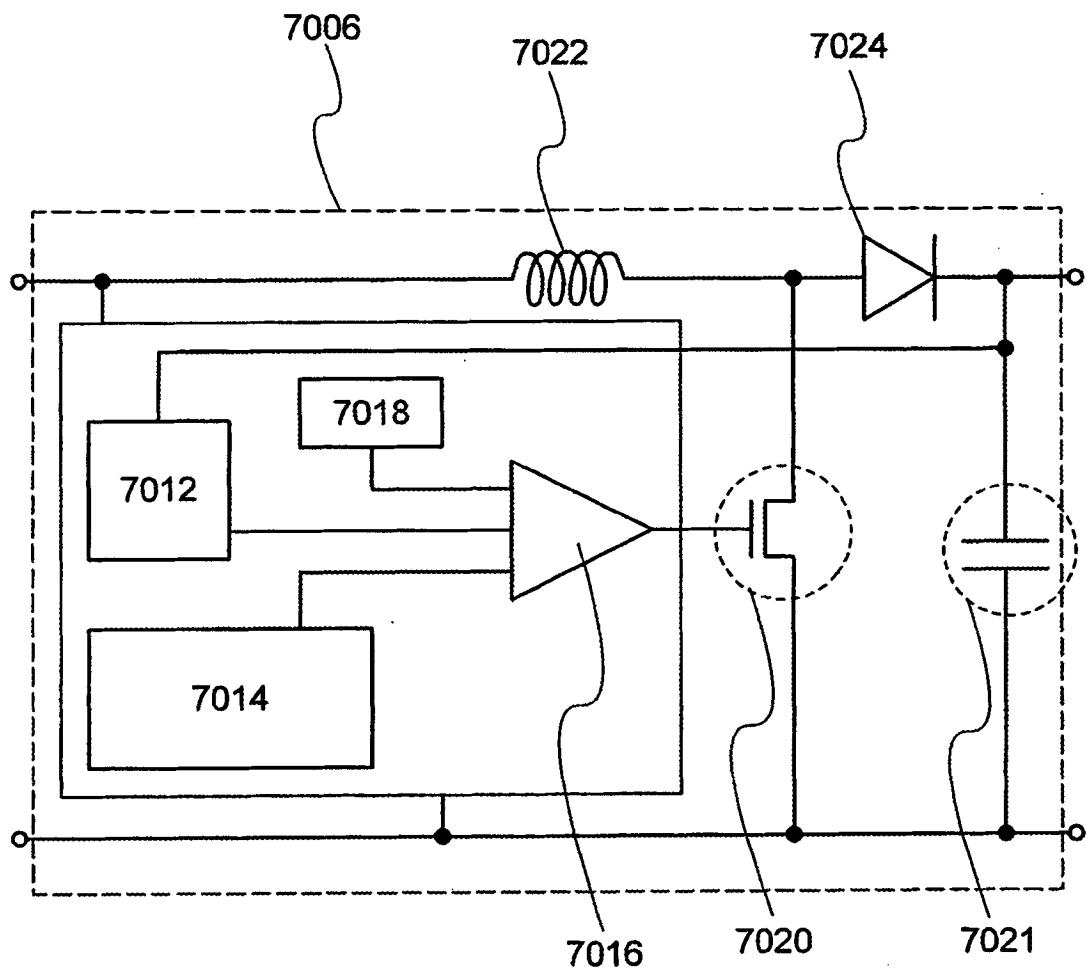


图 19

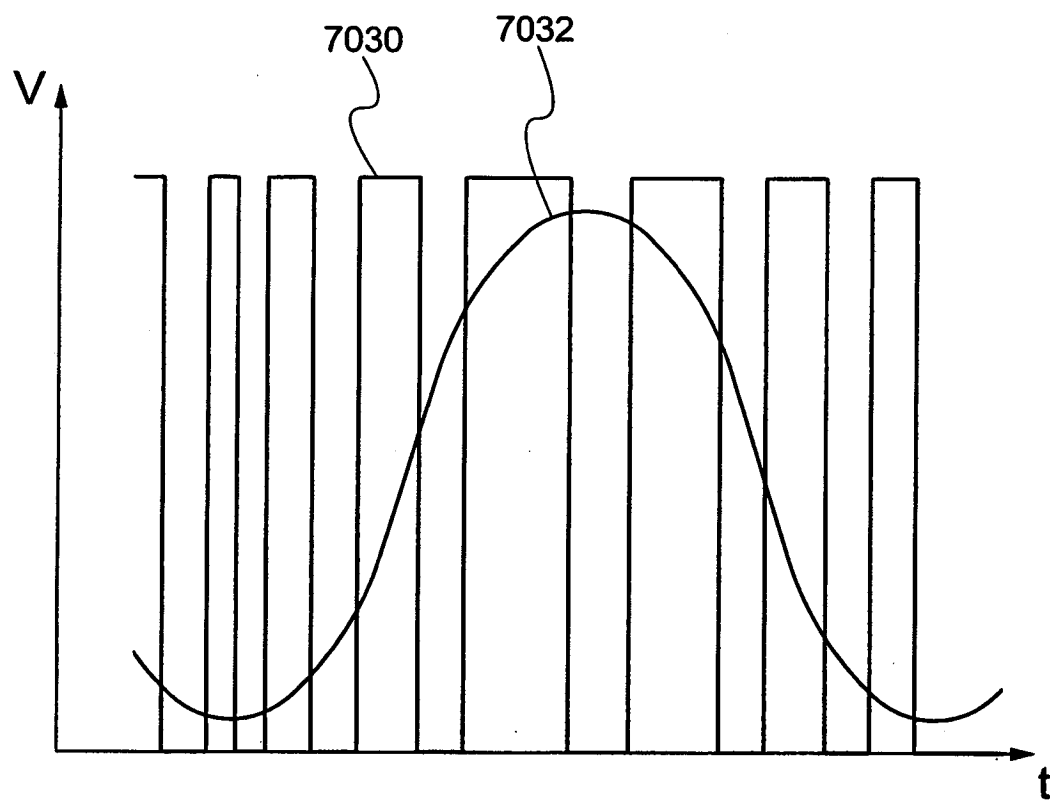


图 20

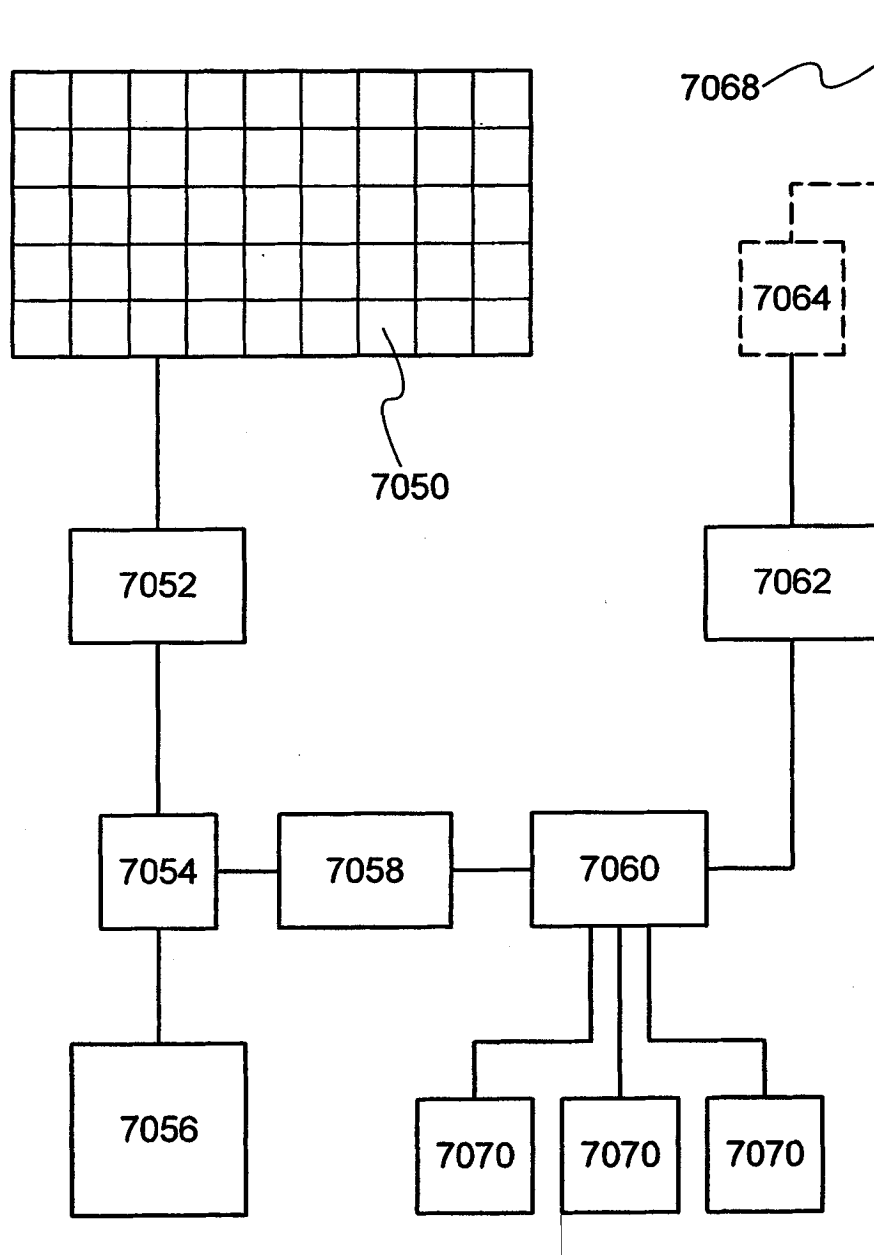


图 21

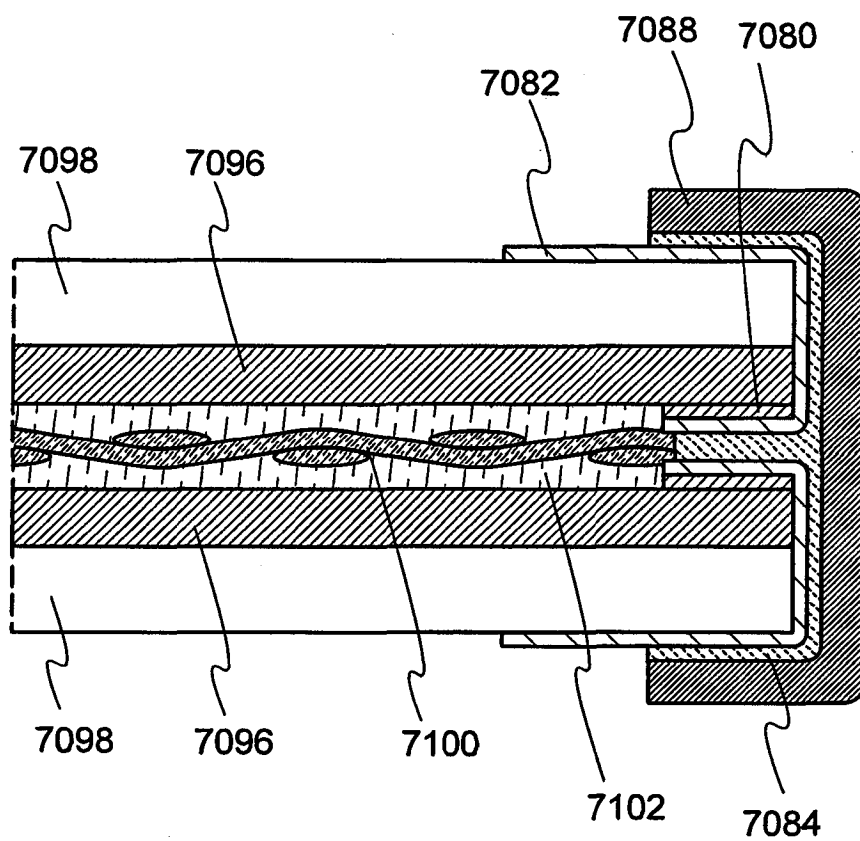


图 22

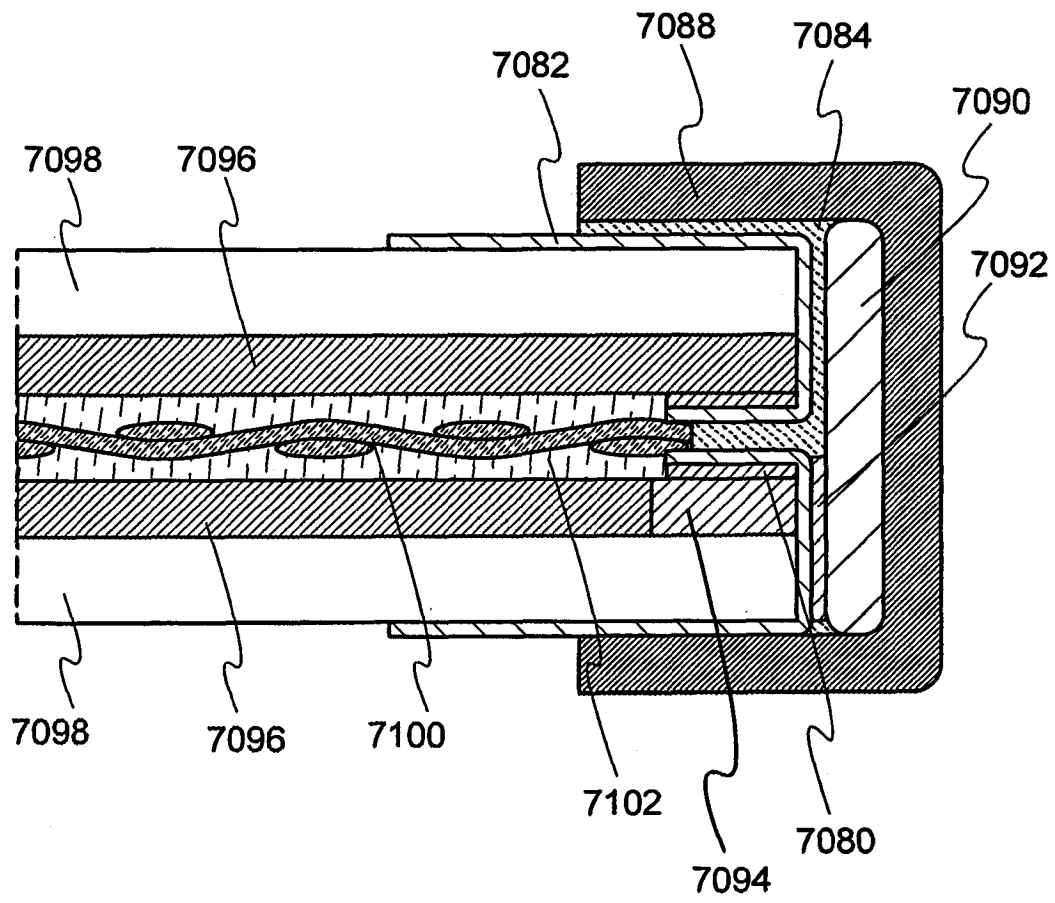


图 23

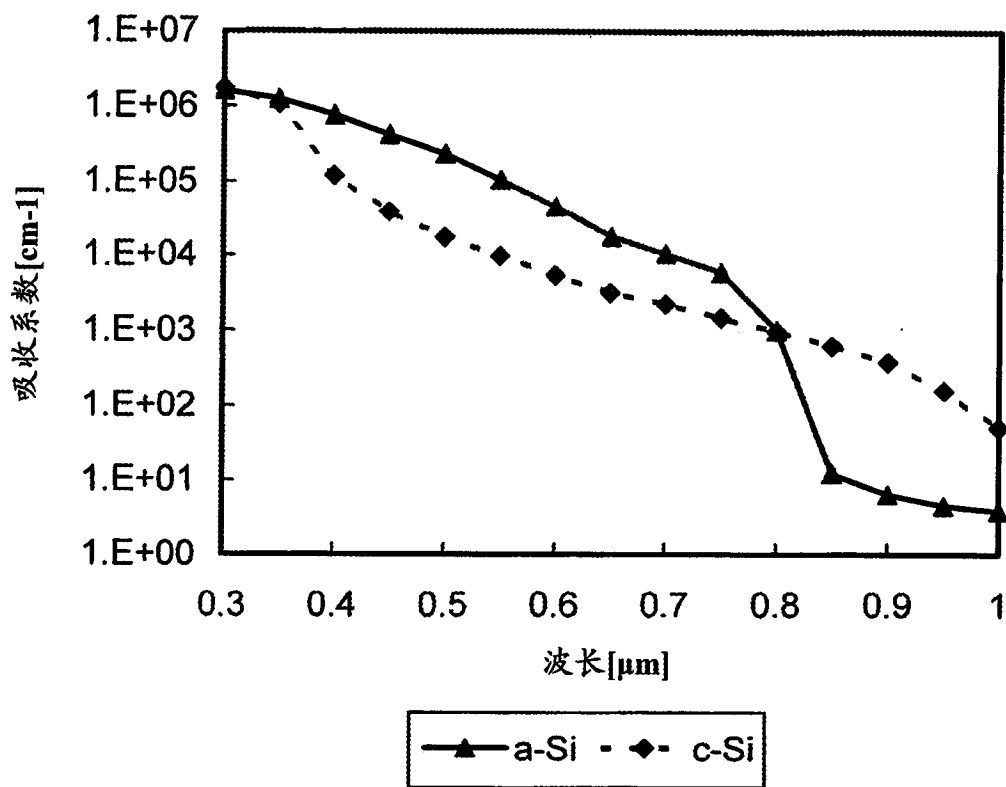


图 24

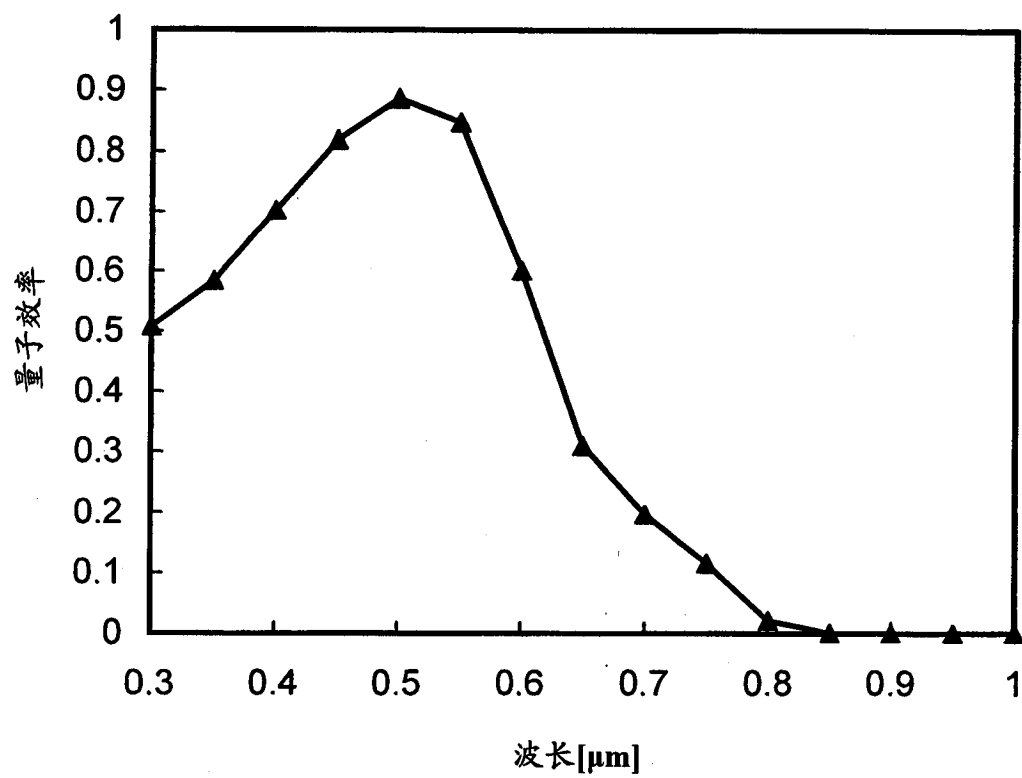


图 25

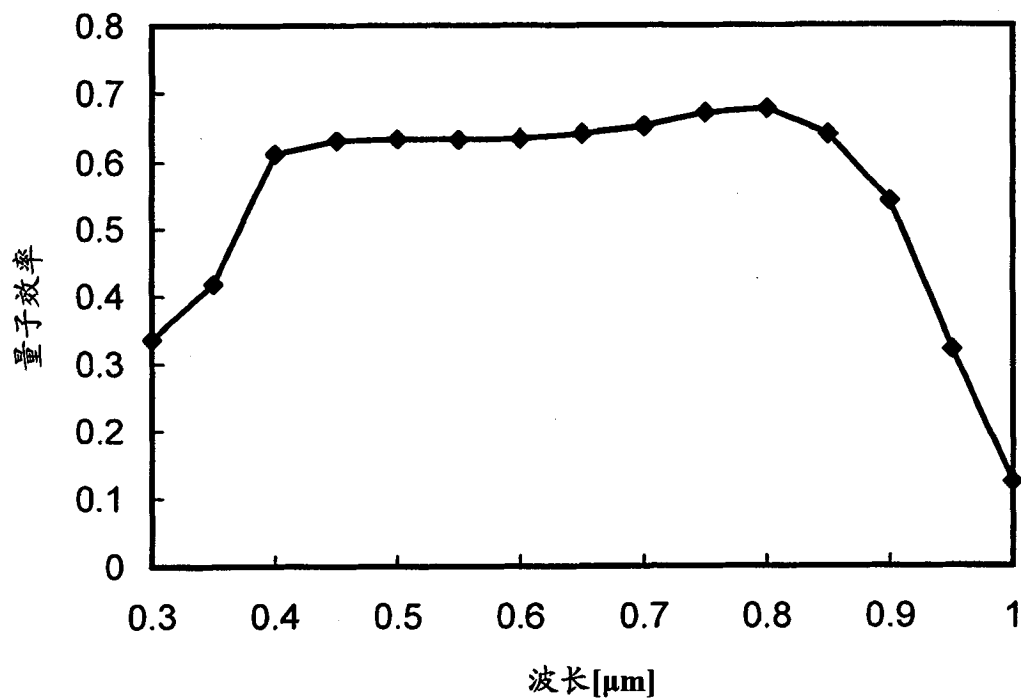


图 26

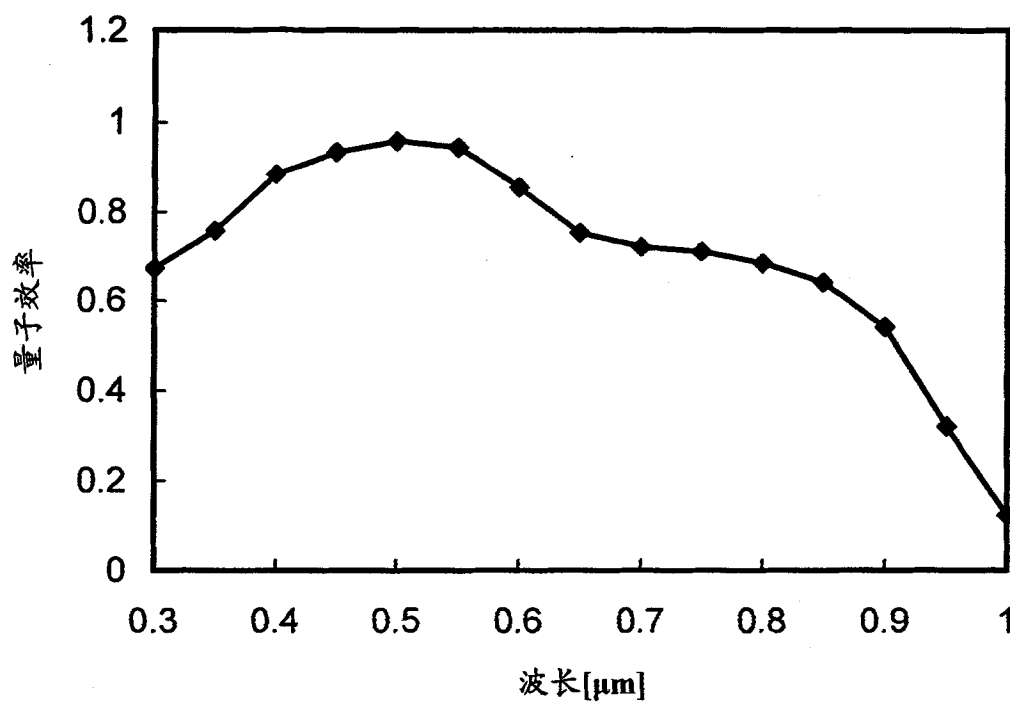


图 27