



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102637704 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201210027705. 3

CN 101197386 A, 2008. 06. 11,

(22) 申请日 2012. 02. 09

审查员 赵伟

(30) 优先权数据

2011-026345 2011. 02. 09 JP

2011-223303 2011. 10. 07 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小林昌弘 栗原政树 市川武史

关根康弘 篠原真人 加藤太朗

门间玄三

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 高青

(51) Int. Cl.

H01L 27/146(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2008258203 A, 2008. 10. 23,

CN 101097846 A, 2008. 01. 02,

US 2009206434 A1, 2009. 08. 20,

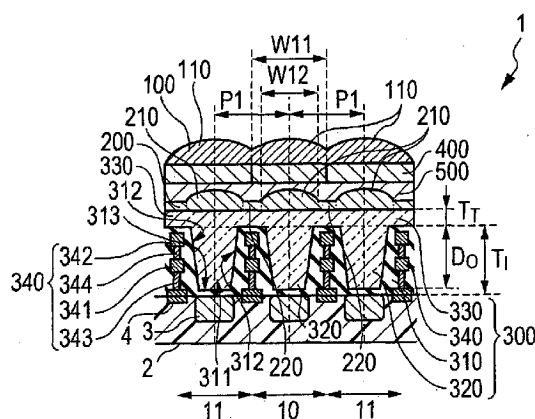
权利要求书3页 说明书21页 附图12页

(54) 发明名称

光电转换装置和图像感测系统

(57) 摘要

公开了光电转换装置和图像感测系统, 该光电转换装置至少包括: 绝缘膜; 多个高折射率构件, 配备成分别与各自光电转换部分相对应, 被所述绝缘膜包围并具有比所述绝缘膜的折射率高的折射率; 以及高折射率膜, 配备在所述绝缘膜上以便相互连接所述多个高折射率构件, 并具有比所述绝缘膜的折射率高的折射率, 以及多个透镜部分当中彼此相邻的透镜部分彼此毗接。



1. 一种光电转换装置,包含:

多个光电转换部分;

包括绝缘层的绝缘膜;

多个高折射率构件,分别配备在各自光电转换部分上以便被所述绝缘膜包围,并具有比所述绝缘层的折射率大的折射率;

高折射率膜,配备在所述绝缘膜上以相互连接所述多个高折射率构件,并具有比所述绝缘膜的折射率大的折射率,

多个第一透镜部分,安排成与各自光电转换部分相对应;

多个第二透镜部分,安排成在所述第一透镜部分和所述高折射率构件之间与各自光电转换部分相对应;以及

折射率小于所述第二透镜部分的折射率的低折射率膜,所述低折射率膜被安排在所述第二透镜部分和所述高折射率膜之间,

其中,下述中的至少之一彼此毗接:

(1) 所述多个第一透镜部分当中彼此相邻的第一透镜部分,以及

(2) 所述多个第二透镜部分当中彼此相邻的第二透镜部分。

2. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,进一步包含安排在所述多个第一透镜部分和所述多个第二透镜部分之间的波长选择层,所述波长选择层具有与具有彼此不同值的波长相对应并被安排成与各自光电转换部分相对应的多种类型的波长选择构件,其中,

彼此相邻的第一透镜部分彼此毗接,以及彼此相邻的第二透镜部分彼此隔开。

3. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述多个第一透镜部分当中彼此相邻并被安排成使其光轴彼此相隔预定距离的第一透镜部分彼此毗接,以及所述多个第一透镜部分当中彼此相邻并被安排成使其光轴彼此相隔大于所述预定距离的距离的第一透镜部分彼此毗接。

4. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述低折射率膜包括:

第一低折射率层,具有比所述第二透镜部分的折射率小的折射率;以及

第二低折射率层,安排在所述第一低折射率层和所述高折射率膜之间,并具有比所述第一低折射率层的折射率小的折射率。

5. 按照权利要求 4 所述的光电转换装置,其中,所述低折射率膜包括:

第三低折射率层,安排在所述第二低折射率层和所述高折射率膜之间,并具有在所述第二低折射率层的折射率和所述高折射率膜的折射率之间的折射率。

6. 按照权利要求 5 所述的光电转换装置,其中,所述第二透镜部分的折射率高于所述高折射率膜的折射率,以及所述第一低折射率层的折射率大于所述第三低折射率层的折射率。

7. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述多个第一透镜部分的每一个包括第一透镜体、和沿着所述第一透镜体的弯曲表面配备并具有比所述第一透镜体的折射率小的折射率的第一涂层。

8. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述多个第二透镜部分的每一个包括第二透镜体、和沿着所述第二透镜体的弯曲表面配备并具有比所述第二透镜体的折射率小的折射率的第二涂层。

9. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,

所述多个第一透镜部分的每一个包括由树脂形成的第一透镜体、和沿着所述第一透镜体的弯曲表面配备并包括氧化硅的第一涂层;以及

所述多个第二透镜部分的每一个包括由氮化硅形成的第二透镜体、和沿着所述第二透镜体的弯曲表面配备并包括氧氮化硅的第二涂层。

10. 按照权利要求 9 所述的光电转换装置,其中,

彼此相邻的第一透镜部分彼此毗接,并且彼此相邻的第二透镜部分彼此隔开。

11. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,

所述低折射率膜包括:

第一低折射率层;

第二低折射率层,安排在所述第一低折射率层和所述高折射率膜之间,相对于所述第一低折射率层形成界面,并具有比所述第一低折射率层的折射率小的折射率;以及

第三低折射率层,安排在所述第二低折射率层和所述高折射率膜之间,相对于所述第二低折射率层形成界面,并具有比所述第二低折射率层的折射率高的折射率。

12. 按照权利要求 5 所述的光电转换装置,其中,所述第一低折射率层和所述第三低折射率层由氧氮化硅形成,以及所述第二低折射率层由氧化硅形成。

13. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述高折射率膜和所述高折射率构件由氮化硅制成,或者所述高折射率膜和所述高折射率构件由树脂制成。

14. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述多个高折射率构件的每一个包括第一高折射率部分、和位于所述绝缘膜和所述第一高折射率部分之间的第二高折射率部分,所述第一高折射率部分的折射率不同于所述第二高折射率部分的折射率。

15. 按照权利要求 1 所述的光电转换装置,其中,所述多个高折射率构件的每一个包括第一高折射率部分、和位于所述绝缘膜和所述第一高折射率部分之间的第二高折射率部分,所述第一高折射率部分的折射率不同于所述第二高折射率部分的折射率,

其中,满足如下条件 (i)、(ii) 和 (iii) 中的至少一个:

(i) 所述高折射率膜被配备成相互连接所述多个高折射率构件的各个第一高折射率部分;

(ii) 所述高折射率膜被配备成相互连接所述多个高折射率构件的各个第二高折射率部分;以及

(iii) 所述高折射率膜包括第一高折射率层和第二高折射率层,所述第一高折射率层被配备成相互连接所述多个高折射率构件的第一高折射率部分,以及所述第二高折射率层被配备成相互连接所述多个高折射率构件的第二高折射率部分。

16. 一种光电转换装置,包含:

多个光电转换部分;

包括绝缘层的绝缘膜;

多个构件,分别配备在所述多个光电转换部分的每一个上以便被所述绝缘膜包围,并具有比所述绝缘层的折射率大的折射率;

第一膜,配备在所述绝缘膜上以相互连接所述多个构件,并且具有比所述绝缘层的折射率大的折射率;

配备在所述第一膜上的第二膜,以及

多个透镜部分,安排成分别与各自光电转换部分相对应并配备在所述第二膜上,其中,所述第二膜包括第一层、第二层和第三层,第二层被安排在第一层和第三层之间,第一层被安排在第三层和所述透镜部分之间,

第二层具有比第一层和第三层的厚度大的厚度,

第三层被安排在第二层和所述第一膜之间,并且具有在第二层的折射率和所述第一膜的折射率之间的折射率,并且

所述多个透镜部分当中彼此相邻并被安排成使其光轴彼此相隔预定距离的透镜部分彼此毗接,以及所述多个透镜部分当中彼此相邻并被安排成使其光轴彼此相隔大于预定距离的距离的透镜部分彼此毗接。

17. 按照权利要求 16 所述的光电转换装置,其中,所述多个透镜部分的每一个包括透镜体、和沿着所述透镜体的弯曲表面配备并具有比所述透镜体的折射率小的折射率的涂层。

18. 按照权利要求 16 所述的光电转换装置,其中,所述多个透镜部分的每一个的曲率至少是 0.49,其中曲率的单位是 $1/\mu\text{m}$ 。

19. 一种图像感测系统,包含:

按照权利要求 1 到权利要求 18 的任何一个所述的光电转换装置、和配置成被供给从所述光电转换装置输出的电信号作为输入并处理所述电信号的信号处理装置。

光电转换装置和图像感测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及配备了具有多个光电转换部分的半导体基板的光电转换装置以及图像感测系统。

背景技术

[0002] 在具有多个光电转换部分的光电转换装置中,需要使光束充分地分别进入多个光电转换部分中。为了做到这一点,提供具有用于收集入射光束的透镜(微透镜)或用于将入射光束引导到光电转换部分的光导路径(光波导)的光导结构是有效的。在已公开日本专利第 2007-201091 号和已公开日本专利第 2008-192951 号中,公开了具有透镜和光导结构的光电转换装置。

发明内容

[0003] 本发明的一个方面提供了一种光电转换装置,包括:多个光电转换部分;绝缘膜;多个高折射率构件,分别配备在各自光电转换部分上以便被所述绝缘膜围绕并具有比所述绝缘膜的折射率大的折射率;高折射率膜,配备在所述绝缘膜上以连接所述多个高折射率构件,并且具有比所述绝缘膜的折射率大的折射率;多个第一透镜部分,安排成与各自光电转换部分相对应;以及多个第二透镜部分,每一个第二透镜部分被安排成在所述第一透镜部分和所述高折射率构件之间与各自光电转换部分相对应,其中,(1)所述多个第一透镜部分当中彼此相邻的第一透镜部分和(2)所述多个第二透镜部分当中彼此相邻的第二透镜部分中的至少一个彼此毗接。

[0004] 本发明的另一个方面还提供了一种光电转换装置,包括:多个光电转换部分;绝缘膜;多个高折射率构件,分别配备在所述多个光电转换部分的每一个上以便被所述绝缘膜围绕并具有比所述绝缘膜的折射率大的折射率;高折射率膜,配备在所述绝缘膜上以连接所述多个高折射率构件,并且具有比所述绝缘膜的折射率大的折射率;以及多个集光透镜部分,安排成分别与各自光电转换部分相对应并配备在复合构件上,其中,所述多个集光透镜部分当中彼此相邻并被安排成其光轴彼此相隔预定距离的集光透镜部分彼此毗接,以及所述多个集光透镜部分当中彼此相邻并被安排成其光轴彼此相隔大于预定距离的距离的集光透镜部分彼此毗接。

[0005] 本发明的进一步特征将从如下参考附图对示范性实施例的描述中明显看出。

附图说明

[0006] 图 1A 是按照第一实施例的光电转换装置的说明性示意平面图;

[0007] 图 1B 是沿着图 1A 中的直线 IB-IB 和 IB'-IB' 截取的说明性剖面图;

[0008] 图 1C 是沿着图 1A 中的直线 IC-IC 和 IC'-IC' 截取的说明性剖面图;

[0009] 图 2A 是按照第二实施例的光电转换装置的说明性示意平面图;

[0010] 图 2B 是沿着图 2A 中的直线 IIB-IIB 和 IIB'-IIB' 截取的说明性剖面图;

- [0011] 图 2C 是沿着图 2A 中的直线 IIC-IIC 和 IIC' -IIC' 截取的说明性剖面图；
- [0012] 图 3A 是按照第三实施例的光电转换装置的说明性示意平面图；
- [0013] 图 3B 是沿着图 3A 中的直线 IIIB-IIIB 和 IIIB' -IIIB' 截取的说明性剖面图；
- [0014] 图 3C 是沿着图 3A 中的直线 IIIC-IIIC 和 IIIC' -IIIC' 截取的说明性剖面图；
- [0015] 图 4A 是示出第一例子的按照第四实施例的光电转换装置的说明性示意剖面图；
- [0016] 图 4B 是示出第二例子的按照第四实施例的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0017] 图 4C 是示出第三例子的按照第四实施例的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0018] 图 5A 是按照第一种变型的光电转换装置的说明性示意剖面图；
- [0019] 图 5B 是按照第二种变型的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0020] 图 5C 是按照第三种变型的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0021] 图 6A 是按照第四种变型的光电转换装置的说明性示意剖面图；
- [0022] 图 6B 是按照第五种变型的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0023] 图 6C 是按照第六种变型的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0024] 图 6D 是按照第七种变型的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0025] 图 6E 是按照第八种变型的光电转换装置的说明性剖面图；
- [0026] 图 7 是按照第五实施例的光电转换装置的一个例子的剖面图；
- [0027] 图 8 是本发明的说明性示意图；以及
- [0028] 图 9 是说明图像感测系统的一个例子的示意图。

具体实施方式

[0029] 现在参照图 1A 到 1C, 描述光电转换装置 1 的概况。光电转换装置 1 包括多个光电检测器 10、11 和 12。图 1A 是光电转换装置 1 的平面图, 例示了以 3×3 矩阵的形式二维排列的九个光电检测器。然而, 只要光电检测器的数量是两个或更多个, 就可以应用本发明, 以及两个或更多个光电检测器可以一维地排列。

[0030] 将只用于说明的九个光电检测器 (10, 11, 12) 之一定义为感兴趣光电检测器 10。在显示在图 1A 中的例子中, 感兴趣光电检测器 10 位于中心, 有八个光电检测器 (11, 12) 与感兴趣光电检测器 10 相邻。实施例中的术语“彼此相邻”指的是在多个光电检测器之间不存在另一个光电检测器的模式, 并且包括多个光电检测器彼此毗接的情况和多个光电检测器不彼此毗接 (彼此隔开) 的情况两者。在本说明书中, 术语“彼此相邻”可以具有这种含义地用于各种构件以及用于光电检测器。术语“与 邻近”或“在 附近”可以指多个构件彼此毗接的情况和多个构件彼此相邻但并不彼此毗接 (彼此隔开) 的情况两者。

[0031] 与感兴趣光电检测器 10 相邻的八个光电检测器 (11, 12) 中的四个 (主相邻光电检测器 11) 在其对边方向 (图中上、下、左、右方向) 上与感兴趣光电检测器 10 相邻, 并被安排在离感兴趣光电检测器 10 最短的距离 (间距) 上。与感兴趣光电检测器 10 相邻的八个光电检测器 (11, 12) 中的其余四个 (次相邻光电检测器 12) 在其对角方向 (图中斜向) 上与感兴趣光电检测器 10 相邻, 并被安排在与主相邻光电检测器 11 相比离感兴趣光电检测器 10 更远的位置上。感兴趣光电检测器 10、主相邻光电检测器 11 和次相邻光电检测器 12 为了方便起见根据相对位置关系来区分, 并且可以分别具有大致相同的结构。当只有两

个光电检测器或光电检测器一维排列时,不存在次相邻光电检测器 12。当有六个以正六边形图案围绕感兴趣光电检测器排列的光电检测器时,可能存在六个主相邻光电检测器 11 和六个次相邻光电检测器 12。

[0032] 图 1B 是沿着图 1A 中的直线 IB-IB 和 IB'-IB' 截取的包括光电转换装置 1 的感兴趣光电检测器 10 和主相邻光电检测器 11 的剖面图。图 1C 是沿着图 1A 中的直线 IC-IC 和 IC'-IC' 截取的包括光电转换装置 1 的感兴趣光电检测器 10 和次相邻光电检测器 12 的剖面图。尽管显示在图 1B 中的结构可能只建立在沿着显示在图 1A 中的直线 IB-IB 截取的剖面 and 沿着显示在图 1A 中的直线 IB'-IB' 截取的剖面之一中,但优选的是建立在这两个剖面中。同样,尽管显示在图 1C 中的结构可能只建立在沿着显示在图 1A 中的直线 IC-IC 截取的剖面 and 沿着显示在图 1A 中的直线 IC'-IC' 截取的剖面之一中,但优选的是建立在这两个剖面中。

[0033] 半导体基板 2 具有多个光电转换部分 3,每个光电转换部分 3 形成多个光电检测器的相应一个光电检测器的一部分。也可以将每个光电检测器的光电转换部分 3 划分成多个区域,使得每个光电检测器具有具有多个光电转换区域的光电转换部分。半导体基板 2 通常由硅形成。每一个光电转换部分 3 由光电二极管或光电门形成,并且生成取决于入射在上面的光束的强度的信号载波。除了光电转换部分 3 之外,半导体基板 2 还可以具有半导体器件 4。当光电转换装置 1 像所谓的 CMOS(互补金属氧化物半导体)传感器那样是像素放大型时,作为半导体器件 4 的可能例子,包括放大晶体管、转移晶体管、复位晶体管等。当光电转换装置 1 像所谓的 CCD(电荷耦合器件)传感器那样是电荷转移型时,作为半导体器件 4,包括电荷耦合器件。如上所述,当将每个光电检测器的光电转换部分 3 划分成多个光电转换区域时,可以从每个光电转换区域中获取信号。光电转换部分 3 通常通过将杂质引入(注入或扩散)单晶硅晶片中而形成。然而,光电转换部分 3 也可以像具有 MIS 型结构或 PIN 型结构的薄膜那样在玻璃基板上形成。

[0034] 使用多种材料形成的复合构件 300 被配备成覆盖半导体基板 2 上的多个光电转换部分 3。复合构件 300 至少包括绝缘膜 310、高折射率构件 320 和高折射率膜 330。复合构件 300 至少具有光学功能和电气功能。

[0035] 高折射率构件 320 和高折射率膜 330 是透明的。在该实施例中,术语“透明”意味着相对于通过进入光电转换部分 3 而生成信号载波的光束具有透明性。例如,当配备了像如后所述的滤色器那样的波长选择构件时,高折射率构件 320 和高折射率膜 330 只需相对于通过波长选择构件的光束的波长具有透明性。

[0036] 绝缘膜 310 可以是具有堆叠的分别由彼此不同的材料(绝缘材料)形成的多个绝缘层的多层膜。绝缘膜 310 通常是透明的。绝缘膜 310 的材料的优选例子包括氧化硅、氮化硅、BSG(硼硅玻璃)、PSG(磷硅玻璃)、BPSG(硼磷硅玻璃)。绝缘膜 310 的折射率优选的是 1.4 到 1.6。绝缘膜 310 的厚度 T_1 优选的是 $0.55\mu\text{m}$ 或更大,更优选的是 $1.0\mu\text{m}$ 或更大。当绝缘膜 310 的厚度过大时,应力增大,并且制造所需时间增加。因此,实际上,绝缘膜 310 的厚度 T_1 被设置成不超过 $10\mu\text{m}$ 。

[0037] 绝缘膜 310 包括多个开口 311。多个开口 311 配备在光电转换部分 3 所在的区域中,以便与各自光电转换部分 3 相对应。开口 311 的内部被绝缘膜 310 包围,绝缘膜 310 的表面的一些部分构成开口 311 的侧面 312。在图 1B 和 1C 中,绝缘膜 310 的表面的不同部分

构成开口 311 的底面 313。然而,半导体基板 2 可以构成开口 311 的底面 313。这样,开口 311 是配备在绝缘膜 310 中的凹坑或通孔。当半导体基板 2 构成开口 311 的底面 313 时,开口 311 被配备成穿过绝缘膜 310。然而,为了降低对光电转换部分 3 的损害,优选的是让绝缘膜 310 构成开口 311 的底面 313。当蚀刻绝缘膜以形成开口 311 时,可以通过在绝缘膜上配备蚀刻停止层(未示出)并将蚀刻停止层用作开口 311 的底面 313 来实现。当大多数绝缘膜 310 由氧化硅形成时,建议蚀刻停止层由氮化硅形成。开口 311 的深度 D_o 优选的是绝缘膜 310 的厚度 T_1 的 $1/4$ 或更大,更优选的是绝缘膜 310 的厚度 T_1 的 $1/2$ 或更大。

[0038] 在平面图中开口 311 的形状(在与半导体基板 2 平行的平面中开口 311 的形状)只需是闭环,如图 1A 所示的圆形、椭圆形、圆方形、正方形、六角形都是适用的。开口 311 的剖面形状(在与半导体基板 2 垂直的平面中开口 311 的形状)可以是如图 1B 和 1C 所示的倒梯形、梯形、长方形、正方形、或综合这些形状的阶梯状形状。

[0039] 每个高折射率构件 320 被配备在多个开口 311 的相应一个的内部。因此,多个高折射率构件 320 的每一个都被绝缘膜 310 包围。当开口 311 是绝缘膜 310 的凹坑时,可以认为高折射率构件 320 被绝缘膜 310 的一部分包围。高折射率构件 320 的形状与开口 311 的形状大致匹配。在显示在图 1A 到 1C 中的例子中,高折射率构件 320 具有截圆锥形状。然而,取决于开口 311 的形状,它们也可以具有截棱锥形状、方柱形状、或圆柱形状。高折射率构件 320 的典型材料(透明材料)是绝缘材料。高折射率构件 320 的折射率高于绝缘膜 310 的折射率。在显示在图 1B 和 1C 中的例子中,高折射率构件 320 和绝缘膜 310 彼此毗接形成边界,该边界与开口 311 的侧面 312 一致。在这个边界上,取决于高折射率构件 320 的折射率和绝缘膜 310 的折射率之差,可能发生全反射。因此,进入开口 311 中的高折射率构件 320 中的光束当中指向侧面 312 的光束能够朝向光电转换部分 3 反射。

[0040] 高折射率膜 330 的折射率高于绝缘膜 310 的折射率。高折射率膜 330 的材料可以不同于高折射率构件 320 的材料。高折射率膜 330 可以由与高折射率构件 320 相同的材料(透明材料)形成。在实施例,表述“相同材料”指的是化学计量成分相同的材料。因此,偏离化学计量成分(即,非化学计量成分不同)的材料和其结晶度、材料密度、杂质(不大于 1wt%)和浓度不同的材料可能被视为“相同材料”。例如,尽管材料的氮化硅的化学计量成分的比例是 $Si : N = 3 : 4$,但在化学计量成分的比例相同的范围内 Si 与 N 之间的实际比例彼此不同也被认为是相同材料。化学计量成分不同的材料不是相同材料。例如,尽管一氧化钛(TiO)和二氧化钛(TiO_2)两者的成分都是氧和钛(氧化钛),但它们在化学计量上是不同的。在下面给出的描述中,术语“氧化硅”指的是化学计量成分比是 $Si : O = 1 : 2$ 的二氧化硅(SiO_2)。此外,术语“氮化硅”指的是化学计量成分比是 $Si : N = 3 : 4$ 的四氮化三硅(Si_3N_4)。如果需要的话,其它材料的化学计量成分比将使用化学成分分子式来描述。

[0041] 高折射率膜 330 位于绝缘膜 310 上。然后,高折射率膜 330 从绝缘膜 310 的顶部延伸到高折射率构件 320 的顶部。更具体地说,高折射率膜 330 与多个高折射率构件 320 毗接。因此,高折射率膜 330 被配备成使多个高折射率构件 320 彼此耦合。

[0042] 在显示在图 1A 和 1B 中的例子中,高折射率膜 330 被配备成完全覆盖高折射率构件 320,换句话说,覆盖开口 311。然而,高折射率膜 330 只需与每个高折射率构件 320 的至少一部分毗接。当高折射率构件 320 和高折射率膜 330 由相同透明构件形成时,可以将高折

射率构件 320 和高折射率膜 330 一体化,并使得不可能清楚地观察到高折射率构件 320 和高折射率膜 330 之间的边界。如上所述,高折射率构件 320 位于开口 311 的内部,而高折射率膜 330 存在于开口 311 的外部。因此,通过确定透明材料存在于开口 311 的内部还是开口 311 的外部,可以区分高折射率构件 320 和高折射率膜 330。开口 311 的内部和外部通过如图 1B 和 1C 中的点线所指,在复合构件 300 的剖面的观察图像中假想地将绝缘膜 310 的上表面延伸到开口 311 的顶部(通过假想地用直线相互连接开口 311 的侧面 312 的上端)来划分。

[0043] 高折射率构件 320 或高折射率膜 330 的材料(透明材料)可以是有机材料(树脂)。然而,无机材料是优选的,因为它们化学性质稳定。优选树脂的例子包括硅氧烷基树脂和聚酰亚胺。优选无机材料的例子包括氮化硅、氧氮化硅、氧化钛(TiO_2),明确地说,氮化硅是优选的。高折射率构件 320 和高折射率膜 330 的折射率优选的是 1.6 或更高。一般树脂的折射率是 1.3 到 1.6,甚至高折射率树脂的折射率也只是 1.6 到 1.8。然而,可以通过混合诸如金属氧化物等的高折射率无机材料来提高有效折射率。包含在树脂中的高折射率无机材料的例子包括氧化钛、氧化钽、氧化铌、氧化钨、氧化锆、氧化锌、氧化铟和氧化铅。如果高折射率膜 330 的厚度 T_1 至少是 $\lambda/4n_{330}$,其中 λ 是进入高折射率构件 320 中的光束的波长,以及 n_{330} 是高折射率膜 330 的折射率,则可以取得显著效果。高折射率膜 330 的厚度 T_1 通常是 $0.10\text{ }\mu\text{m}$ 或更大。相反,如果高折射率膜 330 的厚度过大,则进入开口 311 中的入射光量就减小。高折射率膜 330 的厚度 T_1 优选的是不超过开口 311 的深度 D_0 ,更优选的是不超过开口 311 的深度 D_0 的一半。如果高折射率膜 330 的厚度 T_1 不大于 $2\lambda/n_1$,其中, λ 是进入高折射率构件 320 中的光束的波长, n_1 是高折射率膜 330 的折射率,则可以取得显著效果。

[0044] 下面示出作为高折射率构件 320、高折射率膜 330 和绝缘膜 310 的材料的例子的材料的折射率的粗略值。这些值对于氧化硅是 1.4 到 1.5,对于氧氮化硅是 1.6 到 1.9,对于氮化硅是 1.8 到 2.3,对于氧化钛是 2.5 至 2.7,以及对于 BSG、PSG 和 BPSG 是 1.4 到 2.0。上述的数值只是例子。即使材料相同,也可以通过改变膜形成的方法来改变化学计量成分的比例或材料密度,因此可以按需设置折射率。

[0045] 当绝缘膜 310 是多层膜时,部分多层膜的层的折射率可以是高折射率构件 320 的折射率或更高。然而,折射率等于或高于高折射率构件 320 的折射率的层(高折射率绝缘层:未示出)构成开口 311 的大部分侧面 312 不是优选的。原因是进入高折射率构件 320 中的光束可能在高折射率绝缘层中传播并从开口 311 泄漏出去。因此,由高折射率绝缘层形成的开口 311 的侧面 312 优选的是不超过开口 311 的侧面 312 的整个表面积的一半,更优选的是,不超过它的 $1/4$ 。换句话说,多层膜中折射率低于高折射率构件 320 的层(低折射率绝缘层)至少构成开口 311 的侧面 312 的整个表面积的一半,更优选的是它的 $3/4$ 。如果需要的话,可以通过设置各个层的厚度和开口 311 的侧面 312 的角度来调整由各个层形成的开口 311 的侧面 312 的表面积。一个低折射率绝缘层的厚度通常至少是 $0.10\text{ }\mu\text{m}$ 。一个高折射率绝缘层的厚度优选的是不超过 $\lambda/2n_{\text{III}}$,更优选的是不超过 $\lambda/4n_{\text{III}}$,其中 λ 是进入高折射率构件 320 中的光束的波长,以及 n_{III} 是高折射率绝缘层的折射率。高折射率绝缘层的厚度通常不大于 $0.10\text{ }\mu\text{m}$ 。

[0046] 将层内透镜层配备在复合构件 300 上,将中间膜 500 配备在层内透镜层上,将波长

选择层 400 配备在中间膜 500 上,以及将顶部透镜层(微透镜层)配备在波长选择层 400 上。在如下描述中,顶部透镜层被称为第一透镜层 100,层内透镜层被称为第二透镜层 200。第二透镜层 200 位于第一透镜层 100 与复合构件 300 之间。

[0047] 下面将描述第一透镜层 100 和第二透镜层 200 之间的共同点。各个透镜层都具有多个集光透镜部分。更具体地说,第一透镜层 100 包括多个第一集光透镜部分 110,第二透镜层 200 包括多个第二集光透镜部分 210。多个第一集光透镜部分 110 的每一个和多个第二集光透镜部分 210 的每一个构成光电检测器之一的一部分,并位于与各自光电转换部分 3 相对应的位置上。如后所述,(1) 多个第一集光透镜部分 110 当中彼此相邻的第一集光透镜部分 110 和 (2) 多个第二集光透镜部分当中彼此相邻的第二集光透镜部分 210 中的至少一个彼此毗接。

[0048] 每个集光透镜部分的形状的关键之处在于:光入射侧的表面(图中的上侧)是弯曲成朝向入射侧凸出的凸面(凸透镜形状),或光出射侧的表面(图中的下侧)是弯曲成朝向光出射侧凸出的凸面(凸透镜形状)。曲面形状的例子包括理想球面形状、大致球面形状和非球面形状。

[0049] 尽管图 1B 和 1C 中的集光透镜部分具有向上凸出的平凸透镜形状,但双凸透镜形状和凸弯月面形状也是适用的。集光透镜部分的折射率被设置成高于与集光透镜部分的凸透镜形状的表面形成界面的膜(在这种情况下,中间膜 500 和波长选择层 400)的折射率。由于集光透镜部分的凸透镜形状及其折射率,入射光束可被收集。当配备第一透镜层 100 和第二透镜层 200 两者时,第一集光透镜部分 110 所收集的入射光束进一步被第二集光透镜部分 210 收集。也可以在光路上配备具有凹透镜形状的发散透镜部分。发散透镜部分的折射率也被设置成高于与具有凹透镜形状的表面形成界面的膜的折射率。例如,尽管中间膜 500 在其下表面具有凹透镜形状,但由于折射率低于第二透镜部分 200,所以中间膜 500 不起发散透镜部分的作用。

[0050] 第一透镜层 100 和第二透镜层 200 的材料可以是有机材料(树脂)和无机材料。第一透镜层 100 的折射率和第二透镜层 200 的折射率可以相同,也可以不同。然而,优选的是第二透镜层的折射率高于第一透镜层的折射率。例如,最好将树脂用作第一透镜层 100 的材料,而将氮化硅用作第二透镜层 200 的材料。第二透镜层 200 的材料可以与高折射率膜 330 的材料和高折射率构件 320 的材料的至少一种相同。

[0051] 集光透镜部分(第二集光透镜部分 210)是包括在在透镜层(第二透镜层 200)的表面上具有凸透镜形状的区域(曲面区域)相对于半导体基板 2 的几何正交投影中的部分。显示在图 1B 中的连接部分(第二连接部分 220)是包括在在透镜层的表面上不具有凸透镜形状而是几乎平坦的区域(平坦表面区域)相对于半导体基板 2 的几何正交投影中的部分。

[0052] 在图 1B 中,各个第一集光透镜部分 110 的光轴和各个第二集光透镜部分 210 的光轴通过长虚线示出。这里,第一集光透镜部分 110 的光轴和第二集光透镜部分 210 的光轴是一致的。然而,光轴可以在第一集光透镜部分 110 所收集的光束可以进入第二集光透镜部分 210 中的范围内偏移。主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 的光轴与感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 的光轴相隔预定距离 $P1$ 。在沿着直线 IB-IB 截取的剖面 and 沿着直线 IB'-IB' 截取的剖面中,第一集光透镜部分 110 的宽度用 $W11$ 表达。

[0053] 此外,由于第一集光透镜部分 110 的光轴和第二集光透镜部分 210 的光轴是一致的,所以主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 的光轴与感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 的光轴相隔预定距离 $P1$ 。通常,预定距离 $P1$ 不大于 $10\mu m$,优选的是不大于 $5.0\mu m$,以及进一步优选的是不大于 $2.0\mu m$ 。在沿着直线 $IB-IB$ 截取的剖面 and 沿着直线 $IB'-IB'$ 截取的剖面中,各个第二集光透镜部分 210 的宽度用 $W12$ 表达。

[0054] 在图 1C 中,各个第一集光透镜部分 110 的光轴和各个第二集光透镜部分 210 的光轴也通过长虚线示出。感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 的光轴与次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 的光轴之间的距离用 $P2$ 表达。距离 $P2$ 长于距离 $P1$ 。这里,由于多个第一集光透镜部分 110 以正方格图案排列,所以表达式 $P2 = \sqrt{2} \times P1$ 成立。在沿着直线 $IC-IC$ 截取的剖面 and 沿着直线 $IC'-IC'$ 截取的剖面中,各个第一集光透镜部分 110 的宽度用 $W21$ 表达。

[0055] 此外,由于第一集光透镜部分 110 的光轴和第二集光透镜部分 210 的光轴是一致的,所以次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 的光轴与感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 的光轴相隔距离 $P2$ 。在沿着直线 $IC-IC$ 截取的剖面 and 沿着直线 $IC'-IC'$ 截取的剖面中,各个第二集光透镜部分 210 的宽度用 $W22$ 表达。

[0056] 如果第一集光透镜部分 110 的轮廓是圆形,则表达式 $W11 = W21$ 成立,如果第二集光透镜部分 210 的轮廓是圆形,则表达式 $W12 = W22$ 成立。由于在显示在图 1A 中的例子中第一集光透镜部分 110 和第二集光透镜部分 210 具有圆形状,表达式 $W11 < W21$ 和 $W12 < W22$ 成立。

[0057] 用于电连接配备在半导体基板 2 上的半导体器件 4 的布线 340 可以配备在绝缘膜 310 的内部。布线 340 可以是多层布线。在显示在图 1B 中的例子中,布线 340 包括第一布线层 341、第二布线层 342、第一接触层 343 和第二接触层 344。第一接触层 343 连接半导体器件 4 和第一布线层 341,第二接触层 344 连接第一布线层 341 和第二布线层 342。尽管已经描述了布线层有两层的例子,但也可以在第一布线层 341 和第二布线层 342 之间配备另一个布线层,以形成有三层或更多层的布线层。布线 340 构成复合构件 300 的一部分。布线 340 可以由像铜、铝、钨、钼、和多晶硅那样的导电材料形成。典型的布线 340 是不透明的,并具有金属光泽。

[0058] 波长选择层 400 可以通过排列配备成分别与各自光电转换部分 3 相对应并与彼此不同的波长相对应的多种类型波长选择构件(滤色器)来构成多色滤色器。波长选择构件的类型可以是原色系统(RGB)或补色系统(CMY),但与之相对应的波长不局限于可见光束。也可以使用一种类型的波长选择构件让具有一种波长的光束进入多个相应光电转换部分 3 中。当使用多种类型的波长选择构件时,可以应用拜耳(Bayer)排列或条纹排列。例如,当使用拜耳排列的波长选择层 400 时,当感兴趣光电检测器 10 具有绿色的波长选择构件时,主相邻光电检测器 11 具有具有蓝色的波长选择构件的光电检测器和具有红色的波长选择构件的光电检测器。此外,所有次相邻光电检测器 12 都是具有绿色的波长选择构件的光电检测器。

[0059] 尽管已经描述了波长选择层 400 位于第一透镜层 100 和第二透镜层 200 之间的例子,但波长选择层 400 可以位于第二透镜层 200 和复合构件 300 之间。尽管波长选择层 400 可以配备在第一透镜层 100 上,但容易引起混色。因此,优选的是将波长选择层 400 配备在

第一透镜层 100 或第二透镜层 200 和复合构件 300 之间。可以从光电转换装置 1 中去掉波长选择层 400。在后面描述的图像感测系统中,可以将波长选择构件配备在与光电转换装置 1 隔开的位置上以取代被去掉的波长选择层 400。

[0060] 中间膜 500 处在第一透镜层 100 和第二透镜层 200 之间。中间膜 500 起,例如,在具有平凸透镜状第二集光透镜部分 210 的第二透镜层 200 上配备具有平凸透镜状第一集光透镜部分 110 的第一透镜层 100 的平化膜的作用。中间膜 500 的折射率被设置成高于第一透镜层 100 和第二透镜层 200 的折射率。中间膜 500 可以是多层膜。

[0061] 现在参照图 1A 到图 7,描述本发明的实施例。在该描述中,具有相同功能的部分用相同标号表示,并省略详细描述。

[0062] 第一实施例

[0063] 现在参照图 1A 到图 1C,描述按照第一实施例的光电转换装置 1。在图 1A 中,点线表示多个第一集光透镜部分 110 的轮廓,虚线表示第二集光透镜部分 210 的轮廓,以及实线表示开口 311 的侧面 312 的上端。

[0064] 如图 1A 和 1B 所例示,在第一透镜层 100 中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。相反,如图 1A 和 1B 所例示,在第二透镜层 200 中,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开。配备在感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 之间的是没有光收集功能的第二连接部分 220。如图 1A 和 1C 所例示,在第一透镜层 100 中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此隔开。配备在感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 之间的是没有光收集功能的第一连接部分 120。此外,如图 1A 和 1C 所例示,在第二透镜层 200 中,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开。配备在感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 之间的是没有光收集功能的第二连接部分 220。

[0065] 集光透镜部分的彼此毗接基本上与下列情况是同义的:感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的光轴和主相邻光电检测器 11 以及次相邻光电检测器 12 的集光透镜部分的光轴之间的距离(间距)与感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分在光轴连接方向上的宽度相同。集光透镜部分的光轴是包括集光透镜部分的入射表面或出射表面的顶端的轴线,并且通常是包括集光透镜部分的弯曲形状的曲率中心的轴线。光轴可以称为中心轴(旋转对称轴)。第一集光透镜部分 110 的曲率优选的不小于 $0.49(1/\mu\text{m})$ 。例如,彼此相邻的第一集光透镜部分 110 的曲率可以是 $0.63(1/\mu\text{m})$ 。相反,第二集光透镜部分 210 的曲率优选的大于第一集光透镜部分 110 的曲率,也就是说,第二集光透镜部分 210 的曲率半径优选的小于第一集光透镜部分 110 的曲率半径。

[0066] 如果主相邻光电检测器 11 的集光透镜部分与感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分隔开,则感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的光轴与主相邻光电检测器 11 的集光透镜部分的光轴之间的距离(间距)大于感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的宽度。感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的宽度在这里指的是集光透镜部分在连接两者的光轴

的方向（对边方向）上的宽度。同样，如果次相邻光电检测器 12 的集光透镜部分与感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分隔开，则感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的光轴与次相邻光电检测器 12 的集光透镜部分的光轴之间的距离（间距）大于感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的宽度。感兴趣光电检测器 10 的集光透镜部分的宽度在这里指的是集光透镜部分在连接两者的光轴的方向（对角方向）上的宽度。此外，彼此毗接的集光透镜部分之间的边界的高度可以与连接部分的高度相同，但通常高于连接部分。

[0067] 现在参照图 1B 和 1C，详细描述间距与宽度之间的关系。如图 1B 所示，由于感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接，所以表达式 $W11 = P1$ 成立。由于感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开，所以表达式 $W12 < P1$ 成立。换句话说，感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此相隔 $P1 - W12$ 。

[0068] 如图 1C 所示，由于感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此隔开，所以表达式 $W21 < P2$ 成立。换句话说，感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此相隔 $P2 - W21$ 。由于感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开，所以表达式 $W22 < P2$ 成立。换句话说，感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此相隔 $P2 - W22$ 。

[0069] 现在为了比较参照作为图 1B 中的第一实施例的变型的图 8 来描述实施例。如图 8 所示，第一透镜层 100 中彼此相邻的第一集光透镜部分 110 彼此隔开，第二透镜层 200 中彼此相邻的第二集光透镜部分 210 也彼此隔开。因此，进入彼此相邻的第一集光透镜部分 110 之间的第一连接部分 120 中的光束基本上未被收集，其光路没有弯曲地进入彼此相邻的第二集光透镜部分 210 之间的部分中。然后，进入第二集光透镜部分 210 之间的第二连接部分 220 中的光束进入高折射率膜 330 中。由于高折射率膜 330 具有高于绝缘膜 310 的折射率，所以入射光束如在几何光学或波动光学中所说明的那样在高折射率膜 330 中传播。当感兴趣光电检测器 10 和主相邻光电检测器 11 的集光透镜部分的光轴之间的距离（预定距离 $P1$ ）未超过 $5.0 \mu m$ 时，容易发生这样的光束在高折射率膜 330 中的传播，并且当未超过 $2.0 \mu m$ 时，特别明显。由于高折射率膜 330 将高折射率构件 320 相互连接，所以传播通过高折射率膜 330 的光束被引导到分立高折射率构件 320。这是因为依据波动光学，光束具有比折射率较低的媒体（绝缘膜 310）更容易地传播通过折射率较高的媒体（高折射率构件 320）的性质。具体地说，当高折射率构件 320 和高折射率膜 330 由相同构件形成时，高折射率构件 320 与高折射率膜 330 之间的光束损耗与高折射率构件 320 和高折射率膜 330 由彼此不同的材料形成的情况相比更小。因此，对光束在高折射率膜 330 中的传播和到高折射率构件 320 的传播的影响可能是相当大的。引导到分立高折射率构件 320 的光束进入分立光电转换部分 3 中并生成电荷。因此，认为图像的边缘是模糊的，因为原来可能只进入感兴趣光电检测器 10 的光电转换部分 3 中的光束也进入主相邻光电检测器 11 的光电转换部分 3 中。而且，当使用具有多种类型的波长选择层的波长选择层 400 时，具有原来可能只进入感兴趣光电检测器 10 中的波长的光束也进入具有支持不同波长的波长选择构件的主

相邻光电检测器 11 中。当支持不同波长的波长选择构件彼此毗接时,明确地说,当它们在高折射率膜 330 上的一个区域中以重叠方式毗接时,具有多个波段的光束(混色光束)进入高折射率膜 330 中,然后进入高折射率构件 320 中。这被认为会造成图像混色。光束进入感兴趣光电检测器 10 和次相邻光电检测器 12 之间的部分中可以以相同方式说明。

[0070] 在第一实施例中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。因此,进入感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 之间的边界中的光束可以被两个第一集光透镜部分 110 的任何一个收集。因此,光路在朝向光导构件的方向上弯曲,并且能够禁止进入高折射率膜 330 中。因此,能够抑制进入高折射率膜 330 中并在其中传播的光束所引起的光接收精度的降低。

[0071] 第二实施例

[0072] 现在参照图 2A 到图 2C,描述按照第二实施例的光电转换装置 1。图 2A 是光电转换装置 1 的平面图,在图 2A 中,点线表示多个第一集光透镜部分 110 的轮廓,虚线表示第二集光透镜部分 210 的轮廓,以及实线表示开口 311 的侧面 312。图 2B 是沿着图 2A 中的直线 IIB-IIB 和 IIB'-IIB' 截取的包括光电转换装置 1 的感兴趣光电检测器 10 和主相邻光电检测器 11 的剖面图。图 2C 是沿着图 2A 中的直线 IIC-IIC 和 IIC'-IIC' 截取的包括光电转换装置 1 的感兴趣光电检测器 10 和次相邻光电检测器 12 的剖面图。尽管显示在图 2B 中的结构可能只建立在沿着显示在图 2A 中的直线 IIB-IIB 截取的剖面 and 沿着显示在图 2A 中的直线 IIB'-IIB' 截取的剖面之一中,但优选的是建立在这两个剖面中。同样,尽管显示在图 2C 中的结构可能只建立在沿着显示在图 2A 中的直线 IIC-IIC 截取的剖面 and 沿着显示在图 2A 中的直线 IIC'-IIC' 截取的剖面之一中,但优选的是建立在这两个剖面中。

[0073] 如图 2A 和 2B 所例示,在第一透镜层 100 中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。此外,如图 2A 和 2B 所例示,在第二透镜层 200 中,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此毗接。如图 2A 和 2C 所例示,在第一透镜层 100 中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。相反,如图 2A 和 2C 所例示,在第二透镜层 200 中,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开。配备在感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 之间的是没有光收集功能的第二连接部分 220。

[0074] 现在参照图 2B 和 2C,详细描述间距与宽度之间的关系。显示在图 2B 和 2C 中的 W11、P1、W12、W21、P2 和 W22 的定义与图 1B 和 1C 中的那些相同。

[0075] 如图 2B 所示,由于感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,所以表达式 $W11 = P1$ 成立。由于感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此毗接,所以表达式 $W12 = P1$ 成立。表达式 $W12 = W11$ 也成立。

[0076] 如图 2C 所示,由于感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,所以表达式 $W21 = P2$ 成立。尽管感兴趣光电

检测器 10 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 在一定宽度上彼此毗接,但感兴趣光电检测器 10 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 基本上在一个点上彼此毗接。然后,如图 2A 所示,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 的轮廓是正方形。由于感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开,所以表达式 $W22 < P2$ 成立。换句话说,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此相隔 $P2 - W22$ 。

[0077] 在第二实施例中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。因此,与第一实施例不同,第一透镜层 100 没有第一连接部分 120。因此,防止了进入第一透镜层 100 的光束进入第二透镜层 200 的第二连接部分 220 和高折射率膜 330 中。

[0078] 第三实施例

[0079] 现在参照图 3A 到图 3C,描述按照第三实施例的光电转换装置 1。图 3A 是光电转换装置 1 的平面图,在图 3A 中,点线表示多个第一集光透镜部分 110 的轮廓,虚线表示第二集光透镜部分 210 的轮廓,以及实线表示开口 311 的侧面 312。图 3B 是沿着图 3A 中的直线 IIIIB-IIIIB 和 IIIIB' -IIIIB' 截取的包括光电转换装置 1 的感兴趣光电检测器 10 和主相邻光电检测器 11 的剖面图。图 3C 是沿着图 3A 中的直线 IIIC-IIIC 和 IIIC' -IIIC' 截取的包括光电转换装置 1 的感兴趣光电检测器 10 和次相邻光电检测器 12 的剖面图。尽管显示在图 3B 中的结构可能只建立在沿着显示在图 3A 中的直线 IIIIB-IIIIB 截取的剖面 and 沿着显示在图 3A 中的直线 IIIIB' -IIIIB' 截取的剖面之一中,但优选的是建立在这两个剖面中。同样,尽管显示在图 3C 中的结构可能只建立在沿着显示在图 3A 中的直线 IIIC-IIIC 截取的剖面 and 沿着显示在图 3A 中的直线 IIIC' -IIIC' 截取的剖面之一中,但优选的是建立在这两个剖面中。

[0080] 如图 3A 和 3B 所例示,在第一透镜层 100 中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。此外,如图 3A 和 3B 所例示,在第二透镜层 200 中,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开。配备在感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 之间的是没有光收集功能的第二连接部分 220。相反,如图 3A 和 3C 所例示,在第一透镜层 100 中,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接。此外,如图 3A 和 3C 所例示,在第二透镜层 200 中,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开。配备在感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 之间的是没有光收集功能的第二连接部分 220。

[0081] 现在参照图 3B 和 3C,详细描述间距与宽度之间的关系。显示在图 3B 和 3C 中的 $W11$ 、 $P1$ 、 $W12$ 、 $W21$ 、 $P2$ 和 $W22$ 的定义与图 1B 和 1C 中的那些相同。

[0082] 如图 3B 所示,由于感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,所以表达式 $W11 = P1$ 成立。由于感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼

此隔开,所以表达式 $W12 < P1$ 成立。表达式 $W12 < W11$ 也成立。

[0083] 如图 3C 所示,由于感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,所以表达式 $W21 = P2$ 成立。由于感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此隔开,所以表达式 $W22 < P2$ 成立。换句话说,感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此相隔 $P2-W22$ 。表达式 $W22 < W21$ 也成立。

[0084] 第二集光透镜部分 210 的表面积优选的被设置成小于第一集光透镜部分 110 的表面积,因为第一集光透镜部分 110 所收集的光束进入第二集光透镜部分 210 中。通过缩小第二集光透镜部分 210 的表面积,第二集光透镜部分 210 能够具有更高的收集性能(较小曲率),而不增加第二集光透镜部分 210 的厚度。在这个实施例中,即使第二集光透镜部分 210 的表面积缩小到小于第一集光透镜部分 110 的表面积,也可以减少进入第二集光透镜部分 210 之间的部分中的光束。

[0085] 本发明不局限于第一到第三实施例。本发明的关键之处在于:彼此相邻的光电检测器的集光透镜部分在第一透镜层 100 和第二透镜层 200 的至少一个中彼此毗接。下面将描述其它实施例的例子。

[0086] 作为第一实施例的一种变型,可以应用感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和主相邻光电检测器 11 的第二集光透镜部分 210 彼此毗接的配置。作为第一实施例的一种变型,可以应用感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此毗接的配置。作为第二实施例的一种变型,可以应用感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此毗接的配置。作为第二实施例的一种变型,可以应用感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此隔开,以及感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此隔开的配置。作为第二实施例的一种变型,可以应用感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和主相邻光电检测器 11 的第一集光透镜部分 110 彼此隔开,感兴趣光电检测器 10 的第一集光透镜部分 110 和次相邻光电检测器 12 的第一集光透镜部分 110 彼此隔开,以及感兴趣光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 和次相邻光电检测器 12 的第二集光透镜部分 210 彼此毗接的配置。

[0087] 尽管已经描述了具有两个透镜层的配置,但也可以应用只配备第一透镜层 100 和第二透镜层 200 之一而不配备另一个的配置。本公开的一个方面只是配备具有多个集光透镜部分的至少一个透镜层以及光电检测器的彼此相邻的集光透镜部分在相应透镜层中彼此毗接。例如,当感兴趣光电检测器 10 和主相邻光电检测器 10 的第二集光透镜部分 210 像第一实施例和第三实施例中的第二透镜层 200 那样彼此隔开时,可以去掉第二透镜层 200。形成彼此相邻的集光透镜部分的方法可以通过单独或组合使用渐变曝光方法、回蚀法、或回流法以及如果需要的话,设置这些方法的条件来实现。例如,可以参考已公开日本专利第 2006-041467 号、已公开日本专利第 2004-145319 号、已公开日本专利第 61-67003 号、已公开日本专利第 2008-277800 号、已公开日本专利第 2008-52004 号、和已公开日本专利第 2003-33254 号。为了使在对角方向上彼此相邻的集光透镜部分(感兴趣光电检测器 10 和

次相邻光电检测器 12 的集光透镜部分)彼此毗接,在制作各个集光透镜部分图案的时候通过足够大的表面积将对角方向上的集光透镜部分的图案设置成彼此重叠。当在只有一层作为透镜层的情况下配备波长选择层 400 时,优选的将波长选择层 400 配备在透镜层和复合构件 300 之间。

[0088] 第四实施例

[0089] 现在参照图 4A 到 4C,描述按照第四实施例的光电转换装置 1。图 4A 示出了第四实施例的第一例子,图 4B 示出了第四实施例的第二例子,以及图 4C 示出了第四实施例的第三例子。图 4A 到 4C 示出了将各个例子应用于图 1B 所示的第一实施例的例子。然而,第四实施例也可以应用于第二和第三实施例。第一到第三例子的共同之处在于:将折射率比第二透镜层 200 低的透明低折射率膜配备在第二透镜层 200 和高折射率构件 320 之间。尽管下面将描述低折射率膜 600 与高折射率膜 330 形成界面的例子,但低折射率膜 600 也可以与高折射率构件 320 形成界面。

[0090] 在第一例子中,低折射率膜 600 是单层膜,配备在第二透镜层 200 和高折射率膜 330 之间。更具体地说,低折射率膜 600 的上表面与第二透镜层 200 的下表面形成界面,低折射率膜 600 的下表面与高折射率膜 330 的上表面形成界面。例如,当第二透镜层 200 的材料是折射率为 2.00 的氮化硅时,可以将折射率为 1.72 的氧氮化硅或折射率为 1.46 的氧化硅用作低折射率膜 600 的材料。

[0091] 第二集光透镜部分 210 所收集的光束可以相对于低折射率膜 600 倾斜地进入。低折射率膜 600 的折射率低于第二透镜层 200 的折射率,使得光束按照斯涅耳(Snell)折射定律在低折射率膜 600 中朝向开口 311 的中心(光轴)折射。因此,可以使进入开口 311 的光量增加。当低折射率膜 600 的折射率低于高折射率膜 330 的折射率时,在低折射率膜 600 中折射的光束倾斜地进入高折射率膜 330。高折射率膜 330 的折射率高于低折射率膜 600 的折射率,使得光束按照斯涅耳折射定律在高折射率膜 330 中在减小相对于开口 311 的中心(光轴)的角度的方向上折射。因此,能够使进入开口 311 之后从侧面 312 全反射的光通量增加,并能够使从开口 311 的侧面 312 泄漏的光量减少。实际上,优选的低折射率膜 600 的折射率不大于第二透镜层 200 的折射率的 0.95 倍,更优选的不大于 0.85 倍。

[0092] 在第二例子中,低折射率膜 600 是多层膜,包括第一低折射率层 610 和第二低折射率层 620。第一低折射率层 610 的上表面与第二透镜层 200 的下表面形成界面,第一低折射率层 610 的折射率低于第二透镜层 200 的折射率。第二低折射率层 620 的上表面与第一低折射率层 610 的下表面形成界面,第二低折射率层 620 的折射率低于第一低折射率层 610 的折射率。第二低折射率层 620 的下表面与高折射率膜 330 的上表面形成界面。因此,第一低折射率层 610 具有在第二透镜层 200 的折射率和第二低折射率层 620 的折射率之间的折射率。这个例子可以被认为是将第一例子中的单层低折射率膜 600 当作第二低折射率层 620,并将第一低折射率层 610 配备在第一例子中的单层低折射率膜 600 和第二透镜层 200 之间的例子。例如,当第二透镜层 200 的材料是氮化硅时,可以将氧氮化硅用作第一低折射率层 610 的材料,可以将氧化硅用作第二低折射率层 620 的材料。实际上,具有最低折射率的层(本例中的第二低折射率层 620)的折射率优选的从 1.40 到 1.60。

[0093] 在第一例子的情况下,由于第二透镜层 200 和低折射率膜 600 之间的折射率差异,可能在第二透镜层 200 和低折射率膜 600 之间的界面上引起垂直入射光束的反射。此时的

反射率 R 可以通过表达式 $R = (n_{200} - n_{600})^2 / (n_{200} + n_{600})^2$ 来表达, 其中, n_{200} 是第二透镜层 200 的折射率, 以及 n_{600} 是低折射率膜 600 的折射率。在第二例子中, 第二透镜层 200 与第一低折射率层 610 之间的折射率差和第一低折射率层 610 与第二低折射率层 620 之间的折射率差两者都小于第二透镜层 200 与第二低折射率层 620 之间的折射率差。因此, 可以提高第二透镜层 200 与第一低折射率层 610 之间的界面处的透射系数、和第一低折射率层 610 与第二低折射率层 620 之间的界面处的透射系数, 以及可以增加进入第二低折射率层 620 中的光量。

[0094] 第一低折射率层 610 的厚度 T_{R1} 优选的是入射光束的波长的 $(M-0.5)/4n_1$ 到 $(M+0.5)/4n_1$ 倍, 更优选的是入射光束的波长的 $M/4n_1$ 倍。这里, M 是奇数, n_1 是第一低折射率层 610 的折射率。 M 优选的是“1”或“3”, 更优选的是“1”。当如上所述设置第一低折射率层 610 的厚度 T_{R1} 时, 第一低折射率层 610 减轻了来自与第二透镜层 200 的界面的反射光束与来自与第二低折射率层 620 的界面的反射光束之间的干涉, 从而能够增加进入第二低折射率层 620 中的光束的强度。

[0095] 为了在低折射率膜 600 的厚度受到限制的范围内如第一例子所述增大朝向光轴的折射, 可以按如下设置第一低折射率层 610 的厚度 T_{R1} 和第二低折射率层 620 的厚度 T_{R2} 。首先, 比较第二透镜层 200 与第一低折射率层 610 之间的相对折射率和第一低折射率层 610 与第二低折射率层 620 之间的相对折射率。将具有较大相对折射率的层的出射侧媒体 (第一低折射率层 610 和第二低折射率层 620 之一) 的厚度设置成大于具有较小相对折射率的层的出射侧媒体 (第一低折射率层 610 和第二低折射率层 620 之一) 的厚度。这里, 相对折射率是 (入射侧媒体的折射率) / (出射侧媒体的折射率), 在本例中, 相对折射率大于“1”。在至此为止的描述中, 简单表达成“折射率”的术语指的是绝对折射率。按照斯涅耳折射定律, 相对折射率越大, 出射角就越大。因此, 通过增加上述的具有较大相对折射率的出射侧媒体的厚度, 可以使出射光束更接近光轴。例如, 当第二透镜层 200 的折射率是 2.0, 第一低折射率层 610 的折射率是 1.72, 以及第二低折射率层 620 的折射率是 1.46 时, 表达式 $2.00/1.72 < 1.72/1.46$ 成立。因此, 可以将第二低折射率层 620 的厚度 T_{R2} 设置成大于第一低折射率层 610 的厚度 T_{R1} 。第二低折射率层 620 的厚度 T_{R2} 优选的是 60nm 到 500nm, 更优选的是 80nm 到 200nm。第一低折射率层 610 的厚度 T_{R1} 优选的是 20nm 到 300nm, 更优选的是 40nm 到 150nm。

[0096] 在第三例子中, 低折射率膜 600 是多层膜, 包括第一低折射率层 610、第二低折射率层 620 和第三低折射率层 630。第一低折射率层 610 的上表面与第二透镜层 200 的下表面形成界面, 第一低折射率层 610 的折射率低于第二透镜层 200 的折射率。第二低折射率层 620 的上表面与第一低折射率层 610 的下表面形成界面, 第二低折射率层 620 的折射率低于第一低折射率层 610 的折射率。第三低折射率层 630 的上表面与第二低折射率层 620 的下表面形成界面, 第三低折射率层 630 的折射率高于第二低折射率层 620 的折射率。第三低折射率层 630 的下表面与高折射率膜 330 的上表面形成界面, 第三低折射率层 630 的折射率低于高折射率膜 330 的折射率。因此, 第三低折射率层 630 具有在第二低折射率层 620 的折射率和高折射率膜 330 的折射率之间的折射率。这个例子可以被认为是在上面所示的第二例子中在第二低折射率层 620 的折射率低于高折射率膜 330 的折射率的情况下将第三低折射率层 630 配备在第二例子中的第二低折射率层 620 和高折射率膜 330 之间的例

子。例如,当第二透镜层 200 和高折射率膜 300 的材料是氮化硅时,可以将氮化硅用作第一低折射率层 610 和第三低折射率层 630 的材料,可以将氧化硅用作第二低折射率层 620 的材料。

[0097] 在第三例子中,第二低折射率层 620 与第三低折射率层 630 之间的折射率差和第三低折射率层 630 与高折射率膜 330 之间的折射率差两者都小于第二低折射率层 620 与高折射率膜 330 之间的折射率差。因此,可以提高第二低折射率层 620 与第三低折射率层 630 之间的界面处的透射系数、以及第三低折射率层 630 与高折射率膜 330 之间的界面处的透射系数,以及能够增加进入高折射率膜 330 中的光量。

[0098] 与第二例子的方式一样,第三低折射率层 630 的厚度 T_{R3} 优选的是入射光束的波长的 $(M-0.5)/4n_3$ 到 $(M+0.5)/4n_3$ 倍,更优选的是入射光束的波长的 $M/4n_3$ 倍。这里, M 是奇数, n_3 是第三低折射率层 630 的折射率。第三低折射率层 630 的厚度 T_{R3} 与第二低折射率层 620 的厚度 T_{R2} 之间的大小关系可以像第二例子那样设置。与第二例子中的第一低折射率层 610 的方式一样,第三低折射率层 630 的厚度 T_{R3} 优选的是 20nm 到 300nm,更优选的是 40nm 到 150nm。

[0099] 第一低折射率层 610 的折射率 n_1 优选的不低于 $(n_{200}+n_2)/4$,也优选的不超过 $3 \times (n_{200}+n_2)/4$ 。第三低折射率层 630 的折射率 n_3 优选的不低于 $(n_{330}+n_2)/4$,也优选的不超过 $3 \times (n_{200}+n_2)/4$ 。这里, n_{330} 是高折射率膜 330 的折射率。

[0100] 当第二透镜层 200 的折射率高于高折射率膜 330 的折射率时,优选的是将第一低折射率层 610 的折射率设置成比第三低折射率层 630 的折射率高的折射率。换句话说,优选的是建立 $n_2 < n_3 < n_1 < n_{330} < n_{200}$ 的关系,其中 n_{200} 是第二透镜层 200 的折射率,以及 n_{330} 是高折射率膜 330 的折射率。相反,当第二透镜层 200 的折射率低于高折射率膜 330 的折射率时,优选的是将第一低折射率层 610 的折射率设置成比第三低折射率层 630 的折射率低的折射率。换句话说,优选的是建立 $n_2 < n_1 < n_3 < n_{200} < n_{330}$ 的关系。这样,通过按照上下构件的折射率来区分第一低折射率层 610 和第三低折射率层 630 的折射率,能够提高光束从第二透镜层 200 到高折射率膜 300 的透射系数,并因此能够提高光电转换装置 1 的灵敏度。下面将描述光电转换装置 1 的复合构件 300 的变型。分别地,图 5A 示出了第一种变型,图 5B 示出了第二种变型,以及图 5C 示出了第三种变型。图 5A 到 5C 是将各种变型应用于显示在图 1B 中的第一实施例的例子。然而,这些变型也可以应用于第二到第四实施例。第一种到第三种变型的共同之处在于:开口 511 中的构件每一个都包括第一高折射率部分 321 和第二高折射率部分 322。绝缘膜 310 的配置与显示在图 1A 中的配置相同,多个开口 311 被配备成与光电转换部分 3 相对应。

[0101] 第一种变型

[0102] 在显示在图 5A 中的第一种变型中,将第二高折射率部分 322 配备在开口 311 的侧面 312 上,将第一高折射率部分 321 配备在开口 311 的内部和第二高折射率部分 322 的内部。如图 5A 所示,可以将第二高折射率部分 322 配备在开口 311 的底面 313 上,但未必覆盖开口 311 的底面 313。因此,第二高折射率部分 322 位于第一高折射率部分 321 与开口 311 的侧面 312 之间。高折射率膜 330 位于绝缘膜 310 上,并在第一高折射率部分 321 上延伸。高折射率膜 330 由与第一高折射率部分 321 相同的透明材料形成。高折射率膜 330 的折射率高于绝缘膜 310 的折射率,将高折射率膜 330 配备成使分别配备在多个开口 311 中的多

个第二高折射率部分 322 相互连接。高折射率膜 330 的材料可以与第一高折射率部分 321 的材料相同或不同,但优选的是相同。

[0103] 第一高折射率部分 321 和第二高折射率部分 322 的折射率彼此不同。通过将第一高折射率部分 321 的折射率设置成高于第二高折射率部分 322 的折射率,可以主要将第一高折射率部分 321 用作光导路径。相反,通过将第一高折射率部分 321 的折射率设置成低于第二高折射率部分 322 的折射率,可以主要将第二高折射率部分 322 用作光导路径。换句话说,依据几何光学,通过第一高折射率部分 321 与第二高折射率部分 322 之间的界面处的全反射进入开口 311 中的第一高折射率部分 321 中的光束当中,指向侧面 312 的光束可以朝向光电转换部分 3 反射。此外,由于光束被引导到较高折射率侧,所以依据波动光学,第一高折射率部分 321 可以起光导路径的作用。

[0104] 第二种变型

[0105] 在显示在图 5B 中的第二种变型中,将第二高折射率部分 322 配备在开口 311 的侧面 312 上,将第一高折射率部分 321 配备在开口 311 的内部和第二高折射率部分 322 的内部。因此,第二高折射率部分 322 位于第一高折射率部分 321 与开口 311 的侧面 312 之间。高折射率膜 330 位于绝缘膜 310 上,并在第一高折射率部分 321 上延伸。高折射率膜 330 包括第一高折射率层 331、和位于第一高折射率层 331 和绝缘膜 310 之间的第二高折射率层 332。第一高折射率层 331 的折射率高于绝缘膜 310 的折射率,将高折射率膜 330 配备成使分别配备在多个开口 311 中的多个第一高折射率部分 321 相互连接。第一高折射率层 331 的材料可以与第一高折射率部分 321 的材料相同。第一高折射率部分 321 的折射率和第二高折射率部分 322 的折射率彼此不同。第一高折射率层 331 的折射率不同于第二高折射率层 332 的折射率。第二高折射率层 332 的折射率高于第一高折射率层 331 的折射率,将高折射率膜 330 配备成使分别配备在多个开口 311 中的多个第二高折射率部分 322 相互连接。第二高折射率层 332 的材料可以与第二高折射率部分 322 的材料相同。

[0106] 第三种变型

[0107] 在显示在图 5C 中的第三种变型中,将第二高折射率部分 322 配备在开口 311 的侧面 312 上,将第一高折射率部分 321 配备在开口 311 的内部和第二高折射率部分 322 的内部。因此,第二高折射率部分 322 位于第一高折射率部分 321 与开口 311 的侧面 312 之间。在这种变型中,只在第一高折射率部分 321 的入射侧的一部分和侧面 312 的入射侧的一部分上配备了第二高折射率部分 322。第一高折射率部分 321 和第二高折射率部分 322 的折射率高于绝缘膜 310 的折射率。第二高折射率部分 322 的材料可以与第一高折射率部分 321 的材料相同。高折射率膜 330 包括第一高折射率区 333 和第二高折射率区 334。第一高折射率区 333 由与第一高折射率部分 321 相同的材料形成,并位于第一高折射率部分 321 上。第二高折射率区 334 的折射率高于绝缘膜 310 的折射率,第二高折射率区 334 从第二高折射率部分 321 的顶部延伸到绝缘膜 310 的顶部。将第二高折射率区 334 配备成使分别配备在多个开口 311 中的多个第二高折射率部分 322 相互连接。第二高折射率区 334 的材料可以与第二高折射率部分 322 的材料相同。

[0108] 在显示在图 5A 中的第一种变型中,可以用折射率低于绝缘膜 310 的折射率的透明材料取代第二高折射率部分 322。在显示在图 5B 中的第二种变型中,可以用折射率低于绝缘膜 310 的折射率的透明材料取代第一高折射率部分 321 和第一高折射率层 331 之一,或

第二高折射率部分 322 和第二高折射率层 332 之一。

[0109] 在显示在图 5A 和 5B 中的第一种变型和第二种变型中,可以用具有金属光泽的不透明材料取代第二高折射率部分 322。在这种情况下,可以将与第二高折射率部分 322 相对应的由金属材料形成的部分配备成不覆盖开口 311 的底面 313。进入开口 311 中的第一高折射率部分 321 中的光束当中指向侧面 312 的光束能够通过金属光泽朝向光电转换部分 3 反射。

[0110] 在显示在图 5A 和 5B 中的第一种变型和第二种变型中,可以如图 5C 所示只在第一高折射率部分 321 的入射侧的一部分和侧面 312 的入射侧的一部分上配备第二高折射率部分。

[0111] 在如上所述的第一到第三种变型中,第一高折射率部分 321 和第二高折射率部分 322 可以由具有不同折射率的不同材料形成,或可以由具有不同折射率的相同材料形成。这同样适用于第二种变型中的第一高折射率层 331 和第二高折射率层 332、和第三种变型的第一高折射率区 333 和第二高折射率区 334。甚至可以通过改变材料密度从折射率方面区分相同材料。在这样的情况下,折射率在第一高折射率部分与第二高折射率部分之间、在第一高折射率层与第二高折射率层之间、以及在第一高折射率膜与第二高折射率膜之间可以连续变化。使用相同的材料并区分它们的折射率是优选的,因为与材料不同的情况相比可以减小应力。

[0112] 下面将描述光电转换装置 1 的透镜层的变型。分别地,图 6A 示出了第四种变型,图 6B 示出了第五种变型,图 6C 示出了第六种变型,图 6D 示出了第七种变型,以及图 6E 示出了第八种变型。图 6A 到 6E 示出了将各种变型应用于第二透镜层 200 的例子。然而,第四到第八种变型也可以以相同方式应用于第一透镜层 100。图 6A 到 6E 中的构件 700 是与第二透镜层 200 的下表面形成界面的构件,对应于显示在图 1A 中的高折射率膜 330 和显示在图 4A 中的低折射率膜 600。

[0113] 第二透镜层 200 包括多个第二集光透镜部分 210。然而,在第四和第五种变型中,彼此相邻的第二集光透镜部分彼此隔开,而在第六到第八种变型中,彼此相邻的第二集光透镜部分彼此毗接。在第五、第六和第八种变型中,第二透镜层 200 包括彼此相邻的多个透镜体 230、透镜基底构件 240、和涂层 250。透镜层只需至少具有透镜体 230,如果需要的话,可以省略透镜基底构件 240 和涂层 250。

[0114] 第四种变型

[0115] 在显示在图 6A 中的第四种变型中,未配备透镜基底构件 240,并且在彼此相邻和彼此隔开的第二集光透镜部分 210 之间不存在如图 1B 所示的第二连接部分 220。

[0116] 第五种变型

[0117] 在显示在图 6B 中的第五种变型中,第二透镜层 200 包括彼此相邻的多个透镜体 230、透镜基底构件 240、和涂层 250。透镜体 230 的表面是大致球形表面,以及彼此相邻的透镜体 230 彼此隔开。

[0118] 多个透镜体 230 位于透镜基底构件 240 上。透镜基底构件 240 由与整个透镜体 230 或其靠近透镜基底构件 240 的部分的材料相同的单个材料形成。因此,在许多情况下难以在透镜体 230 与透镜基底构件 240 之间观察到边界,优选的是设置连接透镜体 230 的表面(大致球形表面)的端部的想像边界。可能存在第二透镜层 200 的材料与高折射率膜 330

的材料相同,因此高折射率膜 330 与透镜基底构件 240 之间的边界不清楚的情况。在这样的情况下,可以将上述想像边界当作第二透镜层 200 的下表面,以认为第二透镜层与高折射率膜 330 彼此毗接。

[0119] 存在于从透镜体 230 指向半导体基板 2 的正交投影的区域中的透镜基底构件 240 的部分被称为透镜体相关部分 241,而存在于除了那个区域之外的其它区域中的部分被称为透镜体无关部分 242。透镜体无关部分 242 具有几乎平坦表面。

[0120] 涂层 250 是沿着透镜体 230 和透镜基底构件 240 的表面(大致球形表面)配备的膜,涂层 250 的部分表面的区域具有大致球形,并且这些区域被称为曲面区域 251。涂层 250 由不同于透镜体 230 的材料形成。涂层 250 可以是单层涂层,或可以是包括两层或更多层不同材料的多层涂层。例如,涂层 250 可以由从氧化硅层、氧氮化硅层、氮化硅、和含氟树脂层中选择的一个或更多个层构成。除了曲面区域 251 之外的涂层 250 的表面的区域是平坦的,这些区域被称为平坦区域 252。透镜体 230 的整个部分、透镜基底构件 240 的一部分、和位于曲面区域 251 朝向半导体基板 2 的正交投影的区域中的涂层 250 的部分构成多个第二集光透镜部分 210。透镜基底构件 240 的一部分在这里具体指透镜体相关部分 241 的整个部分和透镜体无关部分 242 的一部分。相反,透镜基底构件 240 的一部分(具体地说,透镜体无关部分 242 的其余部分的一部分)、和位于从平坦区域 252 指向半导体基板 2 的正交投影的区域中的涂层 250 的一部分构成第二连接部分 220。以此方式,可以获得彼此相邻的第二集光透镜部分 210 彼此隔开的配置。

[0121] 涂层 250 的折射率最好被设置成低于透镜体 230 的折射率。通过如上所述设置涂层 250 的折射率,涂层 250 提高了入射到透射体 230 的表面上的光束的透射系数,即,具有依据几何光学禁止反射的功能。

[0122] 涂层 250 的厚度 T_c 小于透镜体 230 的厚度 T_L 。厚度 T_c 优选的是厚度 T_L 的 $1/2$ 或更小。涂层 250 的厚度 T_c 优选的不大于 200nm 。涂层 250 的厚度 T_c 优选的是入射光束的波长的 $(M-0.5)/4n_c$ 到 $(M+0.5)/4n_c$ 倍,更优选的是入射光束的波长的 $M/4n_c$ 倍。这里, M 是奇数, n_c 是涂层 250 的折射率。 M 优选的是“1”或“3”,更优选的是“1”。通过如上所述设置涂层 250 的厚度,涂层 250 具有削弱来自透镜体 230 的表面的反射光与来自涂层 250 的表面的反射光之间的干涉,即,依据波动光学禁止反射的功能。如上所述,光束的损耗被具有反射禁止结构的透镜部分减小,从而获得具有高灵敏度的光电转换装置。例如,当透镜体 230 由折射率为 2.00 的氮化硅形成时,涂层 250 优选的由折射率为 1.73 的氧氮化硅形成。涂层 250 的厚度可以设置成,例如, 80nm 。此外,例如,当透镜体 230 由折射率为 1.60 的树脂形成时,涂层 250 优选的由折射率为 1.46 的氧氮化硅形成。涂层 250 的厚度可以设置成,例如, 94nm 。在多层涂层的情况下,涂层 250 可以由折射率低于透镜体 230 的折射率的多个层形成。然而,取决于可以削弱基于厚度和波长的干涉的条件,涂层 250 可以构成折射率高于透镜体 230 的层和折射率低于透镜体 230 的层。

[0123] 第六种变型

[0124] 在显示在图 6C 中的第六种变型中,彼此相邻的透镜体 230 彼此隔开,透镜基底构件 240 包括具有大致平坦表面的透镜体无关部分 242。相反,涂层 250 的曲面区域 251 彼此毗接。因此,透镜体 230 的整个部分、透镜基底构件 240 的整个部分(更具体地说,透镜体相关部分 241 的整个部分和透镜体无关部分 242 的整个部分)、和涂层 250 的整个部分构成

多个第二集光透镜部分 210。这样,通过配备涂层 250,实现了即使透镜体 230 彼此隔开,但彼此相邻的第二集光透镜部分 210 彼此毗接的配置。

[0125] 第七种变型

[0126] 在显示在图 6D 中的第七种变型中,彼此相邻的透镜体 230 彼此隔开。在这个例子中,去掉了透镜基底构件 240。相反,涂层 250 的曲面区域 251 彼此毗接。因此,透镜体 230 的整个部分和涂层 250 的整个部分构成多个第二集光透镜部分 210。这样,通过配备涂层 250,实现了即使透镜体 230 彼此隔开,但彼此相邻的第二集光透镜部分 210 彼此毗接的配置。

[0127] 第八种变型

[0128] 在显示在图 6E 中的第八种变型中,彼此相邻的透镜体 230 彼此毗接,彼此相邻的曲面区域 251 也彼此毗接。透镜基底构件 240 没有大致平坦的透镜体无关部分 242。因此,透镜体 230 的整个部分、透镜基底构件 240 的整个部分、和涂层 250 的整个部分构成多个第二集光透镜部分 210。因此,彼此相邻的第二集光透镜部分 210 彼此毗接。在这种变型中,由于透镜体 230 彼此毗接,进入彼此相邻的第二集光透镜部分 210 的边界附近(曲面区域 251 之间的边界附近)的部分中的光束可以被分立透镜体 230 进一步可靠地收集。

[0129] 第五实施例

[0130] 如上所述,第四到第八种变型也可以以相同方式应用于第一透镜层 100。作为第五实施例,将在图 7 中示出将第八种变型应用于第一透镜层 100 的例子和将第五种变型应用于结合图 4C 所述的第四实施例的第三例子中的第二透镜层 200 的例子。

[0131] 第一透镜层 100 的第一集光透镜部分 110 包括第一基底构件 140、第一透镜体 130、和第一涂层 150。在本例中,第一基底构件 140 和第一透镜体 130 由树脂形成,第一涂层 150 由氧化硅形成。第二透镜层 200 的第二集光透镜部分 210 包括第二基底构件 240、第二透镜体 230、和第二涂层 250。在本例中,第二基底构件 240 和第二透镜体 230 由氮化硅形成,第二涂层 250 由氧氮化硅形成。

[0132] 如结合图 8 所述,可能存在当光束进入透镜层的连接部分中时使图像质量恶化的情况。因此,如果在第一集光透镜部分 110 之间的第一连接部分上配备禁止反射光束的涂层,图像质量的恶化可能变得明显。相反,如果如上所述,彼此相邻的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,则在感兴趣光电检测器 10 和主相邻光电检测器的第一集光透镜部分 110 之间不存在连接部分。因此,没有光束进入连接部分中,抑制了图像质量的恶化。这同样适用于感兴趣光电检测器 10 和次相邻光电检测器 12。

[0133] 如果在第一透镜层 100 和半导体基板 2 之间存在具有高反射率的界面,则在每个界面处可能容易引起反射光束的干涉,以及色调不规则可能是明显的。尤其,第一透镜层 100 的表面(上表面)上的反射、第二透镜层 200 的表面(上表面)上的反射、以及半导体基板的表面上的反射可能成为由光束之间的干涉引起的色调不规则的重要原因。在本例中,由于可以通过第一涂层 150 禁止第一透镜层 100 上的反射,所以可以改善色调不规则。而且,在本例中,可以通过第二涂层禁止第二透镜层 200 的表面上的反射。当反射面的间隔小时,色调不规则可能变得明显。然而,通过禁止第一透镜层 100 的表面和第二透镜层 200 的表面两者的反射,可以进一步改善色调不规则。第二透镜层 200 包括第二连接部分 220,因此可以通过第二涂层 250 禁止第二连接部分 220 上的反射。然而,由于第一透镜层 100

的第一集光透镜部分 110 彼此毗接,所以可以尽可能多地减少进入第二连接部分 220 中的入射光束。

[0134] 通过将第一集光透镜部分 110 的曲率设置成 $0.49(1/\mu\text{m})$ 或更大,可以抑制色调不规则。色调不规则主要由在半导体基板 2 的法线方向上生成的光束的干涉引起。通过减小第一集光透镜部分 110 的曲率半径,可以使来自第一集光透镜部分 110 的表面(上表面)的反射光束的行进方向偏离来自其它表面的反射光束的行进方向。因此,防止了来自第一集光透镜部分 110 的表面(上表面)的反射光束与来自其它表面的反射光束的干涉。

[0135] 另外,在本实施例中,第二透镜层 200 的折射率(具体地说,第二透镜层 200 的第二基底构件 240 的折射率)高于高折射率膜 330 的折射率。例如,第二透镜层 200 可以由折射率为 2.00 的氮化硅形成,高折射率膜 330 可以由折射率为 1.84 的氧氮化硅形成。因此,通过如在第三种变型中所述将第一低折射率层 610 的折射率设置成比第三低折射率层 630 的折射率高的折射率,可以减少第二透镜层 200 的下表面和高折射率膜 330 的上表面处的反射光束。例如,第一低折射率层 610 可以由折射率为 1.73 的氧化硅形成,第二低折射率层 620 可以由折射率为 1.46 的氧化硅形成,以及第三低折射率层 630 可以由折射率为 1.65 的材料形成。

[0136] 至此为止所述的光电转换装置 1 可以用作,例如,成像传感器、测距传感器、光度传感器。光电转换装置 1 可以具有成像传感器、测距传感器、和光度传感器当中的多种功能。

[0137] 也可以构建具有光电转换装置 1 和配置成接收从光电转换装置 1 输出的电信号的输入并处理所述电信号的信号处理装置的图像感测系统。图 9 是示出图像感测系统 1001 的例子图形。电信号从光电转换装置 1 的 OUT1、OUT2 输出。这里,已经描述了配备两条输出路线,即,OUT1 和 OUT2 的例子,输出路线的数量可以是一条、三条或更多条。电信号输入信号处理装置 100 的 IN 中。电信号可以是电流信号或电压信号,并且可以是模拟信号和数字信号。

[0138] 当光电转换装置 1 被用作图像传感器时,将信号处理装置 1000 配置成当被供给输入 IN 的电信号时从 OUT3 输出图像信号。当光电转换装置 1 被用作检测焦点的测距传感器时,将信号处理装置 1000 配置成当被供给输入 IN 的电信号时从 OUT3 输出用于驱动配备在光电转换装置 1 前面的透镜的驱动信号。当光电转换装置 1 被用作光度传感器时,将信号处理装置 1000 配置成当被供给输入 IN 的电信号时从 OUT3 输出控制快门和调整曝光时间的控制信号。上述的快门可以是机械快门或电子快门。在电子快门的情况下,主要控制光电转换装置 1。本公开中的光电转换装置 1 可被用作图像传感器,并且可以获得满意的图像。

[0139] 下面描述显示在图 9 中的图像感测系统 1001 中的光电转换装置 1 的例子。在本例中,将作为光电转换装置 1 的像素放大型光电转换装置用作图像传感器。在图 9 中,光电转换装置 1 包括像素部分 711、垂直扫描电路 712、两个读取电路 713、两个水平扫描电路 714、以及两个输出放大器 715。除了像素部分 711 之外的其它区域也被称为外围电路部分。

[0140] 像素部分 711 包括二维排列的多个像素单元。各个像素单元包括多个像素。每个像素包括读取电路 713,例如,列放大器、CDS 电路、相加电路等,并对从经由垂直信号线由垂直扫描电路 712 选择的行的像素中读取的信号进行放大、相加等。列放大器、CDS 电路、

相加电路等是为,例如,像素列,或多个像素列的每个像素列安排的。水平扫描电路 714 依次生成用于读取来自读取电路 713 的信号的信号。输出放大器 715 放大和输出水平扫描电路 714 所选择的列的信号。

[0141] 上述的配置只是光电转换装置 1 的一个例子,本发明不局限于此。在跨过像素部分 711 的上侧和下侧各安排了一套构成输出路线 (OUT1,OUT2) 的两个系统的读取电路 713、水平扫描电路 714 和输出放大器 715。

[0142] 代表性图像感测系统 1001 的例子包括诸如照相机和摄像机的相机。图像感测系统 1001 可以包括使光电转换装置 1 可动的移动机构。移动机构的例子包括诸如电机、往复引擎、和旋转引擎那样的驱动机构驱动的轮。移动机构的例子包括诸如螺旋桨、涡轮发动机、火箭发动机的推进设备。如上所述配有移动机构的图像感测系统可以通过将光电转换装置 1 和信号处理装置 1000 安装在车辆、火车、船舶、飞机、地球卫星等上来实现。

[0143] 如上所述,按照本发明,可以使充足的光束高精度地进入光电转换部分中。

[0144] 虽然通过参考示范性实施例对本发明作了描述,但应该明白,本发明不局限于所公开的示范性实施例。使所附权利要求书的范围与最广义的解释一致,以便包含所有这样的变型以及等效结构和功能。

图1A

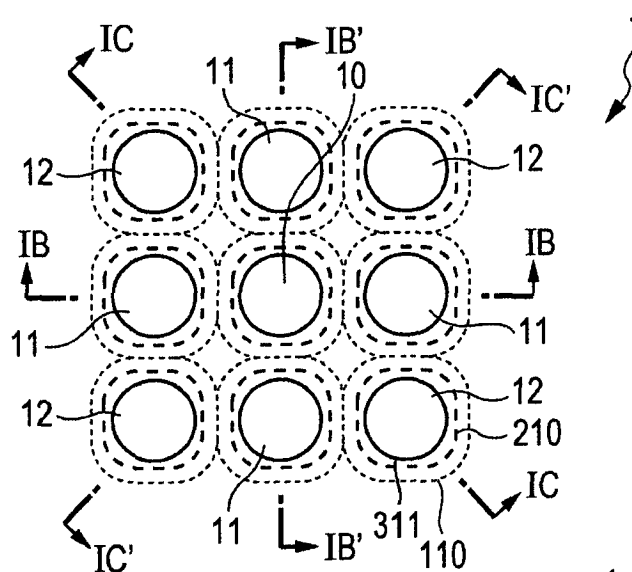
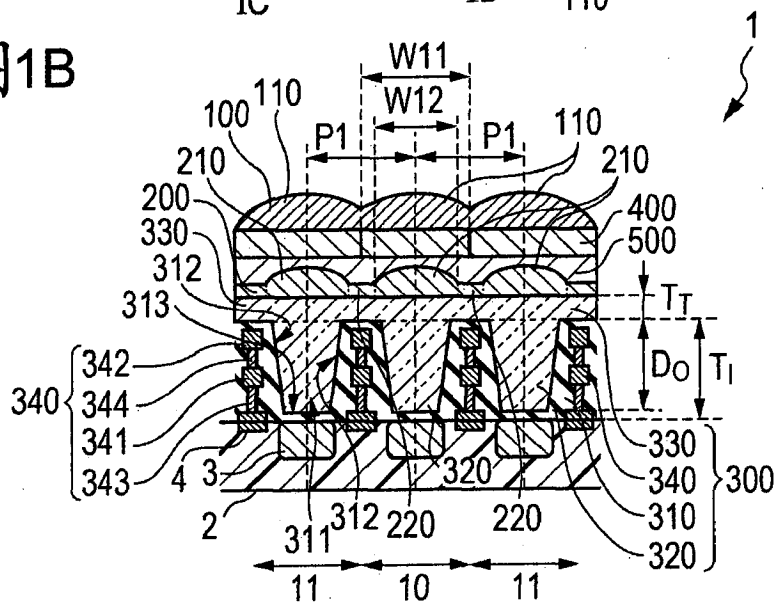


图1B



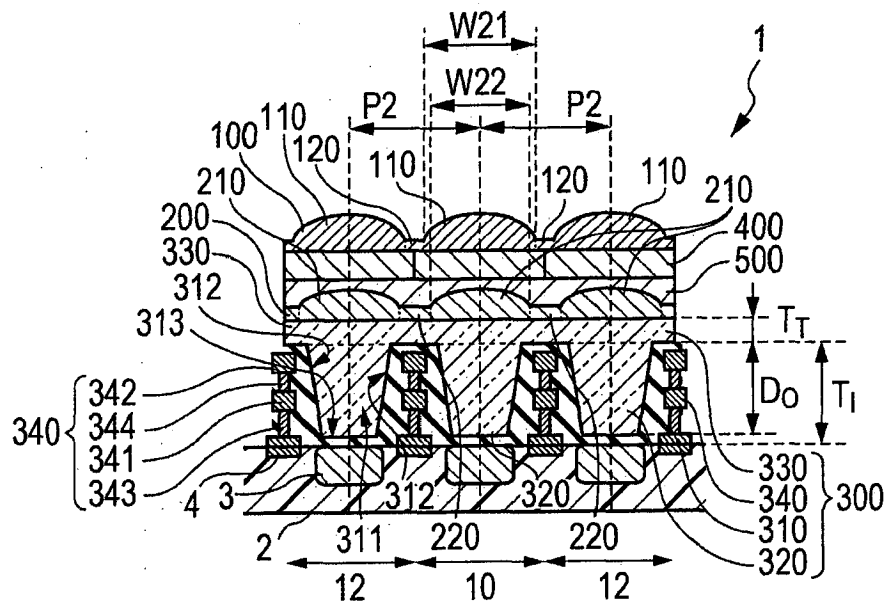


图 1C

图 2A

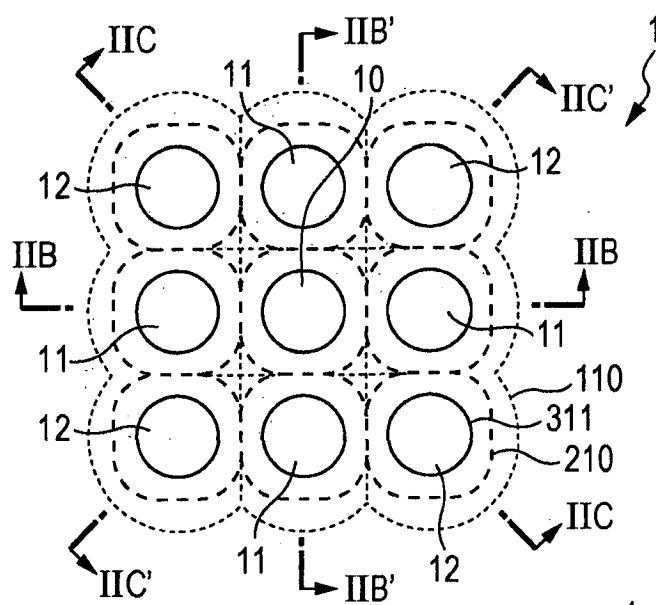
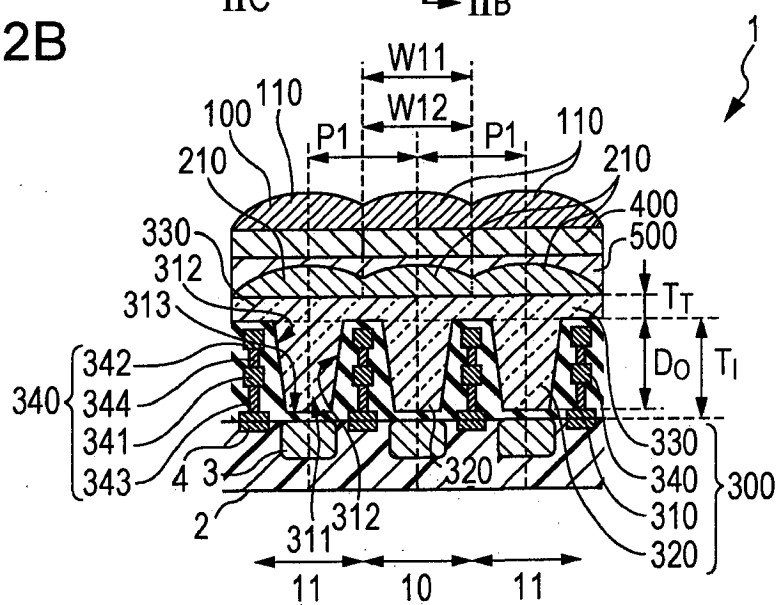


图2B



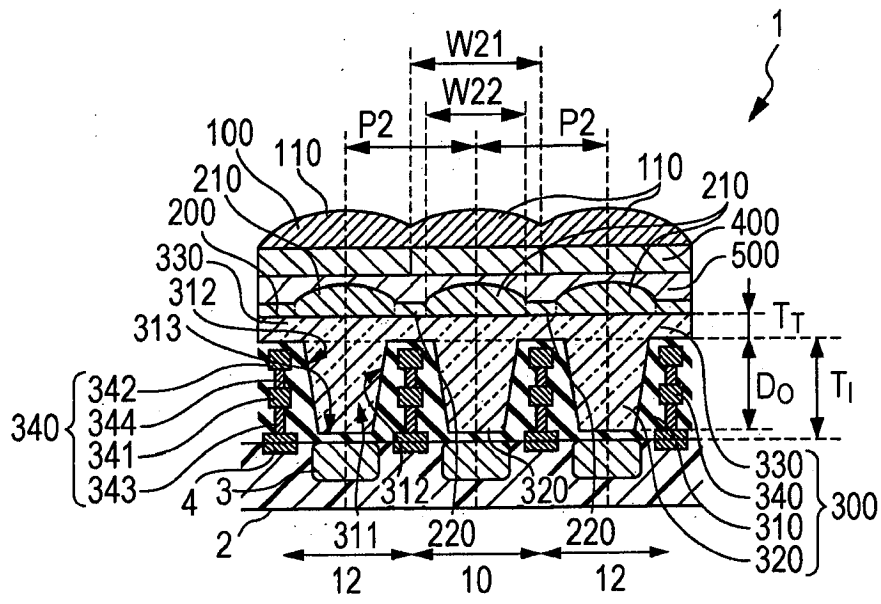


图 2C

图3A

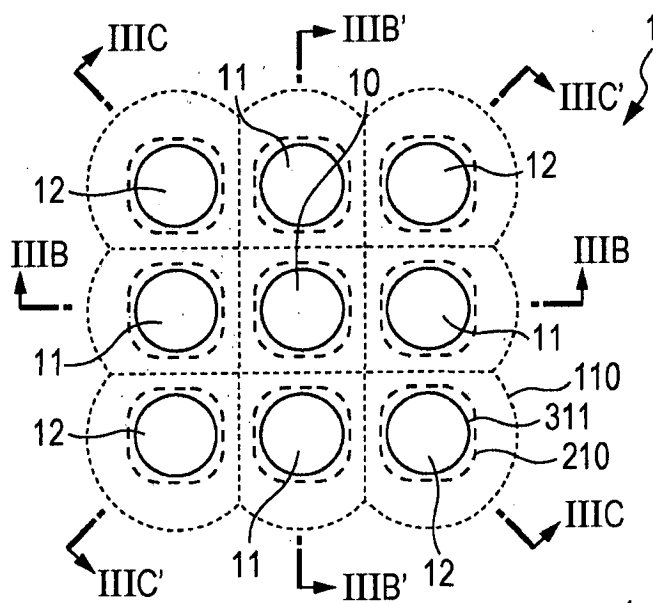
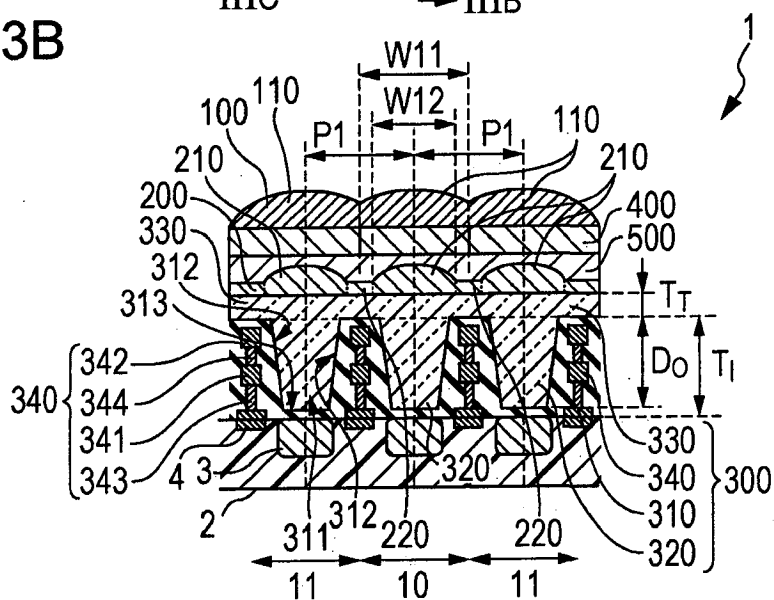


图3B



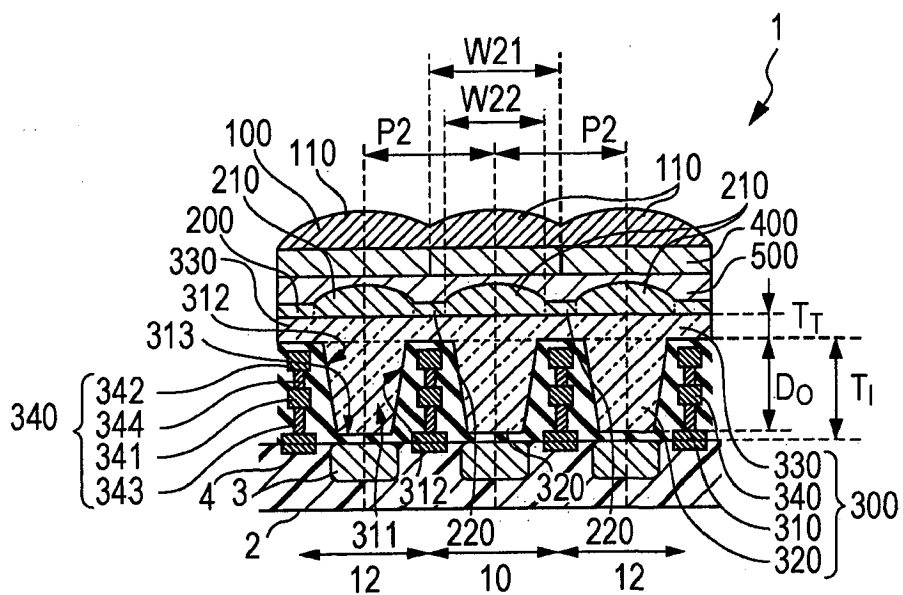


图 3C

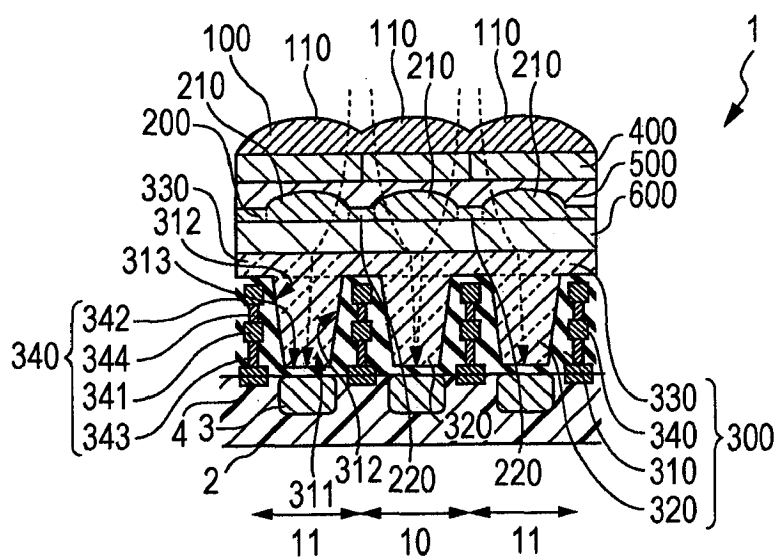


图 4A

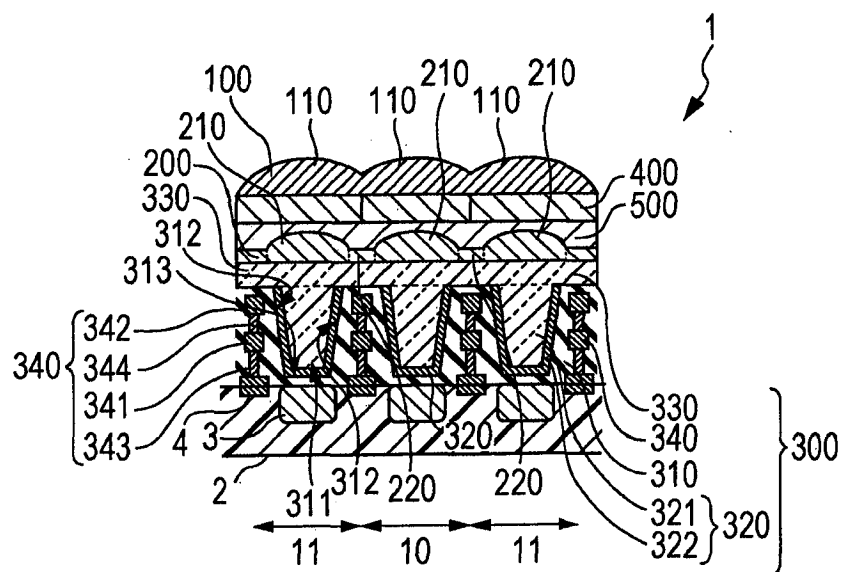


图 5A

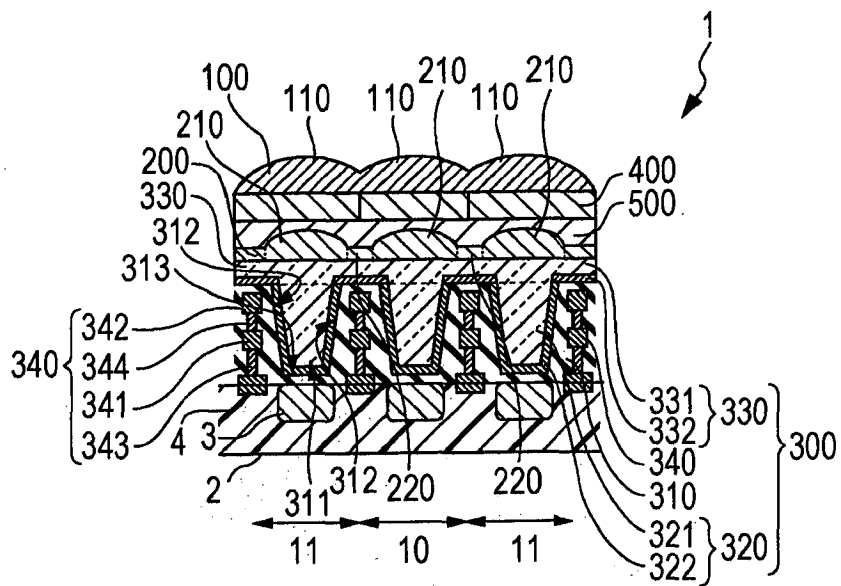


图 5B

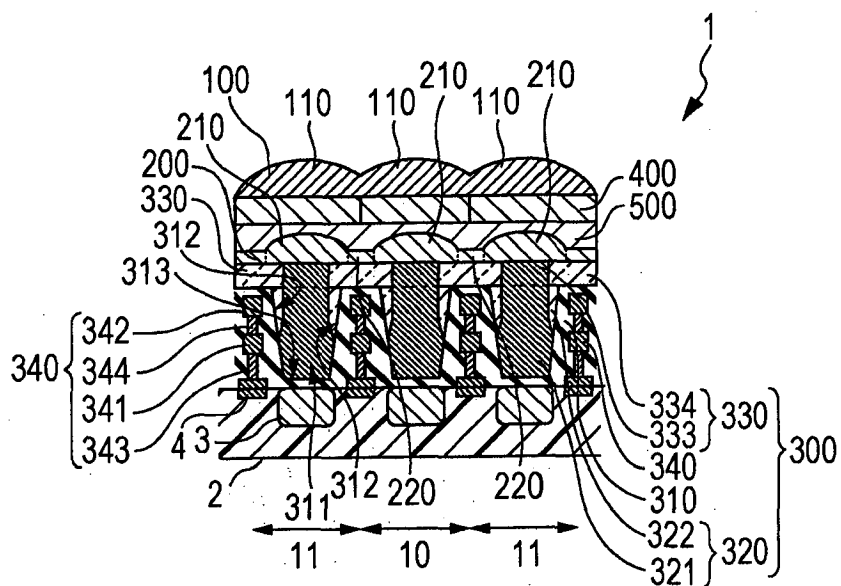


图 5C

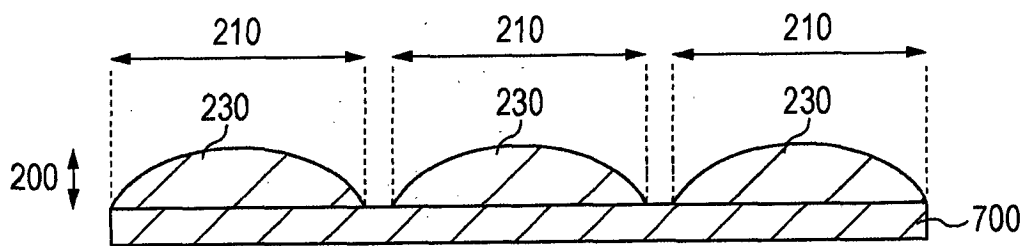


图 6A

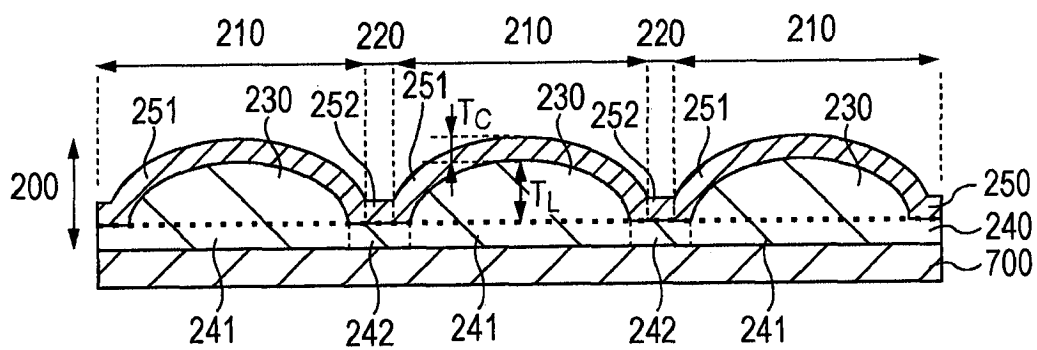


图 6B

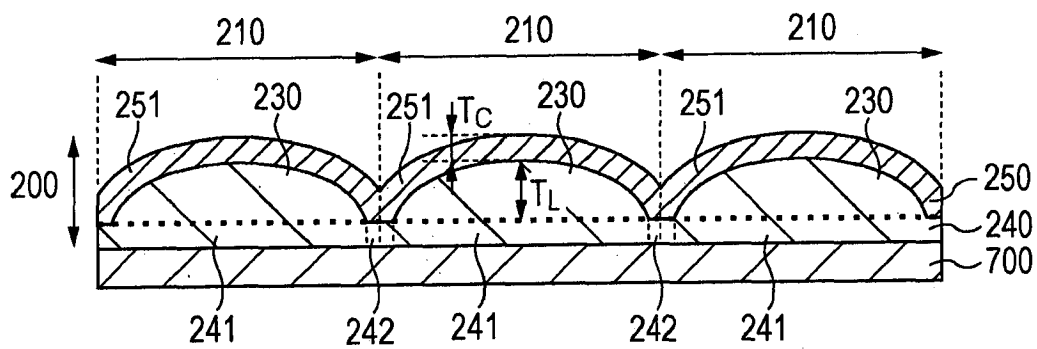


图 6C

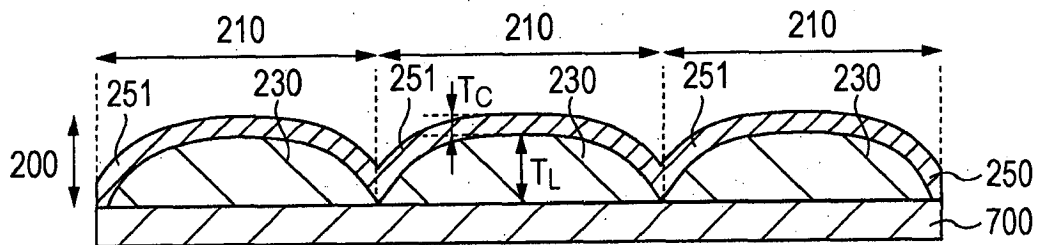


图 6D

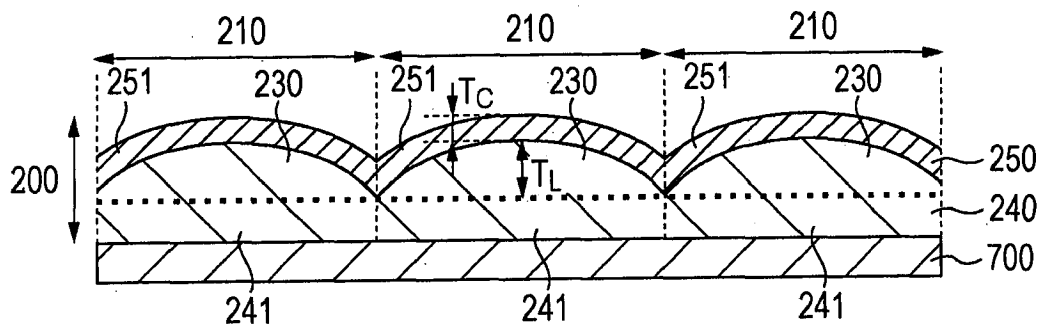


图 6E

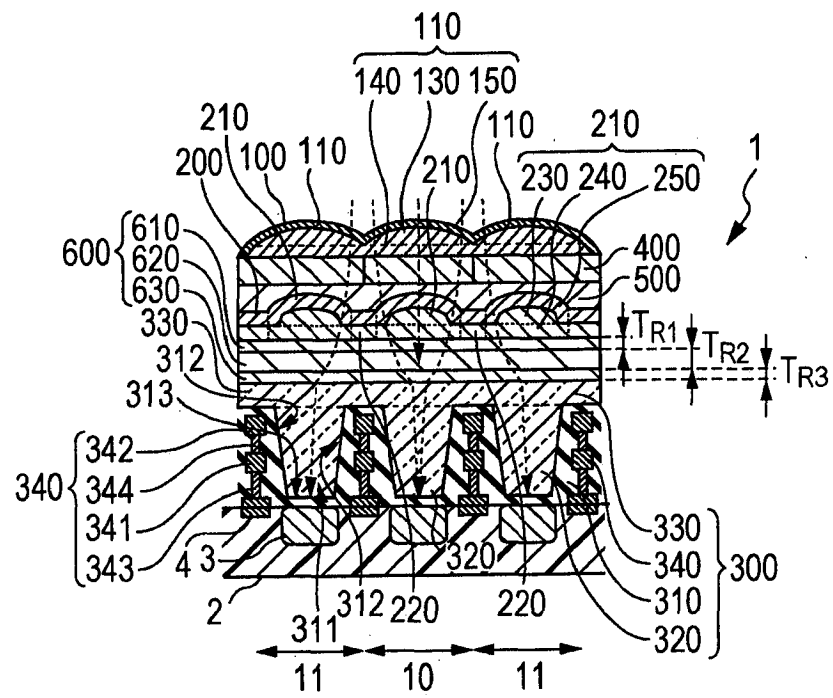


图 7

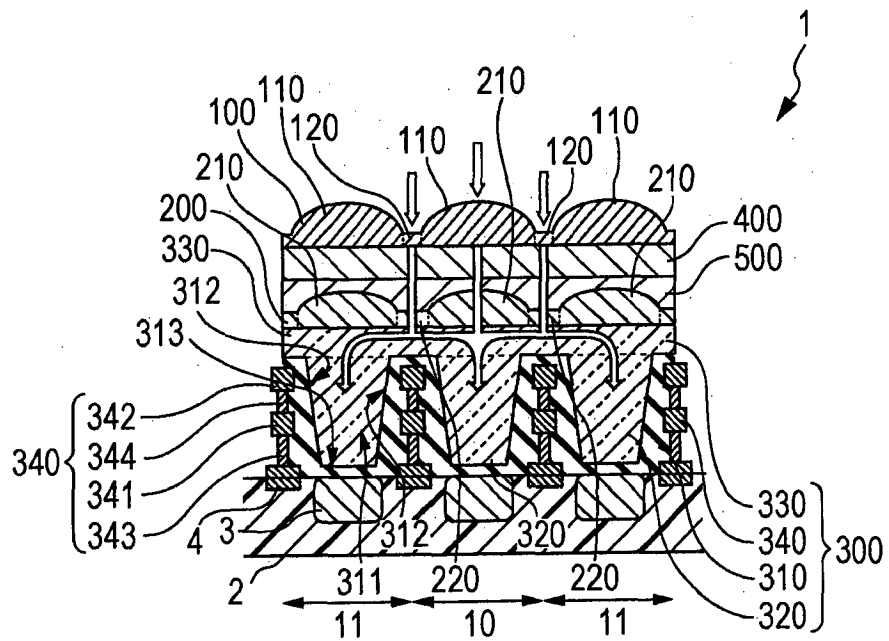


图 8

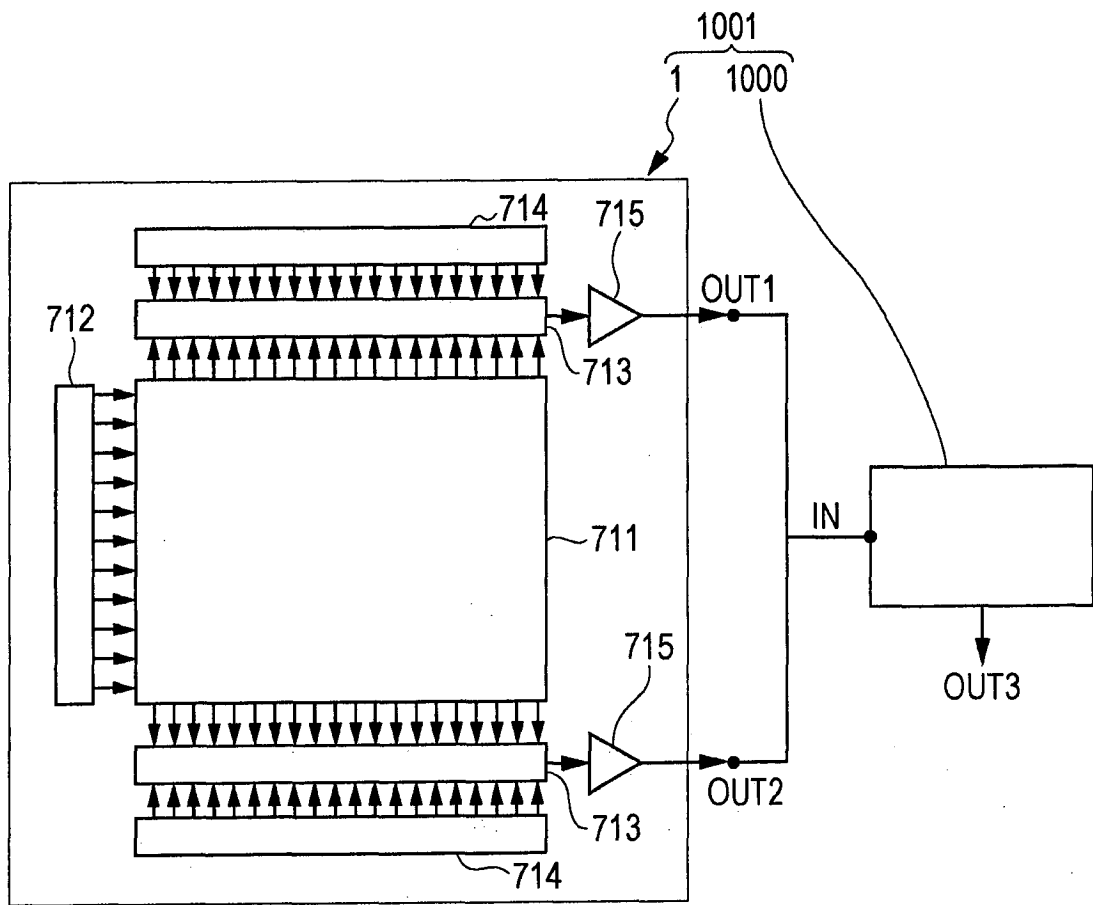


图 9