



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104485340 B

(45)授权公告日 2017. 10. 13

(21)申请号 201410655549.4

(22)申请日 2012.02.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104485340 A

(43)申请公布日 2015.04.01

(30)优先权数据

2011-026353 2011.02.09 JP

2011-223301 2011.10.07 JP

(62)分案原申请数据

201210024573.9 2012.02.06

(73)专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 加藤太朗 下津佐峰生 佐野博晃

市川武史 关根康弘 篠原真人

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 欧阳帆

(51)Int.Cl.

H01L 27/146(2006.01)

(56)对比文件

US 2007172970 A1, 2007.07.26,

CN 101924114 A, 2010.12.22,

CN 1681131 A, 2005.10.12,

审查员 李勇

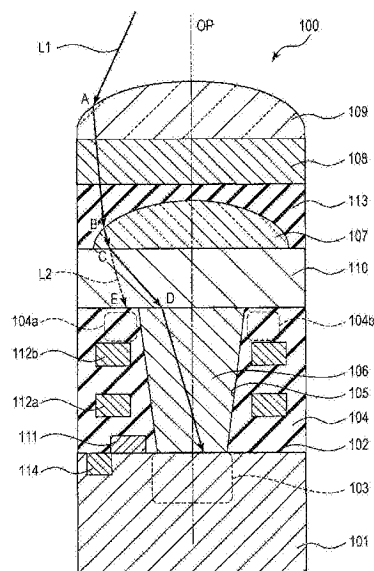
权利要求书2页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

光电转换装置

(57)摘要

本发明涉及光电转换装置。该光电转换装置包括具有光电转换部分的半导体衬底。绝缘体被设置在所述半导体衬底上。所述绝缘体具有与所述光电转换部分对应的孔。波导部件被设置在所述孔中。层内透镜被设置在所述波导部件的较远离所述半导体衬底的一侧。第一中间部件被设置在所述波导部件与所述层内透镜之间。所述第一中间部件具有比所述层内透镜低的折射率。



1. 一种光电转换装置,包括:

半导体衬底;

设置在所述半导体衬底中的第一光电转换部分;

设置在所述半导体衬底中的第二光电转换部分;

绝缘体,设置在所述半导体衬底上,并且包括设置在所述第一光电转换部分和所述第二光电转换部分之间的区域上的部分;

设置在所述半导体衬底上的第一波导部件,配置成与所述第一光电转换部分交迭,并且由所述绝缘体包围;

设置在所述半导体衬底上的第二波导部件,配置成与所述第二光电转换部分交迭,并且由所述绝缘体包围;

第一透镜,设置在所述第一波导部件的较远离所述第一光电转换部分的较远侧并且被配置为将光会聚到所述第一波导部件上;

第二透镜,设置在所述第一透镜的较远离所述第一光电转换部分的较远侧;

波长选择部件,设置在所述第一透镜的较远离所述第一光电转换部分的较远侧;

第一部件,设置在与所述第一光电转换部分交迭的位置、所述绝缘体的所述部分上方的位置以及与所述第二光电转换部分交迭的位置处,与所述第一波导部件和所述第二波导部件接触,并且由与所述第一波导部件和所述第二波导部件的材料相同的材料制成;以及

第二部件,设置在所述第一波导部件和所述第一透镜之间,

其中所述第一波导部件的与所述半导体衬底的主表面平行的表面上的投影被包括在所述第二部件的表面上的投影中,并且

其中包括在所述第二部件中的材料的折射率比包括在所述第一透镜中的材料的折射率低。

2. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中包括在所述第二部件中的材料的折射率比包括在所述第一波导部件中的材料的折射率低。

3. 根据权利要求2所述的光电转换装置,还包括设置在所述第一波导部件与所述第二部件之间的第三部件,

其中包括在所述第三部件中的材料的折射率比包括在所述第一波导部件中的材料的折射率低并且比包括在所述第二部件中的材料的折射率高。

4. 根据权利要求3所述的光电转换装置,满足下面的表达式(1)和(2):

$$d1 > p/8X \quad (1)$$

$$d1 < 3p/8X \quad (2)$$

其中d1表示所述第三部件的厚度,X表示包括在所述第三部件中的材料的折射率,并且p表示由所述波长选择部件选择的光的波长。

5. 根据权利要求1所述的光电转换装置,还包括设置在所述第一波导部件与所述第一透镜之间的第四部件,

其中包括在所述第四部件中的材料的折射率比包括在所述第一透镜中的材料的折射率低并且比包括在所述第二部件中的材料的折射率高。

6. 根据权利要求5所述的光电转换装置,满足下面的表达式(3)和(4):

$$d2 > p/8Y \quad (3)$$

$$d_2 < 3p/8Y \quad (4)$$

其中 d_2 表示所述第四部件的厚度, Y 表示包括在所述第四部件中的材料的折射率,并且 p 表示由所述波长选择部件选择的光的波长。

7. 根据权利要求1所述的光电转换装置,还包括布线层,所述布线层包括导电部件,

其中从所述半导体衬底到所述绝缘体的所述部分的较远离所述半导体衬底的那侧的表面的第一距离比从所述半导体衬底到所述导电部件的较远离所述半导体衬底的那侧的表面的第二距离长,并且

其中从所述半导体衬底到所述第一波导部件的较接近所述半导体衬底的那侧的表面的第三距离比从所述半导体衬底到所述导电部件的较接近所述半导体衬底的那侧的表面的第四距离短。

8. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中包括在所述第一波导部件和所述第二波导部件中的材料的折射率比所述绝缘体的折射率高。

9. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中被配置为反射经过所述第一波导部件的光的反射部件被设置在所述第一波导部件和所述绝缘体之间。

10. 根据权利要求1所述的光电转换装置,其中气隙被设置在所述第一波导部件和所述绝缘体之间。

11. 根据权利要求1所述的光电转换装置,还包括:

设置在所述第一波导部件与所述第二部件之间的第三部件;以及

设置在所述第一透镜与所述第二部件之间的第四部件,

其中包括在所述第一透镜中的材料的折射率 n_{f1} 、所述第四部件的折射率 n_{f2} 、所述第二部件的折射率 n_{f3} 、所述第三部件的折射率 n_{f4} 和所述第一波导部件的折射率 n_{f5} 满足 $n_{f1} > n_{f5} > n_{f2} > n_{f4} > n_{f3}$ 的关系。

12. 根据权利要求1所述的光电转换装置,

其中所述半导体衬底包括:其中设置有多个光电转换部分的图像拾取区,该图像拾取区包括所述第一光电转换部分和所述第二光电转换部分;和其中设置有配置成处理来自所述光电转换部分的信号的电路的电路区,并且

其中所述第二部件至少设置在所述图像拾取区的整体上方。

光电转换装置

[0001] 本申请是申请号为201210024573.9,申请日为2012年2月6日,题为“光电转换装置”的中国发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及光电转换装置。

背景技术

[0003] 近来提出的光电转换装置包括光波导和层内透镜,以便增加入射在光电转换部分上的光的量。

[0004] 日本专利公开No.2007-201091的图8示出了下面的作为光电转换装置的固态图像拾取元件。具有贯通孔的平坦化层被设置在具有光电转换部分的半导体衬底上。第一高折射率的材料被设置在平坦化层之上,使得贯通孔用第一高折射率的材料填充,其形成光波导。由第二高折射率的材料制成的作为层内透镜的内侧透镜被设置在第一高折射率的材料上。顶部微透镜被设置在内侧透镜上。

[0005] 日本专利公开No.2008-192951的图1示出了下面的作为光电转换装置的固态图像拾取装置。多个层间电介质膜被堆叠在具有光电转换元件的半导体衬底上。以使得与相应的光电转换元件交迭的方式在层间电介质膜的叠层的部分中设置开口。光波导被嵌入相应的开口中。层内透镜被设置在相应的光波导上。顶部透镜被设置在相应的层内透镜上。

[0006] 在由日本专利公开No.2007-201091公开的固态图像拾取元件被应用于其的光电转换装置中,由与形成层内透镜的材料相同的高折射率的材料制成的膜被插入层内透镜和光波导之间。因此,透射通过层内透镜的光中的一些可能不进入光波导。在由日本专利公开No.2008-192951公开的光电转换装置中,每个光波导与层内透镜中的对应的一个层内透镜接触。在这种配置中,入射在层内透镜的周边区域上的光中的一些可能不进入光波导。

[0007] 在光线相对于光轴倾斜地入射在层内透镜上的情况下,上述情形是显著的。因此,在这种光电转换装置中,在图像拾取区域的中心周围的一组像素与接近图像拾取区域的端部的一组像素之间可能存在灵敏度方面的差别。这是因为,与图像拾取区域的中心周围的像素相比,接近图像拾取区域的端部的像素倾向于接收更倾斜的光线。随着光电转换装置的图像拾取区域变得越大,该现象变得越显著。

发明内容

[0008] 根据本发明的第一方面,一种光电转换装置包括:半导体衬底;设置在所述半导体衬底中的光电转换部分;设置在所述半导体衬底上的绝缘体;第一部件,所述第一部件被设置在所述半导体衬底上并且被配置为与所述光电转换部分交迭;第一透镜,所述第一透镜被设置在所述第一部件的较远离所述光电转换部分的较远侧并且被配置为将光会聚到所述第一部件上;第二透镜,所述第二透镜被设置在所述第一透镜的较远离所述光电转换部分的较远侧;以及波长选择部件,所述波长选择部件被设置在所述第一透镜的较远离所述

光电转换部分的较远侧。所述光电转换部分和所述第一部件被沿着第一方向并排设置。所述绝缘体包括第一部分和与所述第一部分不同的第二部分。所述第一部分、所述第一部件和所述第二部分被沿着与所述第一方向相交的第二方向并排设置。所述装置还包括设置在所述第一部件与所述第一透镜之间的第二部件。所述第二部件的面积比所述第一部件的面积大。包括在所述第二部件中的材料的折射率比包括在所述第一透镜中的材料的折射率低。

[0009] 根据本发明的第二方面,一种光电转换装置包括:半导体衬底;设置在所述半导体衬底中的光电转换部分。绝缘体被设置在所述半导体衬底上。第一部件被设置在所述半导体衬底上并且被配置为与所述光电转换部分交迭。透镜被设置在所述第一部件的较远离所述光电转换部分的较远侧并且被配置为将光会聚到所述第一部件上。波长选择部件被设置在所述透镜的较远离所述光电转换部分的较远侧。所述光电转换部分和所述第一部件被沿着第一方向并排设置。所述绝缘体包括第一部分和与所述第一部分不同的第二部分。所述第一部分、所述第一部件和所述第二部分被沿着与所述第一方向相交的第二方向并排设置。仅仅将具有比所述透镜低的折射率的膜设置在所述透镜与所述第一部件之间,并且所述膜的面积比所述第一部件的面积大。

[0010] 根据本发明的第三方面,一种光电转换装置包括半导体衬底和设置在所述半导体衬底中的光电转换部分。绝缘体被设置在所述半导体衬底上。第一部件被设置在所述半导体衬底上并且被配置为与所述光电转换部分交迭。透镜被设置在所述第一部件的较远离所述光电转换部分的较远侧并且被配置为将光会聚到所述第一部件上。第一中间部件被设置在所述第一部件与所述透镜之间。第二中间部件被设置在所述第一部件与所述第一中间部件之间。第三中间部件被设置在所述透镜与所述第一中间部件之间。所述光电转换部分和所述第一部件被沿着第一方向并排设置。所述绝缘体包括第一部分和与所述第一部分不同的第二部分。所述第一部分、所述第一部件和所述第二部分被沿着与所述第一方向相交的第二方向并排设置。包括在所述透镜中的材料的折射率 n_{f1} 、所述第三中间部件的折射率 n_{f2} 、所述第一中间部件的折射率 n_{f3} 、所述第二中间部件的折射率 n_{f4} 和所述第一部件的折射率 n_{f5} 满足 $n_{f1} > n_{f5} > n_{f2} > n_{f4} > n_{f3}$ 的关系。

[0011] 从以下参考附图的示例性实施例的描述中本发明更多的特征将变得清晰。

附图说明

[0012] 图1是根据本发明的第一实施例的光电转换装置的示意性的截面图。

[0013] 图2是根据第一实施例的光电转换装置的示意性平面图。

[0014] 图3是根据本发明的第二实施例的光电转换装置的示意性的截面图。

[0015] 图4是根据本发明第三实施例的光电转换装置的示意性的截面图。

[0016] 图5是根据本发明第四实施例的光电转换装置的示意性的截面图。

[0017] 图6是根据本发明第五实施例的光电转换装置的示意性平面图。

具体实施方式

[0018] 现在将描述根据本发明的第一方面的光电转换装置100(参见图1)。光电转换装置100包括半导体衬底101。半导体衬底101是在光电转换装置100中包括的部件之中的由半导

体材料制成的部件。半导体衬底101的示例包括由经受已知的半导体制造工艺的半导体圆片(wafer)制造并且由此具有半导体区的部件。半导体材料的示例包括硅。在半导体衬底101与其它部件之间的界面被定义为半导体衬底101的主表面102。其它部件的示例包括设置在半导体衬底101上的或者与半导体衬底101接触的热氧化膜。

[0019] 在本说明书中,术语“平面”指的是与主表面102、具体地、主表面102的其中设置有下面描述的光电转换部分的部分或者主表面102的其中设置有金属氧化物半导体(MOS)晶体管的沟道的部分平行地延伸的平坦区域。在本说明书中,术语“截面”指的是与平面相交的平坦区域。

[0020] 半导体衬底101具有光电转换部分103。在半导体衬底101的主表面102上设置绝缘体104。绝缘体104具有与光电转换部分103对应的孔105。

[0021] 孔105在其内部设置有波导部件106。换句话说,波导部件106被设置在半导体衬底101上的与光电转换部分103交迭的位置处。波导部件106由绝缘体104包围。可以用波导部件106完全地填充孔105,或者可以用波导部件106仅仅填充孔105的部分。包括在波导部件106内的材料可以具有比包括在绝缘体104内的材料高的折射率。在那种情况下,进入波导部件106但是漏出到绝缘体104中的光的量被减少。因此,如果波导部件106的至少部分与光电转换部分103交迭,则入射在光电转换部分103上的光的量增大。

[0022] 波导部件106可以不必具有比绝缘体104高的折射率。只要波导部件106具有使得已经进入波导部件106的光不漏出到设置在其周围的绝缘体104中的配置,波导部件106就发挥其光引导作用。示例性配置如下:反射光的反射部件被设置在孔105的侧壁上,并且孔105的剩余部分用波导部件106填充。另一个示例性配置如下:在设置在孔105中的波导部件106与绝缘体104之间存在气隙。气隙可以是真空或者可以填充有气体。在这种情况下,包括在波导部件106中的材料的折射率和包括在绝缘体104中的材料的折射率在其之间可以具有任何关系。

[0023] 现在将描述在绝缘体104和波导部件106之间的位置关系。在某个平面中,在其中设置有波导部件106的区域被在其中设置有绝缘体104的区域包围,或者被放置在其中各设置有绝缘体104的区域之间。换句话说,在与光电转换部分103和波导部件106被并排设置的方向相交的方向上,绝缘体104的第一部分、绝缘体104的与第一部分不同的第二部分和波导部件106被并排设置。与光电转换部分103和波导部件106被并排设置的方向相交的方向对应于例如半导体衬底101的主表面102延伸的方向。根据不同的观点,绝缘体104包括不与光电转换部分103交迭的第一部分和第二部分,并且波导部件106被设置在第一部分和第二部分之间。

[0024] 层内透镜107被设置在波导部件106的较远离半导体衬底101的一侧。换句话说,波导部件106被放置在层内透镜107和半导体衬底101之间。层内透镜107使进入层内透镜107的光会聚。将光会聚到波导部件106上意指将光折射朝向波导部件106。例如,从层内透镜107的相对于半导体衬底101较远一侧的表面进入层内透镜107的光被折射朝向光轴OP。光轴OP是经过层内透镜107的较接近半导体衬底101一侧的表面的中心和波导部件106的较远离半导体衬底101一侧的表面的中心的线。可以存在其中不限定光轴OP的一些情况。这种情况是可接受的,只要已经进入层内透镜107的光被折射朝向波导部件106即可。

[0025] 波长选择部件108和微透镜109被设置在层内透镜107的较远离半导体衬底101的

一侧。波长选择部件108选择性地允许一定波长的光朝向光电转换部分103地透射通过波长选择部件108。波长选择部件108被设置在从图像拾取的对象或光源延伸到层内透镜107的光路上。

[0026] 第一中间部件110被设置在波导部件106与层内透镜107之间。本发明的第一方面的特征在于,包括在第一中间部件110中的材料具有比包括在层内透镜107中的材料低的折射率。此外,第一中间部件110具有比波导部件106大的面积。在本说明书中,第一中间部件110的面积指的是通过将第一中间部件110投影到某个平面上而限定的在该平面上的面积。除非另作说明,用于其它部件的术语“面积”也具有相同的意思。例如,第一中间部件110可以被设置在其中设置有多个光电转换部分103的图像拾取区的全部之上。此外,第一中间部件110可以在半导体衬底101的全部(包括具有周边电路的区域在内)之上延伸。

[0027] 在图1中,箭头L1表示入射在半导体衬底101上的光的光路。从图像拾取的对象或光源(未示出)发射光。光从主表面102进入半导体衬底101。光首先由微透镜109接收(在点A处)。光由微透镜109会聚并且由层内透镜107接收(在点B处)。光由层内透镜107会聚并且在层内透镜107与第一中间部件110之间的界面(点C)处被折射。此时,由于第一中间部件110具有比层内透镜107低的折射率,因此由层内透镜107会聚的光被折射朝向光轴OP。随后,光进入波导部件106(从点D)。因此,要入射在光电转换部分103上的光的量增大。

[0028] 图1中的虚线箭头L2表示比较示例中的光路。在比较示例中,在波导部件106与层内透镜107之间设置的部件具有与层内透镜107相同的折射率。在根据比较示例的这种光电转换装置中,光在层内透镜107的较接近半导体衬底101的一端(点C)处不被折射。因此,由层内透镜107会聚的光沿着由虚线箭头L2表示的光路行进并且入射在不存在波导部件106的点(点E)上。由于由布线等的反射,不进入波导部件106的光可能不入射在光电转换部分103上的概率高。因此,这种配置可能具有低灵敏度。

[0029] 现在将描述根据本发明的第二方面的光电转换装置600(参见图5)。光电转换装置600包括半导体衬底101。半导体衬底101是在光电转换装置600中包括的部件之中的由半导体材料制成的部件。半导体衬底101的示例包括由经受已知的半导体制造工艺的半导体圆片制造并且由此具有半导体区的部件。半导体材料的示例包括硅。在半导体衬底101与其它部件之间的界面被定义为半导体衬底101的主表面102。其它部件的示例包括设置在半导体衬底101上的或者与半导体衬底101接触的热氧化膜。

[0030] 半导体衬底101具有光电转换部分103。在半导体衬底101的主表面102上设置绝缘体104。绝缘体104具有与光电转换部分103对应的孔105。

[0031] 孔105在其内部设置有波导部件106。换句话说,波导部件106被设置在半导体衬底101上的与光电转换部分103交迭的位置处。波导部件106由绝缘体104包围。可以用波导部件106完全地填充孔105,或者可以用波导部件106仅仅填充孔105的部分。包括在波导部件106内的材料可以具有比包括在绝缘体104内的材料高的折射率。在那种情况下,进入波导部件106但是漏出到绝缘体104中的光的量被减少。因此,如果波导部件106的至少部分与光电转换部分103交迭,则入射在光电转换部分103上的光的量增大。

[0032] 波导部件106可以不必具有比绝缘体104高的折射率。只要波导部件106具有使得已经进入波导部件106的光不漏出到设置在其周围的绝缘体104中的配置,波导部件106就发挥其光引导作用。示例性配置如下:反射光的反射部件被设置在孔105的侧壁上,并且孔

105的剩余部分用波导部件106填充。另一个示例性配置如下：在设置在孔105中的波导部件106与绝缘体104之间存在气隙。气隙可以是真空或者可以填充有气体。在这种情况下，包括在波导部件106中的材料的折射率和包括在绝缘体104中的材料的折射率在其之间可以具有任何关系。

[0033] 现在将描述在绝缘体104和波导部件106之间的位置关系。在某个平面中，在其中设置有波导部件106的区域被在其中设置有绝缘体104的区域包围，或者被放置在其中各设置有绝缘体104的区域之间。换句话说，在与光电转换部分103和波导部件106被并排设置的方向相交的方向上，绝缘体104的第一部分、绝缘体104的与第一部分不同的第二部分和波导部件106被并排设置。与光电转换部分103和波导部件106被并排设置的方向相交的方向对应于例如半导体衬底101的主表面102延伸的方向。根据不同的观点，绝缘体104包括不与光电转换部分103交迭的第一部分和第二部分，并且波导部件106被设置在第一部分和第二部分之间。

[0034] 透镜107被设置在波导部件106的较远离半导体衬底101的一侧。换句话说，波导部件106被放置在透镜107和半导体衬底101之间。透镜107使进入透镜107的光会聚。将光会聚到波导部件106上意指将光折射朝向波导部件106。例如，从透镜107的相对于半导体衬底101较远一侧的表面进入透镜107的光被折射朝向光轴OP。光轴OP是经过透镜107的较接近半导体衬底101一侧的表面的中心和波导部件106的较远离半导体衬底101一侧的表面的中心的线。可以存在其中不限定光轴OP的一些情况。这种情况是可接受的，只要已经进入透镜107的光被折射朝向波导部件106即可。

[0035] 第一中间部件601、第二中间部件602和第三中间部件603被设置在波导部件106与透镜107之间。第二中间部件602被设置在第一中间部件601与波导部件106之间。第三中间部件603被设置在第一中间部件601与透镜107之间。

[0036] 本发明的第二方面的特征在于，透镜107、波导部件106、第三中间部件603、第二中间部件602和第一中间部件601的折射率依次降低。也就是说，让包括在透镜107中的材料、第三中间部件603、第一中间部件601、第二中间部件602和波导部件106的折射率分别为 $nf1$ 、 $nf2$ 、 $nf3$ 、 $nf4$ 和 $nf5$ ，保持 $nf1 > nf5 > nf2 > nf4 > nf3$ 的关系。

[0037] 在图5中，箭头L1表示入射在半导体衬底101上的光的光路。从图像拾取的对象或光源（未示出）发射光。光从主表面102进入半导体衬底101。光首先由透镜107接收（在点A处）。

[0038] 在透镜107与第三中间部件603的折射率之间的关系由 $nf1 > nf2$ 表示。因此，由透镜107会聚的光在界面B处被折射朝向波导部件106的中心。由于 $nf2 > nf3$ ，因此光在界面C处被进一步折射朝向波导部件106的中心。由于在这三个折射率之间的关系由 $nf1 > nf2 > nf3$ 表示，因此第三中间部件603用作抗反射膜。因此，要进入波导部件106中的光的量增大。

[0039] 在第一中间部件601与第二中间部件602的折射率之间的关系由 $nf3 < nf4$ 表示。因此，倾斜地入射在界面D上的光被折射为使得倾斜的程度被降低。此外，由于 $nf4 < nf5$ ，因此光在界面E处被折射为使得倾斜的程度被进一步降低，并且进入波导部件106。此外，由于在这三个折射率之间的关系由 $nf3 < nf4 < nf5$ 表示，因此第二中间部件602用作抗反射膜。因此，要进入波导部件106中的光的量（即，要进入光电转换部分103（光电二极管）中的光的量）增大。

[0040] 图5中的虚线箭头L2表示比较示例中的光路。在比较示例中,在波导部件106与透镜107之间设置的部件具有与透镜107相同的折射率。在根据比较示例的这种光电转换装置中,光在透镜107的较接近半导体衬底101的一端(点B)处不被折射。因此,由透镜107会聚的光沿着由虚线箭头L2表示的光路行进并且入射在不存在波导部件106的点(点F)上。由于布线等的反射,不进入波导部件106的光可能不入射在光电转换部分103上的概率高。因此,这种配置可能具有低灵敏度。

[0041] 第一实施例

[0042] 现在将参考相关的附图描述根据本发明第一实施例的光电转换装置100。图1是根据第一实施例的光电转换装置100的示意性的截面图。在图1中,示出了一个光电转换部分103。可替代地,可以设置多个光电转换部分103的阵列。下面的描述涉及其中电子用作信号载流子的情况。可替代地,空穴可以用作信号载流子。如果空穴用作信号载流子,则在半导体区之间的导电类型被反转。

[0043] 光电转换装置100包括半导体衬底101。在第一实施例中,半导体衬底101是n型外延层。半导体衬底101包括p型半导体区和n型半导体区。半导体衬底101可以包括p型阱和/或n型阱。半导体衬底101具有主表面102。在第一实施例中,主表面102是在半导体衬底101与设置在半导体衬底101上的热氧化膜(未示出)之间的界面。光从主表面102进入半导体衬底101。

[0044] 光电转换部分103是例如光电二极管。在第一实施例中,光电转换部分103包括n型半导体区,该n型半导体区与邻近于其设置的p型半导体区结合地形成pn结。通过光电转换产生的电荷被收集到光电转换部分103中的n型半导体区。p型半导体区可以被设置在光电转换部分103的与主表面102接触的区域中。

[0045] 浮置扩散区(在下文中缩写成FD)114是n型半导体区。由光电转换部分103产生的电荷被传递到FD 114,在FD 114中电荷被转换为电压。FD 114与放大器(未示出)的输入节点或信号输出线电连接。栅极电极111被设置在半导体衬底101上,在栅极电极111与半导体衬底101之间插入有热氧化膜(未示出)。栅极电极111控制在光电转换部分103与FD 114之间的电荷的传递。

[0046] 绝缘体104被设置在半导体衬底101上。在第一实施例中,形成绝缘体104的材料是硅氧化物膜。形成绝缘体104的材料不限于硅氧化物膜并且仅需要是绝缘的。绝缘体104可以不必与半导体衬底101接触。形成绝缘体104的材料具有例如1.40到1.60的折射率。第一布线层112a和第二布线层112b被设置在半导体衬底101上。在第一实施例中,包括在第一布线层112a和第二布线层112b中的导电部件由铜制成。可替代地,导电部件可以由任何导电材料制成。第一布线层112a的导电部件的部分和第二布线层112b的导电部件的部分可以利用接触件(未示出)来彼此电连接。除了利用接触件彼此电连接的部分之外,第一布线层112a的导电部件和第二布线层112b的导电部件利用绝缘体104而彼此绝缘。也就是说,绝缘体104可以包括层间电介质膜。设置的布线层的数量不限于两个,并且可以是一个或者三个或更多个。

[0047] 绝缘体104具有与光电转换部分103对应的孔105。在截面图中,孔105可以不必延伸穿过绝缘体104。孔105可以是设置在绝缘体104中的凹陷。在平面图中,孔105的边缘形成闭环,诸如圆形或矩形形状。可替代地,孔105可以具有在平面图中在多个光电转换部分103

之上延伸的槽状的形状。也就是说,在本说明书中,如果在某一平面中,不具有绝缘体104的区域由具有绝缘体104的区域包围或者被放置在每个具有绝缘体104的区域之间,则绝缘体104被认为具有孔105。不具有绝缘体104的区域可以不必是气隙。

[0048] 孔105被设置在使得在平面图中其至少部分与光电转换部分103交迭的位置处。也就是说,在孔105和光电转换部分103被投影到某一平面上时,孔105和光电转换部分103两者被投影在其中的区域存在于该平面中。

[0049] 波导部件106被设置在孔105中。在第一实施例中,波导部件106由硅氮化物膜制成。可替代地,波导部件106可以由硅氧氮化物膜或者有机材料(诸如聚酰亚胺聚合物之类的树脂)制成。优选地,波导部件106可以由在由下面描述的波长选择部件选择的波长处透射光或电磁波的材料制成。波导部件106可以具有比绝缘体104高的折射率。波导部件106的折射率是例如1.60或更高,或者优选地是1.80或更高。在第一实施例中,硅氮化物膜的折射率落入1.70到2.30的范围内。

[0050] 在第一实施例中,孔105用波导部件106完全地填充。可替代地,可以用波导部件106仅仅填充孔105的部分。此外,波导部件106可以包括多种材料。在那种情况下,多种材料中的一种材料可以具有比绝缘体104高的折射率。例如,波导部件106可以是硅氮化物膜和硅氧氮化物膜的组合。可替代地,硅氮化物膜可以被设置在侧壁之上和孔105的底部附近,并且孔105的剩余部分用与硅氮化物膜相比在容易嵌入方面优越的有机材料填充。

[0051] 参考图1,绝缘体104包括第一部分104a和第二部分104b。第一部分104a和第二部分104b被设置在不同的区域中。如图1中所示出的,波导部件106被设置在第一部分104a与第二部分104b之间;或者沿与并排设置波导部件106和光电转换部分103的方向相交的方向并排设置第一部分104a、第二部分104b和波导部件106。与并排设置波导部件106和光电转换部分103的方向相交的方向对应于例如半导体衬底101的主表面102延伸的方向。在图1中,并排设置波导部件106和光电转换部分103的方向与并排设置第一部分104a、第二部分104b和波导部件106的方向正交。在一些情况下,可以沿相对于与半导体衬底101的主表面102垂直的线成角度的方向并排设置波导部件106和光电转换部分103。在这种情况下,并排设置波导部件106和光电转换部分103的方向可以不必与并排设置第一部分104a、第二部分104b和波导部件106的方向正交。

[0052] 在图1中,第一部分104a和第二部分104b不与光电转换部分103交迭。可替代地,绝缘体104的部分可以与光电转换部分103交迭。实际上,在第一部分104a和第二部分104b中的每一个与在其周围设置的绝缘体104之间没有边界。第一部分104a、第二部分104b和绝缘体104由相同的材料制成。

[0053] 在第一实施例中,从波导部件106的较远离或较离开半导体衬底101的表面到主表面102的距离比从包括在第二布线层112b中的导电部件的较远离或较离开半导体衬底101的表面到主表面102的距离长。此外,从波导部件106的较靠近或较接近半导体衬底101的表面到主表面102的距离比从包括在第一布线层112a中的导电部件的较靠近半导体衬底101的表面到主表面102的距离短。波导部件106与布线层112a和112b不限于这种位置关系。例如,从波导部件106的较靠近或较接近半导体衬底101的表面到主表面102的距离可以比从包括在第二布线层112b中的导电部件的较靠近或较接近半导体衬底101的表面到主表面102的距离短,并且比从包括在第一布线层112a中的导电部件的较远离或较离开半导体衬

底101的表面到主表面102的距离长或大。在图1中,波导部件106与半导体衬底101接触。可替代地,波导部件106的较靠近或较接近半导体衬底101的表面可以在与主表面102一定距离处。例如,保护膜或抗反射膜可以被插入波导部件106与半导体衬底101之间。

[0054] 层内透镜107被设置在波导部件106的较远离或较离开半导体衬底101的一侧。在第一实施例中,层内透镜107是硅氮化物膜。形成层内透镜107的材料的折射率是例如1.80或更高。层间电介质膜113被设置在层内透镜107的较远离或较离开半导体衬底101的一侧。在第一实施例中,层间电介质膜113是硅氧化物膜。形成层间电介质膜113的材料可以具有比形成层内透镜107的材料低的折射率。层内透镜107的较远离或较离开半导体衬底101的表面朝向较远离半导体衬底101的那侧凸起。根据在层间电介质膜113与层内透镜107之间的界面的凸形以及在层间电介质膜113与层内透镜107之间的折射率的差而使光会聚。

[0055] 如果层内透镜107由如第一实施例中那样的单种材料制成,则形成层内透镜107的材料的折射率被确定为该材料的折射率。这种材料的示例包括无机化合物、聚合物等。在该情况下的聚合物可以由一定种类或不同种类的聚合的单体组成。

[0056] 层内透镜107可以不必由如第一实施例中那样的单种材料制成,而是可以由被混合在一起的多种材料制成。例如,层内透镜107可以由其中分散有无机珠子的有机树脂制成。如果层内透镜107由均匀地混合在一起的多种材料制成,则形成层内透镜107的材料的折射率被确定为多种材料的混合物的折射率。如果每个珠子的直径相对于波长足够地小,则混合物的折射率可以根据包括在混合物中的多种材料的体积比和各自的折射率来计算。

[0057] 层内透镜107可以不必具有均匀的折射率分布。例如,层内透镜107可以包括由具有不同的折射率的不同的材料制成的多个部分。可替代地,在层内透镜107由其中分散有无机珠子的有机树脂制成的情况下,如果珠子没有被均匀地分散,则层内透镜107可以具有不均匀的折射率分布。可替代地,下面也是可接受的:可用紫外线固化的树脂和不可用紫外线固化的树脂被均匀地混合在一起并且形成透镜形状的部件,并且紫外线被施加到该透镜形状的部件的部分,由此设置具有不均匀的折射率分布的层内透镜107。

[0058] 如果层内透镜107具有不均匀的折射率分布,则形成层内透镜107的材料的折射率可以被认为是形成层内透镜107的最靠近半导体衬底101的一部分的材料的折射率。如果层内透镜107的最靠近半导体衬底101的该部分中的折射率沿主表面102延伸的方向而改变,则折射率中的最低的一个可以被视为形成层内透镜107的材料的折射率。

[0059] 如果层内透镜107包括多个部分,则形成层间电介质膜113的材料可以具有比形成与层间电介质膜113接触的层内透镜107的一个部分的材料低的折射率。如果层内透镜107具有不均匀的折射率分布,则形成层间电介质膜113的材料可以具有比形成与层间电介质膜113接触的层内透镜107的部分的材料低的折射率。

[0060] 根据需要,可以使层间电介质膜113的较远离或较离开半导体衬底101的表面平坦化。例如,可以通过化学机械平坦化(CMP)来使层间电介质膜113平坦化。此外,具有在层间电介质膜113的折射率与层内透镜107的折射率之间的中间的折射率的膜可以被插入层间电介质膜113与层内透镜107之间。

[0061] 波长选择部件108被设置在层内透镜107的较远离或较离开半导体衬底101的一侧。波长选择部件108是例如滤色器。滤色器由例如透射一定波长处的光但是吸收其它波长处的光的有机树脂制成。波长选择部件108可以可替代地是仅仅将在一定波长处的光与其

它波长处的光分离的棱镜。波长选择部件108可以具有将一定波长处的光转换成另一个波长处的光的功能。例如,波长选择部件108可以是闪烁体。波长选择部件108的位置不限于图1中示出的位置。波长选择部件108仅仅需要被设置在从图像拾取的对象或光源延伸到层内透镜107的光路上的位置处。

[0062] 微透镜109被设置在波长选择部件108的较远离或较离开半导体衬底101的一侧。在第一实施例中,微透镜109由有机树脂制成。微透镜109具有使入射于其上的光会聚的功能。

[0063] 第一中间部件110一般被设置在层内透镜107与波导部件106之间。在第一实施例中,第一中间部件110是硅氧化物膜。形成第一中间部件110的材料具有比形成层内透镜107的材料低的折射率。如果层内透镜107包括多个部分,则形成第一中间部件110的材料具有比形成层内透镜107的多个部分中的最靠近半导体衬底101的一个部分的材料低的折射率。第一中间部件110的折射率与形成层内透镜107的材料的折射率的比例是例如0.95或更小,或者优选地是0.85或更小。第一中间部件110的折射率是例如1.40到1.60,或者优选地是1.40到1.50。第一中间部件110可以对于由波长选择部件108选择的波长处的电磁波或光透明。第一中间部件110的折射率可以不必沿平面方向均匀。第一中间部件110可以包括具有相对低的折射率的区域和具有相对高的折射率的区域。

[0064] 在第一实施例中,第一中间部件110被设置在其中设置有多光电转换部分103的图像拾取区的全部之上。第一中间部件110可以可替代地被设置在半导体衬底101的全部之上。然而,第一中间部件110可以不必被设置在图像拾取区的全部之上。通常,第一中间部件110仅仅需要具有比波导部件106更大的面积。

[0065] 具体地,由第一中间部件110的平面图轮廓限定的面积仅仅需要比波导部件106的平面图面积大。例如,在平面图中,第一中间部件110可以不必存在于波导部件106的中心部分中。也就是说,第一中间部件110在平面图中可以具有环状形状。在这种情况下,其中由第一中间部件110实际占据的面积比波导部件106的面积小的情形是可接受的,只要由第一中间部件110的轮廓限定的面积比波导部件106的面积大即可。

[0066] 现在将描述其中第一中间部件110具有比波导部件106小的面积的比较实施例。在比较实施例中,第一中间部件110不在波导部件106的全部之上延伸。在其中第一中间部件110不存在的区域中,光不通过折射而被会聚。因此,进入波导部件106的光的量减少。

[0067] 第一中间部件110具有例如60nm到500nm的厚度,或者优选地80nm到120nm的厚度。第一中间部件110的厚度指的是从第一中间部件110的较靠近半导体衬底101的表面到第一中间部件110的较远离半导体衬底101的表面的距离。第一中间部件110的厚度可以小于波导部件106的高度。从层内透镜107的较靠近半导体衬底101的表面到波导部件106的较远离半导体衬底101的表面的距离例如短于700nm。

[0068] 图2是根据第一实施例的光电转换装置100的示意性平面图。沿着图2中示出的线I-I截取图1中示出的截面图。功能与图1中示出的那些相同的元件由相应的附图标记表示。图2示出四个光电转换部分103。这里,为方便起见,包括在相应的光电转换部分103中的n型半导体区被示出为光电转换部分103。在光电转换部分103的每相邻两个之间设置对信号载流子的势垒201。势垒201用作防止信号载流子在两个相邻的光电转换部分103(光电二极管)之间传递的元件隔离区。四个光电转换部分103被设置有四个相应的栅极电极111。在第

一实施例中,为多个光电转换部分103提供一个FD 114。换句话说,多个光电转换部分103的电子被传递到一个FD 114。在第一实施例中,多个FD 114利用导线202彼此电连接。FD 114利用共用的接触件203来与导线202电连接。因此,在电路方面,四个光电转换部分103的电子被传递到一个节点。与放大晶体管的栅极电极(未示出)一体地设置导线202。彼此电连接的多个FD 114中的至少一个还用作具有栅极电极203的复位晶体管的源极或漏极。

[0069] 如图2中所示出的,每个波导部件106与光电转换部分103中的对应一个交迭。波导部件106的平面图形状不限于如图2中所示出的圆形,并且可以可替代地为例如多边形(诸如矩形)或椭圆形。虽然在图2中光电转换部分103的部分不与波导部件106交迭,但是光电转换部分103的全部可以与波导部件106交迭。

[0070] 在图2中,第一中间部件110被设置在半导体衬底101的全部之上。因此,第一中间部件110具有比波导部件106更大的面积。然而,第一中间部件110可以不必被设置在半导体衬底101的全部之上。此外,可以与多个波导部件106对应地设置多个第一中间部件110,而不管它们是否作为整体被设置。

[0071] 如上所述,在第一实施例中,具有比层内透镜107低的折射率的第一中间部件110被设置在层内透镜107与波导部件106之间。此外,第一中间部件110具有比波导部件106更大的面积。因此,进入波导部件106的光的量增大。

[0072] 只要使光进入波导部件106,光就传播直到光电转换部分103。不进入波导部件106的光被认为是具有通过导线等反射的形式的损失。特别地,如果在波导部件106周围设置布线,则波导部件106的入口的大小具有上限。在这方面,层内透镜107可以具有比波导部件106的入口更大的面积。在这种配置中,本发明的有利的效果变得显著。

[0073] 为了允许波导部件106让光传播直到光电转换部分103,期望波导部件106的折射率尽可能高。在这方面,波导部件106可以具有比第一中间部件110高的折射率。如果波导部件106由多种材料制成,则波导部件106的多种材料的折射率中的最高的一个可以比第一中间部件110的折射率高。

[0074] 第二实施例

[0075] 现在将参考相关的附图描述根据本发明第二实施例的光电转换装置300。图3是根据第二实施例的光电转换装置300的示意性的截面图。功能与图1中示出的那些相同的元件由相应的附图标记表示,并且省略了其详细描述。

[0076] 第二实施例的特征在于,在波导部件106与第一中间部件110之间设置第二中间部件301,并且在第一中间部件110与层内透镜107之间设置第三中间部件302。第二中间部件301的折射率比第一中间部件110的折射率高并且比波导部件106的折射率低。第三中间部件302的折射率比第一中间部件110的折射率高并且比形成层内透镜107的材料的折射率低。第二中间部件301和第三中间部件302的折射率例如是1.60到1.80。第二中间部件301的折射率优选地是波导部件106和第一中间部件110的折射率的平均值。此外,第三中间部件302的折射率优选地是第一中间部件110和形成层内透镜107的材料的折射率的平均值。在第二实施例中,第二中间部件301和第三中间部件302中的每一个是具有约1.72的折射率的硅氧氮化物膜。

[0077] 在存在第二中间部件301和第三中间部件302的情况下,入射光的反射减少。通常,在光从具有折射率 n_1 的介质行进到具有折射率 n_2 的介质的情况中,随着 n_1 和 n_2 之间的差变

得越大,反射率变得越高。由于具有在波导部件106和第一中间部件110的折射率之间的中间的折射率的第二中间部件301被设置在波导部件106和第一中间部件110之间,因此这两者之间的界面处的折射率的差减少。因此,行进通过第一中间部件110并且入射在波导部件106上的光的反射率变得低于在波导部件106和第一中间部件110彼此接触的情况下的反射率。同样地,由于具有在层内透镜107和第一中间部件110的折射率之间的中间的折射率的第三中间部件302被设置在层内透镜107和第一中间部件110之间,因此这两者之间的界面处的折射率的差减少。因此,行进通过层内透镜107并且入射在第一中间部件110上的光的反射率降低。

[0078] 在存在第二中间部件301的情况下实现的反射率的降低的程度随着第二中间部件301的厚度d、第二中间部件301的折射率N和入射光的波长p之间的关系而变化。这是因为在多个界面处的多次反射彼此抵消。理论上,在保持下面给出的表达式(1)时最大程度地降低反射率:

$$[0079] \quad d = \frac{p}{4N} (2k + 1) \quad \dots (1)$$

[0080] 其中k是0或更大的整数。

[0081] 也就是说,在第二中间部件301的厚度为p/4N的奇数倍时,理论上,最大程度地降低反射率。因此,第二中间部件301的厚度可以基于上面的表达式(1)来设定。优选地,第二中间部件301的厚度满足下面给出的表达式(2):

$$[0082] \quad \frac{p}{4N} (2k + 0.5) < d < \frac{p}{4N} (2k + 1.5) \quad \dots (2)$$

[0083] 其中k最优选地为0。

[0084] 例如,假设第一中间部件110的折射率为1.45,第二中间部件301的折射率为1.72,波导部件106的折射率为2.00,并且入射光的波长为550nm。这里,如果第二中间部件301的厚度为80nm,则从第一中间部件110行进直到波导部件106的光的透射率为约1.00。同时,在第一中间部件110和波导部件106彼此接触的情况下,上述透射率为约0.97。

[0085] 在存在第三中间部件302的情况下实现的反射率的降低的程度也随着第三中间部件302的折射率和厚度以及入射光的波长之间的关系而变化。因此,第三中间部件302的厚度可以基于上面的理论来设定。

[0086] 在第二实施例中,第一中间部件110、第二中间部件301和第三中间部件302被设置在层内透镜107和波导部件106之间。因此,上述部件的厚度可以基于上面的理论来设定。

[0087] 第二中间部件301和第三中间部件302中的每一个可以具有比第一中间部件110小的厚度。这是因为下面的原因。在层内透镜107和波导部件106之间的距离恒定的情况中,随着具有相对低的折射率的部件的比例变得越高,本发明的有利的效果变得越显著。

[0088] 根据第二实施例的配置包括第二中间部件301和第三中间部件302两者。可替代地,可以仅仅设置第二中间部件301和第三中间部件302中的一个。在那种情况下,同样降低反射率。

[0089] 第三实施例

[0090] 现在将参考相关的附图描述根据本发明第三实施例的光电转换装置400。图4是根据第三实施例的光电转换装置400的示意性的截面图。功能与图1和图3中示出的那些相同

的元件由对应的附图标记表示,并且省略了其详细描述。在图4中,示出了多个像素。省略了包括在所有像素中的并且具有相同功能的元件的冗余描述。

[0091] 第三实施例的特征在于,在第一中间部件110和波导部件106之间设置第四中间部件401。第四中间部件401与波导部件106接触。第四中间部件401在多个光电转换部分103中的相邻的那些光电转换部分103之间延伸。第四中间部件401由与波导部件106相同的材料制成。

[0092] 在存在第四中间部件401的情况下,进入波导部件106的光的量增大。在图4中,箭头L3表示已经进入光电转换装置400的光的光路。由于通过布线等的反射,已经入射在不存在波导部件106的区域上的光中的一些(由箭头L3表示的光)可以不入射在光电转换部分103上。然而,在存在在多个光电转换部分103中的相邻的那些光电转换部分103之间延伸的第四中间部件401的情况下,这种光进入第四中间部件401。已经进入第四中间部件401的光传播通过第四中间部件401并且进入波导部件106。因此,在存在第四中间部件401的情况下,进入波导部件106的光的量增大。因此,光电转换装置400的灵敏度增大。

[0093] 在第三实施例中,在层内透镜107和第一中间部件110之间设置第五中间部件402。第五中间部件402与层内透镜107接触。第五中间部件402在多个光电转换部分103中的相邻的那些光电转换部分103之间延伸。第五中间部件402由与层内透镜107相同的材料制成。

[0094] 为图4中的右边的一个像素设置的波长选择部件108G基本上选择绿色波长处的光。为图4中的左边的另一个像素设置的波长选择部件108B基本上选择蓝色波长处的光。

[0095] 第四实施例

[0096] 现在将参考相关的附图描述根据本发明第四实施例的光电转换装置600。图5是根据第四实施例的光电转换装置600的示意性的截面图。功能与图3中示出的那些相同的元件由对应的附图标记表示,并且省略了其详细描述。

[0097] 第四实施例与第二实施例的不同之处在于,透镜107、波导部件106、第三中间部件603、第二中间部件602和第一中间部件601的折射率依次降低。也就是说,让形成透镜107的材料、第三中间部件603、第一中间部件601、第二中间部件602和波导部件106的折射率分别为 $nf1$ 、 $nf2$ 、 $nf3$ 、 $nf4$ 和 $nf5$,保持 $nf1 > nf5 > nf2 > nf4 > nf3$ 的关系。上述部件的布置可以与第二实施例中的相同。

[0098] 第三中间部件603的折射率 $nf2$ 可以接近于 $nf1$ 和 $nf3$ 的中间值(平均值)。此外,第二中间部件602的折射率 $nf4$ 可以接近于 $nf3$ 和 $nf5$ 的中间值(平均值)。

[0099] 在第四实施例中,省略了在其它实施例中的在透镜107上方设置的部件。具体地,省略了在其它实施例中设置的波长选择部件108、微透镜109和层间电介质膜113。当然,设置有上述部件的变型被包括在本发明的范围内。

[0100] 透镜107、波导部件106、第三中间部件603、第二中间部件602和第一中间部件601的配置和布置与第二实施例中的相同。第四实施例的特征在于在这些部件的折射率之间的关系。因此,例如,其中第一中间部件601具有比波导部件106小的面积的变型也产生第四实施例的有利的效果。也就是说,这种变型也被包括在本发明的范围内。

[0101] 除了上面描述的点之外,根据第四实施例的配置与根据第一实施例到第三实施例中的任何一个的配置相同。因此,作为根据第一到第三实施例的配置中的一个或更多的组合设置的第四实施例的变型也被包括在本发明的范围内。

[0102] 根据第四实施例,具有相对低的折射率的部件被设置在透镜107和波导部件106之间。因此,要入射在光电转换部分103上的光的量增大。此外,根据第四实施例,第二中间部件602和第三中间部件603被设置在透镜107和波导部件106之间。第二中间部件602和第三中间部件603可以用作抗反射膜。因此,界面处的光的反射的影响减少。

[0103] 第五实施例

[0104] 图6示意性地示出根据本发明的第五实施例的光电转换装置501。在第五实施例中,采取互补金属氧化物半导体(CMOS)光电转换装置作为示例性光电转换装置。图6中示出的光电转换装置501包括图像拾取区511、垂直扫描电路512、两个读取电路513、两个水平扫描电路514和两个输出放大器515。除图像拾取区511以外的区域是电路区516。

[0105] 在图像拾取区511中,以二维阵列的形式设置多个像素。像素中的每一个可以具有图1到图5中示出的配置中的任何一个。读取电路513包括例如列放大器、相关双采样(CDS)电路、加法电路等等,并且对通过垂直信号线从由垂直扫描电路512选择的行中的像素读取的信号执行放大、相加等等。例如,为每个像素列或多个像素列提供一个列放大器、一个CDS电路、一个加法电路等等。水平扫描电路514产生用于顺序地读取相应的读取电路513的信号。输出放大器515放大并且输出由相应的水平扫描电路514选择的列的信号。

[0106] 上述配置仅仅是光电转换装置的示例性配置,并且第五实施例不限于此。存在两个输出线,每一个输出线包括一个读取电路513、一个水平扫描电路514和一个输出放大器515。因此,两个输出线被分别设置在图像拾取区511的上侧和下侧。可替代地,可以设置三个或更多个输出线。

[0107] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。以下权利要求的范围将被给予最宽的解释从而包括所有这样的修改、等同的结构与功能。

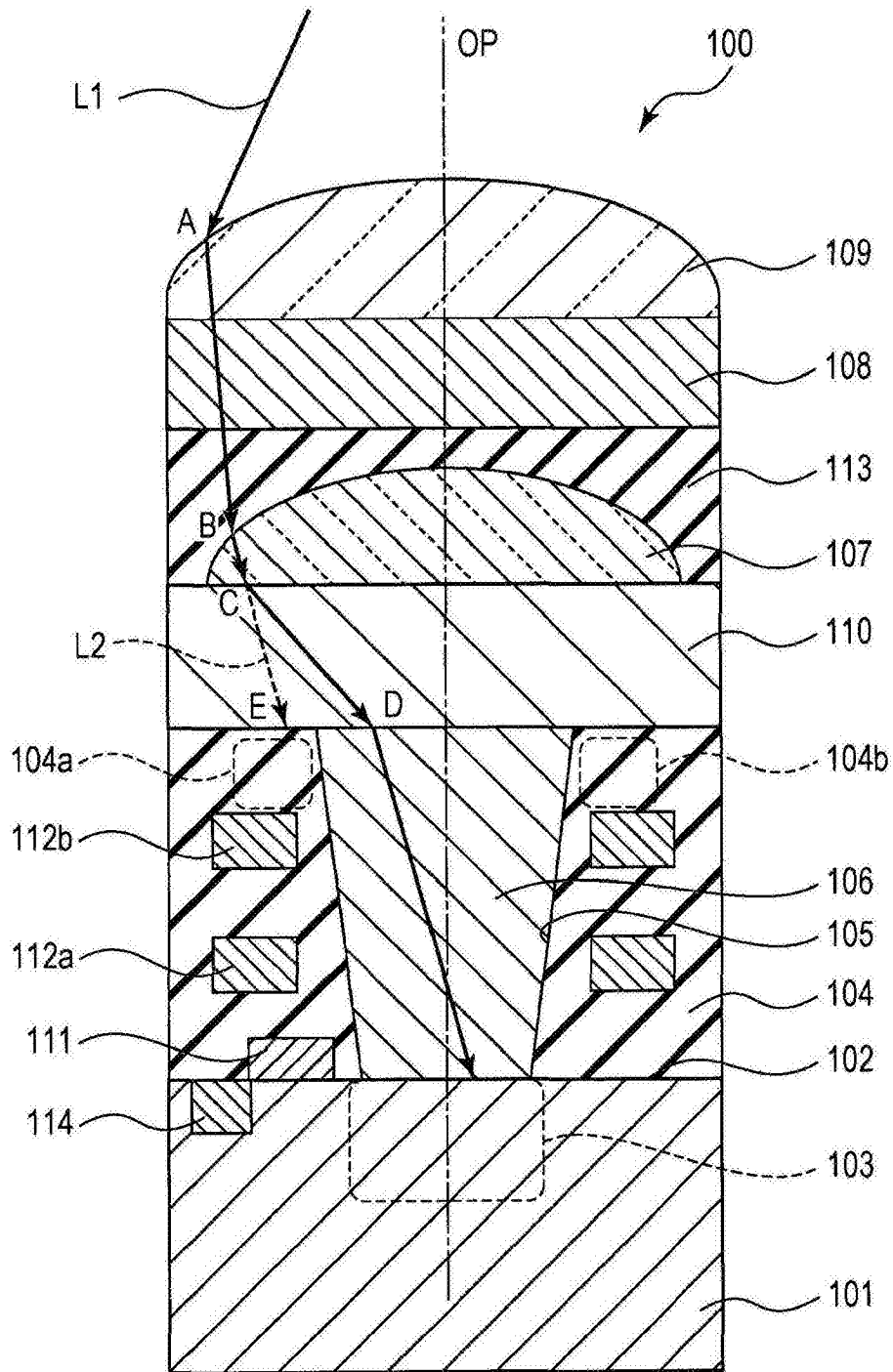


图1

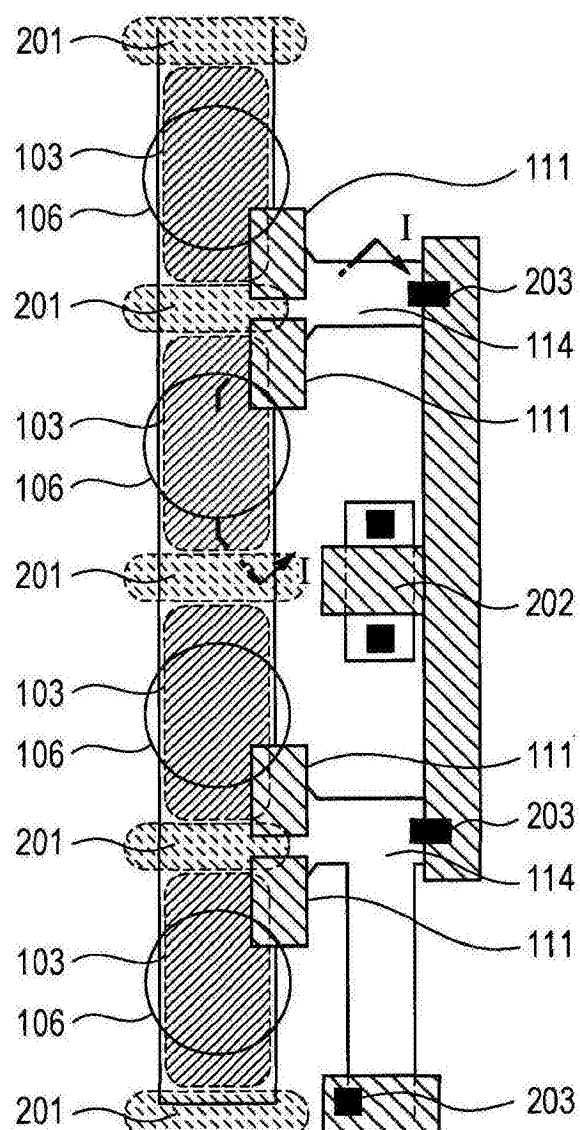


图2

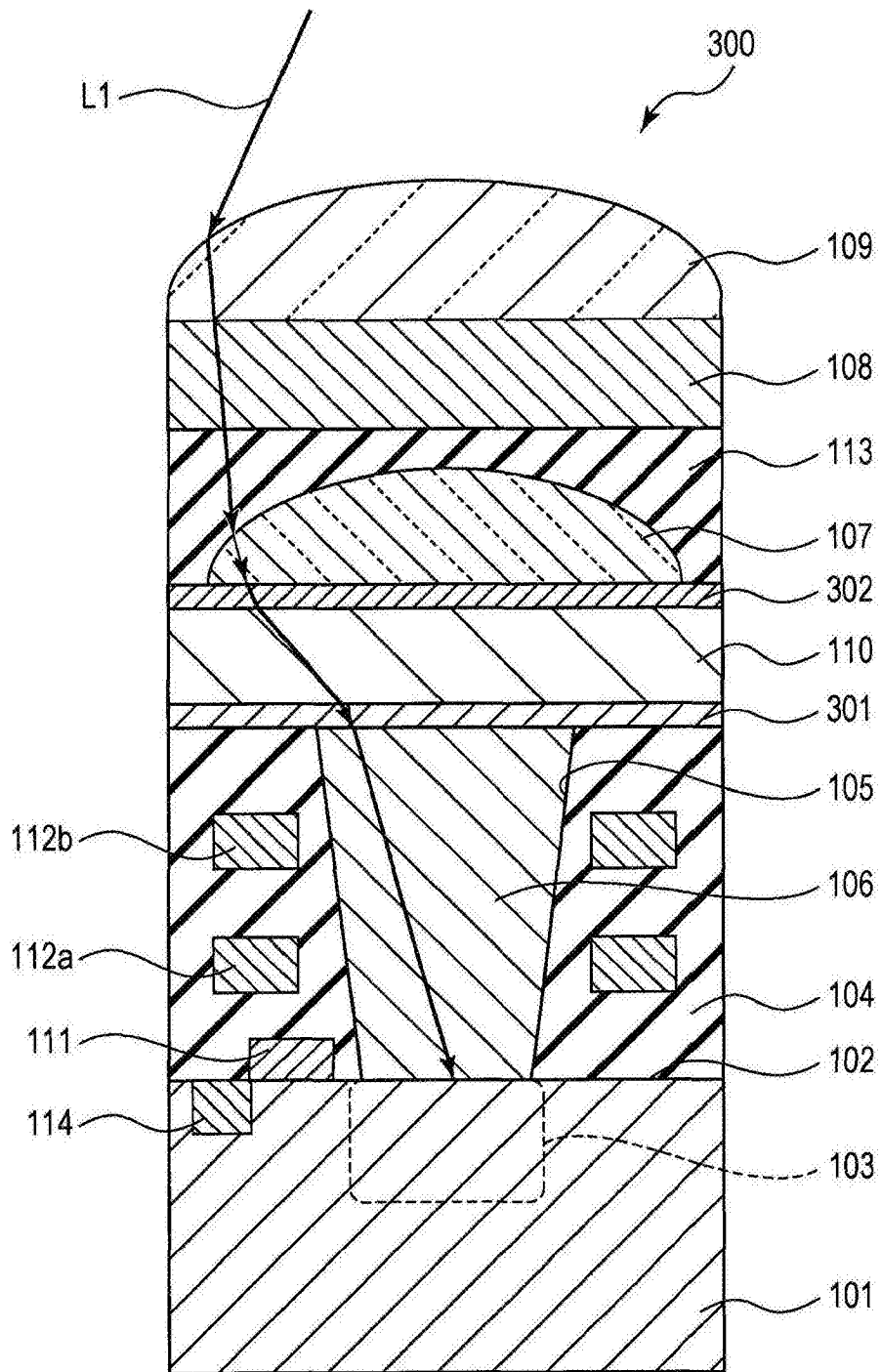


图3

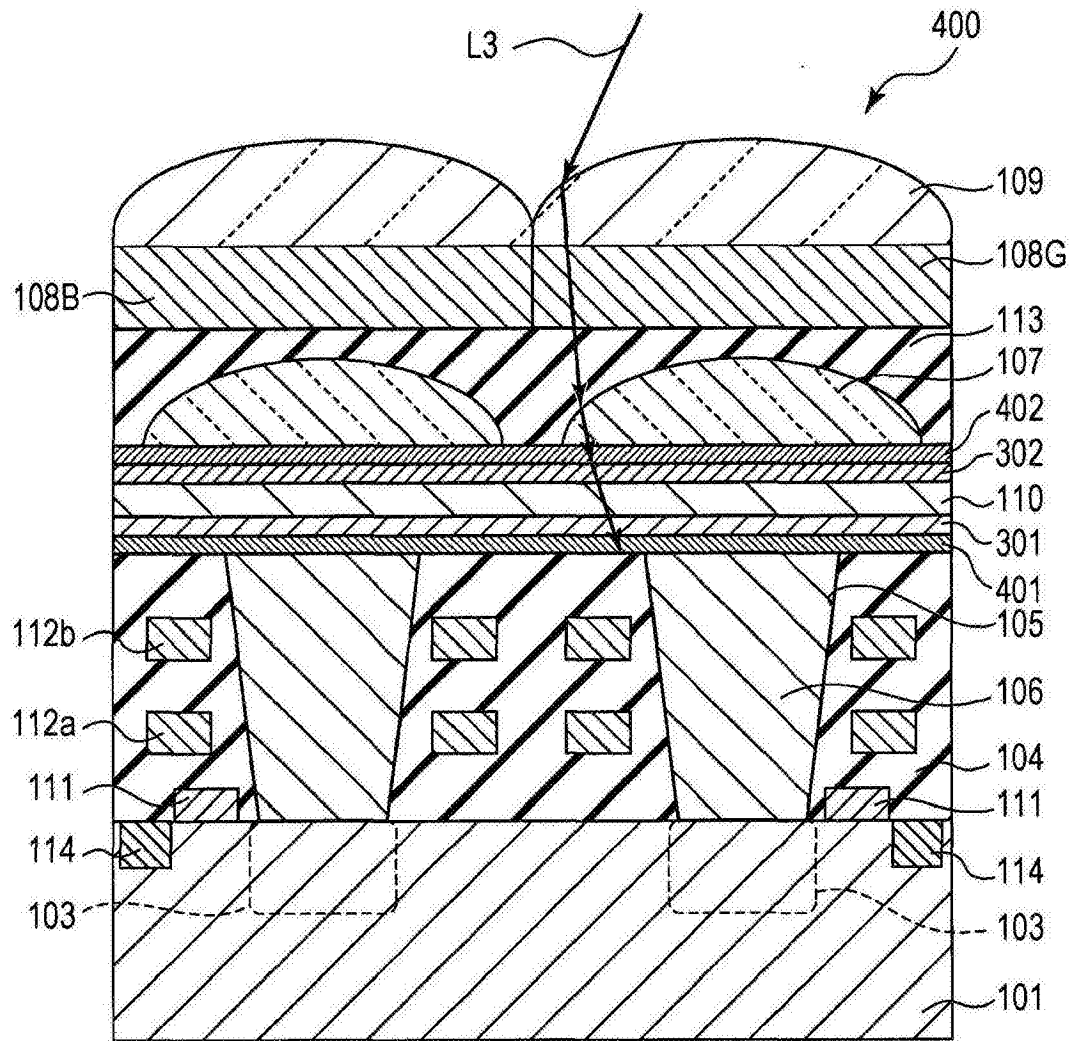


图4

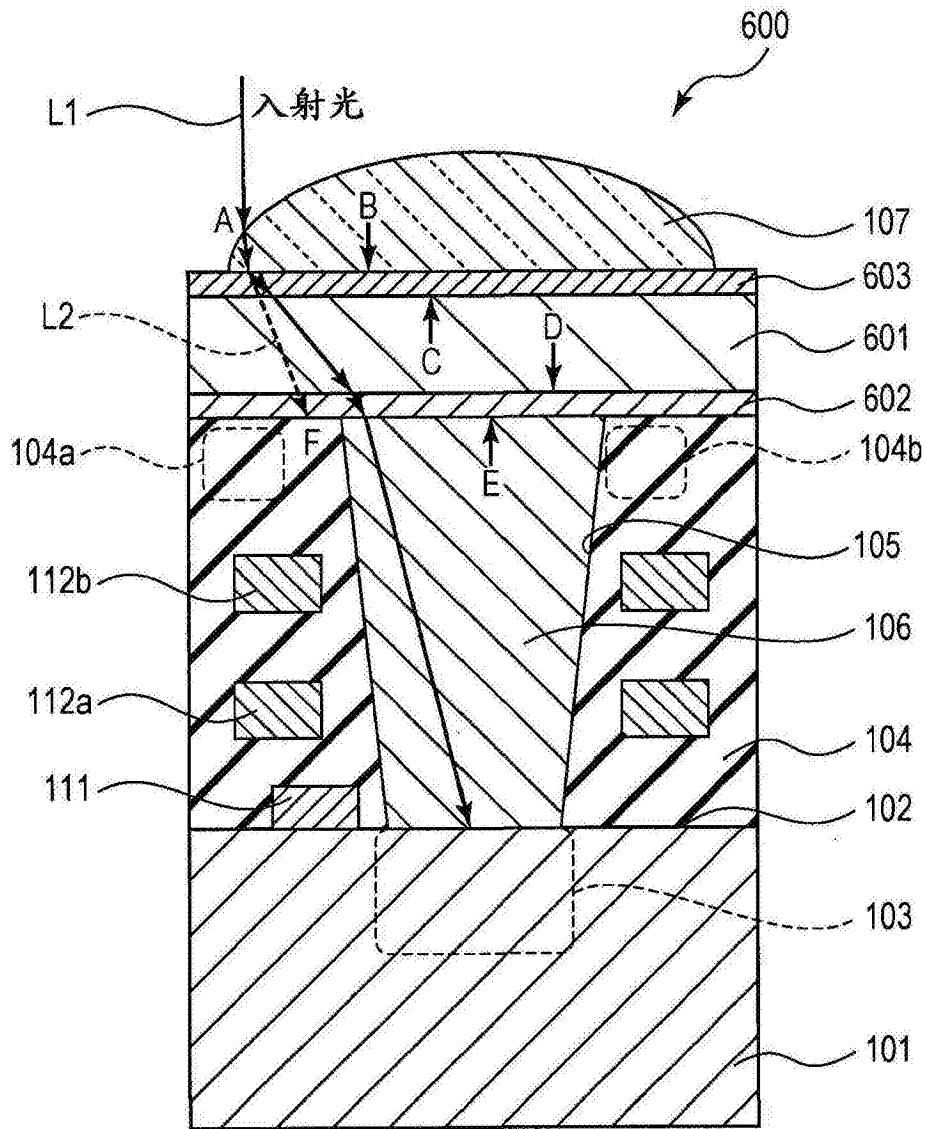


图5

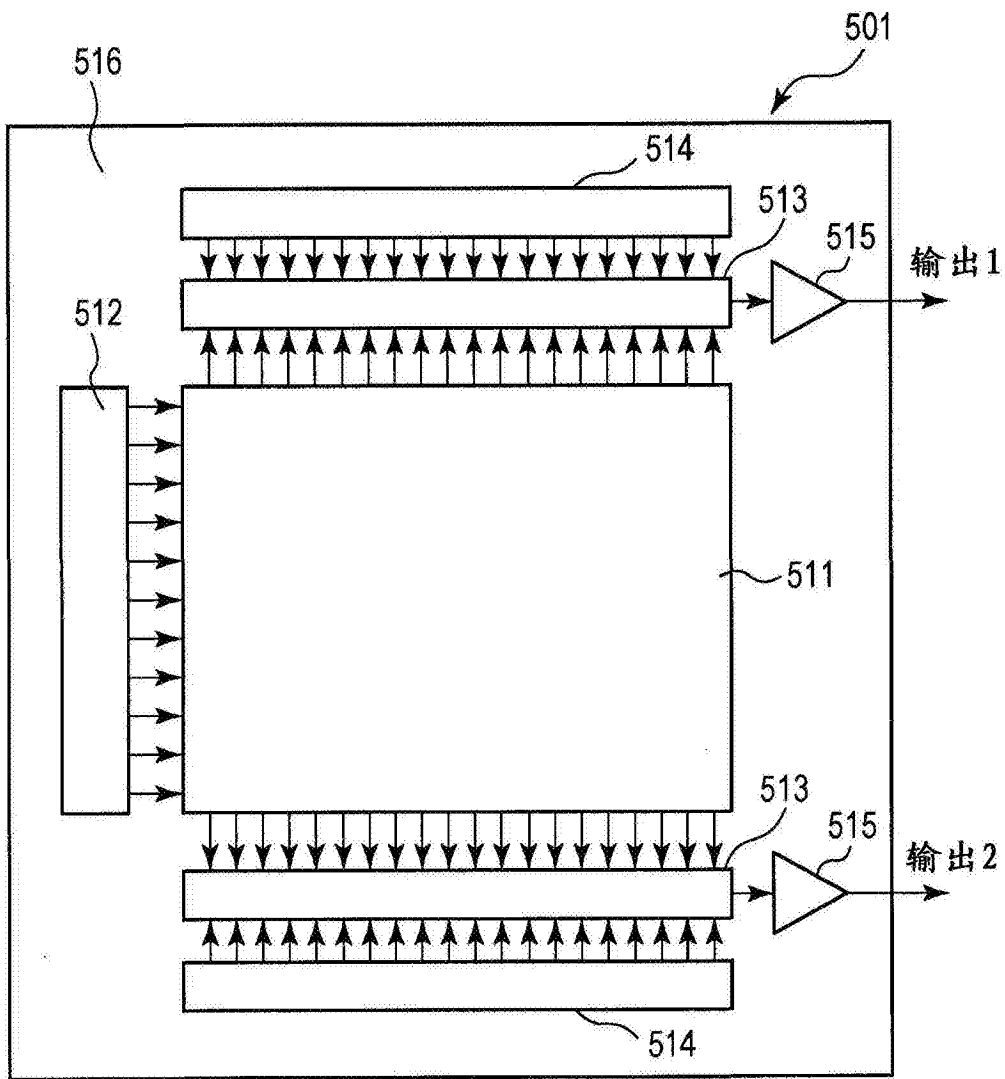


图6