



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114503538 A

(43) 申请公布日 2022. 05. 13

(21) 申请号 201980100799.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.09.25

H04N 5/225 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.03.25

H04N 5/369 (2006.01)

H04N 9/07 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/037677 2019.09.25

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/059409 JA 2021.04.01

(71) 申请人 日本电话株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 宫田将司 中岛光雅 桥本俊和

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

专利代理师 吕琳 朴秀玉

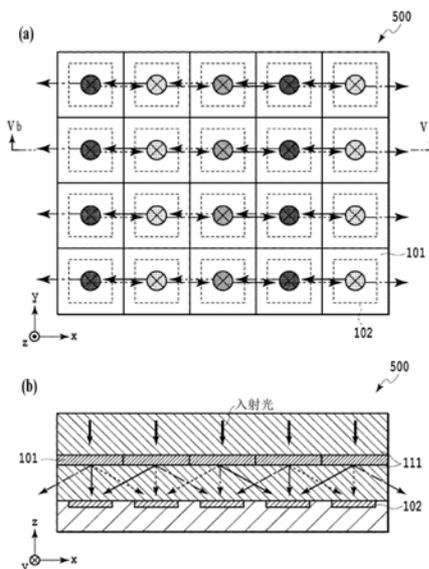
权利要求书2页 说明书13页 附图13页

(54) 发明名称

摄像元件和摄像装置

(57) 摘要

本公开的摄像元件具备:像素阵列,在基板上阵列状地排列有包括光电转换元件的多个像素;透明层,形成于像素阵列之上;以及分光元件阵列,在透明层的内部或上方、与多个分光元件的每一个对应的位置,阵列状地排列有多个分光元件。分光元件的每一个包括由具有比透明层的折射率高的折射率的材料形成的多个细微结构体。多个细微结构体具有细微结构体图案。分光元件的每一个将已入射的光分离成根据波长而传播方向不同的偏转光并出射。



1. 一种摄像元件,具备:
像素阵列,在基板上阵列状地排列有包括光电转换元件的多个像素;
透明层,形成于所述像素阵列之上;以及
分光元件阵列,在所述透明层的内部或上方、与所述多个像素的每一个对应的位置,阵列状地排列有多个分光元件,
其中,所述分光元件的每一个包括由具有比所述透明层的折射率高的折射率的材料形成的多个细微结构体,所述多个细微结构体具有细微结构体图案,所述分光元件的每一个将已入射的光分离成根据波长而传播方向不同的偏转光并出射。
2. 根据权利要求1所述的摄像元件,其中,
将沿着所述分光元件阵列的第一方向相邻的N个分光元件的组沿着所述第一方向重复排列,在所述相邻的N个分光元件的组中,所述细微结构体图案互不相同,其中, $N \geq 2$ 。
3. 根据权利要求1或2所述的摄像元件,其中,
所述多个分光元件的每一个的所述多个细微结构体的光透过的方向上的厚度固定。
4. 根据权利要求1或2所述的摄像元件,其中,
所述多个分光元件的每一个的所述多个细微结构体的光透过的方向上的厚度根据位置而不同。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的摄像元件,其中,
经分离并出射的所述偏转光入射至所述多个分光元件中的相邻的第一像素、第二像素以及第三像素,
在所述入射的光为白色光的情况下,
入射至所述第一像素的光在波长500nm以下的蓝色波长范围中具有光强度的波峰,
入射至所述第二像素的光在波长500nm~600nm的绿色波长范围中具有光强度的波峰,
入射至所述第三像素的光在波长600nm以上的红色波长范围中具有光强度的波峰。
6. 根据权利要求2所述的摄像元件,其中,
N为3,所述细微结构体为柱状结构体,三个分光元件的组中的互不相同的所述细微结构体图案包括:
在所述三个分光元件的排列方向上依照宽度第一宽的柱状结构体、宽度第二宽的柱状结构体、宽度第三宽的柱状结构体的顺序排列的第一细微结构体图案;
在所述三个分光元件的排列方向上依照宽度第三宽的柱状结构体、宽度第二宽的柱状结构体、宽度第一宽的柱状结构体的顺序排列的第二细微结构体图案;以及
在所述三个分光元件的排列方向上依照宽度第二宽的柱状结构体、宽度第一宽的柱状结构体、宽度第三宽的柱状结构体的顺序排列的第三细微结构体图案。
7. 根据权利要求5或6所述的摄像元件,具备:
滤光器阵列,在所述像素阵列与所述分光元件阵列之间,阵列状地排列有至少一种滤光器。
8. 根据权利要求7所述的摄像元件,其中,
所述滤光器阵列比所述分光元件靠近所述像素阵列。
9. 一种摄像装置,具备:
权利要求1至8中任一项所述的摄像元件;

摄像光学系统,用于在所述摄像元件的摄像面形成光学图像;以及
信号处理部,处理所述摄像元件输出的电信号。

摄像元件和摄像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种摄像元件和具备摄像元件的摄像装置。

背景技术

[0002] 一般而言,在具备CCD (Charge Coupled Device,电荷耦合元件) 传感器或CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体) 传感器等光电转换元件的摄像元件中,为了获取拍摄对象的颜色信息,需要在包括光电转换元件的各像素上进行入射光的色分离。

[0003] 图1表示一般的彩色摄像元件的剖视图。在以往的彩色摄像元件100中,在电气布线112上配置有光电转换元件102,包括有机材料或无机材料的减色型滤色器104与包括光电转换元件102的各像素对置地配置。在滤色器104之上配置有微透镜103。当光从微透镜103入射时,使用滤色器104,仅使所期望的波长频带的光透过,且使不需要的波长频带的光吸收或反射,由此按每一像素从与红(R)、绿(G)、蓝(B)对应的三个光电转换元件102获取各信号,由此能生成彩色的二维图像。

[0004] 然而,在如上述的一般的彩色摄像元件100中,在RGB为1:1:1的比例的入射光的情况下,有透过滤色器104后的总光量必然地成为1/3左右的问题。损失剩余的光是被滤色器104吸收或反射所致的损失,无法用于图像的构成。因此,入射光的光利用效率最大为30%左右,而摄像元件的灵敏度受到较大限制。近年来,推进像素的细微化(图像的高分辨率化),一个像素接收的光量必然降低,而期待降低上述的摄像元件的灵敏度的限制。

[0005] 作为为了降低摄像元件的灵敏度的限制的方法,提出使用能根据波长频带对入射光进行分支的棱镜(prism)或二向色镜(dichroic mirror)等分光元件来代替滤色器104,构成彩色摄像元件。这样的方法在原理上能较大降低入射光的损失,因此与使用滤色器104的情况相比,能大幅提高光利用效率。然而,近年来,像素的细微化正在推进,而难以将棱镜或二向色镜等分光元件在保持其功能和特性不变的情况下集成于光电转换元件上。

[0006] 因此,近年来,提出使用包括比较容易集成于光电转换元件上的细微结构的分光元件来构成彩色摄像元件。在非专利文献1中,提出通过使用能将入射光分离成两个波长区域的两种细微结构来从原理上消除色分离中的光损失,从而提高光利用效率。

[0007] 图2的(a)表示在非专利文献1中提出的彩色摄像元件200的俯视图,图2的(b)表示其IIb-IIb剖视图,图2的(c)表示其IIc-IIc剖视图。如图所示,彩色摄像元件200通过与像素(光电转换元件102)对应地配置的细微的梁结构206-1、206-2来代替滤色器104,而将入射光根据波长区域分离成直线前进的光和朝左右偏转的光。这是因为,在细微的梁结构内及其周围处,感受到入射光的相位延迟效果在一个波长区域显著不同,而在另一个波长区域大致相同。因此,在二维像素阵列上,按每一列交替地配置结构厚度不同的两种细微的梁结构206-1、206-2,由此,彼此相邻的四个光电转换元件102能接收具有各不相同的波长成分的光。其结果是,通过对从各光电转换元件102输出的光电转换信号进行使用矩阵运算的信号处理,对颜色信息进行再生,能生成色图像。

[0008] 此外,在非专利文献2中,提出下述方法:通过在像素(光电转换元件102)上配置能将入射光分离成三个波长区域的厚度固定的二元细微结构来提高光利用效率。

[0009] 图3的(a)表示在非专利文献2中提出的具有微小分光元件306的彩色摄像元件300的俯视图,图3的(b)表示其IIIb-IIIb剖视图。通过使用非专利文献2的彩色摄像元件300,而与使用非专利文献1的彩色摄像元件200的情况同样地,能通过使用信号处理的颜色信息重建来生成色图像。进而,非专利文献2的彩色摄像元件300的光利用效率超过非专利文献1的彩色摄像元件200的光利用效率。此外,非专利文献2的彩色摄像元件200具有下述优点:不存在非专利文献1的彩色摄像元件200中成为问题的偏振依赖性,且由于是二元结构因此容易进行制作。

[0010] 现有技术文献

[0011] 非专利文献

[0012] 非专利文献1:Seiji Nishiwaki,Tatsuya Nakamura,Masao Hiramoto,Toshiya Fujii and Masa-aki Suzuki,“Efficient colour splitters for high-pixel-density image sensors (用于高像素密度图像传感器的高效分色器),”Nature Photonics,Vol.7, March 2013,pp.240-246

[0013] 非专利文献2:Masashi Miyata,Mitsumasa Nakajima,Toshikazu Hashimoto,“High-Sensitivity Color Imaging Using Pixel-Scale Color Splitters Based on Dielectric Metasurfaces (使用基于介电超表面的像素尺度分色器的高灵敏度彩色成像),”ACS Photonics, March 2019,pp1442-1450

[0014] 非专利文献3:David Sell,Jianji Yang,Sage Doshay,Jonathan A.Fan,“Periodic Dielectric Metasurfaces with High-Efficiency,Multiwavelength Functionalities (高效、多波长功能性的周期性介电超表面),”Advanced Optical Materials,Vol.5,2017,1700645

发明内容

[0015] 在非专利文献1和非专利文献2中,作为色图像生成的方法,提出使用信号处理的色重建方法。然而,在非专利文献1和非专利文献2公开的技术中,存在实用上的问题。关于这些色图像生成的方法,可能会产生起因于该信号处理的色的误差(噪声),图像的信噪比(SN比)可能会劣化。因此,即使通过分光元件使光利用效率即传感器中的受光量增加,但因信号处理所致的新的噪声的附加,摄像图像的SN比也有可能不改善,实质上的灵敏度可能会不提高。进而,由于重新需要信号的处理时间,因此摄像的时间分辨率可能会降低。需要说明的是,如非专利文献2中所公开那样,可考虑将通常为正圆的微透镜的形状设为椭圆或将通常为正方形的像素的形状设为长方形等,而在不使用信号处理的情况下根据信号强度直接获取颜色信息的方式,但除了透镜或像素的形状的变更可能会不符合现有的制作工艺或后段处理、像素配置等以外,还有打乱图像的空间分辨率的均匀性的问题,因此缺乏可行性。

[0016] 本公开是鉴于上述的问题而完成的,其目的在于提供一种能在不使用由信号处理实现的色重建的情况下高灵敏度地生成图像的摄像元件及摄像装置。

[0017] 为了解决上述的问题,本发明的一个实施方式的摄像元件具备:像素阵列,在基板

上阵列状地排列有包括光电转换元件的多个像素；透明层，形成于像素阵列之上；以及分光元件阵列，在透明层的内部或上方、与多个像素的每一个对应的位置，阵列状地排列有多个分光元件，分光元件的每一个包括由具有比透明层的折射率高的折射率的材料形成的多个细微结构体，多个细微结构体具有细微结构体图案，分光元件的每一个将已入射的光分离成根据波长而传播方向不同的偏转光并出射。

[0018] 根据本发明的一个实施方式，能实现一种能减轻色重建的信号处理的负担、高灵敏度地生成图像的摄像元件和具备该摄像元件的摄像装置。所生成的图像可设为基于入射至摄像元件的可见光被转换为电信号的光电转换信号的色图像。或者，所生成的图像可设为基于入射至摄像元件的红外光或紫外光被转换为电信号的光电转换信号的图像。因此，能降低因信号处理所致的图像劣化的顾虑，并且能使由微小分光元件实现的光利用效率提高的益处直接体现于摄像灵敏度提高上。此外，本发明的一个实施方式的摄像元件具有下述优点，即：能使用被广泛应用的正圆的微透镜或正方形的像素的形状来构成摄像元件。

附图说明

[0019] 图1是一般的彩色摄像元件的剖视图。

[0020] 图2的(a)是非专利文献1中提出的彩色摄像元件的俯视图；图2的(b)是图2的(a)的IIb-IIb剖视图；图2的(c)是图2的(a)的IIc-IIc剖视图。

[0021] 图3的(a)是非专利文献2中提出的彩色摄像元件的俯视图，图3的(b)是图3的(a)的IIIa-IIIb剖视图。

[0022] 图4是表示本发明的一个实施方式的摄像装置10的概略构成的侧视图。

[0023] 图5的(a)是示意性地表示包括像素阵列和分光元件阵列的摄像元件500的从上表面观察时的构成的一部分的图；图5的(b)是示意性地表示图5的(a)的Vb-Vb截面的图。

[0024] 图6的(a)是示意性地表示包括像素阵列和分光元件阵列的摄像元件600的从上表面观察时的构成的一部分的图，图6的(b)是示意性地表示图6的(a)的VIb-VIb截面的图。

[0025] 图7的(a)~(c)是表示实现将入射光按三个波长区域的每一个(R、G、B)沿着三个方向空间性地分离的分光特性的相位延迟分布的例子图。

[0026] 图8的(a)是构成本实施方式的微小分光元件101的细微结构体的一个例子的俯视图，图8的(b)是细微结构体的一个例子的侧视图。

[0027] 图9的(a)、(d)及(g)是本实施方式的微小分光元件101的一个例子的俯视图；图9的(b)、(e)及(h)是与图9的(a)、(d)及(g)对应的微小分光元件101的侧视图；图9的(c)、(f)及(i)是表示与图9的(a)、(d)及(g)对应的微小分光元件101的相位延迟分布(线)与理想的相位延迟分布(线)的图。

[0028] 图10的(a)、(c)、(e)是表示与图9的(b)、(e)、(h)分别对应的微小分光元件101的光的传播的图，图10的(b)、(d)、(f)是表示图10的(a)、(c)、(e)的微小分光元件的分光功能的效率的波长依赖性的图。

[0029] 图11的(a)~(c)是示意性地表示包括光电转换元件102的像素的配置的例子的图。

[0030] 图12的(a)~(c)是示意性地表示包括光电转换元件102的像素的配置的又一个例子的图。

[0031] 图13是示意性地表示包括像素阵列和分光元件阵列的摄像元件700的截面的构成

的一部分的图。

具体实施方式

[0032] 以下,使用附图对于本发明的实施方式详细地进行说明。但是,以下的实施方式仅为一个例子,本发明当然不限于这些实施方式。

[0033] 图4是表示本发明的一个实施方式的摄像装置10的概略构成的侧视图。摄像装置10具备:透镜光学系统11;摄像元件12;以及信号处理部13,其处理从摄像元件12输出的光电转换信号,而生成图像信号。

[0034] 自然光或照明光等光照射至物体1,被物体1透过/反射/散射的光、或自物体1发出的光,通过透镜光学系统11而在包括CCD或CMOS等光电转换元件的摄像元件12上形成光学图像。一般而言,透镜光学系统为了校正各种光学像差,而由包括沿着光轴排列的多个透镜的透镜组构成,在图4中将附图简略化而表示为单个透镜。信号处理部13具备图像信号输出,其处理从摄像元件12输出的光电转换信号并生成图像信号,且将所生成的图像信号送出至外部。需要说明的是,本发明的摄像装置10可具备切断红外光的光学滤光器、电子快门、取景器(view finder)、电源(电池)、闪光灯等周知的构成要件,由于它们的说明在本发明的实施方式的理解上无特别需要,因此省略。此外,以上的构成仅为一个例子,在本发明的一个实施方式中,对于除了透镜光学系统11、摄像元件12、信号处理部13以外的构成要件,可适当地组合周知的要件而使用。

[0035] 在说明本发明的实施方式的详情之前,先说明本发明的实施方式的摄像元件12的概略。本发明的实施方式的摄像元件12具备微小分光元件101和包括光电转换元件102的像素。包括光电转换元件102的像素二维状地排列多个而构成像素阵列。此外,微小分光元件101以与包括光电转换元件102的像素对置的方式二维状地排列多个,而构成分光元件阵列。多个像素的每一个设置于与多个分光元件的每一个对应的位置。与分光元件的每一个对应的位置是指,例如包括在从各分光元件占据的区域起,在元件面垂直方向上朝像素阵列降下的投影面内,重合有像素阵列的各像素的状态。

[0036] 在图5的(a)中,作为摄像元件12的一个例子而示意性地表示包括像素阵列和分光元件阵列的摄像元件500的从上表面观察时的构成的一部分;图5的(b)示意性地表示该Vb-Vb截面处的摄像元件500的构成的一部分。分光元件阵列与像素阵列对置。分光元件阵列配置于来自透镜光学系统11的光入射的一侧。在分光元件阵列与像素阵列与之间、及分光元件阵列的透镜光学系统11侧设置有透明层111。在像素阵列的与分光元件阵列相反的一侧设置有电气布线112(未图示)。

[0037] 构成分光元件阵列的各微小分光元件101具有厚度(y轴方向的长度)固定的细微结构图案。更具体而言,各微小分光元件101具有厚度固定、但上表面及下表面的形状根据排列的位置而不同的细微结构图案。细微结构图案的详情将在后文记述。需要说明的是,微小分光元件101也可以为厚度根据位置而厚度不同的细微结构体。此外,对于细微结构图案并无限制,可采用各种排列形态。需要说明的是,本发明的实施方式的摄像元件12可具备微透镜或遮光壁等周知的构成要件,但它们的说明对于本发明的概略的理解无特别需要,因此在图5中予以省略。

[0038] 本实施方式的说明将入射至摄像元件12的光按每一波长区域而分类成第一波长

区域、第二波长区域以及第三波长区域,但并不限于此。需要说明的是,第一至第三波长区域的组合一般为红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色,但并非限于此。例如,波长区域的组合可为红外光的波长区域中的互不相同的多个波长区域的组合,也可以为紫外光的波长区域中的互不相同的多个波长区域的组合。构成本发明的实施方式的分光元件阵列的微小分光元件101的每一个具有下述功能,即:利用由后述的细微结构体引起的相位延迟效果、其结构尺寸依赖性及波长依赖性,根据上述的第一至第三波长区域来改变入射至摄像元件12的光的传播方向,而在像素阵列上将光空间性地分离。即,在本发明的实施方式中,将入射至摄像元件12的光通过各微小分光元件101根据波长区域而分离成第一方向(左)、第二方向(直线前进)、第三方向(右)这三个方向,并入射至多个像素。作为更详细的例子,对微小分光元件101将蓝(B)分离成第一方向(左),将绿(G)分离成第二方向(直线前进),将红(R)分离成第三方向(右)的情况进行说明。蓝(B)波长区域的光作为在x轴方向上扩展宽度较宽的光(波长成分一致的光),入射至与蓝对应的像素(在与绿对应的像素的左侧相邻)(短波长的光的入射角与长波长的光的入射角不同)。红(R)波长区域的光作为在x轴方向上扩展宽度较宽的光(波长成分一致的光),入射至与红对应的像素(于与绿对应的像素的右侧相邻)(短波长的光的入射角与长波长的光的入射角不同)。绿(G)波长区域的光作为在x轴方向上不扩展而宽度较窄的光,入射至设置于与该微小分光元件对应的位置的与绿对应的像素(短波长的光的入射角与长波长的光的入射角大致相等)。

[0039] 此外,当将沿着平面一轴方向(xy平面的x轴方向)相邻的三个微小分光元件101设为一个分光单元时,构成一个分光单元的三个微小分光元件101的分光功能互不相同。具体而言,一个分光单元包括三种微小分光元件。例如,第一种微小分光元件具有使第一波长区域、第二波长区域、第三波长区域的光分别分离成第一方向(左)、第二方向(直线前进)、第三方向(右)的分光功能。第二种微小分光元件具有使第一波长区域、第二波长区域、第三波长区域的光分别分离成第三方向(右)、第一方向(左)、第二方向(直线前进)的分光功能。第三种微小分光元件具有使第一波长区域、第二波长区域、第三波长区域的光分别分离成第二方向(直线前进)、第三方向(右)、第一方向(左)的分光功能。

[0040] 因此,将微小分光元件101与包括光电转换元件102的像素的距离设为被该微小分光元件101分离成第二方向(直线前进)的光、被在该微小分光元件101的右侧相邻的微小分光元件分离成第一方向(左)的光以及被在该微小分光元件101的左侧相邻的微小分光元件分离成第三方向(右)的光入射至该光电转换元件102的距离,由此,位于各个分光单元的正下方的三个像素(光电转换元件102)分别仅接收第一、第二、第三波长区域中任一者的光。当光入射至像素时,光电转换元件102输出与所入射的光的强度相应的电信号(光电转换信号),因此能直接获取与波长区域相应的信号(若为三原色则是彩色信息)。由于以上的微小分光元件101及与微小分光元件101对应的多个像素(光电转换元件102)二维状地配置,因此能在不使用特别的信号处理的情况下同时获取由透镜光学系统形成的物体的光学图像的每一波长区域的信息。

[0041] 关于后述的第一实施方式,将第一至第三波长区域设为R、G、B三原色,通过微小分光元件101按R、G、B的波长区域每一者将入射光空间性地分离成三个方向。即,入射光的大致全部以被分离成R、G、B的波长区域的状态入射至位于分光单元的正下方的三个像素(光电转换元件102)。因此,能在无较大的光损失的情况下从自像素(光电转换元件102)获得的

光电转换信号直接获取彩色信息。

[0042] 此外,关于后述的第二实施方式,将第一至第三波长区域设为R、G、B三原色,微小分光元件101按R、G、B的波长区域每一者将入射光空间性地分离成三个方向。进而,与经分离的光的各波长区域分别对应的减光型带通滤光器(滤色器104)将分离成三个方向的光予以滤光。即,入射光的大致全部被分离成R、G、B的波长区域,且分别以被与波长区域对应的带通滤光器予以滤光的状态入射至位于分光单元的正下方的三个像素(光电转换元件102)。因此,在第二实施方式中,也与第一实施方式同样地,能在无较大的光损失的情况下从自像素(光电转换元件102)获得的光电转换信号直接获取彩色信息,此外通过滤光的效果而色再现性提高。

[0043] 根据本发明的实施方式的摄像元件,通过使用微小分光元件的每一波长区域的光分离,而能在无较大的光损失的情况下获取物体的光学图像的每一波长区域的信息。即,若将第一至第三波长区域设为R、G、B三原色,则可获取彩色图像。此外,由于能直接获取每一波长区域的信息,且无需使用基于信号处理的色重建,因此没有在非专利文献1及2中公开的技术中的问题即因色重建所致的图像劣化的顾虑。因此,能使由微小分光元件实现的光利用效率提高的益处直接体现于摄像灵敏度提高上,与仅使用滤色器的以往的摄像元件相比,能提高彩色摄像的灵敏度。此外,通过并用微小分光元件与滤色器,与仅使用滤色器的以往的摄像元件相比,也能维持较高的光利用效率,且提高色再现性。进而,本发明的摄像元件无需变更通常被采用的微透镜形状或像素形状,因此具有下述优点:与现有的制作工艺或摄像系统匹配性高,只要将构成以往的摄像元件的滤色器置换为微小分光元件就能获得效果。

[0044] 以下,一边参照附图一边对本发明的实施方式更详细地进行说明。

[0045] (第一实施方式)

[0046] 以下,对于本实施方式的摄像元件的构成的概略进行说明。在本实施方式中,示出将入射光就3波长区域每一者(R、G、B)分光的形态,但被分光的波长区域的数量或各波长区域的波长并不限于于此。例如,三个波长区域中的至少一者可为三原色以外的波长的光(例如红外光或紫外光)。此外,在本实施方式中,示出分光元件阵列及像素阵列的分光元件及像素分别为二维排列的形态,但分光元件及像素也可以分别为一维排列的形态。

[0047] 在图6的(a)中,作为摄像元件12的例子,示意性地表示包括像素阵列和分光元件阵列的摄像元件600的从上表面观察时的构成的一部分,图6的(b)表示该VIb-VIb截面处的摄像元件600的构成的一部分。摄像元件600在包括光电转换元件102的像素以成为阵列状的方式排列的二维像素阵列上,层叠有包括SiO₂等的低折射率的透明层111、及多个微透镜103。在低折射率的透明层111的内部埋入有微小分光元件101。

[0048] 微小分光元件101包括多个细微结构体,该多个细微结构体由具有比透明层111的折射率高的折射率的SiN或TiO₂等材料形成。多个细微结构体形成为具有细微结构图案。为了便于说明,以下的说明中,设定以二维像素阵列(光电转换元件102的阵列)的法线方向为z轴、与二维像素阵列平行的水平方向为x轴、以垂直于与二维像素阵列平行的x轴的方向为y轴的xyz正交坐标系。

[0049] 如图6的(a)和(b)所示,微透镜103、微小分光元件101及像素(光电转换元件102)在xy平面上以相同的周期配置成网格状,而分别形成阵列。在各微透镜103的正下方配置有

一个微小分光元件101和一个像素(光电转换元件102)。微小分光元件阵列包括微小分光元件101,该微小分光元件101将入射光按三个波长区域每一者(R、G、B),在平面上沿着与x轴平行的方向,分别空间性地分离成三个方向(左、直线前进、右)。此外,若将沿着x轴相邻的三个微小分光元件101设为一个分光单元(图6的(a)中以虚线的矩形表示),则微小分光元件阵列可视为分光单元网格状地形成阵列。构成分光单元的三个微小分光元件101的分配给三个波长区域每一者的三个方向的组合各不相同。具体而言,分光单元具有三种微小分光元件,该三种微小分光元件包括:具有使R的光(以实线表示)、G的光(以虚线表示)、B的光(以单点划线表示)分别分离成左、直线前进、右的分光功能的元件;具有使R的光、G的光、B的光分别分离成右、左、直线前进的分光功能的元件;以及具有使R的光、G的光、B的光分别分离成直线前进、右、左的分光功能的元件。

[0050] 需要说明的是,在上述的说明中,作为一个例子,对于正方形的像素(光电转换元件102)排列成正交网格状的二维像素阵列的情况进行了说明,但像素的排列、形状、大小等并不限于该图的示例。此外,虽然在图6的(b)中已省略,但可在二维像素阵列与微小分光元件阵列之间具备结构体,该结构体具有通过作为内部微透镜而动作、以将来自微小分光元件101的光朝像素内的光电转换元件102引导的方式作用的包括SiN或TiO₂等的折射率比透明层高的凹凸结构而实现的聚光功能。该结构体也可以是折射率比透明层高的一块板。图6的(a)及(b)所示的结构可通过半导体制造技术来制作。

[0051] 需要说明的是,图6的(a)及(b)所示的摄像元件600具有光从形成有电气布线112的布线层的相反侧入射的背面照射型的结构,但在本实施方式中,并不限于这样的结构,例如也可以具有从布线层的侧接收光的正面照射型的结构。

[0052] 以下,对于本实施方式的摄像元件600的各构成要件的作用进行说明。

[0053] 入射至摄像元件600的白色的光,首先被微透镜阵列聚光,大致全部的光穿过与各微透镜103对应的微小分光元件101。通过各微小分光元件101,将光按三个波长区域每一者空间性地分离成三个方向,并被位于各微小分光元件101的正下方的三个像素(光电转换元件102)分别接收。由于根据分光单元的构成,位于微小分光元件阵列的正下方的像素阵列的各像素入射有R、G、B中任一者的波长范围的光,因此各像素对应R、G、B中任一者的彩色信息的检测。最后,通过各像素内的光电转换元件102来进行光电转换,作为包括彩色信息的图像信号而输出。

[0054] 需要说明的是,在像素阵列与微小分光元件之间,可具备具有通过作为内部微透镜而动作的包括SiN或TiO₂等的折射率比透明层高的凹凸结构而实现的聚光功能的结构体、或具有通过包括SiN或TiO₂等的折射率比透明层高的一块板而实现的聚光功能的结构体,但由于后述的微小分光元件101可通过所形成的相位延迟分布而具有透镜功能,因此也可以省略内部微透镜。

[0055] 以下,对于本实施方式的微小分光元件101进行说明。如上所述,微小分光元件101将入射光按三个波长区域每一者(R、G、B)沿着三个方向空间性地分离,为此,需要对透过一个微小分光元件101的光赋予按每一波长区域而不同的相位延迟分布,而使光波面变化。

[0056] 图7的(a)表示实现将入射光按三个波长区域每一者(R、G、B)沿着三个方向空间性地分离的分光特性的相位延迟分布的一个例子。此处,图7的(a)所示的相位延迟分布中,与第一波长区域(R)对应的波长的相位延迟分布沿着在x轴方向上相位量以一个微小分光元

件的量的距离从0至 -2π 线性减少的直线上,与第二波长区域(G)对应的波长的相位延迟分布无空间性的变化,与第三波长区域(B)对应的波长的相位延迟分布沿着在x轴方向上相位量以一个微小分光元件的量的距离从0至 $+2\pi$ 线性增加的直线上。在该情况下,透过微小分光元件101的光中,可将R朝第一方向(左),将G朝第二方向(直线前进),将B朝第三方向(右)分别高效率地传播。需要说明的是,上述的说明为一个例子,也可以根据相位延迟分布来而自由地变更波长区域与传播方向的组合。

[0057] 因此,此处,若赋予如图7的(b)所示的相位分布,即下述相位延迟分布:与第二波长区域(G)对应的波长的相位延迟分布沿着在x轴方向上相位量以一个微小分光元件的量的距离从0至 -2π 线性减少的直线上,与第三波长区域(B)对应的波长的相位延迟分布无空间性的变化,与第一波长区域(R)对应的波长的相位延迟分布沿着在x轴方向上相位量以一个微小分光元件的量的距离从0至 $+2\pi$ 线性增加的直线上,则可将R朝右方向、将G朝左方向、将B朝直线前进方向分别高效率地传播。

[0058] 此外,此处,若赋予如图7的(c)所示的相位延迟分布,即下述相位分布:与第三波长区域(B)对应的波长的相位延迟分布沿着在x轴方向上相位量以一个微小分光元件的量的距离从0至 -2π 线性减少的直线上,与第一波长区域(R)对应的波长的相位延迟分布无空间性的变化,与第二波长区域(G)对应的波长的相位延迟分布沿着在x轴方向上相位量以一个微小分光元件的量的距离从0至 $+2\pi$ 线性增加的直线上,则可将R朝直线前进方向、将G朝右方向、将B朝左方向分别高效率地传播。

[0059] 如以上的相位延迟分布可如后述那样通过适当地设计细微结构体的材料、数量、形状、大小、图案等来实现。即,本实施方式的微小分光元件101将细微结构体配置于二维平面上,对于入射光赋予根据波长区域而不同的光波面,而将色成分空间性地分离。

[0060] 图8的(a)表示构成本实施方式的微小分光元件101的细微结构体的一个例子的顶面,图8的(b)表示细微结构体的侧视图。作为细微结构体的一个例子的柱状结构体121,包括具有比透明层111的折射率 n_0 高的折射率 n_1 的SiN或TiO₂等的材料,并将结构的厚度h设为固定。此外,柱状结构体121的底面及顶面为正方形。该柱状结构体121可作为根据透明层111与柱状结构体121之间的折射率差而将光封闭于结构内并传播的光波导来考虑。因此,自顶面侧入射的光被较强地封闭于柱状结构体121内且进行传播,接受由光波导的实效性的折射率 n_{eff} 决定的相位延迟效果,从底面侧输出。具体而言,在将在透明层111中传播结构的厚度的量的长度的光的相位设为基准时,柱状结构体121的相位延迟量 ϕ 在将光在真空中的波长设为 λ 时,以式(1)表示。

$$[0061] \quad \phi = (n_{\text{eff}} - n_0) \times 2\pi h / \lambda \cdot \cdot \cdot (1)$$

[0062] 由于该相位延迟量 ϕ 根据光的波长 λ 而不同,因此在同一柱状结构体121中,能对光根据波长区域(色成分)赋予不同的相位延迟量。进而,已知 n_{eff} 为柱状结构体121的宽度w的函数,获取 $n_0 < n_{\text{eff}} < n_1$ 的值。因此,在图8的(a)和(b)所示的示例中,能通过使柱状结构体121的宽度w变化来设定与光的波长 λ 相应的相位延迟量的各种各样的组合。此外,由于柱状结构体121的底面和顶面为正方形,因此即使在使入射光的偏光(偏波)方向变化的情况下,包括相位延迟效果的光学特性也无变化。

[0063] 以适合于参照图7的(a)~(c)而上述的相位延迟分布的方式,将如以上的柱状结构体121根据位置来分别设定柱状结构体的宽度w,并且在二维平面上配置多个,由此能实

现本实施方式的微小分光元件101。此外,在上述的各柱状结构体121的配置中,为了防止产生起因于周期性的结构的不需要的衍射光,理想的是以光的波长以下的间隔 p 配置多个柱状结构体121。需要说明的是,为了使光有效地偏转而相位延迟分布适宜于从0变化至 $\pm 2\pi$ 的分布,因此在各个波长范围中,柱状结构体121的相位延迟量的可变范围优选的是具有 2π 以上。因此,根据式(1),若将分离的波长范围的最长波长侧的波长范围的所期望的中心波长设为 λ_r ,则结构的厚度 h 理想的是设定为 $h = \lambda_r / (n_1 - n_0)$ 以上。在上述的示例中,对于柱状结构体121的底面和顶面为正方形的情况进行了说明,但并不限于该形状。即,若为包括以面的中心为对称轴四重旋转对称的形状面,则不产生分光功能对偏光的依赖性,且不会丧失带来相位延迟效果的作为光波导的动作。因此,理想的是采用正方形、中空正方形、圆形、中空圆形、十字形状等具有成为四重旋转对称的面的柱状结构体。

[0064] 对本实施方式的微小分光元件101的更详细的一个例子进行说明。

[0065] 图9的(a)、(d)及(g)表示本实施方式的微小分光元件101的一个例子的俯视图,图9的(b)、(e)及(h)表示与图9的(a)、(d)及(g)对应的微小分光元件101的一个例子的侧视图,图9的(c)、(f)及(i)表示与图9的(a)、(d)及(g)对应的各微小分光元件101对于三个波长($\lambda_1 = 430\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 520\text{nm}$ 、 $\lambda_3 = 635\text{nm}$)的相位延迟分布(线)和理想的相位延迟分布(线)。如图所示,在x轴方向上排列有具有互不相同的宽度且厚度固定的三个柱状结构体(具有根据配置位置而顶面及底面的宽度不同的形状的细微结构图案的柱状结构体),在y轴方向上排列有具有同一宽度且厚度固定的三个柱状结构体,它们构成一个微小分光元件101。需要说明的是,构成柱状结构体121的材料为SiN($n_1 = 2.03$)。此外,构成柱状结构体121的上方的透明层111的材料为SiO₂($n_0 = 1.45$),构成柱状结构体121间的透明层和柱状结构体121的下方(与透明层111相反的一侧)的透明层的材料为空气($n_0 = 1.0$)。也可以是在单个透明层中埋入柱状结构体121的形态,来代替折射率不同的两种透明层。此外,此处以将柱状结构体排列三个的示例进行了说明,但只要排列多个即可,也可以不为三个。

[0066] 图9的(a)、(d)、(g)的柱状结构体121表示底面和顶面为正方形的例子。全部的柱状结构体121的厚度 h 为1250nm,x轴及y轴方向上的各结构体的间隔 p 为400nm。因此,一个元件的面积为 $1.2\mu\text{m} \times 1.2\mu\text{m}$ 。基于以上的条件,通过以适合于理想的相位延迟分布的方式、根据位置而分别设定三个柱状结构体121-1、121-2、121-3的宽度 w_1 、 w_2 、 w_3 ,能实现具有使R、G、B的光分别分离成左、直线前进、右的分光功能的元件(“RGB”(图9的(a)))、具有使R、G、B的光分别分离成右、左、直线前进的分光功能的元件(“GBR”(图9的(d)))以及具有使R、G、B的光分别分离成直线前进、右、左的分光功能的元件(“BRG”(图9的(g)))等三种微小分光元件。如此,即使如图7的(a)、(b)、(c)那样相位延迟分布的位置 x 的值不为0,但只要以细微结构体间的位置关系与每一波长的相位延迟量直线状排列的方式分别设计宽度 w_1 、 w_2 、 w_3 等即可。

[0067] 图10的(a)、(c)、(e)表示从与图9的(b)、(e)、(h)分别对应的三种微小分光元件101的顶面入射的平行光被分离成右(+1st)、左(-1st)、直线前进(0th)并传播的情形。此外,图10的(b)、(d)、(f)表示图10的(a)、(c)、(e)的微小分光元件的分光功能的效率(分离成三个方向(-1st、0th、+1st)并传播的效率(各传播方向的光强度与入射光的光强度之比))的波长依赖性(基于严格耦合波理论的计算结果)。需要说明的是,在计算时,假定上述的微小分光元件101在x轴及y轴方向上以 P 的间隔($P = 3p$)排列,但经确认与单体的微小分

光元件101的光学功能几乎毫无差异。此外,三个方向的每一个的偏转角 θ_{-1st} 、 θ_{0th} 、 θ_{+1st} 是基于光的衍射,当将光的波长设为 λ 时,关于左(-1st)设为 $\sin\theta_{-1st}=\lambda/P$,关于直线前进(0th)设为 $\theta_{0th}=0$,关于右(+1st)设为 $\sin\theta_{+1st}=\lambda/P$ 。

[0068] 图10的(b)、(d)、(f)所示的特性相当于以往的摄像元件的滤色器的分光特性。如图10的(b)可知,图10的(a)所示的微小分光元件(“RGB”的元件)的左(-1st)的方向上的效率在600nm以上的红色波长范围中形成波峰,直线前进(0th)的方向上的效率在500nm至600nm的绿色波长范围中形成波峰,右(+1st)的方向上的效率在500nm以下的蓝色波长范围中形成波峰。同样地,如图10的(d)可知,图10的(c)所示的微小分光元件(“GBR”的元件)的左(-1st)的方向上的效率在500nm至600nm的绿色波长范围中形成波峰,直线前进(0th)的方向上的效率在500nm以下的蓝色波长范围中形成波峰,右(+1st)的方向上的效率在600nm以上的红色波长范围中形成波峰。此外,如图10的(f)可知,图10的(e)所示的微小分光元件(“BRG”的元件)的左(-1st)的方向上的效率在500nm以下的蓝色波长范围中形成波峰,直线前进(0th)的方向上的效率在600nm以上的红色波长范围中形成波峰,左(-1st)的方向上的效率在500nm至600nm的绿色波长范围中形成波峰。此外,示出了效率为40%至80%的良好分光性能,并且确认了在特性上无较大的偏振依赖性。需要说明的是,光的总透过率为80%以上,几乎不产生因散射或反射所致的光损失。根据以上内容,可知通过使用本实施方式的微小分光元件,能高效率地将色成分空间性地分离。进而,在上述的示例中,单体的微小分光元件的大小为 $1.2\mu\text{m}\times 1.2\mu\text{m}$,与普通的CMOS传感器的最小像素大小相同。因此,能形成与具有现状的最小级的像素大小的像素阵列对应的微小分光元件。需要说明的是,也可以根据柱状结构体121的大小、数量、或排列图案来形成不同大小的微小分光元件101。

[0069] 此外,本实施方式的微小分光元件101并不限于上述的柱状结构体121,可使用各种形态的细微结构。例如,如在非专利文献3中公开的、具有被计算器优化的结构图案且厚度固定的细微结构体,可以与上述的原理同样的原理按每一波长区域形成相位延迟分布,而能将色成分空间性地分离。进而,根据式(1),除了使结构宽度 w 以外还使结构的厚度 h 变化,由此可设定与光的波长 λ 相应的相位延迟量的更多样的组合。因此,以适合于上述的相位延迟分布的方式,根据细微结构体所配置的位置来分别设定细微结构体的宽度 w 和厚度 h ,即使在二维平面上配置多个,也能实现本实施方式的微小分光元件。

[0070] 具有上述分光功能的微小分光元件101可通过周知的半导体制造技术,通过执行薄膜沉积和图案化来制作。

[0071] 如以上所述,能通过适当地设计构成微小分光元件的结构体的材料、数量、形状、大小、图案等来赋予所期望的分光特性。其结果是,如上所述,能使所期望的波长区域的光分离并入射至各个像素,从而能从自各像素内的光电转换元件输出的光电转换信号直接获取与波长区域对应的信号。此外,若构成微小分光元件的材料为低损失,则几乎不产生光损失,因此与使用以往技术的滤光器的摄像元件相比,能使到达像素阵列的光的总量飞跃性增加,并且能提高彩色摄像的灵敏度。需要说明的是,即使各微小分光元件的分光性能与上述的理想的性能稍许不同,但也能根据性能的差异的程度,对所获取的信号进行校正/运算而获得良好的色信息。

[0072] 需要说明的是,在由微小分光元件对色成分进行分离后,为了将像素阵列上的像素间的光串扰设为最小,理想的是分离后的各光入射至各像素的中心附近。因此,当将被微

小分光元件偏转的光的传播方向与像素阵列的法线方向的角度设为 θ ，将像素阵列的周期设为 P 时，微小分光元件的输出端与光电转换元件的间隔优选为 $P/\tan\theta$ 的附近。

[0073] 以下，对于本实施方式的摄像元件的微小光学元件和像素的配置进行说明。

[0074] 在图6的(a)和(b)所示的一个例子中，沿着x轴方向配置的微小分光元件101的列，在x轴方向上不偏移的情况下沿着y轴方向重复配置，其结果为微小分光元件的图案沿着y轴方向连续地配置。在该情况下，在x轴方向上，在各微小分光元件的正下方与直线前进(0th)的色成分对应的三个像素(光电转换元件102)从左起依照R、G、B的顺序排列，并重复该排列而配置。

[0075] 图11的(a)~(c)是示意性地表示与上述的色成分对应的像素(光电转换元件102)的配置的图。需要说明的是， D_R 表示与R对应的像素， D_G 表示与G对应的像素， D_B 表示与B对应的像素。在该情况下，当将在x轴方向上相邻的三个像素设为一个彩色像素单元时，图11的(a)中所示的彩色像素单元 u_1 和相对于彩色像素单元 u_1 在x轴方向上偏移单个像素的彩色像素单元 u_2 中的任一者都必定每一个包括一个与R、G、B对应的像素。即，若一边将彩色像素单元于xy平面内各偏移单个像素，一边获取彩色信息，则可大致以像素数的量获得R、G及B三色的信息。该情况是指可将摄像元件的分辨率提高至像素数的程度。因此，本实施方式的摄像元件12除了为高灵敏度以外，还能以单个像素大小的高分辨率生成彩色信息。

[0076] 实现如上述的单个像素大小的分辨率的微小光学元件和像素的配置并不限定于图11的(a)，而可进行各种变更。图11的(b)和图11的(c)表示另外的示例，沿着x轴方向构成的微小分光元件101和彩色像素单元的列在图11的(b)中以1像素大小的量、在图11的(c)中以2像素大小的量在x轴方向上偏移且依次配置于y轴方向上。这样的配置也能与图11的(a)同样地以单个像素大小的分辨率生成彩色信息。

[0077] 图12的(a)~(c)表示不同于图11的(a)~(c)的另外的配置的示例，为按每一列而与R对应的像素 D_R 、与G对应的像素 D_G 、与B对应的像素 D_B 的顺序左右反转的构成，关于在x轴方向上的偏移分别与上述的图11的(a)~(c)同样。在该情况下，也能与图11的(a)同样地以单个像素大小的分辨率生成彩色信息。需要说明的是，对于进行像素 D_R 、像素 D_G 、像素 D_B 的顺序的左右反转，只要使用将上述的微小分光元件101的柱状结构体121的图案左右反转的图案即可。此外，将成为像素单元的基准的顺序设为BRG，与图12的(a)~(c)同样地按每一列而三个像素 D_B 、 D_R 、 D_G 的顺序左右反转及在x轴方向偏移的构成，也能生成同样的彩色信息。同样地，将成为像素单元的基准的顺序设为GBR，与图12的(a)~(c)同样地按每一列而三个像素的顺序左右反转及在x轴方向上偏移的构成，也能生成同样的彩色信息。

[0078] (第二实施方式)

[0079] 接着，对于本发明的第二实施方式的摄像元件的构成的概略进行说明。

[0080] 在图13中，作为摄像元件12的例子，示出了本实施方式发明的摄像元件700的截面的概略的一部分。如图13可明确，本实施方式的摄像元件700与第一实施方式的摄像元件600(图6的(b))相比，在与色成分对应的像素(光电转换元件102)的上方配置与各色成分分别对应的滤色器104的点上不同。需要说明的是，其他的构成要件相同。以下，以与第一实施方式的摄像元件600的不同点为中心进行说明，对于重复的点省略说明。

[0081] 如图13所示，入射光在被微小分光元件101色分离之后，在像素的正上方被滤色器104滤光。在该情况下，由于在色分离后光透过滤色器104，因此光损失少，与以往技术的仅

滤色器的构成相比,光利用效率提高,另一方面,由于需要透过两个元件(微小分光元件101和滤色器104),因此与第一实施方式的摄像元件600相比光利用效率降低。此外,由于对于入射光反映合并施加微小分光元件101的分光特性与滤色器104的滤光特性的透过特性,因此到达各像素的光为不需要的色成分已进一步排除的状态。因此,与仅滤色器的构成的彩色摄像元件100(图1)和第一实施方式的摄像元件600相比,色再现性大幅提高。即,可谓光利用率与色再现性的平衡性良好的构成。

[0082] 以上,在本实施方式的摄像元件700的构成中,能高灵敏度地获取彩色信息。进而,具有通过与滤色器104的并用而实现的滤光效果来提高色再现性的优点。本实施方式除了上述内容以外与第一实施方式同样,具有与在第一实施方式中所说明的效果同样的效果,此外,可进行同样的变更。

[0083] 上述各种实施方式及其变化例仅为本发明的优选的具体例,本发明并不限于此,而可进行各种变更。

[0084] 在上述的实施方式中,示出了假定SiN或TiO₂作为微小分光元件101的材料示例,但本发明并非限于此。例如,当在光的波长为380~1000nm的范围的可见光~近红外光区域使用摄像元件12的情况下,对于微小分光元件101的材料,适宜折射率高、且吸收损失少的SiN、SiC、TiO₂、GaN等材料。此外,对于波长为800~1000nm的范围的近红外光,作为针对这些光低损失的材料,适宜Si、SiC、SiN、TiO₂、GaAs、GaN等材料。进而,在长波长频带的近红外区域(通信波长为1.3μm或1.55μm等)中,除了上述材料以外,也可以使用InP等。进而,在进行贴附、涂布而形成微小分光元件101的情况下,作为材料可举出氟化聚酰亚胺等聚酰亚胺、BCB(苯并环丁烯)、光固化性树脂、UV环氧树脂、PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯)等丙烯酸树脂、所有抗蚀剂等聚合物等。

[0085] 同样地,在上述的各种实施方式及其变化例中,示出了假定SiO₂及空气作为透明层111的材料示例,但本发明并非限于此。只要是一般的玻璃材料、SiO₂、空气等,折射率比微小分光元件101的材料折射率低并且对于入射光的波长低损失的材料即可,也可以是任意材料。此外,透明层也可以具有包括多种材料的层叠结构。

[0086] 在上述的各种实施方式及其变化例中,对于作为微小分光元件101所对应的三个波长范围的光为红、绿、蓝三原色的光的情况进行了说明,但三个波长范围中的至少一个也可以为三原色以外的波长的光(例如红外光或紫外光)。例如,在构成与红、绿二原色对应的微小分光元件101的情况下,使用参照图10的(a)~(c)而说明的将三种微小分光元件101的柱状结构体的细微结构图案进行设计变更而制成的两种微小分光元件即可。例如,两种微小分光元件使用具有将R、G的光分别分离成左、直线前进的分光功能的元件以及具有使G、R的光分别分离成左、直线前进的分光功能的元件即可。此时,在这些元件的下方,与红对应的像素D_R和与绿对应的像素D_G这两个像素作为在x轴方向上相邻的一个彩色像素单元而排列成二维阵列状。同样地,两种微小分光元件也可以使用具有使G、B的光分别分离成左、直线前进的分光功能的元件以及具有使B、G的光分别分离成左、直线前进的分光功能的元件这两种微小分光元件。此时,在这些元件的下方,与绿对应的像素D_G和与蓝对应的像素D_B这两个像素作为在x轴方向上相邻的一个彩色像素单元而排列成二维阵列状。或者,两种微小分光元件也可以使用具有使B、R的光分别分离成左、直线前进的分光功能的元件以及具有使R、B的光分别分离成左、直线前进的分光功能的元件这两种微小分光元件。此时,在这些

元件的下方,与蓝对应的像素 D_B 和与红对应的像素 D_R 这两个像素可作为在x轴方向上相邻的一个彩色像素单元而排列成二维阵列状。

[0087] 以上,基于具体实施方式对本发明进行了说明,但本发明并不限于上述的实施方式,当然可以在不脱离其主旨的范围内进行各种变更。

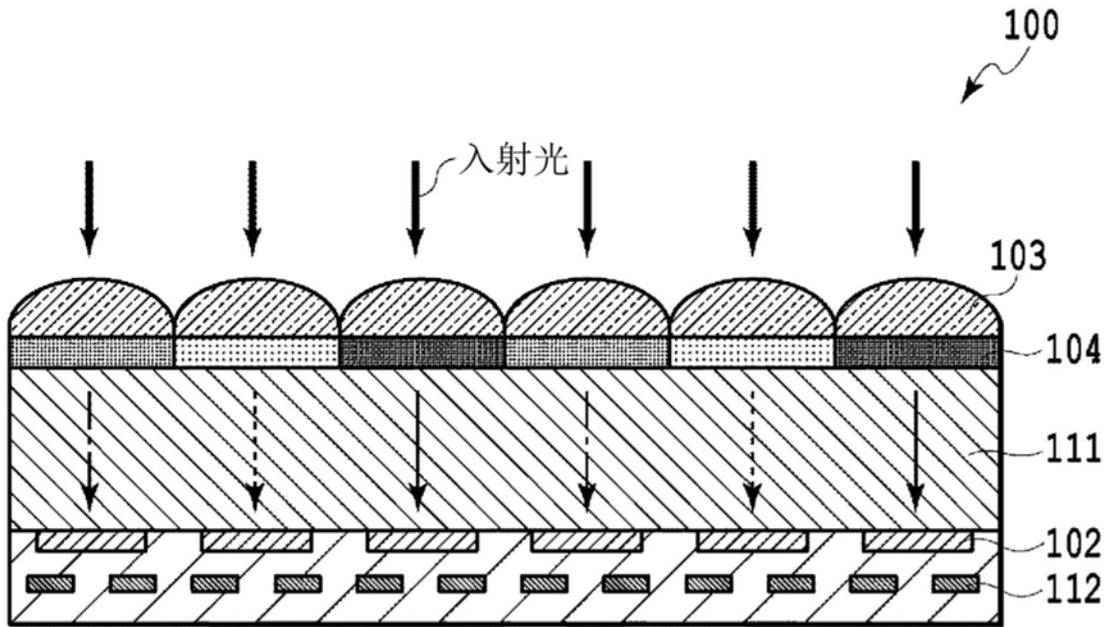


图1

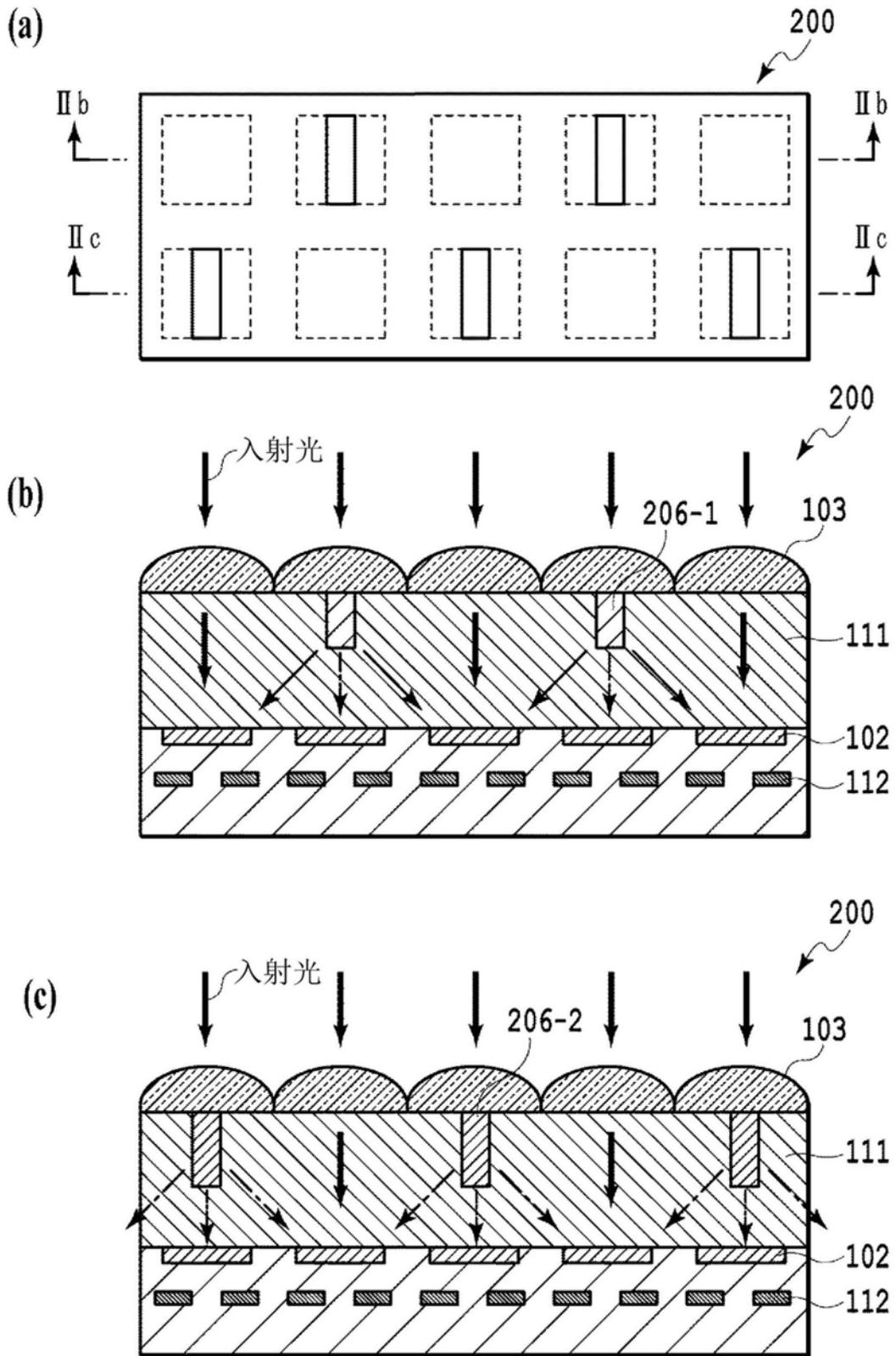


图2

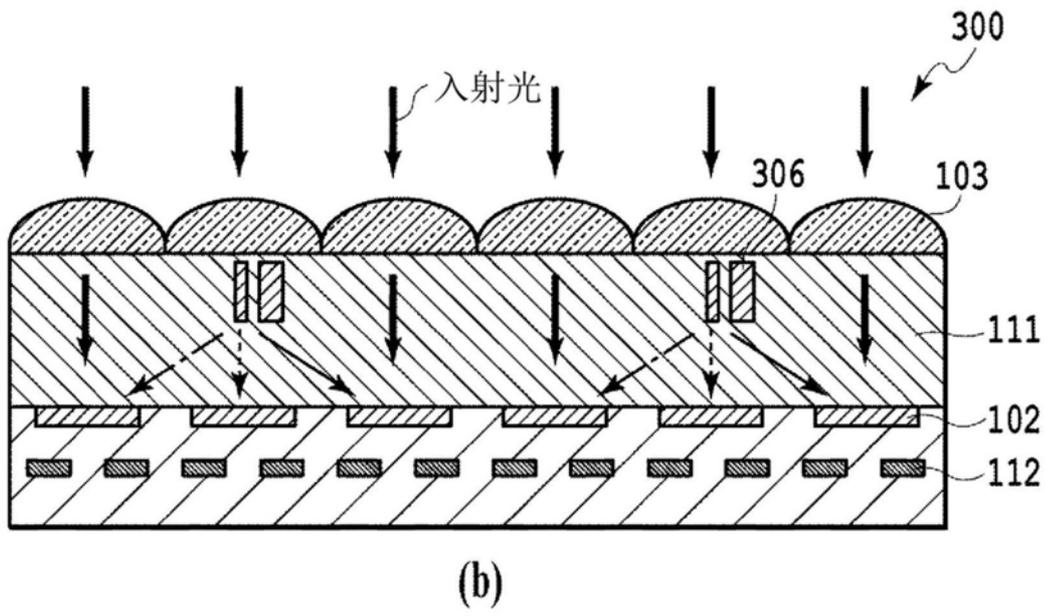
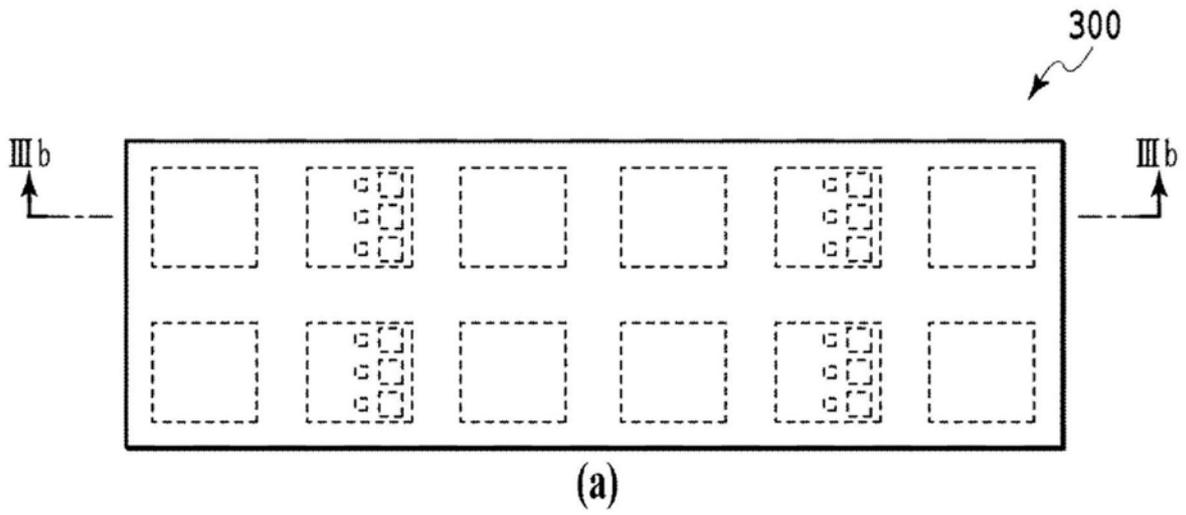


图3

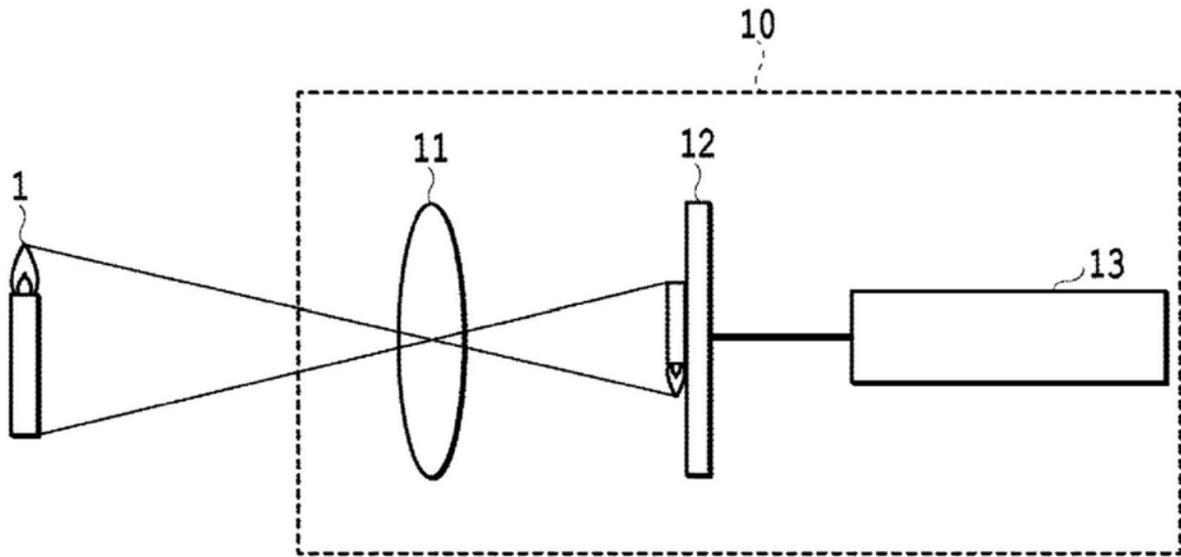


图4

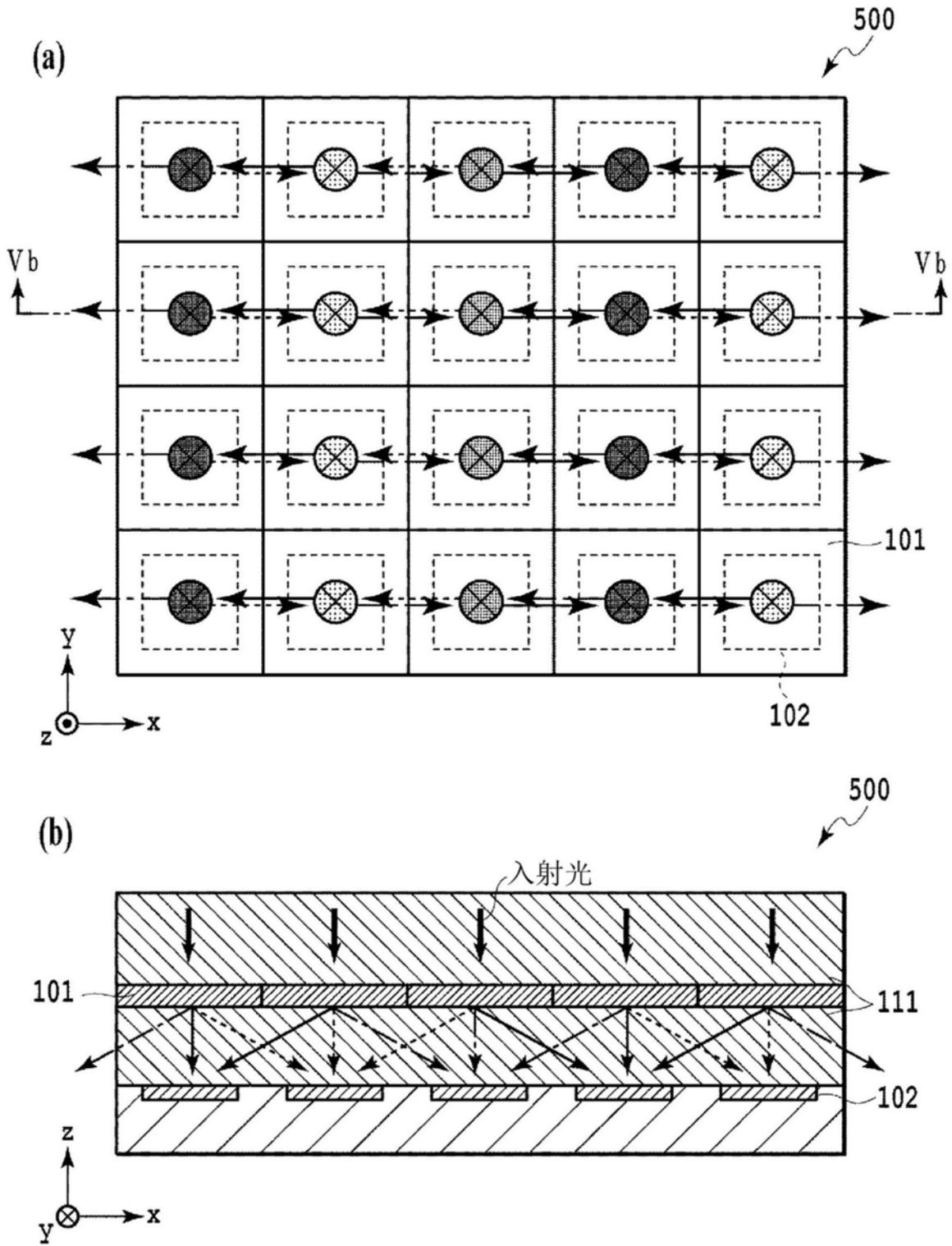


图5

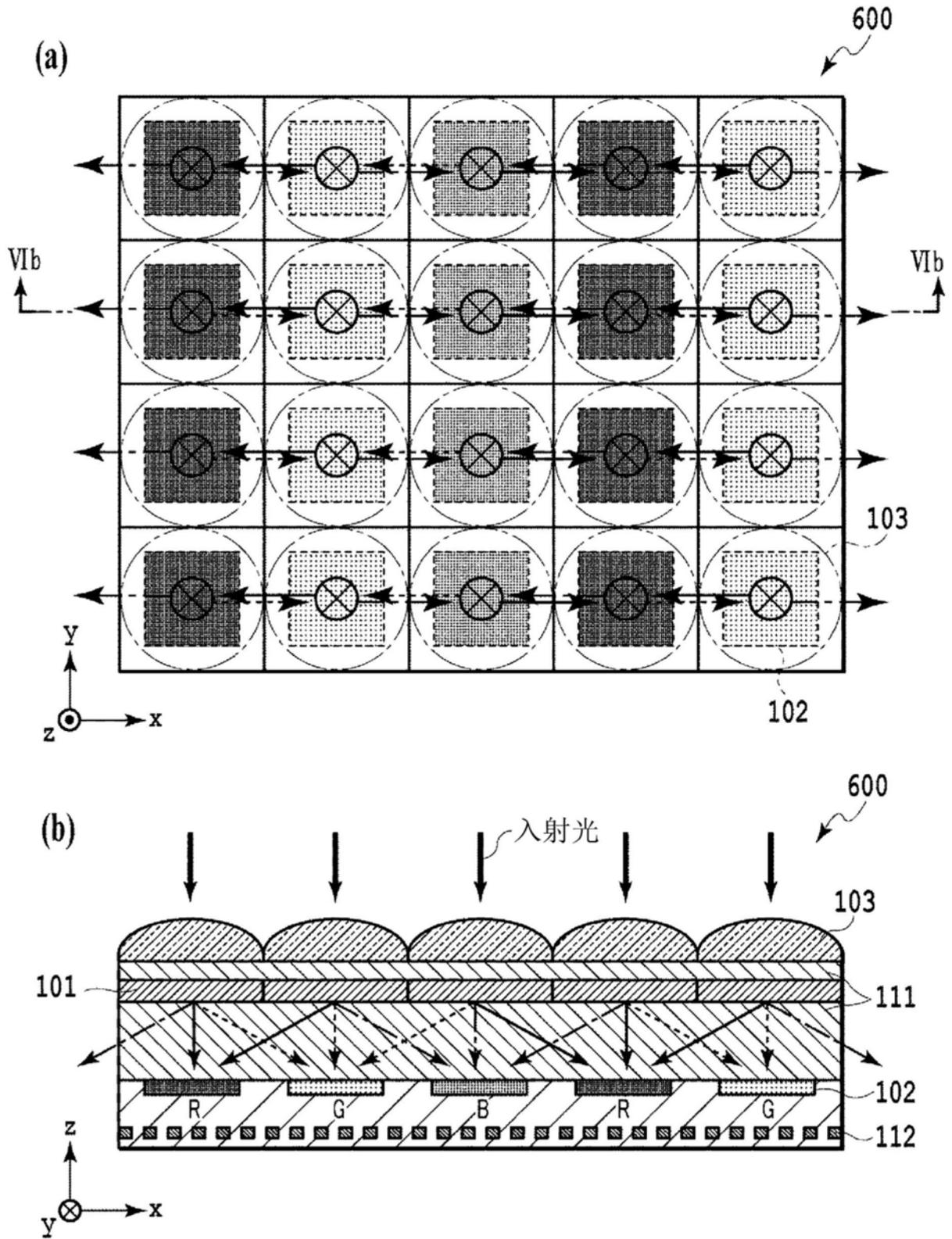


图6

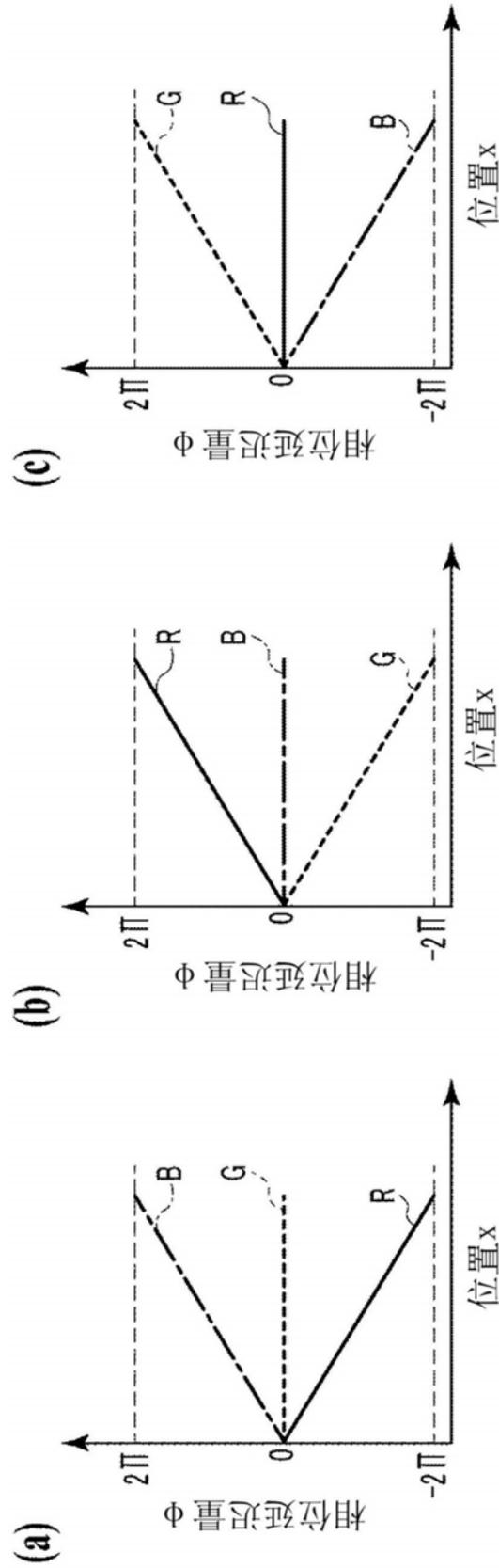


图7

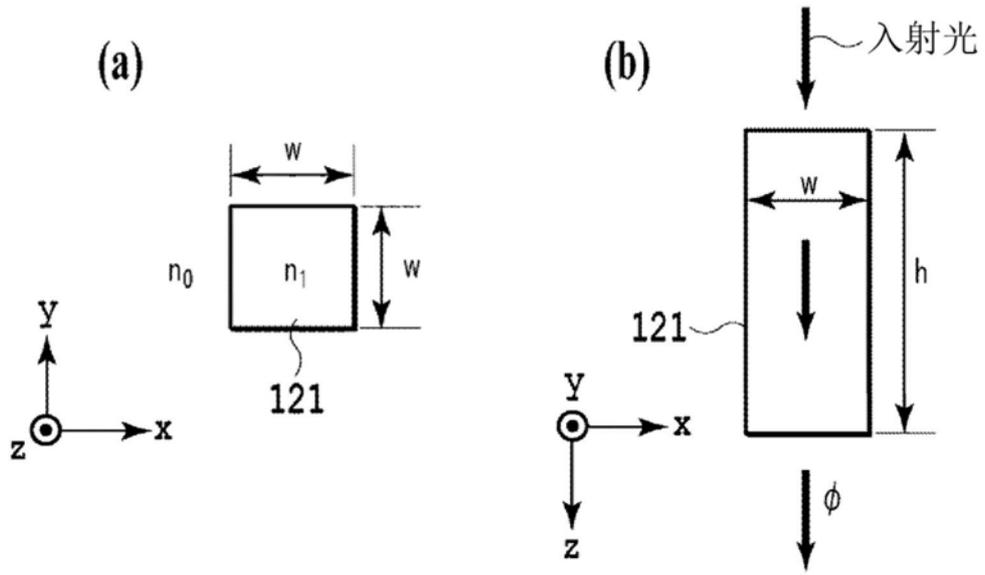


图8

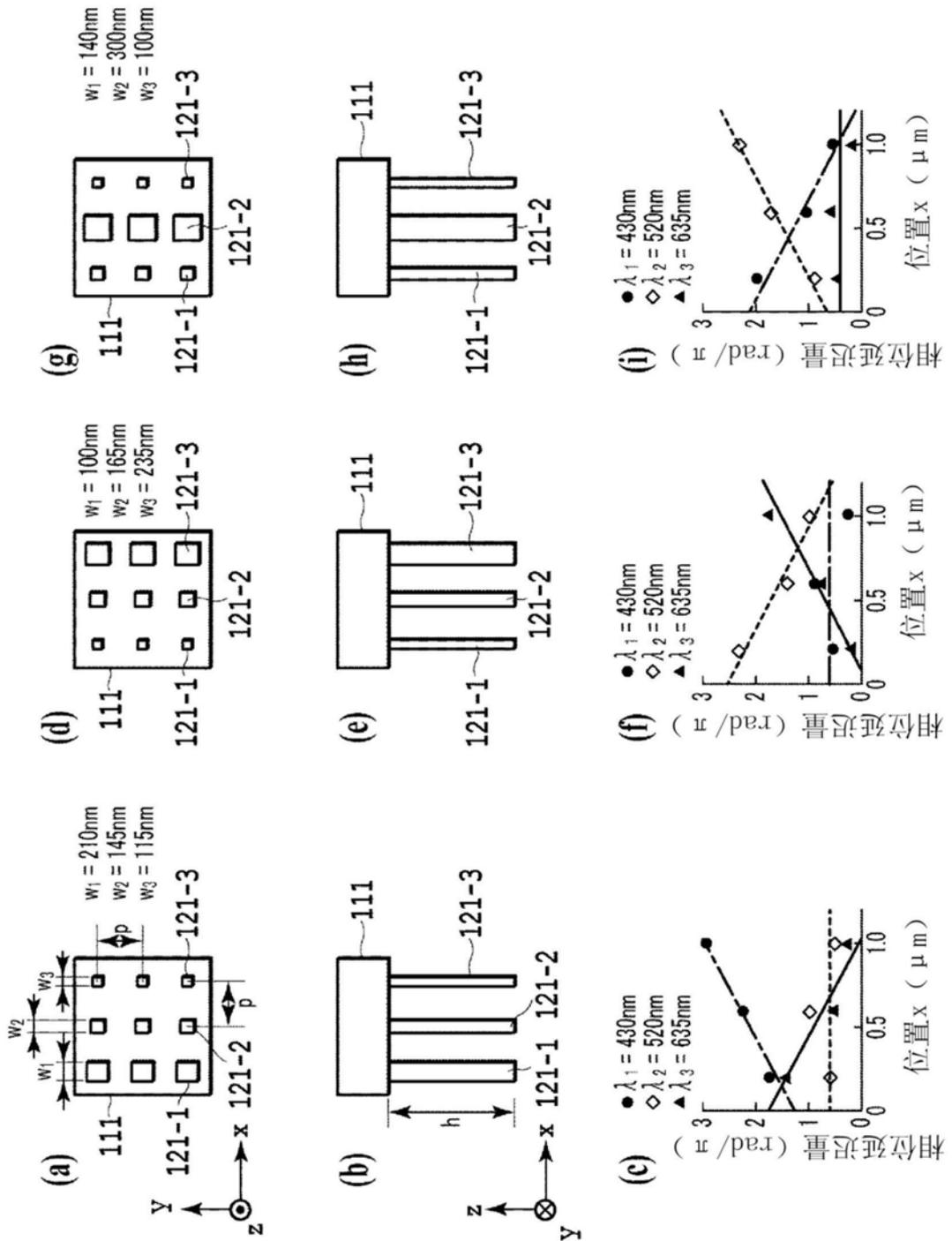


图9

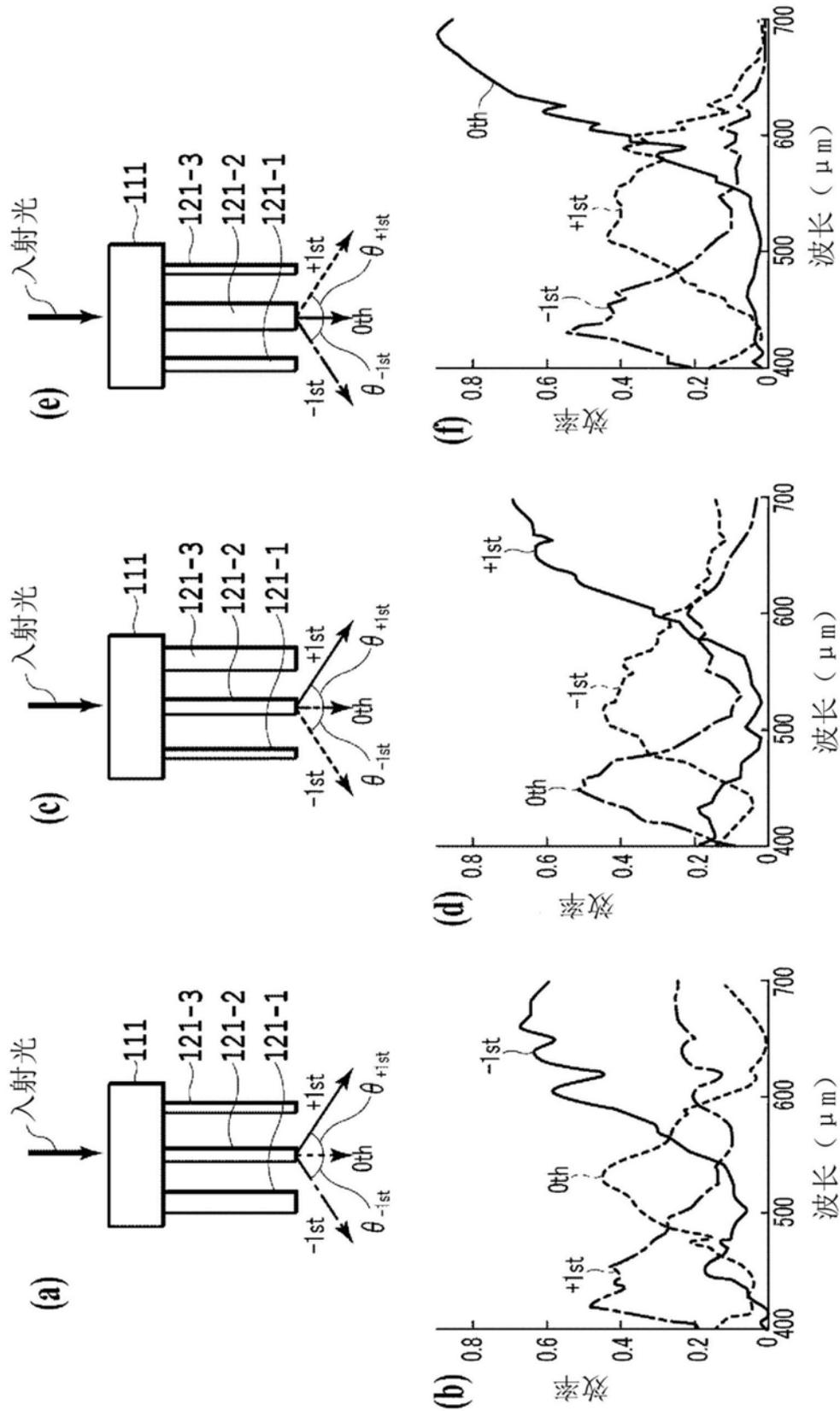


图10

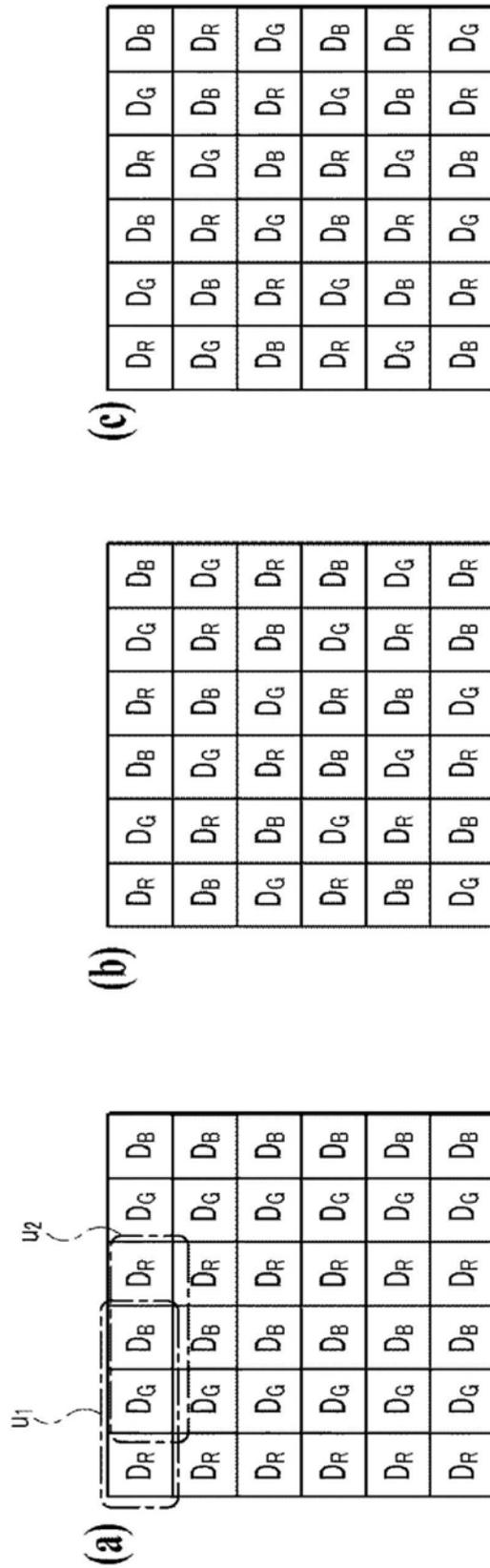


图11

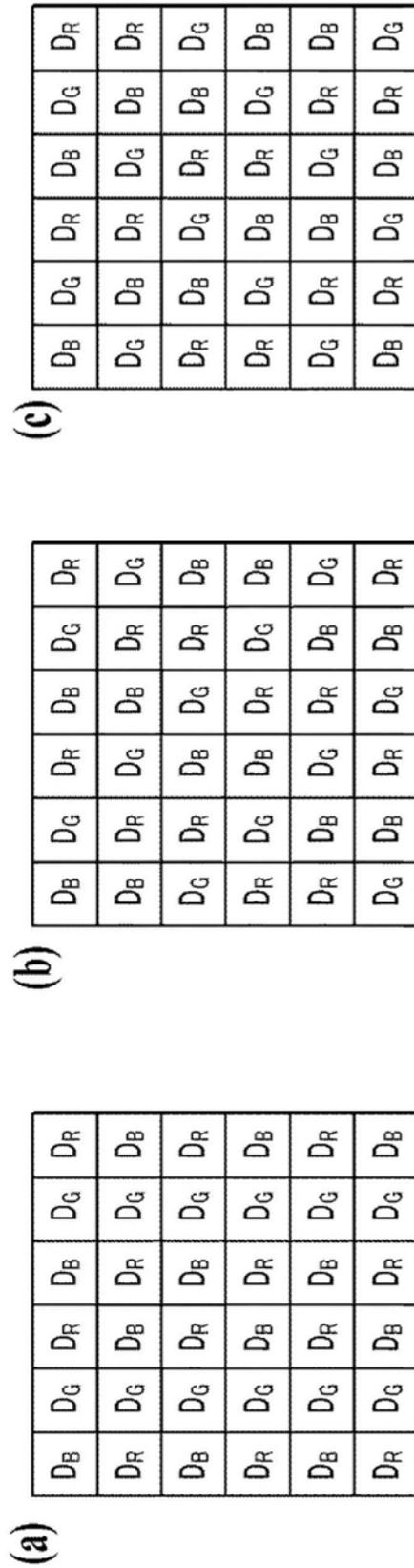


图12

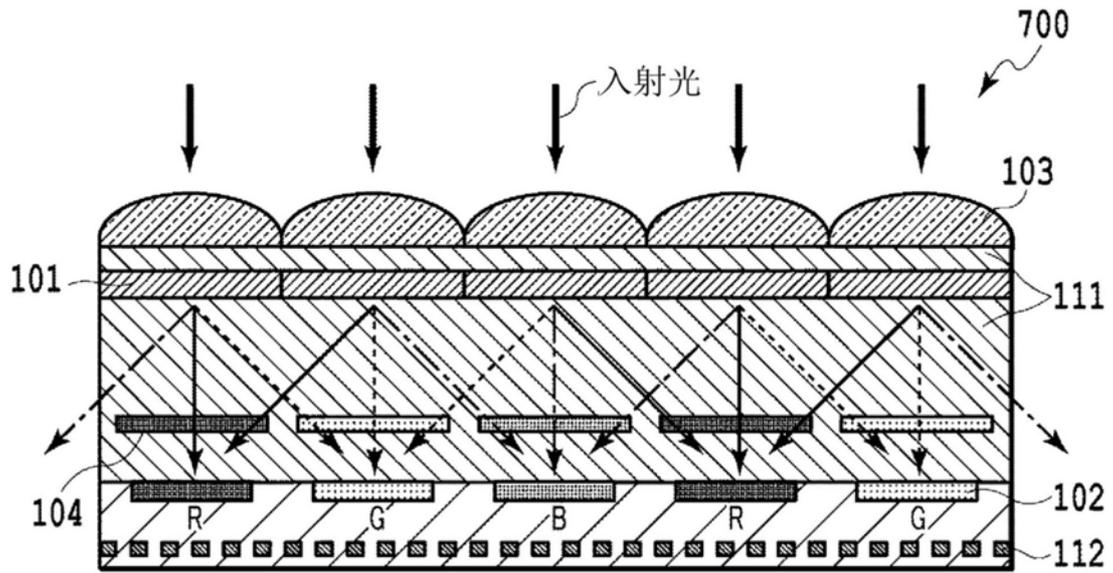


图13