



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106463518 B

(45)授权公告日 2020.06.16

(21)申请号 201580029430.9

(72)发明人 横川创造

(22)申请日 2015.05.29

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理  
有限责任公司 11290

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106463518 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(51)Int.Cl.

H01L 27/146(2006.01)

(30)优先权数据

H01L 31/10(2006.01)

2014-120205 2014.06.11 JP

H04N 5/33(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H04N 5/369(2006.01)

2016.12.02

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据

JP 特开2006-261372 A, 2006.09.28,

PCT/JP2015/065534 2015.05.29

US 2012/0153416 A1, 2012.06.21,

(87)PCT国际申请的公布数据

JP 特开2009-88030 A, 2009.04.23,

W02015/190318 JA 2015.12.17

JP 特开2013-33864 A, 2013.02.14,

(73)专利权人 索尼公司

审查员 张海洋

地址 日本东京

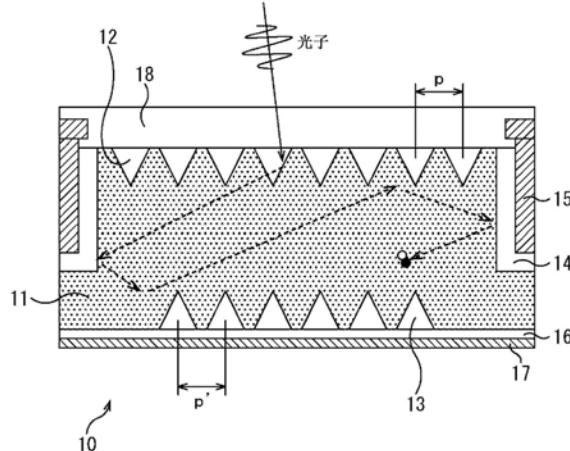
权利要求书1页 说明书10页 附图20页

(54)发明名称

固态成像元件和电子装置

(57)摘要

本公开涉及一种固态成像元件和电子装置，利用其可以改善对于具有长波长的光的灵敏度。根据本公开的第一方面的固态成像元件具有垂直地和水平地布置的多个像素，其中，固态成像元件在光吸收层的光接收侧及其对向侧设置有周期性地不均匀的图案，光吸收层是光检测元件。本公开可应用于安装在要求对属于例如红外光的高波长区域的光高灵敏度的传感器上的CMOS等。



1. 一种固态成像元件，多个像素垂直地以及水平地布置在所述固态成像元件中，所述多个像素包括用于可视光检测的像素和用于IR检测的像素，所述固态成像元件包括：

周期性凹凸图案，其在所述用于IR检测的像素中的作为光检测元件的光吸收层的光接收面和所述光接收面的对向表面上，

其中，所述光吸收层由单晶硅制成，并且在形成有所述周期性凹凸图案的所述光吸收层的所述光接收面以及所述对向表面上分别设置有平坦化膜和平坦的绝缘膜，

其中，元件隔离结构件形成在所述光吸收层的与相邻像素的边界处，并且所述元件隔离结构件形成为楔形。

2. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，在所述用于可视光检测的像素中的至少一个像素的所述光吸收层的所述光接收面和所述光接收面的所述对向表面上也形成所述凹凸图案。

3. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，在所述光吸收层的光接收面的对向表面上形成的凹凸图案的周期无限小。

4. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，在所述光吸收层的所述光接收面和所述光接收面的对向表面上形成的凹凸图案的周期根据待感测的波长而改变。

5. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，所述凹凸图案一维周期性地形成或者二维周期性地形成。

6. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，形成有所述凹凸图案的所述光吸收层的所述光接收面和所述光接收面的对向表面的晶面是(100)平面，并且所述凹凸图案的壁表面的晶面是(111)平面。

7. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，所述凹凸图案的周期是1μm以下。

8. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，所述元件隔离结构件由折射率低于所述光吸收层的折射率的材料制成。

9. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，金属反射壁形成在所述元件隔离结构件中。

10. 根据权利要求1所述的固态成像元件，进一步包括在所述光吸收层的下侧的反射镜结构件。

11. 根据权利要求10所述的固态成像元件，其中，互连层还可用作所述反射镜结构件。

12. 根据权利要求1所述的固态成像元件，其中，所述周期性凹凸图案对在从整个可见光波长范围到红外波长范围的宽范围内的光具有低反射率。

13. 一种配备有根据权利要求1-12中任一项所述的固态成像元件的电子装置。

## 固态成像元件和电子装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及一种固态成像元件和电子装置，并且具体地涉及对于长波长侧（诸如，红外线区）的光的光接收灵敏度改善的固态成像元件和电子装置。

### 背景技术

[0002] 迄今为止，CMOS固态成像元件和CCD已称为二维固态成像元件，并且单晶硅（Si）通常用于执行光电转换的这些元件的光检测元件的光吸收层。

[0003] Si是间接跃迁半导体并具有1.1eV的带隙，并且因此对大约1.1um（毫米）的可见光波长至近红外波长具有敏感度。然而，由于光吸收系数的波长依赖性，每单位厚度的光吸收效率随着波长变长而变小。

[0004] 例如，在其中Si层（作为光吸收层）的厚度为3um的固态成像元件的情况下，在650nm的波长处光吸收效率为大约60%至70%，然而，在900nm的波长处，光吸收效率仅为约10%至20%并且大部分光子传输通过Si层。因此，当试图获得对于红至红外线区中的光具有高灵敏度的固态成像元件时，增加Si层的厚度已知为有效的方法。

[0005] 然而，增加Si层的厚度具有高度的制造困难，诸如，为了获得期望杂质分布需要执行高能量植入，此外直接导致材料成本增大。此外，厚度与固态成像元件的像素大小的比例提高，并且导致Si层等中的Si块的颜色混合成分的量增加，因此，这是图像质量劣化的因素。此外，由于Si层的厚度增加引起晶体等的缺陷的量的增加是像素特性劣化（诸如，暗电流和白点的增加）的因素。

[0006] 在这点上，作为在不增加Si层的厚度的情况下获得对于长波长侧的光的高灵敏度的方法，提出了以下结构：在该结构中，通过在固态成像元件的像素的光接收面的对侧的表面上形成精细的、随机的凹凸结构抑制根据光干涉由标注具现象引起的光损耗（例如，参见专利文献1）。

[0007] 引用列表

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1：WO 2010/110317 A1

### 发明内容

[0010] 技术问题

[0011] 在专利文献1的方法中，当其用于背向照射固态成像元件时，在与布置传输在固态成像元件等中检测到的电荷的像素晶体管的表面相同的表面上图案化凹凸结构，并且因此存在有害影响，诸如，晶面中的缺陷量增加和暗电流的增加。

[0012] 此外，抑制光接收面处的反射光的效果差，并且抑制从光接收面重新释放在光接收面的相对侧的表面处反射的光分量的效果差。

[0013] 鉴于这样的情况，提出了本公开，并且在没有增加Si层（光吸收层）的厚度的情况下改善固态成像元件对于长波长侧的光的灵敏度。

[0014] 技术方案

[0015] 根据本公开的方面的固态成像元件具有垂直地以及水平地布置的多个像素，固态成像元件包括作为光检测元件的光吸收层的光接收面和光接收面的对向表面上的周期性凹凸图案。

[0016] 光吸收层可以由单晶Si制成。

[0017] 可以至少在多个像素中对应于用于IR检测的像素的光吸收层的光接收面和光接收面的对向表面上形成凹凸图案。

[0018] 在光吸收层的光接收面的对向表面上形成的凹凸图案的周期可以无限小。

[0019] 在光吸收层的光接收面和光接收面的对向表面上形成的凹凸图案的周期可以根据待感测的波长而改变。

[0020] 凹凸图案可以一维方式周期性地形成或者以二维方式周期性地形成。

[0021] 其上形成有凹凸图案的光吸收层的光接收面和光接收面的对向表面的晶面可以是(100)平面，并且凹凸图案的壁表面的晶面可以是(111)平面。

[0022] 凹凸图案的周期可以是1um或更小。

[0023] 元件隔离结构件可以形成在与光吸收层的相邻像素的边界处。

[0024] 元件隔离结构件可以由具有低于光吸收层的折射率的折射率的材料制成。

[0025] 金属反射壁可以形成在元件隔离结构件中。

[0026] 根据本公开的第一方面的固态成像元件在光吸收层的下侧可以进一步包括反射镜结构。

[0027] 互连层还可以用作反射镜结构。

[0028] 根据本公开的第二方面的电子装置配备有垂直地以及水平地布置多个像素的固态成像元件。固态成像元件在光接收面和作为光检测元件的光吸收层的所述光接收面的对向表面上具有周期性凹凸图案。

[0029] 在本公开的第一方面和第二方面中，由于在光接收面和光接收面的对向表面上形成的周期性凹凸图案，已进入作为光检测元件的光吸收层的光可能被内部反射，并且因此光吸收层的有效光路长度增加，因此，光可以良好的效率得到吸收。

[0030] 有益效果

[0031] 根据本公开的第一方面和第二方面，可以良好的效率抑制可见光波长范围到电磁波范围直至近红外光的反射，并且此外可改善长波长侧的光的光吸收灵敏度。

## 附图说明

[0032] 图1是示出了应用本公开的固态成像元件的配置的实例的截面图。

[0033] 图2是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例1的截面图。

[0034] 图3是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例2的截面图。

[0035] 图4是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例3的截面图。

[0036] 图5是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例4的截面图。

[0037] 图6是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例5的截面图。

[0038] 图7是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例6的截面图。

[0039] 图8是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例7的截面图。

- [0040] 图9是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例8的截面图。
- [0041] 图10是示出了应用本公开的固态成像元件的变形例9的截面图。
- [0042] 图11是示出了凹凸图案的结构的实例的示图。
- [0043] 图12是示出了其中使用凹凸图案的像素的实例的截面图。
- [0044] 图13是示出了其中使用凹凸图案的像素的实例的截面图。
- [0045] 图14是示出了其中使用凹凸图案的像素的实例的截面图。
- [0046] 图15是示出了其中使用凹凸图案的像素的实例的截面图。
- [0047] 图16是示出了其中使用凹凸图案的像素的实例的截面图。
- [0048] 图17是示出了光吸收效率的模拟结果的示图。
- [0049] 图18是描述凹凸图案的尺寸的限制的示图。
- [0050] 图19是描述凹凸图案的形成过程的示图。
- [0051] 图20是示出了应用本公开的电子装置的配置的实例的框图。

## 具体实施方式

- [0052] 在下文中,将参考附图详细地描述本公开的优选实施方式(在下文中,称为实施方式)。
  - [0053] <固态成像元件的配置实例>
  - [0054] 图1是示出了作为本公开的实施方式的背面照射型固态成像元件10的配置实例的截面图。
    - [0055] 该图的上侧是光接收面(背面),并且省略要布置在光接收面上侧的滤色器、片上透镜等的示意图。在附图中,示出了一个像素的配置实例;在由背面照射型固态成像元件10形成的二维固态成像元件中, $X \times Y$ ( $X$ 和 $Y$ 是整数)相邻像素形成在一个芯片上, $N \times M$ ( $N < X$ ,  $M < Y$ ;例如, $2 \times 2$ )相邻像素构成一个单元,并且一个单元的每一个像素被配置为检测R、G、B、以及IR中任一个的波长的光(电磁波)。其同样适用于后续附图。
    - [0056] 在图1的配置实例中,周期性的(周期:P)、精细的凹凸图案12形成在Si层11(其是光吸收层)的光接收面(该附图的上侧的表面)上。相似地,周期性的(周期:P')、精细的凹凸图案13形成在光接收面的相对侧的表面(附图中的下侧)上。凹凸图案12可充当对在从整个可见光波长范围到红外波长范围的宽范围内的光具有低反射率的优质抗反射膜。此外,通过使用周期性结构,Si的表面积增大可保持有限。因此,可抑制由于半导体晶体的晶体缺陷引起的暗电流、随机噪声、白点量增加等。稍后描述凹凸图案12和13的配置、大小等。
    - [0057] 在图1的配置实例中,在与相邻像素的边界处(即,在Si层11的图中的横向侧)形成填充有对Si具有相对较低的折射率的介电材料(SiO<sub>2</sub>等)的元件隔离结构件14。在图1的情况下,元件隔离结构件14为棱柱状,并且通过从光接收面侧蚀刻形成。金属反射壁15放置在元件隔离结构件14中。
    - [0058] 在Si层11的下侧,经由绝缘膜16形成由Al、Cu、Ag、或它们的合金制成的反射镜结构17。作为反射镜结构17,可以使设置在Si层11的下侧的各种互连层具有作为反射镜结构17的功能,而不是为了反射入射光形成专用膜或层。在其上形成凹凸图案12的Si层11的上侧,形成由SiO<sub>2</sub>、SiN等制成的平坦化膜18。
    - [0059] 如上所述,在图1中示出的配置实例的情况下,凹凸图案12和13分别形成在光接收

面和Si层11的光接收面的对向表面上。此外，元件隔离结构件14形成在与相邻像素的边界处，并且反射镜结构17形成在Si层11的下侧。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制来自Si层11的光的透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。此外，由元件隔离结构件14和金属反射壁15抑制源自相邻像素的颜色混合。

[0060] <固态成像元件的变形例1>

[0061] 图2是示出了固态成像元件10(本公开的实施方式)的配置的另一实例(变形例1)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0062] 在图2中示出的变形例1中，形成在Si层11的下侧的表面上的凹凸图案13的周期变成无限小的周期。

[0063] 在变形例1的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，元件隔离结构件14形成在与相邻像素的边界处，并且反射镜结构17形成在Si层11的下侧。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。此外，由元件隔离结构件14和金属反射壁15抑制源自相邻像素的颜色混合。

[0064] <固态成像元件的变形例2>

[0065] 图3是示出了固态成像元件10(本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例2)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0066] 在图3中示出的变形例2中，省去图1中示出的配置实例中的金属反射壁15。

[0067] 在变形例2的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和该光接收面的对向表面上。此外，元件隔离结构件14形成在Si层11的与相邻像素的边界处，并且反射镜结构17形成在下侧。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。

[0068] <固态成像元件的变形例3>

[0069] 图4是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例3)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0070] 在图4中示出的变形例3中，从图1中示出的配置实例中省去金属反射壁15和反射镜结构件17。

[0071] 在变形例3的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，在与相邻像素的边界处设置元件隔离结构件14。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。

[0072] <固态成像元件的变形例4>

[0073] 图5是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例4)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0074] 在图5中示出的变形例4中，在图1中示出的配置实例中的凹凸图案13的周期变成

无限小的周期，并省去金属反射壁15。

[0075] 在变形例4的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，在与相邻像素的边界处设置元件隔离结构件14。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。

[0076] <固态成像元件的变形例5>

[0077] 图6是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例5)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0078] 在图6中示出的变形例5中，在图1中示出的配置实例中的凹凸图案13的周期变成无限小的周期，并省去金属反射壁15和反射镜结构17。

[0079] 在变形例5的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，在与相邻像素的边界处设置元件隔离结构件14。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。

[0080] <固态成像元件的变形例6>

[0081] 图6是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例6)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0082] 在图7中示出的变形例6中，在图1中示出的配置实例中的凹凸图案13的周期变成无限小的周期，并省去金属反射壁15。此外，元件隔离结构件14的形状发生改变。具体地，元件隔离结构件14的形状变成楔形，其中从光接收面侧朝向光接收面的对侧的面积逐渐减小。与像图1中的配置实例中的元件隔离结构件14的形状为棱柱的情况相比，通过将元件隔离结构件14形成为楔形，反射光在Si层11中的横向方向上的比例可以进一步提高。

[0083] 在变形例6的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，在与相邻像素的边界处设置楔形的元件隔离结构件14。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。

[0084] <固态成像元件的变形例7>

[0085] 图8是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例7)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0086] 在图8中示出的变形例7中，在图1中示出的配置实例中的凹凸图案13的周期变成无限小的周期，并省去金属反射壁15。此外，元件隔离结构件14的形状变成从光接收面的对侧朝向光接收面侧的面积逐渐减小的楔形。与像图1中元件隔离结构件14的形状为棱柱的配置实例的情况相比，通过将元件隔离结构件14形成为楔形，反射光在Si层11中的横向方向上的比例可以进一步提高。

[0087] 在变形例7的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，在与相邻像素的边界处设置楔形的元件隔离结构件14。因此，入射光

可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。

[0088] <固态成像元件的变形例8>

[0089] 图9是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例8)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0090] 与图1中示出的配置实例相比，在图9中示出的变形例8中，蛾眼结构21加到形成在Si层11上的凹凸图案12的上侧，蛾眼结构具有与凹凸图案12的配置颠倒的配置并且其中折射率随着视点从入射侧逐步变化。

[0091] 在变形例8的情况下，蛾眼结构21和凹凸图案12形成在Si层11的光接收面上，并且凹凸图案13形成在光接收面的对向表面上。此外，元件隔离结构件14形成在与相邻像素的边界处，并且反射镜结构17形成在Si层11的下侧。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。此外，由元件隔离结构件14和金属反射壁15抑制源自相邻像素的颜色混合。

[0092] <固态成像元件的变形例9>

[0093] 图10是示出了固态成像元件10(作为本公开的实施方式)的配置的又一实例(变形例9)的截面图。用相同的参考标号标记与图1中示出的配置实例共同的部件，并且将视情况省去对其的描述。

[0094] 与图1中示出的配置实例相比，在图10中示出的变形例9中，具有折射率介于平坦化膜18和Si层11的折射率中间的的中间膜31设置在形成于Si层11上的凹凸图案12的上侧。作为中间膜31的材料，使用氧化铪膜、氧化铝、氮化硅膜等。优选的是，中间膜31比凹面的深度薄很多并具有与凹凸图案12类似的配置。滤色器32加到中间膜31的上侧。

[0095] 在变形例9的情况下，凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上。此外，元件隔离结构件14形成在与相邻像素的边界处，并且反射镜结构17形成在Si层11的下侧。因此，入射光可能在Si层11中反复反射，并且抑制光从Si层11透射；因此，可改善Si层11中的光吸收效率。即，可以提高对于入射光的灵敏度。此外，通过元件隔离结构件14和金属反射壁15抑制源自相邻像素的颜色混合。此外，由于滤色器形成为一体，与滤色器单独放置的情况相比，固态成像元件10的厚度可以减小。

[0096] 固态成像元件10的配置实例及其上述变形例2至9可以适当组合。

[0097] <凹凸图案12和13的结构实例>

[0098] 接下来，描述凹凸图案12和13分别形成在Si层11的光接收面和光接收面的对向表面上的结构。

[0099] 图11示出了倒金字塔类型、正常的金字塔类型、V形槽类型、以及X形槽类型作为凹凸图案12和13的结构的四个实例，并示出了它们的俯视图和截面图。

[0100] 倒金字塔类型是四角锥状的凹入结构周期性地形成在Si层11的表面(光接收面和光接收面的对向表面)上的配置。正常的金字塔类型是四角锥状的凸起结构周期性地形成在Si层11的表面上的配置。

[0101] V形槽类型是周期性地形成与Si层11的表面平行排列的直线式凹槽结构的配置。X形槽类型是周期性地形成与Si层11的表面平行排列的直线式第一凹槽结构以及与第一沟

槽结构正交的方向平行排列的直线式第二凹槽结构的配置。

[0102] 凹凸图案12的结构和凹凸图案13的结构可以是同样的类型,或者可以是不同的类型。凹凸图案12和13的结构不限于上述四个实例的类型,并且可以是周期性地形成相同的结构的配置。

[0103] <使用凹凸图案12和13的像素的实例>

[0104] 如上所述,实施方式的固态成像元件10配置为使得 $N \times M$  ( $N < X, M < Y$ ; 例如 $2 \times 2$ ) 相邻像素构成一个单元,并且一个单元的每一个像素检测任意R、G、B、以及IR的波长的光。

[0105] 图12示出了实施方式的固态成像元件10中的一个单元的像素的截面图。在该附图的情况下,凹凸图案12和13仅用于检测R、G、B、以及IR的波长的光的像素中检测最长的波长侧的IR的像素,在最长的波长侧中,光吸收效率相对较低。在附图中,省去了凹凸图案13的示意图。

[0106] 图13示出了实施方式的固态成像元件10中的一个单元的像素的截面图。在附图的情况下,凹凸图案12和13仅用于检测R、G、B、以及IR的波长的光的像素中检测长波长侧的IR和R的像素,在长波长侧中,光吸收效率相对较低。在附图中,省去了凹凸图案13的示意图。

[0107] 图14示出了实施方式的固态成像元件10中的一个单元的像素的截面图。在附图的情况下,凹凸图案12和13用于检测R、G、B、以及IR的波长的光的所有像素。在附图中,省去示出凹凸图案13。

[0108] 图15示出了实施方式的固态成像元件10中的一个单元的像素的截面图。在附图的情况下,示出了凹凸图案12和13用于检测R、G、B、以及IR的波长的光的所有像素,并且凹凸图案12和13的大小(周期)根据待检测的波长而变化的情况。即,凹凸图案12和13形成为使得周期从长波长侧变得更短,其中,光吸收效率朝向短波长侧相对较低,在短波长侧光吸收效率相对较高。换言之,IR的像素的凹凸图案12和13的周期最长,并且B的像素的凹凸图案12和13的周期最短。在附图中,省去了凹凸图案13的示意图。

[0109] 接下来,图16示出了在实施方式的固态成像元件10用于其中各种像素互联件等设置在光入射面侧的正面照射型固态成像元件的情况下一个单元的像素的截面图。在附图的情况下,凹凸图案12和13用于检测R、G、B、以及IR的波长的光的所有像素。在附图中,省去了凹凸图案13的示意图。在镜结构件放置在附图中示出的正面照射型固态成像元件10中的光吸收层的背面侧的情况下,镜结构件可以放置在像素之间且没有间隙,原因在于背面侧不存在互联件等。

[0110] 尽管不一定在如图12至图16所示的R、G、B、以及IR的所有像素中形成凹凸图案12和13,但至少在IR的像素中形成凹凸图案12和13。

[0111] <光吸收效率的模拟>

[0112] 接下来,描述实施方式的固态成像元件10的Si层11中的光吸收效率。

[0113] 图17示出了在Si层的光吸收效率关于入射光的波长的改变的模拟结果。在附图中,横轴表示入射光的波长,纵轴表示Si层中的光吸收效率。Si层的厚度假定为3um。

[0114] 在附图中,曲线示出了凹凸图案没有形成在Si层的表面上(既没有在光接收面上也没有在光接收面的对向表面上)的传统固态成像元件的特性的模拟结果。曲线b示出了凹凸图案没有形成在Si层的任一表面上并且反射镜结构件设置在Si层的下侧的固态成像元件的特性的模拟结果。曲线c和d示出了实施方式(即,凹凸图案12和13形成在Si层11的两个

表面上并且设置反射镜结构17的固态成像元件)的固态成像元件10的特性的模拟结果。

[0115] 曲线a示出的特性是光吸收效率在整个波长范围都比其他曲线的光吸收效率低,并且这样的趋势在长波长侧尤其显著。曲线b示出的特性是在650nm至900nm的波长的范围内看出超过曲线a大约10%至20%的光吸收效率的改善。在曲线c和d中,在整个波长范围内看出超过曲线a和b的特性的光吸收效率的改善,并且尤其在对应于红光到红外光的700nm至900nm的波长的范围内看出光吸收效率显著的改善。因此,可以说在感测R、G、B、以及IR中的每一个的波长的情况下,实施方式的固态成像元件10具有改善Si层11的光吸收效率的效果,并且具体地在感测相对长波长侧的R或IR的情况下具有大大地改善Si层11的光吸收效率的效果。

[0116] <对凹凸图案12的大小的限制>

[0117] 接下来,描述了对凹凸图案12的大小的限制。图18示出了凹凸图案12的大小和周期P的关系。

[0118] 凹凸图案12的周期P优选地是 $400/N$ 至 $1500/N$ [nm]。N是凹凸图案12的周围的介质的折射率。当N=1.5时,周期P是 $1000\text{nm}=1\mu\text{m}$ 或更小。凹凸图案12的开口的顶部的宽度W1被设为周期P或更小。凹凸图案12的开口的底部的宽度W2被设为比凹凸图案12的开口的顶部的宽度W1窄。凹凸图案12的相邻凹面之间的间隔W3被设为0或更大。凹凸图案12的深度d被设为比开口的顶部的宽度W1窄。具体地,满足 $0.3 \cdot W1 < d < 1.0 \cdot W1$ ,或者 $0.5 \cdot W1 < d < 0.8 \cdot W1$ 。

[0119] 对凹凸图案13的大小也存在类似的限制。

[0120] <凹凸图案12和13的形成过程>

[0121] 接下来,描述了凹凸图案12和13的形成过程。图19示出了凹凸图案12和13的形成过程的实例。

[0122] 首先,如在图中的A所示,将抗蚀剂涂覆到Si层11的表面,并且接下来,如在图中的B所示,在要形成凹凸图案的凹面的地方通过EUV曝光、电子束光刻等执行曝光,从而执行标记。

[0123] 接下来,如在图中的C所示,除去涂覆抗蚀剂的标记地方;如在图中的D所示,通过湿蚀刻或干蚀刻执行晶体各向异性蚀刻以形成凹面;以及如在图中的E所示,除去抗蚀剂。

[0124] 此外,如在图中的F所示,具有的折射率介于平坦化膜18和Si层11的折射率的中间的中间膜31作为膜形成在包含各向异性蚀刻的凹面的Si层11的表面上。作为中间膜31的材料,可以使用高介电材料,诸如,氧化铪膜、氧化铝、或氮化硅膜。优选的是,中间膜31比凹部的深度薄很多并具有与凹凸图案类似的配置。最后,如在图中的G所示,由介电材料制成的平坦化膜18作为膜形成在中间膜31的上侧。作为平坦化膜的材料,使用 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}$ 等。

[0125] 当形成凹凸图案的凹面时,如图中的H和I所示,光接收面和Si层11的光接收面的对向表面可被设为(100)晶面,并且凹面的壁表面可被设为(111)晶面;因此,可以形成高精度的凹凸图案同时通过晶体各向异性蚀刻抑制晶体缺陷。

[0126] <结论>

[0127] 通过上述实施方式的固态成像元件10,可改善R、G、B、以及IR的波长范围中的光接收灵敏度,并且具体地,可大大地改善IR波长范围中的光接收灵敏度且不会增加Si层11的厚度。

- [0128] 固态成像元件10(作为本公开的实施方式)可以用于背面照射型或正面照射型。
- [0129] 实施方式的固态成像元件10可以用于使用固态成像元件具有成像功能或感测功能的任何类型的电子装置,包括以数码摄像机和数码静态相机为代表的成像装置。
- [0130] <电子装置的配置实例>
- [0131] 图20示出了使用实施方式的固态成像元件10的电子装置的配置的实例。
- [0132] 所示出的电子装置100具有使用上述固态成像元件10的成像功能。电子装置100包括固态成像元件10、光学系统配置单元101、驱动单元102、以及信号处理单元103。
- [0133] 光学系统配置单元101由光学透镜等形成,并且引起对象的光学图像入射到固态成像元件10上。驱动单元102生成并输入与固态成像元件10内部的驱动有关的各种定时信号,并且因此控制固态成像元件10的驱动。信号处理单元103对从固态成像元件10输出的图像信号执行规定的信号处理,并根据信号处理结果执行处理。此外,信号处理单元103将信号处理结果的图像信号输出至稍后的阶段,并在记录介质(诸如,固态存储器)上记录图像信号或例如经由某个网络将图像信号传递至某个服务器。
- [0134] 本公开的实施方式不限于上述实施方式,并且在不偏离本公开的精神的情况下可以进行各种改变。
- [0135] 此外,还可以如下配置本技术。
- [0136] (1)一种固态成像元件,多个像素垂直地以及水平地布置在所述固态成像元件中,所述固态成像元件包括:
- [0137] 周期性凹凸图案,在作为光检测元件的光吸收层的光接收面和所述光接收面的对向表面上。
- [0138] (2)根据(1)所述的固态成像元件,其中,所述光吸收层由单晶Si制成。
- [0139] (3)根据(1)或(2)所述的固态成像元件,其中,至少在所述多个像素中与用于IR检测的像素对应的所述光吸收层的所述光接收面和所述光接收面的所述对向表面上形成所述凹凸图案。
- [0140] (4)根据(1)至(3)中任一项所述的固态成像元件,其中,在所述光吸收层的光接收面的对向表面上形成的凹凸图案的周期无限小。
- [0141] (5)根据(1)至(4)中任一项所述的固态成像元件,其中,在所述光吸收层的所述光接收面和所述光接收面的对向表面上形成的凹凸图案的周期根据待感测的波长而改变。
- [0142] (6)根据(1)至(5)中任一项所述的固态成像元件,其中,所述凹凸图案一维周期性地形成或者二维周期性地形成。
- [0143] (7)根据(1)至(6)中任一项所述的固态成像元件,其中,形成有所述凹凸图案的所述光吸收层的所述光接收面和所述光接收面的对向表面的晶面是(100)平面,并且所述凹凸图案的壁表面的晶面是(111)平面。
- [0144] (8)根据(1)至(7)中任一项所述的固态成像元件,其中,所述凹凸图案的周期是1um以下。
- [0145] (9)根据(1)至(8)中任一项所述的固态成像元件,其中,元件隔离结构件形成在所述光吸收层的与相邻像素的边界处。
- [0146] (10)根据(9)所述的固态成像元件,其中,所述元件隔离结构件由折射率低于所述光吸收层的折射率的材料制成。

[0147] (11) 根据(9)或(10)所述的固态成像元件,其中,金属反射壁形成在所述元件隔离结构件中。

[0148] (12) 根据(1)至(11)中任一项所述的固态成像元件,进一步包

[0149] 括在所述光吸收层的下侧的反射镜结构件。

[0150] (13) 根据(12)所述的固态成像元件,其中,互连层还可用作所述

[0151] 反射反射镜结构件。

[0152] (14) 一种配备有固态成像元件的电子装置,多个像素垂直地以及水平地布置在所述固态成像元件中,

[0153] 其中,所述固态成像元件具有

[0154] 周期性凹凸图案,在作为光检测元件的光吸收层的光接收面和所述光接收面的对向表面上。

[0155] 参考标号列表

[0156] 10 固态成像元件,11 Si层,12、13 凹凸图案,

[0157] 14 元件隔离结构件,15 金属反射壁,16 绝缘膜,

[0158] 17 反射镜结构件,18 平坦化膜,31 中间膜,32 滤色器

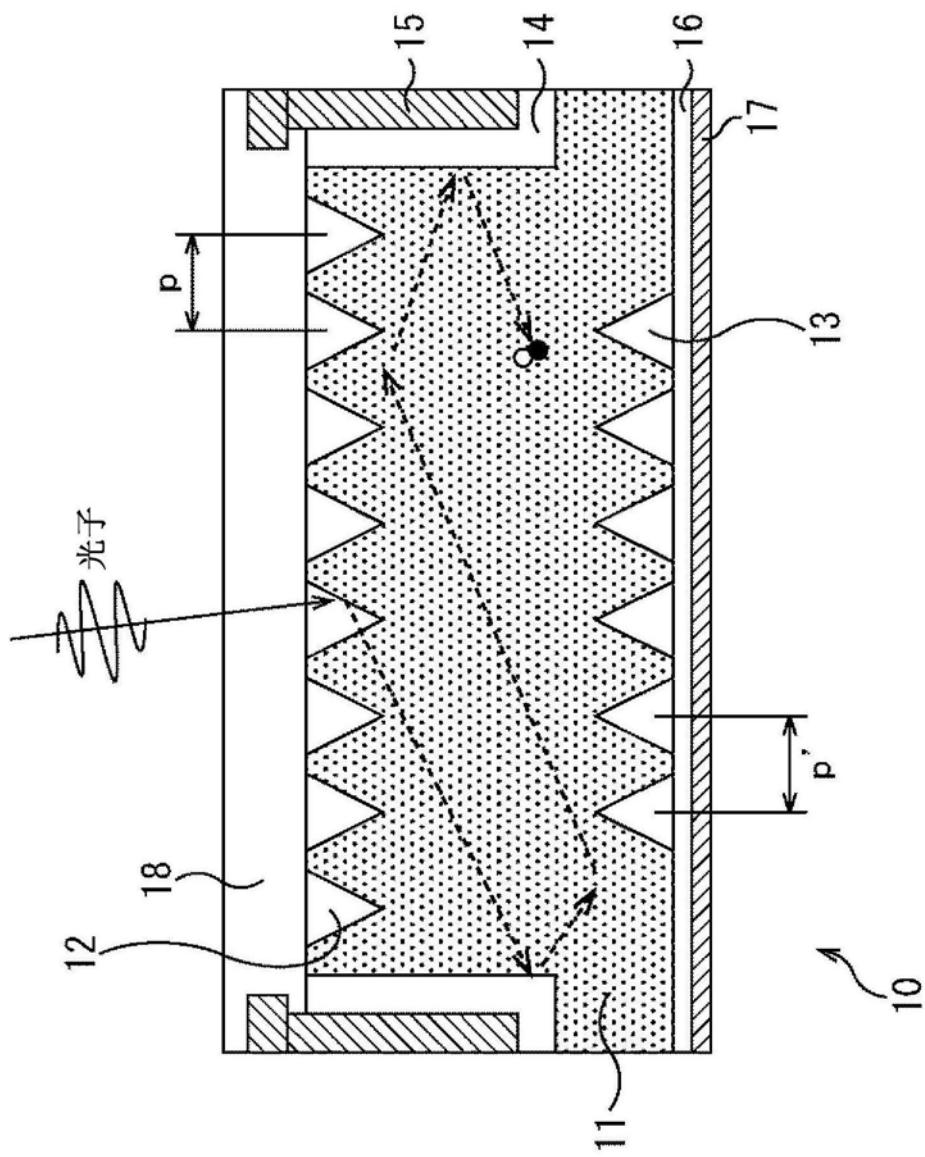


图1

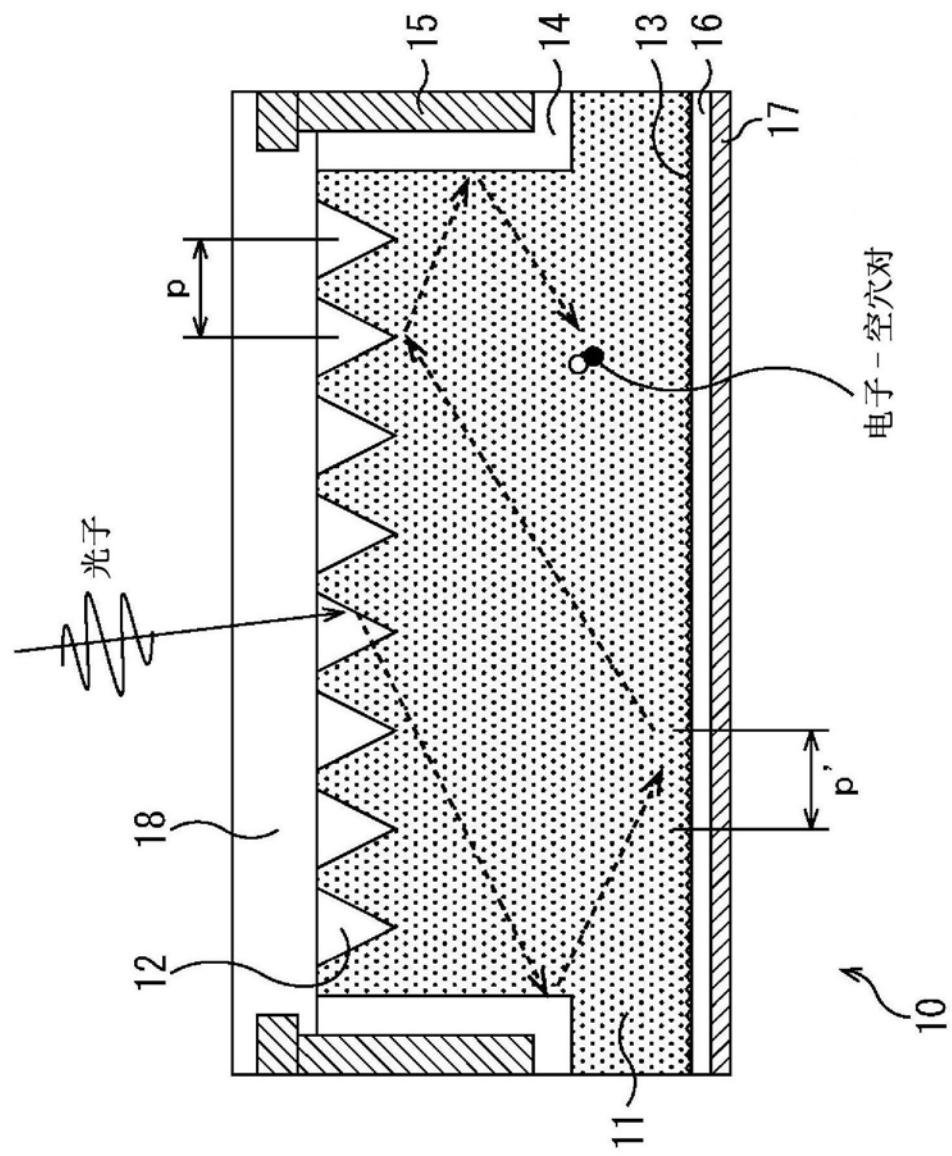


图2

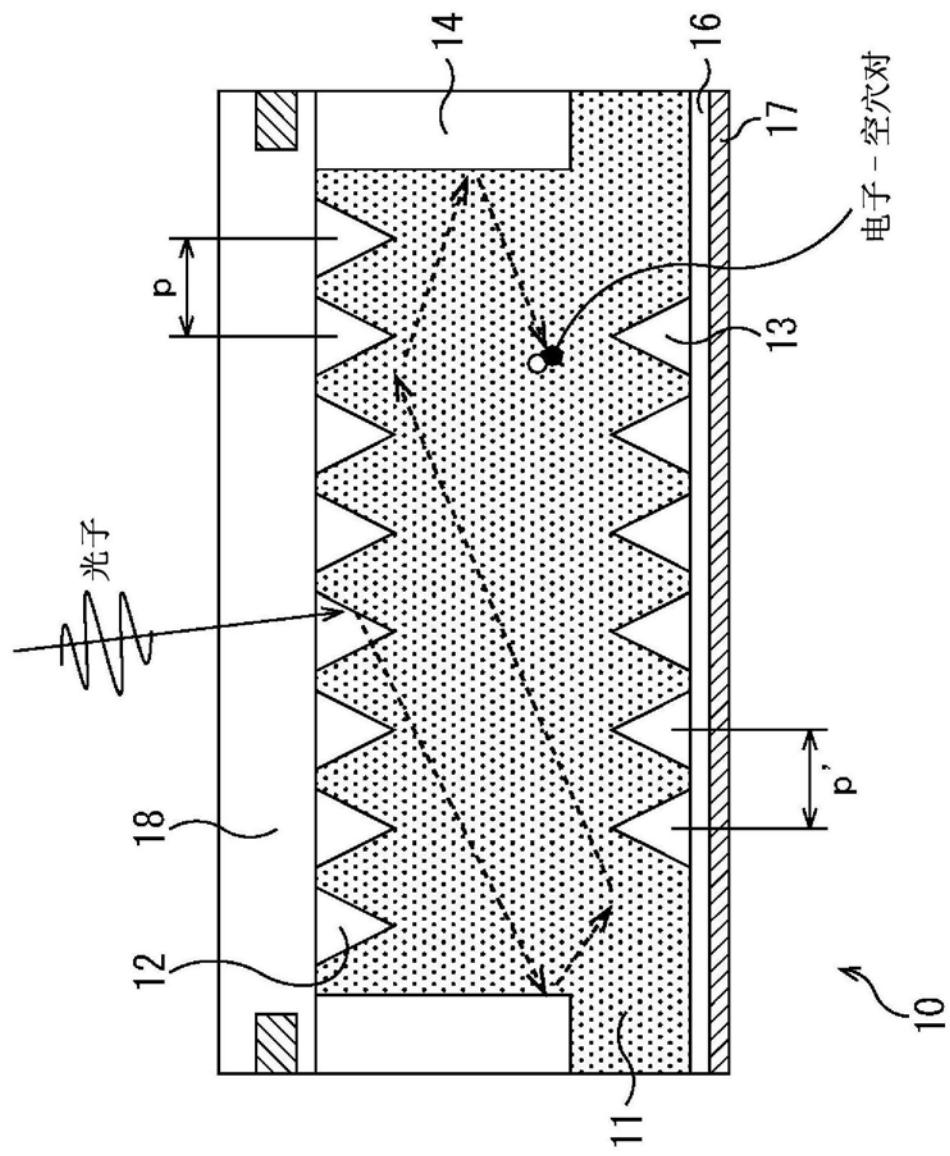


图3

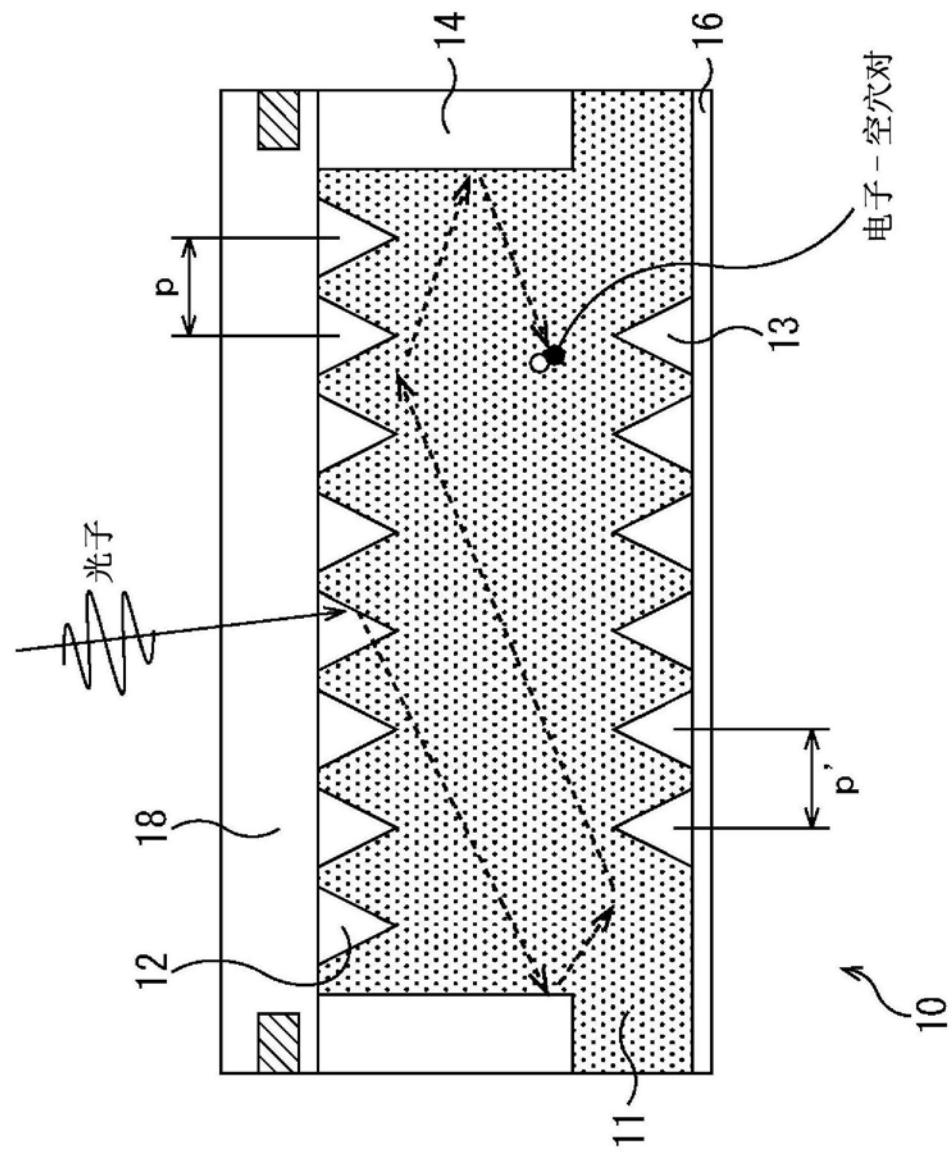


图4

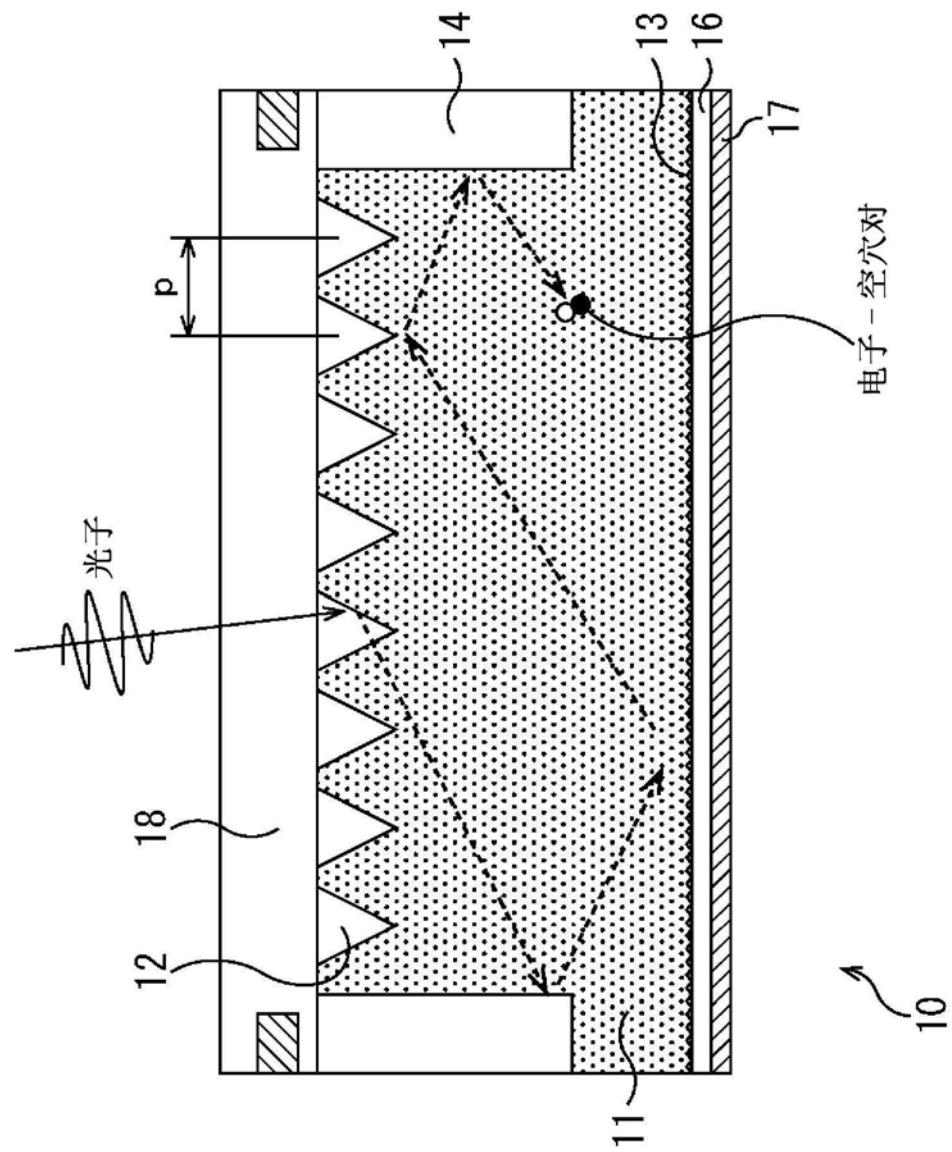


图5

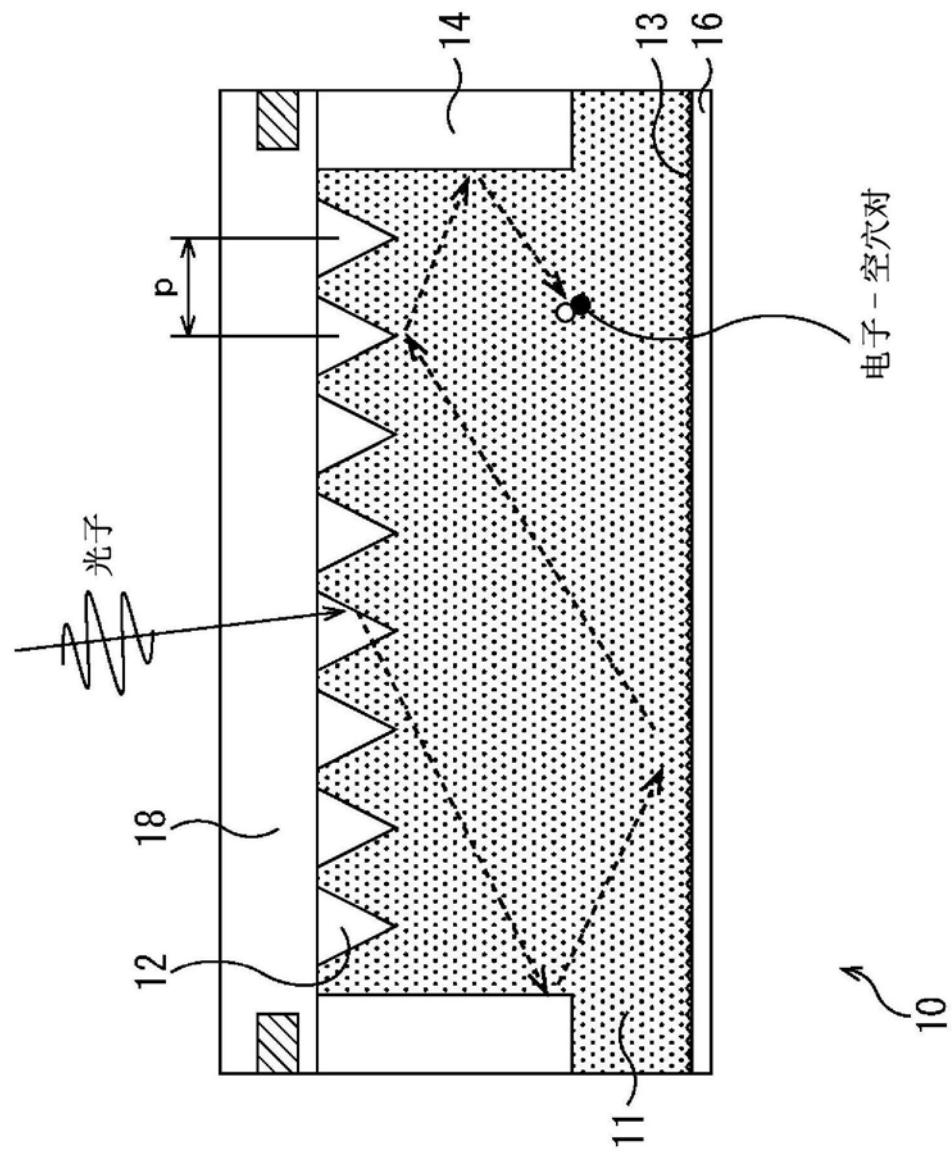


图6

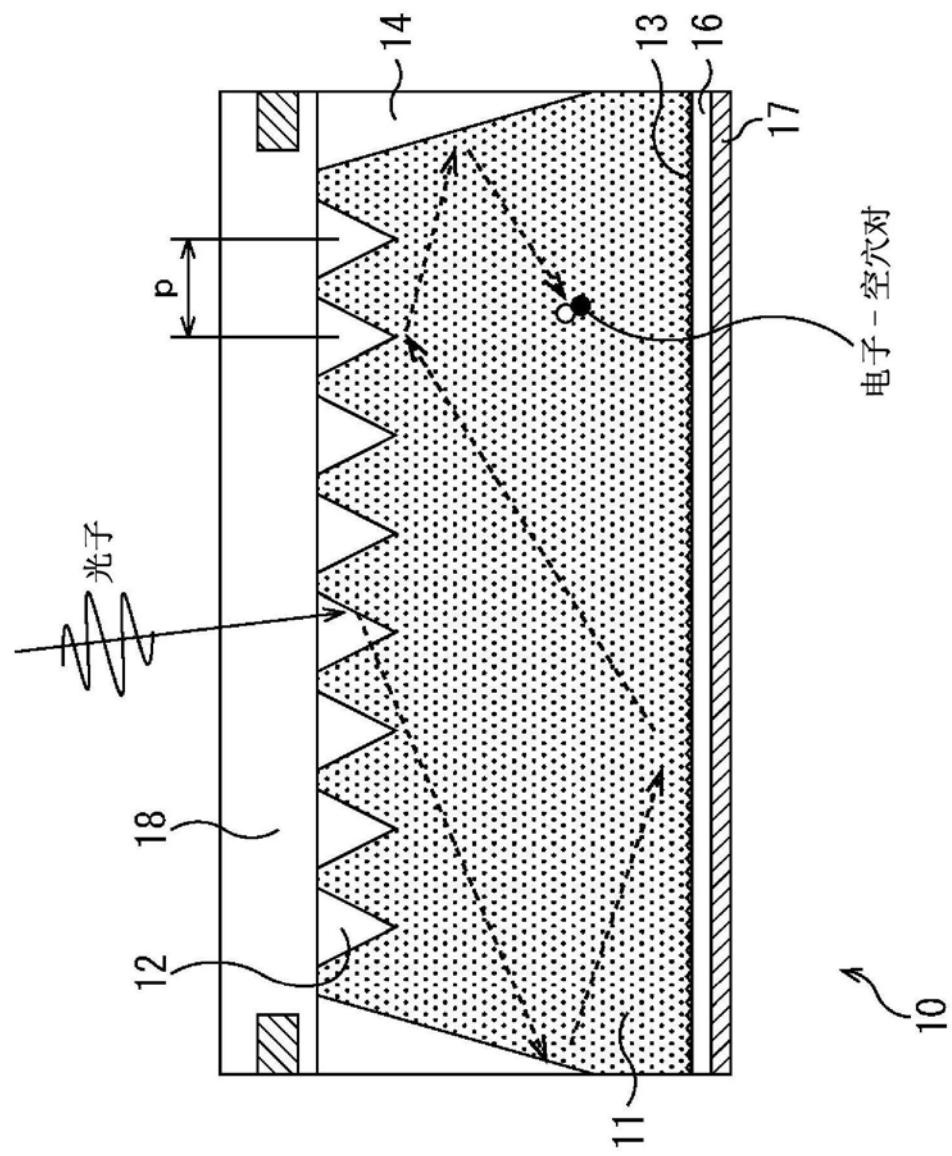


图7

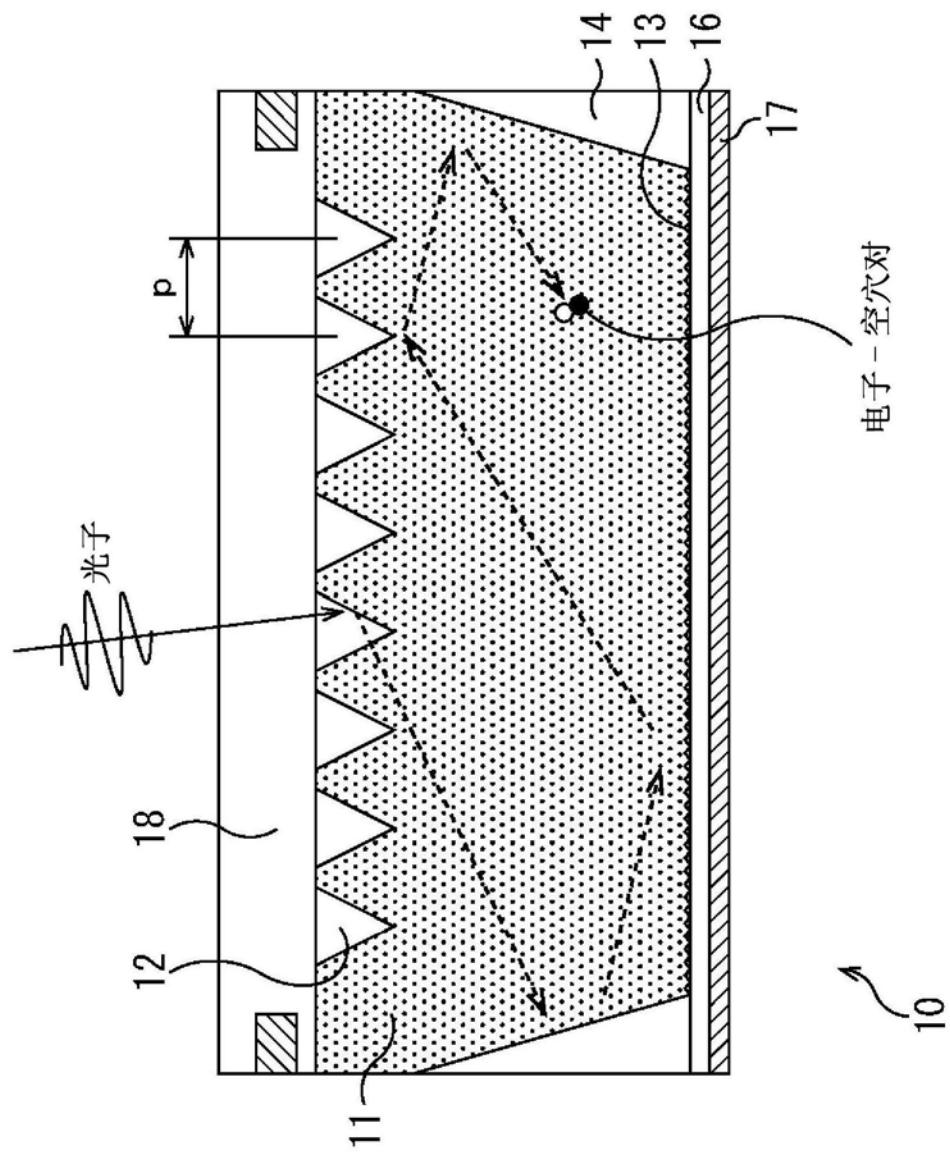


图8

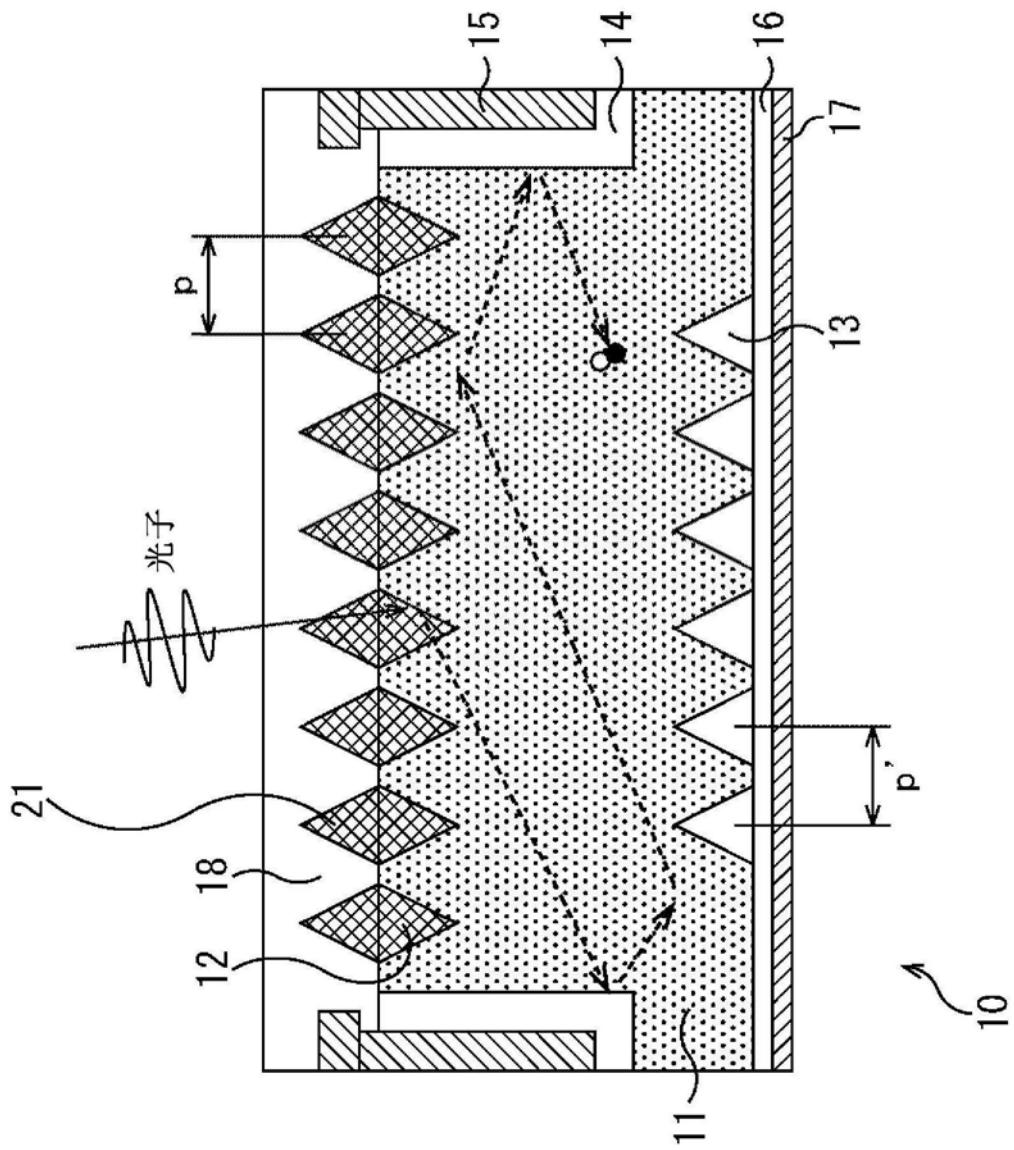


图9

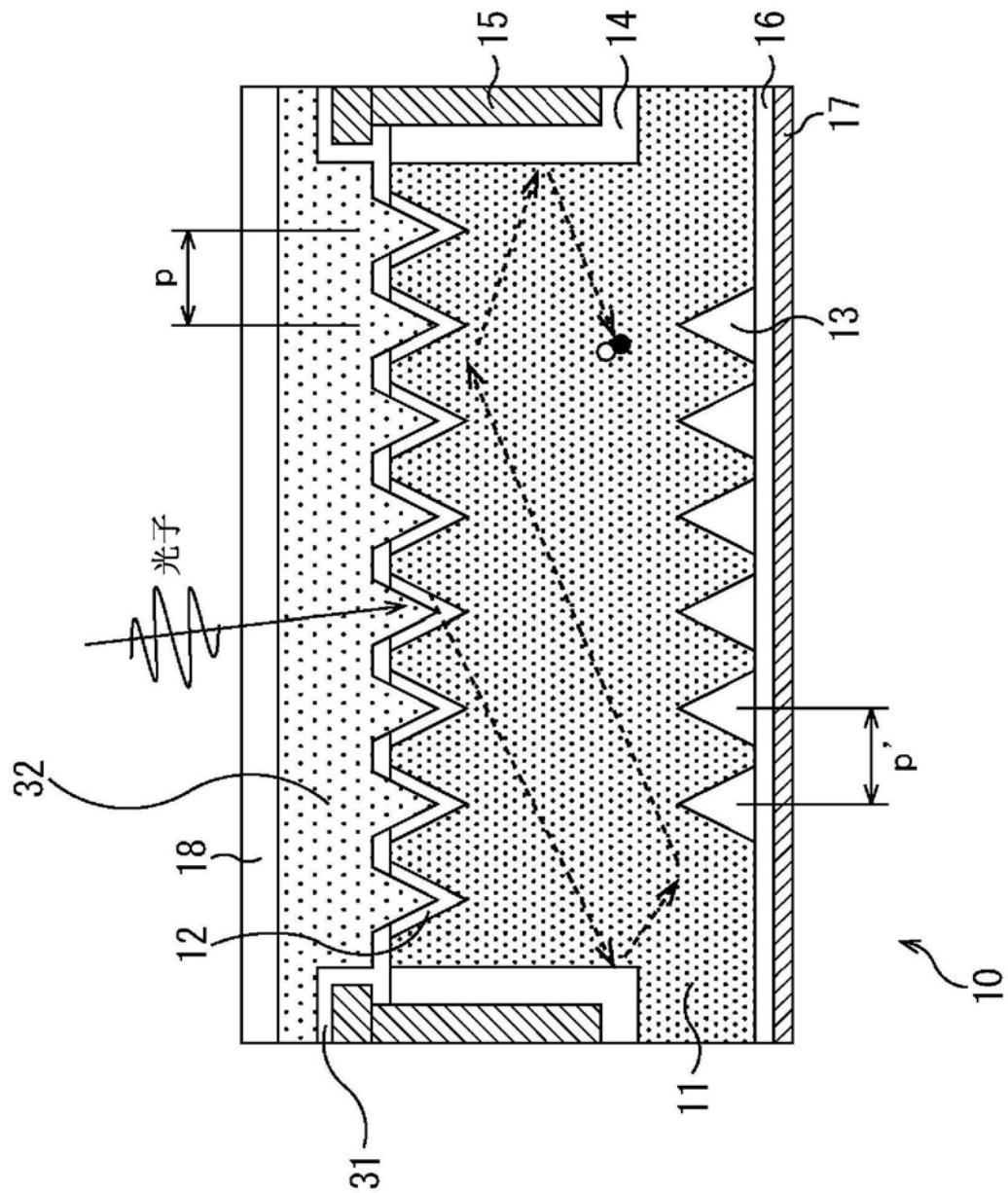


图10

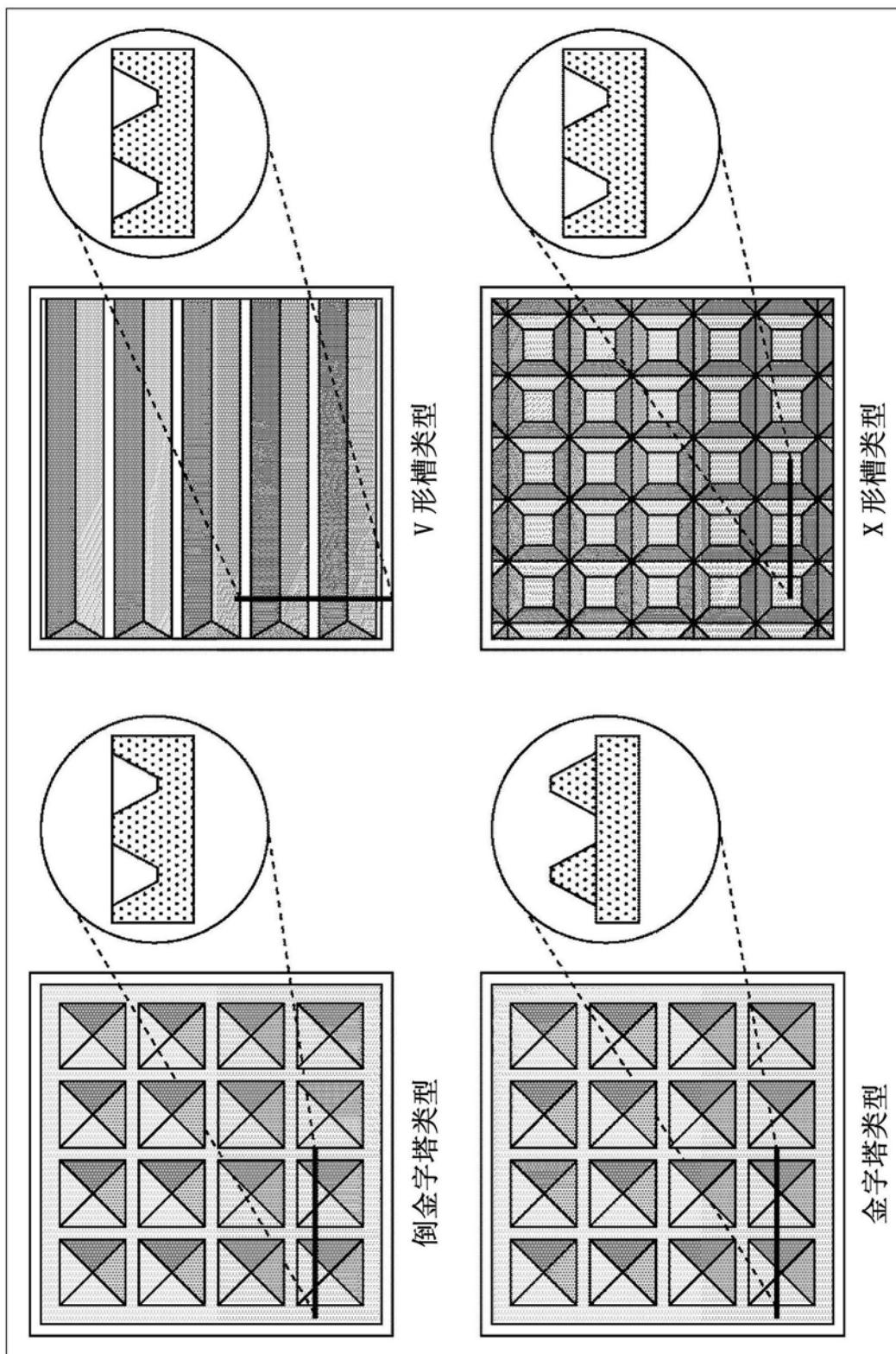


图11

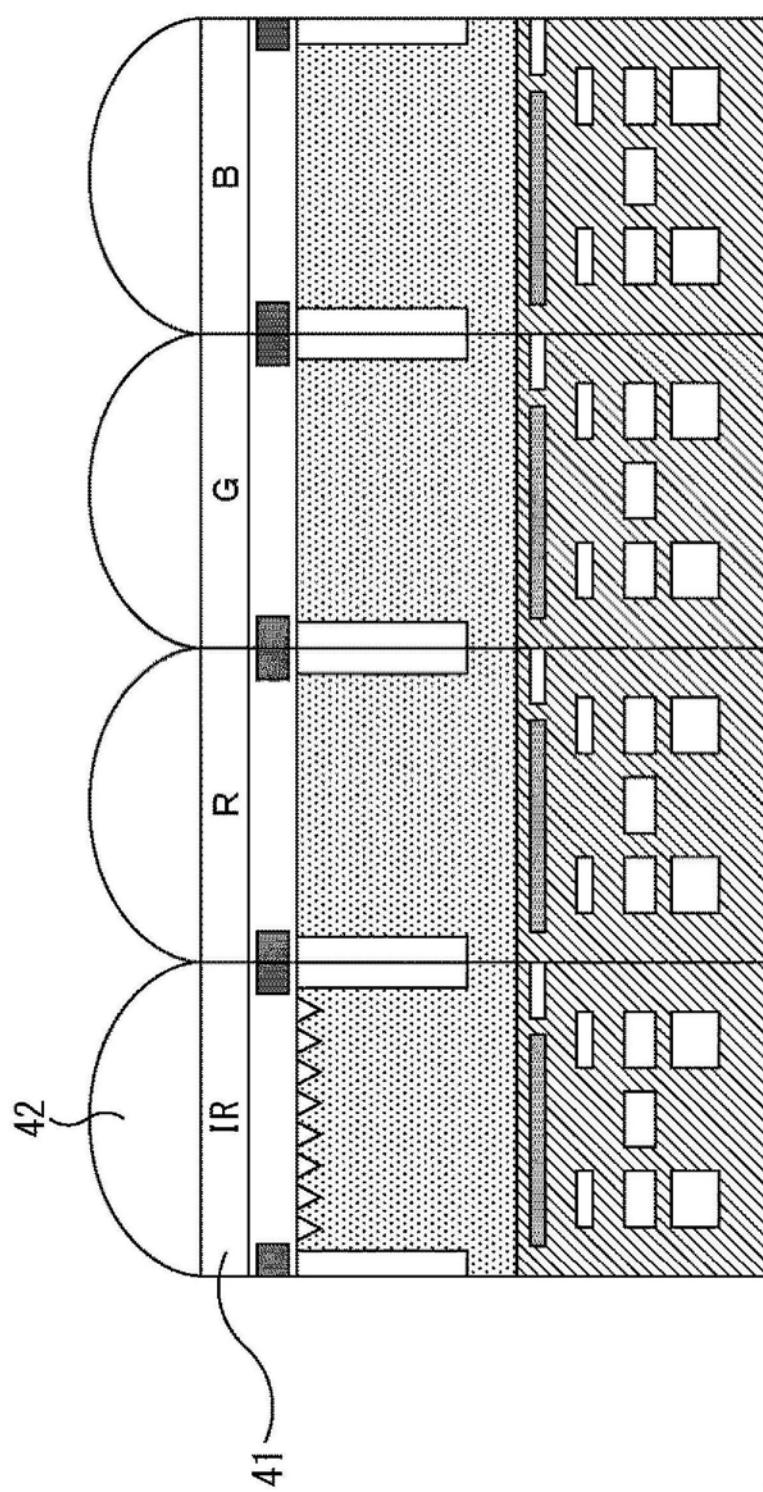


图12

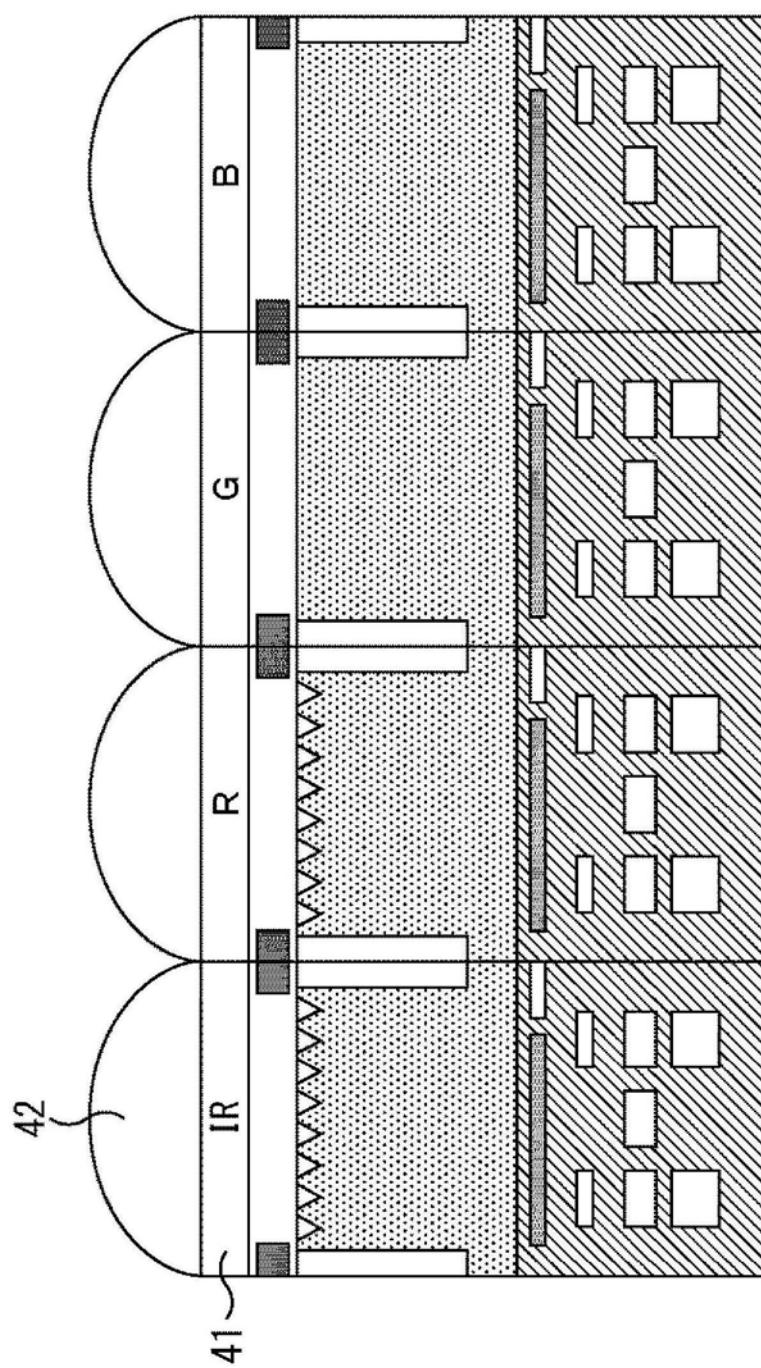


图13

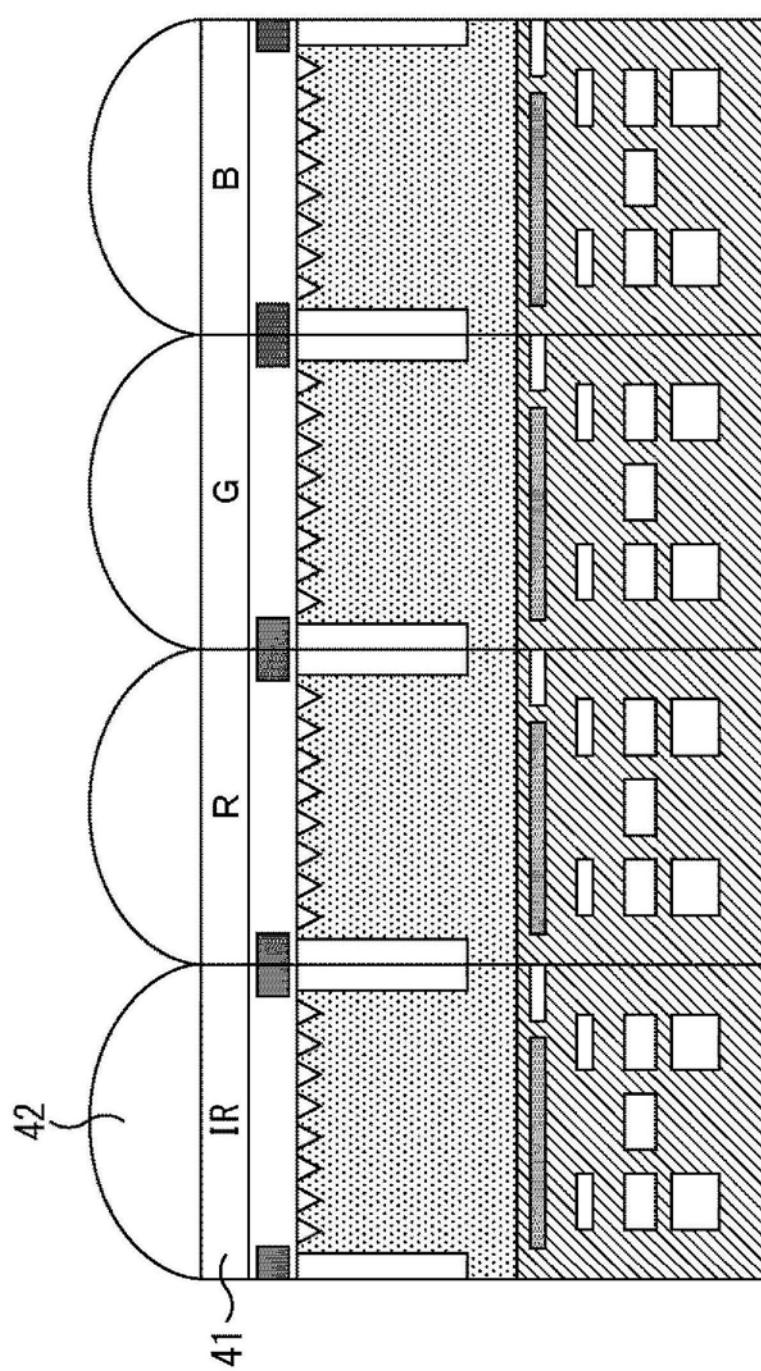


图14

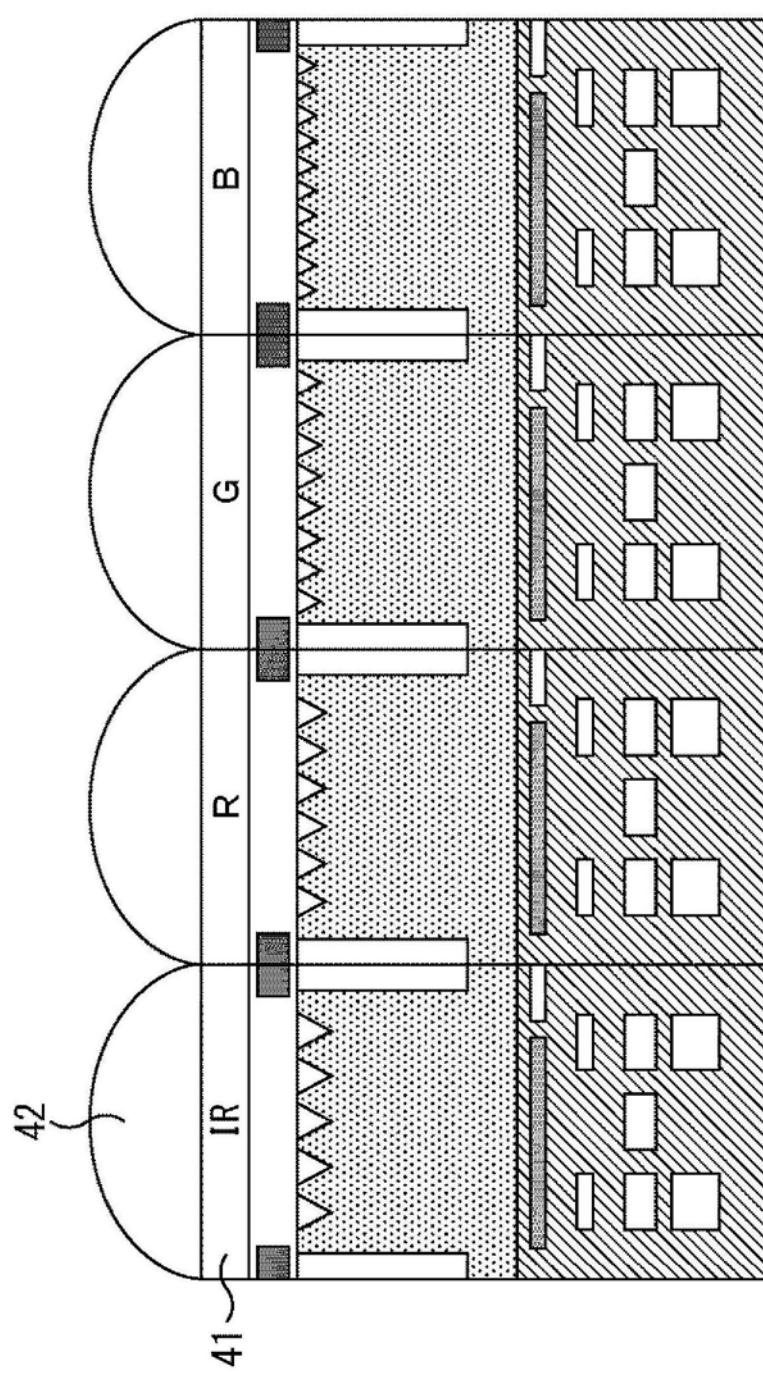


图15

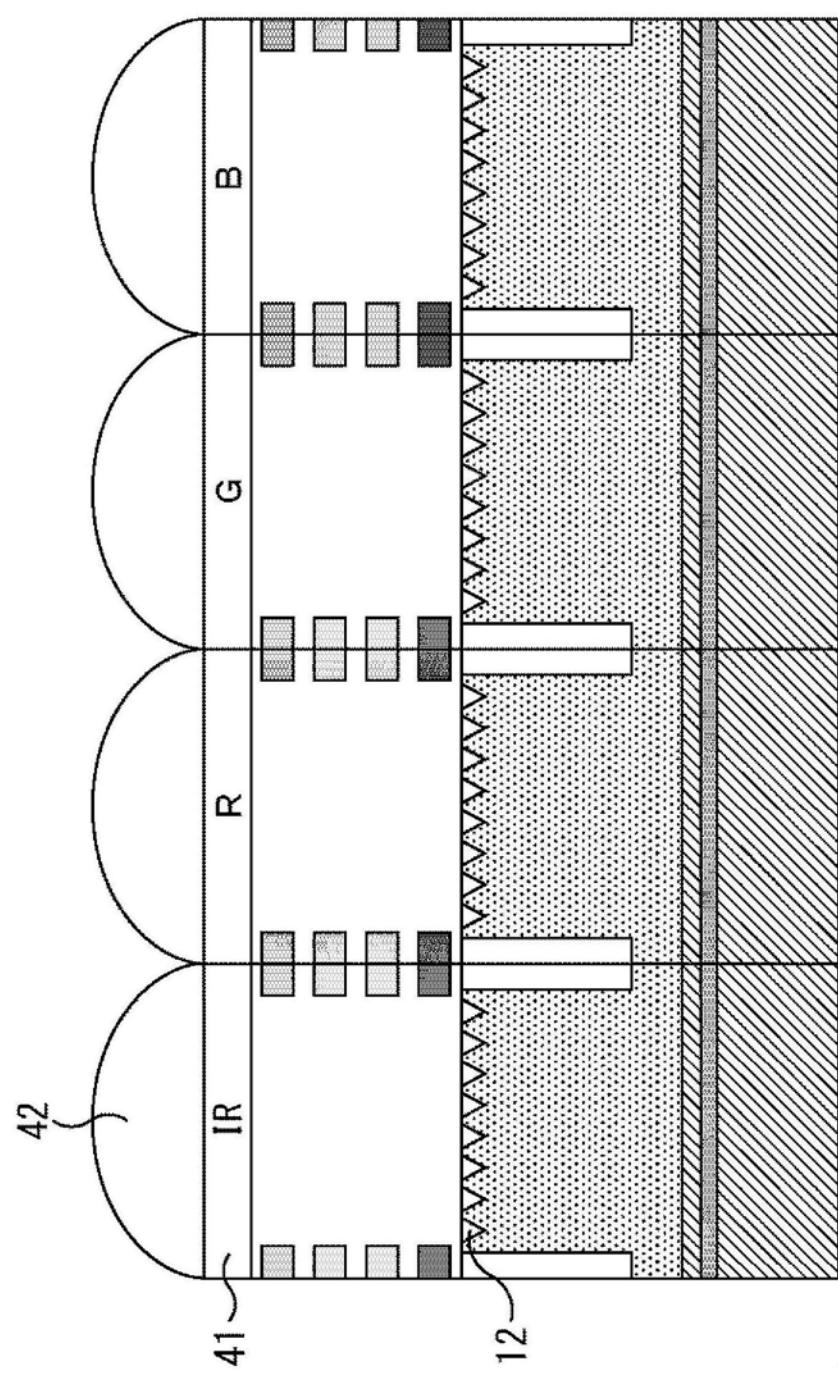


图16

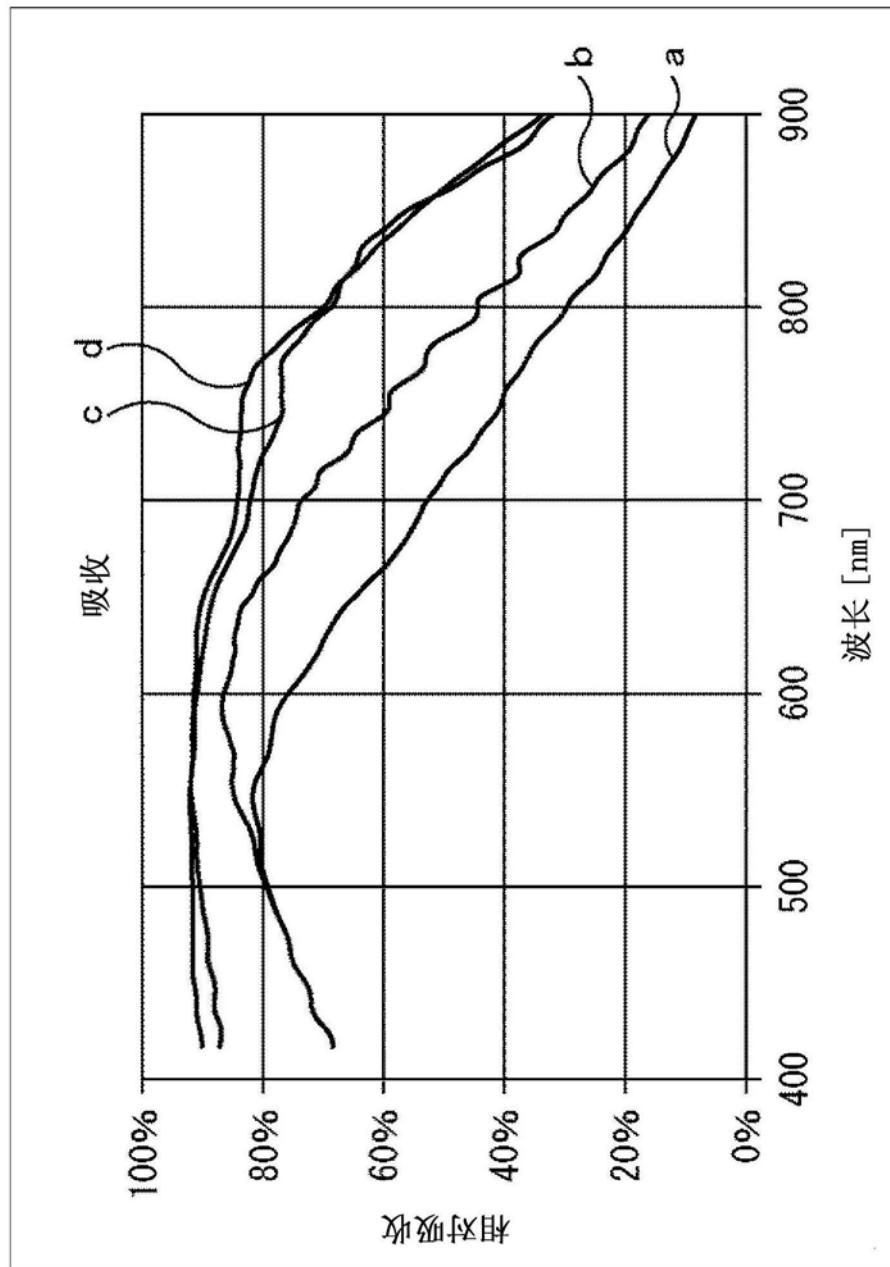


图17

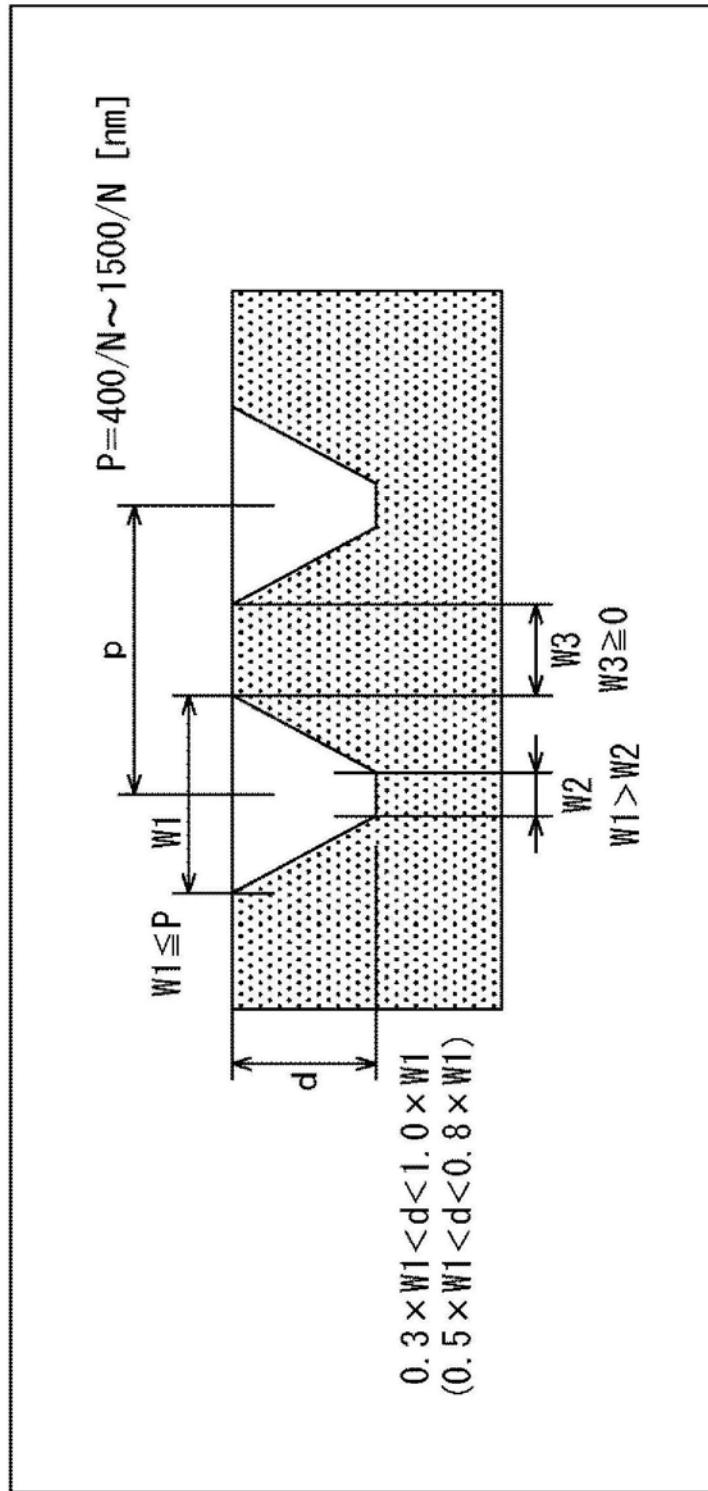


图18

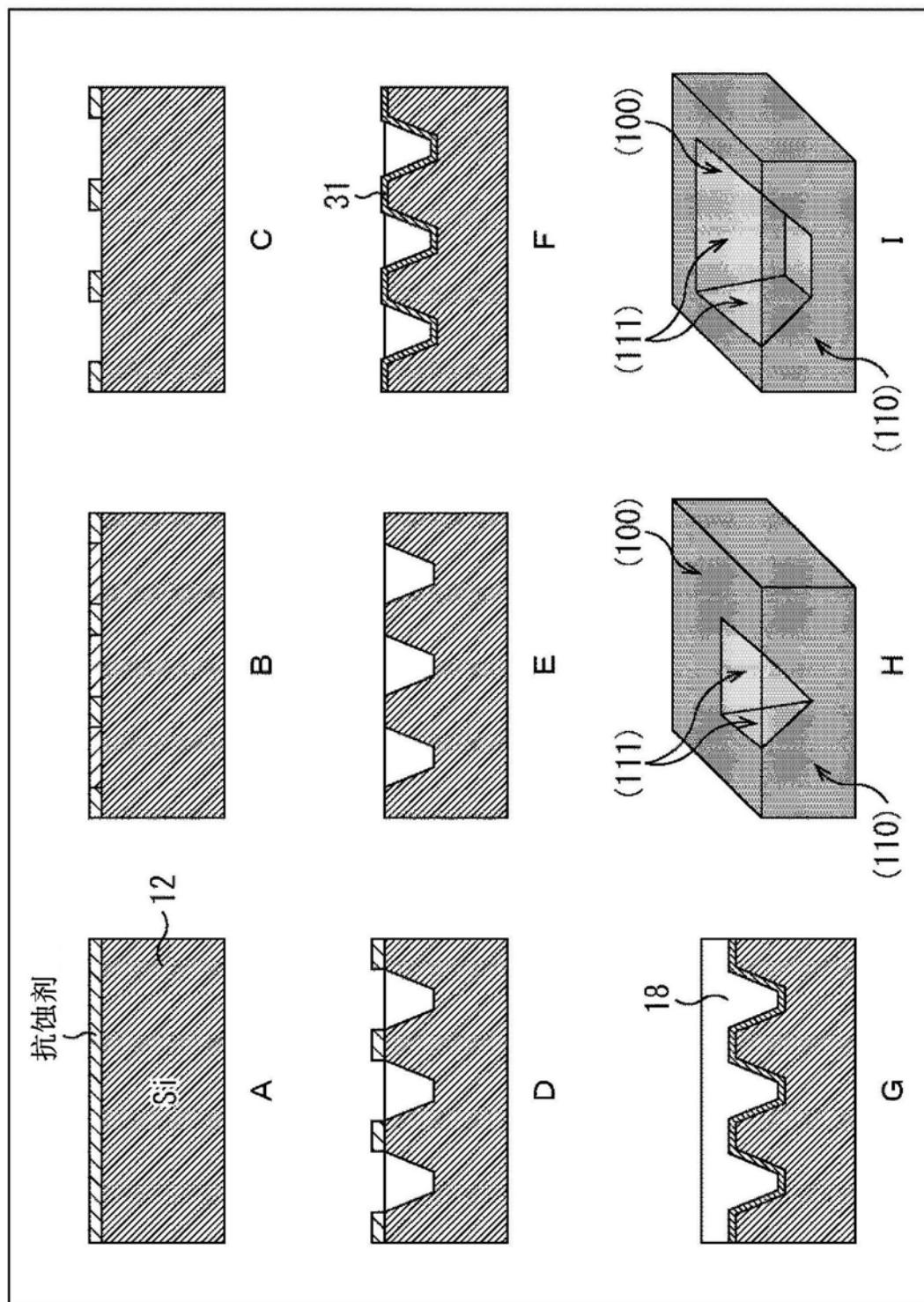


图19

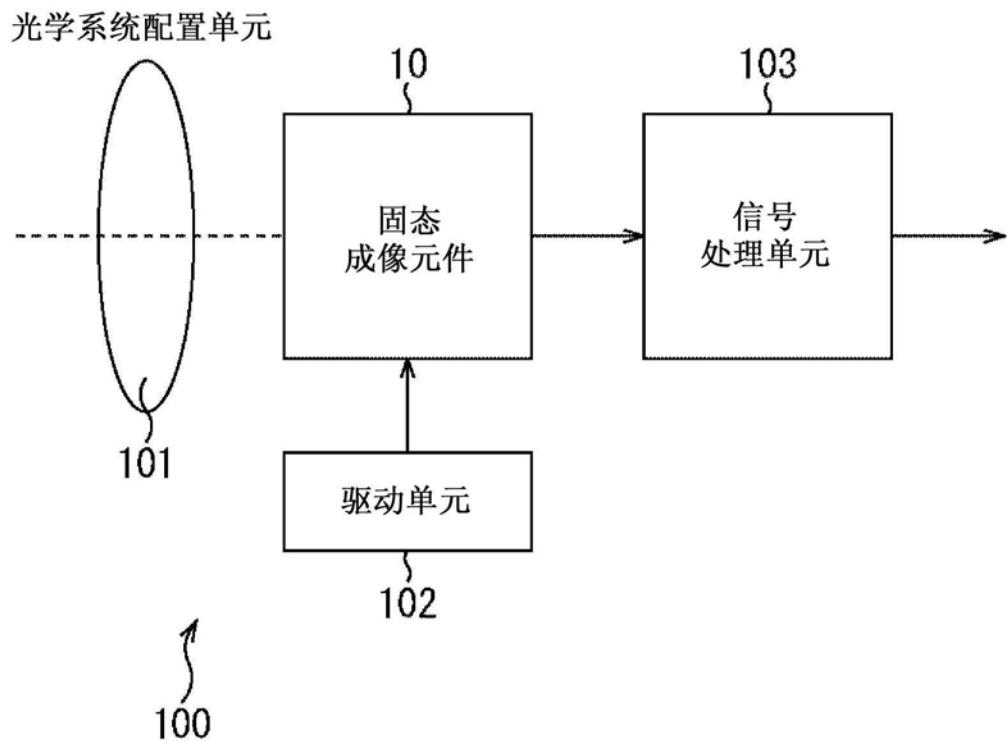


图20