



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115911068 A

(43) 申请公布日 2023.04.04

(21) 申请号 202211156768.9

(22) 申请日 2022.09.21

(30) 优先权数据

2021-154432 2021.09.22 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3-30-2

(72) 发明人 森本和浩 岩田旬史

(74) 专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

专利代理人 迟军 高华丽

(51) Int.CI.

H01L 27/146 (2006.01)

H01L 27/02 (2006.01)

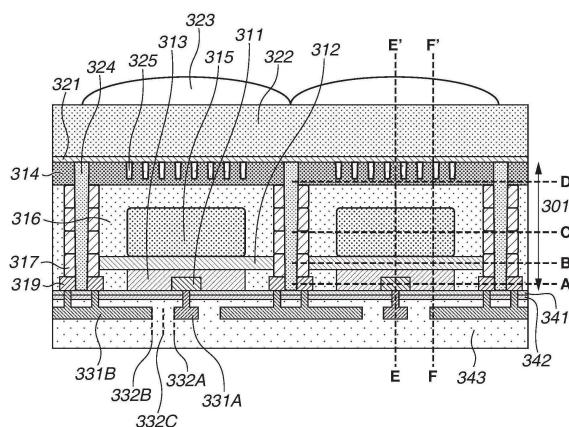
权利要求书3页 说明书18页 附图21页

(54) 发明名称

光电转换装置、光电转换系统和可移动体

(57) 摘要

本发明提供光电转换装置、光电转换系统和可移动体。所述光电转换装置包括布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中的雪崩二极管。所述雪崩二极管包括布置在第一深度处的第一导电类型的第一半导体区域、布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处的第二导电类型的第二半导体区域、配设为在从所述第二表面的平面视图中与所述第一半导体区域的端部接触的第三半导体区域、连接到所述第一半导体区域的第一布线部、以及连接到所述第二半导体区域的第二布线部。在从所述第二表面的平面视图中，所述第二布线部与面对所述第一布线部的绝缘膜之间的边界的至少一部分与所述第三半导体区域交叠并且不与所述第一半导体区域交叠。



1. 一种光电转换装置，所述光电转换装置包括：

雪崩二极管，其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中，

其中，所述雪崩二极管包括：

第一导电类型的第一半导体区域，其布置在第一深度处，

第二导电类型的第二半导体区域，其布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处，

第三半导体区域，其配设为在从所述第二表面的平面视图中与所述第一半导体区域的端部接触，

第一布线部，其连接到所述第一半导体区域，以及

第二布线部，其连接到所述第二半导体区域，并且

其中，在从所述第二表面的平面视图中，所述第二布线部与面对所述第一布线部的绝缘膜之间的边界的至少一部分与所述第三半导体区域交叠并且不与所述第一半导体区域交叠。

2. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，在从所述第二表面的平面视图中，所述第一半导体区域的面积小于所述第三半导体区域的面积。

3. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，所述第三半导体区域中的杂质浓度低于所述第一半导体区域中的杂质浓度。

4. 根据权利要求1所述的光电转换装置，

其中，在所述第二表面的侧上堆叠的多个布线层中形成所述第一布线部和所述第二布线部，并且

其中，所述第二布线部在如下布线层中形成，所述布线层是比将所述第一半导体区域和所述第一布线部连接的接触部距所述第二表面更远的布线层，并且是所述多个布线层当中的最靠近所述第二表面的布线层。

5. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，在所述第二表面的侧上堆叠的同一布线层中形成所述第一布线部和所述第二布线部。

6. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，在与所述第二表面垂直的方向上从所述第二表面到所述第二布线部的距离短于在与所述第二表面水平的方向上从所述第一布线部到所述第二布线部的距离。

7. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，所述第一表面是光入射面。

8. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，在从所述第二表面的平面视图中，所述第二布线部围绕所述第一布线部的周边。

9. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，在从所述第二表面的平面视图中，所述第一半导体区域被所述第二半导体区域包围。

10. 根据权利要求1所述的光电转换装置，其中，所述光电转换装置包括所述第二导电类型的第四半导体区域，所述第四半导体区域布置在相对于所述第二表面比所述第二深度深的第三深度处。

11. 根据权利要求10所述的光电转换装置，

其中，所述第一导电类型的第五半导体区域配设在所述第二半导体区域与所述第四半导体区域之间，并且

其中,所述第五半导体区域中的所述第一导电类型的杂质浓度低于所述第一半导体区域中的所述第一导电类型的杂质浓度。

12.根据权利要求11所述的光电转换装置,其中,所述第一半导体区域与所述第二半导体区域之间的电位差大于所述第二半导体区域与所述第五半导体区域之间的电位差。

13.根据权利要求1所述的光电转换装置,

其中,所述光电转换装置包括多个所述雪崩二极管,

其中,所述多个雪崩二极管包括第一雪崩二极管和与所述第一雪崩二极管邻近的第二雪崩二极管,并且

其中,在所述第一雪崩二极管与所述第二雪崩二极管之间包括像素隔离部分。

14.根据权利要求13所述的光电转换装置,

其中,所述多个雪崩二极管包括与所述第二雪崩二极管邻近的第三雪崩二极管,

其中,在所述第一雪崩二极管与所述第二雪崩二极管之间包括第一像素隔离部分,

其中,在所述第二雪崩二极管与所述第三雪崩二极管之间包括第二像素隔离部分,并且

其中,所述第二雪崩二极管中的所述第二半导体区域在与所述第一表面垂直的截面中从所述第一像素隔离部分延伸至所述第二像素隔离部分。

15.根据权利要求1所述的光电转换装置,其中,所述半导体层包括堆叠在所述第二表面上的氧化膜和氮化膜。

16.根据权利要求1所述的光电转换装置,其中,所述半导体层包括配设在所述第一表面中的多个凹凸结构。

17.根据权利要求16所述的光电转换装置,其中,所述第二布线部的面对所述第一布线部的边界的至少一部分在从所述第二表面的平面视图中被形成有所述多个凹凸结构的区域包围。

18.一种光电转换装置,所述光电转换装置包括:

多个雪崩二极管,其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中,

其中,所述雪崩二极管包括:

第一导电类型的第一半导体区域,其布置在第一深度处,

第二导电类型的第二半导体区域,其布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处,

第三半导体区域,其配设为在从所述第二表面的平面视图中与所述第一半导体区域的端部接触,

第一布线部,其连接到所述第一半导体区域,以及

第二布线部,其连接到所述第二半导体区域,并且

其中,在从所述第二表面的平面视图中,将所述第一布线部和绝缘膜之间的边界与所述第二布线部和所述绝缘膜之间的边界之间的距离在内部分割成相等距离的线的至少一部分与所述第三半导体区域交叠并且不与所述第一半导体区域交叠。

19.一种光电转换装置,所述光电转换装置包括:

雪崩二极管,其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中,

其中,所述雪崩二极管包括:

第一导电类型的第一半导体区域,其布置在第一深度处,

雪崩倍增区域,其在所述第一半导体区域与第二导电类型的第二半导体区域之间形成,第二导电类型的第二半导体区域布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处,

电场缓和区域,其在从所述第二表面的平面视图中围绕所述雪崩倍增区域,

第一布线部,其连接到所述第一半导体区域,以及

第二布线部,其连接到所述第二半导体区域,并且

其中,在从所述第二表面的平面视图中,所述第二布线部与面对所述第一布线部的绝缘膜之间的边界的至少一部分与所述电场缓和区域交叠。

20.根据权利要求19所述的光电转换装置,其中,在从所述第二表面的平面视图中,所述第一半导体区域的面积小于所述电场缓和区域的面积。

21.一种光电转换装置,所述光电转换装置包括:

雪崩二极管,其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中,

其中,所述雪崩二极管包括:

第一导电类型的第一半导体区域,其布置在第一深度处,

雪崩倍增区域,其在所述第一半导体区域与第二导电类型的第二半导体区域之间形成,第二导电类型的第二半导体区域布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处,

电场缓和区域,其在从所述第二表面的平面视图中围绕所述雪崩倍增区域,

第一布线部,其连接到所述第一半导体区域,以及

第二布线部,其连接到所述第二半导体区域,并且

其中,在从所述第二表面的平面视图中,将所述第一布线部和绝缘膜之间的边界与所述第二布线部和所述绝缘膜之间的边界之间的距离在内部分割成相等距离的线的至少一部分与所述电场缓和区域交叠。

22.一种光电转换系统,所述光电转换系统包括:

根据权利要求1至21中任一项所述的光电转换装置,以及

信号处理单元,其被构造为使用由所述光电转换装置输出的信号生成图像。

23.一种可移动体,其包括根据权利要求1至21中任一项所述的光电转换装置,所述可移动体包括:

控制单元,其被构造为使用由所述光电转换装置输出的信号来控制所述可移动体的移动。

## 光电转换装置、光电转换系统和可移动体

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光电转换装置、光电转换系统和可移动体。

### 背景技术

[0002] 存在一种光电转换装置，其具有通过在光电转换元件中延长入射光的光路长度而提高的量子转换效率。入射光的光路长度被配设在布线层中的对已穿过半导体基板的入射光进行反射的光反射器延长。美国专利申请公开第2020/0286946号讨论了一种单光子雪崩二极管(SPAD)，其配设有阳极布线作为光反射器。类似地，美国专利申请公开第2019/0181177号讨论了一种包括延长的阳极布线的SPAD。

### 发明内容

[0003] 根据本发明的一方面，一种光电转换装置包括：雪崩二极管，其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中。所述雪崩二极管包括：第一导电类型的第一半导体区域，其布置在第一深度处；第二导电类型的第二半导体区域，其布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处；第三半导体区域，其配设为在从所述第二表面的平面视图中与所述第一半导体区域的端部接触；第一布线部，其连接到所述第一半导体区域、以及第二布线部，其连接到所述第二半导体区域。在从所述第二表面的平面视图中，所述第二布线部与面对所述第一布线部的绝缘膜之间的边界的至少一部分与所述第三半导体区域交叠并且不与所述第一半导体区域交叠。

[0004] 根据本发明的另一方面，一种光电转换装置包括：多个雪崩二极管，其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中。所述雪崩二极管包括：第一导电类型的第一半导体区域，其布置在第一深度处；第二导电类型的第二半导体区域，其布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处；第三半导体区域，其配设为在从所述第二表面的平面视图中与所述第一半导体区域的端部接触；第一布线部，其连接到所述第一半导体区域；以及第二布线部，其连接到所述第二半导体区域。在从所述第二表面的平面视图中，将所述第一布线部和绝缘膜之间的边界与所述第二布线部和所述绝缘膜之间的边界之间的距离在内部分割成相等距离的线的至少一部分与所述第三半导体区域交叠并且不与所述第一半导体区域交叠。

[0005] 根据本发明的又一方面，一种光电转换装置包括：雪崩二极管，其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中。所述雪崩二极管包括：第一导电类型的第一半导体区域，其布置在第一深度处；雪崩倍增区域，其在所述第一半导体区域与第二导电类型的第二半导体区域之间形成，第二导电类型的第二半导体区域布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处；电场缓和区域，其在从所述第二表面的平面视图中围绕所述雪崩倍增区域；第一布线部，其连接到所述第一半导体区域；以及第二布线部，其连接到所述第二半导体区域。在从所述第二表面的平面视图中，所述第二布线部与面对所述第一布线部的绝缘膜之间的边界的至少一部分与所述电场缓和区域交叠。

[0006] 根据本发明的又另一方面，一种光电转换装置包括：雪崩二极管，其布置在具有第一表面和面对所述第一表面的第二表面的半导体层中。所述雪崩二极管包括：第一导电类型的第一半导体区域，其布置在第一深度处；雪崩倍增区域，其在所述第一半导体区域与第二导电类型的第二半导体区域之间形成，第二导电类型的第二半导体区域布置在相对于所述第二表面比所述第一深度深的第二深度处；电场缓和区域，其在从所述第二表面的平面视图中围绕所述雪崩倍增区域；第一布线部，其连接到所述第一半导体区域；以及第二布线部，其连接到所述第二半导体区域。在从所述第二表面的平面视图中，将所述第一布线部和绝缘膜之间的边界与所述第二布线部和所述绝缘膜之间的边界之间的距离在内部分割成相等距离的线的至少一部分与所述电场缓和区域交叠。

[0007] 通过以下参照附图对示例性实施例的描述，本发明的其他特征将变得清楚。

## 附图说明

[0008] 图1是根据一个或更多个示例性实施例的光电转换装置的示意图。

[0009] 图2是根据一个或更多个示例性实施例的光电转换装置的光电二极管(PD)基板的示意图。

[0010] 图3是根据一个或更多个示例性实施例的光电转换装置的电路基板的示意图。

[0011] 图4示出了根据一个或更多个示例性实施例的光电转换装置的像素电路的构造示例。

[0012] 图5A至图5C是示出根据一个或更多个示例性实施例的光电转换装置的像素电路的驱动的示意图。

[0013] 图6是根据第一示例性实施例的光电转换元件的截面图。

[0014] 图7A和图7B是根据第一示例性实施例的光电转换元件的平面图。

[0015] 图8是根据第一示例性实施例的光电转换元件的电位曲线图。

[0016] 图9示出了根据第一示例性实施例的光电转换元件的比较例。

[0017] 图10A和图10B是根据第一示例性实施例的光电转换元件的电位曲线图。

[0018] 图11是根据第二示例性实施例的光电转换元件的截面图。

[0019] 图12A和图12B是根据第二示例性实施例的光电转换元件的平面图。

[0020] 图13是根据第二示例性实施例的变型例的光电转换元件的截面图。

[0021] 图14是根据第三示例性实施例的光电转换元件的截面图。

[0022] 图15A和图15B是根据第三示例性实施例的光电转换元件的平面图。

[0023] 图16是根据第四示例性实施例的光电转换元件的截面图。

[0024] 图17A和图17B是根据第四示例性实施例的光电转换元件的平面图。

[0025] 图18是根据第五示例性实施例的光电转换元件的截面图。

[0026] 图19A和图19B是根据第五示例性实施例的光电转换元件的平面图。

[0027] 图20是根据第六示例性实施例的光电转换系统的功能框图。

[0028] 图21A和图21B是根据第七示例性实施例的光电转换系统的功能框图。

[0029] 图22是根据第八示例性实施例的光电转换系统的功能框图。

[0030] 图23是根据第九示例性实施例的光电转换系统的功能框图。

[0031] 图24A和图24B是根据第十示例性实施例的光电转换系统的功能框图。

## 具体实施方式

[0032] 为了体现本发明的技术思想的目的,将描述以下示例性实施例,并且以下示例性实施例不旨在限制本发明。在某些情况下,为了清楚的描述而夸大了附图中所示的构件的尺寸和位置关系。在以下描述中,相同的标号是指相同的部件,并且在某些情况下将省略其描述。

[0033] 在下文中,将参照附图详细描述本发明的一些示例性实施例。在以下描述中,适当地使用表示特定方向和位置的术语(例如,“上”、“下”、“右”、“左”以及包括这些术语的其他术语)。这些术语用于帮助理解将参照附图描述的示例性实施例。本发明的技术范围不受这些术语的含义限制。

[0034] 在本说明书中,“平面视图”是指在与半导体层的光入射面垂直的方向上的视图。截面是指在与半导体层的光入射面垂直的方向上的面。在半导体层的光入射面为微观粗糙面的情况下,基于宏观观察的半导体层的光入射面来限定平面视图。

[0035] 在以下描述中,将雪崩光电二极管(APD)的阳极设定为固定电位,并且从雪崩光电二极管的阴极取出信号。因此,与信号电荷的极性相同的极性的电荷为主要载流子的第一导电类型的半导体区域是N型半导体区域,并且与信号电荷的极性不同的另一极性的电荷为主要载流子的第二导电类型的半导体区域是P型半导体区域。

[0036] 即使将APD的阴极设定为固定电位并且从阳极取出信号,也能够实施本发明。在这种情况下,与信号电荷的极性相同的极性的电荷为主要载流子的第一导电类型的半导体区域是P型半导体区域,并且与信号电荷的极性不同的另一极性的电荷为主要载流子的第二导电类型的半导体区域是N型半导体区域。以下将描述将APD的一个节点设定为固定电位的情况,但是可以使两个节点的电位可变。

[0037] 在本说明书中,当简单地使用术语“杂质浓度”时,该术语意指通过减去由相反导电类型的杂质补偿的量而获得的净杂质浓度。简而言之,“杂质浓度”是指NET掺杂浓度。P型添加杂质浓度高于N型添加杂质浓度的区域是P型半导体区域。相反,N型添加杂质浓度高于P型添加杂质浓度的区域是N型半导体区域。

[0038] 将参照图1至图5A、图5B和图5C来描述本发明的示例性实施例共同的光电转换装置的构造及其驱动方法。

[0039] 图1是示出根据本发明的一个或更多个示例性实施例的堆叠型光电转换装置100的构造的图。

[0040] 光电转换装置100包括彼此电连接的两个堆叠的基板(传感器基板11和电路基板21)。传感器基板11包括:第一布线结构和包含后述的光电转换元件102的第一半导体层。电路基板21包括:第二布线结构和包含后述的诸如信号处理单元103等电路的第二半导体层。光电转换装置100包括依次堆叠的第二半导体层、第二布线结构、第一布线结构和第一半导体层。各个示例性实施例中描述的光电转换装置是如下背照式光电转换装置,其接收从第一表面进入的光并且包括布置在第二表面上的电路基板。

[0041] 在下文中,传感器基板11和电路基板21将被描述为单片化芯片,但是传感器基板11和电路基板21不限于这样的芯片。例如,各个基板可以是晶片。作为选择,基板可以在以晶片状态被堆叠之后被单片化,或者可以被单片化成芯片并且然后通过堆叠芯片而接合。

[0042] 在传感器基板11上布置像素区域12,并且在电路基板21上布置用于处理在像素区

域12中检测到的信号的电路区域22。

[0043] 图2是示出传感器基板11的布置示例的图。像素101在平面视图中以二维阵列布置，并且形成像素区域12，像素101各自包括包含APD的光电转换元件102。

[0044] 典型地，像素101是用于形成图像的像素。飞行时间(TOF)传感器中使用的像素101并不总是用于形成图像。换句话说，像素101可以是用于测量光到达的时间和用于测量光量的像素。

[0045] 图3是电路基板21的构造图。电路基板21包括：处理由图2中所示的光电转换元件102光电转换的电荷的信号处理单元103、读出电路112、控制脉冲生成单元115、水平扫描电路单元111、信号线113和垂直扫描电路单元110。

[0046] 图2中所示的光电转换元件102和图3中所示的信号处理单元103经由配设在各个像素上的连接布线而电连接。

[0047] 垂直扫描电路单元110接收从控制脉冲生成单元115供给的控制脉冲，并且将控制脉冲供给到各个像素。诸如移位寄存器或地址解码器的逻辑电路用作垂直扫描电路单元110。

[0048] 从像素的光电转换元件102输出的信号由信号处理单元103处理。计数器和存储器配设在信号处理单元103中，并且数字值被存储在存储器中。

[0049] 水平扫描电路单元111向信号处理单元103输入用于顺序地选择各个列的控制脉冲，以从各个像素的存储数字信号的存储器中读出信号。

[0050] 将信号从由垂直扫描电路单元110选择的所选列上的像素的信号处理单元103输出到信号线113。

[0051] 输出到信号线113的信号经由输出电路114输出到光电转换装置100外部的记录单元或信号处理单元。

[0052] 在图2中，像素区域中的光电转换元件可以是一维阵列的。即使像素的数量为1，也能够获得本发明的效果，并且这样的情况也包括在本发明中。并非每个光电转换元件都可以具有信号处理单元的功能。例如，可以由多个光电转换元件共享一个信号处理单元，并且可以顺序地进行信号处理。

[0053] 如图2和图3中所示，在平面视图中，多个信号处理单元103布置在与像素区域12交叠的区域中。然后，在平面视图中，垂直扫描电路单元110、水平扫描电路单元111、读出电路112、输出电路114和控制脉冲生成单元115布置成与由传感器基板11的端部和像素区域12的端部限定的区域交叠。换句话说，传感器基板11包括像素区域12以及布置在像素区域12周围的非像素区域。然后，在平面视图中，垂直扫描电路单元110、水平扫描电路单元111、读出电路112、输出电路114和控制脉冲生成单元115布置在与非像素区域交叠的区域中。

[0054] 图4示出了包括图2和图3的等效电路的框图的示例。

[0055] 在图4中，包括APD 201的光电转换元件102配设在传感器基板11上，并且其他构件配设在电路基板21上。

[0056] APD 201通过光电转换生成与入射光对应的电荷对。电压VL(第一电压)被供给到APD 201的阳极。高于供给到阳极的电压VL的电压VH(第二电压)被供给到APD 201的阴极。用于使APD 201引起雪崩倍增过程的反向偏置电压被供给到阳极和阴极。供给有这样的电压的状态引起由入射光生成电荷的雪崩倍增，从而产生雪崩电流。

[0057] 以两种模式供给反向偏置电压：盖革(Geiger)模式和线性模式。在盖革模式下，APD在阳极与阴极之间的电位差大于击穿电压的情况下操作。在线性模式下，APD在阳极与阴极之间的电位差接近击穿电压的情况下或在电压差等于或小于击穿电压的情况下操作。

[0058] 在盖革模式下操作的APD将被称为单光子雪崩光电二极管(SPAD)。例如，电压VL(第一电压)为-30V，并且电压VH(第二电压)为1V。APD 201可以在线性模式下操作，或者可以在盖革模式下操作。因为与线性模式下的APD的情况相比，SPAD的电位差变得更大并且SPAD的耐压效果变得更加显著，所以适合使用SPAD。

[0059] 淬灭(quench)元件202连接到APD 201和供给电压VH的电源。淬灭元件202在信号通过雪崩倍增而倍增时用作负载电路(淬灭电路)，并且具有通过降低要供给到APD 201的电压来抑制雪崩倍增的功能(淬灭)。淬灭元件202还具有通过流过与由淬灭引起的电压降对应的量的电流来使要供给到APD 201的电压返回到电压VH的功能(再充电)。

[0060] 信号处理单元103包括波形整形单元210、计数器电路211和选择电路212。在本说明书中，信号处理单元103至少包括波形整形单元210、计数器电路211和选择电路212中的一个。

[0061] 波形整形单元210通过对在光子检测时获得的、APD 201的阴极的电位变化进行整形来输出脉冲信号。例如，逆变器电路被用作波形整形单元210。图4示出了一个逆变器被用作波形整形单元210的示例，但是可以使用将多个逆变器串联连接的电路，或者可以使用具有波形整形效果的其他电路。

[0062] 计数器电路211对从波形整形单元210输出的脉冲信号的数量进行计数，并且存储计数值。当经由驱动线213供给控制脉冲pRES时，存储在计数器电路211中的、脉冲信号的数量被复位。

[0063] 控制脉冲pSEL从图3中所示的垂直扫描电路单元110经由图4中所示的驱动线214(在图3中未示出)被供给到选择电路212，并且对计数器电路211与信号线113之间的电连接和分离进行切换。例如，选择电路212包括用于输出信号的缓冲电路。

[0064] 可以通过设置在淬灭元件202与APD 201之间或者光电转换元件102与信号处理单元103之间的诸如晶体管的开关来切换电连接。类似地，可以使用诸如晶体管的开关来电切换电压VH或电压VL到光电转换元件102的供应。

[0065] 在本示例性实施例中，已经描述了使用计数器电路211的构造。另一方面，光电转换装置100可以使用时间数字转换器(在下文中被称为TDC)和存储器而不是计数器电路211来获取脉冲检测定时。在这种情况下，从波形整形单元210输出的脉冲信号的生成定时由TDC转换成数字信号。为了测量脉冲信号的定时，从图3中所示的垂直扫描电路单元110经由驱动线向TDC供给控制脉冲pREF(参考信号)。TDC基于控制脉冲pREF获取数字信号，该数字信号以相对时间指示经由波形整形单元210从各个像素输出的信号的输入定时。

[0066] 图5A至图5C是示意性地示出APD的操作与输出信号之间的关系的图。

[0067] 图5A是提取了APD 201、淬灭元件202和波形整形单元210(全部在图4中示出)的图。在图5A中，节点A在波形整形单元210的输入侧并且节点B在波形整形单元210的输出侧。图5B示出了图5A中的节点A处的波形变化，并且图5C示出了图5A中的节点B处的波形变化。

[0068] 在从时刻t0至时刻t1的时段期间，电位差VH-VL被施加到图5A中的APD 201。如果光子在时刻t1进入APD 201，则在APD 201中发生雪崩倍增，雪崩倍增电流流向淬灭元件

202，并且节点A处的电压下降。如果电压降的量进一步增加，并且施加到APD 201的电位差变小，则APD 201中的雪崩倍增在时刻t2处停止，并且节点A处的电压电平停止从一定固定值下降。之后，在从时刻t2至时刻t3的时段期间，来自电压VL的对电压降进行补偿的电流流向节点A，并且在时刻t3处，节点A的电位电平静态稳定在原始电位电平处。此时，在节点A处输出波形超过一定阈值的部分经受由波形整形单元210进行的波形整形，并且在节点B处作为信号而输出。

[0069] 信号线113的布置以及读出电路112和输出电路114的布置不限于图3中所示的那些。例如，信号线113可以布置为在行方向上延伸，并且读出电路112可以布置在延伸的信号线113的端部。

[0070] 在下文中，将描述各个示例性实施例的光电转换装置。

[0071] 将参照图6至图10A和图10B来描述根据第一示例性实施例的光电转换装置。

[0072] 图6是示出根据第一示例性实施例的光电转换装置的光电转换元件102的对应于两个像素的在与基板的表面方向垂直的方向上的截面图，并且对应于图7A中的A-A'截面。

[0073] 将描述光电转换元件102的结构和功能。光电转换元件102包括N型第一半导体区域311、N型第三半导体区域313、N型第五半导体区域315和N型第六半导体区域316。光电转换元件102还包括P型第二半导体区域312、P型第四半导体区域314、P型第七半导体区域317和P型第九半导体区域319。

[0074] 在本示例性实施例中，在图6中所示的截面中，在面对光入射面的表面附近形成N型第一半导体区域311，并且在第一半导体区域311周围形成N型第三半导体区域313。在平面视图中，在与第一半导体区域311和第三半导体区域313交叠的位置处形成P型第二半导体区域312。在平面视图中，在与第二半导体区域312交叠的位置处还布置N型第五半导体区域315，并且在第五半导体区域315周围形成N型第六半导体区域316。

[0075] 第一半导体区域311的N型杂质浓度高于第三半导体区域313和第五半导体区域315的N型杂质浓度。在P型第二半导体区域312与N型第一半导体区域311之间形成PN结。这里，第二半导体区域312的杂质浓度低于第一半导体区域311的杂质浓度，使得第二半导体区域312在平面视图中与第一半导体区域311的中心交叠的区域完全变为耗尽层区域。此时，第一半导体区域311与第二半导体区域312之间的电位差大于第二半导体区域312与第五半导体区域315之间的电位差。此外，耗尽层区域延伸至第一半导体区域311的部分区域，并且在延伸的耗尽层区域中诱导出强电场。强电场导致在延伸至第一半导体区域311的部分区域的耗尽层区域中发生雪崩倍增，并且基于放大电荷的电流作为信号电荷被输出。当已进入光电转换元件102的光被光电转换，并且在耗尽层区域(雪崩倍增区域)中发生雪崩倍增时，生成的第一导电类型的电荷被收集到第一半导体区域311中。

[0076] 在图6中，以几乎相等的尺寸形成第三半导体区域313和第五半导体区域315，但是第三半导体区域313和第五半导体区域315的尺寸不限于该尺寸。例如，第五半导体区域315可以比第三半导体区域313的尺寸大的尺寸形成，并且电荷可以从更宽范围的半导体区域被收集到第一半导体区域311中。

[0077] 第三半导体区域313可以是P型半导体区域而不是N型半导体区域。在这种情况下，第三半导体区域313的杂质浓度被设置为比第二半导体区域312的杂质浓度低的杂质浓度。这是因为，如果第三半导体区域313的杂质浓度太高，则在第三半导体区域313与第一半导

体区域311之间形成雪崩倍增区域，并且暗计数率(DCR)增加。

[0078] 在半导体层的光入射面侧的表面中形成有沟槽结构的凹凸结构325。凹凸结构325被P型第四半导体区域314围绕，并且对已进入光电转换元件102的光进行散射。因为入射光在光电转换元件102中倾斜行进，所以光路长度能够等于或大于半导体层301的厚度，并且与未配设凹凸结构325的情况相比，能够对具有更长波长的光进行光电转换。因为通过凹凸结构325防止入射光在基板中的反射，所以能够获得提高入射光的光电转换效率的效果。此外，凹凸结构325与具有延伸形状的阳极布线组合(这是本发明的特征部分)，阳极布线有效地反射由凹凸结构325在倾斜方向衍射的光，这能够进一步提高近红外光的灵敏度。

[0079] 在平面视图中彼此交叠地形成第五半导体区域315和凹凸结构325。在平面视图中，第五半导体区域315和凹凸结构325彼此交叠的部分的面积大于第五半导体区域315的不与凹凸结构325交叠的部分的面积。对于在远离在第一半导体区域311与第五半导体区域315之间形成的雪崩倍增区域的位置处生成的电荷，到达雪崩倍增区域所需的行进时间变得比在靠近雪崩倍增区域的位置处生成的电荷到达雪崩倍增区域所需的时间长。因此，时序抖动可能增加。第五半导体区域315和凹凸结构325在平面视图中彼此交叠的位置处的布置能够增强光电二极管深部的电场，这引起收集在远离雪崩倍增区域的位置处生成的电荷的时间缩短，从而能够减少时序抖动。

[0080] 另外，第四半导体区域314三维地覆盖凹凸结构325，减少了在凹凸结构325的界面部分处的热激发电荷的生成。这降低了光电转换元件102的DCR。

[0081] 像素被具有沟槽结构的像素隔离部分324隔离，并且在像素隔离部分324周围形成的P型第七半导体区域317通过势垒来隔离相邻的光电转换元件102。因为光电转换元件102还被第七半导体区域317的电位隔离，所以并不总是使用诸如像素隔离部分324的具有沟槽结构的像素隔离部分，并且具有沟槽结构的像素隔离部分324的深度和位置不限于图6中所示的深度和位置。像素隔离部分324可以是穿透半导体层的深沟槽隔离(DTI)，或者可以是不穿透半导体层的DTI。可以将金属埋入DTI以提高遮光效果。像素隔离部分324可以由一氧化硅(SiO)、固定电荷膜、金属构件、多晶硅(Poly-Si)或这些的组合形成。在平面视图中可以围绕光电转换元件102的整个周边形成像素隔离部分324，或者可以在例如面对光电转换元件102的一侧的部分中形成像素隔离部分324。可以向埋入的构件施加电压以在沟槽界面上诱导出电荷，从而降低DCR。

[0082] 从像素隔离部分324到相邻的像素或配设在像素隔离部分324的最接近的位置处的像素的距离能够被视为是一个光电转换元件102的尺寸。设L表示一个光电转换元件102的尺寸，则从光入射面到雪崩倍增区域的距离d满足 $L\sqrt{2}/4 < d < L\sqrt{2}$ 。当光电转换元件102的尺寸和深度满足该关系时，在第一半导体区域311附近的深度方向的电场的强度和平面方向的电场的强度几乎相等。这能够减少电荷收集所需时间的变化，从而减少时序抖动。

[0083] 在半导体层的光入射面侧上进一步形成有钉扎膜321、平坦化膜322和微透镜323。也可以在光入射面侧上进一步布置滤光层(未示出)。能够使用诸如滤色器、红外光截止滤光器、单色滤光器的各种光学滤光器作为滤光层。能够使用RGB滤色器或RGBW滤色器作为滤色器。

[0084] 包括导体和绝缘膜的布线结构配设在半导体层的面对光入射面的表面上。图6中所示的光电转换元件102在靠近半导体层的位置处依次包括氧化膜341和保护膜342，并且

进一步堆叠有包括导体的布线层。作为绝缘膜的层间膜343配设在布线与半导体层之间以及布线层之间。保护膜342是用于保护雪崩二极管免受可能在蚀刻中引起的等离子体损伤和金属污染的膜。

[0085] 通常使用氮化硅(SiN)用作氮化物膜,但是可以使用氮氧化硅(SiON)、碳化硅(SiC)或碳氮化硅(SiCN)。

[0086] 阴极布线331A连接到第一半导体区域311,并且阳极布线331B经由作为阳极触点的第九半导体区域319向第七半导体区域317供给电压。在本示例性实施例中,在同一布线层中形成阴极布线331A和阳极布线331B。例如,布线由包括诸如铜(Cu)和铝(Al)的金属的导体形成。在该截面中,阴极布线外周部332A表示阴极布线331A的外周部,并且阳极布线内周部332B表示阳极布线331B的面对阴极布线外周部332A的内周部。由虚线表示的假想线332C将阴极布线外周部332A与阳极布线内周部332B之间的距离在内部分割成相等距离。

[0087] 图7A和图7B是各自示出根据第一示例性实施例的光电转换装置的两个像素的像素平面图。图7A是示出在平面视图中从面对光入射面的表面观察的两个像素的平面图。图7B是示出在平面视图中从光入射面侧观察的两个像素的平面图。

[0088] 第一半导体区域311、第三半导体区域313和第五半导体区域315具有圆形形状,并且以同心图案布置。在图7A中示出了第一半导体区域311和第三半导体区域313的布置。在图7B中示出了第五半导体区域315的布置。这种结构减少了局部集中在第一半导体区域311与第二半导体区域312之间的强电场区域的端部的电场,降低了DCR。各个半导体区域的形状不限于圆形形状。例如,半导体区域可以形状为质心位置彼此对齐的多边形。

[0089] 第一半导体区域311和第三半导体区域313上的虚线表示在平面视图中分别配设的阴极布线331A和阳极布线331B的范围。阴极布线331A在平面视图中具有圆形形状,并且阴极布线331A的外周部332A在平面视图中与第一半导体区域311交叠。阳极布线331B的内周部332B是具有圆形孔的面,并且在平面视图中与第三半导体区域313完全交叠。换句话说,阳极布线331B与面对阴极布线331A的绝缘膜之间的边界与第三半导体区域313交叠。将阴极布线外周部332A与阳极布线内周部332B之间的距离相等分割的假想线332C与第三半导体区域313交叠并且不与第一半导体区域311交叠。

[0090] 在第一半导体区域311与第二半导体区域312之间在深度方向上形成雪崩倍增区域,并且围绕该雪崩倍增区域配设有电场缓和区域。电场缓和区域可以不完全覆盖雪崩倍增区域的周边,而是可以部分地覆盖雪崩倍增区域的周边。阳极布线331B与面对阴极布线331A的绝缘膜之间的边界在平面视图中与该电场缓和区域交叠。作为选择,将阴极布线外周部332A与阳极布线内周部332B之间的距离相等分割的假想线332C能够与电场缓和区域交叠。

[0091] 在沿图7A中的A-A'方向(像素的对角线方向)截取的截面中可以看到第九半导体区域319,而在沿B-B'方向(像素的相对侧方向)截取的截面中看不到第九半导体区域319。在沿B-B'方向截取的截面中,代替缺少第九半导体区域319,第七半导体区域317延伸至面对光入射面侧的表面。

[0092] 在图7B中,凹凸结构325在平面视图中形成为网格状。与第一半导体区域311和第五半导体区域315交叠地形成凹凸结构325,并且凹凸结构325的质心位置在平面视图中落入雪崩倍增区域内。在如图7B中所示的网格状的沟槽结构中,在沟槽的交叉点处的沟槽深

度比在沟槽单独延伸的部分中的沟槽深度深。另一方面，比半导体层的厚度的一半位置更靠近光入射面的位置处存在沟槽的交叉点处的沟槽的底部。沟槽深度是指从第二表面到底部的深度，也可以说是凹凸结构325的凹部的深度。

[0093] 图8是图6中所示的光电转换元件102的电位图。

[0094] 图8中的虚线70表示图6中的线FF'的电位分布，并且图8中的实线71表示图6中的线EE'的电位分布。图8参照作为N型半导体区域的主要载流子电荷的电子示出了电位。如果主要载流子电荷是空穴，则电位的电平之间的关系是相反的。图8中的深度A对应于图6中的高度A。类似地，深度B、C和D分别对应于高度B、C和D。

[0095] 在图8中，在深度A处由实线71表示的电位高度由A1表示，在深度A处由虚线70表示的电位高度由A2表示，在深度B处由实线71表示的电位高度由B1表示，并且在深度B处由虚线70表示的电位高度由B2表示。另外，在深度C处由实线71表示的电位高度由C1表示，在深度C处由虚线70表示的电位高度由C2表示，在深度D处由实线71表示的电位高度由D1表示，并且在深度D处由虚线70表示的电位高度由D2表示。

[0096] 如从图6和图8中可见，第一半导体区域311的电位高度对应于电位高度A1，并且第二半导体区域312的中央部分附近的点的电位高度对应于电位高度B1。另外，第五半导体区域315的电位高度对应于电位高度A2，并且第二半导体区域312的外边缘部分的电位高度对应于电位高度B2。

[0097] 对于图8中的虚线70，从深度D朝向深度C电位逐渐降低。然后，从深度C朝向深度B电位逐渐增加，并且在深度B处达到电位高度B2。此外，从深度B朝向深度A电位降低，并且在深度A处达到电位高度A2。

[0098] 另一方面，对于实线71，从深度D朝向深度C以及从深度C朝向深度B电位逐渐降低，并且在深度B处达到电位高度B1。然后，从深度B朝向深度A电位急剧降低，并且在深度A处达到电位高度A1。在深度D处，由虚线70表示的电位和由实线71表示的电位处于几乎相同的高度，并且由线EE'和线FF'表示的区域具有朝向半导体层301的第二表面逐渐降低的电位梯度。因此，在光检测装置中生成的电荷沿着平缓的电位梯度朝向第二表面移动。

[0099] 在本示例性实施例的雪崩二极管中，P型第二半导体区域312的杂质浓度低于N型第一半导体区域311的杂质浓度，并且向第一半导体区域311和第二半导体区域312供给反向偏置的电位。这种构造在第二半导体区域312中形成耗尽层区域。在这样的结构中，第二半导体区域312用作用于在第四半导体区域314中光电转换的电荷的势垒，这有助于将电荷收集到第一半导体区域311中。

[0100] 在图6中，第二半导体区域312在光电转换元件102的整个表面之上形成，但是在平面视图中与第一半导体区域311交叠的部分例如可以是N型半导体区域，而没有作为P型半导体区域的第二半导体区域312。该N型半导体区域的杂质浓度被设定为比第一半导体区域311的杂质浓度低的杂质浓度。如果使用N型半导体层，则在平面视图中与第一半导体区域311交叠的部分处不配设第二半导体区域312。在这种情况下，能够理解的是形成了具有狭缝部分的第四半导体区域314。在这种情况下，第二半导体区域312与狭缝部分之间的电位差在图6中的深度C处使电位在从线FF'朝向线EE'的方向上降低。这种构造有助于第四半导体区域314中的光电转换电荷在第一半导体区域311的方向上的移动。另一方面，如图6中所示的第二半导体区域312形成在整个表面之上的构造允许施加较低的电压来生成用于雪崩

倍增的强电场,从而减少由局部强电场区域的形成而引起的噪声。

[0101] 已移动到第二半导体区域312附近的电荷通过沿着由图8中的实线71表示的从深度B朝向深度A的陡峭电位梯度(即,强电场)加速而经受雪崩倍增。

[0102] 与此相反,在图6中的第五半导体区域315与P型第二半导体区域312之间的区域(即,由图8中的虚线70表示的从深度B朝向深度A的区域)的电位分布中不发生雪崩倍增。因此,能够将在第四半导体区域314中生成的电荷计数为信号电荷,而相对于光电二极管的尺寸不增加强电场区域(雪崩倍增区域)的面积。到目前为止已经假设第五半导体区域315的导电类型是N型而给出了描述,但是第五半导体区域315可以是P型半导体区域,只要浓度满足上述电位关系即可。

[0103] 在第二半导体区域312中光电转换的电荷沿着由图8中的虚线70表示的从深度B朝向深度C的电位梯度流入第四半导体区域314。由于上面描述的原因,该构造有助于第四半导体区域314中的电荷向第二半导体区域312的移动。因此,在第二半导体区域312中光电转换的电荷移动到第一半导体区域311,并且被检测为通过雪崩倍增的信号电荷。因此,光电转换元件102对在第二半导体区域312中光电转换的电荷具有敏感性。

[0104] 图8中的虚线70还表示沿着图3中的线FF'的截面电位。在虚线70上,由A2表示图6中的高度A和线FF'彼此交叉的点,由B2表示高度B和线FF'彼此交叉的点,由C2表示高度C和线FF'彼此交叉的点,并且由D2表示高度D和线FF'彼此交叉的点。在图6中的第四半导体区域314中光电转换的电子沿着图8中的从电位高度D2朝向电位高度C2的电位梯度移动,但是电子不能越过从电位高度C2到电位高度B2的区域,因为该区域用作针对电子的势垒。因此,电子移动到图6中的第四半导体区域314的由线EE'表示的中央部分附近。到达的电子沿着图8中的从电位高度C1朝向电位高度B1的电位梯度移动,并且沿着从电位高度B1朝向电位高度A1的陡峭电位梯度经受雪崩倍增,穿过第一半导体区域311,并且被检测为信号电荷。

[0105] 在图6中的第三半导体区域313与第六半导体区域316之间的边界附近生成的电荷沿着图8中的从电位高度B2朝向电位高度C2的电位梯度移动。之后,如上所述,电荷移动到图6中的第四半导体区域314的由线EE'表示的中央部分附近。然后,电荷沿着从电位高度B1朝向电位高度A1的陡峭电位梯度经受雪崩倍增。通过雪崩倍增的电荷穿过第一半导体区域311,并且被检测为信号电荷。

[0106] 第一半导体区域311周围的强电场导致传感器基板与载流子之间的热状态不平衡,从而产生热载流子。热载流子被俘获到靠近布线层的阴极区域外围中的俘获位置中。将被俘获的热载流子随着时间而增加,并且阴极区域附近的电位和强电场区域中的电场强度也随着时间而变化,这导致对击穿电压随着时间而变化的担忧。

[0107] 将参照图9以及图10A和图10B来描述本示例性实施例的关注点和效果,图9示出了光电转换元件102的截面比较图,图10A和图10B分别示出了图9中的各个截面比较图中的布线层附近的电位分布和电场强度分布。图9中所示的截面对应于图7A中的B-B'截面,并且图9的(I)示出了阳极布线331B的延伸不足的情况,图9的(II)示出了阳极布线331B的延伸适当的情况,以及图9的(III)示出了阳极布线331B的延伸过度的情况。

[0108] 在如图9的(I)中所示的、将阴极布线外周部332A与阳极布线内周部332B之间的距离相等分割的假想线332C不与第三半导体区域313交叠的情况下,阳极布线331B的延伸不足,这不具有使击穿电压随时间的变化减少的效果。另一方面,在如图9的(III)中所示的、

阳极布线331B以假想线332C与第一半导体区域311交叠的这样的程度延伸的情况下,延伸过度,这使得电场集中在第一半导体区域311的端部,增加了DCR。图9的(II)示出了包括以假想线332C与第三半导体区域313交叠并且不与第一半导体区域311交叠的这样的方式适当地延伸的阳极布线331B的构造。

[0109] 图10A是示出图9中所示的各个截面图中的Z-Z'截面中的电位分布的示意图,并且图10B是示出图9中所示的各个截面图中的X-X'截面中的电场强度分布的示意图。

[0110] 为了减少击穿电压随时间的变化,在第三半导体区域313中的Z-Z'截面中,高度A处的电位高于从高度A到高度Z的区域中的电位是适合的。换句话说,在高度Z和高度Z'之间在高度A处形成势垒是适合的。如由图10A中的线I至线III所表示的,随着阳极布线331B的端部越靠近像素中心(即,Z-Z'截面附近),这样的电位布置变得越可能得到满足。

[0111] 另一方面,如由图10B中的线III所表示的,如果阳极布线331B以阳极布线331B的端部在平面视图中与第一半导体区域311交叠的这样的程度延伸,则电场被诱导以集中在第一半导体区域311的端部。电场集中在第一半导体区域311的端部导致增加的暗电流,这增加了DCR。因此,如图9的(II)中所示的将阳极布线331B设计为其具有适当的延伸长度是适合的。

[0112] 阳极布线的这样的延伸允许在降低DCR的同时减少击穿电压随时间的变化。为了进一步增强减少击穿电压随时间的效果,缩短半导体层与阳极布线331B之间的深度方向上的距离是适合的。具体而言,在多个布线层当中,在尽可能靠近半导体层存在的布线层中配设阳极布线331B。期望的是,将阳极布线331B配设在多个布线层当中的最靠近半导体层的布线层中。多个布线层是在将阴极布线331A和第一半导体区域311连接的接触插塞的顶表面上方配设的布线层。换句话说,在与半导体层的第二表面的面内方向垂直的方向上、第二表面与包括多个布线层的布线层之间的距离大于半导体层的第二表面与接触插塞的最远离第二表面的部分(接触插塞顶表面)之间的距离。

[0113] 将参照图11来描述根据第二示例性实施例的光电转换装置。

[0114] 将省略与第一示例性实施例中的描述共同的描述,并且将主要描述与第一示例性实施例的不同之处。在本示例性实施例中,阴极布线331A和阳极布线331B相对于半导体层形成在不同的高度处。

[0115] 图11是示出根据第二示例性实施例的光电转换装置的光电转换元件102的对应于两个像素的在与基板的表面方向垂直的方向上的截面图,并且对应于图12A中的A-A'截面。

[0116] 在第一示例性实施例中,在同一布线层中形成阴极布线331A和阳极布线331B。在本示例性实施例中,相对于半导体层在深度方向上的不同位置处形成阴极布线331A和阳极布线331B。这种构造在阴极布线331A与阳极布线331B之间提供了充足的距离,增强了布线布局的自由度。

[0117] 图12A和图12B是各自示出根据第二示例性实施例的光电转换装置的两个像素的像素平面图。图12A是示出在平面视图中从面对光入射面的表面观察的两个像素的平面图。图12B是示出在平面视图中从光入射面侧观察的两个像素的平面图。

[0118] 第一半导体区域311和第三半导体区域313上的虚线表示在平面视图中分别配设的阴极布线331A和阳极布线331B的范围。阴极布线331A在平面视图中是多边形,并且阳极布线331B的内周部是具有多边形孔的表面。在图12B中,阴极布线331A的平面形状和阳极布

线331B中包括的孔的内周部是相似图形,但是阴极布线331A和阳极布线331B的形状不限于此。在本示例性实施例中,在平面视图中,阴极布线331A的外周部332A与第三半导体区域313完全交叠,但是例如,外周部332A的一部分或全部可以与第一半导体区域311交叠。另外,在平面视图中,阳极布线331B的内周部332B与第三半导体区域313部分地交叠,但是内周部332B的形状和布置不限于此,只要在平面视图中假想线332C被定位成与第三半导体区域313完全交叠即可。

[0119] (第二示例性实施例的变型例)

[0120] 将参照图13来描述第二示例性实施例的变型例。

[0121] 在该变型例中,形成多晶硅布线作为阳极布线331B。该变型例与第一示例性实施例和第二示例性实施例的类似之处在于:将阴极布线外周部332A与阳极布线内周部332B之间的距离相等分割的假想线332C与第三半导体区域313交叠并且不与第一半导体区域311交叠。

[0122] 作为阳极布线331B形成的多晶硅布线使半导体层与阳极布线331B之间的深度方向上的距离更小,进一步减少了击穿电压随时间的变化。

[0123] 将参照图14、图15A和图15B来描述根据第三示例性实施例的光电转换装置。

[0124] 将省略与第一示例性实施例和第二示例性实施例中的描述共同的描述,并且将主要描述与第一示例性实施例的不同之处。在本示例性实施例中,将给出对如下构造的描述:即使在平面视图中阳极布线331B的端部和第三半导体区域313没有彼此交叠,也具有使击穿电压随时间的变化减少的效果。

[0125] 图14是示出根据第三示例性实施例的光电转换装置的光电转换元件102的对应于两个像素的在与基板的表面方向垂直的方向上的截面图,并且对应于图15A中的A-A'截面。光电转换元件102包括在第三半导体区域313与第九半导体区域319之间的第十半导体区域320,并且在平面视图中阳极布线331B的内周部332B与第十半导体区域320交叠。

[0126] 如在第一示例性实施例中所描述的,第三半导体区域313的高度A点处的电位受阳极布线331B的电位影响。近似地,认为阳极布线331B的电位的影响到达Si界面部分,直到在距阴极布线331A和阳极布线331B相等距离处存在的假想线332C。因此,即使阳极布线331B和第三半导体区域313在平面视图中彼此不交叠,假想线332C的至少一部分和第三半导体区域313在平面视图中彼此交叠也允许减少击穿电压随时间的变化。

[0127] 图15A和图15B是各自示出根据第三示例性实施例的光电转换装置的两个像素的像素平面图。图15A是示出在平面视图中从面对光入射面的表面观察的两个像素的平面图。图15B是示出在平面视图中从光入射面侧观察的两个像素的平面图。

[0128] 在图15A中,在平面视图中阳极布线331B的内周部332B不与第三半导体区域313交叠,并且在平面视图中假想线332C与第三半导体区域313完全交叠。

[0129] 在根据本示例性实施例的像素中,在沿A-A'方向(像素的对角线方向)截取的截面中,第七半导体区域317和第九半导体区域319从光入射面侧延伸入面对光入射面的表面的一侧。另一方面,在沿B-B'方向(像素的相对侧方向)截取的截面中,不包括延伸至面对光入射面的表面的第七半导体区域317,并且第七半导体区域317和第十半导体区域320被分开。在适当的位置形成的第十半导体区域320引起横向方向上的电场以将在像素的角部处生成的暗电荷收集到第一半导体区域311中,由此,暗电荷被容易地排出而不穿过诱导雪崩倍增

的强电场区域,降低了DCR。

[0130] 将参照图16、图17A和图17B来描述根据第四示例性实施例的光电转换装置。

[0131] 将省略与第一示例性实施例至第三示例性实施例中的描述共同的描述,并且将主要描述与第一示例性实施例的不同之处。在第一示例性实施例中,阳极布线对称地延伸,但是在本示例性实施例中,阳极布线仅在特定方向上延伸。

[0132] 图16是示出根据第四示例性实施例的光电转换装置的光电转换元件102的对应于两个像素的在与基板的表面方向垂直的方向上的截面图,并且对应于图17A中的A-A'截面。在一定方向上,阳极布线331B满足假想线332C和第三半导体区域313在平面视图中彼此交叠的关系,而在另一方向上,阳极布线331B不满足该关系。

[0133] 图17A和图17B是各自示出根据第四示例性实施例的光电转换装置的两个像素的像素平面图。

[0134] 图17A是示出在平面视图中从面对光入射面的表面观察的两个像素的平面图。图17B是示出在平面视图中从光入射面侧观察的两个像素的平面图。左侧的光电转换元件102的阴极布线331A具有从光电转换元件102的中心向右突出的形状,并且右侧的光电转换元件102的阴极布线331A具有从光电转换元件102的中心向左突出的形状。光电转换元件102的阳极布线331B由左右的光电转换元件102共享,并且内周部332B的至少一部分包括与左右的光电转换元件102的相应的第三半导体区域313交叠的孔。假想线332C在平面视图中与第三半导体区域313部分地交叠。

[0135] 这样的构造允许相邻的像素的阴极布线331A之间的距离缩短,有助于使像素的小型化容易。

[0136] 将参照图18、图19A和图19B来描述根据第五示例性实施例的光电转换装置。

[0137] 将省略与第一示例性实施例至第四示例性实施例中的描述共同的描述,并且将主要描述与第一示例性实施例的不同之处。

[0138] 图18是示出根据第五示例性实施例的光电转换装置的光电转换元件102的对应于两个像素的在与基板的表面方向垂直的方向上的截面图,并且对应于图19A中的A-A'截面。在根据本示例性实施例的光电转换装置中,与根据第一示例性实施例的光电转换装置相比,N型第一半导体区域311占据像素的光接收面的大部分,并且P型第二半导体区域312的面积相对于像素的光接收面小。

[0139] 入射光在第一半导体区域311与第二半导体区域312之间形成的雪崩倍增区域中经受雪崩倍增。因此,在以第一半导体区域311和第二半导体区域312暴露于光的这样的方式来设计像素的开口情况下,根据本示例性实施例的光电转换装置的开口率小于根据第一示例性实施例至第四示例性实施例的光电转换装置的开口率。较小的开口率减小了从中可检测信号的光电转换区域的体积,减少了串扰。

[0140] 凹凸结构325具有四棱锥形状,在该形状中,其截面为其底面对应于光入射面的三角形。这样的凹凸结构325能够通过沿着晶面进行蚀刻来形成,提供了高的制造稳定性。

[0141] 在根据本示例性实施例的光电转换装置中,将高浓度的氮(N)注入到第一半导体区域311的前表面中。因此,这允许更容易阻挡由热载流子被注入到第一半导体区域311的表面上而引起的电位变化的影响,减少了击穿电压随时间的变化。

[0142] 图19A和图19B是各自示出根据第五示例性实施例的光电转换装置的两个像素的

像素平面图。图19A是示出在平面视图中从面对光入射面的表面观察的两个像素的平面图。图19B是示出在平面视图中从光入射面侧观察的两个像素的平面图。

[0143] 在图19A和图19B中所示的光电转换装置中，在平面视图中第一半导体区域311的不与第二半导体区域312交叠的区域用作电场缓和区域并且围绕雪崩倍增区域。与面对阴极布线331A的绝缘膜的边界的至少一部分在平面视图中与电场缓和区域交叠。另外，假想线332C在平面视图中与第一半导体区域311完全交叠，并且在平面视图中与该电荷缓和区域至少部分地交叠。

[0144] 将参照图20来描述根据本示例性实施例的光电转换系统。图20是示出根据本示例性实施例的光电转换系统的示意性构造的框图。

[0145] 在上述的第一示例性实施例至第六示例性实施例中描述的光电转换装置能够应用于各种光电转换系统。能够应用光电转换装置的光电转换系统的示例包括数码相机、数码摄像机、监控相机、复印机、传真机、移动电话、车载相机和观测卫星。包括光学系统(诸如透镜)和摄像装置的相机模块，也包括在光电转换系统中。作为这些光电转换系统的示例，图20示例性地示出了数码相机的框图。

[0146] 图20中示例的光电转换系统包括：用作光电转换装置的示例的摄像装置1004以及在摄像装置1004上形成被摄体的光学像的透镜1002。光电转换系统还包括：用于改变穿过透镜1002的光量的光圈1003和用于保护透镜1002的挡板1001。透镜1002和光圈1003用作将光会聚到摄像装置1004上的光学系统。摄像装置1004是根据上述示例性实施例中的任一个的光电转换装置，并且将由透镜1002形成的光学像转换成电信号。

[0147] 光电转换系统还包括信号处理单元1007，信号处理单元1007用作通过对由摄像装置1004输出的输出信号进行处理来生成图像的图像生成单元。信号处理单元1007在适当地进行各种类型的校正和压缩之后进行输出图像数据的操作。信号处理单元1007可以在配设有摄像装置1004的半导体基板上形成，或者可以在与摄像装置1004不同的半导体基板上形成。

[0148] 光电转换系统还包括：用于临时存储图像数据的存储器单元1010，以及用于与外部计算机进行通信的外部接口单元(外部I/F单元)1013。光电转换系统还包括：用于记录或读出拍摄图像数据的诸如半导体存储器的记录介质1012，以及用于在记录介质1012上进行记录或从记录介质1012中进行读出的记录介质控制接口单元(记录介质控制I/F单元)1011。记录介质1012可以内置到光电转换系统中，或者可以可拆卸地附接到光电转换系统。

[0149] 光电转换系统还包括总体地控制各种类型的计算和数码相机的整体控制/计算单元1009，以及将各种时序信号输出到摄像装置1004和信号处理单元1007的时序信号生成单元1008。可以从外部输入时序信号。仅需要光电转换系统至少包括摄像装置1004和对从摄像装置1004输出的输出信号进行处理的信号处理单元1007。

[0150] 摄像装置1004将摄像信号输出到信号处理单元1007。信号处理单元1007在对从摄像装置1004输出的摄像信号进行预定的信号处理之后输出图像数据。信号处理单元1007使用摄像信号生成图像。

[0151] 以这种方式，根据本示例性实施例，能够实现应用根据上述示例性实施例中的任一个的光电转换装置(摄像装置)的光电转换系统。

[0152] 将参照图21A和图21B来描述根据本示例性实施例的光电转换系统和可移动体。图

21A和图21B是示出根据本示例性实施例的光电转换系统和可移动体的构造的图。

[0153] 图21A示出了与车载相机相关的光电转换系统的示例。光电转换系统2300包括摄像装置2310。摄像装置2310是根据上述示例性实施例中的任一个的光电转换装置。光电转换系统2300包括对由摄像装置2310获取的多个图像数据进行图像处理的图像处理单元2312。光电转换系统2300还包括：根据由光电转换系统2300获取的多个图像数据计算视差（视差图像之间的相位差）的视差获取单元2314。光电转换系统2300还包括：基于计算的视差计算到目标对象的距离的距离获取单元2316，以及基于计算的距离确定是否可能发生碰撞的碰撞确定单元2318。在该示例中，视差获取单元2314和距离获取单元2316用作获取关于到目标对象的距离的距离信息的距离信息获取单元的示例。更具体而言，距离信息是关于视差、散焦量和到目标对象的距离的信息。碰撞确定单元2318可以使用这些距离信息中的任一个来确定碰撞可能性。可以通过专门设计的硬件来实现距离信息获取单元，或者可以通过软件模块来实现距离信息获取单元。

[0154] 作为选择，可以通过现场可编程门阵列（FPGA）或专用集成电路（ASIC）来实现距离信息获取单元，或者可以通过它们的组合来实现距离信息获取单元。

[0155] 光电转换系统2300与车辆信息获取装置2320连接，并且能够获取诸如车速、偏航率或舵角的车辆信息。另外，电子控制单元（ECU）2330连接到光电转换系统2300。ECU 2330用作基于由碰撞确定单元2318获得的确定结果输出用于使车辆生成制动力的控制信号的控制单元。光电转换系统2300还与警报装置2340连接，警报装置2340基于由碰撞确定单元2318获得的确定结果向驾驶员发出警报。例如，如果由碰撞确定单元2318获得的确定结果表示高的碰撞可能性，则ECU 2330通过制动、释放油门踏板或降低发动机输出来进行车辆控制以避免碰撞或减少损坏。警报装置2340通过发出诸如警告声的警报、在汽车导航系统的画面上显示警告信息或者振动安全带或方向盘来向用户发布警报。

[0156] 在本示例性实施例中，例如，光电转换系统2300拍摄车辆外围（诸如前侧或后侧）的图像。图21B示出了用于拍摄车辆前侧（摄像范围2350）的图像的光电转换系统2300。车辆信息获取装置2320向光电转换系统2300或摄像装置2310发布指令。这样的构造提供了更高的距离测量精确度。

[0157] 上面给出了以不与其他车辆碰撞的这样的方式进行控制的示例的描述。光电转换系统还能够应用于通过跟随另一车辆来进行自动操作的控制，或以不偏离车道的这样的方式进行自动操作的控制。此外，除诸如汽车的车辆之外，光电转换系统还能够应用于诸如船舶、飞机或工业机器人的可移动体（移动装置）。此外，除可移动体之外，光电转换系统还能够应用于诸如智能交通系统（ITS）的广泛使用对象识别的设备。

[0158] 将参照图22来描述根据本示例性实施例的光电转换系统。图22是示出用作根据本示例性实施例的光电转换系统的距离图像传感器的构造示例的框图。

[0159] 如图22中所示，距离图像传感器401包括光学系统402、光电转换装置403、图像处理电路404、监视器405和存储器406。然后，距离图像传感器401能够通过接收从光源装置411朝向被摄体投射并在被摄体的前表面上反射的光（调制光或脉冲光），来获取与到被摄体的距离对应的距离图像。

[0160] 光学系统402包括一个或更多个透镜，并且通过将来自被摄体的像光（入射光）引导到光电转换装置403，来在光电转换装置403的光接收面（传感器部分）上形成像。

[0161] 根据上述示例性实施例中的任一个的光电转换装置应用于光电转换装置403，并且从光电转换装置403输出的根据光接收信号获得的表示距离的距离信号被供给到图像处理电路404。

[0162] 图像处理电路404基于从光电转换装置403供给的距离信号进行构建距离图像的图像处理。然后，通过图像处理获得的距离图像(图像数据)被供给到监视器405并在监视器上显示，或者被供给到存储器406并存储(记录)在存储器中。

[0163] 例如，具有包括上述光电转换装置的上述构造的距离图像传感器401能够随着像素的特性增强获取更准确的距离图像。

[0164] 将参照图23来描述根据本示例性实施例的光电转换系统。图23是示出用作本示例性实施例的光电转换系统的内窥镜手术系统的示意性构造的示例的图。

[0165] 图23示出了操作者(医生)1131正使用内窥镜手术系统1150对躺在病床1133上的患者1132进行手术的状态。如图23中所示，内窥镜手术系统1150包括内窥镜1100、手术工具1110和配备有用于内窥镜手术的各种装置的推车1134。

[0166] 内窥镜1100包括镜筒1101和摄像头1102，镜筒1101具有从远端以预定长度插入患者1132的体腔中的区域，摄像头1102连接到镜筒1101的近端。在图23中所示的示例中，示出了形成为包括刚性镜筒1101的所谓刚性镜的内窥镜1100，但是内窥镜1100可以形成为包括所谓柔性镜筒的柔性镜。

[0167] 在镜筒1101的远端处配设有开口部，在开口部中装配物镜。光源装置1203连接到内窥镜1100，并且由光源装置1203生成的光由在镜筒1101内部延伸的导光体被引导到镜筒1101的远端并且经由物镜发射到患者1132的体腔中的观察目标上。内窥镜1100可以是直视内窥镜，或者可以是斜视内窥镜或侧视内窥镜。

[0168] 光学系统和光电转换装置配设在摄像头1102内部。来自观察目标的反射光(观察光)由光学系统会聚到光电转换装置。观察光被光电转换装置光电转换，并且生成与观察光对应的电信号(即，与观察图像对应的图像信号)。根据上述示例性实施例中的任一个的光电转换装置能够用作光电转换装置。图像信号作为RAW数据被发送到相机控制单元(CCU)1135。

[0169] CCU 1135包括中央处理单元(CPU)或图形处理单元(GPU)，并且综合地控制内窥镜1100和显示设备1136的操作。此外，CCU 1135从摄像头1102接收图像信号，并且对图像信号进行用于基于图像信号显示图像的各种类型的图像处理(诸如显影处理(去马赛克处理))。

[0170] 基于来自CCU 1135的控制，显示设备1136基于已由CCU 1135进行了图像处理的图像信号来显示图像。

[0171] 光源装置1203包括诸如发光二极管(LED)的光源，并且向内窥镜1100供给用于拍摄手术部位的图像的照射光。

[0172] 输入装置1137是内窥镜手术系统1150的输入接口。用户能够经由输入装置1137向内窥镜手术系统1150输入各种类型的信息和指令。

[0173] 处理工具控制装置1138控制用于烧灼或切割组织或密封血管的能量处理工具1112的驱动。

[0174] 将用于拍摄手术部位的图像的照射光发射到内窥镜1100的光源装置1203能够包括例如LED、激光光源或由它们的结合构成的白光光源。利用由RGB激光光源的结合构成的

白光光源,能够以高精确度来控制各个颜色(各个波长)的输出强度和输出时序,这允许在光源装置1203中调整拍摄图像的白平衡。在这种情况下,通过将来自各个RGB激光光源的激光以时分方式发射到观察目标上,并且与发射时序同步地控制摄像头1102的图像传感器的驱动,能够以时分方式拍摄与RGB中的每个对应的图像。该方法在图像传感器中没有滤色器的情况下提供彩色图像。

[0175] 可以以每预定时间改变要输出的光的强度的这样的方式来控制光源装置1203的驱动。通过与光强度的改变时序同步地控制摄像头1102的图像传感器的驱动来以时分方式获取图像,并且将图像进行组合,允许产生高动态范围的图像而不存在所谓的遮挡的阴影和剪切的白色(blocked up shadows and clipped whites)。

[0176] 光源装置1203可以被构造为供给适于特殊光观察的预定的波长带中的光。在特殊光观察中,例如,利用身体组织中的光吸收的波长依赖性。具体而言,利用与通常观察中的照射光(即,白光)相比以更窄的带发射的光,以高对比度拍摄诸如粘膜的表面部分中的血管的预定组织的图像。

[0177] 作为选择,在特殊光观察中,可以进行利用通过发射激发光生成的荧光来获得图像的荧光观察。在荧光观察中,能够观察来自利用激发光照射的身体组织的荧光,或者能够通过将诸如吲哚菁绿(ICG)的试剂局部注射到身体组织中并将适合于试剂的荧光波长的激发光发射到身体组织上来获得荧光图像。光源装置1203能够被构造为发射适于这样的特殊光观察的窄带光和/或激发光。

[0178] 将参照图24A和图24B来描述根据本示例性实施例的光电转换系统。图24A示出了根据本示例性实施例的用作光电转换系统的眼镜1600(智能眼镜)。眼镜1600包括光电转换装置1602。光电转换装置1602是在上述示例性实施例中的任一个中描述的光电转换装置。包括诸如有机发光二极管(OLED)或LED的发光设备的显示设备可以配设在透镜1601的背面侧。光电转换装置1602的数量可以是一个或多个。可以组合使用多种类型的光电转换装置。光电转换装置1602的布置位置不限于图24A中所示的位置。

[0179] 眼镜1600还包括控制装置1603。控制装置1603用作向光电转换装置1602和上述的显示设备供给电力的电源。控制装置1603控制光电转换装置1602和显示设备的操作。透镜1601包括用于将光会聚到光电转换装置1602的光学系统。

[0180] 图24B示出了根据一个应用示例的眼镜1610(智能眼镜)。眼镜1610包括控制装置1612,并且控制装置1612配备有显示设备以及与光电转换装置1602等效的光电转换装置。透镜1611包括用于投射从控制装置1612中的光电转换装置和显示设备发射的光的光学系统,并且图像被投射到透镜1611上。控制装置1612用作向光电转换装置和显示设备供给电力的电源,并且控制光电转换装置和显示设备的操作。控制装置可以包括检测佩戴者的视线的视线检测单元。可以使用红外光来检测视线。红外光发射单元将红外光发射到观看显示图像的用户的眼球上。包括光接收元件的摄像单元检测发射的红外光的已从眼球反射的反射光。从而获得眼球的拍摄图像。用于减少在平面视图中从红外光发射单元行进到显示单元的光的减少单元防止图像质量劣化。

[0181] 从通过使用红外光的摄像而获得的眼球的拍摄图像中,检测用户对显示图像的视线。使用眼球的拍摄图像的已知方法能够应用于视线检测。作为示例,能够使用基于通过在角膜上反射照射光而获得的浦肯野(Purkinje)图像的视线检测方法。

[0182] 更具体而言,进行基于瞳孔中心角膜反射的视线检测处理。使用瞳孔中心角膜反射,基于在眼球的拍摄图像中包括的瞳孔图像和浦肯野图像,来计算代表眼球的方向(旋转角度)的眼睛矢量,并且检测用户的视线。

[0183] 本示例性实施例的显示设备可以包括光电转换装置(包括光接收元件),并且可以基于来自光电转换装置的关于用户的视线信息来控制显示设备的显示图像。

[0184] 具体而言,在显示设备中,基于视线信息确定由用户观看的第一视野区域和第一视野区域之外的第二视野区域。可以由显示设备的控制装置确定第一视野区域和第二视野区域,或者可以接收由外部控制装置确定的第一视野区域和第二视野区域。在显示设备的显示区域中,可以将第一视野区域的显示分辨率控制为高于第二视野区域的显示分辨率。换句话说,可以使第二视野区域的分辨率低于第一视野区域的分辨率。

[0185] 显示区域包括第一显示区域和与第一显示区域不同的第二显示区域。基于视线信息,可以从第一显示区域和第二显示区域之间确定具有高优先级的区域。可以由显示设备的控制装置确定第一显示区域和第二显示区域,或者可以接收由外部控制装置确定的第一显示区域和第二显示区域。可以将具有高优先级的区域的分辨率控制为高于具有高优先级的区域之外的区域的分辨率。换句话说,可以将具有相对低优先级的区域的分辨率设定为低分辨率。

[0186] 可以在确定第一视野区域和具有高优先级的区域时使用人工智能(AI)。AI可以是被构造为如下模型:使用包括眼球的图像以及图像中的眼球实际注视的方向的教学数据,根据眼球的图像,估计视线的角度以及到存在于视线末端的目标的距离。可以在显示设备中、光电转换装置中或外部装置中包括AI程序。包括在外部装置中的AI程序经由通信发送到显示设备。

[0187] 在基于视觉检测进行的显示控制中,本发明能够适合地应用于还包括拍摄外部图像的光电转换装置的智能眼镜。智能眼镜能够实时地显示通过摄像获得的外部信息。

[0188] [变型的示例性实施例]

[0189] 本发明不限于上述的示例性实施例,并且能够进行各种变型。

[0190] 例如,将示例性实施例的部分构造添加到另一示例性实施例的示例,以及将示例性实施例的部分构造用另一示例性实施例的部分构造替换的示例也包括在本发明的示例性实施例中。

[0191] 在上述的第六示例性实施例和第七示例性实施例中描述的光电转换系统是能够应用光电转换装置的光电转换系统的示例,并且能够应用根据本发明的示例性实施例的光电转换装置的光电转换系统不限于图20以及图21A和图21B中所示的构造。这同样适用于第八示例性实施例中描述的ToF系统、第九示例性实施例中描述的内窥镜以及第十示例性实施例中描述的智能眼镜。

[0192] 上述的示例性实施例中的每一个仅表示在实施本发明时的具体示例,并且不应以基于这些的限制方式来理解本发明的技术范围。换句话说,本发明的示例性实施例能够在不脱离其技术思想或主要特征的情况下以各种形式实施。

[0193] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明并不限于所公开的示例性实施例。应当对所附权利要求的范围给予最宽的解释,以使其涵盖所有这些变型例以及等同的结构和功能。

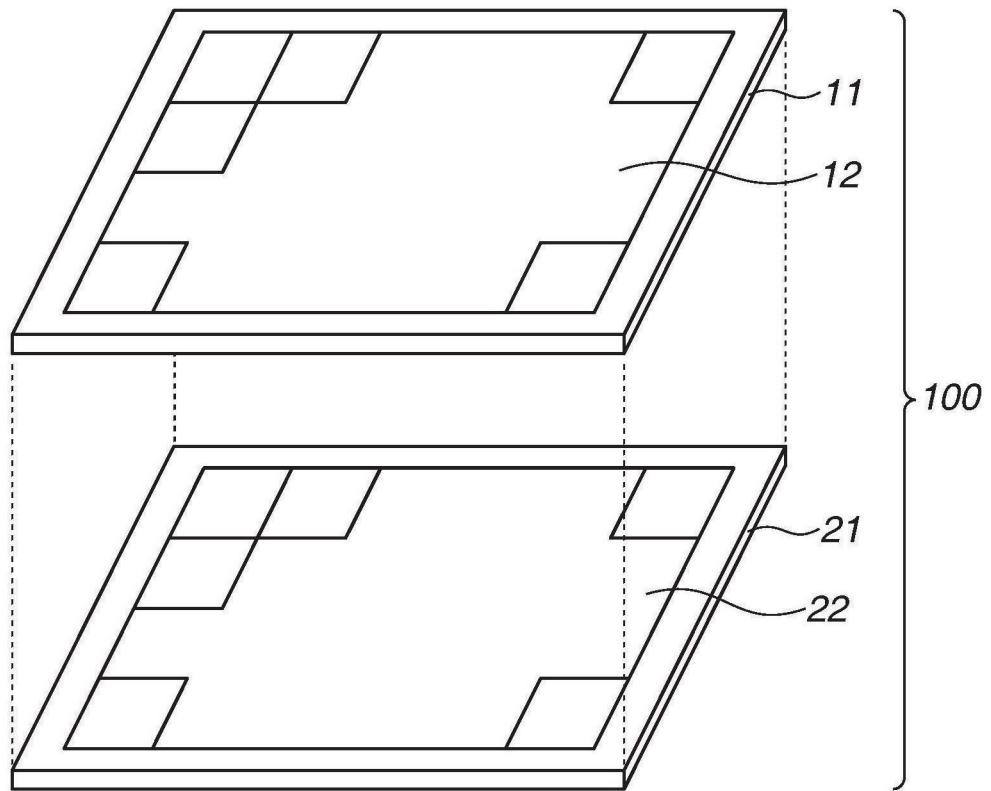


图1

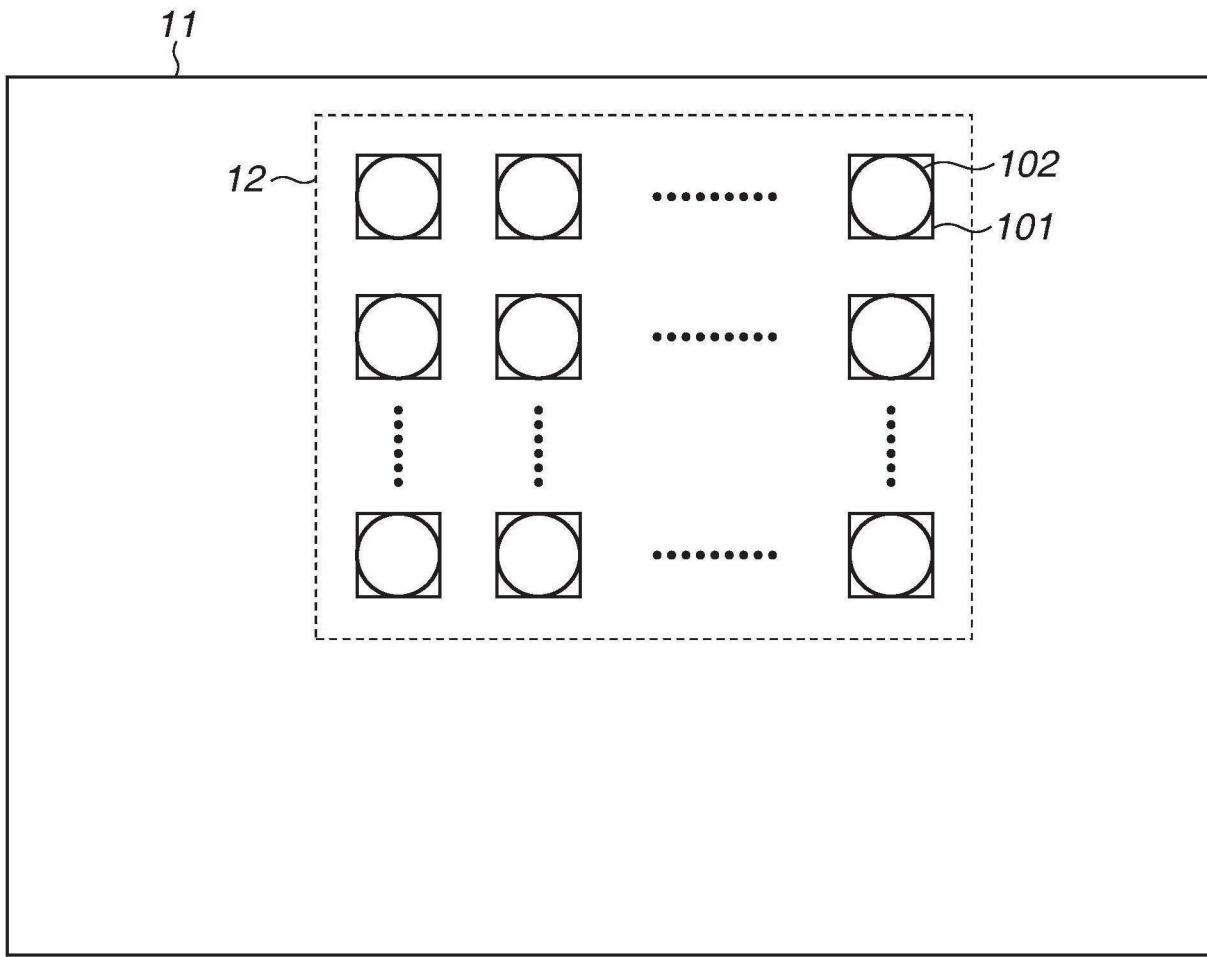


图2

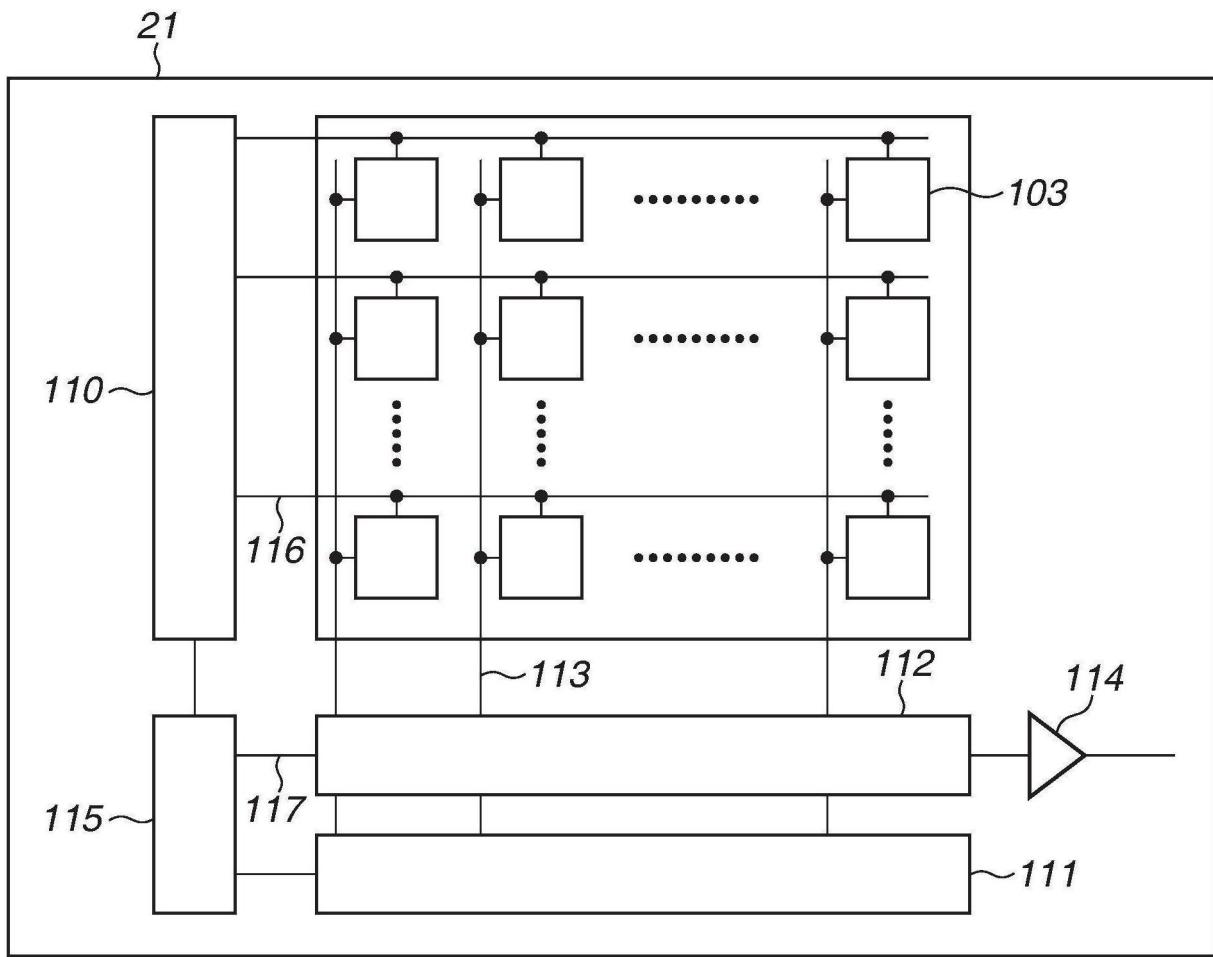


图3

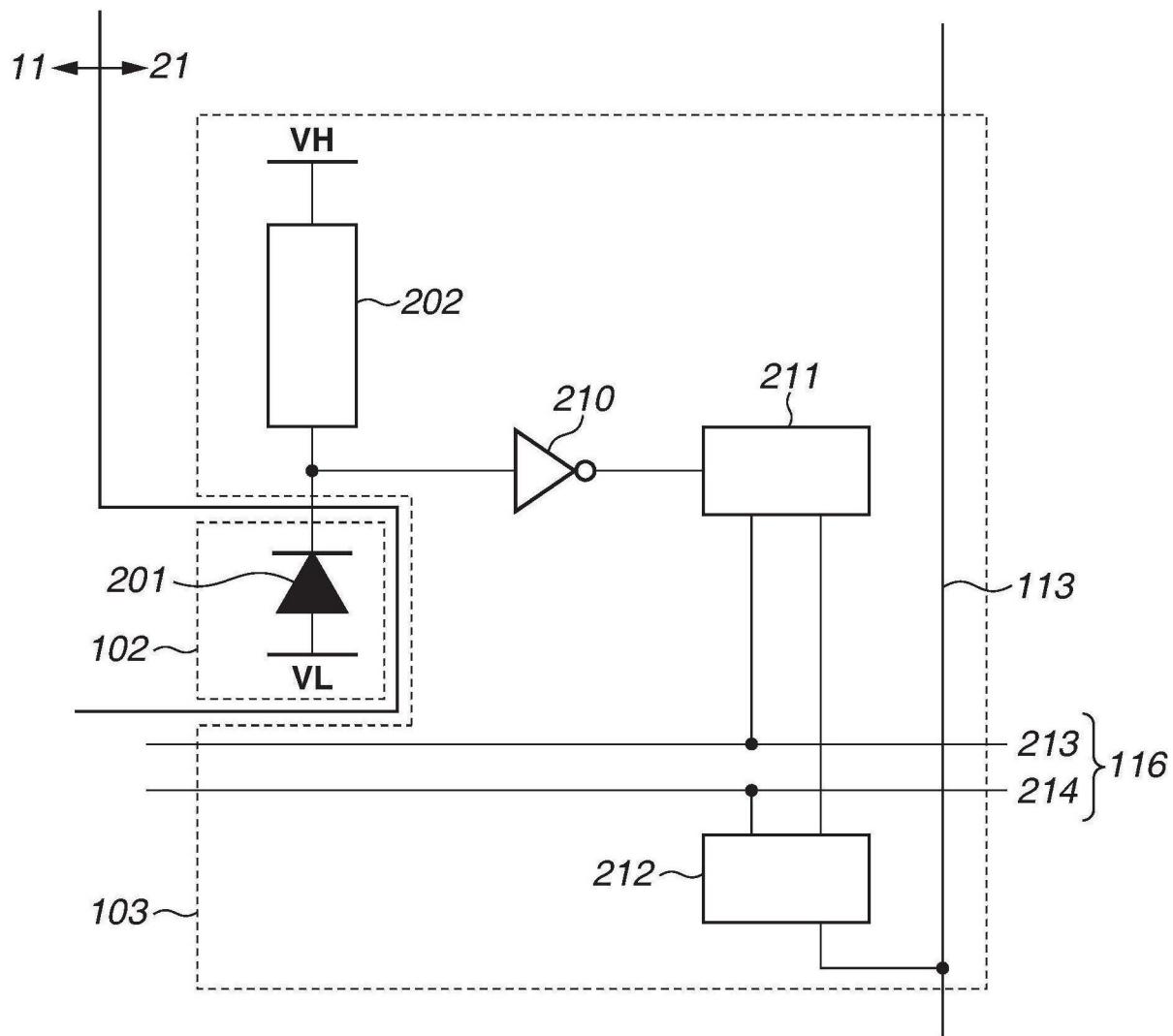


图4

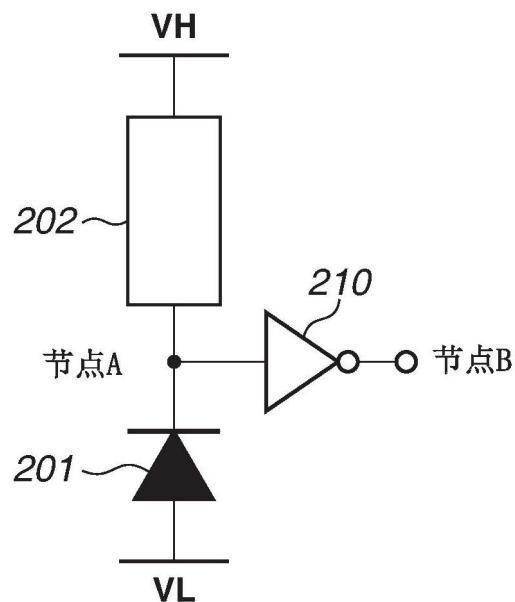


图5A

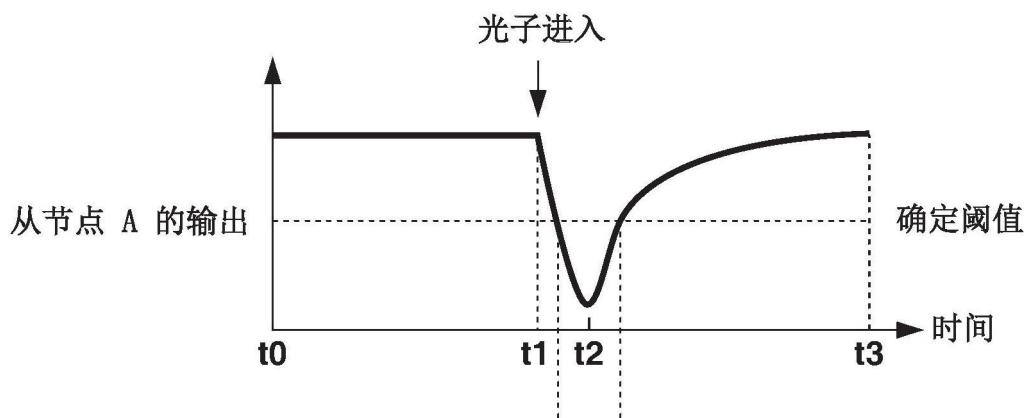


图5B

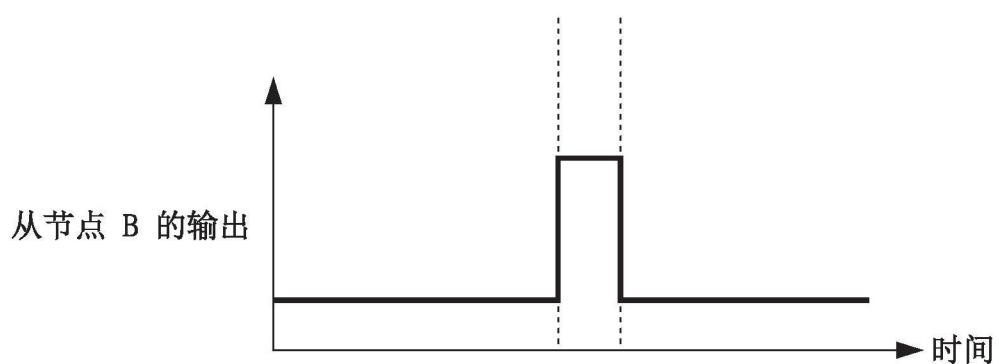


图5C

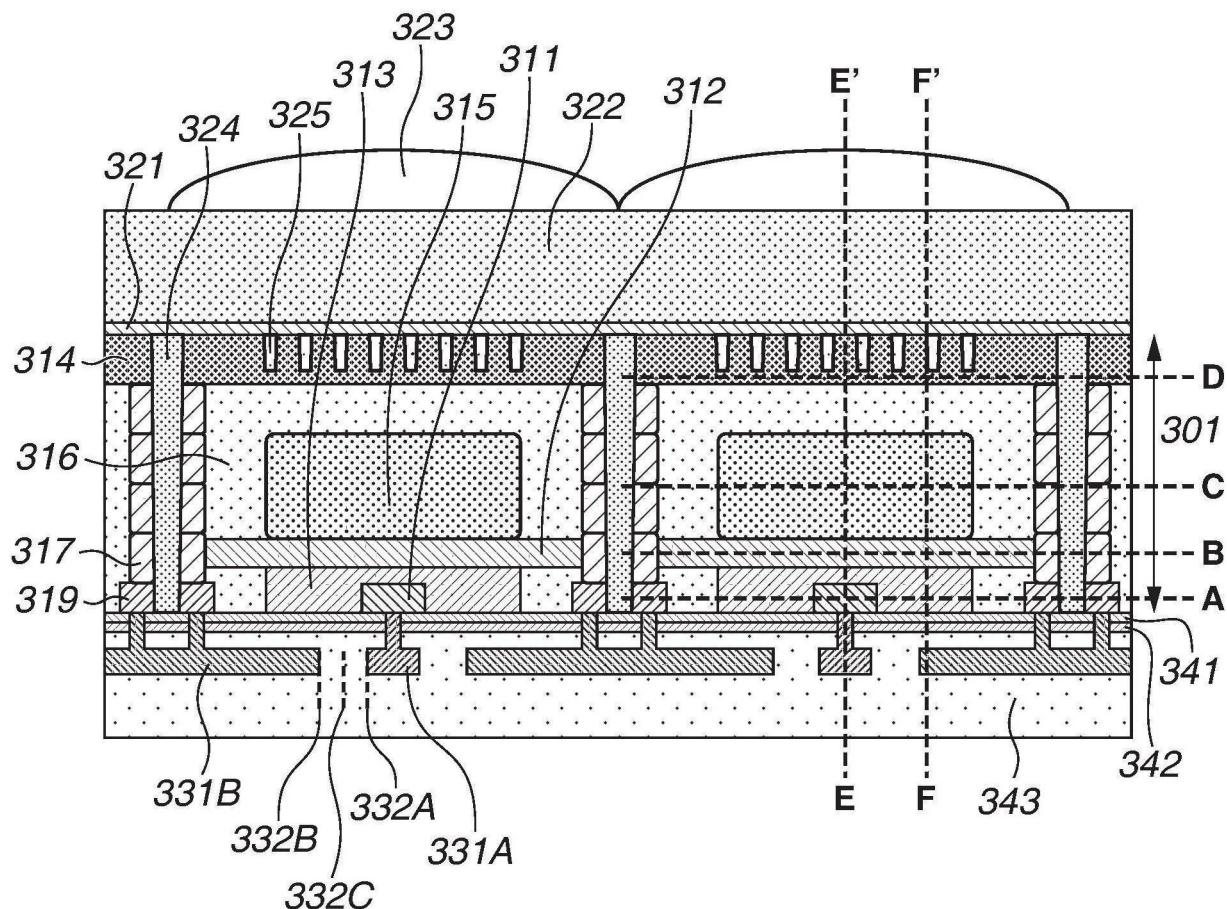


图6

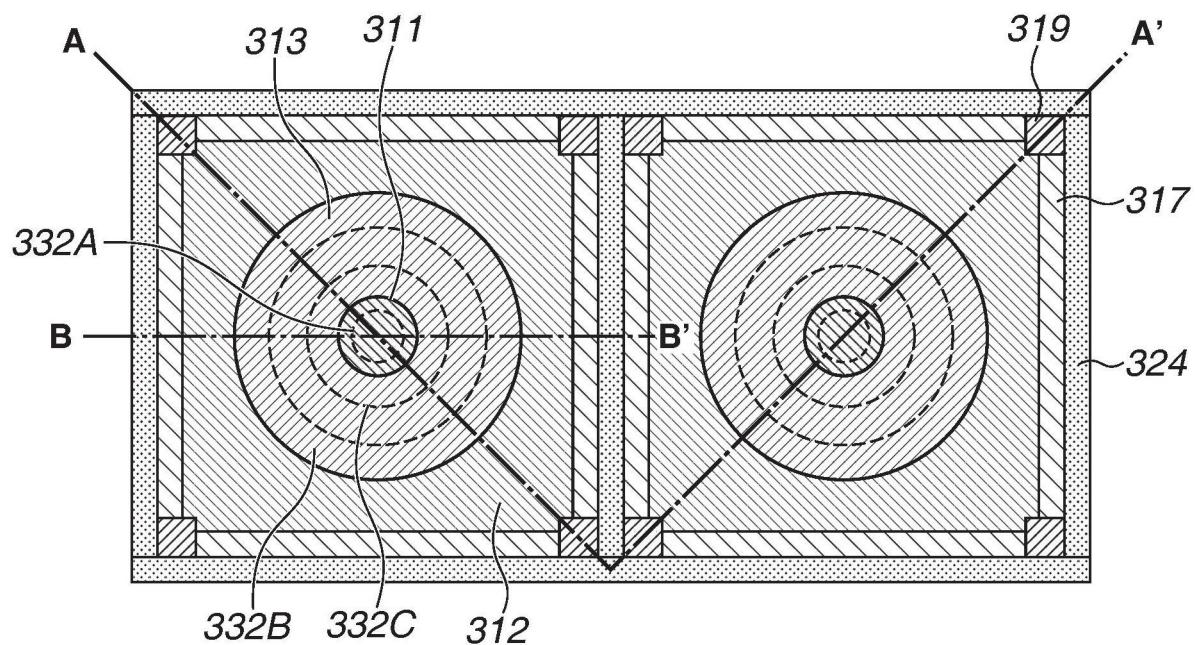


图7A

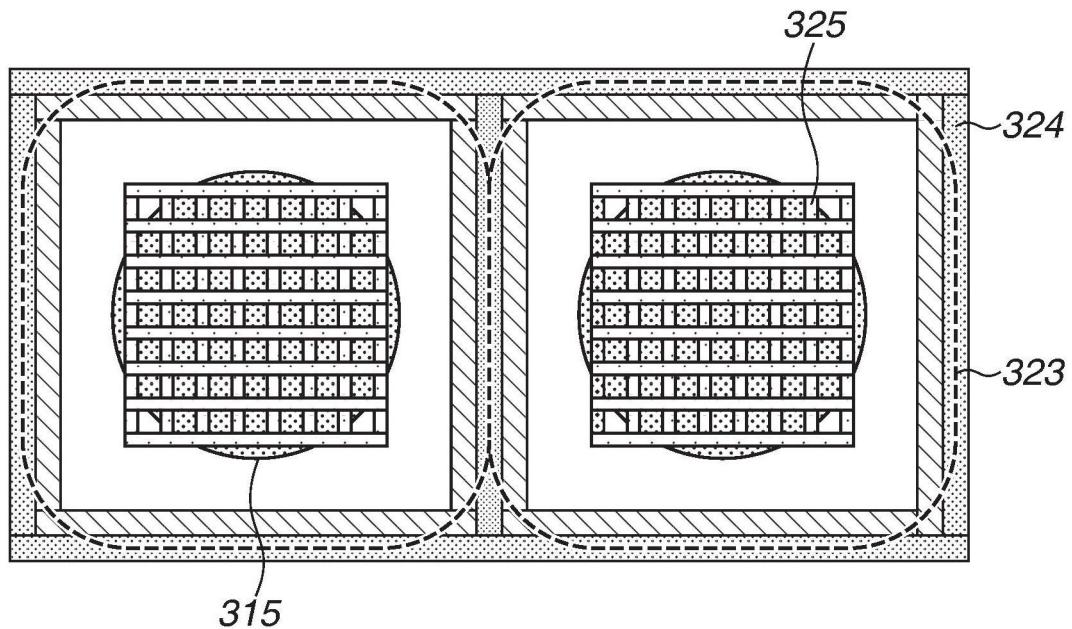


图7B

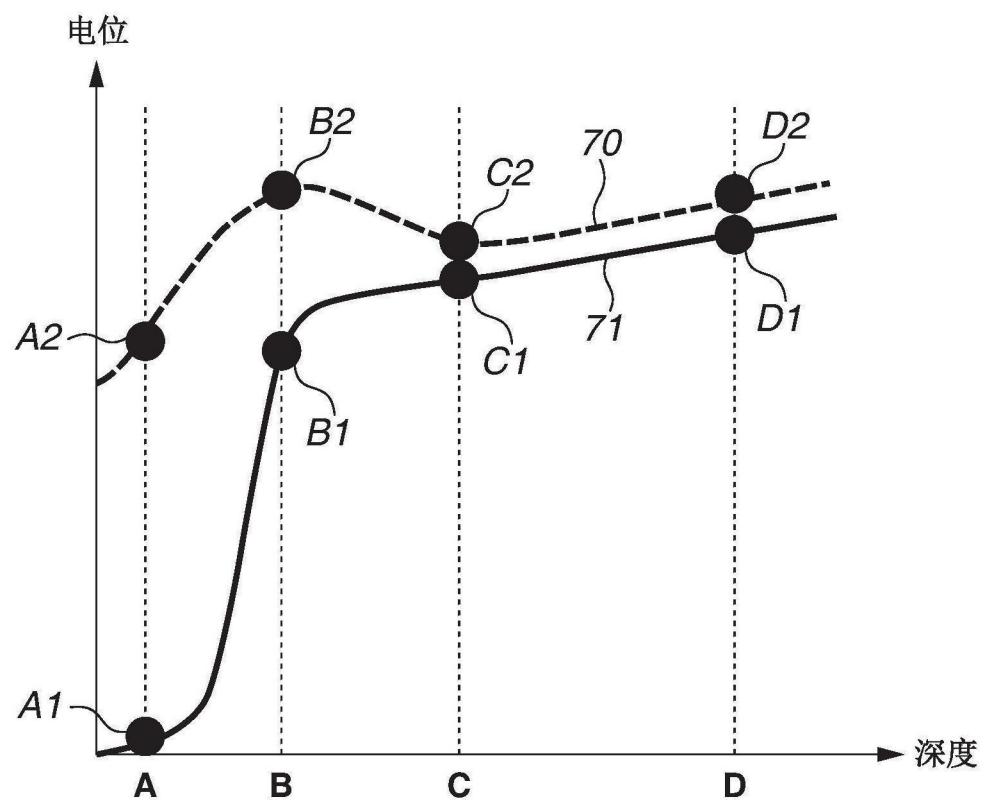


图8

I. 阳极布线的延伸不足的情况      II. 阳极布线的延伸适当的情况      III. 阳极布线的延伸过度的情况

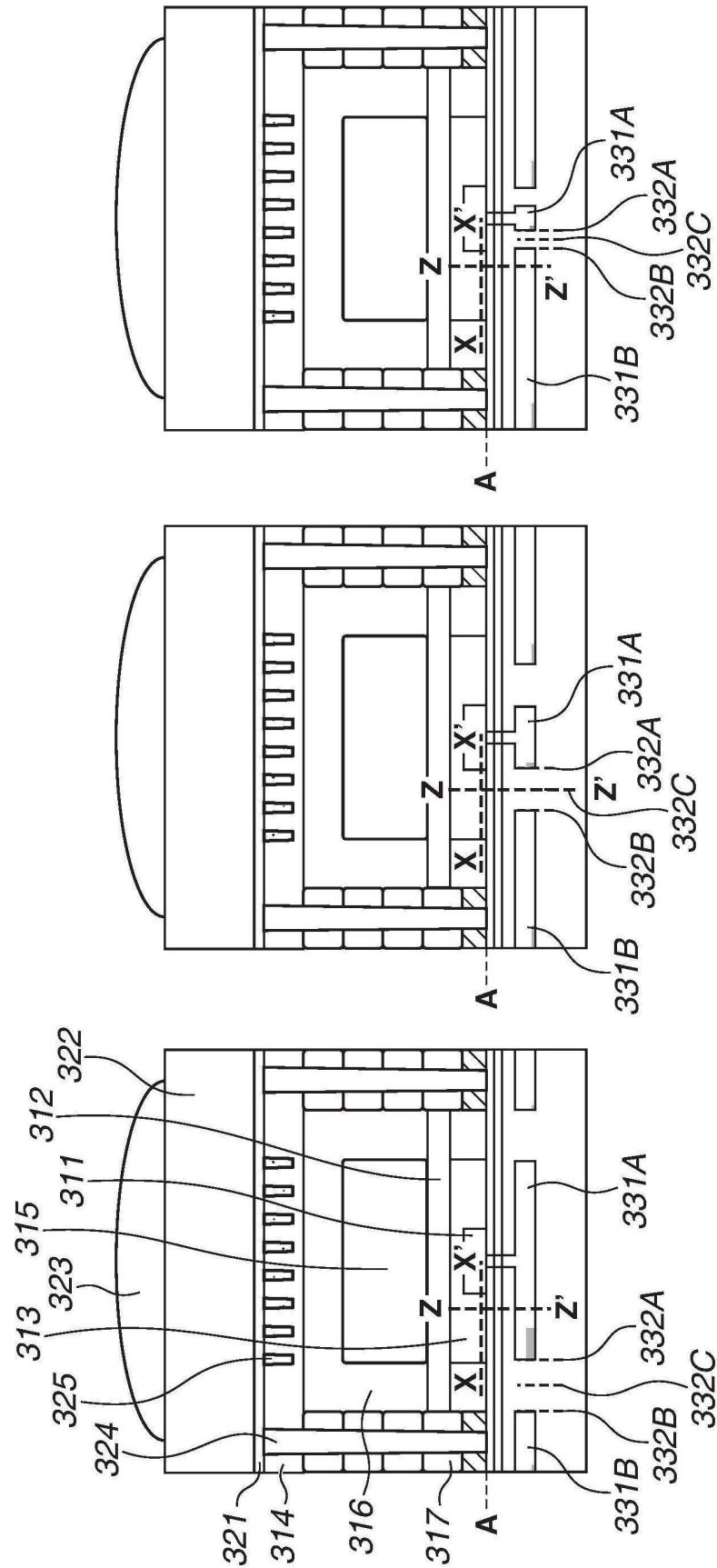


图9

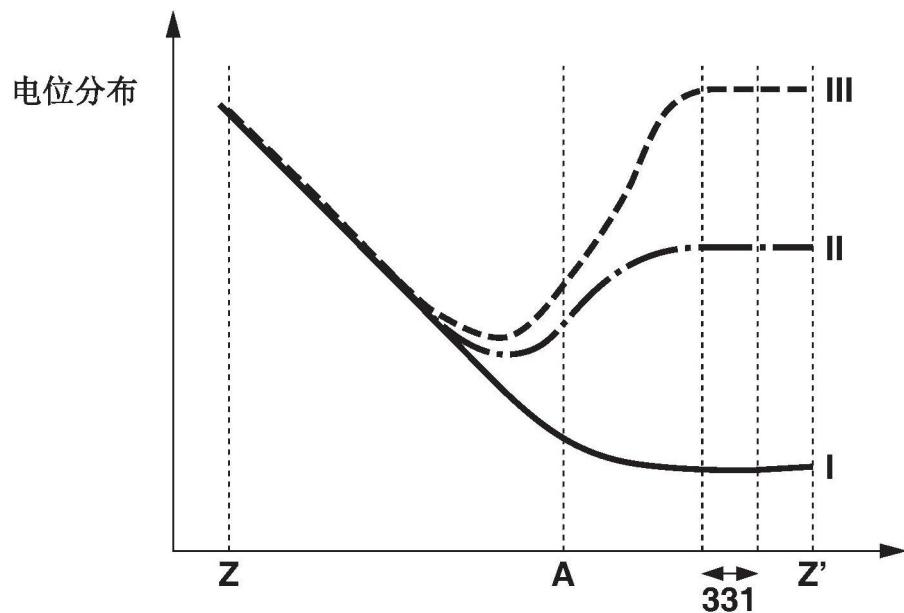


图10A

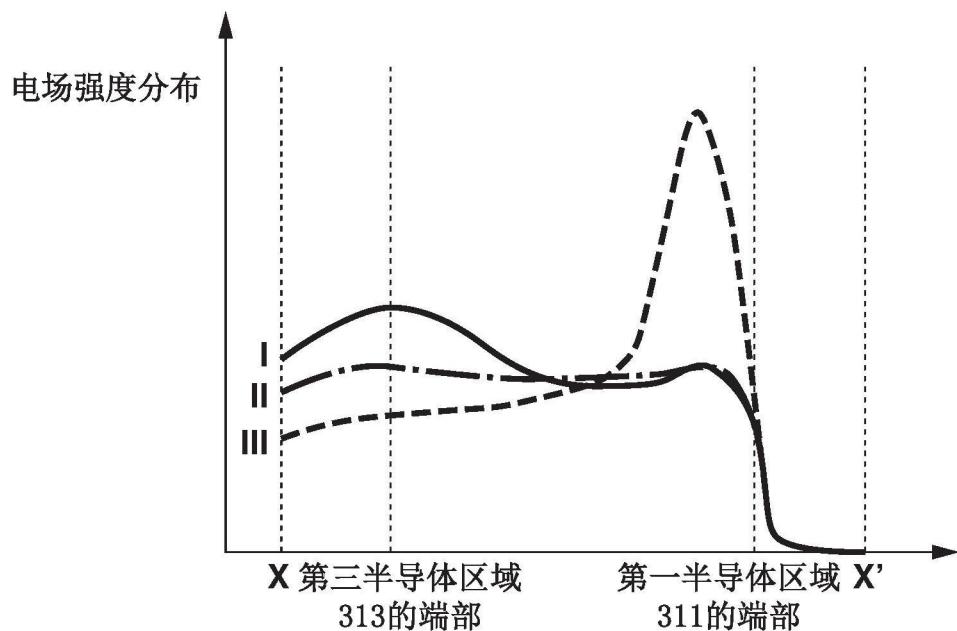


图10B

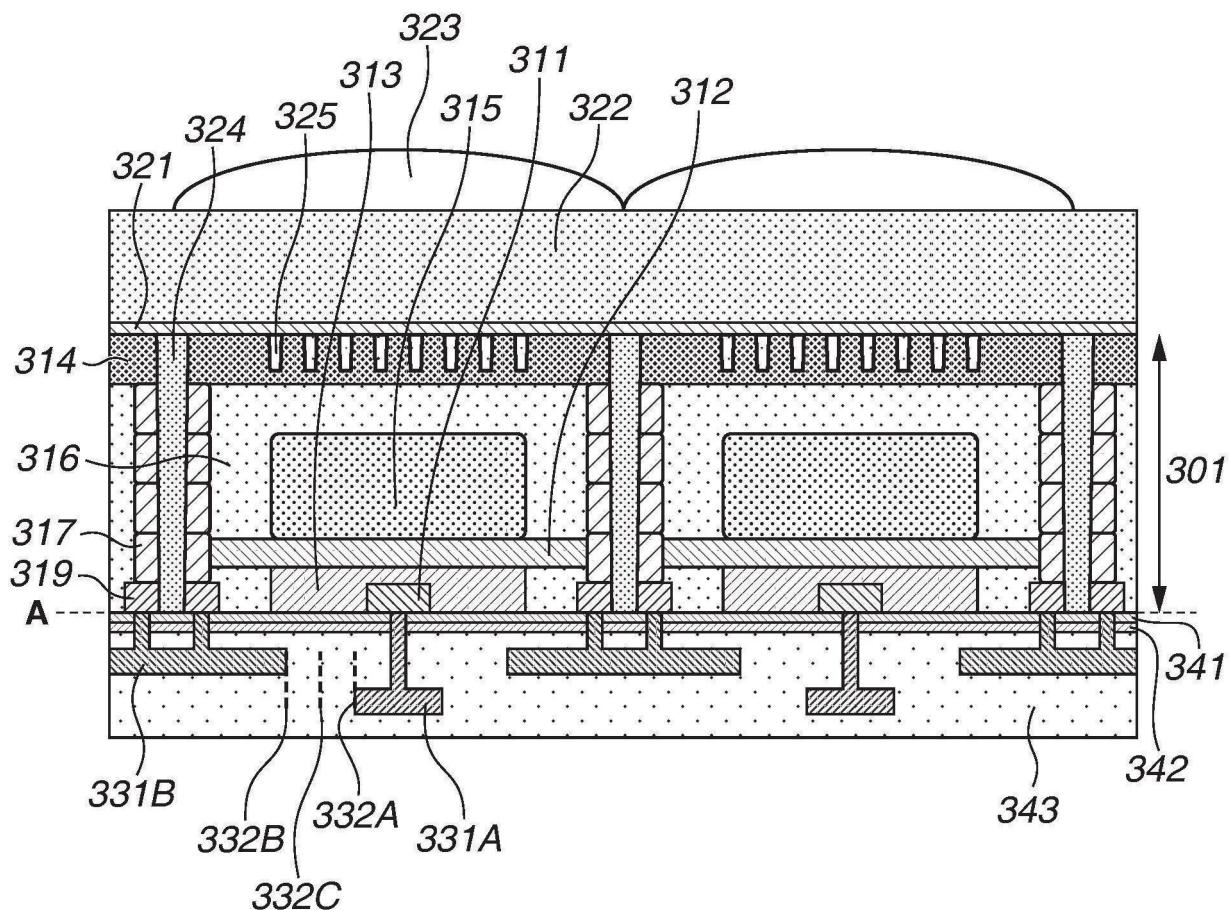


图11

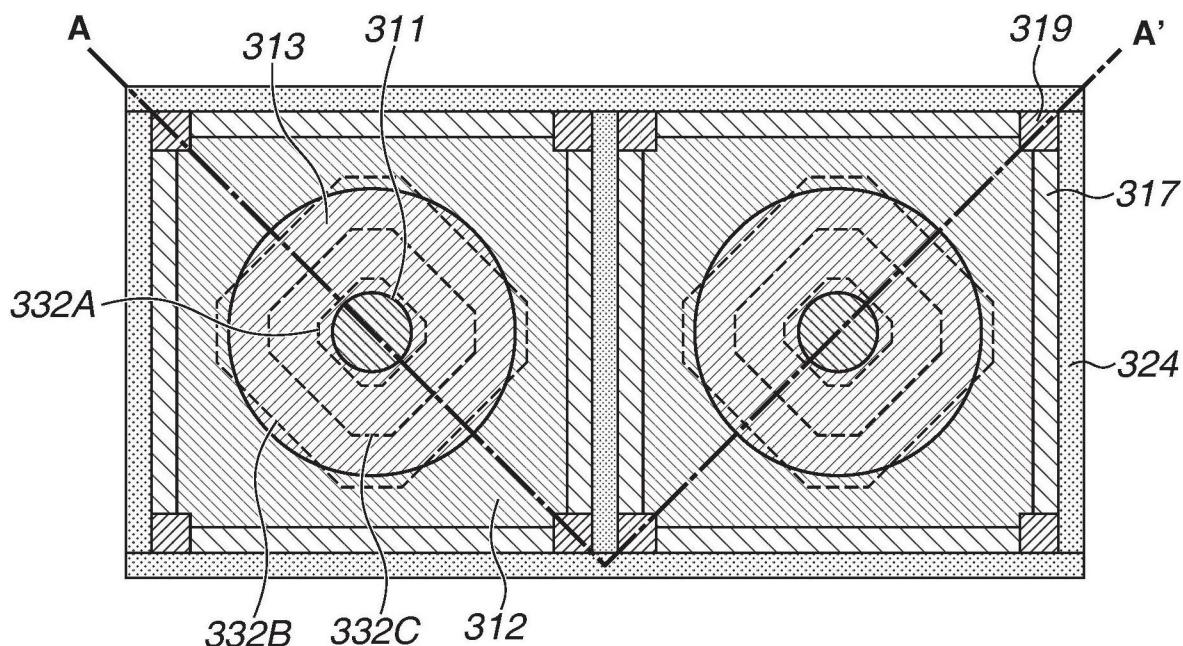


图12A

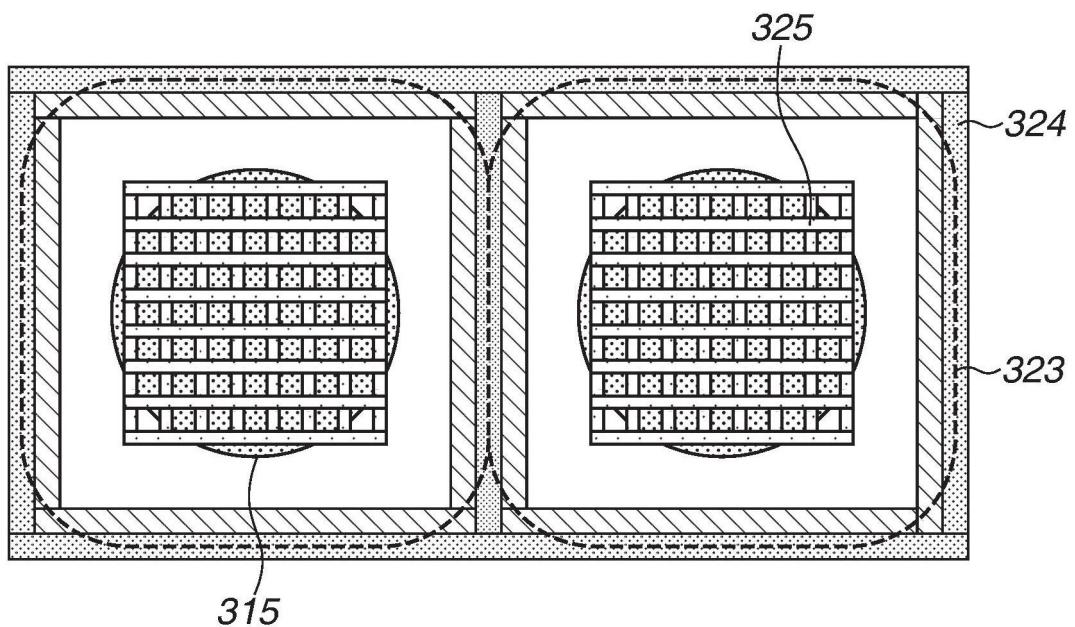


图12B

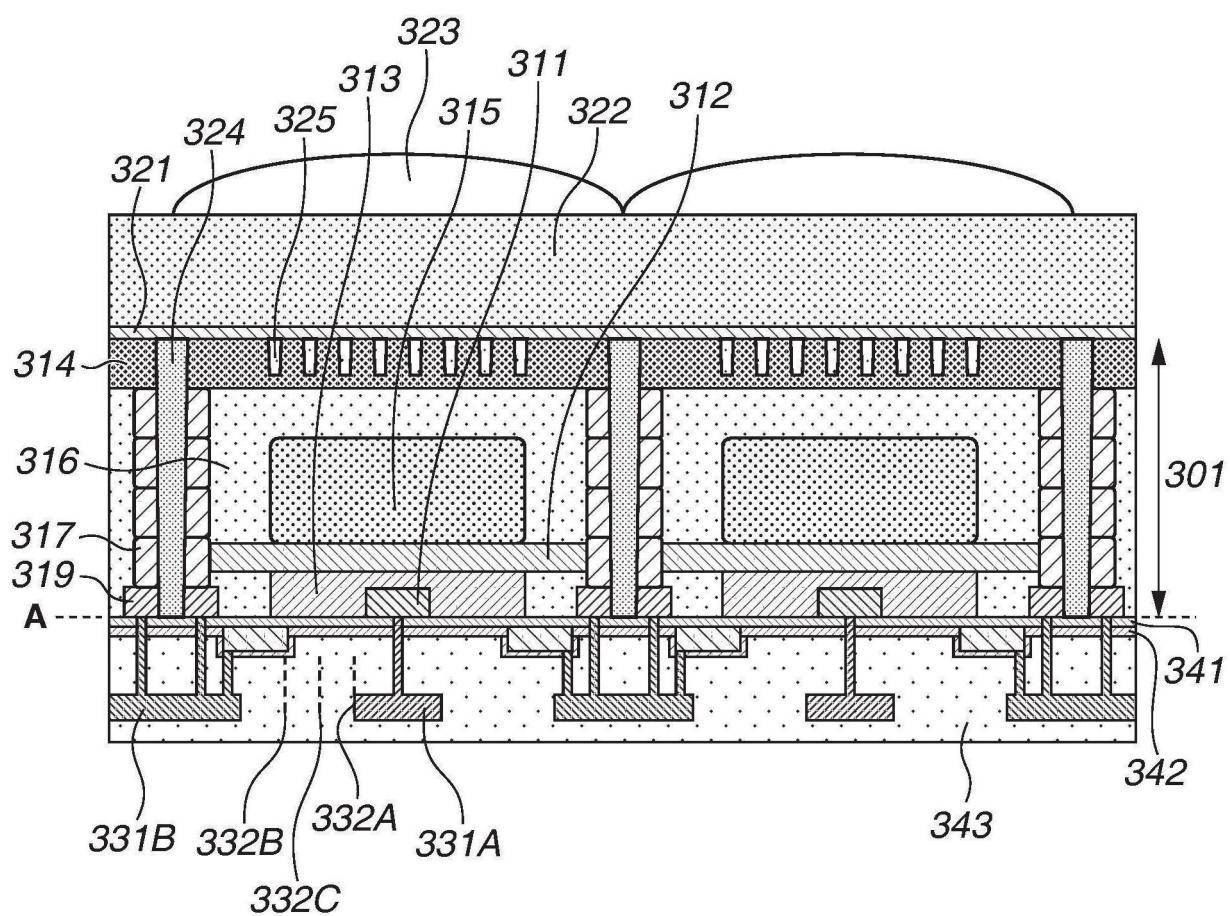


图13

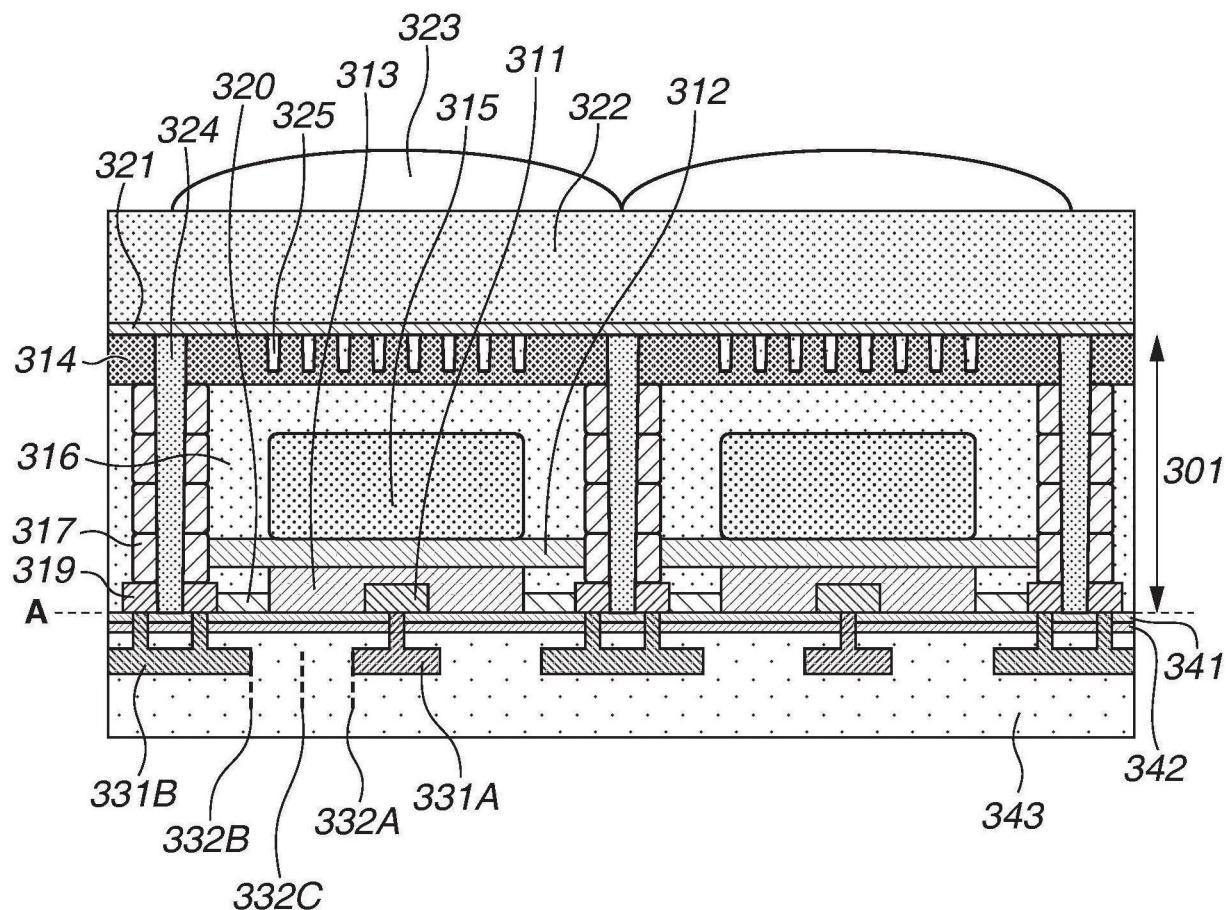


图14

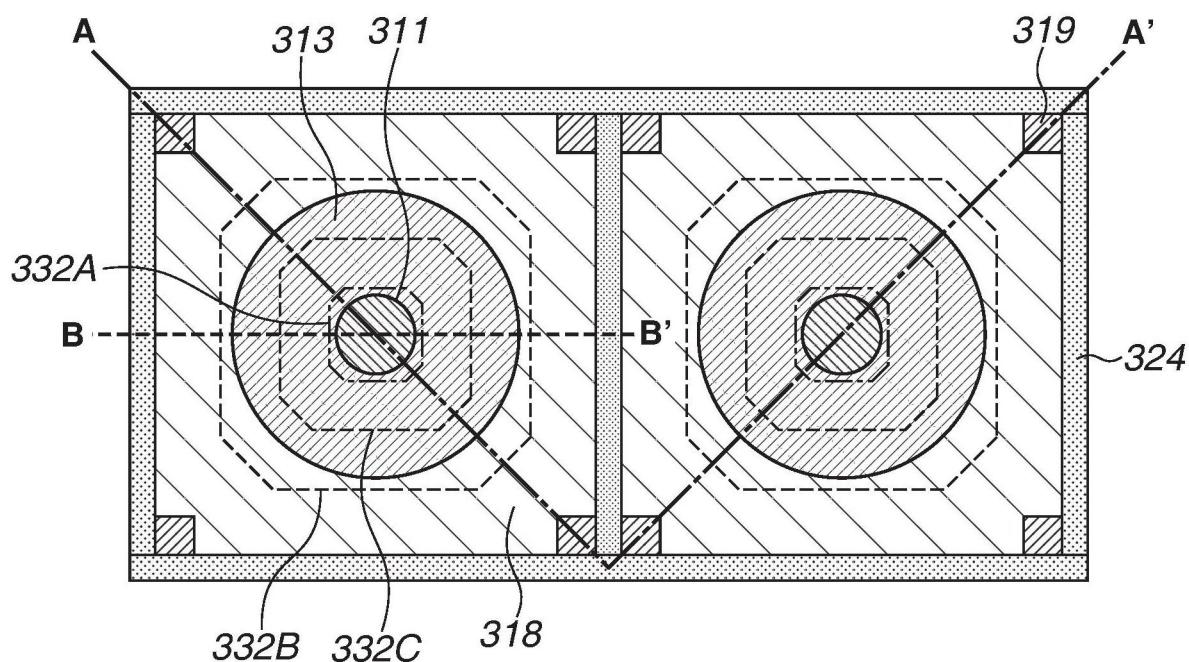


图15A

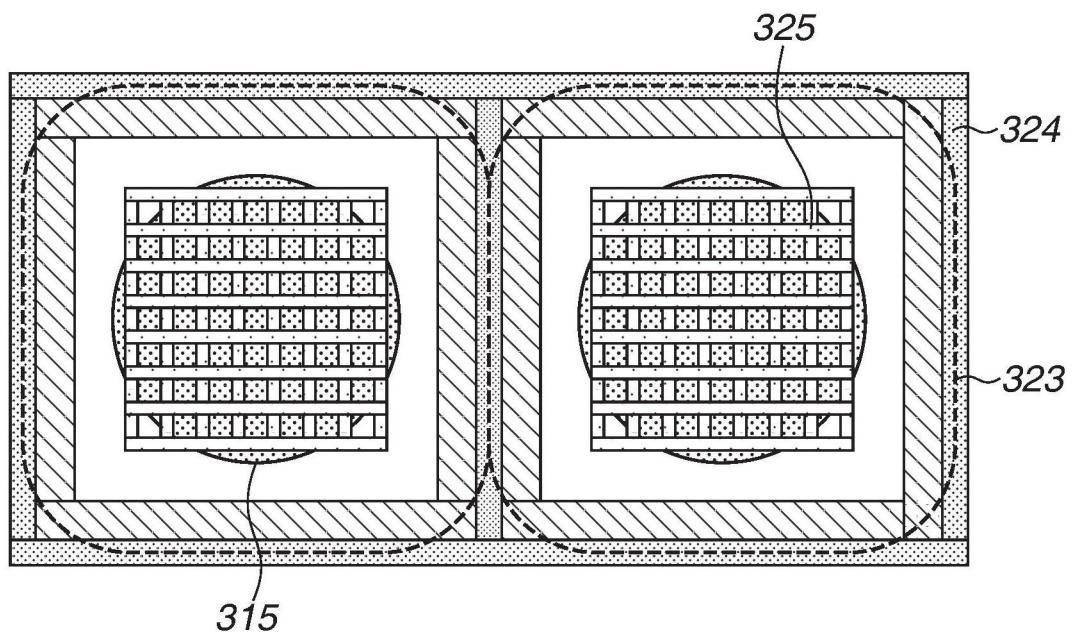


图15B

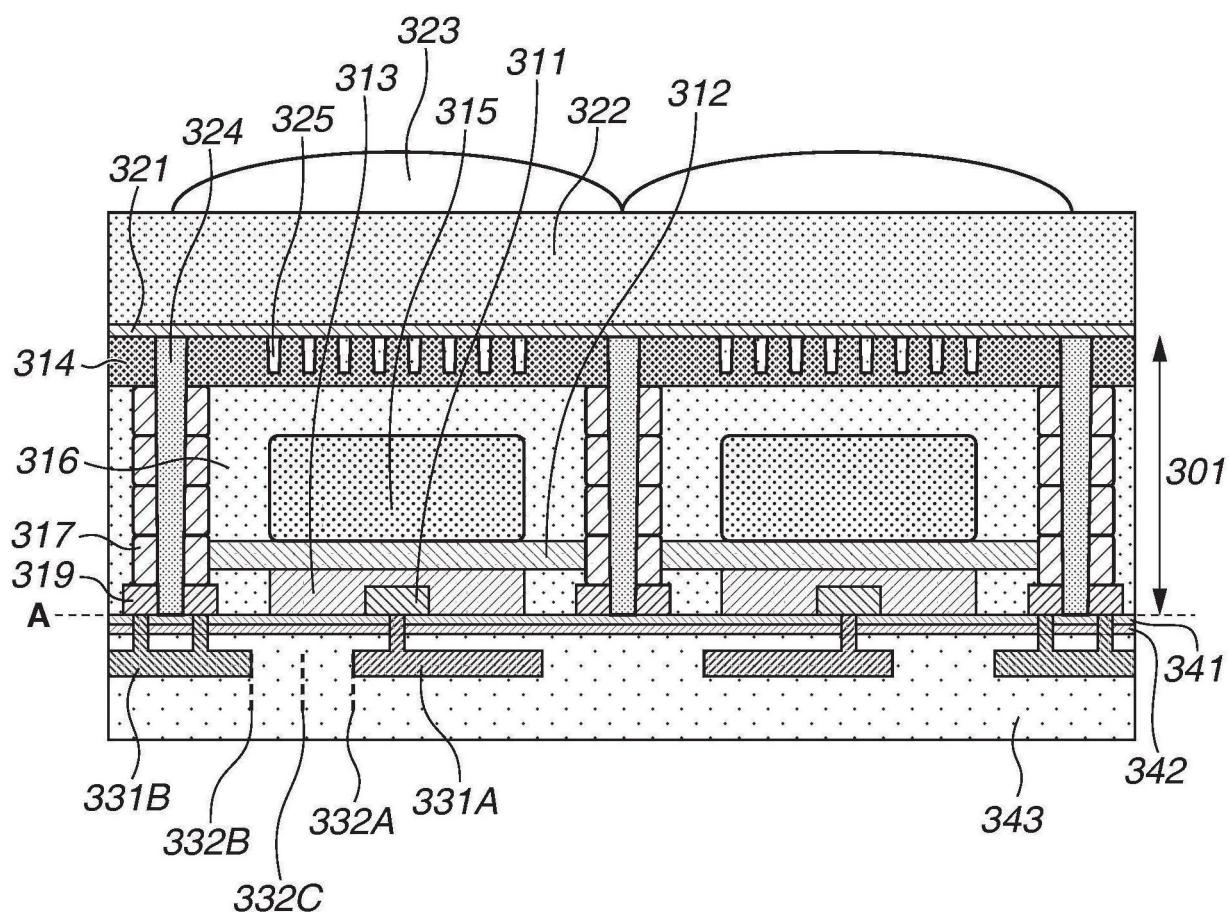


图16

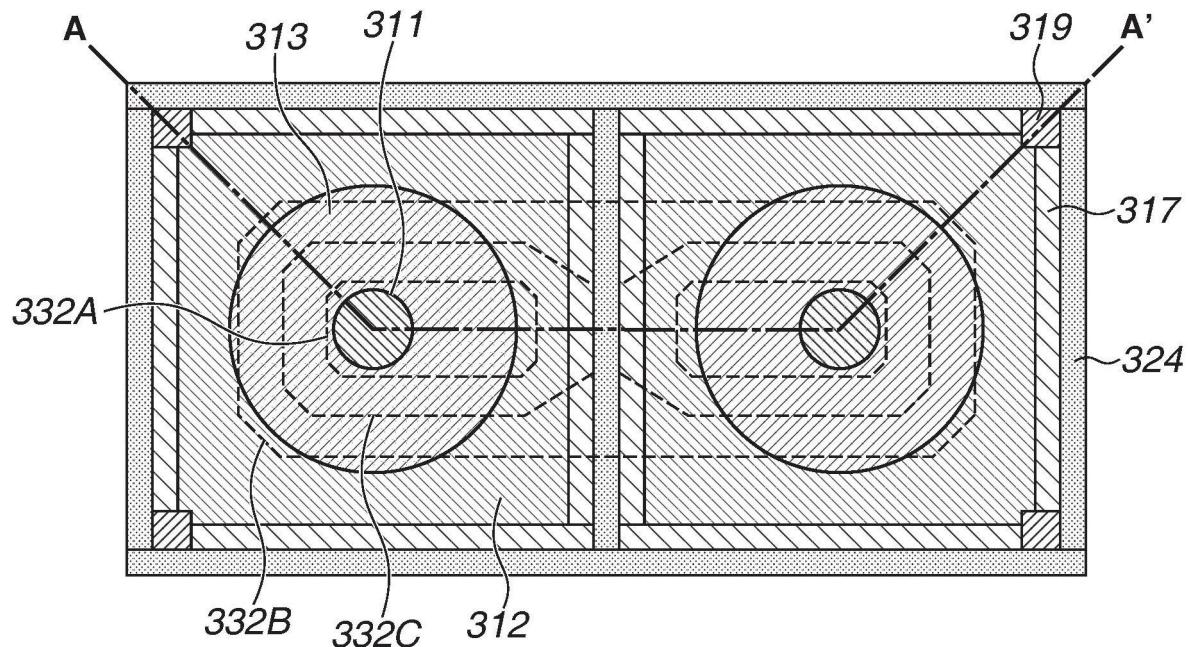


图17A

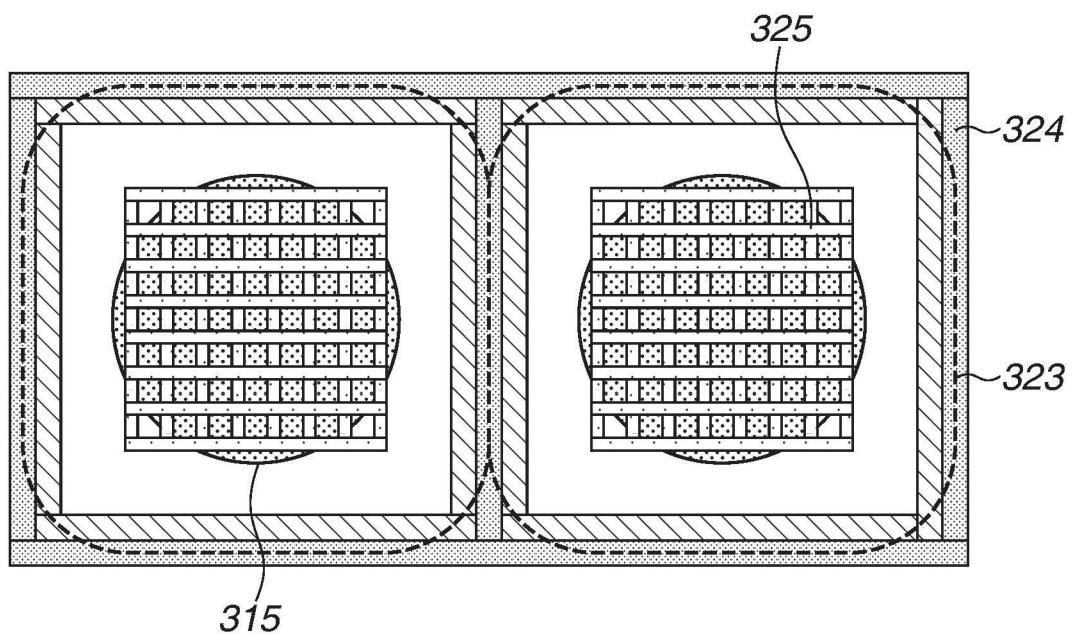


图17B

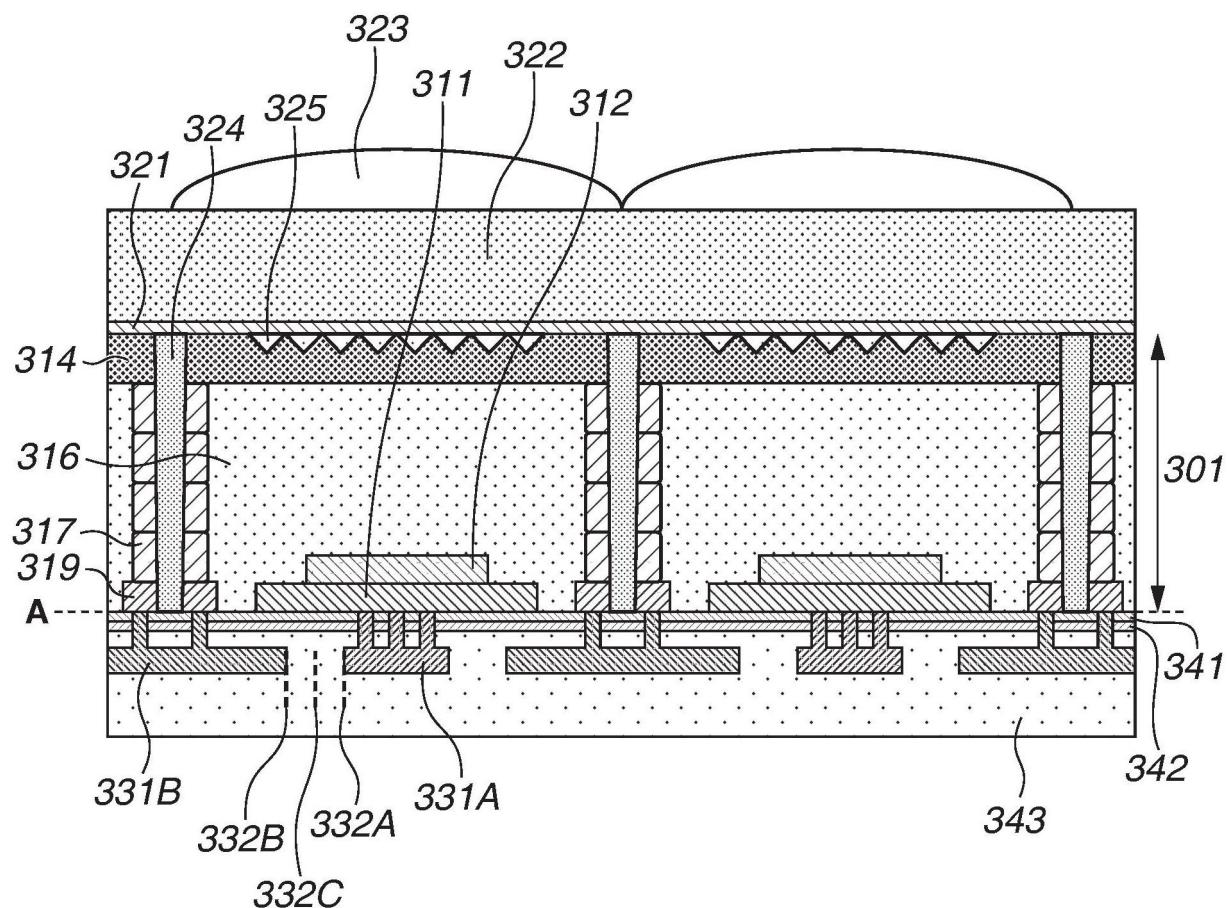


图18

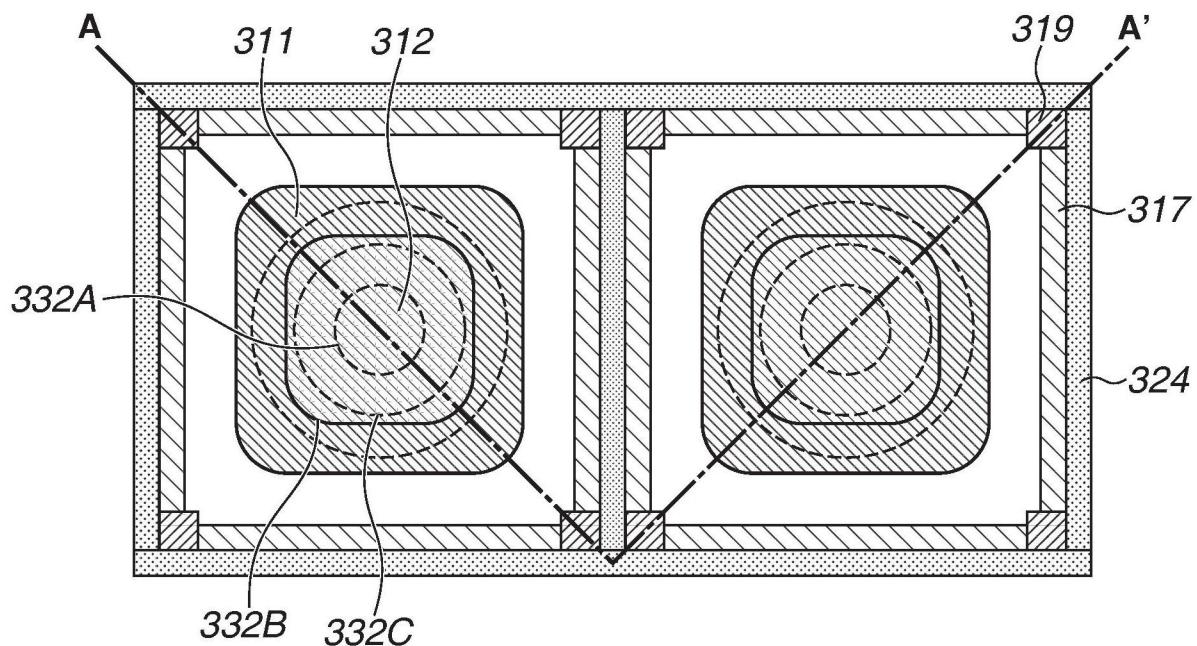


图19A

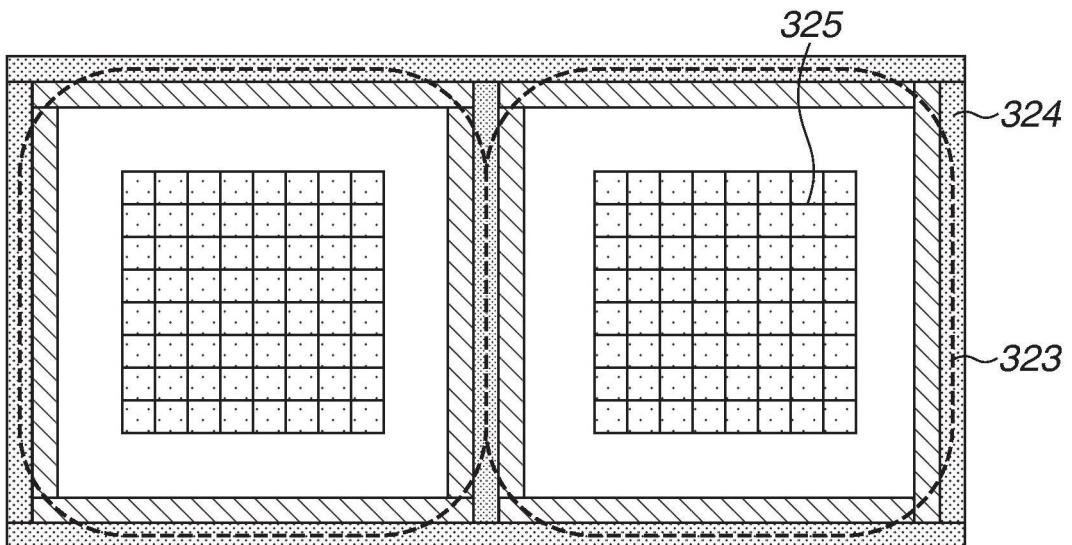


图19B

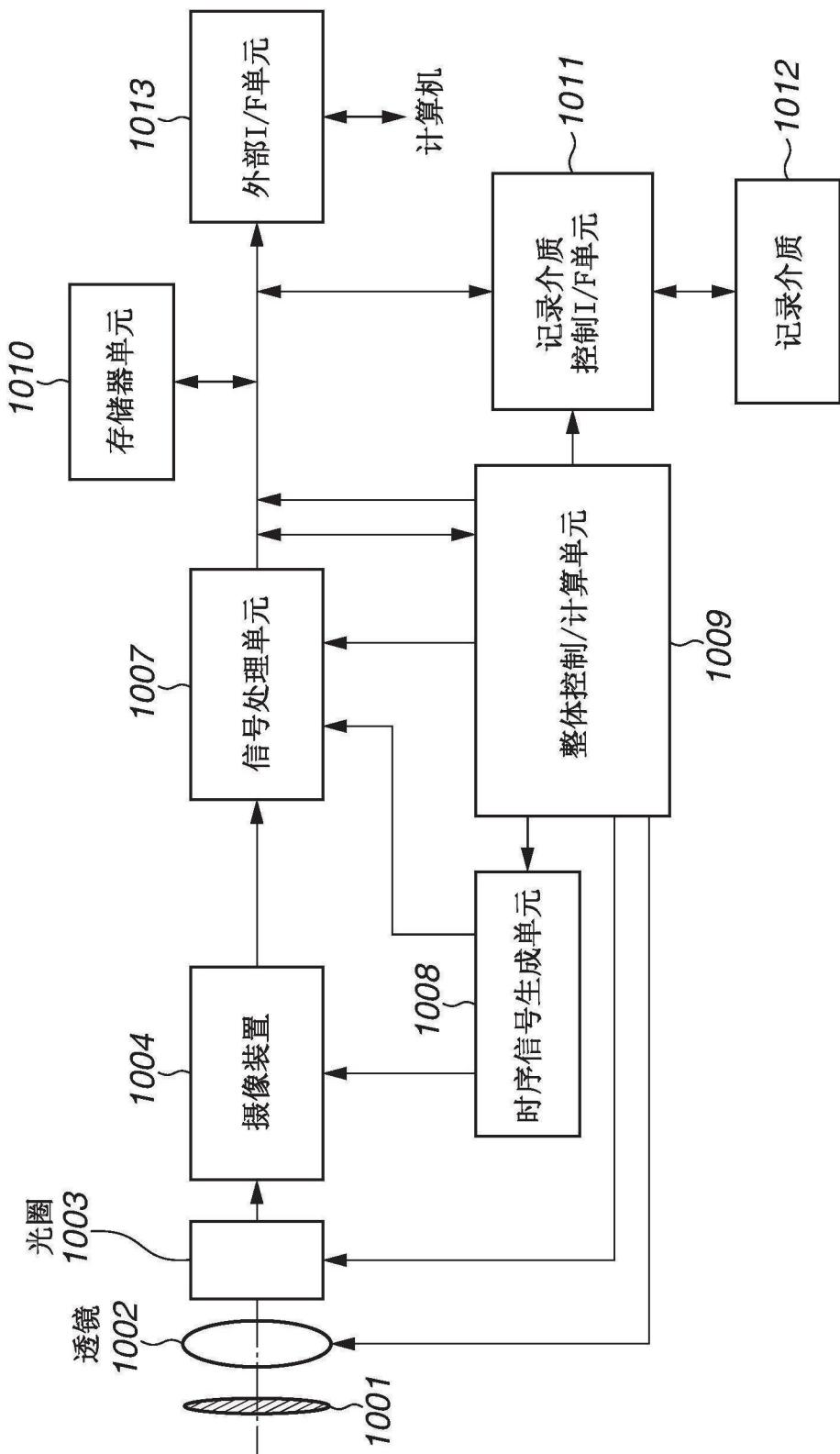


图20

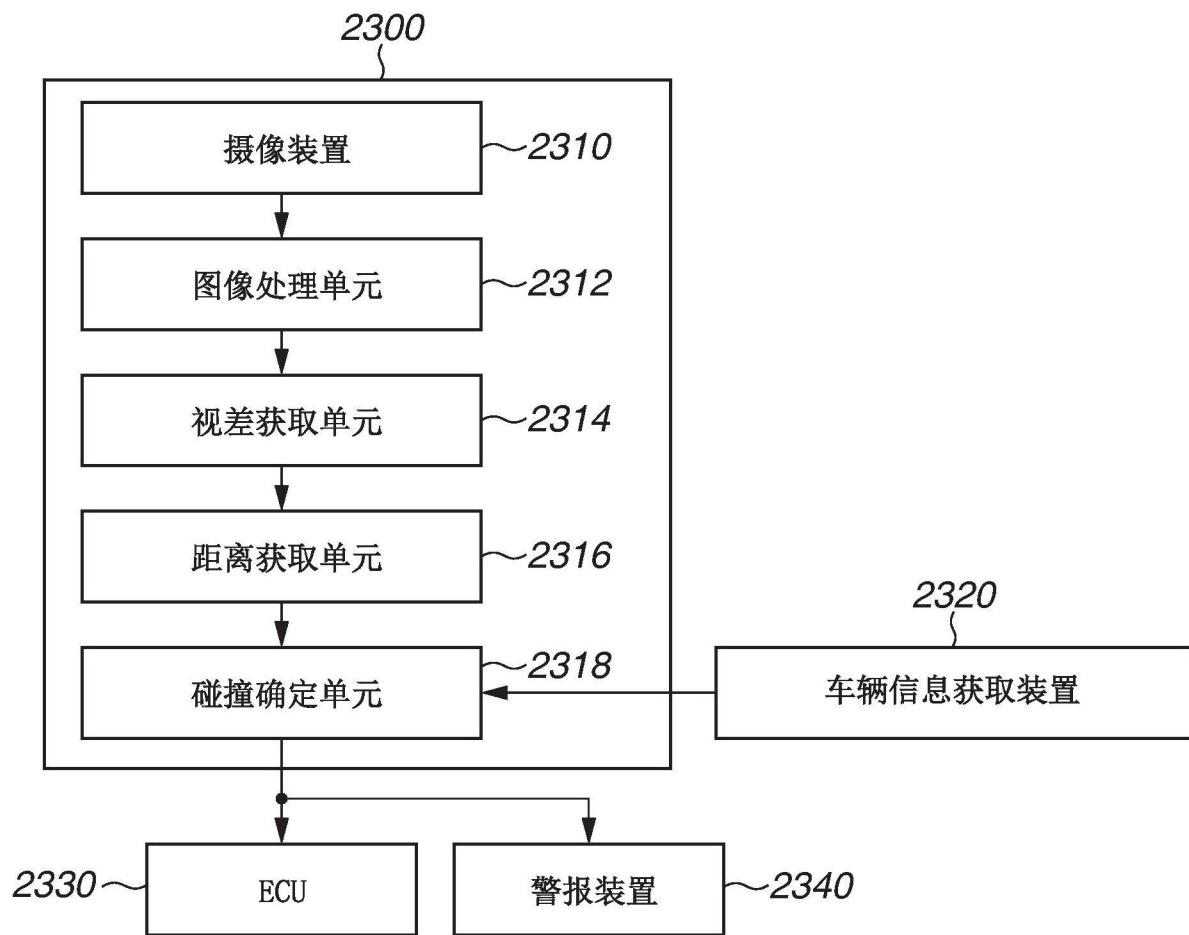


图21A

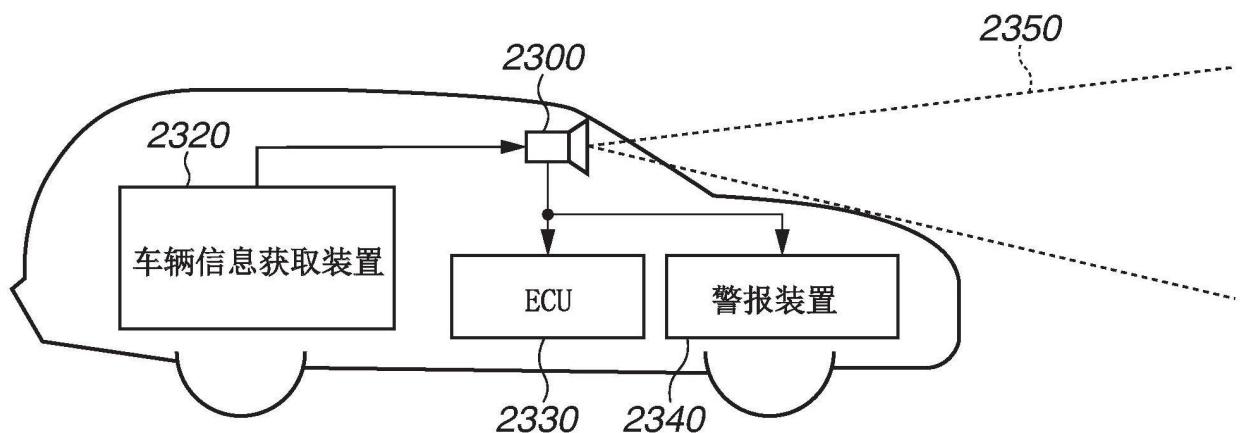


图21B

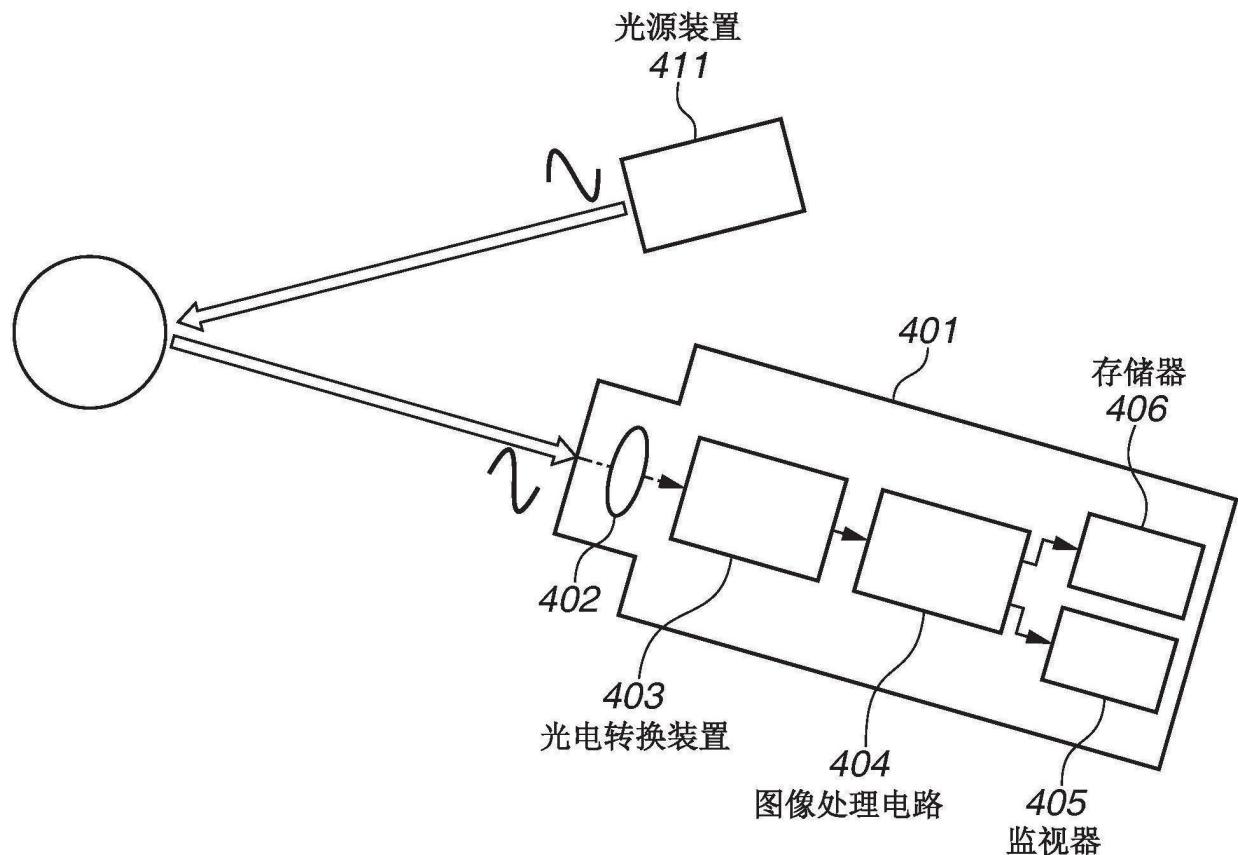


图22

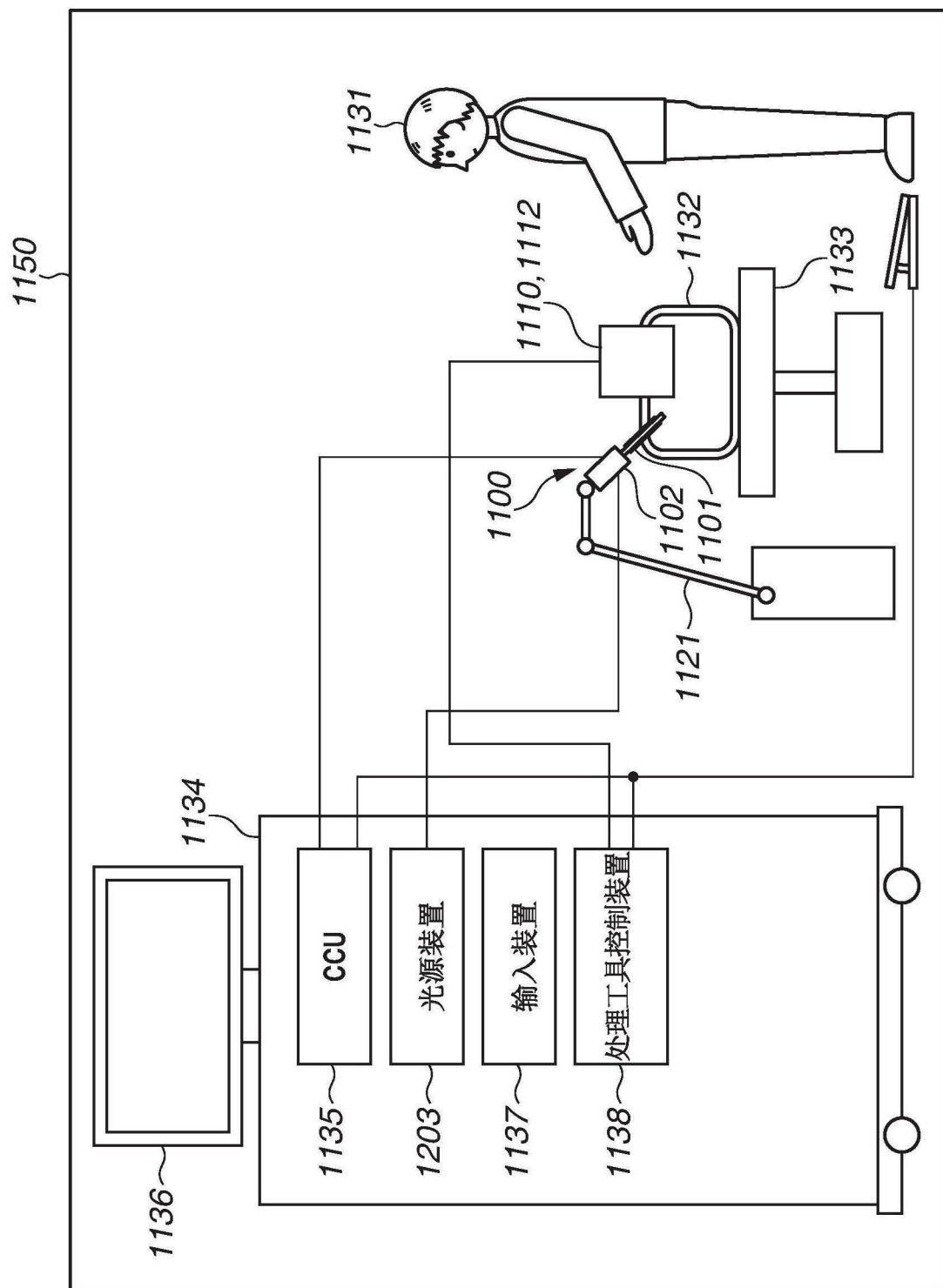


图23

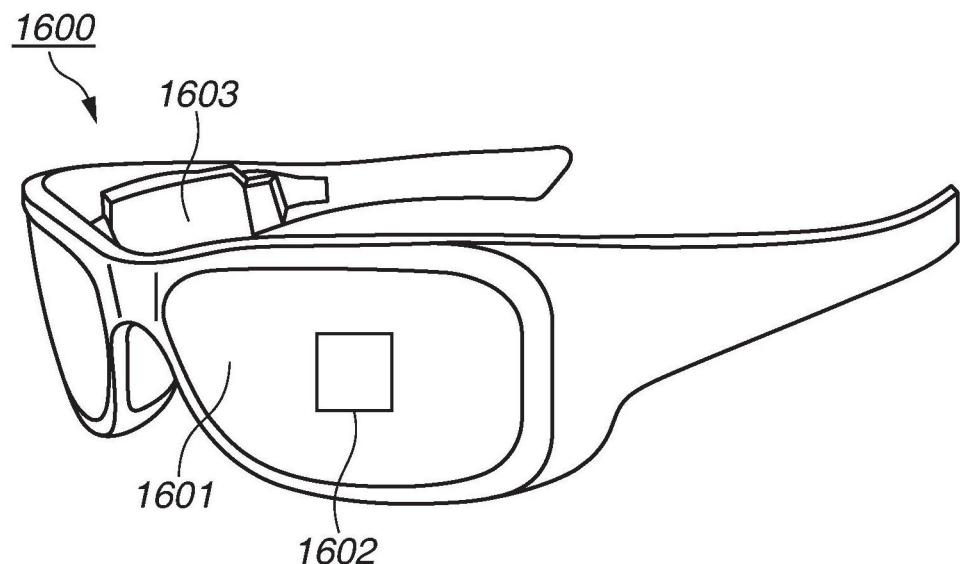


图24A

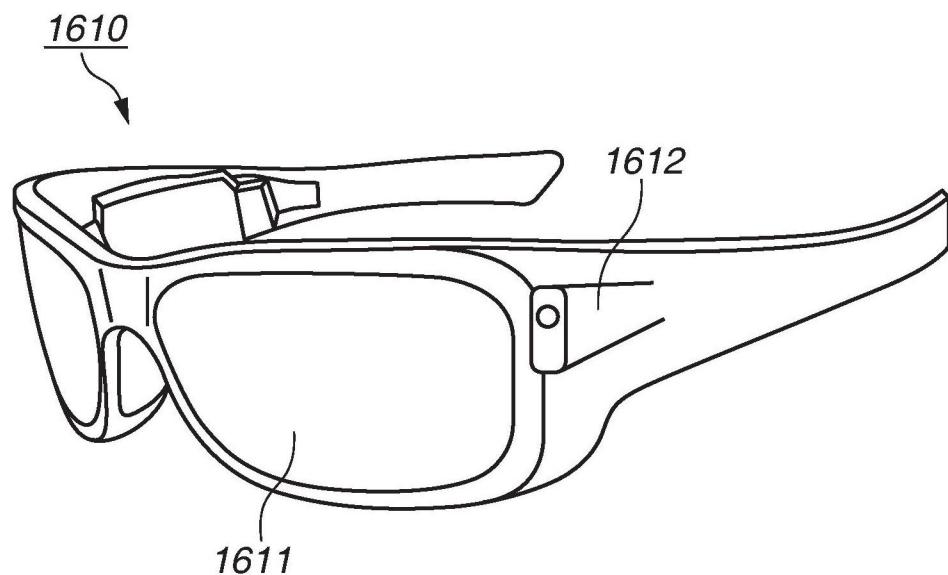


图24B