



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110389332 A

(43)申请公布日 2019.10.29

(21)申请号 201910293488.4

(22)申请日 2019.04.12

(30)优先权数据

2018-081068 2018.04.20 JP

(71)申请人 索尼半导体解决方案公司

地址 日本神奈川县

(72)发明人 小泽治 上水流隼人

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限公司 11290

代理人 乔焱 曹正建

(51)Int.Cl.

G01S 7/486(2006.01)

G01S 7/487(2006.01)

G01S 17/10(2006.01)

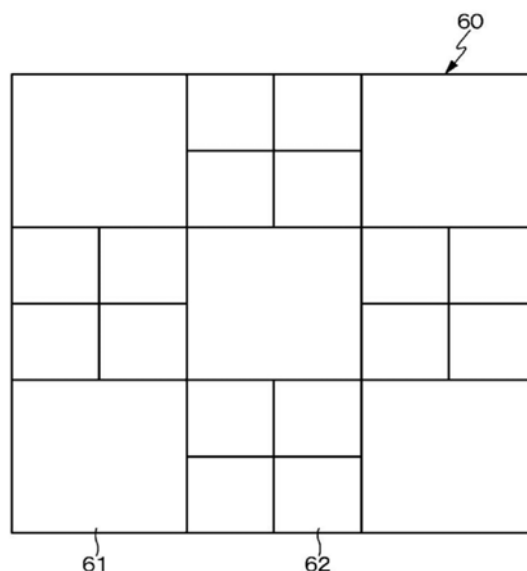
权利要求书2页 说明书17页 附图16页

(54)发明名称

受光装置和受光系统

(57)摘要

本发明公开了一种受光装置和受光系统。受光装置包括：像素阵列，所述像素阵列具有多个像素，所述多个像素中的每个像素包括光敏元件，所述光敏元件被构造为响应于所述光敏元件对光子的检测而产生信号，其中，所述多个像素包括第一像素和第二像素，所述第一像素具有第一敏感度以检测入射到所述第一像素上的第一光子，所述第二像素具有第二敏感度以检测入射到所述第二像素上的第二光子，其中，所述第二敏感度低于所述第一敏感度。受光系统包括光源和受光装置。根据本发明，能够在不设计直方图信号处理的情况下实现动态范围增加。



1. 一种受光装置,其包括:

像素阵列,所述像素阵列具有多个像素,所述多个像素中的每个像素包括光敏元件,所述光敏元件被构造为响应于所述光敏元件对光子的检测而产生信号,

其中,所述多个像素包括第一像素和第二像素,所述第一像素具有第一敏感度以检测入射到所述第一像素上的第一光子,所述第二像素具有第二敏感度以检测入射到所述第二像素上的第二光子,其中,所述第二敏感度低于所述第一敏感度。

2. 根据权利要求1所述的受光装置,还包括与所述像素阵列通信的处理器,其中,所述处理器被构造为对在时间间隔内由各所述光敏元件产生的信号的数量进行计数。

3. 根据权利要求2所述的受光装置,其中

使所述第一像素的所述光敏元件饱和的入射光量小于使所述第二像素的所述光敏元件饱和的入射光量。

4. 根据权利要求1所述的受光装置,其中,所述第一像素的受光面积大于所述第二像素的受光面积。

5. 根据权利要求1所述的受光装置,其中,所述第一像素中的所述光敏元件的半导体层的厚度大于所述第二像素中的所述光敏元件的半导体层的厚度。

6. 根据权利要求5所述的受光装置,其中,所述第一像素中的所述光敏元件的n-阱区的厚度大于所述第二像素中的所述光敏元件的n-阱区的厚度。

7. 根据权利要求1所述的受光装置,还包括至少一个电压源,其中,所述至少一个电压源被构造为将第一过偏压提供到所述第一像素且将第二过偏压提供到所述第二像素,其中,所述第一过偏压高于所述第二过偏压。

8. 根据权利要求7所述的受光装置,其中,根据所述第一像素中的所述光敏元件的阳极电极接收到的阳极电压来设定所述第一过偏压。

9. 根据权利要求8所述的受光装置,还包括:

环境光检测器,所述环境光检测器被构造为检测环境光的强度,

其中,根据所述环境光的所述强度来设定所述阳极电压。

10. 根据权利要求1所述的受光装置,其中,所述光敏元件包括单光子雪崩二极管。

11. 根据权利要求1-10中任一项所述的受光装置,其中,所述受光装置被构造为安装在车辆中。

12. 根据权利要求2或3所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为响应于所述第一敏感度将权重因数应用于从所述第一像素输出的信号,并且响应于所述第二敏感度将权重因数应用于从所述第二像素输出的信号。

13. 根据权利要求2或3所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为基于由所述处理器计数得到的信号的所述数量来确定从所述受光装置到被摄体之间的距离。

14. 根据权利要求2或3所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为基于所述处理器计数得到的信号的所述数量来识别被摄体。

15. 根据权利要求2或3所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为检测环境光的强度,

其中,根据所述环境光的所述强度来确定所述第一像素和/或所述第二像素的操作。

16. 一种受光系统,其包括:

被构造为用光来照射测量对象的光源;和

被构造为接收被所述测量对象反射的光的受光装置,其中,

所述受光装置包括像素阵列,所述像素阵列具有多个像素,所述多个像素中的每个像素包括光敏元件,所述光敏元件被构造为响应于检测到入射到所述光敏元件上的至少一个光子而产生信号,且

所述像素阵列包括第一像素和第二像素,所述第一像素具有第一敏感度以检测入射到所述第一像素上的第一光子,所述第二像素具有第二敏感度以检测入射到所述第二像素上的第二光子,其中,所述第二敏感度低于所述第一敏感度。

17. 根据权利要求16所述的受光系统,其中,使所述第一像素的所述光敏元件饱和的入射光量小于使所述第二像素的所述光敏元件饱和的入射光量。

18. 根据权利要求16所述的受光系统,还包括至少一个电压源,其中,所述至少一个电压源被构造为将第一过偏压提供到所述第一像素且将第二过偏压提供到所述第二像素,其中,所述第一过偏压高于所述第二过偏压。

19. 根据权利要求18所述的受光系统,其中,根据所述第一像素中的所述光敏元件的阳极电极接收到的阳极电压来设定所述第一过偏压。

20. 根据权利要求16-19中任一项所述的受光系统,其中,所述光敏元件包括单光子雪崩二极管。

## 受光装置和受光系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及受光装置和测距装置。

### 背景技术

[0002] 测距装置包括作为受光单元的元件,该元件被构造为响应于光子受光来产生信号(例如,参照专利文献1)。这种根据现有技术的测距装置具有通过设计直方图的信号处理而增加的动态范围,该直方图是通过累积预定测量时间内飞行时间(TOF:time of flight)的测量结果而获得的。具体地,在低光量的情况下检测脉冲数量,且在高光量的情况下检测脉冲宽度。

[0003] 引用列表

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:JP 2014-81254A

### 发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题

[0007] 本发明的目的是提出一种能够在无需设计直方图信号处理的情况下增加动态范围的受光装置,以及包括该受光装置的测距装置。

[0008] 技术问题的解决方案

[0009] 根据本发明,提出一种受光装置。受光装置包括像素阵列,像素阵列具有多个像素,多个像素中的每个像素包括光敏元件,所述光敏元件被构造为响应于所述光敏元件对光子的检测而产生信号,其中,多个像素包括第一像素和第二像素,第一像素具有第一敏感度以检测入射到第一像素上的第一光子,第二像素具有第二敏感度以检测入射到第二像素上的第二光子,其中,第二敏感度低于第一敏感度。

[0010] 根据本发明,提出一种受光系统。受光系统包括被构造为用光来照射测量对象的光源,和被构造为接收从测量对象反射的光的受光装置,其中,受光装置包括像素阵列,像素阵列具有多个像素,多个像素中的每个像素包括被构造为响应于检测到入射到光敏元件上的至少一个光子而产生信号的光敏元件,其中,像素阵列包括第一像素和第二像素,第一像素具有第一敏感度以检测入射到第一像素上的第一光子,第二像素具有第二敏感度以检测入射到第二像素上的第二光子,其中,第二敏感度低于第一敏感度。

[0011] 本发明的有益效果

[0012] 根据本发明的实施例,能够在不设计直方图信号处理的情况下实现动态范围增加。

[0013] 注意,本发明未必限于上述的效果,而是可以实现本说明书所公开的任何效果。此外,本说明书所公开的效果仅是示例性的,且本发明不限于此,而是可以实现额外的效果。

## 附图说明

- [0014] 图1是图示了根据本发明的实施例的测距装置的示意性构造图。
- [0015] 图2A和2B分别是图示了根据本发明的实施例的测距装置的具体构造的框图。
- [0016] 图3A是图示了包括SPAD元件的受光装置的基本像素电路的第一示例的电路图,图3B是图示了包括SPAD元件的受光装置的基本像素电路的第二示例的电路图。
- [0017] 图4A是图示了SPAD元件的PN结的电流-电压特性的特性图,图4B是用于说明像素电路的电路工作的波形图。
- [0018] 图5是用于说明在相对小的光照射量的情况下的SPAD元件的死区时间DT的波形图。
- [0019] 图6是用于说明在相对大的光照射量的情况下的SPAD元件的死区时间DT的波形图。
- [0020] 图7A是图示了死区时间DT和入射光量-计数值特性之间关系的特性图,图7B是图示了光子检测概率PDE与入射光量-计数值特性之间关系的特性图。
- [0021] 图8是图示了根据示例1的像素阵列单元的示意性构造的平面图。
- [0022] 图9A是图示了根据示例2的像素阵列单元的示意性构造的平面图,图9B是图示了受光单元的断面结构的断面图。
- [0023] 图10A是图示了根据示例3的像素阵列单元的示意性构造的平面图,图10B是图示了过偏压 $V_{EX}$ 与作为敏感度指数的概率PDE之间关系的特性图。
- [0024] 图11是用于说明在过偏压 $V_{EX}$ 被设定为小的情况下的SPAD元件的敏感度的波形图。
- [0025] 图12是图示了根据示例4的受光装置的示意性构造的电路框图。
- [0026] 图13是图示了应用根据本发明的实施例的技术的作为示例性移动体控制系统的车辆控制系统的示例性示意构造的框图。
- [0027] 图14是图示了测距装置的示例性安装位置的图。

## 具体实施方式

[0028] 下面参照附图详细说明实现本发明的技术的实施方式(以下被称为“实施例”)。本发明的技术不限于实施例,且实施例中的各种类型的值等是示例性的。在下面的说明中,使用相同的附图标记来标注相同的元件或具有相同功能的元件,并将省略它们的任何重复说明。注意,将以下面的顺序给出说明。

- [0029] 1. 根据本发明的实施例的受光装置和测距装置的概述
- [0030] 2. 根据实施例的测距装置
- [0031] 2-1. 包括SPAD元件的受光装置的基本构造
- [0032] 2-2. SPAD元件的死区时间DT (dead time)
- [0033] 3. 根据实施例的受光装置
- [0034] 3-1. 示例1 (受光面积被改变的示例)
- [0035] 3-2. 示例2 (半导体层厚度被改变的示例)
- [0036] 3-3. 示例3 (过偏压被改变的示例)
- [0037] 3-4. 示例4 (示例3的变型例:过偏压被调整的示例)
- [0038] 4. 根据本发明的实施例的技术的示例性应用 (示例性移动体)

[0039] 5. 本发明的构造

[0040] <根据本发明的实施例的受光装置和测距装置的概述>

[0041] 在根据本发明的实施例的受光装置和测距装置中,第一敏感度可以是允许检测具有比预定光强度低的强度的入射光的敏感度;第二敏感度可以是不会在预定光量以下达到饱和的敏感度。

[0042] 在具有上述优选构造的本发明的受光装置和测距装置中,具有第一敏感度的像素的受光面积可以大于具有第二敏感度的像素的受光面积,且具有第一敏感度的像素的受光单元的半导体层的厚度可以大于具有第二敏感度的像素的受光单元的半导体层的厚度。

[0043] 此外,在具有上述优选构造的本发明的受光装置和测距装置中,具有第一敏感度的像素的过偏压的电压值可以高于具有第二敏感度的像素的过偏压的电压值。在这种情况下,可以通过施加于受光单元的阳极电极的阳极电压的电压值来设定过偏压的电压值。此外,可以根据环境光的强度来设定阳极电压的电压值。

[0044] 此外,在具有上述优选构造的本发明的受光装置和测距装置中,受光单元可以包括单光子雪崩二极管。

[0045] <根据实施例的测距装置>

[0046] 图1是图示了根据本发明的实施例的测距装置的示意性构造图。根据本实施例的测距装置1采用飞行时间(TOF)方法作为测量与作为测量对象的被摄体10之间距离的测量方法,TOF方法测量直到朝向被摄体10发出的光(例如,激光束)在被被摄体10反射后返回的时间。为了通过TOF方法实现测距,根据本实施例的测距装置1包括光源20和受光装置30。此外,受光装置30是根据如下所述的本发明实施例的受光装置。

[0047] 图2A和2B图示了根据本实施例的测距装置1的具体构造。光源20例如包括激光驱动器21、激光光源22和漫射透镜23,并向被摄体10发出激光束。激光驱动器21在控制单元40的控制下驱动激光光源22。激光光源22包括例如半导体激光器,并由激光驱动器21驱动而发出激光束。漫射透镜23将激光光源22发出的激光束漫射,并向被摄体10发出漫射的激光束。

[0048] 受光装置30包括受光透镜31、光传感器32和逻辑电路33,并且接收从光源20发出且作为在被被摄体10反射后的反射激光束返回的照射激光束。受光透镜31将来自被摄体10的反射激光束聚集到光传感器32的受光面上。光传感器32在各像素处接收通过受光透镜31的来自被摄体10的反射激光束,并且对激光束进行光电转换。

[0049] 来自光传感器32的输出信号通过逻辑电路33被供给到控制单元40。将在下文详细说明光传感器32。控制单元40例如由中央处理单元(CPU:central processing unit)等实现,控制光源20和受光装置30,并且测量直到从光源20朝向被摄体10发出的激光束在被被摄体10反射后返回的时间 $t$ 。能够根据时间 $t$ 计算出与被摄体10之间的距离 $L$ 。通过这样的方法测量时间 $t$ :在光源20发出脉冲光的时刻启动定时器,且在受光装置30接收到脉冲光的时刻停止定时器。在另一种时间测量方法中,光源20可以以预定周期发出脉冲光,可以检测当受光装置30接收到脉冲光的周期,且可以根据发光周期和受光周期之间的相位差而测量出时间 $t$ 。多次执行该时间测量,并通过检测对多次测量出的时间进行累积而获得的直方图的峰值来测量时间 $t$ 。

[0050] 光传感器32可以是二维阵列传感器(所谓的面传感器),其中,包括受光单元的像

素各者以二维阵列进行布置;或光传感器32可以是一维阵列传感器(所谓的线传感器),其中,包括受光单元的像素各者以直线进行布置。

[0051] 此外,在本实施例中,光传感器32是这样的传感器:各像素的受光单元包括被构造为响应于光子受光而产生信号的元件,诸如单光子雪崩二极管(SPAD:single photon avalanche diode)元件等。具体地,根据本实施例的受光装置30具有这样的构造:各像素的受光单元包括SPAD元件。注意,受光单元不限于SPAD元件,而可以是诸如雪崩光电二极管(APD:avalanche photo diode)和电流辅助光子解调器(CAPD:current assisted photonic demodulator)等各种类型的元件中的一种。

[0052] [包括SPAD元件的受光装置的基本电路]

[0053] 图3A图示了包括SPAD元件的受光装置30的基本像素电路的第一示例,图3B图示了其第二示例。这里,附图分别图示了一个像素的基本构造。

[0054] 在根据第一示例的像素电路50中,SPAD元件51具有经由作为负载的电阻元件R连接到被提供电源电压 $V_{DD}$ 的端子52的阴极电极;和连接到被提供阳极电压 $V_{bd}$ 的端子53的阳极电极。端子52和端子53分别耦接到提供电源电压 $V_{DD}$ 和阳极电压 $V_{bd}$ 的电压源。阳极电压 $V_{bd}$ 是造成雪崩倍增的大负电压。电容器元件C连接阳极电极和地。此外,SPAD元件51的阴极电压 $V_{CA}$ 通过CMOS反相器54被导出为SPAD输出(像素输出),该CMOS反相器54包括彼此串联连接的P型MOS晶体管 $Q_p$ 和N型MOS晶体管 $Q_n$ 。

[0055] SPAD元件51被提供等于或高于击穿电压 $V_{BD}$ 的电压。等于或高于击穿电压 $V_{BD}$ 的过电压被称为过偏压 $V_{EX}$ ,通常是约2至5V。SPAD元件51工作在被称为盖革(Geiger)模式的区域中,在该模式下不存在稳定的DC点。图4A图示了SPAD元件51的PN结的I(电流)-V(电压)特性。

[0056] 根据第二示例的像素电路50与第一示例的不同之处在于:根据第一示例的像素电路50中的作为负载的电阻元件R被替换为P型MOS晶体管 $Q_L$ 。其他的电路构造基本相同。

[0057] 其后,将参照图4B所示的波形图说明如上所述地构造的像素电路50的电路工作。

[0058] 在没有电流流过SPAD元件51的状态下, $V_{DD}-V_{bd}$ 的电压施加于SPAD元件51。电压值( $V_{DD}-V_{bd}$ )是( $V_{BD}+V_{EX}$ )。然后,暗电子生成率DCR(暗计数率:dark count rate)和通过光照射而产生的电子导致SPAD元件51的PN结部的雪崩倍增,从而产生雪崩电流。该现象即使在遮光状态(没有光入射)下也随机发生。这是暗电子生成率DCR。

[0059] 当阴极电压 $V_{CA}$ 减小且SPAD元件51的端子之间的电压变成PN二极管的击穿电压 $V_{BD}$ 时,雪崩电流停止。然后,在雪崩倍增时产生且累积的电子通过作为负载的电阻元件R(或P型MOS晶体管 $Q_L$ )而被排出,阴极电压 $V_{CA}$ 恢复到电源电压 $V_{DD}$ ,并返回到初始状态。该操作是所谓的淬灭(quenching)操作。

[0060] 当光入射到SPAD元件51上且至少一对电子和空穴生成时,这一对产生雪崩电流。因此,能够以一定的概率PDE(光子检测效率:photon detection efficiency)检测到即使一个光子的入射。检测到该光子的概率PDE通常大致约为几%至20%。

[0061] 重复上述的操作。此外,在这一系列操作中,阴极电压 $V_{CA}$ 被CMOS反相器54波形整形,且具有脉宽T且以一个光子的到达时间作为起始点的脉冲信号被获得为SPAD输出(像素输出)。

[0062] 如上所述,SPAD元件51是高性能光传感器,其能够以一定的概率PDE检测到单个光

子的入射。然而,在进行一次光子检测后,SPAD元件51具有SPAD元件51不能对光子做出反应的时间段,即几ns(纳秒)至几十ns的死区时间(Dead Time,DT)。因此,当满足大光量条件使得光子的检测频率增加时,死区时间DT的总持续时间变得太长以致相对于观察时间不可忽略,且光检测的准确度下降。

[0063] [不能对光子做出反应的死区时间DT]

[0064] 下面参照图5的波形图更具体地说明SPAD元件51不能对光子做出反应的死区时间DT。如上所述,SPAD元件51具有不可能对光入射做出反应的死区时间DT,这归因于阴极电压 $V_{CA}$ 恢复到电源电压 $V_{DD}$ 的时间。例如,在区域a中,雪崩倍增发生两次,且因此,两个脉冲信号产生为SPAD输出。然而,在区域b中,雪崩倍增发生两次,但是仅产生一个脉冲信号。

[0065] 理论上,直至阴极电压 $V_{CA}$ 在自从SPAD元件51做出一次反应的下一阶段变为相等或高于CMOS反相器54的阈值电压前,SPAD元件51不对发生的光入射产生SPAD输出。因此,该期间是死区时间DT,且脉宽T是阈值。

[0066] 在图5的情况下,SPAD元件51上的光照射量是相对小的。在光照射量相对大且光反应数量大的情况下,如图6所示,SPAD元件51的反映的实际数量在区域c和d中增加,但是因死区时间DT的影响而造成的脉冲信号计数丢失受到很大影响。该现象在长死区时间DT和高光子检测概率PDE的条件下变得更加显著。

[0067] 下面给出更详细的逻辑表达式。在下面的表达式中,m是脉冲信号计数值,n是对入射光量的理想响应频率,且 $t_{dead}$ 是死区时间DT的时间。

[0068]  $m = n \cdot \exp(-n \cdot t_{dead})$

[0069] 随着死区时间DT的时间 $t_{dead}$ 变长且相对于入射光量的理想响应频率n变大,与理论表达式的偏差变大。

[0070] SPAD元件51的理想特性是:脉冲信号计数值m相对于入射光量线性变化。然而,如图7A所示,具有较大死区时间DT的样本趋于在较弱的入射光的情况下达到饱和。如图7B所示,该趋势更有可能发生于具有较高光子检测概率PDE的SPAD(换言之,具有较高敏感度的SPAD)。因此,图7B所示的特性表明具有较高敏感度的SPAD趋于更快达到饱和。

[0071] 顺便,如下所述,包括将SPAD元件51用作光传感器32的受光装置30的测距装置1能够安装和用于诸如汽车等移动体上。例如,在汽车的自动操作中,需要汽车能够通过照射最大光量受调节限制的激光束来检测前方300m的障碍物。因此,需要SPAD元件51的敏感度为高。然而,即使在早晨的太阳或强烈的反射光等的条件下也需要SPAD元件51正常工作,且不应在图7A和7B所示的客户要求最大光量以下达到饱和。因此,将SPAD元件51用作光传感器32的受光装置30需要工作在高动态范围中,换言之,虽然受光装置30能够对弱入射光做出反应,但是不在强入射光的情况下达到饱和。

[0072] <根据实施例的受光装置>

[0073] 在本实施例中,为了增加动态范围,在包括具有多个像素(像素各者包括SPAD元件51)的像素阵列单元的受光装置30中,像素阵列单元包括具有第一敏感度的像素(所谓的高敏感度像素)和具有低于第一敏感度的第二敏感度的像素(所谓的低敏感度像素)。因此,高敏感度像素对弱入射光做出反应,低敏感度像素对强入射光做出反应,这带来动态范围的增加。

[0074] 高敏感度像素的敏感度(即,第一敏感度)可以是允许检测具有比预定光强度低的



强度的入射光(光子量小于预定量)的敏感度。此外,低敏感度像素的敏感度(即,第二敏感度)优选是不会在预定光量以下达到饱和的敏感度,具体地,不会在图7A和7B所示的客户要求最大光量以下达到饱和的敏感度。

[0075] 在本示例中,虽然将像素敏感度设定为第一敏感度和第二敏感度这两个等级,但是本发明不限于将敏感度设定在两个等级。可以将第一敏感度和第二敏感度中的一者或两者进一步细分为三个或更多个等级的一系列敏感度。

[0076] 下面说明本实施例的用于增加动态范围的具体示例。

[0077] [示例1]

[0078] 示例1是这样的示例:通过改变像素阵列单元中的各像素的尺寸来增加动态范围。图8图示了根据示例1的像素阵列单元的示意性构造。

[0079] 在示例1中,其中像素以矩阵二维布置的像素阵列单元60包括具有相对大像素尺寸的第一像素61和具有比第一像素61的像素尺寸小的像素尺寸的第二像素62。

[0080] 注意,本示例示例性说明了这样的像素布置:第一像素61和在具有与第一像素61相等尺寸的区域中布置的四个第二像素62以格状布置。然而,本发明不限于该像素布置,而是基本适用于在像素阵列单元60中混合有第一像素61和第二像素62的任何像素布置。

[0081] 第一像素61和第二像素62的像素尺寸之间的差意味着第一像素61和第二像素62的受光面积彼此不同。具体地,从图8明显看出,第一像素61的受光面积大于第二像素62的受光面积。因此,第一像素61具有比第二像素62的敏感度高的敏感度。

[0082] 如上所述,根据示例1的受光装置30包括像素阵列单元60中的具有相对大像素尺寸(受光面积)的第一像素61和具有相对小像素尺寸(受光面积)的第二像素62。使用该构造,能够在低入射光量的条件下由第一像素61可靠地检测光子,且能够在高入射光量的条件下由第二像素62不发生饱和地进行检测操作。因此,增加了受光装置30的动态范围。

[0083] (示例1的示例性应用)

[0084] 示例1可以具有如下的示例性应用。

[0085] -示例性应用1

[0086] 第一像素61和第二像素62的输出可以根据像素尺寸被加权,并且可以被相加以进行光量确定。安装在诸如汽车等移动体上的测距装置(诸如,光检测和测距、激光成像检测和测距(LIDAR:laser imaging detection and ranging)器件)除了具有通过测量直至激光束在被物体反射返回的时间来计算与物体之间的距离的功能以外,还具有通过确定反射光的光量来识别物体的功能(例如,识别道路上的白线的功能)。该功能需要确定反射光的光量,且因此,确定的结果能够用来根据像素尺寸(受光面积)对第一像素61和第二像素62的输出进行加权,并根据它们的和来确定反射光的光量。

[0087] -示例性应用2

[0088] 可以根据环境光的强度(光量)仅操作具有任一像素尺寸的像素(第一像素61或第二像素62)。安装在诸如汽车等移动体上的诸如LIDAR器件等测距装置具有这样的准备模式:在发出激光束之前的非发光状态下,确定环境光的程度。准备模式下的确定的结果能够用来根据环境光的强度确定使用具有大像素尺寸的第一像素61还是使用具有小像素尺寸的第二像素62。

[0089] -示例性应用3

[0090] 可以按照时间顺序方式选择性地使用具有相对大像素尺寸的第一像素61和具有相对小像素尺寸的第二像素62。例如,可以交替操作具有大像素尺寸的第一像素61和具有小像素尺寸的第二像素62,或可以根据先前的评价结果来确定是使用具有大像素尺寸的第一像素61还是具有小像素尺寸的第二像素62。

[0091] [示例2]

[0092] 示例2是这样的示例:通过改变像素的受光单元的半导体层的厚度来增加动态范围。图9A图示了根据示例2的像素阵列单元的示意性构造,图9B图示了受光单元的断面结构。

[0093] 如图9B所示,半导体基板(例如, $p^-$ 基板71)包括SPAD元件,该SPAD元件被构造为通过作为半导体层的 $n^-$ 阱72与 $p^+$ 扩散层73的底面之间的pn结来造成雪崩倍增。 $p^-$ 阱74的保护环形成在 $p^+$ 扩散层73的周边部。因此,防止在比击穿电压 $V_{BD}$ 低的电压下发生软击穿。

[0094] 在具有上述结构的受光单元中,在作为半导体层的 $n^-$ 阱72具有较大厚度 $t$ 的SPAD元件中更有可能在光入射时产生电子-空穴对,且因此光子检测概率PDE和敏感度高。因此,在示例2中,如图9A所示,通过改变SPAD元件的 $n^-$ 阱72的厚度 $t$ ,将具有相对高敏感度的第一像素63和具有相对低敏感度的第二像素64设置在像素阵列单元60中。

[0095] 注意,本示例示例性说明了这样的像素布置:作为高敏感度像素的第一像素63和作为低敏感度像素的第二像素64以格状布置。然而,本发明不限于该像素布置,而是基本适用于在像素阵列单元60中混合有第一像素63和第二像素64的任何像素布置。

[0096] 当在像素阵列单元60中混合有高敏感度像素和低敏感度像素时,在示例2中,相比于作为低敏感度像素的第二像素64,在作为高敏感度像素的第一像素63中SPAD元件的 $n^-$ 阱72的厚度 $t$ 较大。

[0097] 如上所述,根据示例2的受光装置30包括位于像素阵列单元60中的具有相对大的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第一像素63和具有相对小的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第二像素64。使用该构造,第一像素63能够在小入射光量的条件下可靠地检测光子,且第二像素64能够在大入射光量的条件下不达到饱和地进行检测工作。因此,增加了受光装置30的动态范围。

[0098] (示例2的示例性应用)

[0099] 示例2能够与示例1组合使用。具体地,受光装置30除了可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对大的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第一像素63和具有相对小的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第二像素64以外,还可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对大的像素尺寸的第一像素61和具有相对小的像素尺寸的第二像素62。

[0100] 此外,示例2可以具有与示例1的示例性应用1至3类似的示例性应用。

[0101] -示例性应用1

[0102] 第一像素63和第二像素64的输出可以根据 $n^-$ 阱72的厚度 $t$ 被加权,并且被相加以进行光量确定。它的具体示例与示例1的示例性应用1相同。

[0103] -示例性应用2

[0104] 可以根据环境光的强度(光量),仅操作具有任一 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的像素(第一像素63或第二像素64)。它的具体示例与示例1的示例性应用2相同。

[0105] -示例性应用3

[0106] 可以按照时间顺序方式选择性地使用具有相对大的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第一像素63和

具有相对小的 $n$ 阱72厚度 $t$ 的第二像素64。它的具体示例与示例1的示例性应用3相同。

[0107] [示例3]

[0108] 示例3是这样的示例:通过改变像素的受光单元(换言之,SPAD元件的过偏压 $V_{EX}$ )来增加动态范围。过偏压 $V_{EX}$ 是等于或大于施加于SPAD元件的击穿电压 $V_{BD}$ 的过电压。图10A图示了根据示例3的像素阵列单元的示意性构造,图10B图示了过偏压 $V_{EX}$ 和作为敏感度指数的概率PDE之间的关系。

[0109] 从图10B明显看出,能够通过降低过偏压 $V_{EX}$ 的电压值来降低光子检测概率PDE(换言之,SPAD元件的敏感度),且因此,在大光量的条件下不太可能发生光饱和。此外,当降低过偏压 $V_{EX}$ 的电压值时,如图11所示,减小SPAD输出的脉宽(换言之,不可能对光子做出反应的死区时间DT),且因此,能够根据上述的理论表达式来改善在大光量条件下的光饱和特性。

[0110] 过偏压 $V_{EX}$ 、光子检测概率PDE、不可能对光子做出反应的死区时间DT和SPAD元件的特性具有如下关系。具体地,具有相对高的过偏压 $V_{EX}$ 、相对高的概率PDE和相对长的死区时间DT的SPAD元件具有相对高的敏感度,并且相对更可能达到饱和。具有相对低的过偏压 $V_{EX}$ 、相对低的概率PDE和相对短的死区时间DT的SPAD元件具有相对低的敏感度,并且相对不太可能达到饱和。

[0111] 以此方式,能够根据施加于SPAD元件的过偏压 $V_{EX}$ 的电压值来调整SPAD元件的敏感度。能够根据被提供至图3A和图3B中的端子53的阳极电压 $V_{bd}$ 的电压值来改变过偏压 $V_{EX}$ 的电压值。如上所述,由至少一个电压源提供阳极电压 $V_{bd}$ 。阳极电压 $V_{bd}$ 的电压值通常设定为像素阵列单元中的像素公用的固定值。

[0112] 因此,在示例3中,如图10A所示,通过改变施加于SPAD元件的过偏压 $V_{EX}$ 的电压值,将具有相对高敏感度的第一像素65和具有相对低敏感度的第二像素66设置在像素阵列单元60中。

[0113] 注意,本示例示例性说明了这样的像素布置:作为高敏感度像素的第一像素65和作为低敏感度像素的第二像素66以格状布置。然而,本发明不限于该像素布置,而是基本适用于在像素阵列单元60中混合有第一像素65和第二像素66的任何像素布置。此外,过偏压 $V_{EX}$ 的电压值不限于设定在第一像素65和第二像素66的这两个等级,而是可以设定在位于三个或更多个等级。具体地,像素布置可以包括高敏感度像素、中间敏感度像素和低敏感度像素的像素的混合。

[0114] 如上所述,根据示例3的受光装置30包括位于像素阵列单元60中的具有相对高的过偏压 $V_{EX}$ 的第一像素65和具有相对低的过偏压 $V_{EX}$ 的第二像素66。使用该构造,第一像素65能够在小入射光量的条件下可靠地检测光子,且第二像素66能够在大入射光量的条件下不达到饱和地进行检测工作。因此,增加了受光装置30的动态范围。

[0115] (示例3的示例性应用)

[0116] 示例3可以与示例1组合使用、与示例2组合使用或与示例1和2组合使用。具体地,受光装置30除了可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对高的过偏压 $V_{EX}$ 的第一像素65和具有相对低的过偏压 $V_{EX}$ 的第二像素66以外,还可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对大像素尺寸的第一像素61和具有相对小像素尺寸的第二像素62。

[0117] 非此即彼,受光装置30除了可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对高的过偏

压 $V_{EX}$ 的第一像素65和具有相对低的过偏压 $V_{EX}$ 的第二像素66以外,还可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对大的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第一像素63和具有相对小的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第二像素64。

[0118] 非此即彼,受光装置30除了可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对高的过偏压 $V_{EX}$ 的第一像素65和具有相对低的过偏压 $V_{EX}$ 的第二像素66以外,还可以包括位于像素阵列单元60中的具有相对大像素尺寸的第一像素61和具有相对小像素尺寸的第二像素62以及具有相对大的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第一像素63和具有相对小的 $n^-$ 阱72厚度 $t$ 的第二像素64。

[0119] 此外,示例3可以具有与示例1的示例性应用1至3类似的示例性应用。

[0120] -示例性应用1

[0121] 第一像素65和第二像素66的输出可以根据过偏压 $V_{EX}$ 被加权,并且被相加以进行光量确定。它的具体示例与示例1的示例性应用1相同。

[0122] -示例性应用2

[0123] 可以根据环境光的强度(光量),仅操作具有任一过偏压 $V_{EX}$ 的像素(第一像素65或第二像素66)。它的具体示例与示例1的示例性应用2相同。

[0124] -示例性应用3

[0125] 可以按照时间顺序方式选择性地使用具有相对高的过偏压 $V_{EX}$ 的第一像素65和具有相对低的过偏压 $V_{EX}$ 的第二像素66。它的具体示例与示例1的示例性应用3相同。

[0126] [示例4]

[0127] 示例4是示例3的变型例,且是根据环境光的强度(光量)调整过偏压 $V_{EX}$ 的电压值的大小的示例。图12图示了根据示例4的受光装置的示意性构造。

[0128] 在示例4中,类似于示例3,通过改变SPAD元件的过偏压 $V_{EX}$ 来增加动态范围,且根据环境光的强度(光量)调整过偏压 $V_{EX}$ 的电压值的大小。因此,根据示例4的受光装置包括:阳极电压设定单元71,该单元71被构造为设定施加于像素电路50的端子53的阳极电压 $V_{bd}$ ;和环境光检测单元72,该单元72被构造为检测环境光的强度(光量)。

[0129] 阳极电压设定单元71根据环境光检测单元72检测的环境光的强度来连续地或分阶段地设定阳极电压 $V_{bd}$ 的电压值。因此,根据环境光的强度来连续地或分阶段地调整过偏压 $V_{EX}$ 的电压值的大小。结果,能够在不改变像素尺寸(受光面积)或受光单元的半导体层的厚度的情况下改变像素敏感度,且因此,能够增加动态范围。

[0130] 环境光检测单元72可以是公知的光传感器。非此即彼,LIDAR器件具有这样的准备模式:在发出激光束之前的非发光状态下,确定环境光的程度。因此,在将根据示例4的受光装置用作安装在诸如汽车等移动体上的测距装置的受光装置的情况下,在准备模式下确定的环境光的强度可以用作阳极电压设定单元71的输入。

[0131] 注意,虽然以上是对将图3A所示的像素电路用作根据示例4的受光装置的像素电路50的示例做出的说明,但是该说明同样适用于使用图3B所示的像素电路的情况。

[0132] <根据本发明的实施例的技术的示例性应用>

[0133] 根据本发明的实施例的技术适用于各种产品。下面说明更具体的示例性应用。例如,根据本发明的实施例的技术可以被实现为安装在任何类型的移动体上的测距装置,移动体诸如是汽车、电动车、混合动力车、机动车、自行车、个人移动设备、飞机、无人机、船舶、机器人、建筑机械和农业机械(拖拉机)等。

[0134] [移动体]

[0135] 图13是图示了应用根据本发明的实施例的技术的作为示例性移动体控制系统的车辆控制系统7000的示例性示意构造的框图。车辆控制系统7000包括通过通信网络7010彼此连接的多个电子控制单元。在图13所示的示例中,车辆控制系统7000包括驱动系统控制单元7100、本体系统控制单元7200、电池控制单元7300、车外信息检测单元7400、车内信息检测单元7500和集成控制单元7600。将这多个控制单元连接的通信网络7010可以是符合诸如控制器局域网(CAN:controller area network)、本地互联网(LIN:local interconnect network)、局域网(LAN:local area network)或FlexRay(注册商标)等任选标准的车载通信网络。

[0136] 各控制单元包括:微计算机,被构造为根据各种计算机程序进行算术处理;存储单元,被构造为存储例如由微计算机执行的计算机程序或用于各种计算的参数;和驱动电路,被构造为驱动各种类型的控制目标装置。各控制单元包括:网络接口(I/F),用以通过通信网络7010与其他控制单元进行通信;和通信I/F,用以通过有线通信或无线电通信与车辆内外的装置或传感器等进行通信。图13图示了作为集成控制单元7600的功能构造的微计算机7610、通用通信I/F 7620、专用通信I/F 7630、定位单元7640、信标接收单元7650、车内设备I/F 7660、声音图像输出单元7670、车载网络I/F 7680和存储单元7690。类似地,任何其他控制单元包括微计算机、通信I/F和存储单元等。

[0137] 驱动系统控制单元7100根据各种计算机程序控制与车辆的驱动系统相关的装置操作。例如,驱动系统控制单元7100起到以下装置的控制装置的作用,例如:用于产生车辆驱动力的驱动力产生装置,诸如内燃机或驱动电机等;用于将驱动力传输至车轮的驱动力传输机构;用于调整车辆角度的转向机构;和用于产生车辆制动力的制动装置。驱动系统控制单元7100可以具有例如防抱死制动系统(ABS:antilock brake system)或电子稳定控制(ESC:electronic stability control)的控制装置的功能。

[0138] 驱动系统控制单元7100连接到车辆状态检测单元7110。车辆状态检测单元7110例如包括对车体的轴向旋转运动的角速度进行检测的陀螺仪传感器;对车辆的加速度进行检测的加速度传感器;和例如对油门踏板的操作量、制动踏板的操作量、方向盘的转向角、发动机转速和车轮转速进行检测的传感器中的至少一者。驱动系统控制单元7100使用从车辆状态检测单元7110输入的信号进行算术处理,并且控制内燃机、驱动电机、电子助力转向装置和制动装置等。

[0139] 本体系统控制单元7200根据各种计算机程序控制安装在车体上的各种装置的操作。例如,本体系统控制单元7200起到无钥匙进入系统、智能钥匙系统、电动窗装置和诸如车头灯、车尾灯、刹车灯、指示灯和雾灯等各种灯的控制装置的作用。在这种情况下,本体系统控制单元7200可以接收通过替代钥匙的便携式装置发出的无线电波,或各种开关信号。本体系统控制单元7200接收无线电波或信号的输入,并且控制车辆的锁门装置、电动窗装置和灯等。

[0140] 电池控制单元7300根据各种计算机程序控制次级电池7310,该次级电池7310作为驱动电机的电源。例如,电池控制单元7300从包括次级电池7310的电池装置接收诸如电池温度、电池输出电压或电池剩余电量等信息。电池控制单元7300通过使用该信号进行算术处理,并且控制次级电池7310的温度的调整,或控制包括在电池装置中的冷却装置等。

[0141] 车外信息检测单元7400检测与安装有车辆控制系统7000的车辆的外部相关的信息。例如,车外信息检测单元7400与摄像单元7410和车外信息检测部7420中的至少一者连接。摄像单元7410包括飞行时间(ToF:time of flight)相机、立体相机、单目相机、红外相机和任何其他相机中的至少一者。车外信息检测部7420包括例如下列中至少一者:环境传感器,其用于检测当前的天气或气候;或周边信息检测传感器,其用于检测安装有车辆控制系统7000的车辆的周边的任何其他车辆、障碍物或行人等。

[0142] 例如,环境传感器可以是检测雨的雨滴传感器、检测雾的雾传感器、检测日照程度的日照传感器和检测降雪的雪花传感器中的至少一者。周边信息检测传感器可以是超声传感器、雷达装置和LIDAR装置(light detection and ranging device,光检测和测距装置;或laser imaging detection and ranging device,激光成像检测和测距装置)中的至少一者。摄像单元7410和车外信息检测部7420可以设置为独立的传感器或装置,或可以设置为其中集成有多个传感器或装置的装置。

[0143] 这里,图14图示了摄像单元7410和车外信息检测部7420的示例性安装位置。摄像单元7910、7912、7914、7916和7918设置在例如车辆7900的前鼻、侧视镜、后挡、后门和车内挡风玻璃上部的位置中的至少一者处。设置到前鼻的摄像单元7910和设置到车内挡风玻璃上部的摄像单元7918主要获取车辆7900前侧的图像。设置到侧视镜的摄像单元7912和7914主要获取车辆7900侧面的图像。设置到后挡或后门的摄像单元7916主要获取车辆7900后侧的图像。设置到车内挡风玻璃上部的摄像单元7918主要用来检测例如前行车辆、行人、障碍物、交通灯、交通标志和车道等。

[0144] 注意,图14图示了摄像单元7910、7912、7914和7916的示例性摄像范围。摄像范围a表示设置到前鼻的摄像单元7910的摄像范围,摄像范围b和c表示设置到各侧视镜的摄像单元7912和7914的摄像范围,摄像范围d表示设置到后挡或后门的摄像单元7916的摄像范围。例如,通过将摄像单元7910、7912、7914和7916拍摄的图像数据进行叠加,以获得当从上观看时的车辆7900的鸟瞰图像。

[0145] 设置到车辆7900的前方、后方、侧面、拐角和挡风玻璃内上部的车外信息检测单元7920、7922、7924、7926、7928和7930例如均可以是超声波传感器或雷达装置。设置到车辆7900的前鼻、后挡、后门和挡风玻璃内上部的车外信息检测单元7920、7926和7930例如均可以是LIDAR装置。车外信息检测单元7920至7930主要用来检测前行车辆、行人和障碍物等。

[0146] 继续参照图13进行说明。车外信息检测单元7400使摄像单元7410拍摄车外图像,并且接收拍摄的图像数据。此外,车外信息检测单元7400从连接至车外信息检测单元7400的车外信息检测部7420接收检测信息。在车外信息检测部7420是超声波传感器、雷达装置或LIDAR装置的情况下,车外信息检测单元7400发出例如超声波或电磁波,并且接收所接收的反射波的信息。车外信息检测单元7400可以根据接收到的信息进行人、汽车、障碍物、标志和路面上的字符等物体检测处理或距离检测处理。车外信息检测单元7400可以根据接收到的信息进行对降雨、雾和路面状况等进行识别的环境识别处理。车外信息检测单元7400可以根据接收到的信息计算与车辆外部的物体之间的距离。

[0147] 此外,车外信息检测单元7400可以根据接收到的图像数据进行对人、汽车、障碍物、标志和路面上的字符等进行识别的图像识别处理或距离检测处理。车外信息检测单元7400可以对接收到的图像数据进行诸如失真校正或定位等处理,且可以将图像数据与由其

他摄像单元7410拍摄的图像数据进行组合来生成鸟瞰图像或全景图像。车外信息检测单元7400可以通过使用由其他摄像单元7410拍摄的图像数据进行视点转换处理。

[0148] 车内信息检测单元7500检测车辆内部信息。车内信息检测单元7500例如连接到驾驶员状态检测单元7510,该单元7510检测驾驶员的状态。驾驶员状态检测单元7510例如可以包括拍摄驾驶员图像的相机、对驾驶员的生物体信息进行检测的生物体传感器或对车内声音进行收集的麦克风。生物体传感器设置到例如座位表面或方向盘等,并且检测坐在座位中的乘客或握住方向盘的驾驶员的生物体信息。根据从驾驶员状态检测单元7510输入的检测信息,车内信息检测单元7500可以计算驾驶员的疲劳程度或精力集中程度,或可以判断驾驶员是否睡着了。车内信息检测单元7500可以对收集的声音信号进行诸如噪声消除等处理。

[0149] 集成控制单元7600根据各种计算机程序控制车辆控制系统7000内的整体操作。集成控制单元7600连接输入单元7800。输入单元7800由乘客能够进行输入操作的装置实现,该装置例如是触摸面板、按钮、麦克风、开关或杆等。集成控制单元7600可以接收通过对由麦克风输入的声音进行声音识别而获取的数据。输入单元7800例如可以是使用红外线或其他无线电波的遥控装置,或是能够根据车辆控制系统7000进行操作的诸如移动手机或个人数字助理(PDA:personal digital assistant)等外接设备。输入单元7800例如可以允许乘客通过手势输入信息的相机。非此即彼,可以输入通过检测乘客穿戴的可穿戴设备的运动而获得的数据。此外,输入单元7800例如可以包括输入控制电路等,输入控制电路等根据乘客等通过上述输入单元7800输入的信息来产生输入信号,并且将产生的输入信号输出到集成控制单元7600。乘客等操作输入单元7800以将各种类型的数据输入到车辆控制系统7000或将用于处理操作的指令给到车辆控制系统7000。

[0150] 存储单元7690可以包括:只读存储器(ROM:read only memory),其存储由微计算机执行的各种计算机程序;和随机存取存储器(RAM:random access memory),其存储例如各种参数、计算结果或传感器值。此外,存储单元7690可以例如由磁存储装置(诸如硬盘驱动器(HDD:hard disc drive)等)、半导体存储装置、光存储装置或磁光存储装置实现。

[0151] 通用通信I/F 7620是协调与外部环境7750中存在的各种设备之间的通信的通用通信I/F。通用通信I/F 7620可以实现诸如全球移动通信系统(GSM:global system of mobile communication)(注册商标)、微波存取全球互通(WiMAX)、长期演进(LTE:long term evolution)或先进LTE(LTE-A:LTE-advanced)等蜂窝通信协议或无线LAN(也被称为Wi-Fi(注册商标))或Bluetooth(注册商标)等任何其他无线通信协议。通用通信I/F 7620例如可以通过基站或接入点连接到外部网络(例如,因特网、云网络或经营者专用网络)上的设备(例如,应用服务器或控制服务器)。此外,通用通信I/F 7620例如可以使用端对端(P2P:peer-to-peer)技术连接至车辆附近的终端(例如,驾驶员、行人或商店的终端,或机器类型通信(MTC:machine type communication)终端)。

[0152] 专用通信I/F 7630是支持设计用于车辆的通信协议的通信I/F。专用通信I/F 7630可以实现标准协议,例如,作为低级层的IEEE802.11p和作为高级层的IEEE 1609的组合的车辆环境无线接入(WAVE:wireless access in vehicle environment)、专用短程通信(DSRC:dedicated short range communication)或蜂窝通信协议等。专用通信I/F 7630通常将V2X通信实施为这样的概念,该概念包括下列中的一者或多者:车辆-车辆之间

(Vehicle to Vehicle)的通信,车辆-基础设施之间 (Vehicle to Infrastructure)的通信,车辆-家之间 (Vehicle to Home)的通信和车辆-行人之间 (Vehicle to Pedestrian)的通信。

[0153] 定位单元7640例如接收来自全球导航卫星系统 (GNSS:global navigation satellite system) 卫星的GNSS信号 (例如,来自全球定位系统 (GPS:global positioning system) 卫星的GPS信号),执行定位,且产生包括车辆的纬度、经度和海拔的位置信息。注意,定位单元7640可以通过与无线接入点进行信号交换来指定当前位置,或可以从具有定位功能的诸如移动电话、个人手提电话系统 (PHS:personal handyphone system) 或智能手机等终端获取位置信息。

[0154] 信标接收单元7650例如接收从道路上安装的无线电站等发出的无线电波或电磁波,并且获取诸如当前位置、交通拥堵、道路封闭或所需行驶时间等信息。注意,信标接收单元7650的功能可以被包含在上述的专用通信I/F 7630中。

[0155] 车内设备I/F 7660是协调微计算机7610和存在于车辆内的各种车内设备7760之间的连接的通信接口。车内设备I/F 7660可以使用诸如无线LAN、Bluetooth(注册商标)、近场通信 (NFC:near field communication) 或无线通用串行总线 (WUSB:wireless USB) 等无线通信协议建立无线连接。此外,车内设备I/F 7660可以通过连接端子(未图示) (和必要时的电缆) 建立诸如通用串行总线 (USB:universal serial bus)、高清多媒体接口 (HDMI:high-definition multimedia interface) 或移动高清链接 (MHL:mobile high-definition link) 等有线连接。车内设备7760例如可以包括乘客拥有的移动设备或可穿戴设备和车辆携带或附接的信息设备中的至少一者。此外,车内设备7760可以包括用于搜索到达任选目的地的路径的导航装置。车内设备I/F 7660与车内设备7760交换控制信号或数据信号。

[0156] 车载网络I/F 7680是协调微计算机7610和通信网络7010之间的通信的接口。车载网络I/F 7680根据由通信网络7010支持的预定协议来传送信号等。

[0157] 集成控制单元7600的微计算机7610基于通过通用通信I/F 7620、专用通信I/F 7630、定位单元7640、信标接收单元7650、车内设备I/F 7660和车载网络I/F 7680中的至少一者获取的信息并根据各种计算机程序来控制车辆控制系统7000。例如,微计算机7610可以根据获取的车辆内部和外部信息计算驱动力产生装置、转向机构或制动装置的控制目标值,并且可以将控制命令输出至驱动系统控制单元7100。例如,微计算机7610可以进行用以实现先进驾驶辅助系统 (ADAS:advanced driver assistance system) 功能的协作控制,该功能例如包括车辆的碰撞避免或冲击缓和、基于车间距离的跟随行驶、车辆速度维持行驶、车辆碰撞警告或车道偏离警告。此外,微计算机7610可以通过基于获取的车辆周围信息控制驱动力产生装置、转向机构和制动装置等来进行例如用以实现使车辆独立于驾驶员的操作而自主行驶的自动驾驶的协作控制。

[0158] 微计算机7610可以基于通过通用通信I/F 7620、专用通信I/F 7630、定位单元7640、信标接收单元7650、车内设备I/F 7660和车载网络I/F7680中的至少一者获取的信息,产生关于车辆和诸如周围建筑物或人等物体之间的三维距离的信息,并且可以生成包括车辆当前位置周围信息的局部地图信息。此外,微计算机7610可以基于获取的信息预测诸如车辆碰撞、行人等接近或进入封闭道路等危险,并且可以产生警告信号。警告信号可以



例如是用于产生警告声音或开启警告灯的信号。

[0159] 声音图像输出单元7670将声音输出信号和图像输出信号中的至少一者传输至输出装置,该输出装置能够将信息以视觉或听觉方式通知车辆的乘客或车辆的外部。在图13所示的示例中,输出装置是音频扬声器7710、显示单元7720或仪表盘7730。显示单元7720例如可以包括车载显示器和平视显示器中的至少一者。显示单元7720可以具有增强现实 (AR: augmented reality) 显示功能。输出装置可以是代替上述装置的头戴式耳机、可穿戴设备 (例如,乘客戴的眼镜式显示器等)、投影仪、灯或其他装置。在输出装置是显示装置的情况下,显示装置以视觉方式显示通过微计算机7610进行各种类型的处理而获得的结果或以诸如文体、图像、表格和图形等各种形式从其他的控制单元接收的信息。此外,在输出装置是声音输出装置的情况下,声音输出装置将包括例如回放声音数据或声学数据的音频信号转换成模拟信号,并且以听觉方式输出该模拟信号。

[0160] 注意,在图13所示的示例中,通过通信网络7010彼此连接的至少两个控制单元可以集成为一个控制单元。非此即彼,单独的控制单元可以包括多个控制单元。此外,车辆控制系统7000可以包括其他控制单元(未图示)。此外,上面说明的任意控制单元的功能的部分或全部可以由其他控制单元实现。换言之,可以在任意控制单元处进行预定的算术处理,只要通过通信网络7010发送和接收信息即可。类似地,与任意控制单元连接的传感器或装置可以与其他控制单元连接,且多个控制单元可以通过通信网络7010相互发送和接收检测信息。

[0161] 上面说明了应用根据本发明的实施例的技术的示例性车辆控制系统。根据本发明的实施例的技术例如应用于上述构造中的摄像单元7910、7912、7914、7916和7918以及车外信息检测单元7920、7922、7924、7926、7928和7930。然后,当应用根据本发明的实施例的技术时,能够增加受光装置的动态范围,可以对弱入射光做出反应,且能够在强入射光情况下不达到饱和地进行工作,从而实现例如能够高度准确地检测摄像目标的车辆控制系统。

[0162] <本发明的构造>

[0163] 本发明可以具有如下所述的构造。

[0164] <<A. 受光装置>>

[0165] [A-1]一种受光装置,其包括

[0166] 像素阵列单元,其包括多个像素,多个像素中的每个像素包括被构造为响应于光子的受光而产生信号的受光单元,其中

[0167] 像素阵列单元包括具有第一敏感度的像素和具有比第一敏感度低的第二敏感度的像素。

[0168] [A-2]根据[A-1]所述的受光装置,其中

[0169] 第一敏感度是允许检测具有比预定光强度低的强度的入射光的敏感度,且

[0170] 第二敏感度是不会在预定光量以下达到饱和的敏感度。

[0171] [A-3]根据[A-2]所述的受光装置,其中,具有第一敏感度的像素的受光面积大于具有第二敏感度的像素的受光面积。

[0172] [A-4]根据[A-2]所述的受光装置,其中,具有第一敏感度的像素的受光单元的半导体层的厚度大于具有第二敏感度的像素的受光单元的半导体层的厚度。

[0173] [A-5]根据[A-2]所述的受光装置,其中,具有第一敏感度的像素的过偏压的电压

值大于具有第二敏感度的像素的过偏压的电压值。

[0174] [A-6]根据[A-5]所述的受光装置,其中,由施加于受光单元的阳极电极的阳极电压的电压值来设定过偏压的电压值。

[0175] [A-7]根据[A-6]所述的受光装置,其中,根据环境光的强度来设定阳极电压的电压值。

[0176] [A-8]根据[A-1]至[A-7]中任一项所述的受光装置,其中,受光单元包括单光子雪崩二极管。

[0177] <<B. 测距装置>>

[0178] [B-1]一种测距装置,其包括:

[0179] 光源,被构造为用光来照射测量对象;和

[0180] 受光装置,被构造为接收在测量对象处反射的光,其中

[0181] 受光装置包括像素阵列单元,像素阵列单元包括多个像素,多个像素中的每个像素包括被构造为响应于光子的受光而产生信号的受光单元,且

[0182] 像素阵列单元包括具有第一敏感度的像素和具有比第一敏感度低的第二敏感度的像素。

[0183] [B-2]根据[B-1]所述的测距装置,其中

[0184] 第一敏感度是允许检测具有比预定光强度低的强度的入射光的敏感度,且

[0185] 第二敏感度是不会在预定光量以下达到饱和的敏感度。

[0186] [B-3]根据[B-2]所述的测距装置,其中,具有第一敏感度的像素的受光面积大于具有第二敏感度的像素的受光面积。

[0187] [B-4]根据[B-2]所述的测距装置,其中,具有第一敏感度的像素的受光单元的半导体层的厚度大于具有第二敏感度的像素的受光单元的半导体层的厚度。

[0188] [B-5]根据[B-2]所述的测距装置,其中,具有第一敏感度的像素的过偏压的电压值大于具有第二敏感度的像素的过偏压的电压值。

[0189] [B-6]根据[B-5]所述的测距装置,其中,由施加于受光单元的阳极电极的阳极电压的电压值来设定过偏压的电压值。

[0190] [B-7]根据[B-6]所述的测距装置,其中,根据环境光的强度来设定阳极电压的电压值。

[0191] [B-8]根据[B-1]至[B-7]中任一项所述的测距装置,其中,受光单元包括单光子雪崩二极管。

[0192] [C-1]一种受光装置,其包括:

[0193] 像素阵列,所述像素阵列具有多个像素,所述多个像素中的每个像素包括光敏元件,所述光敏元件被构造为响应于所述光敏元件对光子的检测而产生信号,

[0194] 其中,所述多个像素包括第一像素和第二像素,所述第一像素具有第一敏感度以检测入射到所述第一像素上的第一光子,所述第二像素具有第二敏感度以检测入射到所述第二像素上的第二光子,其中,所述第二敏感度低于所述第一敏感度。

[0195] [C-2]根据[C-1]所述的受光装置,还包括与所述像素阵列通信的处理器,其中,所述处理器被构造为对在时间间隔内由各所述光敏元件产生的信号的数量进行计数。

[0196] [C-3]根据[C-1]或[C-2]所述的受光装置,其中

[0197] 使所述第一像素的所述光敏元件饱和的入射光量小于使所述第二像素的所述光敏元件饱和的入射光量。

[0198] [C-4]根据[C-1]至[C-3]中任一项所述的受光装置,其中,所述第一像素的受光面积大于所述第二像素的受光面积。

[0199] [C-5]根据[C-1]至[C-3]中任一项所述的受光装置,其中,所述第一像素中的所述光敏元件的半导体层的厚度大于所述第二像素中的所述光敏元件的半导体层的厚度。

[0200] [C-6]根据[C-5]所述的受光装置,其中,所述第一像素中的所述光敏元件的n-阱区的厚度大于所述第二像素中的所述光敏元件的n-阱区的厚度。

[0201] [C-7]根据[C-1]至[C-3]中任一项所述的受光装置,还包括至少一个电压源,其中,所述至少一个电压源被构造为将第一过偏压提供到所述第一像素且将第二过偏压提供到所述第二像素,其中,所述第一过偏压高于所述第二过偏压。

[0202] [C-8]根据[C-7]所述的受光装置,其中,根据所述第一像素中的所述光敏元件的阳极电极接收到的阳极电压来设定所述第一过偏压。

[0203] [C-9]根据[C-8]所述的受光装置,还包括:

[0204] 环境光检测器,所述环境光检测器被构造为检测环境光的强度,

[0205] 其中,根据所述环境光的强度来设定所述阳极电压。

[0206] [C-10]根据[C-1]至[C-9]中任一项所述的受光装置,其中,所述光敏元件包括单光子雪崩二极管。

[0207] [C-11]根据[C-1]至[C-10]中任一项所述的受光装置,其中,所述受光装置被构造为安装在车辆中。

[0208] [C-12]根据[C-2]或[C-3]所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为响应于所述第一敏感度将权重因数应用于从所述第一像素输出的信号,并且响应于所述第二敏感度将权重因数应用于从所述第二像素输出的信号。

[0209] [C-13]根据[C-2]或[C-3]所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为基于由所述处理器计数得到的信号的所述数量来确定从所述受光装置到被摄体之间的距离。

[0210] [C-14]根据[C-2]或[C-3]所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为基于由所述处理器计数得到的信号的所述数量来识别被摄体。

[0211] [C-15]根据[C-2]或[C-3]所述的受光装置,其中,所述处理器被构造为检测环境光的强度,

[0212] 其中,根据所述环境光的所述强度来确定所述第一像素和/或所述第二像素的操作。

[0213] [C-16]一种受光系统,其包括:

[0214] 被构造为用光来照射测量对象的光源;和

[0215] 被构造为接收被所述测量对象反射的光的受光装置,其中,

[0216] 所述受光装置包括像素阵列,所述像素阵列具有多个像素,所述多个像素中的每个像素包括光敏元件,所述光敏元件被构造为响应于检测到入射到所述光敏元件上的至少一个光子而产生信号,且

[0217] 所述像素阵列包括第一像素和第二像素,所述第一像素具有第一敏感度以检测入射到所述第一像素上的第一光子,所述第二像素具有第二敏感度以检测入射到所述第二像

素上的第二光子,其中,所述第二敏感度低于所述第一敏感度。

[0218] [C-17]根据[C-16]所述的受光系统,其中,使所述第一像素的所述光敏元件饱和的入射光量小于使所述第二像素的所述光敏元件饱和的入射光量。

[0219] [C-18]根据[C-16]或[C-17]所述的受光系统,还包括至少一个电压源,其中,所述至少一个电压源被构造为将第一过偏压提供到所述第一像素且将第二过偏压提供到所述第二像素,其中,所述第一过偏压高于所述第二过偏压。

[0220] [C-19]根据[C-18]所述的受光系统,其中,根据所述第一像素中的所述光敏元件的阳极电极接收到的阳极电压来设定所述第一过偏压。

[0221] [C-20]根据[C-16]至[C-19]中任一项所述的受光系统,其中,所述光敏元件包括单光子雪崩二极管。

[0222] 本领域技术人员应理解,可以依据设计要求及其他因素,做出各种变型、组合、次组合和替换,只要它们落入随附权利要求或其等同物范围内即可。

[0223] 相关申请的交叉参考

[0224] 本申请主张享有于2018年4月20日提交的日本优先专利申请JP2018-081068的权益,并将该日本优先专利申请的全部内容以引用的方式并入本文。

[0225] 附图标记的列表

[0226]	1	测距装置
[0227]	10	被摄体(测量对象)
[0228]	20	光源
[0229]	21	激光驱动器
[0230]	22	激光光源
[0231]	23	漫射透镜
[0232]	30	受光装置
[0233]	31	受光透镜
[0234]	32	光传感器
[0235]	33	逻辑电路
[0236]	40	控制单元
[0237]	50	像素电路
[0238]	51	SPAD元件
[0239]	60	像素阵列单元
[0240]	61,63,65	第一像素(高敏感度像素)
[0241]	62,64,66	第二像素(低敏感度像素)
[0242]	71	阳极电压设定单元
[0243]	72	环境光检测单元

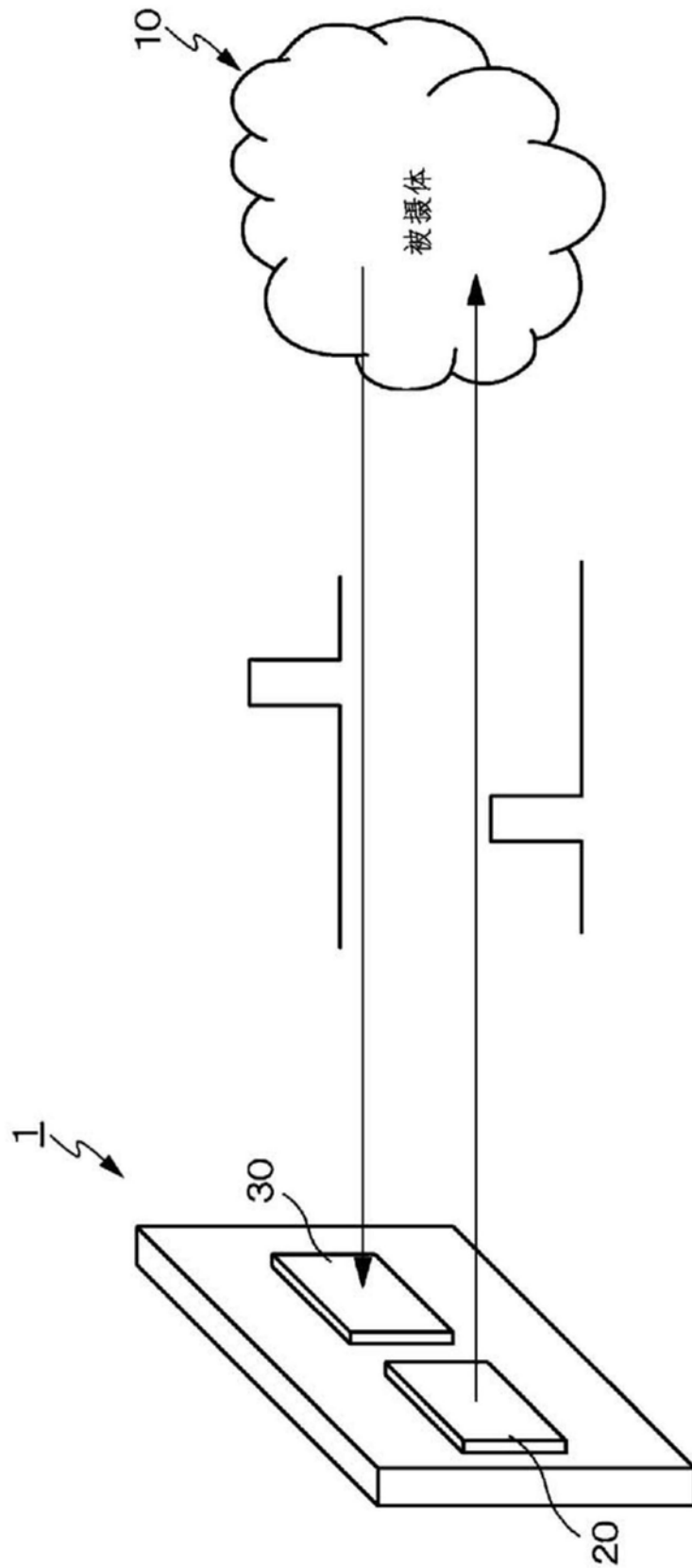


图1

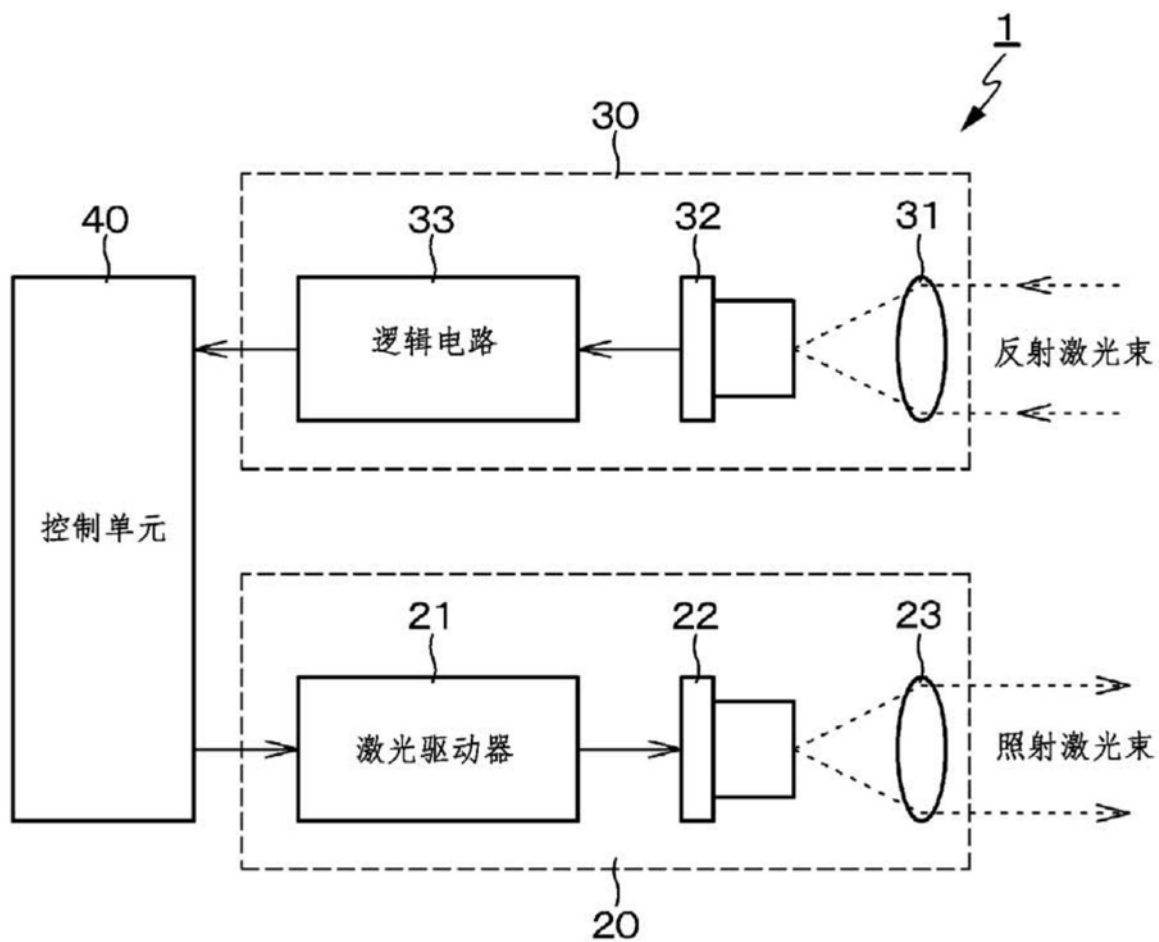


图2A



图2B

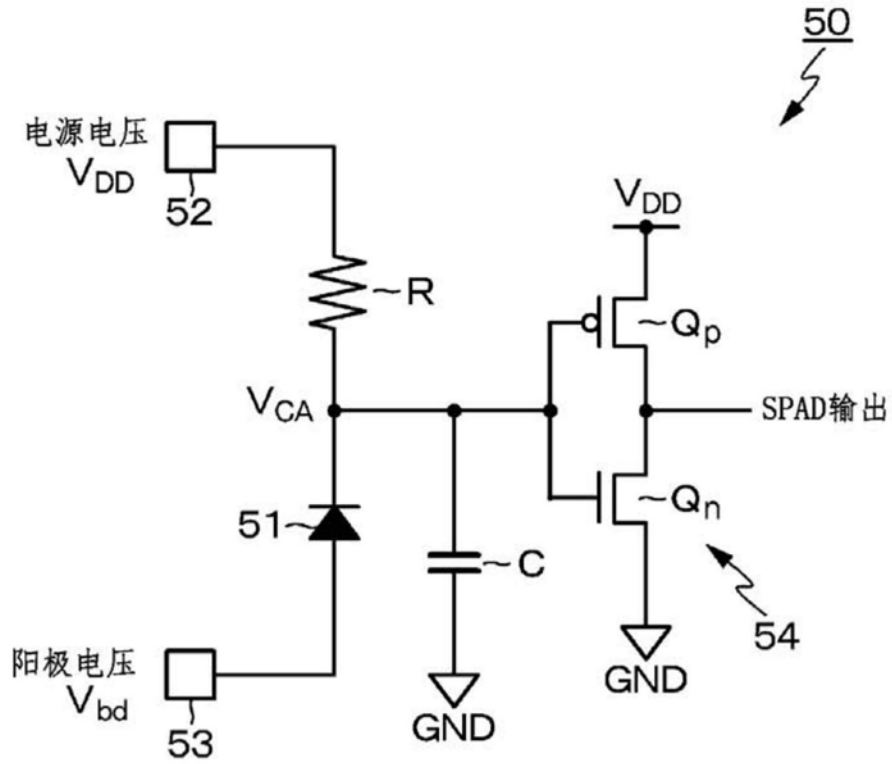


图3A

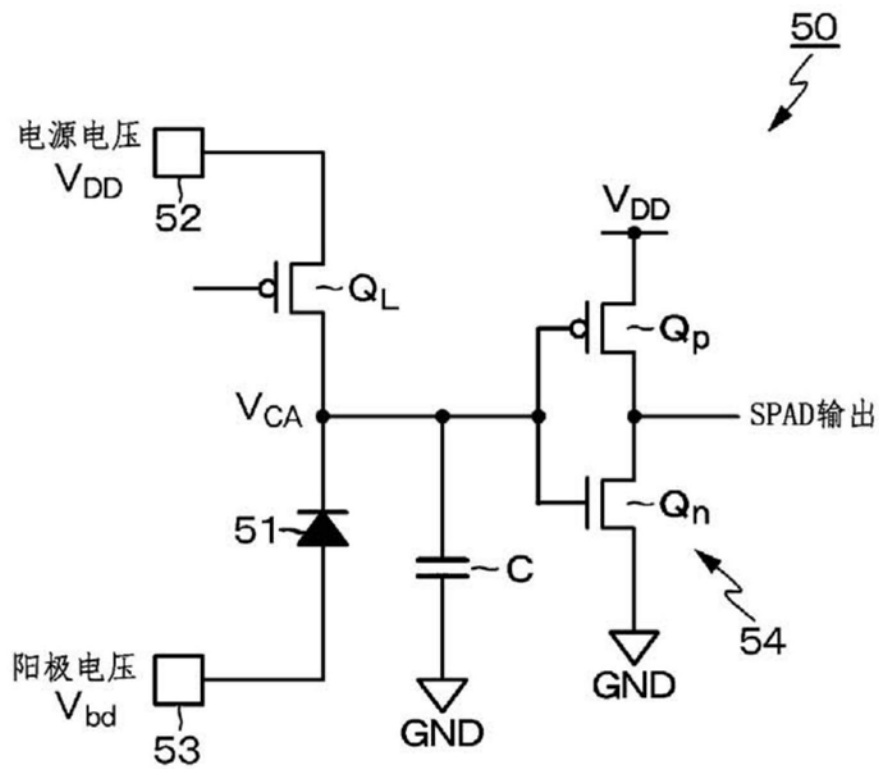


图3B

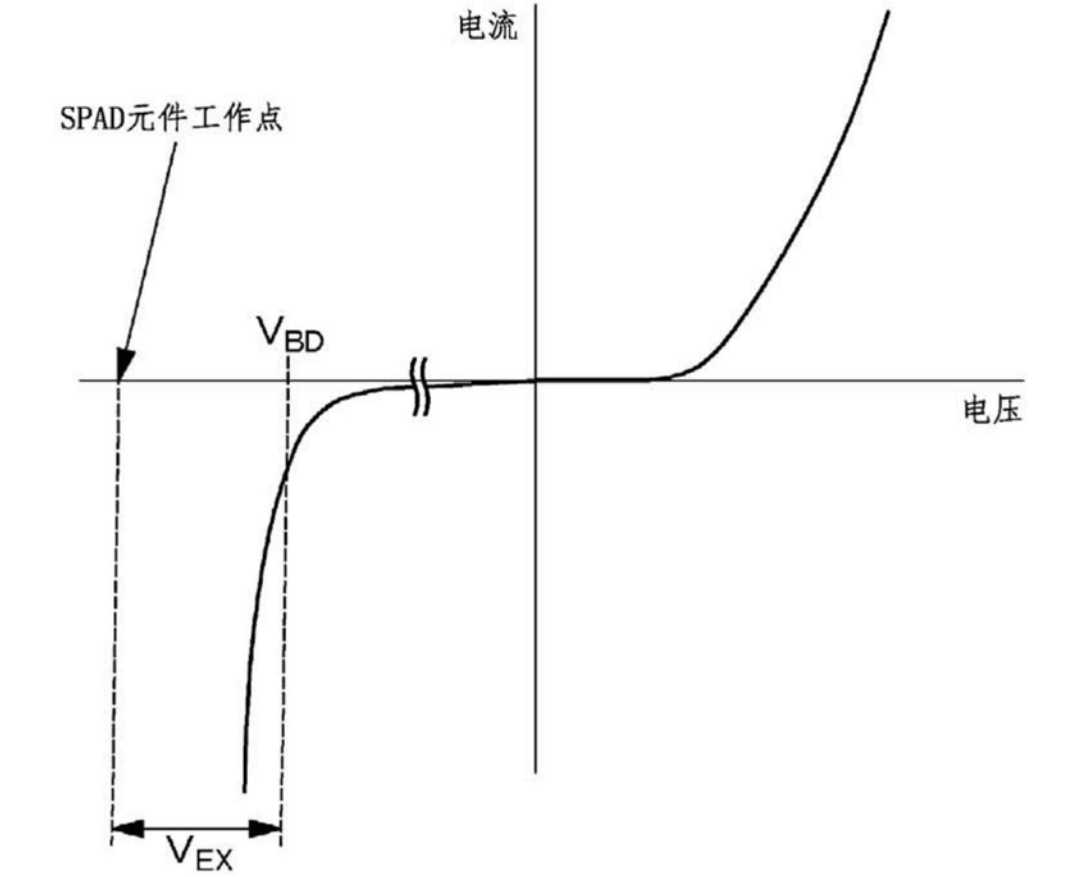


图4A

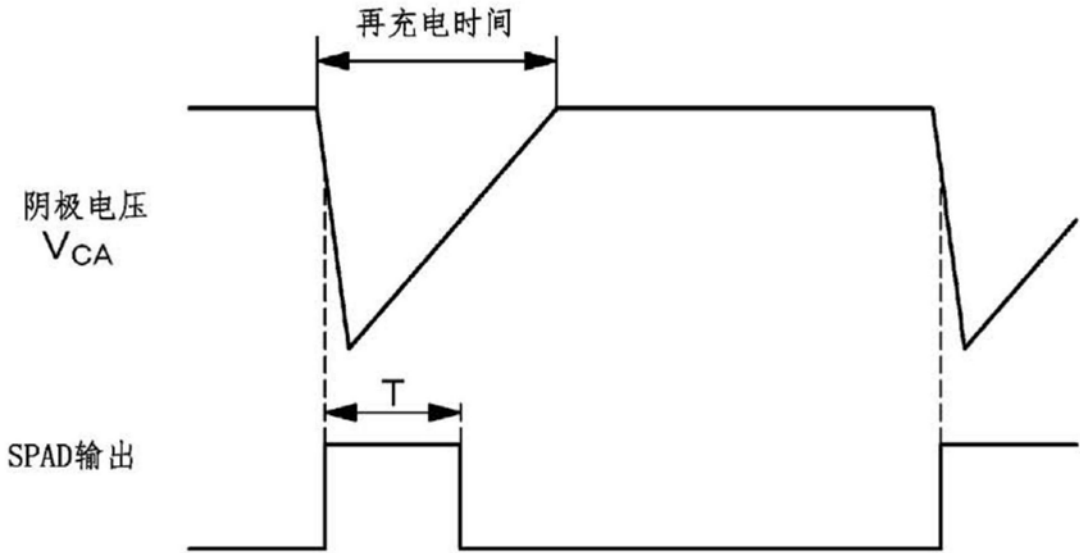


图4B



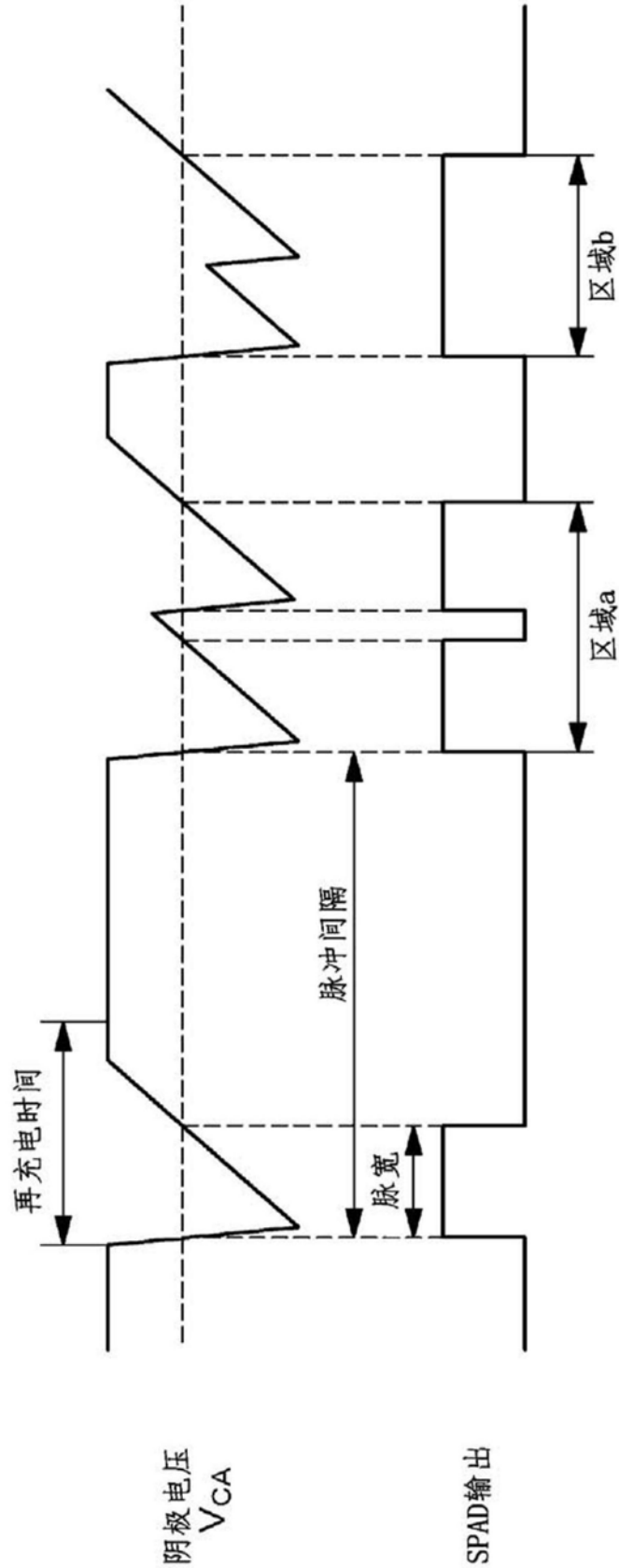


图5

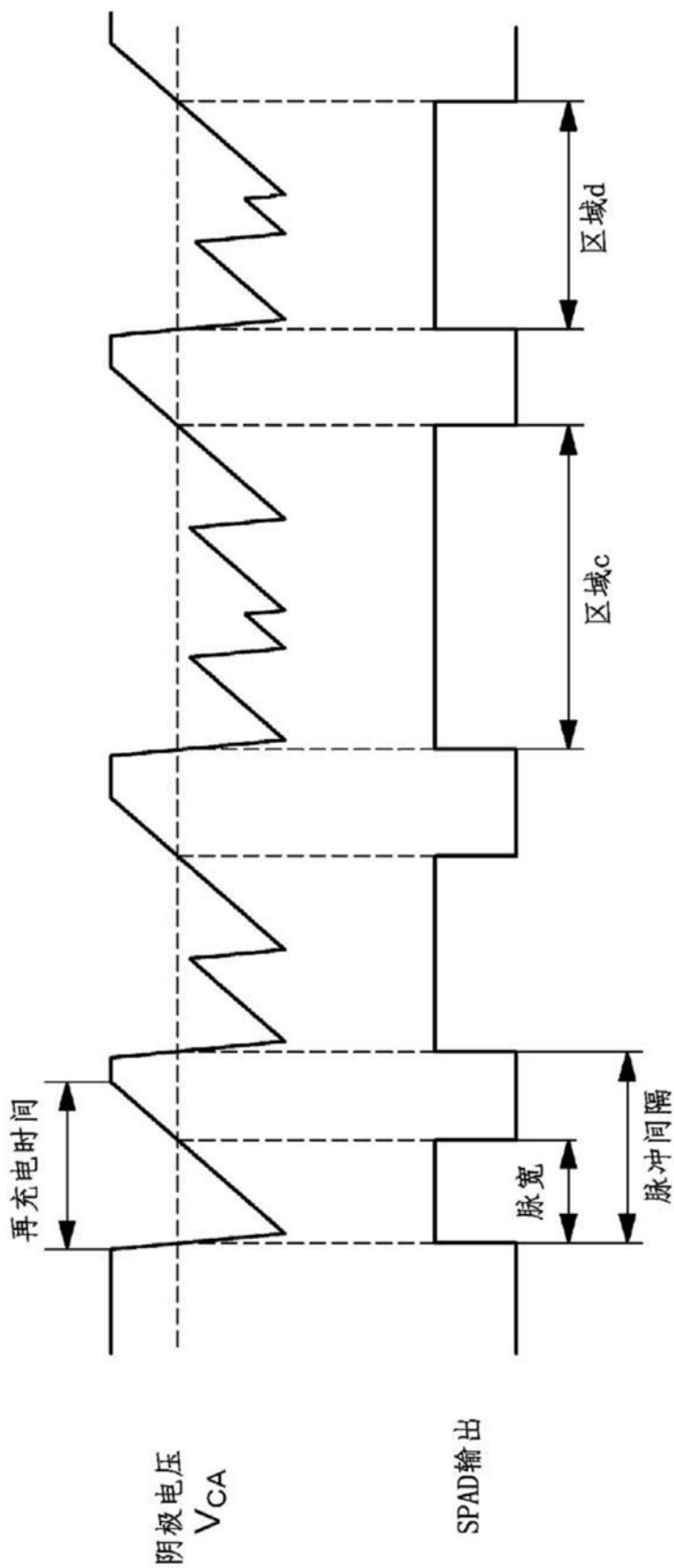


图6

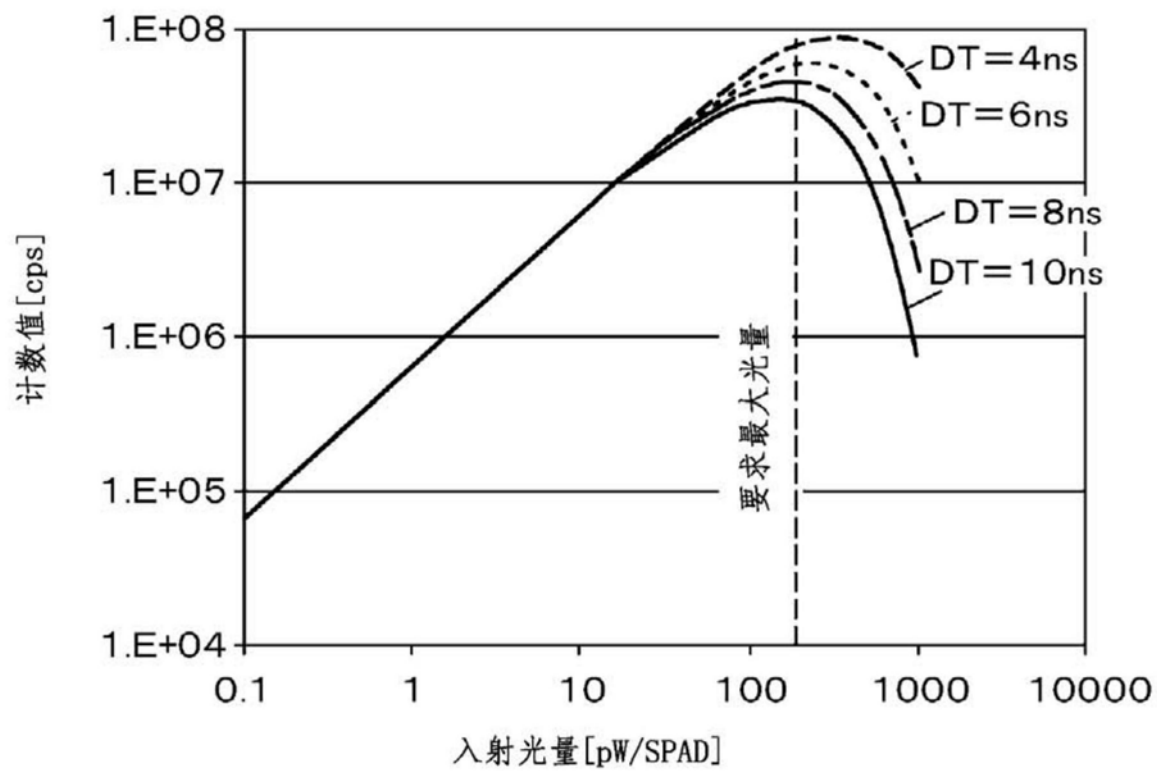


图7A

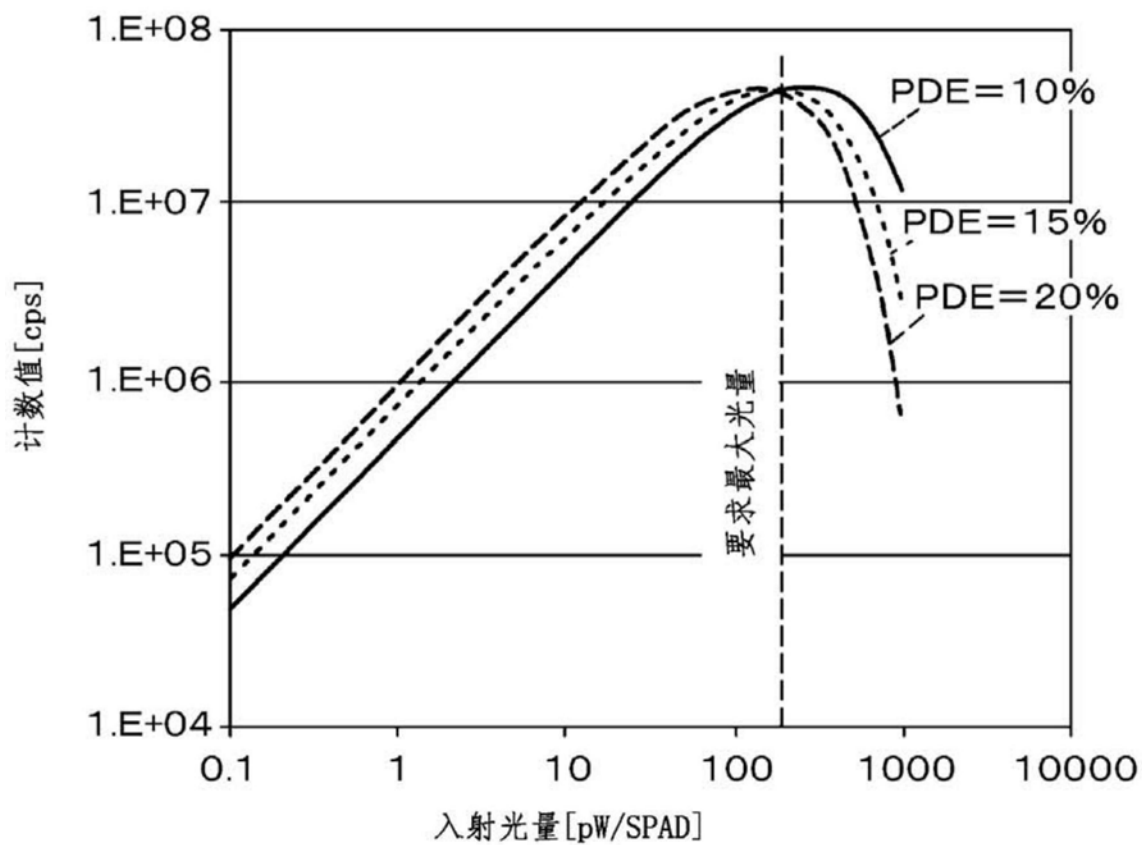


图7B

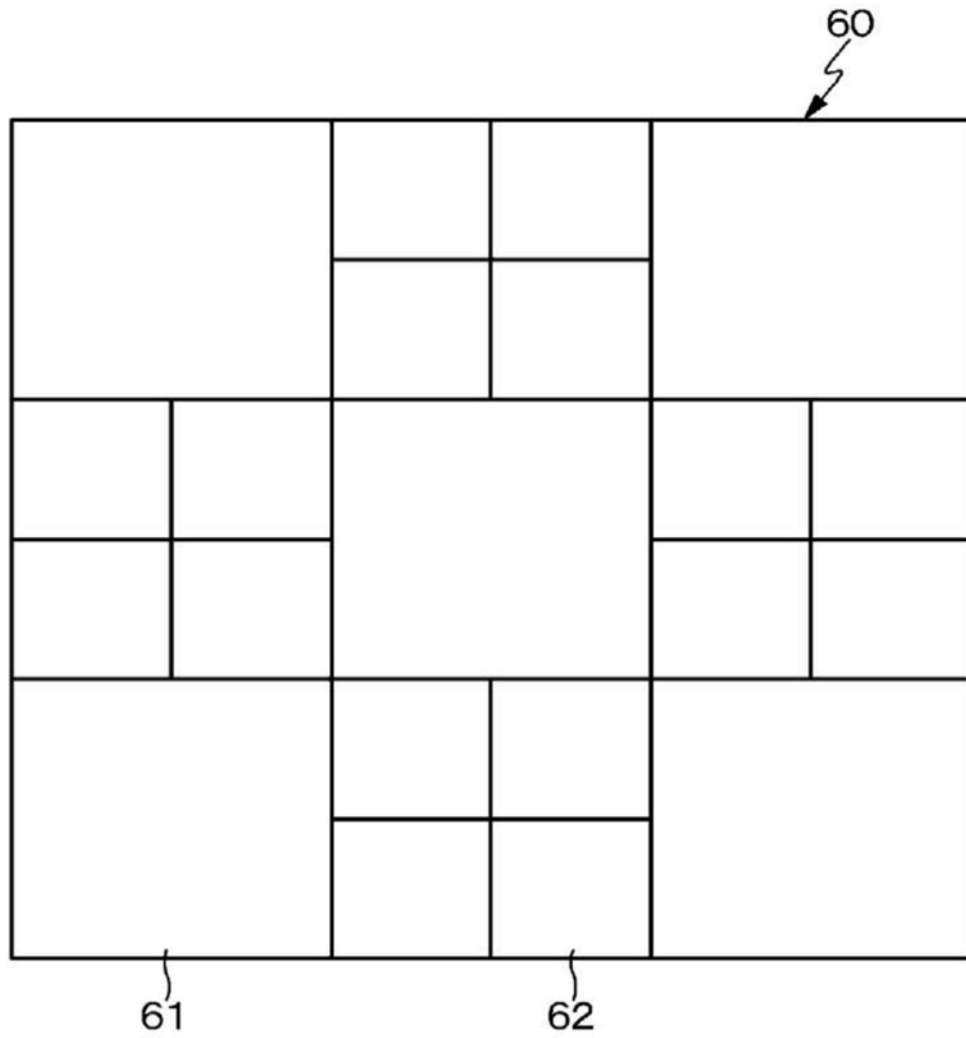


图8

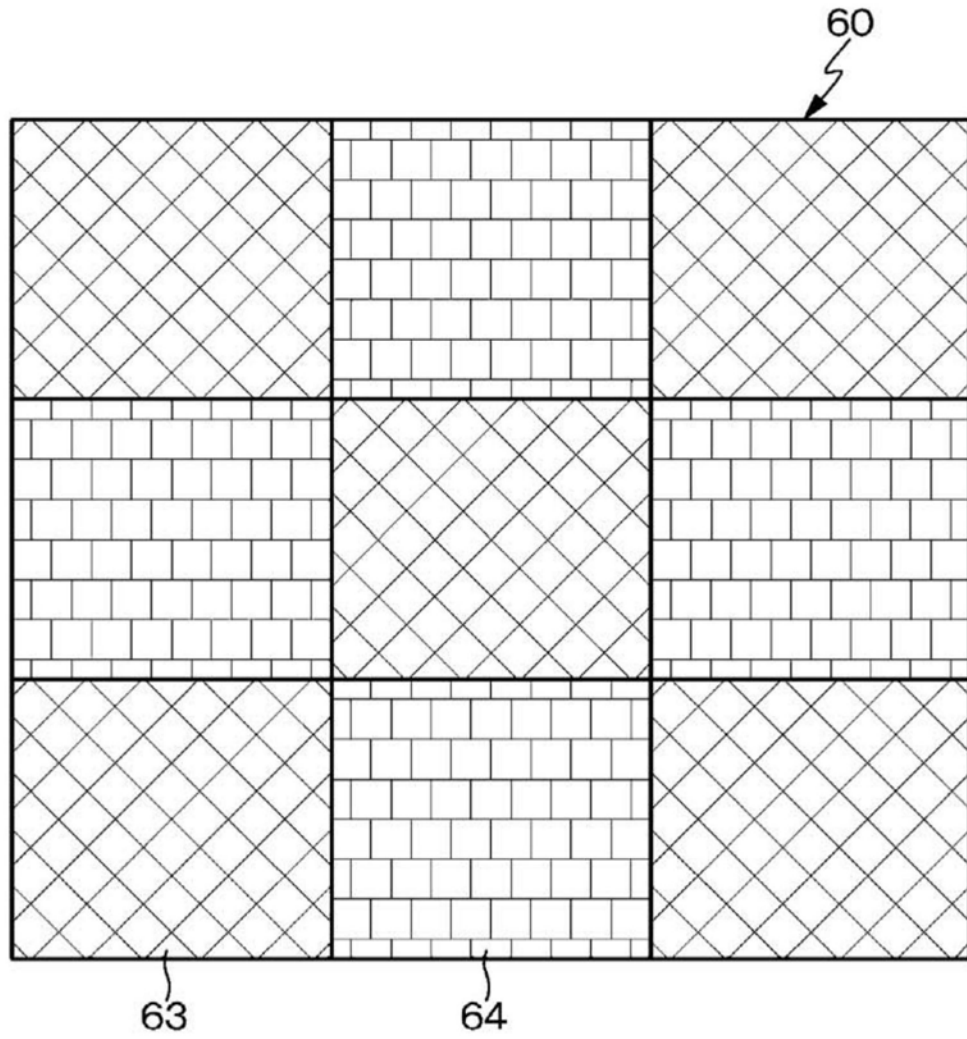


图9A

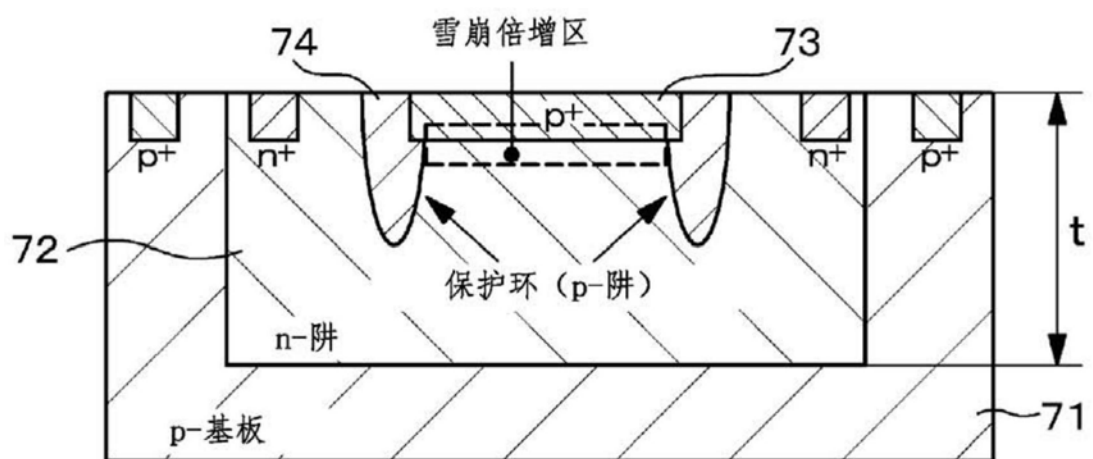


图9B

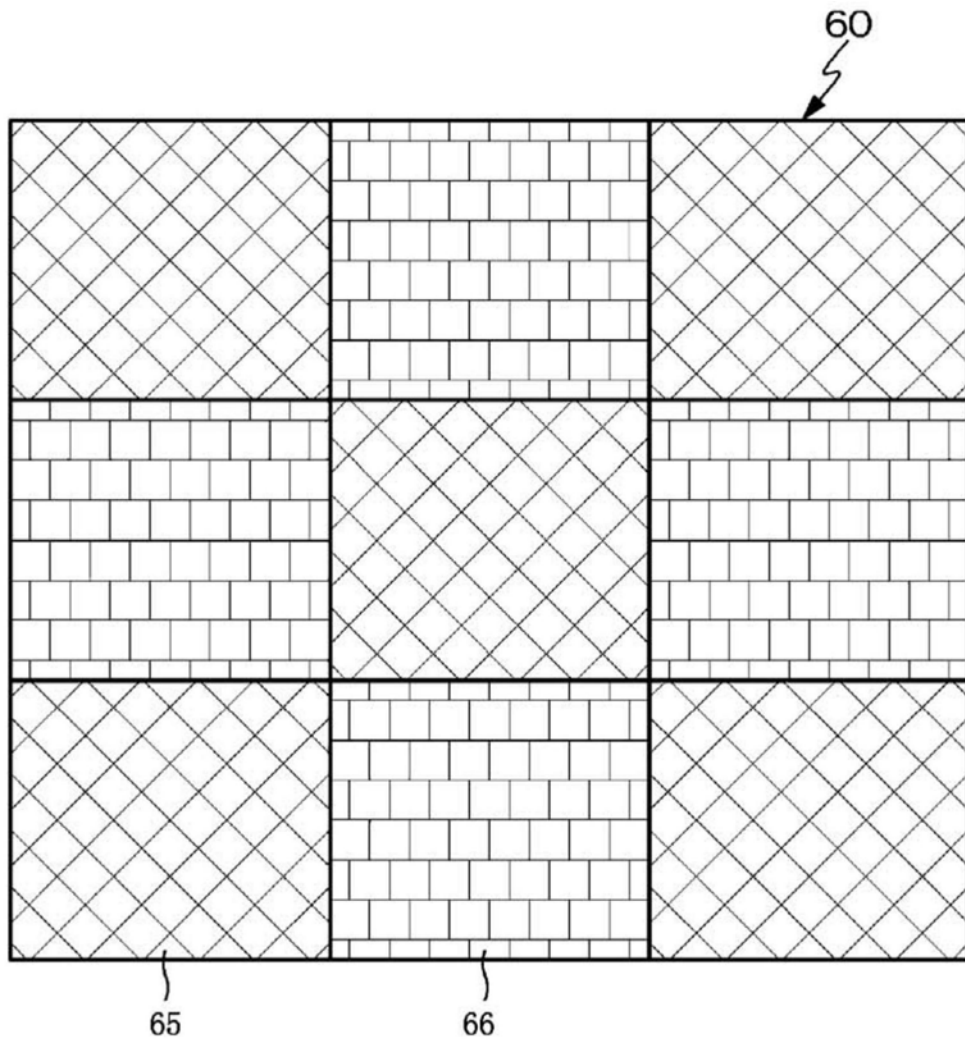


图10A

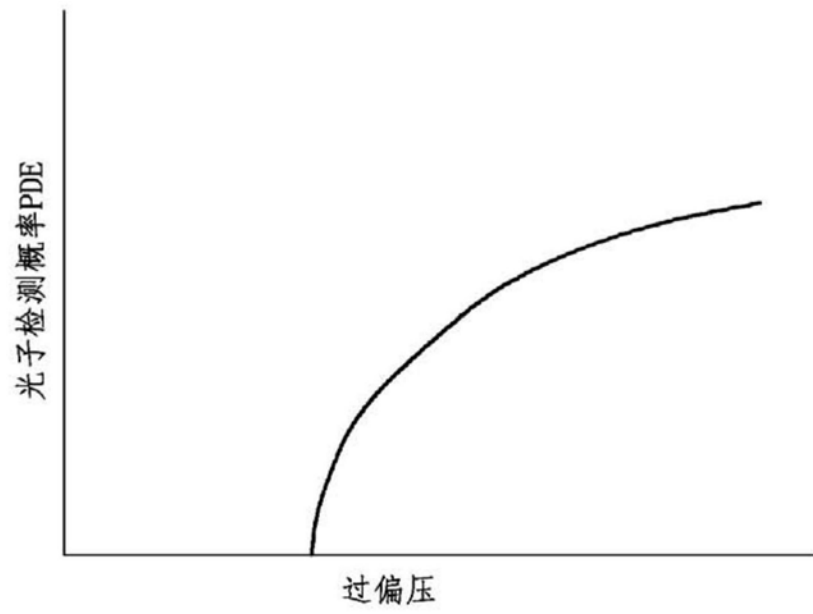


图10B



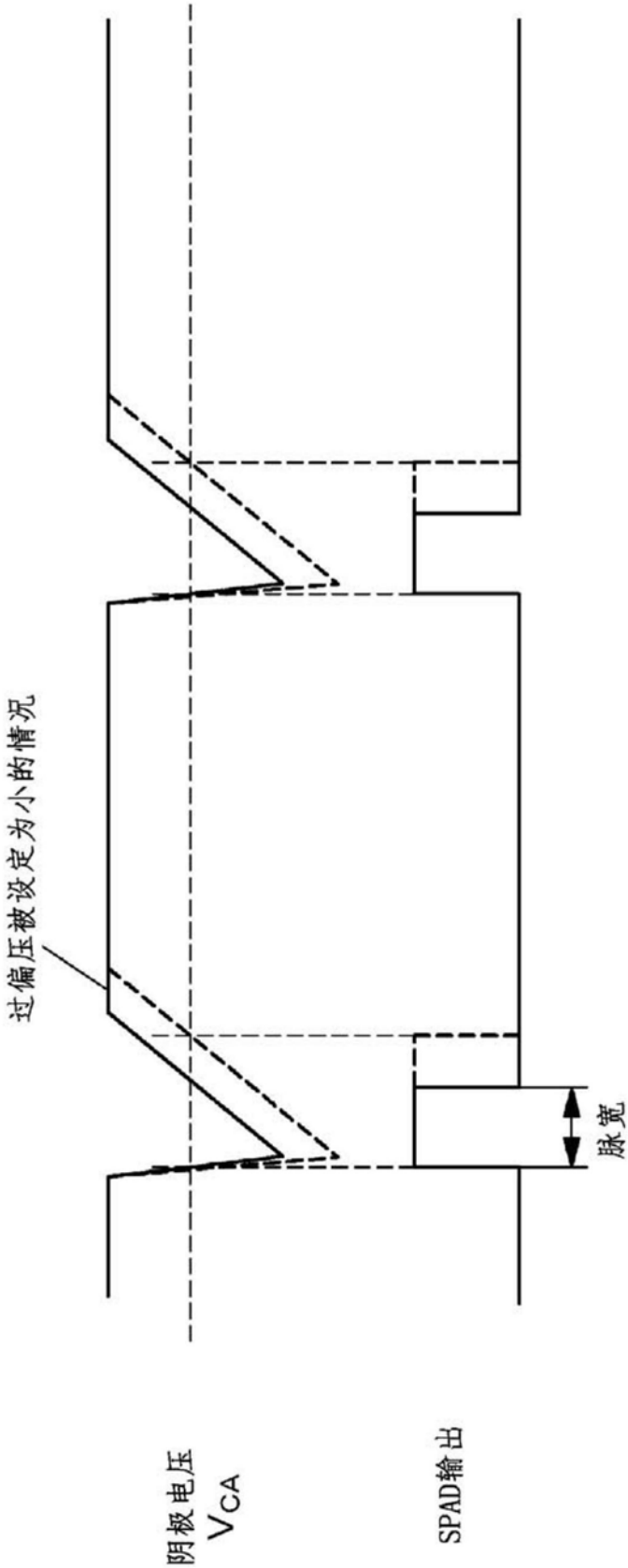


图11

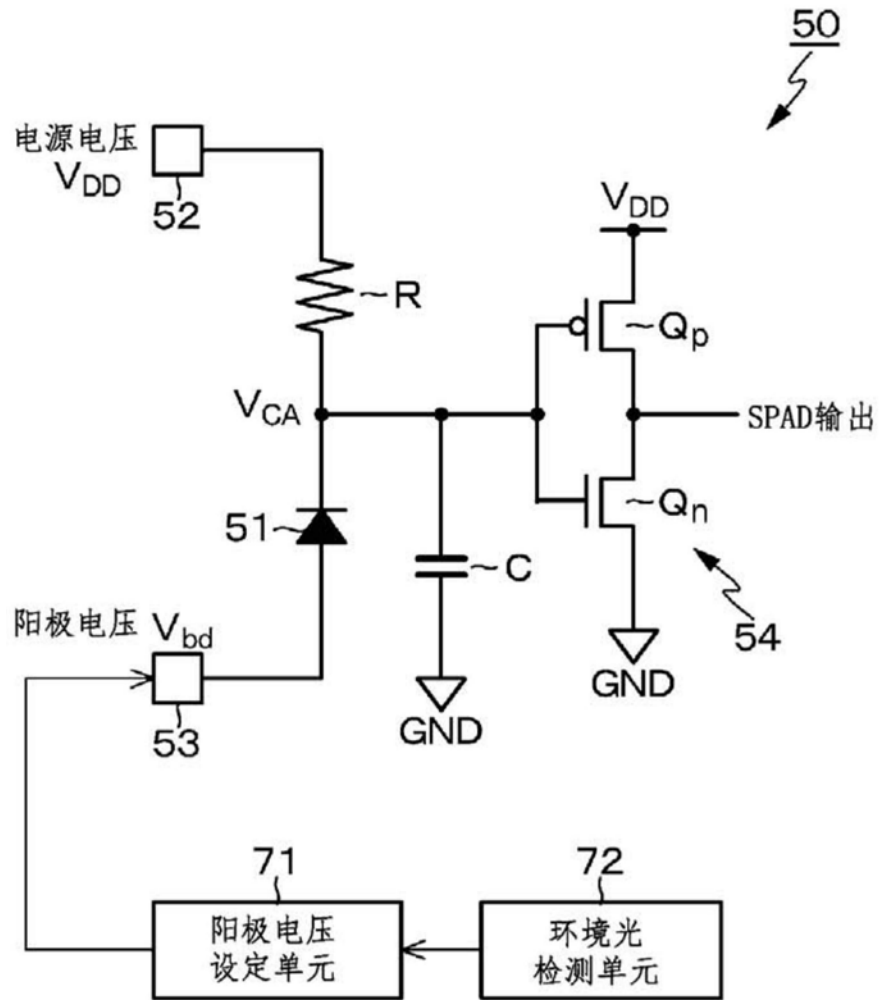


图12

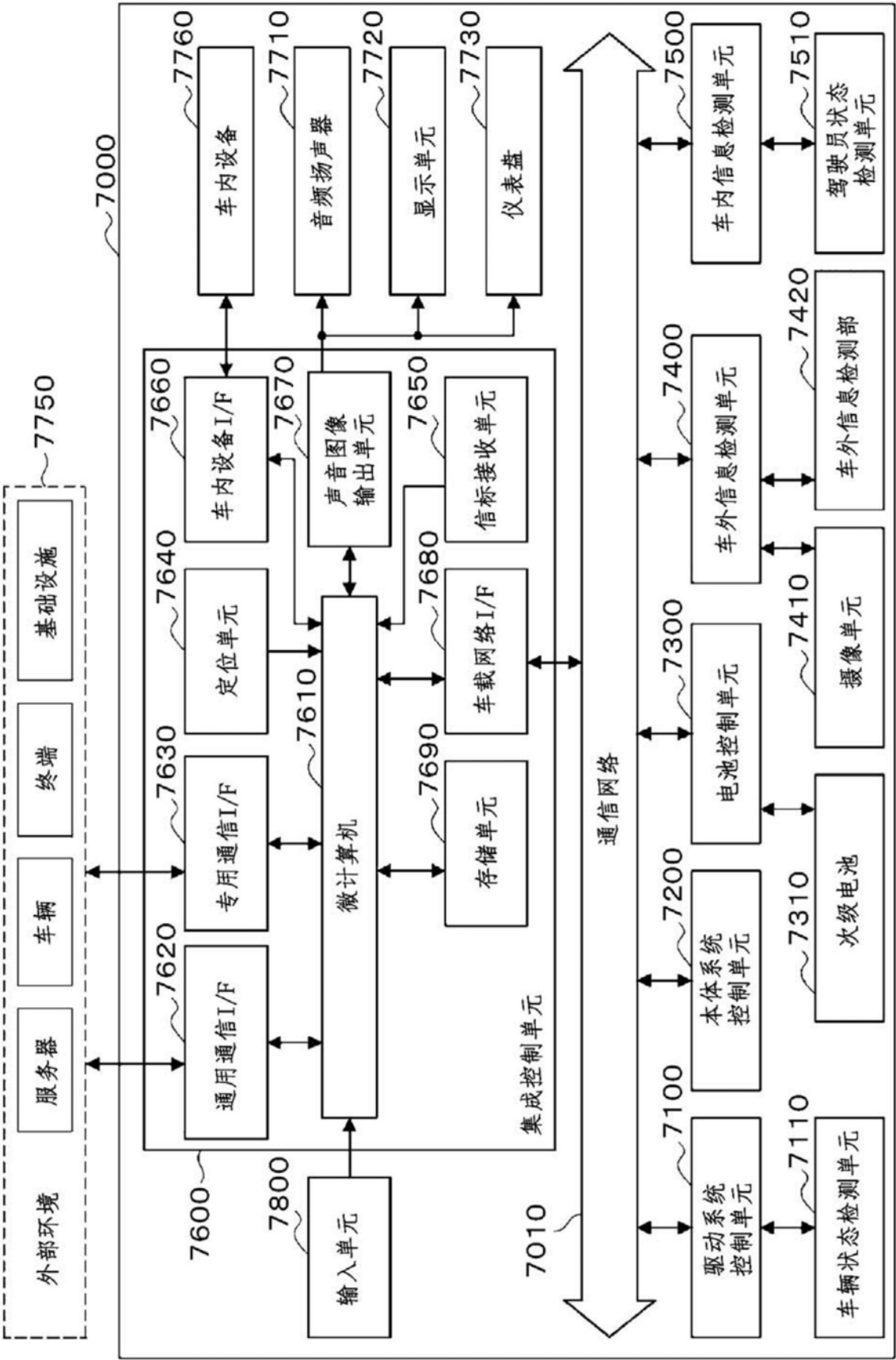


图13

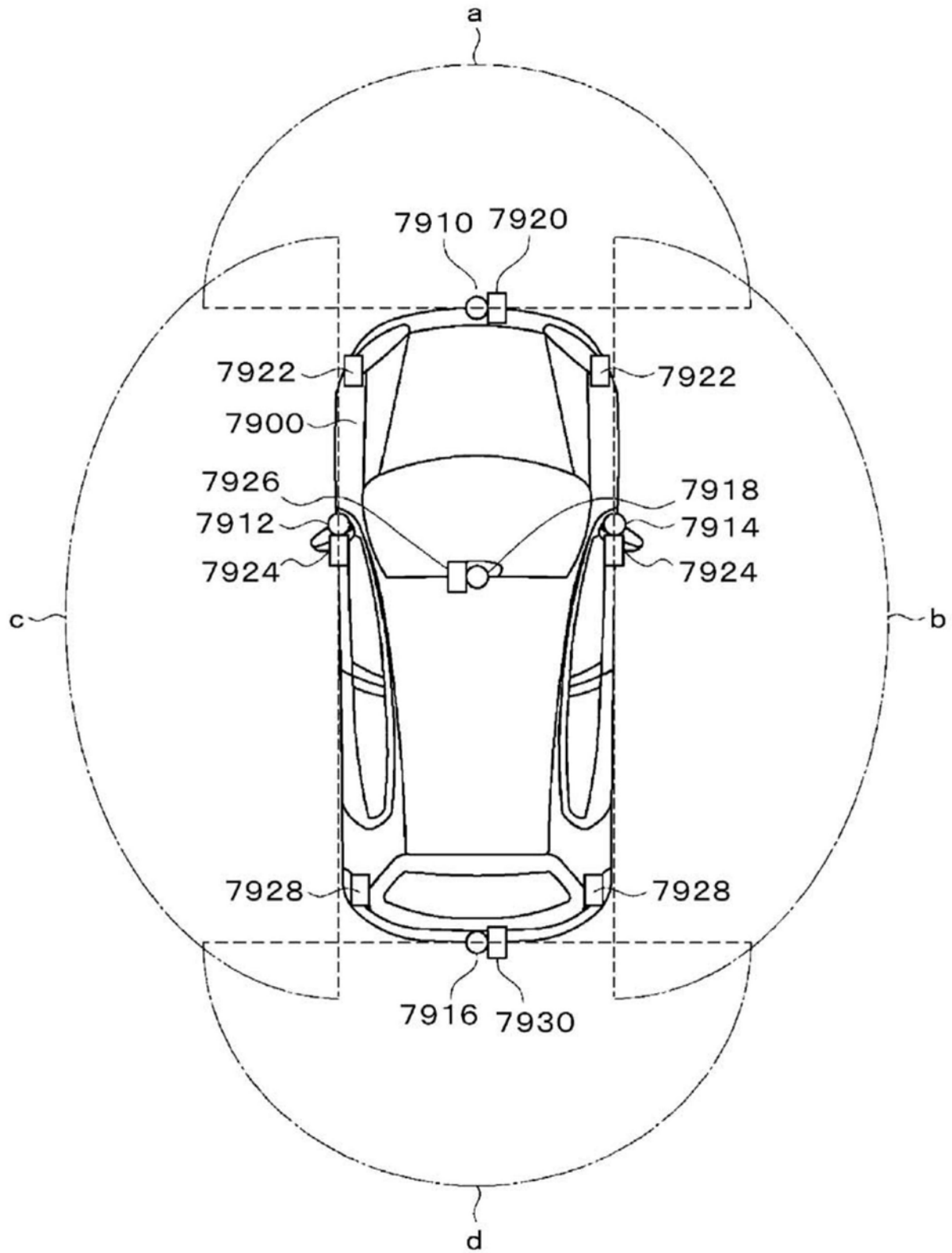


图14