



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112904305 A

(43)申请公布日 2021.06.04

(21)申请号 202010405288.6

(22)申请日 2020.05.13

(30)优先权数据

10-2019-0149115 2019.11.19 KR

(71)申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72)发明人 李智山

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 李敬文

(51)Int.Cl.

G01S 7/48(2006.01)

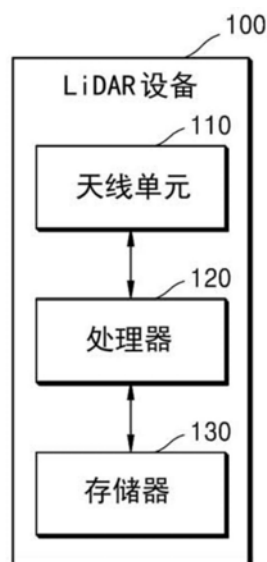
权利要求书3页 说明书11页 附图12页

(54)发明名称

LiDAR设备及其操作方法

(57)摘要

一种操作光检测和测距(LiDAR)设备的方法,包括:获得相对于任一个时间点具有最大值的主接收信号;通过使用该时间点的主接收信号的值来校正该时间点的子接收信号的值;以及从校正后的子接收信号获得激光脉冲的飞行时间(ToF)。



1. 一种操作光检测和测距LiDAR设备的方法,所述方法包括:
获得与从参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号;
获得所述接收信号中相对于任一个时间点具有最大值的主接收信号;
通过使用所述最大值来校正所述时间点所述接收信号中包括的子接收信号的值;以及
通过使用校正后的子接收信号与所述参考信号的相关性来获得与所述子接收信号相对应的激光脉冲的飞行时间ToF。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,校正所述子接收信号的值包括:从所述时间点的子接收信号的值减去通过将所述最大值乘以校正因子而获得的值。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,校正所述子接收信号的值包括:通过使用校正因子来校正所述时间点的子接收信号的值,所述校正因子是由所述LiDAR设备发射的激光脉冲的旁瓣的强度与主瓣的强度的比率。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,校正所述子接收信号的值包括:通过使用相对于由所述LiDAR设备发射的激光脉冲的主瓣而产生旁瓣的角度来校正所述时间点的子接收信号的值。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述子接收信号包括与扫描角度对应的接收信号,所述扫描角度从与所述主接收信号对应的所述LiDAR设备的扫描角度偏离了产生所述旁瓣的所述角度。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,获得所述主接收信号包括:
同步所述接收信号;以及
按时间比较所述接收信号。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,获得所述接收信号包括:
在所述LiDAR设备的视场中沿一个方向针对每个扫描角度发射从所述参考信号产生的激光脉冲;以及
针对每个所述扫描角度获得与从所述参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号,并将获得的接收信号存储在存储器中。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,获得所述主接收信号包括:
计算所述子接收信号与所述参考信号之间的互相关函数;
确定计算出的互相关函数的值具有所述最大值的时间点;以及
将从对应于所述子接收信号的激光脉冲的时间点到计算出的所述互相关函数的值具有所述最大值的时间点之间的时间确定为所述ToF。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,获得所述主接收信号包括:
相对于任一个时间点,获得所述接收信号中各自具有所述最大值的第一主接收信号和第二主接收信号,
其中,校正所述子接收信号的值包括:
获得第一扫描角度和第二扫描角度,所述第一扫描角度和所述第二扫描角度是与所述第一主接收信号和所述第二主接收信号相对应的扫描角度;
相对于所述LiDAR设备的视场,确定所述第一扫描角度与所述第二扫描角度之间的差是否与产生旁瓣的角度相匹配;

当确定所述第一扫描角度与所述第二扫描角度之间的差与产生旁瓣的角度相匹配时,校正所述时间点的所述第一主接收信号的值和所述时间点的所述第二主接收信号的值;以及

当确定所述第一扫描角度与所述第二扫描角度之间的差不与产生旁瓣的角度相匹配时,不校正所述时间点的所述第一主接收信号的值和所述时间点的所述第二主接收信号的值。

10. 一种非暂时性计算机可读记录介质,其上记录有用于执行根据权利要求1至9中任一项所述的方法的程序。

11. 一种光检测和测距LiDAR设备,包括:

天线单元,被配置为发射和接收激光脉冲;以及

处理器,被配置为:

获得与从参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号,获得所述接收信号中相对于任一个时间点具有最大值的主接收信号,通过使用所述最大值来校正在所述时间点所述接收信号中包括的子接收信号的值,以及通过使用校正后的子接收信号与所述参考信号的相关性来获得与所述子接收信号相对应的激光脉冲的飞行时间ToF。

12. 根据权利要求11所述的LiDAR设备,其中,所述处理器通过从所述时间点的子接收信号的值减去通过将所述最大值乘以校正因子而获得的值,来校正所述子接收信号的值。

13. 根据权利要求11所述的LiDAR设备,其中,所述处理器通过使用校正因子来校正所述时间点的所述子接收信号的值,所述校正因子是由所述LiDAR设备发射的激光脉冲的旁瓣的强度与主瓣的强度的比率。

14. 根据权利要求11所述的LiDAR设备,其中,所述处理器通过使用相对于由所述LiDAR设备发射的激光脉冲的主瓣而产生旁瓣的角度来校正所述时间点的所述子接收信号的值。

15. 根据权利要求14所述的LiDAR设备,其中,所述子接收信号包括与扫描角度对应的接收信号,所述扫描角度从与所述主接收信号对应的所述LiDAR设备的扫描角度偏离了产生所述旁瓣的所述角度。

16. 根据权利要求11所述的激光雷达设备,其中,处理器同步所述接收信号并按时间比较所述接收信号。

17. 根据权利要求11所述的LiDAR设备,还包括存储器,

其中,所述处理器还被配置为:

在所述LiDAR设备的视场中沿一个方向针对每个扫描角度发射从所述参考信号产生的激光脉冲;以及

针对每个扫描角度获得与所述从参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号,并将获得的接收信号存储在所述存储器中。

18. 根据权利要求11所述的LiDAR设备,其中,所述处理器计算所述子接收信号与所述参考信号之间的互相关函数,确定计算出的互相关函数的值具有所述最大值的时间点,以及将从对应于所述子接收信号的激光脉冲的时间点到计算出的所述互相关函数的值具有所述最大值的时间点之间的时间确定为所述ToF。

19. 根据权利要求11所述的LiDAR设备,其中,所述处理器还被配置为:

相对于任一个时间点,获得所述接收信号中各自具有所述最大值的第一主接收信号和

第二主接收信号；

获得第一扫描角度和第二扫描角度，所述第一扫描角度和所述第二扫描角度是与所述第一主接收信号和所述第二主接收信号相对应的扫描角度；

相对于所述LiDAR设备的视场，确定所述第一扫描角度与所述第二扫描角度之间的差是否与产生旁瓣的角度相匹配；

当确定所述第一扫描角度与所述第二扫描角度之间的差与产生旁瓣的所述角度相匹配时，校正所述时间点的所述第一主接收信号的值和所述时间点的所述第二主接收信号的值；以及

当确定所述第一扫描角度与所述第二扫描角度之间的差不与产生旁瓣的所述角度相匹配时，不校正所述时间点的所述第一主接收信号的值和所述时间点的所述第二主接收信号的值。

LiDAR设备及其操作方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年11月19日在韩国知识产权局提交的韩国专利申请No.10-2019-0149115的权益,该申请的公开内容通过引用全部并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及LiDAR设备及其操作方法。

背景技术

[0004] 光检测和测距 (LiDAR) 设备应用于各种领域,例如航空航天、地质、3D地图、车辆、机器人或无人机。LiDAR设备使用测量光的飞行时间 (ToF) 的方法作为基本操作原理。例如, LiDAR设备可以朝对象照射光并通过传感器接收光,并且可以通过使用高速电路来测量 ToF。此外, LiDAR设备可以从ToF计算到对象的距离,并通过使用针对对象的每个位置而计算的距离来生成对象的深度图像。

[0005] 同时,为了即使在产生旁瓣的环境中也能够由LiDAR设备准确地处理深度图像,可能需要一种测量光的ToF的技术。

发明内容

[0006] 各种实施例提供了一种光检测和测距 (LiDAR) 设备及其操作方法。本公开要实现的技术目的不限于上述目的,并且可以从以下实施例中推断出其他技术目的。

[0007] 附加方面部分地将在接下来的描述中阐述,且部分地将通过该描述而变得清楚明白,或者可以通过实践本公开所呈现的实施例而获知。

[0008] 其中,根据本公开的一方面,一种操作LiDAR设备的方法,包括:获得与从参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号;获得接收信号中相对于任一个时间点具有最大值的主接收信号;通过使用最大值来校正在该时间点接收信号中包括的子接收信号的值;以及通过使用校正后的子接收信号和参考信号的相关性来获得与子接收信号相对应的激光脉冲的飞行时间 (ToF)。

[0009] 根据本公开的另一方面,提供了一种其上记录有用于执行上述方法的程序的非暂时性计算机可读记录介质。

[0010] 根据本公开的另一方面,一种LiDAR设备包括:天线单元,被配置为发射和接收激光脉冲;以及处理器,获得与从参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号,获得接收信号中相对于任一个时间点具有最大值的主接收信号,通过使用最大值来校正在该时间点接收信号中包括的子接收信号的值;以及通过使用校正后的子接收信号和参考信号的相关性来获得与子接收信号相对应的激光脉冲的ToF。

附图说明

[0011] 根据以下结合附图的描述,本公开的一些实施例的上述和其它方面、特征以及优

点将更清楚,在附图中:

- [0012] 图1是根据实施例的光检测和测距 (LiDAR) 设备的示例的框图。
- [0013] 图2是根据实施例的天线单元的示例的框图。
- [0014] 图3是根据实施例的发射器的示例的框图。
- [0015] 图4示出了根据实施例的LiDAR设备的辐射图案的示例。
- [0016] 图5示出了根据实施例的LiDAR设备测量距离的示例。
- [0017] 图6示出了根据实施例的获得产生旁瓣的角度的方法的示例。
- [0018] 图7示出了根据实施例的操作LiDAR设备的方法的示例。
- [0019] 图8示出了根据实施例的校正接收信号的方法的示例。
- [0020] 图9示出根据实施例的校正接收信号的方法的另一示例。
- [0021] 图10示出了根据实施例的获得ToF的方法的示例。
- [0022] 图11是根据实施例的操作LiDAR设备的方法的流程图。
- [0023] 图12包括根据实施例的用于描述使用LiDAR设备测量距离的实验的图。
- [0024] 图13示出了根据实施例的根据第一场景的实验结果。
- [0025] 图14示出了根据实施例的根据第二场景的实验结果。
- [0026] 图15示出了根据示例实施例的包括LiDAR设备的车辆。

具体实施方式

[0027] 现在详细参考实施例,在附图中示出了实施例的示例,其中,贯穿附图相同的附图标记表示相同的元件。在这点上,呈现的实施例可以具有不同形式,并且不应被解释为受限于本文所阐明的描述。因此,下面仅通过参考附图描述实施例,以解释各个方面。如本文所用,术语“和/或”包括相关列出项目中的一个或多个的任何和所有组合。称为“.....中的至少一个”之类的表述在元件列表之后时修饰整个元件列表,而不是修饰列表中的单独元件。

[0028] 考虑到本公开中的功能,从当前广泛使用的通用术语中选择了实施例中使用的术语。然而,这些术语可以根据本领域普通技术人员的意图、案例先例以及新技术的出现而变化。此外,对于特殊情况,申请人选择的术语的含义将在说明部分详细说明。因此,本公开中使用的术语是基于它们与整个说明书中讨论的内容相关的含义来定义的,而不是通过其简单的含义来定义的。

[0029] 诸如“包括”或“包含”之类的术语不应被解释为必须包括说明书中描述的任何和所有组成元素或步骤,而是可以被解释为排除一些组成元素或步骤或者还包括另外的组成元素或步骤。

[0030] 以下将参考附图详细描述实施例。然而,实施例可以以各种形式实现,并且不限于以下描述的示例。

[0031] 图1是根据实施例的光检测和测距 (LiDAR) 设备100的示例的框图。

[0032] 参照图1,LiDAR设备100可以包括天线单元110和处理器120。图1的LiDAR设备100被示为仅包括与实施例有关的组成元件。因此,对于本领域技术人员显而易见的是,除了图1的组成元件之外,其他通用组成元件还可以包括在LiDAR设备100中。例如,LiDAR设备100还可以包括存储器130。

[0033] 存储器130是用于存储在LiDAR设备100中处理的各种数据的硬件,例如可以存储在LiDAR设备100中已处理或要处理的数据。此外,存储器130可以存储要由LiDAR设备100执行的应用或驱动程序。

[0034] 存储器130可以包括随机存取存储器(RAM),例如动态随机存取存储器(DRAM)和静态随机存取存储器(SRAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、CD-ROM,蓝光或其他光盘储存器、硬盘驱动器(HDD)、固态驱动器(SSD)或闪速存储器,以及LiDAR设备100可访问的其他外部存储设备。

[0035] 天线单元110可以执行以下功能:将电信号转换为激光脉冲并发射转换得到的激光脉冲,或接收激光脉冲并将接收到的激光脉冲转换为电信号。天线单元110发射的激光脉冲可以是光脉冲或电磁辐射脉冲。天线单元110可以包括用于发射激光脉冲的发射器和用于接收激光脉冲的接收器。此外,天线单元110可以包括用于发射/接收激光脉冲的收发器。

[0036] 处理器120可以执行总体功能以控制LiDAR设备100。处理器120可以由多个逻辑门的阵列来实现,或者由通用微处理器和用于存储可在微处理器中执行的程序的存储器的组合来实现。此外,处理器120可以包括用于处理光信号或电信号的信号处理器以及用于计算由信号指示的信号值的计算单元。

[0037] 当处理器120生成参考信号时,天线单元110可以将参考信号转换为激光脉冲并发射转换得到的激光脉冲。所发射的激光脉冲可以被对象反射并被天线单元110接收。天线单元110可以将接收到的激光脉冲转换为接收信号,并将接收信号发送给处理器120。

[0038] 处理器120可以通过使用接收信号与参考信号之间的相关性来计算激光脉冲的ToF。接收信号具有与参考信号的特性相同或相似的特性,接收信号是在基于参考信号而产生的激光脉冲从对象反射时天线单元110获得的信号。因此,当检测到接收信号与参考信号之间的相关性高的时间点时,可以检测到由接收器220接收到由发射器210发射的激光脉冲的时间点,从而可以检测到激光脉冲的ToF。

[0039] 例如,处理器120可以计算接收信号与参考信号之间的互相关函数。因为互相关函数是指示两个函数之间的相关程度的函数,所以接收信号与参考信号之间的互相关函数可以输出与这两个信号之间的相关度成比例的值。例如,假设接收信号是 $f_0(t)$ 而参考信号是 $g_0(t)$,则可以通过下面的数学表达式1来计算接收信号与参考信号之间的互相关函数。

[0040] [数学表达式1]

$$[0041] \int_{-\infty}^{\infty} f_0(x)g_0(t+x)dx$$

[0042] 处理器120可以确定互相关函数的计算值最大的时间点。替代地,处理器120可以确定互相关函数的计算值超过预设阈值的时间点。预设阈值可以由处理器120确定,但是本公开不限于此。预设阈值可以由外部输入确定。

[0043] 处理器120可以将从发射基于参考信号产生的激光脉冲时到互相关函数的计算值最大时的时间确定为ToF。替代地,处理器120可以将从发射基于参考信号产生的激光脉冲的时间点到互相关函数的计算值超过预设阈值的时间点之间的时间确定为ToF。

[0044] 处理器120可以通过使用激光脉冲的ToF和速度来计算到对象的距离。

[0045] 图2是根据实施例的天线单元200的示例的框图。

[0046] 天线单元200可以包括发射器210和接收器220。

[0047] 发射器210可以包括用于产生激光脉冲的光源。例如,光源可以包括用于产生红外范围的光的装置。当使用红外范围内的光时,可以防止其与包括太阳光在内的可见范围的自然光混合。然而,本公开不限于此,并且发射器210可以包括用于产生各种波长范围的光的光源,并且可以产生不同波长范围的多个光。

[0048] 发射器210可以包括光源,诸如激光二极管(LD)、边缘发射激光器、垂直腔表面发射激光器(VCSEL)、分布式反馈激光器、发光二极管(LED)和超发光二极管(SLD)。然而,但是本公开不限于此。

[0049] 在实施例中,发射器210可以发射基于参考信号产生的激光脉冲。参考信号可以确定激光脉冲的特性。例如,激光脉冲可以具有与参考信号的值相对应的强度或与参考信号的频率相对应的频率。LiDAR设备100可以通过调整参考信号的特性来改变由发射器210发射的激光脉冲的特性。由发射器210发射的激光脉冲可以在撞击对象之后被反射。

[0050] 接收器220可以包括用于感测激光脉冲的多个传感器。接收器220可以从接收到的激光脉冲获得接收信号。例如,接收器220还可以包括用于将接收到的激光脉冲转换成电信号的光电检测器,并且由光电检测器输出的电信号可以对应于接收信号。例如,光电检测器可以包括雪崩光电二极管(APD)或单光电雪崩二极管(SPAD)中的至少一个,但是本公开不限于此。

[0051] 图3是根据实施例的发射器300的示例的框图。

[0052] 发射器300可以通过以机械或非机械方法操纵(steer)激光脉冲来发射激光脉冲。例如,发射器300可以通过使用微机电系统(MEMS)、旋转马达、反射镜或透镜操纵激光脉冲来发射激光脉冲。

[0053] 在实施例中,发射器300可以通过以非机械方法使用光学相控阵列(OPA)来操纵激光脉冲的扫描角度。在实施例中,发射器300可以包括光源310、分离器320、移相器330和天线阵列340。

[0054] 光源310可以产生激光脉冲。光源310可以包括LD、激光器、LED和SLD,但是本公开不限于此。此外,光源310可以包括光泵浦激光器、固体激光器、液体激光器、气体激光器、半导体激光器、化学激光器和脉冲激光器,但是本公开不限于所列出的类型。

[0055] 分离器320可以包括光分支元件,该光分支元件将输入的激光脉冲分离成多个激光脉冲并输出分离的激光脉冲。分离器320可以均匀地分离输入的激光脉冲,并输出均匀分离的激光脉冲。例如,分离器320可以形成在体硅衬底上。

[0056] 移相器330可以改变输入激光脉冲的相位并且输出具有改变的相位的激光脉冲。例如,移相器330可以通过向波导施加热、光、电流、电压和压力中的任一种来改变通过波导的激光脉冲的相位。例如,移相器330可以形成在半导体衬底上。例如,移相器330可以包括电阻加热器、PIN二极管型移相器、PN二极管型移相器和硅绝缘体硅电容(SISCAP)移相器,但是本公开不限于此。

[0057] 随着移相器330改变激光脉冲的相位,可以操纵由天线阵列340发射的激光脉冲。换句话说,通过控制移相器330,可以操纵由发射器300发射的激光脉冲的扫描角度。

[0058] 天线阵列340可以包括分立的天线元件。天线元件可以包括号角(horn)、偶极子和微带贴片,但是本公开不限于此。天线元件可以对应于各个信道,并且可以连接到移相器330的输出端。在这种状态下,信道可以表示激光脉冲通过的路径。

[0059] 图4示出了根据实施例的LiDAR设备400的辐射图案的示例。

[0060] 当控制LiDAR设备400以期望的扫描角度发射激光脉冲时,以扫描角度从天线阵列发射具有较高强度的激光脉冲,可以在该扫描角度产生主瓣410。理想地,仅将产生主瓣410。然而,在实际操作中,在不同于扫描角度的角度上产生旁瓣420。

[0061] 主瓣410可以表示以期望的角度发射的激光脉冲,并且旁瓣420可以表示以不期望的角度发射的激光脉冲。换句话说,主瓣410可以表示以扫描角度发射的激光脉冲,并且旁瓣420可以表示以除扫描角度以外的角度发射的激光脉冲。尽管图4示出了一个主瓣作为主瓣410并且两个侧瓣作为侧瓣420,但是可以产生各种角度和各种强度的侧瓣420。例如,旁瓣420可以包括具有与主瓣410的强度相同的强度的光栅瓣。

[0062] 当天线阵列的天线元件之间的间隔小于或等于激光脉冲的波长的一半时,可以限制旁瓣420的产生。然而,随着天线元件之间的间隔减小,天线元件之间的热耦合可能很严重。此外,由于需要大量的天线元件来缩小激光脉冲的发散角度,因此可能难以以小于或等于激光脉冲的波长的一半的间隔来布置大量的天线元件。

[0063] 图5示出了根据实施例的LiDAR设备500测量距离的示例。

[0064] 当LiDAR设备500以扫描角度 θ_1 发射激光脉冲时,可以以扫描角度 θ_1 产生主瓣510,并且可以以角度 θ_2 产生旁瓣520。当对象A和对象B分别位于 θ_1 和 θ_2 时,LiDAR设备500不仅可以接收在从对象A反射主瓣510时形成的激光脉冲,而且还可以接收在从对象B反射旁瓣520时形成的激光脉冲。换句话说,当所接收的激光脉冲受到旁瓣520的影响时,旁瓣520可以使扫描角度 θ_1 上的距离测量失真。例如,尽管对象A实际上相隔距离 D_1 ,但是由于旁瓣520导致的失真,对象A可能被测量为位于距离 D_2 。

[0065] 如以上参考图4所述,通过改变天线阵列的结构来控制旁瓣的产生是困难的问题。因此,为了精确的距离测量,需要一种校正旁瓣导致的失真的方法。

[0066] 在下面的描述中,下面详细描述通过使用根据实施例的图1的LiDAR设备100的天线单元110和处理器120来测量距离的方法。

[0067] 图6示出了根据实施例的获得产生旁瓣的角度的方法的示例。

[0068] 可以测量天线单元110的辐射图案。可以在将天线单元110安装在LiDAR设备100上之前或之后测量辐射图案。可以通过诸如光电检测器、热成像相机或IR相机之类的外部测量装置来测量辐射图案。

[0069] 外部测量装置或处理器120可以基于所测量的辐射图案来获得光束轮廓,光束轮廓指示相对于扫描角度的激光脉冲的强度。此外,外部测量装置或处理器120可以从所获得的光束轮廓中获得相对于主瓣产生旁瓣的角度、主瓣强度、旁瓣强度、以及旁瓣强度与主瓣强度的比率。

[0070] 例如,从图6的光束轮廓可以获得相对于主瓣产生旁瓣的角度(即角度 -30° 和 30°)、旁瓣强度(即 $40a.u.$ (任意单位))、主瓣强度(即 $80a.u.$)、以及旁瓣强度与主瓣强度的比率(即 0.5)。

[0071] 图7示出了根据实施例的操作LiDAR设备的方法的示例。

[0072] 在图7中,相对于LiDAR设备100的视场示出了由天线单元110的发射器发射的激光脉冲的覆盖区(footprint)。可以由于激光脉冲的发散角度 ρ 而导致产生覆盖区。

[0073] 天线单元110的发射器可以通过在水平方向上改变扫描角度 θ 来发射激光脉冲。在

这种状态下,扫描角度 θ 可以表示相对于LiDAR设备100的视场在水平方向上发射激光脉冲的角度。图7示出了以扫描角度 $\theta_1 \dots \theta_N$ 发射的激光脉冲的覆盖区。

[0074] 发射器可以通过针对每个行改变水平方向上的扫描角度 θ 来发射激光脉冲。例如,在完成针对行1的激光脉冲的发射时,发射器可以通过针对行2改变水平方向上的扫描角度 θ 来发射激光脉冲,最后针对行M在水平方向上来发射激光脉冲。

[0075] 发射器可以通过使用移相器来改变激光脉冲的扫描角度 θ 。发射器可以通过改变激光脉冲的波长来改变照射激光脉冲的行。

[0076] 备选地,发射器可以通过改变垂直方向上的扫描角度来发射激光脉冲。

[0077] 基于图7设置水平方向和垂直方向。水平方向和垂直方向可以表示彼此正交的任何两个方向。

[0078] 备选地,发射器可以通过在各个方向上改变扫描角度来发射激光脉冲。例如,当发射器通过在圆周方向上改变扫描角度来发射激光脉冲时,覆盖区可以形成同心圆形状。

[0079] 天线单元110的接收器可以通过转换接收到的激光脉冲来获得接收信号。例如,接收器可以通过使用模数(AD)转换器从激光脉冲获得接收信号。接收信号的值可以表示接收到的激光脉冲的强度。

[0080] 接收器可以通过改变接收到的激光脉冲来获得与扫描角度 θ 相对应的接收信号。例如,接收器可以获得与行1的扫描角度 θ_1 相对应的接收信号、与行1的扫描角度 θ_2 相对应的接收信号以及最终与行M的扫描角度 θ_N 相对应的接收信号。

[0081] 处理器120可以校正接收信号中旁瓣的影响。处理器120可以针对各个行来校正接收信号。例如,处理器120可以接收对应于行1的所有接收信号并校正所获得的接收信号,接收对应于行2的所有接收信号并校正所获得的接收信号,并且最后接收对应于行M的所有接收信号并校正所获得的接收信号。处理器可以通过使用校正后的接收信号与参考信号之间的相关性来获得激光脉冲的ToF。

[0082] 图8示出了根据实施例的校正接收信号的方法的示例。

[0083] 图8示出了其中处理器120校正与任何一行相对应的接收信号的示例。例如,处理器120可以校正与包括在图7的行1中的扫描角度 $\theta_1 \dots \theta_N$ 相对应的接收信号。

[0084] 处理器120可以比较与扫描角度 $\theta_1 \dots \theta_N$ 相对应的接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 。接收信号的值可以表示接收到的激光脉冲的强度。

[0085] 处理器120可以相对于时间来比较接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 。处理器120可以相对于时间使接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 同步,以比较接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 。在实施例中,由于接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 是在不同时间点从接收到的激光脉冲获得的,因此可以有必要使时间同步以比较接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 。例如,可以使接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 同步,以使得发射激光脉冲的时间点是相同的。

[0086] 处理器120相对于时间来比较接收信号 $RX_1 \dots RX_N$,这可以具有与相对于距离来比较接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 相同的含义。这是因为激光脉冲的ToF表示LiDAR设备与对象之间的距离。

[0087] 处理器120可以通过使用相对于由LiDAR设备100发射的激光脉冲的主瓣而产生旁瓣的角度来校正接收信号。处理器120可以在一时间点校正与扫描角度相对应的子接收信号的值,该扫描角度从与主接收信号对应的扫描角度偏离了产生旁瓣的角度。可以预先获

得相对于主瓣而产生旁瓣的角度。处理器120可以通过使用校正因子来校正该时间点的子接收信号的值,该校正因子是LiDAR设备的旁瓣强度与主瓣强度的比率。处理器120可以从子接收信号的值中减去通过将校正因子乘以主接收信号的值而获得的值。处理器120可以基于下面的数学表达式2来校正子接收信号的值。

[0088] [数学表达式2]

$$[0089] \quad I_{\text{sub_new}}(t_1) = I_{\text{sub_old}}(t_1) - I_{\text{main}}(t_1) * (B/A)$$

[0090] 在数学表达式2中, t_1 表示某个时间点, $I_{\text{sub_old}}(t_1)$ 表示在时间点 t_1 的校正之前的子接收信号的值, $I_{\text{main}}(t_1)$ 表示在时间点 t_1 的主接收信号的值,A表示主瓣强度,B表示旁瓣强度, $I_{\text{sub_new}}(t_1)$ 表示在时间点 t_1 的校正之后的子接收信号的值。

[0091] 当该时间点的子接收信号的值小于预定值时,处理器120可以不校正子接收信号的值。预定值可以是用于区分有意义的接收信号的值。该时间点的子接收信号的值小于预定值可以表示不存在要校正的对象。

[0092] 例如,处理器120可以在接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 中识别在时间点 t_1 具有最大值的主接收信号 RX_2 。当从主接收信号 RX_2 的扫描角度 θ_2 偏离了产生旁瓣的角度的扫描角度是 θ_{14} 时,处理器120可以校正时间点 t_1 的与扫描角度 θ_{14} 对应的子接收信号 RX_{14} 的值。

[0093] 例如,处理器120可以在接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 中识别在时间点 t_2 具有最大值的主接收信号 RX_{14} 。当从主接收信号 RX_{14} 的扫描角度 θ_{14} 偏离了产生旁瓣的角度的扫描角度是 θ_2 时,处理器120可以校正时间点 t_2 的与扫描角度 θ_2 对应的子接收信号 RX_2 的值。备选地,当处理器120确定时间点 t_2 的子接收信号 RX_2 的值小于预定值时,处理器120可以不校正时间点 t_2 的子接收信号 RX_2 的值。

[0094] 例如,处理器120可以在接收信号 $RX_1 \dots RX_N$ 中识别在时间点 t_3 具有最大值的主接收信号 RX_{13} 。当从主接收信号 RX_{13} 的扫描角度 θ_{13} 偏离了产生旁瓣的角度的扫描角度是 θ_1 时,处理器120可以校正时间点 t_3 的与扫描角度 θ_1 对应的子接收信号 RX_1 的值。

[0095] 图9示出根据实施例的校正接收信号的方法的另一示例。

[0096] 处理器120可以在相对于时间的接收信号中识别多个主接收信号,每个主接收信号具有最大值。在某些情况下,可以识别各自具有最大值的多个主接收信号。

[0097] 处理器120可以确定与主接收信号相对应的多个扫描角度之间的差是否与相对于主瓣产生旁瓣的角度相匹配。

[0098] 扫描角度之间的差与产生旁瓣的角度的匹配可以表示主接收信号相互影响。因此,当处理器120确定扫描角度之间的差与产生旁瓣的角度相匹配时,处理器120可以校正每个主接收信号。详细地,处理器120可以从任一主接收信号的值中减去一值,该值是通过将另一主接收信号的值乘以LiDAR设备的旁瓣强度与主瓣强度的比率而获得的。详细地,处理器120可以基于以下数学表达式3来校正主接收信号的值。

[0099] [数学表达式3]

$$[0100] \quad I_{\text{main1_new}}(t_1) = I_{\text{main1_old}}(t_1) - I_{\text{main2_old}}(t_1) * (B/A)$$

[0101] 在数学表达式3中, t_1 表示某个时间点, $I_{\text{main1_old}}(t_1)$ 表示时间点 t_1 的校正之前的任一主接收信号的值, $I_{\text{main2_old}}(t_1)$ 表示时间点 t_1 的校正之前的另一主接收信号的值,A表示主瓣强度,B表示子瓣强度,并且 $I_{\text{main1_new}}(t_1)$ 表示时间点 t_1 的校正之后的任一主接收信号的值。

[0102] 扫描角度之间的差与产生旁瓣的角度不匹配可以表示主接收信号没有互相影响。因此,当处理器120确定扫描角度之间的差与产生旁瓣的角度不匹配时,处理器120可以不校正主接收信号。

[0103] 例如,处理器120可以在时间点 t_1 识别各自具有最大值 P_{\max} 的第一主接收信号 RX_1 和第二主接收信号 RX_2 。处理器120可以确定与第一主接收信号 RX_1 相对应的扫描角度 θ_1 与与第二主接收信号 RX_2 相对应的扫描角度 θ_2 之间的差是否与相对于主瓣产生旁瓣的角度相匹配。当处理器120确定与第一主接收信号 RX_1 相对应的扫描角度 θ_1 和与第二主接收信号 RX_2 相对应的扫描角度 θ_2 之间的差与产生旁瓣的角度相匹配时,处理器120可以将时间点 t_1 的第一主接收信号 RX_1 和第二主接收信号 RX_2 中的每一个的值校正为 $P_{\max}-P_{\max}*(B/A)$ 。备选地,当处理器120确定与第一主接收信号 RX_1 相对应的扫描角度 θ_1 和与第二主接收信号 RX_2 相对应的扫描角度 θ_2 之间的差与产生旁瓣的角度不匹配时,处理器120可以不校正时间点 t_1 的第一主接收信号 RX_1 和第二主接收信号 RX_2 的值。

[0104] 图10示出了根据实施例的获得ToF的方法的示例。

[0105] 处理器120可以通过使用激光脉冲的ToF和速度来计算到对象的距离。在实施例中,处理器120可以通过使用校正后的接收信号 R_x 和参考信号 T_x 之间的互相关函数CR来计算激光脉冲的ToF。处理器120可以从校正后的接收信号 R_x 和参考信号 T_x 之间的互相关函数CR最大时的时间点来计算激光脉冲的ToF。

[0106] 例如,当接收信号 R_x 在时间点 t_1 比时间点 t_2 具有更大的值时,可以从互相关函数CR获得 t_1 ,并且可以从 t_0 与 t_1 之间的差获得ToF。在该状态下, t_0 可以是参考信号产生的激光脉冲被发射的时间点。

[0107] 图11是根据实施例的操作LiDAR设备的方法的流程图。参照图11,操作LiDAR设备的方法是在图1的LiDAR设备100中按时间串行处理的算法。

[0108] 在操作1101中,处理器120可以获得与从参考信号产生的激光脉冲相对应的接收信号。天线单元110可以转换由处理器120产生的参考信号并发射激光脉冲,并且接收被反射的激光脉冲。天线单元110可以在LiDAR设备100的视场中沿一个方向改变扫描角度,并发射激光脉冲。处理器120可以将获得的接收信号存储在存储器中。

[0109] 在操作1102中,处理器120可以在接收信号中获得在某个时间点具有最大值的主接收信号。处理器120可以读出存储在存储器中的接收信号,然后比较接收信号的值。处理器120可以使接收信号同步,然后针对每个时间点来比较接收信号的值。

[0110] 在操作1103中,处理器120可以通过使用该最大值在某个时间点校正接收信号中包括的子接收信号的值。处理器120可以校正与扫描角度相对应的子接收信号的值,该扫描角度从主接收信号的扫描角度偏离了相对于主瓣而产生旁瓣的角度。处理器120可以通过执行以下操作来校正某个时间点的子接收信号的值:从该某个时间点的子接收信号的值中减去通过将该某个时间点的主接收信号的值乘以旁瓣强度与主瓣强度的比率而获得的值。

[0111] 在操作1104中,处理器120可以通过使用校正后的子接收信号和参考信号的相关性来获得与子接收信号相对应的激光脉冲的ToF。处理器120可以从校正后的子接收信号与参考信号之间的互相关函数的值最大时的时间点来计算与子接收信号相对应的激光脉冲的ToF。

[0112] 图12包括根据实施例的用于描述通过使用LiDAR设备测量距离的实验的图。

[0113] 在实验中,将天线单元110的发射器发射的激光脉冲的频率和脉冲宽度分别设置为1Mhz和10ns。此外,当发射器开启时,天线单元110的发射器被设置为发射强度为100a.u.的激光脉冲。当发射器关闭时,天线单元110的发射器被设置为发射强度为0a.u.的激光脉冲。此外,天线单元110的接收器的采样率被设置为1GHz。此外,LiDAR设备100的视场被设置为 -45° 至 45° ,产生旁瓣的角度被设置为相对于主瓣为 -30° 和 30° ,主瓣强度被设置为80a.u.,旁瓣强度被设置为40a.u.,作为旁瓣强度与主瓣强度的比率的校正因子被设置为0.5,并且发散角度被设置为 0.5° 。

[0114] 关于两种场景进行了实验。在第一场景中,假设对象A位于距离90m处并且相对于LiDAR设备100的视场的角度为 0° ,并且对象B位于40m处以及角度为 -30° 。在第二场景中,假设对象A位于距离90m处并且相对于LiDAR设备100的视场的角度为 0° ,对象B位于40m处以及角度为 -30° ,并且对象C位于25m处以及角度为 -30° 。

[0115] 图13示出了根据实施例的根据第一场景的实验结果。

[0116] 根据实验结果,获得了对应于扫描角度 -30° 的接收信号 $RX_1(t)$ 、对应于扫描角度 0° 的接收信号 $RX_2(t)$ 和对应于扫描角度 30° 的接收信号 $RX_3(t)$ 。

[0117] 作为接收信号 $RX_1(t)$ 的相对于 t_1 的值的 $RX_1(t_1)$ 约为100a.u.,作为接收信号 $RX_2(t)$ 的相对于 t_1 的值的 $RX_2(t_1)$ 约为40a.u.,并且作为接收信号 $RX_3(t)$ 的相对于 t_1 的值的 $RX_3(t_1)$ 约为0a.u.。作为接收信号 $RX_1(t)$ 的相对于 t_2 的值的 $RX_1(t_2)$ 约为10a.u.,作为接收信号 $RX_2(t)$ 的相对于 t_2 的值 $RX_2(t_2)$ 约为20a.u.,并且作为接收信号 $RX_3(t)$ 的相对于 t_2 的值的 $RX_3(t_2)$ 约为10a.u.。

[0118] 处理器120校正接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_3(t)$,从而获得校正后的接收信号 $RX_1'(t)$ 、 $RX_2'(t)$ 和 $RX_3'(t)$ 。

[0119] 处理器120相对于时间点 t_1 在接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_3(t)$ 中获得具有最大值的主接收信号。根据实验结果,由于 $RX_1(t_1)$ 具有最大值约100a.u.,所以获得 $RX_1(t)$ 作为主接收信号。

[0120] 处理器120校正子接收信号。待校正的子接收信号包括对应于角度 0° 的接收信号 $RX_2(t)$,角度 0° 是从与主接收信号 $RX_1(t)$ 相对应的扫描角度 -30° 偏离了角度 30° 的角度,角度 30° 是产生旁瓣的角度。

[0121] 处理器120从 $RX_2(t_1)$ 中去除通过将 $RX_1(t_1)$ 乘以校正因子而获得的值。由于 $RX_2(t_1)$ 约为40a.u., $RX_1(t_1)$ 约为100a.u.,并且校正因子为0.5,所以 $RX_2'(t_1)$ 的值为-10a.u.,这是表达式 $40-100*0.5$ 的结果。可选地,当 $RX_2'(t_1)$ 具有负值时,处理器120可以将该值转换为0。

[0122] 处理器120相对于时间点 t_2 在接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_2(t)$ 中获得具有最大值的主接收信号。根据实验结果,由于 $RX_2(t_2)$ 具有最大值约20a.u.,所以获得 $RX_2(t)$ 作为主接收信号。

[0123] 处理器120校正子接收信号。待校正的子接收信号包括与角度 -30° 和 30° 相对应的接收信号 $RX_1(t)$ 和 $RX_3(t)$,角度 -30° 和 30° 是从对应于主接收信号 $RX_2(t)$ 的扫描角度 0° 偏离了角度 -30° 和 30° 的角度,角度 -30° 和 30° 是产生旁瓣的角度。

[0124] 处理器120从 $RX_1(t_2)$ 中去除通过将 $RX_2(t_2)$ 乘以校正因子而获得的值。由于 $RX_1(t_2)$ 约为10a.u., $RX_2(t_2)$ 约为20a.u.,并且校正因子为0.5,所以 $RX_1'(t_2)$ 的值可以为0a.u.,这是表达式 $10-20*0.5$ 的结果。

[0125] 处理器120从 $RX_3(t_2)$ 中去除通过将 $RX_2(t_2)$ 乘以校正因子而获得的值。由于 $RX_3(t_2)$ 约为 $10a.u.$ ， $RX_2(t_2)$ 约为 $20a.u.$ ，并且校正因子为 0.5 ，所以 $RX_3'(t_2)$ 的值可以为 $0a.u.$ ，这是表达式 $10-20*0.5$ 的结果。

[0126] 当处理器120使用校正前的接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_3(t)$ 来测量距离时，对象B位于约40m的距离处并且处于 -30° 的角度，对象A位于约40m的距离处并且处于 0° 的角度，以及对象C位于约90m的距离处并且处于 30° 的角度。在第一场景中，由于对象A位于90m和 0° 处，并且对象C不存在，因此得到错误的结果。这是因为当以扫描角度 0° 测量距离时，以角度 -30° 产生的旁瓣被对象B反射，因此由于接收到的激光脉冲而产生失真。

[0127] 当处理器120使用校正后的接收信号 $RX_1'(t)$ 、 $RX_2'(t)$ 和 $RX_3'(t)$ 来测量距离时，对象B位于约40m和 -30° 处，并且对象A位于约90m和 0° 处。作为与第一场景相匹配的结果，可以看出，可以校正由于旁瓣导致的距离测量中的失真。

[0128] 图14示出了根据实施例的根据第二场景的实验结果。

[0129] 根据实验结果，获得了对应于扫描角度 -30° 的接收信号 $RX_1(t)$ 、对应于扫描角度 0° 的接收信号 $RX_2(t)$ 和对应于扫描角度 30° 的接收信号 $RX_3(t)$ 。

[0130] $RX_1(t_1)$ 约为 $0a.u.$ ， $RX_2(t_1)$ 约为 $50a.u.$ ，并且 $RX_3(t_1)$ 约为 $150a.u.$ 。 $RX_1(t_2)$ 约为 $100a.u.$ ， $RX_2(t_2)$ 约为 $40a.u.$ ，并且 $RX_3(t_2)$ 约为 $0a.u.$ 。 $RX_1(t_3)$ 约为 $10a.u.$ ， $RX_2(t_3)$ 约为 $20a.u.$ ，并且 $RX_3(t_3)$ 约为 $10a.u.$ 。

[0131] 由于处理器120校正接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_3(t)$ ，因此获得校正后的接收信号 $RX_1'(t)$ 、 $RX_2'(t)$ 和 $RX_3'(t)$ 。

[0132] 处理器120获得相对于时间点 t_1 在接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_3(t)$ 中具有最大值的主接收信号。根据实验结果，由于 $RX_3(t_1)$ 具有最大值约 $150a.u.$ ，所以获得 $RX_3(t)$ 作为主接收信号。

[0133] 处理器120校正子接收信号。待校正的子接收信号是与 0° 相对应的接收信号 $RX_2(t)$ ， 0° 是从对应于主接收信号 $RX_3(t)$ 的扫描角度 30° 偏离了 -30° 的角度， -30° 是产生旁瓣的角度。

[0134] 处理器120从 $RX_2(t_1)$ 中去除通过将 $RX_3(t_1)$ 乘以校正因子而获得的值。由于 $RX_2(t_1)$ 约为 $40a.u.$ ， $RX_3(t_1)$ 约为 $150a.u.$ ，并且校正因子为 0.5 ，因此 $RX_2'(t_1)$ 的值可以为 $-35a.u.$ ，其是表达式 $40-150*0.5$ 的结果。可选地，当 $RX_2'(t_1)$ 具有负值时，处理器120可以将该值转换为0。

[0135] 同样，处理器120相对于时间点 t_2 和 t_3 校正接收信号。

[0136] 当处理器120使用校正前的接收信号 $RX_1(t)$ 、 $RX_2(t)$ 和 $RX_3(t)$ 测量距离时，对象B位于约40m和 -30° 处，对象A位于约25m和 0° 处，并且对象C位于约25m和 30° 处。在第二场景中，由于对象A位于90m和 0° 处，因此得到错误的结果。这是因为当在扫描角度 0° 测量距离时，由于从对象B反射在 -30° 产生的旁瓣而接收的激光脉冲以及从对象C反射在 30° 产生的旁瓣而接收的激光脉冲所导致产生失真。

[0137] 当处理器120使用校正后的接收信号 $RX_1'(t)$ 、 $RX_2'(t)$ 和 $RX_3'(t)$ 来测量距离时，对象B位于约40m和 -30° 处，对象A位于约90m和 0° 处，并且对象C位于约25m和 30° 处。作为与第二场景相匹配的结果，可以看出，可以校正由于旁瓣导致的距离测量中的失真。

[0138] 图15示出了根据示例实施例的包括LiDAR设备的车辆。

[0139] 如图15所示,主机车辆1000可以包括LiDAR设备100。LiDAR设备100可以向邻近车辆2000发射光,当光从邻近车辆2000反射回时检测光,并基于发射的光和检测到的光来确定主机车辆1000与邻近车辆2000之间的距离,如参考图1所述。主机车辆1000可以基于由LiDAR设备100确定的到邻近车辆2000的距离来控制主机车辆1000的操作(例如,速度,方向等)。

[0140] 虽然图15示出了LiDAR设备100安装在车辆中,但是示例实施例不限于此。例如,LiDAR设备100可以包括在飞机中、被配置为基于移动机器人与邻近对象之间的距离来构建地图的移动机器人中、被配置为基于机器人吸尘器与邻近障碍物之间的距离信息来通过避免与邻近障碍物碰撞而移动的机器人吸尘器中、或者被配置为产生并显示到一个或多个目标对象的距离信息的智能电话或笔记本电脑中。

[0141] 尽管不限于此,但是示例实施例可以被体现为计算机可读记录介质上的计算机可读代码。所述计算机可读记录介质是可以存储其后可以由计算机系统读取的数据的任何数据存储设备。计算机可读记录介质的示例包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光学数据存储设备。计算机可读记录介质还可以分布在网络耦合的计算机系统上,从而以分布式方式存储和执行计算机可读代码。而且,示例实施例可以被写在诸如载波的计算机可读传输介质上传输的计算机程序,并且在执行该程序的通用或专用数字计算机中被接收和实现。此外,应当理解,在示例实施例中,上述装置和设备的一个或多个单元可以包括电路、处理器、微处理器等,并且可以执行存储在计算机可读介质中的计算机程序。

[0142] 前述示例性实施例仅是示例性的,并且不应解释为限制性的。本教导可以容易地应用于其他类型的设备。而且,示例实施例的描述旨在是说明性的,而不是限制权利要求的范围,并且许多替代、修改和变化对于本领域技术人员而言将是显而易见的。

[0143] 应当理解的是,应仅以描述性意义而不是限制性目的来考虑本文中描述的实施例。对每个实施例中的特征或方面的描述一般应当被看作可用于其他实施例中的其他类似特征或方面。尽管已参照附图描述了一个或多个实施例,但本领域普通技术人员应当理解,在不脱离所附权利要求所限定的精神和范围的情况下,可以进行形式和细节上的多种改变。

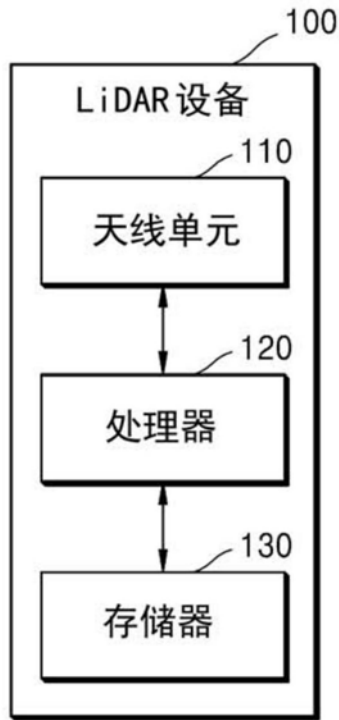


图1

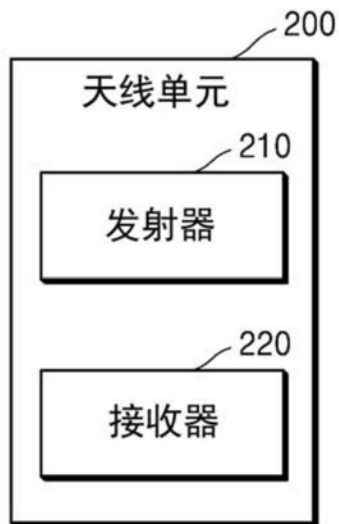


图2

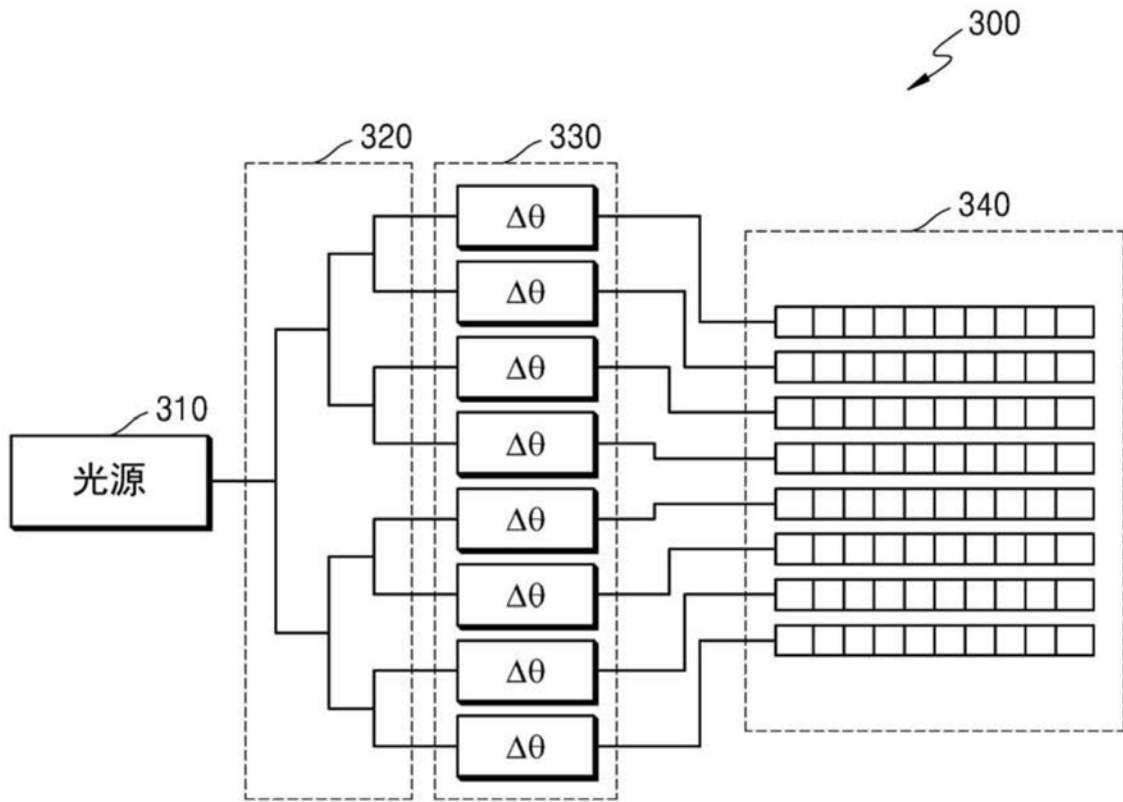


图3

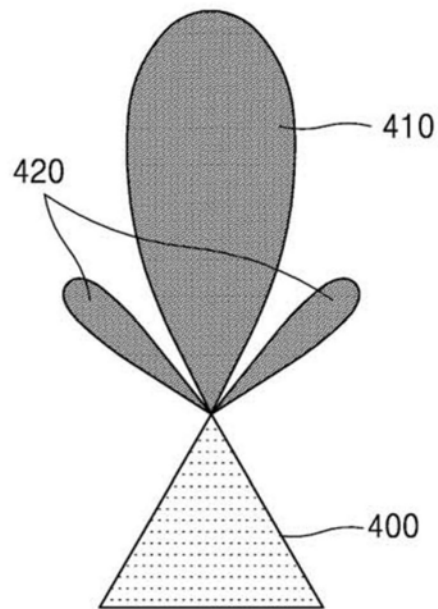


图4

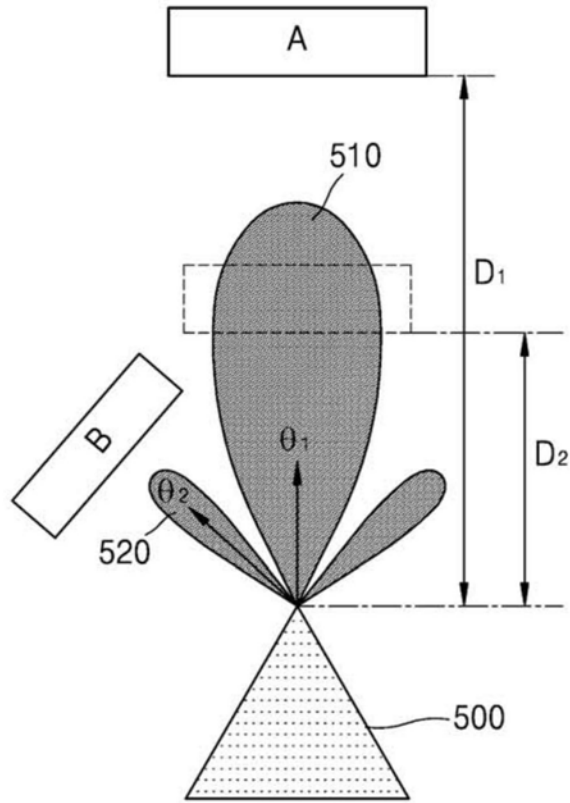


图5

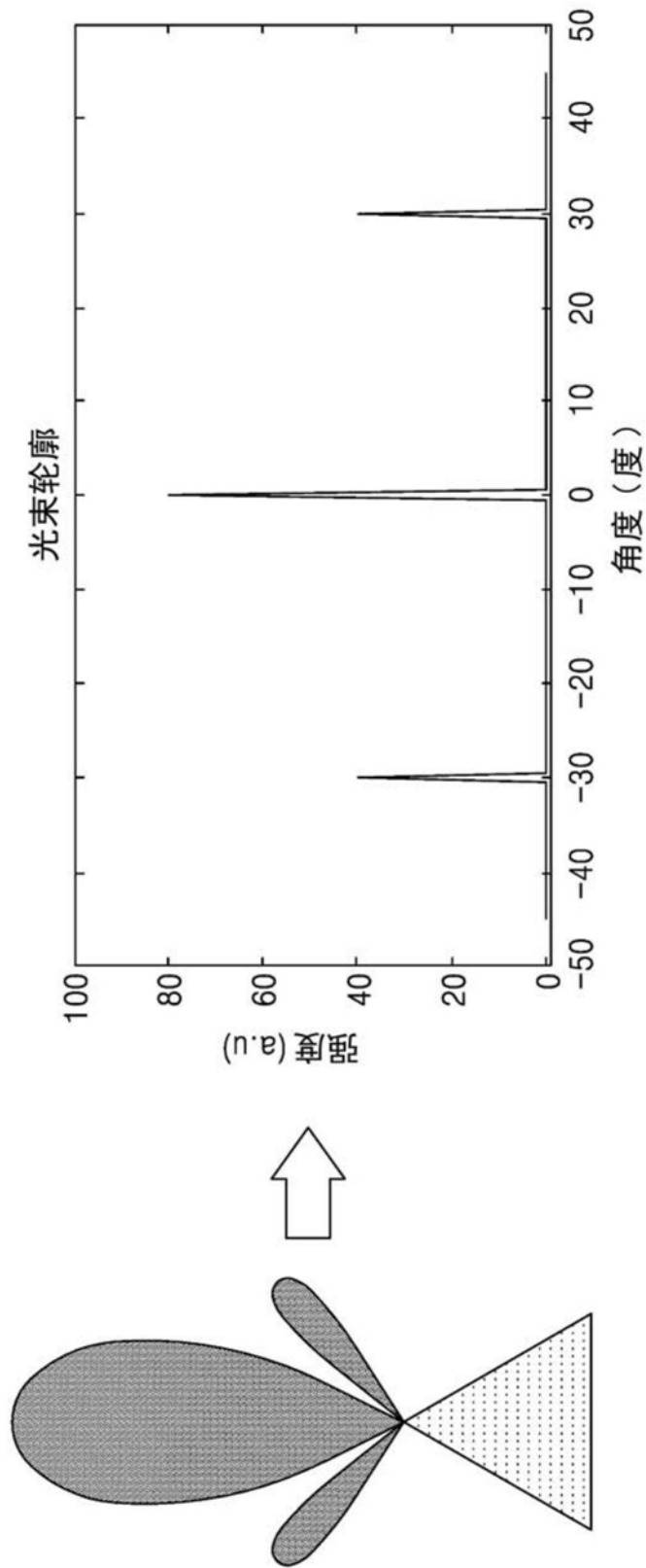


图6

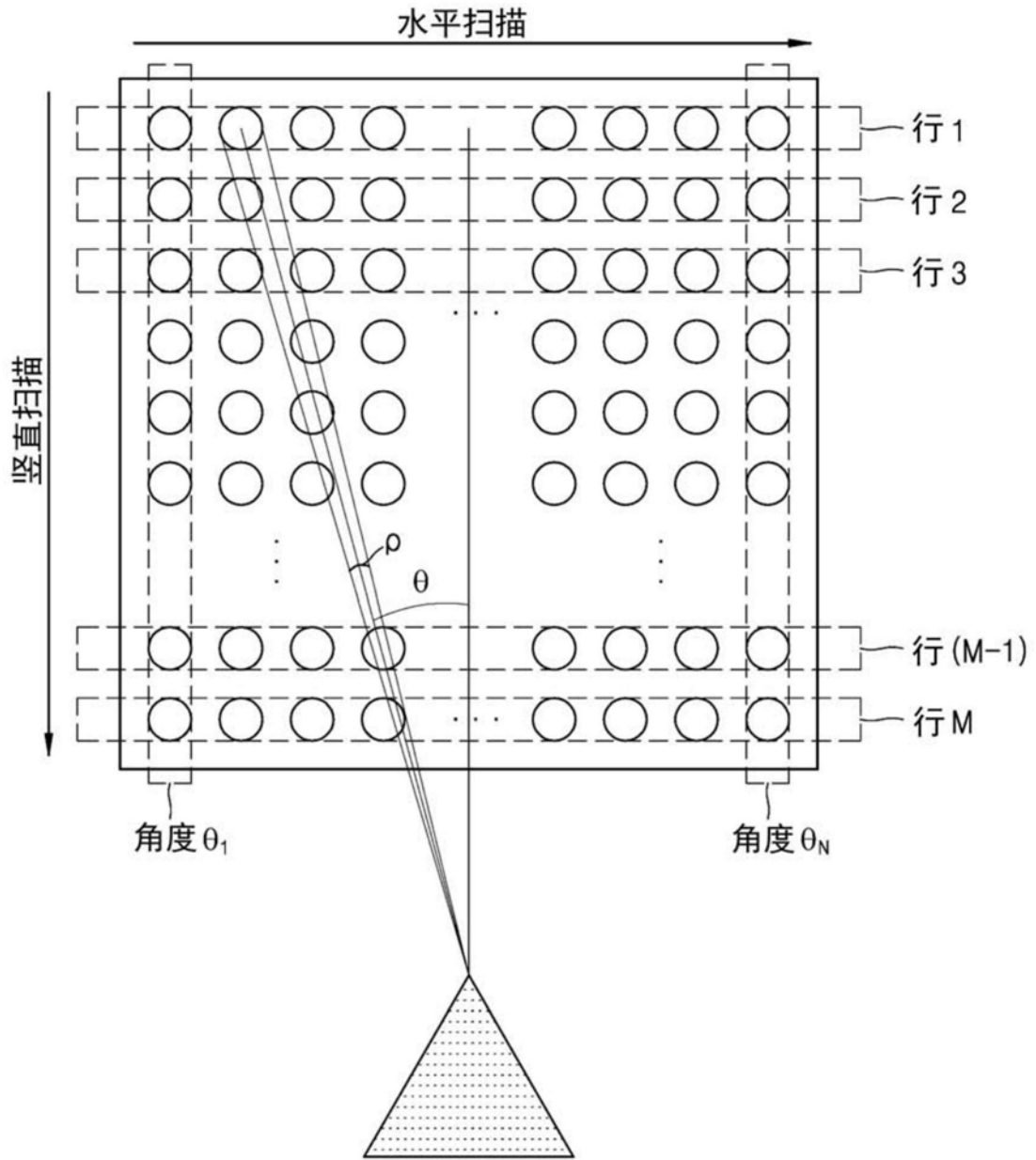


图7

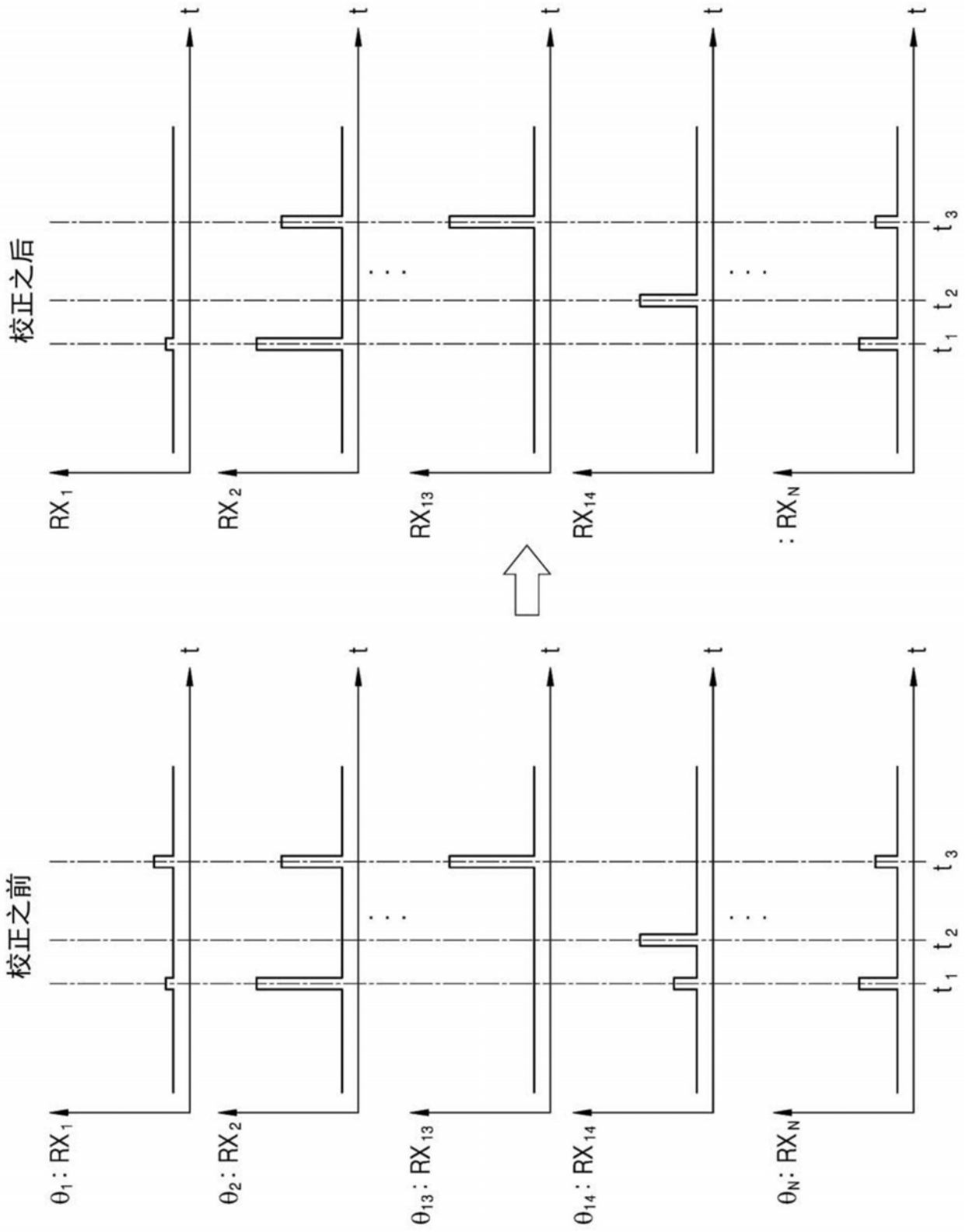


图8

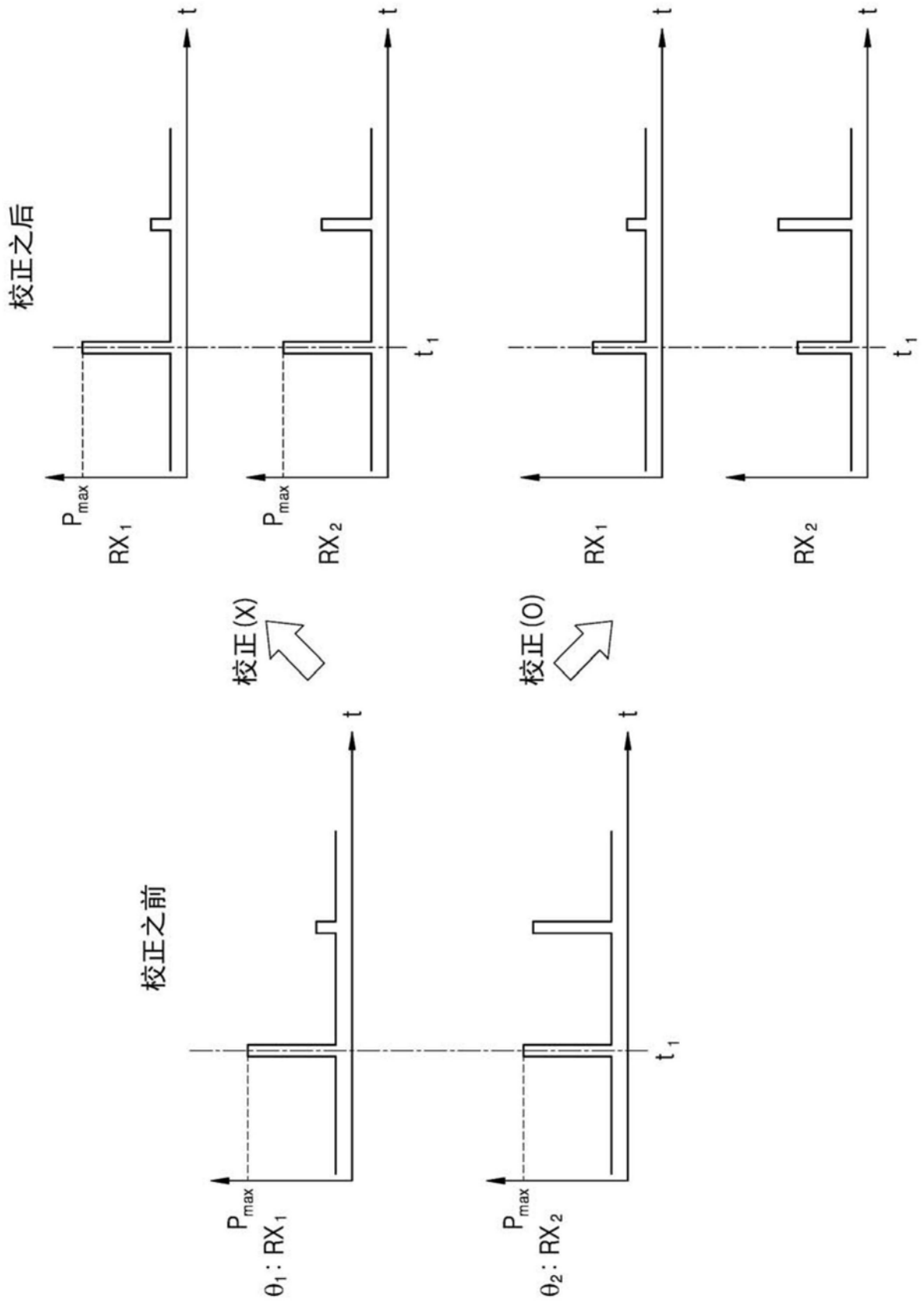


图9

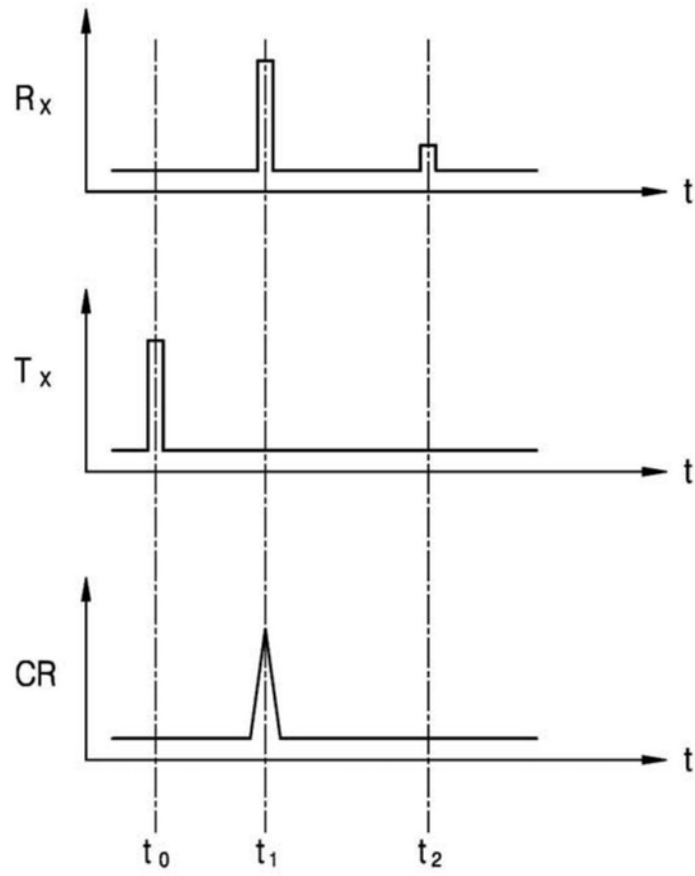


图10

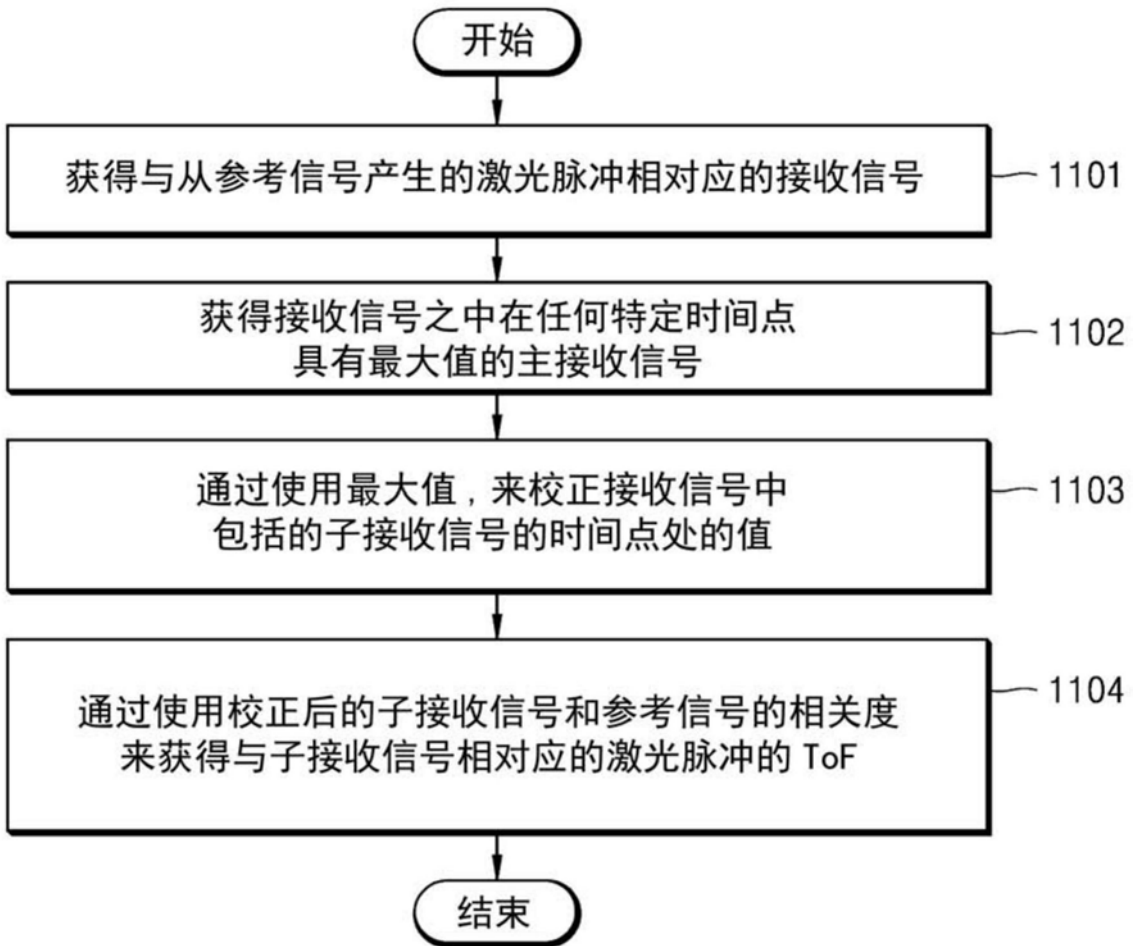


图11

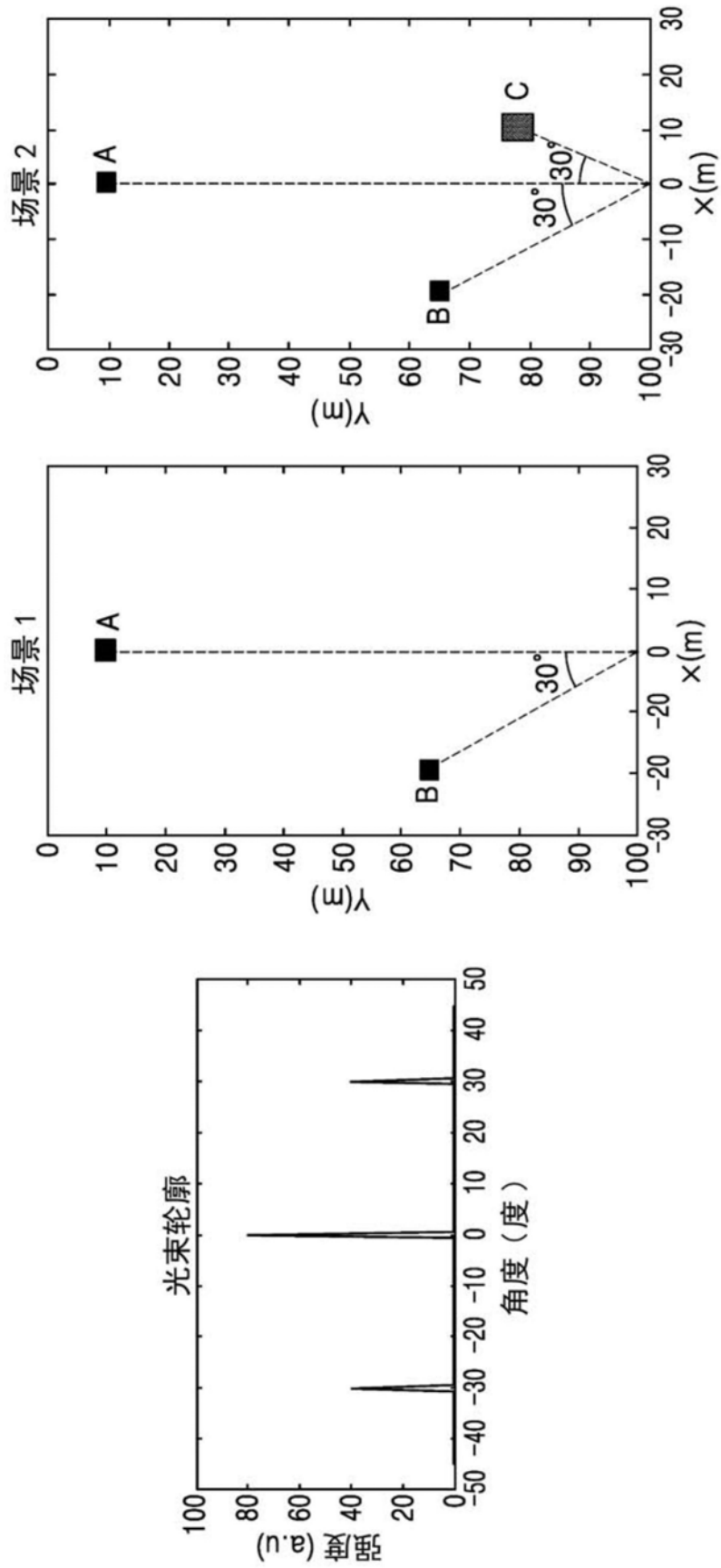


图12

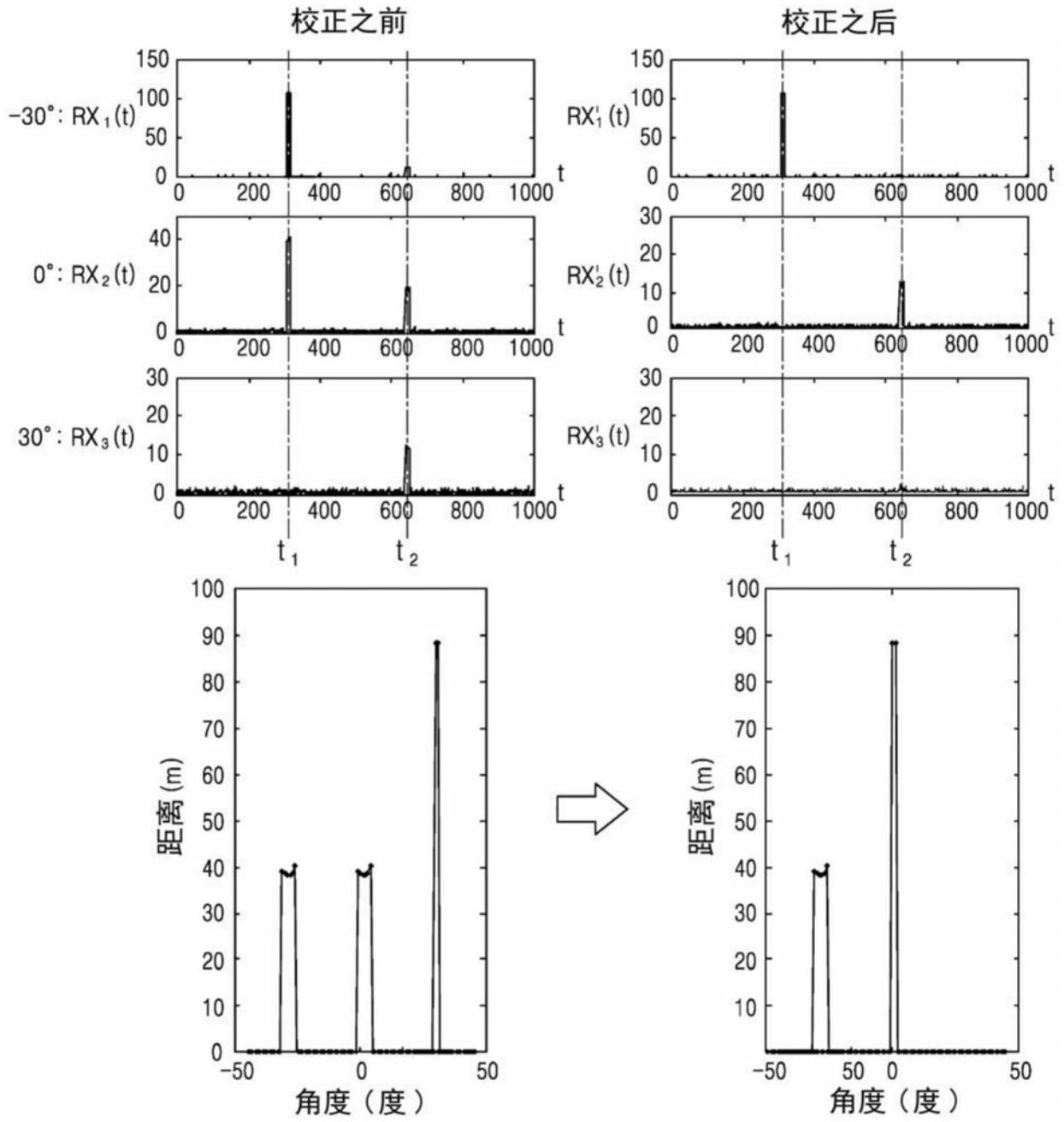


图13

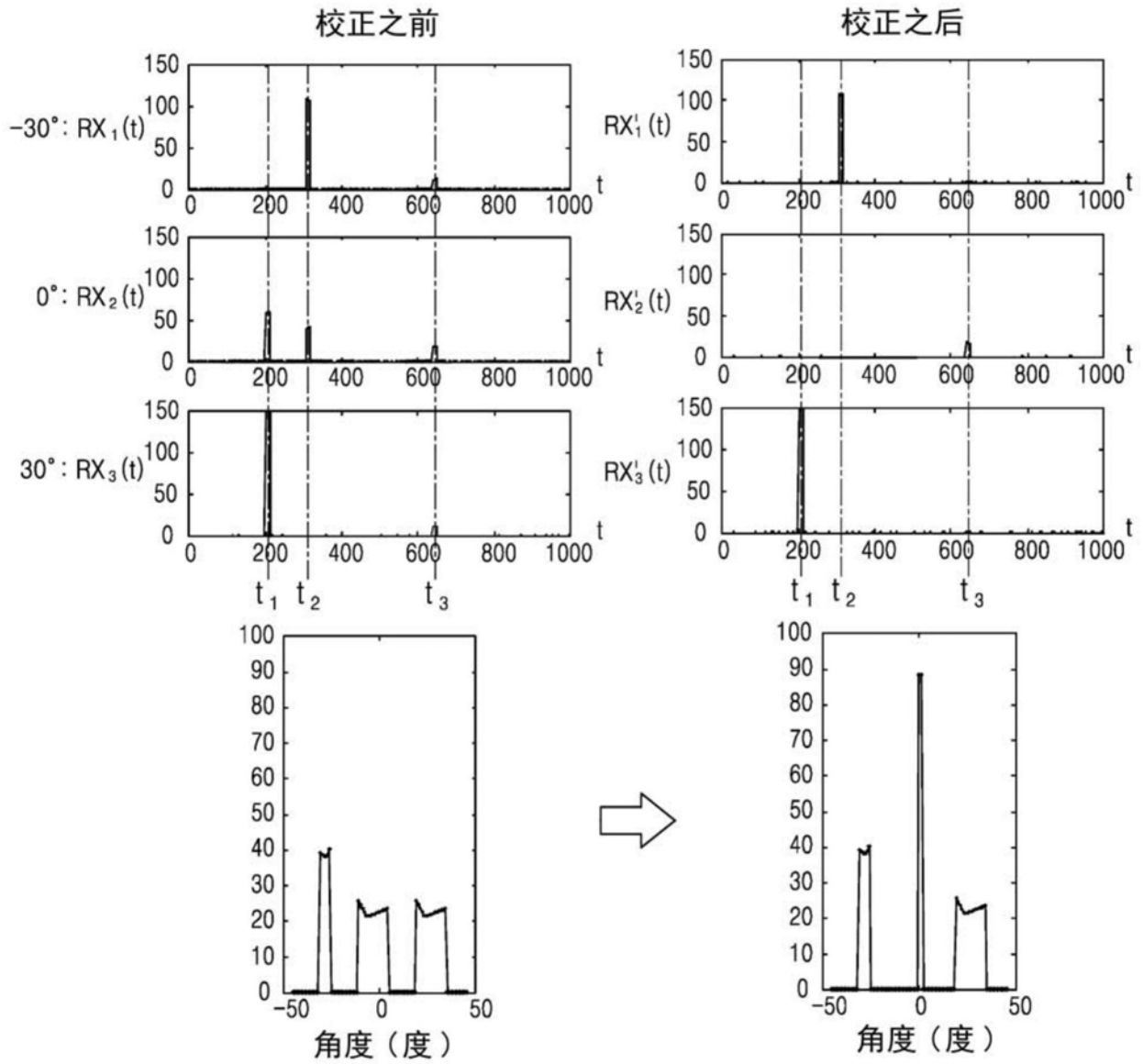


图14

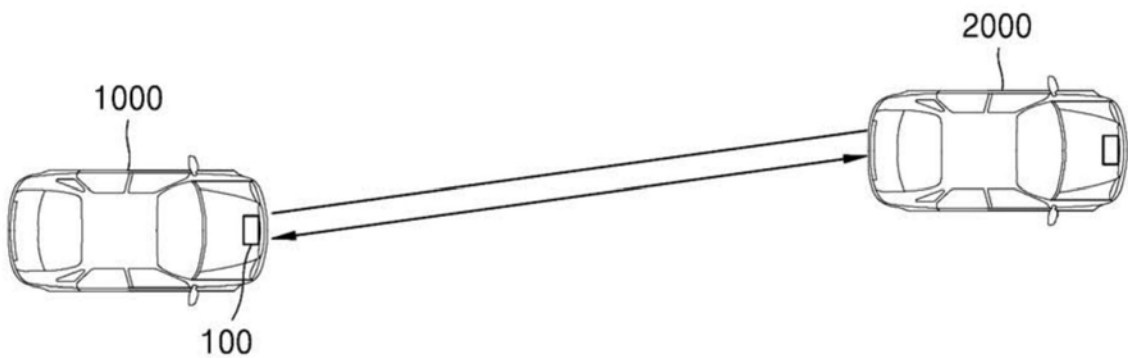


图15