



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110446944 A

(43)申请公布日 2019.11.12

(21)申请号 201880019731.7

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22)申请日 2018.03.19

代理人 郭毅

(30)优先权数据

102017204586.8 2017.03.20 DE

(51)Int.Cl.

G01S 17/42(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G01S 7/486(2006.01)

2019.09.20

G01S 7/487(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01S 7/493(2006.01)

PCT/EP2018/056843 2018.03.19

G01S 7/499(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/172258 DE 2018.09.27

G01S 17/93(2006.01)

(71)申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

(72)发明人 A·霍莱切克 T·彼得塞姆

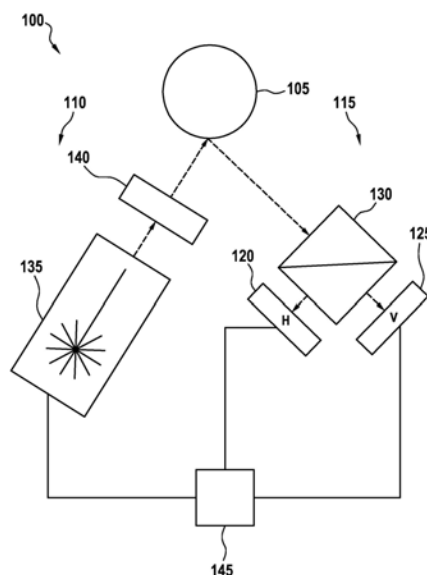
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

基于SPAD的激光雷达系统

## (57)摘要

一种激光雷达系统包括：用于光的发送装置；用于光的接收装置，其具有第一光子探测器和第二光子探测器；分析处理装置，其设置用于确定在借助所述发送装置发送光与在对象上反射的光到达所述接收装置之间的持续时间。在此，所述发送装置设置用于发送水平偏振光与垂直偏振光的叠加；所述第一光子探测器设置用于仅仅探测水平偏振光，而所述第二光子探测器设置用于仅仅探测垂直偏振光；此外，所述分析处理装置设置用于基于在预先确定的间隔内到达两个光子探测器的光来确定所述持续时间。



1. 一种激光雷达系统(100),其包括:  
用于光的发送装置(110);  
用于光的接收装置(115),其具有第一光子探测器(120)和第二光子探测器(125);  
分析处理装置(145),其设置用于确定在借助所述发送装置(110)发送光与在对象上反射的光到达所述接收装置(115)之间的持续时间;  
其特征在于,  
所述发送装置(110)设置用于发送水平偏振光与垂直偏振光的叠加;  
所述第一光子探测器(120)设置用于仅仅探测水平偏振光,而所述第二光子探测器(125)设置用于仅仅探测垂直偏振光;以及,  
所述分析处理装置(145)设置用于基于在预先确定的间隔(320)内到达两个光子探测器(120,125)的光来确定所述持续时间。
2. 根据权利要求1所述的激光雷达系统(100),其中,所述发送装置(110)设置用于尽可能平分地发送水平偏振光和垂直偏振光。
3. 根据权利要求1或2所述的激光雷达系统(100),其中,所述发送装置(110)设置用于发送相干光。
4. 根据以上权利要求中任一项所述的激光雷达系统(100),其中,所述发送装置(110)设置用于发送如下光:所述光的水平偏振部分与垂直偏振部分形成量子力学纠缠态。
5. 根据以上权利要求中任一项所述的激光雷达系统(100),其中,所述光子探测器(120,125)分别包括一个SPAD探测器。
6. 根据以上权利要求中任一项所述的激光雷达系统(100),所述激光雷达系统还包括偏振分束器(130),用于将到达所述接收装置(115)的光划分成水平偏振部分和垂直偏振部分。
7. 根据以上权利要求中任一项所述的激光雷达系统(100),其中,所述发送装置(110)发送预先确定的带的光,并且,所述接收装置(115)包括用于辨别处在所述带之外的光的滤光器(130)。
8. 一种用于确定在发送光与在对象上反射的光到达之间的持续时间的方法(200),其中,所述方法包括以下步骤:  
发送(205)水平偏振光与垂直偏振光的叠加;  
在预先确定的间隔(320)内接收(215,220)所反射的光的水平偏振部分并且接收(215,225)所反射的光的垂直偏振部分;以及  
基于所述光在所述间隔(320)内到达的部分来确定(230)所述持续时间。
9. 一种计算机程序产品,其具有程序代码单元,所述程序代码单元用于当所述计算机程序产品在处理装置(145)上运行或存储在计算机可读的数据载体上时实施根据权利要求8所述的方法。

## 基于SPAD的激光雷达系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种激光雷达系统 (Light Detection And Ranging, 借助光学扫描进行距离确定)。本发明尤其涉及一种具有SPAD探测器 (Single Photon Avalanche Detector: 单光子雪崩探测器) 的激光雷达系统。

### 背景技术

[0002] 目前的激光雷达系统由激光的发送和接收装置构成。发送装置在发送方向上发送 CW (Continuous Wave, 连续波调制的) 或脉冲式的、大多红外的激光。如果该光射到可运动的或静止的对象上 (例如行驶的或静止的机动车或行人), 则该光被反射并沿接收单元的方向反射回。如果在探测器中对发送时刻和接收时刻的时间差 (TOF, Time of Flight, 飞行时间: 根据传播时间方法) 进行分析处理, 则可以推断出由激光的光子经过的路径并且因此推断出对象的距离。这种探测器可以是例如 APD 探测器 (Avalanche Photo Diode, 雪崩光电二极管)、CMOS 探测器 (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 或 SPAD 探测器。

[0003] SPAD 探测器尤其可能如此敏感, 使得在所扫描的对象的区域中的背景光可能会干扰。通常, 需要极窄带的滤光器用以将背景光降低到可接受的水平上。由此, 激光雷达系统可能是昂贵的并且成本密集的。

[0004] DE 10 2011 005 746 A1 示出一种激光雷达系统, 其中, 接收装置具有多个像素, 该接收装置分别包括一个 SPAD 探测器并且可以对该接收装置的信号进行动态地分组用以分析处理。

[0005] US 2015 0 192 676 A1 提出一种具有 SPAD 探测器的激光雷达系统, 其中, 仅仅探测到来自于预先确定的几何测量场的光子。

### 发明内容

[0006] 本发明所基于的任务在于, 提供一种具有相对于背景光降低的灵敏度的基于 SPAD 的激光雷达系统。本发明借助独立权利要求的主题来解决该任务。从属权利要求描述优选的实施方式。

[0007] 激光雷达系统包括用于光的发送装置; 用于光的接收装置, 其具有第一光子探测器和第二光子探测器; 和分析处理装置, 其设置用于确定在借助所述发送装置发送光与在对象上反射的光到达所述接收装置之间的持续时间。在此, 所述发送装置设置用于发送水平偏振光与垂直偏振光的叠加; 所述第一光子探测器设置用于仅仅探测水平偏振光, 而所述第二光子探测器设置用于仅仅探测垂直偏振光; 此外, 所述分析处理装置设置用于基于在预先确定的间隔内到达两个光子探测器的光来确定所述持续时间。

[0008] 本发明基于以下认知: 不来自于发送装置而是来自于不同光源——例如太阳——的背景光在水平 (H) 上相比在垂直 (V) 上以高得多的概率偏振。此外, 背景光的 H 偏振部分和 V 偏振部分通常在时间上不同时发生。根据该特性可以实现改善地区分背景光与反射光。为

了减少背景光的影响,可以使用标准滤光器。可以不需要成本密集的极窄带的滤光器。可以改善传感器的光学信号/噪声比(SNR,Signal to Noise Ratio),从而激光雷达系统可以具有增大的作用范围。由此可以改善地定位对象,也就是说,可以以改善的精度来确定该对象的方向或距离。激光雷达系统的光学孔径可以缩小到仅仅一个点,实际上,仅仅所发送的光的各个光子在该点到达光子探测器。由此可以减小激光雷达系统的尺寸。

[0009] 彼此靠近布置的多个光子探测器(“宏观像素”)的聚束可以是不必要的。可以改善半导体材料的微观结构化。为了扫描对象,可能需要更少数目的测量过程。同样可以减少通过相应地减少的数目的测量值的确定开销。此外,确定结果可以更快地出现。所描述的激光雷达系统的技术开销可以是清楚的。可以发送更少的光,由此还可以更容易地确保眼睛安全。

[0010] 发送装置尤其设置用于尽可能平分地发送水平偏振光和竖直偏振光。两个部分是线性偏振的,从而发送装置尤其可以发送以大约 $45^\circ$ 的角度线性偏振的光。在一种实施方式中,提供例如借助 $\lambda$ 半板以预先确定的偏振角旋转的线性偏振光。

[0011] 此外优选的是,发送装置设置用于发送相干光。为此,发送设备尤其可以包括激光源。在不同的实施方式中,例如可以使用成本更有利的半导体激光器、固体激光器、光纤激光器或功率更大的管激光器(Röhrenlaser)。

[0012] 尤其优选的是,所述发送装置设置用于发送如下光:所述光的水平偏振部分与竖直偏振部分形成量子力学纠缠态(Verschränkungszustand)。这尤其可以通过如下方式实现:由共同的相干激光源导出以大约 $45^\circ$ 角线性偏振的光。

[0013] 在另一优选的实施方式中,光子探测器分别包括一个SPAD探测器。由原理决定地,SPAD探测器雪崩式地放大入射光子,以便提供探测信号。为了不使其自身不断地重新激励,必须将SPAD探测器接下来进行衰减或扼流(主动或被动的淬灭(Quenching))。通过该过程产生在通常几十纳秒的范围内的停止时间(Totzeit),直到能够实现新的测量。在时间上测量窗的位置通常可以借助控制连接端(门)来控制。通过这种方式可以在两个光子探测器处对预先确定的间隔进行同步。因此,可以容易地区分在时间上不关联的光的在相同的间隔内到达两个光子探测器的光部分。

[0014] 进一步优选的是,激光雷达系统包括偏振分束器,用以将到达接收装置的光划分成水平偏振部分和竖直偏振部分。这种分束器可以由两个类似于立方体组成的棱镜形成。也称为极立方体(Polwürfel)。偏振分束器的另一个名称是PBS(英语Polarizing Beamsplitter)。

[0015] 此外优选的是:发送装置发送预先确定的带的光,并且,接收装置包括用于辨别处在该带之外的光的滤光器。该滤光器可以与偏振分束器集成地实施。

[0016] 一种用于确定在发送光与在对象上反射的光到达之间的持续时间的方法包括以下步骤:发送水平偏振光与竖直偏振光的叠加;在预先确定的间隔内接收所反射的光的水平偏振部分并且接收所反射的光的竖直偏振部分;以及,基于所述光在所述间隔内到达的部分来确定所述持续时间。

[0017] 通过间隔的长度可以控制光的到达的不同部分的相对同时性。由此可以影响该方法相对背景光的灵敏度的降低程度。

[0018] 一种计算机程序产品包括程序代码单元,所述程序代码单元用于当计算机程序产

品在处理装置上运行或者存储在计算机可读的数据载体上时实施以上描述的方法。

[0019] 该方法尤其可以完全地或部分地在以上描述的激光雷达系统的分析处理装置上运行。为此,分析处理装置可以包括可编程的微型计算机或微型控制器。

[0020] 由于激光雷达系统与所描述的方法之间的密切关系,该方法的特征或优点通常也参考系统,反之亦然。

### 附图说明

[0021] 现在参照附图更详细地描述本发明,在附图中:

[0022] 图1示出激光雷达系统的示意性结构;

[0023] 图2示出一种方法的流程图;

[0024] 图3示出借助图1的激光雷达系统的测量的图解;

[0025] 图4示出具有多个光子探测器的激光雷达系统的测量的图解。

### 具体实施方式

[0026] 图1示出一种激光雷达系统100的示意性结构。激光雷达系统100设置用于光学地确定对象105的方向或距离。激光雷达系统100尤其可以用于扫描机动车的周围环境。对象105例如可以包括另一交通参与者或另一车辆。

[0027] 通常,激光雷达系统的扫描借助光束进行,该光束根据时间来摆动和/或旋转。替代地,也可以使用所谓的固态系统或快闪激光雷达系统(Flash LiDAR-System)。在两种系统的情况下不使用可运动的部分,并且视场(field of view,FOV)作为整体被照射。在图1的示意图中,为简单起见从刚性测量范围出发。

[0028] 激光雷达系统100包括用于发送光的发送装置110和用于接收尤其先前由发送装置110发送并且在对象105上反射的光的接收装置115。为此,接收装置115优选地包括第一光电探测器120和第二光电探测器125。第一光电探测器120设置用于仅仅探测水平偏振光,而第二光电探测器125设置用于仅仅探测竖直偏振光。特别优选的是,到达接收装置115的光借助偏振分束器130划分成其水平分量和竖直分量并被引导到相应的光电探测器120、125上。分束器130尤其可以包括所谓的极立方体。

[0029] 发送装置110尤其可以包括激光源135,该激光源设置用于发送预先确定的波长带的相干光。优选地,由发送装置110提供的光优选是线性偏振的,其中,该光的水平偏振的部分和竖直偏振的部分优选地是相同大小的。由此可以产生大约 $45^\circ$ 的由发送装置110沿对象105的方向发送的光的偏振角。在所示的实施方式中,提供这样的线性偏振光,其方式是,借助偏振器140将由光源135提供的相干光旋转到所期望的偏振面中。

[0030] 分析处理装置145设置用于控制发送装置110和接收装置115,用以控制光学扫描过程。在此,对借助发送装置110提供光进行控制——例如通过接通和关断或调制——是可选的。分析处理装置145尤其设置用于控制光子探测器120、125,以便检测到在对于两个光子探测器120、125同步的时间窗内入射的光子(入射到接收装置115中的光的成分)。该时间窗通常是几纳秒到几十纳秒大小,然而也可以更大,例如在100纳秒或更大的范围内。

[0031] 图2示出一种用于对对象105进行光学扫描的方法200的流程图。尤其可以在图1的激光雷达系统100的意义上实施方法200。为此,方法200可以完全地或部分地以计算机程序

产品的形式存在,该计算机程序产品尤其可以在分析处理装置145的处理装置上运行。

[0032] 在步骤205中,例如借助发送装置110通过以上描述的方式来发送水平偏振光和竖直偏振光。优选地,所发送的光是线性偏振的,包括彼此纠缠的水平偏振部分和竖直偏振部分,并且优选地处在预先确定的波长带内。在步骤210中,使先前发送的光可选地在对象105上散射,从而该先前发送的光落在接收装置115的方向上。

[0033] 在步骤215中,将入射在接收装置115上的光优选地划分成水平偏振部分和竖直偏振部分。接下来,在共同的时间窗或时间间隔内,在步骤220中对入射到接收装置115中的光的水平偏振部分进行探测,并且在步骤225中对入射到接收装置115中的光的竖直偏振部分进行探测。仅仅当在同一间隔内不仅探测到水平偏振光而且探测到竖直偏振光时,才能够由此推断出:入射光最初在步骤205中已经被发送并且该入射光不是背景光。

[0034] 在步骤230中,可以基于入射光来实施对象105的特性的确定。尤其可以确定通过发送装置110的发送与借助接收装置115的接收之间光的飞行时间TOF (Time of Flight),并且由此导出对象105与激光雷达系统100的距离。

[0035] 附加地或替代地,在其扫描范围机械地或光学地调节的(通常周期性地)的传统的激光雷达系统100的情况下,可以确定对象105的方向。

[0036] 图3示出借助图1的激光雷达系统100的测量的图解。第一图表305、第二图表310和第三图表315分别具有同一时间范围的水平时间轴和竖直信号轴。第一图表305表示第一光电探测器120的入射光的信号,第二图表310表示第二光电探测器125的入射光的信号。时间轴划分成彼此相继的相同大小的间隔320,其中,每个间隔320相应于两个光子探测器120、125的自身的时间测量窗。为了改善可识别性,两个光子探测器120、125的落在相同的间隔320内的信号以比时间上不相关光的信号更粗的线来表示。

[0037] 在所示的优选的实施方式中,光子探测器120、125在每个间隔320中的信号借助逻辑AND条件关联。在第三图表315中,由此仅仅在以下间隔320中产生信号S:在所述间隔中不仅存在第一光电探测器120的信号S1而且存在第二光电探测器125的信号。由此可以理想地完全辨别以下背景光:该背景光不是由发送器110发送的并且因此是不相干的、不以预给定的方式偏振或者不是叠加的。由此可以以改善的精度执行对象105的光学扫描。

[0038] 图1中所示的接收设备115可以限于唯一的(固定地预先确定的)扫描范围。在此这也称为零维测量。然而,所描述的技术也可以用于光子探测器120、125的一维或二维布置。

[0039] 图4示出具有多个光子探测器120、125的几何布置的激光雷达系统100的测量的图解。在此,第一光子探测器120和第二光子探测器125通常彼此成对地配属,并且光子探测器120、125的对优选地(线性)偏移地布置成一排。在图1的示图中,光子探测器120、125可以例如在竖直方向上——相对于附图平面——堆叠。

[0040] 图4的示图原则上遵循图3的示图。信号S11、S12和S13涉及(竖直)偏移的第一光子探测器120,信号S21、S22和S23涉及相应地(竖直)偏移的第二光子探测器125。各个信号可以成对地彼此组合,其中,可以形成 $m \times n$ 个不同的组合。在图4的示图中,信号S11借助逻辑AND运算与信号S21、S22和S23彼此关联。在图4的右区域中示出关联的结果。通过这种方式,以上描述的原理可以借助光子探测器120、125的一维布置来使用,但在相应的扩展方案中也可以借助光子探测器120、125的多维布置来使用。

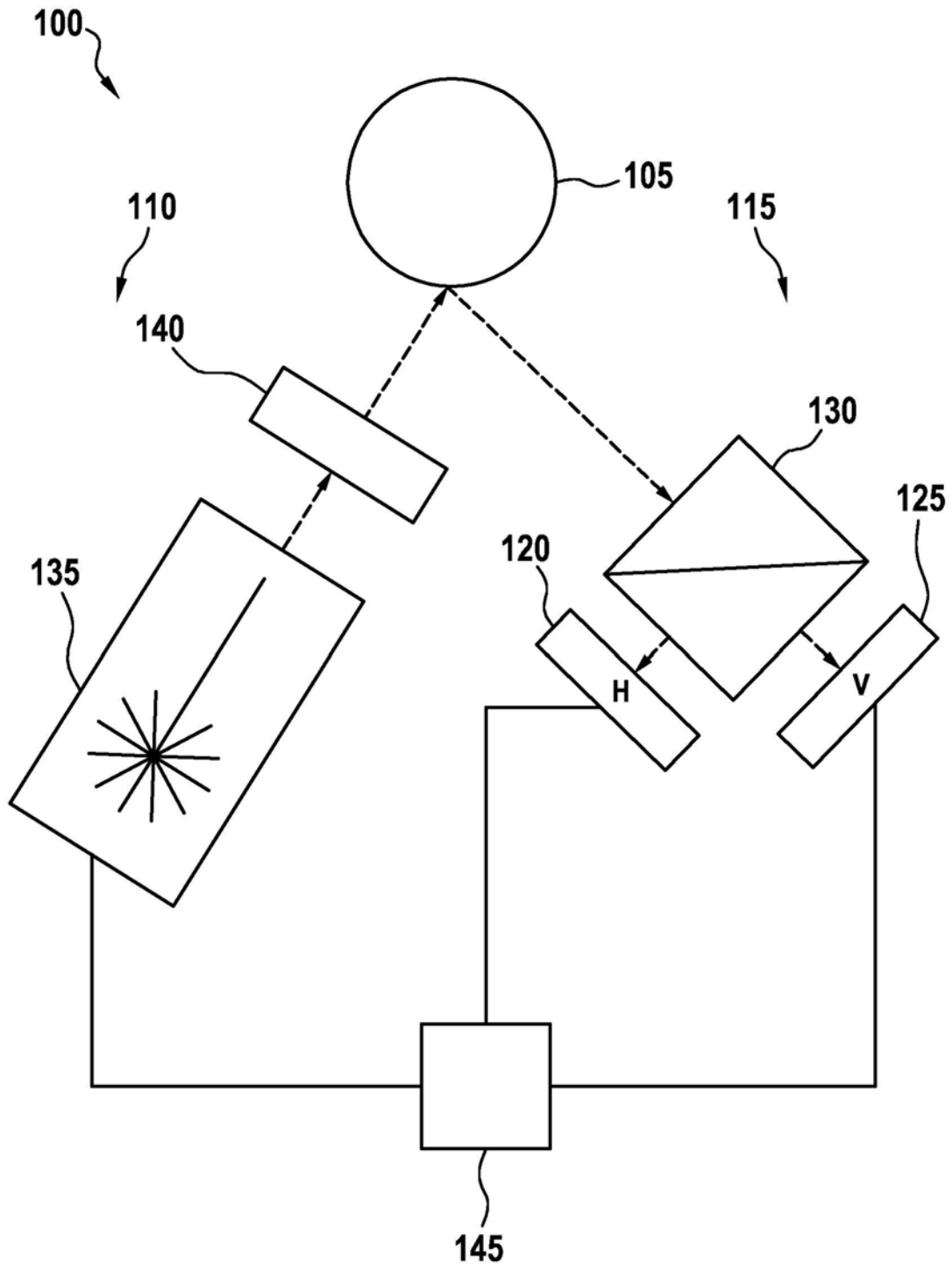


图1

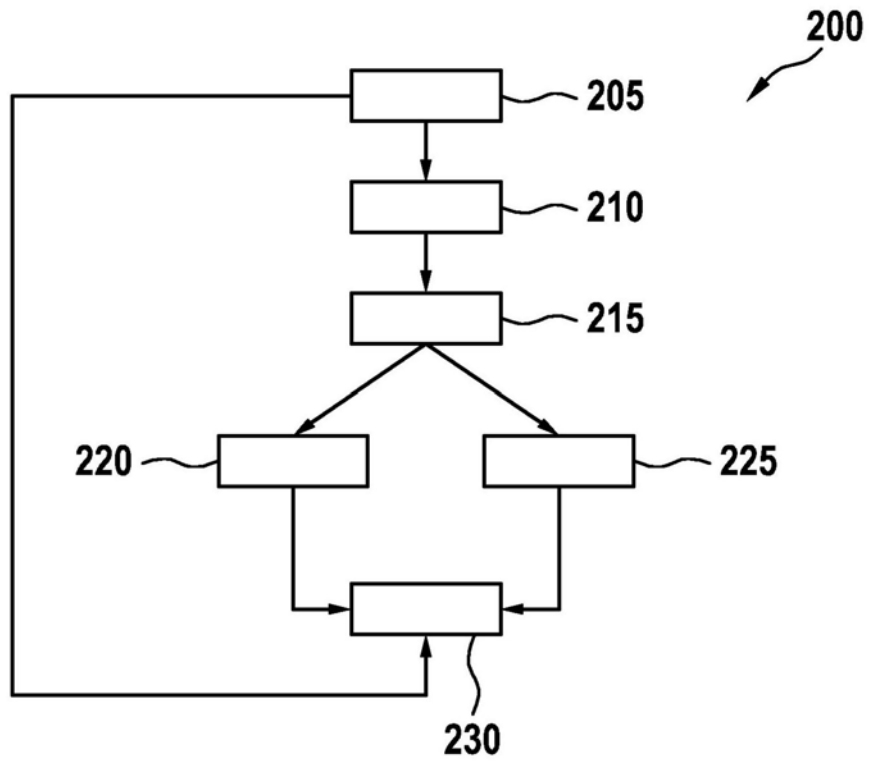


图2

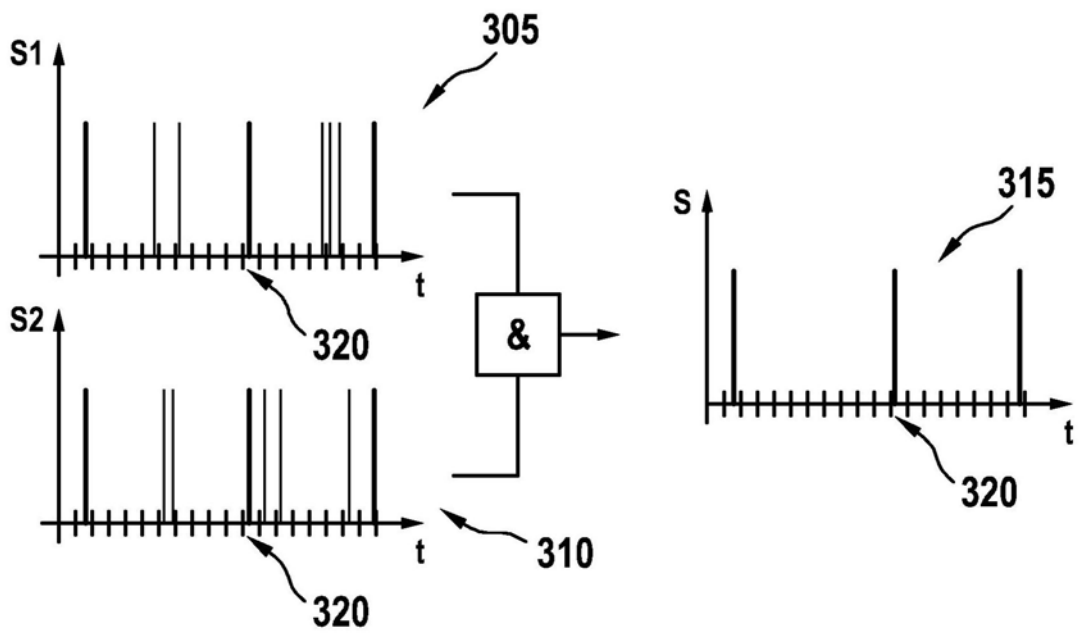


图3



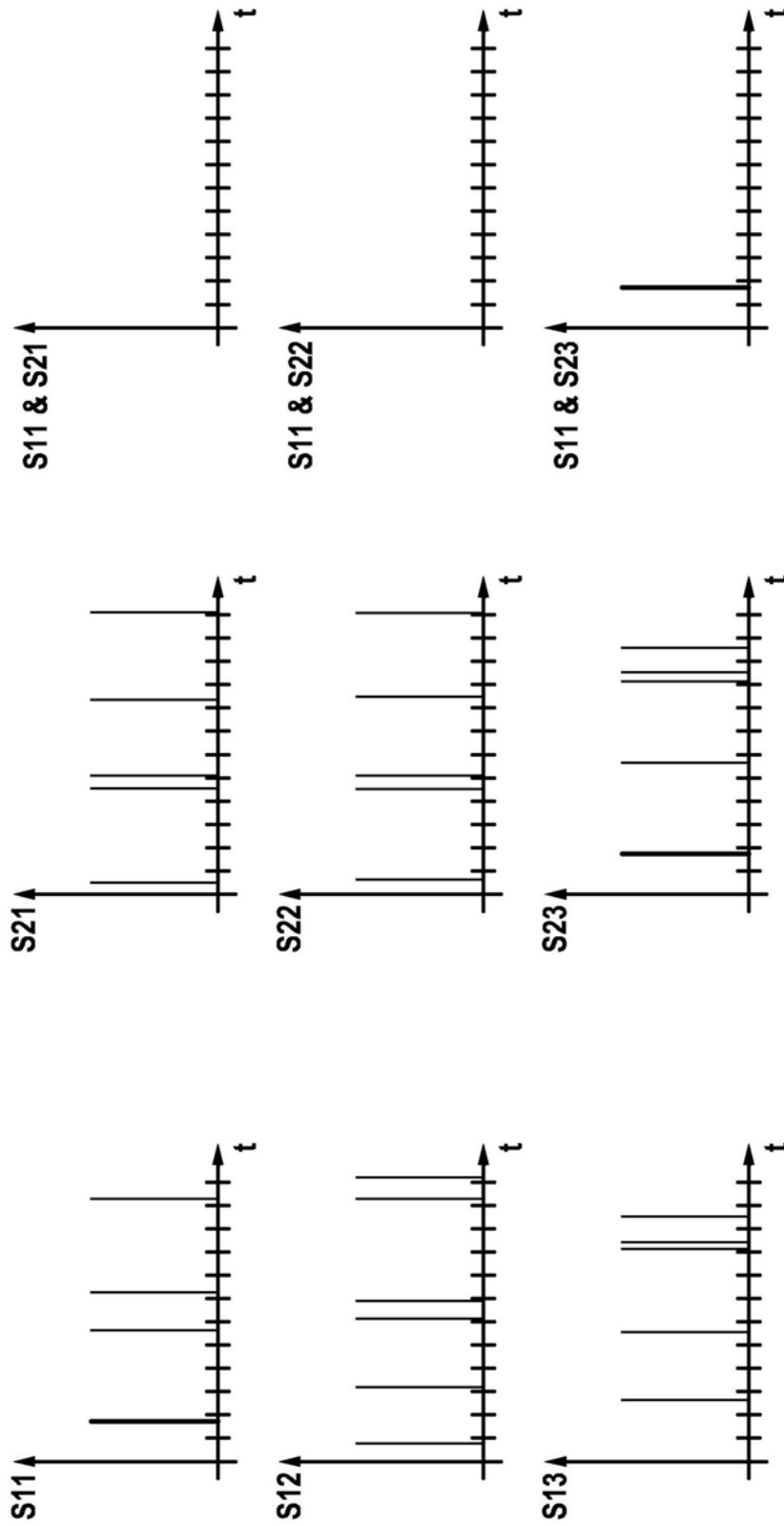


图4