



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112154348 A

(43) 申请公布日 2020.12.29

(21) 申请号 201980031852.8

(22) 申请日 2019.04.04

(30) 优先权数据

20185336 2018.04.09 FI

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FI2019/050271 2019.04.04

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2019/197717 EN 2019.10.17

(71) 申请人 奥卢大学

地址 芬兰奥卢

(72) 发明人 J·考斯塔姆瓦拉 P·克拉那恩

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

代理人 秦晨

(51) Int.Cl.

G01S 7/484 (2006.01)

G01S 7/4861 (2020.01)

G01S 7/4863 (2020.01)

G01S 7/481 (2006.01)

G01S 17/894 (2020.01)

G01S 17/10 (2020.01)

权利要求书2页 说明书11页 附图8页

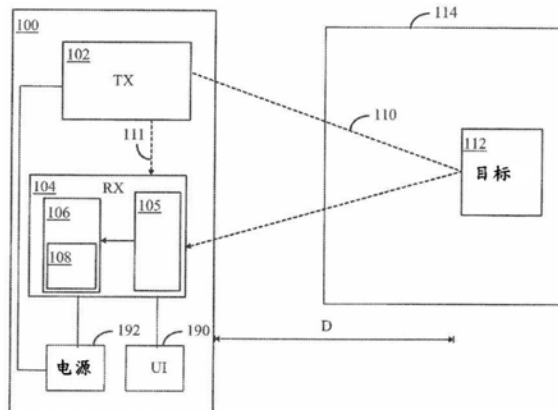
(54) 发明名称

距离成像装置和方法

(57) 摘要

测距成像设备(100)中的发射器(102)的半导体激光源在重复的时刻产生光脉冲,并向目标区域(114)输出空间上分开的光束,从而半导体激光源输出每个光束在不同时刻彼此在空间上分离。接收器(104)的检测器(105)包括单光子子检测器单元,至少两组单光子子检测器单元具有朝向目标区域(114)的分离视场,并且至少基于分开的视场,两组子检测器单元与空间上分开的光束中的不同光束相关联。定时单元(106)基于来自与其上输出的光束相关联的一组子检测器单元的信号,确定与在每个重复时刻输出的光脉冲的飞行时间相对应的值。说的时刻。在一个实施例中,半导体激光源包括多个子源单元,每个子源单元可以输出唯一的光束。在一个实施例中,定时单元(106)包括选择器和多个时间数字转换器(108)。接收器选择器将数个检测器单元与数个时间数字转换器(108)相连接,该数个检测器单元检测光脉冲(110)并且其数量与输

出光束的数量相对应。在一个实施例中,设备(100)包括电源(192),该电源在每个重复的时刻向半导体激光源提供恒定的电力,以增加光束的亮度。细长光束可以通过激光二极管棒(几个发射条带)和柱面透镜系统或全息漫射器产生。部分重叠的光束可以在目标(112)上提供光束的照明矩形。



1. 一种距离成像装置,其特征在于,所述装置包括:

半导体激光源(200),其被配置为在重复的时刻生成光脉冲,并向目标区域(114)输出多个空间上分开的光束(300至304),使得半导体激光源(200)被配置为在彼此不同的时刻输出空间上分开的光束(300至304)中的每一个;

检测器(105),包括单光子子检测器单元(600),单光子子检测器单元(600)中的至少两组(604,606)被配置为具有朝目标区域(114)的分开的视场(900至904),并且子检测器单元(600)的所述至少两组(604,606)基于分开的视场(900至904)而与空间上分开的光束(300至304)中的不同光束相关联;以及

定时单元(106),被配置为基于来自与在重复的时刻中的每个时刻输出的光束(300至304)相关联的组(604,606)的子检测器单元(600)的信号来确定与在所述时刻输出的光脉冲的飞行时间对应的值。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述半导体激光源(200)包括每一个都被配置为输出光束(300至304)中的一个的子源单元(500)的组(504至508)。

3. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,子源单元(500)中的至少一个包括一个或多个激光元件(502),并且子源单元(500)中的一个中的多个激光元件(502)中的一个被配置为生成光束(300至304)中的一个的光脉冲。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,子检测器单元(600)中的至少一个包括一个或多个检测器元件(602),并且子检测器单元(600)的一个中的所述一个或多个检测器元件(602)被配置为检测光束(300至304)中的一个的光脉冲。

5. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,所述多个子源单元(500)被二维地布置。

6. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,子源单元(500)的每个组(504至508)的光束(300至302)被配置为在一个维度上并且仅部分地在另一个维度上覆盖目标区域(114);并且子源单元(500)的不同的组(504至508)被配置为在不同时刻输出空间上分开的光束(300至302)。

7. 如权利要求6所述的装置,其特征在于,子源单元(500)的组(504至508)被配置为顺序地输出空间上分开的光束(300至302)以便在目标区域(114)上方扫描。

8. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述装置包括电源(192),其被配置为在重复的时刻中的每个时刻向半导体激光源(200)供应恒定的电功率。

9. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,所述光束(300至304)中的彼此相邻的任何两个光束之间具有第一距离(D1)。

10. 如权利要求9所述的装置,其特征在于,所述装置包括光束偏转器(650),所述光束偏转器(650)被配置为将来自半导体激光源(200)的光束(300至304)偏转到目标区域(114)中的不同方向。

11. 如权利要求2所述的装置,其特征在于,子源单元(500)的组(504至508)中的每一个在半导体激光源(200)上方沿一个维度延伸伸长以输出伸长的光束(300至304);并且子源单元(500)的组(504至508)之间具有在半导体激光源(200)上方沿另一个维度的第二距离(D2)。

12. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,馈送给数目(K)的子源单元(500)的功率(P1)与馈送给所有(KA)的子源单元(500)的功率(P0)之间的比率(P1/P0)大于子源单元

(500)的数目(K)与所有子源单元(500)的数目(KA)的比率(K/KA),其中(K)小于(KA)。

13.如前述权利要求中的任一项所述的装置,其特征在于,所述装置包括

一个或多个处理器(1200);以及

一个或多个存储器(1202),其包括计算机程序代码;

所述一个或多个存储器(1202)和所述计算机程序代码被配置为以所述一个或多个处理器(1200)控制

半导体激光源(200),用于在重复的时刻生成光脉冲(110)、向目标区域(114)输出多个空间上分开的光束(300至304),并且在彼此不同的时刻发送空间上分开的光束(300至304)中的每一个;以及

定时单元(106),用于基于来自与在重复的时刻中的每个时刻输出的光束(300至304)相关联的组(604至606)的子检测器单元(600)的信号来确定与在所述时刻输出的光脉冲(110)的飞行时间对应的值。

14.如权利要求1所述的装置,其特征在于,所述一个或多个处理器(1200)和包括所述计算机程序代码的所述一个或多个存储器(1202)被配置为

结合不同时刻中的每个时刻,选择子检测器单元(600),其视场(900至904)与在所述时刻输出的输出光束(300至304)具有一对一关系,以及,

取消选择在生成光脉冲(110)的时刻没有接收输出光束(300至304)的子检测器单元(600)中的至少一个。

15.一种距离成像方法,其特征在于

重复生成(1300)光脉冲(110)并向目标区域(114)输出空间上分开的光束(300至304),使得光束(300至304)中的每一个在彼此不同的时刻作为光脉冲(110)输出;

由包括单光子子检测器单元(600)的检测器(105)接收(1302)子检测器单元(600)中的具有朝目标区域(114)分开的视场(900至904)的至少两个组(604、606),并且子检测器单元(600)的所述至少两个组(604、606)中的每个组基于分开的视场(900至904)与不同的光束(300至304)相关联;以及

基于来自与在重复的时刻中的每个时刻输出的光束(300至304)相关联的组(604,606)的子检测器单元(600)的信号,确定(1304)与在所述时刻输出的光脉冲(110)的飞行时间对应的值。

距离成像装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种距离(range)成像装置和方法。

背景技术

[0002] 3D/2D距离成像具有巨大的前瞻潜力,可以将其扩展到许多领域,前提是所提出的成像技术将允许对环境动态进行可靠、快速且基本无时延的观察。这种应用可以在例如车辆控制和引导系统、无人机、机器人、智能家居、安全性(例如,识别)、人机通信(例如,挖掘机、钻孔机械)、手势控制和消费类电子产品(游戏)中找到。这些应用需要相对高的测量速率、低成本,并且在许多情况下,需要类似现代CMOS相机中那样非常小型的实现。

[0003] 距离成像在高背景照明条件(明亮太阳光)下受到由随机光子产生的噪声的影响,这对于当前技术是一个严重的问题。因此,需要改进测量。

发明内容

[0004] 本发明寻求改善距离成像。本发明由独立权利要求限定。实施例在从属权利要求中限定。

附图说明

[0005] 下面仅通过示例的方式,参考附图描述本发明的示例实施例,其中:

[0006] 图1图示了飞行时间测距仪装置的示例;

[0007] 图2图示了发射器的示例;

[0008] 图3A和3B图示了光束的示例;

[0009] 图3C图示了在目标区域上方形成子源单元的图像以用空间上分开的光束照明该图像的示例;

[0010] 图4图示了非重叠光束的横截面的示例;

[0011] 图5图示了具有多个子源单元的半导体激光器的示例;

[0012] 图6A图示了具有多个子检测器单元的检测器的示例;

[0013] 图6B是光束偏转器的示例;

[0014] 图7图示了长方形子源单元的示例;

[0015] 图8图示了伸长的光束的示例;

[0016] 图9至图11图示了目标区域的照明的示例;

[0017] 图12图示了其中可以自适应地选择至少一个子源单元,即,至少一个光束的示例;

[0018] 图13图示了距离成像装置的控制器的示例;以及

[0019] 图14图示了距离成像方法的流程图的示例。

具体实施方式

[0020] 以下实施例仅是示例。虽然说明书可能在几个位置引用“一个”实施例,但这并不

一定意味着每个这样的引用都指相同的(一个或多个)实施例,或者该特征仅适用于单个实施例。不同实施例的单个特征也可以组合以提供其它实施例。此外,词语“包括”和“包含”应被理解为不将所描述的实施例限制为仅由已经提及的那些特征组成,并且这样的实施例还可包含未具体提及的特征/结构。

[0021] 应当注意的是,虽然各图图示了各种实施例,但是它们是仅示出一些结构和/或功能实体的简化图。各图中所示的连接可以指逻辑或物理连接。对于本领域技术人员显而易见的是,所描述的装置还可以包括除各图和文字中所描述的功能和结构之外的其它功能和结构。应该认识到的是,用于测量和/或控制的一些功能、结构和信令的细节与实际发明无关。因此,这里无需对其进行更详细的讨论。

[0022] 在实施例中,下面描述的方案使得能够使用固态(无移动部件)扫描技术,其中短脉冲状(数十皮秒至数十纳秒)、具有能量(0.1...100nJ)的光脉冲的飞行时间用2D单光子接收器芯片进行测量。可以使用新颖的半导体激光二极管来生成光脉冲,而接收器芯片可以通过可伸缩的CMOS技术来实现。接收器芯片还可以包括捕获光子传输时间所需的多通道间隔测量电子器件。新颖的时间门控和照明技术可以用于抑制在高背景照明条件(明亮太阳光)下由随机光子产生的噪声,这种噪音是当前技术的主要问题。

[0023] 图1图示了测距仪装置100的示例,该测距仪装置100用于基于重复输出的光脉冲110的飞行时间来测量测距仪装置100与位于目标区域114中的目标112之间的距离D。目标112可以是光脉冲110的至少一部分反射回测距仪装置100的接收器104的任何物体。

[0024] 测距仪装置100包括发射器102,其可以以重复的方式朝目标112发射光脉冲110。装置100的定时单元106可以测量每个光脉冲110的发射和接收之间的时间间隔。

[0025] 定时单元106可以是接收器104的一部分,或者它可以在接收器104的外部。定时单元106包括至少一个时间数字转换器。光脉冲110的接收及其定时可以基于相对于时间标度越过振幅阈值水平的振幅的检测。振幅阈值可以例如是预定义的或自适应的。一般而言,接收可以基于越过阈值的任何合适的属性。属性是否越过阈值的确定可以数字地或模拟地执行。

[0026] 从发射器102发射的光脉冲110以虚线示出。发射器102和接收器104可以被连接成使得朝目标区域114发射的光脉冲110也可以同时被发射到接收器104(参见虚线111)。可以经由部分反射镜或棱镜等将光脉冲110发射到接收器104,该反射镜或棱镜等也将朝目标区域114发射的光脉冲110的一部分(通常是主要部分)引导到接收器104作为参考脉冲111,或者发射器102可以直接将另一个电或光脉冲发射到接收器104作为参考脉冲111。参考脉冲111相对于朝目标区域114发射的光脉冲110具有确定的时间依赖性。那是发射器102向目标区域114输出光脉冲110的时刻,并且是用于定时单元106开始测量光脉冲110的发射和接收之间的时间的定时信号。

[0027] 发射器102重复发射光脉冲110。光脉冲110的重复可以是规则的或不规则的。该重复可以例如具有一定的频率。

[0028] 如图2的示例中所示,发射器102包括脉冲半导体激光源200,该脉冲半导体激光源200重复发射短光脉冲110。半导体激光源200通常生成可见光或红外光。半导体激光源的带宽可以小于几十纳米,但不限于此。可以利用光辐射的一个或多个窄带或宽带。

[0029] 在实施例中,光脉冲110的定时可以由控制器202控制。在实施例中,光脉冲110的

持续时间可以由控制器202调节。例如,可以基于在激光器中生成光脉冲的电脉冲的宽度来控制光脉冲宽度。附加地或替代地,例如可以基于在激光器中生成光脉冲的电脉冲的振幅的高度来控制光脉冲宽度。为了生成皮秒范围内的光脉冲,激光器可以基于增益切换来生成光脉冲。例如,光脉冲110的功率范围可以从一瓦到几百瓦。作为示例,光脉冲110的功率可以是大约20W。

[0030] 接收器104可以包括检测器105,该检测器105检测从目标区域114中的目标112反射的光脉冲110。当参考脉冲111是光学的时,检测器105还可以检测参考脉冲111。检测器105具有一个以上的检测器元件,它们是单光子子检测器单元600(参见图6A)。检测器105可以包括单光子子检测器单元600的阵列。接收器104在检测器105上收集从目标区域114反射的光功率,使得不需要在检测器105上形成目标区域114的图像。另一方面,接收器104可以在检测器105上形成目标区域114的图像。图像可以由至少一个透镜和/或至少一个曲面镜形成。图像可能聚焦或未聚焦。例如,至少一个透镜和/或反射镜可以聚焦在无限远处。本领域技术人员本身熟悉接收器104。

[0031] 当接收器104接收从目标112反射的光脉冲110时,光脉冲110到达的时刻可以是检测器105检测到它的瞬时。然后,从目标112反射的光脉冲110充当定时单元106的定时信号,以确定光脉冲110的发射和接收之间的时间。

[0032] 类似地,检测器105可基于参考光脉冲111相应地检测来自发射器102的光脉冲110的发射时刻,该参考光脉冲111可以被引导至距离成像装置内的接收器104。但是,可以替代地或附加地基于生成光脉冲110的电信号来确定距离成像器输出光脉冲110的时刻。

[0033] 如所解释的,距离成像装置100可以包括用于测量光脉冲110的发射和检测之间的时间间隔的定时单元106。检测器105和定时单元106可以被连接成使得检测器105可以向定时单元106发信号通知关于光脉冲110、111的到达,并且定时单元106可以确定它们的定时。

[0034] 定时单元106可以包括时间数字转换器108。定时单元106可以包括输入/输出(I/O)接口,诸如用于提供通信和信令能力的计算机端口。定时单元106可以包括时钟,用于同步操作、基于来自检测器105的电脉冲对光脉冲110的检测进行定时,以及测量与光脉冲110的发射和接收时刻相关的时间。本领域技术人员本身熟悉具有时间数字转换器108的定时单元106。

[0035] 目标区域114可以被限定为可用测距仪装置的所有光束测量的场。

[0036] 图3A和3B图示了距离成像装置的示例,其包括半导体激光源200。半导体激光源200可以包括至少一个体激光器、量子阱激光器、垂直腔表面发射激光器(VCSEL)。激光器可以是体激光器、量子阱激光器、VCSEL激光器或它们的任何组合的阵列。光脉冲110的持续时间可以例如在数皮秒到几十纳秒的范围内。作为示例,最短的光脉冲110的宽度W可以例如为大约50ps。作为示例,最长的光脉冲110的宽度可以例如为大约10ns。本领域技术人员本身熟悉半导体激光源200。

[0037] 半导体激光源200在重复的时刻生成光脉冲110,并输出光脉冲110。半导体激光源200朝目标区域114形成多个光束300、302、304(对于光束300至304,参见图4),使得不同的光束300至304在不同的时刻被输出。光束300至304中的至少两个可以一个接一个地顺序输出。光束可以在空间上分开。在空间上分开的光束之间可以具有一定距离,并且因此可以重叠或者它们可以部分重叠。

[0038] 半导体激光源200在每个重复的时刻生成光束300至304之一。在空间上分开的光束300、302、304中的每一个在唯一的时刻被输出,该时刻与任何其它光束的输出时刻不同。

[0039] 在实施例中,光束300至304的一部分可以基于光脉冲110的生成在一个时刻被输出,并且光束300至304的另一部分可以基于另一个光脉冲110的生成在另一个时刻被输出。

[0040] 在实施例中,可以基于光脉冲110的连续生成,一个接一个地连续输出光束300至304中的每一个。可以认为光束300至304在目标区域114中形成照明段。

[0041] 光束300至304可以在目标区域114中部分重叠,或者在目标区域114中不重叠。在空间上分开的光束300至304可以在目标区域114中接触但不相交,这在图3A中示出。不重叠的在空间上分开的光束300至304之间可以在目标区域114中具有一定距离,这在图3B中示出。半导体激光源200利用分开的光束300至304在目标区域114上提供照明。在实施例中,可以在不同时刻由不同的光束300至304提供照明。

[0042] 在半导体激光源200提供可以彼此重叠的空间上分开的光束300至304的实施例(另外参见图12)中,半导体激光源200还在目标区域114中以及在目标112上提供光功率的变化。目标区域114中光功率的变化可以被认为是不均匀的照明。照明是由空间上分开的光束300至304引起的,并且它们的组合尚未被漫射器等均化。但是,每个光束可能已经被漫射器分别均化,使得至少一个子源单元中的每一个具有单独的漫射器。在不均匀照明中,光辐射在目标区域114中不均匀地分布。

[0043] 在图3A至3B的实施例中,照明被成段地提供给目标区域114,每个段由一个光束300至304照明,并且不同的段由不同的光束300至304照明。段可以具有各种形状。段可以例如是圆形、矩形或椭圆形。段可以是对称的或不对称的。作为示例,图4、图8至12示出了光束300至304的矩形段。

[0044] 图3C图示了其中子源单元500(也参见图5)可以位于发射器102的物镜320的焦平面上的示例。物镜320可以在轴线322的不同方向上无限地形成子源单元500的图像,轴线322示出了光束300至310的方向。以这种方式,光束300至310在空间上保持分开,并且它们可以部分重叠(也参见图4)或不重叠(图8)。子检测器单元600(也参见图6A)的视场以对应的方式表现。子源单元500不必位于物镜320的焦平面上,但是在许多情况下这可能是实用的。

[0045] 如图4所示,部分重叠的光束300至304可以在目标112上提供光束300和302的照明矩形。在这个示例中,光束304没有命中目标112,并且用虚线标记。以这种方式,在实施例中,光束300至304可以覆盖目标区域114中的二维表面。

[0046] 图5图示了半导体激光源200的示例。在实施例中,半导体激光源200可以包括多个子源单元500,每个子源单元可以输出唯一的光束300至304。即,子源单元500之一输出的光束300至304与由任何其它子源单元500输出的光束300至304不同。在实施例中,子源单元500的第一组504可以在与子源单元500的第二组506不同的时刻输出其光束。子源单元500的第一组504和第二组506中的每一个可以包括一个或多个子源单元500。子源单元500的组504、506的数量为至少两个。在实施例中,子源单元500的第一组504和子源单元500的第二组506可以不具有公共子源单元500。半导体激光源200中的子源单元500可以有多行和多列。激光源200可以包括一个或多个激光棒,每个激光棒具有一个或多个激光芯片并且激光芯片具有一个以上的子源单元500。替代地或附加地,激光源200可以包括多个单独的子源

单元组件。仍然替代地或附加地,激光源200可以包括一个或多个VCSEL激光器。

[0047] 在实施例中,子源单元500中的至少一个包括一个或多个激光元件502,每个激光元件可以生成光脉冲110。子源单元500之一的多个激光元件502之一可以生成光束300至304之一的光脉冲。当子源单元500生成光脉冲110时,子源单元500的所有激光器元件502生成光脉冲110。以这种方式,可以在光束300至304的每一个中生成明亮的光脉冲110。

[0048] 在实施例中,馈送到半导体激光器单元200以生成光脉冲110的电功率可以取决于用于输出光脉冲110的子源单元500的数量。在这个实施例中,馈送到数量K个子源单元500的功率 P_1 与馈送到所有(KA)子源单元500的功率 P_0 之间的比可以大于子源单元500的数量K与所有子源单元500的数量KA之比,其中K小于KA。在数学上,这可以表达为 $P_1/P_0 > K/KA$ 。馈送到所有子源单元500,即发射器102的功率 P_0 可以基于制造商的数据表。数据表中给出了每个子源单元500或发射器102所需的标称电功率。如果仅使用子源单元500的一部分,那么在所述部分中馈送到至少一个子源单元500的电功率可能被过驱动,使得馈送给该部分的电功率高于标称电功率。在脉冲模式下,可以做到这一点。以这种方式,至少一个光束300至304的亮度可以随着用于输出其的子源单元500的数量的减少而增加。

[0049] 在实施例中,该装置包括电源192,该电源192可以在每个重复的时刻向半导体激光源200供应恒定的电功率,以增加光束300至304的亮度。恒定电功率可以是指用于半导体激光源200中的所有子源单元500的电功率。馈送到V个子源单元500的恒定电功率可以是用于半导体激光源200的F个子源单元500的电功率,其中V和F是正整数,F大于V,即 $F > V$ 。例如,恒定电功率可以是指用于F的电功率或者所有子源单元500可以由子源单元500的制造商来限定。典型地,提供电流驱动脉冲的电子电路不能为短脉冲生成高振幅。因此,对于半导体激光源200的V个子源单元500,电流驱动脉冲可以比对于半导体激光源200的F个子源单元500更高效。

[0050] 电流驱动脉冲的振幅可以限制光脉冲的持续时间。因此,在实施例中,电流驱动脉冲的振幅可以附加地或替代地用于控制光脉冲的持续时间。

[0051] 在实施例中,用于利用半导体激光源200生成光脉冲110的电功率可以保持恒定,而与用于输出光束的子源单元500的数量无关。

[0052] 以这些方式,至少一个光束300至304的亮度可以随着用于输出其的子源单元500的数量的减少而大大增加。在这些实施例中,子源单元500可能被过驱动。

[0053] 在图5中示出其示例的实施例中,多个子源单元500可以二维地布置。子源单元500的二维布置的平面的法线(norm)可以平行于光轴。

[0054] 图6A图示了检测器105和定时单元106的示例。检测器105包括多个单光子子检测器单元600,其可以具有朝目标区域114的单独的视场。在实施例中,子检测器单元600的第一组604可以基于单独的视场(与在目标区域114中的光束300至304匹配)仅与空间上分开的光束300至304中的一个相关联,而子检测器单元600的第二组606可以与其它在空间上分开的光束300至304相关联。不具有公共子检测器单元的子检测器单元600的任何两个不同的组604、606可以基于单独的视场与不同的空间上分开的光束300至304相关联。子检测器单元600的组604、606可以包括一个或多个子检测器单元600。在实施例中,子检测器单元600的组604、606可以包括至少两个子检测器单元600。子检测器单元600的组604、606的数量为至少两个。检测器105可以包括子检测器单元600的 $c \times w$ 矩阵,其中c和w是等于或大于

2的正整数。在实施例中， c 和 w 是等于或大于三的正整数。

[0055] 单光子子检测器单元600的至少两组604、606具有朝目标区域114的分开的视场900至904，并且子检测器单元600的至少两组604、606基于分开的视场900至904与空间上分开的光束300至304中的不同光束相关联。

[0056] 在实施例中，视场可以是不重叠的或部分重叠的。当光辐射的脉冲110击中子检测器单元600中的任何一个时，子检测器单元600为定时单元106输出电信号。子源单元600可以是单光子雪崩二极管。

[0057] 在实施例中，分开的视场可以与光束300至304匹配，使得仅一个光束300至304在一个视场中。例如，可以在距离成像装置的制造期间通过简单的光学调节来进行匹配。

[0058] 定时单元106基于来自每个子检测器单元600的电信号确定与在重复的时刻中的时刻生成的光脉冲110的飞行时间对应的值，所述每个子检测器单元600与在所述时刻作为对光脉冲110的检测的响应输出的光束300至304相关联。子检测器单元600的任何一组604、606仅与在所述时刻输出的一个或多个光束300至304相关联。

[0059] 结合光脉冲110的生成时刻，仅利用子检测器单元600执行光脉冲110的检测，该子检测器单元600的视场指向被该时刻的光脉冲110照明的目标114区域的子区域。该子区域与在所述时刻输出的光束300至304的子区域相同。在实施例中，子检测器单元600的组604、606的数量和光束300至304的数量可以相同。在实施例中，在某个时刻生成光脉冲110的子源单元500的组504、506的数量和在所述时刻检测生成的光脉冲110的子检测器单元600的组604、606的数量可以相同。在实施例中，在某个时刻生成光脉冲110的子源单元500的组504、506的数量和在所述时刻检测生成的光脉冲110的子检测器600的组604、606的数量可以不同。子检测器单元600的至少一组604、606检测在某一时刻输出的光脉冲110，并且子检测器单元600的另一组604、606检测在接连的时刻输出的光脉冲110。

[0060] 定时单元106基于来自每个子检测器单元600的信号确定与在重复的时刻中的时刻生成的光脉冲110的飞行时间对应的值，所述每个子检测器单元600与在所述时刻输出的光束300至304相关联并且接收在所述时刻输出的光束300至304。关于一个接一个地输出的光脉冲中的任何一个，定时单元106基于来自子检测器单元600的至少两组604、606中的一组的信号，确定与在每个时刻输出的光脉冲的飞行时间对应的值，该子检测器单元600与在所述时刻输出的光束300至304相关联。被设计为接收光束的子检测器单元600的组604、606的元件602可以执行检测并输出用于确定飞行时间的信号。至少两个子检测器单元600的不同组604、606在不同时刻执行光脉冲的检测并输出信号，这是因为由于它们的不同视场900至904，它们接收到在空间上分开的光束300至304。在实施例中，定时单元106可以包括选择器604和时间数字转换器108。选择器604可以选择接收光脉冲110的子检测器单元600，并且取消选择不接收光脉冲110的子检测器单元600。子检测器单元600的选择和取消选择可以基于输出光束300至304和/或结合每个时刻生成光脉冲110的子源单元500来进行。在实施例中，时间数字转换器108可以与检测器的单光子雪崩二极管位于同一芯片中。在实施例中，时间数字转换器108可以与检测器的单光子雪崩二极管位于不同的芯片中。

[0061] 在实施例中，选择器604可以结合每个不同的时刻来选择子检测器单元600，诸如组604、606，其视场900至904与在所述时刻输出的输出光束300至304具有一对一关系。选择器604可以取消选择子检测器单元600的在生成光脉冲110的时刻没有接收输出光束300至

304的一个或多个组604、606。即,选择器604可以选择接收光脉冲110的组604、606,并且取消选择没有接收光脉冲110的组604、606。

[0062] 因为检测器208可以在盖革(Geiger)模式下操作,因此其输出本质上是数字的。即,可以将子检测器单元600的输出电压电平设置为符合允许高测量速度和准确度的数字电路的电压电平。它们的输出也出现在分开的电脉冲中,电脉冲的数量易于计数。即,电脉冲被停滞时间(dead time)分开。

[0063] 至少一个单光子雪崩子检测器单元600可以检测从目标112反射的光脉冲110。子检测器单元600中的每一个可以响应于光脉冲110的检测而输出数字电路的电平的电信号。

[0064] 时间数字转换器108的数量N可以小于矩阵300的单个子检测器单元600的数量M,即, $N < M$ 。即,可以使接收器104比在每个子检测器单元600具有其自己的时间数字转换器108的情况下更简单。当至少一个光束300至304仅击中子检测器单元600的一部分时,对于每个子检测器单元600具有时间数字转换器108是不必要的复杂且消耗空间。在实施例中,子检测器单元600的组604、606可以与光脉冲110的重复同步地一个接一个地与时间数字转换器108连接。然后,接收光脉冲110的组604、606与时间数字转换器连接。当新的光脉冲110被发射到不同方向时,接收光脉冲110的另一组604、606与时间数字转换器连接。

[0065] 接收器选择器608可以将检测光脉冲110并且其数量对应于输出光束300至304的数量的若干个子检测器单元600与相同数量的时间数字转换器108连接。

[0066] 在实施例中,半导体激光源200可以在分开的光束300至304中的每一个内提供均匀的照明。半导体激光源200可能用分开的光束300至304在目标区域114上提供每个光脉冲不均匀的照明。但是,目标区域114可以被多个光脉冲均匀地照明。

[0067] 在图6A中示出其示例的实施例中,子检测器单元600中的至少一个可以包括一个或多个检测器元件602,每个检测器元件可以检测光脉冲110。子检测器单元600的单个组604、606中的检测器元件602可以检测单个光束300至304的光脉冲。

[0068] 在图6B中示出其示例的实施例中,光束偏转器650可以在接连的时刻将由激光源200生成的光束300至304偏转到目标区域114中的不同方向。光束偏转器650的操作可以例如由控制器202控制。这种布置使得可以在目标区域114上进行扫描。光束偏转器650可以包括例如机电偏转器(诸如MEMS(微机电系统))、声光偏转器、电光偏转器、这些的任意组合等。在这个实施例中,发射器104可以具有子源单元500的单个组504(或506),并且接连输出的光束300至304可以源自子源单元500的所述单个504组。但是,发射器104可以替代地具有多个组504、506。具有一个或多个组504、506的物镜320可以类似于图3C所示的实施例的方式使用。

[0069] 在图7中示出其示例的实施例中,多个子源单元500的组504、506、508可以具有纵向形状(诸如矩形)的形式。纵向形状的组504至508可以具有并排的多个子源单元500。纵向形状可以指行、列等。因此,组504至508可以是垂直的、水平的或倾斜的。子源单元500的每个组504至508的每个光束300至304可以在一个维度上并且仅部分地在另一个维度上覆盖目标区域114。子源单元500的不同组504至508可以输出光束300至302,光束300至302在不同的时刻被输出并且在空间上是分开的。虽然图7仅示出了输出光束300至304的三个组504至508,但是组和光束的数量不限于此。

[0070] 子源单元500的组504至508可以包括子源单元500的 $e \times f$ 矩阵,其中 e 和 f 是正整

数,并且 e 小于 f 或 f 小于 e 。子源单元500的总数可以是 $g \times h$,其中 g 和 h 是正整数,并且既可以 e 小于 g ,又可以 f 小于 h 。也可能 e 等于 g 但 f 小于 h 。此外,可能 e 小于 g ,但 f 等于 h 。

[0071] 相应地,多个子检测器单元600的组604、606可以具有纵向形状的形式。纵向形状可以是矩形等。纵向形状的组604、606可以具有并排的多个子检测器单元600。纵向形状可以指行、列等。因此,组604、606可以是垂直的、水平的或倾斜的。

[0072] 组604、606可以包括子检测器单元600的 $r \times s$ 矩阵,其中 r 和 s 是正整数,并且 r 小于 s 或 s 小于 r 。子检测器单元600的总数是 $c \times w$,其中 c 和 w 是正整数,并且既可以 r 小于 c ,又可以 s 小于 w 。也可能 r 等于 c 但 s 小于 w 。此外,可能 r 小于 c ,但 s 等于 w 。

[0073] 在实施例中,多个子源单元500可以顺序地输出光束300至304,以便在目标区域114上进行扫描。在实施例中,子源单元500的组504至508可以顺序地输出光束300至304,以便在目标区域114上进行扫描。扫描可以逐线、逐行、逐列等执行,也以倾斜的方式进行。可以利用上述矩阵形式来执行扫描。在实施例中,彼此相邻的光束300至304中的任何两个在目标区域114中可以在它们之间具有最小的第一距离 $D1$ (参见图3B)。第一距离 $D1$ 的值可以为零或大于零,即 $D1 \geq 0$ 。即,光束300至304可以彼此接触或者它们可以彼此间隔开。

[0074] 在实施例中,任意两个直接相邻的分立光束300至304之间的第一距离 $D1$ 可以大于光束300至304中的一个的直径。在实施例中,横截面,即光束300至304的段,是例如均匀照明的圆盘或矩形。

[0075] 在图7中示出其示例的实施例中,子源单元500的组504至508中的每一个可以在半导体激光源200上以一维延伸,从而输出相应伸长的光束300至304。在半导体激光源200上方的另一个维度上,子源单元500的组504至508之间可以具有第二距离 $D2$ 。第二距离 $D2$ 的值可以为零或大于零,即 $D2 \geq 0$ 。即,子源单元500的组504至508可以彼此接触或者它们可以彼此间隔开。在实施例中,视场的横截面类似于光束300至304的横截面。

[0076] 图8图示了伸长的光束300至304的示例。仅示出了三个空间上分开的光束300至304,它们提供目标区域114的条带状或矩形照明,但是光束的数量不限于该数量。伸长的光束之间可以具有第三距离 $D3$,第三距离 $D3$ 取决于第二距离 $D2$ 。第三距离 $D3$ 的值可以为零或大于零,即, $D3 \geq 0$ 。即,伸长的光束可以彼此接触或者它们可以彼此间隔开。

[0077] 伸长的光束300至304的这种照明可以例如通过激光二极管棒(几个发射条带)和柱面透镜系统或全息漫射器来产生。

[0078] 带伸长的光束300至304(呈行、列等形式)的条带状照明使测距成像装置100能够在系统的视场(FOV)内产生距离分布(或具有设定角度偏差的几个水平或垂直分布)(2D距离图像)。例如,在线接收器中FOV为 50° 并且具有256个像素的情况下,角分辨率将为 $\sim 3\text{mrad}$ (对应于10m距离处的 $\sim 3\text{cm}$ 作为横向分辨率)。使用条带状照明的动机可能是这样的事实:即,通过这样做,对于某个时间的整个目标区域114而言,单光子雪崩二极管(SPAD)像素所看到的总能量远高于在均匀2D照明中。这可以加快测量速度,并进一步减轻背景照明问题。另一方面,在许多实际应用中,分布信息正是所需要的。例如,考虑使用这种2D距离成像器来记录挖掘机的工作环境。在该应用中,挖掘机的动臂在垂直方向上移动,因此在水平方向上测量的连续线分布实际上产生了工作环境的3D距离图像。

[0079] 图9图示了用窄光束300至304执行目标区域114的照明的示例,窄光束300至304使用子检测器单元600的组604至608的窄视场900、902、904来检测,视场900至904与目标区域

114中的光束300至304重叠。每个光束300至304在唯一的时刻被输出。然后基于子检测器单元600的不同视场900至904,使用子检测器单元600的不同组604、606、608来检测至少两个不同光束300至304。不同视场900至904的数量可以与照明目标区域114的不同段的不同光束300至304的数量相同。在实施例中,可以从检测中取消选择没有接收光束300,即,没有光束300的光在它们的视场内的检测器元件602。取消选择可以意味着检测器元件602与时间数字转换器108解耦,从而阻止确定飞行时间。替代地或附加地,取消选择可以意味着检测器元件602的操作电功率被关断。控制器可以执行取消选择。在图9中,取消选择的检测器元件602用阴影标记。通过取消选择,子检测器单元600的组604的视场900可以变窄,这在图9中被示为视场900'。较窄的视场900'可以从环境中收集较少的噪声。如果目标112正在移动或振荡,那么可以仅选择从目标接收光的检测器元件602,这是优点。

[0080] 图10和11图示了其中光束300至302一个接一个地被输出的示例。光束300可以与第一光脉冲110一起被输出,这在图10中示出。相应地,仅提供视场900的组604、606中的子检测器单元600与时间数字转换器108耦合,用于确定飞行时间。替代地或附加地,可以为提供视场900的所述组604、606的子检测器单元600接通电源,而所述组604、606之外的提供其它视场902、904的子检测器单元600的电源可以被选择器608关闭。同样这里,使用所选择的组实现的较窄的视场可以从环境中收集较少的噪声。如果目标112正在移动或振荡,那么可以仅选择从目标接收光的组604、606,这是优点。

[0081] 光束302可以与第二光脉冲110一起被输出,这在图11中示出。相应地,仅提供视场902的组604、606中的子检测器单元600与时间数字转换器108耦合,用于确定飞行时间。替代地或附加地,可以为提供视场902的所述组604、606的子检测器单元600接通电源,而所述组604之外的提供其它视场900、904的子检测器单元600的电源可以被选择器608关闭。

[0082] 接下来,可以用第三光脉冲110输出在图11中用虚线示出的光束304,并且仅提供视场904的组604、606的子检测器单元600可以与时间数字转换器108耦合,用于确定飞行时间(图中未示出)。以这种方式,距离成像装置可以在目标区域114上进行扫描。可以将这种扫描应用于图8所示的伸长的光束300至304。然后,伸长的光束300至304可以一个接一个地朝目标区域114输出。虽然在图10和11中视场900至904已被绘制为不重叠,并且它们可以是不重叠的,但是在替代解决方案中,直接相邻的视场900、902、904可以部分重叠。

[0083] 图12图示了实施例的示例,其中至少一个子源单元500,即,至少一个光束302和302可以被自适应地选择以被一个接一个地使用,而其它至少一个子源单元500,即,其它至少一个光束304可以被选择为在测量期间不活动。可以相应地在使用中选择具有合适视场900、902的子检测器单元600,该视场900、902指向由所选择的光束302和302照明的区域。然后,具有视场904的子检测器单元600可以被取消选择,使得它们不在测量中使用。可以以任何期望的方式来执行光束300至302和对应的视场900至902的自适应选择。通过选择少于光束300至304的最大数量的光束,加快了测量速度。自适应选择的光束302和302可以被引导到目标112,而其余的光束可以被引导到背景,但是在该示例中没有使用被引导到目标112外部的至少一个光束。当目标112移动时,自适应选择可以基于该移动来选择被引导到移动目标112的光束。该选择可以基于所确定的目标112的距离(其与背景的距离不同)以及检测距离变化的光束。在实施例中,仅当距离的变化越过阈值时才可以对光束300至304进行新的选择。可以与先前选择的没有检测到距离变化或检测到未越过阈值的变化的光束相邻地

输出至少一个新的光束。检测到可能越过阈值的距离变化的光束可以被停用。控制器202可以控制光束和子检测器单元600的自适应选择。

[0084] 图13图示了实施例的示例,其中控制器202可以包括一个或多个处理器1300和包括合适的计算机程序代码的一个或多个存储器1302。一个或多个存储器1302和计算机程序代码与一个或多个处理器1300一起可以控制距离成像装置100的操作。

[0085] 在实施例中,一个或多个处理器1300和具有计算机程序代码的一个或多个存储器1302可以结合光脉冲110的生成的每个不同时刻来选择子检测器单元600,其视场900至904与输出光束300至304具有一对一关系。一个或多个处理器1300和具有计算机程序代码的一个或多个存储器1302可以结合光脉冲110的生成的每个不同时刻来取消选择没有接收与至少一个光脉冲的生成的时刻结合的输出光束300至304的子检测器单元600中的至少一个。取消选择可以意味着子检测器单元600未与(一个或多个)时间数字转换器108连接。

[0086] 所说明的实施例提高了信噪比并实现了快速距离成像。即使在每个光脉冲的光束数量小于最大光脉冲数量的情况下,与使用每个光脉冲覆盖整个目标区域114的照明的测量相比,该距离成像也可以反直觉地更快。

[0087] 图14是距离成像方法的流程图。在步骤1400中,重复生成光脉冲110,并且朝目标区域114输出空间上分开的光束300至304,使得在不同的时刻输出分开的光束(300至304)中的每一个。在步骤1402中,光束300至304被检测器105接收,该检测器105包括单光子子检测器单元600,子检测器单元600的至少两个组604、606具有朝目标区域114的分开的视场900至904,并且子检测器单元600的至少两个组604、606中的每个组基于分开的视场900至910与不同的光束300至304相关联。在步骤1404中,基于来自与在所述时刻输出的光束300至304相关联的组604、606的子检测器单元600的信号来确定与在每个重复时刻输出的光脉冲110的飞行时间对应的值。

[0088] 图14所示的方法可以被实现为逻辑电路解决方案或计算机程序。可以将计算机程序放置在计算机程序分发部件上以对其进行分发。该计算机程序分发部件可由数据处理设备读取,并且其对计算机程序命令进行编码、执行测量并且可选地基于测量来控制处理。

[0089] 总之,该提议的想法是将光学探测信号的能量在时间和/或空间中集中,因为这将可用信噪比最大化,从而使系统性能最大化。这是通过开发与建议的照明方案一起使用的新型激光二极管和检测器技术而实现的。

[0090] 在具有高强度光噪声的背景条件下,在来自目标114的至少一个光子进入接收器104之前,接收器104可能由于检测到随机背景光子而被阻塞。在这种情况下,来自目标114的至少一个光子的检测概率呈指数下降(相对于 e^{-tt/t_m} ,其中 tt 是来自目标114的至少一个光子的传输时间,并且 t_m 是随机光子之间的平均时间间隔)。为此,在实施例中,在高背景条件下降低SPAD的过量偏置电压可以是有利的。从信号和背景光子的概率降低(例如,从2%到4%)的意义上讲,这降低了信噪比。但是,这也降低了阻挡效应(因为,由于降低了光子检测概率,因此平均时间更长,即在上述参数的情况下长了2倍)。因此,在减少的VSPAD的情况下,总的信噪比仍然可能更好(因为阻塞效应呈指数下降)。

[0091] 在该系统中,一部分发射的光子从目标112和/或目标区域114反射并击中单光子接收器104(带有2D检测器阵列)。在任何单个光子子检测器单元600中,由于子检测器单元600中的高速击穿,光子可以被检测到。检测的定时抖动可能仅在CMOS单光子检测器中处于

50ps的水平。此外,击穿可能立即引入逻辑电平信号(例如,3V),因此可以不需要模拟放大器。除了SPAD检测器的2D阵列之外,接收器104还包括时间数字转换器(TDC)108的阵列。时间数字转换器108的功能是测量在检测到光子的每个SPAD像素中发射的激光脉冲与引入的击穿之间的间隔。这些间隔是光子从发射器102到目标112和/或目标区域114并返回到接收器104的传输时间(Δt)。由于每个子检测器单元600只能看到接收器104的视场900至904的一部分(由其在阵列中的相对位置限定)(由于光学原因),因此可以实现2D/3D距离图像,可能处于闪光模式。在该2D/3D距离图像中,x和y坐标是由子检测器单元600在阵列中的位置产生的,并且z坐标是由在对应的子检测器单元600中引入击穿的光子的测得的传输时间产生的($z=R=c \Delta t/2$)。

[0092] 在照明的一个选项中,系统的FOV用激光二极管的2D矩阵(VCSEL阵列)照明,例如,参见图8至11。为了在明亮的日光条件下也能获得足够高的信噪比,可以用VCSEL阵列和发射器光学器件来实现发射器102,使得被照明的FOV 900至904包括一束具有低发散的分开的光束300至304。例如,可以用 30×20 像素的阵列覆盖 45° 的FOV,角度分辨率分别为 $\sim 1.5^\circ/\sim 2^\circ$ 。该照明技术的特定特征是,与均匀照明(传统上使用的照明)相反,接收器矩阵的SPAD的FOV 900至904覆盖整个目标区域114,但是SPAD的FOV被设计和/或控制为在输出光脉冲的每个时刻的照明下检测来自目标区域114的一部分的反射光。换句话说,接收器的 30×20 SPAD立即检测目标区域114的被对应的子源单元500照明的部分。显然,这有效地最小化了接收器接收到的背景照明功率,因此也使随机背景击中最小化。对于本领域技术人员将显而易见的是,随着技术的进步,本发明构思可以以各种方式来实现。本发明及其实施例不限于上述示例实施例,而是可以在权利要求的范围内变化。

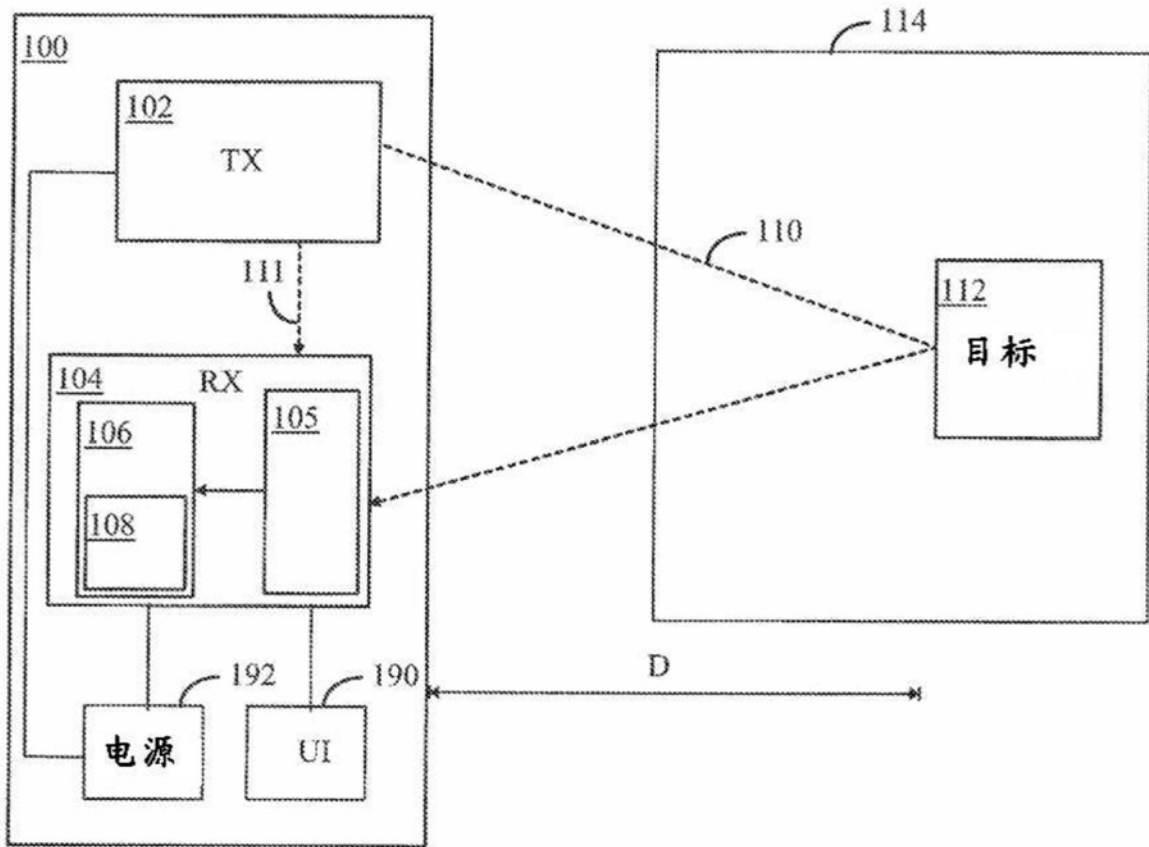


图1

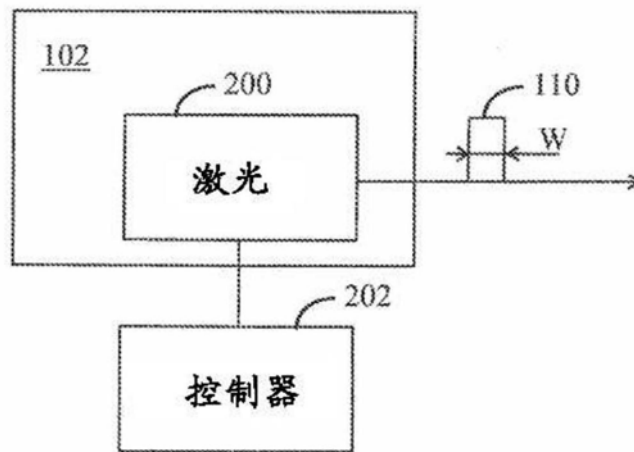


图2

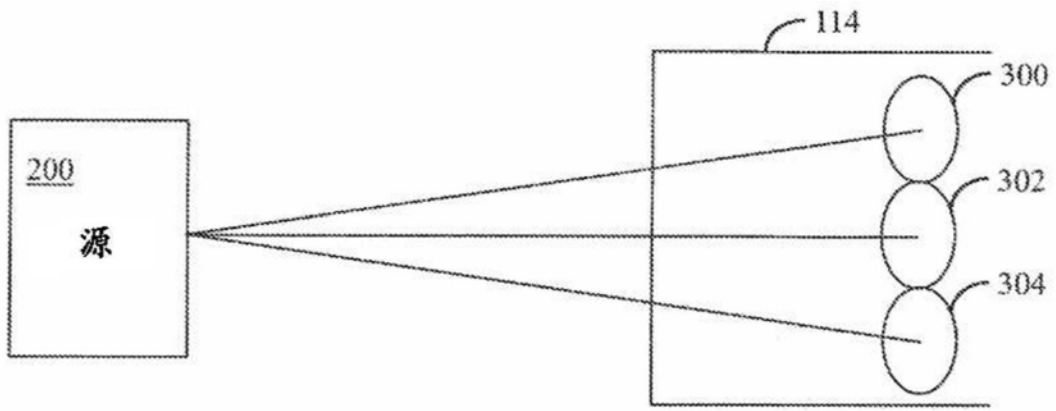


图3A

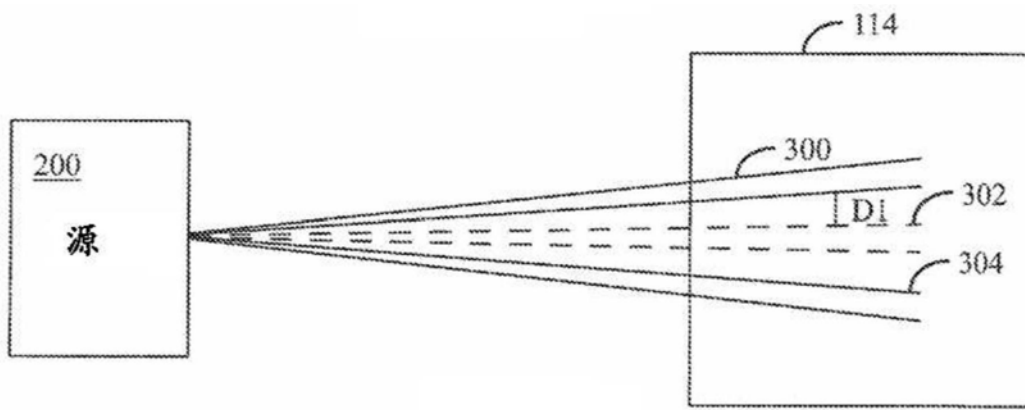


图3B

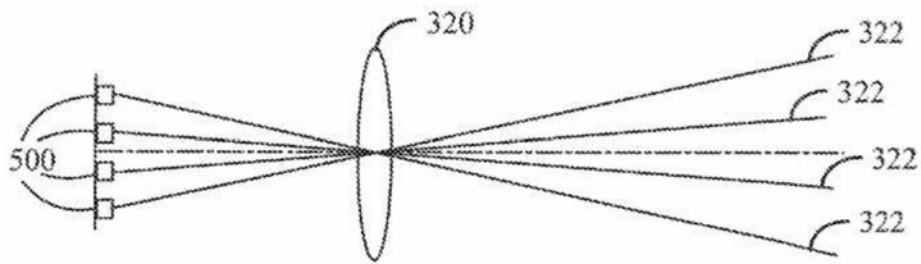


图3C

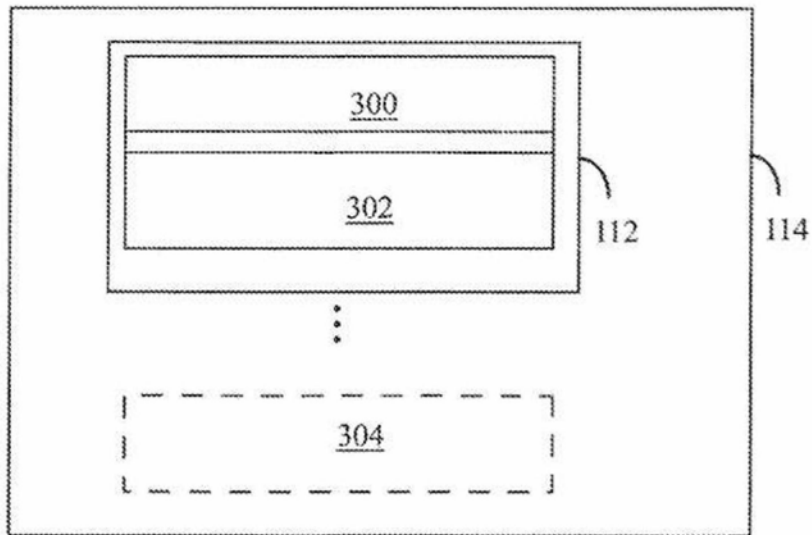


图4

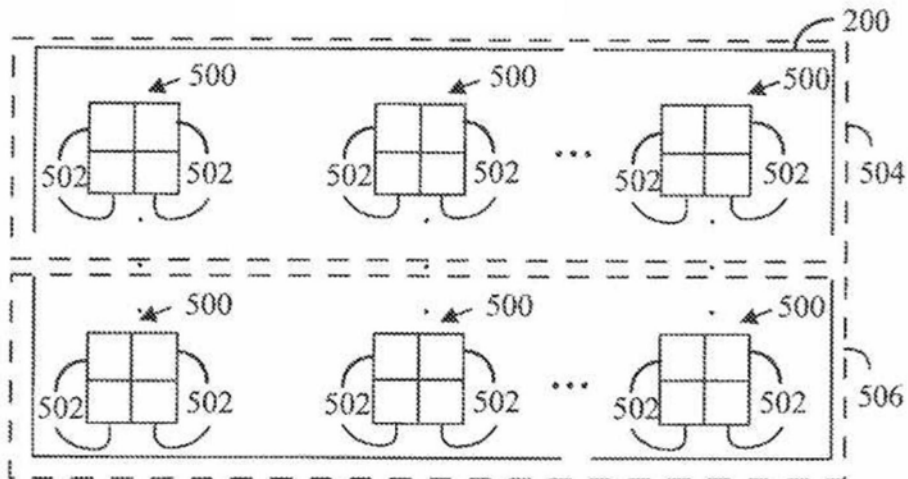


图5

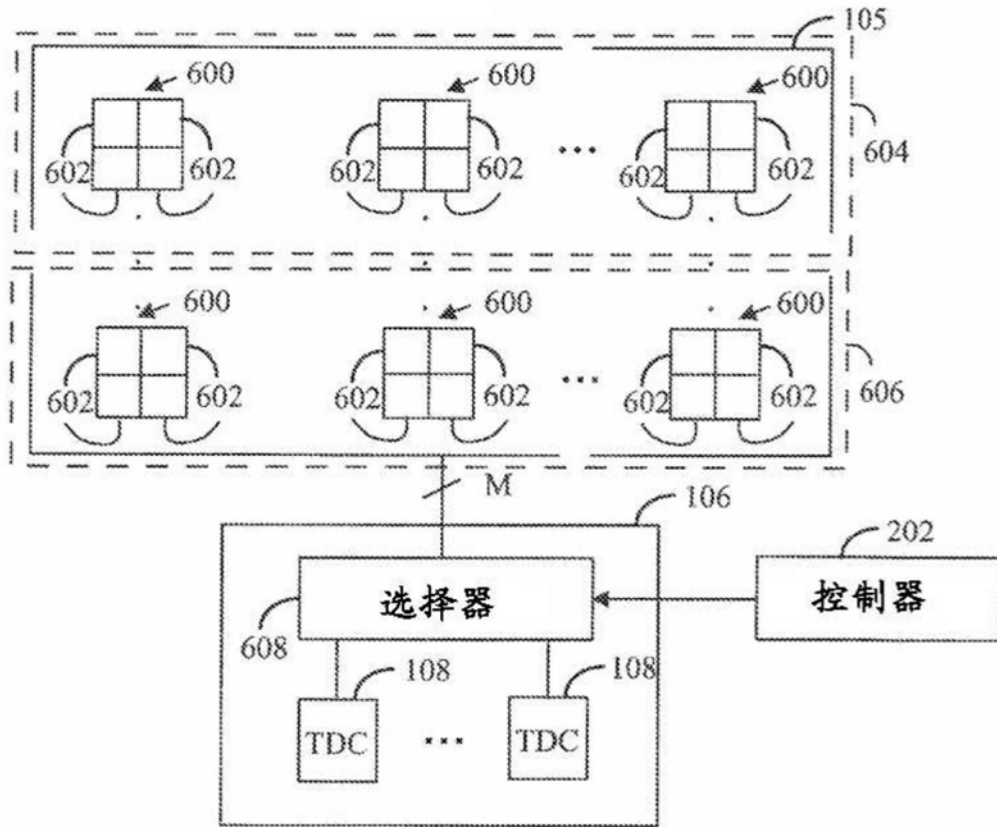


图6A

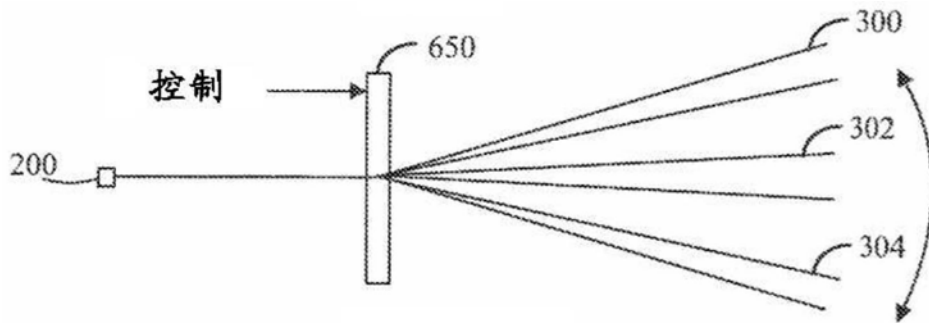


图6B

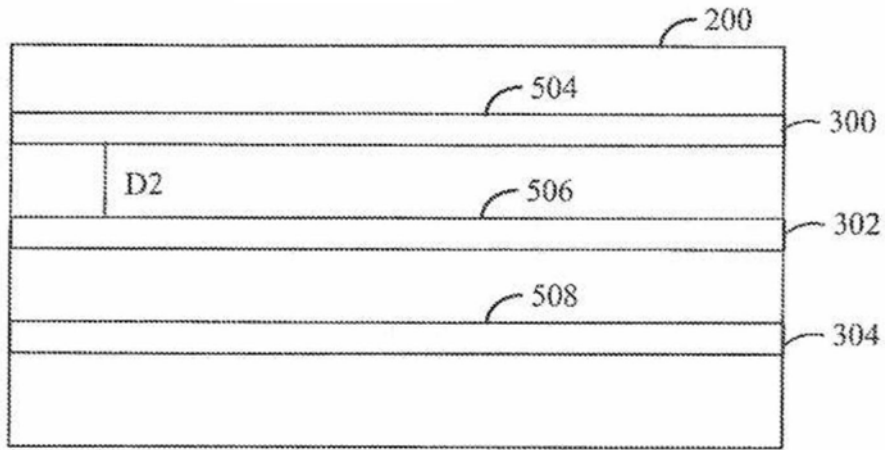


图7

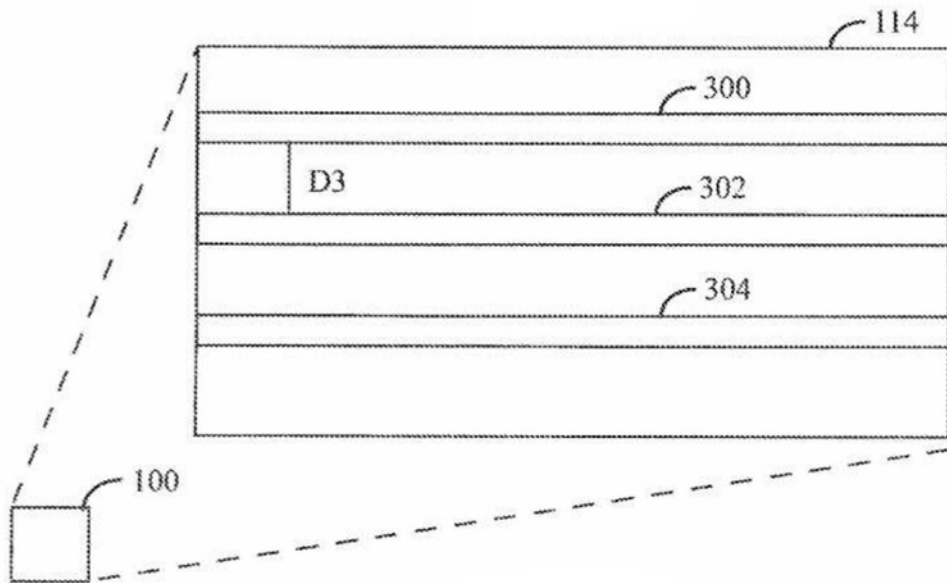


图8

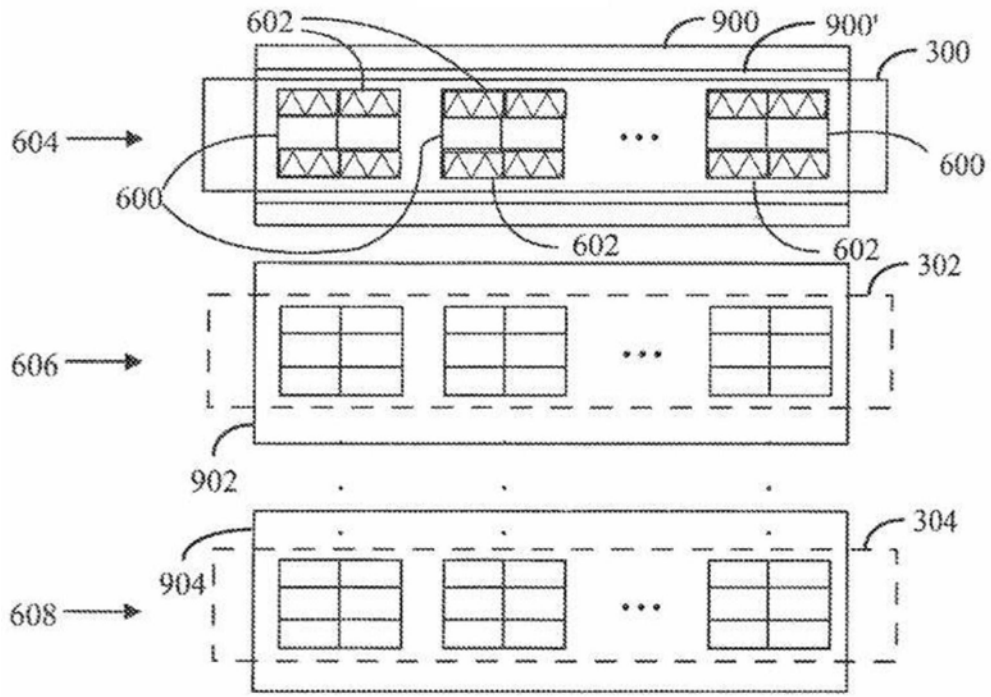


图9

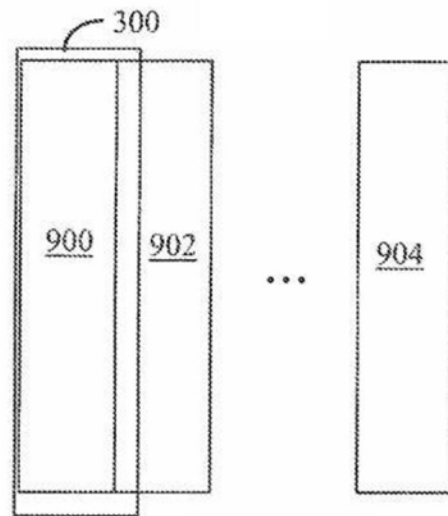


图10

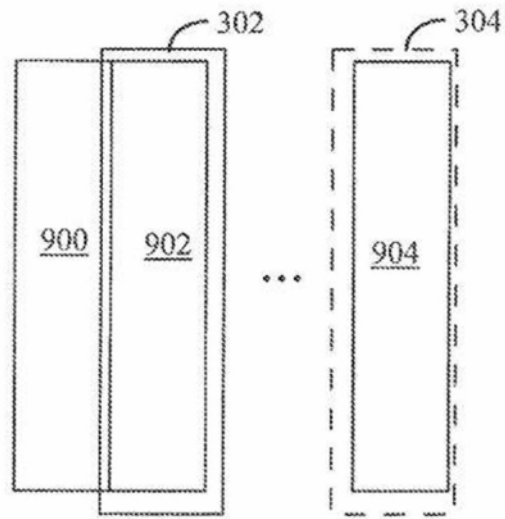


图11

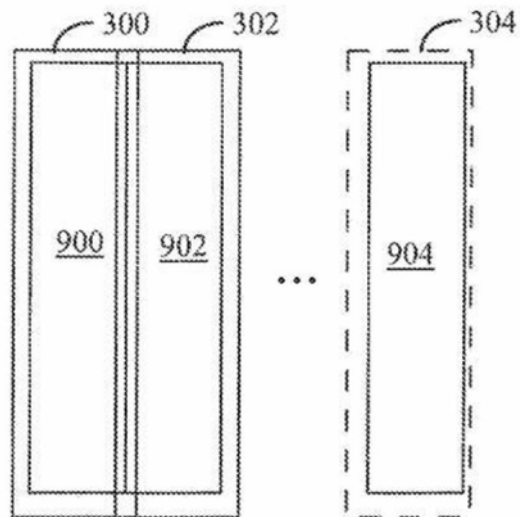


图12



图13

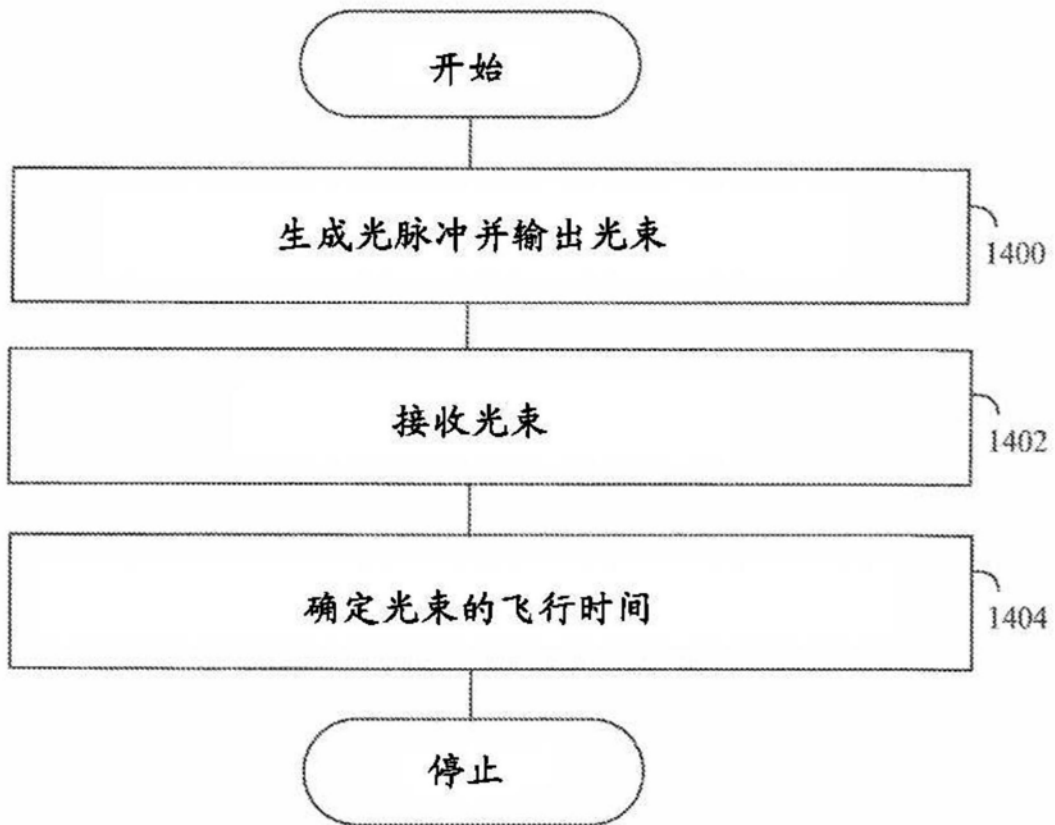


图14