



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115685147 B

(45) 授权公告日 2023.05.23

(21) 申请号 202211600478.9

审查员 闫舒

(22) 申请日 2022.12.14

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115685147 A

(43) 申请公布日 2023.02.03

(73) 专利权人 深圳市速腾聚创科技有限公司  
地址 518000 广东省深圳市南山区桃源街  
道平山社区留仙大道1213号众冠红花  
岭工业南区2区9栋1层

(72) 发明人 汪敬 邱纯鑫 刘乐天

(74) 专利代理机构 北京恒博知识产权代理有限  
公司 11528  
专利代理师 向武桥

(51) Int. Cl.

G01S 7/481 (2006.01)

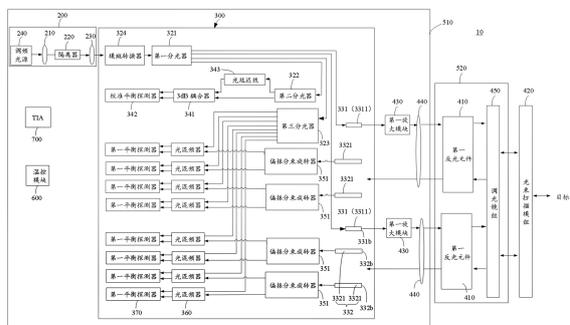
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

调频连续波激光雷达及自动驾驶设备

(57) 摘要

本申请公开了一种调频连续波激光雷达及自动驾驶设备,激光雷达包括光源模块、硅光芯片和折光模块,硅光芯片包括分光模块、耦合模块和多个收发单元,多个收发单元的端面沿第一方向排列,分光模块接收耦合进入硅光芯片的激光束,并分为多束探测光,多束探测光传输至对应的多个收发单元,收发单元将接收到的探测光向外出射,也将接收到的回波光传输至耦合模块,形成探测通道;折光模块用于将多个收发单元发射的探测光进行偏折使多束探测光在第二方向错位射出,以及用于将在第二方向错位的多束回波光进行偏折后投射至对应的收发单元,第二方向为垂直于收发单元的端面的方向。本申请的激光雷达探测分辨率高、视场角大且系统架构简单。



1. 一种调频连续波激光雷达,其特征在于,包括:

光源模块,用于发射调频连续波的激光束;

硅光芯片,包括分光模块、接收模块和多个收发单元,所述多个收发单元的端面沿第一方向排列,所述分光模块接收耦合进入所述硅光芯片的所述激光束,并分为多束探测光,多束探测光传输至对应的多个所述收发单元,所述收发单元将接收到的所述探测光向外射出,也将接收到的回波光传输至所述接收模块,形成探测通道;及

折光模块,用于将多个所述收发单元发射的所述探测光进行偏折使多束所述探测光在第二方向错位射出,以及用于将在所述第二方向错位的多束所述回波光进行偏折后投射至对应的所述收发单元,所述第二方向为垂直于所述收发单元的端面的方向。

2. 根据权利要求1所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述折光模块包括第一反光元件和第一折光棱镜中的至少一个,所述第一反光元件的数量为至少一个,所述第一折光棱镜的数量为至少一个。

3. 根据权利要求2所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述折光模块包括与多个所述收发单元对应设置的多个第一反光元件;

各所述第一反光元件用于将对应的所述收发单元发射的所述探测光和接收的所述回波光的光路进行反射,且所述第一反光元件与对应的所述收发单元的端面在所述第二方向上间隔设置,多个所述第一反光元件在第二方向上错位排列。

4. 根据权利要求2所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述折光模块包括多个所述第一折光棱镜;

多个所述收发单元发射的所述探测光投射至对应的所述第一折光棱镜,并经所述第一折光棱镜偏折后在第二方向错位射出;

在所述第二方向错位的多束所述回波光经对应的所述第一折光棱镜偏折后,各所述回波光经对应的探测通道返回至对应的所述收发单元。

5. 根据权利要求1所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述调频连续波激光雷达还包括多个准直镜组,对应设置于多个所述收发单元的端面的前侧,用于将所述收发单元发射的所述探测光进行准直,还用于将射向所述收发单元的所述回波光进行汇聚。

6. 根据权利要求1所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,各所述收发单元包括发射模块和耦合模块;所述发射模块将接收到的所述探测光由发射端面向外射出;所述耦合模块由接收端面接收所述回波光并将所述回波光传输至所述接收模块;所述发射模块的发射端面和所述耦合模块的接收端面构成所述收发单元的端面。

7. 根据权利要求6所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述调频连续波激光雷达还包括多个第一放大模块,与所述发射模块对应设置,用于将对应的所述发射模块出射的所述探测光进行放大。

8. 根据权利要求1所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述折光模块还包括:

调光镜组,用于将经所述折光模块偏折的所述探测光进行扩束后向外射出,还用于将所述回波光进行缩束后射向所述折光模块。

9. 根据权利要求8所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,多个所述收发单元经同一组所述调光镜组出射所述探测光或接收所述回波光。

10. 根据权利要求1所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述分光模块还将所述

激光束分光出多束本振光,所述接收模块包括:

偏振分束转换器,所述偏振分束转换器用于接收所述收发单元传输的所述回波光并将所述回波光分为两束不同偏振态的偏振回波光;

多个光混频器,每两个所述光混频器与同一个所述偏振分束转换器连接,各所述光混频器用于接收所述偏振分束转换器输出的所述偏振回波光,还用于接收所述本振光,并将接收到的所述偏振回波光与所述本振光混频得到混频光;

第一平衡探测器,与所述光混频器连接,以接收所述混频光进行探测。

11. 根据权利要求1所述的调频连续波激光雷达,其特征在于,所述调频连续波激光雷达还包括:

第一封装壳体,所述光源模块和所述硅光芯片封装于所述第一封装壳体的内部空间;

第二封装壳体,所述折光模块封装于所述第二封装壳体的内部空间;

所述第二封装壳体与所述第一封装壳体对接,且所述第一封装壳体设置有多个第一通光孔,所述第二封装壳体设置有多个第二通光孔,所述第一通光孔和所述第二通光孔对应设置,以使所述探测光和所述回波光穿过。

12. 一种自动驾驶设备,其特征在于,包括:

如上述权利要求1-11中任一项所述的调频连续波激光雷达;及

自动驾驶主体,以水平方向为所述第一方向、竖直方向为所述第二方向,将所述调频连续波激光雷达安装于所述自动驾驶主体。

## 调频连续波激光雷达及自动驾驶设备

### 技术领域

[0001] 本申请涉及雷达技术领域,尤其涉及一种调频连续波激光雷达及自动驾驶设备。

### 背景技术

[0002] 激光雷达是广泛用于自动驾驶场景中的核心传感器之一,可以用于收集外部环境的三维信息。激光雷达按照探测机制,主要可以分成飞行时间(Time of Flight,ToF)和调频连续波(Frequency Modulated ContinuousWave,FMCW)这2种激光雷达。FMCW激光雷达采用相干探测的方式,在接收端通过本振光与目标物反射回的信号光进行平衡探测的方式,可以有效地减少外界环境光对激光雷达性能的干扰,提升激光雷达测距性能。同时,FMCW激光雷达在提供了空间坐标信息以外,还可以额外提供测速信息。

[0003] 相关技术中,FMCW激光雷达无法实现在两个方向上对光路进行位置调整,难以提高激光雷达的探测视场和分辨率。

### 发明内容

[0004] 本申请实施例提供一种调频连续波激光雷达及自动驾驶设备,能够解决FMCW激光雷达探测性能不佳的问题。

[0005] 第一方面,本申请实施例提供了一种调频连续波激光雷达,包括:

[0006] 光源模块,用于发射调频连续波的激光束;

[0007] 硅光芯片,包括分光模块、接收模块和多个收发单元,所述多个收发单元的端面沿第一方向排列,所述分光模块接收耦合进入所述硅光芯片的所述激光束,并分为多束探测光,多束探测光传输至对应的多个所述收发单元,所述收发单元将接收到的所述探测光向外出射,也将接收到的回波光传输至所述接收模块,形成探测通道;及

[0008] 折光模块,用于将多个所述收发单元发射的所述探测光进行偏折使多束所述探测光在第二方向错位射出,以及用于将在所述第二方向错位的多束所述回波光进行偏折后投射至对应的所述收发单元,所述第二方向为垂直于所述收发单元的端面的方向。

[0009] 在一些示例性的实施例中,所述折光模块包括第一反光元件和第一折光棱镜中的至少一个,所述第一反光元件的数量为至少一个,所述第一折光棱镜的数量为至少一个。

[0010] 在一些示例性的实施例中,所述折光模块包括与多个所述收发单元对应设置的多个第一反光元件;

[0011] 各所述第一反光元件用于将对应的所述收发单元发射的所述探测光和接收的所述回波光的光路进行反射,且所述第一反光元件与对应的所述收发单元的端面在所述第二方向上间隔设置,多个所述第一反光元件在第二方向上错位排列。

[0012] 在一些示例性的实施例中,所述折光模块包括多个所述第一折光棱镜;

[0013] 多个所述收发单元发射的所述探测光投射至对应的所述第一折光棱镜,并经所述第一折光棱镜偏折后在第二方向错位射出;

[0014] 在所述第二方向错位的多束所述回波光经对应的所述第一折光棱镜偏折后,各所

述回波光经对应的探测通道返回至对应的所述收发单元。

[0015] 在一些示例性的实施例中,所述调频连续波激光雷达还包括多个准直镜组,对应设置于多个所述收发单元的端面的前侧,用于将所述收发单元发射的所述探测光进行准直,还用于将射向所述收发单元的所述回波光进行汇聚。

[0016] 在一些示例性的实施例中,各所述收发单元包括发射模块和耦合模块;所述发射模块将接收到的所述探测光由发射端面向外射出;所述耦合模块由接收端面接收所述回波光并将所述回波光传输至所述耦合模块;所述发射模块的发射端面和所述耦合模块的接收端面构成所述收发单元的端面。

[0017] 在一些示例性的实施例中,所述调频连续波激光雷达还包括多个第一放大模块,与所述发射模块对应设置,用于将对应的所述发射模块出射的所述探测光进行放大。

[0018] 在一些示例性的实施例中,所述折光模块还包括:

[0019] 调光镜组,用于将经所述折光模块偏折的所述探测光进行扩束后向外出射,还用于将所述回波光进行缩束后射向所述折光模块。

[0020] 在一些示例性的实施例中,多个所述收发单元经同一组所述调光镜组出射所述探测光或接收所述回波光。

[0021] 在一些示例性的实施例中,所述分光模块还将所述激光束分光出多束本振光,所述接收模块包括:

[0022] 偏振分束转换器,所述偏振分束转换器用于接收所述收发单元传输的所述回波光并将所述回波光分为两束不同偏振态的偏振回波光;

[0023] 多个光混频器,每两个所述光混频器与同一个所述偏振分束转换器连接,各所述光混频器用于接收所述偏振分束转换器输出的所述偏振回波光,还用于接收所述本振光,并将接收到的所述偏振回波光与所述本振光混频得到混频光;

[0024] 第一平衡探测器,与所述光混频器连接,以接收所述混频光进行探测。

[0025] 在一些示例性的实施例中,所述调频连续波激光雷达还包括:

[0026] 第一封装壳体,所述光源模块和所述硅光芯片封装于所述第一封装壳体的内部空间;

[0027] 第二封装壳体,所述折光模块封装于所述第二封装壳体的内部空间;

[0028] 所述第二封装壳体与所述第一封装壳体对接,且所述第一封装壳体设置有多个第一通光孔,所述第二封装壳体设置有多个第二通光孔,所述第一通光孔和所述第二通光孔对应设置,以使所述探测光和所述回波光穿过。

[0029] 第二方面,本申请实施例提供一种自动驾驶设备,包括自动驾驶主体以及如上所述的调频连续波激光雷达,以水平方向为所述第一方向、竖直方向为所述第二方向,将所述调频连续波激光雷达安装于所述自动驾驶主体。

[0030] 基于本申请实施例的调频连续波激光雷达及自动驾驶设备,通过设置多组收发单元集成于硅光芯片,用于探测目标物;同时设置各组收发单元具有与其对应的折光模块,通过折光模块改变多通道光路传播和排列的方向,即使多组收发单元沿平行于硅光芯片表面设计,多通道光路在垂直于收发单元的端面的方向上延伸,也能实现多通道光路在垂直于收发单元的端面的方向上错排,增加激光雷达在该方向上的线数,进而增加探测分辨率和扩展视场角,硅光芯片设计简洁,集成度高,便于流片生产。另外,本申请将多组收发单元均

集成在硅光芯片,无需单独设置分立的发射模块,实现高集成度,还能够有效降低调频连续波激光雷达内部光电器件组装光调的复杂度。

### 附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0032] 图1为本申请一种实施例的调频连续波激光雷达的系统架构示意图;

[0033] 图2为本申请一种实施例的折光模块对应两组收发单元的系统架构示意图;

[0034] 图3为本申请一种实施例的折光模块包括两个第一反光元件的结构示意图;

[0035] 图4为本申请一种实施例的一维振镜和一维转镜对应调光镜组排布的结构示意图;

[0036] 图5为本申请一种实施例的折光模块包括第一反光元件和第一折光棱镜的结构示意图;

[0037] 图6为本申请一种实施例的发射模块的发射视场与耦合模块的接收视场交叠的示意图;

[0038] 图7为本申请一种实施例的接收波导通过多端口耦合器与偏振分束转换器连接的结构示意图;

[0039] 图8为本申请一种实施例的合束模块包括多个多端口耦合器和多个直通波导的结构示意图。

[0040] 附图标记:

[0041] 10、调频连续波激光雷达;

[0042] 200、光源模块;210、第一导光镜;220、隔离器;230、第二导光镜;240、调频光源;

[0043] 300、硅光芯片;

[0044] 320、分光模块;321、第一分光器;322、第二分光器;323、第三分光器;324、模斑转换器;

[0045] 330、收发单元;331、发射模块;3311、发射波导;331a、发射视场;331b、发射端面;332、耦合模块;3321、接收波导;332a、接收视场;332b、接收端面;330a、扫描盲区;

[0046] 350、接收模块;351、偏振分束转换器;360、光混频器;370、第一平衡探测器;340、光源非线性校准光路;341、耦合器;342、校准平衡探测器;343、光延迟线;

[0047] 400、折光模块;411、第一反光元件;412、第一折光棱镜;413、第二反光元件;

[0048] 420、光束扫描模组;421、一维振镜;4211、振镜;422、一维转镜;4221、转镜;430、第一放大模块;440、准直镜组;450、调光镜组;

[0049] 510、第一封装壳体;520、第二封装壳体;

[0050] 600、温控模块;700、信号处理电路;

[0051] 810、多端口耦合器;820、直通波导;811、第一接入端口;812、第一输出端口;821、第二接入端口;822、第二输出端口;

[0052] Y、第一方向;X、第二方向。

## 具体实施方式

[0053] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0054] 发明人发现,FMCW激光雷达由于扫描装置运动导致walk-off效应,对接收效率的影响较明显。为了减少walk-off效应对激光雷达性能的劣化影响,其扫描装置的扫描速度无法大幅度提升,因此激光雷达的等效线数提升受限,直接影响激光雷达的分辨率和视场角。

[0055] 为解决上述问题,本申请实施例提供一种调频连续波激光雷达及自动驾驶设备。

[0056] 如图1所示,为本申请一种实施例的调频连续波激光雷达10系统架构图,调频连续波激光雷达10包括光源模块200、硅光芯片300和折光模块400。光源模块200用于发射激光束,硅光芯片300设于光源模块200的出光侧,光源模块200发射的激光束经硅光芯片300、折光模块400和光束扫描模组420后射出以投射至目标物,目标物反射后返回的回波光经光束扫描模组420和折光模块400后进入硅光芯片300。

[0057] 如图2所示,光源模块200包括调频光源240、第一导光镜210、隔离器220和第二导光镜230。调频光源240可为调频激光器,用于发射调频连续波的激光束,第一导光镜210和第二导光镜230均设于调频光源240的出光侧,隔离器220设于第一导光镜210和第二导光镜230之间,调频光源240发射的激光束依次经过第一导光镜210、隔离器220和第二导光镜230。第一导光镜210用于将激光束进行准直后投射至第二导光镜230。第一导光镜210和第二导光镜230之间还设置有隔离器220,隔离器220用于防止第二导光镜230一侧的光反向传输至隔离器220朝向第一导光镜210的一侧,进而防止激光束干扰调频光源240的正常工作。第二导光镜230接收隔离器220传输的准直后的激光束,并将准直后的激光束聚焦后耦合进入硅光芯片300。具体地,硅光芯片300包括分光模块320,耦合进入硅光芯片300的激光束传输至分光模块320。

[0058] 硅光芯片300还包括多组收发单元330,多个收发单元330的端面沿第一方向Y排列,光线自收发单元330的端面出入收发单元330,且收发单元330的端面平行于第一方向Y。分光模块320接收耦合进入硅光芯片300的激光束,并将激光束分出多束探测光,多束探测光分别传输至对应的多个收发单元330,收发单元330将接收到的探测光向外出射,也将接收到的回波光传输至耦合模块332,形成探测通道。

[0059] 其中,折光模块400用于将多个收发单元330发射的探测光进行偏折使多束探测光在第二方向X错位射出,以及用于将在第二方向X错位的多束回波光进行偏折后投射至对应的收发单元330,第二方向X为垂直于收发单元330的端面的方向。通过折光模块400改变多通道光路传播和排列的方向,即使多组收发单元330沿平行于硅光芯片300的表面设计,多通道光路在垂直于收发单元的端面的方向上延伸,也能实现多通道光路在垂直于收发单元330的端面的方向上错排,增加低调频连续波激光雷达10在该方向上的通道,进而增加低调频连续波激光雷达10的探测分辨率和视场角,硅光芯片300设计简洁,集成度高,便于流片生产。另外,本申请将多组收发单元330均集成在硅光芯片300,无需单独设置分立的发射模块向外发射探测光,实现高集成度,还能够有效降低调频连续波激光雷达10内部光电器件组装光调的复杂度。

[0060] 具体地,如图3所示,各收发单元330发射的探测光沿第二方向X投射至折光模块400,折光模块400用于改变多个收发单元330发射的探测光的传播方向,使多束探测光在第二方向X上错开后射出。另外,目标物反射回的多束回波光沿与探测光近似重叠的光路返回并投射至折光模块400,使各收发单元330发射的探测光和接收的回波光在其对应的探测通道传播,以满足多通道探测需求。

[0061] 如图3和图4所示,折光模块400包括第一反光元件411和第一折光棱镜412中的至少一个,第一反光元件411用于对探测光或回波光进行反射,第一折光棱镜412用于对探测光或回波光进行折射,均可以对应改变探测光或回波光的传播方向。第一反光元件411的数量为至少一个,第一折光棱镜412的数量为至少一个。

[0062] 可选地,如图3所示,折光模块400包括与多个收发单元330对应设置的多个第一反光元件411,多个收发单元330的数量与多个第一反光元件411的数量相同。各第一反光元件411用于将对应的收发单元330发射的探测光和接收的回波光的光路进行反射,且第一反光元件411与对应的收发单元330的端面在第二方向X上间隔设置,多个第一反光元件411在第二方向X上错位排列,即多个收发单元330的端面平齐时,多个第一反光元件411在第二方向X上至对应的收发单元330的端面的距离存在差异。在回波光经第一反光元件411反射后到达收发单元330的过程中,多个第一反光元件411在第二方向X上位置错排的特殊设计,恰好能够对应的接收多束回波光,并将对应回波光反射至沿第二方向X传播并投射至对应的收发单元330,如此,使调频连续波激光雷达10在第二方向X具有多个探测通道,进而使调频连续波激光雷达10的探测分辨率得到提高、视场角得到扩展。

[0063] 以竖直方向为第二方向X,以水平方向为第一方向Y,当调频连续波激光雷达10安装于自动驾驶设备的自动驾驶主体时,沿竖直方向错位排布的多个第一反光元件411恰好能够对应地将硅光芯片300发射的探测光在竖直方向错排出射、并接收在竖直方向错排的多束回波光,并将多束回波光反射至对应的收发单元330,在竖直方向形成多个探测通道,提高竖直方向的等效线数,使调频连续波激光雷达10安装于自动驾驶主体也能够具有较好的分辨率和较大的视场角。

[0064] 可选地,折光模块400包括多个第一折光棱镜412;沿第一方向Y排列的多个收发单元330的端面发射的探测光投射至对应的第一折光棱镜412,并经第一折光棱镜412偏折后在第二方向X错位射出;在第二方向X错位的多束回波光经对应的第一折光棱镜412偏折后,各回波光沿同一探测通道的光路返回至对应的收发单元330。例如,当硅光芯片300包括两个收发单元330时,设置折光模块400包括一个第一折光棱镜412,第一折光棱镜412对应其中一个收发单元330设置,另一个收发单元330发射的探测光或返回的回波光直接传播,第一折光棱镜412将与其对应的收发单元330发射的探测光或返回的回波光进行偏折,以调整该收发单元330收发光线的光路位置,使两个收发单元330的两路探测通道,由在第一方向Y上错排变为在第二方向X上错排。当然,两个收发单元330还可以分别对应设置第一折光棱镜412用于调整两个通道的光路的相互排列关系。

[0065] 折光模块400改变探测光的传播方向,使多个通道的光路在第二方向X上错位排列。进一步地,折光模块400还可以包括第二反光元件413,第二反光元件413用于调整光路的方向,为了节约激光雷达内部的空间,硅光芯片300的放置位置不一定能够使多通道的光路沿第一方向Y排列并射向对应的第一折光棱镜412,硅光芯片300的放置角度影响从收发

单元的端面出入射的光路方向。为了调整光路的方向,设置第二反光元件413。第二反光元件413设置的数量可以是多个。例如,如图5所示,折光模块400包括一个第二反光元件413和一个第一折光棱镜412,其中一个收发单元330发射的探测光直接经第二反光元件413反射后形成第一出射光直接射出,另一个收发单元330发射的探测光经第二反光元件413反射后,进入第一折光棱镜412并被第一折光棱镜412折射后形成第二出射光射出,此时,在第二方向错排的两路出射光,变为第一出射光和第二出射光在第二方向X存在间隔,多通道的光路排布方向发生了变化。

[0066] 如图4和图5所示,调频连续波激光雷达10还包括光束扫描模组420,光束扫描模组420设于折光模块400朝向目标物的一侧,光束扫描模组420用于接收经过折光模块400的探测光并将探测光投射至目标物,还用于接收目标物反射回的回波光并将回波光投射至折光模块400。光束扫描模组420可以是振镜、转镜、MEMS微振镜等,也可以是上述几种方式的组合。如图所示,可选地,光束扫描模组420包括一维振镜421和一维转镜422。

[0067] 一维振镜421具有振镜4211,振镜在第二方向X上往复运动旋转,振镜4211用于将来自一维转镜422的回波光反射至折光模块400,或者将来自折光模块400的探测光反射至一维转镜422,以使一维振镜421能够为调频连续波激光雷达10提供第二方向X的扫描视场,例如,第二方向X为竖直方向。

[0068] 一维转镜422具有转镜4221及转镜转轴(图中未示出),转镜转轴沿第二方向X延伸并连接于转镜,以带动转镜4221绕转镜转轴旋转,转镜4221具有多个转镜反射面,将来自一维振镜421的探测光反射至目标物,或者将来自目标物的回波光反射至一维振镜421。一维转镜422旋转过程中,光路与转镜反射面的夹角持续变化,实现扫描,一维转镜422能够为调频连续波激光雷达10提供第一方向Y的扫描视场,例如,第一方向Y为水平方向。

[0069] 其中,一维转镜422旋转时,引起的walk-off效应所造成的位移有一部分会沿着收发单元330的发射波导和接收波导的排列方向(即第一方向Y)产生位移。因此,由收发单元的发射和接收的光路,也需沿着垂直于发射波导和接收波导的端面的方向(即第二方向X)传输,多个收发单元330的光路难以在第二方向上错开,也难以在第二方向上提高等效线数。此时,折光模块400改变光线传播方向,将收发单元的光路方向由第二方向转变为第一方向Y,使多通道的光路在第二方向上错排。多个收发单元的光路经过光束扫描模组扫描后,能够在视场中形成在第二方向上错排的多个扫描轨迹,实现等效线数的提高。

[0070] 各收发单元330包括发射模块331和耦合模块332,发射模块331包括发射波导3311,发射波导3311具有发射端面331b,耦合模块332包括至少一个接收波导3321,各接收波导3321具有接收端面332b,发射模块331的发射端面331b和耦合模块332的接收端面332b平行且构成收发单元330的端面。发射模块331将接收到的探测光由发射端面331b向外射出;耦合模块332由接收端面332b接收回波光并将回波光传输至耦合模块332。发射波导3311和多个接收波导3321可以在垂直于收发单元330的端面的方向上延伸,也可以在与收发单元330的端面呈一定夹角的方向上延伸。

[0071] 如图2和图3所示,调频连续波激光雷达10还包括多个准直镜组440,对应设置于多个收发单元330的端面的前侧,用于将收发单元330发射的探测光进行准直后投射至折光模块400,还用于将穿过折光模块400的回波光进行聚焦后射向收发单元330,降低光损耗。

[0072] 如图6所示,发射模块331具有发射视场331a,处于发射视场331a内的目标物能够

被来自发射模块331的光线扫描,目标物也能够将光线反射。耦合模块332具有接收视场332a,处于接收视场332a内的目标物反射的光线能够被耦合模块332的耦合端面332b接收。其中,发射视场331a和接收视场332a的重叠度越高,则发射模块331和耦合模块332的扫描盲区330a越小,由于发射模块331和耦合模块332之间存在间隔,因此,设置发射模块331和耦合模块332之间的距离尽可能地小,以降低扫描盲区330a的覆盖面积。

[0073] 调频连续波激光雷达10还包括多个第一放大模块430,多个第一放大模块430与多个收发单元330的发射模块331对应设置,用于将对应的发射模块331出射的探测光进行放大,以使被放大的探测光具有足够的能量射出,以满足远距离的测距需求。第一放大模块430可包括第一放大芯片,第一放大芯片可为半导体光放大器(Semiconductor Optical Amplifier,SOA)芯片。经过第一放大模块430放大后的探测光射向准直镜组440,放大后的探测光经准直镜组440准直后出射。

[0074] 可选地,折光模块400还包括调光镜组450,调光镜组450设于折光模块400和光束扫描模组420之间的光路上,调光镜组450用于将经折光模块400偏折的探测光进行扩束后向外出射,以使多个通道发射的探测光之间的距离增大,经过光束扫描模组420向外出射时能够覆盖更大的视场范围,调光镜组450还用于将回波光进行缩束后射向折光模块400,以使回波光能够以小的通光面积依次经过折光模块400、准直镜组440,以便匹配小尺寸的折光模块400和准直镜组440,便于缩小调频连续波激光雷达10的体积。

[0075] 调光镜组450对应多组收发单元330,即多个收发单元330经同一组调光镜组450出射探测光或接收回波光。其中,调光镜组450的直径为厘米级,相对调光镜组450,发射波导3311和接收波导3321的尺寸较小,例如,发射波导3311和接收波导3321的尺寸通常为几十微米到数百微米。可选地,设置发射波导3311和接收波导3321邻近调光镜组450的主光轴。例如,发射波导3311和全部接收波导3321均邻近调光镜组450的主光轴,以便调光镜组450调整光线传播方向。例如,发射波导3311和全部接收波导3321均沿硅光芯片300的表面依次平行铺设,发射波导3311的端面和接收波导3321的端面均与硅光芯片300的侧沿平齐,调光镜组450的主光轴可以设置于发射波导3311和最靠近发射波导3311的接收波导3321之间,调光镜组450的主光轴也可以设置于最中间波导处或者最中间的两个波导之间。可选地,调光镜组450包括至少一个具有曲折力的镜片,具体可根据实际需求选择镜片数量以满足调光镜组450的光线汇聚和准直功能需求。

[0076] 接收模块350包括偏振分束转换器351,偏振分束转换器351与耦合模块332的接收波导3321连接以接收耦合模块332传输的回波光,并将回波光转换为相同偏振态的多束偏振回波光。

[0077] 可选地,耦合模块332包括M个接收波导3321,M为大于等于2的整数。当耦合模块332包括M个接收波导3321时,接收模块350包括与M个接收波导3321数量相等且一一对应连接的M个偏振分束转换器351,各偏振分束转换器351接收对应的接收波导3321传输的回波光并进行偏振转换形成多束偏振回波光。接收模块350还包括光混频器360,光混频器360的一个输入端连接于分光模块320以及接收本振光,光混频器360的另一个输入端还连接于偏振分束转换器351以接收一束偏振回波光,并将偏振回波光与本振光混频形成混频光。具体地,偏振分束转换器351的输入端与接收波导3321连接,偏振分束转换器351可以包括两个输出端,例如将接收到的回波光分为P偏振回波光和S偏振回波光,此时与同一个偏振分束

转换器351对应的光混频器360的数量可以为两个,且两个光混频器360与偏振分束转换器351的两个输出端一一对应连接,一个光混频器360为P偏振回波光与本振光混频,另一个光混频器360为S偏振回波光与本振光混频。当然,偏振分束转换器351也可以采用其他方式将回波光进行偏振分集,并将偏振分集后的回波光分别输出后与本振光进行混频。

[0078] 接收模块350还包括第一平衡探测器370,第一平衡探测器370连接于光混频器360以接收混频光进行平衡探测。具体地,光混频器360具有两个输出端,第一平衡探测器370与光混频器360的两个输出端连接以接收混频光进行处理,形成相应的相干电信号,之后该相干电信号可被输出至其他信号处理电路700中,用于进行进一步信号处理。例如,信号处理电路700可为跨阻放大电路(trans-impedance amplifier,TIA)。

[0079] 可选地,如图7所示,当耦合模块332包括M个接收波导3321时,耦合模块332还包括合束模块,合束模块包括至少一个的多端口耦合器810。如图8所示,多端口耦合器810具有N个第一接入端口811和一个第一输出端口812,N为大于等于2的整数。多端口耦合器810的第一输出端口812与耦合模块332连接,多端口耦合器810的至少两个第一接入端口811与多个接收波导3321一一对应连接,以使接收波导3321传输的回波光由第一接入端口811进入多端口耦合器810,并经多端口耦合器810合束后从第一输出端口812输出至耦合模块332,具体地,第一输出端口812与耦合模块332的偏振分束转换器351连接。如此,在耦合模块332包括M个接收波导3321的情况下,多端口耦合器810将来自M个接收波导3321的多路光信号耦合成一束光信号并输出给对应的偏振分束转换器351,只需接入一个偏振分束转换器351即可将多个接收波导3321传输的多路信号光进行偏振转换,以便节省光混频器360和第一平衡探测器370的用量,简化整个硅光芯片300的系统架构。

[0080] 当与同一个多端口耦合器810连接的接收波导3321的数量较多时,多个接收波导3321与多端口耦合器810进行光线传输容易存在光损耗。可选地,如图8所示,设置硅光芯片300包括多个多端口耦合器810,各多端口耦合器810各自独立地与多个接收波导3321对应连接,以降低由一个多端口耦合器810与大量接收波导3321连接时的光损耗。

[0081] 其中,相对于较远距离,当调频连续波激光雷达10至目标物处于中近距离时,由于目标物本身反射回的回波光的光功率相对较强,回波光经接收波导3321和多端口耦合器810进入耦合模块332时能够满足探测需求,此时,可设置耦合模块332的多个接收波导3321全部通过多端口耦合器810与偏振分束转换器351连接,以减少后续光混频器360和第一平衡探测器370等硬件的用量。

[0082] 在调频连续波激光雷达10至目标物处于较远距离时,回波光到达接收波导3321的光功率较小,且由于walk-off效应的存在,回波光还会产生一定的偏移,调频连续波激光雷达10至目标物的距离越远,偏移越大。可选地,如图8所示,设置合束模块还包括至少一个的直通波导820,直通波导820具有一个第二接入端口821和一个第二输出端口822,第二接入端口821与接收波导3321连接,第二输出端口822与耦合模块332连接,使接收波导3321通过直通波导820传输至耦合模块332,经直通波导820传输的光信号损耗较小。具体地,各直通波导820的第二输出端口822与一个偏振分束转换器351连接。例如,当耦合模块332包括9个接收波导3321时,沿远离发射波导3311的方向,回波的能量越来越小,设置合束模块包括两个多端口耦合器810和三个直通波导820,两个多端口耦合器810邻近发射波导3311设置,且其中一个多端口耦合器810与接收近距离回波光的三个接收波导3321连接,另一个多端口

耦合器810与接收中距离的回波光的三个接收波导3321连接,三个直通波导820则一一对应与接收远距离的回波光的三个接收波导3321连接。

[0083] 分光模块320还用于将耦合进入硅光芯片300的激光束分出校准光,硅光芯片300还包括光源非线性校准光路340,光源非线性校准光路340与分光模块320连接并接收校准光,以对调频光源240发射的激光束进行校准。光源非线性校准光路340包括耦合器341和校准平衡探测器342,分光模块320分光出两束校准光,两束校准光的延迟不同,具体地,其中一束校准光进入耦合器341,另一束校准光通过光延迟线343进入耦合器341,经过光延迟线343的校准光能够被延迟,耦合器341用于将两束延迟不同的束校准光进行混频,校准平衡探测器342用于接收耦合器341输出的混频光并进行平衡探测。耦合器341为dB耦合器341,当然,也可采用能够实现上述功能的其他耦合器341。使用时,可将校准平衡探测器342的输出信号进行进一步处理,以作为调频光源240校准的依据。采用本实施例提供的调频连续波激光雷达10,可实时对调频光源240进行校准,以便操作人员及时发现问题对其进行调整,进而保证检测结果的准确性。

[0084] 可选地,分光模块320包括模斑转换器324、第一分光器321、第二分光器322和第三分光器323。模斑转换器324接收光源模块200发射的激光束,第一分光器321与模斑转换器324连接以接收光源模块200发射的激光束,第一分光器321还分别与发射模块331、第二分光器322和第三分光器323连接,且第一分光器321将光源模块200发射的激光束分光出探测光传输至发射模块331、分光出第一光线传输给第二分光器322、分光出第三光线传输给第三分光器323,第二分光器322与光源非线性校准光路340连接并将第一光线分光出两束校准光传输至光源非线性校准光路340,第三分光器323与多个光混频器360连接并将第三光线分光出多束本振光,且将多束本振光一一对应地传输至多个光混频器360。当然,本申请实施例的分光模块320的设置方式包括但不限于如上所述的设置方式,具体可根据实际需求进行选择。

[0085] 可选地,模斑转换器324包括第一波导,第一波导为锥形波导、悬臂梁波导或多层波导。第一波导和发射波导3311可采用相同材质的材料制得,此时,第一波导和发射波导3311能够传输的光功率相等,并可设置第一波导和发射波导3311处于同层,第一波导和发射波导3311直接通过第一分光器321导通以传输光线,便于简化硅光芯片300结构。其中,发射波导3311的材质可与接收波导3321的材质相同,便于简化制备发射波导3311和接收波导3321的工艺。

[0086] 当第一波导能够容纳的光功率与接收波导3321能够容纳的光功率相等时,说明硅光芯片300能够传输的探测光的功率有限,由发射波导3311发射的探测光能量有限,难以满足远距离测距的发射能量需求,可选地,设置调频连续波激光雷达10包括第一放大模块430。

[0087] 在其他一些实施例中,当进入模斑转换器324的第一波导的激光束的光功率较大时,对应地,需选择能够容纳较大光功率的材质制得的第一波导,此时,可设置第一波导和发射波导3311的材质不同,且第一波导能够容纳的光功率大于发射波导3311能够容纳的光功率,并设置硅光芯片300还包括层间模式转换器(图中未示出),第一波导传导的激光束在层间模式转换器内通过倏逝波耦合实现层间转换至发射波导3311。

[0088] 当第一波导与接收波导3321材质相同时,第一波导与接收波导3321可均采用硅材

料制得,以便简化形成第一波导与接收波导3321的制备工艺。当第一波导能够容纳的光功率大于接收波导3321能够容纳的光功率时,第一波导可采用氮化硅材料制得,接收波导3321可采用硅材料制得。

[0089] 调频连续波激光雷达10还包括第一封装壳体510和第二封装壳体520,光源模块200、硅光芯片300和第一放大模块430均设于第一封装壳体510的内部空间。可选地,如图所示,设置折光模块400、光束扫描模组420和调光镜组450安装于第二封装壳体520的内部空间。准直镜组440可安装于第一封装壳体510的内部空间,或者,准直镜组440可安装于第二封装壳体520的内部空间。第一封装壳体510和第二封装壳体520分别具有供探测光穿过的第一通道,还具有供回波光穿过的第二通道。光源模块200还包括光源壳体,第一导光镜210、隔离器220、第二导光镜230、进光放大器、第二导光镜230以及调频光源240可均封装于光源壳体内形成一体,再封装于第一封装壳体510内。

[0090] 调频连续波激光雷达10还包括温控模块600,温控模块600也可封装于第一封装壳体510的内部空间,温控模块600用于监测第一封装壳体510内部温度变化情况,以便观测第一封装壳体510内部的光源模块200和硅光芯片300等光学器件的工作状态。

[0091] 本申请实施例还提供一种自动驾驶设备,自动驾驶设备包括汽车、飞机、以及其他涉及到使用激光雷达进行智能感应和探测的设备中的一种。自动驾驶设备包括自动驾驶主体以及如上所述的调频连续波激光雷达10。调频连续波激光雷达10设于自动驾驶主体,例如,当自动驾驶设备为汽车时,自动驾驶主体包括车顶,调频连续波激光雷达10安装于汽车的车顶。

[0092] 本实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本申请的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0093] 以上所述仅为本申请的较佳实施例而已,并不用以限制本申请,凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

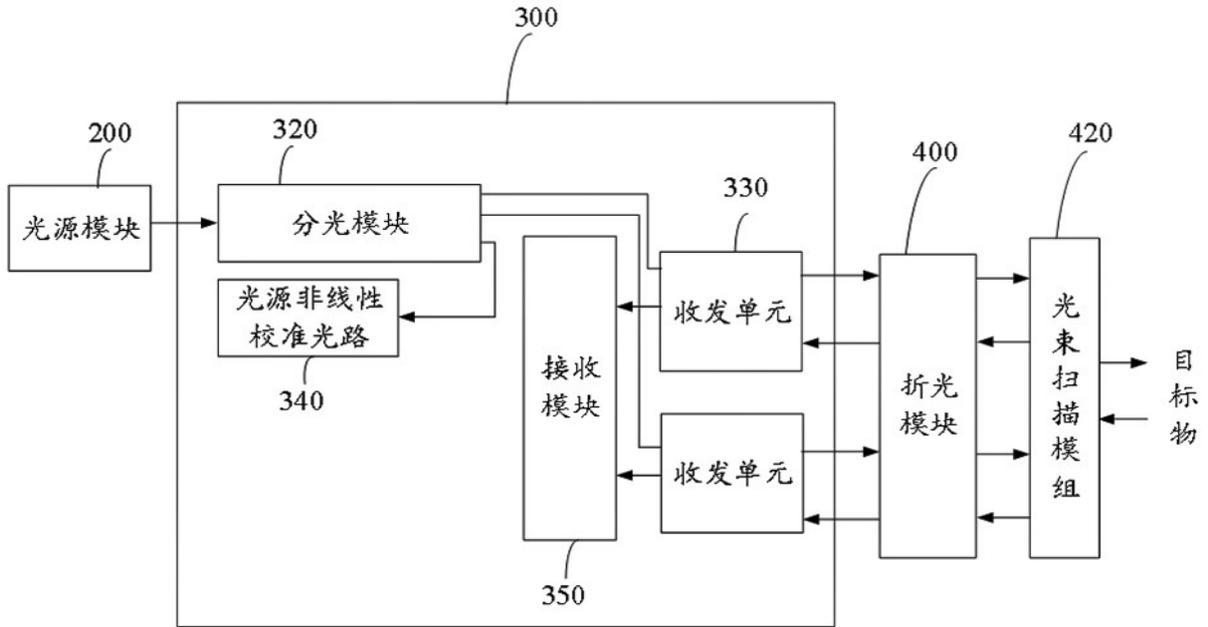


图1

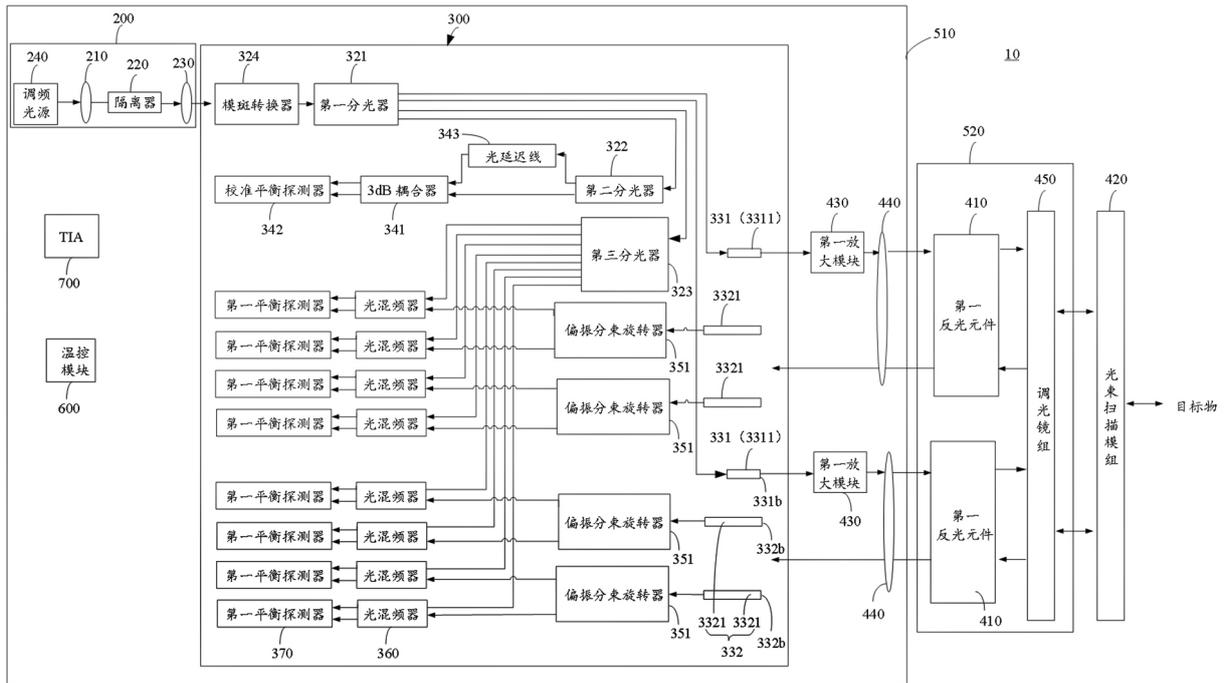


图2

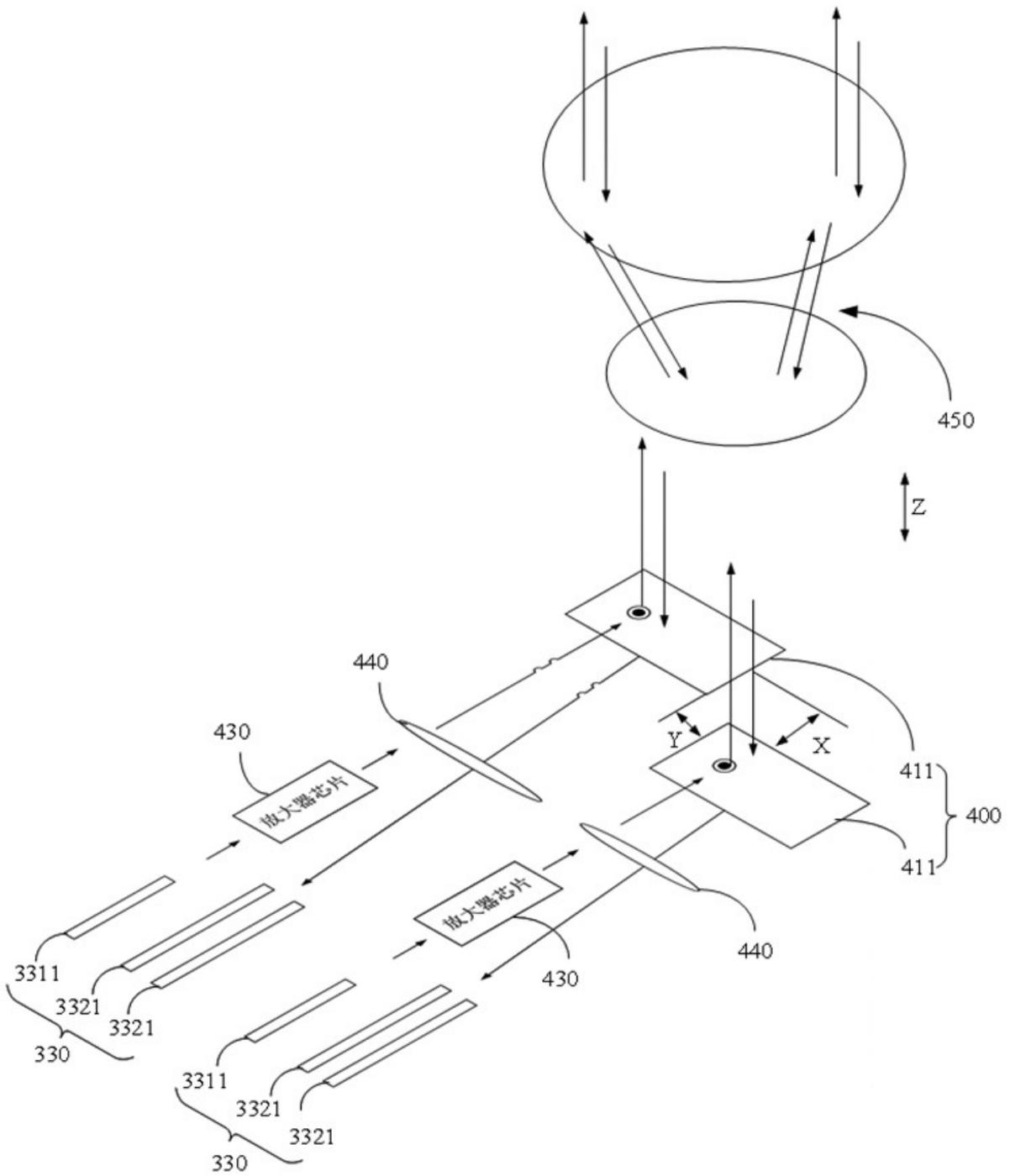


图3

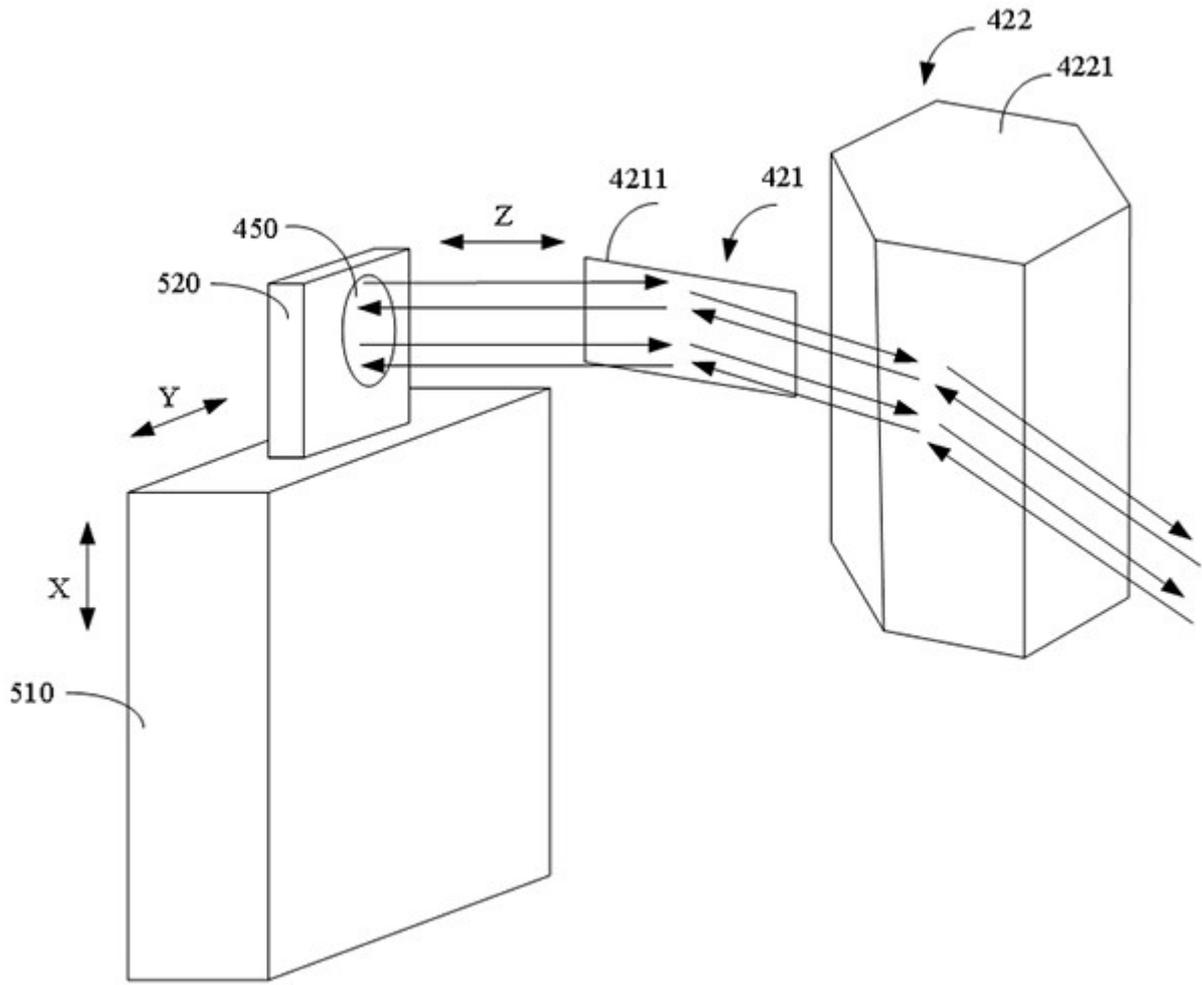


图4

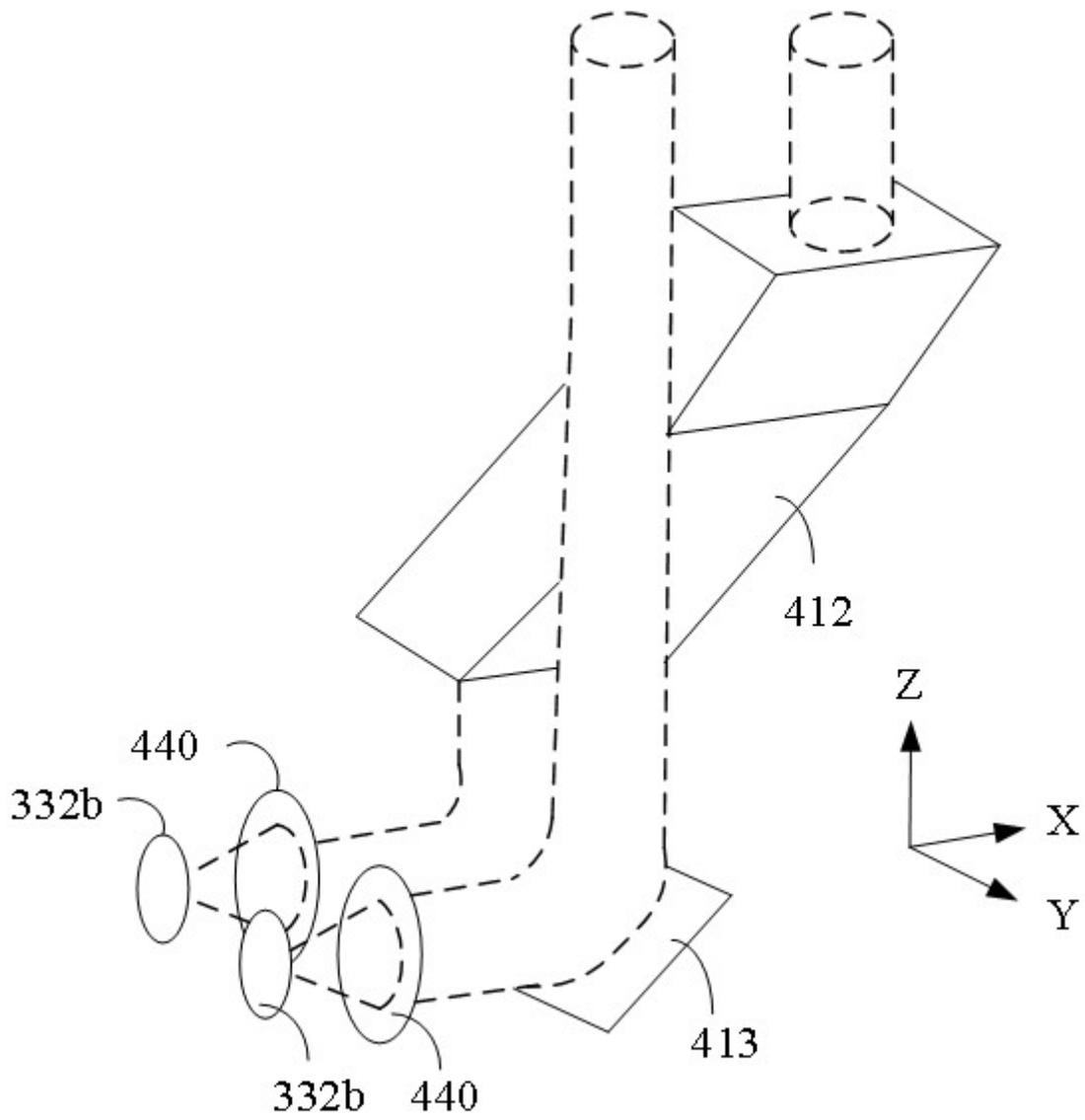


图5

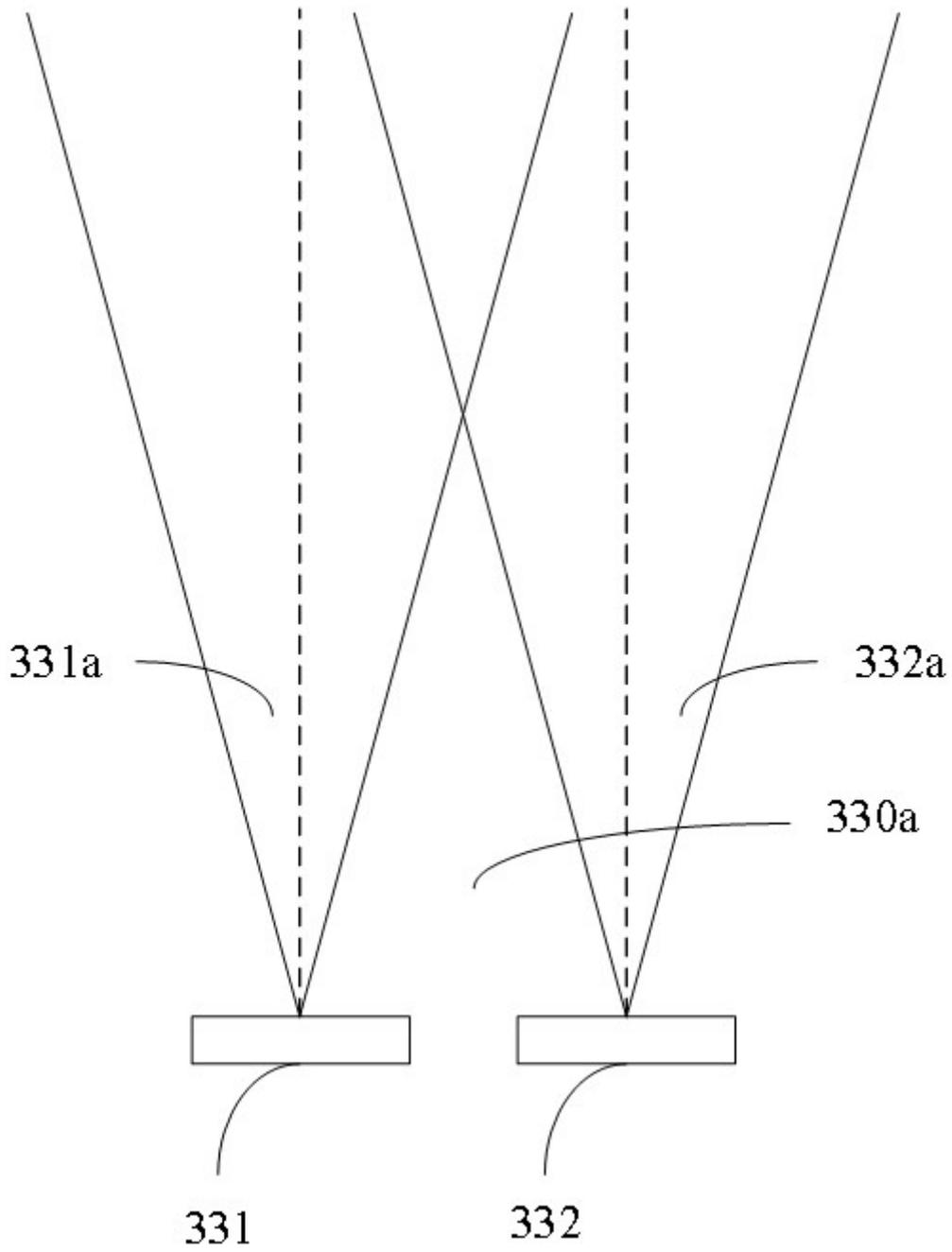


图6

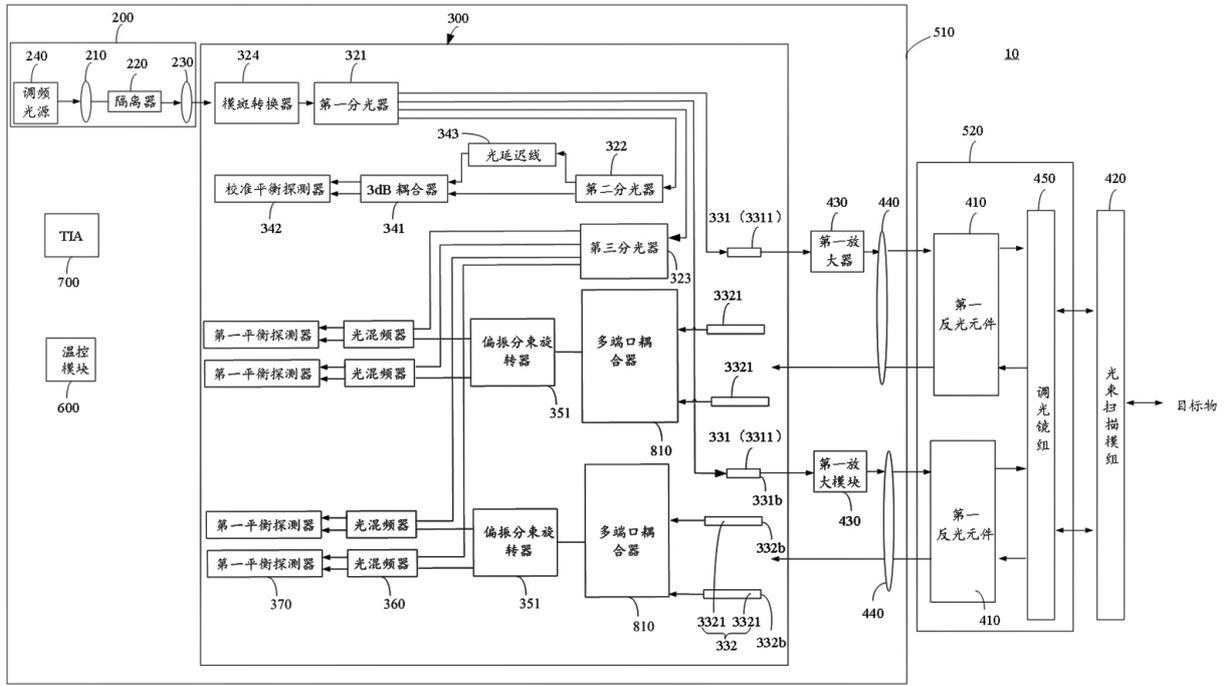


图7

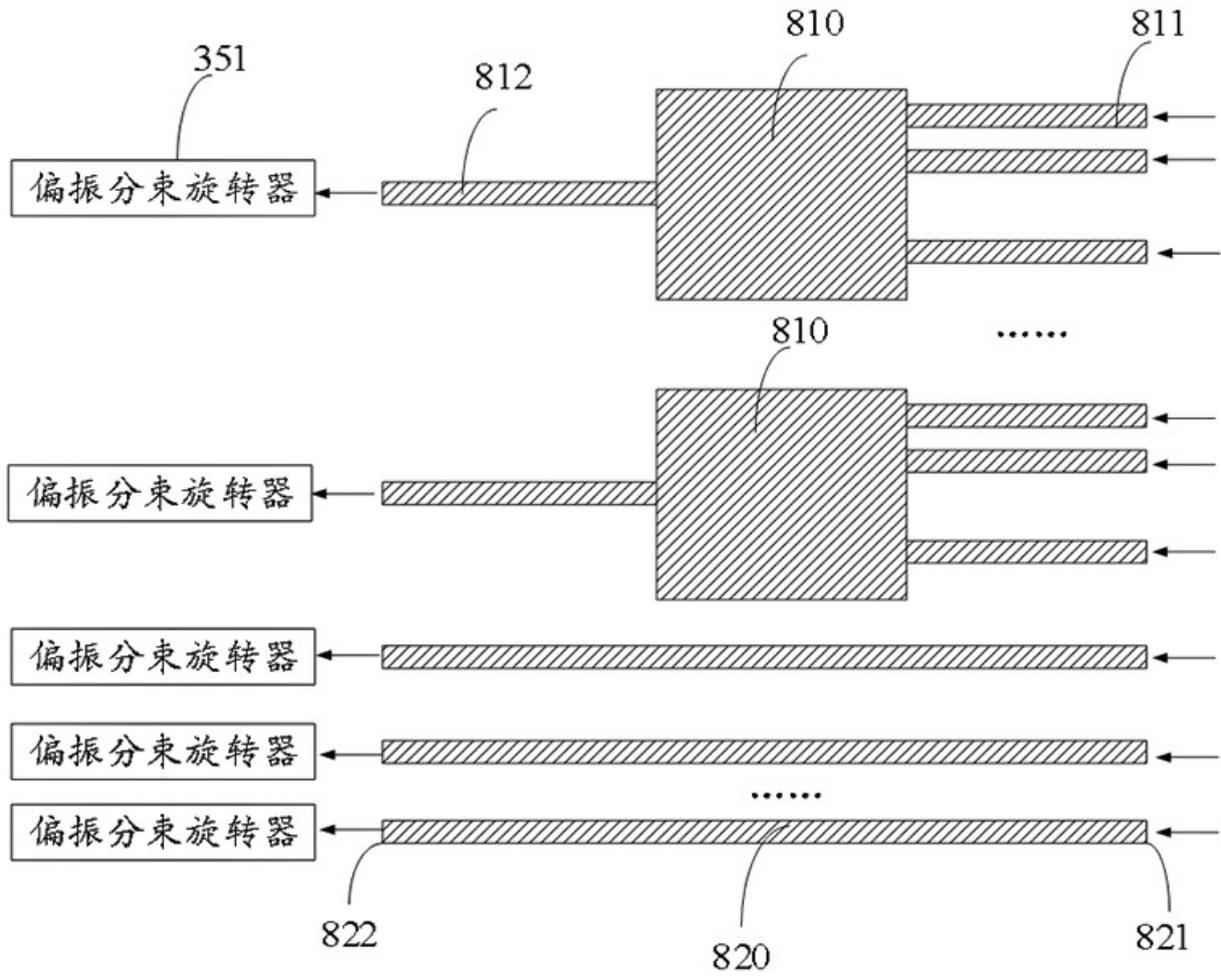


图8