

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织

国 际 局

(43) 国际公布日

2019 年 7 月 4 日 (04.07.2019)



WIPO | PCT



(10) 国际公布号

WO 2019/129259 A1

(51) 国际专利分类号:

G01S 17/93 (2006.01) G01S 7/481 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2018/125305

(22) 国际申请日: 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201711469783.8 2017年12月29日 (29.12.2017) CN

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼,

Guangdong 518129 (CN).

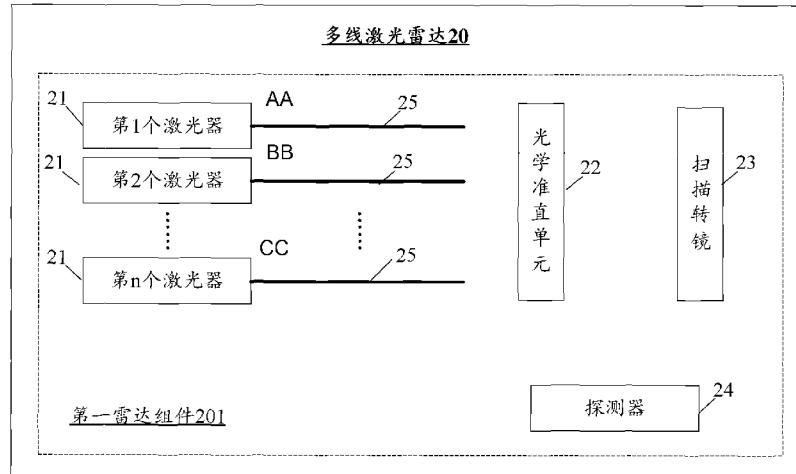
(72) 发明人: 付立鼎 (FU, Liding); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN). 史光远 (SHI, Guangyuan); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN). 李松 (LI, Song); 中国湖北省武汉市武昌区八一路珞珈山武汉大学, Hubei 430072 (CN)。

(74) 代理人: 北京三高永信知识产权代理有限责任公司 (BEIJING SAN GAO YONG XIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海淀区学院路蓟门里和景园 A 座 1 单元 102 室, Beijing 100088 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: MULTI-LINE LASER RADAR

(54) 发明名称: 多线激光雷达



20 Multi-line laser radar
21 First laser
22 Optical collimating unit
23 Scanning rotating mirror
24 Detector

201 First radar assembly
AA First laser
BB Second laser
CC Nth laser

(57) Abstract: Provided is a multi-line laser radar (20, 30), comprising a first radar assembly (201, 301), wherein the first radar assembly (201, 301) comprises n lasers (21, 311, 312), an optical collimating unit (22, 315), a scanning rotating mirror (23, 321) and one detector (24, 331), n being greater than 1; each of the lasers (21, 311, 312) is used for emitting a laser beam to the optical collimating unit (22, 315); the optical collimating unit (22, 315) is used for collimating n laser beams, and the n collimated laser beams are emitted to a target reflecting mirror of the scanning rotating mirror (23, 321); the scanning rotating mirror (23, 321) comprises m reflecting mirrors (3211, 3212) rotating around a rotation shaft (3213), and a rotation plane of the rotation shaft (3213) is perpendicular to an arrangement direction of the n collimated laser beams, m being greater than 1; the target reflecting mirror is used for reflecting the n received



CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

collimated laser beams to a detection region of the first radar assembly (201, 301); and the detector (24, 331) is used for receiving an echo signal of the n reflected laser beams in the detection region. According to the multi-line laser radar (20, 30), a multi-line laser radar structure of "multiple-emission and single-reception" is provided, so that the signal crosstalk between detectors is avoided, the working performance is improved, and the costs are reduced.

(57) 摘要: 一种多线激光雷达 (20, 30)，包括第一雷达组件 (201, 301)，第一雷达组件 (201, 301) 包括n个激光器 (21, 311, 312)、光学准直单元 (22, 315)、扫描转镜 (23, 321) 和1个探测器 (24, 331)，n大于1；每一个激光器 (21, 311, 312) 用于向光学准直单元 (22, 315) 发射一路激光束；光学准直单元 (22, 315) 用于对n路激光束进行准直，准直后的n路激光束射向扫描转镜 (23, 321) 的目标反射镜；扫描转镜 (23, 321) 包括绕转动轴 (3213) 转动的m个反射镜 (3211, 3212)，转动轴 (3213) 的转动平面与准直后的n路激光束的排列方向垂直，m大于1；目标反射镜用于对接收到的准直后的n路激光束反射至第一雷达组件 (201, 301) 的探测区域；探测器 (24, 331) 用于接收反射后的n路激光束在探测区域中的回波信号。多线激光雷达 (20, 30) 提供了一种“多发射一接收”的多线激光雷达结构，避免探测器间的信号串扰，提高工作性能，并降低成本。

说 明 书

多线激光雷达

本申请要求于 2017 年 12 月 29 日提交的申请号为 201711469783.8、发明名称为“多线激光雷达”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请实施例涉及激光探测技术领域，特别涉及一种多线激光雷达。

背景技术

激光雷达是通过发射激光束实现探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统。激光雷达可根据探测范围划分为周视型激光雷达和前视型激光雷达。其中，周视型激光雷达的探测范围为 360 度，前视型激光雷达的探测范围为正前方的 90 度到 110 度。相比于周视型激光雷达，前视型激光雷达探测的信息中的冗余信息较少，更加符合智能交通领域的发展趋势。

目前，前视型激光雷达通常采用“一发射多接收”的结构，也即，一个激光器发射激光束，由多个探测器来接收上述激光束的回波信号。下面将以一种典型的四线激光雷达为例，对“一发射多接收”的结构进行讲解。四线激光雷达采用 2 个“一发射两接收”的结构。结合参考图 1，其示出了一种四线激光雷达的结构示意图，其包括两个激光器、1 个 4 通道的探测器阵列和 1 个扫描转镜。其中，两个激光器包括第一激光器 111 和第二激光器 112，4 通道的探测器阵列包括第一探测器 121、第二探测器 122、第三探测器 123 和第四探测器 124，扫描转镜为双面平行棱镜 13。第一激光器 111 和第二激光器 112 在竖直方向上平行排列，用于发射激光束。双面平行棱镜 13 用于反射第一激光器 111 和第二激光器 112 发射的激光束。第一探测器 121 和第二探测器 122 用于接收第一激光器 111 发射的激光束的回波信号，第三探测器 123 和第四探测器 124 用于接收第二激光器 112 发射的激光束的回波信号，从而实现四线扫描。

由于激光雷达中的探测器的数量较多，而探测器需要在高频率、高电压的条件下工作，受制于激光雷达的体积限制，探测器之间的距离有限，因此探测器之间的信号串扰较严重，从而使激光雷达的工作性能不稳定。

发明内容

本申请实施例提供了一种多线激光雷达，可用于解决相关技术所提供的多线激光雷达工作性能不稳定的问题。

一方面，本申请实施例提供一种多线激光雷达，该多线激光雷达包括第一雷达组件，该第一雷达组件包括 n 个激光器、光学准直单元、扫描转镜和 1 个探测器，n 为大于 1 的整数；上述 n 个激光器中的每一个激光器，均用于向光学准直单元发射一路激光束；上述光学准直单元用于对 n 路激光束进行准直，准直后的 n 路激光束射向扫描转镜的目标反射镜，其中，上述扫描转镜包括转动轴和绕转动轴转动的 m 个反射镜，转动轴的转动平面与准直后的 n 路激光束的排列方向垂直，目标反射镜是 m 个反射镜中，当前转动至的位置与准直后的 n 路激

光束的出射方向相对的一个反射镜， m 为大于 1 的整数；上述目标反射镜，用于对接收到的准直后的 n 路激光束进行反射，反射后的 n 路激光束射向第一雷达组件的探测区域，其中， m 个反射镜中存在至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度；上述探测器用于接收反射后的 n 路激光束在上述探测区域中的回波信号。

本申请实施例提供的技术方案，多线激光雷达中包括采用“多发射一接收”的结构的第一雷达组件，该第一雷达组件中仅设置一个探测器，在实现多线扫描的前提下尽可能地减少探测器的数量，可以降低探测器之间的信号串扰，因此能提高多线激光雷达的工作性能，并降低多线激光雷达所需的硬件成本。另外，扫描转镜中包括至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度，因此一个激光器能实现至少两线扫描，在不增加激光器的前提下，可以增加多线激光雷达的扫描线数。

在一个可能的设计中， m 个反射镜中不同的反射镜对同一激光束具有不同的反射角度。

本设计提供的技术方案，各个反射镜对同一激光束均具有不同的反射角度，因此一个激光器能实现 m 线扫描，在不增加激光器的前提下，可以增加多线激光雷达的扫描线数。

在一个可能的设计中， m 个反射镜中第 i 个反射镜所在平面的法线与转动轴所在直线之间的夹角为 $\alpha + (i-1) \gamma$ ；其中， $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ， $\gamma = (n-1) \varepsilon_1$ ， ε_1 为第一雷达组件的垂直角分辨率， i 为小于或等于 m 的正整数。

本设计提供的技术方案，各个反射镜所在平面的法线与转动轴所在直线的夹角呈等差数列，后续扫描转镜反射激光束时各激光束之间的夹角也呈等差数列，也即多线激光雷达进行多线扫描时，各路激光束之间的排布更加均匀。

在一个可能的设计中，第一雷达组件还包括： n 条光纤， n 个激光器和 n 条光纤一一对应；上述光纤用于将激光器发射的激光束导出至光学准直单元。

本设计提供的技术方案，采用光纤将激光束导出至光学准直单元，通过光纤的密集排布，从而实现激光束的密集排布。另外，由于光纤的体积较小，采用光纤将激光束导出至光学准直单元，可以使多线激光雷达中的各部件的布局更加灵活、便捷，有助于提高光源和光学准直单元之间的定位精度，还能有效的将激光器所发射的不规则的激光束整形为圆形轮廓的平顶激光束，圆形轮廓的平顶激光束相比于不规则的激光束，能量分布更为均匀、集中，有利于提高多线激光雷达的探测距离。

在一个可能的设计中，该光纤的出光点位于上述光学准直单元的焦平面上。

本设计提供的技术方案，通过将光纤的出光点设置在光学准直的焦平面上，有利于更好地获取准直光束。

在一个可能的设计中，上述 n 条光纤中相邻两条光纤之间的纤芯间距 d 为：

$$d=f\times\tan(\varepsilon_1);$$

其中， f 为光学准直单元的焦距， ε_1 为第一雷达组件的垂直角分辨率。

本设计提供的技术方案，通过设置相邻两条光纤之间的纤芯间距，从而使激光束经过光学准直单元射出时的夹角较小，从而使探测器能完全接收激光束的回波信号，有利于提高目标探测的准确度。

在一个可能的设计中，该探测器的接收视场角 φ 为：

$$\varphi=\sigma[(n-1)\varepsilon_1+\delta];$$

其中， σ 为预设的公差因子， ε_1 为第一雷达组件的垂直角分辨率， δ 为激光束的发散角。

本设计提供的技术方案，通过合理设置探测器的接收视场角，从而使探测器能最大程度

接收激光束的回波信号，进一步提高目标探测的准确度。

在一个可能的设计中，该第一雷达组件的扫描线数为 k，则该多线激光雷达的垂直视场角 θ 为：

$$\theta = (k-1) \varepsilon_1 + \delta;$$

其中， ε_1 为第一雷达组件的垂直角分辨率， δ 为激光束的发散角。

在一个可能的设计中，各个激光器分时工作。

本设计提供的技术方案，各个激光器分时工作，可以避免探测器将其中一路激光束的回波信号错认为另一路激光束的回波信号的情况发生，从而减少信号误判。

在一个可能的设计中，准直后的 n 路激光束的排列方向为竖直方向。

本设计提供的技术方案，通过设置激光束的排列方向为竖直方向，使多线激光雷达能够探测前方的障碍物，能够应用于智能交通领域。

附图说明

图 1 是现有技术提供的多线激光雷达的示意图；

图 2 是本申请一个示例性实施例示出的多线激光雷达的示意图；

图 3 是本申请一个示例性实施例示出的四线激光雷达的示意图；

图 4 是本申请一个示例性实施例示出的四线激光雷达的扫描转镜的示意图；

图 5 是本申请一个示例性实施例示出的四线激光雷达的探测器的接收视场角的示意图；

图 6 是本申请一个示例性实施例示出的四线激光雷达的垂直视场角的示意图；

图 7 是本申请一个示例性实施例示出的四线激光雷达的工作原理图；

图 8 是本申请另一个示例性实施例示出的四线激光雷达的工作原理图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图，对本申请实施例中的技术方案进行描述。

本申请实施例提供的技术方案，多线激光雷达中包括采用“多发射一接收”的结构的第一雷达组件，该第一雷达组件中仅设置一个探测器，在实现多线扫描的前提下尽可能地减少探测器的数量，可以降低探测器之间的信号串扰，因此能提高多线激光雷达的工作性能，并降低多线激光雷达所需的硬件成本。另外，扫描转镜中包括至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度，因此一个激光器能实现至少两线扫描，在不增加激光器的前提下，可以增加多线激光雷达的扫描线数。

结合参考图 2，其示出了本申请一个实施例提供的多线激光雷达 20 的示意图。

多线激光雷达 20 包括第一雷达组件 201。多线激光雷达 20 可以包括至少一个第一雷达组件 201。在本申请实施例中，仅以多线激光雷达 20 包括一个第一雷达组件 201 进行说明。下面实施例将对第一雷达组件 201 的结构进行解释说明。

另外，除第一雷达组件 201 之外，该多线激光雷达还可以包括第二雷达组件，第二雷达组件可以是采用“一发射多接收”结构的激光雷达，也可以是采用“一发射一接收”结构的激光雷达，或者采用其它结构的激光雷达，本申请实施例对此不作限定。其中，采用“一发

射一接收”结构的激光雷达是指激光器与探测器数量相同的激光雷达。

第一雷达组件 201 可以包括：n 个激光器 21、光学准直单元 22、扫描转镜 23 和 1 个探测器 24，n 为大于 1 的整数。

n 个激光器 21 中的每一个激光器 21，用于向光学准直单元 22 发射一路激光束。可选地，激光器 21 为半导体激光器。可选地，单个激光器 21 发射激光束的频率小于或等于 50KHz(千赫兹)。例如，当单个激光器 21 发射激光束的频率为 50KHz 时，单个激光器 21 每间隔 20 μs (微秒) 发射一次激光束。

可选地，各个激光器 21 分时工作。分时工作是指各个激光器 21 发射激光束的时间互不重叠。激光器 21 发射激光束的时间不同时，则探测器 24 所接收的激光束的回波信号的时间也不同，探测器 24 能依据接收激光束的回波信号的时间确定出发射该激光束的激光器 21，从而避免各个激光器 21 同时工作时有可能出现的信号误判现象。

可选地，第一雷达组件 201 还包括 n 条光纤 25，n 个激光器 21 和 n 条光纤 25 一一对应，光纤 25 用于将激光器 21 发射的激光束导出至光学准直单元 22。由于第一雷达组件 201 在工作时要求激光器 21 发射的激光束是密集排布的，排布间隔应当不超过 0.5mm (毫米)，而各个激光器 21 均是单独封装的，体积较大，无法实现密集排布，因此在本申请实施例中，采用光纤耦合技术将激光束耦合进光纤 25，并将光纤 25 进行密集排布，从而实现激光束的密集排布。另外，光纤耦合技术使得第一雷达组件 201 中的各部件的布局更加灵活、便捷，有助于提高光源和光学准直单元 22 之间的定位精度，还能有效的将激光器 21 所发射的不规则的激光束整形为圆形轮廓的平顶激光束，圆形轮廓的平顶激光束相比于不规则的激光束，能量分布更为均匀、集中，有利于提高第一雷达组件 201 的探测距离。

可选地，光纤 25 的出光点位于光学准直单元 22 的焦平面上。光学准直单元 22 的焦平面是指经过光学准直单元 22 的焦点且垂直于系统主光轴的平面。将光纤 25 的出光点设置在光学准直单元 22 的焦平面上，有利于获取准直光束。

可选地，n 条光纤 25 中相邻两条光纤 25 之间的纤芯间距 d 为：

$$d=f \times \tan(\varepsilon_1);$$

其中，f 为光学准直单元 22 的焦距，焦距也即是光学准直单元 22 的焦点到光学准直单元 22 所处平面之间的距离。另外，为了使激光束的发散角 δ 小于预设角度，光学准直单元 22 的焦距 f 应该满足如下公式：

$$\tan(\delta)=\frac{\beta}{f};$$

其中， β 是光纤 25 的纤芯直径，示例性地， β 为 200 μm (微米)，激光束发散角 δ 为 0.6°，此时光学准直单元 22 的焦距 f 为 20mm (毫米)。

ε_1 为第一雷达组件 201 的垂直角分辨率，也即第一雷达组件 201 在垂直方向上能分辨的最小距离对应的角度。以多线激光雷达 20 应用于智能交通技术领域为例，相邻两辆车之间的最小间距不低于 100 米，小型轿车的车身高度为 1.4 至 1.6 米，为了能够对 100 米之外的小型轿车进行探测，第一雷达组件 201 的垂直角分辨率 $\varepsilon_1=\tan^{-1}(1.4/100)=0.8^\circ$ 。因此，为了满足智能交通技术领域的探测需求，第一雷达组件 201 的垂直角分辨率 ε_1 应当小于 0.8°。第一雷达组件 201 的垂直角分辨率的取值取决于光纤 25、光学准直单元 22 以及扫描转镜 23 的相关参数以及位置关系，也即通过合理设置光纤 25、光学准直单元 22 以及扫描转镜 23 的相关参数以及位置关系，可以使第一雷达组件 201 的垂直角分辨率 ε_1 小于 0.8°。

将光学准直单元 22 的焦距 f 为 20mm、第一雷达组件 201 的垂直角分辨率 ε_1 为 0.8° 代入相邻两条光纤 25 之间的纤芯间距 d 应满足的公式，得到 d 为 0.28mm。合理设置纤芯间距 d ，可以使激光束经过光学准直单元 22 射出时的夹角较小，从而使探测器 24 能完全接收激光束的回波信号，有利于提高探测准确度。

光学准直单元 22，用于对 n 路激光束进行准直，准直后的 n 路激光束射向扫描转镜 23 的目标反射镜。其中，对激光束进行准直是指使激光束中发散的光线变为平行的光线。可选地，光学准直单元 22 是准直透镜。

扫描转镜 23 包括转动轴和绕转动轴转动的 m 个反射镜， m 为大于 1 的整数。转动轴按照预设转动周期转动，从而使激光器 21 发射的激光束能依次射向各个反射镜。转动轴的转动平面与准直后的 n 路激光束的排列方向垂直。转动轴的转动平面是指转动轴中的各个质点做圆周运动时所在的平面。准直后的 n 路激光束的排列方向反映了 n 路激光束之间的排列关系，准直后的 n 路激光束的排列方向可以为竖直方向，也可以是水平方向。通过上述方式，可以使激光束能准确射向绕转动轴转动的反射镜。可选地，激光束的排列方向为竖直方向，使第一雷达组件 201 能够探测前方的障碍物，能够应用于智能交通领域。

目标反射镜是 m 个反射镜中，当前转动至的位置与准直后的 n 路激光束的出射方向相对的一个反射镜。在本申请实施例中，在转动轴的一个转动周期内，与准直后的 n 路激光束的出射方向相对的反射镜会在 m 个反射镜中逐个依次切换，因此，目标反射镜可以是 m 个反射镜中的任意一个反射镜。目标反射镜用于对接收到的所述准直后的 n 路激光束进行反射，反射后的 n 路激光束射向第一雷达组件 201 的探测区域。第一雷达组件 201 的探测区域由目标反射镜对准直后的 n 路激光束的反射方向决定。

m 个反射镜中存在至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度。反射角度是指激光束与反射镜所在平面的法线之间的夹角。同一激光束经不同的反射角度反射，可以得到多路激光束，并且上述多路激光束中的各路激光束均错开一定角度，从而在不增加用于发射激光束的激光器 21 的数量的前提下，也能够实现多线扫描。以多线激光雷达 20 包括 2 个激光器 21，扫描转镜 23 包括绕转动轴转动的 2 个反射镜，上述 2 个反射镜对同一激光束的反射角度不同为例，该第一雷达组件 201 能够实现 4 线扫描。

可选地， m 个反射镜中不同的反射角度对同一激光束具有不同的反射角度。通过上述方式，可以增加第一雷达组件 201 的扫描线数。

可选地， m 个反射镜中第 i 个反射镜所在平面的法线与转动轴所在直线之间的夹角为 $\alpha + (i-1) \gamma$ ；其中， $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ， $\gamma = (n-1) \varepsilon_1$ ， ε_1 为多线激光雷达 20 的垂直角分辨率， i 为小于或等于 m 的正整数。 α 是反射镜所在平面的法线与转动轴所在直线之间的最小夹角。在本申请实施例中，反射镜所在平面的法线与转动轴所在直线之间的夹角的差值均为 γ 。通过上述方式，可以使第一雷达组件 201 进行多线扫描时，各路激光束之间的排布更加均匀。

探测器 24，用于接收反射后的 n 路激光束在探测区域中的回波信号。当第一雷达组件 201 的探测区域中存在障碍物时，障碍物对反射后的 n 路激光束进行再一次地反射，产生回波信号，探测器 24 接收上述回波信号。在本申请实施例中，探测器 24 能够接收反射角度不同的多路激光束的回波信号，为了使探测器 24 能最大程度接收上述回波信号，探测器 24 的接收视场角 φ 为：

$$\varphi = \sigma[(n-1)\varepsilon_1 + \delta];$$

其中， σ 为预设的公差因子，由于实际应用中，光学透镜像差、机械加工误差以及大气

扰动等因素均会对激光束造成影响，导致激光束的发散角比理想值偏大，因此在设置探测器 24 的接收视场角时需要留有一定的余量，另外，探测器 24 的接收视场角较大时，外界的光噪声较大，导致激光束的回波信号的信噪比降低，因此，探测器 24 的接收视场角不能设置过大。综合上述因素，将 σ 的取值范围确定为 1 至 2。示例性地， σ 为 1.5。 ε_1 为多线激光雷达 20 的垂直角分辨率。 δ 为激光束的发散角，用于衡量激光束从束腰向外发散的速度，激光束的发散角 δ 越小，则激光束从束腰向外发散的速度越慢，激光束的能量越集中；激光束的发散角 δ 越大，激光束的能量越分散。为了提高第一雷达组件 201 的探测距离，激光束的发散角 δ 应该尽可能地小，且不超过第一雷达组件 201 的垂直角分辨率 ε_1 。示例性地，激光束的发散角 δ 为 0.6° 。

另外，第一雷达组件 201 还包括垂直视场角 θ 以及水平角分辨率 ε_2 等参数。

垂直视场角是指第一雷达组件 201 在垂直方向上能够检测到的最大范围的夹角。可选地，若第一雷达组件 201 的扫描线数为 k，第一雷达组件 201 的垂直视场角 θ 为：

$$\theta = (k - 1) \varepsilon_1 + \delta;$$

其中， ε_1 为第一雷达组件 201 的垂直角分辨率， δ 为激光束的发散角。以第一雷达组件 201 的扫描线数为 4 为例，则第一雷达组件 201 的垂直视场角 $\theta = 3\varepsilon_1 + \delta$ 。

水平角分辨率 ε_2 是指第一雷达组件 201 在水平方向上能分辨的最小距离对应的角度。以多线激光雷达 20 应用于智能交通技术领域为例，相邻两辆车之间的最小间距不低于 100 米，小型轿车的车身宽度为 1.5 至 2 米，为了能够对 100 米之外的小型轿车进行探测，第一雷达组件 201 的水平角分辨率 $\varepsilon_2 = \tan^{-1}(1.5/100) = 0.86^\circ$ 。因此，为了满足智能交通技术领域的探测需求，第一雷达组件 201 的水平角分辨率 ε_2 应当小于 0.86° 。第一雷达组件 201 的水平角分辨率 ε_2 应满足如下公式：

$$\varepsilon_2 = \frac{360}{N/K};$$

其中，N 为单个激光器 21 发射激光束的频率，K 为扫描转镜 23 的转动频率，也即第一雷达组件 201 的水平角分辨率 ε_2 由单个激光器 21 发射激光束的频率以及扫描转镜 23 的转动频率共同决定，合理设置单个激光器 21 发射激光束的频率以及扫描转镜 23 的转动频率，可以使第一雷达组件 201 的水平角分辨率 ε_2 小于 0.86° 。示例性地，N 为 20KHz，K 为 20Hz，则第一雷达组件 201 的水平角分辨率 ε_2 为 0.36° ，能满足智能交通技术领域的探测需求。

在本申请实施例中，在多线激光雷达 20 处于工作状态时，转动轴始终按照预设转动周期转动，n 个激光器 21 发射的激光束经 n 条光纤 25 导出至光学准直单元 22，经光学准直单元 22 准直的 n 路激光束射向扫描转镜 23 中正对光学准直单元 22 的反射镜，该反射镜将准直后的 n 路激光束反射至探测区域。由于扫描转镜 23 的转动轴一直在转动，因此准直后的 n 路激光束所射向的反射镜、反射镜上的位置在实时发生变化，经反射镜反射后的 n 路激光束在探测区域中的照射位置循环发生改变，以达到激光扫描的效果。若 m 个反射镜中存在至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度，则该第一雷达组件 201 能实现至少 $2n$ 线扫描；若 m 个反射镜中不同的反射角度对同一激光束具有不同的反射角度，则该第一雷达组件 201 能实现 $m \times n$ 线扫描。需要补充说明的一点是，当多线激光雷达 20 中包括多个雷达组件时，多个雷达组件之间可以共用同一光学准直单元，也可以每个雷达组件具有独立的光学准直单元；类似地，多个雷达组件之间可以共用同一扫描转镜，也可以每个雷达组件具有独立的扫描转

镜。

综上所述，本申请实施例提供的技术方案，多线激光雷达中包括采用“多发射一接收”的结构的第一雷达组件，该第一雷达组件中仅设置一个探测器，在实现多线扫描的前提下尽可能地减少探测器的数量，可以降低探测器之间的信号串扰，因此能提高多线激光雷达的工作性能，并降低多线激光雷达的硬件成本。另外，扫描转镜中包括至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度，因此一个激光器能实现至少两线扫描，在不增加激光器的前提下，可以增加多线激光雷达的扫描线数。

下面实施例将介绍一个四线激光雷达，该四线激光雷达可以应用于智能交通技术领域，例如，该四线激光雷达可安装在车头的保险杠上，以实现对车辆前方的障碍物进行探测扫描。

结合参考图3，该四线激光雷达30包括一个第一雷达组件301，第一雷达组件301包括2个激光器（分别为第一激光器311和第二激光器312）、2根光纤（分别为第一光纤313和第二光纤314）、光学准直单元315、扫描转镜321和1个探测器331。其中，激光器、光纤以及光学准直单元315组成该第一雷达组件301逻辑上的激光发射单元；扫描转镜321为该第一雷达组件301逻辑上的光束扫描单元；探测器331为该第一雷达组件301逻辑上的回波探测单元。

第一激光器311的发射端与第一光纤313的入光口连接，第二激光器312的发射端与第二光纤314的入光口连接。第一激光器311和第二激光器312均用于向光学准直单元315发射一路激光束。第一激光器311和第二激光器312分时工作。

第一激光器311发射的激光束通过第一光纤313导出至光学准直单元315，第二激光器312发射的激光束通过第二光纤314导出至光学准直单元315。第一光纤313以及第二光纤314的出光口均正对光学准直单元315。其中，第一光纤313、第二光纤314的出光点均位于光学准直单元315的焦平面上，第一光纤313和第二光纤314之间的纤芯间距d为：

$$d=f \times \tan(\varepsilon_1) ;$$

其中，f为光学准直单元315的焦距， ε_1 为第一雷达组件301的垂直角分辨率。

光学准直单元315用于对第一激光器311发射的激光束、第二激光器312发射的激光束进行准直，准直后的激光束射向扫描转镜321。

扫描转镜321包括转动轴3213和绕转动轴3213转动的第一反射镜3211和第二反射镜3212，第一反射镜3211所在平面的法线与转动轴3213所在直线的夹角为90度，第二反射镜3212所在平面的法线与转动轴3213所在直线的夹角为 $(90-\varepsilon_1)$ 。转动轴3213的转动平面与激光束的排列方向垂直，并且激光束的排列方向为竖直方向。第一反射镜3211、第二反射器3212均用于对激光束进行反射，并且第一反射镜3211和第二反射镜3212对同一激光束具有不同的反射方向。

结合参考图4，其示出了本申请一个示例性实施例示出的扫描转镜321的示意图，第一反射镜3211与第二反射镜3212之间的夹角为 ε_1 ，第一反射镜3211所在平面的法线与转动轴3213所在直线的夹角为90°，第二反射镜3212所在平面的法线与转动轴3213所在直线的夹角为 $(90^\circ - \varepsilon_1)$ 。

探测器331用于接收激光束的回波信号。探测器331位于光学准直单元315的同一侧，并且与扫描转镜321相对设置。探测器331的接收视场角 φ 为：

$$\varphi = \sigma(\varepsilon_1 + \delta);$$

其中， σ 为预设的公差因子。结合参考图 5，其示出了本申请一个示例性实施例示出四线激光雷达 30 中的探测器 331 的接收视场角 φ 的示意图。第一激光器 311 发射的一路激光束经过第一光纤 313 被导出至光学准直单元 315，第二激光器 312 发射的一路激光束经过第二光纤 314 被导出至光学准直单元 315，上述两路激光束经过光学准直单元准直后射出时形成的夹角为 ε_1 ，激光束的发散角为 δ ，探测器 331 的接收视场角 φ 应当略大于 $(\varepsilon_1 + \delta)$ 。

该第一雷达组件 301 的垂直视场角 θ 为：

$$\theta = 3\varepsilon_1 + \delta;$$

其中， ε_1 为第一雷达组件 301 的垂直角分辨率， δ 为激光束的发散角。结合参考图 6，其示出了本申请一个示例性实施例示出的第一雷达组件 301 的垂直视场角 θ 的示意图。每两路激光束之间的夹角均为 ε_1 ，激光束的发散角为 δ ，因此四线激光雷达 30 的垂直视场角 $\theta = 3\varepsilon_1 + \delta$ 。

下面将结合图 7，图 8 对第一雷达组件 301 的工作原理进行讲解。该第一雷达组件 301 处于工作状态时，扫描转镜 321 中的第一反射镜 3211、第二反射镜 3212 始终按照预设转动周期绕转动轴 3213 转动。

图 7 示出了本申请一个示例性实施例示出的第一雷达组件 301 在扫描转镜 321 的前半个转动周期（也即 0° 到 180° ）实现两线扫描的工作原理图。第一激光器 311 和第二激光器 312 发射的激光束依次射向光学准直单元 315，两路激光束经光学准直单元 315 准直后射向扫描转镜的第二反射镜 3212，第二反射镜 3212 将上述两路激光束反射至第一雷达组件 301 的前方，实现上层的 2 线扫描。若经由第二反射镜 3212 射出的激光束扫描到前方的障碍物时，此时探测器接收到激光束的回波信号。

图 8 示出了本申请一个示例性实施例示出的第一雷达组件 301 在扫描转镜 321 的后半个转动周期（也即 180° 到 360° ）实现两线扫描的工作原理图。在该实施例中。第一激光器 311 和第二激光器 312 发射的激光束依次射向光学准直单元 315，两路激光束经光学准直单元 315 准直后射向扫描转镜的第一反射镜 3211，第一反射镜 3211 将上述两路激光束反射至第一雷达组件 301 的前方，实现下层的 2 线扫描。若经由第一反射镜 3211 射出的激光束扫描到前方的障碍物时，此时探测器接收到激光束的回波信号。

应当理解的是，在本文中提及的“多个”是指两个或两个以上。“和/或”，描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。本文中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的对象。

以上所述的实施方式，对本申请实施例的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明。所应理解的是，以上所述仅为本申请实施例的示例性实施方式而已，并不用于限定本申请实施例的保护范围，凡在本申请实施例的技术方案的基础之上，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包括在本申请实施例的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种多线激光雷达，其特征在于，所述多线激光雷达包括第一雷达组件，所述第一雷达组件包括：n个激光器、光学准直单元、扫描转镜和1个探测器，所述n为大于1的整数；

所述n个激光器中的每一个激光器，用于向所述光学准直单元发射一路激光束；

所述光学准直单元，用于对所述n路激光束进行准直，准直后的n路激光束射向所述扫描转镜的目标反射镜，其中，所述扫描转镜包括转动轴和绕所述转动轴转动的m个反射镜，所述转动轴的转动平面与所述准直后的n路激光束的排列方向垂直，所述目标反射镜是所述m个反射镜中，当前转动至的位置与所述准直后的n路激光束的出射方向相对的一个反射镜，所述m为大于1的整数；

所述目标反射镜，用于对接收到的所述准直后的n路激光束进行反射，反射后的n路激光束射向所述第一雷达组件的探测区域，其中，所述m个反射镜中存在至少两个反射镜对同一激光束具有不同的反射角度；

所述探测器，用于接收所述反射后的n路激光束在所述探测区域中的回波信号。

2、根据权利要求1所述的多线激光雷达，其特征在于，所述m个反射镜中不同的反射镜对同一激光束具有不同的反射角度。

3、根据权利要求2所述的多线激光雷达，其特征在于，所述m个反射镜中第i个反射镜所在平面的法线与所述转动轴所在直线之间的夹角为 $\alpha+(i-1)\gamma$ ；其中， $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ， $\gamma = (n-1) \varepsilon_1$ ，所述 ε_1 为所述第一雷达组件的垂直角分辨率，所述i为小于或等于m的正整数。

4、根据权利要求1至3任一项所述的多线激光雷达，其特征在于，所述第一雷达组件还包括：n条光纤，所述n个激光器和所述n条光纤一一对应；

所述光纤，用于将所述激光器发射的激光束导出至所述光学准直单元。

5、根据权利要求4所述的多线激光雷达，其特征在于，所述光纤的出光点位于所述光学准直单元的焦平面上。

6、根据权利要求4所述的多线激光雷达，其特征在于，所述n条光纤中相邻两条光纤之间的纤芯间距d为：

$$d=f\tan(\varepsilon_1);$$

其中，所述f为所述光学准直单元的焦距，所述 ε_1 为所述第一雷达组件的垂直角分辨率。

7、根据权利要求1至6任一项所述的多线激光雷达，其特征在于，所述探测器的接收视场角 φ 为：

$$\varphi=\sigma[(n-1)\varepsilon_1+\delta];$$

其中，所述 σ 为预设的公差因子，所述 ε_1 为所述第一雷达组件的垂直角分辨率，所述 δ 为所述激光束的发散角。

8、根据权利要求 1 至 7 任一项所述的多线激光雷达，其特征在于，所述第一雷达组件的扫描线数为 k，所述第一雷达组件的垂直视场角 θ 为：

$$\theta = (k - 1) \varepsilon_1 + \delta;$$

其中，所述 ε_1 为所述第一雷达组件的垂直角分辨率，所述 δ 为所述激光束的发散角。

9、根据权利要求 1 至 7 任一项所述的多线激光雷达，其特征在于，各个所述激光器分时工作。

10、根据权利要求 1 至 9 任一项所述的多线激光雷达，其特征在于，所述准直后的 n 路激光束的排列方向为竖直方向。

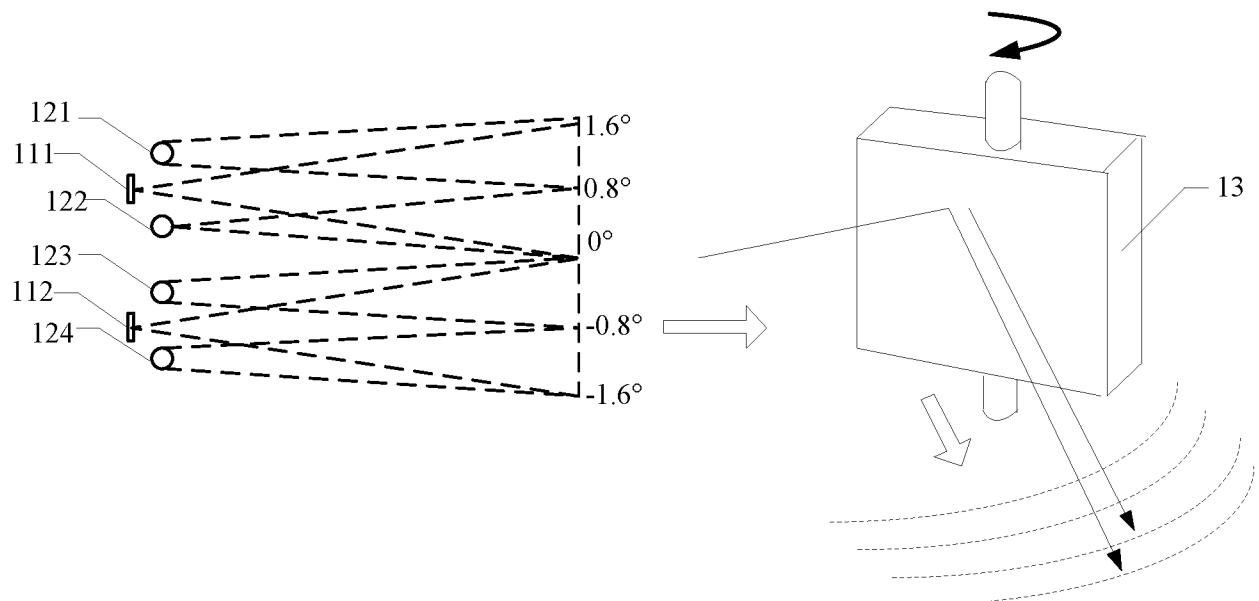


图 1

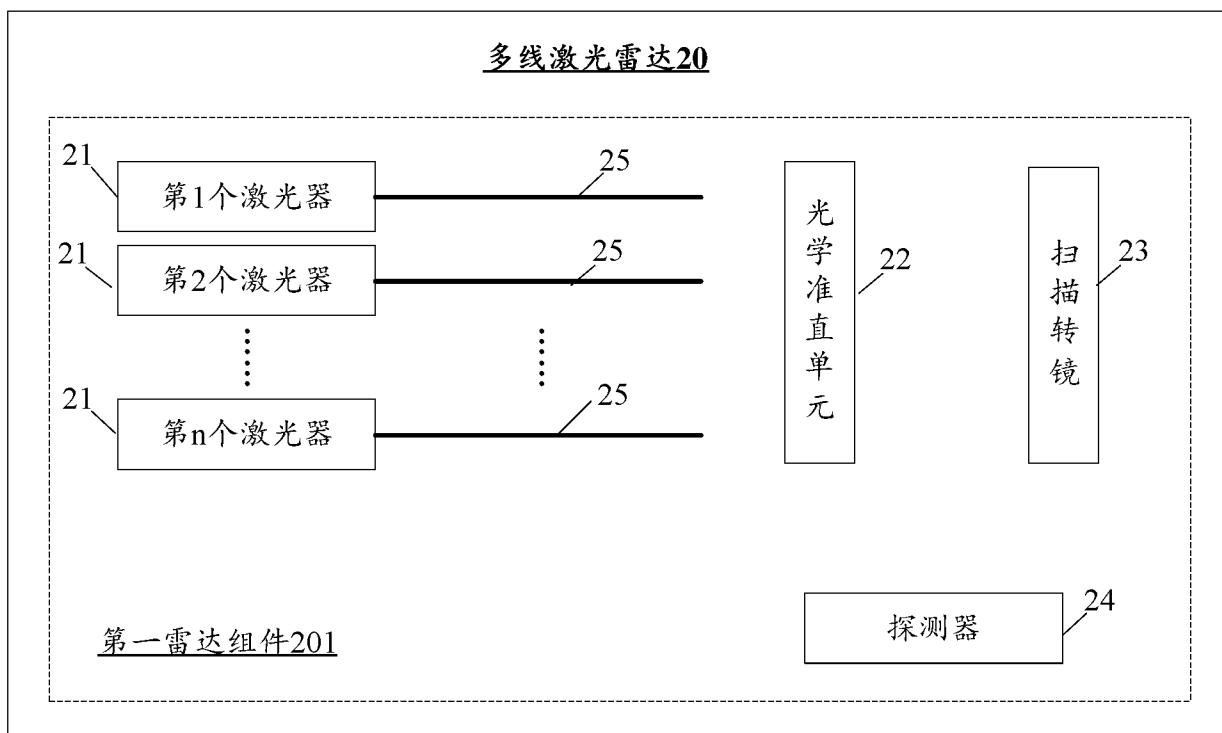


图 2

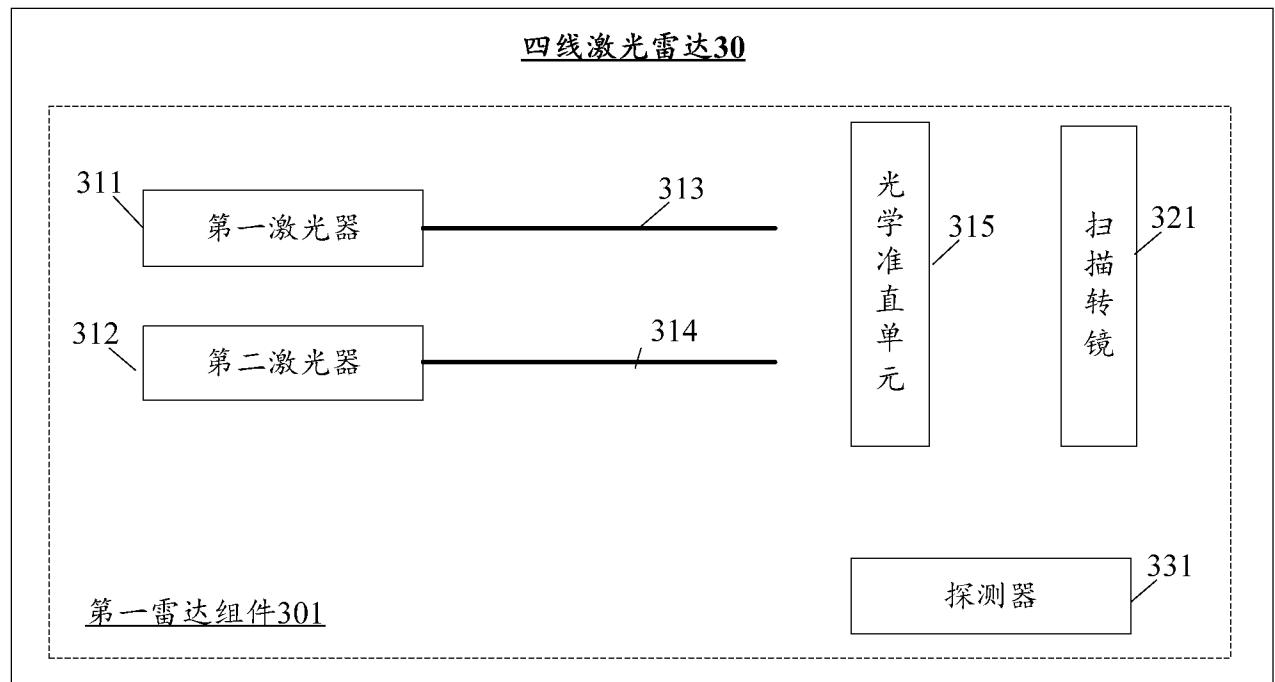


图 3

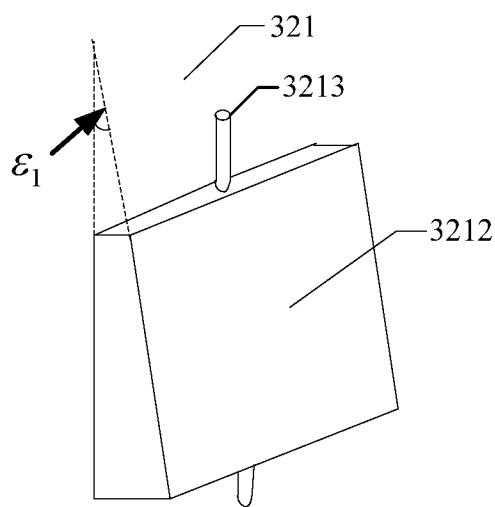


图 4

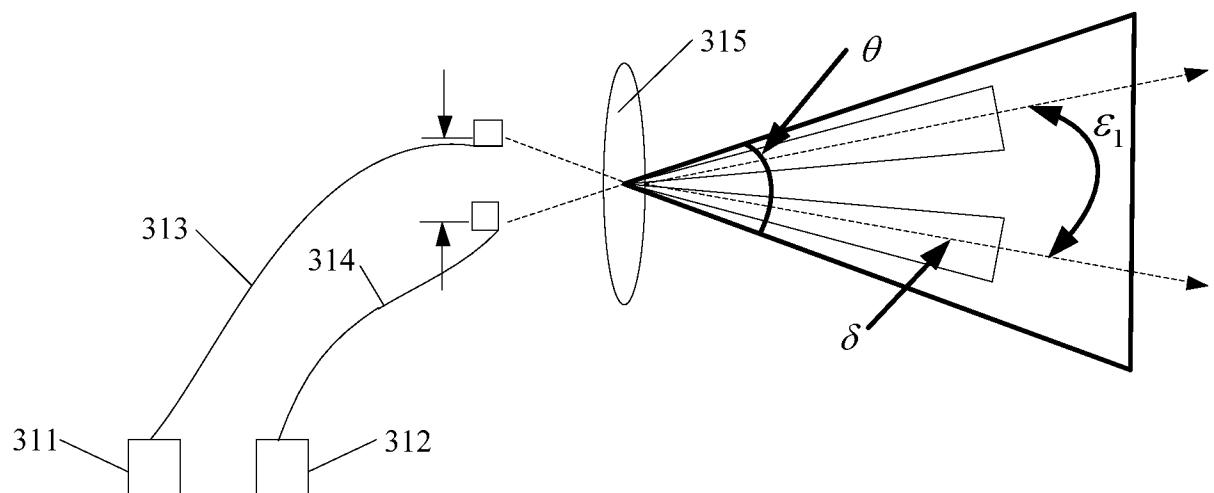


图 5

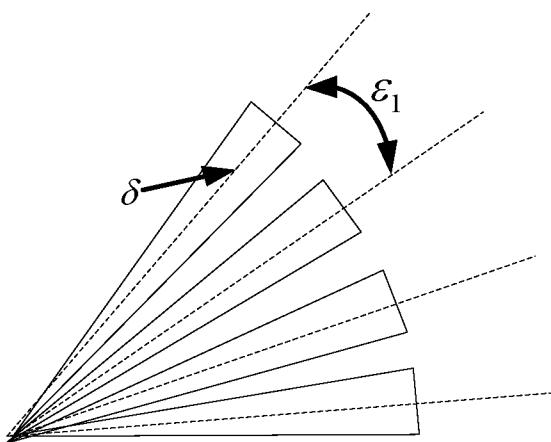


图 6

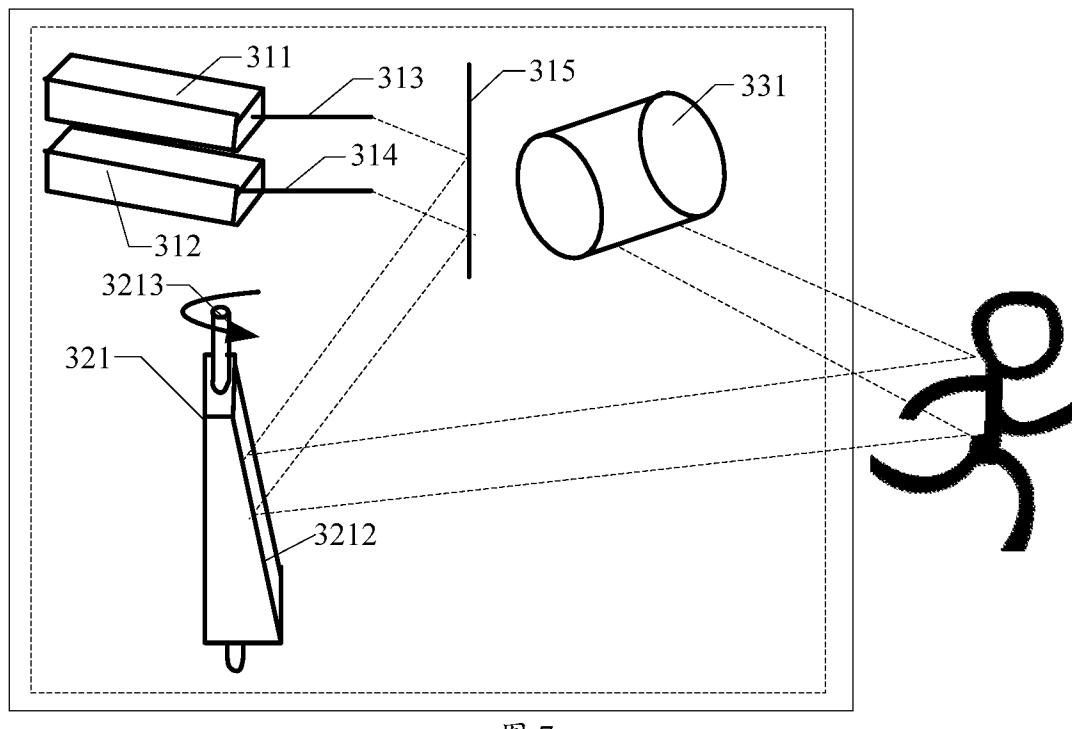


图 7

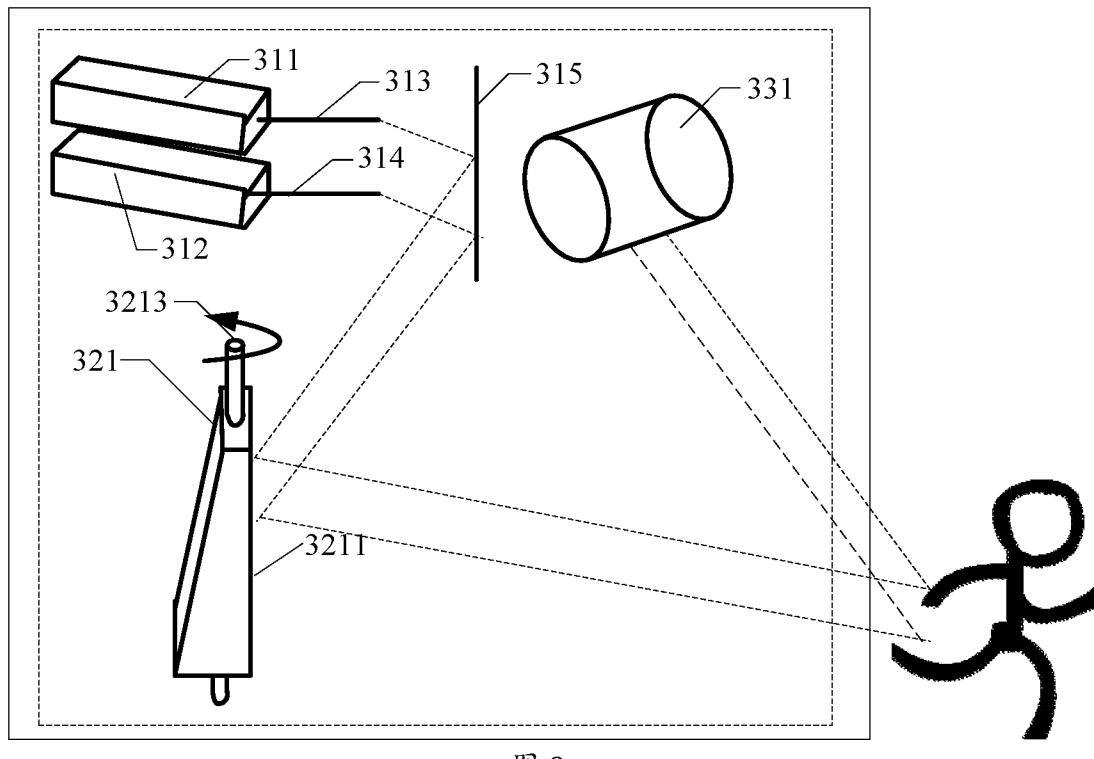


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/125305

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 17/93(2006.01)i; G01S 7/481(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S17/-; G01S7/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 华为技术有限公司, 付立鼎, 史光远, 李松, 激光, 雷达, 多线, 多个, 阵列, 激光, 发射, 光源, 一个, 单个, 单一, 接收, 探测, 旋转, 转动, 反射, 镜, 光纤, 淮直, radar, lidar, laser, multi, array, emit, ld, light, source, single, detector, pd, rotate, reflect, mirror, fiber, collimate

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108061904 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 22 May 2018 (2018-05-22) claims 1-10, description, paragraphs [0041]-[0091], and figures 2-8	1-10
X	CN 103576209 A (RICOH CO., LTD.) 12 February 2014 (2014-02-12) description, paragraphs [0031]-[0069] and [0077]-[0087], and figures 1-5 and 8-9	1-10
A	CN 101356450 A (LEDDARTECH INC.) 28 January 2009 (2009-01-28) entire document	1-10
A	CN 105785343 A (INSTITUTE OF ELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 20 July 2016 (2016-07-20) entire document	1-10
A	CN 104898125 A (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 09 September 2015 (2015-09-09) entire document	1-10
A	CN 103675831 A (RICOH CO., LTD.) 26 March 2014 (2014-03-26) entire document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 February 2019

Date of mailing of the international search report

27 March 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**National Intellectual Property Administration, PRC
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China**

Authorized officer

Facsimile No. **(86-10)62019451**

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/125305**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106371085 A (SHANGHAI BOWEI SENSING TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 February 2017 (2017-02-01) entire document	1-10
A	US 9086273 B1 (GOOGLE INC.) 21 July 2015 (2015-07-21) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/125305

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108061904	A	22 May 2018		None		
CN	103576209	A	12 February 2014	JP	2014052366	A	20 March 2014
				EP	2696166	A2	12 February 2014
				CN	103576209	B	24 August 2016
				US	2014036071	A1	06 February 2014
				US	9568358	B2	14 February 2017
CN	101356450	A	28 January 2009	US	7855376	B2	21 December 2010
				WO	2007071032	A1	28 June 2007
				CA	2633377	C	10 May 2016
				EP	1969395	B1	09 August 2017
				CN	101356450	B	05 August 2015
				US	2007228262	A1	04 October 2007
				JP	2009520194	A	21 May 2009
				JP	2014170001	A	18 September 2014
				EP	1969395	A1	17 September 2008
				CA	2633377	A1	28 June 2007
				JP	2013257888	A	26 December 2013
				US	2011205521	A1	25 August 2011
				US	8242476	B2	14 August 2012
CN	105785343	A	20 July 2016		None		
CN	104898125	A	09 September 2015	US	9831630	B2	28 November 2017
				US	2015219764	A1	06 August 2015
				CN	104898125	B	17 July 2018
				DE	102015101722	A1	06 August 2015
CN	103675831	A	26 March 2014	JP	6103179	B2	29 March 2017
				JP	2014055860	A	27 March 2014
				US	2014071428	A1	13 March 2014
				CN	103675831	B	17 August 2018
				EP	2708916	A2	19 March 2014
				US	9316495	B2	19 April 2016
CN	106371085	A	01 February 2017		None		
US	9086273	B1	21 July 2015		None		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/125305

A. 主题的分类

G01S 17/93 (2006. 01) i; G01S 7/481 (2006. 01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01S17/-; G01S7/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 华为技术有限公司, 付立鼎, 史光远, 李松, 激光, 雷达, 多线, 多个, 阵列, 激光, 发射, 光源, 一个, 单个, 单一, 接收, 探测, 旋转, 转动, 反射, 镜, 光纤, 准直, radar, lidar, laser, multi, array, emit, ld, light, source, single, detector, pd, rotate, reflect, mirror, fiber, collimate

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 108061904 A (华为技术有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 权利要求1-10, 说明书第[0041]-[0091]段, 图2-8	1-10
X	CN 103576209 A (株式会社理光) 2014年 2月 12日 (2014 - 02 - 12) 说明书第[0031]-[0069]、[0077]-[0087]段, 图1-5、8-9	1-10
A	CN 101356450 A (国家光学研究所) 2009年 1月 28日 (2009 - 01 - 28) 全文	1-10
A	CN 105785343 A (中国科学院电子学研究所) 2016年 7月 20日 (2016 - 07 - 20) 全文	1-10
A	CN 104898125 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 全文	1-10
A	CN 103675831 A (株式会社理光) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-10
A	CN 106371085 A (上海博未传感技术有限公司) 2017年 2月 1日 (2017 - 02 - 01) 全文	1-10

 其余文件在C栏的续页中列出。 见同族专利附件。

- * 引用文件的具体类型:
- "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
- "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利
- "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)
- "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
- "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

- "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件
- "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
- "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性
- "&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 2月 27日

国际检索报告邮寄日期

2019年 3月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

朱磊

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(10)-53962379

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/125305

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A 全文	US 9086273 B1 (GOOGLE INC.) 2015年 7月 21日 (2015 - 07 - 21)	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/125305

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108061904	A	2018年 5月 22日	无			
CN	103576209	A	2014年 2月 12日	JP	2014052366	A	2014年 3月 20日
				EP	2696166	A2	2014年 2月 12日
				CN	103576209	B	2016年 8月 24日
				US	2014036071	A1	2014年 2月 6日
				US	9568358	B2	2017年 2月 14日
CN	101356450	A	2009年 1月 28日	US	7855376	B2	2010年 12月 21日
				WO	2007071032	A1	2007年 6月 28日
				CA	2633377	C	2016年 5月 10日
				EP	1969395	B1	2017年 8月 9日
				CN	101356450	B	2015年 8月 5日
				US	2007228262	A1	2007年 10月 4日
				JP	2009520194	A	2009年 5月 21日
				JP	2014170001	A	2014年 9月 18日
				EP	1969395	A1	2008年 9月 17日
				CA	2633377	A1	2007年 6月 28日
				JP	2013257888	A	2013年 12月 26日
				US	2011205521	A1	2011年 8月 25日
				US	8242476	B2	2012年 8月 14日
CN	105785343	A	2016年 7月 20日	无			
CN	104898125	A	2015年 9月 9日	US	9831630	B2	2017年 11月 28日
				US	2015219764	A1	2015年 8月 6日
				CN	104898125	B	2018年 7月 17日
				DE	102015101722	A1	2015年 8月 6日
CN	103675831	A	2014年 3月 26日	JP	6103179	B2	2017年 3月 29日
				JP	2014055860	A	2014年 3月 27日
				US	2014071428	A1	2014年 3月 13日
				CN	103675831	B	2018年 8月 17日
				EP	2708916	A2	2014年 3月 19日
				US	9316495	B2	2016年 4月 19日
CN	106371085	A	2017年 2月 1日	无			
US	9086273	B1	2015年 7月 21日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)