激光雷达系统、控制方法和控制装置

本申请要求在 2024 年 3 月 20 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202410325031.8、发明名称为“激光雷达系统、控制方法和控制装置”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

本申请涉及探测技术领域，更具体地，涉及一种激光雷达系统、控制方法和控制装置。

背景技术

垂直分辨率是评价激光雷达性能的重要指标。为了获得较高的垂直分辨率，可以采用多线激光雷达。多线激光雷达采用多个发射装置和相应的探测器。发射装置和相应的探测器之间可以构成收发通道，将该多个收发通道在垂直方向上排列可以获得较高的垂直分辨率。通过增加收发通道的数量，可以提升多线雷达的垂直分辨率，也可以增加激光雷达在垂直方向的探测范围。然而，受限于成本以及可布置的空间，难以增加过多的收发通道。

在采用低通道数的激光雷达的情况下，通过设置扫描装置能够提升垂直分辨率，也可以实现大视场探测。然而，扫描装置的介入可能会导致不均匀的点云分布，也会存在收发延迟角现象，影响激光雷达的测速测距性能。因此，在采用扫描装置的情况下，如何保证激光雷达的测速测距性能成为亟待解决的问题。

发明内容

本申请提供一种激光雷达系统、控制方法和控制装置，能够在采用扫描装置的情况下改善激光雷达的测速测距性能。

第一方面，提供了一种激光雷达系统，该激光雷达系统包括发射单元、第一扫描单元和第二扫描单元。发射单元用于：发射探测光束，第一扫描单元和第二扫描单元设置于探测光束的传播路径上；第一扫描单元用于：绕第一轴线摆动，对探测光束进行慢轴的扫描；第二扫描单元用于：绕第二轴线沿顺时针方向或逆时针方向连续转动，对探测光束进行快轴的扫描。其中，第二扫描单元的扫描周期包括第一时间段和第二时间段，第二扫描单元在第一时间段进行空闲扫描，第二扫描单元在第二时间段将探测光束在物空间内扫描完成一个快轴周期；第一扫描单元用于在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置，且在第二时间段保持角位置不变。

示例性地，第一扫描单元可以为摆镜、振镜，第二扫描单元可以为转镜。在探测光束的传播路径上，探测光束由发射单元出射后，可以先经过第一扫描单元再经过第二扫描单元，或者，也可以先经过第二扫描单元再经过第一扫描单元。

示例性地，空闲扫描，可以包括在视场范围/有效视场范围之外的扫描。例如，第二扫描单元为设置有五个反射面的五棱镜时，该五棱镜的每个扫描周期对应的扫描角度为 144°；假设水平视场角为 120°，在该五棱镜的每个扫描周期中可以有 24° 的扫描角度处于空闲扫描阶段。在空闲扫描阶段，发射单元可以发射，或者也可以不发射探测光束。

一个实施例中，对于第一扫描单元的摆动过程，第一扫描单元不是由摆动过程的一端，连续转动直至摆动过程的另一端，而是采用步进的方式由一端摆动至另一端。该方式可以满足第一扫描单元在第一时间段进行角位置的调节，而在第二时间段保持角位置不变。

在实际场景下，会需要提升视场区域内的某些区域的角分辨率。比如，在采用慢扫镜+快扫镜方式中，往往通过调整慢扫镜的转动速度调整垂直视场中的角分辨率。然而，由于调整慢扫镜的转动速度需要消耗一定的时间，在慢扫镜连续转动的情况下，对于多通道的激光雷达而言，在调整慢扫镜的转动速度的时间段内，不同通道在视场区域中的扫描轨迹会存在重叠的现象，导致点云分布不均匀，影响激光雷达的性能。

本申请中，在第二扫描单元的扫描周期中的空闲扫描阶段，调整第一扫描单元的角位置；在第二扫

描单元的扫描周期中涉及视场范围内的扫描时，保持第一扫描单元的角位置不变。通过该方式，能够避免在调整第一扫描单元的角位置的过程中对点云分布情况的干扰，能够避免由于第一扫描单元的连续转动对扫描轨迹的影响，能够在采用扫描装置的情况下保证激光雷达系统的测速测距性能。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，在第二扫描单元的连续多个扫描周期中，第一扫描单元的角位置处于第一角度区间，第一角度区间可以包括多个角位置，第一角位置和第二角位置为多个角位置中相邻的两个角位置；第一角度区间与系统的垂直视场中的第一视场区域相对应，第一视场区域中的垂直角分辨率是根据第一角位置和第二角位置间的夹角确定的。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，多个角位置还可以包括与第一角位置相邻的第三角位置，第一角位置与第三角位置间的夹角等于第一角位置与第二角位置间的夹角；和/或，多个角位置还可以包括与第二角位置相邻的第四角位置，第二角位置与第四角位置间的夹角等于第一角位置与第二角位置间的夹角。

本申请中，将同一角度区间中角位置等间隔分布，使得垂直视场中与该角度区间所对应的视场区域能够具有均一的角分辨率。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，第一角位置处于第二角度区间，第二角位置处于第三角度区间，第二角度区间还可以包括与第一角位置相邻的第五角位置，第三角度区间还可以包括与第二角位置相邻的第六角位置；第二角度区间与系统的垂直视场中的第二视场区域相对应，第三角度区间与系统的垂直视场中的第三视场区域相对应，第二视场区域与第三视场区域相邻，第二视场区域中的垂直角分辨率是根据第一角位置和第五角位置间的夹角确定的，第三视场区域中的垂直角分辨率是根据第二角位置和第六角位置间的夹角确定的。

本申请中，在涉及多个角度区间的情况下，同一角度区间中的角位置等间隔分布，不同角度区间中采用不同的角位置变化量，使得垂直视场中不同的视场区域能够具有不同的角分辨率，有助于对垂直视场区域不同角分辨率区域的设置与规划。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，系统还可以包括接收单元和波导装置，接收单元用于接收探测光束的返回光，波导装置用于将返回光引导至接收单元。波导装置满足以下条件：与返回光的传播方向相反的光束经波导装置处理后所形成的波导光斑，具有非均匀的光场强度分布。

本申请中，波导装置的波导模斑具有非均匀光场强度分布，能够缓解收发延迟角对激光雷达的测速测距功能的劣化效果。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，波导光斑在沿第二轴线方向具有非均匀的光场强度分布。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，波导光斑具有非均匀的光场强度分布，可以包括：波导光斑的光场强度在沿快轴方向的右侧偏置分布、在沿快轴方向的左侧偏置分布、在沿快轴方向的左右侧对称分布，或在沿快轴方向的左右侧非对称分布。

本申请中，沿第二方向或沿快轴方向设置该具有非均匀光场强度分布的波导模斑，能够为近处至远处的目标的返回光的聚焦光斑提供不同的耦合效率，能够使得探测范围内接收到的回波功率的变化更缓慢，可以增加系统动态范围。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，波导装置可以包括以下至少一项：由多个波导基于合束工艺制成的光学器件，具有多叉结构的波导，或，光栅耦合器。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，发射单元可以包括多个光束发射通道，多个光束发射通道可以呈阵列式等间隔设置，多个光束发射通道中的每个光束发射通道可以用于发射一道探测光束。

结合第一方面，在第一方面的某些实现方式中，第二扫描单元将探测光束在物空间内扫描完成一个快扫周期，可以包括：第二扫描单元在系统的水平视场角内完成一次对探测光束的扫描。

第二方面，提供了一种控制方法，该方法可以由激光雷达系统执行，或者，可以由设置有该激光雷达系统的智能驾驶设备执行，或者，可以由该激光雷达系统对应的芯片或处理器执行。一些可能的实现方式中，该激光雷达系统对应的芯片或处理器，可以设置于雷达中，或者也可以设置于雷达外部。

该激光雷达系统可以包括第一扫描单元和第二扫描单元，该第一扫描单元和第二扫描单元设置于探测光束的传播路径上。第一扫描单元可以用于绕第一轴线摆动，对探测光束进行慢轴的扫描。第二扫描单元可以用于绕第二轴线沿顺时针方向或逆时针方向连续转动，对探测光束进行快轴的扫描。第二扫描单元的扫描周期包括第一时间段和第二时间段，第二扫描单元在第一时间段进行空闲扫描，第二扫描单

元在第二时间段将探测光束在物空间扫描完成一个快轴周期。

该方法包括：控制第一扫描单元在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置；且控制第一扫描单元在第二时间段保持角位置不变。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，在第二扫描单元的连续多个扫描周期中，第一扫描单元的角位置处于第一角度区间，第一角度区间可以包括多个角位置，第一角位置和第二角位置为多个角位置中相邻的两个角位置；第一角度区间与系统的垂直视场中的第一视场区域相对应，第一视场区域中的垂直角分辨率是根据第一角位置和第二角位置间的夹角确定的。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，多个角位置还可以包括与第一角位置相邻的第三角位置，第一角位置与第三角位置间的夹角等于第一角位置与第二角位置间的夹角；和/或，多个角位置还可以包括与第二角位置相邻的第四角位置，第二角位置与第四角位置间的夹角等于第一角位置与第二角位置间的夹角。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，第一角位置处于第二角度区间，第二角位置处于第三角度区间，第二角度区间还可以包括与第一角位置相邻的第五角位置，第三角度区间还可以包括与第二角位置相邻的第六角位置；第二角度区间与系统的垂直视场中的第二视场区域相对应，第三角度区间与系统的垂直视场中的第三视场区域相对应，第二视场区域与第三视场区域相邻，第二视场区域中的垂直角分辨率是根据第一角位置和第五角位置间的夹角确定的，第三视场区域中的垂直角分辨率是根据第二角位置和第六角位置间的夹角确定的。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，设置有第一扫描单元和第二扫描单元的激光雷达系统还包括用于发射探测光束的发射单元，该发射单元可以包括多个光束发射通道，多个光束发射通道呈阵列式等间隔设置，多个光束发射通道中的每个光束发射通道用于发射一道探测光束。

结合第二方面，在第二方面的某些实现方式中，第二扫描单元将探测光束在物空间内扫描完成一个快扫周期，可以包括：第二扫描单元在系统的水平视场角内完成一次对探测光束的扫描。

第三方面，提供了一种波导装置。该波导装置用于将探测光束的返回光引导至接收单元。波导装置满足以下条件：与返回光的传播方向相反的光束经波导装置处理后所形成的波导光斑，具有非均匀的光场强度分布。

结合第三方面，在第三方面的某些实现方式中，该波导装置可以包括以下至少一项：由多个波导基于合束工艺制成的光学器件，具有多叉结构的波导，或，光栅耦合器。

第四方面，提供了一种激光雷达系统，该激光雷达系统包括发射单元、第三扫描单元、第四扫描单元、接收单元和上述第三方面及其任一可能的实现方式中的波导装置。发射单元用于发射探测光束，第三扫描单元和第四扫描单元设置于探测光束的传播路径上。第三扫描单元，用于绕第一轴线摆动，对探测光束进行慢轴的扫描；第四扫描单元用于：绕第二轴线沿顺时针方向或逆时针方向连续转动，对探测光束进行快轴的扫描；接收单元用于：接收探测光束的返回光；波导装置用于：将返回光引导至接收单元。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，波导光斑在沿第二轴线方向具有非均匀的光场强度分布。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，波导光斑具有非均匀的光场强度分布，可以包括：波导光斑的光场强度在沿快轴方向的右侧偏置分布、在沿快轴方向的左侧偏置分布、在沿快轴方向的左右侧对称分布，或在沿快轴方向的左右侧非对称分布。

结合第四方面，在第四方面的某些实现方式中，发射单元可以包括多个光束发射通道，多个光束发射通道可以呈阵列式等间隔设置，多个光束发射通道中的每个光束发射通道可以用于发射一道探测光束。

第五方面，提供了一种控制装置，该装置包括控制单元。该控制单元用于：控制第一扫描单元在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置；且控制第一扫描单元在第二时间段保持角位置不变。

第六方面，提供了一种控制装置，该装置包括：存储器，用于存储计算机程序；处理器，用于执行该存储器中存储的计算机程序，以使得该装置执行上述第二方面及其任一可能的实现方式中的方法。

第七方面，提供了一种计算机程序产品，上述计算机程序产品包括：计算机程序代码，当上述计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行上述第二方面及其任一可能的实现方式中的方法。

第八方面，提供了一种计算机可读存储介质，上述计算机可读介质存储有计算机程序，当上述计算机程序在计算机上运行时，使得计算机执行上述第二方面及其任一可能的实现方式中的方法。

第九方面，提供了一种芯片，该芯片包括电路，用于执行上述第二方面及其任一可能的实现方式中的方法。

第十方面，提供了一种智能驾驶设备，该智能驾驶设备包括上述第一方面或第四方面及其任一可能的实现方式的系统，或者，包括第五方面或第六方面及其任一可能实现方式的装置。

一个实施例中，该智能驾驶设备包括车辆。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的一种激光雷达系统的示意图；

图 2 是本申请实施例提供的一种探测场景的示意图；

图 3 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图；

图 4 是本申请实施例提供的一种扫描轨迹的示意图；

图 5 是本申请实施例提供的另一种扫描轨迹的示意图；

图 6 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图；

图 7 是本申请实施例提供的一种控制方法的流程性示意图；

图 8 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图；

图 9 是本申请实施例提供的一种扫描镜的运动方式的示意图；

图 10 是本申请实施例提供的一种扫描轨迹的示意图；

图 11 是本申请实施例提供的一种视场区域的扫描轨迹的示意图；

图 12 是本申请实施例提供的一种波导模斑的示意图；

图 13 是本申请实施例提供的不同位置处的目标在接收面上所形成的聚焦光斑的示意图；

图 14 是本申请实施例所提供的一种接收回波功率的变化情况的示意图；

图 15 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图；

图 16 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图；

图 17 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图；

图 18 是本申请实施例提供的一种控制装置的示意性框图；

图 19 是本申请实施例提供的另一种控制装置的示意性框图。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请中的技术方案进行描述。

激光雷达可以采用某一波段的电磁波，比如紫外波段到远红外波段的电磁波、波长处于 250 纳米（nanometer，nm）至 11 微米（micrometer，μm）波段的电磁波，通过探测目标对象的散射光特性，可以获取目标对象的位置、速度等相关信息。相较于其他类型的雷达（比如毫米波雷达等），激光雷达具有更高的测量精度、更精细的时间分辨率与空间分辨率，在智能交通、自动驾驶、大气环境监测、地理测绘、无人机等领域具有广阔的应用前景。

示例性地，根据探测信号的形式，可以将激光雷达划分脉冲激光雷达、连续波激光雷达。比如，根据所采用的调制方式，连续波激光雷达可以划分为调幅连续波激光雷达，调频连续波激光雷达。调频连续波激光雷达可以理解为相干激光雷达的一种实现形式。

在采用低通道数的激光雷达的情况下，通过设置扫描装置能够提升垂直分辨率，可以实现大视场探测。

图 1 是本申请实施例提供的一种激光雷达系统的示意图。如图 1 所示，系统 100 包括发射单元 110、接收单元 120 和扫描装置 130。发射单元 110 可以包括一个或多个光源。可以由控制装置控制光学驱动器驱动光源发射探测光束。接收单元 120 可以包括探测装置，用于获取返回光信号，可以实现对返回光信号的探测。

如图 1 所示，发射单元 110 所发射的探测光束 101（简称为光束 101），可以朝向目标对象经由扫描装置 130 出射。在光束 101 照射到目标对象时，通过目标对象的反射、散射，探测光束 101 的一部分返回光信号 102（也可以称为返回光 102）返回到激光雷达系统 100。比如，返回光 102 可以经过扫描装置 130 由接收单元 120 接收。

一些可能的实现方式中，系统 100 还可以包括其他光学元件。示例性地，在光束 101 的传播路路径，

和/或，返回光 102 的传播路径上（比如，在发射单元 110、接收单元 120 与扫描装置 130 之间，和/或，在扫描装置与目标之间）可以设置有无源光学元件。无源光学元件可以包括，光束准直装置（比如透镜）、偏振片、偏振分束装置、光束分离装置等。光束分离装置、偏振分束装置可以用于获取光束 101 的本振光信号。例如，设置于光源与扫描装置之间的光束分离装置可以将光束 101 分离出朝向目标对象的第一部分，以及能够作为本振光信号的第二部分。根据返回光 102 和光束 101 的本振光信号，通过拍频，可以获取目标对象的距离信息与速度信息。

一些可能的实现方式中，发射单元 110 可以在同一时刻发射多道探测光束。也就是说，发射单元 110 可以包括多个光束发射通道。

一个实施例中，由发射单元 110 在同一时刻所发射的多道探测光束，可以是由多个激光器产生的。例如，每个激光器可以对应一个光束发射通道。

另一个实施例中，单个激光器所产生的单个探测光信号，经光束分离装置可以分离得到的多道探测光信号，使得发射单元 110 可以通过单个激光器在同一时刻发射多道探测光束。为了保障由发射单元 110 所出射的光束的功率，一些可能的实现方式中，在上述实施例中，由光束分离装置所分离出的探测光信号，可以经光放大装置（比如半导体光放大器）后，通过光纤、波导分别路由至多个光束发射通道。

以下结合图 2 对多线激光雷达所对应的发射单元进行简要说明。

图 2 是本申请实施例提供的一种探测场景的示意图。系统 200 可以包括发射单元 210、和透镜组。该透镜组中可以包括一个或多个透镜。例如，如图 2 所示，该透镜组可以包括透镜 220 和透镜 230。发射单元 210 可以包括多个光束发射通道 211 至 21n（n 为正整数）。以下以 n=4 为例，对系统 200 进行介绍。应理解，在具体实现中，可以根据具体需求确定 n 的数值，比如，n 可以为 3、5、6、8 等其他数值，本申请实施例对光束发射通道的数量不做限定。

对于相邻的光束发射通道，可以采用同间隔的方式设置该多个光束发射通道，可以采用不同间隔的方式设置该多个光束发射通道，本申请实施例对此不做限定。

一个实施例中，如图 2 所示，光束发射通道 211 至 214 可以呈阵列式等间隔排布。该多个光束发射通道 211 至 214 可以分别对应于多个激光器，或者，可以对应于多个光纤或波导。发射单元 210 可以对应于发射单元 110，透镜 220、230 可以对应于设置于发射单元 110 与扫描装置 130 间的无源光学元件。

示例性地，通过设置光束发射通道与透镜 220、230 的焦平面的位置，可以调整由光束发射通道所出射光束的指向。例如，如图 2 所示，由光束发射通道 212 和 213 分别出射的两道光束，即使二者在传播过程中可以交汇于同一位置，但是这两道光束的指向角度间仍然存在差异（如图 2 所示以夹角 θ 表示）。夹角 θ 可以满足以下公式：$\theta=\arctan(d/f)$，其中，d 可以表示光束发射通道 212 和 213 之间的间隔距离，f 可以表示透镜组的焦距。

图 3 是本申请实施例提供的一种探测场景的示意图。如图 3 所示，系统 300 可以包括发射单元 301，扫描镜 310、扫描镜 320、透镜 330 与透镜 340。图 3 中的（a）示出了由发射单元 301 出射的探测光束经扫描镜 310 和 320 传播至目标的过程；图 3 中的（b）示出了返回光由目标经扫描镜 310 和 320 传播至接收面 335 的过程。

一个实施例中，发射单元 301 可以对应于发射单元 110 或 210，扫描镜 310 和扫描镜 320 可以对应于扫描装置 130。一些可能的实现方式中，透镜 330 和透镜 340 可以为同一个透镜。

又一个实施例中，扫描镜 310、扫描镜 320 可以为振镜、摆镜、转镜等，本申请实施例对此不做限定。一些可能的实现方式中，扫描镜 320 的扫描速度大于扫描镜 310 的扫描速度，相应地，扫描镜 310 也可以称为慢扫镜，扫描镜 320 也可以称为快扫镜。

如图 3 所示，扫描镜 310 可以沿转轴 311 以旋转方向 1 转动，扫描镜 320 可以沿转轴 321 以旋转方向 2 转动。通过设置两个扫描镜 310 与 320，可以实现对快轴和慢轴的扫描。例如，转轴 311 可以沿水平方向设置，转轴 321 可以沿竖直方向设置。通过扫描镜 310 和扫描镜 320 的转动，可以实现在竖直和水平两个方向上的扫描运动。

扫描镜 310 和扫描镜 320 的转动过程是连续的。例如，扫描镜 320 绕轴线 321 以旋转方向 2 连续转动。又例如，扫描镜 310 的摆动可以分解为两个转动方向相反的连续转动过程。

在图 3 中的（a）所示场景下，由发射单元 301 出射的光束，分别经过扫描镜 310 和扫描镜 320，从扫描镜 320 朝向目标出射。通过扫描镜 310 和扫描镜 320 的转动，可以实现对多个维度的扫描。在图 3 中的 b 所示场景下，返回光可以先后经过扫描镜 320 和扫描镜 310，然后传播至透镜 340；在经过透镜 340

后，可以聚焦于接收面 335（比如光纤的端面、波导的端面）。而后该光纤、波导等传递至光信号的探测装置（图 3 未示出）。

在激光雷达系统中采用扫描装置的场景下，一方面会导致收发延迟角的现象；另一方面，在设置有多个光束发射通道的情况下，可能会存在点云分布不均匀的现象。上述问题会影响激光雷达的测速测距性能。

以下以图 3 所示场景为例，简要介绍收发延迟角现象。

示例性地，假设在探测光束从扫描镜 320 朝向目标出射的时刻，扫描镜 320 处于如图 3 中的（a）和（b）所示的姿态 1。在扫描镜 320 连续转动的情况下，对应的返回光从扫描镜 320 入射时，扫描镜 320 的角位置相较于姿态 1 会发生变化（比如，扫描镜 320 在该时刻处于如图 3 中的（b）所示姿态 2），即存在收发延迟角现象。这种角位置的改变会导致返回光在接收面 335 的聚焦位置出现偏移，如图 3 中的（b）所示。一方面，该偏移与扫描镜 320 的扫描速度（或者说转动速度）相关，该偏移随着扫描速度的增加而增大。另一方面，该偏移与目标所处的位置相关，该偏移随着目标与激光雷达系统间的距离的增加而增大。这种偏移将影响接收面 335 处的耦合效率，进而劣化传递至探测装置的信号。而且，该劣化效果随着波导、光纤的直径的减小而显著增加。

以下以图 2 所示多线激光雷达为例，以图 3 所示场景为例，结合图 4 和图 5 简要介绍点云分布不均匀的现象。假设在图 4 和图 5 场景下，发射单元 210 中的光束发射通道 211-214 在竖直方向上从上至下以等间隔的方式呈阵列式排布。

示例性地，图 4 是本申请实施例提供的一种扫描轨迹的示意图。

图 4 中的（a）可以表示在视场区域内期望进行探测的位置，或者说，图 4 中的（a）表示在视场区域内期望实现的扫描轨迹（简称期望扫描轨迹）。例如，如图 4 中的（a）所示，各期望的扫描轨迹沿垂直视场方向可以等间隔分布。

在实际场景下，单个光束发射通道所出射的探测光束通过扫描镜 320 在水平视场内进行水平方向的扫描，然而由于扫描镜 310 连续转动，该探测光束的实际扫描轨迹相较于期望扫描轨迹将会沿垂直视场方向存在一定角度的偏斜。例如，实际产生的扫描轨迹可能会如图 4 中的（b）所示。

另外，在实际场景中，可能需要提升某部分视场区域的角分辨率，这部分视场区域可以称为聚焦区域或者感兴趣区域（region of interest，ROI）。

示例性地，图 5 是本申请实施例提供的另一种扫描轨迹的示意图。

图 5 中的（a）可以表示在视场区域内期望进行探测的位置。例如，如图 5 中的（a）所示，在垂直视场中包括 ROI 区域和 ROI 区域之外的非 ROI 区域。ROI 区域与非 ROI 区域在垂直方向的角分辨率不同。例如，为实现如图 5 中的（a）所示的探测意图，在对 ROI 区域进行扫描时，扫描镜 310 可以以较低的速度转动；在对非 ROI 区域进行扫描时，扫描镜 310 可以采用较高的速度转动。也就是说，通过控制扫描镜 310 在不同的视场区域采用不同的转动速度，可以分别对如图 5 中的（a）所示的 ROI 区域以及非 ROI 区域的探测。

在实际场景下，扫描镜 310 的转动速度调整的过程，会占用一部分时间。然而，由于光束发射通道 211-214 间的间隔为固定值，在扫描镜 310 的转速调整的时间段中，扫描镜 310 和 320 的连续转动，将会导致不同光束发射通道在视场范围内所对应的扫描轨迹出现重叠，比如 x 形重叠，或 z 形重叠，如图 5 中的（b）所示。而且，在 ROI 区域与非 ROI 区域之间会存在过渡区域。以上因素会导致点云分布不均匀。例如，扫描轨迹的重叠可能会存在于过渡区域，如图 5 中的（b）所示。又例如，一些可能的实现方式中，扫描轨迹的重叠可能会存在于 ROI 区域。

鉴于此，本申请实施例提供了一种激光雷达系统、控制方法和控制装置，在采用扫描装置的情况下，能够保证激光雷达的测速测距性能。

示例性地，图 6 是本申请实施例提供的一种探测场景的示意图。如图 6 所示，探测系统 400 可以包括发射单元 410、第一扫描单元 420 和第二扫描单元 430。例如，该探测系统 400 可以为激光雷达系统。

发射单元 410 可以发射探测光束。第一扫描单元 420 和第二扫描单元 430，设置于探测光束的传播路径上。例如，发射单元 410 可以对应于发射单元 110 或 210。也就是说，在一些实施例中，发射单元 410 可以包括多个光束发射通道。又例如，发射单元 410 所发射的探测光束，可以先经过第一扫描单元 420 再经过第二扫描单元 430，然后传播至目标，如图 6 所示。又例如，发射单元 410 所发射的探测光束，可以先经过第二扫描单元 430，再经过第一扫描单元 420，然后传播至目标。也就是说，在一些实施例中，

与图 6 所示的方式不同，在沿探测光束的传播路径上，第二扫描单元 430 也可以设置于发射单元 410 和第一扫描单元 420 之间。

第一扫描单元 420，可以绕其转动轴线摆动，对探测光束进行慢轴的扫描。例如，第一扫描单元 420 可以为摆镜、振镜等。第二扫描单元 430，可以绕其转动轴线沿顺时针或逆时针方向连续转动，对探测光束进行快轴的扫描。例如，第二扫描单元可以为转镜。通过第一扫描单元 420 和第二扫描单元 430，可以实现多个维度的扫描。又例如，进行快轴扫描的扫描单元的平均转速，大于进行慢轴扫描的扫描单元的平均转速。

示例性地，第二扫描单元 430 的扫描周期可以包括第一时间段和第二时间段。第二扫描单元 430 在第一时间段进行空闲扫描，在第二时间段将探测光束在物空间内完成一次快轴周期。

一个实施例中，第二扫描单元 430 为三棱镜，该三棱镜可以包括三个反射面（反射面#1 至#3）。当某一反射面转动至探测光束的传播路径上时，该反射面可以起到扫描镜的作用。例如，该三棱镜由初始位置开始顺时针转动，转动角度在 0o-120o 期间，反射面#1 可以起到扫描镜的作用；转动角度在 120o-240o 期间，反射面#2 可以起到扫描镜的作用；转动角度在 240o-360o 期间，反射面#3 可以起到扫描镜的作用。反射面#1、#2 或#3 的扫描角度为 240o，假设水平视场角为 130o，相应的空闲扫描的角度为 110o；假设单个反射面能够作为扫描镜的时间为 24ms（即扫描周期为 24ms），探测光束在物空间内完成一次快轴周期所用的时间为 13ms，在该场景下，空闲扫描的时间为 11ms。也就是说，在该场景下，第一时间段为 11ms，第二时间段为 13ms。

又一个实施例中，第二扫描单元 430 为四棱镜，该四棱镜可以包括四个反射面。单个反射面可以起到扫描镜的作用所对应的转动角度可以为 90o，单个反射镜的扫描角度可以为 180o。假设水平视场角为 130o，相应的空闲扫描角度为 50o。假设扫描周期为 18ms，在该场景下，第一时间段可以为 5ms，第二时间段为 13ms。

一些可能的实现方式中，第二扫描单元 430 也可以为其他形式，比如，五棱镜、六棱镜，或其他形式的转镜等。水平视场角、第二扫描单元的扫描周期可以根据实际需求设置。

示例性地，第一扫描单元 420 可以用于在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置，且在第二时间段保持角位置不变。第一角位置可以为任意角位置。第二角位置可以为与第一角位置不同的任意角位置。

一个实施例中，对于第二扫描单元 430 而言，在同一个扫描周期中，第一时间段可以在第二时间段之前。相应地，第一扫描单元 420 可以先在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置，而后在第二时间段保持在第二角位置。

又一个实施例中，对于第二扫描单元 430 而言，在同一个扫描周期中，第一时间段可以在第二时间段之后。相应地，第一扫描单元 420 可以先在第二时间段保持在第一角位置，而后在第二时间段由第一角位置转动至第二角位置。

又一个实施例中，第一扫描单元 420 由第一角位置转动至第二角位置所需的时间，可以占用第一时间段中的部分或全部。例如，可以在进入第一时间段时，控制第一扫描单元 420 转动；可以在第一时间段结束时，控制第一扫描单元 420 停止转动，由此第一扫描单元 420 可以在第一时间段内由一个角位置转动至另一个角位置。又例如，可以在进入第一时间段一段时间后，控制第一扫描单元 420 转动；可以在第一时间段结束之前，提前控制第一扫描单元 420 停止转动。通过该方式，可以在控制精度不精准的情况下，降低在第二时间段保持第一扫描单元 420 角位置不变的难度。

本申请实施例中，在第二扫描单元的扫描周期中的空闲扫描阶段，调整第一扫描单元的角位置；在第二扫描单元的扫描周期中涉及视场范围内的扫描时，保持第一扫描单元的角位置不变。通过该方式，能够避免在调整第一扫描单元的角位置的过程中对点云分布情况的干扰，能够避免由于扫描机构的连续转动对扫描轨迹的影响，能够在采用扫描装置的情况下保证激光雷达系统的测速测距性能。

一些可能的实现方式中，在第二扫描单元的连续多个扫描周期中，第一扫描单元的角位置可以处于第一角度区间。第一角度区间可以包括多个角位置，在该连续的多个扫描周期，第一扫描单元可以由该多个角位置中的一个角位置转动至与其相邻的另一个角位置。也就是说，对于该多个扫描周期中的任一扫描周期而言，该扫描周期所涉及的第一角位置和第二角位置，可以为该第一角度区间中的相邻的两个角位置。

示例性地，第一角度区间可以与垂直视场区域中的第一视场区域相对应。该第一视场区域中的角位

置，可以是根据该第一角度区间中的相邻的角位置之间的夹角所确定的。

一些可能的实现方式中，对该多个连续扫描周期中的任一扫描周期而言，第一角度区间中的角位置包括与第一角位置相邻的第三角位置，和/或，与第二角位置相邻的第四角位置。第一角位置和第三角位置间的夹角可以等于第一角位置和第二角位置间的夹角，和/或，第二角位置与第四角位置间的夹角可以等于第一角位置和第二角位置间的夹角。

一个实施例中，角度区间 A 中包括角位置#1 至角位置#4。在第二扫描单元 430 的扫描周期#1 中，第一扫描单元 420 由角位置#1 转动至角位置#2；在第二扫描单元 430 的扫描周期#2 中，第一扫描单元 420 由角位置#2 转动至角位置#3；在第二扫描单元 430 的扫描周期#3 中，第一扫描单元 420 由角位置#3 转动至角位置#4。扫描周期#1 至扫描周期#3 连续，角位置#1 至角位置#4 依次相邻。例如，对于扫描周期#1 而言，角位置#3 可以理解为第四角位置。又例如，对于扫描周期#2 而言，角位置#1 可以理解为第三角位置，角位置#4 可以理解为第四角位置。又例如，角度区间 A 中的角位置可以等间隔分布，也就是说，角位置#1 和角位置#2 间的夹角、角位置#2 和角位置#3 间的夹角，以及角位置#3 和角位置#4 间的夹角相等。在垂直视场中与该角度区间 A 相对应的视场区域，其垂直方向的角分辨率可以等于该夹角。

本申请实施例中，将同一角度区间中角位置等间隔分布，可以使得垂直视场中与该角度区间所对应的视场区域具有均一的角分辨率。

一些可能的实现方式中，对于第二扫描单元的某个扫描周期，该扫描周期所涉及的第一角位置和第二角位置，可以处于不同的角度区间。例如，第一角位置处于第二角度区间，第二角位置处于第三角度区间。第二角度区间还可以包括与第一角位置相邻的第五角位置；第三角度区间还可以包括与第二角位置相邻的第六角位置。

示例性地，第二角度区间可以与垂直视场区域中的第二视场区域相对应，第二视场区域中的垂直角分辨率，可以根据第一角位置和第五角位置间的夹角确定。第三角度区间可以与垂直视场区域中的第三视场区域相对应，第三视场区域中的垂直角分辨率，可以根据第二角位置和第六角位置间的夹角确定。

一个实施例中，角度区间 B 包括角位置#5 和角位置#6，角度区间 C 包括角位置#7 和角位置#8。在第二扫描单元 430 的扫描周期#4 中，第一扫描单元 420 由角位置#5 转动至角位置#6；在第二扫描单元 430 的扫描周期#5 中，第一扫描单元 420 由角位置#6 转动至角位置#7；在第二扫描单元 430 的扫描周期#6 中，第一扫描单元 420 由角位置#7 转动至角位置#8。例如，对于扫描周期#5 而言，角位置#5 可以理解为第五角位置，角位置#8 可以理解为第六角位置。又例如，在垂直视场中与该角度区间 B 相对应的视场区域，其垂直方向的角分辨率可以等于角位置#5 和角位置#6 之间的夹角。又例如，角度区间 B 还可以包括其他角位置，角度区间 B 中的角位置可以等间隔分布，且相邻角位置间的夹角等于角位置#5 和角位置#6 之间的夹角。类似地，在垂直视场中与该角度区间 C 相对应的视场区域，其垂直方向的角分辨率可以等于角位置#7 和角位置#8 之间的夹角。

本申请实施例中，在涉及多个角度区间的情况下，同一角度区间中的角位置等间隔分布，不同角度区间中采用不同的角位置变化量，可以使得垂直视场中不同的视场区域具有不同的角分辨率，有助于对垂直视场区域不同角分辨率区域的设置与规划。

一些可能的实现方式中，系统 400 还可以包括接收单元 440，接收单元 440 可以用于接收探测光束的返回光。

一些可能的实现方式中，系统 400 还可以包括波导装置 450，波导装置 450 可以用于将返回光引导至接收单元 440。例如，探测光束的返回光可以汇聚于波导装置 450 的接收耦合面，波导装置 450 可以将其接收耦合面上汇聚的返回光引导至探测装置，对返回光进行探测。

示例性地，与返回光的传播方向相反的光束，在经波导装置 450 处理后所形成的波导光斑具有非均匀的光场强度分布。例如，该波导光斑在沿第二扫描单元 430 的轴线方向具有非均匀的光场强度分布。又例如，该波导光斑的光场强度在沿快轴方向的右侧偏置分布。又例如，该波导光斑的光场强度在沿快轴方向的左侧偏置分布。又例如，该波导光斑的光场强度在沿快轴方向的左右侧对称分布。又例如，该波导光斑的光场强度在沿快轴方向的左右侧非对称分布。

示例性地，该波导装置 450 可以包括：多个波导基于合束工艺所制成的光学器件、具有多叉结构的波导，或光栅耦合器。

一些可能的实现方式中，接收单元 440 可以包括多个光束接收通道。接收单元 440 所包含的光束接收通道的数量，与发射单元 410 所包含的光束发射通道的数量相同。系统 400 可以包括多个波导装置 450。

例如，对于一个光束发射通道所发射的一道探测光束，可以由一个波导装置 450 将该探测光束的返回光引导至该光束发射通道所对应的光束接收通道。

需要说明的是，图 6 中关于探测系统的描述只是示例，本申请实施例对于该探测系统的具体结构不作限定。例如，一些可能的实现方式中，接收单元 440 可以与发射单元 410 相耦合。又例如，与图 6 所示方式不同，一些可能的实现方式中，接收单元 440 与发射单元 410 可以同轴设置。又例如，一些可能的实现方式中，在发射单元 410 和/或接收单元 440 与扫描单元之间，可以设置有透镜、偏振片等无源光学元件。

示例性地，图 7 是本申请实施例提供的一种控制方法的流程性示意图。该方法 500 可以由激光雷达系统执行，或者可以由设置有该激光雷达系统的智能驾驶设备执行，或者可以由该激光雷达系统对应的控制装置执行，或者可以由该控制装置中的芯片或处理器执行。该激光雷达系统所对应的控制装置，可以耦合与该系统中，或者也可以独立于该系统之外。该方法 500 可以包括：

S510，控制第一扫描单元在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置。

S520，控制第一扫描单元在第二时间段保持角位置不变。

示例性地，第二扫描单元的扫描周期可以包括第一时间段和第二时间段。第一角位置可以为任意角位置，第二角位置可以为不同于第一角位置的任意角位置。

一个实施例中，对于第二扫描单元的一个扫描周期而言，在进入该扫描周期的第一时间段时，第一扫描单元所处的角位置可以理解为第一角位置；在该第一时间段结束时，第一扫描单元所处的角位置可以理解为第二角位置。

又一个实施例中，在进入第一时间段后，第一扫描单元可以先保持其角位置处于第一角位置一段时间之后，再由第一角位置转动至第二角位置。

又一个实施例中，第一扫描单元可以在第一时间段结束之前提前一段时间转动至第二角位置，而后保持其角位置不变直至第一时间段结束。

又一个实施例中，可以通过负反馈调节，在第二时间段将第二扫描单元的角位置维持在某一角位置。

示例性地，在同一个扫描周期中，当第一时间段处于第二时间段之前时，可以先执行步骤 S510。在同一个扫描周期中，当第一时间段处于第二时间段之前时，可以先执行步骤 S520。

示例性地，关于第一扫描单元、第二扫描单元、第一时间段、第二时间段、第一角位置和第二角位置，可以参照系统 400 中相关的描述。

以下结合图 8 至图 11，对系统 400、方法 500 中所涉及的第一扫描单元 420 的转动方式，进行解释和说明。

示例性地，图 8 是本申请实施例提供的一种探测场景的示意图。如图 8 所示，系统 700 可以包括发射单元 301、扫描镜 710 和转镜 720。系统 700 可以理解为系统 400 的扩展或变形。

一些可能的实现方式中，扫描镜 710 可以采用与扫描镜 310 相同的结构、外形、构造，与扫描镜 310 的区别在于，采用方法 500 控制扫描镜 710 的转动过程，而不是通过采用转动方向相反的两个连续转动过程实现扫描镜 710 的摆动。扫描镜 710 可以作为第一扫描单元 420 的一个示例。

一个实施例中，通过采用方法 500 控制扫描镜 310 转动，可以实现扫描镜 710 的功能。

一些可能的实现方式中，转镜 720 为包括多个反射面的转镜，其外形可以为五棱柱或近似为五棱柱，如图 8 所示。在处于探测光束的传播路径上时，反射面 721 至 725 可以对应于扫描镜 320，可以实现扫描镜 320 的效果。转镜 720 可以作为第二扫描单元 430 的一个示例。

一个实施例中，转轴 730 可以竖直设置，转镜 720 绕转轴 730 转动时，可以对来自扫描镜 710 的光束实现水平方向的扫描。在转轴 311 沿水平设置的情况下，扫描镜 710 绕转轴 311 转动时，可以实现垂直方向的扫描过程。

示例性地，以反射面 721 为例，假设转镜 720 沿顺时针旋转，从转镜 720 位于反射面 721 开始处于探测光束的传播路径的角位置时起，到转镜 720 位于反射面 725 开始处于探测光束的传播路径的角位置时为止，反射面 721 可以作为扫描镜 320。在该反射面 721 作为扫描镜 320 期间，来自扫描镜 710 的入射光束，其在反射面 721 所形成的出射光束随着转镜 720 的转动而旋转。在反射面 721 作为扫描镜 320 期间，该转镜 720 所转动的角度为 72°，相应地，转镜 720 在水平方向可实现的扫描角度为 144°。

在该场景下，由于转镜 720 在水平方向可实现的扫描角度为 144°，相应地，水平视场（horizontal field of view，HFOV）最大可以设置为 144°；垂直视场（vertical field of view，VFOV）与扫描镜 710 的

可转动角度相关。假设系统 700 的水平视场（比如 120°）小于该扫描角度。在水平视场小于该扫描角度时，在转镜 720 的扫描周期中，可以包括第一时间段和第二时间段。

以下结合图 9 和图 10，以图 8 所示场景为例，对调整第一扫描单元的角位置的方式进行简要说明。

示例性地，图 9 是本申请实施例提供的一种扫描镜的运动方式的示意图。如图 9 所示，扫描镜 710 可以以步进的方式进行运动。扫描镜 710 由一个角位置步进至另一个角位置后，在该角位置停留一段时间；而后再步进至下一个角位置。

如图 9 所示，在一个步进周期内，扫描镜 710 可以进行多次步进（比如 20 次）。扫描镜 710 所处的角位置，可以随着步进的进行，由角度区间 1 逐渐调整至角度区间 5。对于角度区间 1 至角度区间 5，一个角度区间可以包括一个至多个角位置。同一个角度区间内，多个角位置间可以采用相同的步进角度。不同的角度区间之间的步进，可以根据实际需求进行调整。例如，在角度区间 1，可以包括 1 个角位置。又例如，在角度区间 2，可以包括 2 个角位置。又例如，在角度区间 3，以步进角度 0.25o 实现该区间内的 5 个角位置间的步进。又例如，在角度区间 4，以步进角度 0.1o 实现该区间内 10 个角位置间的步进。又例如，在角度区间 5，可以以步进角度 0.5o 实现在该区间内的 2 个角位置间的步进。通过不同步进角度，可以在垂直方向视场区域的不同位置实现不同的角分辨率。

示例性地，假设发射单元 701 对应于图 2 所示发射单元 210，设置有光束发射通道 211 至 214。例如，扫描镜 710 从角度区间 1 开始运动，扫描镜 710 可以在时刻#1 转动至该角度区间内的角位置 1-1，可以保持在该角位置直至时刻#2；在时刻#1 至时刻#2 之间，系统 700 在转镜 720 的第一个光学面（比如反射面 721）的扫描作用下，可以实现水平方向有效视场区域内的一次扫描，比如该水平有效视场区域为 120o。又例如，在此之后，转镜 720 在时刻#2 至时刻#4 进行空闲扫描；相应地，扫描镜 710 可以在时刻#4 转动至角度区间 2 中的第一个角位置（即角位置 2-1），或者也可以在时刻#4 之前（比如时刻#3）提前转动至该角位置 2-1。又例如，扫描镜 710 可以保持在该角位置 2-1 直至时刻#5；相应地，系统 700 在转镜 720 的第二个光学面（比如反射面 725）的扫描作用下，可以实现水平方向有效视场区域内的一次扫描。又例如，在此之后，转镜 720 在时刻#5 至时刻#7 进行空闲扫描；相应地，扫描镜 710 可以在时刻#7 转动至角度区间 2 中的第二个角位置（即角位置 2-2）。又例如，扫描镜 710 可以保持在该角位置 2-2 直至时刻#8；相应地，系统 700 在转镜 720 的第三个光学面（比如反射面 724）的扫描作用下，可以实现水平方向有效视场区域内的一次扫描。以上述方式，可以实现扫描镜 710 由角度区间 1 至角度区间 5 的步进。以下结合图 10，介绍在扫描镜 710 以上述方式转动时系统 700 所产生的扫描轨迹。

示例性地，图 10 是本申请实施例提供的一种扫描轨迹的示意图。

如图 10 所示，转镜 720 可以分别在时刻#1 至时刻#2、时刻#4 至时刻#5、时刻#7 至时刻#8，以及时刻#9 至时刻#10 完成一次有效水平视场内的扫描，上述时间段可以对应于第二时间段。转镜 720 可以分别在时刻#2 至时刻#4、时刻#5 至时刻#7，以及时刻#8 至时刻#9，进行空闲扫描。

一个实施例中，转镜 720 的扫描周期#1 可以包括时刻#1 至时刻#4。也就是说，在该扫描周期中，第二时间段处于第一时间段之前。

又一个实施例中，转镜 720 的扫描周期#2 可以包括时刻#2 至时刻#5。也就是说，在该扫描周期中，第一时间段处于第二时间段之前。

又一个实施例中，扫描镜 720 的扫描周期#3 可以包括时刻#3 至时刻#6。其中，时刻#2 至时刻#3 之间的时间段，等于时刻#5 至时刻#6 之间的时间段。也就是说，在该扫描周期中，第一时间段可以是非连续的时间段。

又一个实施例中，转镜 720 的扫描周期的起始点，与转镜 720 的反射面进入探测光束的传播路径的时刻，可以相同或不同。以上述扫描周期#2 为例，扫描周期#2 的起始点为时刻#2，结束点为时刻#5。例如，转镜 720 的反射面 721 可以在时刻#1 至时刻#4 处于探测光束的传播路径上，转镜 720 的反射面 725 可以在时刻#4 至时刻#7 处在探测光束的传播路径上。又例如，转镜 720 的反射面 721 可以在时刻#2 之前处于探测光束的传播路径上，在此之后，转镜 720 的反射面 725 可以在时刻#2 至时刻#5 处于探测光束的传播路径上。又例如，转镜 720 的反射面 721 可以在时刻#3 之前处于探测光束的传播路径上，在此之后，转镜 720 的反射面 725 可以在时刻#3 至时刻#6 处于探测光束的传播路径上。

示例性地，图 11 是本申请实施例提供的一种视场区域的扫描轨迹的示意图。例如，在视场区域内，图 9、图 10 中的扫描方式对应的扫描轨迹可以如图 11 所示。

如图 11 所示，视场区域 1 至视场区域 5，可以分别与角度区间 1 至角度区间 5 相对应。例如，与视

场区域 1、视场区域 5 相比，视场区域 3、4 可以理解为 ROI 区域。与图 5 的（b）中的扫描轨迹相比，在涉及 ROI 区域的情况下，不会导致扫描轨迹间的重叠，也不会导致 ROI 区域与非 ROI 区域间的过渡区域，也不会涉及由多个光束发射通道对同一探测位置进行多次扫描。可以获得均匀的点云分布。

以下结合图 12 至图 15，对系统 600 中所涉及的波导装置 350，进行解释和说明。

示例性地，图 12 是本申请实施例提供的一种波导模斑的示意图。图 12 中所涉及的波导模斑，可以为波导装置 350 的波导模斑的示例。例如，如图 12 中的（a）所示，在第一方向上，该波导模斑可以为右侧偏置的。在波导模斑上某一位置处的颜色越深，可以表示在该位置处的光场强度越强；光场强度可以是渐变的。又例如，如图 12 中的（b）所示，该波导模斑可以为左右非对称的。又例如，如图 12 中的（c）所示，该波导模斑可以为左右对称的。又例如，如图 12 中的（d）所示，该波导模斑可以为左侧偏置的。

一个实施例中，该第一方向可以对应于图 3 中的（b）中扫描镜姿态变化时返回光的聚焦点在接收面上的偏移方向。例如，该第一方向可以为第二扫描单元的转动轴线的方向。又例如，该第一方向可以为快轴方向。

如上所述，由于扫描镜的转动，目标的返回光在接收面上所形成的聚焦光斑会存在偏移，比如，如图 3 中的（b）所示。该偏移量随着扫描镜的转动速度的增加而增大；在扫描镜的转动速度不变时，该偏移量随着目标与激光雷达间的距离的增加而增大。

示例性地，图 13 示出了不同位置处的目标在接收面上所形成的聚焦光斑的示意图。如图 13 所示，随着目标与激光雷达间的距离的增加，其返回光在接收面上的聚焦光斑在第一方向上的偏移量增加。而且，当在激光雷达系统（比如系统 100、300、400）的接收侧采用传统波导时，由于传统波导装置的波导模斑具有均匀的光场强度分布，仅能某个特定距离处的目标的回波达到最大耦合效率，收发延迟角将会导致其他距离处的目标的回波的耦合效率降低。

示例性地，在激光雷达系统（比如系统 100、300、400）的接收侧采用波导装置 450 时，通过匹配波导装置 450 的波导模斑与返回光在接收面上的聚焦光斑，可以将接收的回波能量尽量耦合至波导装置 450 中。由于波导装置 450 具有非均匀的波导模斑，可以在波导装置 450 的波导模斑的不同位置，对汇聚的返回光的光斑设置不同的耦合效率。

一个实施例中，对于近处的目标，其返回光的回波能量较高，可以在该返回光的聚焦光斑所在的区域设置较低的耦合效率。对于远处的目标，其返回光回波能量较低，可以在该返回光的聚焦光斑所在的区域设置较高的耦合效率。

示例性地，图 14 是本申请实施例所提供的接收回波功率的变化情况的示意图。例如，对于设置有传统波导的激光雷达以及设置有波导装置 450 的激光雷达，二者的接收回波功率随目标的距离的变化，可以如图 14 所示。

本申请实施例中，将从近处到远处的目标的回波都接收到波导装置 450 中，通过为近处至远处的目标的返回光光斑设置不同的耦合效率，能够使得探测范围内接收到的回波功率的变化更缓慢，可以增加系统动态范围。

示例性地，图 15 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图。该系统 800 可以理解为系统 400 的扩展或变形。

一个实施例中，发射单元和接收单元可以耦合于装置 810。在系统 800 中，在探测光束和返回光的传播路径上，可以设置有透镜、偏振分束装置、光束偏折装置等光学元件，部分光学元件也可以耦合于该装置 810。

又一个实施例中，当发射单元采用多个光束发射通道（比如光束发射通道 211-214）时，相应地，接收单元可以包括多个光束接收通道，比如光束接收通道 251-254，如图 15 所示。光束接收通道 251-254 可以分别与光束发射通道 211-214 相对应。针对单个光束接收通道，可以设置对应的波导装置 450，将由透镜汇聚的返回光引导至该光束接收通道。

又一个实施例中，该装置 810 可以耦合有一个激光光源，可以通过分光形成多个光束发射通道。一些可能的实现方式中，该装置 810 可以耦合有多个激光光源。

示例性地，该装置 810 可以为硅光芯片。例如，该硅光芯片可以采用氮化硅波导平台、氮氧化硅波导平台或绝缘体上硅（silicon-on-insulator，SOI）波导平台。又例如，该硅光芯片可以采用多种类型波导层叠的多层波导平台。本申请实施例对于硅光芯片所采用的材料平台不做限定。

示例性地，图 16 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图。系统 900 可以理解为系统 400、

700 或 800 的变形或扩展。装置 910 可以理解为装置 810 的扩展或变形，装置 920 可以与装置 910 具有相同的功能。

如图 16 所示，控制装置可以控制激光驱动器驱动激光光源发光，激光光源产生的光束经光束分离器可以获得对应于多个光束发射通道的多个光束；经光束放大装置之后，经过透镜以及偏振分束装置可以传播至扫描镜 710，而后经转镜 720 后朝向目标出射。在目标处产生的返回光，经转镜 720、扫描镜 710 后传递至偏振分束装置，经偏振分束装置分束后传播至耦合器，而后经混合器后可以传播至探测器。控制装置与探测器之间可以设置有多个跨阻放大器（trans impedance amplifier，TIA）。

在系统 900 中，可以根据如图 7 至图 11 所示方式控制扫描镜 710 转动。耦合器可以对应于波导装置 450。

示例性地，图 17 是本申请实施例提供的另一种探测场景的示意图。系统 1000 可以理解为系统 400、700、800 或 900 的变形或扩展。装置 1010 可以理解为装置 910 的变形或扩展；光学元件 1020 可以包括透镜、光阑、偏振片、光束准直装置等；扫描装置 1030 可以包括第一扫描单元 420 和第二扫描单元 430。

一个实施例中，装置 1010 可以为硅光芯片。

在系统 1000 中，控制与数据处理装置，可以通过控制激光驱动器驱动激光光源发光。激光光源所产生的探测光束，经光束分离器与光放大器，可以通过发射侧耦合器从装置 1010 射出。经光学元件 1020、扫描装置 1030 可以传播至目标。例如，该激光光源可以为调频连续波（frequency modulated continuous waves，FMCW）激光光源。

在系统 1000 中，探测光束的返回光，可以经接收侧耦合器、混合器后，可以传播至光电二极管（photo diode，PD）阵列，而后由 PD 阵列检测返回光信号。例如，接收侧耦合器可以对应于波导装置 450。

在系统 1000 中，可以通过非对称马赫曾德尔干涉仪（asymmetric mach-zehnder interferometer，AMZI）、本振光分离器，获得探测光束的本振光。另外，对于控制、数据处理过程中所涉及的模数转换操作，可以通过模数转换器（analogue to digital converter，ADC）执行。

一些可能的实现方式中，控制与数据处理装置可以采用方法 500 控制扫描装置 1030 中的扫描镜运动。

一些可能的实现方式中，该系统 1000 中还可以包括 TIA 放大电路、ADC 采样电路、激光器驱动电路、控制与数据处理电路等。

上文中结合图 7 至图 11 详细说明了本申请实施例提供的方法。下面将结合图 18 和图 19 详细说明本申请实施例提供的装置。装置实施例的描述与方法实施例的描述相互对应，因此，未详细描述的内容可以参见上文方法实施例。

示例性地，图 18 示出了本申请实施例提供的一种控制装置（以下简称装置 2000）的示意性框图，该装置可以包括控制单元 2010。

该装置 2000 可以包括执行图 7 至图 11 中任一方法的单元，并且该装置 2000 中各单元可以用于执行上述图 7 至图 11 中任一方法实施例中的相应流程。

其中，该装置 2000 用于执行图 7 中的方法 500 时，控制单元 2010 可以用于执行方法 500 中的步骤 S510 和 S520。

具体地，该控制单元 2010，可以用于：控制第一扫描单元在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置；控制第一扫描单元在第二时间段保持角位置不变。

示例性地，该控制装置可以为激光雷达，或者，可以为该激光雷达中的芯片或处理器，或者，可以为智能驾驶设备中用于对该雷达进行信号处理或控制的终端（比如计算平台），或者该终端中的芯片或处理器，或者可以为激光雷达所对应的控制装置中的芯片或处理器等。

一些可能的实现方式中，该装置 2000 还可以包括获取单元 2020，该获取单元 2020 可以用于获取第二扫描单元的扫描周期；可以用于确定第一时间段和第二时间段。

应理解，以上装置中各单元的划分仅是一种逻辑功能的划分，实际实现时可以全部或部分集成到一个物理实体上，也可以物理上分开。以上装置的所有单元可以全部通过处理器调用软件的形式实现，或全部通过硬件电路的形式实现，或部分通过处理器调用软件的形式实现，剩余部分通过硬件电路的形式实现。

在具体实现过程中，上述控制单元 2010 可以由至少一个处理器或处理器相关电路实现，获取单元 2020 可以由至少一个收发器或收发器相关电路实现。一示例中，一个或多个处理器，可以控制第一扫描

单元在第一时间段由第一角位置转动至第二角位置。一示例中，一个或多个处理器，可以控制第一扫描单元在第二时间段保持角位置不变。示例性地，在具体实现过程中，该装置 2000 可以为设置有激光雷达的智能驾驶设备，或者，设置于该智能驾驶设备中的芯片或处理器。

示例性地，图 18 是本申请实施例提供的另一种控制装置 3000（以下简称装置 3000）的示意性框图。该装置 3000 可以包括：处理器 3010、接口电路 3020 以及存储器 3030。其中，处理器 3010、接口电路 3020 以及存储器 3030 通过内部连接通路相连，该存储器 3030 用于存储指令，该处理器 3010 用于执行该存储器 3030 存储的指令，以接口电路 3020 接收/发送部分参数。可选地，存储器 3030 既可以和处理器 3010 通过接口耦合，也可以和处理器 3010 集成在一起。

需要说明的是，上述接口电路 3020 可以包括但不限于输入/输出接口（input/output interface）一类的收发装置，来实现装置 3000 与其他设备或通信网络之间的通信。例如，可以通过接口电路 3020 与雷达，和/或，智能驾驶设备内部电路间的通信。

本申请实施例中，处理器是一种具有信号的处理能力的电路，在一种实现中，处理器可以是具有指令读取与运行能力的电路，例如中央处理单元（central processing unit，CPU）、微处理器、图形处理器（graphics processing unit，GPU）（可以理解为一种微处理器）、或数字信号处理器（digital signal processor，DSP）等；在另一种实现中，处理器可以通过硬件电路的逻辑关系实现一定功能，该硬件电路的逻辑关系是固定的或可以重构的，例如处理器为专用集成电路（application-specific integrated circuit，ASIC）或可编程逻辑器件（programmable logic device，PLD）实现的硬件电路，例如现场可编程门阵列（field programmable gate array，FPGA）。在可重构的硬件电路中，处理器加载配置文档，实现硬件电路配置的过程，可以理解为处理器加载指令，以实现以上部分或全部单元的功能的过程。此外，还可以是针对人工智能设计的硬件电路，其可以理解为一种 ASIC，例如神经网络处理单元（neural network processing unit，NPU）、张量处理单元（tensor processing unit，TPU）、深度学习处理单元（deep learning processing unit，DPU）等。

本申请实施例还提供了一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括：计算机程序代码，当该计算机程序代码在计算机上运行时，使得计算机执行上述图 7 至图 11 中任一方法实施例，及其任一可能的实现方式。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读介质存储有程序代码或指令，当该计算机程序代码或指令被计算机的处理器执行时，使得该处理器实现上述图 7 至图 11 中任一方法实施例，及其任一可能的实现方式。

本申请实施例还提供一种芯片，包括电路，用于执行上述图 7 至图 11 中任一方法实施例，及其任一可能的实现方式。

本申请实施例还提供了一种激光雷达系统，该激光雷达系统包括发射单元 410、接收单元 440、波导装置 450、第三扫描单元和第四扫描单元。第三扫描单元和第四扫描单元可以设置于探测光束的传播路径上。第三扫描单元可以用于绕第一轴线摆动，对探测光束进行慢轴的扫描；第四扫描单元可以用于绕第二轴线连续转动，对探测光束进行快轴的扫描。

一个实施例中，第三扫描单元和第四扫描单元可以分别包括第一扫描单元 420 和第二扫描单元 430。

又一个实施例中，扫描镜 310 和扫描镜 320 可以分别作为第三扫描单元和第四扫描单元的示例。

本申请实施例还提供一种智能驾驶设备，该智能驾驶设备可以包括上述激光雷达系统，或者包括激光雷达系统 400 至 1000 中的任一项，或者，可以包括上述装置 2000 或 3000。

示例性地，该智能驾驶设备可以为车辆。本申请实施例中所涉及的车辆为广义概念上的车辆，可以是交通工具（如商用车、乘用车、摩托车、飞行车、火车等），工业车辆（如：叉车、挂车、牵引车等），工程车辆（如挖掘机、推土车、吊车等），农用设备（如割草机、收割机等），游乐设备，玩具车辆等，本申请实施例对车辆的类型不作具体限定。例如，本申请中的车辆可以包括纯电动汽车(pure electric vehicle/battery electric vehicle，pure EV/battery EV)、混合动力汽车(hybrid electric vehicle，HEV)、增程式电动汽车(range extended electric vehicle，REEV)、插电式混合动力汽车(plug-in hybrid electric vehicle，PHEV)或新能源汽车(new energy vehicle，NEV)等。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实

现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（Read-Only Memory，ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1．一种激光雷达系统，其特征在于，包括：发射单元，第一扫描单元和第二扫描单元，

所述发射单元用于：发射探测光束，所述第一扫描单元和所述第二扫描单元设置于所述探测光束的传播路径上；

所述第一扫描单元用于：绕第一轴线摆动，对所述探测光束进行慢轴的扫描；

所述第二扫描单元用于：绕第二轴线沿顺时针方向或逆时针方向连续转动，对所述探测光束进行快轴的扫描；

其中，所述第二扫描单元的扫描周期包括第一时间段和第二时间段，所述第二扫描单元在所述第一时间段进行空闲扫描，所述第二扫描单元在所述第二时间段将所述探测光束在物空间内扫描完成一个快轴周期；

所述第一扫描单元用于在所述第一时间段由第一角位置转动至第二角位置，且在所述第二时间段保持角位置不变。

2．根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，

在所述第二扫描单元的连续多个扫描周期中，所述第一扫描单元的角位置处于第一角度区间，所述第一角度区间包括多个角位置，所述第一角位置和所述第二角位置为所述多个角位置中相邻的两个角位置；

所述第一角度区间与所述系统的垂直视场中的第一视场区域相对应，所述第一视场区域中的垂直角分辨率是根据所述第一角位置和所述第二角位置间的夹角确定的。

3．根据权利要求 2 所述的系统，其特征在于，

所述多个角位置还包括与所述第一角位置相邻的第三角位置，所述第一角位置与所述第三角位置间的夹角等于所述第一角位置与所述第二角位置间的夹角；和/或，

所述多个角位置还包括与所述第二角位置相邻的第四角位置，所述第二角位置与所述第四角位置间的夹角等于所述第一角位置与所述第二角位置间的夹角。

4．根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，

所述第一角位置处于第二角度区间，所述第二角位置处于第三角度区间，

所述第二角度区间还包括与所述第一角位置相邻的第五角位置，所述第三角度区间还包括与所述第二角位置相邻的第六角位置；

所述第二角度区间与所述系统的垂直视场中的第二视场区域相对应，所述第三角度区间与所述系统的垂直视场中的第三视场区域相对应，所述第二视场区域与所述第三视场区域相邻，

所述第二视场区域中的垂直角分辨率是根据所述第一角位置和所述第五角位置间的夹角确定的，所述第三视场区域中的垂直角分辨率是根据所述第二角位置和所述第六角位置间的夹角确定的。

5．根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的系统，其特征在于，所述系统还包括接收单元和波导装置，

所述接收单元用于接收所述探测光束的返回光，

所述波导装置用于将所述返回光引导至所述接收单元，所述返回光经所述波导装置处理后形成的波导光斑具有非均匀的光场强度分布。

6．根据权利要求 5 所述的系统，其特征在于，所述波导光斑在沿所述第二轴线方向具有非均匀的光场强度分布。

7．根据权利要求 5 或 6 所述的系统，其特征在于，所述波导光斑具有非均匀的光场强度分布，包括：

所述波导光斑的光场强度在沿所述快轴方向的右侧偏置分布、在沿所述快轴方向的左侧偏置分布、在沿所述快轴方向的左右侧对称分布，或在沿所述快轴方向的左右侧非对称分布。

8．根据权利要求 5 至 7 中任一项所述的系统，其特征在于，所述波导装置包括以下至少一项：

由多个波导基于合束工艺制成的光学器件，具有多叉结构的波导，或，光栅耦合器。

9．根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的系统，其特征在于，所述发射单元包括多个光束发射通道，所述多个光束发射通道呈阵列式等间隔设置，所述多个光束发射通道中的每个光束发射通道用于发射一道探测光束。

10．根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的系统，其特征在于，所述第二扫描单元将所述探测光束在

所述物空间内扫描完成一个快扫周期，包括：所述第二扫描单元在所述系统的水平视场角内完成一次对所述探测光束的扫描。

11．一种控制方法，其特征在于，所述控制方法应用于激光雷达系统中，所述激光雷达系统包括第一扫描单元和第二扫描单元，

所述第一扫描单元和所述第二扫描单元设置于探测光束的传递路径上，

所述第一扫描单元用于绕第一轴线摆动，对所述探测光束进行慢轴的扫描；

所述第二扫描单元用于绕第二轴线沿顺时针方向或逆时针方向连续转动，对所述探测光束进行快轴的扫描，所述第二扫描单元的扫描周期包括第一时间段和第二时间段，所述第二扫描单元在所述第一时间段进行空闲扫描，所述第二扫描单元在所述第二时间段将所述探测光束在物空间扫描完成一个快轴周期；

所述方法包括：

控制所述第一扫描单元在所述第一时间段由第一角位置转动至第二角位置；且

控制所述第一扫描单元在所述第二时间段保持角位置不变。

12．根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，

在所述第二扫描单元的连续多个扫描周期中，所述第一扫描单元的角位置处于第一角度区间，所述第一角度区间包括多个角位置，所述第一角位置和所述第二角位置为所述多个角位置中相邻的两个角位置；

设置有所述第一扫描单元和所述第二扫描单元的激光雷达系统的垂直视场中的第一视场区域与所述第一角度区间相对应，所述第一视场区域中的垂直角分辨率是根据所述第一角位置和所述第二角位置间的夹角确定的。

13．根据权利要求 11 或 12 所述的方法，其特征在于，

所述多个角位置还包括与所述第一角位置相邻的第三角位置，所述第一角位置与所述第三角位置间的夹角等于所述第一角位置与所述第二角位置间的夹角；和/或，

所述多个角位置还包括与所述第二角位置相邻的第四角位置，所述第二角位置与所述第四角位置间的夹角等于所述第一角位置与所述第二角位置间的夹角。

14．根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，

所述第一角位置处于第二角度区间，所述第二角位置处于第三角度区间，

所述第二角度区间还包括与所述第一角位置相邻的第五角位置，所述第三角度区间还包括与所述第二角位置相邻的第六角位置；

所述第二角度区间与所述系统的垂直视场中的第二视场区域相对应，所述第三角度区间与所述系统的垂直视场中的第三视场区域相对应，所述第二视场区域与所述第三视场区域相邻，

所述第二视场区域中的垂直角分辨率是根据所述第一角位置和所述第五角位置间的夹角确定的，所述第三视场区域中的垂直角分辨率是根据所述第二角位置和所述第六角位置间的夹角确定的。

15．根据权利要求 11 至 14 中任一项所述的方法，其特征在于，所述激光雷达系统还包括发射单元，所述发射单元包括多个光束发射通道，所述多个光束发射通道呈阵列式等间隔设置，所述多个光束发射通道中的每个光束发射通道用于发射一道所述探测光束。

16．根据权利要求 11 至 15 中任一项所述的方法，其特征在于，所述第二扫描单元将所述探测光束在所述物空间内扫描完成一个快扫周期，包括：所述第二扫描单元在设置有所述第一扫描单元和所述第二扫描单元的激光雷达系统的水平视场角内完成一次对所述探测光束的扫描。

17．一种波导装置，其特征在于，用于将探测光束的返回光引导至接收单元，所述返回光经所述波导装置处理后形成的波导光斑具有非均匀的光场强度分布。

18．根据权利要求 17 所述的波导装置，其特征在于，所述光学元件包括以下至少一项：

由多个波导基于合束工艺制成的光学器件，具有多叉结构的波导，或，光栅耦合器。

19．一种激光雷达系统，其特征在于，包括：发射单元、第三扫描单元、第四扫描单元、接收单元和如权利要求 17 或 18 所述的波导装置，

所述发射单元用于：发射探测光束，所述第三扫描单元和所述第四扫描单元设置于所述探测光束的传递路径上；

所述第三扫描单元用于：绕第一轴线摆动，对所述探测光束进行慢轴的扫描；

所述第四扫描单元用于：绕第二轴线沿顺时针方向或逆时针方向连续转动，对所述探测光束进行快轴的扫描；

所述接收单元用于：接收所述探测光束的返回光；

所述波导装置用于：将所述返回光引导至所述接收单元。

20．根据权利要求 19 所述的系统，其特征在于，所述波导光斑在沿所述第二轴线方向具有非均匀的光场强度分布。

21．根据权利要求 19 或 20 所述的系统，其特征在于，所述波导光斑具有非均匀的光场强度分布，包括：

所述波导光斑的光场强度在沿所述快轴方向的右侧偏置分布、在沿所述快轴方向的左侧偏置分布、在沿所述快轴方向的左右侧对称分布，或在沿所述快轴方向的左右侧非对称分布。

22．根据权利要求 19 至 21 中任一项所述的系统，其特征在于，所述发射单元包括多个光束发射通道，所述多个光束发射通道呈阵列式等间隔设置，所述多个光束发射通道中的每个光束发射通道用于发射一道所述探测光束。

23．一种控制装置，其特征在于，包括：

存储器，用于存储计算机程序；

处理器，用于执行所述存储器中存储的计算机程序，以使得所述装置执行如权利要求 11 至 16 中任一项所述的方法。

24．一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品中包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，如权利要求 11 至 16 中任一项所述的方法被执行。

25．一种计算机可读存储介质，其特征在于，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被计算机执行时，以使得实现如权利要求 11 至 16 中任一项所述的方法。

26．一种芯片，其特征在于，包括电路和通信接口，所述通信接口用于接收来自其他装置的信息并输入所述电路，和/或所述通信接口用于将所述电路中的信息发送至其他装置，所述电路用于执行如权利要求 11 至 16 中任一项所述的方法。

27．一种车辆，其特征在于，包括如权利要求 1 至 10 中任一项所述的激光雷达系统，或者，包括如权利要求 19 至 22 中任一项所述的激光雷达系统，或者，包括如权利要求 23 所述的控制装置。