



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 120468865 B

(45) 授权公告日 2025. 10. 21

(21) 申请号 202510927243.8

G01S 7/48 (2006.01)

(22) 申请日 2025.07.07

G01S 7/481 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 120468865 A

(56) 对比文件

CN 111948665 A, 2020.11.17

US 2004141184 A1, 2004.07.22

(43) 申请公布日 2025.08.12

审查员 梁斯均

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 黄冬梅 朱文浩 党来杨

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务有限公司 44205

专利代理师 洪嘉兴

(51) Int. Cl.

G01S 17/34 (2020.01)

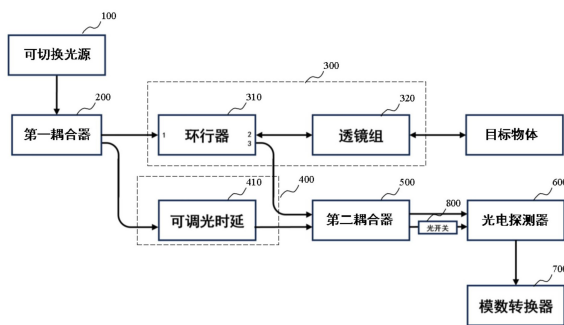
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

激光雷达系统

(57) 摘要

本申请提出激光雷达系统,应用于激光技术领域,包括:可切换光源,用于输出低相干激光或高相干扫频激光的光信号;第一耦合器,与可切换光源连接,用于对光信号进行分束,得到第一光信号和第二光信号;信号路,与第一耦合器连接,用于根据第一光信号获取目标物体反射光;参考路,与第一耦合器连接,用于调整参考路的光时延;第二耦合器,分别与信号路与参考路连接,将反射光和第二光信号进行合束,得到第三光信号;光电探测器,与参考路连接,用于探测第三光信号并将第三光信号转化为电信号;模数转换器,与光电探测器连接,用于量化并存储电信号。本申请能够通过可切换光源,实现对目标物体的距离进行粗测量和细测量,从而得到目标的空间距离。



1. 一种激光雷达系统,其特征在于,包括:
  - 可切换光源,用于输出低相干激光或高相干扫频激光的光信号;
  - 第一耦合器,与所述可切换光源连接,用于对所述光信号进行分束,得到第一光信号和第二光信号;
  - 信号路,与所述第一耦合器连接,用于根据所述第一光信号获取目标物体的反射光;
  - 参考路,与所述第一耦合器连接,用于调整所述参考路的光时延;
  - 第二耦合器,分别与所述信号路与所述参考路连接,将所述反射光和所述第二光信号进行合束,得到第三光信号;
  - 光电探测器,与所述参考路连接,用于探测所述第三光信号并将所述第三光信号转化为电信号;
  - 模数转换器,与所述光电探测器连接,用于量化并存储所述电信号;其中,所述参考路包括可调光时延,所述可调光时延与所述第一耦合器连接,用于根据所述可切换光源在输出所述低相干激光的情况下测量的所述目标物体的目标位置距离以调整所述参考路的光时延。
2. 根据权利要求1所述的激光雷达系统,其特征在于,所述信号路包括:
  - 环行器,与所述第一耦合器连接,用于将所述第一光信号导向透镜组;
  - 所述透镜组,与所述环行器连接,用于将所述第一光信号聚焦到目标物体,得到所述反射光。
3. 根据权利要求2所述的激光雷达系统,其特征在于,所述透镜组还用于将所述反射光导回所述环行器。
4. 根据权利要求3所述的激光雷达系统,其特征在于,所述环行器还用于将所述反射光导向所述第二耦合器。
5. 根据权利要求1所述的激光雷达系统,其特征在于,所述激光雷达系统还包括:
  - 光开关,设置于第二耦合器与所述光电探测器之间,用于联通或断开所述光电探测器。
6. 根据权利要求1所述的激光雷达系统,其特征在于,所述激光雷达系统还包括:
  - 可调衰减器,设置于所述第一耦合器和所述可调光时延之间,用于调节所述参考路的光功率与所述信号路的光功率一致。
7. 根据权利要求2所述的激光雷达系统,其特征在于,所述激光雷达系统还包括:
  - 偏振控制器,设置于所述环行器与所述第二耦合器之间,用于调整所述反射光的偏振与所述参考路的偏振相匹配。
8. 根据权利要求1所述的激光雷达系统,其特征在于,所述激光雷达系统还包括:
  - 光放大器,设置于所述可切换光源与所述第一耦合器之间,用于放大所述可切换光源输出的光信号的光功率。
9. 根据权利要求1所述的激光雷达系统,其特征在于,所述激光雷达系统还包括:
  - 电放大器,设置于所述光电探测器与所述模数转换器之间,用于放大所述电信号。

## 激光雷达系统

### 技术领域

[0001] 本申请涉及激光技术领域,特别涉及一种激光雷达系统。

### 背景技术

[0002] 在相关技术中,激光雷达提供了对于周遭环境实时的三维测量手段,在自动驾驶等诸多关键领域被广泛应用。从原理上,激光雷达分为飞行时间法(Time of Flight,ToF)雷达和调频连续波(Frequency Modulated Continuous Wave,FMCW)雷达。ToF雷达具有长探测距离的优势,其中基于随机调制连续波(Random Modulated Continuous Wave,RMCW)的ToF雷达还兼具抗阻塞和可并行的优势,但是ToF雷达的空间分辨率低。另外,FMCW雷达具有高空间分辨率和高灵敏的优势,但是受限于探测器宽带的影响,很难实现长距离探测。

### 发明内容

[0003] 本申请旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本申请提出一种激光雷达系统,旨在实现长距离探测的同时具有高空间分辨率。

[0004] 第一方面,本申请实施例提供了一种激光雷达系统,包括:

[0005] 可切换光源,用于输出低相干激光或高相干扫频激光的光信号;

[0006] 第一耦合器,与所述可切换光源连接,用于对所述光信号进行分束,得到第一光信号和第二光信号;

[0007] 信号路,与所述第一耦合器连接,用于根据所述第一光信号获取目标物体的反射光;

[0008] 参考路,与所述第一耦合器连接,用于调整所述参考路的光时延;

[0009] 第二耦合器,分别与所述信号路与所述参考路连接,将所述反射光和所述第二光信号进行合束,得到第三光信号;

[0010] 光电探测器,与所述参考路连接,用于探测所述第三光信号并将所述第三光信号转化为电信号;

[0011] 模数转换器,与所述光电探测器连接,用于量化并存储所述电信号。

[0012] 根据本申请的一些实施例,所述信号路包括:

[0013] 环行器,与所述第一耦合器连接,用于将所述第一光信号导向透镜组;

[0014] 所述透镜组,与所述环行器连接,用于将所述第一光信号聚焦到目标物体,得到所述反射光。

[0015] 根据本申请的一些实施例,所述透镜组还用于将所述反射光导回所述环行器。

[0016] 根据本申请的一些实施例,所述环行器还用于将所述反射光导向所述第二耦合器。

[0017] 根据本申请的一些实施例,所述参考路包括:

[0018] 可调光时延,与所述第一耦合器连接,用于调整所述参考路的光时延。

[0019] 根据本申请的一些实施例,所述激光雷达系统还包括:

[0020] 光开关,设置于第二耦合器与所述光电探测器之间,用于联通或断开所述光电探测器。

[0021] 根据本申请的一些实施例,所述激光雷达系统还包括:

[0022] 可调衰减器,设置于所述第一耦合器和所述可调光时延之间,用于调节所述参考路的光功率与所述信号路的光功率一致。

[0023] 根据本申请的一些实施例,所述激光雷达系统还包括:

[0024] 偏振控制器,设置于所述环形器与所述第二耦合器之间,用于调整所述反射光的偏振与所述参考路的偏振相匹配。

[0025] 根据本申请的一些实施例,所述激光雷达系统还包括:

[0026] 光放大器,设置于所述可切换光源与所述第一耦合器之间,用于放大所述可切换光源输出的光信号的光功率。

[0027] 根据本申请的一些实施例,所述激光雷达系统还包括:

[0028] 电放大器,设置于所述光电探测器与所述模数转换器之间,用于放大所述电信号。

[0029] 根据本申请实施例的技术方案,至少具有如下有益效果:本申请实施例提出了一种激光雷达系统,包括:可切换光源,用于输出低相干激光或高相干扫频激光的光信号;第一耦合器,与可切换光源连接,用于对光信号进行分束,得到第一光信号和第二光信号;信号路,与第一耦合器连接,用于根据第一光信号获取目标物体反射光;参考路,与第一耦合器连接,用于调整参考路的光时延;第二耦合器,分别与信号路与参考路连接,将反射光和第二光信号进行合束,得到第三光信号;光电探测器,与参考路连接,用于探测第三光信号并将第三光信号转化为电信号;模数转换器,与光电探测器连接,用于量化并存储电信号。本申请实施例能够通过可切换光源切换输出低相干激光和高相干扫频激光的光信号,实现对目标物体的距离进行粗测量和细测量,得到在低相干激光和高相干扫频激光情况下的两种电信号,从而通过两种电信号计算得到实际时延,进而通过实际时延计算得到目标物体的空间距离,因此,本申请实施例能够实现长距离探测的同时具有高空间分辨率。

[0030] 本申请的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本申请的实践了解到。

## 附图说明

[0031] 附图用来提供对本申请技术方案的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本申请的实施例一起用于解释本申请的技术方案,并不构成对本申请技术方案的限制。

[0032] 图1是本申请一个实施例提供的激光雷达系统的结构示意图;

[0033] 图2是本申请另一个实施例提供的激光雷达系统的结构示意图;

[0034] 图3是本申请一个实施例提供的获取目标物体的空间距离的流程图。

## 具体实施方式

[0035] 下面详细描述本申请的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本申请,而不能理解为对本申请的限制。

[0036] 在本申请的描述中,需要理解的是,涉及到方位描述,例如上、下、前、后、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,因此不能理解为对本申请的限制。

[0037] 在本申请的描述中,若干的含义是一个或者多个,多个的含义是两个以上,大于、小于、超过等理解为不包括本数,以上、以下、以内等理解为包括本数。如果有描述到第一、第二只是用于区分技术特征为目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

[0038] 本申请的描述中,除非另有明确的限定,设置、安装、连接等词语应做广义理解,所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本申请中的具体含义。

[0039] 在一些情形下,激光雷达提供了对于周遭环境实时的三维测量手段,在自动驾驶等诸多关键领域被广泛应用。从原理上,激光雷达分为飞行时间法(Time of Flight,ToF)雷达和调频连续波(Frequency Modulated Contineous Wave,FMCW)雷达。ToF雷达具有长探测距离的优势,其中基于随机调制连续波(Random Modulated Contineous Wave,RMCW)的ToF雷达还兼具抗阻塞和可并行的优势,但是ToF雷达的空间分辨率低。另外,FMCW雷达具有高空间分辨率和高灵敏的优势,但是受限于探测器带宽的影响,很难实现长距离探测。

[0040] 基于上述情况,本申请提出一种激光雷达系统,旨在实现长距离探测的同时具有高空间分辨率。

[0041] 下面结合附图,对本申请的激光雷达系统的各个实施例作进一步阐述。

[0042] 如图1和图2所示,图1是本申请一个实施例提供的激光雷达系统的结构示意图,图2是本申请另一个实施例提供的激光雷达系统的结构示意图。

[0043] 在一实施例中,激光雷达系统包括可切换光源100、第一耦合器200、信号路300、参考路400、第二耦合器500、光电探测器600和模数转换器700。

[0044] 可以理解的是,关于上述的可切换光源100,可以是混合域激光雷达提供激光光源,可以是傅里叶域锁模激光器,可以是超快锁模激光器,可以是电光调制连续波激光器,用于输出低相干激光或高相干扫频激光的光信号,本申请实施例对可切换光源100的具体类型不作具体限定。

[0045] 可以理解的是,本申请实施例的可切换光源100能够输出低相干激光或高相干扫频激光的光信号,在可切换光源100输出低相干激光的情况下,能够实现激光雷达系统对目标物体的距离进行粗测量;在可切换光源100输出高相干扫频激光的情况下,能够实现激光雷达系统对目标物体的距离进行细测量。

[0046] 可以理解的是,第一耦合器200用于对光信号进行分束,得到第一光信号和第二光信号,其中,分束比根据目标物体带来的光信号功率损耗进行调节。

[0047] 可以理解的是,关于上述的第一耦合器200,可以是基于光纤熔锥、波导分束机制的光纤分束器,可以是自由空间光分束器,本申请实施例对第一耦合器200的具体类型不作具体限定。

[0048] 可以理解的是,信号路300与第一耦合器200连接,用于根据第一光信号获取目标物体的反射光。

[0049] 可以理解的是,参考路400与第一耦合器200连接,用于调整参考路400的光时延。

[0050] 可以理解的是,第二耦合器500分别与信号路300与参考路400连接,将反射光和第二光信号进行合束,得到第三光信号,其中,耦合比根据目标物体带来的光信号功率损耗进行调节。

[0051] 可以理解的是,关于上述的第二耦合器500,可以是基于光纤熔锥、波导分束机制的光纤分束器,可以是自由空间光分束器,本申请实施例对第二耦合器500的具体类型不作具体限定。

[0052] 可以理解的是,光电探测器600与参考路400连接,用于探测第三光信号并将第三光信号转化为电信号。

[0053] 可以理解的是,关于上述的光电探测器600,可以是光电二极管探测器,可以是雪崩光电二极管探测器,可以是平衡光电放大器,本申请实施例对光电探测器600的具体类型不作具体限定。

[0054] 可以理解的是,模数转换器700与光电探测器600连接,用于量化并存储电信号。

[0055] 可以理解的是,关于上述的模数转换器700,可以是示波器,可以是采集卡,本申请实施例对模数转换器700的具体类型不作具体限定。

[0056] 另外,在一实施例中,信号路300包括环行器310和透镜组320。

[0057] 可以理解的是,环行器310与第一耦合器200连接,用于将第一光信号导向透镜组320。

[0058] 可以理解的是,环行器310有3个端口,第一端口、第二端口和第三端口,将第一端口输入的第一光信号从第二端口输出至透镜组320。

[0059] 可以理解的是,关于上述的环行器310,可以是透射式环行器310,可以是反射式环行器,本申请实施例对环行器310的具体类型不作具体限定。

[0060] 可以理解的是,透镜组320与环行器310连接,用于将第一光信号聚焦到目标物体,得到反射光。

[0061] 可以理解的是,透镜组320将环行器310第二端口输出的光聚焦到目标物体,对目标物体完成光束偏折以实现对目标的横向扫描,以重建其三维位置信息,并得到反射光。

[0062] 可以理解的是,透镜组320还用于将反射光导回环行器310的第二端口,环行器310还用于将从第二端口输入的反射光通过第三端口导向第二耦合器500。

[0063] 可以理解的是,关于上述的透镜组320,可以由球面透镜、非球面透镜或超表面等光学元件一种或几种组成,本申请实施例对其不作具体限定。

[0064] 另外,在一实施例中,参考路400包括:可调光时延410。

[0065] 可以理解的是,可调光时延410与第一耦合器200连接,用于调整参考路400的光时延。

[0066] 可以理解的是,可调光时延410根据可切换光源100在输出低相干激光的情况下测量的目标物体的目标位置距离以调整参考路400的光时延,从而使得可切换光源100在输出高相干扫频激光的情况下的信号路300与参考路400之间的光程差小于调频连续波(Frequency Modulated Contineous Wave,FMCW)雷达测量范围,以赋能FMCW雷达。

[0067] 可以理解的是,关于上述的可调光时延410,可以是手动或者电动可调延迟线,可以是基于微机电系统的阵列式光时延系统,本申请实施例对其不作具体限定。

[0068] 另外,在一实施例中,激光雷达系统还包括光开关800。

[0069] 可以理解的是,光开关800设置于第二耦合器500与光电探测器600之间,用于打开或关闭光电探测器600。

[0070] 可以理解的是,关于上述的光开关800用来开关光信号以启用或关闭平衡探测,可以是手动的机械式光开关,可以是电控的机械式光开关,可以是微机电系统的光开关,可以是可调衰减器构成的光开关,本申请实施例对光开关800的具体类型不作具体限定。

[0071] 另外,在一实施例中,激光雷达系统还包括可调衰减器900。

[0072] 可以理解的是,可调衰减器900设置于第一耦合器200和可调光时延410之间,用于调节参考路400的光功率与信号路300的光功率一致。

[0073] 可以理解的是,关于上述的可调衰减器900,可以是手动机械式衰减器,可以是电控机械式衰减器,可以是电光调制衰减器,可以是声光调制衰减器,本申请实施例对可调衰减器900的具体类型不作具体限定。

[0074] 另外,在一实施例中,激光雷达系统还包括偏振控制器1000。

[0075] 可以理解的是,偏振控制器1000设置于环形器310与第二耦合器500之间,用于调整反射光的偏振与参考路400的偏振相匹配。

[0076] 可以理解的是,关于上述的偏振控制器1000,可以是基于三环型、双环行、挤压型等不同类型的光纤在线偏振控制器1000或者是由多个玻片组成的自由空间偏振控制器1000,本申请实施例对偏振控制器1000的具体类型不作具体限定。

[0077] 另外,在一实施例中,激光雷达系统还包括光放大器1100。

[0078] 可以理解的是,光放大器1100设置于可切换光源100与第一耦合器200之间,用于放大可切换光源100输出的光信号的光功率。

[0079] 可以理解的是,关于上述的光放大器1100,可以是半导体光放大器,可以是掺杂光纤放大器,可以是拉曼放大器,可以是参量放大器,本申请实施例对光放大器1100的具体类型不作具体限定。

[0080] 另外,在一实施例中,激光雷达系统还包括电放大器1200。

[0081] 可以理解的是,电放大器1200设置于光电探测器600与模数转换器700之间,用于放大所述电信号。

[0082] 可以理解的是,关于上述的电放大器1200,可以是跨阻抗放大器,可以是低噪声放大器,本申请实施例对电放大器1200的具体类型不作具体限定。

[0083] 基于上述各个实施例的激光雷达系统,下面分别提出本申请的激光雷达系统的整体实施例。

[0084] 示例1:

[0085] 如图1所示,激光雷达系统包括:可切换光源100、第一耦合器200、环形器310、透镜组320、可调光时延410、第二耦合器500、光开关800、光电探测器600和模数转换器700。

[0086] 工作原理:用到可切换光源100,其输出光信号可在低相干激光或高相干扫频激光间切换,第一耦合器200用于将光信号分为迈克尔逊干涉仪的信号路300的第一光信号和参考路400的第二光信号,分光比根据目标的反射效率选择;迈克尔逊干涉仪的信号路300起点是环形器310,功能是将第一光信号从第一端口导向第二端口,并将目标物体反射回的反射光从第二端口导向第三端口;透镜组320将环形器第二端口出射的光信号聚焦到目标上,并完成对于目标物体的横向扫描,以重建其三维位置信息,并将目标的反射光导回环形器

第二端口;迈克尔逊干涉仪参考路400的起点是可调光时延410,功能是根据随机调制连续波(Random Modulated Continuous Wave,RMCW)雷达测得目标位置距离以调整参考路400引入的光时延,从而使得迈克尔逊干涉仪的信号路300和参考路400之间的光程差小于FMCW雷达测量范围,以赋能FMCW雷达;迈克尔逊干涉仪信号路300和参考路400的终点是第二耦合器500,用于将光信号以FMCW雷达所需的相干叠加方式合束得到第三光信号,或以RMCW雷达所需的加性叠加方式合束得到第三光信号;光开关800的功能是开启或关闭平衡探测,当激光雷达工作于FMCW模式,光开关800需要开启,当激光雷达工作于RMCW模式,光开关800需要关闭。平衡光电探测器600用于探测光信号并将其转化为可被电子设备读取的电信号;模数转换器700用于量化并存储电信号。

[0087] 可以理解的是,可切换光源100输出低相干激光时,关闭光开关800并利用RMCW雷达粗略测量目标距离,并依此调整参考路400的光时延,令迈克尔逊干涉仪内臂长差小于FMCW测量范围。随后,当可切换光源100输出高相干扫频激光时,打开光开关800并利用FMCW雷达精确测量目标距离。

[0088] 示例2:

[0089] 如图2所示,激光雷达系统包括:可切换光源100、光放大器1100、第一耦合器200、环形器310、透镜组320、可调衰减器900、可调光时延410、偏振控制器1000、第二耦合器500、光电探测器600、电放大器1200和模数转换器700。

[0090] 工作原理:用到可切换光源100,其输出光信号可在低相干激光或高相干扫频激光间切换;光放大器1100用于放大光信号的光功率;第一耦合器200用于将光信号分为迈克尔逊干涉仪的信号路300的第一光信号和参考路400的第二光信号,分光比根据目标的反射效率选择;迈克尔逊干涉仪的信号路300起点是环形器310,功能是将第一光信号从第一端口导向第二端口,并将目标物体反射回的反射光从第二端口导向第三端口;透镜组320将环形器第二端口出射的反射光聚焦到目标上,并完成对于目标物体的横向扫描,以重建其三维位置信息,并将目标物体的反射光导回环形器二端口;目标物体反射回的反射光经环形器第二端口,从第三端口输出,经过偏振控制器1000以调节其偏振与参考路400匹配;迈克尔逊干涉仪参考路400的起点是可调衰减器900,功能是调节参考路400光功率与信号路300匹配;可调光时延410的功能是根据RMCW雷达测得目标位置距离以调整参考路400引入的光时延,从而使得迈克尔逊干涉仪两路间光程差小于FMCW雷达测量范围,以赋能FMCW雷达;迈克尔逊干涉仪信号路300和参考路400的终点是第二耦合器500,用于将光信号以FMCW所需的相干叠加方式合束,或以RMCW所需的加性叠加方式合束;光电探测器600用于探测光信号并将其转化为可被电子设备读取的电信号;电放大器1200用于放大光电流;模数转换器700用于量化并存储电信号。

[0091] 可以理解的是,当可切换光源100输出低相干激光时,利用RMCW雷达粗略测量目标距离,并依此调整参考路400光时延,令迈克尔逊干涉仪内臂长差小于FMCW测量范围。随后,当可切换光源100输出高相干扫频激光时,利用FMCW雷达精确测量目标距离。

[0092] 如图3所示,图3是本申请一个实施例提供的获取目标物体的空间距离的流程图。

[0093] 在一实施例中,首先,针对采集到的低相干激光信号部分,用RMCW原理和自相关算法对其进行计算以得到时延-相关度曲线,忽略零时延位置的峰并寻找最高峰,记录其对应的时延为 $T$ ;接下来,参考路400通过可调光时延引入小于不等于时延 $T$ 的时延 $T_R$ ,且 $T$ 减去 $T_R$

要小于FMCW雷达可测量时间范围;然后,针对采集到的高相干扫频激光部分,用FMCW雷达原理和傅里叶变换算法对其计算以得到频率-幅值曲线,忽略零频率位置的峰并寻找最高峰,记录其频率为F,时延TF等于F除以光源的扫频速度;最后,目标实际时延为TR+TF,目标的空间距离为 $(TR+TF)*c/2$ ,其中c为介质中的光速。

[0094] 以上是对本申请的较佳实施进行了具体说明,但本申请并不局限于上述实施方式,熟悉本领域的技术人员在不违背本申请精神的共享条件下还可作出种种等同的变形或替换,这些等同的变形或替换均包括在本申请权利要求所限定的范围内。

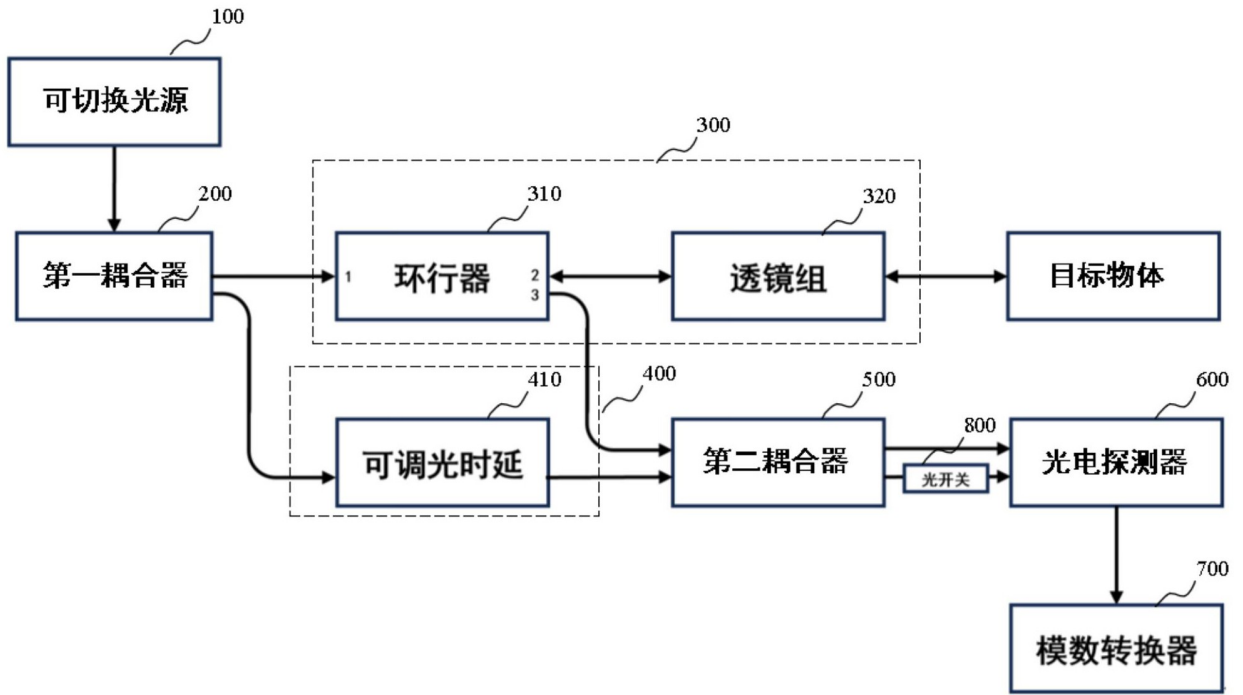


图1

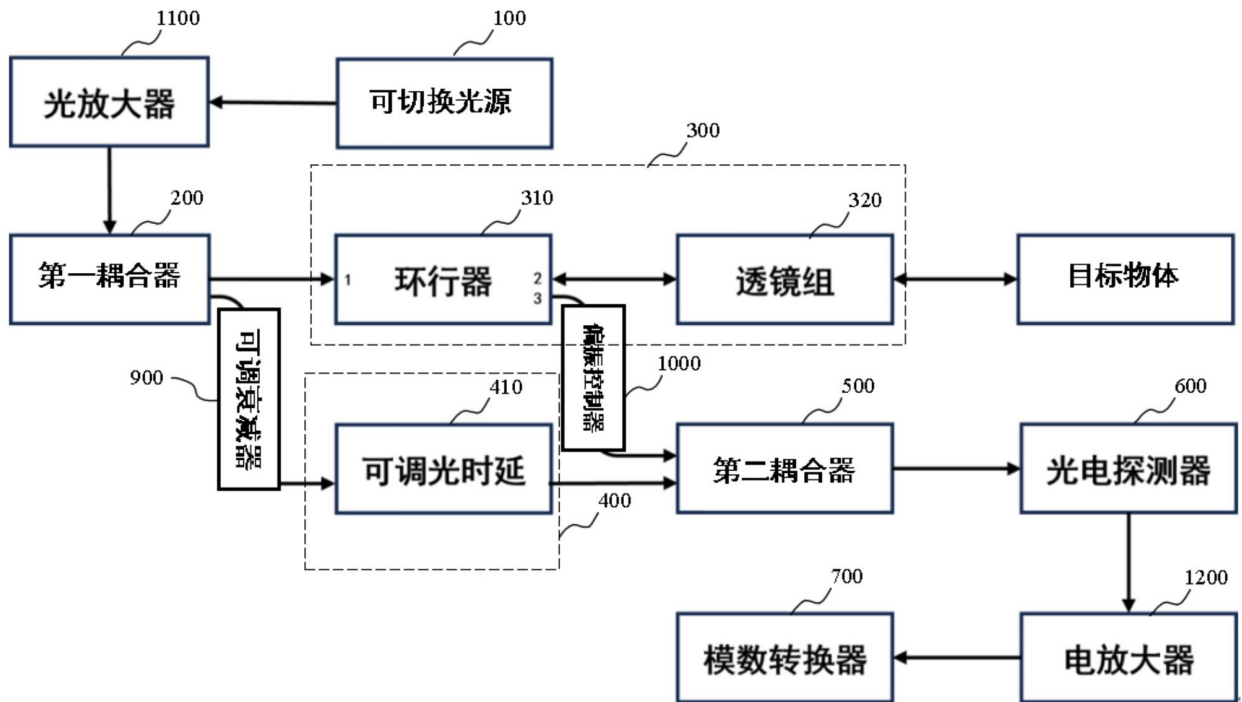


图2

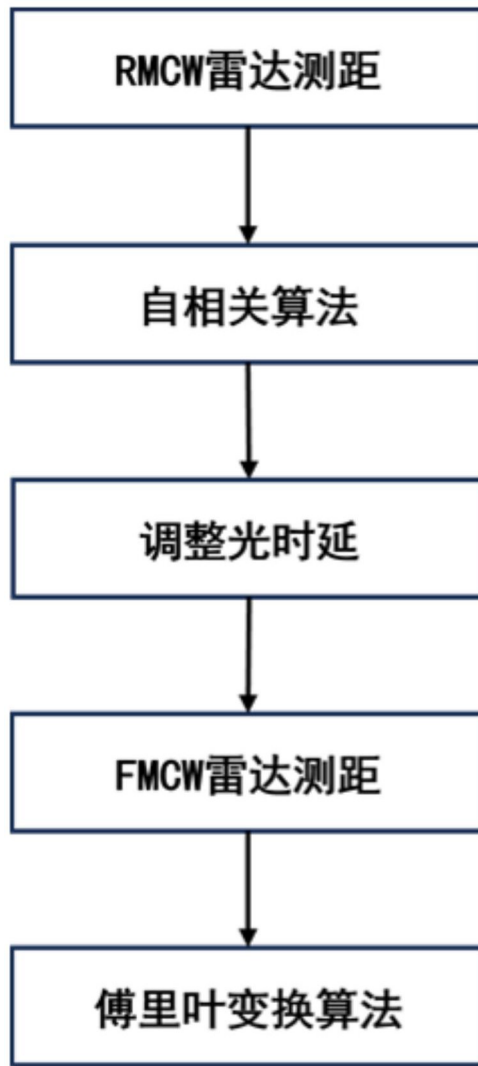


图3