



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112910561 B

(45) 授权公告日 2022.04.19

(21) 申请号 202110032983.7

(56) 对比文件

(22) 申请日 2021.01.11

CN 110780281 A, 2020.02.11

WO 2020164171 A1, 2020.08.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112910561 A

审查员 续茜

(43) 申请公布日 2021.06.04

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310000 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 俞建杰 高文元 马才伟 彭博缘

(74) 专利代理机构 浙江纳祺律师事务所 33257

代理人 朱德宝

(51) Int. Cl.

H04B 10/50 (2013.01)

H04B 10/516 (2013.01)

H04B 10/60 (2013.01)

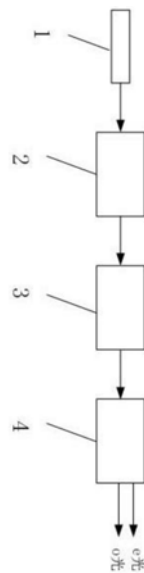
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法,其系统包括信号发射端和信号接收端,所述信号发射端包括依次排列的激光器、光电调制器、光学扩束器和光学相控阵,所述光学相控阵采用双折射晶体使所述激光器的发射激光束被分为两个分裂光束,其中第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播,第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角小于90°,且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。本发明通过在激光发射端采用双折射晶体构建光学相控阵将发射激光束分裂为o光和e光同时进行扫描捕获,增大扫描效率,在不牺牲激光器发射功率的基础上,缩短捕获时间。



1. 一种基于光学相控阵的无线激光通信系统,包括信号发射端和信号接收端,其特征在于,所述无线激光通信系统建立于空天一体化网络中,所述信号发射端与所述信号接收端之间通过自由空间传输信道相连,所述信号发射端包括依次排列的连续半导体激光器、光电调制器、光学扩束系统和光学相控阵,

所述光学相控阵采用双折射晶体使所述激光器的发射激光束分裂为两个光束,其中第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播,第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角小于 90° ,所述双折射晶体以所述发射激光束的入射线为轴旋转,且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。

2. 根据权利要求1所述的基于光学相控阵的无线激光通信系统,其特征在于,所述双折射晶体包括方解石晶体。

3. 根据权利要求1所述的基于光学相控阵的无线激光通信系统,其特征在于,所述激光器采用连续半导体激光器,其内部集成有负温度系数热敏电阻和热电制冷器。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的基于光学相控阵的无线激光通信系统,其特征在于,所述双折射晶体上加有若干电极,通过所述电极对所述双折射晶体施加不同电压,使得所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。

5. 根据权利要求1-3任一项所述的基于光学相控阵的无线激光通信系统,其特征在于,所述光电调制器用于对所述激光器发射的光波进行调制,将所需传输的信息加载到激光载波上;所述光学扩束系统用于压缩发射激光束的光束发散角。

6. 一种基于光学相控阵的无线激光通信快速捕获方法,其特征在于,该方法应用于如权利要求1-5的任一项所述一种基于光学相控阵的无线激光通信系统中,所述无线激光通信系统建立于空天一体化网络中,所述信号发射端与所述信号接收端之间通过自由空间传输信道相连,所述信号发射端包括依次排列的连续半导体激光器、光电调制器、光学扩束系统和光学相控阵,包括:

信号发射端的激光器发射激光束后通过光电调制器对发射激光束的光波进行调制,将所需传输的信息加载到激光载波上;

所述发射激光束经过光学扩束系统进行光束发散角的压缩,使得所述发射激光束的传输距离不小于所述信号发射端至信号接收端的距离;

所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获,通过双折射晶体以发射激光束的入射线为轴旋转,使得其中一光束沿所述发射激光束的入射方向扫描捕获,另一光束以所述发射激光束的入射线为轴旋转做环形扫描;

任何一个分裂光束照射到所述信号接收端的信号探测器时,信号发射端与信号接收端进行瞄准,同时所述信号接收端向所述信号发射端返回一个发射激光束。

7. 根据权利要求6所述的基于光学相控阵的无线激光通信快速捕获方法,其特征在于,所述光电调制器对发射激光束的光波进行调制,将所需传输的信息加载到激光载波上的步骤包括:

根据发射激光束的光波频率创建二进制编码规则,将所需传输的信息调制在所述发射激光束的幅度上,使得所述信号接收端通过检测所述发射激光束的幅度变化解调出所需传输的信息。

8. 根据权利要求6所述的基于光学相控阵的无线激光通信快速捕获方法,其特征在于,

所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获的步骤包括：

所述发射激光束进入双折射晶体后产生两束折射光，分别为第一分裂光束和第二分裂光束；

所述第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播，其覆盖所述信号接收端的信号探测器出现概率密度最高的中心区域；

所述第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角小于 90° ，且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转，绕中心区域对不确定区域做环形扫描。

9. 根据权利要求8所述的基于光学相控阵的无线激光通信快速捕获方法，其特征在于，所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获的步骤还包括：

当进行短距离扫描时，通过改变光学相控阵内双折射晶体中的电流输入，激光器的输出功率全部作用于第二分裂光束，使得第二分裂光束发光而第一分裂光束不发光；

当进行远距离扫描时，通过改变光学相控阵内双折射晶体中的电流输入，激光器的输出功率全部作用于第一分裂光束，使得第一分裂光束发光而第二分裂光束不发光。

基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法

【技术领域】

[0001] 本发明涉及光电通信技术领域,具体地说,是一种基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法。

【背景技术】

[0002] 激光通信是一种以激光为载体实现信息传递的无线通信方式,主要利用电-光和光-电转换的视距传输技术,对通信过程中的数据、影像和声音等进行传输。激光通信系统主要由激光发射模块、信号接收模块以及两者之间的自由空间信道构成,通信过程中使用到瞄准、捕获和跟踪技术,通过改善捕获概率和捕获时间可以提高信号传输效率,保证信号传输的连续性。现有技术中,作为优化的激光通信方式,采用非机械的光学偏转器代替原始的机械方式控制光束偏转,基于光学相控阵构建激光通信链路,提高激光通信过程中扫描捕获效率。如中国专利CN103916183B,公开了一种基于激光相控技术的快速捕获系统及方法,其在捕获系统由依次排列的信标光线偏振激光器、第一液晶光学相控阵、1/2波片和第二液晶光学相控阵构建而成,使信标光被分成四个子激光束,在不同区域内的四个象限内进行扫描以缩短捕获时间,但是,该方案将光束分裂为4个以后,每个子光束的功率仅为激光器发射功率的四分之一,导致激光通信链路的作用距离大大减少,不适用远距离通信。

【发明内容】

[0003] 本发明的目的是针对现有技术中的不足,提供一种基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法,通过在激光发射端采用双折射晶体构建光学相控阵将发射激光束分裂为两个光束同时进行扫描捕获,增大扫描效率,在不牺牲激光器发射功率的基础上,缩短捕获时间。

[0004] 为实现上述目的,第一方面本发明的技术方案提供了一种基于光学相控阵的无线激光通信系统,包括信号发射端和信号接收端,所述信号发射端包括依次排列的激光器、光电调制器、光学扩束系统和光学相控阵,

[0005] 所述光学相控阵采用双折射晶体使所述激光器的发射激光束分裂为两个光束,其中第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播,第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角小于 90° ,且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。

[0006] 优选的,

[0007] 所述双折射晶体包括方解石晶体。

[0008] 优选的,

[0009] 所述激光器采用连续半导体激光器,其内部集成有负温度系数热敏电阻和热电制冷器。

[0010] 优选的,

[0011] 所述双折射晶体上加有若干电极,通过所述电极对所述双折射晶体施加不同电压,使得所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。

[0012] 优选的，

[0013] 所述光电调制器用于对所述激光器发射的光波进行调制，将所需传输的信息加载到激光载波上；所述光学扩束系统用于压缩发射激光束的光束发散角。

[0014] 第二方面本发明的技术方案提供了一种基于光学相控阵的无线激光通信快速捕获方法，包括：

[0015] 信号发射端的激光器发射激光束后通过光电调制器对发射激光束的光波进行调制，将所需传输的信息加载到激光载波上；

[0016] 所述发射激光束经过光学扩束系统进行光束发散角的压缩，使得所述发射激光束的传输距离不小于所述信号发射端至信号接收端的距离；

[0017] 所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获；

[0018] 任何一个分裂光束照射到所述信号接收端的信号探测器时，信号发射端与信号接收端进行瞄准，同时所述信号接收端向所述信号发射端返回一个发射激光束。

[0019] 优选的，

[0020] 所述光电调制器对发射激光束的光波进行调制，将所需传输的信息加载到激光载波上的步骤包括：

[0021] 根据发射激光束的光波频率创建二进制编码规则，将所需传输的信息调制在所述发射激光束的幅度上，使得所述信号接收端通过检测所述发射激光束的幅度变化解调出所需传输的信息。

[0022] 优选的，

[0023] 所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获的步骤包括：

[0024] 所述发射激光束进入双折射晶体后产生两束折射光，分别为第一分裂光束和第二分裂光束；

[0025] 所述第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播，其覆盖所述信号接收端的信号探测器出现概率密度最高的中心区域；

[0026] 所述第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角小于 90° ，且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转，绕中心区域对不确定区域做环形扫描。

[0027] 优选的，

[0028] 所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获的步骤还包括：

[0029] 当进行短距离扫描时，通过改变光学相控阵内双折射晶体中的电流输入，激光器的输出功率全部作用于第二分裂光束，使得第二分裂光束发光而第一分裂光束不发光；

[0030] 当进行远距离扫描时，通过改变光学相控阵内双折射晶体中的电流输入，激光器的输出功率全部作用于第一分裂光束，使得第一分裂光束发光而第二分裂光束不发光。

[0031] 本发明优点在于：

[0032] 本发明的基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法，利用双折射晶体使发射激光束进入光学相控阵内被一分为二，进一步通过在双折射晶体内加入电极，在光束传播过程中通过所述电极对所述双折射晶体施加不同电压，使其中一束分裂光束保持其从光学相控阵内的出射方向不变，而另一束分裂光束绕光轴旋转，从而增加扫描范围，减小捕

获时间。通过远程控制系统控制双折射晶体内的电极分布或激光器的发射功率,还可以选择发射激光束经过光学相控阵后保持不变或者被分裂为两束,智能调节选择使用双折射后的更高效率大范围扫描,或者不加双折射的相对更远距离的扫描。

【附图说明】

[0033] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中涉及的技术方案对应附图加以简单说明,显而易见的,本说明书中所描述的附图仅仅是本发明的一些可能的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出任何创造性劳动的基础上,可以依据以下附图获得与本发明技术方案相同或相似的其他附图。

[0034] 附图1是本发明的基于光学相控阵的无线激光通信系统框图;

[0035] 附图2是本发明基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法中分裂光束扫描示意图。

【具体实施方式】

[0036] 下面将结合附图及具体实施例,对本发明所描述的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,本说明书中所描述的实施例仅是本发明的一部分可行技术方案,本领域普通技术人员基于本发明的实施例,在没有付出任何创造性劳动的基础上得到的其他实施例,应当视为属于本发明保护的范围。

[0037] 本说明书中所记载的本发明的各个实施例之间的技术方案可以相互结合,但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础,当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时,应当认为该技术方案的结合不存在。

[0038] 本发明实施例中所记载的晶体的光轴是指:当光在晶体内沿某个特殊方向传播时不发生双折射,该方向称为晶体的光轴。光轴是一种特殊的方向,凡平行于此方向的直线均为光轴。

[0039] 本发明基于光学相控阵的无线激光通信系统快速捕获方法,可以应用于空天一体化网络的扫描捕获技术中,空天一体化网络建立中,激光通信作为其关键组成技术,需要满足多方位的环境通信需求,在利用光学相控阵捕获建立信息通路的部分中,既要满足快速移动单位之间的高效捕获,也要满足类似卫星对地面的超距捕获,通过本发明提供的技术方案,捕获过程中不仅能够保障激光通信链路的作用距离不会受到光束分裂的削弱,而且能够大大缩短捕获时间,有利于提高空天一体化网络中的扫描捕获效率。兼顾了激光通信链路作用距离和缩短捕获时间的要求,捕获时间短,在同等条件下的作用距离更远。

[0040] 参照附图1-2,本发明的基于光学相控阵的无线激光通信系统,包括信号发射端和信号接收端,所述信号发送端与所述信号接收端之间通过自由空间传输信道相连,利用激光搭载信息,实现两者之间的信息传输。如附图1所示,所述信号发射端包括依次排列的激光器1、光电调制器2、光学扩束系统3和光学相控阵4。其中,激光器1用于发射激光;光学调制器2用于对激光光波进行调制,将所需传输的信息加载到激光载波上;光学扩束系统3用于压缩发射激光束的光束发散角;光学相控阵4用于实现激光束的快速偏转。具体的,所述光学相控阵4采用双折射晶体使所述激光器1的发射激光产生折射被分为两个分裂光束,其中第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播,第二分裂光束的传播方向与所述第一

分裂光束的传播方向夹角小于 90° ，且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。在一个优选的实施例中，所述双折射晶体选用方解石晶体，激光器1的发射激光加载了需要传输的信息之后，经过光学扩束系统3压缩光束发散角，使光束更加集中的进入光学相控阵4内的方解石中发生双折射现象，产生两条折射光线，其中一条折射光线为寻常光线(o光)遵守通常的折射定律，折射光线在入射面内，另外一条折射光线为非常光线(e光)不遵守通常的折射定律，不在入射面内。以发射激光束进入所述光学相控阵4的入射线为轴转方解石，寻常光线(o光)不会随之转动，其在晶体内各个方向的传播速度相同，非常光线(e光)会绕着寻常光线(o光)转动，其在晶体内的传播速度会随着方向变化。通过调整发射激光束进入光学相控阵4的入射方向，可以使得经过方解石的发射激光束被分解得到的第一分裂光束为寻常光线(o光)，第二分裂光束为非常光线(e光)，通过使方解石沿入射线为轴转动，进而使第二分裂光束为非常光线(e光)绕着第一分裂光束为寻常光线(o光)螺旋传播。实际中通常选用机械装置控制其以恒定的速度进行转动，或者在所述双折射晶体上加有若干电极，通过所述电极对所述双折射晶体施加不同电压影响其内部光束的传播方向，使得所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转。

[0041] 优选的，所述激光器1采用连续半导体激光器，其内部集成有负温度系数热敏电阻和热电制冷器。信标光在激光通信链路中起到对准作用，采用连续半导体激光器，使信标光以尾纤输出具有较大的束散角和较高的输出功率，光信号可以经光纤准直器耦合进入光学发射天线，有利于实现激光信号发射端与激光信号接收端的对准。通过在激光器内集成负温度系数热敏电阻和热电制冷器，对激光器进行温度监测，根据温度变化自动调节流经热电制冷器的电流大小和方向，控制激光器的加热或制冷，从而实现对激光器的温度控制，保证激光器发射激光的稳定性进而保证通信的连续性。

[0042] 在上述基于光学相控阵的无线激光通信系统的基础上，本发明基于光学相控阵的无线激光通信快速捕获方法，包括以下步骤：

[0043] 信号发射端的激光器发射激光束后通过光电调制器对发射激光束的光波进行调制，将所需传输的信息加载到激光载波上；

[0044] 所述发射激光束经过光学扩束系统进行光束发散角的压缩，使得所述发射激光束的传输距离不小于所述信号发射端至信号接收端的距离。光束经过光学扩束系统被扩大以后，其发散角减小，提高所述发射激光束的平行度和聚焦效果；

[0045] 控制所述发射激光束沿预设的入射方向进入光学相控阵内的双折射晶体被分为两个分裂光束同时进行扫描捕获；

[0046] 任何一个所述分裂光束照射到信号接收端的信号探测器时，即实现信号发射端与信号接收端瞄准，同时所述信号接收端向所述信号发射端返回一个发射激光束，实现信号发射端与信号接收端之间的通信。

[0047] 需要说明的是，本申请中所述光电调制器对发射激光束的光波进行调制，将所需传输的信息加载到激光载波上的步骤包括：根据发射激光束的光波频率创建二进制编码规则，将所需传输的信息调制在所述发射激光束的幅度上，使得所述信号接收端通过检测所述发射激光束的幅度变化解调出所需传输的信息。例如采用二进制编码将光的明亮程度进行数字化定义，使得调制更加准确高效。

[0048] 在一个优选的实施例中，所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时

进行扫描捕获的步骤包括：所述发射激光束进入双折射晶体后产生两束折射光，分别为第一分裂光束和第二分裂光束；所述第一分裂光束沿所述发射激光束的入射方向传播，其覆盖所述信号接收端的信号探测器出现概率密度最高的中心区域由此，第一分裂光束扫描中心区域可以最大限度缩减捕获时间；所述第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角小于 90° ，且所述第二分裂光束绕所述双折射晶体的光轴旋转，绕中心区域对不确定区域做环形扫描。由于第二分裂光束的传播方向与所述第一分裂光束的传播方向夹角保持一致，通过第二分裂光束的环形扫描可以保证在不牺牲通信链路作用距离的前提下使得扫面效率更高，捕获时间更短。

[0049] 在另一个优选的实施例中，所述发射激光束进入光学相控阵被分裂为两个光束同时进行扫描捕获的步骤还包括：

[0050] 当进行短距离扫描时，通过改变光学相控阵内双折射晶体中的电流输入，使得激光器的输出功率全部作用于第二分裂光束，使得第二分裂光束发光而第一分裂光束不发光；

[0051] 当进行远距离扫描时，通过改变光学相控阵内双折射晶体中的电流输入，使得激光器的输出功率全部作用于第一分裂光束，使得第一分裂光束发光而第二分裂光束不发光。通过这种方式，可以实现针对不同通信距离所需要的不同的激光传输距离，设置不同的出射光束状态，从而保证在不增加激光器输出功率的前提下，需要远距离扫描时，就只用第一分裂光束沿入射光方向进行扫描，需要提高扫描速度时，就只用第二分裂光束绕中心区域进行扫描，扩大发射激光束的覆盖范围，缩短捕获时间。

[0052] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员，在不脱离本发明方法的前提下，还可以做出若干改进和补充，这些改进和补充也应视为本发明的保护范围。

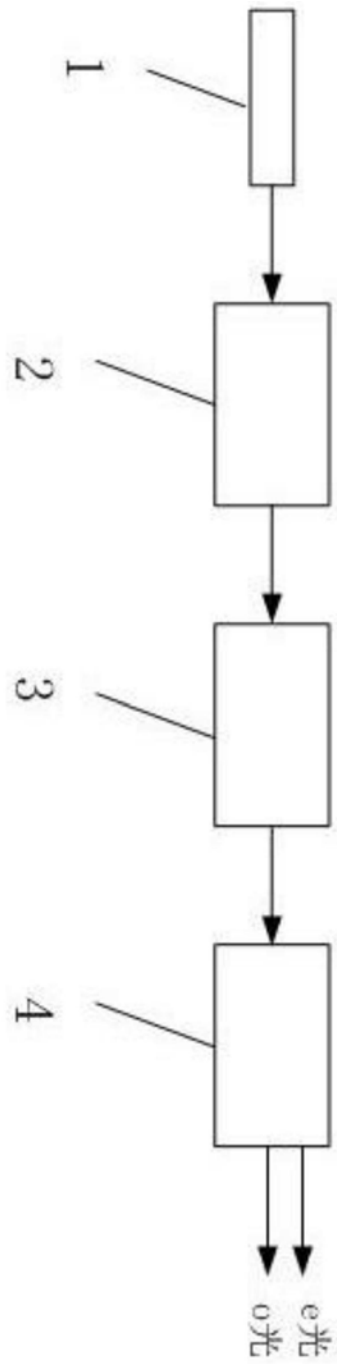


图1

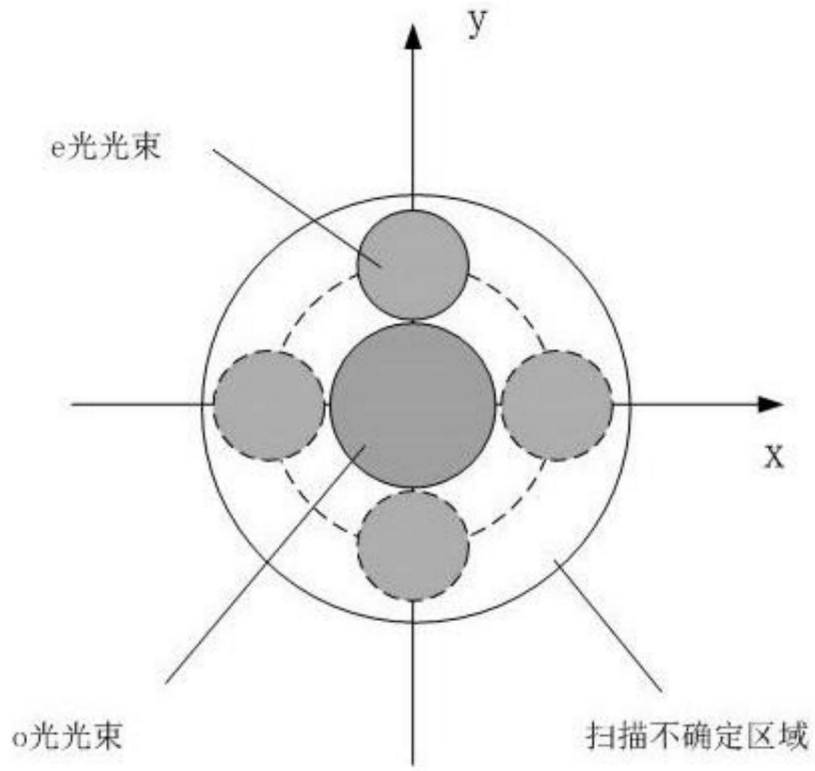


图2