



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110109258 B

(45) 授权公告日 2020.11.24

(21) 申请号 201910336871.3

审查员 付画婧

(22) 申请日 2019.04.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110109258 A

(43) 申请公布日 2019.08.09

(73) 专利权人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路99号

(72) 发明人 王廷云 宋巍 庞拂飞 刘奂奂

商娅娜

(74) 专利代理机构 上海上大专利事务所(普通

合伙) 31205

代理人 陆聪明

(51) Int. Cl.

G02B 27/09 (2006.01)

G02B 6/32 (2006.01)

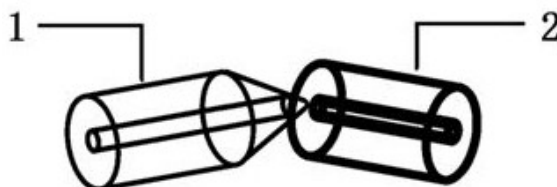
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法。该方法用锥形微透镜光纤代替了普通的单模光纤与环芯光纤进行错位,由于锥形微透镜光纤具有聚焦特性,有效的提高错位激发涡旋光束的效率。当错位的两光纤之间的倾斜角度为零时,可激发出一阶涡旋光模式;当错位的两光纤之间有一定的倾斜角度时,可实现高阶涡旋光模式的激发。由于锥形微透镜光纤的锥端呈弧状结构,在两光纤相对倾斜时可以不增加两光纤之间的水平间距,进而提高激发高阶涡旋光模式的效率。



1. 一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,其特征是采用锥形微透镜光纤(1)与环芯光纤(2)进行错位,通过控制两光纤之间的错位距离和倾斜角度,实现不同阶数的涡旋光模式的激发;所述两光纤之间的倾斜角度为非零值时,调节两光纤之间的错位距离和倾斜角度为合适值,可有效的激发高阶涡旋光模式。

2. 如权利要求1所述的一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,其特征在于:所述锥形微透镜光纤(1)具有聚焦特性,增加了耦合到环芯光纤(2)中的光的耦合效率。

3. 如权利要求1所述的一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,其特征在于:所述两光纤之间的倾斜角度为零时,调节两光纤之间的错位距离为某一合适值,可有效的激发一阶涡旋光模式。

## 一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及在光纤中激发涡旋光模式,属于光纤通信与技术领域。具体涉及一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,是对基于普通单模光纤错位激发涡旋光模式的方法进行了改进,用锥形微透镜光纤代替了普通单模光纤进行错位激发涡旋光模式,使耦合效率得到一定的提高,另外在错位距离的基础上,增加两光纤间的相对倾斜角度变量,能够实现高阶涡旋光模式的激发。

### 背景技术

[0002] 涡旋光模式具有特殊的螺旋相位波前结构,模式的数量具有无穷性,各模式之间具有正交性,这些特性使涡旋光模式成为了继相位、振幅和偏振等状态后的新的控制光场的自由度,将不同的涡旋光模式对应不同的数据信息可以极大地提升现有的光通信容量,除此之外,携带轨道角动量的涡旋光模式在微观粒子捕获,原子操控以及量子通信等领域得到广泛研究与应用。

[0003] 涡旋光模式的激发方法可以分为两类,一类是空间激发法,需要利用体光学器件实现涡旋光模式的激发,例如螺旋相位板法、空间光调制器法、柱透镜模式转换法等,这些方法不可避免的存在着空间光耦合进光纤时的耦合难度与效率问题;另一类是全光纤激发法,不需要额外的体光学器件,利用光纤中的耦合模理论,使涡旋光模式直接在光纤中产生,例如光纤光栅法、熔融拉锥耦合器法以及错位激发法等,但光纤光栅法和耦合器法等均是在破坏涡旋光纤本身的基础上实现的涡旋光模式的激发,这是不可逆的,而错位激发法可以在不破坏涡旋光纤的基础上得到我们想要的涡旋光模式。目前对于错位激发涡旋光模式的方法的研究,均是利用普通单模光纤与少模光纤进行错位,激发出的涡旋光束也仅限于一阶,且存在激发效率低的问题。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对已有技术的不足,提供一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,该方法不会破坏环芯特种光纤,可以提高错位激发涡旋光模式的效率,且可以实现高阶涡旋光模式的有效激发。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0006] 一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,会用到两种光纤,一种是代替了普通单模光纤的锥形微透镜光纤,可以有效的提高错位激发涡旋模式的效率,另一种光纤是具有掺杂的高折射率环的环芯光纤,可以实现涡旋光模式的稳定传输。通过控制两光纤之间的错位距离和倾斜角度,可以实现不同阶数的涡旋光模式的激发。

[0007] 在上述的一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法中,当两光纤之间的倾斜角度为零时,通过调节两光纤之间的错位距离为某一合适值,可以实现一阶涡旋光模式的有效激发。其中,用锥形微透镜光纤代替普通的单模光纤,原因是普通单模光纤的出射光由于衍射作用,在自由空间中传播时会发散,模场直径会有所增加,导致在错位的过程中会

有一部分的光从包层中泄漏出去,降低耦合效率,而锥形微透镜光纤的顶端微透镜具有聚焦特性,光由锥形微透镜光纤输出后会进行汇聚,进而减小模场直径,使耦合到环芯光纤中的光有所增加,提高激发涡旋光模式时的耦合效率。

[0008] 在上述的一种基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法中,根据射线光学中各阶模式在光纤中的传输角度不同的理论,在错位激发一阶涡旋光模式的基础上,让错位的两光纤之间有一定的倾斜角度,可以实现高阶涡旋光模式的有效激发。当用普通的单模光纤与环芯光纤进行错位激发高阶涡旋光模式时,由于单模光纤的端面是平面结构,与环芯光纤之间有一定的倾斜角度时,必然会增加两光纤之间的相对水平距离,使耦合进环芯光纤的高折射率环中的光减少,进而降低耦合效率。而用锥形微透镜光纤替代普通的单模光纤进行错位激发高阶涡旋光模式时,由于锥形微透镜光纤的顶端微透镜的弧状结构,可以保证当用于错位的两光纤之间有一定的倾斜角度时,不会增加两光纤之间的相对水平距离,使耦合效率得到提高。

[0009] 本发明与现有技术相比,具有如下显而易见的突出实质性特点和显著优点:

[0010] (1)本发明的锥形微透镜光纤是对普通的单模光纤进行腐蚀和电弧放电处理得到的,其制备过程简单,成本低,可批量制作。其锥尖处的微透镜的聚焦特性,使基于锥形微透镜光纤的错位激发涡旋光模式的效率得到提高。

[0011] (2)本发明的锥形微透镜光纤的端面呈弧状结构,错位激发高阶涡旋光模式时,需要增加两光纤之间的相对倾斜角度,采用锥形微透镜光纤进行错位,可以保证当用于错位的两光纤之间有一定的倾斜角度时,不会增加两光纤之间的相对水平距离,使耦合效率得到提高。

[0012] (3)本发明的错位激发涡旋光模式的方法,可以实现在不破坏环芯光纤结构的基础上,通过改变锥形微透镜光纤的参数以及错位条件,激发出我们想要的涡旋光模式。

## 附图说明

[0013] 下面结合附图和具体实施方式来进一步描述本发明。

[0014] 图1是激发涡旋光模式的错位部分。

[0015] 图2是错位激发一阶涡旋光模式的实验结果图。

[0016] 图3是错位激发二阶涡旋光模式的实验结果图。

## 具体实施方式

[0017] 本发明的优选实施方案结合附图说明如下:

[0018] 实施例一:

[0019] 参见图1,本基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,其特征是采用锥形微透镜光纤(1)与环芯光纤(2)进行错位,通过控制两光纤之间的错位距离和倾斜角度,实现不同阶数的涡旋光模式的激发。

[0020] 实施例二:

[0021] 本实施例与实施例一基本相同,特别之处如下:

[0022] 所述锥形微透镜光纤(1)具有聚焦特性,增加了耦合到环芯光纤(2)中的光的耦合效率。两光纤之间的倾斜角度为零时,调节两光纤之间的错位距离为某一合适值,可有效的

激发一阶涡旋光模式。两光纤之间的倾斜角度为非零值时,调节两光纤之间的错位距离和倾斜角度为合适值,可有效的激发高阶涡旋光模式。

[0023] 实施例三:

[0024] 本基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,对于一阶涡旋光模式的激发,先将锥形微透镜光纤和环芯光纤放在两个六维调整架上作为错位部分,错位的实现主要通过调节XYZ三个调节杆,使两根光纤在空间上保持一定的错位,将可调谐激光器作为系统的输入光源,并将其输出光波长调到通信波段,利用1:1光纤耦合器将光分为两路,一路输入到上述的错位部分,该错位部分可以参照图1,但这时的倾斜角度应为零,通过调节错位距离为某一合适值后,环芯光纤中激发出一阶模的纯度最大,对环芯光纤施加压力,可以得到一阶涡旋光模式,此时的光耦合效率与用普通的单模光纤时相比,提高了10%左右,耦合器输出光的另一路输入到单模光纤,借助马赫-曾德尔干涉系统与另一路激发出的涡旋光模式进行干涉,通过干涉条纹观察涡旋光模式的生成,最后实现涡旋光模式的检测。错位激发一阶涡旋光模式的实验结果图如图2所示,从左至右依次为错位激发出一阶标量模式,施加压力后产生的一阶涡旋光模式以及与高斯光干涉后的干涉条纹,其中干涉图中条纹的逆时针和顺时针分别代表涡旋模式的正一阶和负一阶。

[0025] 实施例四:

[0026] 本基于锥形微透镜光纤的涡旋光模式激发方法,对于高阶涡旋光模式的激发,与激发一阶涡旋光模式的区别在于,这里在错位的基础上加上了一定的倾斜角度来实现高阶涡旋光模式的激发,即除了调节XYZ调节杆外,还要进行角度调节,其错位部分如图1所示,当基模经过二阶错位部分后,可以激发出环芯光纤中的基模,一阶模、二阶模和更高阶模。通过对错位距离和倾斜角度进行调节,使二者均达到合适值后,二阶模的纯度将最大,此时对环芯光纤施加压力,可以得到二阶涡旋光模式,实验结果图如图3所示,从左至右依次为错位激发出的二阶标量模,施加压力后产生的二阶涡旋光模式,以及与高斯光干涉后的干涉条纹,其中干涉图中条纹的逆时针和顺时针分别代表涡旋光模式的正二阶和负二阶。

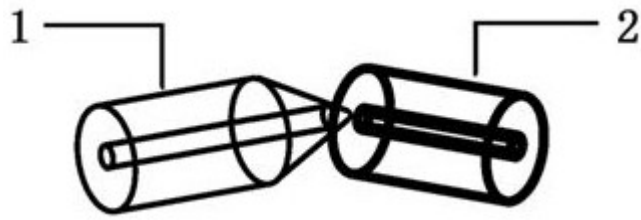


图1

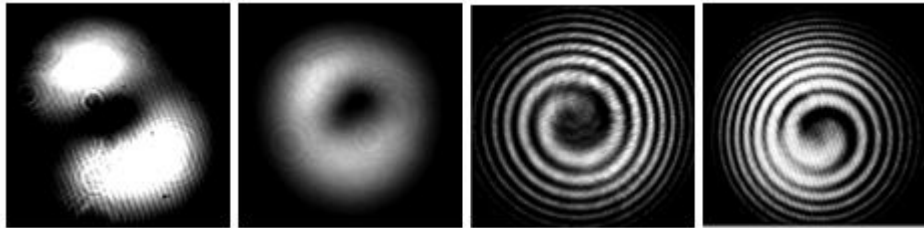


图2

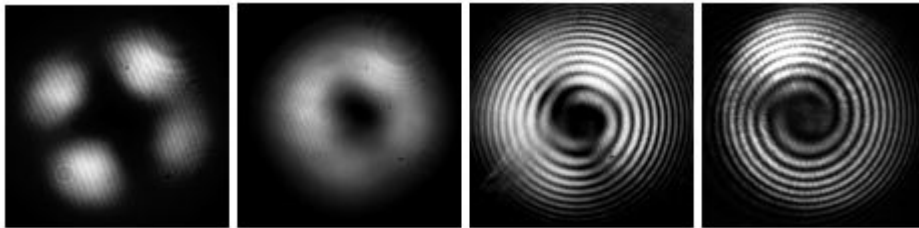


图3