



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115373079 B

(45) 授权公告日 2024.07.16

(21) 申请号 202210938142.7

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2022.08.05

G02B 6/27 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G02F 1/01 (2006.01)

申请公布号 CN 115373079 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2022.11.22

CN 103323399 A, 2013.09.25

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

CN 105515665 A, 2016.04.20

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

审查员 徐达

(72) 发明人 靳伟 齐云 廖瀚宇 何海律

姜寿林

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44268

专利代理人 温宏梅

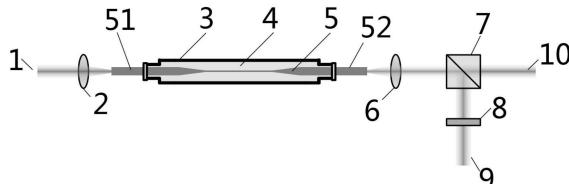
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振  
调制器及系统

(57) 摘要

本申请公开了一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器及系统,包括光纤气室,其用于接收信号光、以及泵浦光;光纤气室包括密封内腔,以及位于密封内腔中的微纳光纤,微纳光纤的外部填充有光吸收性气体;微纳光纤具有基模模场,其倏逝场在微纳光纤横截面上沿第一角度方向上的光强大于沿第二角度方向上的光强;通过光吸收性气体吸收泵浦光所产生的光热效应而使第一角度方向和第二角度方向的光吸收性气体具有温度差,以形成双折射效应,且快轴和慢轴分别对应第一角度方向和第二角度方向;信号光通过快轴和慢轴之间的相位差的调整而改变线偏振角度。解决了现有技术中晶体主轴方向固定而导致难以实现对任意偏振态的入射光进行偏振调制的问题。



1. 一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,包括:

光纤气室,所述光纤气室用于接收信号光、以及泵浦光;

所述光纤气室包括密封内腔,以及位于所述密封内腔中的微纳光纤,所述微纳光纤的外部填充有光吸收性气体,信号光的波长位于所述光吸收性气体的吸收波段之外;

所述微纳光纤具有基模模场,其倏逝场在所述微纳光纤横截面上沿第一角度方向上的光强大于沿第二角度方向上的光强,其中所述第二角度为所述第一角度+90°;通过所述光吸收性气体吸收泵浦光所产生的光热效应而使所述第一角度方向和所述第二角度方向的光吸收性气体具有温度差,以形成具有不同折射率的双折射效应,其中双折射效应的快轴和慢轴分别对应第一角度方向和第二角度方向;

信号光通过所述快轴和所述慢轴之间的相位差的调整而改变线偏振角度。

2. 根据权利要求1所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,所述光纤气室具有泵浦光入射端,所述光纤气室的泵浦光入射端的入光侧设置有泵浦光起偏器,所述泵浦光起偏器用于将入射的泵浦光调节为线偏光而进入所述泵浦光入射端。

3. 根据权利要求2所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,所述光纤气室具有信号光入射端,所述信号光入射端与所述泵浦光入射端相对立设置;

所述泵浦光入射端的入射侧还依次设置有出射光耦合透镜,以及分光镜;

所述泵浦光从所述分光镜的第一侧面进入并经过反射后进入所述出射光耦合透镜,并经过所述出射光耦合透镜而被耦合进所述微纳光纤;

从所述微纳光纤中出射的信号光经过所述出射光耦合透镜、以及分光镜,并从所述分光镜的第二侧面射出,其中第一侧面与第二侧面垂直。

4. 根据权利要求3所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,所述信号光入射端的入光侧设置有入射光耦合透镜,信号光通过所述入射光耦合透镜的耦合而进入到所述微纳光纤。

5. 根据权利要求4所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,所述入射光耦合透镜、所述出射光耦合透镜、所述分光镜为分立元件;

或者

所述入射光耦合透镜、所述出射光耦合透镜、所述分光镜均为光纤器件,并通过光纤依次连接。

6. 根据权利要求1所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,所述光吸收性气体包括乙炔或甲烷;

或者

乙炔或/和甲烷与非光吸缓冲气体相混合的气体。

7. 根据权利要求1-6任一所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,其特征在于,入射所述微纳光纤的所述泵浦光为线偏振光,且泵浦光的波长与光吸收性气体的其中一个吸收线相对应;

所述泵浦光的能量通过其沿所述微纳光纤的锥区传输时的倏逝波被所述光吸收性气体所吸收,以产生光热效应而使所述光吸收性气体的折射率改变。

8. 一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振系统,其特征在于,包括:如权利要求

1-7任一所述的全光光热偏振调制器；

信号光激光器，所述信号光激光器用于产生信号光；

信号光偏振控制器，所述信号光偏振控制器设置在所述信号光激光器的出光侧，并将所述信号光偏振后进入所述微纳光纤；

泵浦光激光器，所述泵浦光激光器用于产生泵浦光，

声光调制器，所述声光调制器设置在所述泵浦光激光器的出光侧，并将所述泵浦光调制后进入到所述光纤气室；

光检测装置，所述光检测装置设置在所述全光光热偏振调制器的信号光出光侧，并用于获取调制后的信号光。

9. 根据权利要求8所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振系统，其特征在于，所述声光调制器对所述泵浦光进行正弦波调制、方波调制或/和脉冲调制。

10. 根据权利要求8所述的基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振系统，其特征在于，所述信号光偏振控制器的出射侧设置有信号光直准器，信号光通过所述信号光直准器后进入所述微纳光纤；

所述声光调制器的出射侧设置有泵浦光直准器，泵浦光通过所述泵浦光直准器后进入所述微纳光纤。

## 基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器及系统

### 技术领域

[0001] 本申请涉及光相位调制技术领域,尤其涉及的是基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器及系统。

### 背景技术

[0002] 光偏振调制器是光纤通信及光纤传感领域的重要器件,传统偏振调制器多基于晶体材料的电光效应的原理制造。在信号光进入晶体前,或是需要先经过一个与晶体的两个偏振主轴成45°的起偏器,或是需要先通过一个偏振控制器,将信号光调节为偏振角为45°的线偏光。晶体的快轴和慢轴之间的相位差由加在晶体上的电压控制。然而,因为所选定的晶体主轴方向固定,只能对于主轴方向所对应的偏振态的信号光进行偏振调制,而难以实现对任意偏振态的入射光进行偏振调制,对信号光的偏振调制具有局限性。

[0003] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0004] 鉴于上述现有技术的不足,本申请的目的在于提供一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器以及系统,解决了现有技术中晶体主轴方向固定而导致难以实现对任意偏振态的入射光进行偏振调制,从而对信号光的偏振调制具有局限性的问题。

[0005] 本申请的技术方案如下:

[0006] 一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器,包括光纤气室,光纤气室用于接收信号光、以及泵浦光;

[0007] 光纤气室包括密封内腔,以及位于密封内腔中的微纳光纤,微纳光纤的外部填充有光吸收性气体,信号光的波长位于光吸收性气体的吸收波段之外;

[0008] 微纳光纤具有基模模场,其倏逝场在微纳光纤横截面上沿第一角度方向上的光强大于沿第二角度方向上的光强,其中第二角度为第一角度+90°;通过光吸收性气体吸收泵浦光所产生的光热效应而使第一角度方向和第二角度方向的光吸收性气体具有温度差,以形成具有不同折射率的双折射效应,其中双折射效应的快轴和慢轴分别对应第一角度方向和第二角度方向;

[0009] 信号光通过快轴和慢轴之间的相位差的调整而改变线偏振角度。

[0010] 进一步,光纤气室具有泵浦光入射端,光纤气室的泵浦光入射端的入光侧设置有泵浦光起偏器,泵浦光起偏器用于将入射的泵浦光调节为线偏光而进入泵浦光入射端。

[0011] 进一步,光纤气室具有信号光入射端,信号光入射端与泵浦光入射端相对立设置;

[0012] 泵浦光入射端的入射侧还依次设置有出射光耦合透镜,以及分光镜;

[0013] 泵浦光从分光镜的第一侧面进入并经过反射后进入出射光耦合透镜,并经过出射光耦合透镜而被耦合进微纳光纤;

[0014] 从微纳光纤中出射的信号光经过出射光耦合透镜、以及分光镜,并从分光镜的第二侧面射出,其中第一侧面与第二侧面垂直。

- [0015] 进一步,信号光入射端的入光侧设置有入射光耦合透镜,信号光通过入射光耦合透镜的耦合而进入到微纳光纤。
- [0016] 进一步,入射光耦合透镜、出射光耦合透镜、分光镜为分立元件并分开设置。进一步,入射光耦合透镜、出射光耦合透镜、分光镜均为光纤器件,并通过光纤依次连接。
- [0017] 进一步,光吸收性气体包括乙炔或甲烷;
- [0018] 或者
- [0019] 乙炔或/和甲烷与非光吸缓冲气体相混合的气体。
- [0020] 进一步,入射微纳光纤的泵浦光为线偏振光,且泵浦光的波长与光吸收性气体的其中一个吸收线相对应;
- [0021] 泵浦光的能量通过其沿微纳光纤的锥区传输时的倏逝波被光吸收性气体所吸收,以产生光热效应而使光吸收性气体的折射率改变。
- [0022] 基于相同的构思,本申请还提出一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振系统,其中包括:如上的全光光热偏振调制器;
- [0023] 信号光激光器,信号光激光器用于产生信号光;
- [0024] 信号光偏振控制器,信号光偏振控制器设置在信号光激光器的出光侧,并将信号光偏振后进入微纳光纤;
- [0025] 泵浦光激光器,泵浦光激光器用于产生泵浦光,
- [0026] 声光调制器,声光调制器设置在泵浦光激光器的出光侧,并将泵浦光调制后进入到光纤气室;
- [0027] 光检测装置,光检测装置设置在全光光热偏振调制器的信号光出光侧,并用于获取调制后的信号光。
- [0028] 进一步,声光调制器对泵浦光进行正弦波调制、方波调制或/和脉冲调制。
- [0029] 进一步,信号光偏振控制器的出射侧设置有信号光直准器,信号光通过信号光直准器后进入微纳光纤;
- [0030] 声光调制器的出射侧设置有泵浦光直准器,泵浦光通过泵浦光直准器后进入微纳光纤。
- [0031] 有益效果:与现有技术相比,本申请提出的一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器及系统,其中通过封装于充满光吸收性气体的密封内腔中的微纳光纤,该微纳光纤具有基模模场,因此只支持基模传输。当偏振角为 $\theta$ (第一角度)的线偏振泵浦光从微纳光纤的单模尾纤的一端入射,其在沿微纳光纤锥区传输时的模式为基模  $HE_{11}^{\theta}$ 。该基模模场具有2重旋转对称性,其倏逝场在微纳光纤横截面上沿 $\theta$ 角方向(第一角度方向)上的光强大,而在沿 $\theta+90^{\circ}$ 角方向(第二角度方向)上的光强小。当具有第一角度的线偏振泵浦光通过倏逝场被微纳光纤周围的光吸收性气体的分子所吸收时,产生光热效应而导致 $\theta$ 角(第一角度)方向上的气体温度高于 $\theta+90^{\circ}$ 角(第二角度)方向,进而导致 $\theta+90^{\circ}$ 角(第二角度)方向的气体相比于 $\theta$ 角(第一角度)方向的气体更加光学致密,即第二角度方向的气体的折射率更大。从而使该非圆对称的折射率分布产生双折射效应,其快轴和慢轴分别对应于 $\theta$ 角(第一角度)和 $\theta+90^{\circ}$ 角(第二角度)方向。而且快慢轴之间的相位差由泵浦光的功率和光吸收性气体的气压所控制。原本沿初始角度线偏振入射到微纳光纤的信号光在光吸收性气体的双折射效应下,变化了线偏振的角度,从而形成改变初始角度的出射信号。通过改变泵浦光的

功率,基于此微纳光纤中光热效应导致的双折射效应,使入射的信号光的偏振态可以被调控,而且第一角度和第二角度跟随泵浦光的线偏振的角度改变而改变,从而能对对任意偏振态的入射光进行偏振调制,并具有插入损耗小,灵活度高,全光控的优点。

## 附图说明

[0032] 图1为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的实施例的光路原理图;

[0033] 图2为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的实施例的光纤气室的原理示意图;

[0034] 图3为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的实施例的双折射效应的原理示意图;

[0035] 图4为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调系统的实施例的光路原理图;

[0036] 图5为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的偏振调制信号输出实际测量结果的对比图;

[0037] 图6为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的快慢轴相移幅度随气压的响应曲线;

[0038] 图7为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的快慢轴相移幅度随泵浦光脉冲能量的响应曲线;

[0039] 图8为本申请一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的偏振转换效率随泵浦光起偏器偏振角度的关系曲线。

[0040] 图中各标号:1、第一入射端口;2、入射光耦合透镜;3、光纤气室;4、光吸收性气体;5、微纳光纤;51、信号光入射端;52、泵浦光入射端;6、出射光耦合透镜;7、分光镜;8、泵浦光起偏器;9、第二入射端口;10、出射端口;17、直通端口;18、反射端口;20、泵浦光激光器;21、泵浦光偏振控制器;22、声光调制器;23、泵浦光直准器;30、信号光激光器;31、信号光偏振控制器;32、信号光直准器;40、光检测装置;41、偏振分束器;42、光探测器;43、示波器。

## 具体实施方式

[0041] 本申请提供了一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器及系统,为使本申请的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下参照附图并举实例对本申请进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0042] 现有技术中的电光偏振调制器不仅因为晶体主轴方向固定,难以实现对任意偏振态的入射光进行偏振调制。此外,电光偏振调制器受环境温度波动的影响大,当温度变化时,快慢轴之间的相移也随之改变,进而导致工作点漂移而导致了该类型电光偏振调制器具有灵活性差的固有问题。虽然可以通过引入一个尺寸相同但是偏振主轴方向转动了90°的电光晶体以补偿单晶体的温漂而解决工作点漂移的问题。但该方式不仅增加了成本而工艺复杂度高。此外现有的电光偏振调制器都是基于高非线性效应的电光晶体,他们存在损伤阈值低的特点,难以满足对高功率激光进行偏振调制的要求。因此,目前的电光偏振调制器的入射功率一般被限制在数十毫瓦至百毫瓦量级,导致现有电光偏振调制器的激光的适

用范围小。电光偏振调制器的另一个问题是：由于晶体材料与光纤材料的异质特点，光纤-晶体-光纤结构的电光调制器需要使用空间光方法耦合，因此引入额外损耗，导致与光纤系统的耦合损耗大。因此，本实施例提出一种基于微纳光纤中气体光热效应的全光相位调制器，以改善上述问题。

[0043] 本实施例的具体结构如下：

[0044] 如图1、图2、图3所示，本实施例提出一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器，其包括光纤气室3，光纤气室3包括密封内腔，以及位于密封内腔中的微纳光纤5；微纳光纤5的外部填充有光吸收性气体4，光吸收性气体4位于密封内腔中包围微纳光纤5。光纤气室3用于接收信号光、以及泵浦光，信号光和泵浦光均可射入微纳光纤5内，信号光的波长位于光吸收性气体4的吸收波段之外，这样光吸收性气体4不会吸收信号光，这样信号光的波长不处于光吸收填充气体的吸收波段内，因此信号光在微纳光纤5的锥区进行传输时不会被衰减。微纳光纤5具有基模模场，其倏逝场在微纳光纤5横截面上沿第一角度( $\theta$ 角)方向上的光强大于沿第二角度方向上的光强，其中第二角度为第一角度+90°；通过光吸收性气体4吸收泵浦光所产生的光热效应而使第一角度方向和第二角度方向的光吸收性气体4具有温度差，光吸收性气体4的第一角度方向和第二角度方向的温度不同，造成两个方向的折射率不同，以形成具有不同折射率的双折射效应，其中双折射效应的快轴和慢轴分别对应第一角度方向和第二角度方向，当信号光进入到微纳光纤5后，通过快轴和慢轴之间的相位差的调整而改变线偏振角度。

[0045] 如图2、图3所示，本实施例中通过封装于充满光吸收性气体4的密封内腔中的微纳光纤5，该微纳光纤5具有基模模场，因此只支持基模传输。当偏振角为 $\theta$ （第一角度）的线偏振泵浦光从微纳光纤5的单模尾纤的一端入射，其在沿微纳光纤5锥区传输时的模式为基模 $HE_{11}^{\theta}$ 。该基模模场具有2重旋转对称性，其倏逝场在微纳光纤5横截面上沿 $\theta$ 角方向（第一角度方向）上的光强大，而在沿 $\theta+90^{\circ}$ 角方向（第二角度方向）上的光强小。当具有第一角度( $\theta$ 角， $\theta$ 角可以是0°、45°、60°等)的线偏振泵浦光通过倏逝场被微纳光纤5周围的光吸收性气体4的分子所吸收时，产生光热效应而导致 $\theta$ 角（第一角度）方向上的气体温度高于 $\theta+90^{\circ}$ 角（第二角度）方向，进而导致 $\theta+90^{\circ}$ 角（第二角度）方向的气体相比于 $\theta$ 角（第一角度）方向的气体更加光学致密，即第二角度方向的气体的折射率更大。从而使该非圆对称的折射率分布产生双折射效应，其快轴和慢轴分别对应于 $\theta$ 角（第一角度）和 $\theta+90^{\circ}$ 角（第二角度）方向。而且快慢轴之间的相位差由泵浦光的功率和光吸收性气体4的气压所控制。原本沿初始角度线偏振入射到微纳光纤5的信号光在光吸收性气体4的双折射效应下，变化了线偏振的角度，从而形成改变初始角度的出射信号。通过改变泵浦光的功率，基于此微纳光纤5中光热效应导致的双折射效应，使入射的信号光的偏振态可以被调控，而且第一角度和第二角度跟随泵浦光的线偏振的角度改变而改变，突破了原有的晶体主轴方向固定的限制，从而能对对任意偏振态的入射光进行偏振调制。

[0046] 本实施例中的光纤气室3具有泵浦光入射端52，光纤气室3的泵浦光入射端52的入光侧设置有泵浦光起偏器8，泵浦光起偏器8用于将入射的泵浦光调节为线偏光而进入泵浦光入射端52。通过泵浦光起偏器8将泵浦光调节为线偏光，从而使入射的泵浦光为第一角度的线偏光，从而通过改变泵浦光调节的线偏光角度，从而调整双折射效应所形成的快慢轴的方向，以适配各种方向的偏振态的信号光，实现各偏振态的信号光的偏振调制，使用范围

广,实用性更强。

[0047] 如图1、图2、图3所示,本实施例中的光纤气室3具有信号光入射端51,信号光入射端51与泵浦光入射端52相对立设置,即微纳光纤5沿水平方向延伸一定长度设置,信号光入射端51为微纳光纤5的一端,而泵浦光入射端52为微纳光纤5的另一端。泵浦光入射端52的入射侧还依次设置有出射光耦合透镜6,以及分光镜7;泵浦光从分光镜7的第一侧面进入并经过反射后进入出射光耦合透镜6,并经过出射光耦合透镜6而被耦合进微纳光纤5;泵浦光被泵浦光起偏器8调节为偏振角为第一角度的线偏光后,被分光镜7反射,并经出射光耦合透镜6被耦合进微纳光纤5中与光吸收性气体4进行光热反应。信号光进入到微纳光纤5后,在双折射效应的作用下从微纳光纤5中出射,出射的信号光经过出射光耦合透镜6、以及分光镜7,并从分光镜7的第二侧面射出,其中第一侧面与第二侧面垂直。通过分光镜7可以将入射的泵浦光和出射的信号光在左右方向的同一侧实现分离,例如本实施例中泵浦光从前侧通过分光镜7的反射后进入到微纳光纤5中,而信号光从左侧进入到分光镜7后,再从右侧射出,方便了泵浦光的进入以及信号光射出后的捕获。

[0048] 另外的结构中,信号光入射端51与泵浦光入射端52可以是同一端,这样也能实现对信号光的偏振调制。

[0049] 如图1所示,本实施例中的信号光入射端51的入光侧设置有入射光耦合透镜2,信号光通过入射光耦合透镜2的耦合而进入到微纳光纤5。这样可以确保光到微纳光纤5的高效耦合,提高耦合效率,另外对于透镜的耦合容差也有所提升。

[0050] 如图1所示,本实施例中的入射光耦合透镜2、出射光耦合透镜6、分光镜7均为光纤器件,并通过光纤依次连接。入射光耦合透镜2、出射光耦合透镜6、分光镜7均为光纤器件并通过光纤与微纳光纤5进行连接,信号光和泵浦光均在光纤内进行传输,材料统一而使整个过程均在光纤结构内输送,因此不需要引入额外损耗,大大减少了光纤系统的耦合损耗。而且入射光耦合透镜2、出射光耦合透镜6、分光镜7均通过光纤与微纳光纤5进行连接,可以形成一体,具有很高的集成度。

[0051] 易于想到,入射光耦合透镜2、出射光耦合透镜6、分光镜7也可以采用单独元器件(分立器件)进行分开设置,也能实现对信号光的偏振调制。

[0052] 本实施例中的光吸收性气体4包括乙炔或甲烷等纯气体;也可以是乙炔或/和甲烷与非光吸缓冲气体相混合的气体,例如乙炔或/和甲烷与氮气、氩气等非光吸收缓冲气体以任意比例相混合。通过光吸收性气体4吸收泵浦光,从而在微纳光纤5的锥区产生的光热效应而导致双折射,双折射的大小即受泵浦光功率控制,也受气体气压控制。本实施例中的光吸收性气体4能与泵浦光有较好光热效应反应,反应相应快。

[0053] 如图2、图3所示,本实施例中的入射微纳光纤5的泵浦光为线偏振光,线偏振光的泵浦光的偏振角度为第一角度( $\theta$ 角),泵浦光的波长与光吸收性气体4的其中一个吸收线相对应,这样使泵浦光容易被光吸收性气体4所吸收而产生光热效应。泵浦光的能量通过其沿微纳光纤5的锥区传输时的倏逝波被光吸收性气体4所吸收,以产生光热效应而使光吸收性气体4的折射率改变。

[0054] 本实施例的全光光热偏振调制器不受高非线性效应的电光晶体的限制,具有损伤阈值高的特点,可以对高功率的激光进行偏振调制,信号光(入射激光)的入射功率可以超过百毫瓦量级,完全满足对高功率激光进行偏振调制的要求。因此,本全光光热偏振调制器

对信号光(入射激光)的适用范围大,实用性更强。

[0055] 参见图1、图2与图3,以第一角度( $\theta$ 角)为45°进行原理说明,具体工作过程为:泵浦光从第二入射端口9进入而被泵浦光起偏器8调节为偏振角为45°(第一角度)的线偏光后,从分光镜7的前侧进入到分光镜7中,并被分光镜7反射而朝向光纤气室3射出,在经出射光耦合透镜6被耦合进微纳光纤5。如图2所示,泵浦光从微纳光纤5的右端尾纤(泵浦光入射端52)进入微纳光纤5,在经过微纳光纤5的锥区时,泵浦光能量通过倏逝场被周围的光吸收性气体4的气体分子吸收。入射的泵浦光为45°线偏振光,在经过微纳光纤5的锥区时的相应模式为偏振角为45°的 $HE_{11}$ 模,其在沿45°角方向的倏逝场光强大于沿135°角(第二角度)方向,从而使45°角方向的光吸收性气体4被加热到更高温度,如图3(b)所示。由于气体的密度和折射率与气体温度成反比,因此微纳光纤5横截面的135°角方向相比45°角方向的气体更加光学致密,即该方向上的气体的折射率更大。因此,如图3(c)所示,原本没有双折射效应的微纳光纤5产生了双折射,其快轴为泵浦光的偏振方向,即45°角方向,而慢轴与快轴正交,即135°角方向。通过快轴和慢轴之间的相位差的调整而改变进入到微纳光纤5的信号光线偏振角度,以0°线偏振的信号光为例进行入射,信号光从第一入射端口1进入到本全光光热偏振调制器,由入射光耦合透镜2被耦合并从左端尾纤(信号光入射端51)进入到微纳光纤5。信号光的波长不处于光吸收性气体44的吸收波段内,因此在微纳光纤5的锥区传输时不会被衰减。信号光通过微纳光纤5后,从泵浦光入射端52射出,再经出射光耦合透镜6和分光镜7,从出射端口10离开本全光光热偏振调制器。如图2所示,当快慢轴之间的相位差达到 $\pi$ 时,原本0°线偏振的入射信号光被该光热偏振调制器转换为90°线偏振的出射信号光。

[0056] 如图4所示,基于相同的构思,本申请还提出一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振系统,其中包括:如上的全光光热偏振调制器,信号光激光器30,信号光偏振控制器31,泵浦光激光器20,声光调制器22,以及光检测装置40。信号光激光器30用于产生信号光,信号光偏振控制器31设置在信号光激光器30的出光侧,并将信号光偏振后进入微纳光纤5。泵浦光激光器20用于产生泵浦光,声光调制器22设置在泵浦光激光器20的出光侧,并将泵浦光调制后进入到光纤气室3。光检测装置40设置在全光光热偏振调制器的信号光出光侧,并用于获取调制后的信号光。通过该过程,可以实现泵浦光通过微纳光纤5在光吸收性气体4中的光热效应而产生双折射,从而对进入微纳光纤5的泵浦光进行偏振调制。

[0057] 本实施例中的声光调制器22对泵浦光进行正弦波调制、方波调制或/和脉冲调制。还可以是对泵浦光进行的其他调制,均能实现通过泵浦光所产生的光热效应来改变信号光的偏振方向。

[0058] 如图4所示,本实施例中的信号光偏振控制器31的出射侧设置有信号光直准器32,信号光通过信号光直准器32后进入微纳光纤5。声光调制器22的出射侧设置有泵浦光直准器23,泵浦光通过泵浦光直准器23后进入微纳光纤5。采用信号光直准器32和泵浦光直准器23均能准直光路而延长光程,同时也能进一步提高耦合效率,另外对于各个耦合透镜的耦合容差也有所提升。

[0059] 本实施例中的光检测装置40包括:偏振分束器41,所述偏振分束器41具有相互垂直的直通端口17和反射端口18,所述直通端口17用于射出未改变偏振角度的信号光,所述反射端口18用于射出改变偏振角度后的信号光,在反射端口18的出射端设置有光探测器42,光探测器42连接示波器43。从偏振分束器41的反射端口18射出的信号光,并被光探测器

42探测,进而被示波器43捕获。

[0060] 具体工作过程为:信号光由信号光激光器30产生,其波长为1555 nm,并经信号光直准器32进入上述的全光光热偏振调制器的第一入射端口1。泵浦光由泵浦光激光器20产生,其波长为1532.83nm与乙炔气体的 $v_1 + v_3$  ( $v_1 + v_3$  为激发态) 和频振动带的P(13) 振转跃迁线相对应。泵浦光被声光调制器22调制为脉冲光后,经泵浦光直准器23进入全光光热偏振调制器的第二入射端口9。从全光光热偏振调制器14的出射端口10输出的信号光的偏振态由偏振分束器41结合光探测器42和示波器43监测。对于0°线偏振的出射信号光,其将从偏振分束器41的直通端口17离开偏振分束器41,而当其被偏振调制器转变为90°线偏振时,其将从偏振分束器41的反射端口18离开偏振分束器41,并被光探测器42探测,进而被示波器43捕获。

[0061] 本实施例的一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振系统的偏振调制信号输出实际测量结果,参考图5。其中图5(a) 所示为重复频率为1 MHz的脉冲泵浦光的波形,其中单个泵浦光脉冲的脉宽和能量分别为11 ns和50 nJ,泵浦光起偏器的角度为45°。图5(b) 所示为原偏振角为0°的线偏振信号光被全光光热偏振调制器转换到90°的线偏振态输出信号光的偏振转换效率。图5(c) 所示为从根据图5(b) 中测得的偏振转换效率计算的光热双折射效应导致的快慢轴之间的相位差。

[0062] 本实施例的一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的快慢轴相移幅度随气压的响应曲线,参见图6。如图6所示,当泵浦光脉冲能量固定时(240 nJ),本全光光热偏振调制器的光热效应所产生的快慢轴相移幅度与气体气压成正比,即可以通过气压控制该偏振调制器的调制幅度。

[0063] 本实施例的一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的快慢轴相移幅度随泵浦光脉冲能量的响应曲线,参见图7。图7所示为当光吸收性气体(乙炔)的气压不变时(12巴),该偏振调制器的光热致快慢轴相移幅度与泵浦光脉冲能量的关系曲线。可见,在泵浦光能量较低时,相移幅度与脉冲能量成正比。

[0064] 本实施例的一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器的偏振转换效率随泵浦光起偏器偏振角度的关系曲线,参见图8,其中角向数值为泵浦光偏振角,径向数值为信号光偏振转换效率。图8所示为随着泵浦光起偏角度从0°到180°旋转时,该偏振调制器将0°线偏振信号光转化为90°线偏振信号光的偏振转换效率的变化。图8中,0°、30°、60°等主轴角度以微纳光纤横截面上的x轴为参考。可见,通过改变泵浦光偏振角度,可以实现灵活的双折射主轴方向的设置。

[0065] 综上所述,与现有技术相比,本申请提出的一种基于微纳光纤非对称模场的全光光热偏振调制器及系统,在微纳光纤周围的光吸收性气体由于与泵浦光的作用而产生光热效率,使光吸收性气体具有不同的折射率,从而产生双折射效应,其中通过泵浦光的功率和光吸收性气体的气压控制双折射效应的快慢轴之间的相位差,使原本沿初始角度线偏振入射到微纳光纤的信号光在光吸收性气体的双折射效应下,变化了线偏振的角度,从而形成改变初始角度的出射信号。通过改变泵浦光的功率,基于此微纳光纤中光热效应导致的双折射效应,使入射的信号光的偏振态可以被调控,而且第一角度和第二角度跟随泵浦光的线偏振的角度改变而改变,从而能对任意偏振态的入射光进行偏振调制,集成度高、插入损耗小、光损伤阈值高、光纤链路耦合方便和抗电磁干扰能力强的优点,可广泛应用于光纤

通信和光纤传感领域。

[0066] 应当理解的是，本申请的应用不限于上述的举例，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，所有这些改进和变换都应属于本申请所附权利要求的保护范围。

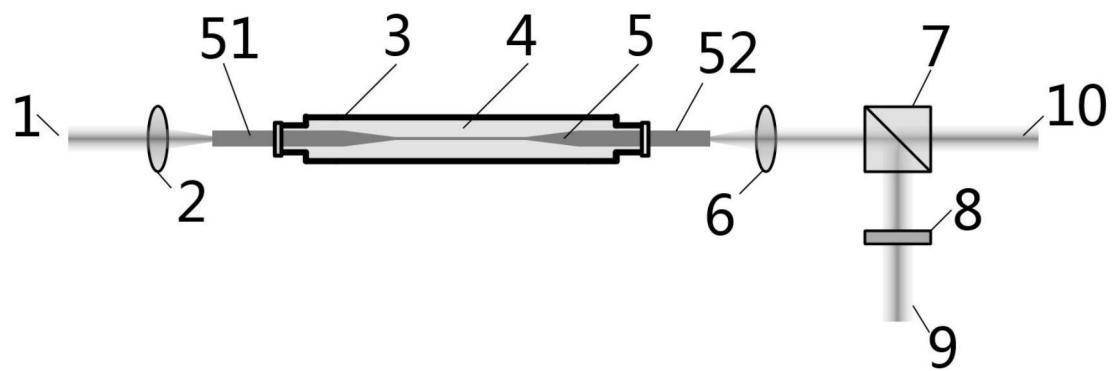


图1

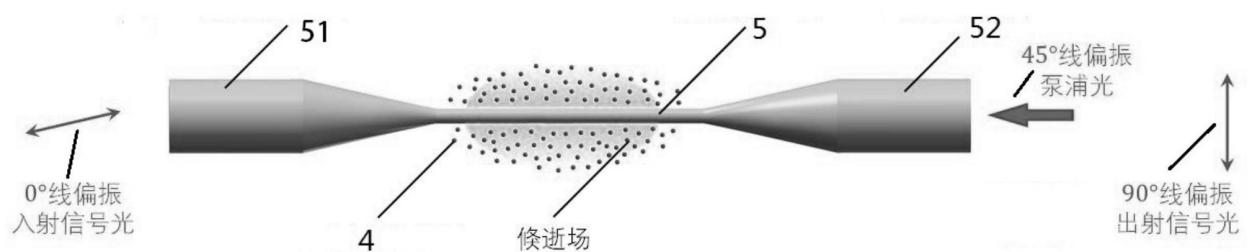


图2

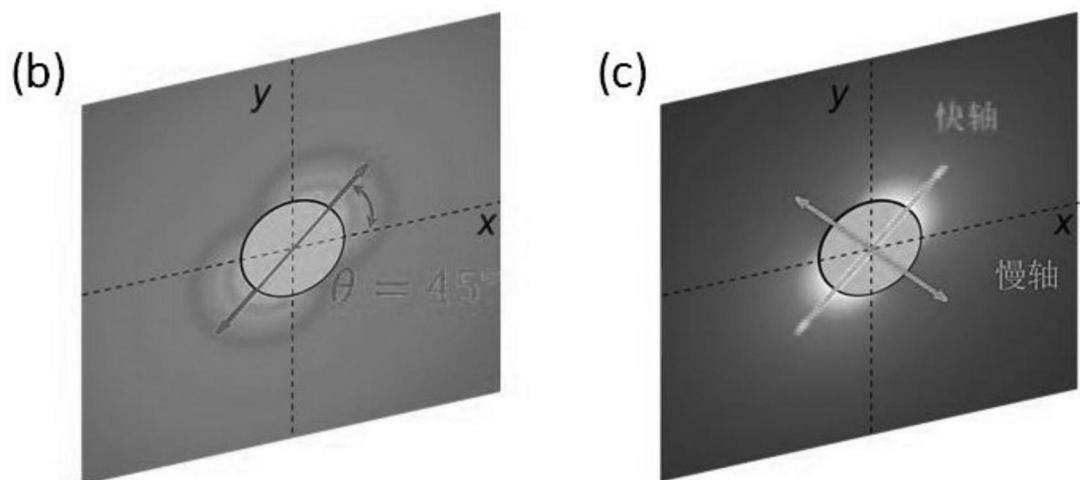


图3

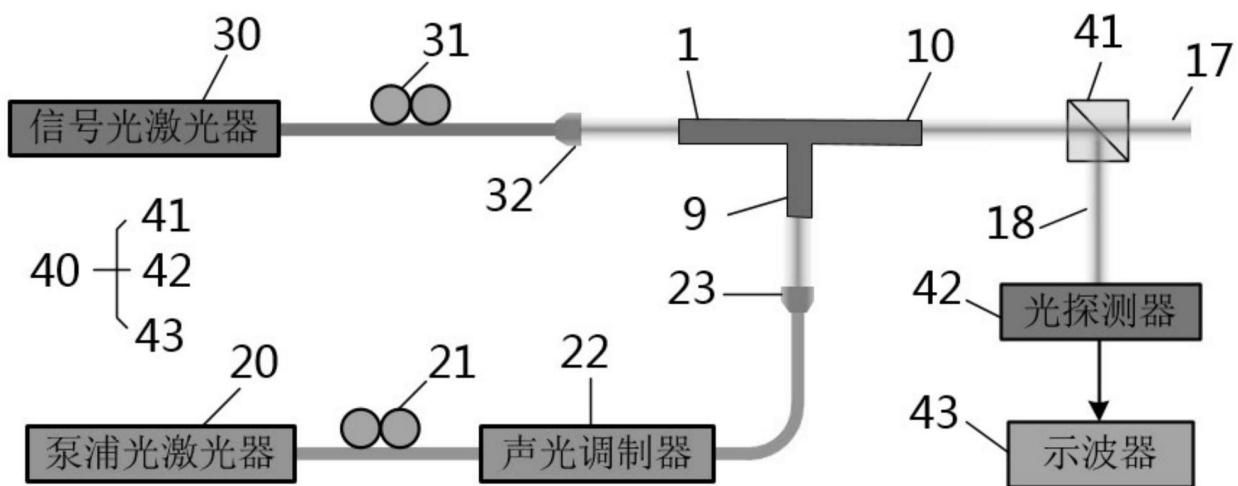


图4

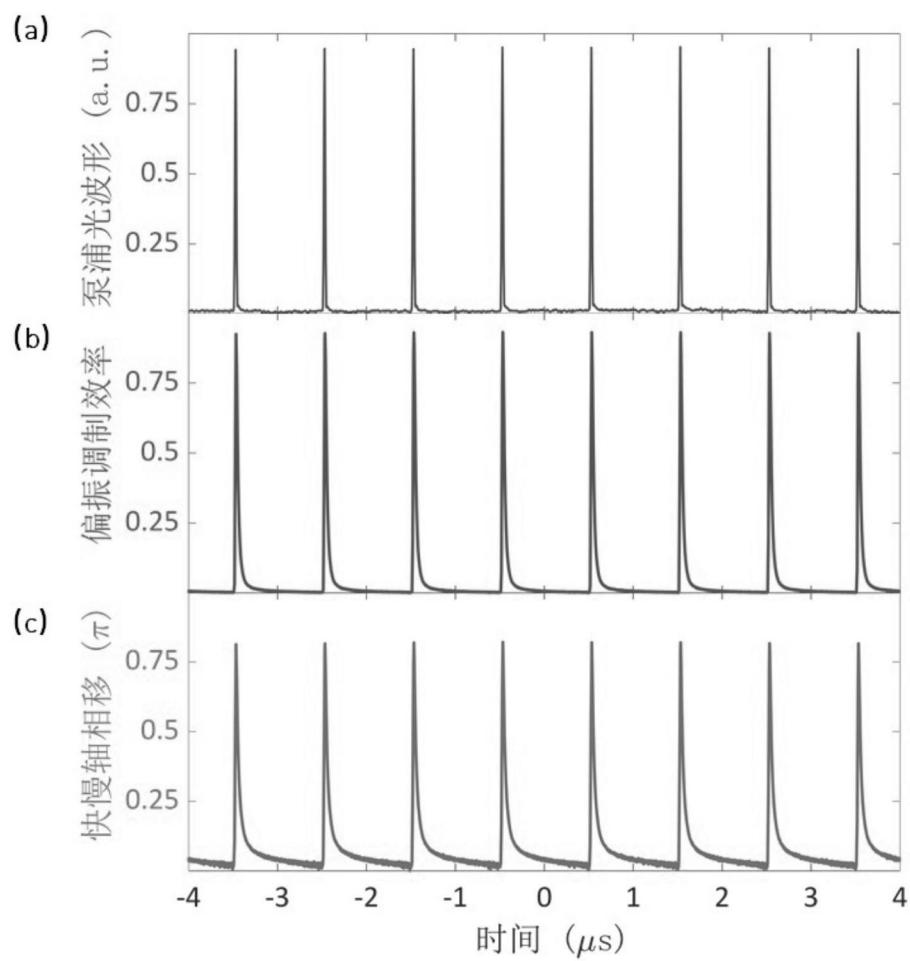


图5

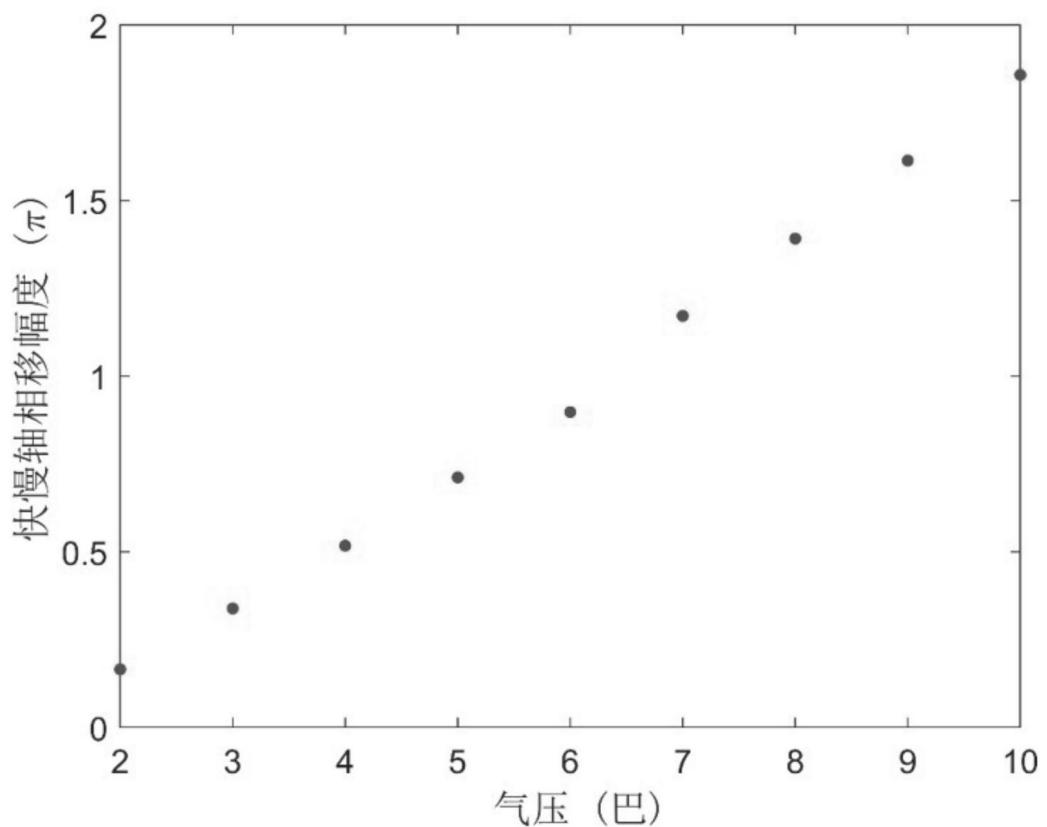


图6

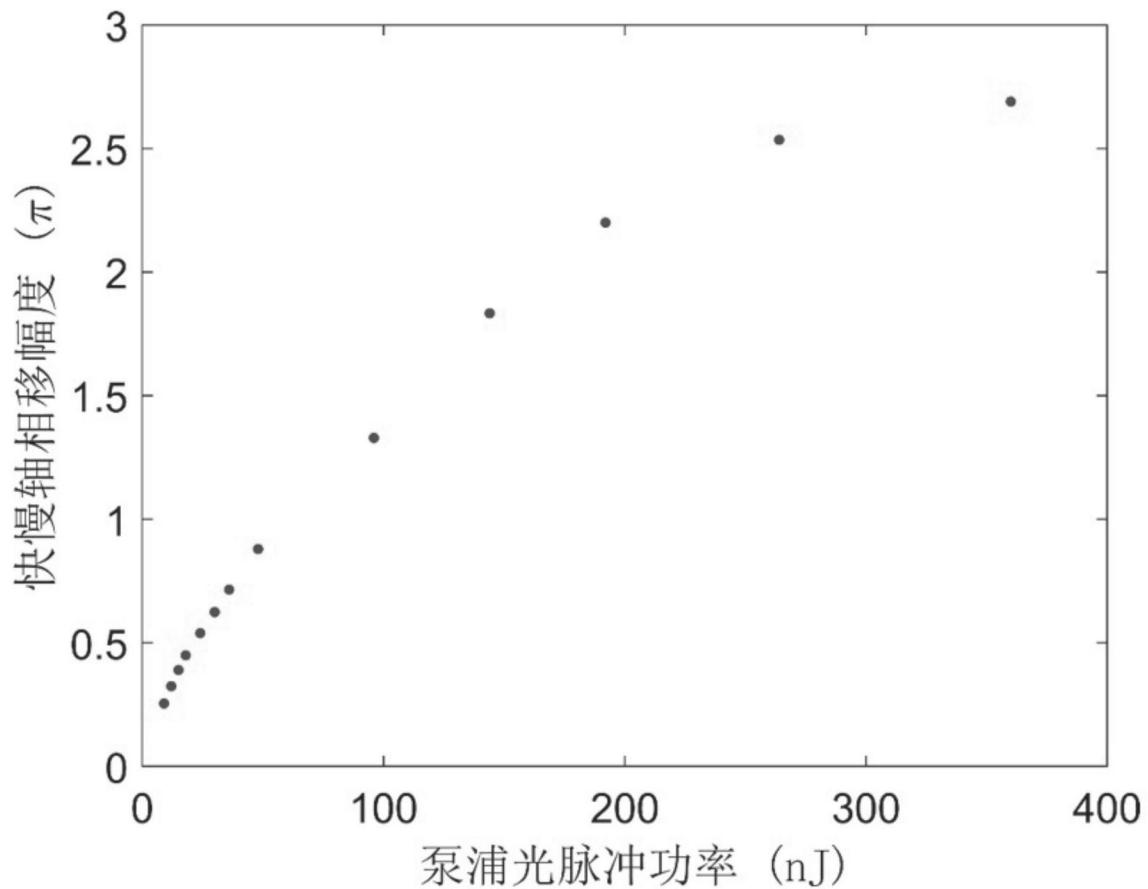


图7

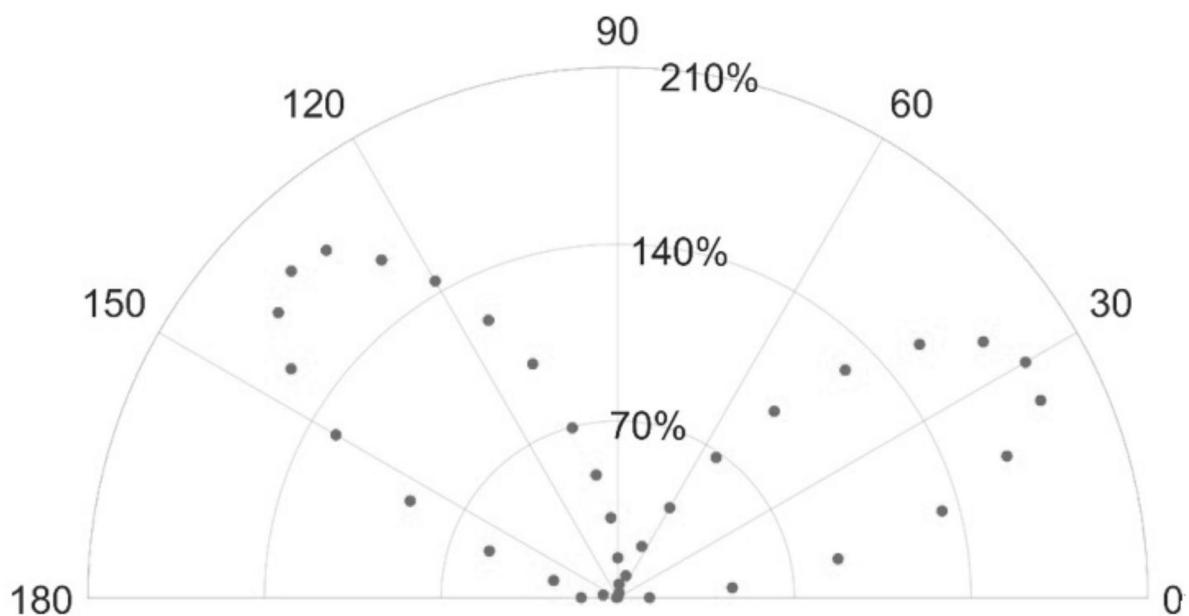


图8