



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114815074 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210754408.2

(22) 申请日 2022.06.30

(71) 申请人 中山大学

地址 510006 广东省广州市海珠区新港西路135号

(72) 发明人 李朝晖 陈鸿飞 傅志豪

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

专利代理师 王晓玲

(51) Int. Cl.

G02B 6/293 (2006.01)

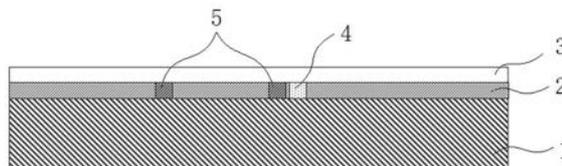
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种光调制的微环谐振腔及制备方法

(57) 摘要

本发明属于微电子集成光电子器件技术领域,更具体地,涉及一种光调制的微环谐振腔及制备方法;由下至上依次包括基层、相变材料薄膜和包层薄膜;在所述的相变材料薄膜上通过连外部激励信号刻画有直母线波导和环形波导,所述的直母线波导和环形波导通过耦合区耦合。本发明提供的微环谐振腔,制备工艺简单,减少了电极结构,提高了集成度;能够通过用光信号激励环形波导使环形波导的折射率发生改变从而达到调制作用,还具有重构的特性。



1. 一种光调制的微环谐振腔,其特征在于,包括:基底层(1);微环谐振腔层,所述微环谐振腔层由可逆的相变材料薄膜(2)制成,所述微环谐振腔层包括直母线波导(4)、环形波导(5)、耦合区(6),在所述的相变材料薄膜(2)上通过外部激励信号直写刻画有直母线波导(4)和环形波导(5),所述的直母线波导(4)和环形波导(5)通过耦合区(6)耦合;包层薄膜层,所述包层薄膜层由包层薄膜(3)制成。

2. 根据权利要求1所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,所述的环形波导(5)的折射率>所述的直母线波导(4)的折射率>未设有波导区域的相变材料薄膜(2)的折射率>所述的基底层(1)和所述的包层薄膜(3)折射率。

3. 根据权利要求2所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,所述的环形波导(5)的折射率比直母线波导(4)的折射率大0.1~0.5。

4. 根据权利要求2所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,所述的直母线波导(4)包括左侧直波导(41)、弧形波导(42)和右侧直波导(43);所述的弧形波导(42)的两端分别与左侧直波导(41)和右侧直波导(43)连接,所述的弧形波导(42)与环形波导(5)耦合,弧形波导(42)与环形波导(5)共同构成耦合区(6)。

5. 根据权利要求4所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,所述的弧形波导(42)与环形波导(5)具有共同的圆心。

6. 根据权利要求4所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,所述的弧形波导(42)所对应的扇形的圆心角为 30° ;所述的环形波导(5)的半径值为 $20\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求5所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,所述的环形波导(5)与弧形波导(42)之间的间隙为 $100\text{nm}\sim 800\text{nm}$ 。

8. 根据权利要求1至7任一项所述的光调制的微环谐振腔,其特征在于,光信号从左侧直波导(41)输入,并在耦合区(6)中通过倏逝波耦合,光信号通过耦合进入到环形波导(5)中,并沿着逆时针方向进行传输;当倏逝波满足在环形波导(5)内传输一周产生 2π 的相移时,在环形波导(5)的环中发生谐振,此时环形波导(5)的半径满足表达式: $2\pi R n_{\text{eff}} = m\lambda$,其中, n_{eff} 为波导的有效折射率, R 为环形波导(5)的半径, λ 为光波的波长; m 指波长的整数倍;通过调制光改变环形波导(5)的有效折射率,能够调制光波的波长。

9. 一种权利要求1至8任一项所述的光调制的微环谐振腔的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1. 选取镀好相变材料薄膜(2)和包层薄膜(3)的基片作为基底;

S2. 对S1所述的基底进行清洗;

S3. 利用外部激励信号作用在样品上,使相变材料薄膜(2)按照微环谐振腔的结构图形进行晶化,以刻画出微环谐振腔的结构;所述的相变材料薄膜(2)在外部激励信号激励的作用下,能够改变应激位置的相变状态;所述的相变材料薄膜(2)在经过外部激励信号激励的情况下处于非晶态,在外部激励信号激励下能够由非晶态转变为晶态;通过调整外部激励信号的能量密度,能够实时改变相变材料薄膜(2)的晶化程度,得到任意的中间相态。

10. 根据权利要求9所述的光调制的微环谐振腔的制备方法,其特征在于,当需要对微环谐振腔的结构进行重构时,利用外部激励信号将制备好的微环谐振腔上晶化的区域进行去晶化,然后再重复步骤S3实现微环谐振腔结构的重构。

一种光调制的微环谐振腔及制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于微电子集成光电子器件技术领域,更具体地,涉及一种光调制的微环谐振腔及制备方法。

背景技术

[0002] 微环谐振器是集成光学平台重要的基础元件,如今,基于环形谐振腔的结构已经得到了广泛的应用,如激光器、上下路滤波器、光调制器、光开关、色散补偿器、延迟线、隔离器、光记忆体、传感器、反射镜、和光学陀螺等。微环谐振腔从本质上说就是一个无限长脉冲响应滤波器。它由一个环形的结构和一条直波导组成。利用波导的回路形成反馈,对不同波长的光具有不同的周期性的响应。它结构简单,并且能通过对微环谐振腔的级联或者与其他光学结构结合,能制作更多新的功能器件;目前环形谐振腔基本都是在硅基平台或铌酸锂等平台上经过旋胶、曝光、显影、刻蚀、离子参杂、沉积等工艺步骤加工出脊状波导结构组合而成。需要加电极结构对其进行调控。

[0003] 微环谐振腔由于具有较高的Q值且环形结构简单,易于制备,有利于使器件微型化以便集成。并且能通过对微环谐振腔的级联或者与其他光学结构结合,能制作更多新的功能器件。随着集成光子领域在材料生长、加工与封装方面的工艺得到快速地发展,使得人们可以在越来越多的材料平台上制备高Q值、低损耗、色散平坦的光学微腔。目前,使用较为广泛的是在Si、Si₃N₄、高折射率掺杂玻璃材料平台上制作光学谐振腔。制作工艺与COMS工艺相容,利用沉积、曝光、显影、刻蚀、等步骤制作出微环谐振腔的结构,现有方法制作的谐振腔结构一般是脊状波导结构,一旦制作就定型,无法进行重构或修改,对工艺的精度要求很高。且若需要对微环谐振腔进行调制,现有工艺一般需要利用制作材料的热光效应或电光效应,制作相应匹配的电极外加电压来调制,较为复杂。

发明内容

[0004] 本发明为克服上述现有技术中的缺陷,提供一种光调制的微环谐振腔及制备方法,工艺简单,能够通过光控调制对微环谐振腔进行调制,减少了电极结构,另外还能实现结构的重构。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种光调制的微环谐振腔,该微环谐振腔包括:

基底层;

微环谐振腔层,所述微环谐振腔层由可逆的相变材料薄膜制成,所述微环谐振腔层包括直母线波导、环形波导、耦合区,在所述的相变材料薄膜上通过外部激励信号刻画有直母线波导和环形波导,所述的直母线波导和环形波导通过耦合区耦合;

包层薄膜层,所述包层薄膜层由包层薄膜制成。

[0006] 在本发明中,微环谐振腔设置在相变材料薄膜上,利用具有相变特性的材料经过外部激励信号的激励后折射率与原材料不同的性质,可以在材料薄膜上用外部激励信号制

作微环谐振腔,具有该相变特性的材料薄膜在外部实施一定条件的激励下可实现晶态与非晶态的可逆变化,简化了工艺流程,还可以实现微环谐振腔的重构。另外,本发明提供的微环谐振腔,能通过使用激光调制微环的有效折射率来实现对光信号的调制,减少了电极结构的制作,能提高器件的集成度。

[0007] 其中,所述的外部激励信号包括但不限于、光信号、电信号、热信号。

[0008] 在其中一个实施例中,所述的环形波导的折射率>直母线波导的折射率>未设有波导区域的相变材料薄膜的折射率>基底层和包层薄膜折射率。未设有波导区域的相变材料薄膜的折射率是指在相变材料薄膜上,除了环形波导和直母线波导在位置之外的相变材料薄膜的折射率。

[0009] 在其中一个实施例中,所述的环形波导的折射率比直母线波导的折射率大0.1~0.5。

[0010] 在其中一个实施例中,所述的直母线波导包括左侧直波导、弧形波导和右侧直波导;所述的弧形波导的两端分别与左侧直波导和右侧直波导连接,所述的弧形波导与环形波导耦合,弧形波导与环形波导共同构成耦合区。

[0011] 在其中一个实施例中,所述的弧形波导与环形波导具有共同的圆心。

[0012] 在其中一个实施例中,所述的弧形波导所对应的扇形的圆心角为 30° ;所述的环形波导的半径值为 $20\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ 。

[0013] 在其中一个实施例中,所述的环形波导与弧形波导之间的间隙为 $100\text{nm}\sim 800\text{nm}$ 。

[0014] 在其中一个实施例中,光信号从左侧直波导输入,并在耦合区中通过倏逝波耦合,光信号通过耦合进入到环形波导中,并沿着逆时针方向进行传输;当倏逝波满足在环形波导内传输一周产生 2π 的相移时,在环形波导的环中发生谐振,表达式为: $2\pi R n_{\text{eff}} = m\lambda$,其中, n_{eff} 为波导的有效折射率, R 为环形波导的半径, λ 为光波的波长; m 指波长的整数倍,取值可以为 $0、1、2、3\cdots n$;通过调制光改变环形波导的有效折射率,能够调制光波的波长。

[0015] 在其中一个实施例中,所述的相变材料薄膜在外部激励信号激励的作用下,能够改变应激位置的相变状态;所述的相变材料薄膜在不经外部激励信号激励的情况下处于非晶态,在外部激励信号激励下能够由非晶态转变为晶态;通过调整外部激励信号的能量密度,能够实时改变相变材料薄膜的晶化程度,得到任意的中间相态。

[0016] 本发明还提供一种光调制的微环谐振腔的制备方法,包括以下步骤:

S1. 选取镀好相变材料薄膜和包层薄膜的基片作为基底;

S2. 对S1所述的基底进行清洗;

S3. 利用外部激励信号作用在样品上,使相变材料薄膜按照微环谐振腔的结构图形进行晶化,以刻画出微环谐振腔的结构;所述的相变材料薄膜在外部激励信号激励的作用下,能够改变应激位置的相变状态;所述的相变材料薄膜在不经外部激励信号激励的情况下处于非晶态,在外部激励信号激励下能够由非晶态转变为晶态;通过调整外部激励信号的能量密度,能够实时改变相变材料薄膜的晶化程度,得到任意的中间相态。

[0017] 其中,当需要对微环谐振腔的结构进行重构时,利用外部激励信号将制备好的微环谐振腔上晶化的区域进行去晶化,然后再重复步骤S3实现微环谐振腔结构的重构。

[0018] 在本发明中,利用具有相变特性的材料经过外部激励信号的激励后折射率与原材料不同的性质,可以在材料薄膜上用外部激励信号进行激励制作微环谐振腔,具有该相变

特性的材料薄膜在外部激励信号的激励下可实现晶态与非晶态的可逆变化。薄膜晶态的原子排列长程有序,其反射率高,而非晶态是长程无序,其反射率比晶态状态的低。当相变材料薄膜的加热温度超过熔点 T_m ,并使其骤冷可形成非晶态,而缓慢冷却时形成晶态。所以可以利用外部激励信号的光强来控制微环谐振腔的有效折射率,进而改变微环的有效折射率实现可调谐的微环谐振腔的功能,也可以利用高能量的外部激励信号的激励使得晶化的材料去晶化,达到可重复擦写的效果。

[0019] 此方法工艺简单,极大程度上简化了现有工艺,且过程是可逆的,所以本发明提出的方法能重复擦写。也可以通过使用光信号改变微环的有效折射率来达到调制波长的作用。避免制作电极外加电压来调制。具有简单、高效、可重构的特性。

[0020] 与现有技术相比,有益效果是:

1、本发明提供一种光调制的微环谐振腔及制备方法,结构加工工艺更加简单,相比于现在微环谐振腔的制作工艺(清洗、沉积、曝光、显影、刻蚀、生长包层等工艺),该结构的加工工艺简单,只需要清洗、沉积相变材料、沉积包层、曝光加工四步;极大简化了制作效率。

[0021] 2、本发明提供一种光调制的微环谐振腔及制备方法,微环谐振腔在调控时可以用光信号激励环形波导使环形波导的折射率发生改变从而达到调制作用。本发明提供的微环谐振腔结构减少了电极结构,不需要通过外加电压来调制,有更高的集成度。

[0022] 3、本发明提供一种光调制的微环谐振腔及制备方法,所述的微环谐振腔结构并非在材料上进行刻蚀、腐蚀等不可逆转的“削除”操作,而是通过外部激励信号使得相变材料的折射率发生变化从而制作出微环谐振腔的结构,由于相变材料的特性,该方法是通过高能量的外部激励信号的激励来进行“擦除”,所以该结构能擦除重构。

附图说明

[0023] 图1是本发明微环谐振腔结构的各层结构示意图。

[0024] 图2是本发明环形波导与直母线波导结构示意图。

[0025] 图3是本发明整体结构示意图。

[0026] 图4是本发明输入调制光示意图。

[0027] 附图说明:1、基层;2、相变材料薄膜;3、包层薄膜;4、直母线波导;41、左侧直波导;42、弧形波导;43、右侧直波导;5、环形波导;6、耦合区。

具体实施方式

[0028] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。下面结合具体实施方式对本发明作在其中一个实施例中说明。其中,附图仅用于示例性说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本专利的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0029] 在本发明的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“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发明和简化描述,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,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本专利的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。另外,若本发明实施例中有涉及“第一”、“第二”等的描述,则该“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外,全文中出现的“和/或”的含义为,包括三个并列的方案,以“A和/或B”为例,包括A方案,或B方案,或A和B同时满足的方案。

[0030] 实施例1:

如图1至4所示,一种光调制的微环谐振腔,由下至上依次包括基层1、微环谐振腔层和包层薄膜层;在相变材料薄膜2上通过连续激光直写刻画有直母线波导4和环形波导5,直母线波导4和环形波导5通过耦合区6耦合。在本发明中,微环谐振腔设置在相变材料薄膜2上,利用具有相变特性的材料经过外部激励信号的激励后折射率与原材料不同的性质,可以在材料薄膜上用激光制作微环谐振腔,具有该相变特性的材料薄膜在一定条件的外部激励信号的激励下可实现晶态与非晶态的可逆变化,简化了工艺流程,还可以实现微环谐振腔的重构。另外,本发明提供的微环谐振腔,能通过使用调制光调制微环的有效折射率来实现对光信号的调制,减少了电极结构的制作,能提高器件的集成度。

[0031] 本发明没有电极结构,不需要通过外加电压来调制,环形波导5的折射率与直母线波导4不同,且由于该结构是由相变材料制作,能够通过调制光改变环形波导5的折射率,达到调制的效果。

[0032] 基层1包括石英玻璃、晶态、非晶态硅或氮化硅;包层薄膜包括二氧化锆薄膜或氧化硅薄膜;相变材料薄膜2包括硫化锑、锗碲硫、锗锑碲、锗砷硫、或锗碲硒。

[0033] 其中,环形波导5的折射率>直母线波导4的折射率>未设有波导区域的相变材料薄膜2的折射率>基层1和包层薄膜3折射率。环形波导5的折射率比直母线波导4的折射率大0.1~0.5。

[0034] 具体的,直母线波导4包括左侧直波导41、弧形波导42和右侧直波导43;弧形波导42的两端分别与左侧直波导41和右侧直波导43连接,弧形波导42与环形波导5耦合,弧形波导42与环形波导5共同构成耦合区6。

[0035] 其中,弧形波导42与环形波导5具有共同的圆心。弧形波导42所对应的扇形的圆心角为 30° ;环形波导5的半径值为 $20\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ 。环形波导5与弧形波导42之间的间隙为 $100\text{nm}\sim 800\text{nm}$ 。

[0036] 光信号从左侧直波导41输入,并在滑轮耦合区6中通过倏逝波耦合,光信号通过耦合进入到环形波导5中,并沿着逆时针方向进行传输;当倏逝波满足在环形波导5内传输一周产生 2π 的相移时,在环形波导5的环中发生谐振,表达式为: $2\pi R n_{\text{eff}} = m\lambda$,其中, n_{eff} 为波导的有效折射率, R 为环形波导5的半径, λ 为光波的波长;通过调制光改变环形波导5的有效折射率,能够调制光波的波长。

[0037] 另外,相变材料薄膜2在外部激励信号激励的作用下,能够改变应激位置的相变状态;相变材料薄膜2在经过外部激励信号激励的情况下处于非晶态,在外部激励信号激励下能够由非晶态转变为晶态;通过调整外部激励信号的能量密度,能够实时改变相变材料

薄膜2的晶化程度,得到任意的中间相态。

[0038] 实施例2

本实施例提供一种光调制的微环谐振腔的制备方法,包括以下步骤:

S1. 选取镀好相变材料薄膜2和包层薄膜3的基片作为基底;

S2. 对S1所述的基底进行清洗;

S3. 利用外部激励信号作用在样品上,使相变材料薄膜2按照微环谐振腔的结构图形进行晶化,以刻画出微环谐振腔的结构;所述的相变材料薄膜2在外部激励信号激励的作用下,能够改变应激位置的相变状态;所述的相变材料薄膜2在不经外部激励信号激励的情况下处于非晶态,在外部激励信号激励下能够由非晶态转变为晶态;通过调整外部激励信号的能量密度,能够实时改变相变材料薄膜2的晶化程度,得到任意的中间相态;

其中,当需要对微环谐振腔的结构进行重构时,利用飞秒激光将制备好的微环谐振腔上晶化的区域进行去晶化,然后再重复步骤S3实现微环谐振腔结构的重构。

[0039] 在本发明中,利用具有相变特性的材料经过外部激励信号的激励后折射率与原材料不同的性质,可以在材料薄膜上用外部激励信号进行激励制作微环谐振腔,具有该相变特性的材料薄膜在外部激励信号的激励下可实现晶态与非晶态的可逆变化。具有该相变特性的材料薄膜在不经外部激励信号激励的情况下处于非晶态,此时非晶态的薄膜原子排列长程无序,折射率较小;在外部激励信号激励下能够由非晶态逐步转变为晶态,此时折射率逐步变大,当到达完全晶态时,薄膜原子排列长程有序,折射率达到最大;通过调整外部激励信号的能量密度,能够实时改变相变材料薄膜的晶化程度,得到任意的中间相态。所以可以利用外部激励信号的光强来控制微环谐振腔的有效折射率,进而改变微环的有效折射率实现可调谐的微环谐振腔的功能;当相变材料薄膜由熔点 T_m 骤冷凝固,能将相变薄膜形成非晶态,而相变材料薄膜由熔点 T_m 缓慢冷却,能将相变薄膜形成非晶态。故也可以利用高能量的外部激励信号的激励使得晶化的材料去晶化,达到可重复擦写的效果

实施例3

本实施例提供了一种微环谐振腔的重构方法,在实施例2的基础上,当制备好的微环谐振腔的结构需要重构,利用飞秒激光将制备好的微环谐振腔上晶化的区域进行去晶化,然后再重复实施例1中的步骤S3实现微环谐振腔结构的重构。具体包括:

将实施例1中使用的加工激光器换为能量很高的飞秒激光;利用夹具将待加工的样品(实施例1中制备好的微环谐振腔)固定在物镜的工作距离平面,并移动位移台使得样品标记对齐,保证两次的样品位置处于同一位置;

将需要重构的微环谐振腔结构图形输入激光加工平台的控制程序中,首先利用高能量的飞秒激光将微环谐振腔上晶化的区域去晶化;然后将加工激光器换回为连续激光,利用连续激光照射在样品上重新刻画出微环谐振腔的结构。

[0040] 在本实施例中利用的是飞秒激光实现重构,当然,还可以是其它的外部激励信号,只要是能够使相变材料薄膜上晶化的区域取晶化的外部激励信号均可以,不限于本实施例的飞秒激光。

[0041] 本发明提供的微环结构并非在材料上进行刻蚀、腐蚀等不可逆转的“削除”操作,而是通过激光使得相变材料的折射率发生变化从而制作出微环谐振腔的结构,由于相变材料的特性,该方法是可以由高能量的飞秒激光来进行“擦除”,所以该结构能擦除重构。

[0042] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

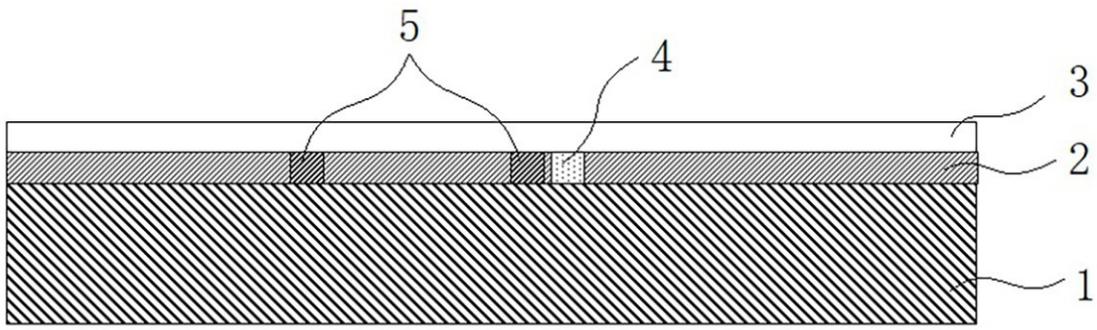


图1

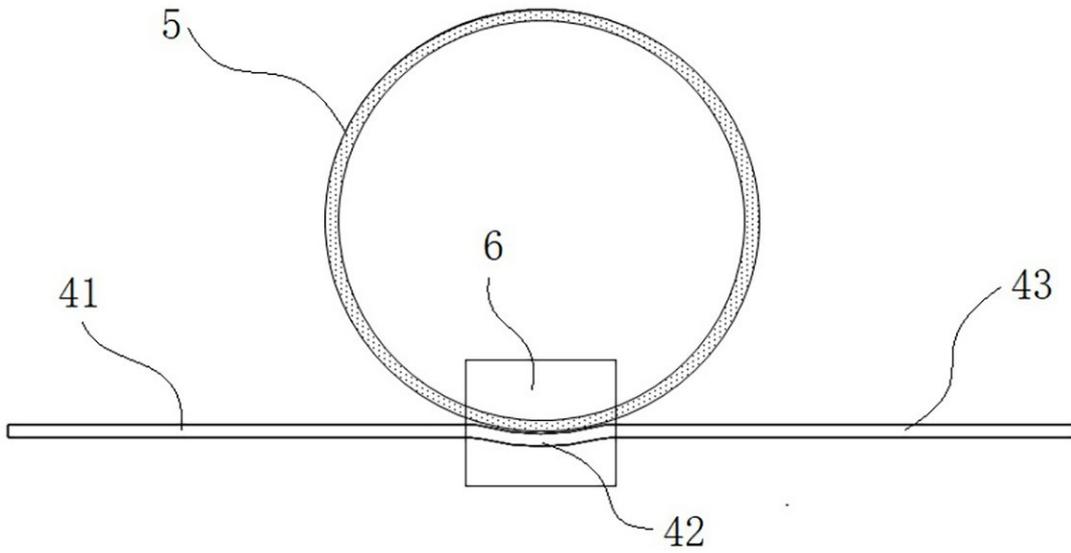


图2

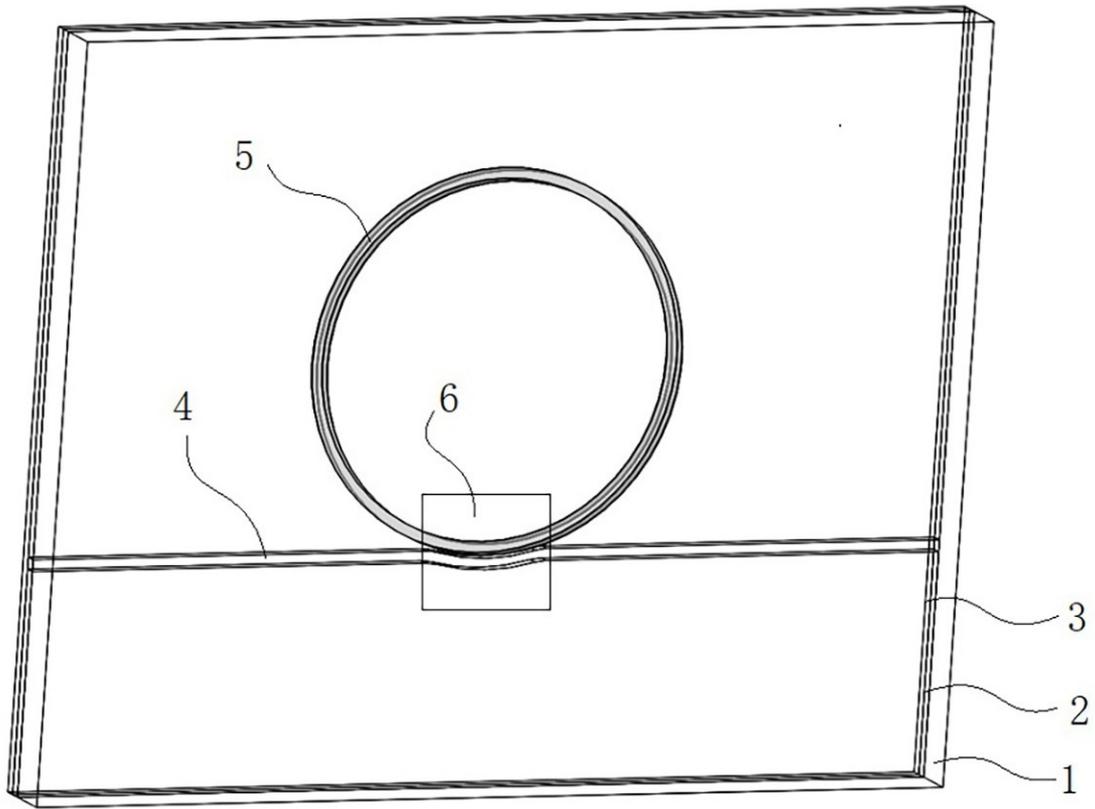


图3

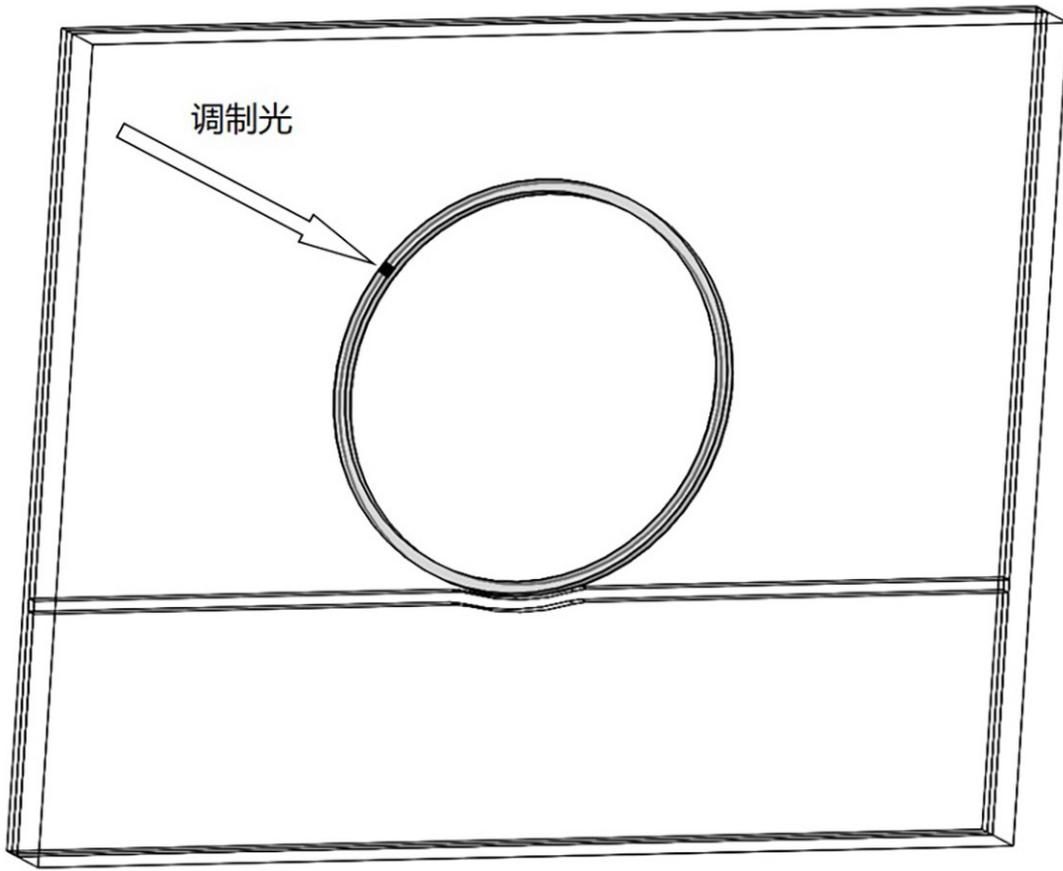


图4