



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103983435 B

(45)授权公告日 2017.02.08

(21)申请号 201410241197.8

G02B 6/02(2006.01)

(22)申请日 2014.05.30

G01D 5/353(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103983435 A

(56)对比文件

CN 103645551 A,2014.03.19,

CN 101539644 A,2009.09.23,

CN 102226847 A,2011.10.26,

JP 昭61-20908 A,1986.01.29,

CN 103278782 A,2013.09.04,

(43)申请公布日 2014.08.13

(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高新园

南区粤兴一道18号香港理工大学产学

研大楼501

审查员 唐松柏

(72)发明人 靳伟 金娃 宣海锋 汪超

(74)专利代理机构 深圳中一专利商标事务所

44237

代理人 张全文

(51)Int.Cl.

G01M 11/02(2006.01)

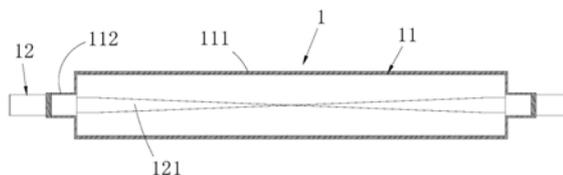
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

微纳光纤微型实验结构及其制作方法和测量仪

(57)摘要

本发明涉及微纳光纤的技术领域,公开了微纳光纤微型实验结构及其制作方法和测量仪,微型实验结构包括单模光纤以及毛细玻璃直管,毛细玻璃直管的两端分别具有端口;单模光纤的中间部位具有拉制的微纳光纤,单模光纤穿设在毛细玻璃直管中,且与毛细玻璃直管固定连接,整个微纳光纤置于毛细玻璃直管内,且呈悬空布置。微纳光纤整个置于毛细玻璃直管内,且悬空布置,在毛细玻璃直管的保护下,保护微纳光纤不会受污染,避免外界的灰尘及水蒸气等接触微纳光纤,不会影响微纳光纤的光学性质,其光学性能不会随着时间快速的消退,易于进行进一步加工,实现微纳光纤的长期,稳定的实际应用,并且易于与其它光纤器件兼容。



1. 微纳光纤微型实验结构,其特征在於,包括单模光纤以及毛细玻璃直管,所述毛细玻璃直管的两端分别具有端口;所述单模光纤的中间部位具有拉制而成且显露布置的微纳光纤,所述单模光纤穿设在所述毛细玻璃直管中,且与所述毛细玻璃直管的端口固定连接,整个所述微纳光纤置于所述毛细玻璃直管内,且呈悬空布置,所述毛细玻璃直管的侧壁中设有通孔,形成连通所述毛细玻璃直管的微流通道。

2. 如权利要求1所述的微纳光纤微型实验结构,其特征在於,所述毛细玻璃直管包括管体以及设于所述管体两端的管头,所述管头中具有端口,所述管头的直径小于所述管体的直径,所述单模光纤与所述端口的连接处粘设有胶体。

3. 如权利要求1所述的微纳光纤微型实验结构,其特征在於,所述毛细玻璃直管侧壁的两端分别设有所述通孔。

4. 微纳光纤微型实验结构的制作方法,其特征在於,包括以下步骤:

1)、去除单模光纤中间部位的涂覆层,形成显露布置的微纳光纤,对所述微纳光纤加热,且同时对所述单模光纤的两端施加拉力,拉制所述微纳光纤;

2)、将所述拉制后的单模光纤的一端穿过毛细玻璃直管,且通过调整所述单模光纤与所述毛细玻璃直管的相对位置,直至整个所述微纳光纤置于所述毛细玻璃直管内,且所述单模光纤插设于所述毛细玻璃直管两端的端口中;

3)、将所述单模光纤与所述毛细玻璃直管的连接处进行密封。

5. 如权利要求4所述的微纳光纤微型实验结构的制作方法,其特征在於,于步骤2)中,将拉制后的单模光纤的一端固定于一三维移动平台,另一端穿过所述毛细玻璃直管,且固定连接于另一所述三维移动平台,所述毛细玻璃直管置于一三维移动平台上,通过移动所述毛细玻璃直管下的三维移动平台或移动单模光纤两端下的三维移动平台,直至所述微纳光纤整个置于所述毛细玻璃直管内,且悬空布置。

6. 气体气压测量仪,包括微纳光纤微型实验结构,所述的微纳光纤微型实验结构包括单模光纤以及毛细玻璃直管,所述毛细玻璃直管的两端分别具有端口;所述单模光纤的中间部位具有拉制而成且显露布置的微纳光纤,所述单模光纤穿设在所述毛细玻璃直管中,且与所述毛细玻璃直管的端口固定连接,整个所述微纳光纤置于所述毛细玻璃直管内,且呈悬空布置,其特征在於,所述测量仪还包括宽带光源、耦合器、偏振控制器以及光谱分析仪,沿光路的传输路径,所述宽带光源、耦合器、偏振控制器、微纳光纤微型实验结构以及光谱分析仪依序连接,所述耦合器、偏振控制器以及微纳光纤微型实验结构形成光纤环形镜,所述毛细玻璃直管的侧壁中设有通孔,形成连通所述毛细玻璃直管的微流通道。

7. 如权利要求6所述的测量仪,其特征在於,所述微纳光纤微型实验结构置于所述毛细玻璃直管内的光纤的表面上设有长周期光栅结构。

8. 如权利要求6至7任一项所述的测量仪,其特征在於,所述微纳光纤微型实验结构置于所述毛细玻璃直管内的光纤呈圆锥状,其横截面呈椭圆形状,且所述微纳光纤为具有双折射特性的微纳光纤。

9. 液体折射率测量仪,包括微纳光纤微型实验结构,所述的微纳光纤微型实验结构包括单模光纤以及毛细玻璃直管,所述毛细玻璃直管的两端分别具有端口;所述单模光纤的中间部位具有拉制而成且显露布置的微纳光纤,所述单模光纤穿设在所述毛细玻璃直管中,且与所述毛细玻璃直管的端口固定连接,整个所述微纳光纤置于所述毛细玻璃直管内,

且呈悬空布置,其特征在于,所述测量仪还包括宽带光源、耦合器、偏振控制器以及光谱分析仪,沿光路的传输路径,所述宽带光源、耦合器、偏振控制器、微纳光纤微型实验结构以及光谱分析仪依序连接,所述毛细玻璃直管侧壁的两端分别设有通孔。

10.如权利要求9所述的测量仪,其特征在于,所述微纳光纤微型实验结构置于所述毛细玻璃直管内的光纤的表面上设有长周期光栅结构。

11.如权利要求9至10任一项所述的测量仪,其特征在于,所述微纳光纤微型实验结构置于所述毛细玻璃直管内的光纤呈圆锥状,其横截面呈椭圆形状,且所述微纳光纤为具有双折射特性的微纳光纤。

## 微纳光纤微型实验结构及其制作方法和测量仪

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微纳光纤的技术领域,尤其涉及微纳光纤微型实验结构及其制作方法和测量仪。

### 背景技术

[0002] 微纳光纤以其在微纳光子系统中的巨大潜在应用,受到了越来越多的关注。伴随着光子器件微型化及集成化的发展趋势,各种不同的基于微纳光纤的电子器件已经出现,而且,由于微纳光纤较强的倏逝场,使其具有与外界较强的相互作用,更能感知外界环境的变化,从而,微纳光纤广泛用于实现多种类型的微纳光纤化学、生物及环境传感器。

[0003] 然而,当微纳光纤表面吸附灰尘粒子后,则造成微纳光纤表面光散射,以及水蒸气造成微纳光纤的表面裂痕,这些因素的影响,使得微纳光纤的光学性能会随时间很快的消退,表现在光谱上是引入了不能恢复的损耗。

[0004] 现有技术中,采用在微纳光纤的光纤表面上进行涂覆,以达到保护光纤的作用,但是该操作方式,要么改变微纳光纤的光学性质,要么机械性能比较差,而且,对微纳光纤进行涂覆操作本身就很有难度,难以操作。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供微纳光纤微型实验结构,旨在解决现有技术中灰尘粒子以及水蒸气会影响微纳光纤的表面,导致微纳光纤的光学性能随时间很快消退的问题。

[0006] 本发明是这样实现的,微纳光纤微型实验结构,包括单模光纤以及毛细玻璃直管,所述毛细玻璃直管的两端分别具有端口;所述单模光纤的中间部位具有拉制而成且显露布置的微纳光纤,所述单模光纤穿设在所述毛细玻璃直管中,且与所述毛细玻璃直管的端口固定连接,整个所述微纳光纤置于所述毛细玻璃直管内,且呈悬空布置。

[0007] 本发明还提供了微纳光纤微型实验结构的制作方法,包括以下步骤:

[0008] 1)、去除单模光纤中间部位的涂覆层,形成显露布置的微纳光纤,对所述微纳光纤加热,且同时对所述单模光纤的两端施加拉力,拉制所述微纳光纤光纤。

[0009] 2)、将所述拉制后的单模光纤的一端穿过毛细玻璃直管,且通过调整所述单模光纤与所述毛细玻璃直管的相对位置,直至整个所述微纳光纤置于所述毛细玻璃直管内,且所述单模光纤插设于所述毛细玻璃直管两端的端口中。

[0010] 3)、将所述单模光纤与所述毛细玻璃直管的连接处进行密封。

[0011] 本发明还提供了测量仪,包括上述的微纳光纤微型实验结构。

[0012] 与现有技术相比,本发明中,微纳光纤整个置于毛细玻璃直管内,且悬空布置,单模光纤插设在毛细玻璃直管的端口中,并固定连接,这样,在毛细玻璃直管的保护下,避免微纳光纤与外部环境接触,保护微纳光纤不会受污染,避免外界的灰尘及水蒸气等接触微纳光纤,从而不会影响微纳光纤的光学性质,使得其光学性能不会随着时间快速的消退,易于进行进一步加工,实现微纳光纤的长期,稳定的实际应用,并且易于与其它光纤器件兼

容。

### 附图说明

[0013] 图1是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构的剖切示意图；

[0014] 图2是本发明实施例提供的微纳光纤进行拉制过程的主视示意图；

[0015] 图3是本发明实施例提供的拉制后的微纳光纤的主视示意图；

[0016] 图4是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构制作过程的主视示意图；

[0017] 图5是本发明实施例提供的测量仪的结构示意图；

[0018] 图6是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构在运用结构一中的剖切示意图；

[0019] 图7是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构在测量气体气压时的气压数据与拟合曲线的示意图；

[0020] 图8是本发明实施例提供的微纳光纤包层内的光纤预处理后的横截面的结构示意图；

[0021] 图9是本发明实施例提供的微纳光纤包层内的光纤的横截面处理为椭圆形状的的结构示意图；

[0022] 图10是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构在运用结构二中的结构示意图；

[0023] 图11是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构在测量液体折射率时的折射率数据与拟合数据的示意图；

[0024] 图12是本发明实施例提供的运用结构三的结构示意图；

[0025] 图13是本发明实施例提供的微纳光纤微型实验结构在运用结构三中的结构示意图；

[0026] 图14是本发明实施例提供的利用微纳光纤微型实验结构得到的归一化传输光功率谱与波长的拟合数据的示意图。

### 具体实施方式

[0027] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0028] 以下结合具体实施例对本发明的实现进行详细的描述。

[0029] 参照图1~13所示，为本发明提供的较佳实施例。

[0030] 本实施例提供的微纳光纤微型实验结构1包括单模光纤12以及毛细玻璃直管11，毛细玻璃直管11的两端分别具有连通其内部的端口；单模光纤12穿设在毛细玻璃直管11内，其上的涂覆层与毛细玻璃直管11的端口固定连接；单模光纤12的中间部位具有拉制而成且显露布置的微纳光纤121，该整个微纳光纤121布置在毛细玻璃直管11中，且呈悬空状布置，也就是不会与毛细玻璃直管11的侧壁接触，从而避免微纳光纤121的传输性能损耗。

[0031] 上述的微纳光纤微型实验结构1，其利用毛细玻璃直管11，将单模光纤12穿设在毛细玻璃直管11中，其涂覆层与毛细玻璃直管11的端口固定插设，单模光纤12中间部位显露

出来的微纳光纤121置于毛细玻璃直管11内,且悬空布置,这样,在毛细玻璃直管11的保护下,可以将微纳光纤121与外界环境隔开,保护微纳光纤121不会受污染,避免外界的灰尘及水蒸气等接触到微纳光纤121,从而不会影响微纳光纤121的光学性质,使得其光学性能不会随着时间快速的消退,易于进行进一步加工,实现微纳光纤121的长期,稳定的实际应用,并且易于与其它光纤器件兼容。

[0032] 本实施例中,毛细玻璃直管11包括管体111以及两形成在管体111两端的管头112,管体111与两管头112一体成型,且呈直条状布置,管头112的直径小于管体111的直径,这样,在管头112与管体111之间则形成台阶状,也成缩口状,单模光纤12的插设在管头112中,微纳光纤121则置于管体111内,且处于悬空布置。

[0033] 管头112与管体111之间呈台阶状布置,便于单模光纤12连接在毛细玻璃直管11中,且一般情况下,单模光纤12装配在毛细玻璃直管11后,其内的微纳光纤121处于毛细玻璃直管11的中心线。

[0034] 另外,为了保护毛细玻璃直管11的密封性,在单模光纤12与管头112的连接处粘设有胶体,用于密封该连接处的空隙,保证整个毛细玻璃直管11处于密封状态。

[0035] 当然,作为其它实施例,也可以采用其它方式密封,并不限制于本实施例中胶体连接。

[0036] 本实施例中,毛细玻璃直管11的侧壁上设置有通孔113,其形成连通毛细玻璃直管11内部的微流通道。

[0037] 这样,可以通过该微流通道将气体或液体或者固体等填充进毛细玻璃直管11内,从而形成特殊包层的微纳光纤121,也就是其采用气体或液体或固体作为置于毛细玻璃直管11内的微纳光纤121的涂覆层。

[0038] 并且,微流通道易于气体或者液体进出毛细玻璃直管11中,使得该微纳光纤微型实验结构1可以与周围环境进行流通,十分有利于利用微纳光纤121对周围气体或液体环境进行检测。从而可以利用微纳光纤121的光学性质,实现对气体或者液体的传感测量。

[0039] 由于微纳光纤121的机械性能差,易受外界环境影响等的缺点,在将微纳光纤121置于设计好的毛细玻璃直管11后,毛细玻璃直管11的两个端口封闭,且两端口用于固定单模光纤12,因此,在毛细玻璃直管11的两端口处形成微流通道是不可行,而且以两端口作为微流通道的做法对于粘滞力较低液体并不可行,因为一旦液体进入毛细玻璃直管11,端口无法封闭,不可能长时间保持液体环境,因此,本实施例中,则将通孔113开设在毛细玻璃直管11的侧壁上,且靠近端部位置。

[0040] 另外,通过设计适合的毛细玻璃直管11的尺寸,容易实现对微纳光纤121的清洗。对于普通的微纳光纤121,一旦涂覆层内的微纳光纤121表面粘附微粒子及各种液体分子,则很难清洗干净,使微纳光纤121的光学性能恢复到初始状态,而且,传统的清洗方法是用采用酒精不断冲洗,很容易使微纳光纤121断裂。在本实施例中,通过微流通道,可以对微纳光纤121进行清洗,具体如下:利用虹吸作用,使酒精通过毛细玻璃直管11上的一个通孔113,充满毛细玻璃直管11的两个通孔113之间的中间区域(包含整个微纳光纤121的区域),再可以用吸水纸靠近毛细玻璃直管11的另一个通孔113处,则毛细玻璃直管11内的酒精完全被吸出,产生的吸力可以使酒精将微纳光纤121表面上的附着物带走;重复操作3至5次,并将该微纳光纤微型实验结构1放置,直到毛细玻璃直管11内剩余很少量的酒精挥发完毕,

则微纳光纤121的光谱可以回复初始状态。

[0041] 本实施例中,微纳光纤121被拉制以后,形成两个对接的圆锥体,也就是横截面呈锥形状,且中间部位呈均匀布置的直条状结构122。

[0042] 参照图2及3所示,本实施例还提供的微纳光纤微型实验结构1的制作方法,具体如下:

[0043] 1)、将单模光纤12中间部位的涂覆层去掉,显露出涂覆层内的微纳光纤121,对该显露出来的微纳光纤121进行加热,且同时对单模光纤12的两端施加向外拉力,对微纳光纤1211实现拉制,拉制后的微纳光纤121呈圆锥状,中间形成均匀;

[0044] 2)、将拉制后的单模光纤12的一端穿过毛细玻璃直管11,并通过调整单模光纤12以及毛细玻璃直管11的相对位置,直至被拉制的微纳光纤121置于毛细玻璃直管11内,且处于悬空状态。

[0045] 3)、将单模光纤12与毛细玻璃直管11端口的连接处进行密封。

[0046] 在上述步骤1)中,将单模光纤12的两端固定于两个三维移动平台13上,显露出来的微纳光纤121位于两个三维移动平台13之间,在对微纳光纤121进行加热的同时,两个三维移动平台13分别以相同的速度朝相背的方向移动,从而实现对微纳光纤121拉制。

[0047] 在上述加热微纳光纤121的过程中,可以采用处于微纳光纤121上方的火焰头2对光纤进行加热,从而使得微纳光纤121可以被拉伸。

[0048] 在步骤2)中,将拉制后的单模光纤12的一端固定在三维移动平台13上,其另一端穿过毛细玻璃直管11,且固定连接在另一三维移动平台13上,毛细玻璃直管11也固定在一三维移动平台13上,这样,单模光纤12则穿设在毛细玻璃直管11中,通过移动毛细玻璃直管11下的三维移动平台13,或者移动单模光纤12两端的两个三维移动平台13,直至被拉制的微纳光纤121置于毛细玻璃直管11内,且处于悬空状态。

[0049] 作为其它的实施例,也可以采用其它结构来操作单模光纤12及毛细玻璃直管11的移动,并不限制于本实施例中的三维移动平台13。

[0050] 当然,当单模光纤12插设在毛细玻璃直管11后,也就是步骤3)以后,可以采用胶体进行固定,并且密封。

[0051] 在上述的制作过程中,可以采用光谱分析仪24,来监控维纳光纤121是否接触到毛细玻璃直管11的管壁上,从而避免制作后的维纳光线微型实验结构1,出现微纳光纤121断裂或者贴在毛细玻璃直管11的管壁上,导致其传输损耗急剧下降。

[0052] 参照图4所示,本实施例还提供了测量仪2,其包括了上述的微纳光纤微型实验结构1,利用该微纳光纤微型实验结构1,结合其它器件,则可以起到测量某些功能的效果。以下提供三种微纳光纤微型实验结构1的运用结构。

[0053] 运用结构一:参照图4至图8所示,测量仪2包括宽带光源21、耦合器22、偏振控制器23、上述的微纳光纤微型实验结构1以及光谱分析仪24,沿着光路传输路径,上述的宽带光源21、耦合器22、偏振控制器23、微纳光纤微型实验结构1以及光谱分析仪24依序连接,其中,耦合器22、偏振控制器23以及微纳光纤微型实验结构1形成了光纤121环形镜。这样,在微纳光纤微型实验结构1中的毛细玻璃直管11的侧壁中开设通孔113,该通孔113形成连通毛细玻璃直管11内部的微流通道,供外部气体通过该通孔113进入毛细玻璃直管11内,利用微纳光纤121的双折射效应,宽带光源21传输的光波的两个偏振态在传输过程中发生光程

差,经过耦合器22合波后,形成偏振干涉光谱,最后,由光谱分析仪24检测输出,而处于毛细玻璃直管11内的气体的气压改变,则会改变双折射微纳光纤121周围其它的折射率,计算干涉光谱的波长偏移量,则可以得到待测其它折射率的变化,进而得到待测其它的气压,形成气体气压测量仪2。

[0054] 上述测量仪2采用的微纳光纤微型实验结构1中,其微纳光纤121为具有双折射特性的微纳光纤121,其中,微纳光纤121呈圆锥状,其横截面为椭圆形状,且其中间部位呈均匀分布的直条状结构122。

[0055] 具体地,微纳光纤121的双折射特性取决于其圆锥形状的参数设定,本实施例中,微纳光纤121的横截面中,其中心距离最短边的长度与其中心距离最长边的长度比值的范围为0.5~1之间,其该横截面的最长长度不高于10 $\mu\text{m}$ 。

[0056] 微纳光纤121形成圆锥形状的具体操作如下:先采用飞秒激光器将微纳光纤121进行预处理,将其对称两面削去一部分,形成矩形形状,然后再将微纳光纤121进行熔融拉锥,形成具有椭圆横截面的双折射特性的微纳光纤121。

[0057] 图6表示实验测量得到的传输谱的波谷位置对应的波长与气压的关系,在本实例中,气压从1个大气压增加到9个大气压,每次增加1个大气压,图4中正方形表示实例测量数据点,实线表示线性数值拟合曲线,得到的气压灵敏度为599nm/bar。

[0058] 运用结构二:参照图4、图9及图10所示,该运用结构与运用结构一的区别在于,微纳光纤微型实验结构1的毛细玻璃直管11的两端分别设有两个上述的通孔113,该通孔113形成连通毛细玻璃直管11内部的微流通道,并且,两个通孔113分别设置在毛细玻璃直管11的两端,利用毛细玻璃直管11本身的虹吸作用,液体会在几秒的时间内充满毛细玻璃直管11两个通孔113之间的中间区域,从而改变了毛细玻璃直管11内双折射特性的微纳光纤121周围环境的折射率,通过监测干涉波谷的漂移,可以测量液体的折射率,形成液体折射率测量仪2。

[0059] 图10表示测量得到的宽带光源21出射光谱的波谷位置对应的波长与折射率的关系,在本实例中,充满毛细玻璃直管11的液体为水,通过改变水的温度,改变折射率。图8中正方形块表示实例测量数据点,实线表示数值拟合曲线,灵敏度可以达到21231nm/RIU。

[0060] 在上述的测量仪2中,在完成此测量后,可将吸水纸靠通孔113附近,能够迅速将毛细玻璃直管11内的液体吸出,然后用酒精充满玻璃管,重复上述操作几次之后,高双折射微纳光纤121的光学性质能够恢复原来的状态,这就意味着此微型光纤121可重复应用。

[0061] 运用结构三:参照图11及13所述,该运用结构与运用结构一的区别在于:测量仪2包括宽带光源21、起偏器25、微纳光纤微型实验结构1以及光谱分析仪24,沿着光路传输路径,宽带光源21、起偏器25、微纳光纤微型实验结构1以及光谱分析仪24依序连接布置,并且,在微纳光纤微型实验结构1中,微纳光纤121尾端处于毛细玻璃直管11中的光纤121的表面形成有长周期光栅结构,这样,由宽带光源21发出的光波经过起偏器25耦合到微纳光纤微型实验结构1的微纳光纤121中,通过调节起偏器25,可以得到沿两个偏振轴的线偏振光,线偏振光经过含有长周期结构的微纳光纤微型实验结构1,在光谱分析仪24中得到归一化的传输光功率谱,可以看到光谱具有偏振选择性,光谱可以保持几个月的时间不发生改变,而且含有长周期光栅结构的微纳光纤121的微纳光纤微型实验结构1可以进行气体或液体的传感测量,和一些其它方面的运用。

[0062] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,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,均应包含在本发明的保护范围之内。

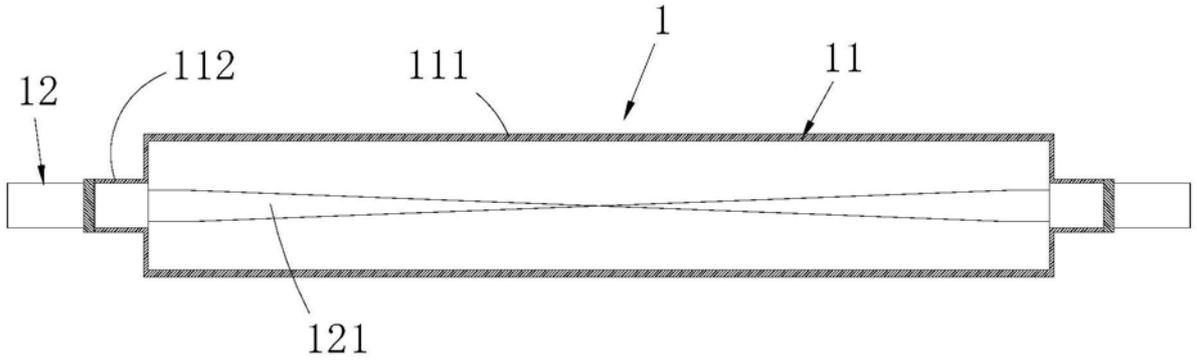


图1

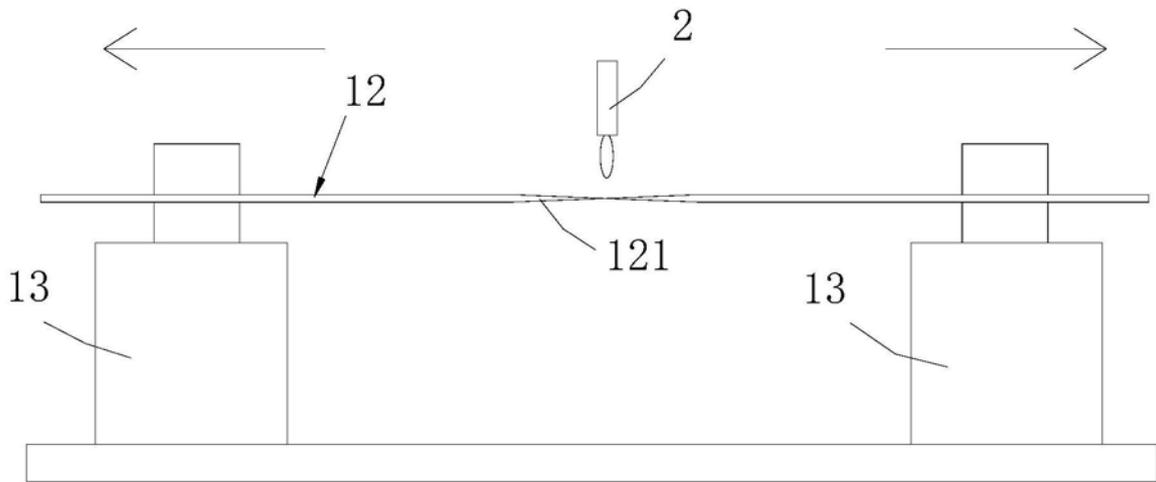


图2

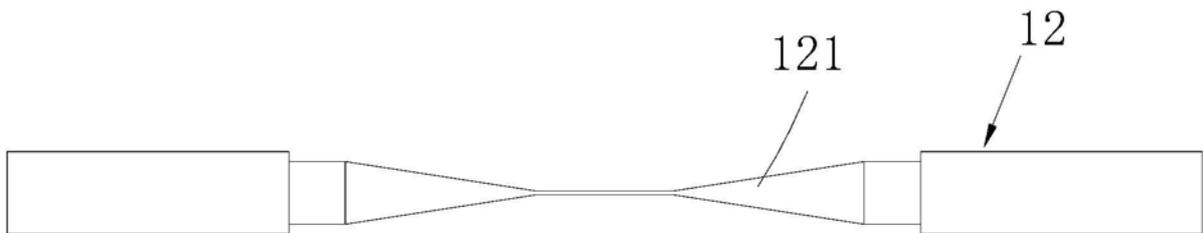


图3

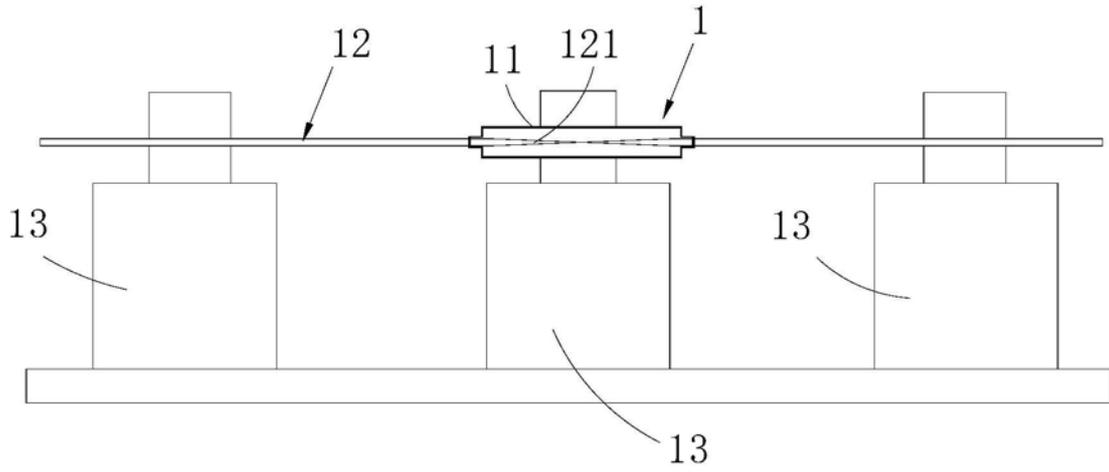


图4

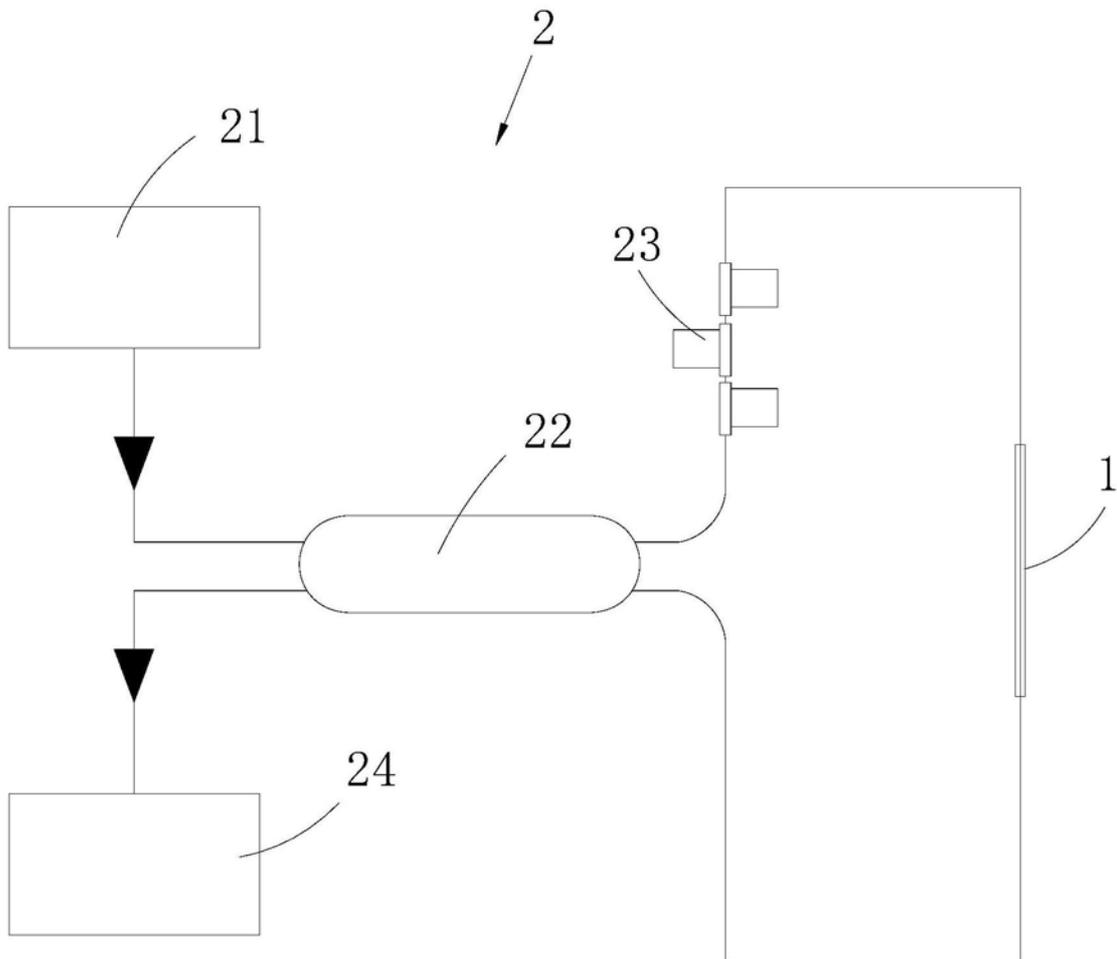


图5

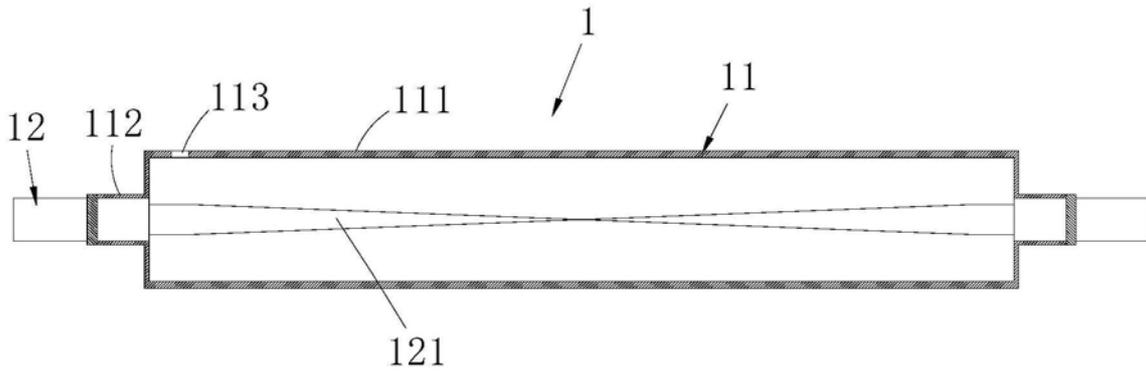


图6

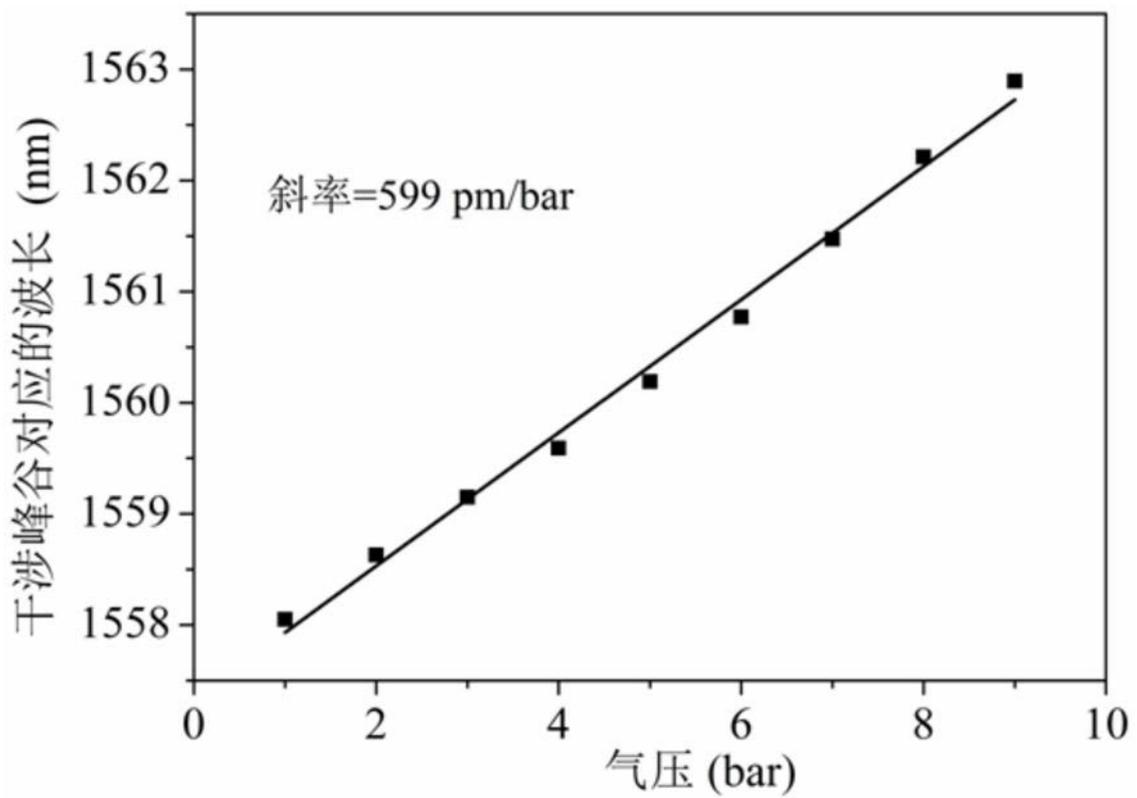


图7

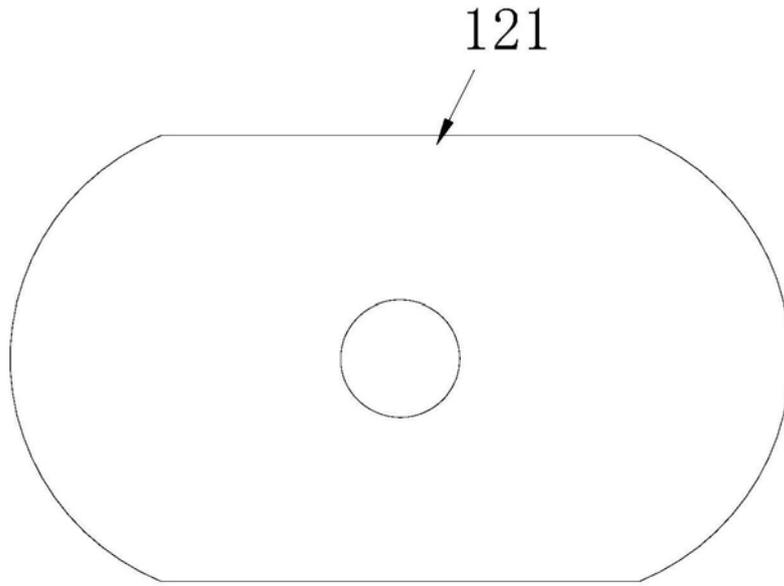


图8

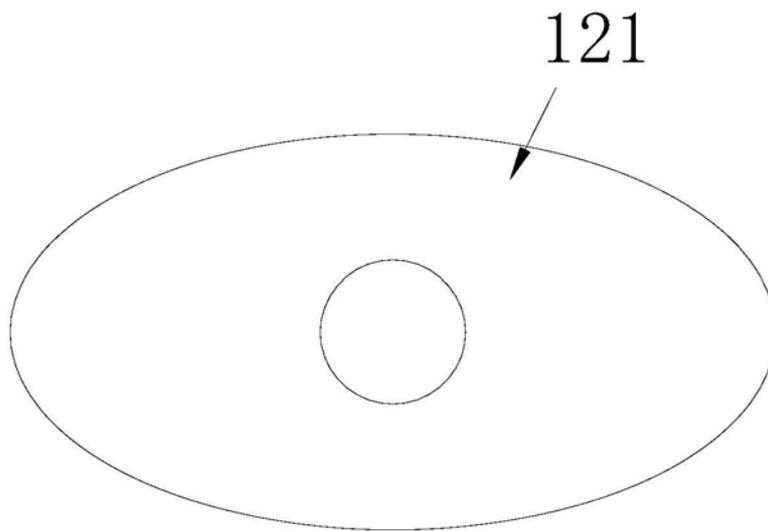


图9

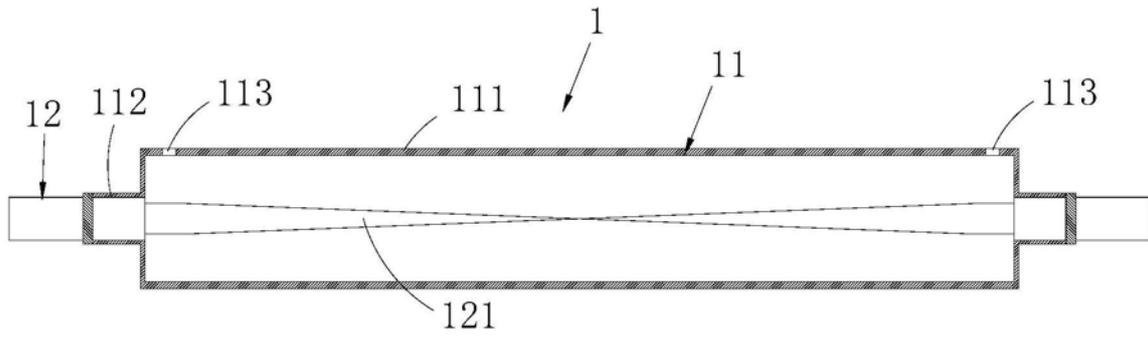


图10

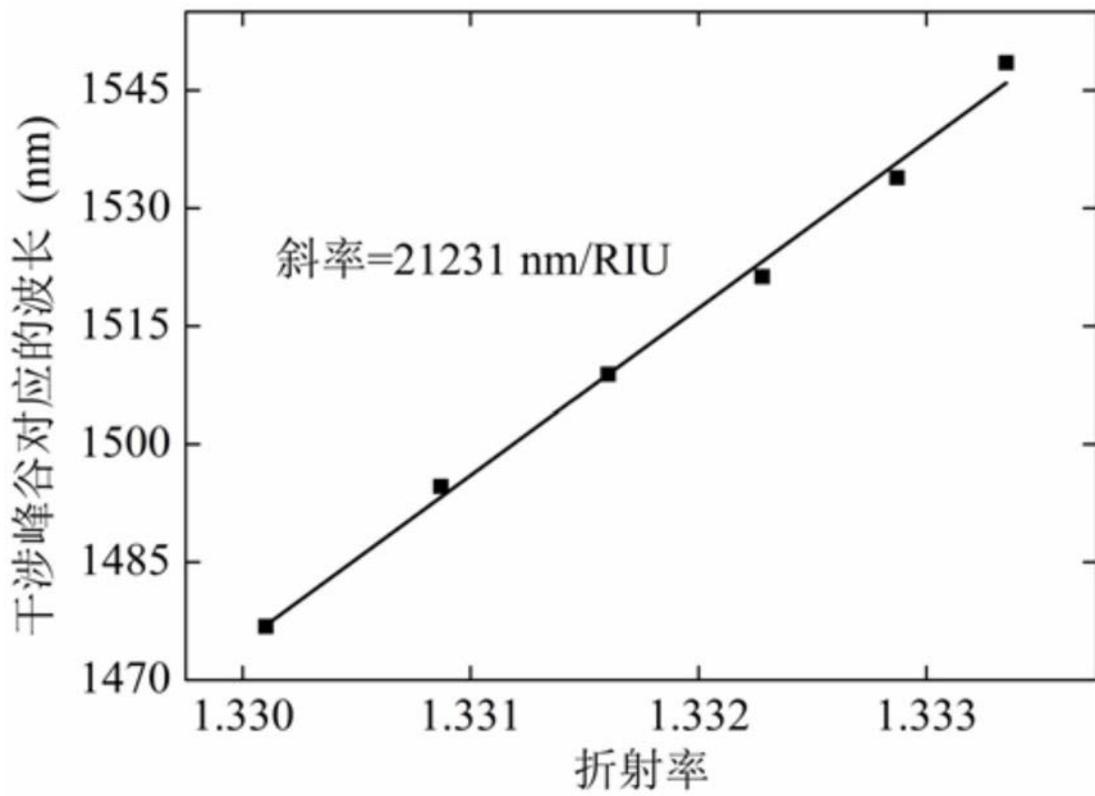


图11

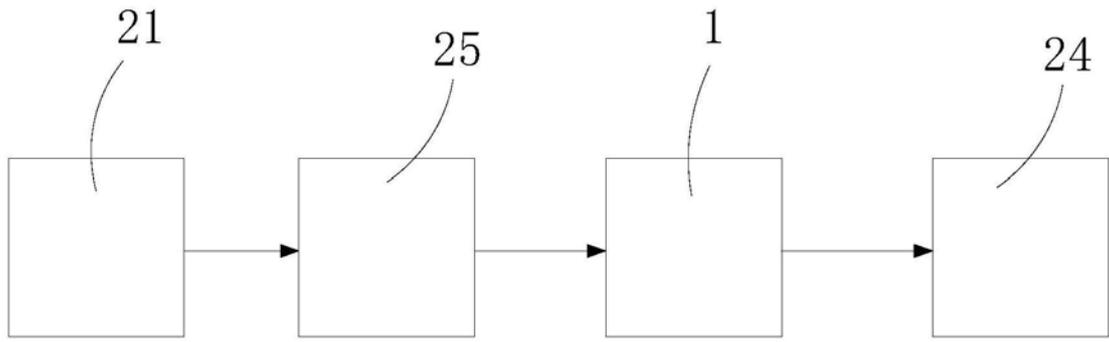


图12

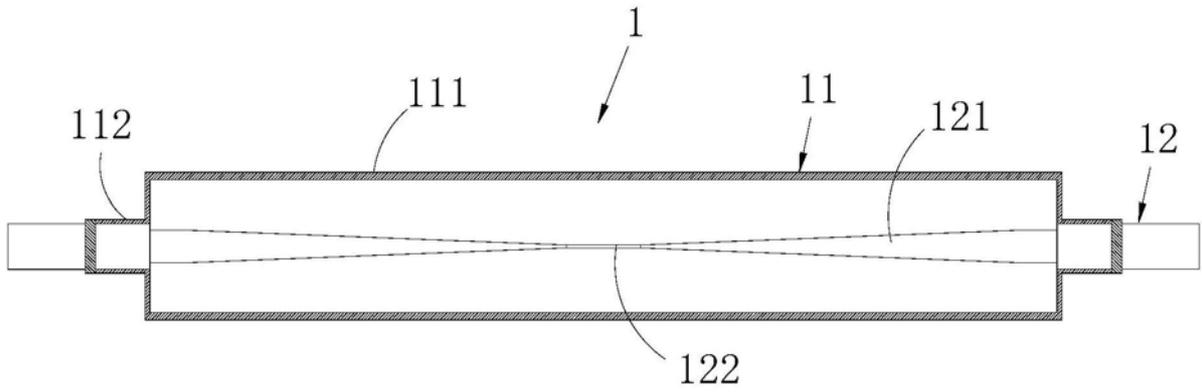


图13

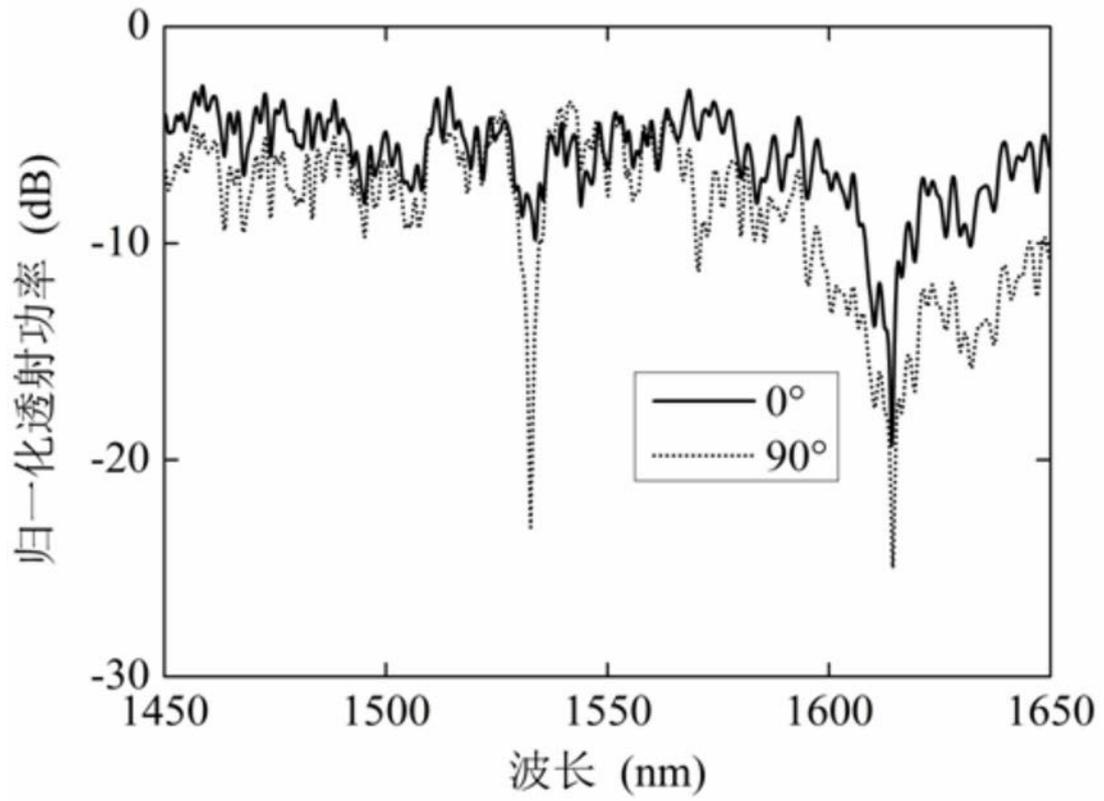


图14