



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106153174 B

(45)授权公告日 2019.01.15

(21)申请号 201510193456.9

(22)申请日 2015.04.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106153174 A

(43)申请公布日 2016.11.23

(73)专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518000 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205室

(72)发明人 靳伟 马军

(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.

G01H 9/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 特开平9-86658 A,1996.04.02,

US 2003/0169956 A1,2003.09.11,

CN 1846159 A,2006.10.11,

JP 特开2014-48227 A,2014.03.17,

CN 1858558 A,2006.11.08,

CN 101625258 A,2010.01.13,

US 5398111 ,1995.03.01,

CN 101660910 A,2010.03.03,

李成 等.基于石墨烯膜的光学Fabry-Perot
腔干涉特性分析.《北京航空航天大学学报》
.2015,第41卷(第4期),第574-579页.

审查员 苏秦

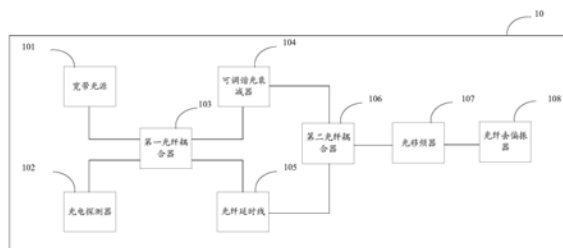
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

相位解调器、光纤声压解调系统、解调方法
及制造方法

(57)摘要

本发明适用于声压测量装置技术领域,提供
了一种相位解调器、光纤声压解调系统、解调方
法及制造方法,该相位解调器,采用Sagnac光纤
环的结构,包括宽带光源,光电探测器,连接光电
探测器的信号分析模块,还包括:分别连接宽带
光源以及光电探测器的第一光纤耦合器;连接第
一光纤耦合器,调节CW光的强度,或者调节CCW光
的强度的可调谐光衰减器;连接第一光纤耦合器
的光纤延时线;分别连接光纤延时线以及可调谐
光衰减器,耦合膜片式光纤声压传感器反射的光
的第二光纤耦合器;连接第二光纤耦合器,提供
稳定的 $\pi/2$ 正交相位偏置的光移频器;连接光移
频器,且通过光纤外接膜片式光纤声压传感器的
光纤去偏振器。本发明实现了膜片式光纤声压传
感器的稳定相位解调。



1. 一种相位解调器,采用Sagnac光纤环的结构,外接膜片式光纤声压传感器,包括宽带光源,光电探测器,连接所述光电探测器,接收所述光电探测器输出的电信号的信号分析模块,其特征在于,所述相位解调器还包括:

分别连接所述宽带光源以及所述光电探测器,分束所述宽带光源发出的光为顺时针传输CW光和逆时针传输CCW光的第一光纤耦合器;

连接所述第一光纤耦合器,调节所述CW光的强度,或者调节所述CCW光的强度的可调谐光衰减器;

连接所述第一光纤耦合器的光纤延时线;

分别连接所述光纤延时线以及所述可调谐光衰减器,耦合所述膜片式光纤声压传感器反射的光的第二光纤耦合器;

连接所述第二光纤耦合器,提供稳定的 $\pi/2$ 正交相位偏置的光移频器;

连接所述光移频器,且通过光纤外接膜片式光纤声压传感器的光纤去偏振器。

2. 如权利要求1所述的相位解调器,其特征在于,所述第一光纤耦合器的a端口连接所述宽带光源,b端口连接所述光电探测器,d端口连接所述光纤延时线第一端,c端口连接所述可调谐光衰减器的第一端;

所述第二光纤耦合器的1端口连接所述可调谐光衰减器的第二端,2端口连接所述光纤延时线第二端,3端口为进行消反射光处理的闲置端,4端口连接所述光纤光移频器的第一端;

所述光纤光移频器的第二端连接所述光纤去偏振器第一端,所述光纤去偏振器第二端外接光纤,以连接所述膜片式光纤声压传感器。

3. 如权利要求1所述的相位解调器,其特征在于,所述第一光纤耦合器和第二光纤耦合器为分光比相同的光纤耦合器。

4. 如权利要求1所述的相位解调器,其特征在于,所述光纤耦合器包括3dB光纤耦合器。

5. 如权利要求1所述的相位解调器,其特征在于,所述的光移频器位于所述光纤耦合器和所述光纤去偏振器之间。

6. 如权利要求1所述的相位解调器,其特征在于,所述光纤去偏振器采用长度比为1:2,快轴成45度角的两段保偏光纤熔接形成;或者,

采用长度比为1:2、慢轴成45度角的两段保偏光纤熔接形成。

7. 一种光纤声压解调系统,包括权利要求1至5任意一项权利要求所述的相位解调器,其特征在于,所述光纤声压解调系统还包括:

采用光纤连接所述相位解调器和基于石墨烯膜片的膜片式光纤声压传感器。

8. 一种基于权利要求7所述的光纤声压解调系统的解调方法,其特征在于,所述解调方法包括:

将所述膜片式光纤声压传感器以反射工作模式接入到Sagnac光纤环;

通过所述光移频器对所述Sagnac光纤环中的CW光和CCW光进行不对称的频率移动,以使CW和CCW光之间产生稳定的相位差;

通过改变所述光移频器的移频量或者光纤延时线的长度,使所述相位差等于 $2m\pi+\pi/2$,其中,m为自然数;

解调所述Sagnac光纤环的输出光信号,获取待测声压。

9. 如权利要求7所述的光纤声压解调系统,其特征在于,所述膜片式光纤声压传感器包括:

根据动态声压信号,产生随时间变化的形变的石墨薄膜;

固定所述石墨薄膜的支撑体;

位于所述支撑体的侧面,平衡气压的气压平衡孔;

位于所述支撑体的中心,连接光纤的光纤固定通孔。

10. 一种基于权利要求7所述光纤声压解调系统中膜片式声压传感器的制造方法,包括以下步骤:

制备石墨薄膜;

将所述石墨薄膜沿支撑体圆孔边缘固定;

在支撑体的侧面,加工气压平衡孔;

在支撑体的中心,设置光纤固定通孔;

将断面处理为斜面的光纤,经所述光纤固定通孔靠近所述石墨薄膜,调整所述光纤与所述石墨薄膜的距离,并对所述光纤进行固定,即可得到所述膜片式光纤声压传感器。

相位解调器、光纤声压解调系统、解调方法及制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于声压测量装置技术领域,尤其涉及相位解调器、光纤声压解调系统、解调方法及制造方法。

背景技术

[0002] 现有的声压解调系统,大多采用结构简单、检测准确的光纤法布里-珀罗传感器测量声压,通常包括由光纤端面 and 膜片端面构成的法布里-珀罗腔,当外界气压作用于弹性膜片上时,膜片发生形变,从而改变法布里-珀罗腔的腔长,通过检测腔长变化所引起的反射光干涉相位差变化,便可以实现声压测量。

[0003] 然而,现有相位解调器,增加了传感器解调系统的复杂度和难度,且不能用于结构参数(腔长)不同的传感器,降低了灵活性和适用性。其原因在于,通过上述原理进行检测,要求在信号采集过程中,探测光的工作波长需要稳定在法布里-珀罗腔的正交工作点上,从而获得最优线性工作区和探测灵敏度。然而法布里-珀罗腔的正交工作点容易受到外界环境,如温度变化的影响,因此,目前大部分光纤法布里-珀罗膜片式声压传感器,需要有反馈控制系统实时调节探测光波长,来实现稳定的信号测量,而实时调节正交工作点即相位偏置,是一个复杂的动态调控步骤,增加了传感器解调系统的复杂度和难度;同时,由于制作工艺精度的限制,法布里-珀罗腔的腔长及其对应的正交工作点很难完全一致,因此针对不同的传感器,需要重新调节解调系统的探测光波长,使传感器工作在正交相位偏置工作点上,这样就大大降低了该解调系统的灵活性和适用性。

发明内容

[0004] 本发明实施例的目的在于提供一种相位解调器,旨在解决现有相位解调系统存在的如上所述的问题。

[0005] 本发明实施例是这样实现的,一种相位解调器,采用Sagnac光纤环的结构,外接膜片式光纤声压传感器,包括宽带光源,光电探测器,连接所述光电探测器,接收所述光电探测器输出的电信号的信号分析模块,所述相位解调器还包括:

[0006] 分别连接所述宽带光源以及所述光电探测器,分束所述宽带光源发出的光为顺时针传输CW光和逆时针传输CCW光的第一光纤耦合器;

[0007] 连接所述第一光纤耦合器,调节所述CW光的强度,或者调节所述CCW光的强度的可调谐光衰减器;

[0008] 连接所述第一光纤耦合器的光纤延时线;

[0009] 分别连接所述光纤延时线以及所述可调谐光衰减器,耦合所述膜片式光纤声压传感器反射的光的第二光纤耦合器;

[0010] 连接所述第二光纤耦合器,提供稳定的 $\pi/2$ 正交相位偏置的光移频器;

[0011] 连接所述光移频器,且通过光纤外接膜片式光纤声压传感器的光纤去偏振器。

[0012] 本发明实施例的另一目的在于提供一种光纤声压解调系统,包括上述的相位解调

器,所述光纤声压解调系统还包括:

[0013] 采用光纤连接所述相位解调器和基于石墨烯膜片的膜片式光纤声压传感器。

[0014] 本发明实施例的另一目的在于提供光纤声压解调系统的解调方法,所述解调方法包括:

[0015] 将所述膜片式光纤声压传感器以反射工作模式接入到Sagnac光纤环;

[0016] 通过所述光移频器对所述Sagnac光纤环中的CW光和CCW光进行不对称的频率移动,以使CW和CCW光之间产生稳定的相位差;

[0017] 通过改变所述光移频器的移频量或者光纤延时线的长度,使所述相位差等于 $2m\pi + \pi/2$,其中,m为自然数;

[0018] 解调所述Sagnac光纤环的输出光信号,获取待测声压。

[0019] 本发明实施例的另一目的在于提供一种基于上述光纤声压解调系统的光纤声压传感器的制造方法,包括以下步骤:

[0020] 制备石墨薄膜;

[0021] 将所述石墨薄膜沿支撑体圆孔边缘固定;

[0022] 在支撑体的侧面,加工气压平衡孔;

[0023] 在支撑体的中心,设置光纤固定通孔;

[0024] 将断面处理为斜面的光纤,经所述光纤固定通孔靠近所述石墨薄膜,调整所述光纤与所述石墨薄膜的距离,并对所述光纤进行固定,即可得到所述膜片式光纤声压传感器。

[0025] 在本发明实施例中,提供了连接所述第二光纤耦合器,提供稳定的 $\pi/2$ 正交相位偏置的光移频器,解决了现有相位解调器中复杂度高,不能适合不同结构参数的传感器,灵活性和适用性低等的问题。利用光移频器对Sagnac光纤环结构提供稳定的 $\pi/2$ 正交相位偏置,降低了外界噪声对膜片式光纤声压传感器工作点的影响,从而降低了传感器解调系统的复杂度和难度。在无需复杂实时反馈调控情况下,使膜片式光纤声压传感器始终工作在最佳线性度和最高灵敏度状态,实现了膜片式光纤声压传感器的稳定相位解调,其结构简单,稳定度高,适用性好,并可用于其它类型的传感器。

附图说明

[0026] 图1是本发明实施例提供的相位解调器10的结构框图;

[0027] 图2是本发明实施例提供的相位解调器10的实施流程图;

[0028] 图3是本发明实施例提供的相位解调器10较佳的结构示意图;

[0029] 图4是本发明实施例提供的光纤声压解调系统的结构框图;

[0030] 图5是本发明实施例提供的光纤声压解调系统的结构示意图;

[0031] 图6是本发明实施例提供的基于光纤声压解调系统的解调方法的实现流程图;

[0032] 图7是本发明实施例提供的光纤声压解调系统,输出信号功率谱较佳的样例图;

[0033] 图8是本发明实施例提供的光纤声压解调系统,输出信号功率随时间的变化较佳的样例图;

[0034] 图9是本发明实施例提供的膜片式光纤声压传感器20的结构示意图;

[0035] 图10是本发明实施例提供的光纤声压解调系统中膜片式声压传感器20的制造流程图。

具体实施方式

[0036] 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。

[0037] 实施例一

[0038] 图1是本发明实施例提供的相位解调器10的结构框图,详述如下:

[0039] 一种相位解调器10,采用Sagnac光纤环的结构,外接膜片式光纤声压传感器20,包括宽带光源101,光电探测器102,连接所述光电探测器102,接收所述光电探测器102输出的电信号并解调的信号分析模块,其特征在于,所述相位解调器10还包括:

[0040] 分别连接所述宽带光源101以及所述光电探测器102,分束所述宽带光源101发出的光为顺时针传输CW光和逆时针传输CCW光的第一光纤耦合器103;

[0041] 连接所述第一光纤耦合器103,调节所述CW光的强度,或者调节所述CCW光的强度的可调谐光衰减器104;

[0042] 连接所述第一光纤耦合器103的光纤延时线105;

[0043] 分别连接所述光纤延时线105以及所述可调谐光衰减器104,耦合所述膜片式光纤声压传感器20反射的光的第二光纤耦合器106;

[0044] 连接所述第二光纤耦合器106,提供稳定的 $\pi/2$ 正交相位偏置的光移频器107;

[0045] 连接所述光移频器107,且通过光纤外接膜片式光纤声压传感器20的光纤去偏振器108。

[0046] 其中,光纤的端面是倾斜切割形成,使该光纤的端面的反射率远低于普通垂直光纤端面,可以忽略不计,因而无法与石墨薄膜201形成有效的法布里-珀罗干涉腔;光纤204仅用于传输入射光到石墨薄膜201并接收由薄膜反射回的光;当外界有声压作用时,石墨薄膜201发生形变并调制返回到光纤光的相位。通过检测该相位变化,就可以获取声压信号。

[0047] 其中,采用光移频器107为光纤Sagnac环提供稳定的正交相位偏置,可以有效降低外界环境变化对光纤声压传感器的扰动,从而使传感器能够长期稳定工作在最佳线性度和灵敏度状态。该解调系统的正交相位偏置不依赖于传感器腔长及其传输光纤109的长度,极大提高了系统的适用性。

[0048] 进一步地,在相位解调器10中,所述第一光纤耦合器103和第二光纤耦合器106为分光比相同的光纤耦合器。

[0049] 进一步地,所述光纤耦合器为3dB光纤耦合器。

[0050] 进一步地,在相位解调器10中,所述的光移频器107位于所述光纤耦合器和所述光纤去偏振器108之间。

[0051] 进一步地,在相位解调器10中,所述光纤延时线105提供的时延 τ 满足 $\tau = 1/2f$,其中 f 为待探测声压信号的中心频率。

[0052] 进一步地,在相位解调器10中,所述光纤去偏振器108采用长度比为1:2,快轴成45度角的两段保偏光纤熔接形成;或者,

[0053] 采用长度比为1:2、慢轴成45度角的两段保偏光纤熔接形成。

[0054] 参考图2和图3,图2是本发明实施例提供的相位解调器10的实施流程图,详述如

下：

[0055] S201,所述宽带光源101发出的光,由所述第一光纤耦合器103的a端口进入,经过所述第一光纤耦合器103分束为顺时针传输CW光和逆时针传输CCW光,所述CW光由第一光纤耦合器103的c端口输出,所述CCW光由第一光纤耦合器103的d端口输出；

[0056] S202,所述CW光经过所述可调谐光衰减器104、所述第二光纤耦合器106,到达所述光移频器107,经过所述光移频器107和所述光纤去偏器后,到达膜片式光纤声压传感器20；

[0057] S203,所述CCW光经过所述光纤延时线105、所述第二光纤耦合器106、到达所述光移频器107,经过所述光移频器107和所述光纤去偏器后,到达膜片式光纤声压传感器20；

[0058] S204,由所述膜片式光纤声压传感器20中石墨薄膜反射回的光,由光纤109通过所述第二光纤耦合器106耦合回光纤链路；

[0059] S205,所述CW光沿所述第二光纤耦合器106的2端口,经过光纤延时线105到达第一光纤耦合器103的d端口,所述CCW光沿第二光纤耦合器106的1端口经过可调谐光衰减器104到达第一光纤耦合器103的c端口；

[0060] S206,通过第一光纤耦合器103后的CW和CCW光,在第一光纤耦合器103的b端口汇合干涉,经过所述光电探测器102转换成电信号,即可直接输出所述电信号至所述信号分析模块；

[0061] S207,所述信号分析模块对所述光电探测器102输出的电信号进行分析处理。

[0062] 其工作原理,详述如下：

[0063] 石墨薄膜声压探头200以反射工作模式接入到解调系统并作为改进的Sagnac光纤环路的一部分。通过在耦合器103的d端口和耦合器106的2端口引入光纤延时线,Sagnac光纤环路中的CW和CCW光到达薄膜的时间将会存在一个时间差 τ 。在不考虑可调谐光衰减器的尾纤长度的情况下,该时间差由光纤延时线105的长度L决定,并满足如下关系：

$$[0064] \quad \tau = nL/c \quad (1)$$

[0065] 因此,当外界有动态声压信号对石墨薄膜201产生随时间变化的形变,由于Sagnac光纤环路中CW和CCW光到达石墨薄膜的时间不同,因而感受到的薄膜形变也不相同。假设膜片受到的声压发生的形变为 $u(t) = u_0 \cos(\omega_s t)$,其中 u_0 为声波引起的膜片形变幅值, ω_s 为动态声压的角频率；膜片形变对Sagnac光纤环路所引入的等效相位变化可以表示为 $\varphi(t) = \varphi_0 \cos(\omega_s t)$,其中 φ_0 为声波引起的相位变化幅值,正比于声波引起的膜片形变幅值 u_0 ；因此CW和CCW光之间的相位变化差 $\varphi_{ccw} - \varphi_{cw}$ 满足如下关系，

$$[0066] \quad \varphi_{ccw} - \varphi_{cw} = \varphi_s + \varphi(t) - \varphi(t + \tau) = \varphi_s + 2\varphi_0 \sin(\omega_s \tau / 2) \cdot \sin[\omega_s (t + \tau / 2)] \quad (2)$$

[0067] 其中 φ_s 是由光移频器频率107产生的偏置相位,并满足如下关系，

$$[0068] \quad \varphi_s = \frac{2\pi nL}{c} (2\delta f) \quad (3)$$

[0069] 其中L为光纤延时105的长度,n是光纤的折射率,c是真空中光速, δf 是光移频器的频移大小。当外界声压信号的幅度 φ_0 发生变化,CW和CCW光相位差 $\varphi_{ccw} - \varphi_{cw}$ 大小发生改变,从而引起光电探测器探测到的光强度I的变化。光强度I与相位差 $\varphi_{ccw} - \varphi_{cw}$ 满足如下关系，

$$[0070] \quad I \propto I_0 [1 + \cos(\varphi_{ccw} - \varphi_{cw})] \quad (4)$$

[0071] 其中 I_0 为输入光的强度。将公式(2)带入公式(4),可以得到输出光强为,

$$[0072] \quad I \propto I_0 \left\{ 1 + \cos\left(\varphi_s + 2\varphi_0 \sin\left(w_s \tau / 2\right) \cdot \sin\left[w_s (t + \tau / 2)\right]\right) \right\} \quad (5)$$

[0073] 根据公式(5),通过调节光移频器频率或光纤延时线的长度,使光移频器产生的偏置相位满足 $\varphi_s = 2m\pi + \pi/2$ ($m=0,1,2,\dots$),可以使传感器工作在最佳工作点,获得最大线性工作区和最高灵敏度。当声波信号幅值较小,薄膜形变引起的光相位变化 $\varphi_0 \ll \pi/2$,则公式(5)中的交流部分为,

$$[0074] \quad I_{ac} \propto 2I_0 \varphi_0 \sin\left(w_s \tau / 2\right) \cdot \sin\left[w_s (t + \tau / 2)\right] \quad (6)$$

[0075] 因此,通过检测输出光强度的变化 I_{ac} ,就可以获得声压作用下所传感器薄膜的相位变化,从而解调出声压信号。从式(6)可以得到,光强度变化 I_{ac} 的大小与频率相关,当声压信号频率 w_s 满足关系 $w_s = \pi/\tau$ 时, I_{ac} 最大,系统有最大信号输出。当信号频率远小于 π/τ 时, I_{ac} 减小,系统的输出信号也相应的减小。因此,该系统适合于一定频率范围内的信号探测。通过光纤延线105调整CW和CCW光到达薄膜的时间差 τ ,使其与待探测声波的频率 w_s 满足关系 $w_s = \pi/\tau$,可以使系统灵敏度最大。当声波不是单一频率信号时,不同频率分量的响应度将不一样,但具有确定的 $\sin(w_s \tau / 2)$ 依赖性,因此可以通过后续处理的方法来修正。

[0076] 在本实施例中,采用该相位解调器10的有益效果如下:

[0077] 一、通过采用SLD低相干光源101,可以有效的减少系统中反射光所引起的相干噪声;

[0078] 二、通过使用光纤去偏器108,可以有效消除环境对光偏振状态扰动而带来的信号不稳定;

[0079] 三、传感器的相位偏置通过光移频器对Sagnac光纤环中的CW和CCW光进行频移实现。由于光移频器107放在第二个光纤耦合器106的4端口和光纤去偏振器108中间,能够使光移频器所提供的稳定相位偏置,不受接入膜片式光纤声压传感器20的连接光纤109的长度的影响;

[0080] 四、由于Sagnac光纤环CW和CCW光在相同的光纤路径中传输,自身具有抗低频干扰的能力,同时Sagnac光纤环给膜片式光纤声压传感器20提供的正交相位偏置与薄膜形变无关,因而大大降低了外界环境(如气流、温度等)对高灵敏石墨薄膜的扰动而导致的传感器的工作点漂移。

[0081] 综上所述,这种相位偏置提供方式,省去了复杂的动态相位调控,使得基于高灵敏度薄膜的膜片式光纤声压传感器20能够长期稳定工作。

[0082] 实施例二

[0083] 图3是本发明实施例提供的相位解调器10较佳的结构示意图,详述如下:

[0084] 所述第一光纤耦合器103的a端口连接所述宽带光源101,b端口连接所述光电探测器102,c端口连接所述光纤延时线104第一端,d端口连接所述可调谐光衰减器105的第一端;

[0085] 所述第二光纤耦合器106的1端口连接所述光纤延时线104第二端,2端口连接所述

可调谐光衰减器105的第二端,3端口为进行消反射光处理的闲置端,4端口连接所述光纤光移频器的第一端;

[0086] 所述光纤光移频器的第二端连接所述光纤去偏振器108第一端,所述光纤去偏振器108第二端外接光纤,以连接所述膜片式光纤声压传感器20。

[0087] 通过折射率匹配液及斜角切割等方法,可以有效降低第二个光纤耦合器106的3端口反射光对解调系统带来的串扰。

[0088] 光移频器107处于第二个光纤耦合器106的4端口和光纤去偏振器108中间,可以使CW和CCW光之间产生稳定的相位差,通过改变光移频器移频量或者光纤延时线105长度,使该相位差等于 $2m\pi+\pi/2$, $m=0,1,2\cdots$,从而使膜片式光纤声压传感器20工作在正交相位偏置点,获得稳定和最大的信号输出。

[0089] 在本实施例中,光移频器所提供的稳定相位偏置不受接入的膜片式光纤声压传感器20的连接光纤109长度的影响,大大提高了解调系统的适用性,同时可以适用于远程声压的传感器。

[0090] 实施例三

[0091] 图4是本发明实施例提供的光纤声压解调系统的结构框图,详述如下:

[0092] 采用光纤连接所述相位解调器10和基于石墨烯膜片的膜片式光纤声压传感器20。

[0093] 其中,膜片式光纤声压传感器20采用光纤连接所述相位解调器10,并通过石墨烯膜片反射光。

[0094] 图5是本发明实施例提供的光纤声压解调系统的结构示意图。

[0095] 图6是本发明实施例提供的基于光纤声压解调系统的解调方法的实现流程图,详述如下:

[0096] S601,将所述膜片式光纤声压传感器以反射工作模式接入到Sagnac光纤环;

[0097] S602,通过所述光移频器对所述Sagnac光纤环中的CW光和CCW光进行不对称的频率移动,以使CW和CCW光之间产生稳定的相位差;

[0098] S603,通过改变所述光移频器的移频量或者光纤延时线的长度,使所述相位差等于 $2m\pi+\pi/2$,其中, m 为自然数;

[0099] S604,解调所述Sagnac光纤环的输出光信号,获取待测声压。

[0100] 参考图7,图7是本发明实施例提供的光纤声压解调系统,输出信号功率谱较佳的样例图。

[0101] 在图7中,所施加的声压信号频率为5kHz,幅值为800mPa。系统输出的信噪比为45dB,对应的最小可探测声压水平为 $\sim 450\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$ (使用的探测器分辨率带宽为100Hz)。

[0102] 参考图8,图8是本发明实施例提供的光纤声压解调系统,输出信号功率随时间的变化较佳的样例图。

[0103] 在图8中,给出了应用本发明的相位解调系统的膜片式光纤声压传感器20,对5kHz,800mPa声压信号的响应随时间的变化;该传感系统的信号输出浮动小于0.35dB。

[0104] 另外,通过可调谐光衰减器104调节Sagnac光纤环路中CW和CCW光的强度,可以有效消除不同膜片传感器中膜片反射率变化对输出信号幅值的影响,使该解调系统可适用性更好;同时将光移频器107放置于光纤耦合器106和光纤去偏振器108之间,可以使光移频器提供的稳定相位偏置不受传感器的连接光纤109的长度影响,从而适合远程声压测量。

[0105] 本发明的声压传感系统,以上述相位解调系统为基础,通过亚微米级厚度的膜片式光纤声压传感器20,利用检测待测声压对薄膜产生的形变所引起的传输光相位变化,实现声压的高精度和高稳定性测量;大尺寸和极薄的石墨薄膜能有效的提高膜片式光纤声压传感器20声压的灵敏度;利用改进Sangac光纤环结构中的光移频器来提供稳定的相位偏置,使膜片式光纤声压传感器20能够长期工作在最佳工作点,省去了针对传统法布里-珀罗干涉声压传感器所采用的复杂动态相位反馈调控过程。通过将光移频器107放在图3中第二个光纤耦合器106的4端口和光纤去偏振器108中间,能够使光移频器所提供的稳定相位偏置,不受接入膜片式光纤声压传感器20的连接光纤109的长度的影响,大大提高了解调系统的适用性,同时可以适用于远程声压的传感器。

[0106] 上述解调系统不仅适用于上述膜片式光纤声压传感器20,也为其他反射式工作模式的光纤传感器提供了相位解调方案。

[0107] 实施例四

[0108] 图9是本发明实施例提供的膜片式光纤声压传感器20的结构示意图,详述如下:

[0109] 所述膜片式光纤声压传感器20包括:

[0110] 根据动态声压信号,产生随时间变化的形变的石墨薄膜;

[0111] 固定所述石墨薄膜的支撑体;

[0112] 位于所述支撑体的侧面,平衡气压的气压平衡孔;

[0113] 位于所述支撑体的中心,连接光纤的光纤固定通孔。

[0114] 本发明实施例的膜片式光纤声压传感器20,包括具有一通孔202和圆形凹槽205的传感器体203、石墨薄膜201、端面带有倾斜角的光纤204;其中,石墨薄膜201贴设于传感器体203顶部圆形凹槽205端面,光纤204从传感器体203外经通孔202并贯穿至通孔202的另一端,靠近石墨薄膜201;传导光纤204传输光到石墨薄膜201,并接收石墨薄膜201中心平面的反射光。

[0115] 上述传感器体203顶部支撑石墨薄膜201的腔优先设计为圆形,直径大小根据需要可以从几百微米到几毫米;通孔202优选设计成圆形通孔,加工方便,而且与光纤204的通用圆柱形形状适配,可以形成比较好的吻合;通孔的直径根据光纤204的直径,优选设计成127 μm ,这一孔径有利于光纤204的固定;根据声压探测环境的需要,上述传感器体203可以选用氧化锆或者石英材质;光纤204采用单模光纤切割而成,切割后光纤端面的倾斜角度优先选择为8度,以最大限度减小光纤端的反射光。将光纤204插入至上述通孔202中,然后采用在光学显微镜的监测下,进一步调整光纤204与石墨烯薄膜201的距离,至二者之间的距离合适。最后采用环氧树脂胶将光纤204在通孔202中固定,便可以形成膜片式声压传感头。

[0116] 其中,本发明上述传感器体203是传感器的支撑结构,用于承载石墨薄膜201,并引导和固定光纤204。传感器体203的形状可以是圆柱形或者长方形。为了便于加工方便和形状稳定,在传感器体203的轴向方向上加工形成上述支撑石墨薄膜的圆形凹槽205以及引导光纤204的通孔202。

[0117] 光纤204用于传输声压测量过程中所需的入射光和反射光。

[0118] 进一步地,在上述实施方式中,石墨薄膜201采用亚微米级厚度,其亚微米级的厚度使得其在声压作用下能产生更大的形变,从而使传感器更加灵敏。

[0119] 本发明的膜片式光纤声压传感器20,通过探测声压作用下的石墨膜片201变形所

引起的传输光相位变化来实验声压测量。相比于现有的法布里-珀罗干涉测量方法,在传感器制作方面更为简单不需要精确控制光纤端面 and 薄膜之间的距离。在信号检测方面,不需要调节激光器的工作波长使传感器工作在正交工作点。

[0120] 实施例五

[0121] 图10是本发明实施例提供的光纤声压解调系统中膜片式声压传感器20的制造流程图,详述如下:

[0122] S101,制备石墨薄膜;

[0123] S102,将所述石墨薄膜沿支撑体的圆孔边缘固定;

[0124] S103,在支撑体的侧面,加工气压平衡孔;

[0125] S104,在支撑体的中心,设置光纤固定通孔;

[0126] S105,将断面处理为斜面的光纤,经所述光纤固定通孔靠近所述石墨薄膜,调整所述光纤与所述石墨薄膜的距离,并对所述光纤进行固定,即可得到所述膜片式光纤声压传感器20。

[0127] 通过以上的实施方式的描述,所属领域的技术人员可以清楚地了解到本发明可借助软件加必需的通用硬件的方式来实现。所述的程序可以存储于可读取存储介质中,所述的存储介质,如随机存储器、闪存、只读存储器、可编程只读存储器、电可擦写可编程存储器、寄存器等。该存储介质位于存储器,处理器读取存储器中的信息,结合其硬件执行本发明各个实施例所述的方法。

[0128] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

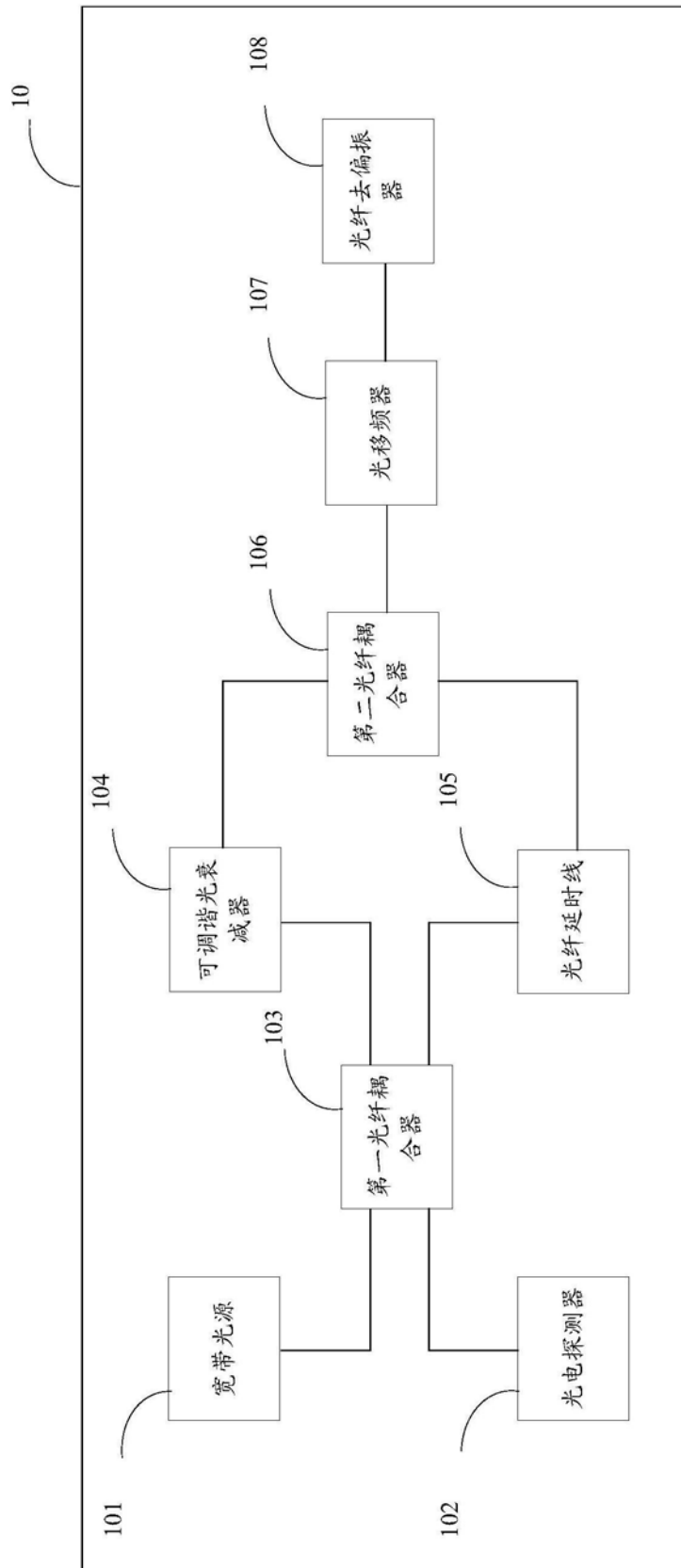


图1

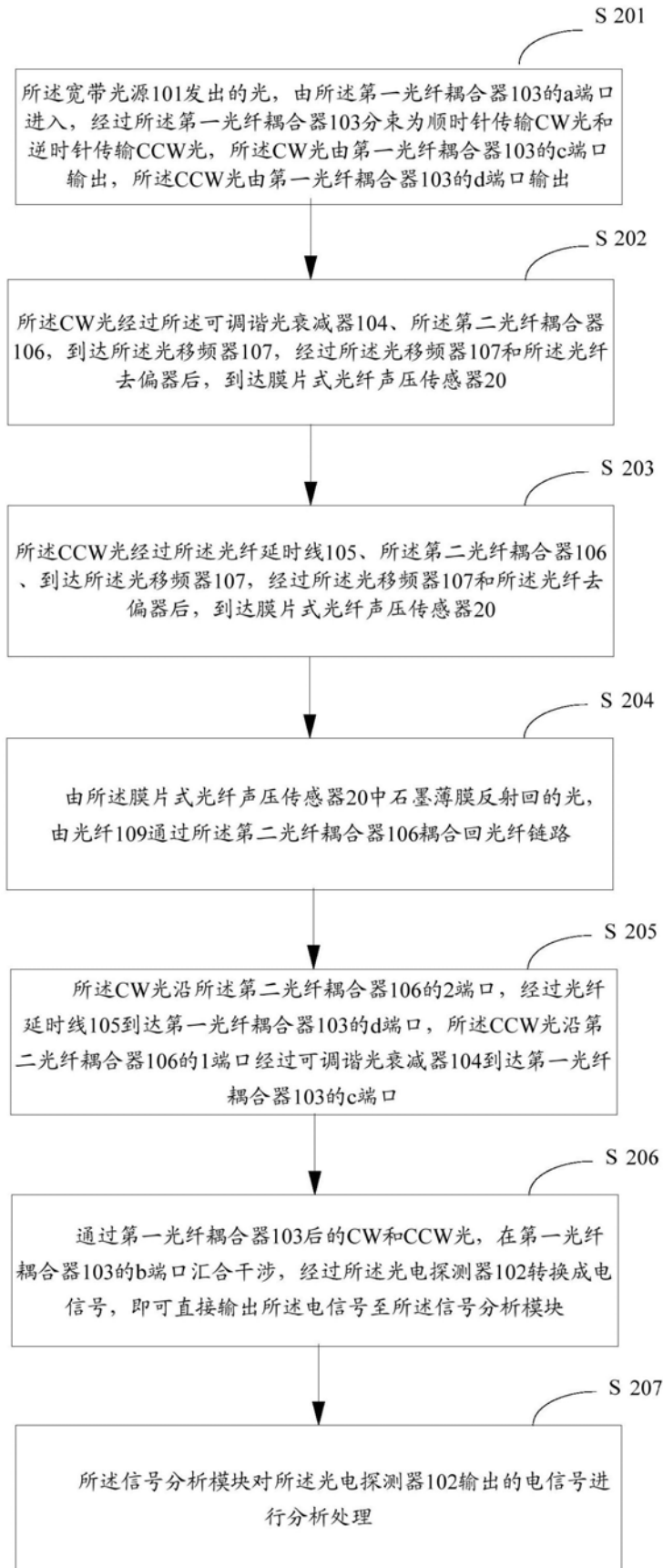


图2

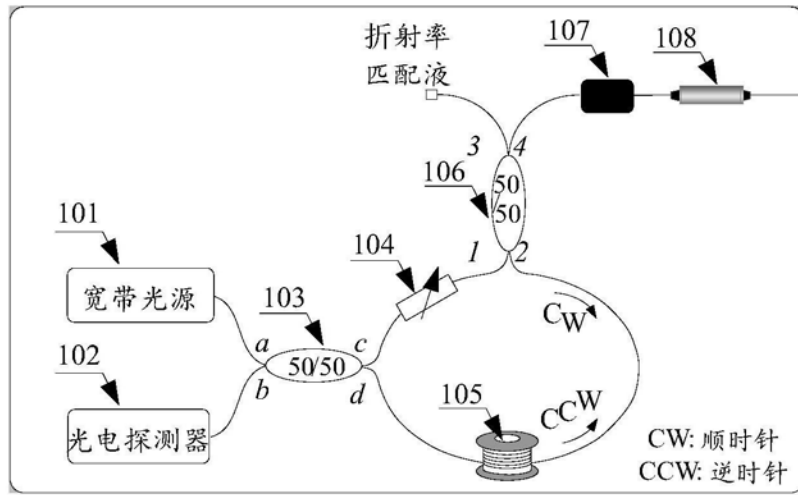


图3

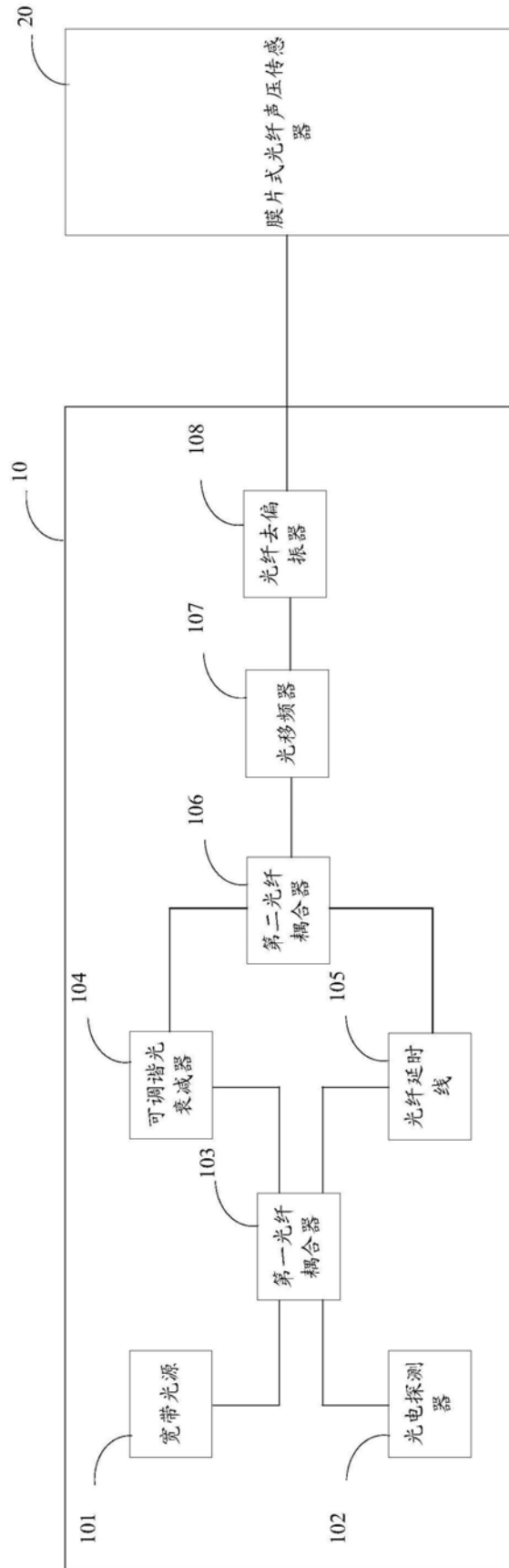
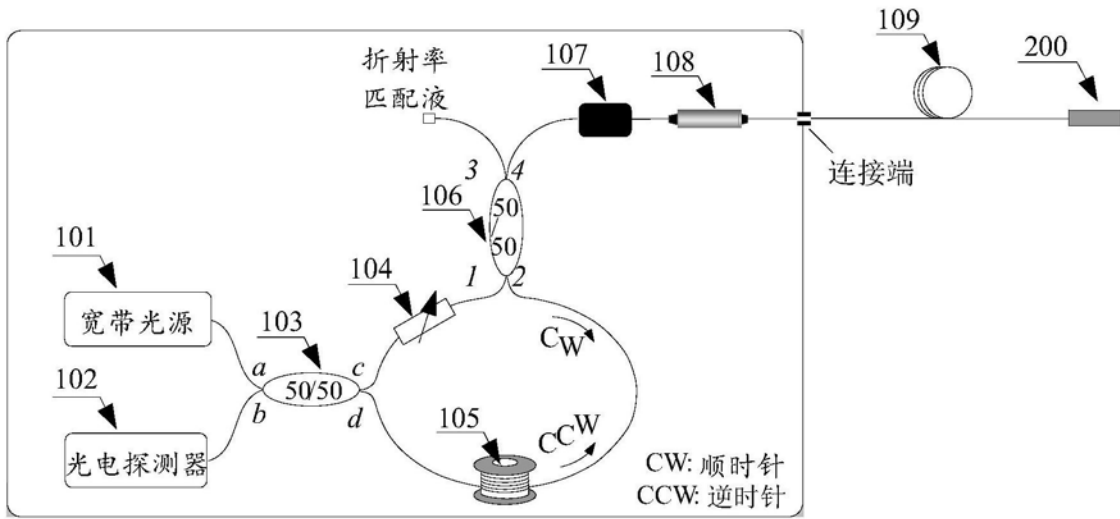


图4



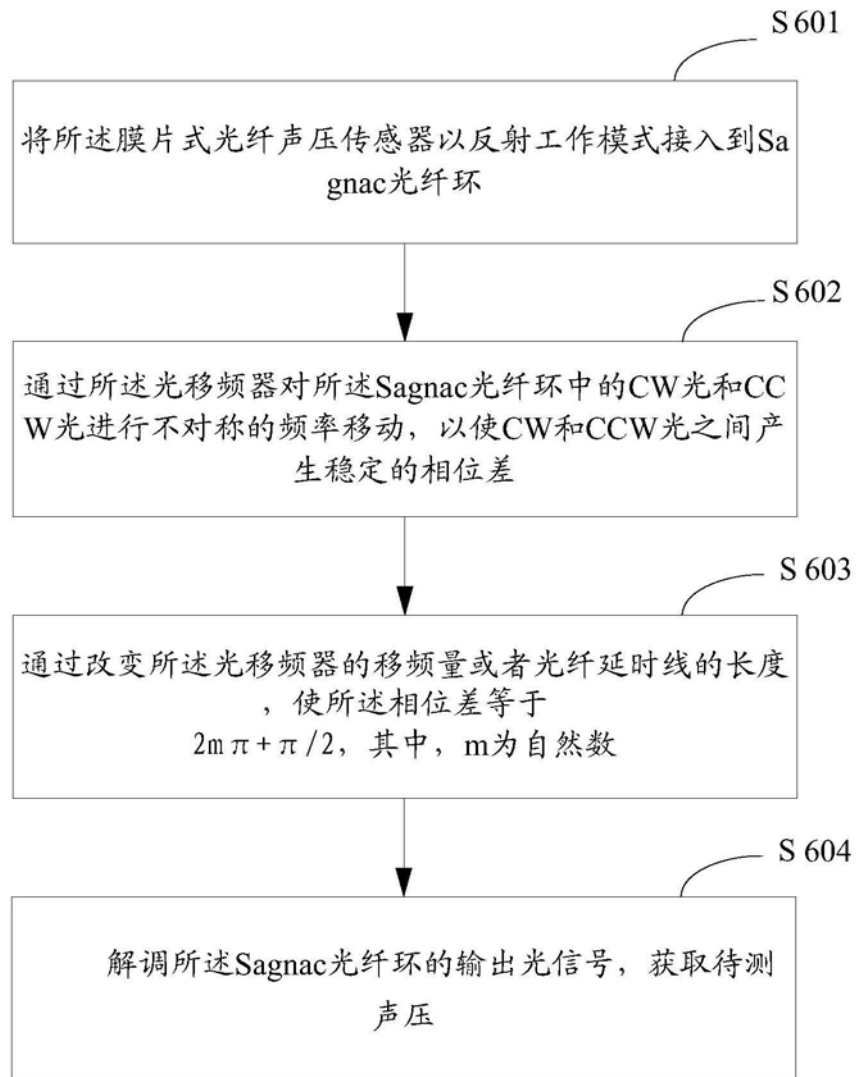


图6

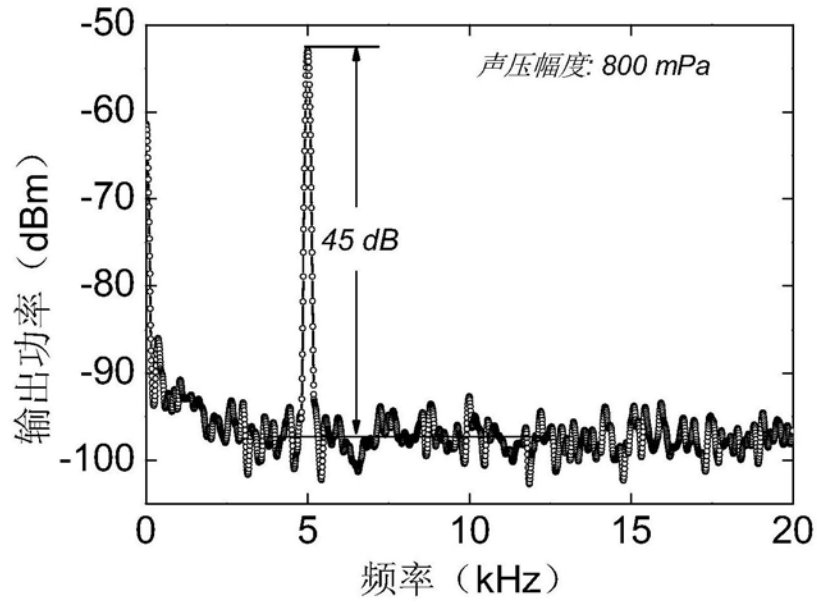


图7

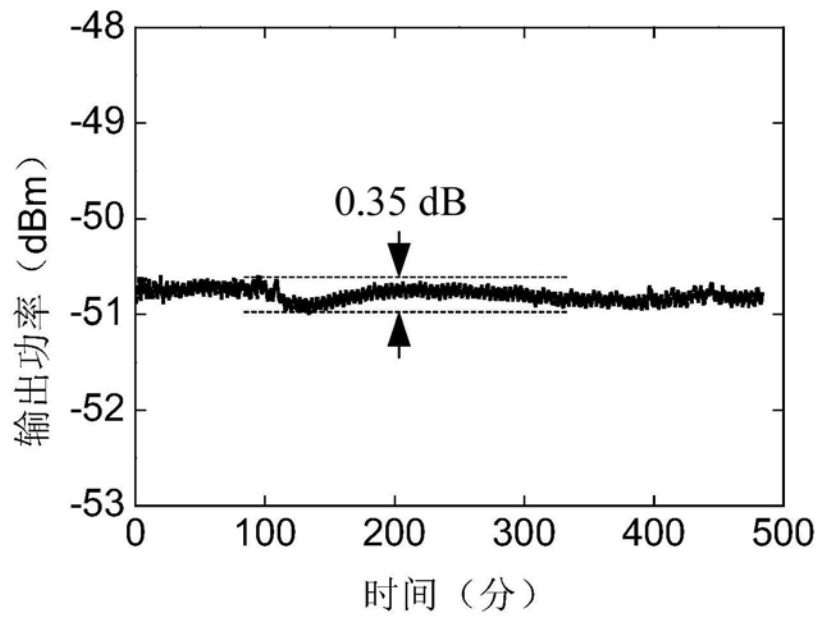


图8

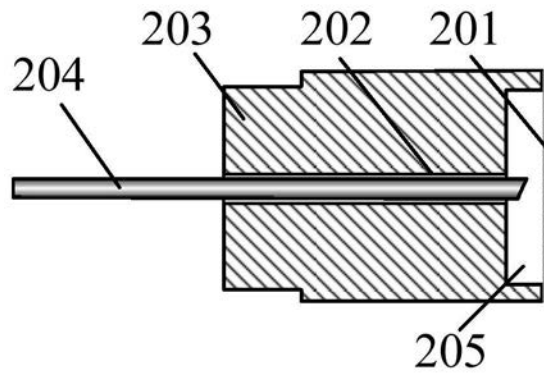


图9

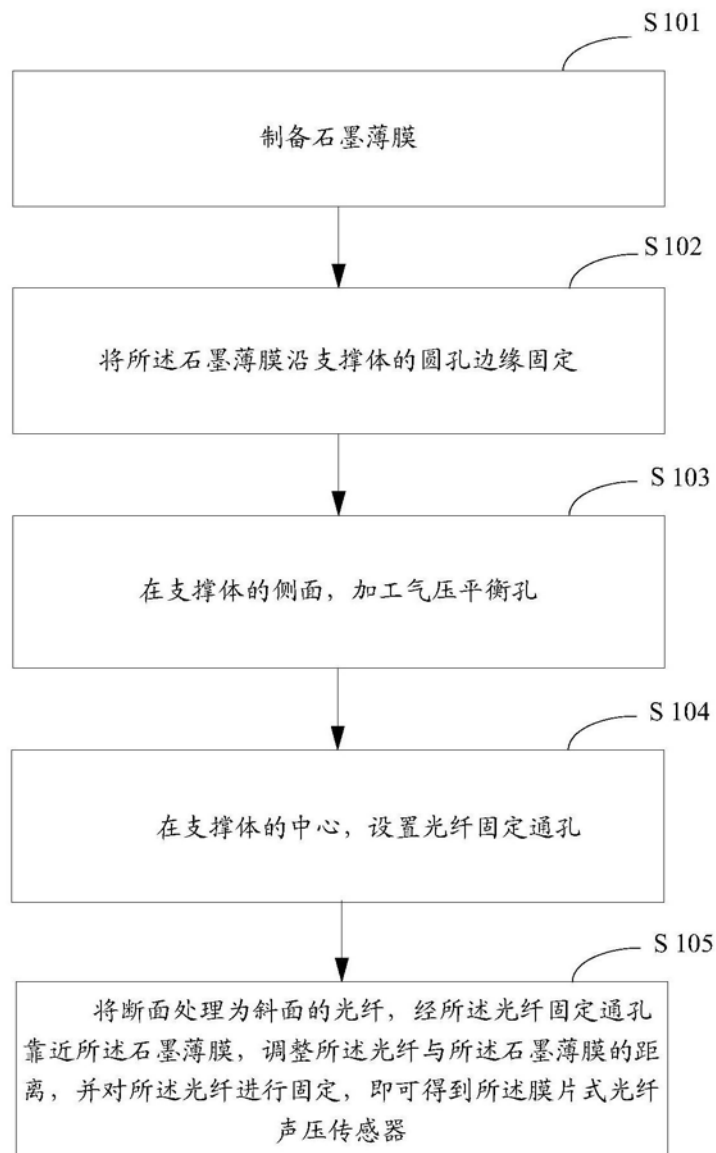


图10