



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108917915 B

(45) 授权公告日 2021.03.30

(21) 申请号 201810797063.2

CN 104266584 A, 2015.01.07

(22) 申请日 2018.07.19

CN 105092013 A, 2015.11.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106405804 A, 2017.02.15

申请公布号 CN 108917915 A

JP 2009092461 A, 2009.04.30

JP 2004361378 A, 2004.12.24

(43) 申请公布日 2018.11.30

施冰皓 等. 激光自混合干涉式位移测量数值模拟及实验研究.《中国激光》.2005,第32卷(第10期),第1415-1420页.

(73) 专利权人 安徽大学

地址 230000 安徽省合肥市经开区九龙路111号(安徽大学新区)

吕亮 等. 半导体激光器自混合振动系统优化研究.《光电子·激光》.2010,第21卷(第8期),第1159-1162页.

(72) 发明人 吕亮 陈由泽

(74) 专利代理机构 无锡市汇诚永信专利代理事务所(普通合伙) 32260

王路. 基于激光自混合干涉的微振动测量研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2014,(第8(2014)期),正文第11-16页.

代理人 张欢勇

Chunlei Jiang, et al. Multiple self-mixing interference based on phase modulation and demodulation for vibration measurement.《Applied Optics》.2017,第56卷(第4期),第1006-1011页.

(51) Int. Cl.

G01H 11/06 (2006.01)

G01H 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102721461 A, 2012.10.10

CN 102721461 A, 2012.10.10

审查员 李鑫

权利要求书3页 说明书10页 附图5页

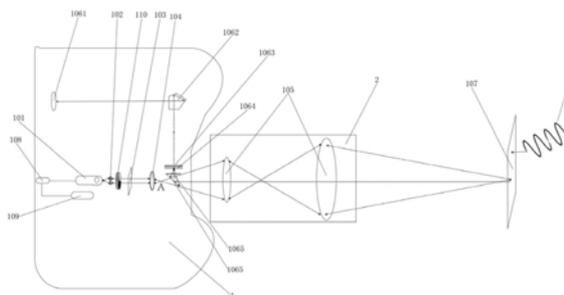
(54) 发明名称

一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测方法

路方便、制作成本低、受环境影响小等优点。

(57) 摘要

本发明涉及激光声音传感测量技术领域,具体为一种基于激光自混合信号的可调焦的声音检测方法,该方法为:激光器输出激光;激光经过焦距可调的有限共轭系统后聚焦到置于被测声场中的反馈物上,反馈物由被测声场驱动振动;聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带声场信息的激光自混合信号;采集激光自混合信号并将其转化为电信号,对电信号进行分析处理即可获得反馈物所在位置的声场信息;在对有限共轭系统进行调焦时,利用可视化指示系统对有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置进行观察;本发明发射、接收共光路,具有系统结构简单、调节光



1. 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测方法,具体步骤包括:

A. 激光器输出激光;

B. 激光经过焦距可调的有限共轭系统后聚焦到置于被测声场中的反馈物上,反馈物由被测声场驱动振动;

C. 聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

D. 采集激光自混合信号并将其转化为电信号,对电信号进行分析处理即可获得被测声场的声音信号;

其中:

步骤B中,为确保激光在经过焦距可调的有限共轭系统后能够聚焦到反馈物上,需要对有限共轭系统进行调焦,调焦过程中利用可视化指示系统对有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置进行观察;

步骤D中,信号的具体分析处理方法如下:

基于激光自混合干涉理论,得到:

$$\phi_F = \phi_0 - C \sin[\phi_F + \arctan(\alpha)] \quad (1)$$

$$I = I_0 + \Delta I \cos(\phi_F) \quad (2)$$

式(1)和式(2)中, C 为反馈光强度, α 为激光器的线宽展宽因子,式(2)中 I 和 I_0 分别为有反馈光和无反馈光时激光器的输出激光的信号强度, ΔI 为有反馈时的输出光信号强度变化幅度, ϕ_F 和 ϕ_0 分别为有反馈光和无反馈光时激光器输出激光的相位,其中 ϕ_F 的表达式如下:

$$\phi_F = 2\pi\nu \frac{2L_{ext}}{c} \quad (3)$$

式(3)中, ν 为有反馈光时的激光频率, c 为真空中的光速, L_{ext} 为实时外腔长度;

在声场中,空气中平面声波任意一点处 t 时刻声压 p 表示为:

$$p = A \cos(2\pi f t + 2\pi r / \lambda) \quad (4)$$

式(4)中, p 为矢量, A 为声压的振幅, f 为声波信号的频率, λ 为声波波长, r 为空间中任意一点处的位置矢量,声场空间中任意一点处的反馈物受到声压作用,使反馈物与激光器所组成的激光自混合系统外腔长度受声压产生受迫振动,所引起的自混合系统外腔长度变化为:

$$\Delta L_{ext} = k p \quad (5)$$

式(5)中, k 是声压引起外腔长度变化的比例系数;

因此利用激光自混合效应,结合式(1)至式(5),通过对激光器的输出激光的信号强度进行测量,能够解调出激光器的外腔相位变化,进一步获得反馈物所处位置声场的变化,从而还原出任意一点处的声场信息。

2. 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:包括激光器、准直透镜、滤光片、短焦透镜、焦距可调的有限共轭系统、可视化指示系统、反馈物、光电探测器和信号处理单元;

所述激光器出射红外光或者可见光,激光依次经准直透镜、滤光片、短焦透镜、有限共轭系统后聚焦到反馈物上;

所述反馈物置于被测声场中,由被测声场驱动振动,聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

所述光电探测器用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;

所述信号处理单元对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

所述可视化指示系统用于指示激光经过有限共轭系统后在被测声场中的聚焦位置,所述可视化指示系统包括目镜、反射镜、聚焦透镜、对焦屏和可转动的反光板;

当有限共轭系统不调焦时,反光板置于初始位置,不遮挡激光器发射的激光,且被测声场中的自然光不经反光板折射到对焦屏上,当有限共轭系统调焦时,转动反光板,使反光板的一面朝向激光器,遮挡激光器发射的激光,激光不经过有限共轭系统,另一面朝向被测声场中的反馈物,且反光板中心距短焦透镜焦平面的距离与距对焦屏的距离相等,照射到反馈物上的自然光经过有限共轭系统到达反光板的另一面,经反光板折射到对焦屏上形成影像,形成的影像经聚焦透镜聚焦、反射镜反射后呈现到目镜上,反射镜的入射光路和出射光路垂直,自然光在有限共轭系统中传输时的信号应当与不调焦时激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。

3. 根据权利要求2所述的可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:所述反射镜为平面镜或者五角棱镜。

4. 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:包括激光器、准直透镜、滤光片、短焦透镜、焦距可调的有限共轭系统、可视化指示系统、反馈物、光电探测器和信号处理单元;

所述激光器出射红外光或者可见光,激光依次经准直透镜、滤光片、短焦透镜、有限共轭系统后聚焦到反馈物上;

所述反馈物置于被测声场中,由被测声场驱动振动,聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

所述光电探测器用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;

所述信号处理单元对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

所述可视化指示系统用于指示激光经过有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置,所述可视化指示系统包括CCD图像传感器和可转动的反光板;

当有限共轭系统不调焦时,反光板置于初始位置,不遮挡激光器发射的激光,且被测声场中的自然光不经反光板折射到CCD图像传感器上,当有限共轭系统调焦时,转动反光板,使反光板的一面朝向激光器,遮挡激光器发射的激光,激光不经过有限共轭系统,另一面朝向被测声场中的反馈物,且反光板中心点距短焦透镜焦平面的距离与距CCD图像传感器的距离相等,照射到反馈物上的自然光经过有限共轭系统到达反光板的另一面,经反光板折射到CCD图像传感器上形成影像,自然光在有限共轭系统中传输时的信号应当与不调焦时激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。

5. 根据权利要求2或4所述的可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在

于:所述准直透镜与滤光片之间还设有可调衰减器。

6. 根据权利要求2或4所述的可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:所述有限共轭系统由相距距离可调的两个凸透镜或者相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成。

7. 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:包括红外激光器、准直透镜、红外滤光片、第一短焦透镜、分光镜、焦距可调的有限共轭系统、可视化指示系统、反馈物、光电探测器和信号处理单元,所述分光镜为可见与红外分光镜,所述分光镜的一面朝向第一短焦透镜;

所述红外激光器出射激光,激光依次经过准直透镜、红外滤光片、分光镜、有限共轭系统后聚焦到反馈物上;

所述反馈物置于被测声场中,由被测声场驱动振动,聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

所述光电探测器用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;

所述信号处理单元对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

所述可视化指示系统用于指示激光经过有限共轭系统后在被测声场中的聚焦位置,所述可视化指示系统包括可见光激光器、反射镜和第二短焦透镜,所述分光镜的另一面朝向第二短焦透镜;

当有限共轭系统不调焦时,所述可见光激光器不工作,当有限共轭系统调焦时,所述可见光激光器出射可见光,可见光经反射镜反射,反射后的可见光依次经过第二短焦透镜、分光镜和有限共轭系统后聚焦到反馈物上,所述分光镜中心点距第二短焦透镜焦平面的距离与距第一短焦透镜焦平面的距离相等,且可见光在有限共轭系统中传输时的信号与激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。

8. 根据权利要求7所述的可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:所述准直透镜与红外滤光片之间还设有可调衰减器。

9. 根据权利要求7所述的可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:所述有限共轭系统由相距距离可调的两个凸透镜或者相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成。

10. 根据权利要求7所述的可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,其特征在于:所述第一短焦透镜和第二短焦透镜的透镜类型相同或者不同。

一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及激光声音传感测量技术领域,具体为一种基于激光自混合信号的可调焦的声音检测方法及系统。

背景技术

[0002] 声振动是现代各种工程,如导弹、飞机、舰船、汽车、桥梁、堤坝和大型建筑等各种结构设计中的重要参数。传统的声振动传感器大都是压电式、电磁式或者静电式。这类电参量传感器抗电磁干扰能力差,在易燃易爆环境下有潜在的危险,使其性能和使用受到很大限制。而利用光学方法进行声振动传感测量成为近年来研究的热点。其中主要有干涉型声振动传感器和光纤光栅型声振动传感器。传统干涉型声振动传感器是利用声振动信号改变干涉仪两光信号的相位差,使干涉输出随传感臂长度变化而变化,实现对声振动信号的检测。但该测量方案信号光和参考光处在不同光路,受环境影响较大,结构相对复杂且调试困难。光纤光栅型声振动传感器则是利用声振动信号改变光纤光栅的空间周期,引起输出光的光波长发生变化。它的探测灵敏度非常高,但波长检测成本较高。

发明内容

[0003] 针对现有技术中的问题,本发明提供一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测方法及系统。

[0004] 为实现以上技术目的,本发明的技术方案是:

[0005] 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测方法,具体步骤包括:

[0006] A. 激光器输出激光;

[0007] B. 激光经过焦距可调的有限共轭系统后聚焦到置于被测声场中的反馈物上,反馈物由被测声场驱动振动;

[0008] C. 聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

[0009] D. 采集激光自混合信号并将其转化为电信号,对电信号进行分析处理即可获得被测声场的声音信号;

[0010] 其中:

[0011] 步骤B中,为确保激光在经过焦距可调的有限共轭系统后能够聚焦到反馈物上,需要对有限共轭系统进行调焦,调焦过程中利用可视化指示系统对有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置进行观察;

[0012] 步骤D中,信号的具体分析处理方法如下:

[0013] 基于激光自混合干涉理论,得到:

$$[0014] \quad \phi_F = \phi_0 - C \sin[\phi_F + \arctan(\alpha)] \quad (1)$$

$$[0015] \quad I = I_0 + \Delta I \cos(\phi_F) \quad (2)$$

[0016] 式(1)和式(2)中,C为反馈光强度, α 为激光器的线宽展宽因子,式(2)中I和 I_0 分别

为有反馈光和无反馈光时激光器的输出激光的信号强度, ΔI 为有反馈时的输出光信号强度变化幅度, ϕ_F 和 ϕ_0 分别为有反馈光和无反馈光时激光器输出激光的相位, 其中 ϕ_F 的表达式如下:

$$[0017] \quad \phi_F = 2\pi\nu \frac{2L_{ext}}{c} \quad (3)$$

[0018] 式(3)中, ν 为有反馈光时的激光频率, c 为真空中的光速, L_{ext} 为实时外腔长度;

[0019] 在声场中, 空气中平面声波任意一点处 t 时刻声压 p 表示为:

$$[0020] \quad p = A \cos(2\pi ft + 2\pi r/\lambda) \quad (4)$$

[0021] 式(4)中, p 为矢量, A 为声压的振幅, f 为声波信号的频率, λ 为声波波长, r 为空间中任意一点处的位置矢量, 声场空间中任意一点处的反馈物受到声压作用, 使反馈物与激光器所组成的激光自混合系统外腔长度受声压产生受迫振动, 所引起的自混合系统外腔长度变化为:

$$[0022] \quad \Delta L_{ext} = kp \quad (5)$$

[0023] 式(5)中, k 是声压引起外腔长度变化的比例系数;

[0024] 因此利用激光自混合效应, 结合式(1)至式(5), 通过对激光器的输出激光的信号强度进行测量, 能够解调出激光器的外腔相位变化, 进一步获得反馈物所处位置声场的变化, 从而还原出任意一点处的声场信息。

[0025] 基于上述检测方法构建三种检测系统:

[0026] 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统, 包括激光器、准直透镜、滤光片、短焦透镜、焦距可调的有限共轭系统、可视化指示系统、反馈物、光电探测器和信号处理单元;

[0027] 所述激光器出射红外光或者可见光, 激光依次经准直透镜、滤光片、短焦透镜、有限共轭系统后聚焦到反馈物上;

[0028] 所述反馈物置于被测声场中, 由被测声场驱动振动, 聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内, 形成带有声场信息的激光自混合信号;

[0029] 所述光电探测器用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;

[0030] 所述信号处理单元对接收到的电信号进行分析处理, 获得反馈物所在位置的声场信息;

[0031] 所述可视化指示系统用于指示激光经过有限共轭系统后在被测声场中的聚焦位置, 所述可视化指示系统包括目镜、反射镜、聚焦透镜、对焦屏和可转动的反光板;

[0032] 当有限共轭系统不调焦时, 反光板置于初始位置, 不遮挡激光器发射的激光, 且被测声场中的自然光不经反光板折射到对焦屏上, 当有限共轭系统调焦时, 转动反光板, 使反光板的一面朝向激光器, 遮挡激光器发射的激光, 激光不经过有限共轭系统, 另一面朝向被测声场中的反馈物, 且反光板中心点距短焦透镜焦平面的距离与距对焦屏的距离相等, 照射到反馈物上的自然光经过有限共轭系统到达反光板的另一面, 经反光板折射到对焦屏上形成影像, 形成的影像经聚焦透镜聚焦、反射镜反射后呈现到目镜上, 反射镜的入射光路和出射光路垂直, 自然光在有限共轭系统中传输时的信号应当与不调焦时激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。

[0033] 作为优选,所述反射镜为平面镜或者五角棱镜。

[0034] 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,包括激光器、准直透镜、滤光片、短焦透镜、焦距可调的有限共轭系统、可视化指示系统、反馈物、光电探测器和信号处理单元;

[0035] 所述激光器出射红外光或者可见光,激光依次经准直透镜、滤光片、短焦透镜、有限共轭系统后聚焦到反馈物上;

[0036] 所述反馈物置于被测声场中,由被测声场驱动振动,聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

[0037] 所述光电探测器用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;

[0038] 所述信号处理单元对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

[0039] 所述可视化指示系统用于指示激光经过有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置,所述可视化指示系统包括CCD图像传感器和可转动的反光板;

[0040] 当有限共轭系统不调焦时,反光板置于初始位置,不遮挡激光器发射的激光,且被测声场中的自然光不经反光板折射到CCD图像传感器上,当有限共轭系统调焦时,转动反光板,使反光板的一面朝向激光器,遮挡激光器发射的激光,激光不经过有限共轭系统,另一面朝向被测声场中的反馈物,且反光板中心点距短焦透镜焦平面的距离与距CCD图像传感器的距离相等,照射到反馈物上的自然光经过有限共轭系统到达反光板的另一面,经反光板折射到CCD图像传感器上形成影像,自然光在有限共轭系统中传输时的信号应当与不调焦时激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。

[0041] 作为改进,所述准直透镜与滤光片之间还设有可调衰减器。

[0042] 作为优选,所述有限共轭系统由相距距离可调的两个凸透镜或者相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成。

[0043] 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,包括红外激光器、准直透镜、红外滤光片、第一短焦透镜、分光镜、焦距可调的有限共轭系统、可视化指示系统、反馈物、光电探测器和信号处理单元,所述分光镜为可见与红外分光镜,所述分光镜的一面朝向第一短焦透镜;

[0044] 所述红外激光器出射激光,激光依次经过准直透镜、红外滤光片、分光镜、有限共轭系统后聚焦到反馈物上;

[0045] 所述反馈物置于被测声场中,由被测声场驱动振动,聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;

[0046] 所述光电探测器用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;

[0047] 所述信号处理单元对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

[0048] 所述可视化指示系统用于指示激光经过有限共轭系统后在被测声场中的聚焦位置,所述可视化指示系统包括可见光激光器、反射镜和第二短焦透镜。所述分光镜的另一面朝向第二短焦透镜;

[0049] 当有限共轭系统不调焦时,所述可见光激光器不工作,当有限共轭系统调焦时,所述可见光激光器出射可见光,可见光经反射镜反射,反射后的可见光依次经过第二短焦透镜、分光镜和有限共轭系统后聚焦到反馈物上,所述分光镜中心点距第二短焦透镜焦平面的距离与距第一短焦透镜焦平面的距离相等,且可见光在有限共轭系统中传输时的信号与激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。

[0050] 作为改进,所述准直透镜与红外滤光片之间还设有可调衰减器。

[0051] 作为优选,所述有限共轭系统由相距距离可调的两个凸透镜或者相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成。

[0052] 作为优选,所述第一短焦透镜和第二短焦透镜的透镜类型相同或者不同

[0053] 从以上描述可以看出,本发明具备以下优点:

[0054] 1. 本发明采用自混合信号对声场进行检测,发射、接收共光路,具有系统结构简单、调节光路方便、制作成本低、受环境影响小等优点,采用非接触测量,能够应用于多种场合的声音检测,应用范围广;

[0055] 2. 本发明能够通过测量被测声场中的任意反馈物测量被测声场的声音信息,测量系统到反馈物的测量距离可调(即可调焦);

[0056] 3. 通过可视化指示系统实现测量距离调节过程的可视化,测量人员能够通过目镜或者CCD图像传感器直接观察到调节结果。

附图说明

[0057] 图1是本发明实施例1的结构示意图;

[0058] 图2是本发明实施例2的结构示意图;

[0059] 图3是本发明实施例3的结构示意图;

[0060] 图4是本发明实施例3的结构示意图;

[0061] 图5是本发明实施例3的结构示意图;

[0062] 附图标记:

[0063] 图1中:101.激光器、102.准直透镜、103.滤光片、104.短焦透镜、105.焦距可调的有限共轭系统、106.可视化指示系统、107.反馈物、108.光电探测器、109.信号处理单元、110.可调衰减器、1061.目镜、1062.反射镜、1063.聚焦透镜、1064.对焦屏、1065.可转动的反光板;

[0064] 图2中:201.激光器、202.准直透镜、203.滤光片203、204.短焦透镜、205.焦距可调的有限共轭系统、206.可视化指示系统、207.反馈物、208.光电探测器、209.信号处理单元、210.可调衰减器、2061.CCD图像传感器、2062.可转动的反光板2062;

[0065] 图3至图5中:301.红外激光器、302.准直透镜、303.红外滤光片303、304.第一短焦透镜、305.分光镜、306.焦距可调的有限共轭系统、307.可视化指示系统、308.反馈物、309.光电探测器、310.信号处理单元、311.可调衰减器、3071.可见光激光器、3072.反射镜、3073.第二短焦透镜。

具体实施方式

[0066] 一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测方法,具体步骤包括:

[0067] A. 激光器输出激光；

[0068] B. 激光经过焦距可调的有限共轭系统后聚焦到置于被测声场中的反馈物上，反馈物由被测声场驱动振动；

[0069] C. 聚焦到反馈物上的激光信号经反馈物反射后沿原路反馈回激光器谐振腔内，形成带有声场信息的激光自混合信号；

[0070] D. 采集激光自混合信号并将其转化为电信号，对电信号进行分析处理即可获得被测声场的声音信号；

[0071] 其中：

[0072] 步骤B中，为确保激光在经过焦距可调的有限共轭系统后能够聚焦到反馈物上，需要对有限共轭系统进行调焦，调焦过程中利用可视化指示系统对有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置进行观察；

[0073] 步骤D中，信号的具体分析处理方法如下：

[0074] 基于激光自混合干涉理论，得到：

$$[0075] \quad \phi_F = \phi_0 - C \sin[\phi_F + \arctan(\alpha)] \quad (1)$$

$$[0076] \quad I = I_0 + \Delta I \cos(\phi_F) \quad (2)$$

[0077] 式(1)和式(2)中，C为反馈光强度， α 为激光器的线宽展宽因子，式(2)中I和 I_0 分别为有反馈光和无反馈光时激光器的输出激光的信号强度， ΔI 为有反馈时的输出光信号强度变化幅度， ϕ_F 和 ϕ_0 分别为有反馈光和无反馈光时激光器输出激光的相位，其中 ϕ_F 的表达式如下：

$$[0078] \quad \phi_F = 2\pi\nu \frac{2L_{ext}}{c} \quad (3)$$

[0079] 式(3)中， ν 为有反馈光时的激光频率，c为真空中的光速， L_{ext} 为实时外腔长度；

[0080] 在声场中，空气中平面声波任意一点处t时刻声压p表示为：

$$[0081] \quad p = A \cos(2\pi ft + 2\pi r/\lambda) \quad (4)$$

[0082] 式(4)中，p为矢量，A为声压的振幅，f为声波信号的频率， λ 为声波波长，r为空间中任意一点处的位置矢量，声场空间中任意一点处的反馈物受到声压作用，使反馈物与激光器所组成的激光自混合系统外腔长度受声压产生受迫振动，所引起的自混合系统外腔长度变化为：

$$[0083] \quad \Delta L_{ext} = kp \quad (5)$$

[0084] 式(5)中，k是声压引起外腔长度变化的比例系数；

[0085] 因此利用激光自混合效应，结合式(1)至式(5)，通过对激光器的输出激光的信号强度进行测量，能够解调出激光器的外腔相位变化，进一步获得反馈物所处位置声场的变化，从而还原出任意一点处的声场信息。

[0086] 基于上述检测方法构建声音检测系统，下面结合图1至图4，详细说明本发明，但不对本发明的权利要求做任何限定。

[0087] 实施例1：

[0088] 如图1所示，一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统，包括激光器101、准直透镜102、滤光片103、短焦透镜104、焦距可调的有限共轭系统105、可视化指示系统106、反馈物107、光电探测器108和信号处理单元109，可视化指示系统用于指示激光经过有限共

轭系统在被测声场中的聚焦位置,具体包括目镜1061、反射镜1062、聚焦透镜1063、对焦屏1064和可转动的反光板1065。

[0089] 其中:

[0090] (1) 短焦透镜104可以采用短焦凸透镜、短焦凹透镜或者短焦透镜组件等(图1中采用的是凸透镜);

[0091] (2) 反射镜1062可以选用平面镜或者五角棱镜,只要保证反射镜的入射光路和出射光路垂直即可,当采用平面镜时,目镜上的成像为倒像,当采用五角棱镜上,目镜上的成像为正像;

[0092] (3) 有限共轭系统105以采用相距距离可调的两个凸透镜1051构成(图1中为两个凸透镜的方式),也可以对其进行等同替换,采用相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成;

[0093] (4) 信号处理单元109包括放大单元、滤波单元、调制解调单元(可选)和功放单元等。

[0094] 工作原理为:

[0095] 激光器101出射红外光或者可见光,激光依次经准直透镜102准直、滤光片103滤光(滤除杂散光)、短焦透镜104聚焦、有限共轭系统105望远扩束后聚焦到反馈物107上;反馈物107置于被测声场3中,由被测声场3驱动振动,聚焦到反馈物107上的激光信号经反馈物107反射后沿原路反馈回激光器101谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;光电探测器108用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元109;信号处理单元109对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

[0096] 当有限共轭系统不调焦时,反光板1065置于初始位置,不遮挡激光器101发射的激光,且被测声场中的自然光不经反光板1065折射到对焦屏1064上,当有限共轭系统调焦时,转动反光板1065,使反光板1065的一面朝向激光器101,遮挡激光器发射的激光,激光不经过有限共轭系统105,另一面朝向被测声场中的反馈物107,且反光板1065中心点距短焦透镜104焦平面的距离与距对焦屏1064的距离相等,照射到反馈物107上的自然光经过有限共轭系统105到达反光板1065的另一面,经反光板1065折射到对焦屏1064上形成影像,形成的影像经聚焦透镜1063聚焦、反射镜1062反射后呈现到目镜1061上,反射镜1062的入射光路和出射光路垂直,自然光在有限共轭系统105中传输时的信号应当与不调焦时激光在有限共轭系统105中传输时的信号共光轴(图1中的两个1065指示的部件均表示反光板,实线表示的不调焦时的反光板,虚线表示的是调焦时的反光板)。通过观察目镜1061上的图像信息,即可实时反映激光器101的输出激光经准直透镜102、滤光片103、短焦透镜104、有限共轭系统105后聚焦到声场中的位置,同时对有限共轭系统105的焦距(即有限共轭系统中两个透镜之间的距离)进行调整,使输出激光正好能够聚焦到反馈物107上,进而完成对反馈物107所在位置的声场测量。

[0097] 本实施例中,为了进一步提高系统的性能,在准直透镜与滤光片之间还可以设置可调衰减器110,通过可调衰减器调节反馈光的水平。

[0098] 本实施例具有以下优点:

[0099] 1. 本发明采用自混合信号对声场进行检测,发射、接收共光路,具有系统结构简单、调节光路方便、制作成本低、受环境影响小等优点,采用非接触测量,能够应用于多种场

合的声音检测,应用范围广;

[0100] 2.本发明能够通过测量被测声场中的任意反馈物测量被测声场的声音信息,测量系统到反馈物的测量距离可调(即可调焦);

[0101] 3.通过可视化指示系统实现测量距离调节过程的可视化,测量人员能够通过目镜直接观察到调节结果;

[0102] 4.可视化指示系统采用成像原理,结构简单;

[0103] 5.当激光器采用可见光激光器时,系统共焦好,调焦精度高,当激光器采用红外光激光器时,系统隐蔽性好。

[0104] 实施例2:

[0105] 如图2所示,一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,包括激光器201、准直透镜202、滤光片203、短焦透镜204、焦距可调的有限共轭系统205、可视化指示系统206、反馈物207、光电探测器208和信号处理单元209,可视化指示系统206用于指示激光经过有限共轭系统在被测声场中的聚焦位置,可视化指示系统包括CCD图像传感器2061和可转动的反光板2062;

[0106] 其中:

[0107] (1)短焦透镜204可以采用短焦凸透镜、短焦凹透镜或者短焦透镜组件等(图2中采用的是凸透镜);

[0108] (2)有限共轭系统205可以采用相距距离可调的两个凸透镜2051构成(图2中采用的是两个凸透镜的方式),也可以对其进行等同替换,采用相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成;

[0109] (3)信号处理单元209包括放大单元、滤波单元、调制解调单元(可选)和功放单元等。

[0110] 工作原理为:

[0111] 激光器201出射红外光或者可见光,激光依次经准直透镜202准直、滤光片203滤光(滤除杂散光)、短焦透镜204聚焦、有限共轭系统205望远扩束后聚焦到反馈物207上;反馈物207置于被测声场3中,由被测声场3驱动振动,聚焦到反馈物207上的激光信号经反馈物207反射后沿原路反馈回激光器201谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;光电探测器208用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元;信号处理单元209对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

[0112] 当有限共轭系统205不调焦时,反光板2062置于初始位置,不遮挡激光器201发射的激光,且被测声场中的自然光不经反光板2062折射到CCD图像传感器2061上,当有限共轭系统205调焦时,转动反光板2062,使反光板2062的一面朝向激光器201,遮挡激光器201发射的激光,激光不经过有限共轭系统205,另一面朝向被测声场3中的反馈物207,且短焦透镜204焦平面距离反光板2062中心点的距离与CCD图像传感器2061距离反光板2062中心点的距离相等,照射到反馈物207上的自然光经过有限共轭系统205到达反光板2062的另一面,经反光板2062折射到CCD图像传感器2061上形成影像,自然光在有限共轭系统205中传输时的信号应当与不调焦时激光在有限共轭系统205中传输时的信号共光轴(图2中的2062所指的两个部件均表示反光板,实线表示的不调焦时的反光板,虚线表示的是调焦时的反光板)。通过观察CCD图像传感器上的图像信息,即可实时反映出激光器201的输出激光经准

直透镜202、滤光片203、短焦透镜204、有限共轭系统205后聚焦到声场中的位置,同时对有限共轭系统205的焦距(即有限共轭系统中两个透镜之间的距离)进行调整,使输出激光正好能够聚焦到反馈物上,进而完成对反馈物所在位置的声场测量。

[0113] 本实施例中,为了进一步提高系统的性能,在准直透镜202与滤光片203之间还可以设置可调衰减器210,通过可调衰减器调节反馈光的水平。

[0114] 本实施例具有以下优点:

[0115] 1. 本发明采用自混合信号对声场进行检测,发射、接收共光路,具有系统结构简单、调节光路方便、制作成本低、受环境影响小等优点,采用非接触测量,能够应用于多种场合的声音检测,应用范围广;

[0116] 2. 本发明能够通过测量被测声场中的任意反馈物测量被测声场的声音信息,测量系统到反馈物的测量距离可调(即可调焦);

[0117] 3. 通过可视化指示系统实现测量距离调节过程的可视化,测量人员能够通过CCD图像传感器直接观察到调节结果;

[0118] 4. 可视化指示系统采用CCD成像原理,结构简单;

[0119] 5. 当激光器采用可见光激光器时,系统共焦好,调焦精度高,当激光器采用红外光激光器时,系统隐蔽性好。

[0120] 实施例3:

[0121] 如图3所示,一种可视化调焦的激光自混合信号声音检测系统,包括红外激光器301、准直透镜302、红外滤光片303、第一短焦透镜304、分光镜305、焦距可调的有限共轭系统306、可视化指示系统、反馈物308、光电探测器309和信号处理单元310,分光镜305为可见与红外分光镜,可视化指示系统307用于指示激光经过有限共轭系统306后在被测声场中的聚焦位置,可视化指示系统包括可见光激光器3071、反射镜3072和第二短焦透镜3073,分光镜305的一面朝向第一短焦透镜304,另一面朝向第二短焦透镜3073;

[0122] 其中:

[0123] (1) 反射镜3072可以选用可见光波段的窄带反射镜,或者用可见光滤光片+宽带反射镜代替;

[0124] (2) 有限共轭系统306可以采用相距距离可调的两个凸透镜构成(图2中采用的是两个凸透镜的方式),也可以对其进行等同替换,采用相距距离可调的一个凹透镜和一个凸透镜构成(如图4所示);

[0125] (3) 信号处理单元310包括放大单元、滤波单元、调制解调单元(可选)和功放单元等。

[0126] (4) 第一短焦透镜304和第二短焦透镜3073均采用凸透镜,当然也可以对其进行等同替换,均采用凹透镜(如图5所示)或者一个采用凸透镜、一个采用凹透镜,只要保证两个短焦透镜的焦平面距离分光镜中心点的距离相等即可(前述焦点是指凸透镜的实焦点或者凹透镜的虚焦点)。

[0127] 工作原理为:

[0128] 红外激光器301出射激光,激光依次经过准直透镜302准直、红外滤光片303滤光(滤除杂散光)、第一短焦透镜304聚焦、分光镜305分光、有限共轭系统306望远扩束后聚焦到反馈物308上;反馈物308置于被测声场3中,由被测声场3驱动振动,聚焦到反馈物308上

的激光信号经反馈物308反射后沿原路反馈回激光器301谐振腔内,形成带有声场信息的激光自混合信号;光电探测器309用于采集激光自混合信号并将其转化为电信号后输出到信号处理单元310;信号处理单元310对接收到的电信号进行分析处理,获得反馈物所在位置的声场信息;

[0129] 当有限共轭系统不调焦时,可见光激光器3071不工作;当有限共轭系统调焦时,可见光激光器3071出射可见光,可见光经反射镜3072反射,反射后的可见光依次经过第二短焦透镜3073聚焦、分光镜3074分光和有限共轭系统306望远扩束后聚焦到反馈物308上,需保证分光镜3074中心点距第二短焦透镜3073焦平面的距离与距第一短焦透镜304焦平面的距离相等,且可见光在有限共轭系统中传输时的信号与激光在有限共轭系统中传输时的信号共光轴。通过观察可见光经第二短焦透镜、分光镜和有限共轭系统后聚焦到声场中的位置(该位置即为红外激光器输出激光在声场中的聚焦位置),同时对有限共轭系统的焦距(即有限共轭系统中两块透镜的距离)进行调整,使可见光正好能够聚焦到反馈物上,进而实现对红外激光器输出激光的聚焦位置的调整。

[0130] 其中:

[0131] 本实施例中,为了进一步提高系统的性能,在准直透镜与红外滤光片之间还可以设置可调衰减器311,通过可调衰减器调节反馈光的水平。

[0132] 本实施例具有以下优点:

[0133] 1. 本发明采用自混合信号对声场进行检测,发射、接收共光路,具有系统结构简单、调节光路方便、制作成本低、受环境影响小等优点,采用非接触测量,能够应用于多种场合的声音检测,应用范围广;

[0134] 2. 本发明能够通过测量被测声场中的任意反馈物测量被测声场的声音信息,测量系统到反馈物的测量距离可调(即可调焦);

[0135] 3. 通过可视化指示系统实现测量距离调节过程的可视化,测量人员能够通过肉眼直接观察到调节结果;

[0136] 4. 可视化指示系统采用可见光指示光路,光路结构简单。

[0137] 上述三个实施例中,有限共轭系统可以集成在一个机械结构2里,除有限共轭系统的其他器件可以集成在另一个机械结构1里,然后将两者可拆卸地连接,形成一个手持设备(类似于单反相机的形式),有限共轭系统可以根据使用需求进行更换调整(类似于单反相机更换镜头)。

[0138] 综上所述,本发明具有以下优点:

[0139] 1. 本发明采用自混合信号对声场进行检测,发射、接收共光路,具有系统结构简单、调节光路方便、制作成本低、受环境影响小等优点,采用非接触测量,能够应用于多种场合的声音检测,应用范围广;

[0140] 2. 本发明能够通过测量被测声场中的任意反馈物测量被测声场的声音信息,测量系统到反馈物的测量距离可调(即可调焦);

[0141] 3. 通过可视化指示系统实现测量距离调节过程的可视化,测量人员能够直接观察到调节结果。

[0142] 可以理解的是,以上关于本发明的具体描述,仅用于说明本发明而并非受限于本发明实施例所描述的技术方案。本领域的普通技术人员应当理解,仍然可以对本发明进行

修改或等同替换,以达到相同的技术效果;只要满足使用需要,都在本发明的保护范围之内。

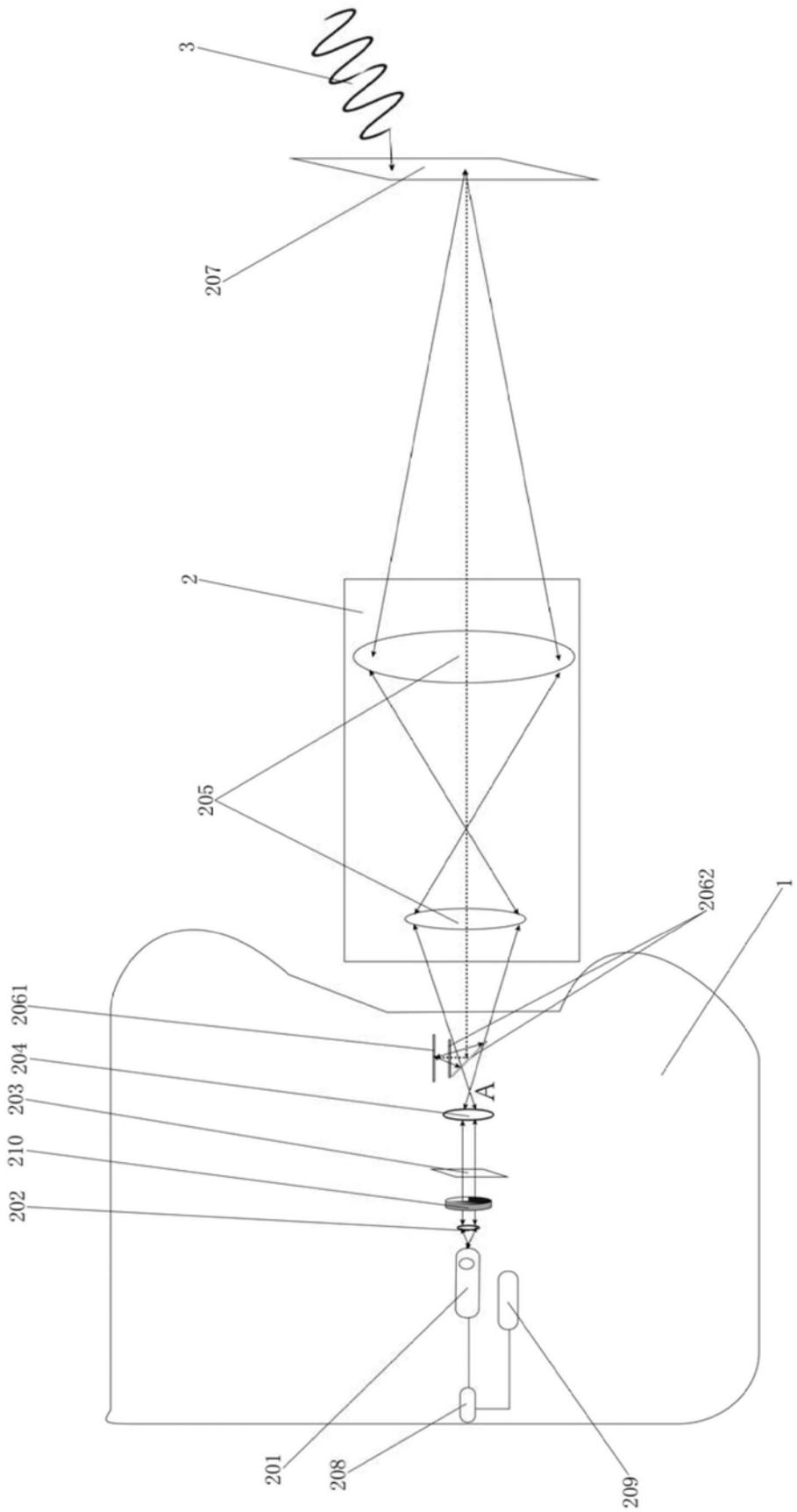


图2

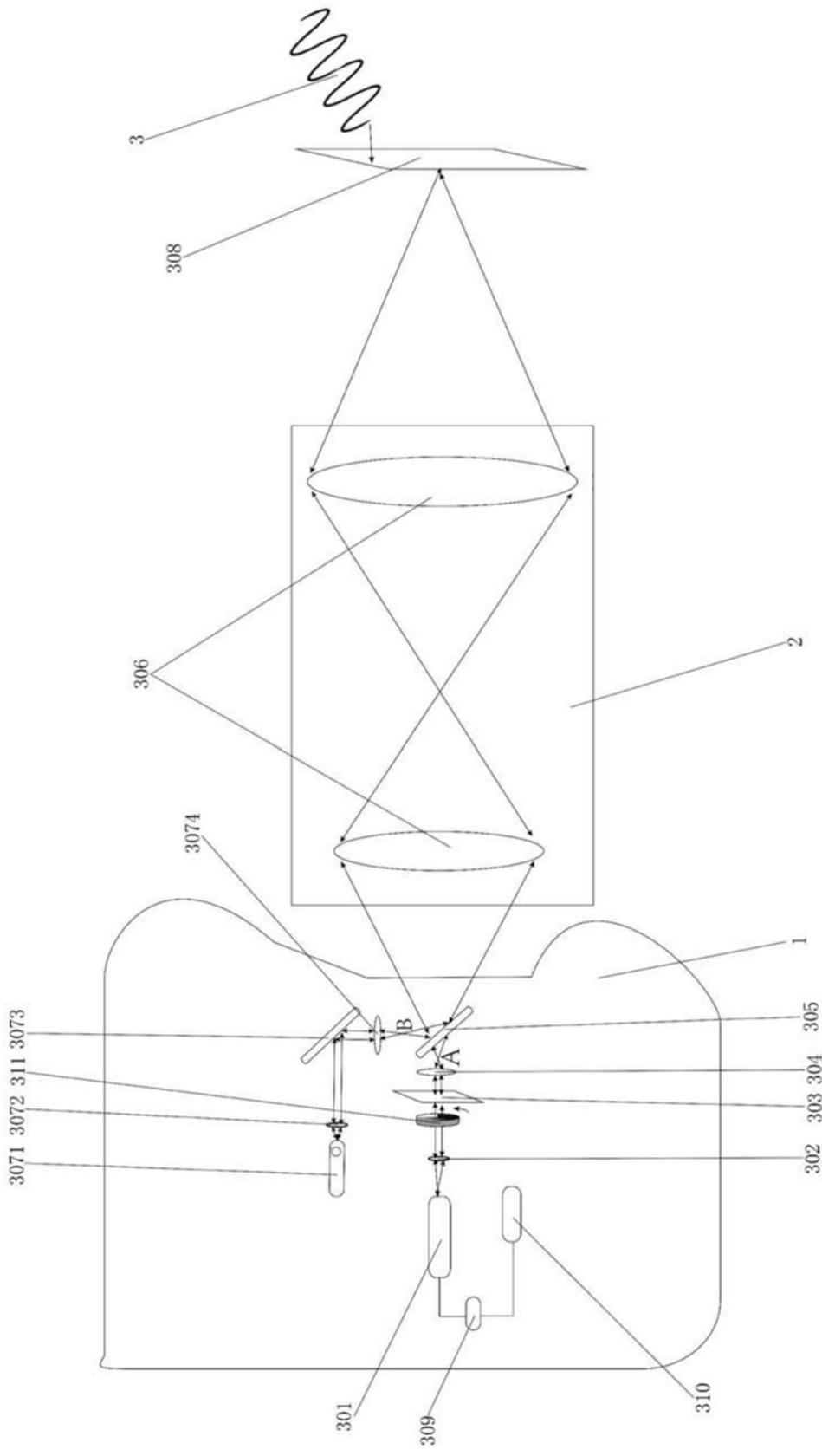


图3

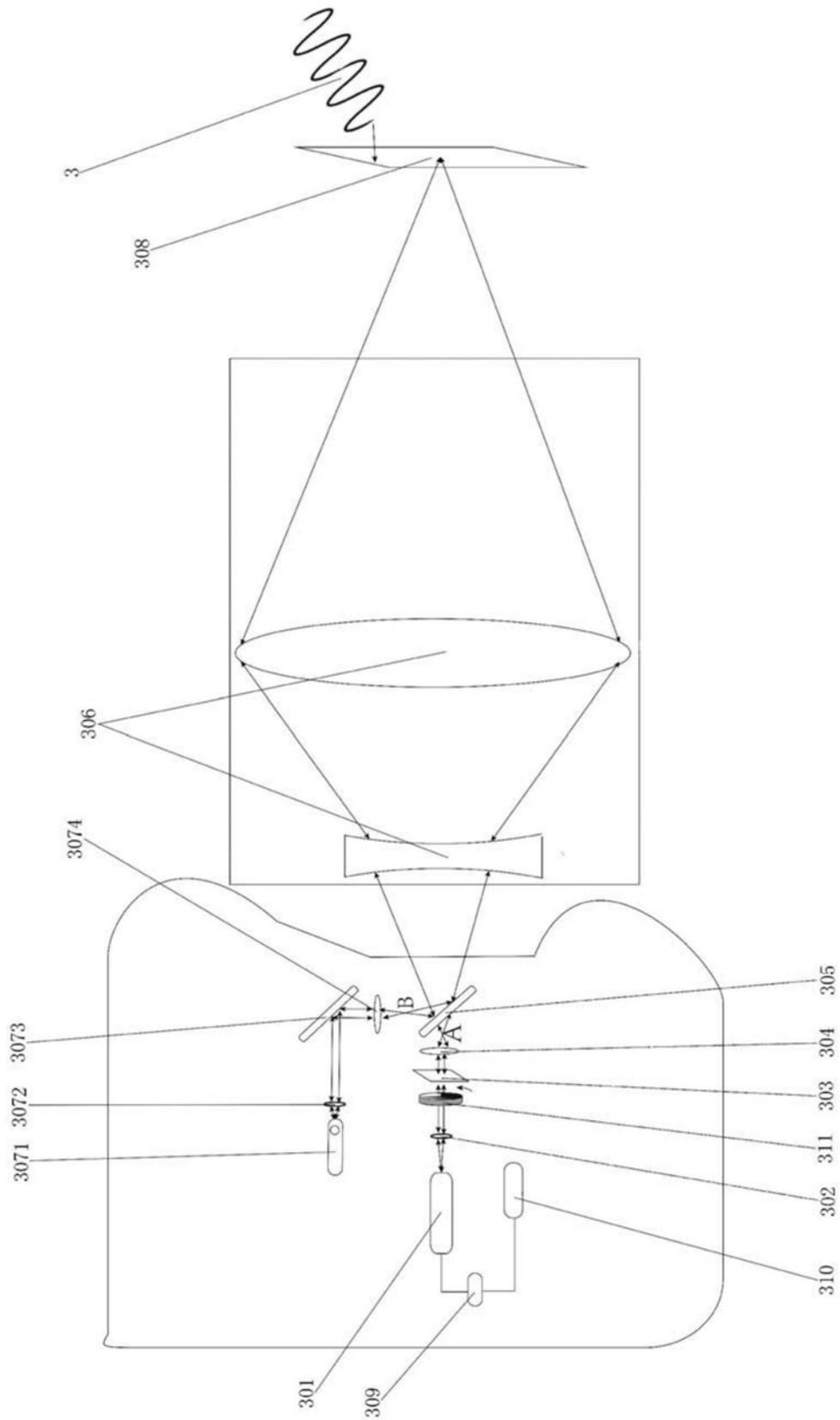


图4

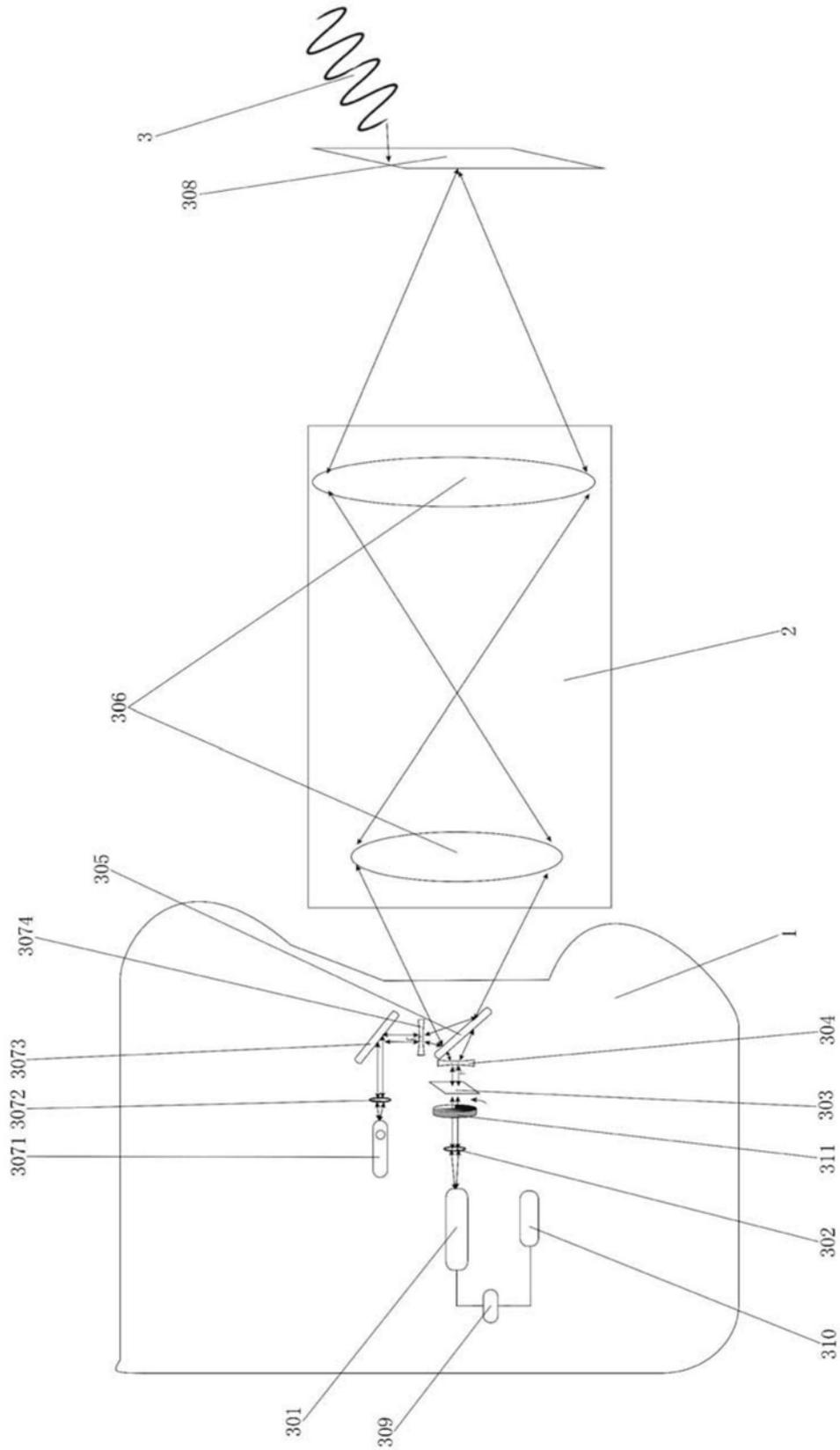


图5