



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112945370 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(21) 申请号 202110174088.9

(22) 申请日 2021.02.09

(71) 申请人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路3号

(72) 发明人 郑永秋 薛晨阳 白建东 韩源

陈晨 武丽云 陈佳敏

(74) 专利代理机构 重庆萃智邦成专利代理事务  
所(普通合伙) 50231

代理人 蒋雪琴

(51) Int. Cl.

G01H 9/00 (2006.01)

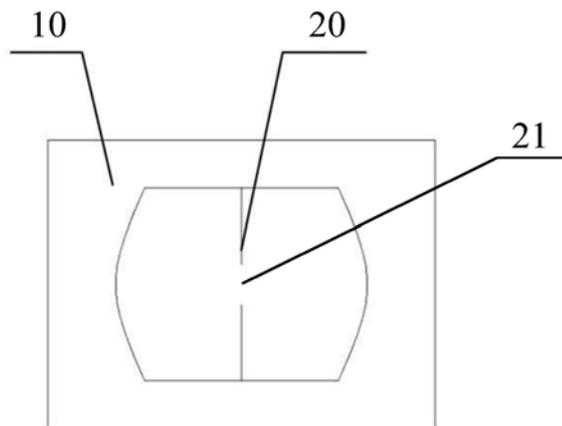
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器及系统

(57) 摘要

本申请涉及全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器及系统,具体而言,涉及振动检测领域。本申请提供的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,振动传感器包括:腔体结构和振动膜,腔体结构为空腔结构,腔体结构的材料为半反半透材料,且腔体结构的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,振动膜垂直于两个反射膜的连线设置在腔体结构内部,振动膜的中央位置设置有透光孔;当需要对振动进行检测的时候,将本申请的振动传感器设置在待测平面上,待测平台振动使得振动传感器发生共振,进而改变振动传感器出射端的光的光传输量,通过计算得到腔体结构内部的光传输量的变化,并根据通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息。



1. 一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述振动传感器包括:腔体结构和振动膜,所述腔体结构为空腔结构,所述腔体结构的材料为半反半透材料,且所述腔体结构的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,所述振动膜垂直于两个所述反射膜的连线设置在所述腔体结构内部,所述振动膜的中央位置设置有透光孔。

2. 根据权利要求1所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述腔体结构的材料为玻璃。

3. 根据权利要求2所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述空腔内部相对的两个面上设置的反射膜为增反膜,且所述增反膜的材料为高反射材料。

4. 根据权利要求3所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述振动膜的材料为弹性材料。

5. 根据权利要求4所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述腔体结构设置反射膜的两个面为弧形面。

6. 根据权利要求5所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述振动传感器还包括第二振动膜,所述第二振动膜中央位置设置有第二透光孔,且设置在所述腔体结构内部,并平行于所述振动膜。

7. 根据权利要求6所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,其特征在于,所述第二振动膜的材料为弹性材料。

8. 一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感系统,其特征在于,所述系统包括:光源、光谱仪和权利要求1-7任意一项所述的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,所述光源和所述光谱仪分别设置在所述振动传感器的所述腔体结构的两个所述反射膜的面的一侧,所述光源用于产生光信号,并将所述光信号传递到所述振动传感器的所述腔体结构内部,所述光信号通过所述腔体结构传递到所述光谱仪上,所述光谱仪用于获取出射的光信号的光谱,并通过所述出射光信号的光谱得到所述腔体结构内部的光传输量的变化,通过所述光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到所述振动信息。

## 全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器及系统

### 技术领域

[0001] 本申请涉及振动检测领域,具体而言,涉及一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器及系统。

### 背景技术

[0002] 振动是宇宙普遍存在的一种现象,总体分为宏观振动(如地震、海啸)和微观振动(基本粒子的热运动、布朗运动)。一些振动拥有比较固定的波长和频率,一些振动则没有固定的波长和频率。两个振动频率相同的物体,其中一个物体振动时能够让另外一个物体产生相同频率的振动,这种现象叫做共振,共振现象能够给人类带来许多好处和危害。

[0003] 现有技术对振动的检测是通过周期 $T$ 、频率 $f$ 、圆频率 $\omega$ 和转速 $n$ 进行描述的,通过使用振动检测装置对周期 $T$ 、频率 $f$ 、圆频率 $\omega$ 和转速 $n$ 任意一项参数进行测量,并使用测量结果对振动进行描述。

[0004] 但是,现有技术中的振动检测装置的精度较低,难以满足较大精度要求的振动测量。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于,针对上述现有技术中的不足,提供一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器及系统,以解决现有技术中振动检测装置的精度较低,难以满足较大精度要求的振动测量的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明实施例采用的技术方案如下:

[0007] 第一方面,本申请提供一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,振动传感器包括:腔体结构和振动膜,腔体结构为空腔结构,腔体结构的材料为半反半透材料,且腔体结构的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,振动膜垂直于两个反射膜的连线设置在腔体结构内部,振动膜的中央位置设置有透光孔。

[0008] 可选地,该腔体结构的材料为玻璃。

[0009] 可选地,该空腔内部相对的两个面上设置的反射膜为增反膜,且增反膜的材料为高反射材料。

[0010] 可选地,该振动膜的材料为弹性材料。

[0011] 可选地,该腔体结构设置反射膜的两个面为弧形面。

[0012] 可选地,该振动传感器还包括第二振动膜,第二振动膜中央位置设置有第二透光孔,且设置在腔体结构内部,并平行于振动膜。

[0013] 可选地,该第二振动膜的材料为弹性材料。

[0014] 第二方面,本申请提供一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感系统,系统包括:光源、光谱仪和第一方面任意一项的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,光源和光谱仪分别设置在振动传感器的腔体结构的两个反射膜的面的一侧,光源用于产生光信号,并将光信号传递到振动传感器的腔体结构内部,光信号通过腔体结构传递到

光谱仪上,光谱仪用于获取出射的光信号的光谱,并通过出射光信号的光谱得到腔体结构内部的光传输量的变化,通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息。

[0015] 本发明的有益效果是:

[0016] 本申请提供的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,振动传感器包括:腔体结构和振动膜,腔体结构为空腔结构,腔体结构的材料为半反半透材料,且腔体结构的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,振动膜垂直于两个反射膜的连线设置在腔体结构内部,振动膜的中央位置设置有透光孔;由于该腔体结构为空腔结构,且腔体结构的材料为半反半透材料,且腔体结构的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,则该腔体结构为法布里-珀罗腔,在未发生振动时,该振动传感器接收的光在法布里-珀罗腔内部进行传播,并通过该振动膜的透光孔,使得光信号在该法布里-珀罗腔形成高斯光线,即光信号全部穿过该透光孔,从该振动传感器的光的出射端对光传输量进行检测,当需要对振动进行检测的时候,将本申请的振动传感器设置在待测平面上,待测平台振动使得该振动传感器发生共振,进而使得该振动膜的位置发生改变,进而改变该振动传感器出射端的光的光传输量,通过计算得到腔体结构内部的光传输量的变化,并根据通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息;由于本申请的腔体结构相当于法布里-珀罗腔,该法布里-珀罗腔发生振动时,对该振动传感器的输出光的影响较大,进而使得本申请对振动信息的检测更加准确。

#### 附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他相关的附图。

[0018] 图1为本发明一实施例提供的一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的结构示意图;

[0019] 图2为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的结构示意图;

[0020] 图3为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的一种光束传播图;

[0021] 图4为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的另一种光束传播图;

[0022] 图5为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的另一种光束传播图;

[0023] 图6为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的振动信号影响谐振峰偏移图。

[0024] 图标:10-腔体结构;20-空腔结构;21-透光孔。

#### 具体实施方式

[0025] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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,所描述的实施例是本发明一实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0026] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0027] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0028] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”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,或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,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,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0029] 此外,术语“水平”、“竖直”等术语并不表示要求部件绝对水平或悬垂,而是可以稍微倾斜。如“水平”仅仅是指其方向相对“竖直”而言更加水平,并不是表示该结构一定要完全水平,而是可以稍微倾斜。

[0030] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0031] 为了使本发明的实施过程更加清楚,下面将会结合附图进行详细说明。

[0032] 图1为本发明一实施例提供的一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的结构示意图;图2为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的结构示意图;如图1和图2所示,本申请提供一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,振动传感器包括:腔体结构10和振动膜,腔体结构10为空腔结构20,腔体结构10的材料为半反半透材料,且腔体结构10的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,振动膜垂直于两个反射膜的连线设置在腔体结构10内部,振动膜的中央位置设置有透光孔21。

[0033] 本申请的腔体结构10的形状可以是长方体,也可以是其他规则形状,在此不做具体限定,为了清楚的说明,在此以该腔体结构10的形状为长方体进行说明,长方体空腔结构20的腔体结构10,且该长方体内部的空腔的形状可以为长方体,也可以为其他柱体形状,在此不做具体限定,由于该腔体结构10的材料为半反半透材料,且腔体结构10的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,则该腔体结构10的内部空腔就相当于一个法布里-珀罗腔,在该腔体内部,与该振动膜垂直于两个反射膜的连线设置在腔体结构10内部垂直的方向设置有该振动膜,该振动膜为薄膜状结构,即可以在外界力的作用下产生振动,若外界的力为振动,则该振动膜在振动的力的作用下发生振动,该振动膜的中央位置设置有透光孔21,该

透光孔21用于透射光信号,该振动膜相当于一个光阑,光阑薄膜的透光孔21的直径与法布里-珀罗腔内部光传输形成的干涉束腰直径相当,用于限制法布里-珀罗腔内光束的传播并解调敏感振动信号,当需要对外界振动信号进行检测的时候,需要在未接收到振动信号的时候,使用光信号对该振动传感器的光的入射端进行照射,光信号通过该腔体结构10的壁进入到该法布里-珀罗腔的内部,并在该法布里-珀罗腔内部多次反射,形成干涉光,该干涉光通过该振动膜的透光孔21,之后从该腔体结构10内部传播出去,对从该振动传感器的光的出射端对光传输量进行检测,当需要对振动进行检测的时候,将本申请的振动传感器设置在待测平面上,待测平台振动使得该振动传感器发生共振,进而使得该振动膜的位置发生改变,进而改变该振动传感器出射端的光的光传输量,通过计算得到腔体结构10内部的光传输量的变化,并根据通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息;由于本申请的腔体结构10相当于法布里-珀罗腔,该法布里-珀罗腔发生振动时,对该振动传感器的输出光的影响较大,进而使得本申请对振动信息的检测更加准确;需要说明的是,光传输量的变化与振动信息的对应关系,根据实验测量得到,在此不做具体限定。

[0034] 使用光信号对该振动传感器的光的入射端进行照射,光信号通过该腔体结构10的壁进入到该法布里-珀罗腔的内部,并在该法布里-珀罗腔内部多次反射,形成干涉光,该干涉光通过该振动膜的透光孔21,之后从该腔体结构10内部传播出去,对从该振动传感器的光的出射端对光传输量进行检测,当需要对振动进行检测的时候,将本申请的振动传感器设置在待测平面上,振动膜与待测平面在平行位置时为最佳摆放位置,振动灵敏度最高,在振动信号作用下,振动膜位置发生改变,进而改变该振动传感器出射端的光的光传输量,通过计算得到腔体结构10内部的光传输量的变化,并根据通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息;由于本申请的腔体结构10相当于法布里-珀罗腔,该法布里-珀罗腔发生振动时,对该振动传感器的输出光的影响较大,进而使得本申请对振动信息的检测更加准确;需要说明的是,光传输量的变化与振动信息的对应关系,根据实验测量得到,在此不做具体限定。

[0035] 可选地,该透光孔21为一般为,圆形小孔,其直径大小决定了振动传感灵敏度,具体为小孔直径越小,振动传感灵敏度越高,小孔直径越大,振动传感灵敏度越低。振动膜20的厚度决定了振动传感的响应带宽,不同的厚度可以满足不同振动工况下的频带需求,同时,为了抑制振动膜20本身的频带内噪声,一般将振动膜20加工成中间薄,周围厚。

[0036] 图3为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的一种光束传播图;图4为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的振动信号影响谐振峰偏移图;如图3和图4所示,在图3腔体结构10中间为光束,当未有外界振动信息的时候,该通过该振动膜的光信号的反射光信号的直径等同于透射光信号的直径,当该振动膜向出射光的一端形变时,通过该振动膜的光信号的反射光信号的直径减小,透射光信号的直径减少;请参照图4,可以明显的看到,受振动信号影响时的谐振曲线相对于未受振动信号影响时的谐振曲线,向左偏移,即本申请的振动传感器将振动问题转化为光纤信号偏移问题,使得对较为微小的振动信息都可以更准确、更精确的测量。

[0037] 图5为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器的另一种光束传播图;图6为本发明一实施例提供的另一种全固态法布里-珀罗腔内嵌

薄膜式的振动传感器的另一种光束传播图;如图5和图6所示,在图5和图6 腔体结构10中间为光束,另外,本申请的振动传感器当整个结构受到外部振动时,会引起振动膜跟随振动方向左右位移,振动膜中心的透光孔21在不同左右位置时将干涉光束束腰限制,导致法布里-珀罗腔干涉频谱的漂移,以此来解调外部的振动信号,本申请的腔体结构10的内部,形成了“玻璃-空气-玻璃”法布里-珀罗腔结构,光从一端的输入,透射进入空气区域后,在法布里-珀罗腔内反射形成谐振,反射光从入射端输出,透射光由另一端的输出,在法布里-珀罗腔的壁与空气界面上镀有反射膜,在反射膜的作用下,法布里-珀罗腔内的谐振曲线半高全宽变小,法布里-珀罗腔Q值增大,检测灵敏度提高。当外界振动信号作用于敏感单元时,首先引起振动膜变形,振动膜变形会带动薄膜中间的小孔产生形变,进而限制法布里-珀罗腔内的光传输量,引起法布里-珀罗腔谐振曲线的漂移,通过相位调制、解调与谐振频率的锁定来实现振动信号的检测;一般的,请参照图5,当该振动膜向入射光的一端形变时,通过该振动膜的光信号的反射光信号的直径不变,透射光信号的直径减少,请参照图6。

[0038] 可选地,本申请的振动传感器可以为多个规格,对个规格的振动传感器用于检测不同程度的振动。

[0039] 可选地,该腔体结构10的材料为玻璃。

[0040] 该腔体结构10的材料为玻璃,该玻璃材质的腔体结构10 的厚度或者其他几何尺寸,根据实际需要进行选择,在此不做具体限定。

[0041] 可选地,该空腔内部相对的两个面上设置的反射膜为增反膜,且增反膜的材料为高反射材料。

[0042] 该增反膜的材料为高反射材料,高反射材料的增反膜用于进一步增加该法布里-珀罗腔光的反射,通过减少光信号的损耗,提高对振动检测的准确性。

[0043] 可选地,该振动膜的材料为弹性材料。

[0044] 该振动膜的材料为弹性材料,弹性材料的振动膜在外力的作用下发生形变,进行振动,还可以在外力消失的时候,恢复原状。

[0045] 可选地,该腔体结构10设置反射膜的两个面为弧形面。

[0046] 两个弧形面的圆心均在该腔体结构10内部,且两个该弧形面的圆心一般重合。

[0047] 可选地,该振动传感器还包括第二振动膜,第二振动膜中央位置设置有第二透光孔21,且设置在腔体结构10内部,并平行于振动膜。

[0048] 通过该振动膜的透光孔21的光信号,在通过该第二振动膜的透光孔21,进一步的使得对振动的检测更加灵敏,并且准确率更高,该振动膜和该第二振动的材质和其他参数均相同,该第二透光孔21的形状和半径根据实际需要进行选择,在此不做具体限定。

[0049] 可选地,该第二振动膜的材料为弹性材料。

[0050] 本申请提供的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,振动传感器包括:腔体结构10和振动膜,腔体结构10为空腔结构20,腔体结构10的材料为半反半透材料,且腔体结构10的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,振动膜垂直于两个反射膜的连线设置在腔体结构10内部,振动膜的中央位置设置有透光孔21;由于该腔体结构10为空腔结构20,且腔体结构10的材料为半反半透材料,且腔体结构10的空腔内部相对的两个面上均设置有反射膜,则该腔体结构10为法布里-珀罗腔,在未发生振动时,该振动传感器接收的光在法布里-珀罗腔内部进行传播,并通过该振动膜的透光孔21,使得光信号在该法布里-珀

罗腔形成高斯光线,即光信号全部穿过该透光孔21,从该振动传感器的光的出射端对光传输量进行检测,当需要对振动进行检测的时候,将本申请的振动传感器设置在待测平面上,待测平台振动使得该振动传感器发生共振,进而使得该振动膜的位置发生改变,进而改变该振动传感器出射端的光的光传输量,通过计算得到腔体结构10内部的光传输量的变化,并根据通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息;由于本申请的腔体结构10相当于法布里-珀罗腔,该法布里-珀罗腔发生振动时,对该振动传感器的输出光的影响较大,进而使得本申请对振动信息的检测更加准确。

[0051] 本申请提供一种全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感系统,系统包括:光源、光谱仪和上述任意一项的全固态法布里-珀罗腔内嵌薄膜式的振动传感器,光源和光谱仪分别设置在振动传感器的腔体结构10的两个反射膜的面的一侧,光源用于产生光信号,并将光信号传递到振动传感器的腔体结构10内部,光信号通过腔体结构10传递到光谱仪上,光谱仪用于获取出射的光信号的光谱,并通过出射光信号的光谱得到腔体结构 10内部的光传输量的变化,通过光传输量的变化与振动信息的对应关系,得到振动信息。

[0052] 以上仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

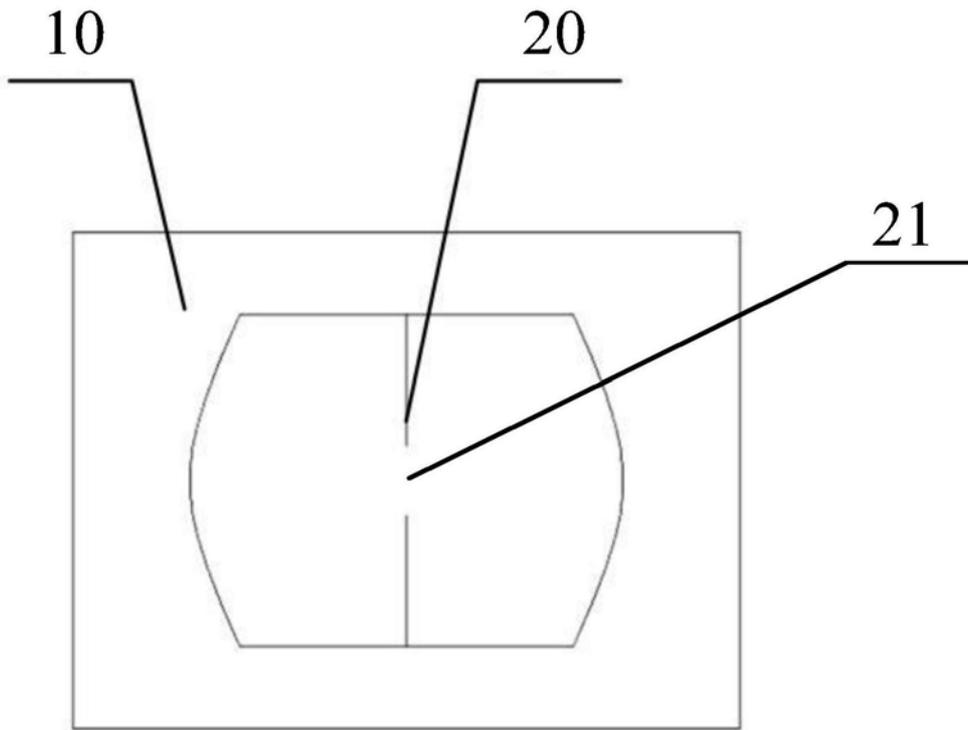


图1

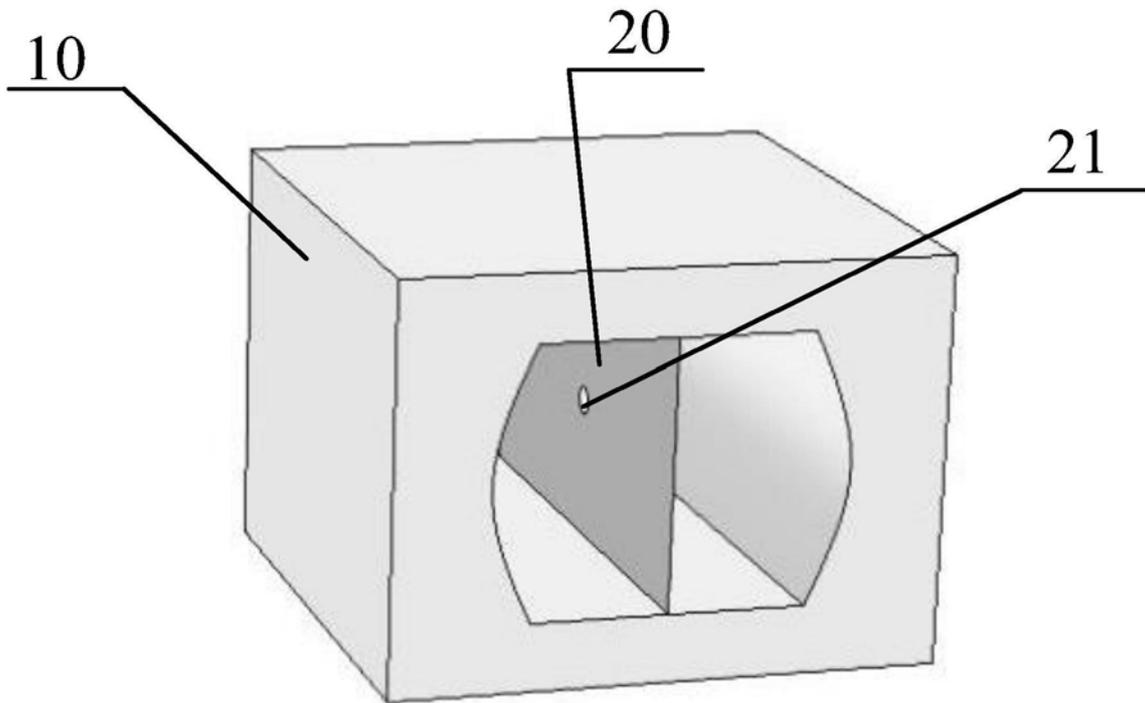


图2

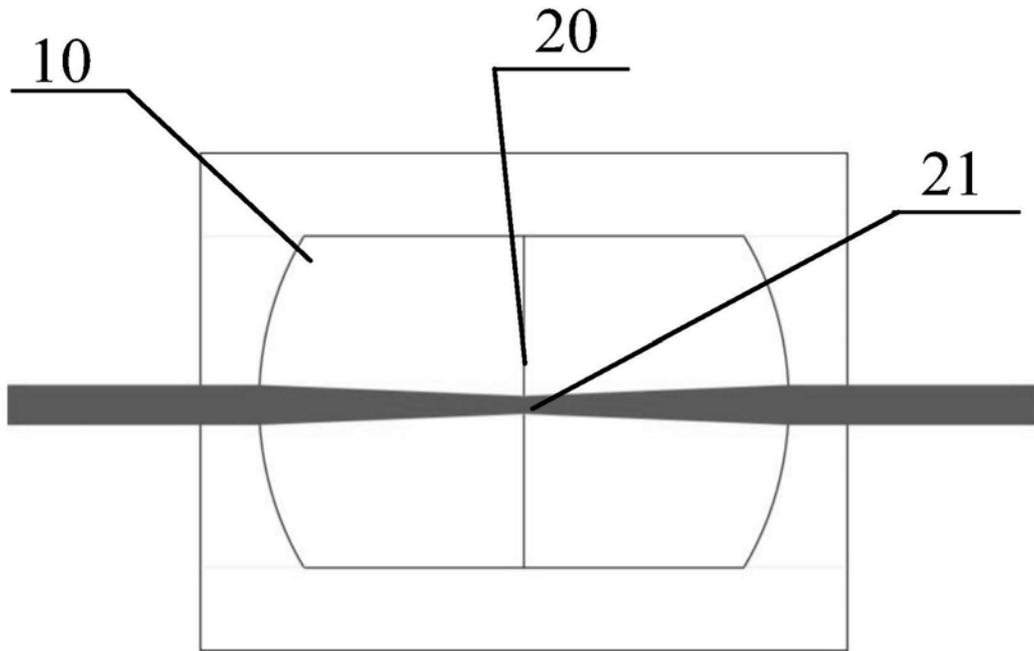


图3

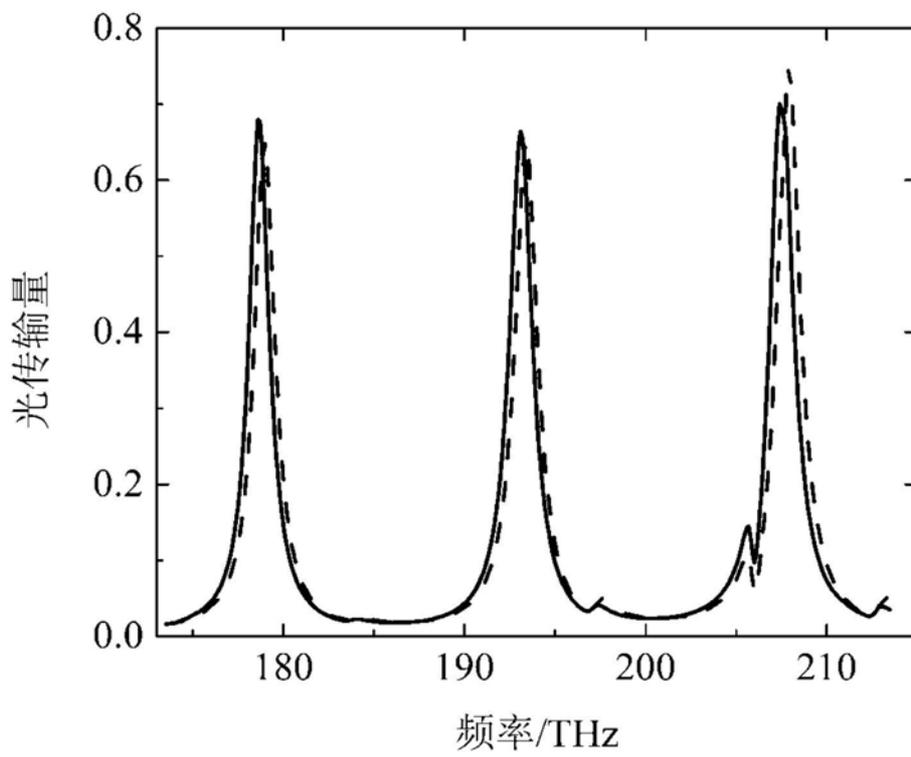


图4

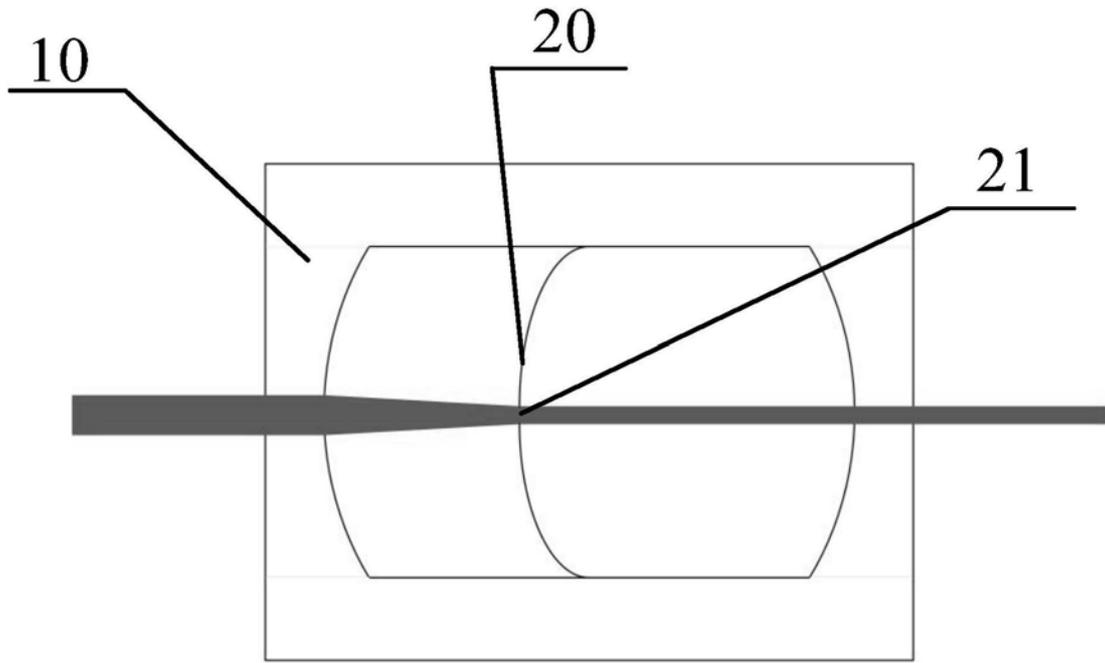


图5

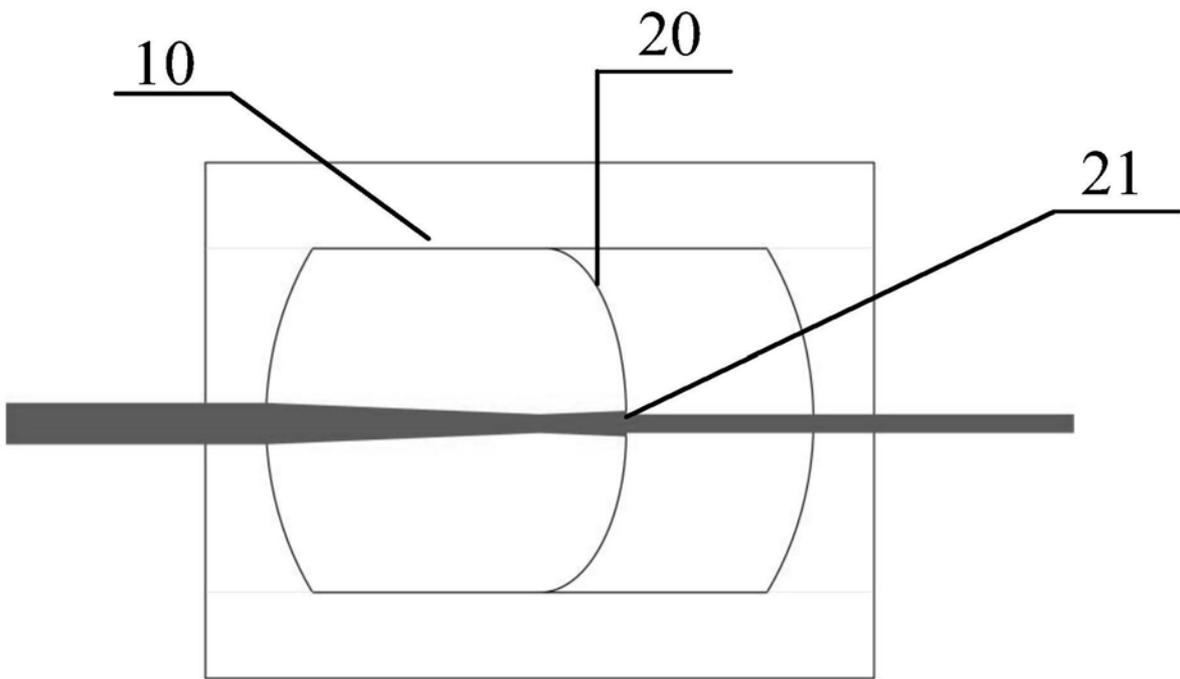


图6