



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117977362 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 03

(21) 申请号 202410381732.3

H01S 5/0225 (2021.01)

(22) 申请日 2024.04.01

H01S 5/02315 (2021.01)

(71) 申请人 中国科学院国家授时中心

地址 710600 陕西省西安市临潼区书院东路3号

(72) 发明人 张林波 刘涛 董瑞芳 许冠军
陈龙 焦东东 高静 张首刚

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
专利代理师 王爱涛

(51) Int. Cl.

H01S 3/13 (2006.01)

H01S 3/04 (2006.01)

H01S 3/02 (2006.01)

H01S 5/068 (2006.01)

H01S 5/024 (2006.01)

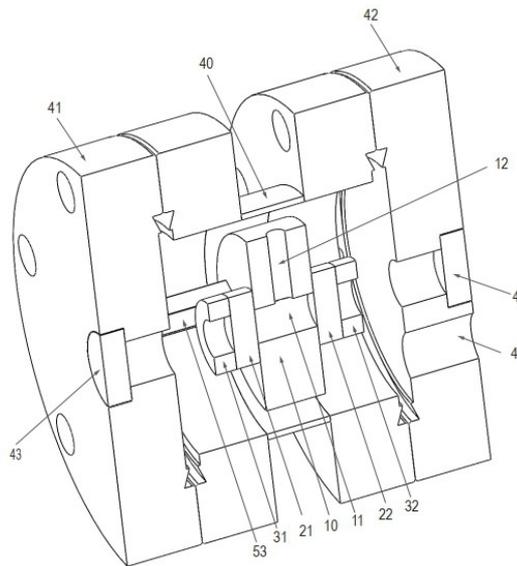
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种陶瓷腔体复合光学腔

(57) 摘要

本发明公开一种陶瓷腔体复合光学腔,涉及超稳激光领域。该复合光学腔包括热屏蔽真空腔和设置在热屏蔽真空腔内的光学腔;光学腔包括陶瓷腔体、补偿环和腔镜;陶瓷腔体设置有通光孔和通气孔;通光孔和通气孔均贯穿陶瓷腔体且相互垂直交叉于一处;在通光孔两端出口处均依次设置有腔镜和补偿环;腔镜和补偿环同心设置;腔镜包括第一腔镜和第二腔镜;补偿环包括第一陶瓷补偿环和第二陶瓷补偿环;热屏蔽真空腔设置有第一真空窗口和第二真空窗口;激光依次经过第一真空窗口、第一陶瓷补偿环、第一腔镜、通光孔、第二腔镜、第二陶瓷补偿环后,从第二真空窗口射出。本发明具有极低频率漂移且安装简单,结构紧凑,具有良好的便携性。



1. 一种陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述复合光学腔包括热屏蔽真空腔和设置在所述热屏蔽真空腔内的光学腔;

所述光学腔包括陶瓷腔体、补偿环和腔镜;

所述陶瓷腔体设置有通光孔和通气孔;

所述通光孔和所述通气孔均贯穿所述陶瓷腔体且相互垂直交叉于一处;

在所述通光孔两端出口处均依次设置有腔镜和补偿环;所述腔镜和所述补偿环同心设置;

所述腔镜包括第一腔镜和第二腔镜;所述补偿环包括第一陶瓷补偿环和第二陶瓷补偿环;

所述热屏蔽真空腔设置有第一真空窗口和第二真空窗口;

激光依次经过所述第一真空窗口、所述第一陶瓷补偿环、所述第一腔镜、所述通光孔、所述第二腔镜、所述第二陶瓷补偿环后,从所述第二真空窗口射出。

2. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述陶瓷腔体的形状为圆柱。

3. 根据权利要求2所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述通光孔沿轴向贯穿所述陶瓷腔体。

4. 根据权利要求2所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述通气孔沿径向贯穿所述陶瓷腔体。

5. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述腔镜通过光胶固定在所述陶瓷腔体上。

6. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述腔镜的材料为熔融石英。

7. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述补偿环通过光胶固定在所述腔镜上。

8. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述光学腔通过固定件固定在所述热屏蔽真空腔内。

9. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述补偿环的材料为可加工陶瓷。

10. 根据权利要求1所述的陶瓷腔体复合光学腔,其特征在于,所述陶瓷腔体的材料为可加工陶瓷。

一种陶瓷腔体复合光学腔

技术领域

[0001] 本发明涉及超稳激光领域,特别是涉及一种陶瓷腔体复合光学腔。

背景技术

[0002] 超稳激光又称为超窄线宽激光,具有极高频率稳定性和极高的时间相干性。超稳激光在光学频率标准产生、基础物理测试、低相位噪声光学微波产生、引力波探测、相对论验证等领域都有着非常重要的应用。通常使用Pound-Drever-Hall (PDH) 稳频技术将激光频率锁定到高精度光学腔的共振频率上来获得超稳激光。在伺服带宽内,激光器的频率稳定性取决于光学腔的长度。在有效抑制温度波动、机械振动以及其它技术噪声后,超稳激光的性能最终受限于光学腔的热噪声极限。

[0003] 目前普遍采用的光学腔,其腔体材料为超低膨胀系数玻璃(ULE)。ULE这种材料具有极低的热膨胀系数,且其零膨胀温度点在室温附近。然而,ULE这种非晶体材料存在长期老化效应(蠕变或结晶),会自发地从不稳定的非晶结构转变为稳定的晶体结构。这种效应导致光学腔的腔长发生漂移,进而引起超稳激光的频率长期漂移。单晶硅是另一种少数机构采用的腔体材料,其为晶体结构不会产生结晶效应,频率漂移极低。然而,单晶硅的零膨胀温度点处于超低温(几K量级),需要昂贵的制冷设备且会引入额外的振动噪声,实验系统的开发和操作非常复杂。

[0004] 尽管锁定在光学腔上的超稳激光具有很好的短期频率稳定性,但在一些特殊的非实验室环境应用中,如光谱仪的校准、便携式光钟研究、类地系外行星的研究等,对超稳激光的长期稳定性和便携性也有较高的要求。因此,发明一种具有极低频率漂移且安装简单,结构紧凑的可搬运光学腔,具有非常重要的科学及工程意义。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种陶瓷腔体复合光学腔,具有极低频率漂移且安装简单,结构紧凑,具有良好的便携性。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0007] 一种陶瓷腔体复合光学腔,所述复合光学腔包括热屏蔽真空腔和设置在所述热屏蔽真空腔内的光学腔;

[0008] 所述光学腔包括陶瓷腔体、补偿环和腔镜;

[0009] 所述陶瓷腔体设置有通光孔和通气孔;

[0010] 所述通光孔和所述通气孔均贯穿所述陶瓷腔体且相互垂直交叉于一处;

[0011] 在所述通光孔两端出口处均依次设置有腔镜和补偿环;所述腔镜和所述补偿环同心设置;

[0012] 所述腔镜包括第一腔镜和第二腔镜;所述补偿环包括第一陶瓷补偿环和第二陶瓷补偿环;

[0013] 所述热屏蔽真空腔设置有第一真空窗口和第二真空窗口;

- [0014] 激光依次经过所述第一真空窗口、所述第一陶瓷补偿环、所述第一腔镜、所述通光孔、所述第二腔镜、所述第二陶瓷补偿环后,从所述第二真空窗口射出。
- [0015] 可选地,所述陶瓷腔体的形状为圆柱。
- [0016] 可选地,所述通光孔沿轴向贯穿所述陶瓷腔体。
- [0017] 可选地,所述通气孔沿径向贯穿所述陶瓷腔体。
- [0018] 可选地,所述腔镜通过光胶固定在所述陶瓷腔体上。
- [0019] 可选地,所述腔镜的材料为熔融石英。
- [0020] 可选地,所述补偿环通过光胶固定在所述腔镜上。
- [0021] 可选地,所述光学腔通过固定件固定在所述热屏蔽真空腔内。
- [0022] 可选地,所述补偿环的材料为可加工陶瓷。
- [0023] 可选地,所述陶瓷腔体的材料为可加工陶瓷。
- [0024] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:
- [0025] 本发明采用超低膨胀系数的可加工陶瓷材料腔体,不存在老化过程,可实现超低频率漂移。陶瓷腔体加熔融石英的组合,可以降低光学腔的热噪声极限。陶瓷材料的导热系数大于ULE,可以增加温控的均匀性,减小温度梯度。通过简单地改变陶瓷补偿环的尺寸即可方便地将复合腔的零膨胀温度调节到室温附近。热屏蔽真空腔室实现对光学腔的固定安装且减小外部环境变化对光学腔稳定性的影响。整个系统安装简单,结构紧凑,具有良好的便携性。

附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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的附图。

[0027] 图1是本发明一个实施例的剖面结构示意图。

[0028] 图2是本发明一个实施例的结构分解示意图。

[0029] 图3是本发明热屏蔽真空腔的热屏蔽筒示意图。

[0030] 图4为本发明光学腔的结构示意图。

[0031] 图5为本发明光学腔剖面结构示意图。

[0032] 符号说明:

[0033] 腔体—10,通光孔—11,通气孔—12,第一安装孔—13,第二安装孔—14,第一腔镜—21,第一陶瓷补偿环—31,第二腔镜—22,第二陶瓷补偿环—32,热屏蔽筒—40,第一法兰盘—41,第二法兰盘—42,第一真空窗口—43,第二真空窗口—44,抽气孔—45,第一螺纹孔—51,第二螺纹孔—52,第一支撑杆—53,第二支撑杆—54,第一固定螺母—55,第二固定螺母—56。

具体实施方式

[0034] 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一部分实施例,而不是全部的实施例。基于

本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做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。

[0035] 本发明的目的是提供一种陶瓷腔体复合光学腔,具有极低频率漂移且安装简单,结构紧凑,具有良好的便携性。

[0036] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0037] 实施例1

[0038] 如图1-图5所示,本实施例中的陶瓷腔体复合光学腔,包括热屏蔽真空腔和设置在所述热屏蔽真空腔内的光学腔。

[0039] 所述光学腔包括陶瓷腔体、补偿环和腔镜。

[0040] 所述陶瓷腔体设置有通光孔11和通气孔12。

[0041] 所述通光孔11和所述通气孔12均贯穿所述陶瓷腔体且相互垂直交叉于一处。

[0042] 在所述通光孔11两端出口处均依次设置有腔镜和补偿环;所述腔镜和所述补偿环同心设置。

[0043] 所述腔镜包括第一腔镜21和第二腔镜22;所述补偿环包括第一陶瓷补偿环31和第二陶瓷补偿环32。

[0044] 所述热屏蔽真空腔设置有第一真空窗口43和第二真空窗口44。

[0045] 激光依次经过所述第一真空窗口43、所述第一陶瓷补偿环31、所述第一腔镜21、所述通光孔11、所述第二腔镜22、所述第二陶瓷补偿环32后,从所述第二真空窗口44射出。

[0046] 具体地,所述光学腔通过固定件固定在所述热屏蔽真空腔内。

[0047] 所述陶瓷腔体的材料为可加工陶瓷。所述陶瓷腔体设置有通光孔11和通气孔12。所述通光孔11和所述通气孔12均贯穿所述陶瓷腔体且相互垂直交叉于一处。

[0048] 在所述通光孔11两端出口处均依次设置有腔镜和补偿环;所述腔镜和所述补偿环同心设置。

[0049] 具体地,所述陶瓷腔体的形状为圆柱。所述通光孔11沿轴向贯穿所述陶瓷腔体。所述通气孔12沿径向贯穿所述陶瓷腔体。所述腔镜设置在所述陶瓷腔体的两侧。

[0050] 进一步地,所述腔镜通过光胶固定在所述陶瓷腔体的两侧。所述腔镜的材料为熔融石英。

[0051] 作为一个具体地实施方式,所述补偿环通过光胶固定在所述腔镜的外侧。所述补偿环的材料为可加工陶瓷。

[0052] 作为一个具体地实施方式,所述通光孔11的直径大于所述通气孔12的直径。

[0053] 作为一个具体地实施方式,如图1-图3所示,所述热屏蔽真空腔包括法兰盘和热屏蔽筒40;所述法兰盘与所述热屏蔽筒40固定连接构成真空腔室;所述法兰盘包括第一法兰盘41和第二法兰盘42;所述第一法兰盘41固定在所述热屏蔽筒40的一端;所述第二法兰盘42固定在所述热屏蔽筒40的另一端;所述第一法兰盘41上设置有两个螺纹孔,分别为第一螺纹孔51和第二螺纹孔52;所述腔体上设置有两个安装孔,分别是第一安装孔13和第二安装孔14;所述固定件包括第一支撑杆53和第二支撑杆54;所述第一支撑杆53安装至所述第一螺纹孔51内;所述第二支撑杆54安装至所述第二螺纹孔52内;所述第一支撑杆53的另一端贯穿所述腔体后通过第一固定螺母55固定;所述第二支撑杆54的另一端贯穿所述腔体后

通过第二固定螺母56固定。所述第二法兰盘42上开有抽气孔45,用于连接真空泵对系统进行抽真空操作。其中,所述支撑杆为不良导热材料。

[0054] 在实际应用中,如图4和图5所示,本发明中的陶瓷腔体也称为腔体10,所述腔体10包含有沿轴向贯穿所述腔体10的通光孔11,以及沿径向贯穿所述腔体10至所述通光孔11的通气孔12,两个固定安装孔13和14;腔体10材料为超低膨胀系数的可加工陶瓷,可加工陶瓷具有室温附近的零膨胀温度。陶瓷材料为晶体材料,不存在老化过程,可实现超低频率漂移。陶瓷材料的杨氏模量较ULE大,可以降低光学腔的热噪声极限。陶瓷材料的导热系数大于ULE,可以增加温控的均匀性,减小温度梯度。

[0055] 两个腔镜,两个腔镜分别位于所述腔体10两侧,且与腔体10通过光胶的方式结合固定;腔镜基片材料为熔融石英。与低膨胀系数陶瓷相比,熔融石英具有非常低的机械损耗,有助于进一步降低光学腔的热噪声极限。但是熔融石英的热膨胀系数远大于低膨胀系数陶瓷,如果选用陶瓷腔体和熔融石英腔镜的组合,温度变化时,由于两种材料的热膨胀系数相差较大,会大大降低整个光学腔的零膨胀温度点,同时会产生比较大的应力,导致腔镜发生较大的形变。

[0056] 两个陶瓷补偿环,两个陶瓷补偿环分别位于所述两个腔镜两侧,且与两个腔镜通过光胶的方式结合固定,与腔镜同心。补偿环的材料与腔体10相同。补偿环的作用为将复合腔的零膨胀温度点调节到室温附近。通过改变补偿环的厚度,外径和内径的大小来调节复合腔的有效热膨胀系数,将复合腔的零膨胀温度点调节到室温附近。其中补偿环的外径要小于等于腔镜的外径,补偿环的内径最小要保证不会对激光产生阻挡。

[0057] 采用超低膨胀系数的可加工陶瓷材料腔体、熔融石英材料的腔镜加陶瓷材料的补偿环构成复合光学腔。陶瓷材料为晶体,不存在老化过程,可实现超低频率漂移。陶瓷材料的导热系数大于ULE,可以增加温控的均匀性,减小温度梯度。陶瓷较大的杨氏模量加熔融石英极低的机械损耗,可以降低光学腔的热噪声极限。陶瓷补偿环用来补偿温度变化时,陶瓷腔体和熔融石英腔镜的热膨胀系数相差较大所导致整个光学腔的零膨胀温度点降低的问题。

[0058] 作为一个具体地实施方式,可搬运陶瓷腔体复合光学腔包括:腔体10,两个腔镜,两个陶瓷补偿环和热屏蔽真空腔室。

[0059] 在实际应用中,上述实施例的陶瓷腔体复合光学腔的一个具体设计方式如下:

[0060] 如图4和图5所示,该复合光学腔包括材料为超低膨胀系数的可加工陶瓷的圆柱形腔体10,沿轴向贯穿腔体10的通光孔11,以及沿径向贯穿腔体10至通光孔11的通气孔12,安装孔13和14。材料为熔融石英两个腔镜,两个腔镜分别为第一腔镜21和第二腔镜22,与腔体10材料相同的补偿环,补偿环的数量为两个;补偿环也称为陶瓷补偿环,两个陶瓷补偿环分别为第一陶瓷补偿环31和第二陶瓷补偿环32。第一腔镜21位于所述腔体10的一侧,第二腔镜22位于所述腔体10的另一侧,且与腔体10通过光胶的方式结合固定,与通光孔11同心。第一陶瓷补偿环31位于第一腔镜21的一侧,且第一陶瓷补偿环31与第一腔镜21通过光胶的方式结合固定,第一陶瓷补偿环31与第一腔镜21同心;第二陶瓷补偿环32位于第二腔镜22的一侧,且第二陶瓷补偿环32与第二腔镜22通过光胶的方式结合固定,第二陶瓷补偿环32与第二腔镜22同心。

[0061] 圆柱形腔体的直径为30mm,长度为10mm,通光孔直径为12mm,通气孔直径为6mm,安

装孔直径为4.1mm。两个腔镜的直径为12.7mm,厚度为4mm,与所述腔体相接触的所述腔镜的表面为反射面,两个反射面镀有反射率大于99.999%@1064nm的超高反射膜。两个补偿环的厚度为4mm,外径和内径分别为12.7mm和15mm。

[0062] 如图1-图3所示,热屏蔽真空腔室的热屏蔽筒,材料为不锈钢,光学腔固定安装在其内部。其作用是减小外部环境的变化,如温度、气流、机械振动等对参考腔稳定性的影响。包括热屏蔽筒40,中心带有真空窗口43和44的两个CF35法兰盘41和42,真空窗口上镀有透射率大于99.9%@1064 nm的增透膜。其中42上开有抽气孔45,用于连接真空泵对系统进行抽真空操作。法兰盘41上两个螺纹孔51和52。将由热导率不良的材料制成的支撑杆53和54安装在其上,支撑杆的材料为聚四氟乙烯、聚酰胺-酰亚胺或其它热导率不良的材料。陶瓷腔体10上的安装孔13和14穿过支撑杆另一端,通过固定螺母55和56固定。

[0063] 本实施例的陶瓷腔体复合光学腔,具有以下优点:

[0064] 本发明采用超低膨胀系数的可加工陶瓷材料腔体、熔融石英材料的腔镜加陶瓷材料的补偿环构成复合光学腔。陶瓷材料为晶体,不存在老化过程,可实现超低频率漂移。陶瓷材料的导热系数大于ULE,可以增加温控的均匀性,减小温度梯度。陶瓷较大的杨氏模量加熔融石英极低的机械损耗,可以降低光学腔的热噪声极限。陶瓷补偿环用来补偿温度变化时,陶瓷腔体和熔融石英腔镜的热膨胀系数相差较大所导致整个光学腔的零膨胀温度点降低的问题。通过简单地改变陶瓷补偿环的尺寸即可方便地将复合腔的零膨胀温度调节到室温附近。热屏蔽真空腔室实现对光学腔的固定安装且减小外部环境变化对参考腔稳定性的影响。整个系统安装简单,结构紧凑,具有良好的便携性。本发明热噪声极限小,具有极低频率漂移且零膨胀温度点在室温附近的可搬运光学腔,具有非常重要的科学及工程意义。

[0065] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0066] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

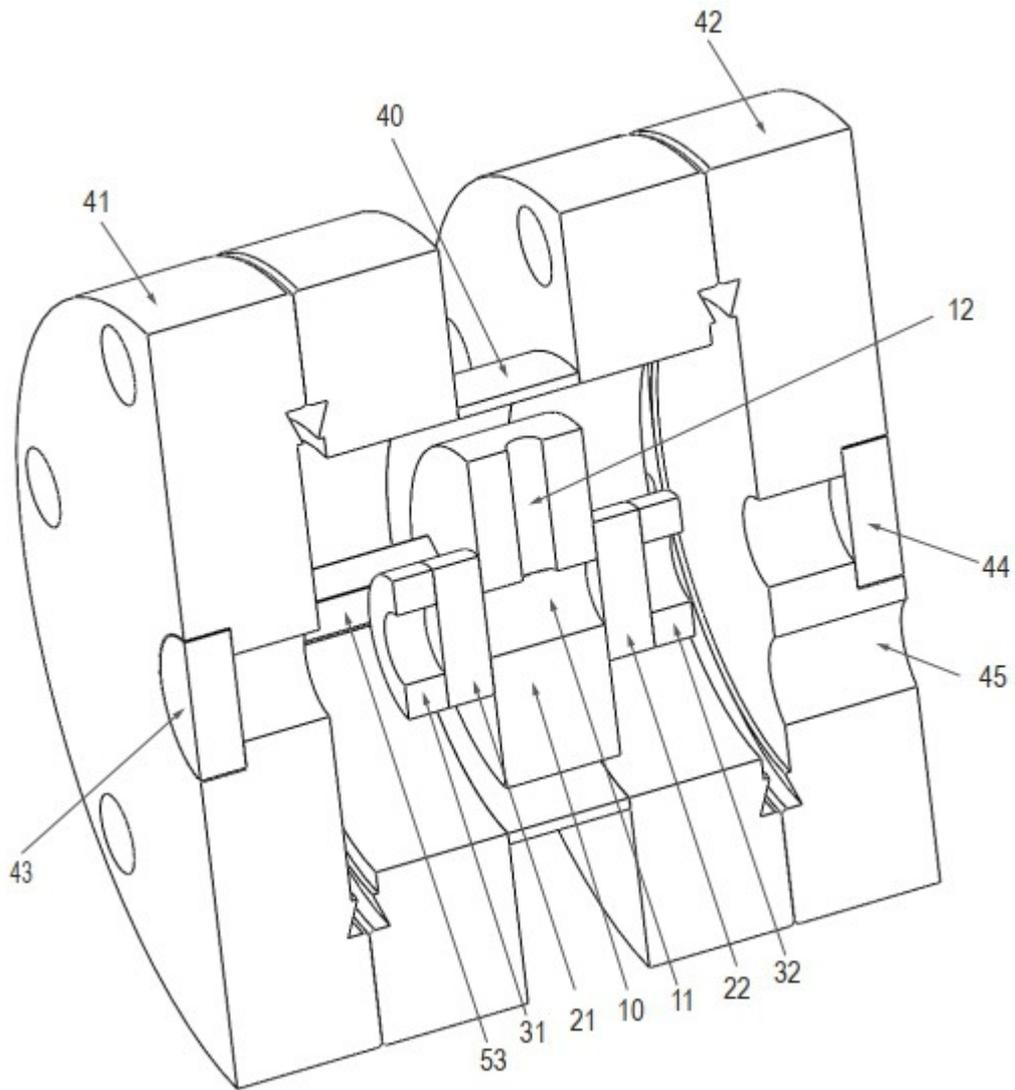


图 1

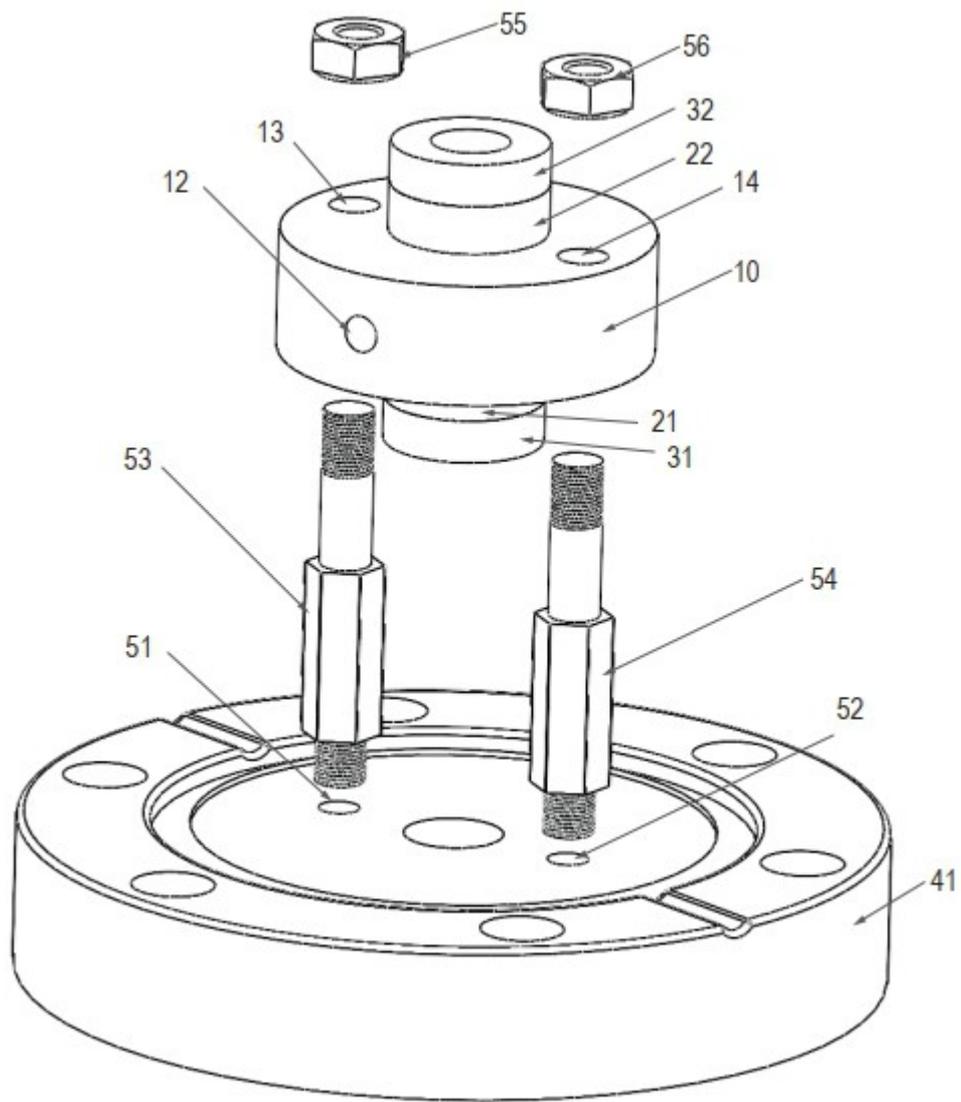


图 2

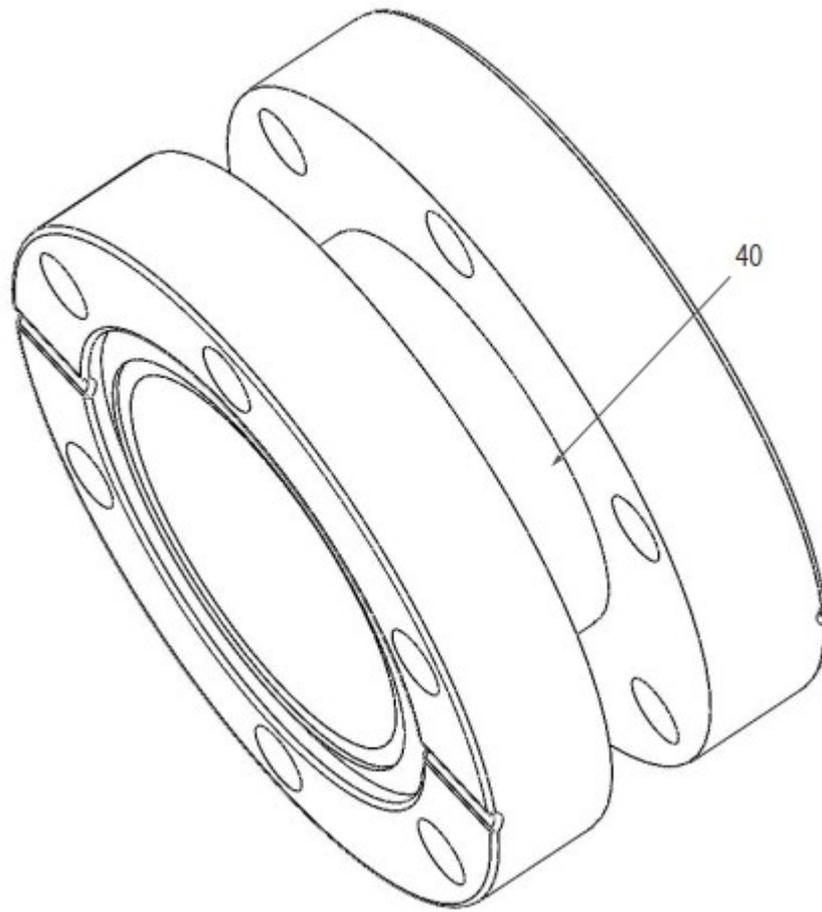


图 3

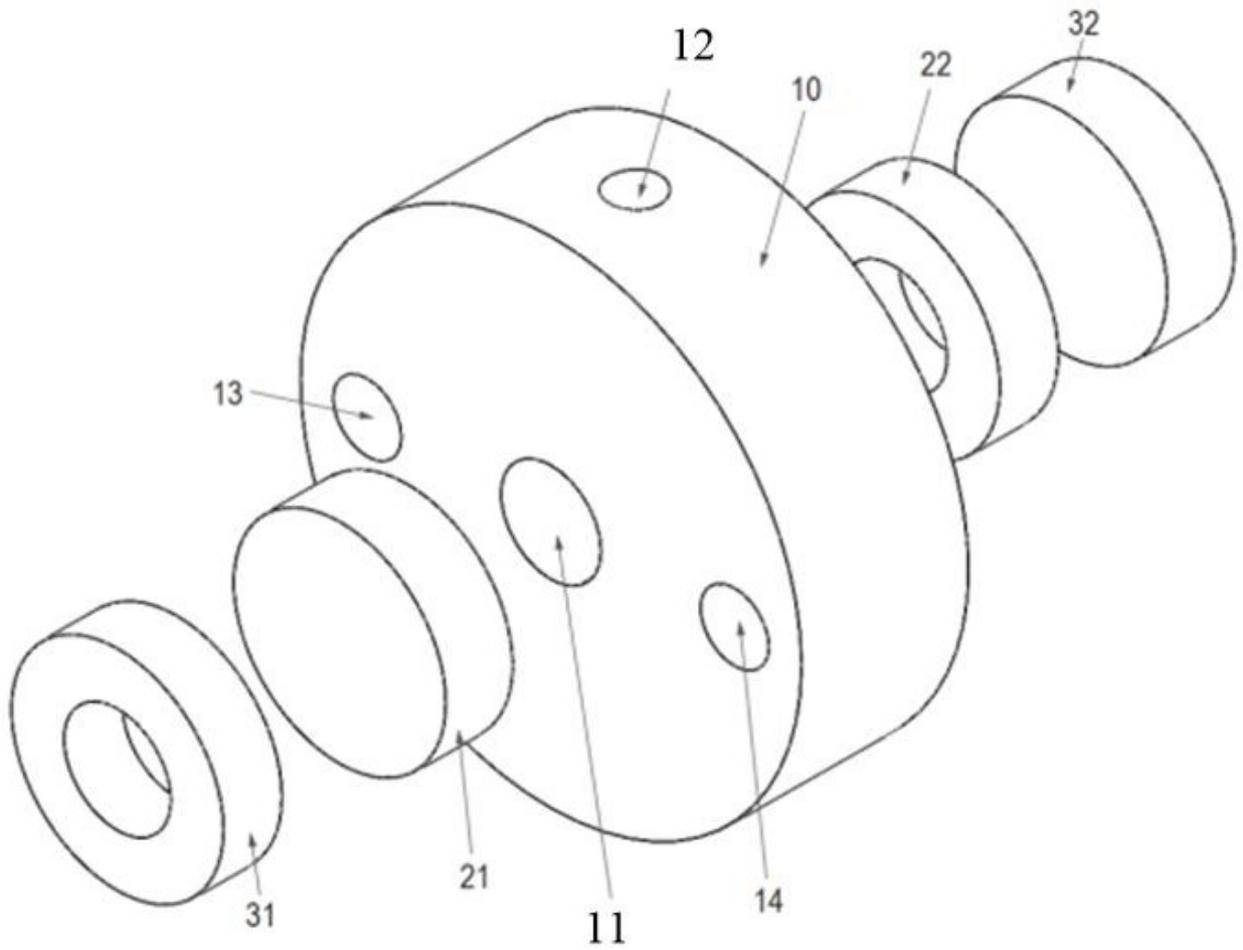


图 4

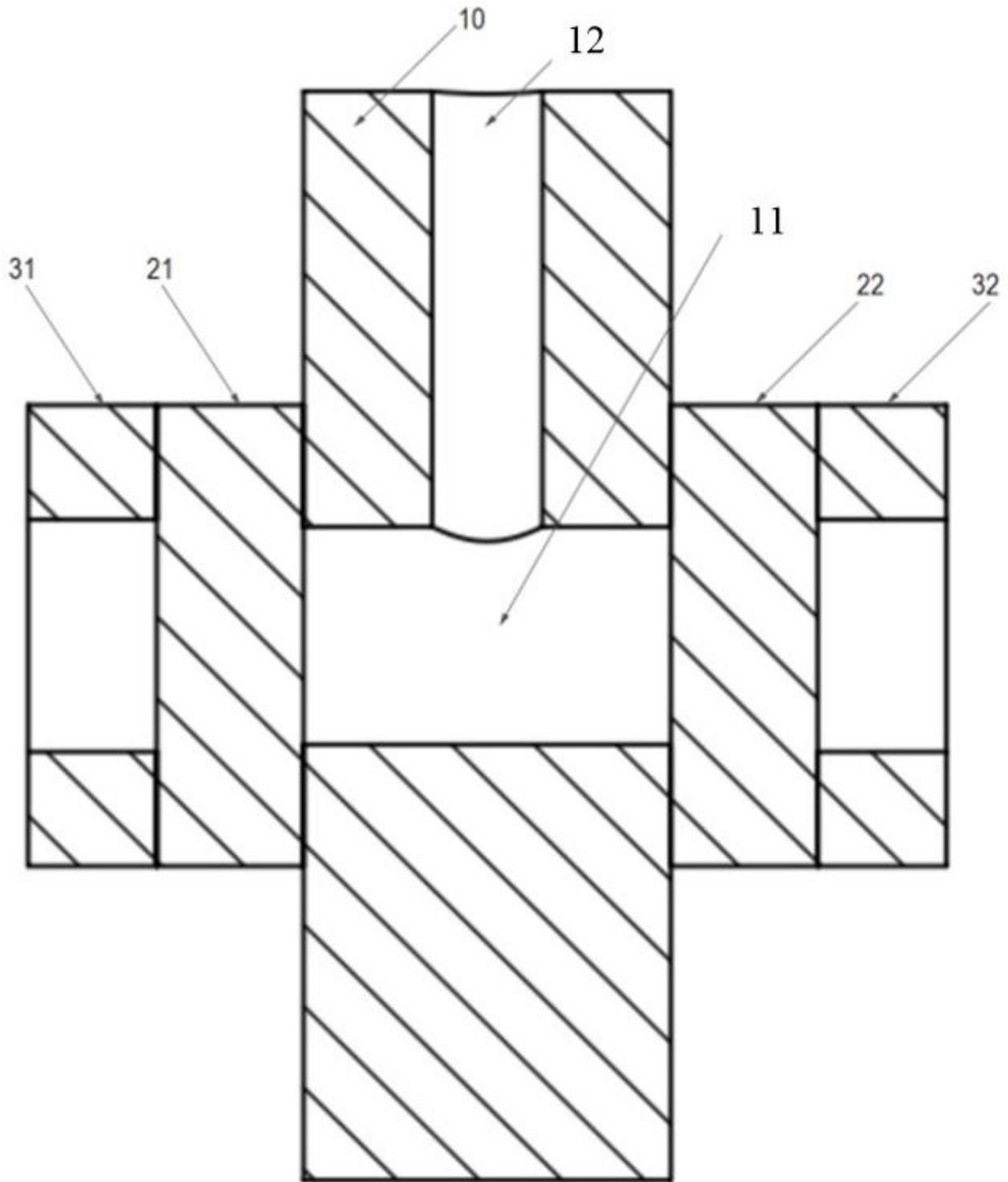


图 5