



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202548049 U

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 201220122904. 8

(22) 申请日 2012. 03. 28

(73) 专利权人 中国石油大学(北京)

地址 102249 北京市昌平区府学路 18 号

(72) 发明人 赵昆 徐山森 田璐

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 田野

(51) Int. Cl.

G01N 21/25(2006. 01)

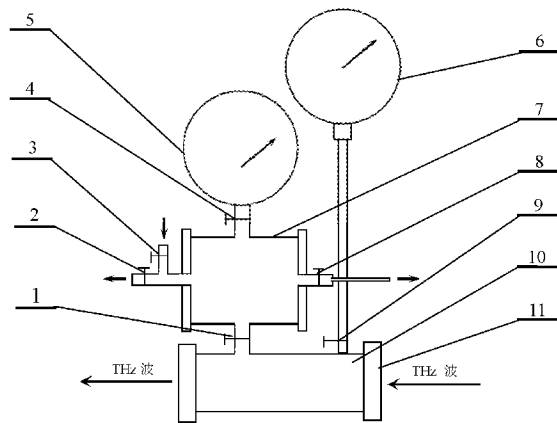
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置

(57) 摘要

本实用新型提供了一种非常规条件下利用 THz 波研究气体的透射式测量载气装置,包括用于储存气体样品的储气筒,使得检测波透射通过所述气体样品进行测量;与所述储气筒相连地设置有稳压器,通过稳压器充入待检测气体样品,或者抽真空;稳压器上设置有真空表,可检测所述稳压器内负压;储气筒上设置有压力表,用于检测储气筒内正压。本实用新型可用于 THz-TDS 系统中,从而使得系统可以在负压、正压条件下进行气体检测,可同时用于强极性分子气体或液态非极性分子气体检测测量。有效提高测量精度,测量结果唯一,具有指纹特性。



1. 一种非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,包括:
储气筒,用于储存气体样品,并使得检测波透射通过所述气体样品以供测量;
稳压器,与所述储气筒相连,用于充入待检测气体样品,或者连接真空泵;
真空表,与所述稳压器相连,用于检测所述稳压器内负压;
压力表,与所述储气筒相连,用于检测储气筒内压强。
2. 根据权利要求1所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,所述稳压器设有抽真空阀和进气阀。
3. 根据权利要求2所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,所述真空表和所述稳压器之间设有真空表连通阀。
4. 根据权利要求3所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,所述储气筒和压力表之间设置有压力表连通阀。
5. 根据权利要求4所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,所述稳压器上还连接有排气阀。
6. 根据权利要求5所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,所述储气筒与所述稳压器之间设有调压阀。
7. 根据权利要求6所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于,所述储气筒的两端通过密封法兰密封,设置于两端的所述密封法兰分别对称设有石英窗口,以供检测波通过一端的石英窗口入射,并从另一端石英窗口射出。
8. 根据权利要求7所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于:
所述储气筒由合金材料制成,侧壁厚度为5-9mm。
9. 根据权利要求1-8中任意一项所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于:
所述稳压器是合金材料制成的中空圆柱形结构,内径为20-50mm、长度为40-70mm。
10. 根据权利要求5-8中任意一项所述的非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置,其特征在于:
所述排气阀出口为细管道。

非常规条件下太赫兹波检测气体用载气装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及光学光谱检测领域,尤其是涉及高压、低压条件下利用太赫兹脉冲检测气态、液态气体的载气装置。

背景技术

[0002] 太赫兹 (THz) 波是指 10¹²Hz 的电磁波,太赫兹波光谱对应着分子的集体振动模式,太赫兹波的能量和黑体辐射很低 (1THz = 4.2meV),对检测物体不易发生电离,不会引起物体组分的光离化,是一种安全、无损的检测源。太赫兹时域光谱 (THz-TDS) 分析技术对探测物质结构存在的微小差异及对映异构体、同分异构体间的变化非常敏感,分子之间弱的相互作用(如氢键)及大分子的骨架振动(构型弯曲)、偶极子的旋转和振动跃迁以及晶体中晶格的低频振动吸收频率则对应于太赫兹波段,这些振动所反映的分子结构及相关环境信息都在太赫兹波段内有不同吸收位置及吸收强度的响应。同时,THz-TDS 分析系统是同步相干探测,对热背景噪声不敏感,可以提供很高的信噪比 (10⁴)。

[0003] 长期以来,人们为了认识和研究各种气体的化学性质及其含量。采取了不同的分析检测方法,例如气相色谱法、质谱法以及比色法。在大气痕量气体测量技术中。主要采用光谱学和化学方法。与点式化学测量技术相比,光谱学技术的优势在于不需要多点取样。能对不易接近的危险区域监测,可以同时测量多种气体成分,且探测灵敏度高,所以光谱学技术是当前大气痕量气体在线监测的发展方向和技术主流。目前,基于中红外光谱特性的成熟技术已经灵敏检测了很多气体,这些检测都是基于振动指纹光谱。但是,大分子气体在中红外频段呈现出非常复杂和密集的线形。单纯依靠中红外光谱分析来鉴别不同分子是非常困难的。许多极性气体经过 THz 波时,会有特征吸收,由于只剩下了纯转动光谱。所以线形简单很多。通过比较 THz 波通过气体样品前后的频谱。就可以得到气体的特征谱线。利用这些吸收特征谱线探测和鉴别气体是对已经建立的中红外光谱技术是一个很好的补充。这些转动吸收光谱代表了为数不多的转动能量参数。所以利用 THz 光谱来鉴别复杂气体分子要容易很多,同时能够极大扩充适用于光谱鉴别的气体数量。

[0004] 大气污染物目前已知约有 100 多种,按其存在状态的不同主要有两大类。一类是粉尘、烟液滴、雾、降尘、飘尘、悬浮物等气溶胶状态污染物;一类是气体状态污染物,主要包括以二氧化硫为主的硫氧化物,以二氧化氮为主的氮氧化物,以二氧化碳为主的碳氧化物以及碳、氢结合的碳氢化合物。大气中既含无机污染物,也含有机污染物。随着人类不断开发出新的物质,大气污染物的种类和数量也在不断变化。

[0005] 综上所述,利用 THz 波研究气体不论是对气体物理、化学性质的基础研究还是对大气污染等应用研究都有重要的研究意义。对于强极性分子气体 THz 吸收过强,测量中需要对气体分子密度进行调控;对于非极性分子,测量中也可以采取液化方式对其分子与 THz 辐射的作用进行研究。对于以上两种研究方式,对光路中载气装置有耐高压、耐低温、可抽真空等要求。但是,目前主流 THz 检测设备很难实现上述非常规条件下的体系检测要求,同时,普遍空间狭小。由此构成的太赫兹时域光谱分析系统 (THz-TDS 系统) 对常温常压无

公害弱极性分子气体样品方便检测,但是,对于非常规条件下强极性分子气体及液态非极性分子气体的检测比较困难。

发明内容

[0006] 为解决上述问题,本实用新型提供一种非常规条件下利用 THz 波检测气体性质的透射式测量载气装置。不仅节约光程,还可以有效的解决上述测量中所面临的需要高压、低压、可抽真空等问题,并为气体的测量检测提供足够的空间。

[0007] 本文所述太赫兹波简称为 THz 波,太赫兹时域光谱分析系统简称为 THz-TDS 系统。

[0008] 为达到上述目的,本实用新型提供一种用于检测气体性质的透射式测量载气装置,其特征包括:

[0009] 储气筒,用于储存气体样品,并使得检测波透射通过所述气体样品以供测量;

[0010] 稳压器,与所述储气筒相连,用于充入待检测气体样品,或者连接真空泵;

[0011] 真空表,与所述稳压器相连,用于检测所述稳压器内负压;

[0012] 压力表,与所述储气筒相连,用于检测储气筒内压强。

[0013] 由于稳压器的设置使得载气装置更易于抽真空,并且能够测量负压和正压两种不同情况的待检测气体,在非常规条件下可以很容易实现定压测量。为极性分子气体的负压检测及非极性分子气体的液化检测提供了技术支持,同时有利于有害气体的测量研究,测量的安全性显著提高。

[0014] 利用本实用新型提供的透射式测量载气装置构建的 THz-TDS 系统能够方便的对待测气体的压力进行调控,可以进行强极性分子气体透射式 THz 光谱检测及液态非极性分子气体透射式 THz 光谱检测。

附图说明

[0015] 此处所说明的附图用来提供对本实用新型的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本实用新型的限定。在附图中:

[0016] 图 1 是本实用新型的 THz-TDS 系统结构图;

[0017] 图 2 是本实用新型的透射式测量载气装置的结构图;

[0018] 图 3 是图 2 中的储气筒的截面图;

[0019] 图 4 是图 3 中的储气筒右端密封法兰截面图。

具体实施方式

[0020] 为使本实用新型的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施方式和附图,对本实用新型做进一步详细说明。在此,本实用新型的示意性实施方式及其说明用于解释本实用新型,但并不作为对本实用新型的限定。

[0021] 图 1 是典型的 THz-TDS 系统的结构图。通常包括飞秒激光器、THz 辐射产生装置、载气装置、THz 辐射探测装置和时间延迟控制系统装置。

[0022] 图 1 中激光 L 为飞秒激光器发出的飞秒激光。飞秒激光即脉冲宽度为飞秒(10-15 秒)量级的激光。此处使用的飞秒激光器为常用的飞秒激光器,产生的飞秒激光的波长和具体脉冲宽度依照所进行的气体检测的具体要求确定,其内容为本领域的公知常识。

[0023] 所述飞秒激光被分成两束,其中激光 L1 作为探测光,激光 L2 作为泵浦光入射进 THz 辐射产生装置用于产生 THz 波。THz 波经过时间延迟控制装置进入本实用新型的透射式检测载气装置 S2,并射出后与所述探测光汇合后进入 THz 辐射探测装置 S3,进行分析检测。图 1 中的 S1 是平移台,用于控制激光光程。

[0024] 图 1 中的透射式检测载气装置 S2 具体结构如图 2 所示。优选分为上下两层,下层是储气筒 10,用于储存气体样品,并使得检测用的 THz 波透射通过所述气体样品以供测量。上层包括稳压器 7,和真空表 5、压力表 6。其中,如图 2 所示,真空表 5 与稳压器 7 相连,用于检测所述稳压器 7 内负压;压力表 6,与储气筒 10 相连,用于直接检测储气筒 10 内的正向压强。稳压器 7 优选设有抽真空阀 2 与进气阀 3,用于控制充入待检测气体样品,连接真空泵。

[0025] 待调整好 THz-TDS 系统的各部分设置后,可以通过稳压器 7 充入待检测气体样品,进行测量。具体步骤通常为:

[0026] (A) 向透射式测量载气装置充入氮气作为保护气体;

[0027] (B) 关闭进气阀 3;

[0028] (C) 打开抽真空阀 2,另一端接有真空泵,将整个透射式测量载气装置抽真空;

[0029] (D) 观察真空表 5,当腔体内真空度达到标准要求后关闭抽真空阀 2;

[0030] (E) 通过进气阀 3 对充入待检测气体样品;

[0031] (F) 当充入的所述气体样品达到测量气压时,进气阀 3 停止充入气体样品。此时分两种情况对待:如果测量负压条件气体样品,则按照真空表 5 刻度对装置内气压进行控制,达到相关测量要求时,停止充气;如果测量高压条件气体样品,通过压力表 6 的刻度进行控制,当满足测量要求,停止充气。

[0032] (G) 此时储气筒 10 中的待检测气体样品达到测量条件,使 THz 波垂直入射储气筒 10,并从另一端射出;

[0033] (H) 对透射过样品的 THz 脉冲进行信号采集,对照参考曲线,得到经过样品吸收后的 THz 脉冲信号的信息,得到待检测气体样品的光谱数据。

[0034] 利用 THz-TDS 系统的 THz 辐射探测装置 S3 对透射过样品的 THz 波以及作为参考的探测光 L1 进行信号采集。设定 L1 的 THz 光谱为参考曲线,可得到经过样品吸收后的 THz 脉冲信号的能量衰减及相位延迟等信息。

[0035] 具体实施方式为利用 THz-TDS 系统获得本实用新型载气装置内样品的 THz 信号数据,通过数据处理可得到气体的时域谱曲线;根据参考信号和样品信号通过快速傅里叶变换得到相应的频域值,确定气体样品的吸收系数频率范围;根据基于菲涅尔公式的数据处理模型计算得到气体样品在该太赫兹波段的折射率 $n(\nu)$ 和吸收系数 $\alpha(\nu)$,可通过以下公式计算得到的:

[0036]

$$n(\nu) = \frac{c\varphi}{2\pi d\nu} + 1$$

[0037]
$$k(\nu) = \frac{c}{2\pi d\nu} \ln \frac{4n(\nu)}{A(1+n(\nu))^2}$$

$$[0038] \quad \alpha(\nu) = \frac{4\pi\nu k(\nu)}{c}$$

[0039] 其中, φ 为样品电场和参考电场之间的相位差, d 为样品厚度, ν 为辐射的频率, c 为真空中的光速;

[0040] 最终计算得出气体样品在太赫兹波段的吸收系数建各种气体样品的吸收谱。根据气体样品的时域谱和吸收谱建立不同频率下的气体样品的吸收系数系与气体分子占混合气体体积分数、气体压强的关系曲线, 构成标准指纹谱库。

[0041] 上述系统中的飞秒激光器、THz 辐射产生装置、THz 辐射探测装置和时间延迟控制系统装置等均为本领域的常规装置, 并可根据实际测量需要进行相应调整和替换。通过本实用新型的透射式测量载气装置, 可以对待测气体压力进行广泛调控, 从而可以实现非常规条件下的强极性分子气体透射式 THz 光谱检测以及液态非极性分子气体透射式 THz 光谱检测。

[0042] 根据本实用新型的另一优选实施例, 透射式测量载气装置 S2 中, 还设有真空表连通阀 4。优选设置在真空表 5 和稳压器 7 之间。用于控制真空表 5 的使用。当进行气体正压环境测量时, 可以关闭真空表 5, 避免产生干扰, 并保护真空表。

[0043] 根据本实用新型的另一优选实施例, 透射式测量载气装置 S2 中, 还设有压力表连通阀 9。优选设置在储气筒 10 和压力表 6 之间。用于控制压力表 9 的使用。当进行气体负压环境测量时, 可以关闭压力表 9, 避免相关干扰, 并保护压力表 9。

[0044] 根据本实用新型的另一优选实施例, 在透射式测量载气装置 S2 中, 稳压器 7 上还连接有排气阀 8, 用于气体。例如, 优选出口为细管道设计, 可对可燃气体进行燃烧, 生成碳水化合物; 如测试对象为有害气体, 则可通过管道进行其他方式处理。

[0045] 根据本实用新型的另一优选实施例, 在透射式测量载气装置 S2 中, 储气筒 10 与稳压器 7 之间设有调压阀 1。控制稳压器 7 和储气筒 10 之间的连通, 可以精确控制储气筒 10 内气流量, 提高测量精确度。

[0046] 根据本实用新型的另一优选实施例, 本实用新型的储气筒 10 的两端通过密封法兰 11 密封, 如图 3 所示。但是, 图 3 中并未直接画出密封法兰 11, 密封法兰 11 的具体结构通过图 4 详细解释。储气筒 10 两端对称设置密封法兰 11, 结构完全相同。因此, 图 4 仅以右端密封法兰 11 进行说明。左端结构为相同设计, 附图标记和部件名称使用相同标记。如图 4 所示, 密封法兰上设有石英窗口 11-2, 以供 THz 波从一端 (例如图 3 所示的右端) 的石英窗口 11-2 垂直入射, 并从另一端石英窗口 11-2 垂直射出。从而实现 THz 波穿过储气筒 10, 完成透射过程。

[0047] 其中, 储气筒 10 优选通过图 3 和图 4 方式装配。如图 3 所示, 通过法兰密封橡胶圈 9-1、法兰密封螺栓 9-4 和法兰密封螺母 9-2 与储气筒密封法兰 11 相连接。

[0048] 石英窗口 11-2 优选设置在储气筒密封法兰 11 的中心, 利用固定螺栓 11-1、环形固定片 11-3 进行固定, 为保证装置气密性, 环形固定片 11-3 与法兰基底间使用密封橡胶圈 11-4 进行密封, 石英窗口 11-2 与法兰基底和环形固定片 11-3 间有密封胶进行密封。测量中 THz 波从石英窗口 11-2 入射, 透射气体样品。选择石英窗口是因为石英在多数 THz 测量中作为样品池材料, 对 THz 脉冲吸收很小, 可忽略, 且耐压性能较好。也可根据测量需要使用其他窗口材料, 或者窗口不设置在法兰中心。

[0049] 本实用新型的透射式测量载气装置 S2 的主体结构优选由合金材料制成。

[0050] 例如,本实用新型实施例中储气筒 10 由合金材料制成,侧壁 9-3 优选厚度为 5-9mm。从而使得载气装置的压力上限至少为 14-20MPa,以便实现既可抽真空,又可加压的测量条件。通常,如果光路中 THz 波光斑尺寸为 13mm 以上,则优选设计储气筒为内径 26-40mm,长度 30-70mm 的圆柱形结构。

[0051] 本实用新型实施例中的稳压器 7 也优选为中空合金材质,内径优选为 20-50mm、长度优选为 40-70mm,呈圆柱形结构。也可根据测量需要进行适应性调整。

[0052] 通过本实用新型的具体实施方式,可以看出,本实用新型的装置可以进行负压和高压两种模式测量,同时稳压器可以精确控制储气筒 10 内气流量,提高测量精确度。装置与系统光路垂直,测量信号稳定。采用合金材料制备,具有耐高压、耐低温等特性,可抽真空、定压测量。利用本实用新型的载气装置构成 THz-TDS 系统,可以方便且准确地对待检测气体压力进行调控,以实现在非常规条件下强极性分子气体透射式 THz 光谱检测及液态非极性分子气体透射式 THz 光谱检测。

[0053] 本实用新型所得气体检测结果唯一,可作为指纹参考;使用本实用新型检测气体得到的测量数据唯一,具有指纹功能。

[0054] 以上所述的具体实施例,对本实用新型的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本实用新型的具体实施例而已,并不用于限定本实用新型的保护范围,凡在本实用新型的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

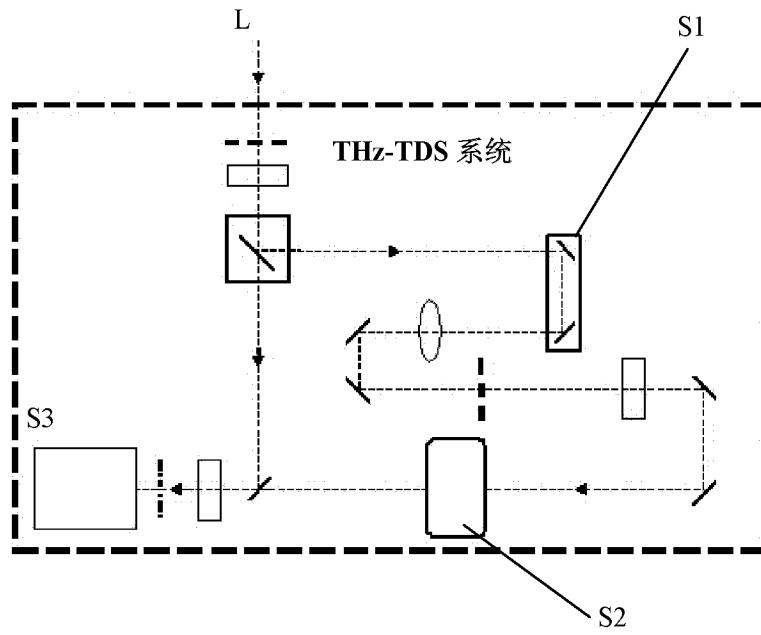


图 1

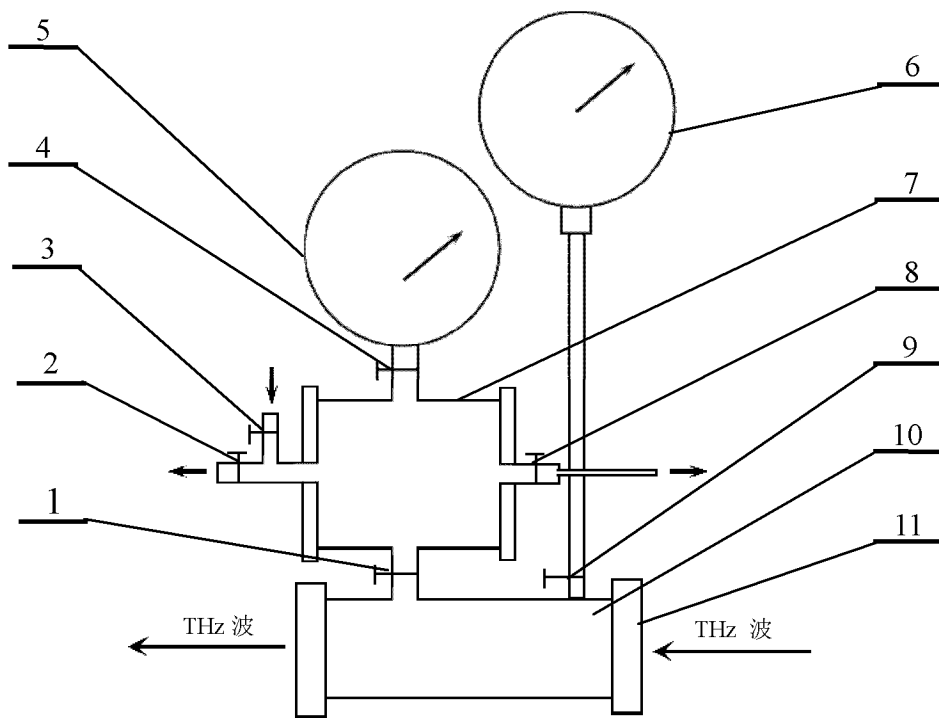


图 2

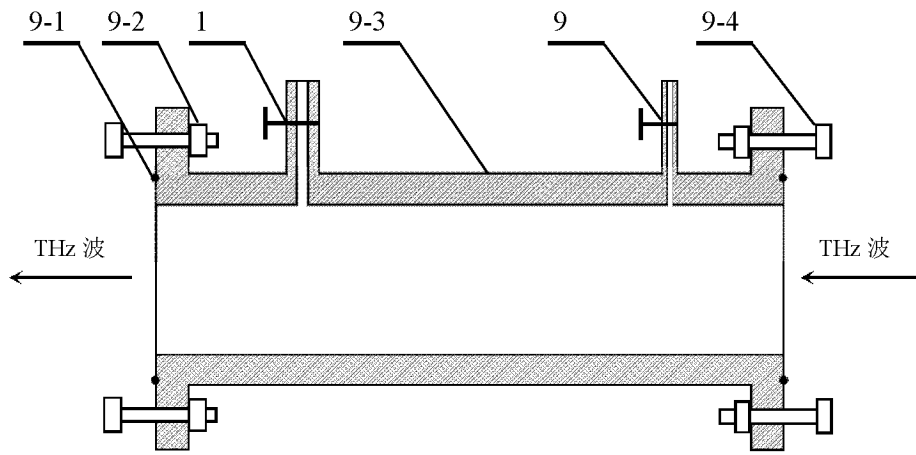


图 3

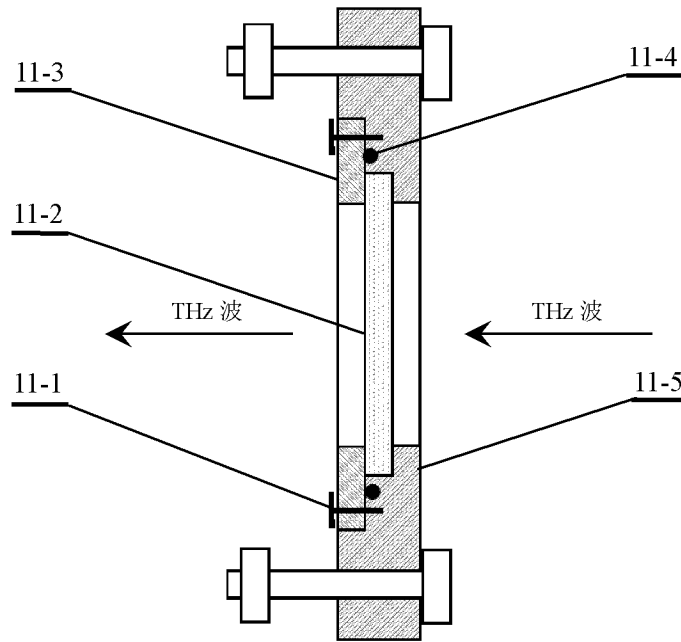


图 4