



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110954794 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 12

(21) 申请号 201911264527.4

(22) 申请日 2019.12.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110954794 A

(43) 申请公布日 2020.04.03

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 王方仪 张少华 郭大华 余西龙

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
代理人 席卷

(51) Int. Cl.
G01R 31/12 (2006.01)
G01R 31/16 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 108593837 A, 2018.09.28
- CN 110259605 A, 2019.09.20
- CN 104374755 A, 2015.02.25
- CN 109538379 A, 2019.03.29
- CN 104655601 A, 2015.05.27
- CN 110215728 A, 2019.09.10
- CN 106990134 A, 2017.07.28
- CN 109798515 A, 2019.05.24
- CN 203849233 U, 2014.09.24
- CN 104950007 A, 2015.09.30
- CN 110307989 A, 2019.10.08
- RU 2527500 C1, 2014.09.10

审查员 冉祎

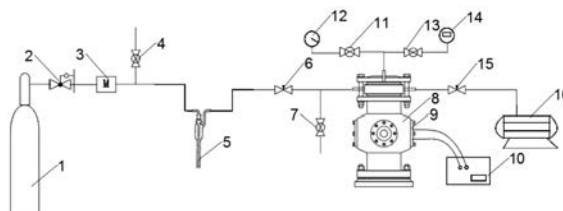
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置

(57) 摘要

本发明实施例公开了一种液体推进剂定压放电特性参数的测量实验装置,包括高压放电室;与所述高压放电室连接的压力调节系统;放电模块,所述放电模块的放电端设置在所述高压放电室内,所述放电模块的电源端设置在所述高压放电室外,所述放电模块用于给所述液体推进剂提供电点火条件;监测系统;本发明实施例通过抽气管路对高压放电室抽真空,排出空气对实验结果的干扰,再利用进气管路将液体推进剂带入高压放电室内,可实时测量确定压力下气体放电过程中的电子密度等参数变化情况,也可开展推进剂电点火及分布燃烧过程中的相关工作,为液体推进剂的放电机理研究提供实验支撑。



1. 一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,包括:

高压放电室(8),用于提供液体推进剂电点火及燃烧的实验空间和实验环境;

压力调节系统,与所述高压放电室(8)连接,所述压力调节系统通过给所述高压放电室(8)供气 and 抽气以调节所述高压放电室(8)内部的压力;

所述供气与所述抽气相互配合以调节所述高压放电室(8)内的压力;

放电模块(9),所述放电模块(9)的放电端设置在所述高压放电室(8)内,所述放电模块(9)的电源端设置在所述高压放电室(8)外,所述放电模块(9)用于给所述液体推进剂提供电点火条件;

监测系统,包括用于给所述高压放电室(8)的光学观察窗口提供理论激发波长的激光并诱导荧光产生的激光诱导荧光部件,以及用于获取确定压力下所述高压放电室(8)放电过程中液体推进剂的物理参数变化的采集部件;

所述压力调节系统包括用于给所述高压放电室(8)提供实验用气体的进气管路、用于抽离所述高压放电室(8)内的气体的抽气管路以及用于测定所述高压放电室(8)内压力值的压力测试管路;

所述进气管路包括依次连接的高压气瓶(1)、减压阀(2)、活芯气体采样管(5)以及针阀a(6),所述减压阀(2)与所述高压气瓶(1)连接,所述针阀a(6)与所述高压放电室(8)的一个气路管道连接;

所述抽气管路包括针阀b(15)以及与所述针阀b(15)连接的真空泵(16),所述针阀b(15)与所述高压放电室(8)的另一个气路管道连接,所述针阀b(15)用于控制抽气管路开关并调节抽气流量;

所述压力测试管路包括分别与所述高压放电室(8)连接的高压表(12)和真空表(14),在所述高压表(12)与所述高压放电室(8)的连接管路上装设有球阀a(11),在所述真空表(14)与所述高压放电室(8)的连接管路上装设有球阀b(13);

所述高压放电室(8)包括底座(88)以及连接在所述底座(88)上表面的腔体(85),所述腔体(85)的三个侧面均开设有石英窗口(86),所述放电模块(9)固定于所述腔体(85)的另一侧面,所述腔体(85)的上端设置有压件(84),所述压件(84)上开设有用于焊接进出气管道的侧出口(83),所述压件(84)的顶部通过上压盖(82)闭合,所述上压盖(82)的顶部设置有用于和高压表(12)以及真空表(14)连接的压力表接口(81)。

2. 根据权利要求1所述的一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,所述激光诱导荧光部件包括Nd:YAG固体激光器(201)、染料激光器(202)、波长计(203)和光路调节系统(204),所述Nd:YAG固体激光器(201)输出固定波长的激光对所述染料激光器(202)进行泵浦,并将所述染料激光器(202)输出的激光调谐至理论激发波长附近进行扫描,所述波长计(203)用于记录信号最强处的波长,并对输出激光的波长进行实时监测,通过光路调节系统(204)调整激光诱导荧光使激光经过所述高压放电室(8)的光学观察窗口;

所述Nd:YAG固体激光器(201)通过DG645信号发生器(205)触发。

3. 根据权利要求1所述的一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,所述采集部件包括ICCD(301)、紫外镜头(302)、流量计(3)和计算机(303);

所述紫外镜头(302)的后端与所述ICCD(301)相接,所述紫外镜头(302)的前端装配有与所述高压放电室(8)的光学测试窗口接收的激光相应波段的滤色片(304),且所述紫外镜

头(302)设置在所述高压放电室(8)的光学测试窗口外侧焦距处拍摄获取高压放电室(8)的图像信息;

所述流量计(3)接在所述进气管路中;

所述计算机(303)连接并接收所述ICCD(301)以及所述流量计(3)所采集的数据。

4.根据权利要求3所述的一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,所述流量计(3)与所述活芯气体采样管(5)的连接管路上外接有放气阀a(4),所述针阀a(6)与所述高压放电室(8)的连接管路上外接有放气阀b(7)。

5.根据权利要求3所述的一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,所述活芯气体采样管(5)前后两端均通过橡胶管分别与所述流量计(3)以及针阀a(6)连接。

6.根据权利要求1所述的一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,所述石英窗口(86)的前后端面均通过柔性石墨垫圈实现高压放电室(8)的密封,所述石英窗口(86)的外边缘通过侧压盖(87)螺接压紧。

7.根据权利要求1所述的一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,其特征在于,所述石英窗口(86)的厚度设置为30mm,直径设置为70mm。

一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及液体推进剂放电特性参数测量技术领域,具体涉及一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置。

背景技术

[0002] 过去空间姿轨控发动机中使用的主要是基于肼类物质的推进剂,因其毒性高导致风险大、无法提前加注、准备时间过长等等弊端逐渐显现,而以二硝酰胺铵 (Ammonium Dinitramide,缩写为ADN)、燃料、水组成的绿色无毒推进剂成为了21世纪先进空间化学推进技术的一个重点研究方向,此类推进剂以其密度比冲高、燃速可调等优势获得了国内外研究人员的广泛关注。

[0003] 在我国,ADN基发动机的基础理论研究刚刚起步。虽然基于催化解离方式的ADN基单组元推力器拥有了一定的空间在轨飞行经历,但催化点火无法满足大推力、高比冲的应用要求。为了转变点火方式、探讨电点火的可能性,提出满足需求的测量装置是很有必要的。

[0004] 液体发动机推力室内部燃烧过程十分复杂,探究电点火的必要条件要求就开展针对ADN基液体推进剂、相关空间发动机定压条件下放电参数特性的基础研究工作。电子密度分布是点火成功与否的重要参数之一,通过非侵入式的光学诊断方法定性定量的对模拟情况进行分析,洞悉实验现象,以期揭示部分分子过程的物理化学特征。

[0005] 考虑到ADN基推进剂分解燃烧过程会产生高温,所搭建的定压系统不仅可以研究放电过程中电子密度等参数的变化,同时也可方便地改变系统设置研究燃烧过程,具有明确的工程应用背景,研究结果可以指导更高比冲性能、航天器用百牛级轨控大推力ADN基液体空间发动机关键技术的突破,具有十分重要的理论与实践意义。

发明内容

[0006] 为此,本发明实施例提供一种液体推进剂定压放电特性参数测量装置,以解决现有技术中推力器在催化解离条件下的制约问题,为ADN基推力器转变点火方式提供实验支撑。

[0007] 为了实现上述目的,本发明实施例提供如下技术方案:

[0008] 一种液体推进剂定压放电特性参数的测量实验装置,包括:

[0009] 高压放电室,用于提供液体推进剂电点火及燃烧的实验空间和实验环境;

[0010] 压力调节系统,与所述高压放电室连接,所述压力调节系统通过给所述高压放电室供气 and 抽气以调节所述高压放电室内部的压力;

[0011] 所述进气系统与所述抽气系统相互配合以调节所述高压放电室内的压力;

[0012] 放电模块,所述放电模块的放电端设置在所述高压放电室内,所述放电模块的电源端设置在所述高压放电室外,所述放电模块用于给所述液体推进剂提供电点火条件;

[0013] 监测系统,包括用于给所述高压放电室的光学观察窗口提供理论激发波长的激光

并诱导荧光产生的激光诱导荧光部件,以及用于获取确定压力下所述高压放电室放电过程中液体推进剂的物理参数变化的采集部件。

[0014] 本发明实施例的特征还在于,所述压力调节系统包括用于给所述高压放电室提供实验用气体的进气管路、用于抽离所述高压放电室内的的气体的抽气管路以及用于测定所述高压放电室内压力值的压力测试管路;

[0015] 所述进气管路包括依次连接的高压气瓶、减压阀、活芯气体采样管以及针阀a,所述减压阀与所述高压气瓶连接,所述针阀a与所述高压放电室的一个气路管道连接;

[0016] 所述抽气管路包括针阀b以及与所述针阀b连接的真空泵,所述针阀b与所述高压放电室的另一个气路管道连接,所述针阀b用于控制抽气管路开关并调节抽气流量;

[0017] 所述压力测试管路包括分别与所述高压放电室连接的高压表和真空表,在所述高压表与所述高压放电室的连接管路上装设有球阀a,在所述真空表与所述高压放电室的连接管路上装设有球阀b;

[0018] 本发明实施例的特征还在于,所述激光诱导系统包括Nd:YAG固体激光器、染料激光器、波长计和光路调节系统,所述Nd:YAG固体激光器输出固定波长的激光对所述染料激光器进行泵浦,并将所述染料激光器输出的激光调谐至理论激发波长附近进行扫描,所述波长计用于记录信号最强处的波长,并对输出激光的波长进行实时监测,通过光路调节系统调整激光诱导荧光使激光经过所述高压放电室的光学观察窗口;

[0019] 所述Nd:YAG固体激光器通过DG645信号发生器触发。

[0020] 本发明实施例的特征还在于,所述采集部件包括ICCD、紫外镜头、流量计和计算机;

[0021] 所述紫外镜头的后端与所述ICCD相接,所述紫外镜头的前端装配有与所述高压放电室的光学测试窗口接收的激光相应波段的滤色片,且所述紫外镜头设置在所述高压放电室的光学测试窗口外侧焦距处拍摄获取高压放电室的图像信息;

[0022] 所述流量计接在所述进气管路中;

[0023] 所述计算机连接并接收所述ICCD以及所述流量计所采集的数据。

[0024] 本发明实施例的特征还在于,所述高压放电室包括底座以及连接在所述底座上表面的腔体,所述腔体的三个侧面均开设有石英窗口,所述放电模块固定于所述腔体的另一侧面,所述腔体的上端设置有压件,所述压件上开设有用于焊接进出气管道的侧出口,所述压件的顶部通过上压盖闭合,所述上压盖的顶部设置有用于和高压表以及真空表连接的压力表接口。

[0025] 本发明实施例的特征还在于,所述流量计与所述活芯气体采样管的连接管路上外接有放气阀a,所述针阀a与所述高压放电室的连接管路上外接有放气阀b。

[0026] 本发明实施例的特征还在于,所述活芯气体采样管前后两端均通过橡胶管分别与所述流量计以及针阀a连接。

[0027] 本发明实施例的特征还在于,所述石英窗口的前后端面均通过柔性石墨垫圈实现高压放电室的密封,所述石英窗口的外边缘通过侧压盖螺接压紧。

[0028] 本发明实施例的特征还在于,所述石英窗口的厚度设置为30mm,直径设置为70mm。

[0029] 本发明实施例具有如下优点:

[0030] (1) 本发明实施例中不对放电方式做具体要求,可实现诸如电弧放电、介质阻挡放

电等多个种类,同时电极结构调整方便,利于对比试验的进行;

[0031] (2) 本发明实施例中的高压放电室的电源可由信号发生器同步,通过精准的控制时序,不仅可以得到不同压力下的放电特性变化,还可以研究放电特性随输入功率变化,这对于研究ADN基推进剂分解或燃烧的功率阈值具有重要意义;

[0032] (3) 本发明中实施例中高压放电室的光学窗口可通过激光有效测量的区域直径为30mm,可为大尺寸、高推力的姿轨控发动机电点火特性的研究提供便利,消除因尺寸比例等带来的不确定性因素,将ADN基推力器电点火部分可视化,研究电子密度等参数分布,采用光学诊断实验精度高。

[0033] (4) 本发明实施例中的高压放电室接口具有灵活性,可将上述真空、高压置于一个接口中,另一个接口用于接压力、温度传感器,适用于测量诸如ADN基推进剂类易产生毒性气体物质的分解与燃烧特性。

[0034] (5) 本发明实施例中的放电室主体采用螺接结构,拆卸简单,修改接口的数量只需加工图2放电室结构示意图中的压件即可,使得放电室功能多样化,降低成本。实现针对ADN基推进剂的相关实验研究,定压定容的实验装置既可以对放电特性进行研究,同时也可开展推进剂的分解、燃烧过程的相关工作。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述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示例性的,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,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0036] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容得能涵盖的范围内。

[0037] 图1为本发明实施例提供的液体推进剂定压放电特性参数测量装置的整体结构示意图;

[0038] 图2为图1所示液体推进剂定压放电特性参数测量装置中高压放电室的半剖图;

[0039] 图3为本发明实施例提供的监测系统的结构示意图。

[0040] 图中:

[0041] 1-高压气瓶;2-减压阀;3-流量计;4-放气阀a;5-活芯气体采样管;6-针阀a;7-放气阀b;8-高压放电室;9-放电模块;10-电源;11-球阀a;12-高压表;13-球阀b;14-真空表;15针阀b;16-真空泵;

[0042] 81-压力表接;82-上压盖;83-侧出口;84-压件;85-腔体;86-石英窗口;87-侧压盖;88-底座;

[0043] 201-Nd:YAG固体激光器;202-染料激光器;203-波长计;204-光路调节系统;205-DG645信号发生器;

[0044] 301-ICCD;302-紫外镜头;303-计算机;304-滤色片。

具体实施方式

[0045] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效,显然,所描述的实施例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。

[0046] 如图1所示,本发明提供了一种液体推进剂定压放电特性参数的测量实验装置,包括:

[0047] 高压放电室8,用于提供液体推进剂电点火及燃烧的实验空间和实验环境;

[0048] 压力调节系统,与上述高压放电室8连接,所述压力调节系统通过给上述高压放电室8供气 and 抽气以调节上述高压放电室8内部的压力;

[0049] 所述进气系统与上述抽气系统相互配合以调节上述高压放电室8内的压力;

[0050] 放电模块9,所述放电模块9的放电端设置在上述高压放电室8内,所述放电模块9的电源端设置在上述高压放电室8外,所述放电模块9用于给上述液体推进剂提供电点火条件;

[0051] 监测系统,包括用于给上述高压放电室8的光学观察窗口提供理论激发波长的激光并诱导荧光产生的激光诱导荧光部件,以及用于获取确定压力下上述高压放电室8放电过程中液体推进剂的物理参数变化的采集部件。

[0052] 具体地,所述压力调节系统包括用于给上述高压放电室8提供实验用气体的进气管路、用于抽离上述高压放电室8内的气体的抽气管路以及用于测定上述高压放电室8内压力值的压力测试管路;

[0053] 所述进气管路包括依次连接的高压气瓶1、减压阀2、活芯气体采样管5以及针阀a6,所述减压阀2与上述高压气瓶1连接,所述针阀a6与上述高压放电室8的一个气路管道连接;

[0054] 所述抽气管路包括针阀b15以及与上述针阀b15连接的真空泵16,所述针阀b15与上述高压放电室8的另一个气路管道连接,所述针阀b15用于控制抽气管路开关并调节抽气流量;

[0055] 所述压力测试管路包括分别与上述高压放电室8连接的高压表12和真空表14,在上述高压表12与上述高压放电室8的连接管路上装设有球阀a11,在上述真空表14与上述高压放电室8的连接管路上装设有球阀b13,通过球阀a11和球阀b13的打开切换实现不同压力范围下的压力值测定。

[0056] 如图3所示,所述激光诱导系统包括Nd:YAG固体激光器201、染料激光器202、波长计203和光路调节系统204,所述Nd:YAG固体激光器201输出固定波长的激光对上述染料激光器202进行泵浦,并将上述染料激光器202输出的激光调谐至理论激发波长附近进行扫描,所述波长计203用于记录信号最强处的波长,并对输出激光的波长进行实时监测,通过光路调节系统204调整激光诱导荧光使激光经过上述高压放电室8的光学观察窗口;

[0057] 所述Nd:YAG固体激光器201通过DG645信号发生器205触发。

[0058] 所述采集部件包括ICCD301、紫外镜头302、流量计3和计算机303;

[0059] 所述紫外镜头302的后端与上述ICCD301相接,所述紫外镜头302的前端装配有与上述高压放电室8的光学测试窗口接收的激光相应波段的滤色片304,且所述紫外镜头302

设置在所述高压放电室8的光学测试窗口外侧焦距处拍摄获取高压放电室8的图像信息；

[0060] 所述流量计3接在所述进气管路中；

[0061] 所述计算机303连接并接收所述ICCD301以及所述流量计3所采集的数据。

[0062] 如图2所示，所述高压放电室8包括底座88以及连接在所述底座88上表面的腔体85，所述腔体85的三个侧面均开设有石英窗口86，所述放电模块9固定于所述腔体85的另一侧面，所述腔体85的上端设置有压件84，所述压件84上开设有用于焊接进出气管道的侧出口83，所述压件84的顶部通过上压盖82闭合，所述上压盖82的顶部设置有用于和高压表12以及真空表14连接的压力表接口81。

[0063] 为了便于紧急情况下的放气，所述流量计3与所述活芯气体采样管5的连接管路上外接有放气阀a4，所述针阀a6与所述高压放电室8的连接管路上外接有放气阀b7。

[0064] 所述活芯气体采样管5前后两端均通过耐腐蚀的橡胶管分别与所述流量计3以及针阀a6连接，其容积应随着压力等参数的变化而变化，选取适当值以保障进入高压腔室的液体体积，高压作用下还可换用金属材料并用钢管连接。

[0065] 为了保证高压放电室8的密闭性，所述石英窗口86的前后端面均通过柔性石墨垫圈实现高压放电室8的密封，所述石英窗口86的外边缘通过侧压盖87螺接压紧。

[0066] 上述石英窗口86为了测量高压工况，所述石英窗口86的厚度设置为30mm，直径设置为70mm，可通过激光有效测量的区域直径为30mm。

[0067] 在高压放电室8内，放电模块9需要采用绝缘材料，例如聚四氟乙烯材料；放电电极安装设计为插拔式，可以方便对电极结构做调整，在电极和基地连接处使用真空泥进行密封，方便观察电极参数对放电参数的影响，例如在绝缘基底上打通孔，采用黄铜或其他金属作接线柱材料，高压放电室8内的接线柱端内部为直径1mm的孔洞，可实现例如针、板等各类电极材料的插拔；而放电模块9中的两电极间相距15mm，确保在高压放电的情况下不会因电极相距过近而产生危险，铜棒的低端内置螺纹可连接电源正负极；对放电模式无具体要求，可实现诸如弧光放电、介质阻挡放电等放电模式。

[0068] 高压放电室8外接有提供电力支撑的电源10，所述电源10能够产生正弦波形电压，并具有相位同步接口可以用TTL信号进行同步，便于观察在放电过程中的电子密度或其他参数随电压变化的演化情况。

[0069] 利用本装置进行液体推进剂定压放电特性参数测量的具体步骤如下所示：

[0070] 步骤一、真空放电特性参数测量：

[0071] 关闭放气阀a4、放气阀b7、针阀a6以及高压表12管路上的球阀a11，再打开真空表14管路上的球阀b13以及针阀b15；打开真空泵16观察真空表14示数；当真空度达到实验要求时，打开电源10放电，观测放电特性。

[0072] 步骤二、高压放电特性参数测量：

[0073] 为了排除空气对实验结果的干扰，实验前需要对高压放电室8抽真空，步骤如上述步骤一，关闭真空表14管路上的球阀b13、针阀b15以及真空泵16，打开针阀a6、高压表12管路上的球阀a11；打开高压气瓶1，并利用减压阀2粗调气体出口压力，设定流量计3；观察高压表12上的数值至所需实验条件时，打开电源10放电，观测放电特性。

[0074] 实验结束后，先关闭电源10，后关闭针阀a6以及高压气瓶1，打开放气阀a4、放气阀b7将高压放电室8内ADN分解产生的微毒性气体以及管道内堆积的氩气通过耐腐蚀的软管

排到安全的大气环境中,确认除放气阀a4、放气阀b7常开以外,其余阀门均要保持常闭状态。

[0075] 本发明实施例设计到的设备零件在具体选型时:

[0076] 减压阀2可选用出口压力可调节的范围为0-2.5MPa;

[0077] 活芯气体采样管5的容积为500ml,为了减小气泡所携带推进剂的体积;

[0078] 高压放电室8高为46cm,材质为304不锈钢型材,石英窗口86内表面圆心相距15cm,为对称结构;

[0079] 放电模块9的绝缘基底材质为聚四氟乙烯,接线柱材质为导电性能好的黄铜;

[0080] 电源10是南京苏曼公司生产的型号为CTP-2000K低温等离子体电源,中心频率10KHz,具有相位同步接口,可采用+5V,占空比50%的TTL方波信号进行同步;

[0081] 高压表12量程为0-2.5MPa;

[0082] 精密数显真空表14量程 $\pm 100\text{Kpa}$,精度0.05级,可现实到小数点后3位,0.001KPa。

[0083] 虽然,上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的范围。

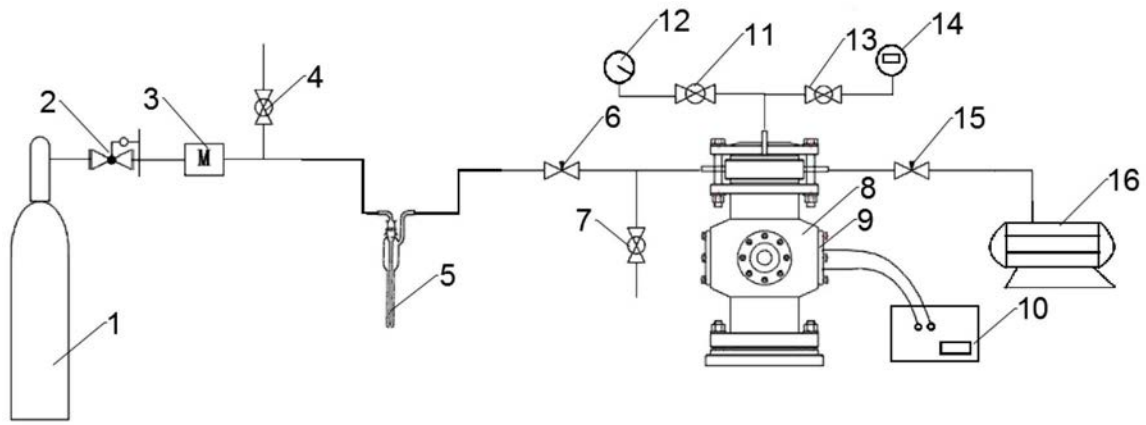


图1

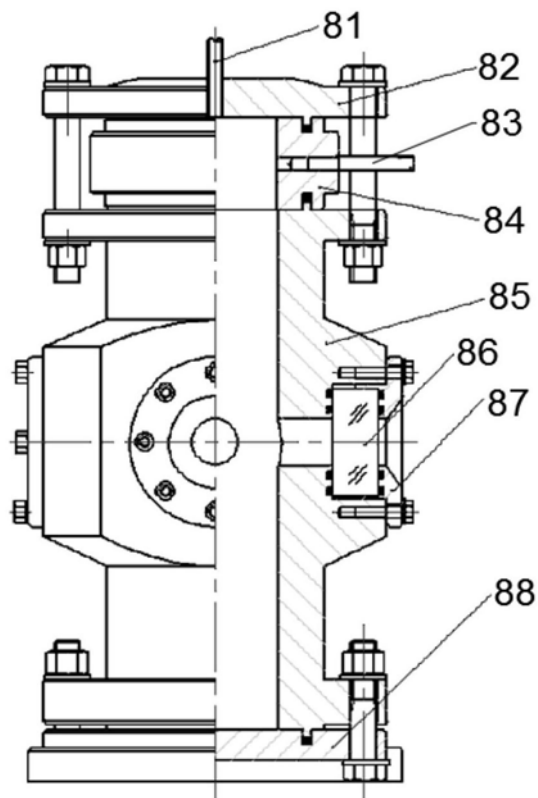


图2

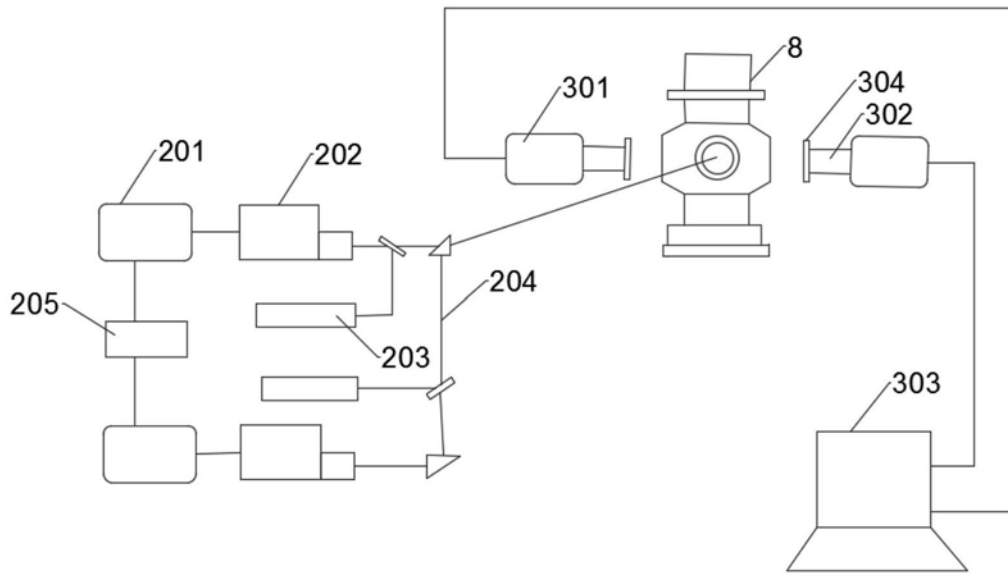


图3