



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112345843 B

(45) 授权公告日 2022.06.24

(21) 申请号 202010982180.3

(22) 申请日 2020.09.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112345843 A

(43) 申请公布日 2021.02.09

(73) 专利权人 山东师范大学
地址 250014 山东省济南市历下区文化东路88号

(72) 发明人 潘杰 刘鹏 李英杰 张雨璐
宰程敏

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221
专利代理师 闫圣娟

(51) Int. Cl.
G01R 31/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104470188 A, 2015.03.25

CN 110011165 A, 2019.07.12

CN 106304602 A, 2017.01.04

CN 110191565 A, 2019.08.30

CN 1148740 A, 1997.04.30

CN 110455829 A, 2019.11.15

CN 105021885 A, 2015.11.04

US 2019305548 A1, 2019.10.03

薛松. 波导等离子体限幅器工程实现技术. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》. 2020,

Simon, A. Experimental Comparison of Wideband and Narrowband Plasma-based Microstrip Power Limiters. 《2018 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications》. 2018,

审查员 薛园兵

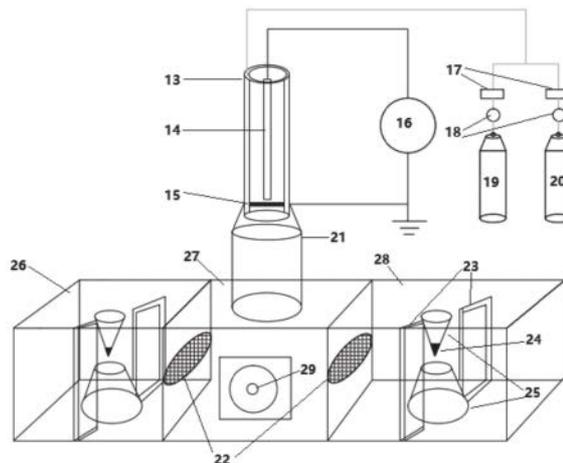
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器及测试系统

(57) 摘要

本公开提出了基于大气压放电等离子体的微波电路功率限幅器及测试系统, 功率限幅器包括大气压等离子体射流产生装置、微波功率输入装置以及谐振装置, 所述大气压等离子体射流产生装置、微波功率传输装置分别连接至谐振装置, 大气压等离子体射流产生装置产生的放电等离子体与微波功率传输装置的入射信号进行微波放电产生的放电等离子体接触并融合, 在谐振装置内将微波功率传输装置的入射信号反射和衰减并输出。在大气压等离子体射流和微波放电的共同作用下, 产生大气压放电等离子体, 限幅器在微波电路中可以对入射功率进行反射和衰减, 并具有响应速度快、功率容限高、防护频段宽等优点, 能够满足大功率与高频率微波电路功率限幅的实际需要。



CN 112345843 B

1. 基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,其特征是:包括大气压等离子体射流产生装置、微波功率传输装置以及谐振装置,所述大气压等离子体射流产生装置、微波功率传输装置分别连接至谐振装置,大气压等离子体射流产生装置产生的放电等离子体与微波功率传输装置的入射信号进行微波放电产生的放电等离子体接触并融合,在谐振装置内将微波功率传输装置的入射信号反射和衰减并输出;

其中,大气压等离子体射流产生装置包括气体提供装置和等离子体反应器,所述气体提供装置为等离子体反应器提供反应气体;所述等离子体反应器包括石英玻璃管、设置在石英玻璃管内的金属高压电极和金属接地电极,所述金属高压电极连接交流电源,所述金属接地电极接地;

微波功率传输装置包括输入端口和输出端口,所述输入端口包括依次连接的微波信号输入线和第一SMA连接器,所述输出端口包括依次连接的微波信号输出线和第二SMA连接器,第一SMA连接器和第二SMA连接器的中心导体电连接至谐振装置内;

谐振装置包括依次排列的第一空腔、第二空腔和第三空腔,第一空腔和第三空腔内分别设置谐振隙,第二空腔内设置圆柱形谐振腔,圆柱形谐振腔的中心放置加载柱,所述加载柱的上方设置大气压等离子体射流产生装置的等离子体射流口,所述加载柱侧面连接第一SMA连接器和第二SMA连接器的中心导体。

2. 如权利要求1所述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,其特征是:金属高压电极设置为金属针电极,设置在石英玻璃管内部的石英玻璃管的轴线上,金属接地电极设置为金属环电极,设置在石英玻璃管的外侧。

3. 如权利要求1所述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,其特征是:第一空腔和第三空腔中的谐振隙采用相同的结构,包括竖向设置的放电电极和电感膜片。

4. 如权利要求3所述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,其特征是:所述放电电极的尖端部分涂抹氟化物。

5. 如权利要求1所述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,其特征是:所述第二空腔分别与第一空腔、第三空腔通过谐振窗连接。

6. 基于权利要求1-5任一项所述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器的测试系统,其特征是:包括依次连接的微波信号提供电路、权利要求1-5任一项所述的功率限幅器、输出保护电路以及信号检测设备,所述微波信号提供电路连接权利要求1-5任一项所述的功率限幅器的微波信号输入端,输出保护电路连接所述的功率限幅器的微波信号输出端。

7. 如权利要求6所述的测试系统,其特征是:微波信号提供电路包括依次连接的微波信号发生器、功率放大器、隔离器和大功率定向耦合器,大功率定向耦合器,连接第一SMA连接器,将微波信号发送至第二空腔中的微波谐振腔。

8. 如权利要求7所述的测试系统,其特征是:微波信号发生器的输出端还设置有微波防回流装置,所述微波防回流装置包括环形器和水负载。

基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器及测试系统

技术领域

[0001] 本公开涉及限幅器相关技术领域,具体的说,是涉及基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器及测试系统。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息,并不必然构成在先技术。

[0003] 在大功率和超大功率射频系统中,主要通过限幅器对接收机的输入端进行保护。限幅器通常为反向并联于信号输入端和地之间的一对二极管,当输入为低于二极管导通电压的小信号时,二极管不导通,如同开路,并不会影响接收机的工作,当输入为高于二极管导通电压,约0.7V的大信号时,输入至接收机的信号幅度将被限制于二极管导通电压之下,从而保护接收机。

[0004] 传统的限幅器形式为传统的限幅器通常由非线性限幅器件和带通滤波器组成。非线性限幅器件大多为二极管限幅器或三极管限幅器。发明人发现,传统功率限幅器功率响应速度慢、功率容限低、防护频段窄等缺点。并且针对功率限幅器没有有效的检测系统,能够准确判断功率限幅器的功能测试。

发明内容

[0005] 本公开为了解决上述问题,提出了基于大气压放电等离子体的微波电路功率限幅器及测试系统,在大气压等离子体射流和微波放电的共同作用下,产生大气压放电等离子体,基于大气压放电等离子体的功率限幅器在微波电路中可以对入射功率进行反射和衰减,并具有响应速度快、功率容限高、防护频段宽等优点,能够满足大功率与高频率微波电路功率限幅的实际需要。

[0006] 为了实现上述目的,本公开采用如下技术方案:

[0007] 一个或多个实施例提供了基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,包括大气压等离子体射流产生装置、微波功率输入装置以及谐振装置,所述大气压等离子体射流产生装置、微波功率传输装置分别连接至谐振装置,大气压等离子体射流产生装置产生的放电等离子体与微波功率传输装置的入射信号进行微波放电产生的放电等离子体接触并融合,在谐振装置内将微波功率传输装置的入射信号反射和衰减并输出。

[0008] 一个或多个实施例提供了上述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器的测试系统,包括依次连接的微波信号提供电路、上述的功率限幅器、输出保护电路以及信号检测设备,所述微波信号提供电路连接上述的功率限幅器的微波信号输入端,输出保护电路连接所述的功率限幅器的微波信号输出端。

[0009] 与现有技术相比,本公开的有益效果为:

[0010] (1) 本公开通过设置大气压等离子体射流产生装置,生成的等离子体射流可以入射至谐振装置,大气压等离子体射流产生装置产生的放电等离子体与微波功率传输装置的

入射信号进行微波放电产生的放电等离子体接触并融合,可以提高谐振装置内放电等离子体的带电粒子和活性粒子密度,从而提高功率限幅器的响应速度,实现入射信号的快速衰减。

[0011] (2) 本公开在大气压等离子体射流的作用下,大部分电场集中在柱顶与腔顶之间的间隙内,可以缩短等离子体的形成时间、加快限幅器的响应速度,能够有效地解决传统功率限幅器功率响应速度慢、功率容限低、防护频段窄等缺点。

[0012] (3) 本公开的测试系统依次设置了包括微波防回流装置、功率放大器、隔离器、定向耦合器的微波信号提供电路,以及设置定向耦合器和衰减器的输出保护电路,能够实现功率限幅器的有效测量。

附图说明

[0013] 构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解,本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开,并不构成对本公开的限定。

[0014] 图1是本公开实施例2的测试系统的框图;

[0015] 图2是本公开实施例1功率限幅器的框图;

[0016] 图3是本公开实施例1功率限幅器的第二空腔27的结构示意图;

[0017] 其中,1、矢量网络分析仪,2、微波信号发生器,3、环形器,4、水负载,5、功率放大器,6、隔离器,7、输入定向耦合器,8、第一SMA连接器,9、功率限幅器,10、第二SMA连接器,11、输出定向耦合器,12、衰减器,13、石英玻璃管,14、高压电极,15、接地电极,16、交流电源,17、流量计,18、减压阀,19、氦气瓶,20、氮气瓶,21、等离子体射流入口,22、谐振窗,23、电感膜片,24、氟化物涂料,25、放电电极,26、第一空腔,27、第二空腔,28、第三空腔,29、微波信号输入端,30、微波信号输出端,31、加载柱,32、SMA连接器的中心导体,33、柱顶。

具体实施方式:

[0018] 下面结合附图与实施例对本公开作进一步说明。

[0019] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0020] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。需要说明的是,在不冲突的情况下,本公开中的各个实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将结合附图对实施例进行详细描述。

[0021] 实施例1

[0022] 在一个或多个实施方式中公开的技术方案中,如图2-3所示,基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器,包括大气压等离子体射流产生装置、微波功率输入装置以及谐振装置,所述大气压等离子体射流产生装置、微波功率传输装置分别连接至谐振装置,大气压等离子体射流产生装置产生的放电等离子体与微波功率传输装置的入射信号进行微波

放电产生的放电等离子体接触并融合,在谐振装置内将微波功率传输装置的入射信号反射和衰减并输出。

[0023] 本实施例通过设置大气压等离子体射流产生装置,生成的等离子体射流可以入射至谐振装置,大气压等离子体射流产生装置产生的放电等离子体与微波功率传输装置的入射信号进行微波放电产生的放电等离子体接触并融合,可以提高谐振装置内放电等离子体的带电粒子和活性粒子密度,从而提高功率限幅器的响应速度,实现入射信号的快速衰减。

[0024] 可以理解的,所述微波功率传输装置由实际微波电路中的输入信号即为入射信号提供,为实际传播的信号。

[0025] 可选的,所述微波功率传输装置包括输入端口和输出端口,所述输入端口包括依次连接的微波信号输入线和第一SMA连接器8,所述输出端口包括依次连接的微波信号输出线和第二SMA连接器10,第一SMA连接器8和第二SMA连接器10的中心导体32电连接至谐振装置内。

[0026] 在一些实施例中,大气压等离子体射流产生装置,可以采用如图2所示的结构,包括气体提供装置和等离子体反应器,所述气体提供装置为等离子体反应器提供反应气体;所述等离子体反应器包括石英玻璃管13、设置在石英玻璃管13内的金属高压电极14和金属接地电极15,所述金属高压电极连接交流电源,所述金属接地电极接地。

[0027] 具体的,本实施例中,金属高压电极14设置为金属针电极,设置在石英玻璃管13内部的石英玻璃管13轴线上,金属针电极可以采用铜材质。本实施例中,金属接地电极15可以设置为金属环电极,设置在石英玻璃管13的外侧、可以缠绕在石英玻璃管下端作为为接地电极,石英玻璃管13作为介质阻挡放电的介质层。

[0028] 大气压等离子体射流产生装置还包括等离子体射流口21,可以设置为两端开口大小不同的中空柱体,用于实现大气压等离子体射流产生装置与谐振装置的连接。

[0029] 交流电源可以采用50Hz交流电,本实施例采用针环电极结构和介质阻挡放电,在放电反应器内外形成大气压等离子体射流。

[0030] 在一些实施例中,气体提供装置包括存储气体的容器,设置在容器出口的减压阀18和流量计17。本实施例中,可以选择氦气和氮气作为反应气体,具体的可以设置氦气瓶19和氮气瓶20。

[0031] 氦气和氮气分别由减压阀18和流量计17调节气体压力和流量,预混后形成氦气氮气混合气体,进入大气压等离子体射流产生装置的石英玻璃管13内部进行反应。

[0032] 在一些实施例中,谐振装置可以包括依次排列的第一空腔26、第二空腔27和第三空腔28,第一空腔26和第三空腔28内分别设置谐振隙,第二空腔27内设置圆柱形谐振腔,圆柱形谐振腔的中心放置加载柱31,所述加载柱31的上方设置大气压等离子体射流产生装置的等离子体射流口21,所述加载柱31侧面连接第一SMA连接器8和第二SMA连接器10的中心导体32。

[0033] 当输入的微波功率信号的频率到达兆赫兹频段后,第一空腔、第二空腔和第三空腔都可以产生微波放电等离子。电磁场通过SMA连接器的中心导体32在腔内和腔外耦合,中心导体与腔柱直接接触,形成临界耦合的衰减模式加载谐振腔。

[0034] 衰减模式加载谐振腔通过在规则的圆柱形谐振腔的中心放置加载柱31实现,可以降低谐振频率。

[0035] 本实施例在大气压等离子体射流的作用下,大部分电场集中在柱顶33与腔顶之间的间隙内,可以缩短等离子体的形成时间、加快限幅器的响应速度,能够有效地解决传统功率限幅器功率响应速度慢、功率容限低、防护频段窄等缺点。

[0036] 作为进一步的技术方案,所述第二空腔27分别与第一空腔26、第三空腔通过谐振窗22连接。谐振窗22用于密封谐振腔即第二空腔中的气体。

[0037] 可选的,第一空腔和第三空腔中的谐振隙可以采用相同的结构,包括竖向设置的放电电极25和电感膜片23。

[0038] 在输入信号功率较小或频率较低的情况下,谐振隙仅为普通谐振元件。在大功率和高频率输入信号以及大气压等离子体射流的共同作用下,在谐振隙的放电电极附近形成局部电场增强,使谐振隙内的空气迅速电离,形成大气压微波放电等离子体。

[0039] 进一步的,所述放电电极25的尖端部分可以涂抹氟化物,能够使谐振隙内的场强分布更均匀,也可以避免放电漂移和小电弧效应等。

[0040] 本实施例所述的功率限幅器,在微波电路中可以具有三种工作状态:

[0041] (1)当入射信号为小功率低频电磁波时,谐振腔内的气体无法电离、不能形成放电等离子体,入射信号会无反射与衰减的通过功率限幅器。

[0042] (2)当入射信号为较大功率的低频电磁波时,谐振腔内的气体电离度较低、形成粒子密度低且阻抗较小的放电等离子体,入射信号会被小部分反射与衰减地通过功率限幅器。

[0043] (3)当入射信号为较大功率的高频电磁波时,谐振腔内的气体电离度较高、形成粒子密度高且阻抗较大的放电等离子体,入射信号会被大部分反射与衰减地通过功率限幅器。

[0044] 实施例2

[0045] 基于实施例1,本实施例提供实施例1所述的基于大气压等离子体和微波放电的功率限幅器的测试系统,如图1所示,包括依次连接的微波信号提供电路、实施例1所述的功率限幅器、输出保护电路以及信号检测设备,所述微波信号提供电路连接实施例1所述的功率限幅器的微波信号输入端29,输出保护电路连接实施例1所述的功率限幅器的微波信号输出端30。

[0046] 在一些实施例中,微波信号提供电路包括依次连接的微波信号发生器2、功率放大器5、隔离器6和大功率定向耦合器7,大功率定向耦合器7连接第一SMA连接器8,将微波信号发送至第二空腔27中的微波谐振腔。

[0047] 可选的,信号检测设备可以采用矢量网络分析仪。

[0048] 在测试电路中,微波功率由微波信号发生器2提供,矢量网络分析仪1用来测量电磁波的散射参数,隔离器6被用来功率限幅器对功率放大器5的反射,以防止影响矢量网络分析仪1测量数据。

[0049] 在测试电路中,微波功率由微波信号发生器2产生,并经过功率放大器5后进入谐振腔。当大功率输入信号的频率到达兆赫兹频段后,产生微波放电等离子体。

[0050] 作为进一步的技术方案,所述微波信号发生器2的输出端还设置有微波防回流装置,所述微波防回流装置包括环形器3和水负载4。所述环形器3可以具体为宽频带环行器。

[0051] 在功率限幅器和微波信号发生器2之间放置宽频带环行器,当扫频或气体放电发

生时,可以形成持续的小驻波比。

[0052] 可选的,输出保护电路包括输出定向耦合器11和衰减器12。

[0053] 本实施例在被测限幅器之前和之后均设置定向耦合器,用于测量输入/输出功率和响应时间。微波功率在经过输出定向耦合器后,再经过高功率衰减器衰减后进入矢量网络分析仪1的接收端口,可以有效保护矢量网络分析仪,并且实现了实施例1的功率限幅器准确有效测量。

[0054] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

[0055] 上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述,但并非对本公开保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本公开的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

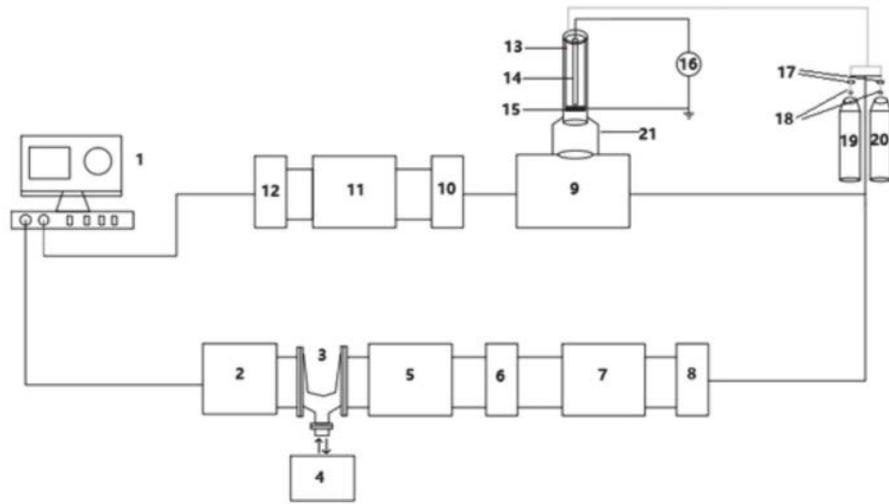


图1

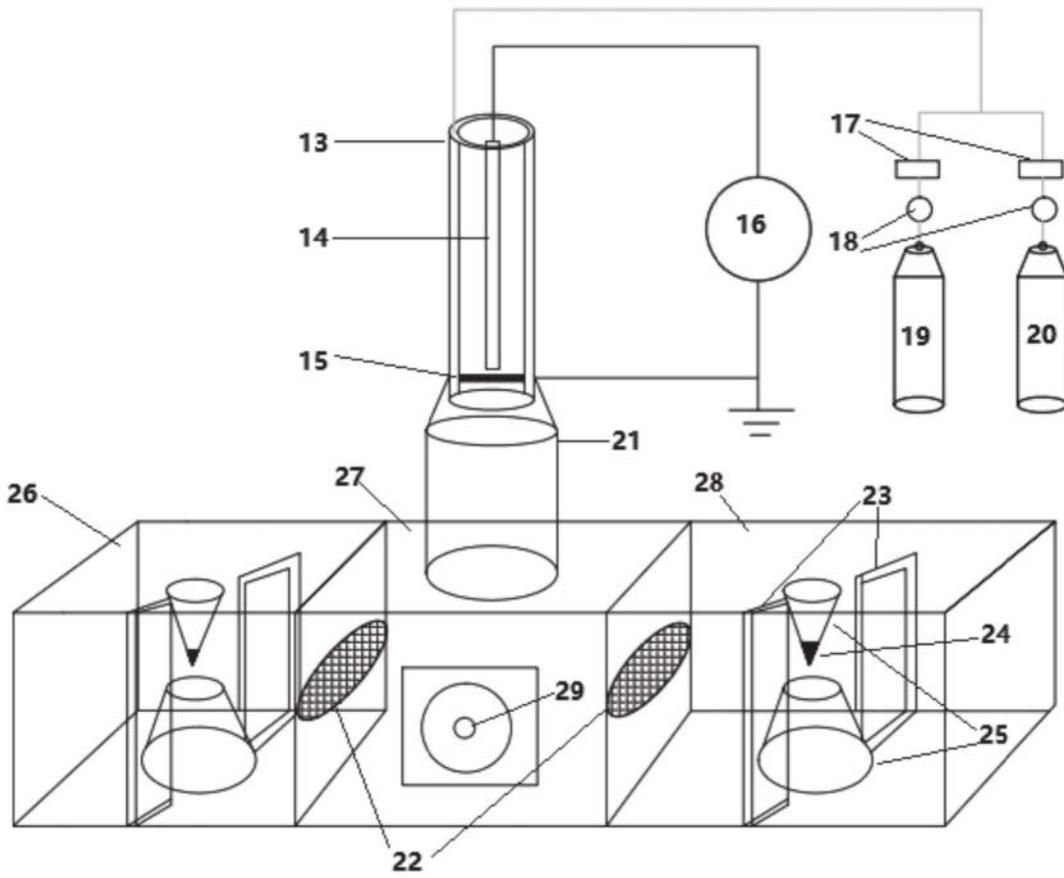


图2

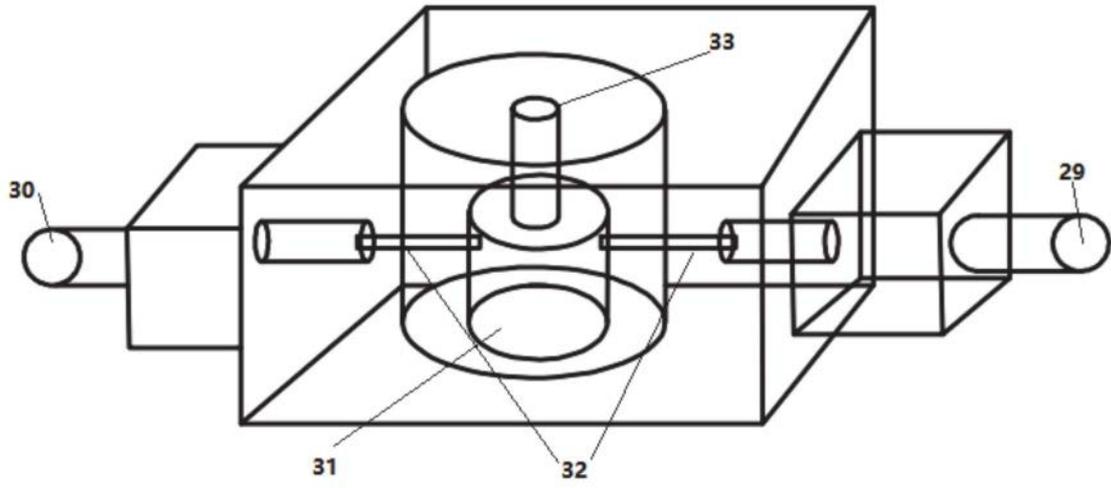


图3