



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 117367397 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 13

(21) 申请号 202311672067.5

(22) 申请日 2023.12.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117367397 A

(43) 申请公布日 2024.01.09

(73) 专利权人 湖南二零八先进科技有限公司

地址 410000 湖南省长沙市高新开发区尖

山路39号长沙中电软件园一期总部大
楼306室

(72) 发明人 王飞 卢广锋 王凡 章守一

湛健 龚朝辉

(74) 专利代理机构 长沙正奇专利事务有限责

任公司 43113

专利代理师 李发军 李宇

(51) Int.Cl.

G01C 19/5783 (2012.01)

(56) 对比文件

CN 104197919 A, 2014.12.10

CN 104197921 A, 2014.12.10

CN 104913773 A, 2015.09.16

CN 106959106 A, 2017.07.18

CN 107055457 A, 2017.08.18

CN 107389050 A, 2017.11.24

CN 110530352 A, 2019.12.03

US 2016344368 A1, 2016.11.24

US 2017038208 A1, 2017.02.09

US 2018188030 A1, 2018.07.05

US 2020309527 A1, 2020.10.01

罗斌;尚金堂.微玻璃半球壳体谐振子的设计、制备与表征.导航定位与授时.2017,(第02期),83-89.

张桐等.基于分次吹制工艺的微半球陀螺制作.《压电与声光》.2021,第43卷(第1期),146-148.

Wang, Danmeng et al..Indirect Excitation of micro-HRG Using Segmented Piezoelectric ALD PHT Actuator.《2023 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INERTIAL SENSORS AND SYSTEMS, INERTIAL》.2023,1-4.

审查员 刘洋

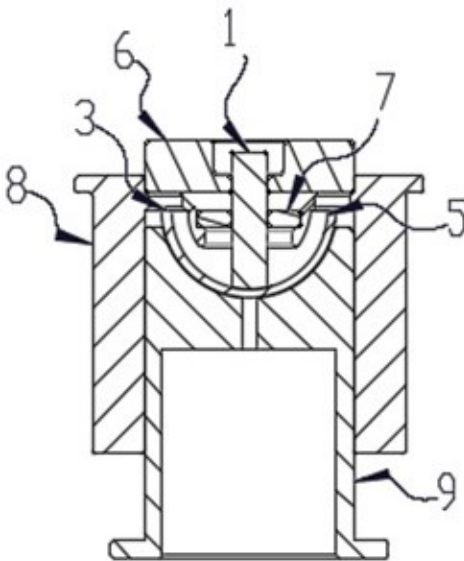
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种半球谐振子的制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种半球谐振子的制备方法,其包括半球壳的热压成型;中间柱的成型,成型后中间柱的球壳连接端形成凸球面;以及依次将半球壳倒置于下模内,上模置于下模上,中间柱的球壳连接端朝下置于上模内,同时保证中间柱的轴线与半球壳的中心线重合,之后,通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接,静置,烘干。本发明将半球壳和中间柱分开制备,中间柱的球壳连接端形成凸球面,再采用键合方式连接半球壳和中间柱,较传统采用的一体成型方式而言,具备低成本以及工序简单的优点。



1. 一种半球谐振子的制备方法,所述半球谐振子包括半球壳和中间柱,其特征在于包括:

S1、半球壳的热压成型;

S2、中间柱的成型,成型后中间柱的球壳连接端形成凸球面;

S3、将半球壳倒置于下模内,再将中间柱的球壳连接端朝下置于上模内,并将上模置于下模上,同时保证中间柱的轴线与半球壳的中心线重合,之后,通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接,静置,烘干。

2. 根据权利要求1所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,所述中间柱上开设过液孔,所述过液孔的下端贯穿所述凸球面,且所述半球壳的凹面与所述凸球面的曲率半径比为1: 1.8-2.2,当所述中间柱的凸球面与所述半球壳的凹面接触时,所述中间柱的凸球面外围与所述半球壳的凹面接触,所述中间柱的凸球面中部与所述半球壳的凹面之间形成键合液容腔。

3. 根据权利要求2所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,S3中通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接的方法为:先将中间柱的凸球面与半球壳的凹面接触,再将键合溶液从过液孔的上端注入,并从过液孔的下端填充进所述键合液容腔。

4. 根据权利要求1所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,所述半球壳的凹面与所述凸球面的曲率半径比为1:1。

5. 根据权利要求4所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,S3中通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接的方法为:先在半球壳的凹面注入键合溶液,再在中间柱的凸球面与键合溶液接触贴合后,下压中间柱。

6. 根据权利要求1—5中任一项所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,所述键合溶液为分子量比为1:450-550的KOH水溶液。

7. 根据权利要求6所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,所述键合溶液在半球壳的凹面上的用量为0.4-0.6 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。

8. 根据权利要求1—5中任一项所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,S3中静置的时间为22-26小时,烘干为在60-80℃烘箱中进行热处理8-10h。

9. 根据权利要求1—5中任一项所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,所述半球壳的热压成型为:先将厚度大于0.1mm的石英薄片切割出半球壳的外形尺寸,再漂洗,接着放入真空炉中的半球壳成型模具内,关闭真空炉炉门后通入氮气,氮气进入后开启真空炉,加热至1600-2000℃,最后待石英薄片软化后,贴模,压制成型,精修,研磨抛光即可。

10. 根据权利要求1—5中任一项所述半球谐振子的制备方法,其特征在于,所述半球壳的凹面和中间柱的凸球面的粗糙度Ra均小于20纳米。

一种半球谐振子的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半球谐振陀螺的制备方法,特别是一种半球谐振子的制备方法。

背景技术

[0002] 目前导航、卫星、导弹、航空等领域都应用了半球谐振陀螺。半球谐振陀螺具有精度高,稳定性强,可靠性高,抗冲击性良好,抗辐射能力卓越以及寿命长的特点。半球谐振子(Hemispherical Shell Resonator,简称HSR)是半球谐振陀螺的核心部件,半球谐振子的性能决定了陀螺性能。半球谐振子的形状通常为半球形。

[0003] 常规半球谐振子包括一体成型的半球壳和中间柱,通常由熔融石英材料制成。在半球谐振子的制造过程中,制造精度受加工应力的影响较大,由于半球谐振子本身属于硬脆薄壁类异形结构,其制造难度很大。传统加工过程中,半球谐振子的加工工艺包括粗磨、精磨、研抛、精准调平和检测等机械加工流程,整个完整的成型过程含几十道工序,周期长,成本高,效率低,尤其是由于受到残余应力的影响,使半球谐振子表面产生大量的微裂纹,表面粗糙度大于50纳米,亚损伤层接近100纳米,变形层的破坏会破坏结构件的应力平衡,增加内阻,降低半球谐振子的储能和能量的各向同性。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,针对半球谐振子的现有制造工艺周期长,成本高的不足,本发明提供一种同时具备低成本、高精度以及工序简单的半球谐振子的制备方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 一种半球谐振子的制备方法,所述半球谐振子包括半球壳和中间柱,其制备工艺包括:

[0007] S1、半球壳的热压成型;

[0008] S2、中间柱的成型,成型后中间柱的球壳连接端形成凸球面;

[0009] S3、将半球壳倒置于下模内,再将中间柱的球壳连接端朝下置于上模内,并将上模置于下模上,同时保证中间柱的轴线与半球壳的中心线重合,之后,通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接,静置,烘干。

[0010] 优选地,所述中间柱上开设过液孔,所述过液孔的下端贯穿所述凸球面,且所述半球壳的凹面与所述凸球面的曲率半径比为1: 1.8-2.2,当所述中间柱的凸球面与所述半球壳的凹面接触时,所述中间柱的凸球面外围与所述半球壳的凹面接触,所述中间柱的凸球面中部与所述半球壳的凹面之间形成键合液容腔。

[0011] 优选地,S3中通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接的方法为:先将中间柱的凸球面与半球壳的凹面接触,再将键合溶液从过液孔的上端注入,并从过液孔的下端填充进所述键合液容腔。

[0012] 优选地,所述半球壳的凹面与所述凸球面的曲率半径比为1:1。

[0013] 优选地,S3中通过键合溶液将中间柱的凸球面与半球壳的凹面连接的方法为:先

在半球壳的凹面注入键合溶液,再在中间柱的凸球面与键合溶液接触贴合后,下压中间柱。

[0014] 优选地,所述键合溶液为分子量比为1:450-550的KOH水溶液。

[0015] 优选地,所述键合溶液在半球壳的凹面上的用量为 $0.4-0.6\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。

[0016] 优选地,S3中静置的时间为22-26小时,烘干为在60-80℃烘箱中进行热处理1-12h。

[0017] 优选地,所述半球壳的热压成型为:先将厚度大于0.1mm的石英薄片切割出半球壳的外形尺寸,再漂洗,接着放入真空炉中的半球壳成型模具内,关闭真空炉炉门后通入氮气,氮气进入后开启真空炉,加热至1600-2000℃,最后待石英薄片软化后,贴模,压制成型,精修,研磨抛光即可。

[0018] 优选地,所述半球壳的凹面和中间柱的凸球面的粗糙度Ra均小于20纳米。

[0019] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0020] 1. 本发明通过将半球壳和中间柱分开制备,中间柱的球壳连接端形成凸球面,再利用中间柱的凸球面与半球壳的凹面之间的球面键合制备半球谐振子,较传统采用的一体成型方式而言,具备低成本以及工序简单的优点。

[0021] 2. 本发明使用的低温氢氧键合技术常用于高面型、低粗糙度的平面含硅玻璃粘接,对平整度要求极高,通常要求面型在 $\lambda/4$ ($\lambda \approx 633\text{nm}$) 以上,本发明创造性地将该技术应用在半球壳和中间柱的球面键合上,中间柱的凸球面设计为与半球壳的凹面的曲率半径一致,并通过改进该低温氢氧键合技术,具体地,以KOH水溶液(分子量比为1:450-550)为键合溶液,用量为 $0.4-0.6\mu\text{L}/\text{cm}^2$,并通过键合工装使半球壳和中间柱通过键合溶液静置接触,静置22-26h后放入60-80℃的烘箱进行低温键合热处理8-10h,使键合溶液在二者键合处形成Si-O-Si键,即 SiO_2 ,与半球壳及中间柱的成分一致,使成型后的半球谐振子不会出现由材料均一性而导致的谐振频率改变和Q值下降的现象;并且,此键合工艺满足半球壳与中间柱的粘接要求,键合处具有机械强度高,通光性能好,热学性能和化学性能佳的良好表现。

[0022] 3. 本发明申请人在对上述键合方式制备的半球谐振子的性能检测过程中发现,由于半球壳和中间柱以高度贴合的方式键合,而键合液用量需保证二者的机械强度,因而往往会出现键合液过量导致溶液外溢至半球壳的凹面上非键合处的现象,从而会影响半球壳的质量均匀性,进而影响半球壳的品质因数。本发明进一步通过在中间柱上开设过液孔,并将中间柱的凸球面与半球壳的凹面的曲率半径设计为1.8-2.2:1,从而在中间柱与半球壳接触时,凸球面与半球壳的凹面之间形成密闭的键合液容腔,且中间柱和半球壳连接处通过曲面接触,键合液通过过液孔灌注到键合液容腔后不会外溢,保证了半球壳的质量均匀性,提高了半球谐振子的品质因数。

附图说明

[0023] 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。

[0024] 图1为本发明CNC修正前半球壳的加工状态图。

- [0025] 图2为本发明CNC修正后半球壳的状态图。
- [0026] 图3为本发明实施例一的中间柱的加工状态图。
- [0027] 图4为本发明键合前的半球谐振子的状态图。
- [0028] 图5为本发明实施例一的键合后半球谐振子的状态图。
- [0029] 图6为本发明实施例一的键合状态图。
- [0030] 图7为本发明实施例二的中间柱的加工状态图。
- [0031] 图8为本发明实施例二的键合前半球谐振子的状态图。
- [0032] 图9为本发明实施例二的键合后半球谐振子的状态图。
- [0033] 图10为本发明实施例二的键合后半球谐振子的键合位置放大图。
- [0034] 图11为本发明实施例二的键合状态图。

具体实施方式

[0035] 以下结合具体优选的实施例对本发明作进一步描述,但并不因此而限制本发明的保护范围。

[0036] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“上”“下”“左”“右”“垂直”“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,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”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0037] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“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;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,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0038] 请参阅图1—图6,本发明半球谐振子的制备方法实施例一包括:

[0039] S1、半球壳热压成型:将厚度0.1mm以上的石英薄片用CNC(数控机床)或激光切割机切割出所需的半球壳外形尺寸,再用乙醇、丙酮、异丙醇等多种溶剂混合漂洗后,放入真空炉中的半球壳工装4内,关闭真空炉炉门后通入氮气,氮气进入后开启真空炉,加热至1600-2000℃,待石英薄片软化后,取出,贴模,再轻压,使其压制成型为半球壳状(如图1所示)。

[0040] 热压成型时要求半球壳工装4的外观良好,表面无彩虹纹;尺寸及形位公差测量使用OMM/CMM/CAV等多种仪器进行检测。经检测,热压成型后的半球壳的凹面的表面粗糙度Ra优于10纳米,无亚损伤层,无残余应力的影响,具有成本低,效率高,精度高、稳定性好,周向均匀性良好等突出优点。

[0041] 热压成型后,半球壳5的边缘有部分溢料,需要CNC进行修正,CNC通过专用工装对半球壳5进行封蜡/粘胶等工艺处理,完成溢料位置的精修和研磨抛光(如图2)。

[0042] S2、中间柱1的加工:如图3所示,CNC通过专用工装把中间柱1放入中间柱工装2内,并采用封蜡/粘胶等工艺组合,完成中间柱1的球壳连接端的凸球面的磨削和抛光工作,使凸球面的粗糙度Ra优于20纳米,完全满足键合所需的要求。

[0043] S3、键合方式:如图4—图6,取出包括上夹具8和下夹具9的键合工装,将半球壳5倒

置且其下部置入下夹具9内,下夹具9紧贴半球壳5的凸面;利用下夹具9的外壁导向将上夹具8套入下夹具9中,上夹具8的中部设置半球壳限位部3,依靠上夹具8的自重,使半球壳5的上边缘抵触上夹具8的半球壳限位部3,且半球壳5居中置于上夹具8和下夹具9中,半球壳5的上边缘与上夹具8的半球壳限位部3平行;在上夹具8中放置上管位夹6和下管位夹7,再按 $0.5\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 的量用移液枪移取键合溶液(分子量比为1:500的KOH水溶液)至半球壳5的凹面上键合位置处,之后,将中间柱1从上至下依次垂直插入上管位夹6和下管位夹7中,使半球壳5与中间柱1处于同轴线位置,在此过程中,上管位夹6和下管位夹7起导向作用;待中间柱1的凸球面与半球壳5的凹面通过键合溶液接触并贴合后,轻轻按压中间柱1,并静置24小时后放入 70°C 烘箱热处理9h,即可完成整个键合流程。如此,通过风干、烤干等工序,并经过一段时效后再分开上夹具8和下夹具9,即完成半球谐振子的制备。由于键合溶液在中间柱1与半球壳之间形成Si-O-Si键,即 SiO_2 ,其成份与半球谐振子的成份一致,故制成的半球谐振子不会出现由材料均一性而导致的谐振频率改变和Q值下降的现象。

[0044] 本发明半球谐振子的制备方法实施例二(中间柱的中心位置开设过液孔,中间柱的凸球面与半球壳的凹面的曲率半径之比设计为2:1)包括:

[0045] S1、半球壳热压成型:将厚度0.1mm以上的石英薄片用CNC(数控机床)或激光切割机切割出所需的半球壳外形尺寸,再用乙醇、丙酮、异丙醇等多种溶剂漂洗后,放入真空炉中的半球壳工装4内,关闭真空炉炉门后通入氮气,氮气进入后开启真空炉,加热至 $1600\sim 2000^\circ\text{C}$,待石英薄片软化后,取出,贴模,再轻压,使其压制成型为半球壳状(如图1所示)。

[0046] 热压成型时要求半球壳工装4的外观良好,表面无彩虹纹;尺寸及形位公差测量使用OMM/CMM/CAV等多种仪器进行检测。经检测,热压成型后的半球壳的凹面的表面粗糙度Ra优于10纳米,无亚损伤层,无残余应力的影响,具有成本低,效率高,精度高、稳定性好,周向均匀性良好等突出优点。

[0047] 热压成型后,半球壳5的边缘有部分溢料,需要CNC进行修正,CNC通过专用工装对半球壳5进行封蜡/粘胶等工艺处理,完成溢料位置的精修和研磨抛光(如图2)。

[0048] S2、中间柱1的加工:如图7所示,CNC通过专用工装把中间柱1放入中间柱工装2内,并采用封蜡/粘胶等工艺组合,完成中间柱1的球壳连接端的凸球面的磨削和抛光工作,使凸球面的粗糙度Ra优于20纳米,完全满足键合所需的要求,并在中间柱1的中心位置开设过液孔11,且半球壳5的凹面与凸球面的曲率半径比为1:2。

[0049] S3、键合方式:取出包括上夹具8和下夹具9的键合工装,如图8—图11所示,将半球壳5的下部置入下夹具9内,并使下夹具9紧贴半球壳5的凸面;利用下夹具9的外壁导向将上夹具8套入下夹具9中,上夹具8的中部设置半球壳限位部3,依靠上夹具8的自重,使半球壳5的上边缘抵触上夹具8的半球壳限位部3,且半球壳5居中置于上夹具8和下夹具9中,半球壳5的上边缘与上夹具8的半球壳限位部3平行;在上夹具8中放置上管位夹6和下管位夹7,将中间柱1从上至下依次垂直插入上管位夹6和下管位夹7中,直至中间柱1的凸球面与半球壳5的凹面接触,此时,半球壳5与中间柱1处于同轴线位置,中间柱1的凸球面外围与半球壳5的凹面接触,中间柱1的凸球面中部与半球壳5的凹面之间形成键合液容腔10;用移液枪移取适量的键合溶液,通过中间柱1的过液孔将键合溶液注入中间柱1,同时键合溶液沿着中间柱1的过液孔慢慢填充进键合液容腔10(本实施例中,由于半球壳5的凹面的曲率半径为R5mm,中间柱1的凸球面的曲率半径为R10mm,即半球壳5的凹面与凸球面的曲率半径比为1:

2,可以实现中间柱1的外围与半球壳的面-面接触,进而可以有效避免键合溶液过量导致的溶液外溢,不至影响半球壳5的质量均匀性,并提高半球壳5的品质因数);最后,静置24小时再放入70℃烘箱热处理9小时,即完成整个键合流程。如此,通过风干、烤干等工序,并经过一段时效后再分开上夹具8和下夹具9,即完成半球谐振子的制备。由于键合溶液在中间柱1与半球壳之间形成Si-O-Si键,即 SiO_2 ,其成份与半球谐振子的成份一致,故制成的半球谐振子不会出现由材料均一性而导致的谐振频率改变和Q值下降的现象。

[0050] 以上所述,仅为本发明的具体实施方案,但本发明的保护范围不限于此,任何熟悉本领域的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围的情况下,都可利用上述揭示的技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰,或修改为等同变化的等效实施例。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均应落在本发明技术方案保护的范围内。

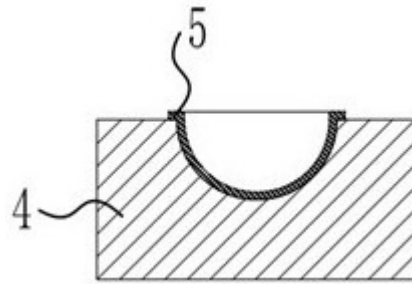


图 1



图 2

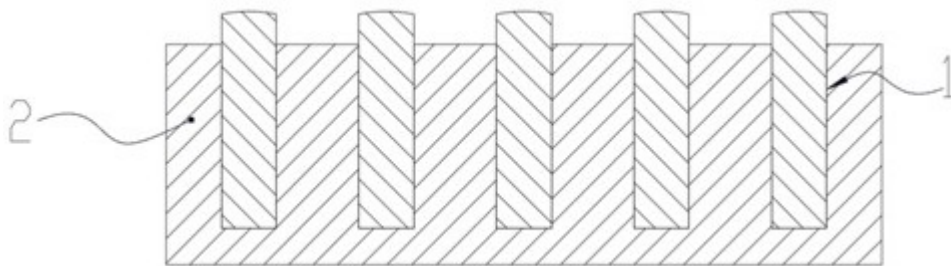


图 3

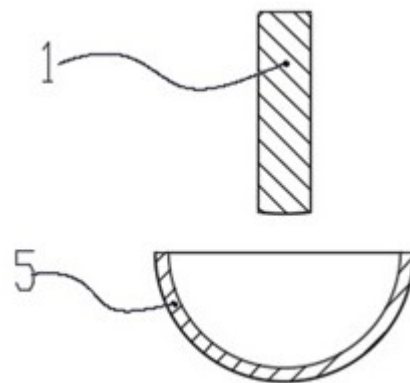


图 4

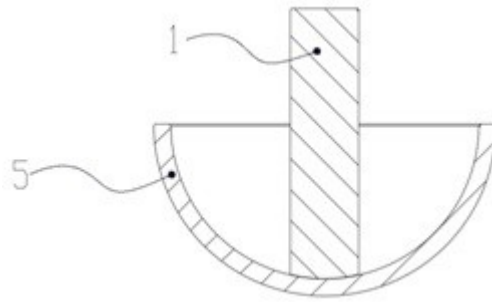


图 5

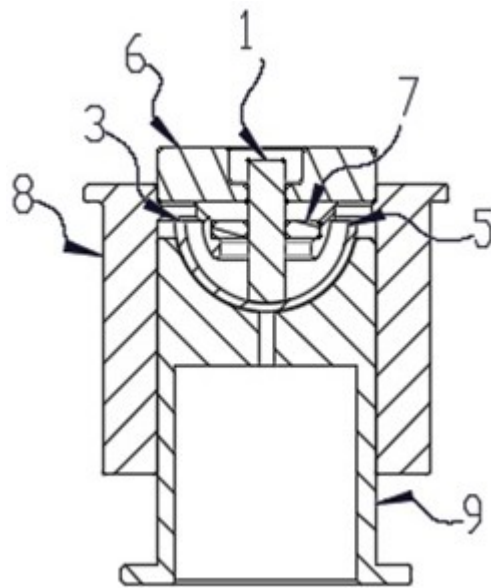


图 6

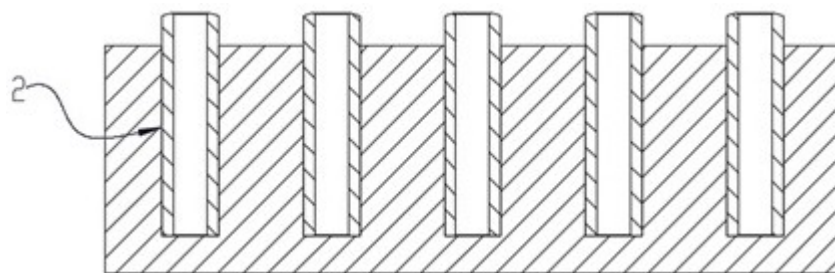


图 7

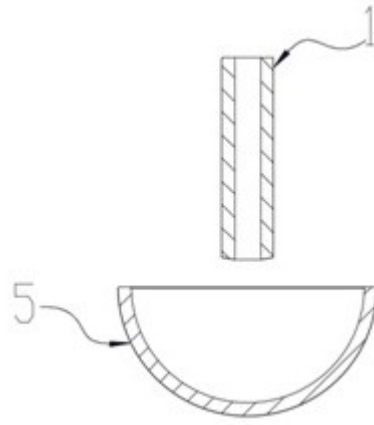


图 8

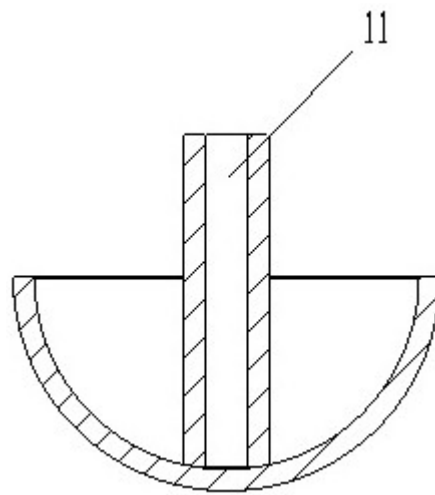


图 9

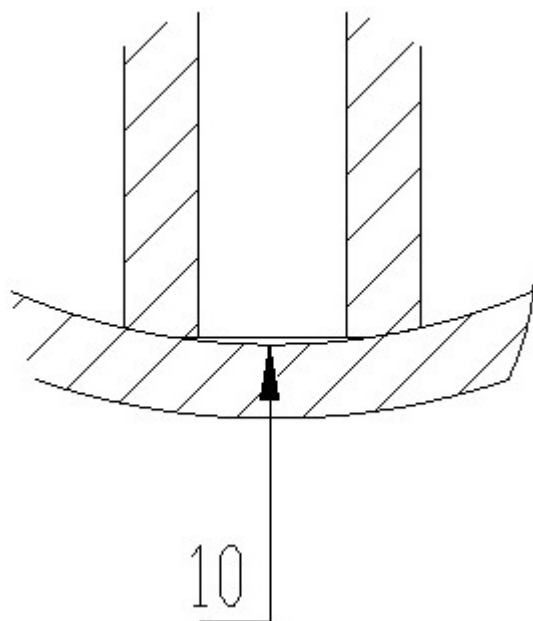


图 10

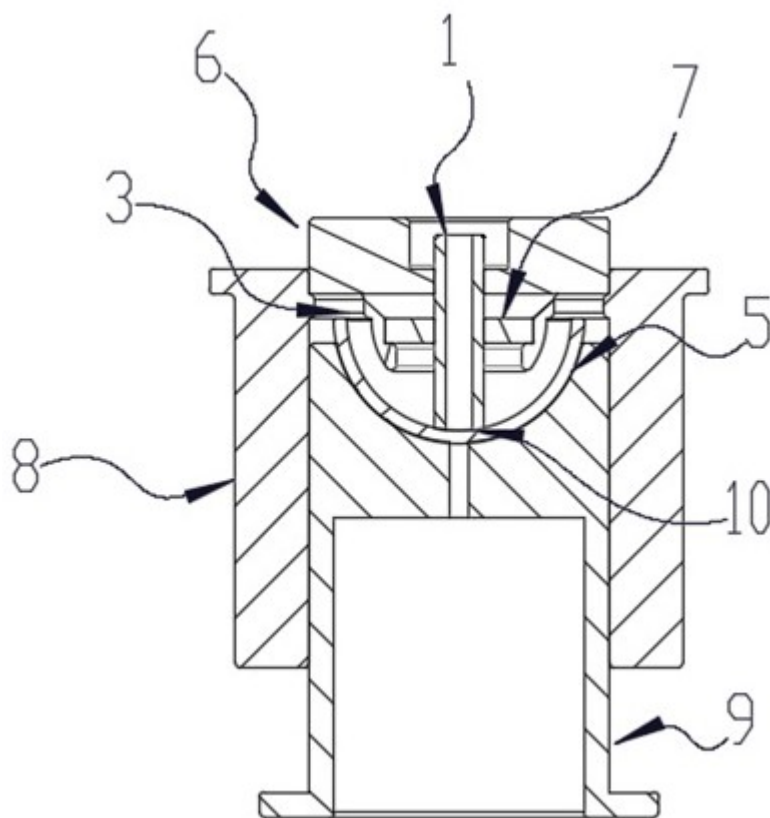


图 11