



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108284398 B

(45) 授权公告日 2021.06.25

(21) 申请号 201710013809.1

B24C 9/00 (2006.01)

(22) 申请日 2017.01.09

审查员 许爱娟

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108284398 A

(43) 申请公布日 2018.07.17

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡理工大学陈鲍雪莹
楼10楼1009室

(72) 发明人 王春锦 张志辉 李荣彬 赖锦棠
何丽婷

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司
72003

代理人 石海霞 李昕巍

(51) Int. Cl.

B24C 5/04 (2006.01)

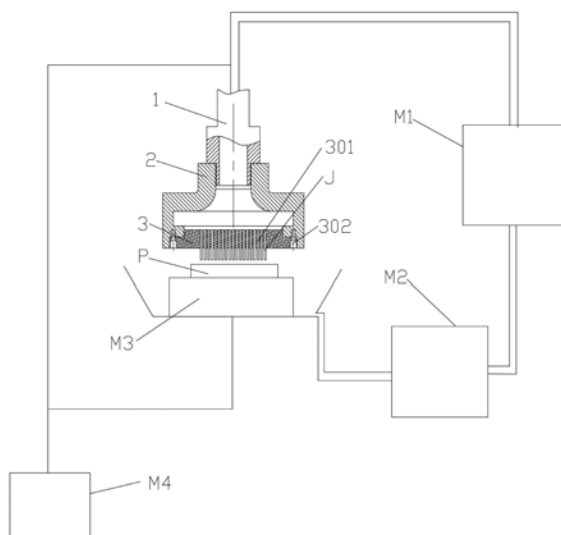
权利要求书1页 说明书6页 附图9页

(54) 发明名称

用于抛光的多射流工具及包括该工具的抛光系统

(57) 摘要

本申请涉及一种用于抛光的多射流工具及包括该工具的抛光系统。该多射流工具包括：转接头，用于输送抛光液；缓冲腔，与所述转接头固接，用于缓冲经由所述转接头输送的抛光液；以及喷孔座，与所述缓冲腔的端面紧固连接，并且所述喷孔座中设置有多孔或喷嘴，使得所述缓冲腔中的所述抛光液经由所述多个喷孔或喷嘴喷出。采用本申请的多射流抛光工具，相对于单一射流抛光方法提高了抛光效率。



1. 一种抛光系统,包括:
抛光液供给部,用于供应抛光液;
用于抛光的多射流工具,用于接收所述抛光液供给部供应的抛光液并将所述抛光液喷出;
工作台,用于承载待抛光工件,使得所述待抛光工件被所述抛光液抛光;以及
数控系统,用于在抛光过程中控制所述多射流工具与所述待抛光工件之间的距离和/或角度,用于控制所述多射流工具与所述待抛光工件之间的距离保持恒定,保持在喷孔直径的5至12倍,每个喷孔的直径小于2mm;
其中所述用于抛光的多射流工具,包括:
转接头,用于输送抛光液;
缓冲腔,与所述转接头固接,用于缓冲经由所述转接头输送的抛光液;以及
喷孔座,与所述缓冲腔的端面紧固连接,并且所述喷孔座中设置有多个所述喷孔,使得所述缓冲腔中的所述抛光液经由所述多个喷孔喷出;
所述抛光系统还包括抛光液回收系统,用于回收抛光液;
其中,所述多个喷孔按照线性阵列分布,或者所述多个喷孔分布为多个同心环形,或者所述多个喷孔根据目标去除函数形状以不等间距分布,或者所述多个喷孔排成一行。
2. 根据权利要求1所述的抛光系统,其中,所述喷孔座使用硬质材料形成。
3. 根据权利要求1到2中任一项所述的抛光系统,其中,所述喷孔座中分布有所述多个喷孔的区域由硬质材料形成。
4. 根据权利要求1到2中任一项所述的抛光系统,其中,所述喷孔座的上表面和下表面中的至少一个为平面、凹面或凸面。
5. 根据权利要求1到2中任一项所述的抛光系统,其中,每个所述喷孔为柱形孔或锥形孔。

用于抛光的多射流工具及包括该工具的抛光系统

技术领域

[0001] 本发明涉及超精密抛光加工领域,尤其涉及一种用于抛光的多射流工具及包括该多射流工具的抛光系统。

背景技术

[0002] 当前,对于具有光学表面精度的零部件的需求越来越高,涌现出了许多高精度的抛光方法。射流抛光方法最早是由Fahnle等人于1998年提出,其方法是利用相对较低压(一般低于20bar)的射流喷击工件表面,射流为混有磨粒的抛光液,该射流在单位时间内会形成一定的材料去除量,即所谓的材料去除函数,然后通过扫描整个工件实现对整个工件表面的抛光(Oliver W.Fahnel,Hedeler van Brug and Hans J.Frankena.“Fluid jet polishing of optical surfaces”,Applied Optics,37(28),6671-6673,1998)。该方法不仅可以实现高精度的抛光,而且抛光过程中不存在刀具的磨损问题,加工过程中射流会实时冷却工件,使工件无温升,因此,它是一种具有广阔市场前景的加工方法。

[0003] 然而,由于其射流束尺寸小,加工效率较低,使得其仅适用于小口径的工件的抛光或者大尺寸工件边缘部分的修正,无法应用于大尺寸工件的高效抛光。虽然可以通过提高流体压力以及适当增加喷孔直径来提高抛光效率,但是提高压力后,压力一旦超过一定的阈值,材料就会发生脆性断裂去除,导致表面缺陷,达不到抛光的效果;增大喷孔直径虽然能形成较大尺寸的去除函数,但是相同压力下,中心区域的压力会超出阈值,破坏加工表面,而且射流束易发散,材料去除不稳定。

发明内容

[0004] 本公开的目的在于提供一种用于抛光的多射流工具以及包括该工具的抛光系统,从而至少在一定程度上克服由于相关技术的限制和缺陷而导致的一个或多个问题。

[0005] 本公开的其他特性和优点将通过下面的详细描述变得显然,或部分地通过本公开的实践而习得。

[0006] 根据本公开的一个方面,提供一种用于抛光的多射流工具,包括:

[0007] 转接头,用于输送抛光液;

[0008] 缓冲腔,与所述转接头固接,用于缓冲经由所述转接头输送的抛光液;以及

[0009] 喷孔座,与所述缓冲腔的端面紧固连接,并且所述喷孔座中设置有多个喷孔或喷嘴,使得所述缓冲腔中的所述抛光液经由所述多个喷孔或喷嘴喷出。

[0010] 根据一个实施例,所述多个喷孔按照线性阵列分布,或者所述多个喷孔沿径向辐射状分布,或者所述多个喷孔分布为多个同心环形,或者所述多个喷孔根据目标去除函数形状以不等间距分布。

[0011] 根据一个实施例,每个所述喷孔的直径小于2mm。

[0012] 根据一个实施例,所述喷孔座使用硬质材料形成。

[0013] 根据一个实施例,所述硬质材料包括硬质不锈钢、硬质合金或宝石材料。

- [0014] 根据一个实施例,所述喷孔座中分布有所述多个喷孔的区域由硬质材料形成。
- [0015] 根据一个实施例,所述喷孔座的上表面和下表面中的至少一个为平面、凹面或凸面。
- [0016] 根据一个实施例,每个所述喷孔为柱形孔或锥形孔
- [0017] 根据一个实施例,所述多个喷嘴为多个独立的喷嘴,垂直安装在喷孔座上,多个喷嘴按一定规律的阵列分布,以保证每个喷嘴执行独立的抛光工序。
- [0018] 根据本公开的另一个方面,还提供了一种抛光系统,包括:
- [0019] 抛光液供给部,用于供应抛光液;
- [0020] 前述用于抛光的多射流工具,用于接收所述抛光液供给部供应的抛光液并将所述抛光液喷出;
- [0021] 工作台,用于承载待抛光工件,使得所述待抛光工件被所述抛光液抛光;以及
- [0022] 数控系统,用于在抛光过程中控制所述多射流工具与所述待抛光工件之间的距离和/或角度。
- [0023] 根据本公开的技术方案,至少能够取得以下技术效果中的一部分:
- [0024] (1) 在保证单一射流能量不变或接近、材料的去除行为与单一射流的一致的基础上,通过增加射流束数量,相对于单一射流抛光方法大大提高了抛光效率。
- [0025] (2) 由于不是通过提高流经单一喷孔的压力来提高抛光效率,因而可以避免材料发生脆性断裂去除。而且,通过设置多个喷孔或喷嘴来增加射流束数量,而不是增大单一喷孔或喷嘴的直径,能够避免中心区域的压力过度增大的问题。
- [0026] (3) 本公开提供的技术方案使得射流抛光方法应用于中大尺寸的工件的抛光成为可能,比如可以应用于强激光光学元件和太空望远镜光学玻璃的粗抛(保形抛光)阶段。
- [0027] (4) 对于小尺寸工件,可实现利用射流抛光工具进行全口径抛光,实现快速抛光,极大缩短抛光时间。
- [0028] (5) 抛光过程中不存在发热的问题,不会引发工件的热变形。
- [0029] (6) 本公开的技术方案不仅适用于平面的抛光,也适用于各种自由曲面的抛光,包括非球面和功能结构表面等,对于提高透镜阵列等结构阵列的抛光效率尤为显著。
- [0030] (7) 在本公开的技术方案中,根据不同加工工件的要求可以设计不同的喷孔阵列分布形状、喷孔形状、喷嘴阵列分布形状,并且喷孔座的表面形状也可以根据具体的抛光要求而设计,因而设计制造成本相对低于其他抛光方法。
- [0031] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性的,并不能限制本公开。

附图说明

- [0032] 通过参照附图详细描述其示例实施例,本公开的上述和其它目标、特征及优点将变得更加显而易见。
- [0033] 图1(a)为根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具的剖视图,图1(b)为该多射流工具的轴侧视图。
- [0034] 图2(a)示出根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔分布的一个示例。

- [0035] 图2 (b) 示出根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔分布的一个示例。
- [0036] 图2 (c) 示出根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔分布的一个示例。
- [0037] 图2 (d) 示出根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔分布的一个示例。
- [0038] 图3 (a) 示出根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔座表面形状的一个示例。
- [0039] 图3 (b) 示出根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔座表面形状的一个示例。
- [0040] 图4示出根据示例性实施例的用于抛光的多射流工具中喷孔形状的多个示例。
- [0041] 图5 (a) 示出根据一比较例的抛光工具的孔分布。
- [0042] 图5 (b) 示出图5 (a) 的抛光工具的去除函数实验结果。
- [0043] 图5 (c) 示出根据一示例性实施例的多射流抛光工具的孔分布。
- [0044] 图5 (d) 示出图5 (c) 的抛光工具的去除函数实验结果。
- [0045] 图5 (e) 示出根据一示例性实施例的多射流抛光工具的孔分布。
- [0046] 图5 (f) 示出图5 (e) 的抛光工具的去除函数实验结果。
- [0047] 图6示出根据一示例性实施例的抛光系统的示意图。
- [0048] 图7为根据一示例性实施例的抛光系统加工小尺寸工件时的示意图。
- [0049] 图8为根据一示例性实施例的抛光系统加工大尺寸工件时的示意图。
- [0050] 图9示出采用本公开的多射流工具对16个圆形透镜组成的阵列进行抛光的示例。

具体实施方式

[0051] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而, 示例实施方式能够以多种形式实施, 且不应被理解为限于在此阐述的范例; 相反, 提供这些实施方式使得本公开将更加全面和完整, 并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。附图仅为本公开的示意性图解, 并非一定是按比例绘制。图中相同的附图标记表示相同或类似的部分, 因而将省略对它们的重复描述。

[0052] 此外, 所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施方式中。在下面的描述中, 提供许多具体细节从而给出对本公开的实施方式的充分理解。然而, 本领域技术人员将意识到, 可以实践本公开的技术方案而省略所述特定细节中的一个或更多, 或者可以采用其它的方法、组元、装置、步骤等。在其它情况下, 不详细示出或描述公知结构、方法、装置、实现、材料或者操作以避免喧宾夺主而使得本公开的各方面变得模糊。

[0053] 下面结合附图对本发明的技术方案作进一步阐述。

[0054] 图1 (a) 为根据一示例性实施例的用于抛光的多射流工具的剖视图, 图1 (b) 为该多射流工具的轴侧视图。

[0055] 如图1 (a) 和图1 (b) 所示, 该用于抛光的多射流工具包括转接头1、缓冲腔2和喷孔座3。转接头1用于输送抛光液。缓冲腔2与转接头1固接, 例如, 转接头1可以固接于缓冲腔2

的上部。该缓冲腔2可以缓冲经由所述转接头输送的抛光液。喷孔座3可以与缓冲腔2的端面紧固连接,例如喷孔座3可以通过其上的沉孔302螺纹连接紧固在缓冲腔2的端面。该缓冲腔2的上部和下部均开口,上部开口与转接头1配合,从而接收抛光液,下部开口与喷孔座3配合,从而使得抛光液流到多个喷孔301,上部开口可以小于下部开口。喷孔座3也可以通过其他方式紧固在缓冲腔2的端面,本公开对此不作限制。在喷孔座3内设置有多个喷孔301,使得缓冲腔2中的抛光液经由多个喷孔301喷出。喷孔座3可以是一个基台,该基台嵌入缓冲腔的下部开口并与缓冲腔2的下端面紧固配合,在该基台中开设多个孔作为喷孔301。具体而言,在进行抛光时,抛光液经由转接头1流入缓冲腔2内,经过喷孔座3上的多个喷孔301射出。

[0056] 采用本公开的技术方案,通过设置喷孔的形状以及分布方式,可以保证单一射流能量不变或接近、材料的去除行为与单一射流的一致,在此基础上,由于设置了多个喷孔从而增加了射流束数量,因而相对于单一射流抛光方法大大提高了抛光效率。

[0057] 另外,由于不是通过提高流经单一喷孔的压力来提高抛光效率,因而可以避免材料发生脆性断裂去除。而且,通过设置多个喷孔来增加射流束数量,而不是增大单一喷孔的直径,能够避免中心区域的压力过度增大的问题。

[0058] 在本公开的实施例中,喷孔座3中的多个喷孔301可以是按照一定规律分布的多个喷孔。例如,多个喷孔301的分布规律可以是线性阵列式分布,如图2(a)所示。或者,多个喷孔301可以沿径向呈辐射状分布,如图2(b)所示,多个喷孔301形成的线以等角度辐射。或者,多个喷孔301分布为多个同心环形,例如等弧长环形分布等,如图2(c)所示。或者,多个喷孔301可以根据目标去除函数形状以不等间距分布,如图2(d)所示。该目标去除函数可以根据待抛光工件的形状、材质或者其他具体的抛光要求来确定。

[0059] 在喷孔座3上设置的多个喷孔301可以根据需要设计不同的尺寸,一般而言,每个喷孔301的直径可以小于2mm。

[0060] 喷孔座3可以使用硬质材料形成,比如硬质不锈钢、硬质合金或宝石材料等。或者,喷孔座3中分布有多个喷孔301的区域可以由硬质材料形成。例如,可采用嵌入式设计,将喷孔301集中分布的区域采用硬质材料,然后将其嵌入于喷孔座3上。

[0061] 喷孔座3的上表面和下表面中的至少一个可以为平面、凹面或凸面。如图3(a)所示,喷孔座3的上表面的形状可以是平面,下表面的形状可以是凹面。如图3(b)所示,喷孔座3的上表面的形状可以是平面,下表面的形状可以是凸面。根据待加工工件表面形状的不同以及需要的去除函数形状的不同,喷孔座3的下表面的形状可进行适当的变换。

[0062] 在本公开的实施例中,喷孔座3中设置的喷孔301的形状也可以变化。例如,如图4所示,喷孔座3上喷孔301的形状可以是孔的上下直径恒定的柱形孔(参见图4从左至右数第一个孔形状),或者可以是包括倒锥台和下柱体形成的孔(参见图4从左至右数第二个孔形状),或者可以是上部直径大于下部直径的倒锥形孔(参见图4从左至右数第三个孔形状),或者可以是上部直径小于下部直径的锥形孔(参见图4从左至右数第四个孔形状),或者可以是孔壁形成平滑曲线的孔(参见图4从左至右数第五个孔形状)。喷孔座3中的喷孔301可以沿着喷孔座3的厚度方向贯穿喷孔座3。

[0063] 由于喷孔301的形状直接影响喷出的单一射流的轮廓及质量,将导致最终总的射流的轮廓和质量,因此可根据实际的应用需求,更改不同的喷孔301形状实现不同的加工目

的。

[0064] 此外,喷孔座3上的喷孔301也可以改成多个独立的喷嘴垂直安装其上,喷嘴按一定规律的阵列分布,保证每个喷嘴执行独立的抛光工序。

[0065] 为了验证本公开提供的多射流抛光工具的可行性,设计了并加工了两种五孔射流抛光工具,孔的分布如图5(c)和图5(e)图所示,并提供了一个单射流抛光工具作为比较例,如图5(a)所示。设定的抛光液系统压力均为10bar,多射流抛光工具距离工件表面的距离为10mm,加工后对应的去除函数分别如图5中的(b)图、(d)图和(f)图所示。图5(b)图为如图5(a)所示的单一喷孔射流的去除函数,其峰值去除效率(PRR)为 $7.54\mu\text{m}/\text{min}$,体积去除效率(VRR)为 $0.017\text{mm}^3/\text{min}$ 。图5(d)为如图5(c)所示的直线分布5孔射流工具的去除函数,其峰值去除效率为 $3.77\mu\text{m}/\text{min}$,体积去除效率为 $0.044\text{mm}^3/\text{min}$ 。图5(f)为如图5(e)所示的环形分布的5孔射流工具的去除函数,其峰值去除效率为 $7.39\mu\text{m}/\text{min}$,体积去除效率为 $0.079\text{mm}^3/\text{min}$ 。由于受试验系统泵功率的影响,对于直线分布的5孔射流工具,设定压力为10bar时,稳定后的压力仅为 $7.5\pm 0.1\text{bar}$,而对于环形分布的5孔射流工具,其稳定后压力为 $9\pm 0.1\text{bar}$,因此后者的去除效率明显高于前者。对比环形5孔射流工具,其抛光效率是单一喷孔射流的4.65倍,接近五倍,因此证明了多射流抛光工具相对于单一射流抛光工具可大幅度的提高抛光效率。

[0066] 图6示出根据一示例性实施例的抛光系统的示意图。该抛光系统可以包括抛光液供给部M1、如上文提到的多射流抛光工具、工作台M3以及数控系统M4。抛光液供给部M1用于供应抛光液。多射流抛光工具中的转接头1可以接收抛光液,并将抛光液输送到缓冲腔2,抛光液经由缓冲腔2流入喷孔301射出,进而对工作台M3上的工件P进行抛光。数控系统M4可以在抛光过程中控制所述多射流工具与所述待抛光工件之间的距离和/或角度。可选地,该抛光系统还可以包括抛光液回收系统M2,用于回收抛光液。

[0067] 例如,当采用本公开提供的抛光系统进行均匀抛光时(也称作粗抛光或者保形抛光)时,具体实施步骤可以如下:

[0068] 步骤S1:通过抛光液供给部M1,使得流出多个喷孔301的射流压强符合抛光的要求。

[0069] 步骤S2:将工件P固定于工作台M3上,工件P的尺寸可以大于或小于工具的尺寸,通过数控系统M4控制多射流抛光工具与工件P的距离在加工过程中保持恒定,一般为喷孔直径的5至12倍,以保证抛光过程中去除函数一致。对于加工自由曲面时,多射流抛光工具的摆角可由数控系统M4控制,使得喷射距离沿着工件P表面的法线方向的距离保持恒定。对于工件P的尺寸小于工具的尺寸的情况,如图7所示,则可实现全口径的抛光,当喷孔间距足够密时,甚至无需工件的进给运动;对于工件P的尺寸大于工具的尺寸的情况,如图8所示,其原理类似于子孔径抛光方法,通过进给运动实现对工件不同位置处的材料去除。

[0070] 步骤S3:利用数控系统M4控制多射流抛光工具和工件P的进给,使得多射流抛光工具扫描整个工件P,实现整个表面的抛光。多射流工具喷射出的射流如图6中J所示。

[0071] 采用本公开提供的抛光工具,可以实现对透镜阵列等结构阵列的抛光。如图9示出采用本公开的多射流抛光工具对16个圆形透镜组成的阵列进行抛光的示例。具体而言,当加工透镜阵列时,图9中所示为16个圆形透镜阵列,采用定制的16束射流抛光工具,如图9中黑色实心圆所示。当抛光时,每束射流在对应的透镜中按一定的抛光路径(如各透镜中的弯

折线路所示)进行抛光,假设抛光单一透镜耗时20分钟,若使用单一射流工具抛光该透镜阵列,则需耗时320分钟。但当使用16束射流抛光工具时,则仅需20分钟。因此进一步说明了多射流抛光工具加工的高效性。

[0072] 综上所述,根据本公开的技术方案,至少能够得到以下技术效果中的一部分:

[0073] (1)在保证单一射流能量不变或接近、材料的去除行为与单一射流的一致的基础上,通过增加射流束数量,相对于单一射流抛光方法大大提高了抛光效率。

[0074] (2)由于不是通过提高流经单一喷孔或喷嘴的压力来提高抛光效率,因而可以避免材料发生脆性断裂去除。而且,通过设置多个喷孔来增加射流束数量,而不是增大单一喷孔或喷嘴的直径,能够避免中心区域的压力过度增大的问题。

[0075] (3)本公开提供的技术方案使得射流抛光方法应用于中大尺寸的工件的抛光成为可能,比如可以应用于强激光光学元件和太空望远镜光学玻璃的粗抛(保形抛光)阶段。

[0076] (4)对于小尺寸工件,可实现利用射流抛光工具进行全口径抛光,实现快速抛光,极大缩短抛光时间。

[0077] (5)抛光过程中不存在发热的问题,不会引发工件的热变形。

[0078] (6)本公开的技术方案不仅适用于平面的抛光,也适用于各种自由曲面的抛光,包括非球面和功能结构表面等,对于提高透镜阵列等结构阵列的抛光效率尤为显著。

[0079] (7)在本公开的技术方案中,根据不同加工工件的要求可以设计不同的喷孔阵列分布形状、喷孔形状、喷嘴阵列分布形状,并且喷孔座的表面形状也可以根据具体的抛光要求而设计,因而设计制造成本相对低于其他抛光方法。

[0080] 应清楚地理解,本公开描述了如何形成和使用特定示例,但本公开的原理不限于这些示例的任何细节。相反,基于本公开公开的内容的教导,这些原理能够应用于许多其它实施方式。

[0081] 以上具体地示出和描述了本公开的示例性实施方式。应可理解的是,本公开不限于这里描述的详细结构、设置方式或实现方法;相反,本公开意图涵盖包含在所附权利要求的精神和范围内的各种修改和等效设置。

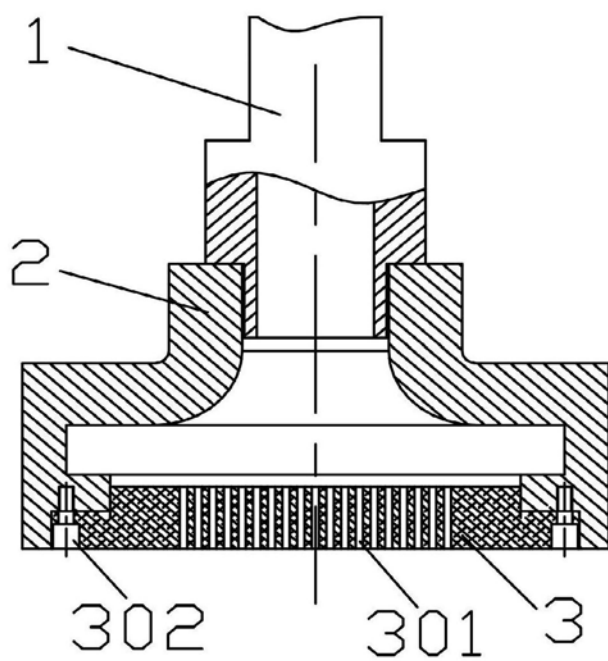


图1 (a)

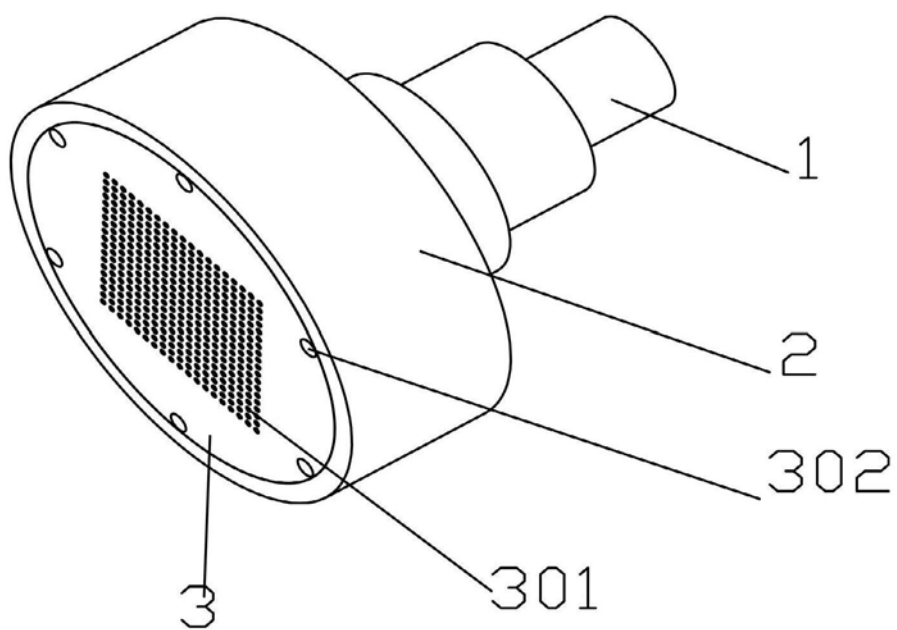


图1 (b)

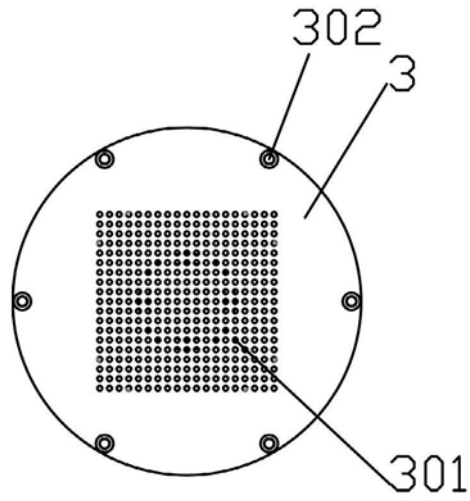


图2 (a)

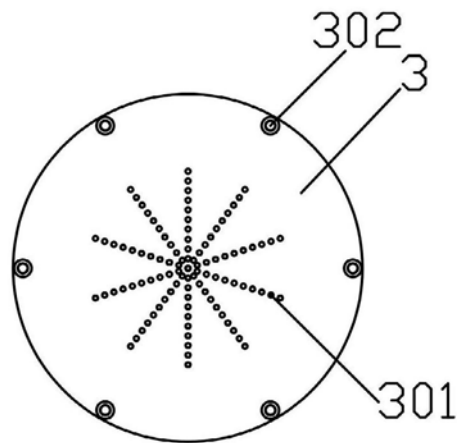


图2 (b)

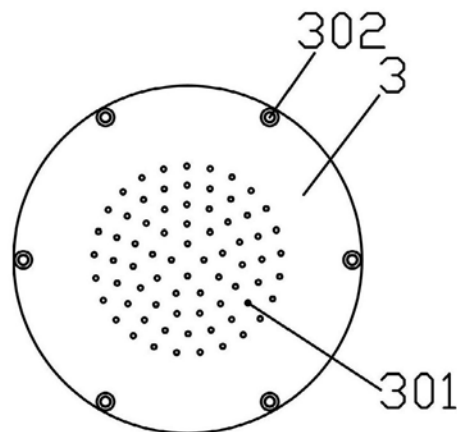


图2 (c)

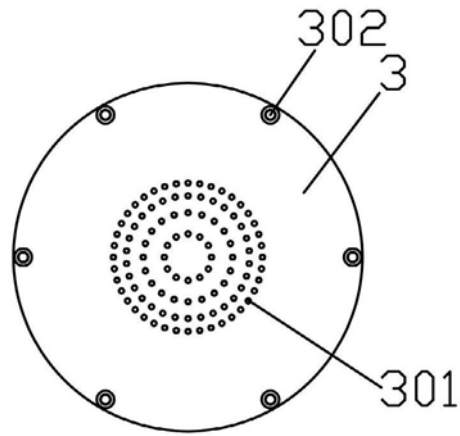


图2 (d)

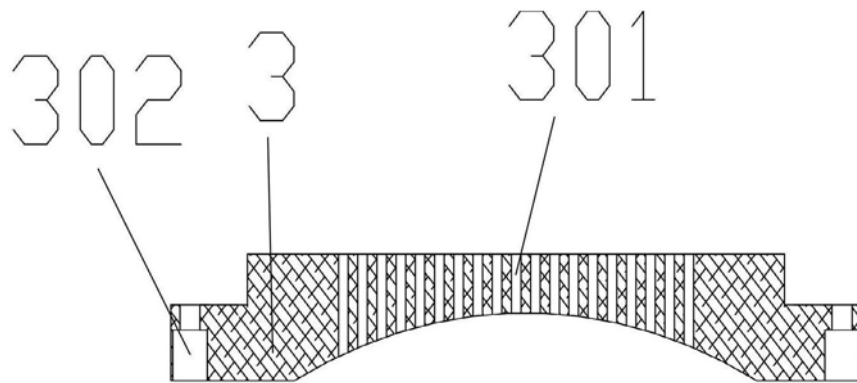


图3 (a)

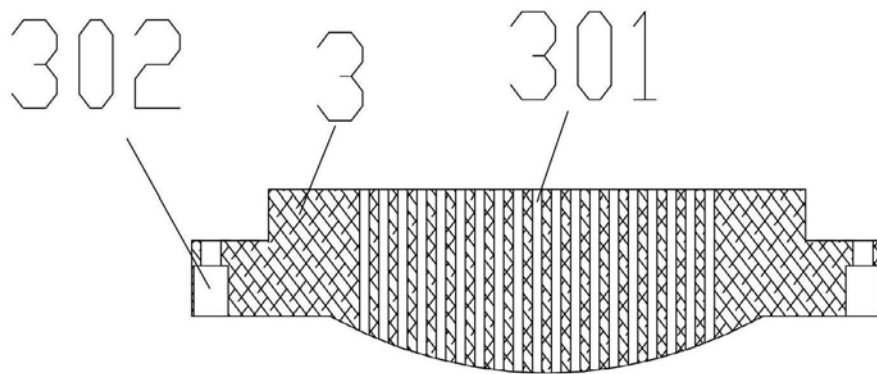


图3 (b)

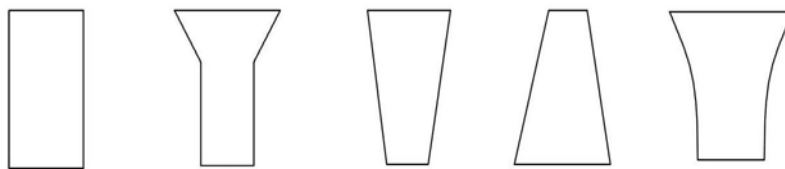


图4



图5 (a)

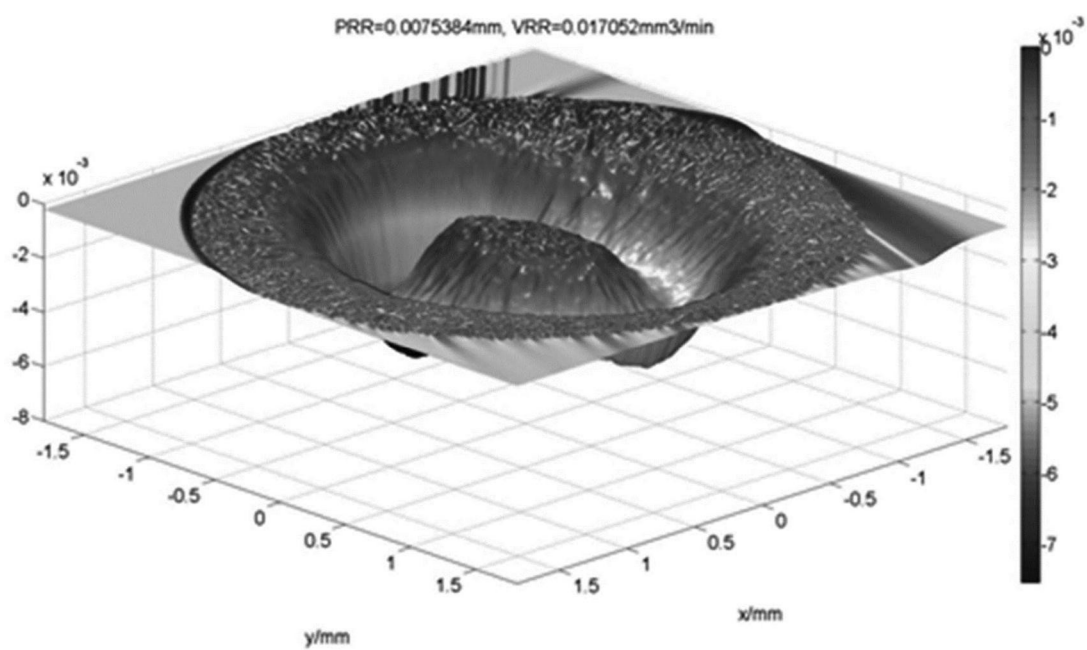


图5 (b)

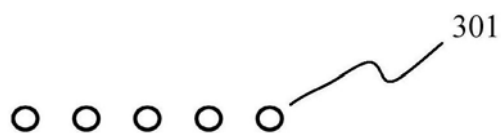


图5 (c)

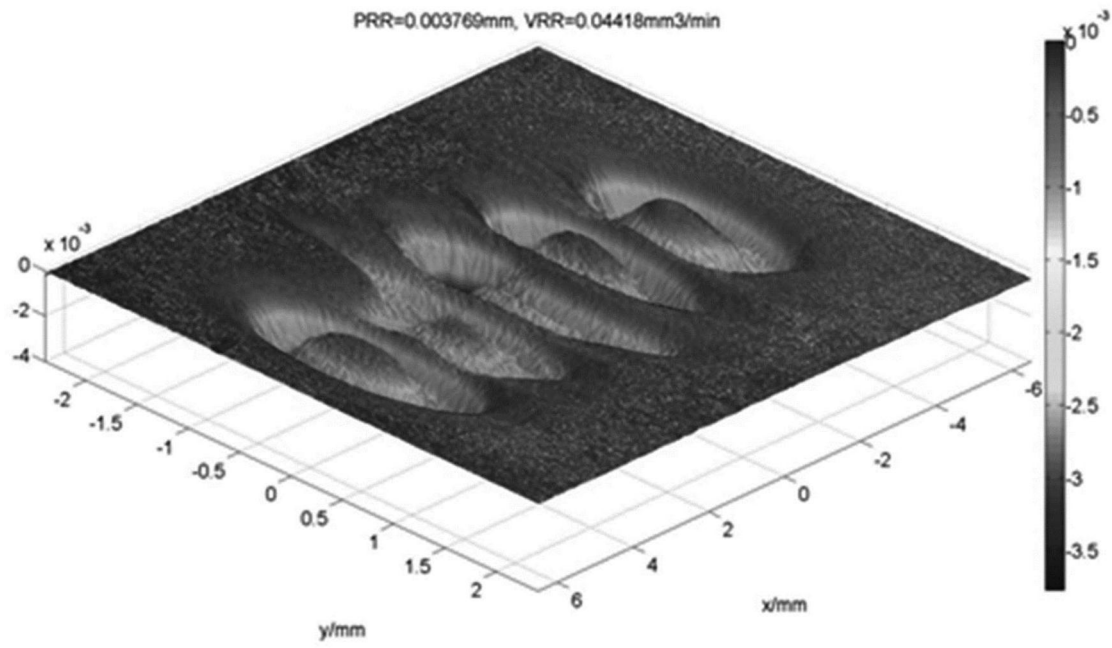


图5 (d)

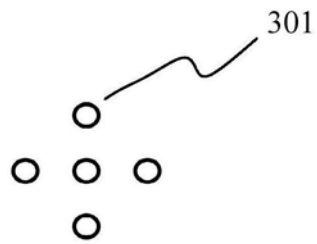


图5 (e)

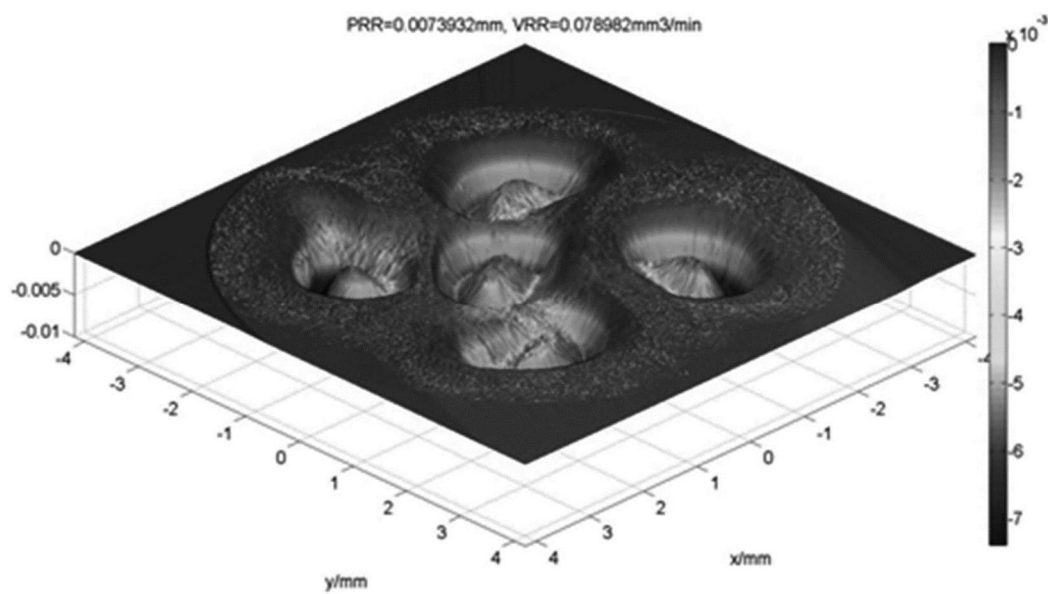


图5 (f)

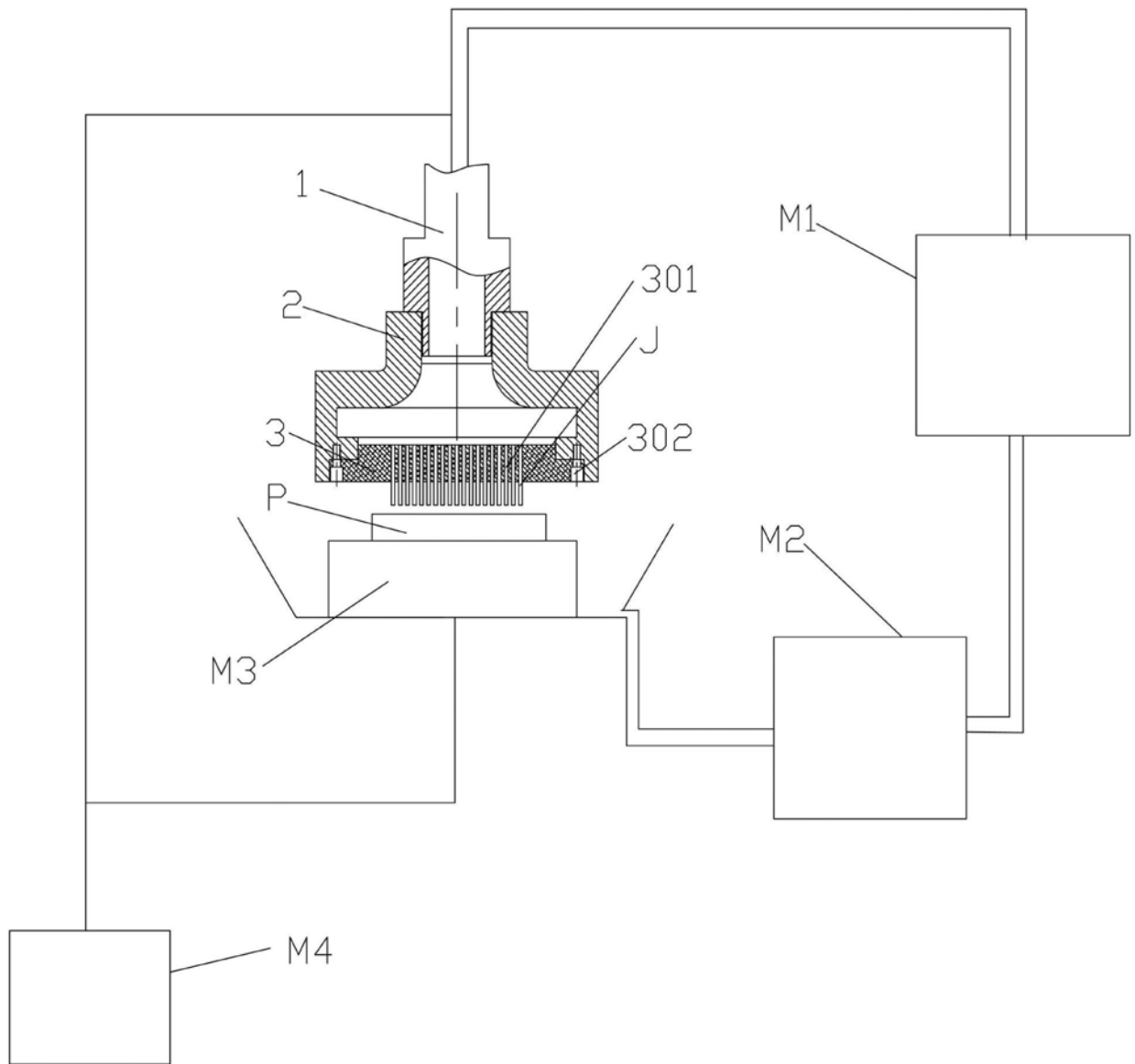


图6

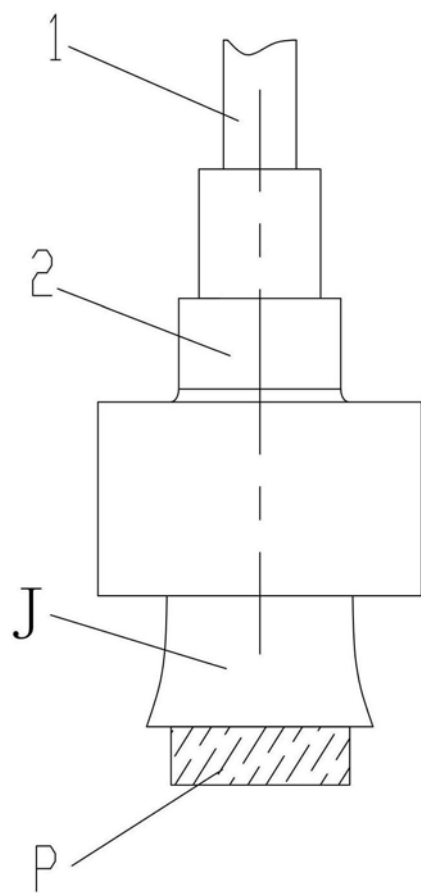


图7

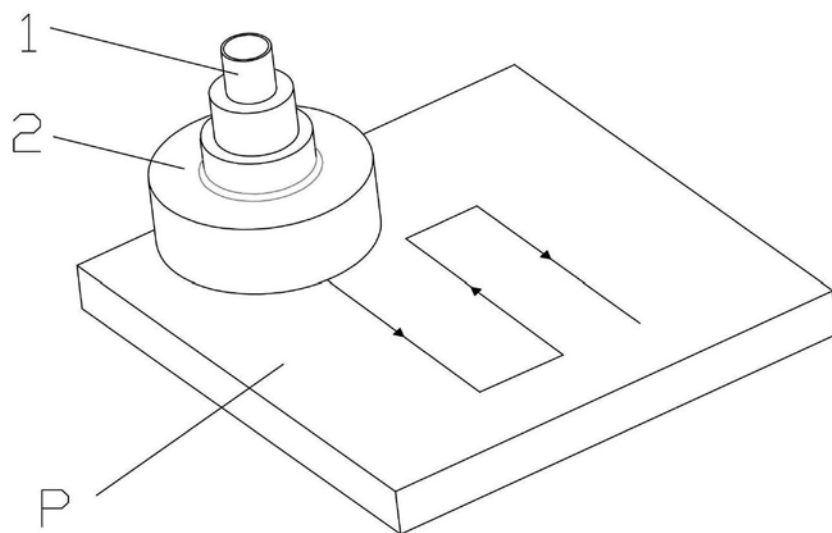


图8

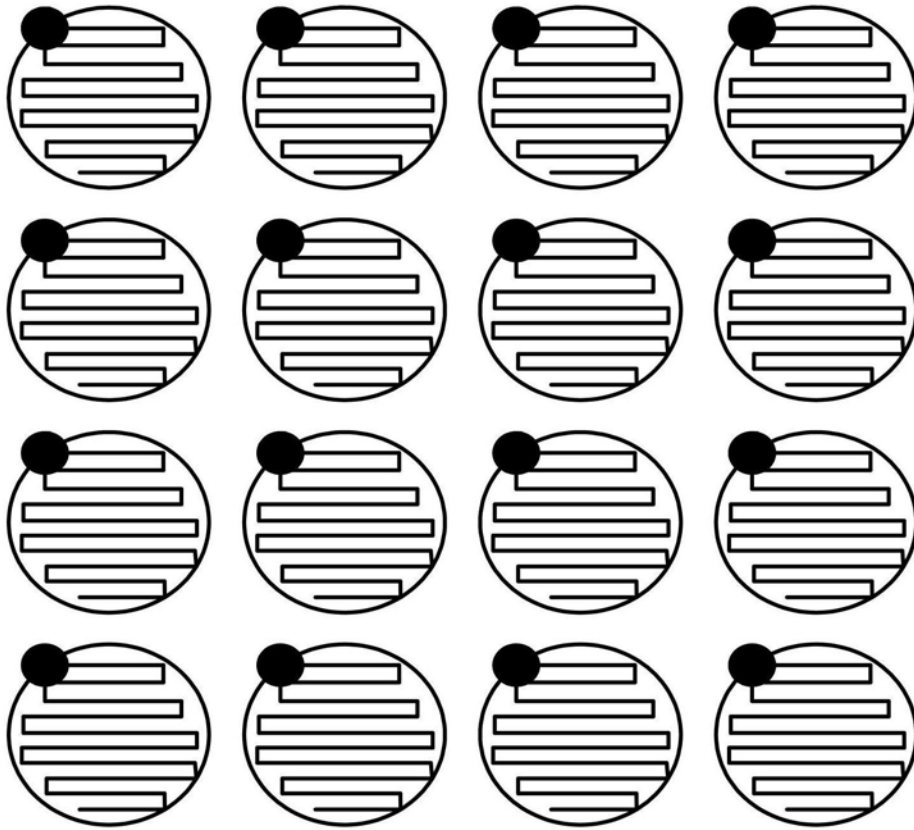


图9