



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110635711 B

(45) 授权公告日 2024.06.14

(21) 申请号 201910602746.2

H02N 2/04 (2006.01)

(22) 申请日 2019.07.05

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 209731108 U, 2019.12.03

申请公布号 CN 110635711 A

审查员 夏明

(43) 申请公布日 2019.12.31

(73) 专利权人 季华实验室

地址 528200 广东省佛山市南海区桂城南  
平西路13号承业大厦13层

(72) 发明人 杨晓峰 王振华 康华洲 郝凌凌  
陈庆生

(74) 专利代理机构 上海上谷知识产权代理有限  
公司 31342

专利代理师 蔡继清 姜龙

(51) Int. Cl.

H02N 2/02 (2006.01)

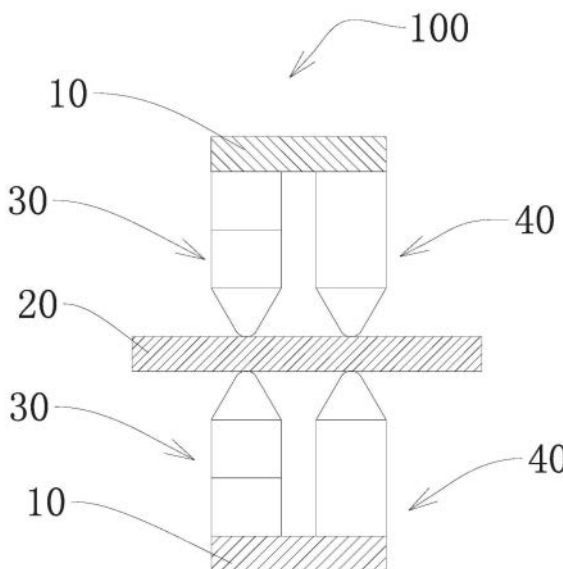
权利要求书2页 说明书10页 附图19页

(54) 发明名称

纳米位移直线步进电机

(57) 摘要

本发明公开了一种纳米位移直线步进电机，包括电机外壳、电机动子、至少一对第一压电陶瓷驱动器和至少一对第二压电陶瓷驱动器。电机动子安装于电机外壳内，至少一对第一压电陶瓷驱动器关于电机动子对称布置并安装于电机外壳上，至少一对第二压电陶瓷驱动器关于电机动子对称布置并安装于电机外壳上。至少一对第一压电陶瓷驱动器的顶端与电机动子接触从而至少提供轴向作用力和轴向位移，至少一对第二压电陶瓷驱动器的顶端与电机动子接触从而至少提供径向作用力和径向位移。本发明的纳米位移直线步进电机具有结构简单、精度高的优点。



1. 一种纳米位移直线步进电机,其特征在于,所述纳米位移直线步进电机包括电机外壳、电机定子、至少一对第一压电陶瓷驱动器和至少一对第二压电陶瓷驱动器,

所述电机定子安装于所述电机外壳内,

所述至少一对第一压电陶瓷驱动器关于所述电机定子对称布置并安装于所述电机外壳上,

所述至少一对第二压电陶瓷驱动器关于所述电机定子对称布置并安装于所述电机外壳上,以及

所述至少一对第一压电陶瓷驱动器的顶端与所述电机定子接触从而至少提供轴向作用力和轴向位移以驱动所述电机定子移动,所述至少一对第二压电陶瓷驱动器的顶端与所述电机定子接触从而至少提供径向作用力和径向位移;

所述第一压电陶瓷驱动器包括弯曲位移叠堆和摆臂,所述弯曲位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,其中,所述弯曲位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖间隔开的电极层从而形成第一组电极层和第二组电极层;先向所述第一组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆形成一定角度的弯曲,然后再向第二组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆恢复竖直状态,再将所述第一组电极层或所述第二组电极层的电压降低至零,使所述弯曲位移叠堆再次形成一定角度的弯曲,从而使定子往复摆动或向同一方向移动,其中所述摆臂用于放大所述弯曲位移叠堆的位移量;

所述第一压电陶瓷驱动器还包括厚度位移叠堆,所述厚度位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,所述厚度位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖全电极层,从而所述第一压电陶瓷驱动器还能够提供径向作用力和径向位移;

所述第二压电陶瓷驱动器包括厚度位移叠堆和摆臂,所述厚度位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,所述厚度位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖全电极层,使得所述第二压电陶瓷驱动器能够提供径向作用力和径向位移;

所述第二压电陶瓷驱动器还包括弯曲位移叠堆,所述第二压电陶瓷驱动器还能够提供轴向作用力和轴向位移;

所述纳米位移直线步进电机包括两对第一压电陶瓷驱动器和两对第二压电陶瓷驱动器,所述两对第一压电陶瓷驱动器排成一列,以及所述两对第二压电陶瓷驱动器排成另一列;

所述摆臂的一端与所述定子接触,所述厚度位移叠堆用于使所述定子未进行动作时所述摆臂与所述定子的分离,而在所述定子在进行动作时,使所述摆臂与所述定子接触并施加压力;

所述厚度位移叠堆的一端连接所述弯曲位移叠堆,以及所述厚度位移叠堆的另一端连接所述摆臂;

所述厚度位移叠堆和所述弯曲位移叠堆是共烧叠堆,和/或所述厚度位移叠堆和所述弯曲位移叠堆是有机胶粘剂粘接叠堆,和/或所述厚度位移叠堆和所述弯曲位移叠堆是玻璃浆料烧结工艺形成的叠堆;

所述厚度位移叠堆、弯曲位移叠堆和摆臂之间的连接是共烧连接、和/或有机胶黏剂粘接连接、和/或玻璃浆料烧结工艺连接;

所述摆臂的截面形状为矩形、三角形、半球形、倒T形和/或所述摆臂的底面为方形而顶

部为圆弧形、半球形和/或倒T形；

所述厚度位移叠堆的电极层是完全电极的或所述电极层的边缘距离陶瓷边缘间距位于0-1mm之间；

所述弯曲位移叠堆的电极层包括间隔开的四个电极层,四个电极层为扇形结构,每一个电极与另一个电极都间隔开,其中两部分内电极的距离间隙位于0.1mm-2mm之间；

所述第一压电陶瓷驱动器、第二压电陶瓷驱动器的截面边长范围位于1mm-50mm之间；

所述厚度位移叠堆的高度位于0.1mm-100mm之间；

所述弯曲叠堆的高度位于0.1mm-100mm之间；

所述摆臂的高度位于0.1mm-100mm之间。

2.一种纳米位移直线步进电机,其特征在于,所述纳米位移直线步进电机包括电机外壳、电机定子、至少一对第一压电陶瓷驱动器、导轨和滑块,所述电机定子的一侧通过所述导轨和滑块安装在所述电机外壳的顶部,所述至少一对第一压电陶瓷驱动器并排安装在所述电机外壳的底部,且所述第一压电陶瓷驱动器的顶部与所述电机定子接触并至少提供轴向作用力和轴向位移；

所述第一压电陶瓷驱动器包括弯曲位移叠堆和摆臂,所述弯曲位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,其中,所述弯曲位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖间隔开的电极层从而形成第一组电极层和第二组电极层；

运行时先向所述第一组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆形成一定角度的弯曲,然后再向第二组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆恢复竖直状态,再将所述第一组电极层或所述第二组电极层的电压降低至零,使所述弯曲位移叠堆再次形成一定角度的弯曲,从而使定子往复摆动或向同一方向移动,其中所述摆臂用于放大所述弯曲位移叠堆的位移量；

所述第一压电陶瓷驱动器还包括厚度位移叠堆,所述厚度位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,所述厚度位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖全电极层,从而所述第一压电陶瓷驱动器还能够提供径向作用力和径向位移；

所述厚度位移叠堆的一端连接所述弯曲位移叠堆,以及所述厚度位移叠堆的另一端连接所述摆臂；

所述厚度位移叠堆的电极层是完全电极的或所述电极层的边缘距离陶瓷边缘间距位于0-1mm之间；

所述弯曲位移叠堆的电极层包括间隔开的四个电极层,四个电极层为扇形结构,每一个电极与另一个电极都间隔开,其中两部分内电极的距离间隙位于0.1mm-2mm之间；

所述第一压电陶瓷驱动器的截面边长范围位于1mm-50mm之间；

所述厚度位移叠堆的高度位于0.1mm-100mm之间；

所述弯曲叠堆的高度位于0.1mm-100mm之间；

所述摆臂的高度位于0.1mm-100mm之间。

## 纳米位移直线步进电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及集成电路装备制造领域,具体涉及一种纳米位移直线步进电机。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着大规模集成电路器件集成度不断提高,工件台的精度需求不断提高,尤其是在光刻机和膜厚检测中的载台以及物镜的调控等模块的运动精度,运动行程随着工件台需求的提高而逐年提升。位移驱动技术也在不断的改进,使压电陶瓷微位移驱动器得到大量的应用。现阶段,在精密驱动中主要的方式有:机械丝杠、直线电机和压电陶瓷致动器,而在纳米级的位移驱动中主要是压电陶瓷驱动器。

[0003] 某专利采用多个厚度位移叠堆的组合,形成对动子的加压和驱动动作,结构复杂,造价昂贵,制作工艺复杂,不容易商业化。

[0004] 某专利利用四组厚度位移叠堆和轴向位移叠堆的组合驱动中心轴步进式运动,这种叠堆在制作中轴向压电叠堆在制作过程中工艺复杂,切需要有机胶体进行粘接,不能用共烧工艺实现,由于有机胶体的存在,使压电驱动器在抗时间老化和在较恶劣温度和光照环境下,很容易出现失效。

[0005] 目前压电陶瓷直线电机主要应用如PI公司和PM公司,其轴向位移的提供主要利用压电陶瓷的轴向极化的压电陶瓷片提供,所以其制作必须要先制作出轴向位移陶瓷片,再将陶瓷片进行有机胶层粘接,所以制作工艺复杂,且由于有机胶层的存在,导致其抗光照和耐温度老化特性受限,而轴向压电陶瓷片在压电陶瓷特性退化后不可回复的特性也导致了这种压电陶瓷电机使用的受限。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种纳米位移直线步进电机,以解决上述现有技术中存在的问题。

[0007] 为了解决上述问题,根据本发明的一个方面,提供了一种纳米位移直线步进电机,其特征在于,所述纳米位移直线步进电机包括电机外壳、电机动子、至少一对第一压电陶瓷驱动器和至少一对第二压电陶瓷驱动器,

[0008] 所述电机动子安装于所述电机外壳内,

[0009] 所述至少一对第一压电陶瓷驱动器关于所述电机动子对称布置并安装于所述电机外壳上,

[0010] 所述至少一对第二压电陶瓷驱动器关于所述电机动子对称布置并安装于所述电机外壳上,

[0011] 所述至少一对第一压电陶瓷驱动器的顶端与所述电机动子接触从而至少提供轴向作用力和轴向位移,所述至少一对第二压电陶瓷驱动器的顶端与所述电机动子接触从而至少提供径向作用力和径向位移。

[0012] 在一个实施例中,所述第一压电陶瓷驱动器包括弯曲位移叠堆和摆臂,所述弯曲

位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,其中,所述弯曲位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖间隔开的电极层从而形成第一组电极层和第二组电极层。

[0013] 在一个实施例中,运行时先向所述第一组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆形成一定角度的弯曲,然后再向第二组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆恢复竖直状态,再将所述第一组电极层或所述第二组电极层的电压降低至零,使所述弯曲位移叠堆再次形成一定角度的弯曲,从而使动子往复摆动或向同一方向移动,其中所述摆臂用于放大所述弯曲位移叠堆的位移量。

[0014] 在一个实施例中,所述第一压电陶瓷位移驱动器还包括厚度位移叠堆,所述厚度位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,所述厚度位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖全电极层,从而所述第一压电陶瓷驱动器还能够提供径向作用力和径向位移。

[0015] 在一个实施例中,所述第二压电陶瓷位移驱动器包括厚度位移叠堆和摆臂,所述厚度位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,所述厚度位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖全电极层,使得所述第二压电陶瓷驱动器能够提供径向作用力和径向位移。

[0016] 在一个实施例中,所述第二压电陶瓷位移驱动器还包括弯曲位移叠堆,所述弯曲位移叠堆安装于所述厚度位移叠堆与所述摆臂之间,使得所述第二压电陶瓷位移驱动器还能够提供轴向作用力和轴向位移。

[0017] 在一个实施例中,所述纳米位移直线步进电机包括两对第一压电陶瓷驱动器和两对第二压电陶瓷驱动器,所述两对第一压电陶瓷驱动器和所述两对第二压电陶瓷驱动器排成一列。

[0018] 在一个实施例中,所述纳米位移直线步进电机包括两对第一压电陶瓷驱动器和两对第二压电陶瓷驱动器,所述两对第一压电陶瓷驱动器排成一列,以及所述两对第二压电陶瓷驱动器排成另一列。

[0019] 在一个实施例中,所述摆臂的一端与所述动子接触,以及所述摆臂的另一端与所述弯曲位移叠堆或厚度位移叠堆接触,所述厚度位移叠堆用于使所述动子未进行动作时所述摆臂与所述动子的分离,而在所述动子在进行动作时,使所述摆臂与所述动子接触并施加压力。

[0020] 在一个实施例中,所述厚度位移叠堆的一端连接所述弯曲位移叠堆,以及所述厚度位移叠堆的另一端连接所述摆臂。

[0021] 在一个实施例中,所述弯曲位移叠堆的一端连接所述厚度位移叠堆,以及所述弯曲位移叠堆的另一端连接所述摆臂。

[0022] 在一个实施例中,所述摆臂的一端连接厚度位移叠堆,以及所述摆臂的另一端连接所述弯曲位移叠堆。

[0023] 在一个实施例中,所述压电陶瓷位移驱动器包括多个所述弯曲位移叠堆和/或多个所述厚度位移叠堆。

[0024] 在一个实施例中,所述厚度位移叠堆和所述弯曲位移叠堆是共烧叠堆,和/或所述厚度位移叠堆和所述弯曲位移叠堆是有机胶粘剂粘接叠堆,和/或所述厚度位移叠堆和所述弯曲位移叠堆是玻璃浆料烧结工艺形成的叠堆。

[0025] 在一个实施例中,所述厚度位移叠堆、弯曲位移叠堆和摆臂之间的连接是共烧连接、和/或有机胶黏剂粘接连接、和/或玻璃浆料烧结工艺连接。

[0026] 在一个实施例中,所述摆臂的截面形状为矩形、三角形、半球形、倒T形和/或所述摆臂的底面为方形而顶部为圆弧形、半球形和/或倒T形;

[0027] 在一个实施例中,所述厚度位移叠堆的电极层是完全电极的或所述电极层的边缘距离陶瓷边缘间距位于0-1mm之间;

[0028] 在一个实施例中,所述弯曲位移叠堆的电极层是由分割开的两部分或多个部分的分割电极组成,其中两部分内电极的距离间隙位于0.1mm-2mm之间;

[0029] 在一个实施例中,所述压电陶瓷位移驱动器的截面边长范围位于1mm-50mm之间;

[0030] 在一个实施例中,所述厚度位移叠堆的高度位于0.1mm-100mm之间;

[0031] 在一个实施例中,所述弯曲叠堆的高度可以位于0.1mm-100mm之间;

[0032] 在一个实施例中,所述摆臂的高度位于0.1mm-100mm之间。

[0033] 根据本发明的另一方面,提供了一种纳米位移直线步进电机,所述纳米位移直线步进电机包括电机外壳、电机动子、至少一对第一压电陶瓷驱动器、导轨和滑块,所述电机动子的一侧通过所述导轨和滑块安装在所述电机外壳的顶部,所述至少一对第一压电陶瓷驱动器并排安装在所述电机外壳的底部,且所述第一压电陶瓷驱动器的顶部与所述电机动子接触并至少提供轴向作用力和轴向位移。

[0034] 在一个实施例中,所述第一压电陶瓷驱动器包括弯曲位移叠堆和摆臂,所述弯曲位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,其中,所述弯曲位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖间隔开的电极层从而形成第一组电极层和第二组电极层。

[0035] 在一个实施例中,运行时先向所述第一组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆形成一定角度的弯曲,然后再向第二组电极层加电,使所述弯曲位移叠堆恢复竖直状态,再将所述第一组电极层或所述第二组电极层的电压降低至零,使所述弯曲位移叠堆再次形成一定角度的弯曲,从而使动子往复摆动或向同一方向移动,其中所述摆臂用于放大所述弯曲位移叠堆的位移量。

[0036] 在一个实施例中,所述第一压电陶瓷位移驱动器还包括厚度位移叠堆,所述厚度位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成,所述厚度位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖全电极层,从而所述第一压电陶瓷驱动器还能够提供径向作用力和径向位移。

[0037] 根据本发明的另一方面,提供了一种纳米位移直线步进电机,所述纳米位移直线步进电机包括电机外壳、电机动子、至少一对第一压电陶瓷驱动器和至少一对第二压电陶瓷驱动器,

[0038] 所述电机动子安装于所述电机外壳内,

[0039] 所述至少一对第一压电陶瓷驱动器关于所述电机动子对称布置并安装于所述电机动子上,

[0040] 所述至少一对第二压电陶瓷驱动器关于所述电机动子对称布置并安装于所述电机动子上,

[0041] 所述至少一对第一压电陶瓷驱动器的顶端与所述电机外壳接触从而至少提供轴向作用力和轴向位移,

[0042] 所述至少一对第二压电陶瓷驱动器的顶端与所述电机外壳接触从而至少提供径向作用力和径向位移。

[0043] 本发明实现压电陶瓷电机的高精度位移,并使得压电陶瓷电机具有高驱动作用力,解决现有技术中压电陶瓷电机的耐光照、温度老化等环境特性问题,以及解决了现有技术中压电陶瓷步进电机的轴向位移叠堆在性能退化后无法回复电性能的问题。

### 附图说明

[0044] 图1是本发明一实施例的高精度的纳米位移直线步进电机结构示意图。

[0045] 图2是本发明第一实施例的高精度的压电陶瓷位移驱动器截面示意图。

[0046] 图3a-d示出图2的压电陶瓷位移驱动器的动作的示意图。

[0047] 图4a-d是图2的压电陶瓷位移驱动器的电极层极化方向和电场施加状态示意图。

[0048] 图5是本发明第二实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。

[0049] 图6是本发明第三实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。

[0050] 图7是图5的弯曲位移叠堆的电极层的电极结构示意图。

[0051] 图8是本发明第四实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。

[0052] 图9是本发明第五实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。

[0053] 图10是本发明第一压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。

[0054] 图11是本发明第二压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。

[0055] 图12a-12f对本发明一实施例的高精度的纳米位移直线步进电机的运动过程进行图示说明。

[0056] 图13a-13h对另一实施例的高精度的纳米位移直线步进电机进行的运动过程进行图示说明。

[0057] 图14示出另一实施例的纳米位移直线步进电机的结构示意图。

[0058] 图15a-b示出另一实施例的纳米位移直线步进电机的结构示意图,其中图15b是图15a的侧视图。

[0059] 图16示出另一实施例的纳米位移直线步进电机的结构示意图。

[0060] 图17示出另一实施例的纳米位移直线步进电机的结构示意图。

### 具体实施方式

[0061] 以下将结合附图对本发明的较佳实施例进行详细说明,以便更清楚理解本发明的目的、特点和优点。应理解的是,附图所示的实施例并不是对本发明范围的限制,而只是为了说明本发明技术方案的实质精神。

[0062] 在下文的描述中,出于说明各种公开的实施例的目的阐述了某些具体细节以提供对各种公开实施例的透彻理解。但是,相关领域技术人员将认识到可在无这些具体细节中的一个或多个细节的情况下来实践实施例。在其它情形下,与本申请相关联的熟知的装置、结构和技术可能并未详细地示出或描述从而避免不必要地混淆实施例的描述。

[0063] 在整个说明书中对“一个实施例”或“一实施例”的提及表示结合实施例所描述的特定特点、结构或特征包括于至少一个实施例中。因此,在整个说明书的各个位置“在一个实施例中”或“在一实施例”中的出现无需全都指相同实施例。另外,特定特点、结构或特征

可在一个或多个实施例中以任何方式组合。

[0064] 在以下描述中,为了清楚展示本发明的结构及工作方式,将借助诸多方向性词语进行描述,但是应当将“前”、“后”、“左”、“右”、“外”、“内”、“向外”、“向内”、“上”、“下”等词语理解为方便用语,而不应当理解为限定性词语。

[0065] 根据本发明的一方面,可以解决现有压电陶瓷步进电机结构复杂,不容易实现商业化使用,或制造工艺复杂,成本高的问题。根据本发明的另一个方面,还可以解决现有压电陶瓷步进电机轴向位移叠堆必须要使用有机胶体粘接制作,使电机在对抗有机胶体的抗光照和温度老化等环境特性寿命较短的问题。根据本发明的另一方面,还可以解决现有压电陶瓷步进电机轴向位移叠堆无法在性能退化后通过加电恢复电性能的问题。根据本发明的另一方面,还可以解决现有技术中压电陶瓷轴向位移低电压驱动形成大行程的问题。

[0066] 本发明总体上涉及一种纳米位移直线步进电机,包括电机外壳、电机定子、至少一对第一压电陶瓷驱动器和至少一对第二压电陶瓷驱动器。电机定子安装于电机外壳内,至少一对第一压电陶瓷驱动器关于电机定子对称布置并安装于电机外壳上。至少一对第二压电陶瓷驱动器关于电机定子对称布置并安装于电机外壳上。至少一对第一压电陶瓷驱动器的顶端与电机定子接触从而至少提供轴向作用力和轴向位移。至少一对第二压电陶瓷驱动器的顶端与电机定子接触从而至少提供径向作用力和径向位移。

[0067] 在一个实施例中,第一压电陶瓷驱动器包括弯曲位移叠堆和摆臂。弯曲位移叠堆由多个压电陶瓷片堆叠形成或多层共烧工艺直接制作而成。弯曲位移叠堆的压电陶瓷片的表面覆盖间隔开的电极层从而形成第一组电极层和第二组电极层。运行时,先向第一组电极层加电,使弯曲位移叠堆形成一定角度的弯曲,然后再向第二组电极层加电,使弯曲位移叠堆恢复竖直状态,再将第一组电极层或第二组电极层的电压降低至零,使弯曲位移叠堆再次形成一定角度的弯曲,从而使定子往复摆动或向同一方向移动。摆臂用于放大弯曲位移叠堆的位移量。

[0068] 下面结合附图对本发明的纳米位移直线步进电机的各示例实施例进行具体描述。

#### [0069] 实施例1

[0070] 图1是本发明一实施例的高精度的纳米位移直线步进电机结构示意图。如图1所示,纳米位移直线步进电机100包括电机外壳10、电机定子20、至少一对第一压电陶瓷驱动器30和至少一对第二压电陶瓷驱动器40。电机定子20安装于电机外壳10内,至少一对第一压电陶瓷驱动器30关于电机定子20对称布置并安装于电机外壳10上。至少一对第二压电陶瓷驱动器40关于电机定子20对称布置并安装于电机外壳10上。至少一对第一压电陶瓷驱动器30的顶端与电机定子20接触从而至少提供轴向作用力和轴向位移。至少一对第二压电陶瓷驱动器40的顶端与电机定子20接触从而至少提供径向作用力和径向位移。

[0071] 下面结合图2-9对本发明的高精度的纳米位移直线步进电机的各种类型的压电陶瓷驱动器(可以是第一压电陶瓷驱动器,也可以是第二压电陶瓷驱动器)进行详细说明。

[0072] 图2是本发明第一实施例的高精度的压电陶瓷位移驱动器截面示意图。图3a-d示出图2的压电陶瓷位移驱动器的动作的示意图,图4a-d是图2的压电陶瓷位移驱动器的电极层极化方向和电场施加状态示意图。如图2-4所示,压电陶瓷位移驱动器包括厚度位移叠堆101、弯曲位移叠堆102、摆臂103。其中厚度位移叠堆101连接底座300、摆臂103接触定子200。其中厚度位移叠堆由10层0.5mm厚度压电陶瓷片106上下面覆着全电极层107组合而



成,相邻两片压电陶瓷片106的极化方向相反,如图4a-4d所示。

[0073] 弯曲位移叠堆102由10层厚度为0.5mm压电陶瓷片106堆叠组成,上下表面分别覆着分割电极108a和108b组成,同一片压电陶瓷片的两部分电极108a和108b的极化方向相同,相邻两片压电陶瓷的极化方向相反,如图4a-4d所示,分割电极108a和108b之间有一定的间隙,该间隙距离例如可以为1mm。摆臂103底面为正方形,边长为10mm,摆臂103的高度为 $5\arctan 60^\circ$ 。

[0074] 在本发明的压电陶瓷位移驱动器的第一实施例中,初始状态如图3a所示,压电陶瓷位移驱动器与底座300连接,而摆臂103端面与动子200相距一定的距离,大约5 $\mu\text{m}$ ;厚度位移叠堆101和弯曲位移叠堆102均不施加电场;第二步,对弯曲位移叠堆102的电极108a部分施加电场E,使瓷片弯曲的程度达到最大,再对厚度位移叠堆101施加电场E,使摆臂103的端点接触动子200并施加一定的压力,如图3b所示;第三步,对弯曲位移叠堆102的电极108b部分施加电场E,直到与108a部分施加的电场一致,驱动摆臂103回复到中间位置,同时推动动子200往右移动,厚度位移叠堆101施加电场E,保持摆臂103对动子200施加的压力,如图3c所示;第四步,减小向电极108a施加的电场,使弯曲位移叠堆102向右弯曲摆动,推动动子200继续向右运动,厚度位移叠堆101施加电场,保持摆臂对动子施加的压力,如图3d所示;第五步,去除施加在厚度位移叠堆101上的电场,使摆臂103脱离与动子200的接触,然后去除施加在弯曲位移叠堆102上的电场,使压电陶瓷位移驱动器最终回复到如图3a所示的初始状态。

[0075] 在第一实施例中,可以达到的最大摆动位移的大小由压电陶瓷的性能特性和摆臂的位移放大倍率决定,本实施例中,压电陶瓷可以达到的位移大小为瓷片高度的0.1%,摆动臂的放大倍率为1倍,由施加在电极106上的最大电压决定;在本实例中半摆动的最大位移量为5 $\mu\text{m}$ ,而全摆动的最大位移量为10 $\mu\text{m}$ 。

[0076] 本实施例中,厚度位移叠堆可以提供的最大推力为4000牛,而弯曲位移叠堆的最大推力为1800牛,所以本压电陶瓷位移驱动器可以输出的最大驱动力不大于1800牛;实际驱动力取决于动子与摆臂的接触面的静摩擦系数和厚度位移叠堆驱动的摆臂对动子的垂直方向的推力的乘积,本实例可提供的最大推力为800牛。

[0077] 图5是本发明第二实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图,如图3所示,本实施例的压电陶瓷位移驱动器包括弯曲位移叠堆102、厚度位移叠堆101以及摆臂103,其中,弯曲位移叠堆102的一端连接底座300,弯曲位移叠堆103的另一端连接了厚度位移叠堆101,厚度位移叠堆101再连接摆臂103。弯曲位移叠堆的高度为6mm,厚度位移叠堆的高度为10mm,摆臂的高度为2mm,堆叠形成弯曲位移叠堆102和厚度位移叠堆101的瓷片截面为边长10mm的正方形。由于弯曲位移叠堆102在动作时,厚度位移叠堆101也呈现为摆臂的作用,使本发明的摆动位移放大倍率为1.3倍,所以本实施例的压电陶瓷位移驱动器的单步最大驱动位移为13 $\mu\text{m}$ 。

[0078] 本实施例与第一实施例的区别在于弯曲位移叠堆与厚度位移叠堆的位置,第一实施例中弯曲位移叠堆位于厚度位移叠堆与拍动臂之间,而第二实施例中是厚度位移叠堆位于弯曲位移叠堆与摆臂之间,具体的弯曲位移叠堆102和厚度位移叠堆101的结构与第一实施例的相同,此处不再赘述。

[0079] 图6是本发明第三实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图,图7是图6的弯曲

位移叠堆的电极层的电极结构示意图。如图6-7所示,在本实施例中,压电陶瓷位移驱动器仍然包括厚度位移叠堆101、弯曲位移叠堆102以及摆臂104。其中厚度位移叠堆101用于连接底座、摆臂104接触动子。在实施例中,主要区别在于电极层的结构,如图7所示,电极层包括间隔开的电极层109a、109b、109c和109d,电极层109a、109b、109c和109d为扇形结构,每一个电极与另一个电极都间隔开。

[0080] 运行时,弯曲位移叠堆可以通过对电极层109a和109d施加正位移电场,而对电极层109b和109c则不施加电场或施加相反方向的电场,从而使叠堆形成向左方向的摆动;或通过对电极层109b和109c施加正位移电场,而对电极层109a和109d不施加电场或施加相反方向的电场,从而形成向右方向的摆动;或通过对电极层109a和109b施加正位移电场,而对电极层109c和109d不施加电场或施加相反方向的电场,从而使叠堆形成向后(图7中朝向上方)方向的摆动;或通过对电极层109c和109d施加正位移电场,而对电极层109a和109b不施加电场或施加相反方向的电场,从而形成向前方向的摆动。因此,本实施例的压电陶瓷位移驱动器可以实现通过一个弯曲位移叠堆控制X和Y方向两个自由度的位移控制。

[0081] 图8是本发明第四实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。如图8所示,压电陶瓷位移驱动器包括厚度位移叠堆101、弯曲位移叠堆102和摆臂105。其中厚度位移叠堆101和弯曲位移叠堆102的结构与第一实施例的相同,在此不再累述。如图8所示,摆臂105为圆柱状,在其上端面设有凹槽105a,动子200的下底面伸出凸出球201,凸出球201与凹槽105a配合,从而弯曲位移叠堆102的摆动提供的轴向驱动力可以通过摆臂105结构传递,直接对动子200的结构201进行推动,使动子200进行动作。

[0082] 在本实施例中,摆臂105对动子200的作用并不是通过静摩擦力的方式,而是通过摆臂105上的凹槽105a和动子200上的突出球201配合,从而通过弯曲位移叠堆的摆动直接驱动动子的运动,因此,压电陶瓷位移驱动器并不局限于静摩擦力的驱动方式。

[0083] 图9是本发明第五实施例的压电陶瓷位移驱动器的结构示意图。如图9所示,压电陶瓷位移驱动器包括厚度位移叠堆101、弯曲位移叠堆102和摆臂106。其中厚度位移叠堆101和弯曲位移叠堆102的结构与第一实施例的相同,在此不再累述。本实施例与上述实施例的区别主要在于摆臂106的结构。在本实施例中,摆臂106为圆柱形,并在上表面上设有凸出部106a,凸出部106a与动子接触并驱动动子运动。在弯曲位移叠堆102弯曲动作时驱动摆臂106轴向位移的运动,从而使摆臂能输出轴向的位移和推力。本领域的技术人员可以理解,摆臂106的结构可以是如图所示的T型结构,然而,摆臂的形状也可以是别的形状的结构,而不局限于三角形,半球形,T形等。

[0084] 下面继续参照图1-11对本发明的高精度的纳米位移直线步进电机进行说明。

[0085] 图10是本发明第一压电陶瓷位移驱动器30的结构示意图,图11是本发明第二压电陶瓷位移驱动器40的结构示意图。如图10-11所示,第一压电陶瓷位移驱动器30包括厚度位移叠堆101、弯曲位移叠堆102和摆臂103。厚度位移叠堆101、弯曲位移叠堆102和摆臂103形成一个可以提供径向和轴向位移的压电陶瓷驱动器。第二压电陶瓷驱动器40包括厚度位移叠堆101和摆臂103。厚度位移叠堆和摆动形成一个提供径向位移的压电陶瓷驱动器。

[0086] 返回参照图1,一对第一压电陶瓷驱动器30从电机动子20两侧分别安装在电机外壳上并关于电机动子20轴对称。一对第二压电陶瓷驱动器40从电机动子20两侧分别安装在电机外壳上并关于电机动子20轴对称。

[0087] 下面结合图12a-12f对本发明一实施例的高精度的纳米位移直线步进电机的运动过程进行说明。

[0088] 在本实施例中,初始状态为图12a所示,第一压电陶瓷位移驱动器30和第二压电陶瓷位移驱动器40的端面与电机动子20接触,并由电机外壳提供一定的压力。

[0089] 动作一如图12b所示,对第二压电陶瓷位移驱动器40施加电场,使第二压电陶瓷位移驱动器40伸长10 $\mu\text{m}$ ,使第一压电陶瓷驱动器30与电机动子20的接触面脱离开。

[0090] 动作二如图12c所示,对第一压电陶瓷位移驱动器30的弯曲位移叠堆施加电场,使第一压电陶瓷位移驱动器30的弯曲位移叠堆向左方向弯曲,同时使第一压电陶瓷位移驱动器30的摆臂左摆。

[0091] 动作三如图12d所示,将第二压电陶瓷驱动器40上施加的电场降低到0V,并对第一压电陶瓷位移驱动器30上的厚度位移叠堆施加电场,使第一压电陶瓷位移驱动器30的摆臂接触电机动子20,第二压电陶瓷位移驱动器40的摆臂脱离与电机动子的接触。

[0092] 动作四如图12e所示,对施加在第一位移驱动器30上的弯曲位移叠堆的电场进行调整,使第一位移驱动器30上的弯曲位移叠堆向右摆动,从而使电机动子20向右移动,而通过细分控制电场可以将5 $\mu\text{m}$ 的轴向位移分为1nm的位移等分,从而实现纳米位移精度的控制。

[0093] 在到达需要的位移时,进行动作五,如图12f所示,停止对第一压电陶瓷位移驱动器30的弯曲位移叠堆上施加电场的调整,对第二压电陶瓷驱动器40施加电场,固定动子的位置,然后把第一压电陶瓷驱动器30上施加的电场降为0V,达到如图12b所示的状态。如停止动作,可以停止施加在压电陶瓷驱动器上的电场,恢复到图12a所示的状态。本电机可以通过如上所述的步骤连续动作使动子达到所要求的位置,在无动作时可以通过电机外壳的预紧力固定电机动子。

[0094] 实施例2

[0095] 本实施例与实施例1的区别在于,第二压电陶瓷驱动器与第一压电陶瓷驱动器相同,都包括厚度位移叠堆、弯曲位移叠堆以及摆臂。下面结合图13a-13h对实施例2的高精度的纳米位移直线步进电机进行说明。

[0096] 在实施例2中,初始状态为图13a所示,第一压电陶瓷位移驱动器30和第二压电陶瓷位移驱动器40的端面与电机动子20接触,并由电机外壳提供一定的压力。

[0097] 动作一如图13b所示,对第二压电陶瓷位移驱动器40施加电场,使第二压电陶瓷驱动器40伸长10 $\mu\text{m}$ ,使第一压电陶瓷驱动器30与电机动子20的接触面脱离开。

[0098] 动作二如图13c所示,对第一压电陶瓷驱动器30的弯曲位移叠堆施加电场,使第一压电陶瓷驱动器30的弯曲位移叠堆向左方向弯曲,同时使第一压电陶瓷驱动器30的摆臂左摆。

[0099] 动作三如图13d所示,将第二压电陶瓷驱动器上施加的电场降低到0V,在第一压电陶瓷驱动器30的厚度位移叠堆上施加电场,使第一压电陶瓷驱动器30的摆臂接触电机动子20,同时第二压电陶瓷驱动器的厚度位移叠堆降低电压至0V,使第二压电陶瓷驱动器的摆臂脱离与电机动子的接触。

[0100] 动作四如图13e所示,对施加在第一压电陶瓷驱动器30的弯曲位移叠堆上的电场进行调整,使第一压电陶瓷驱动器30的摆臂回复到中间位置,同时对第二压电陶瓷驱动器

40的弯曲位移叠堆施加电场,使第二压电陶瓷驱动器40的摆臂左摆。

[0101] 动作五如图13f所示,对施加在第一压电陶瓷驱动器30的弯曲位移叠堆上的电场进行调整,使第一压电陶瓷驱动器30的弯曲位移叠堆继续向右摆动,从而使动子向右移动。

[0102] 动作六如图13g所示,对施加在第二压电陶瓷驱动器40的弯曲位移叠堆上的电场进行调整,使第二压电陶瓷驱动器的摆臂向右摆动,并将第一压电陶瓷驱动器的弯曲位移叠堆的电场下降至0V,第一压电陶瓷驱动器30的摆臂回摆至初始位置。

[0103] 动作七如图13h所示,对施加在第二压电陶瓷驱动器40的弯曲位移叠堆上的电场进行调整,使第二压电陶瓷驱动器40的摆臂向右摆动,第一压电陶瓷驱动器40的弯曲位移叠堆向左摆动。

[0104] 当第一压电陶瓷驱动器30和第二压电陶瓷驱动器40重复交替动作,就可以驱动动子20连续的向右运动,通过细分控制电场可以将5 $\mu$ m的轴向位移分为1nm的位移等分,从而实现纳米位移精度的控制。

[0105] 在电机驱动过程中,始终是第一压电陶瓷驱动器30和第二压电陶瓷驱动器40中的一组驱动动子20动作,另外一组脱离动子20,在达到需要的位置时,可以使动作组压电陶瓷驱动器停止电压变化,脱离动子的压电陶瓷驱动器先完全降低电场至0V,再加压至最高工作电压,同时动作组压电陶瓷驱动器的厚度位移叠堆施加电场降低为0V,实现受压压电陶瓷组的切换,再降低弯曲压电陶瓷叠堆的施加电场至0V,再将所有的压电陶瓷组的施加电场降低至0V,从而稳定动子的位置。

[0106] 在第一压电陶瓷驱动器30和第二压电陶瓷驱动器40的弯曲叠堆的动作顺序相反时,可以实现动子20的向反的运动方向,即可以使动子向左运动。

[0107] 实施例3-4

[0108] 下面简要描述本发明的高精度的纳米位移直线步进电机的实施例3和实施例4。实施例3和实施例4与实施例2的区别仅仅是压电陶瓷位移驱动器的数量不同。

[0109] 纳米位移直线步进电机实施例3的结构示意如图14所示,增加四个压电陶瓷驱动器。即纳米位移直线步进电机包括两对第一压电陶瓷驱动器30和两对第二压电陶瓷驱动器40,两对第一压电陶瓷驱动器30和两对第二压电陶瓷驱动器40排成一列。运行时使两对第一压电陶瓷驱动器30动作一致,两对第二压电陶瓷驱动器40动作一致。

[0110] 该发明的实施例4的结构示意如图15所示,图15b是图15a的侧视图,增加四个压电陶瓷驱动器。即纳米位移直线步进电机包括两对第一压电陶瓷驱动器和两对第二压电陶瓷驱动器,且两对第一压电陶瓷驱动器排成一列,以及两对第二压电陶瓷驱动器排成另一列。动作时使两对第一压电陶瓷驱动器30动作一致,两对第二压电陶瓷驱动器40动作一致。

[0111] 实施例5

[0112] 该发明的纳米位移直线步进电机实施例5的结构示意如图16所示,动子20通过精密导轨201和滑块202和203安装在电机外壳10上,另外一侧,压电陶瓷驱动器30和40安装在电机外壳10上,而压电陶瓷驱动器30和40的摆臂都与动子20接触。

[0113] 实施例6

[0114] 该发明的纳米位移直线步进电机实施例6的结构示意如图17所示,动子20上安装有一对压电陶瓷驱动器30和一对压电陶瓷驱动器40,动作时,压电陶瓷驱动器的摆臂接触电机外壳10,而压电陶瓷驱动器随动子一起动作。

[0115] 以上描述了本发明的纳米位移直线步进电机以及压电陶瓷位移驱动器的各种实施例。虽然实施例中的纳米位移直线步进电机仅就一两种压电陶瓷位移驱动器进行说明，但是本领域的技术人员应理解，本发明的各实施例中的各种压电陶瓷位移驱动器都可以应用于各实施例的纳米位移直线步进电机中。

[0116] 以上已详细描述了本发明的较佳实施例，但应理解到，在阅读了本发明的上述讲授内容之后，本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改。这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

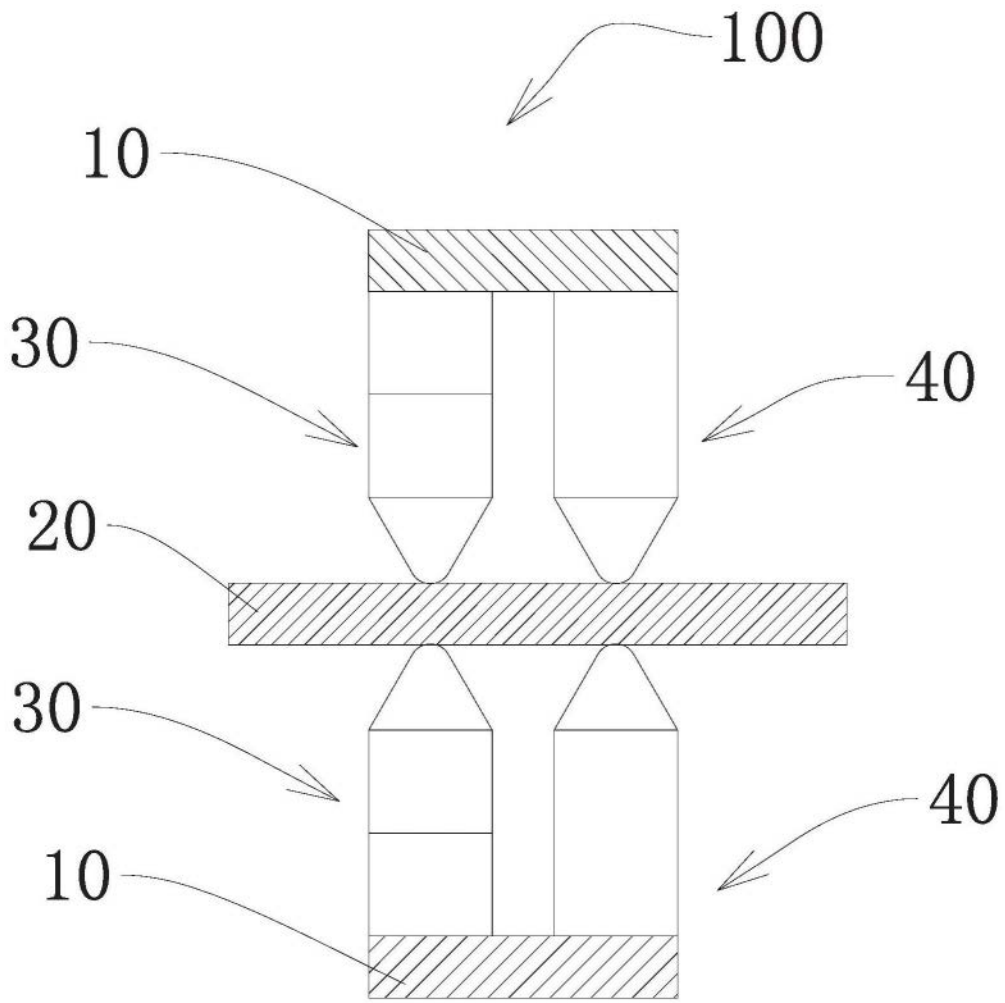


图1

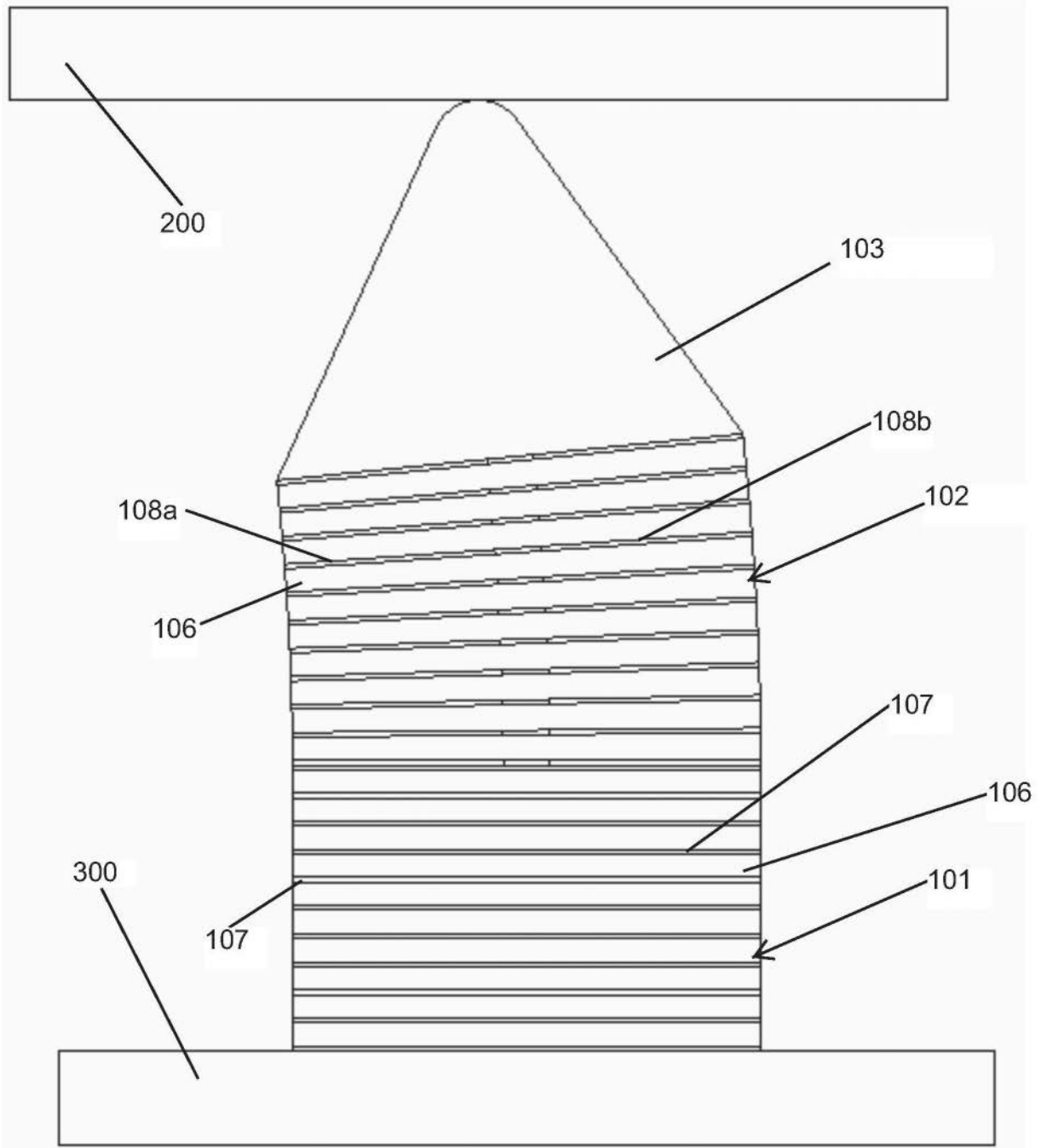
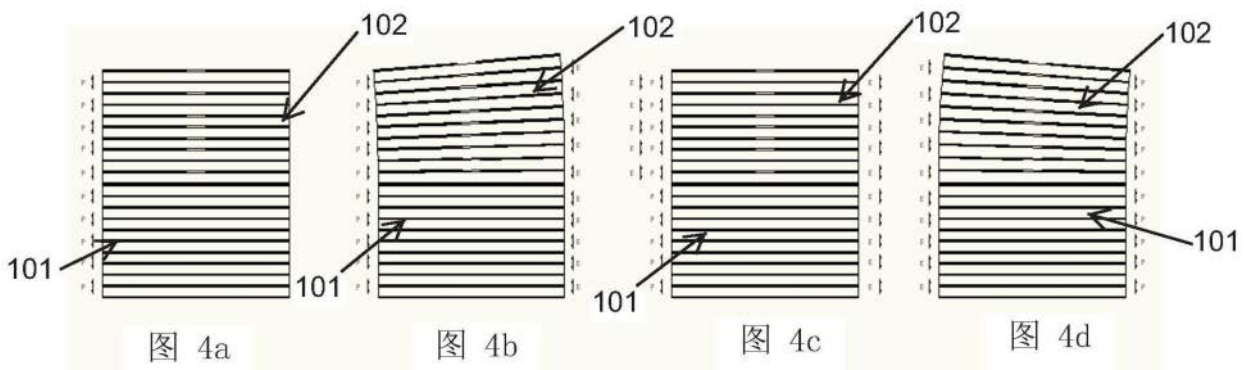
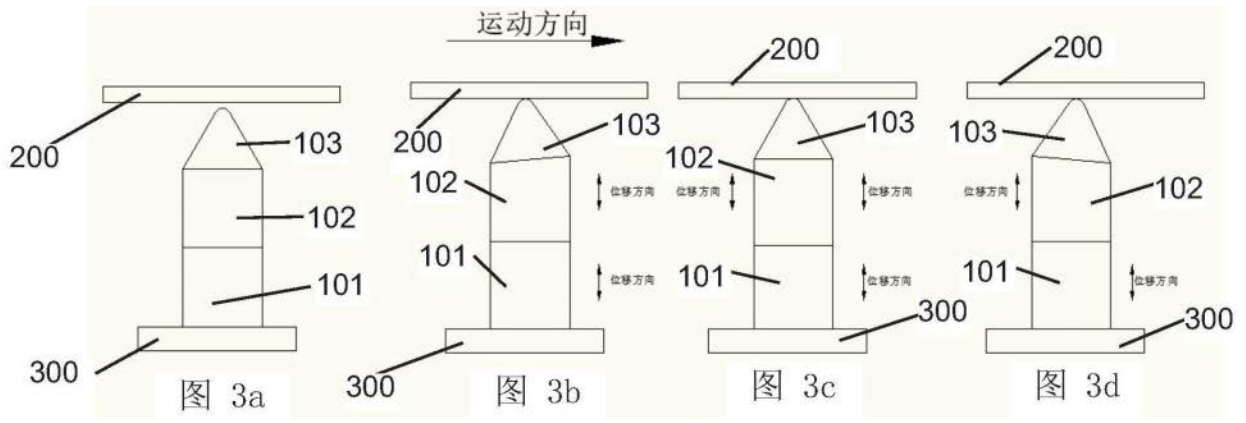


图2





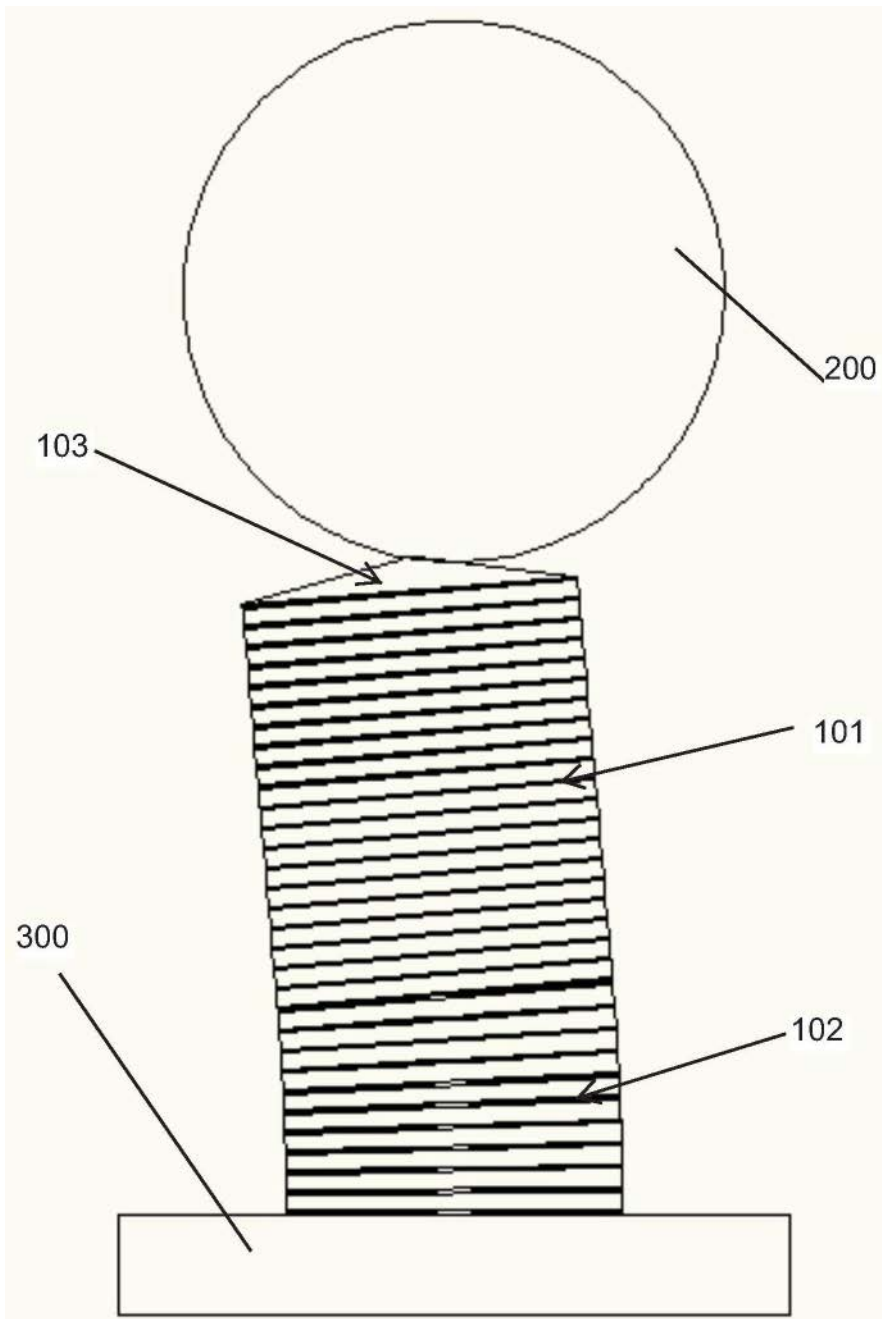


图5

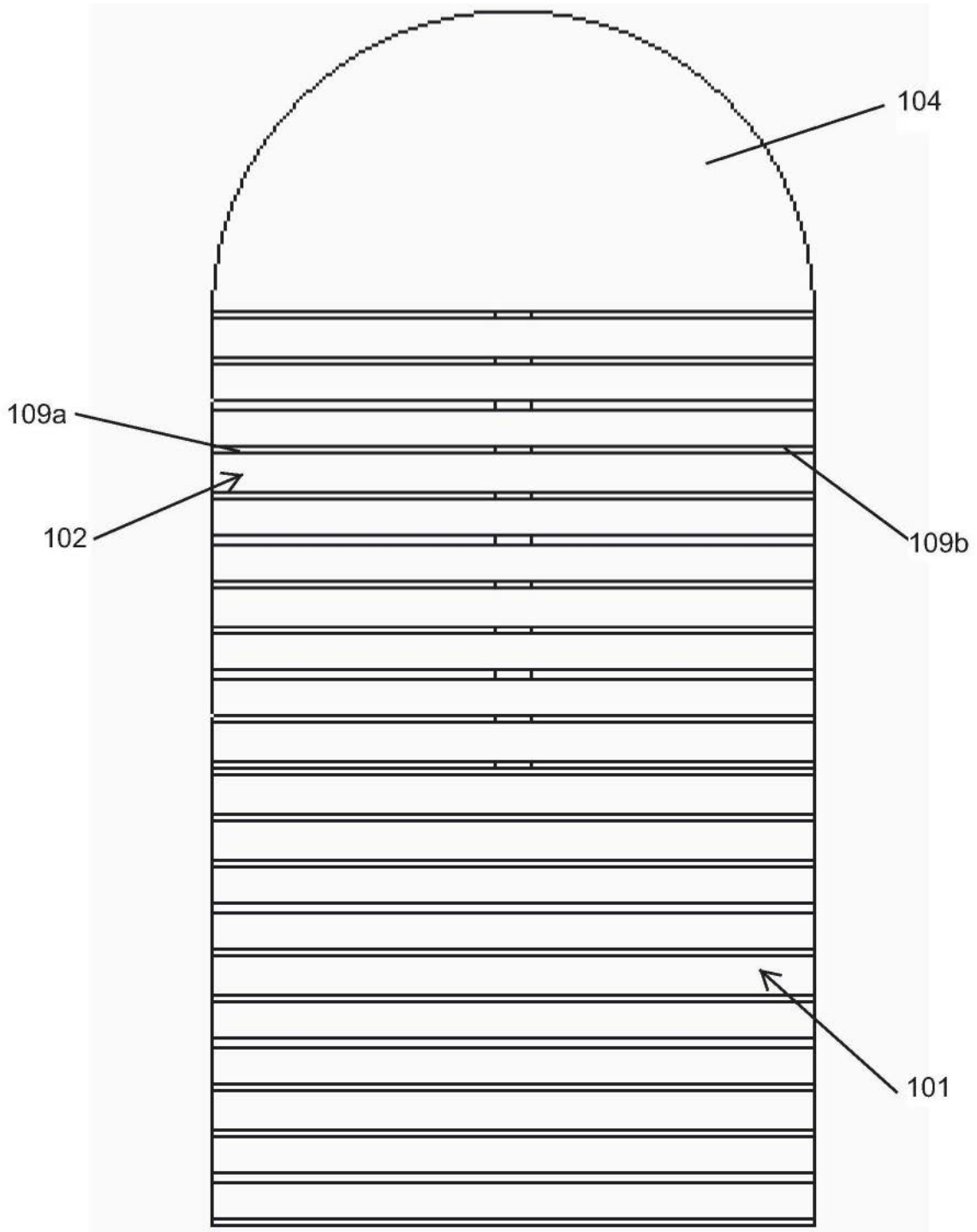


图6

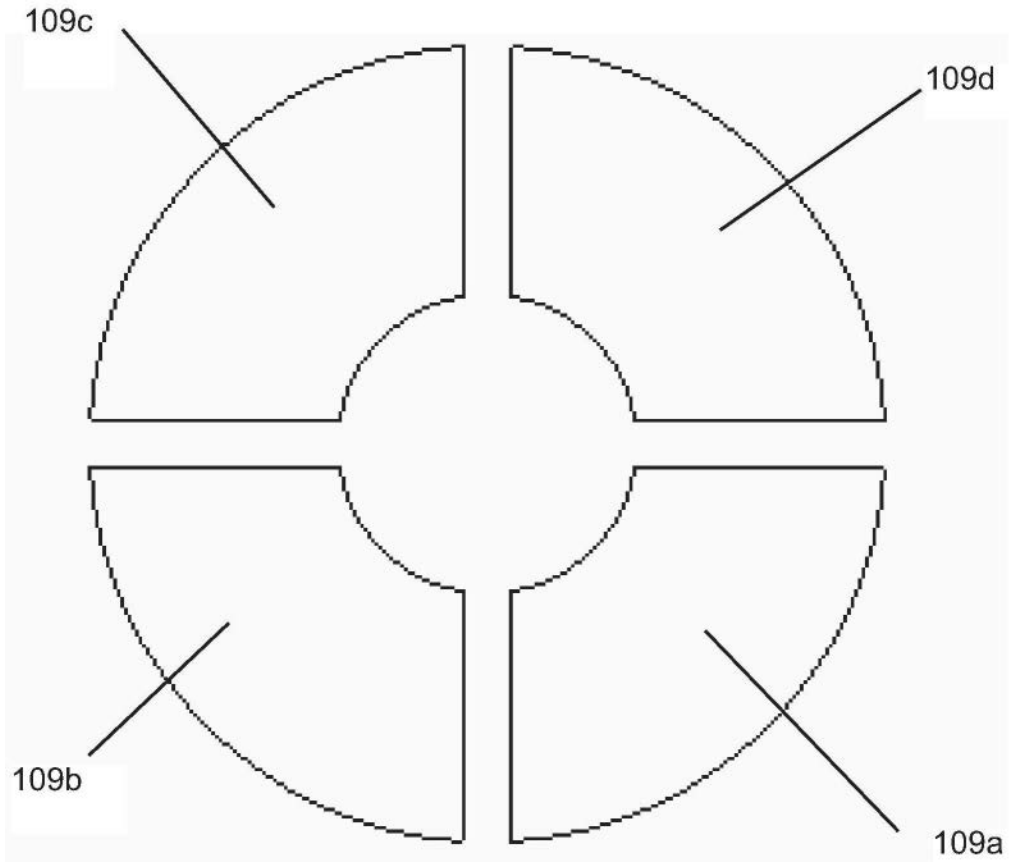


图7

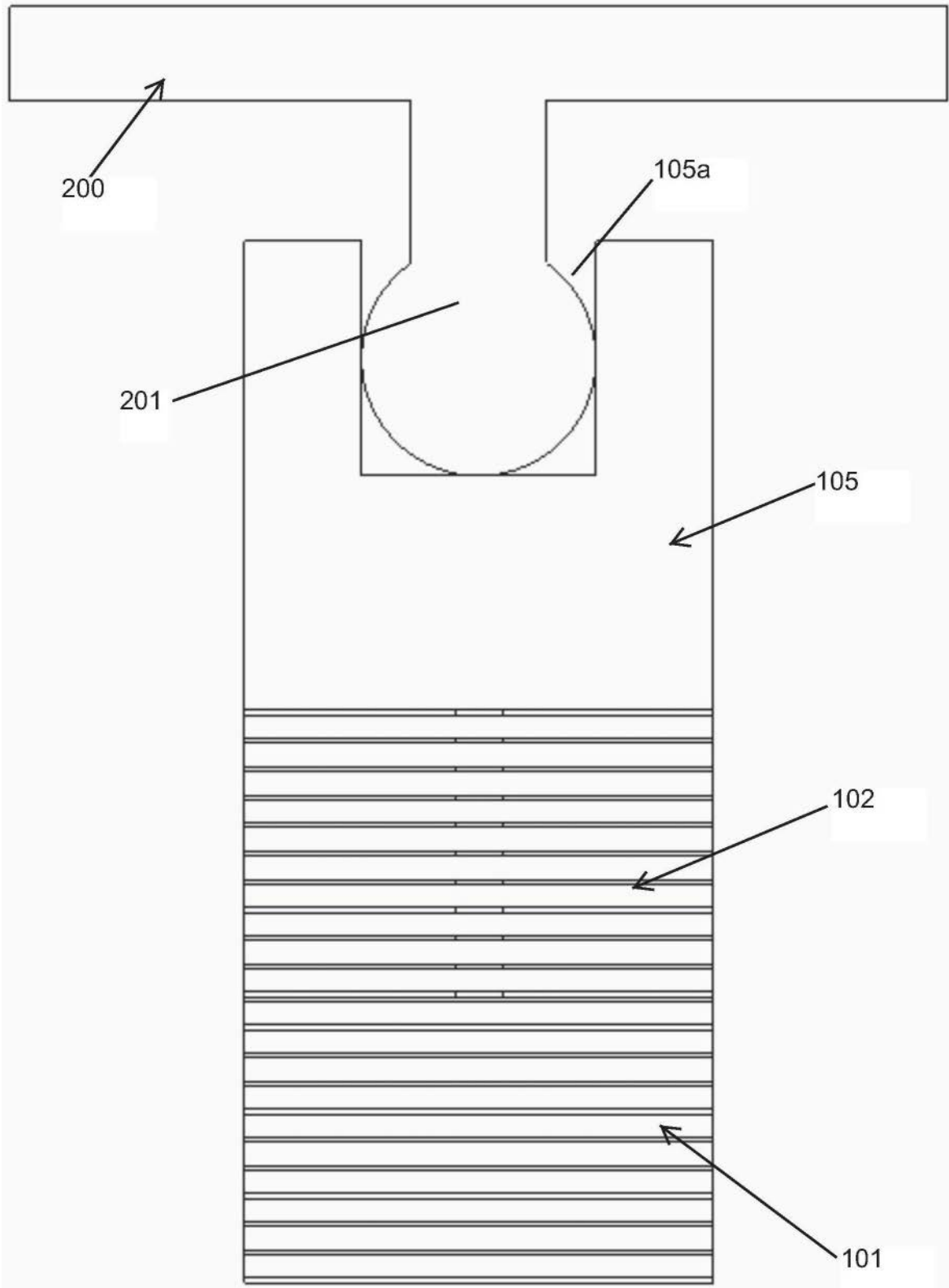


图8

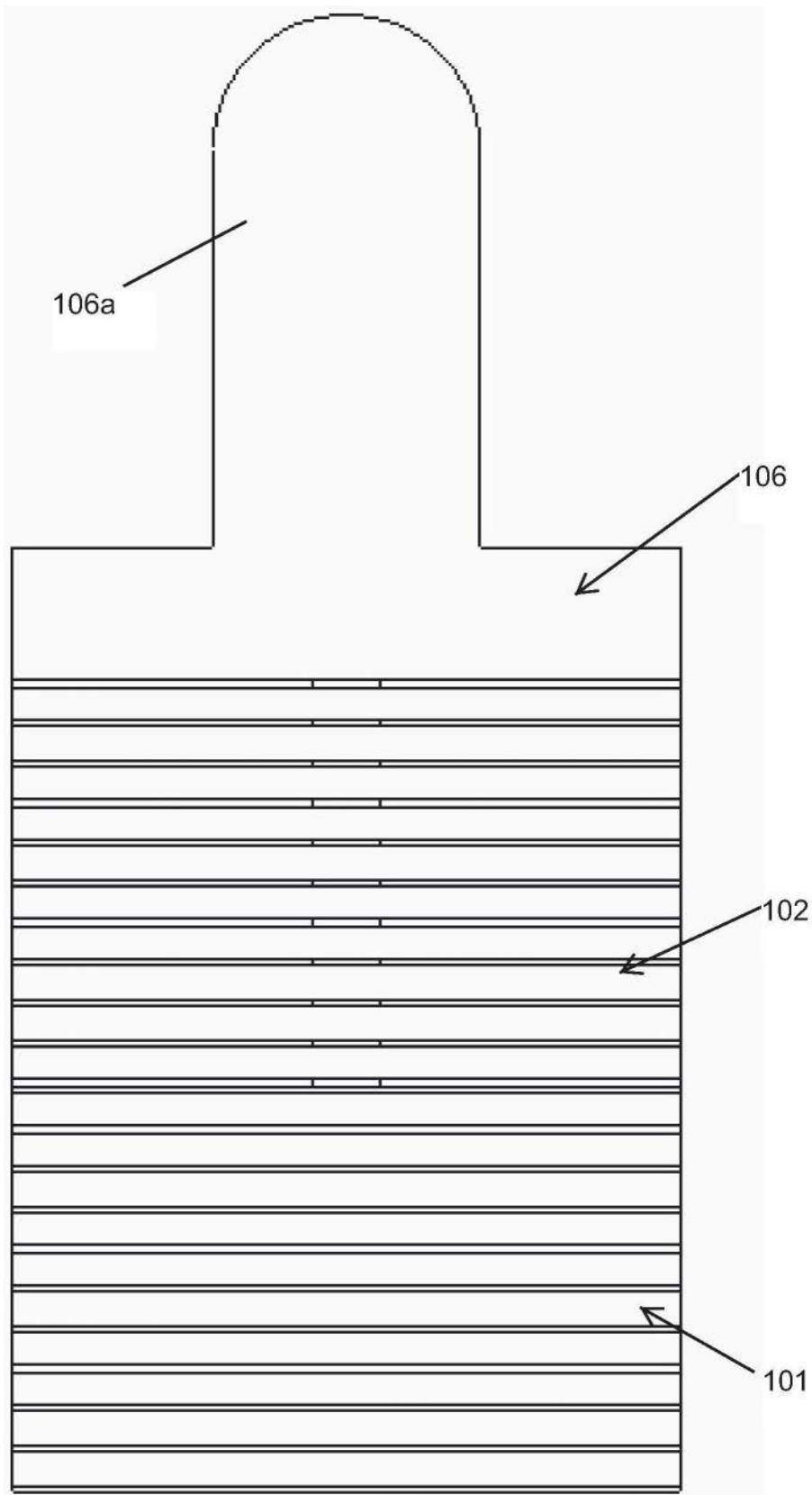


图9

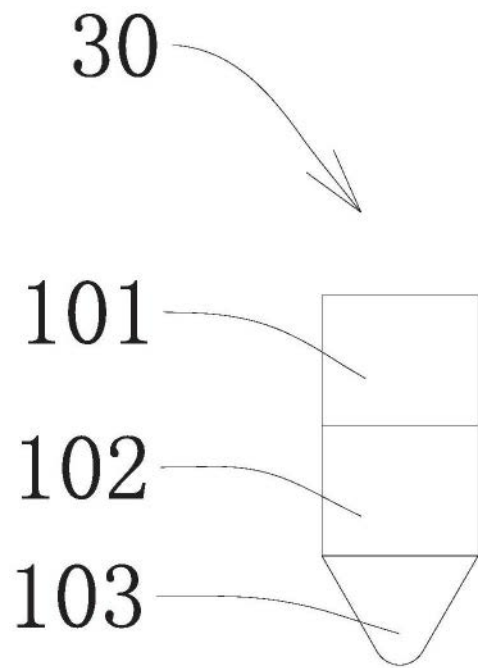


图10

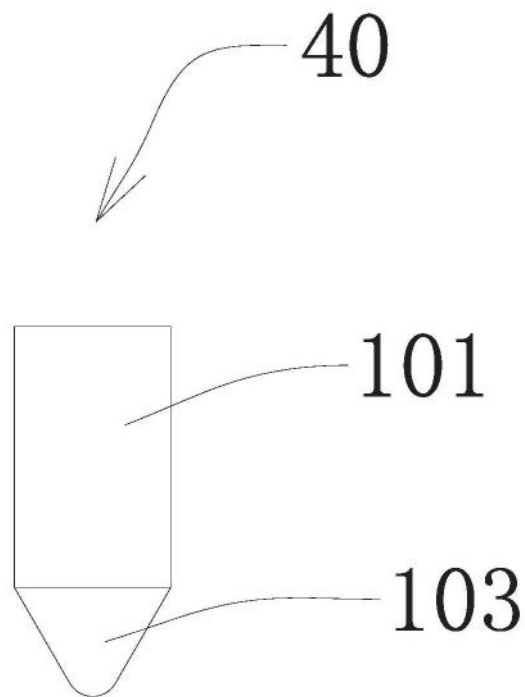


图11

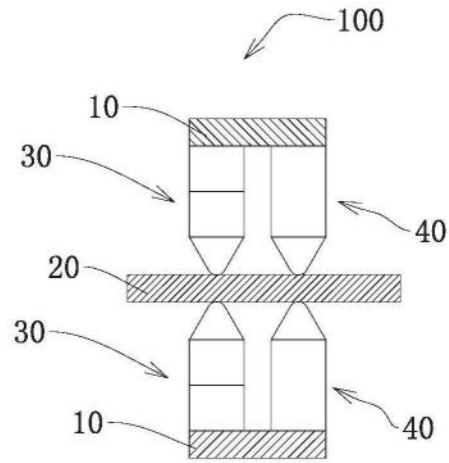


图12a

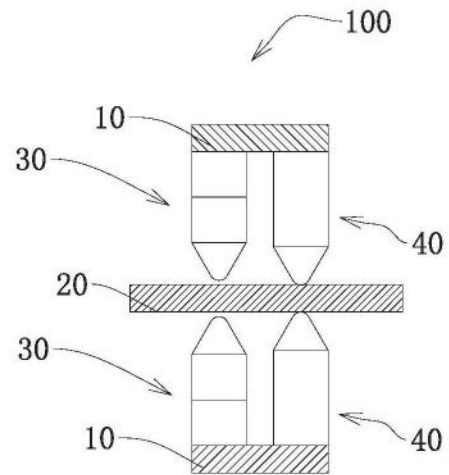


图12b

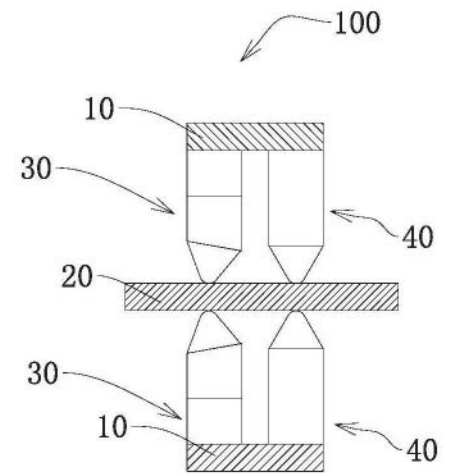


图12c

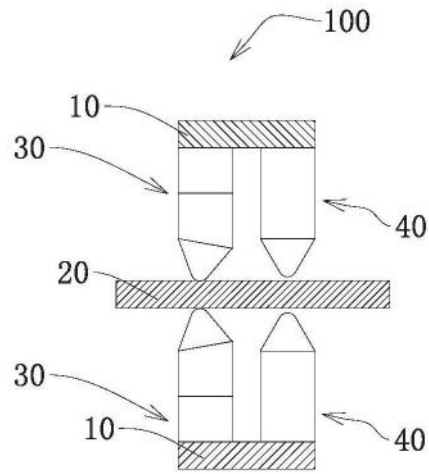


图12d

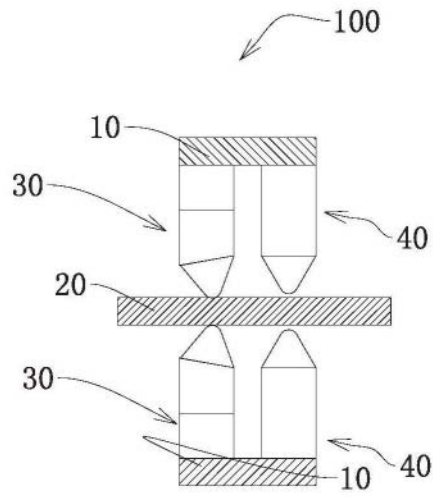


图12e



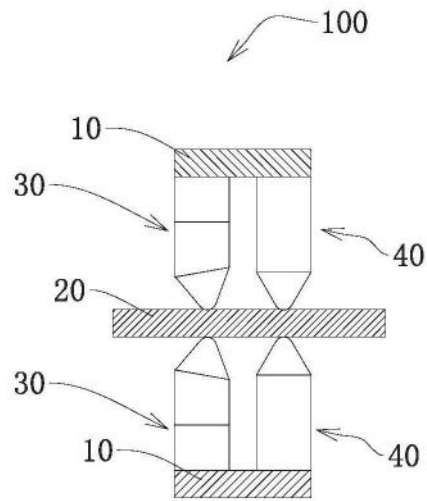


图12f

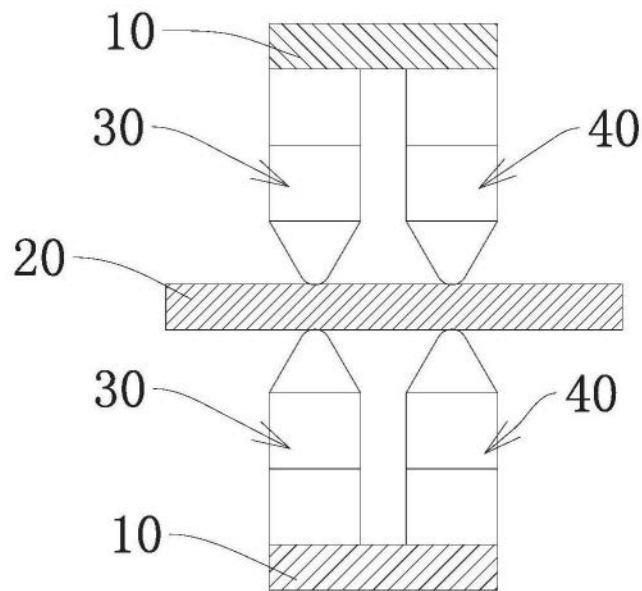


图13a

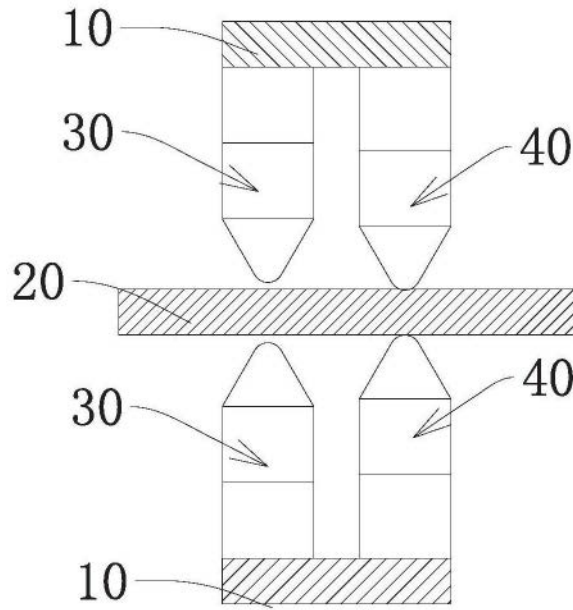


图13b

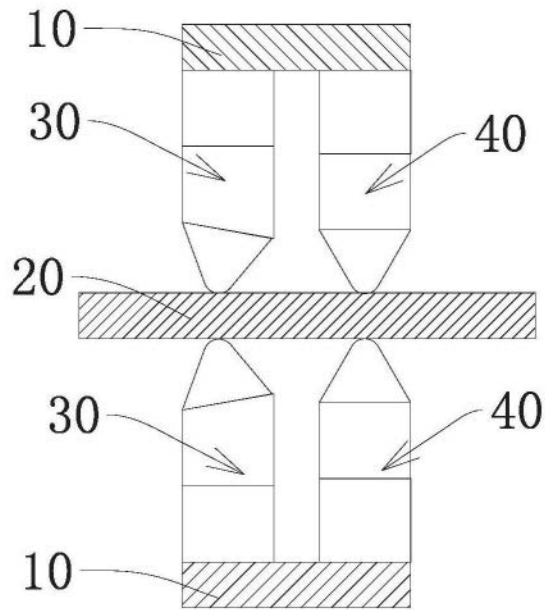


图13c

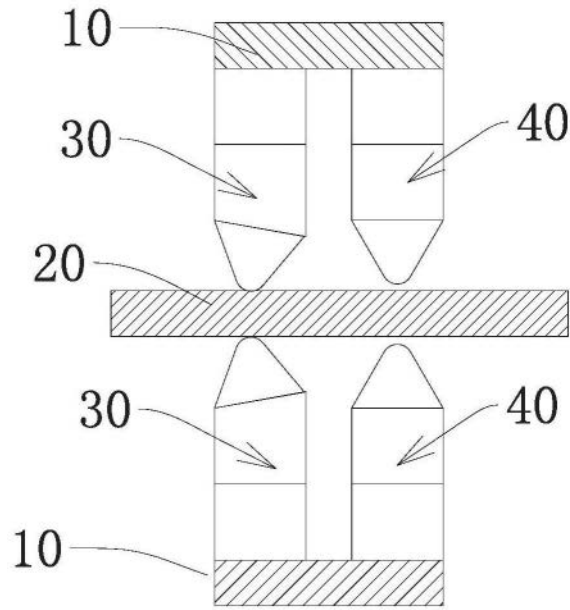


图13d

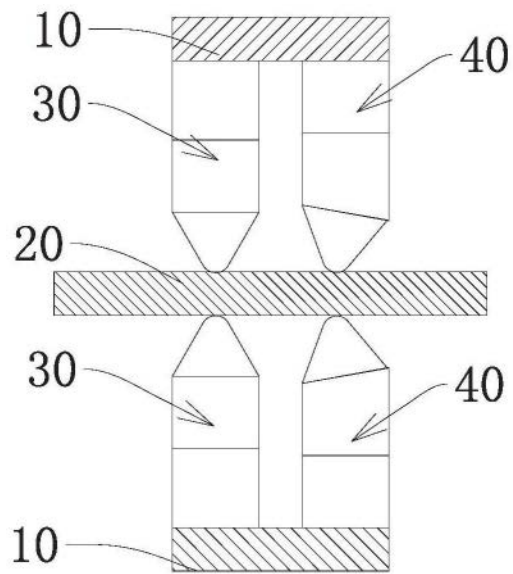


图13e

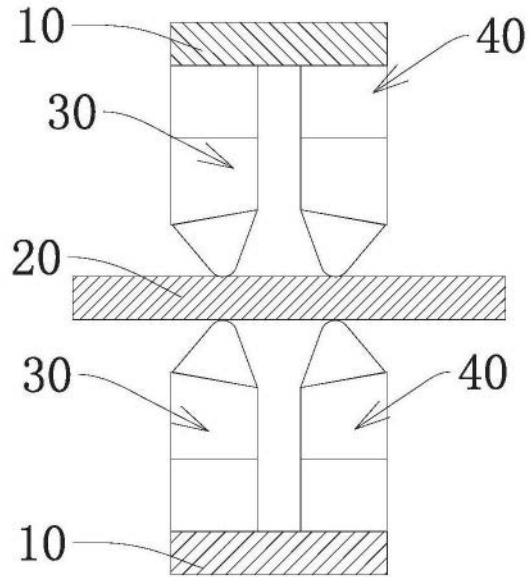


图13f

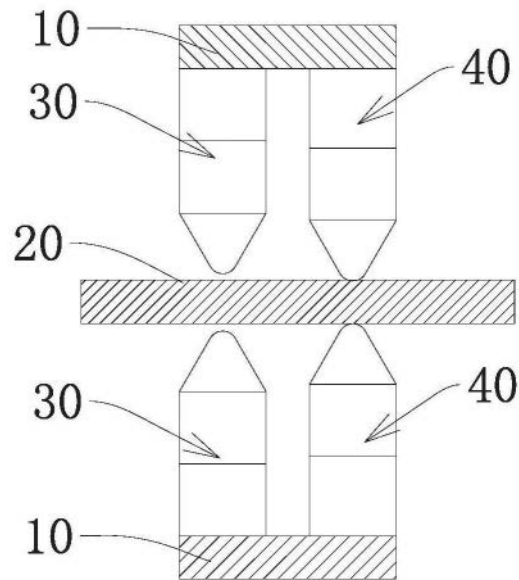


图13g

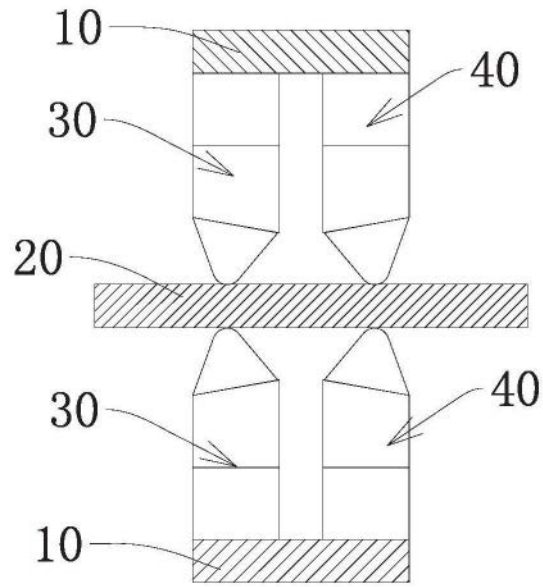


图13h

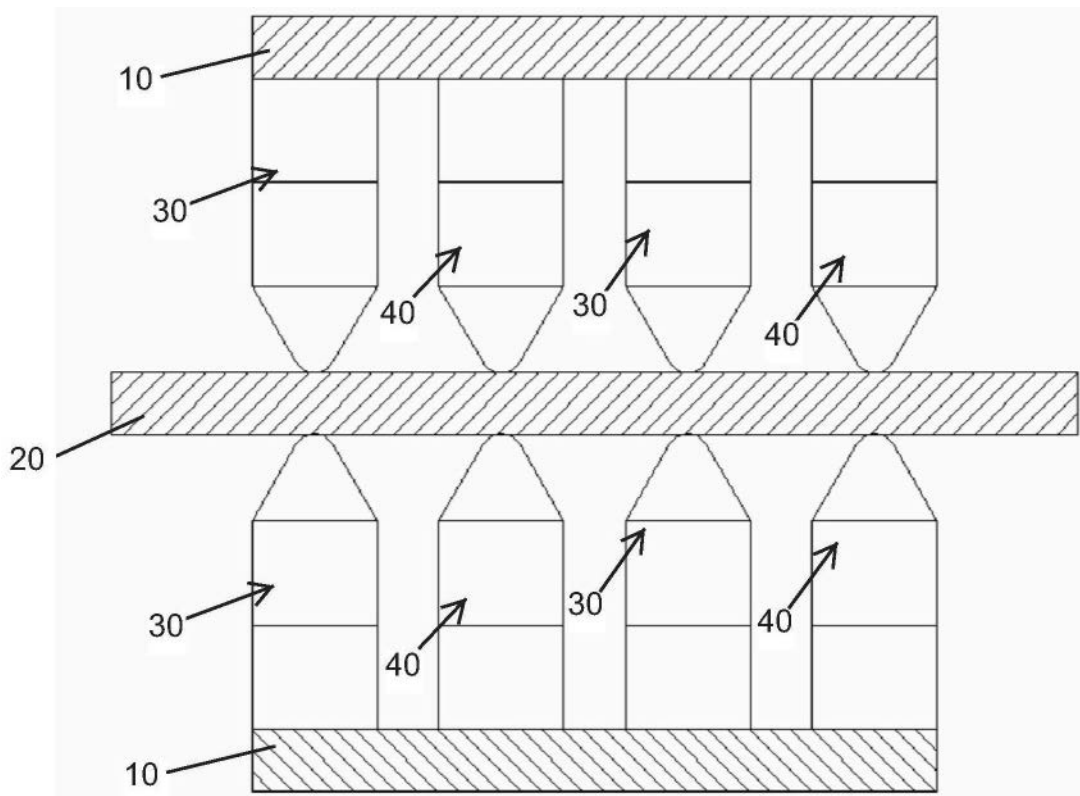
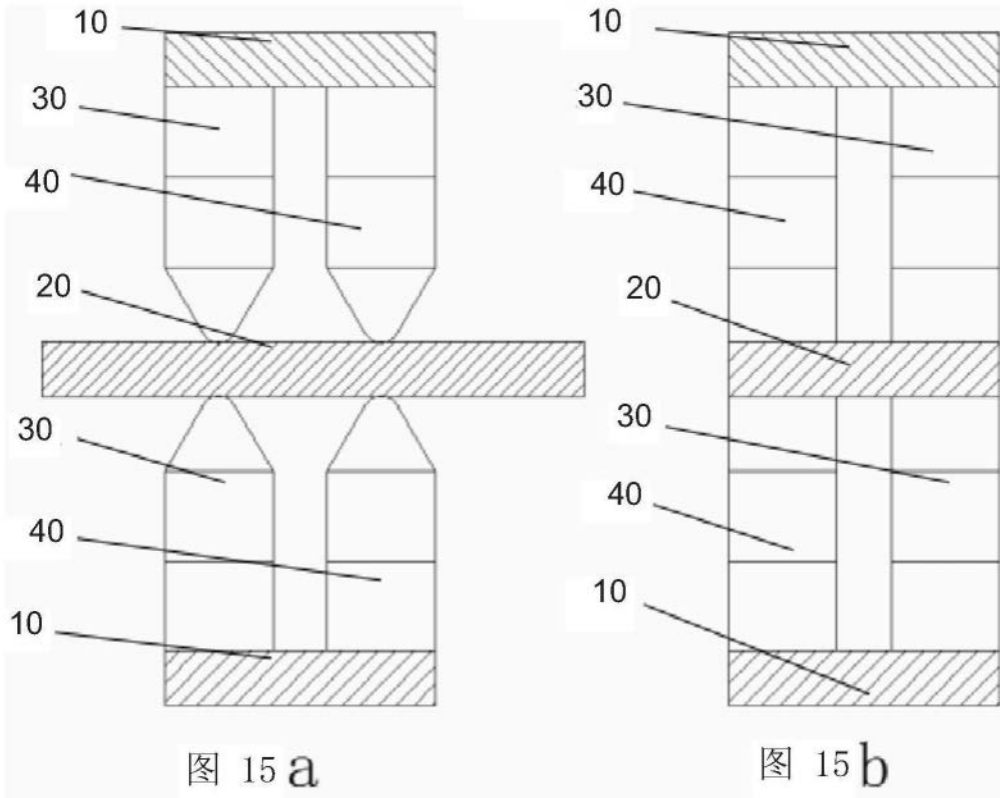


图14



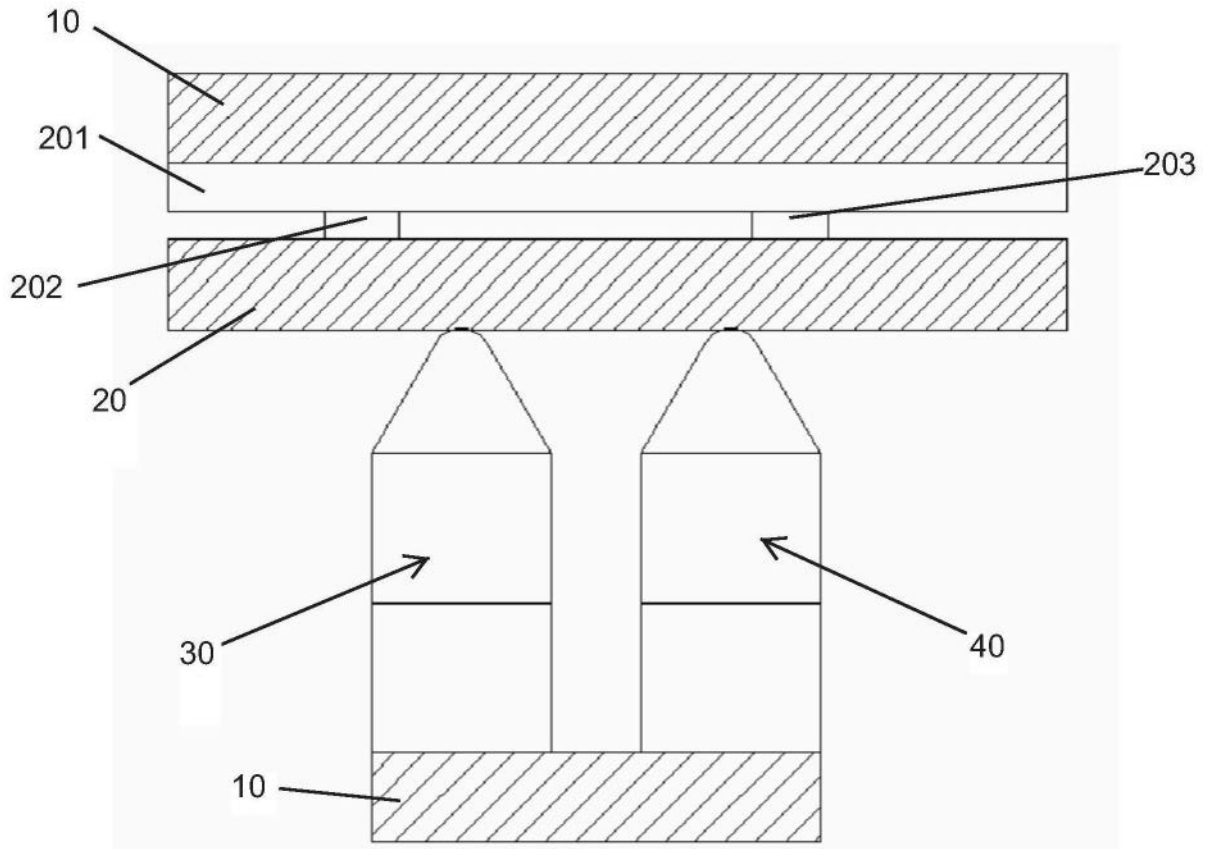


图16

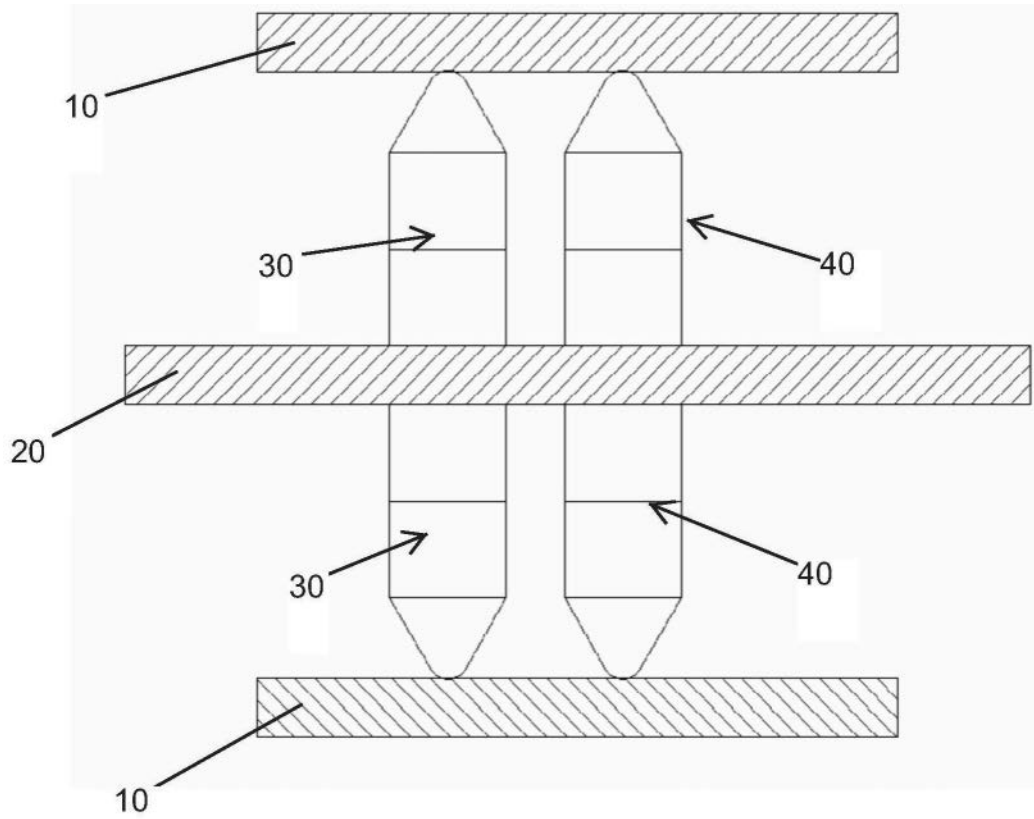


图17