



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107006128 B

(45)授权公告日 2020.05.19

(21)申请号 201580049903.1

(72)发明人 N.安布罗修斯 R.奥斯特霍尔特

(22)申请日 2015.08.07

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107006128 A

11105

(43)申请公布日 2017.08.01

代理人 郝俊梅

(30)优先权数据

(51)Int.CI.

102014113339.0 2014.09.16 DE  
102014116291.9 2014.11.07 DE

H05K 3/00(2006.01)

B23K 26/382(2014.01)

B23K 26/0622(2014.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2017.03.16

US 2012/0125893 A1, 2012.05.24,

(86)PCT国际申请的申请数据

US 2013/0126573 A1, 2013.05.23,

PCT/DE2015/100333 2015.08.07

US 2012/0142186 A1, 2012.06.07,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2013/0029093 A1, 2013.01.31,

W02016/041544 DE 2016.03.24

US 2012/0125887 A1, 2012.05.24,

审查员 赵吉鹤

(73)专利权人 LPKF激光电子股份公司

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

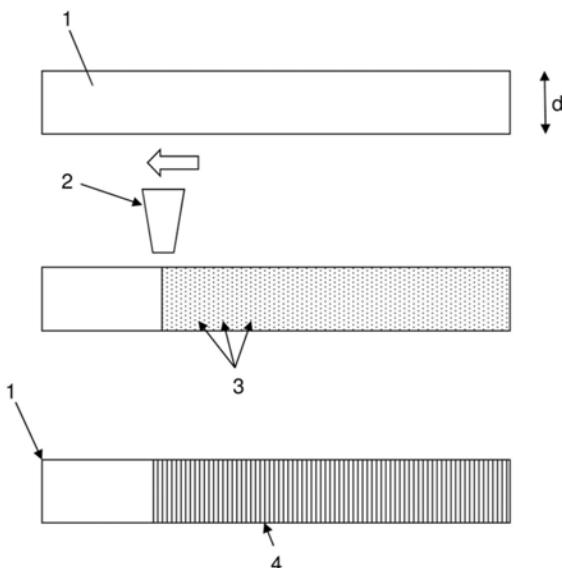
地址 德国加尔布森

(54)发明名称

用于在板状工件内加工至少一个凹槽或穿孔的方法

(57)摘要

本发明涉及一种在厚度小于3毫米的板状工件(1)内加工至少一个尤其穿孔状凹槽(4)的方法。为此,将激光束(2)对准工件(1)的表面。激光束(2)的持续作用时间选择得非常短,所以仅集中围绕激光束的射束轴线进行工件(1)的修正。以此方式修正的缺损点(3)的区域造成一连串气孔。在随后的一个工艺步骤中,基于腐蚀剂的作用,通过逐步蚀刻,导致在工件(1)的由缺损点(3)形成的、事先通过激光束(2)经历修正的那些区域内各向异性的材料去除。其结果是,沿圆柱形作用区在工件(1)内形成凹槽(4)作为穿孔。



1. 一种在厚度小于3毫米的板状工件(1)内加工至少一个凹槽(4)和/或穿孔的方法,所述凹槽(4)和/或穿孔通过逐步推进地蚀刻多个彼此相继的缺损点(3)构成,其中,通过与激光束(2)的相互作用形成所述缺损点(3),并且所述激光束(2)的焦点通过射束的空间形状经过工件材料整个厚度沿射束轴线以一个脉冲的形式与工件材料相互作用,其中,所述缺损点(3)在工件(1)内部作为修正通过单个脉冲造成。
2. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,所述缺损点(3)沿一条线排布。
3. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,不接触所述缺损点(3)。
4. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,所述缺损点(3)沿一条从一个表面到第二表面的轴线(5)延伸。
5. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,通过蚀刻减小工件(1)的平均厚度。
6. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,激光束(2)具有一种能穿透工件(1)材料的波长。
7. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,激光束(2)具有小于100微微秒的脉冲宽度。
8. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,射束的空间形状通过具有强烈球面象差的光学系统或衍射的光学元件达到。
9. 按照权利要求1所述的方法,其特征为,凹槽(4)或穿孔的外表面形成一种蚯蚓状结构。
10. 按照上述权利要求中任一项所述的方法,其特征为,工件(1)的材料具有玻璃、硅和/或蓝宝石作为重要的材料组分。
11. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述缺损点(3)沿轴线或直线排布。
12. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,激光束(2)具有小于12微微秒的脉冲宽度。

## 用于在板状工件内加工至少一个凹槽或穿孔的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种在厚度小于3毫米的板状工件内加工至少一个凹槽或穿孔的方法。

### 背景技术

[0002] 作为信息处理器磁芯的微芯片,典型地在其下侧比较小的表面上,彼此间距狭小地分布好几百个接触点。由于间距狭小,这些接触点不能直接加工在所谓母板的电路板上。所以使用一种由绝缘材料制成的所谓内插件作为连接元件,可通过它可以加宽触点基板。绝缘和外包接线层例如由玻璃、玻璃纤维增强的环氧树脂或硅组成,以及必须设有许多穿孔。

[0003] 玻璃作为内插件材料是特别有利的,因为它比硅便宜,而且它在热膨胀方面能与有源元件例如微处理器相适应。将玻璃加工成可交付使用的内插件成为一种挑战。尤其是在玻璃工件内为了通孔金属化要经济地加工许多穿孔,这在现有技术中还没有经济的解决办法。

[0004] 由DE102010025966B4已知一种方法,其中第一步将聚焦的激光脉冲对准玻璃工件,它的辐射强度如此高,以致它导致玻璃内沿一个通道不透辐射热地局部破坏。在第二个工艺步骤中将这些通道扩展成穿孔,为此供给相对置的电极高电压,这导致沿通道通过玻璃工件介电穿孔。这些穿孔通过电热加热以及蒸发孔的材料来扩展,直至在达到期望的孔径时通过切断供电停止此过程。作为替代方式或补充方式,通道也可以通过反应性气体来扩展,将气体借助喷嘴对准孔的位置。也可以通过供给的腐蚀性气体扩展穿孔。业已证实存在的缺点是所述过程比较复杂,它首先必须通过不透辐射热地破坏贯穿工件,再在下一个步骤中必须将通道的直径扩展成孔。

[0005] 由US2013/126573A1已知一种通过制造长丝 (Filament) 加工玻璃的方法。术语长丝表示在介质内部基于自动调焦不衍射的射束扩展。在恰当选择脉冲能量和脉冲持续时间的情况下,尤其在优先使用具有在兆赫范围内的重复率以及脉冲持续时间短于10微微秒的脉冲序列时,基于互相相反的效果,亦即基于克尔效应的自动调焦和基于小的射束直径通过衍射的散焦形成长丝。通过平衡这两种效果,激光束可以通过这种能透射所述波长的材料传播,在这里激光束的直径至少基本上保持常数。在所说明的方法中材料加工在低于光学击穿的阈值的情况下实施。因此与用微微秒和毫微微秒脉冲的传统的材料加工不同,需要激光束的一种弱聚焦。

### 发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题在于,能在材料内各向异性地对缺损点 (Fehlstellen) 实施湿化学或干蚀刻。由此能逐渐增大在第一步内制造的缺损点,并因而制成凹槽或穿孔。本方法允许用非常短的时间制造许多凹槽或穿孔。按本发明,上述技术问题通过一种按本发明的方法得以解决。

[0007] 因此按本发明采用了一种方法,其中例如激光束以这样的方式短时间对准玻璃工件,亦即在工件材料内,优选地沿激光束的射束轴线,只进行一连串的修正,而不导致破坏工件,以及其中,下一步仅在工件的那些事先借助激光束获得缺损点的区域内实施各向异性的材料去除,并由此在玻璃工件内加工凹槽或穿孔。典型地通过激光束在工件内制成线状连串的气孔。通过腐蚀剂的侵蚀增大各个气孔。

[0008] 就本发明而言,术语工件的穿孔应指的是通过工件整个厚度延伸的孔,例如贯通孔,而不通过工件整个厚度延伸的孔,例如盲孔,则称为凹槽。

[0009] 缺损点在下面理解为局部有边界的气孔和/或化学修正。

[0010] 在这里凹槽或穿孔由于逐步侵蚀多个互相排成一列的缺损点形成,为此通过蚀刻过程逐步连接事先制成的缺损点,它们通过腐蚀作用已扩展为工件内的空腔。于是腐蚀液迅速从一个缺损点流到另一个缺损点。在此过程中重力的影响不起决定性作用。确切地说,以与从下向上类似的方式从上向下推进蚀刻,所以尤其蚀刻过程可以在两个外侧同时开始。

[0011] 通过这些在工件内部作为修正造成的缺损点,使蚀刻过程遵循一条所述缺损点排列在其上的线进行。所述的线可以是直线或按照一种几乎任意的结构,它通过蚀刻过程精确地保持这条线。因此第一次也可以制成一种可以说是任意的剖面结构。

[0012] 虽然通过较长的持续作用时间与在工件内处于更内部的缺损点相比在面朝外侧的缺损点区内导致较大的扩展,但能观察到仍然是一种在总体上小的锥形扩展。如此制成的凹槽或穿孔结构,在蚀刻过程结束后的特征在于连续的横截面扩展和收缩,在这里,横截面扩展和收缩既不必有一致的横截面面积,也不必与相邻的横截面扩展和收缩有一致的间距。因为如此说明的结构相应于蚯蚓(*lat. lumbicus terrestris*)的外形,所以本领域技术人员将其称为蚯蚓状结构。

[0013] 术语蚯蚓状结构涉及规则和不规则的横截面扩展和收缩,它们的过渡过程可以是连续或不连续的。在这里横截面扩展或收缩可以在一个相对于主轴线或与之倾斜的横截面内延伸。此外,相邻的横截面扩展或收缩也可以具有不处于同一条直线上的中心,所以横截面扩展或收缩彼此交错排布。相邻横截面扩展的高度也可以一致或相互不同。此外,凹槽或穿孔的主轴线当然也可以与表面法线不同,相对于工件表面倾斜延伸,而横截面扩展和收缩沿一个与工件表面平行的平面定向。

[0014] 蚯蚓状结构与由现有技术已知的另一种方法类似,这种方法称为反应性离子深度蚀刻(deep reactive ion etching, DRIE)。在这里涉及一种各向异性的干蚀刻过程,它同样使用于在硅内制造微结构,例如造成硅内通孔金属化。因此,在实施按本发明的方法时不必或只须细微地调整后续的过程。凹槽或穿孔由于逐步蚀刻多个彼此排列成行的缺损点构成,为此通过蚀刻过程逐渐扩展连接事先制成的缺损点,它们通过蚀刻作用已扩展成工件内的空腔。于是腐蚀液迅速从一个缺损点流到另一个缺损点。在此过程中重力的影响不起决定性作用。确切地说,以与从下向上类似的方式从上向下推进蚀刻,所以尤其蚀刻过程可以在两个外侧同时开始。

[0015] 通过这些在工件内部作为修正造成的缺损点,使蚀刻过程遵循一条所述缺损点排列在其上的线进行。所述线可以是直线或按照一种几乎任意的结构,通过蚀刻过程精确地保持这条线。因此第一次也可以制成一种可以说是任意的剖面结构。

[0016] 虽然通过较长的持续作用时间与在工件内处于更内部的缺损点相比在面朝外侧的缺损点区内导致较大的扩展,但能观察到仍然是一种在总体上小的锥形扩展。

[0017] 如此制成的凹槽或穿孔结构,在蚀刻过程结束后的特征在于连续的横截面扩展和收缩,在这里,横截面扩展和收缩既不必有一致的横截面积,也不必与相邻的横截面扩展和收缩有一致的间距。根据要蚀刻的缺损点数量和密度,横截面扩展和收缩的直径差可以小于1 $\mu\text{m}$ 或小于100nm,所以凹槽或穿孔能显得甚至微观光滑。

[0018] 在玻璃内的修正可以通过激光束发生,激光束借助衍射性光学元件成形为,使它造成线状连串的修正。这些修正可以通过系列脉冲或通过单个脉冲造成。

[0019] 基于本方法的成效,制成的凹槽或穿孔有一种特有的形状,因为基本上各向同性作用的蚀刻法特别强烈地侵蚀工件中的修正区,以及修正区典型地以线状连串修正的形状存在,所以在凹槽或穿孔的外表面形成许多同心的环形结构。

[0020] 基于所述的穿孔结构,本方法特别好地适用于制造内插件,因为随着逐步蚀刻缺损点形成的同心的环形微结构,能保证以后的金属层在孔内有特别高的附着强度。

[0021] 对于应用有特别重要意义的是,使用这种工件作为所谓的内插件,用于电连接多个同质或异质微芯片的接头。作为信息处理器磁芯的微芯片,典型地在其下侧比较小的表面上,彼此间距狭小地分布好几百个接触点。由于间距狭小,这些接触点不能直接加工在所谓母板的电路板上。所以使用内插件作为连接元件,可以通过它加宽触点基板。

[0022] 这种内插件优选地由玻璃或硅组成,并包含例如接触面、外包接线层、通孔镀敷层以及有源和无源元件。

[0023] 已知按本发明如此加工的凹槽间隔可以进一步减小,因为通过激光束并未导致损坏工件,而仅仅导致修正或变换,在这种情况下同时还能降低激光器功率。特别优选的是,激光器用一种能透射玻璃工件的波长工作,从而保证贯穿玻璃工件。由此尤其保证围绕同轴于激光束轴线的基本上圆柱形的修正区,这导致穿孔或凹槽有恒定的直径。

[0024] 对于硅的加工特别有利的是波长大于1.1 $\mu\text{m}$ 。

[0025] 在尤其由硅制成的工件中制造凹槽或穿孔时特别有利的是,将激光束传播方向定向为,使射束轴线相对于晶体对称线成大约0°、45°或90°角。

[0026] 与由现有技术已知的方法相比,可显著缩短脉冲持续时间。在按本发明方法的一项特别有利的设计中,激光器以脉冲持续时间短于100毫微秒直到少于1微微秒工作。

[0027] 在恰当选择脉冲能量和脉冲持续时间的情况下,尤其在优先使用具有在兆赫范围内的重复率以及脉冲持续时间短于10微微秒的脉冲序列时,基于互相相反的效果,亦即基于克尔效应的自动调焦和基于小的射束直径通过衍射的散焦形成长丝。

[0028] 本方法原则上不限于工件规定的材料。保证成功的是使用介电材料,如玻璃。尤其确保成功的是,使用具有重要材料成分铝硅酸盐,尤其硼铝硅酸盐的玻璃。

[0029] 优选地,工件至少在其修正区例如通过蚀刻法,比如通过液体腐蚀、干蚀刻或气相腐蚀,或通过借助高压或高频蒸发,经受一次各向异性的材料去除,以便能在工件内加工凹槽或穿孔。通过各向异性的材料去除可利用于真正的材料去除,非顺序的,而是面状作用的去除法,这种方法对过程只提出低的要求。确切地说,经过持续作用时间,对于所有以所说明的方式预处理并经过与之相应的修正的区域,在数量和质量上同时实施材料去除,所以用于制造多个凹槽或穿孔所耗费的总时间量明显减少。

[0030] 通过平衡这两种效果,激光束可以通过这种能透射所述波长的工件传播,在这里激光束的直径至少基本上保持常数。

[0031] 在这种情况下,在激光束内高峰值强度时,还能以有利的方式将其他效果,例如等离子体形成,利用于更强地散焦。

[0032] 实际上周期性地经过在散焦与自动调焦之间的交替变化,从而形成一系列经修正的材料区。根据效应的成果,也可以形成连贯的通道,所谓的等离子通道。

[0033] 原则上,长丝的构成可保持限于在材料的最大材料厚度的部分区段。当射束离开克尔介质并发散时,或当射束的强度减小至使散焦的衍射胜过自动调焦的程度时,终止长丝的构成。

[0034] 实际上例如使用玻璃纤维增强的环氧树脂板作为内插件,该环氧树脂板设有许多小孔。印制导线在玻璃纤维垫表面延伸,它们引入各自的小孔中,充填小孔,并在玻璃纤维垫的另一侧,一直引向处理器磁芯的连接触点。当然,在发生加热时,导致在磁芯处理器与玻璃纤维垫之间不同的膨胀,并因而导致这两个元件之间产生机械应力。

[0035] 可以通过激光加工来加工长丝,此时交替地进行定位所述加工头与辐射。优选地,与之相反,而将辐射转向操控到工件上,使加工头与工件之间连续相对运动,并因而将激光束导引到工件上“飘动”运动,从而极其迅速的持续加工时间造成相对位置的一种不间断的改变。

[0036] 在这里可以用恒定的速度改变材料相对于加工头的相对位置,从而在恒定的脉冲频率下使要制成的修正的间距遵循预定的线距 (Rastermaß)。

[0037] 特别优选的是,辐射源以一种能透射工件的波长工作,从而保证贯穿工件。由此尤其保证围绕同轴于激光束轴线的基本上圆柱形的修正区,这导致穿孔或凹槽有恒定的直径。

[0038] 除此之外也可能有利的是,通过辐射源还附加地切除一个表面区,为的是以这样的方式提供各向异性去除的作用区,亦即形成长丝的一个圆锥形进入区。以此方式可以简化以后的镀敷。为此在该区域例如集中作用腐蚀剂。

[0039] 按本发明方法的一种扩展设计,辐射源能以脉冲持续时间短于50ps,优选地短于10ps工作。

[0040] 在本发明另一种同样保证具有特殊成效的扩展设计中,工件尤其在修正后设置一个面状的,覆盖至少单个,尤其多个相继加工的穿孔的金属层。在接着的步骤中,经修正的区域被去除为,使之造成一个被金属层单侧封闭的凹槽。在这里金属层优选地在修正后,然而在材料去除前施加,从而在材料去除后敷设为印制导线的金属层封闭所述凹槽,并由此同时为施加在其上的触点接通构成最佳基础。在这里,所述触点接通在凹槽的区域内通过已知的方法实现。此外通过施加金属层作为印制导线,可以简单地制成所期望的线路图。

[0041] 在本方法另一种同样保证具有特殊成效的设计中,工件在激光器处理前在至少一个表面上将抗蚀膜平面敷层。同时,通过作为优选的电磁辐射源的激光束的作用,在点状作用区去除在至少一个表面上的抗蚀膜,并在工件内造成修正。以此方式,防止未修正的区域在后续的蚀刻过程不期望的作用,并因而不损害材料表面。在这里抗蚀膜不阻碍修正处于其下方的材料。确切地说,抗蚀膜对于激光束或能透射,或被激光束可以说是点状去除,也就是说例如蒸发。此外也不排除下述可能,即,抗蚀膜含有这些对于修正起支持的作用的物

质,也就是说例如加速修正过程。

[0042] 当然,在材料外表面之一上敷设抗蚀膜前施加前面已说明的金属层,使其在去除抗蚀膜后用作期望的触点接通的基础。

[0043] 所述抗蚀膜在处理结束后可以留在材料表面。然而优选的是,在各向异性的材料去除后以已知的方式从材料表面除去抗蚀膜。

[0044] 本方法原则上不限于材料的规定的材料组成。当然尤其确保成功的是,作为一种重要的材料成分工件具有铝硅酸盐,尤其有硼铝硅酸盐。

[0045] 按本发明另一种同样特别切合实际的设计,在工件中制成的相邻长丝沿分隔线的间距设计为,使修正区直接毗连或彼此有很小的距离,为的是以此方式能分离规定的材料区。

[0046] 由于材料的内应力或基于外部作用力,所述分离在施加长丝后沿分隔线进行。作为替代或补充,内应力也可以由热应力,尤其由于大的温差引起。

## 附图说明

[0047] 本发明允许有不同的实施形式。为了进一步说明其基本原理,在附图中表示了其中之一并在下面说明。这些附图分别表示原理图,其中:

[0048] 图1表示在工件内加工凹槽时的工艺过程;

[0049] 图2表示不同凹槽可能的形态;以及

[0050] 图3表示不同凹槽其他可能的形态。

## 具体实施方式

[0051] 图1表示借助多个工艺过程在板状工件内通过用激光束辐射以及接着蚀刻加工穿孔的过程图解,包括在板状工件1内加工穿孔时的一个个工艺步骤。为此,在图1a中激光束2对准工件表面。工件1的厚度d在这里达3mm。激光束2的持续作用时间选择为极短,所以仅同心地围绕激光束的射束轴线进行工件1的修正。激光器用一种能透射工件1的波长工作。以此方式修正的具有缺损点3的区域在图1b中表示为线状连串气孔的形式。在下一个图1c中表示的工艺步骤中,在工件1通过缺损点构成的、事先已通过激光束2经受修正的那些区域内,基于图中没有表示的腐蚀剂的作用,导致各向异性的材料去除。由此,沿圆柱形的作用区在工件1内形成凹槽4作为穿孔。

[0052] 穿孔在外表面上有多种同心的环形结构,如在图2a和2b以及图3a至3c中可看到的那样。

[0053] 凹槽4在这里由于逐步腐蚀多个彼此排成一列的缺损点3形成,为此通过蚀刻过程逐步连接事先制成的缺损点3,它们通过蚀刻作用扩展成工件1中的空腔。于是腐蚀液迅速从一个缺损点3流到另一个缺损点3。因为在此过程中重力的影响不起决定性作用,所以蚀刻的推进既从上方也从下方进行以及在两个外侧同时开始。通过腐蚀剂在外侧区域内相比为较长的持续作用时间,导致在外表面区域内缺损点3的一种锥形扩展,如在图2b中可看到的那样。

[0054] 通过这些在工件1内部作为修正造成的缺损点3,使蚀刻过程遵循一条缺损点3排列在其上的线5进行。所述的线5可以是直线或按照一种几乎任意的结构,通过蚀刻过程精

确地保持这条线。因此第一次也可以制成一种可以说是任意的剖面结构。

[0055] 虽然通过较长的持续作用时间与在工件内处于更内部的缺损点相比在面朝外侧的缺损点区内导致较大的扩展,但能观察到仍然是一种在总体上小的锥形扩展。

[0056] 如此制成的凹槽4或穿孔结构,在蚀刻过程结束后的特征在于连续的横截面扩展和收缩,它的外形使人想起蚯蚓,在这里,横截面扩展和收缩既不必有一致的横截面积,如在图2b和3c中可看到的那样,也不必与相邻的横截面扩展和收缩有一致的间距a1、a2,如图3c中所示。其中,横截面扩展或收缩可以排列在相对于主轴线的一个横截面内,或如图3a中所示排列在相对于与主轴线倾斜的横截面内。

[0057] 此外相邻的横截面扩展或收缩也可以有中心,这些中心处于一条相对于工件1表面倾斜的公共线5上,从而使这些横截面扩展或收缩彼此错开排列,在这种情况下这些横截面扩展和收缩,如在图3a中表示的那样可以倾斜于外表面定向,或如在图3b中表示的那样可以平行于外表面定向。

[0058] 如在图3c中可看到的那样,相邻横截面扩展各自的图形重心有一个偏移量,所以它们尤其没有排列在一条公共的直线上。

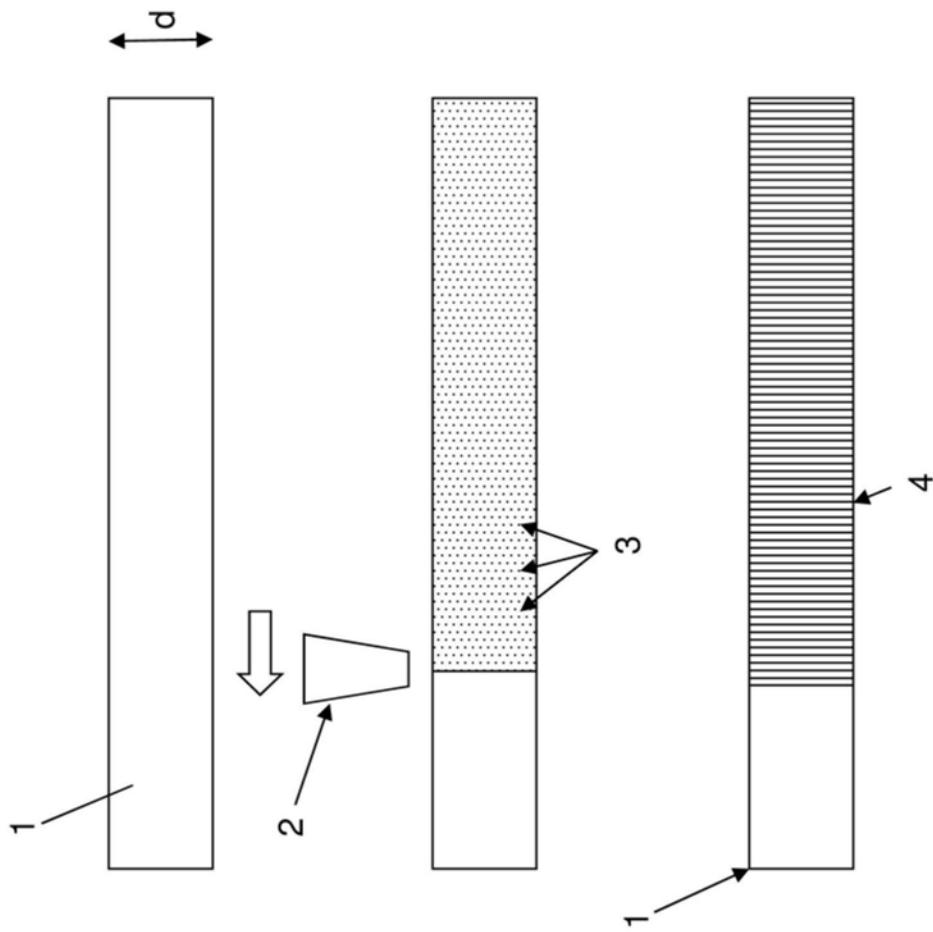


图 1a

图 1b

图 1c

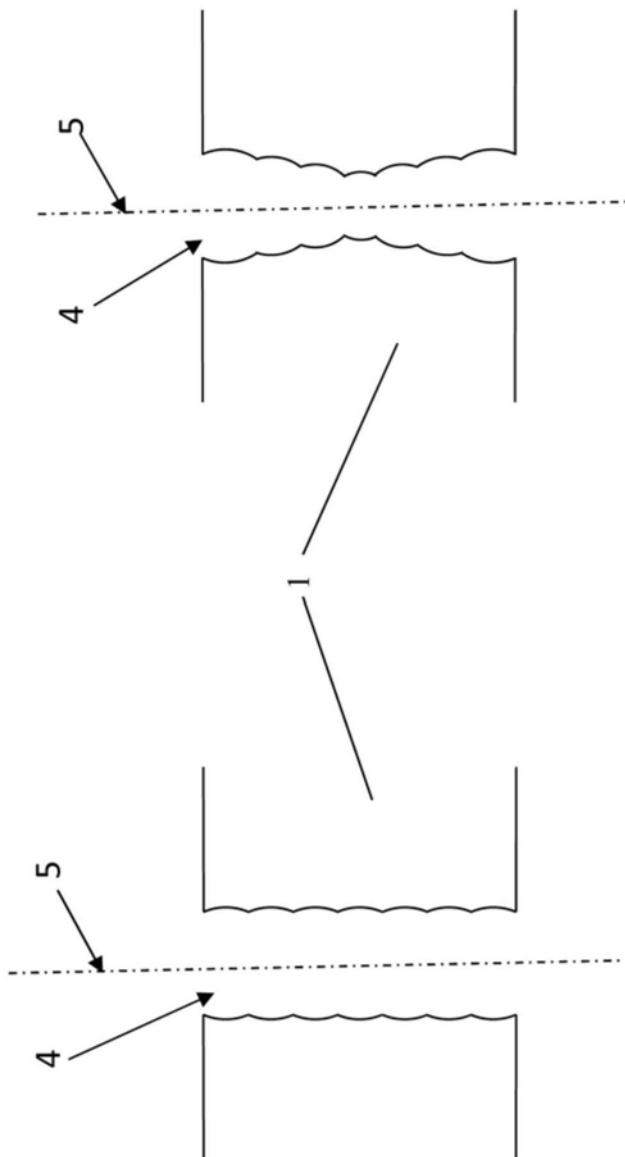


图 2b

图 2a

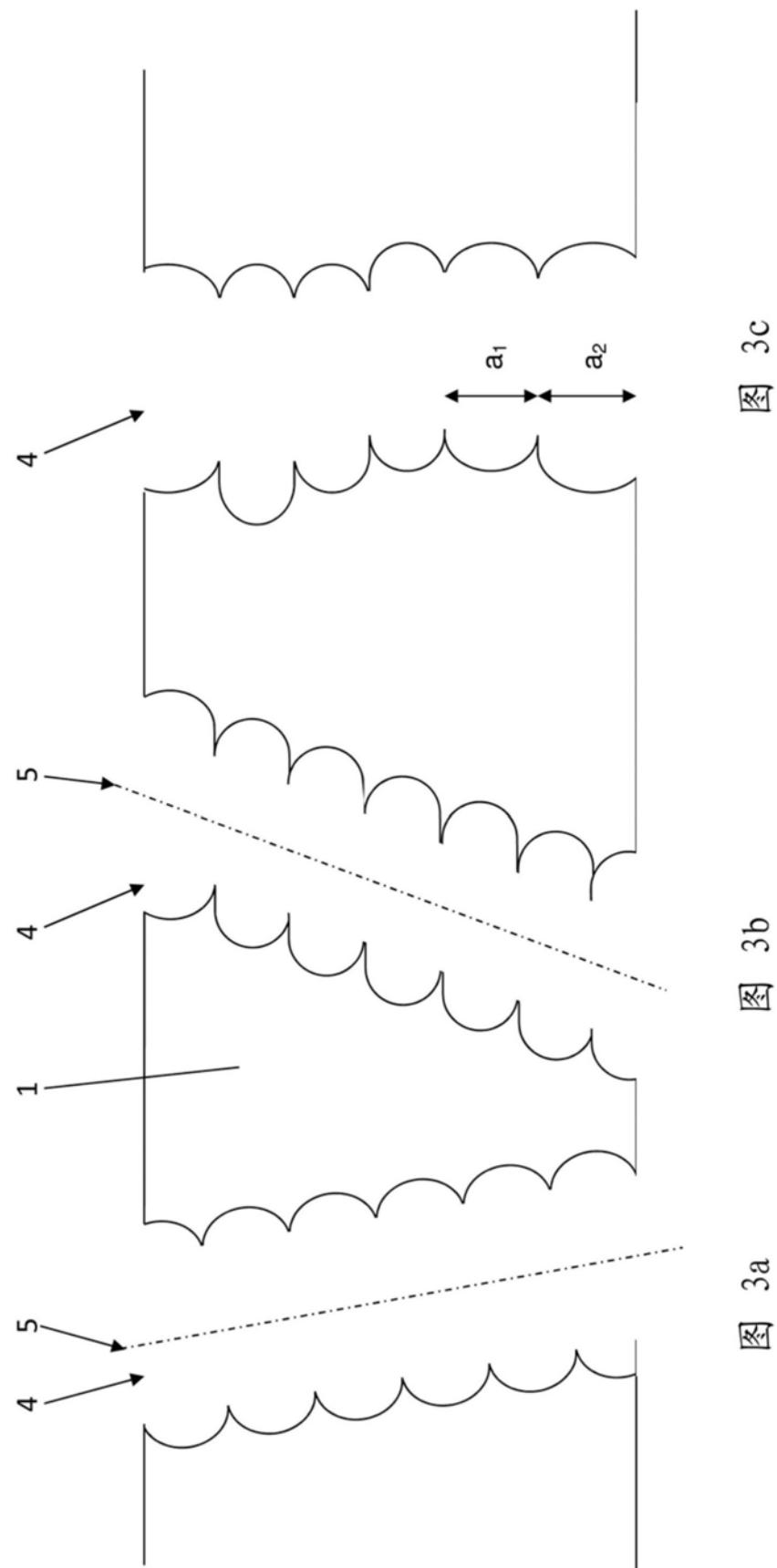


图 3c

图 3b

图 3a