(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110121574 A
(43)申请公布日 2019.08.13

(21)申请号 201780079213.X

(22)申请日 2017.12.21

(30)优先权数据
62/438,561 2016.12.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.06.20

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2017/058315 2017.12.21

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/116256 EN 2018.06.28

(71)申请人 3M创新有限公司
地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 巴里·S·卡彭特
斯科特·M·施诺布里克
杰弗里·N·巴尔托克
亚历山大·J·霍夫曼
布赖恩·K·纳尔逊

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 牛海军

(51)Int.Cl.
C25D 1/00(2006.01)
C25D 1/20(2006.01)
C25D 1/10(2006.01)
B23P 15/16(2006.01)
B29C 39/10(2006.01)
C25D 1/08(2006.01)

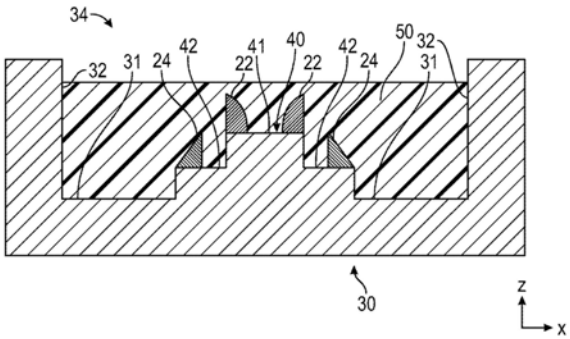
权利要求书1页 说明书19页 附图16页

(54)发明名称

在结构化表面上制作喷嘴结构

(57)摘要

制造燃料喷射器喷嘴结构诸如例如喷嘴板、阀引导件、喷嘴板和阀引导件的组合等的方法，以及包括微结构化特征的其他制品。所述方法可采用多光子工艺以在三维结构化表面上形成微结构化图案，从而提供喷嘴结构和包括完成的微结构化特征诸如例如从一个或多个腔体延伸的通孔的其他制品，其中三维结构化表面的至少一部分用于形成腔体。通过避免需要使用多光子工艺形成其他喷嘴结构特征，在三维结构化表面上形成微结构化图案可减少形成包括微结构化特征和其他喷嘴结构特征(例如腔体)的喷嘴结构所需的时间。



CN 110121574 A

1.一种制造喷嘴结构的方法,所述方法包括:

通过多光子处理第一材料在三维结构化表面的至少一部分上形成微结构化图案;

使用不同于所述第一材料的第二材料复制所述微结构化图案和所述三维结构化表面的至少一部分的负片,以形成具有所述微结构化图案的负图案和所述三维结构化表面的至少一部分的负表面的复制结构;

将所述复制结构与所述微结构化图案和所述三维结构化表面分离。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述方法还包括在所述复制之后,以及在所述分离之前或之后,从所述复制结构移除第二材料。

3.根据权利要求2所述的方法,其中在所述复制结构与所述三维结构化表面分离之后发生所述从所述复制结构移除第二材料。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面位于腔体的底部,并且其中在多光子处理所述第一材料之前,所述第一材料位于所述腔体中。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面包括两个离散的规则表面,并且所述微结构化图案的至少一部分形成在所述两个离散的规则表面上。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面是导电的。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面包括插入件,所述插入件作为位于基板的支撑表面上的独立且离散的制品提供。

8.根据权利要求7所述的方法,其中所述支撑表面不形成所述三维结构化表面的一部分。

9.根据权利要求7至8中任一项所述的方法,其中在所述形成微结构化图案之前将所述插入件浸没在所述第一材料中。

10.根据权利要求7至9中任一项所述的方法,其中所述将所述复制结构与所述三维结构化表面分离包括移除所述插入件。

11.根据权利要求1至10中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面包括燃料喷射器阀的至少一部分。

12.根据权利要求1至11中任一项所述的方法,其中所述微结构化图案包括多个微结构化特征,并且每个微结构化特征形成在所述三维结构化表面上。

13.根据权利要求12所述的方法,其中所述多个微结构化特征中的每个微结构化特征包括在所述三维结构化表面上形成的基部和远离所述三维结构化表面的远侧端部,并且所述微结构化图案任选地包括附接到所述多个微结构化特征中的至少两个微结构化特征的所述远侧端部的至少一个支撑特征。

14.根据权利要求1至13中任一项所述的方法,其中所述复制包括电镀所述三维结构化表面,使得所述微结构化图案包含在所述第二材料内。

15.根据权利要求1至14中任一项所述的方法,其中在所述分离之后,所述微结构化图案限定多个从所述复制结构的入口面延伸穿过所述复制结构到所述复制结构的出口面的通孔。

在结构化表面上制作喷嘴结构

技术领域

[0001] 本发明整体涉及制造喷嘴结构(例如,适用于内燃机的燃料喷射器中的部分的或完全的喷嘴板、阀引导件和其他喷嘴结构,包括此类结构的整体组合),以及包括微结构化特征的其他制品。本发明还涉及制作结合有此类喷嘴结构的燃料喷射器。

背景技术

[0002] 有三种基本类型的燃料喷射器系统:进气道燃料喷射(PFI)、缸内直接喷射(GDI)和直接喷射(DI)。PFI和GDI使用汽油作为燃料,而DI使用柴油燃料。人们仍在继续努力进一步开发制造燃料喷射器喷嘴板(也称为导向板)以及包含该燃料喷射器喷嘴的燃料喷射系统的方法,以便潜在地提高燃料效率、减少内燃机的危害性排放,以及降低包含内燃机的车辆的总体能量需求。

[0003] 燃料喷射器系统使用包括具有穿过其中形成的通孔的喷嘴结构的燃料喷射器喷嘴,以递送燃料用于燃烧。制造喷嘴结构可在其中控制通过喷嘴结构递送燃料可改善或降低发动机的效率的系统中提出特别的挑战。

发明内容

[0004] 本发明涉及制造燃料喷射器喷嘴结构的方法。此类结构可包括例如喷嘴板的一部分或全部、阀引导件、喷嘴板和阀引导件的组合等,以及包括微结构化特征的其他制品。

[0005] 在一个或多个实施方案中,本文所述的方法采用多光子工艺以在三维结构化表面上形成微结构化图案,从而提供喷嘴结构(例如,部分或完整的喷嘴板、阀引导件、它们的组合等)以及包括完成的微结构特征诸如例如一个或多个通孔、从一个或多个腔体延伸的一个或多个通孔,以及其他喷嘴结构特征的其他制品。一个或多个腔体可以形成为三维结构化表面的一部分、大部分或全部的形状。在一个或多个实施方案中,在如本文所述的三维结构化表面上形成微结构化图案可通过避免需要使用多光子工艺形成一个或多个腔体来减少形成包括微结构化特征和腔的喷嘴结构所需的时间。具体地,三维结构化表面可成形为形成类似于一个或多个腔体的喷嘴结构特征,其中微结构化特征使用多光子工艺形成在三维结构化表面上。避免需要使用多光子工艺形成某些喷嘴结构特征(例如,腔体形状和/或结构)可显著减少制造如本文所述的喷嘴结构和其他制品所需的时间。

[0006] 在一个或多个实施方案中,如本文所述的制造喷嘴结构的方法可包括:通过多光子处理第一材料在三维结构化表面的至少一部分、大部分或全部上形成微结构化图案;使用不同于第一材料的第二材料复制微结构化图案和三维结构化表面的至少一部分、大部分或全部的负片,以形成具有微结构化图案的负图案和三维结构化表面的至少一部分的负表面(即,负图案/表面)的复制结构;将复制结构与微结构化图案和三维结构化表面分离(例如,通过从三维结构化表面移除复制结构并从复制结构移除微结构化图案)。

[0007] 在一个或多个实施方案中,该方法还包括在复制负片之后从复制结构移除第二材料的一部分。在一个或多个实施方案中,在将复制结构从三维结构化表面移除之后发生从

复制结构移除第二材料的一部分。

[0008] 在一个或多个实施方案中，三维结构化表面位于腔的底部，并且在多光子处理第一材料之前，该第一材料位于腔体中。

[0009] 在一个或多个实施方案中，三维结构化表面包括两个离散的规则表面，并且微结构化图案的至少一部分在两个离散的规则表面上形成。

[0010] 在一个或多个实施方案中，三维结构化表面导电。

[0011] 在一个或多个实施方案中，三维结构化表面包括作为位于基板的支撑表面上的独立且离散的制品设置的插入件。在一个或多个实施方案中，支撑表面不形成三维结构化表面的一部分。在一个或多个实施方案中，在第一材料中在三维结构化表面上形成微结构化图案之前，将插入件浸没在第一材料中。在一个或多个实施方案中，将复制结构与三维结构化表面分离包括移除插入件。

[0012] 在一个或多个实施方案中，三维结构化表面包括燃料喷射器阀的一部分、大部分或全部。

[0013] 在一个或多个实施方案中，微结构化图案包括多个微结构化特征，并且每个微结构化特征在三维结构化表面上形成。在一个或多个实施方案中，多个微结构化特征的每个微结构化特征包括在三维结构化表面上形成的基部和远离三维结构化表面的远侧端部，并且微结构化图案任选地包括附接到多个微结构化特征中的至少两个或更多个或者全部的远侧端部的至少一个支撑特征。

[0014] 在一个或多个实施方案中，复制复制结构的步骤包括电镀三维结构化表面，使得微结构化图案包含在第二材料内。

[0015] 在一个或多个实施方案中，在复制结构与三维结构化表面和微结构化图案分离之后，微结构化图案限定多个从复制结构的入口面延伸穿过复制结构到复制结构的出口面的通孔。

[0016] 以上发明内容并非旨在描述制造如本文所述的喷嘴结构或其他制品的方法的每个实施方案或每种实施方式。相反，根据附图，参考以下具体实施方式和权利要求书，对本发明更完整的理解将变得显而易见。

附图说明

[0017] 图1为可使用本文所述的方法制造的喷嘴板形式的一个示例性喷嘴结构的透视图。

[0018] 图2为图1中所示的示例性喷嘴的顶视图。

[0019] 图3为沿图2中的线3-3截取的图1和图2中所示的示例性喷嘴板的剖视图。

[0020] 图4为在包含第一材料的基板上的腔体中的三维结构化表面的剖视图，以开始制造如图1至图3中所描绘的喷嘴板的一种例示性方法。

[0021] 图5描绘用于曝光多光子材料以在如本文所述的三维结构化表面上形成微结构化图案的曝光系统的一个示例性实施方案。

[0022] 图6描绘在使图4中的第一材料显影以形成微结构化图案并从腔体中移除未显影的第一材料之后形成微结构化图案的微结构化特征。

[0023] 图7描绘在使用第二材料复制微结构化图案和三维结构化表面之后形成微结构化

图案的微结构化特征。

[0024] 图8描绘通过将复制结构与图7的腔体中的三维结构化表面分离而形成的复制结构。

[0025] 图9描绘在将复制结构与微结构化图案的微结构化特征分离之后由第二材料形成的复制结构，以及描绘要从复制结构移除以形成图1至图3的喷嘴板的第二材料的部分的虚线。

[0026] 图10为在移除第二材料的部分之后图9的喷嘴板的剖视图。

[0027] 图11为包括喷嘴板形式的喷嘴结构的另一示例性实施方案的燃料喷射器的一个示例性实施方案的剖视图，该喷嘴结构包括可使用如本文所述的方法制造的阀密封表面和位于喷嘴结构下方的阀。

[0028] 图12为在包含第一材料的基板上的腔体中的三维结构化表面的剖视图，该三维结构化表面可用于制造如图11中所描绘的喷嘴板，其中以虚线描绘图13的微结构化特征。

[0029] 图13描绘在使图12中的第一材料显影以形成微结构化图案并且从腔体移除未显影的第一材料之后形成微结构化图案的微结构化特征和支撑特征。

[0030] 图14描绘在使用第二材料复制微结构化图案和三维结构化表面之后的图12至图13的微结构化图案。

[0031] 图15描绘由第二材料形成的复制结构以及虚线，虚线描绘要从复制结构移除以形成图11中所描绘的喷嘴板的第二材料的一部分。

[0032] 图16为制造喷嘴板形式的喷嘴结构的另一种方法的剖视图，该喷嘴结构使用插入件以提供其上形成微结构化图案的三维结构化表面，其中用第二材料复制三维结构化表面和微结构化图案。

[0033] 图17为从图16的腔体移除之后的复制结构的剖视图，该复制结构具有微结构化图案和三维结构化表面插入件。

[0034] 图18为移除第二材料的一部分、微结构化图案和插入件之后以形成如本文所述的喷嘴板的另一示例性实施方案的图17的复制结构的剖视图。

[0035] 图19为具有位于其上的微结构化图案的三维结构化表面的一个例示性实施方案的剖视图，该三维结构化表面可用于如本文所述的例如制造喷嘴结构的方法的一个或多个实施方案中。

[0036] 图20为沿轴线511的方向所取的图19的三维结构化表面的端视图。

[0037] 图21为可用于形成如本文所述的喷嘴结构的组件中的阀形式的三维结构化表面的一个例示性实施方案的剖视图。

[0038] 图22为在组装时和在使用销530电铸喷嘴结构之前的图21的组件的剖视图。

[0039] 图23为可使用图19至图22的销制造的喷嘴结构的一个示例性实施方案的剖面透视图。

[0040] 图24为描绘位于在图23的喷嘴结构中形成的腔体中的阀的端视图。

具体实施方式

[0041] 在以下说明中，参考作为本文一部分的附图，并且其中通过举例的方式示出具体实施方案。应当理解，在不超出本发明的范围的前提下，能够利用其他实施方案并且能够进

行改变。

[0042] 在一个或多个实施方案中，制造本文所述的喷嘴结构或其他制品的方法可使用美国专利No.9,333,598 B2和美国专利申请公布No.US 2013/0313339(二者题目均为“Nozzle and Method of Making Same”)中所述的多光子(例如，两光子)技术、设备和材料。具体地，多光子工艺可用于制造各种微结构化图案，其可例如包括可用于例如用于燃料喷射器的一个或多个喷嘴结构中的一个或多个孔形成特征。此外，如本文所述，所述工艺可用于形成喷嘴结构(或其他制品)本身和/或作为可用于制造喷嘴结构或其他制品的模具。

[0043] 在一个或多个实施方案中，本文所述的微结构化制品可适用作燃料喷射器喷嘴中所用的喷嘴结构(包括例如喷嘴板、阀引导件、喷嘴板和阀引导结构以及其他结构化组合)。应当理解，如本文所用的术语“喷嘴”或“喷嘴结构”可在本领域中具有多种不同的含义。例如，美国专利公布No.2009/0308953 A1(Palestrant等人)公开了一种“雾化喷嘴”，该雾化喷嘴包括多个元件，包括孔插入件24和封闭室50。本文提出的“喷嘴结构”的理解和定义可例如包括这样的结构，如Palestrant等人的孔插入件24以及与腔室50对应的结构的一部分、大部分或全部。一般来讲，本说明书的喷嘴结构可被理解为包括最终喷出喷雾的雾化喷雾系统的结构，参见例如，韦氏(Merriam Webster)字典对喷嘴的定义(“具有用于(如在软管上)加速或引导流体流动的锥形或收缩部的短管”)。参考授予Nippondenso有限公司(日本，刈谷市)的美国专利No.5,716,009(Ogihara等人)可获得进一步理解。另外，在此参考文献中，流体喷射“喷嘴”被广泛地定义为多件式阀元件10(“充当流体喷射喷嘴的燃料喷射阀10。”-参见Ogihara等人的专利的第4栏，第26-27行)。在本文中所使用的术语“喷嘴结构”的当前定义和理解应涉及例如第一孔板130和第二孔板132、阀体26，还可潜在涉及例如套筒138(参见Ogihara等人的专利的图14和图15)，其紧邻燃料喷雾定位。如本文所述，可称为“喷嘴结构”的类似结构公开于授予Hitachi有限公司(日本，茨城)的美国专利No.5,127,156(Yokoyama等人)中。这里，喷嘴10与附接和集成结构的元件(诸如“旋流器”12)(参见图1)独立地限定此类独立元件可部分地或完全地形成为一个一体结构。当在说明书和权利要求的其余部分中提及术语“喷嘴结构”时，可以包括上述结构。

[0044] 在一个或多个实施方案中，使用本文所述的方法制造的喷嘴结构可包括策略性地结合到喷嘴结构中的一个或多个喷嘴通孔。一个或多个喷嘴通孔可为喷嘴结构提供以下一种或多种特性：(1)提供通过喷嘴的可变流体流动的能力(例如，通过打开或关闭一个或多个喷嘴中的一个或多个通孔)，(2)相对于喷嘴结构的出口面提供多向流体流动的能力，和(3)提供相对于垂直延伸穿过喷嘴出口面的中心法线的多向偏轴流体流动的能力。

[0045] 如所讨论的，制造本文所述的喷嘴结构和其他制品的方法优选使用多光子工艺。尽管这些制造工艺对于在所选择的微结构化图案中产生精确的微结构化特征是有用的，但是形成某些喷嘴结构或其他制品所需的材料体积的显影/硬化所需的时间可过长，例如，需要在成品喷嘴结构或其他制品中设置更大的特征。

[0046] 当用于制造如本文所述的用于燃料喷射器的喷嘴结构时，较大特征的一个示例可包括喷嘴结构(例如喷嘴板等)的入口面上的腔体和其他形状，所述喷嘴结构的入口面被构造成在与具有互补形状的燃料喷射器阀结合使用时减小SAC体积。在此类实施方案中，三维结构化表面可具有与结合喷嘴结构使用的阀的形状互补的形状，使得可以减小燃料喷射器中的SAC体积。“SAC体积”被定义为燃料喷射器喷嘴的入口面(即，喷嘴的入口面)和燃料喷

射器系统的阀的外表面之间的空间体积。

[0047] 图1至图3描绘使用本文所述方法制造的喷嘴板10形式的一个示例性结构的各种视图。喷嘴板10包括三维入口面11,在喷嘴板的与入口面11相对的一例上的出口面14,以及围绕入口面11和出口面14两者的周边面19。出口面14包括第一出口表面141和围绕第一出口表面141的第二出口表面142,其中侧壁145在第一出口表面141和第二出口表面142之间延伸。

[0048] 第一组喷嘴通孔15在第一出口表面141中形成有出口开口152,第二组喷嘴通孔16在第二出口表面142中形成有出口开口162。每个第一喷嘴通孔15包括在入口面11上的第一入口表面12上的至少一个入口开口151,其中每个通孔15连接到出口面14上的至少一个出口开口152。每个第二喷嘴通孔16包括在入口面11上的第二入口表面13上的至少一个入口开口161,其中每个通孔16连接到出口面14上的至少一个出口开口162。如图3所示,第一入口表面12不与第二入口表面13共面,并且入口表面12和13两者均从入口面11的周围周边部分110插入,使得腔体18位于喷嘴板10的入口面11中。

[0049] 可使用本文所述的方法制造包括本文所述的微结构化图案的喷嘴结构和其他制品。参考图4至图9描述用于制造喷嘴结构或其他制品诸如在图1至图3中描绘的喷嘴板10的方法的一个示例性实施方案。该方法提供了在单个制品中产生各种单个微结构特征诸如孔、腔体等的灵活性和控制。

[0050] 图4为设置在基板30上的第一材料20的示意性侧视图。基板30包括侧壁32以形成具有底部31的腔体34。离散量的第一材料20包含在腔体34中。第一材料20能够通过同时吸收多个光子而经历多光子反应。例如,在一个或多个实施方案中,第一材料能够通过同时吸收两个光子而经历双光子反应。第一材料可为能够经历多光子反应诸如双光子反应的任何材料或材料体系,诸如以下文献中描述的那些:美国专利No.7,583,444(“Process For Making Microlens Arrays And Masterforms”);美国专利申请US 2009/0175050(“Process For Making Light Guides With Extraction Structures And Light Guides Produced Thereby”);和PCT公布WO 2009/048705(“Highly Functional Multiphoton Curable Reactive Species”)。

[0051] 在一些情况下,第一材料可为光反应性组合物,其包括至少一种能经历酸引发或自由基引发的化学反应的活性物质,和至少一个多光子光引发剂体系。适用于光反应性组合物的活性物质包括可固化和不可固化的物质。示例性的固化性物质包括加成可聚合单体、低聚物和加成可交联聚合物(如可自由基聚合或可交联的烯键式不饱和物质,包括例如丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯和例如苯乙烯等某些乙烯基化合物),以及可阳离子聚合的单体、低聚物和可阳离子交联聚合物(最常被酸引发的物质且包括例如环氧树脂、乙烯醚、氰酸盐酯等)等等、以及它们的混合物。示例性的非固化性物质包括反应性聚合物,其溶解度在进行酸或自由基引导的反应时可提高。此类活性的聚合物包括例如具有酯基的水不溶解的聚合物,酯基可通过光致的酸转变成水可溶解的酸性基团(例如,聚(4-叔丁氧基羰基氧代苯乙烯)。非固化性物质还包括化学增幅光致抗蚀剂。

[0052] 多光子光引发剂体系使聚合能够被限制或局限于用于曝光所述第一材料的聚焦光束的聚焦区。这种体系优选为包括至少一种多光子光敏剂、至少一种光引发剂(或电子受体)及任选的至少一种电子供体的双组分体系或三组分体系。

[0053] 可使用任何方法将第一材料20供应在基板30上。较高粘度的材料可例如使用在特定情况下可需要的任何涂覆方法涂覆在基板上。例如，在一个或多个实施方案中，第一材料可通过溢涂而涂覆在基底上。其他示例性的涂覆方法包括刮涂、切口涂布、逆转辊涂、凹版印刷涂布、喷涂、棒涂、旋涂和浸涂。当与较高粘度的第一材料一起使用时，这些选项中的许多可潜在地与具有未包含在腔体中的三维结构化表面的基板结合使用。

[0054] 在其中第一材料设置在腔体例如腔体34中的一个或多个实施方案中，第一材料可具有较低的粘度，因为第一材料的流动不是问题，这是由于由例如在基板30的表面上方形成腔体34的侧壁32提供的遏制。

[0055] 在本文描述的方法的一个或多个实施方案中，第一材料20选择性地曝光于具有足够强度的入射光，以在曝光区域中使第一材料同时吸收多个光子。曝光步骤可伴有能够提供具有足够强度的光的任何方法。示例性曝光方法和装置描述于美国专利申请公布US 2009/0099537(“Process For Making Microneedles，Microneedle Arrays，Masters，And Replication Tools”)中。

[0056] 图5为用于曝光第一材料20的曝光系统1000的一个示例性实施方案的示意性侧视图。该曝光系统包括发射光1030的光源1020和能在一维、二维或三维空间中移动的台面1010。承载第一材料层20的基板30设置在台面1010上。光学系统1040在第一材料20内的聚焦区1050处聚焦所发射的光1030。在一个或多个实施方案中，光学系统1040被设计成只在聚焦区1050处或紧邻聚焦区1850处使第一材料同时吸收多个光子。经历多光子反应的第一材料20的区域相比没有经历多光子反应的第一材料20的区域变得或多或少地可溶于至少一种溶剂中。

[0057] 通过移动台面1010和/或光1030和/或光学系统1040中的一个或多个部件诸如一个或多个镜子，聚焦区1050可扫描第一材料内的三维图案。

[0058] 光源1020可为能产生足够光强度以进行多光子吸收的任何光源。示例性的光源可包括例如激光，诸如飞秒激光，其操作范围为从约300nm到约1500nm，或从约400nm到约1100nm，或从约600nm到约900nm，或从约750nm到约850nm。

[0059] 光学系统1040可包括，例如，折射光学元件(例如，透镜或微透镜阵列)、反射光学元件(例如，回射器或聚焦镜)、衍射光学元件(例如，光栅、相位模板全息图)、偏振光学元件(例如，线性偏振片和波片)、色散光学元件(例如，棱镜和光栅)、扩散片、普克尔斯盒、波导管等等。此类光学元件可用于聚焦、光束递送、光束/模式成形、脉冲成形和脉冲定时。

[0060] 在通过曝光系统1000选择性地曝光第一材料20后，经曝光的第一材料被置于溶剂中以溶解较高溶剂溶解度区域。可用于冲洗所曝光的第一材料的示例性溶剂包括水溶剂，如水(例如，pH值的范围为从1到12的水)和水与有机溶剂的可混溶共混物(例如，甲醇、乙醇、丙醇、丙酮、乙腈二甲基甲酰胺、N-甲基吡咯烷酮、等等、以及它们的混合物)；以及有机溶剂。示例的可用的有机溶剂包括醇(例如、甲醇、乙醇和丙醇)、酮(例如，丙酮、环戊酮和甲基乙基酮)、芳族(例如，甲苯)、卤代烃(例如，二氯甲烷和氯仿)、腈(例如，乙腈)、酯(例如，乙酸乙酯和丙二醇甲醚乙酸酯)、醚(例如，乙醚和四氢呋喃)、酰胺(例如，N-甲基吡咯烷酮)等等以及它们的混合物。

[0061] 再次参见图4，在本文所述的方法中，第一材料20设置在包括三维结构化表面的基板30上。在所示的示例性实施方案中，三维结构化表面40包括对应于喷嘴板10的第一入口

表面12和第二入口表面13的表面41和42。具体地，在一个或多个实施方案中，三维结构化表面40用于在喷嘴板18中形成腔体10，如本文所述。尽管用于形成腔体18的三维结构化表面可由第一材料20形成，但这样做将需要使用例如曝光系统1000的附加的曝光时间以及附加量的第一材料20。附加的加工时间和材料可增加所得喷嘴板(或其他制品)的成本。

[0062] 如本文所用，“三维结构化表面”是既不是单独的平坦也不仅仅是球形的表面，其中三维结构化表面在一个或多个实施方案中被构造成代替图案化结构的至少一部分，图案化结构在没有三维结构化表面的情况下使用多光子工艺形成。在一个或多个实施方案中，如本文所述的三维结构化表面包括两个或更多个规则表面，尽管在本文所述的方法中使用的所有三维结构化表面不需要规则表面。在三维结构化表面包括两个或更多个规则表面的实施方案中，两个或更多个规则表面可以是围绕公共轴线展开的规则表面。

[0063] 在一个或多个实施方案中，三维结构化表面40可以位于基板30的表面上，该表面限定例如腔体34的底部31。虽然底部31可以是平坦的或球形的，但是如本文所讨论的，位于其上的三维结构化表面40既不是单独的平坦的也不是单独的球形的。图6是使用多光子工艺在图4的第一材料20中形成的微结构化图案的示意性侧视图。如上所述，已经从腔体34移除不形成微结构化图案的一部分的第一材料20。在移除第一材料20之后剩余的微结构化图案包括第一微结构化特征22和第二微结构化特征24，两者都位于三维结构化表面40上。具体地，第一微结构化特征22位于三维结构化表面40的表面41上，第二微结构化特征24位于三维结构化表面40的表面42上。此外，第一微结构化特征22对应于喷嘴板10的第一喷嘴通孔15，而第二微结构化特征24对应于喷嘴板10的第二喷嘴通孔16。

[0064] 图4中描绘的任选特征是三维结构化表面可至少部分地由插入件70(由延伸横跨腔体34的底部31的虚线限定)提供，其中插入件70包括微结构化特征22和24位于其上的表面41和42。在一个或多个实施方案中，插入件70可以是位于基板30的支撑表面31上的单独且离散的制品的形式。相比之下，结合图4描述的方法的三维结构化表面可与基板成一体，使得在不进行切割、机加工、研磨等的情况下，三维结构化表面不能与基板分离。

[0065] 在一个或多个实施方案中，插入件70可由例如不导电的材料构成。例如，插入件70可由聚合物材料构成，其中仅插入件70的所选择表面或部分用导电材料通过加晶种，使得电镀导致电镀材料生长到导电表面上。例如，仅插入件70上的面朝上的表面41和42可以通过加晶种或以其他方式制成导电的。另选地，插入件70可由导电材料构成，其中除41和42之外的表面被绝缘层钝化，使得电镀材料不会沉积在钝化表面上。在一个或多个实施方案中，基板31的支撑表面30也可为导电的，使得电镀材料沉积在该表面上以及插入件70上的任何可选择表面上。

[0066] 随着三维结构化表面40上的微结构化图案曝光，微结构化图案的微结构化特征22和24以及三维结构化表面40可以复制在与用于形成微结构化图案的第一材料不同的第二材料50中(如图7所示)。在一个或多个实施方案中，在第二材料中复制微结构化图案可包括电镀三维结构化表面40，并且如果提供的话，包括腔体34的底部31。在一个或多个实施方案中，第二材料50可包含微结构化图案并覆盖三维结构化表面40的全部或至少一部分。在一个或多个实施方案中，在第二材料中复制微结构化图案可包括电镀微结构化图案本身。

[0067] 在其中电镀第二材料的那些实施方案中，第二材料可以是任何合适的电镀材料的形式，诸如例如，元素或合金金属(例如，Ni、Co和包括这些金属中的一者或两者的合金)。

[0068] 在一个或多个另选的实施方案中，第二材料50可以是适合于复制微结构化图案和三维结构化表面40的任何其他材料。一类可能合适的材料可包括例如陶瓷。在一个或多个实施方案中，第二材料如果是陶瓷的形式则可选自包含以下各项的组：二氧化硅、氧化锆、氧化铝、二氧化钛，或如下元素的氧化物：钇、锶、钡、铪、铌、钽、钨、铋、钼、锡、锌、原子数范围为57至71的镧系元素、铈，以及它们的组合。

[0069] 如果要使用电镀来复制微结构化图案和三维结构化表面40，则基板30的底部31可以优选地是导电表面，使得电镀材料形成在基板30的底部31上。此外，在一个或多个实施方案中，三维结构化表面40的表面41和42也优选是导电表面，使得电镀材料也形成在三维结构化表面40的表面41和42上。在一个或多个实施方案中，基板30和三维结构化表面40可由导电材料构成，并且不需要电镀的任何表面用一种或多种非导电材料钝化，使得电镀材料仅沉积在导电表面上。在一个或多个另选的实施方案中，基板30和三维结构化表面由非导电材料构成，并且在其上需要电镀的表面通过加晶种或以其他方式导电。

[0070] 在一个或多个实施方案中，微结构化图案的微结构化特征22和24本身也可以由导电材料制成，或者可以用一层导电材料通过加晶种，以促进电镀材料在微结构化图案的特征22和24上的沉积(潜在有用的接种方法描述于例如美国专利No.9,333,598B2和美国专利申请公开No.US 2013/0313339)中。

[0071] 在第二材料50中覆盖微结构化图案和三维结构化表面40的至少一部分之后，在一个或多个实施方案中，可将复制结构60基板30移除，在所描绘的实施方案的情况下，需要从腔体34中移除复制结构60。当从基板30移除时，微结构化图案的微结构化特征22和24也可连同复制结构60一起移除。在从基板30移除之后，复制结构60提供三维结构化表面40的负图案。

[0072] 复制结构60包括对应于基板30的底部31的表面61，作为沉积在基板30上的第二材料50的上表面的表面62，对应于三维结构化表面40的表面41的第一腔体表面51，对应于三维结构化表面40的表面42的第二腔体表面52。在其中第二材料50沉积到腔体34中的那些实施方案中，复制结构60可包括对应于腔体34的侧表面32的侧表面63。

[0073] 如在例如图8中所见，在一个或多个实施方案中，由如本文所述的第一材料形成的微结构化图案的微结构化特征22和24也可以从三维结构化表面40移除并保留在第二材料50中。在本文所述方法的一个或多个实施方案中，还可以从第二材料移除形成微结构化图案的特征22和24的第一材料，使得复制结构60的第二材料50也复制微结构化图案的微结构化特征22和24以及三维结构化表面40。

[0074] 在微结构化图案在复制结构60的上表面62上曝光的一个或多个实施方案中，形成微结构化图案(例如，微结构化特征22和/或24)的第一材料，形成微结构化图案的第一材料可以在从基板30移除复制结构60之前移除。然而，在许多情况下，第一材料可以优选地包含在复制结构60的第二材料内，使得这种移除变得困难和/或不可能。

[0075] 图9描绘了在已经从基板30移除之后并且在已经从复制结构60移除微结构化图案的微结构化特征22和24之后的复制结构60。在一个或多个实施方案中，复制结构60可以根据制品的目的形成成品。然而，在一个或多个实施方案中，在复制结构60将用作需要通孔的喷嘴结构的情况下，在从基板30移除复制结构60之前可需要进一步处理。

[0076] 例如，在一个或多个实施方案中，可以从复制结构60移除第二材料50的一部分。具

体地，在将复制结构60从腔体34中的三维结构化表面40移除之前，可将来自复制结构60的第二材料50的一部分从表面62即背离三维结构化表面40的面移除。在一个或多个实施方案中，形成复制结构60的表面62的第二材料可以被移除到图9中的虚线64所示的水平。在一个或多个实施方案中，从复制结构的表面62移除第二材料可包括通过例如研磨、铣削、电子放电加工(EDM)、化学移除或其他材料移除过程来平面化复制结构60的表面。

[0077] 在由虚线64描绘的水平处，在移除形成那些微结构化特征的第一材料之后由第一微结构化特征22形成的腔体55可包括在复制结构60的表面62处的开口。参见，例如，在图1至图3中所描绘的喷嘴板10，通过腔体55在复制结构60的表面62处形成的开口可对应于喷嘴板10中的开口152。因此，腔体55可被描述为形成对应于喷嘴板10中的通孔15的特征。

[0078] 在一个或多个实施方案中，在复制结构60的包含腔体55的部分的相对侧上沿虚线66从复制结构60进一步移除第二材料可以暴露设置在复制结构60中的腔体56中的开口。参见，例如，在图1至图3中所描绘的喷嘴板10，在由虚线66限定的表面处形成的腔体56中的开口可对应于喷嘴板10中的开口162。因此，腔体56可被描述为在复制结构中形成对应于喷嘴板10中的通孔16的特征。从复制结构60移除材料可通过如本文所述的任何合适的方法来完成。

[0079] 提供图10以示出存在于喷嘴板10中的特征与复制结构60之间的对应关系。具体地，喷嘴板10中的通孔15对应于复制结构60中的腔体55。喷嘴板10中的通孔16对应于复制结构60中的腔体56。喷嘴板10中的表面12对应于复制结构60中的表面51。喷嘴板10中的表面13对应于复制结构60中的表面52。喷嘴板10中的表面110对应于复制结构60中的表面61。喷嘴板10中的表面141对应于通过在例如图9中沿虚线64移除第二材料的第一部分而形成的表面64。喷嘴板10中的表面142对应于通过沿例如图9中的虚线66移除第二材料的第二部分而形成的表面66。在其中第二材料适合用作喷嘴结构(例如，一种或多种金属、陶瓷等)的那些实施方案中，复制结构60的完成对应于可结合如本文所述的燃料喷射器喷嘴使用的喷嘴结构的完成(尽管一些附加的处理可以是期望的和/或必需的，诸如例如去毛刺(例如，机械和/或化学)、抛光等)。

[0080] 然而，在一个或多个另选的实施方案中，复制结构60(如例如图9中所描绘)可用于构造第二代模具，然后可复制该第二代模具以形成喷嘴结构。形成此类模具的一些可能合适的方法的示例在例如美国专利公布No.9,333,598和美国专利申请公布No.US 2013/0313339中有所描述。

[0081] 图11中描绘了包括喷嘴板210形式的喷嘴结构的另一示例性实施方案和位于喷射器主体290中的阀370的燃料喷射器阀200的一个例示性实施方案。可使用本文所述的方法制造的喷嘴板210包括出口面214和入口面211，其中入口面211面向阀370。在一个或多个实施方案中，喷嘴板210附接到阀体290，其中入口面211邻接阀体290的周边291。喷嘴板210与阀体290的附接可使用任何一种或多种合适的技术诸如例如焊接等来实现。

[0082] 喷嘴板210包括第一组通孔215和第二组通孔216。通孔215包括在入口面211上面向阀370的表面212中的开口，其中表面212面向阀370上的表面372。通孔216包括表面213中的开口，该开口也面向阀370上的表面373。在喷嘴板210的入口面211上看到的其他特征包括阀密封表面219，阀密封表面219在所示实施方案中面向阀370上的密封表面379并且成形为与阀370上的密封表面379匹配。在一个或多个实施方案中，喷嘴板210上的阀密封表面

219与阀370上的密封表面379之间的接触可在表面219和319彼此接触时防止燃料流过燃料喷射器200。

[0083] 燃料喷射器200提供了使用如本文所述的三维结构化表面制造用于燃料喷射器的喷嘴结构的潜在优点的一个示例。如所讨论的，使用本文所述方法的一个或多个实施方案制造的喷嘴结构的入口面可采取的形状与喷嘴结构结合使用的阀的形状互补，使得可减小燃料喷射器中的SAC体积。

[0084] 在燃料喷射器200的实施方案中，可以看出，阀370的形状与喷嘴板211的入口面210的形状紧密匹配。当阀370相对于喷嘴板210处于关闭位置时，这种组合可以显着减小SAC体积，即，燃料喷射器喷嘴板210的入口面211与燃料喷射器系统的阀370之间的空间体积。

[0085] 为实现根据本文所述方法的一个或多个实施方案制造的喷嘴结构中SAC体积的减小，其上制造喷嘴结构的三维结构化表面可以成形为与喷嘴结构将与其一起使用的阀的形状匹配。参见例如图12，基板230包括三维结构化表面240，其形状与如例如在图11中所描绘的阀370的形状匹配。具体地，三维结构化表面240包括对应于阀370上的表面372的表面242，以及与阀370上的表面373匹配的表面243。此外，三维结构化表面240还包括对应于阀370上的密封表面379的表面249。

[0086] 尽管不是必需的，但是基板230上的三维结构化表面240可以位于腔体234中，腔体234类似于结合例如图4描述的腔体34。如在该实施方案中，三维结构化表面240可被描述为包含在腔体234内。

[0087] 图12中描绘的可选特征是腔体234中的三维结构化表面240可以至少部分地由一个或多个插入件提供。在所描绘的例示性实施方案中，提供两个插入件270和272(均由图12中的虚线限定)，其中第一插入件270为环形形式，第二插入件272包括位于腔体234中的三维结构化表面240的表面242、243和249。在一个或多个实施方案中，插入件270和/或272可以是位于设置在基板230中的腔体234中的单独且离散的制品的形式。如图12中的实线所描绘，三维结构化表面240可与基板成一体，使得在没有切割、机加工、研磨等的情况下它不能与基板分离。

[0088] 在一个或多个实施方案中，插入件270和272中的一者或两者可由例如不导电的材料构成。例如，插入件270和272中的一者或两者可由聚合物材料构成，其中仅插入件的所选择表面或部分用导电材料通过加晶种，使得电镀导致电镀材料生长到导电表面上。例如，仅面朝上的表面242、243和249可以通过加晶种或以其他方式制成导电的。另选地，插入件270和272中的一者或两者可由导电材料构成，其中除表面242、243和249之外的表面被绝缘层钝化，使得电镀材料不会沉积在钝化表面上。

[0089] 在一个或多个实施方案中，提供在腔体234中的第一材料220可以通过同时吸收如本文所述的多个光子而经历多光子反应。例如，在一个或多个实施方案中，第一材料能够通过同时吸收两个光子而经历双光子反应。第一材料可为能够经历多光子反应诸如双光子反应的任何材料或材料体系，诸如以下文献中描述的那些：美国专利No.7,583,444(“Process For Making Microlens Arrays And Masterforms”)；美国专利申请US 2009/0175050(“Process For Making Light Guides With Extraction Structures And Light Guides Produced Thereby”)；和PCT公布WO 2009/048705(“Highly Functional Multiphoton

Curable Reactive Species”)。

[0090] 在本文描述的方法的一个或多个实施方案中,第一材料220选择性地曝光于具有足够强度的入射光,以在曝光区域中使第一材料同时吸收多个光子。曝光步骤可伴有能够提供具有足够强度的光的任何方法。示例性曝光方法描述于美国专利申请公布US 2009/0099537(“Process For Making Microneedles,Microneedle Arrays,Masters,And Replication Tools”)中,并且上文图5中描绘了能够提供此类光的系统的一个示例性实施方案。

[0091] 图12描绘了将在第一材料220中形成的微结构化图案228(虚线)的一个例示性实施方案,而图13是使用例如多光子工艺在图12的第一材料220中的三维结构化表面240上形成的微结构化图案228的横截面透视图。在图13中的看到的视图中,已经从腔体234移除不形成微结构化图案228的一部分的第一材料220。

[0092] 参见图12和图13两者,形成在图12中的腔体234中的第一材料220中并且在将第一材料220从图13中的腔体234移除之后保留在该腔体中的微结构化图案228包括第一微结构化特征222和第二微结构化特征224,两者均位于三维结构化表面240上并且远离三维结构化表面240延伸。具体地,第一微结构化特征222位于三维结构化表面240的表面242上,第二微结构化特征224位于三维结构化表面240的表面243上。

[0093] 第一微结构化特征222大致对应于喷嘴板210的第一喷嘴通孔215,而第二微结构化特征224对应于喷嘴板210的第二喷嘴通孔216。除第一微结构化特征222和第二微结构化特征224之外,微结构化图案228包括连接到微结构化特征222和/或224中的一者或多者的一个或多个支撑特征226。具体地,图12和图13中描绘的支撑特征226附接到微结构化特征222和224中的每者的远侧端部。在一个或多个实施方案中,支撑特征226可被描述为与三维结构化表面240间隔开,这意味着支撑特征226不位于三维结构化表面本身上。

[0094] 微结构化特征222和224的远侧端部远离三维结构化表面240的表面,它们从该表面延伸。例如,在一个或多个实施方案中,微结构化特征222和224可被描述为在三维结构化表面240上具有基部和远离基部定位的远端。在一个或多个实施方案中,支撑特征226可用于通过例如将微结构化特征222和224的远侧端部彼此连接而为微结构化特征222和/或224提供附加的结构完整性(注意,在一个或多个实施方案中,并非所有微结构化特征都必须连接到支撑特征)。

[0095] 如图13中所见,随着三维结构化表面240上的微结构化图案228暴露,微结构化图案228和三维结构化表面240可以复制在与用于形成微结构化图案228的第一材料不同的第二材料250中。在一个或多个实施方案中,如本文所述,在第二材料250中复制微结构化图案228可包括电镀三维结构化表面240,并且如果提供的话,则电镀腔体234。在所示实施方案中,腔体234的底部包括表面237和239(其中表面239对应于喷嘴板210上的阀密封表面219)。在一个或多个实施方案中,第二材料250可包含微结构化图案并覆盖三维结构化表面240的全部或一部分。

[0096] 如果要使用电镀来复制微结构化图案228和三维结构化表面240,则基板230中的腔体234的底部可以优选地是导电表面。此外,在一个或多个实施方案中,三维结构化表面240的面朝上的表面242、243和249也优选是导电表面,使得电镀材料也优先地形成在三维结构化表面240的表面242、243和249上。

[0097] 在一个或多个实施方案中，微结构化图案228的微结构化特征本身也可以由导电材料制成，或者可以用导电材料通过加晶种以促进电镀材料在微结构化图案228上的沉积。

[0098] 在包含微结构化图案228并且覆盖第二材料250中的三维结构化表面240的至少一部分之后，可以从腔体234移除第二材料250的质量，如图15中所描绘。当从基板230移除时，微结构化图案228的微结构化特征也可连同第二材料250一起被移除。在从腔体234移除之后，形成复制结构260的第二材料250复制三维结构化表面240并且还包括对应于微结构化图案228的腔体。在微结构化图案包含在第二材料250内的实施方案中，微结构化图案228的第一材料仍然位于那些腔体中直到被移除。

[0099] 如果复制结构260由金属或适合用作喷嘴板210的其他材料制成，则在一个或多个实施方案中，复制结构260可包括与存在于图11中所描绘的喷嘴板210的入口面211上的表面对应的表面。具体地，复制结构260包括喷嘴板210的表面212和213，以及喷嘴板210的阀密封表面219。

[0100] 在出口面214上，如果第二材料250适合用作喷嘴板210，则在一个或多个实施方案中，复制结构260可以需要附加的处理以提供合适的喷嘴板210。例如，在一个或多个实施方案中，形成复制结构260的出口面214的第二材料250的一部分可以被移除到例如图15中的虚线264的水平。将第二材料250移除到该水平也可以优选地移除微结构化图案228的支撑特征226。然后，移除微结构化图案228的剩余微结构化特征222和224中的第一材料将导致喷嘴板210的通孔215和216。在其中第二材料适合用作喷嘴结构(例如，一种或多种金属、陶瓷等)的那些实施方案中，第一材料的移除对应于可结合如本文所述的燃料喷射器喷嘴使用的喷嘴板210的完成(尽管一些附加的处理可以是期望的和/或必需的，诸如例如去毛刺(例如，机械和/或化学)、抛光等)。

[0101] 可参考图16至图18描述制造如本文所述的喷嘴结构的方法的另一示例性实施方案。具体地，图16描绘了在第一材料中形成微结构化特征422和424形式的微结构化图案之后的过程，如本文结合其他实施方案所讨论的。微结构化特征422和424位于由位于基板430的支撑表面431上的插入件470所提供的三维结构化表面之上并且远离三维结构化表面延伸。在所描绘的实施方案中，插入件470和支撑表面431位于腔体434中。图16中还描绘了第二材料层450，其复制由微结构化特征422和424形成的微结构化图案和由插入件470提供的三维结构化表面。

[0102] 类似于本文所述的其他示例性实施方案，图16至图18中所描绘的方法包括其上形成微结构化图案的三维结构化表面。在该示例性实施方案中，三维结构化表面至少部分地由插入件470提供，插入件470包括微结构化特征422位于其上的表面471和微结构化特征424位于其上的表面472。插入件470还包括围绕表面472的表面473。插入件470可以是位于基板430的支撑表面431上的单独且离散的制品的形式。相比之下，结合图4和图12描述的方法的三维结构化表面可与基板成一体，使得在不进行切割、机加工、研磨等的情况下，三维结构化表面不能与基板分离。

[0103] 在一个或多个实施方案中，插入件470可由例如不导电的材料构成。例如，插入件470可由聚合物材料构成，其中仅插入件470的所选择表面或部分用导电材料通过加晶种，使得电镀导致电镀材料生长到导电表面上。例如，仅插入件470上的面朝上的表面471、472和473可以通过加晶种或以其他方式制成导电的。另选地，插入件470可由导电材料构成，其

中除471、472和473之外的表面被绝缘层钝化，使得电镀材料不会沉积在钝化表面上。在一个或多个实施方案中，基板430的支撑表面431也可为导电的，使得电镀材料沉积在该表面上以及插入件470上的任何可选择表面上。

[0104] 参考图17，描绘了第二材料450和插入件470从腔体434移除以提供复制结构460，在复制结构460中复制了插入件470的微结构化图案和三维结构化表面。在所描绘的方法中，插入件470在该过程的该部分中保持附接到复制结构460，但是，在一个或多个实施方案中，插入件470可以在从腔体460移除复制结构460的过程期间与复制结构460分离。

[0105] 如上文结合本文所述方法的其他实施方案所讨论，可移除复制结构460的上表面462的一部分以暴露微结构化图案的微结构化特征422和424的部分。图17中的虚线464描绘可移除形成上表面462的第二材料的一个示例性水平。可通过任何合适的技术或技术组合来完成第二材料450的移除，例如研磨、铣削、机械加工、EMD等。

[0106] 移除微结构化特征422和424中的插入件470和第一材料，以及将第二材料450的一部分移除到虚线464的水平导致如图18中所描绘的复制结构460。具体地，移除微结构化特征422和424中的第一材料导致通孔415和416，其中所有通孔415和416在表面462上具有开口，表面462可对应于喷嘴结构诸如例如喷嘴板的出口表面。此外，通孔415在喷嘴结构的入口面上的表面412中具有开口，而通孔416在由复制结构460形成的喷嘴结构的表面413中具有开口。在其中第二材料适合用作喷嘴材料(例如，一种或多种金属、陶瓷等)的那些实施方案中，第一材料的移除对应于可结合如本文所述的燃料喷射器喷嘴用作喷嘴结构的复制结构460的完成(尽管一些附加的处理可以是期望的和/或必需的，诸如例如去毛刺(例如，机械和/或化学)、抛光等)。

[0107] 制造喷嘴结构的方法的另一个例示性实施方案(例如，喷嘴板、阀引导件、组合喷嘴板和阀引导件等)可以结合图19至图24进行描述。在所描绘的方法中，其上形成有喷嘴结构的三维结构化表面可以是与喷嘴结构一起使用的实际阀，以控制通过燃料喷射器的燃料流。另选地，三维结构化表面可以不是阀自身，而可以是将与喷嘴结构结合使用以形成燃料喷射器喷嘴的阀(例如球阀等)的形状，或者至少包括其结构特征。如本文结合根据结合图11至图15描述的方法制造的喷嘴板210的例示性实施方案所讨论的那样，使用其中三维结构化表面包括与存在于燃料喷射器的阀中的形状类似的形状的方法制造的喷嘴结构的入口面可用于减小燃料喷射器的SAC体积。

[0108] 参见图19至图20，销530的一个例示性实施方案包括在其远侧端部上的三维结构化表面可用于形成喷嘴结构。销530包括设计用于补充存在于阀中的特征的特征，利用所述特征可以使用所得到的喷嘴结构。

[0109] 例如，销530可包括表面531，表面542从表面531延伸。表面542可以例如在形成在销530上的喷嘴结构上提供阀密封表面，该阀密封表面可以补充存在于与使用销530制造的喷嘴结构结合使用的阀上的密封表面。互补密封表面的另一个示例性示例存在于阀370的密封表面379和喷嘴板210上的密封表面219中，如例如图11中所描绘。

[0110] 除使用表面542形成的密封表面之外，存在于表面542的最上端处的表面544可以提供表面，在该表面上可以形成微结构化特征，这将形成如结合本文所述的喷嘴结构所描述的通孔。图20至图21中描绘了包括形成在表面544上的微结构化特征522的微结构化图案的一个示例性实施方案。在一个或多个实施方案中，微结构化图案的微结构化特征522可用

于在使用销530形成的喷嘴结构中提供通孔。此外，如本文所述，微结构化图案的微结构化特征522可使用能够通过同时吸收多个光子进行多光子反应的材料来形成。例如，在一个或多个实施方案中，第一材料能够通过同时吸收两个光子而经历双光子反应。第一材料可为能够经历多光子反应诸如双光子反应的任何材料或材料体系，诸如以下文献中描述的那些：美国专利No.7,583,444（“Process For Making Microlens Arrays And Masterforms”）；美国专利申请US 2009/0175050（“Process For Making Light Guides With Extraction Structures And Light Guides Produced Thereby”）；和PCT公布WO 2009/048705（“Highly Functional Multiphoton Curable Reactive Species”）。

[0111] 存在于销530的例示性实施方案中的另一个特征可用于形成与阀互补的喷嘴结构的特征，其中阀存在于沿销530的侧面534延伸的对准引导件532中。对准引导件532与纵向轴线511对齐，纵向轴线511延伸穿过销530，并且具体地穿过包含微结构化特征522的微结构化图案的表面544。在一个或多个实施方案中，与使用销530制造的喷嘴结构一起使用的阀可在使用期间在打开和关闭时沿轴线511进行往复运动。

[0112] 在所描绘的示例性实施方案中，描绘了四个对准引导件，但在销532上可提供任何数量的对准引导件530。另外，设置在销530上的对准引导件532的形式也可以根据阀上的互补引导件的形式而变化，利用该互补引导件可以使用利用销530形成的喷嘴结构。例如，在所描绘的说明性实施方案中，以狭槽或通道的形式提供对准引导件532。对准引导件的其他实施方案可包括例如脊状件、花键等。

[0113] 图21是电铸夹具的一个例示性实施方案的分解图，其中销诸如销530可用于根据本文所述的方法形成喷嘴结构。在一个或多个实施方案中，销530可优选地被构造成使得销530的外表面为导电的。在一个或多个实施方案中，销530可完全由导电材料诸如例如导电金属或金属合金构造。

[0114] 销530可定位在形成于基部538中的开口中，使得销530保持直立取向，如例如在图21中所见。在一个或多个实施方案中，基部538可包括与销530的导电表面接触的导电表面539，使得销530的导电表面可以在电铸过程期间保持与基部表面539相同的电位。

[0115] 图21中所描绘的夹具还包括不导电的盖板580，其包括腔体582，当盖板580定位在基部538上时，销530位于腔体582中。尽管被描述为非导电的，但盖板580可仅包括围绕销530的非导电表面。具体地，销530可以位于腔体582中，如在图22中所描绘，其中仅围绕销530的表面是不导电的。然而，通常，整个盖板580可由非导电材料构成。在一个或多个实施方案中，通过将销530插入盖板580中的开口584，销530位于腔体582内。在一个或多个实施方案中，销530可以与盖板580中的开口584形成密封，使得在如本文所述使用销530对喷嘴结构进行电铸期间，电铸浴可以包含在腔体582内。

[0116] 尽管图21中描绘的夹具组件包括盖板580中的仅一个腔体582和基部538中的仅一个销530，但可用于制造如本文所述的喷嘴结构的夹具组件的一个或多个另选实施方案可包括能够接收两个或更多个销的基部以及包括两个或更多个腔体的对应的盖板580，所述腔体的尺寸和间隔设置成接收销以允许同时电铸两个或更多个喷嘴结构。

[0117] 当放置在填充腔体582的电铸浴中时，可形成如图23的横截面透视图中所描绘的所得到的喷嘴结构510。喷嘴结构510包括表面512以及通孔515，表面512对应于销530上的表面544，通孔515在移除形成微结构化图案的微结构化特征522的第一材料之后形成，微结

构化图案形成在表面544上。通孔515中的每者通向喷嘴结构510的出口表面514。喷嘴结构510的阀密封表面519由销530上的表面542形成。本质上，喷嘴结构510中的腔体517采用销530的形状，该形状用作如本文所述的三维结构化表面。

[0118] 另外，在喷嘴结构510的内腔内描绘了由销530上的对准引导件532中的一者形成的一个对准特征513(与轴511对准)。在图23的视图中的仅一个对准特征513的描述示出喷嘴结构510可包括少于四个对准特征513的概念(例如，喷嘴结构510可包括仅三个对准特征，其中在图23中仅一个此特征可见)。另选地，包括对准特征结构的喷嘴结构的一个或多个实施方案可包括多于四个的对准特征。

[0119] 图24描绘了沿轴线511截取的局部横截面图，其中阀670位于喷嘴结构510的腔体517内。如在该图中可见，阀670位于喷嘴结构510上的对准特征513内，使得那些对准特征用作阀引导件，阀引导件有助于在阀670在如本文所述的燃料喷射器中使用喷嘴结构510期间沿轴线511移动时保持阀670在喷嘴结构510的腔体517内的适当对准。

[0120] 从销530移除喷嘴结构510之后可以进行一些附加的处理，这可以是期望和/或必要的，以形成适用于如本文所述的燃料喷射器喷嘴的完成的喷嘴结构，诸如例如去毛刺(例如，机械和/或化学)、抛光等。

[0121] 相关的专利申请：

[0122] 在一个或多个实施方案中，如本文所讨论的制造喷嘴结构的方法可以与如在以下共同未决申请中讨论的制造喷嘴结构的方法和/或如在其中描述的喷嘴结构结合使用：METHOD OF ELECTROFORMING MICROSTRUCTURED ARTICLES，2016年12月23日提交的美国临时申请No.62/438,567(代理人案卷号78371US002)，和NOZZLE STRUCTURES WITH THIN WELDING RINGS AND FUEL INJECTORS USING THE SAME，2016年12月23日提交的美国临时申请No.62/438,558(代理人案卷号77311US002)。

[0123] 例示性实施方案：

[0124] 1.一种制造喷嘴结构的方法，所述方法包括：

[0125] 通过多光子处理第一材料在三维结构化表面的至少一部分、大部分或全部上形成微结构化图案；

[0126] 使用不同于所述第一材料的第二材料复制所述微结构化图案和所述三维结构化表面的至少一部分、大部分或全部的负片，以形成具有所述微结构化图案的负图案和所述三维结构化表面的至少一部分的负表面(即，负图案/表面)的复制结构；以及

[0127] 将所述复制结构与所述微结构化图案和所述三维结构化表面分离(例如，通过从所述三维结构化表面移除所述复制结构并从所述复制结构移除所述微结构化图案)。

[0128] 2.根据实施方案1所述的方法，其中所述方法还包括在所述复制之后，以及在所述分离之前或之后，从所述复制结构移除所述第二材料的一部分。

[0129] 3.根据实施方案2所述的方法，其中在所述复制结构与所述三维结构化表面分离之后发生所述移除第二材料。

[0130] 4.根据实施方案2或3所述的方法，其中所述从所述复制结构移除第二材料包括在所述分离之前从所述复制结构的背离所述三维结构化表面的表面移除第二材料。

[0131] 5.根据实施方案2至4中任一项所述的方法，其中从所述复制结构移除所述第二材料的一部分包括平面化所述复制结构的表面。

[0132] 6.根据实施方案2至4中任一项所述的方法,其中从所述复制结构移除所述第二材料的一部分包括机加工所述复制结构的表面。

[0133] 7.根据实施方案1至6中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面位于腔体的底部,并且在多光子处理所述第一材料之前,所述第一材料位于所述腔体中。

[0134] 8.根据实施方案7所述的方法,其中所述腔体在所述三维结构化表面上方包含离散体积的所述第一材料。

[0135] 9.根据实施方案1至8中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面包括两个离散的规则表面。

[0136] 10.根据实施方案1至8中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面包括两个离散的规则表面,并且其中所述微结构化图案的至少一部分形成在所述两个离散的规则表面上。

[0137] 11.根据实施方案1至10中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面导电。

[0138] 12.根据实施方案1至10中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面不导电。

[0139] 13.根据实施方案1至12中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面包括插入件,所述插入件作为位于所述基材的支撑表面上的独立且离散的制品提供。

[0140] 14.根据实施方案13所述的方法,其中所述支撑表面不形成所述三维结构化表面的一部分。

[0141] 15.根据实施方案13所述的方法,其中所述三维结构化表面包括所述支撑表面和所述插入件两者的表面。

[0142] 16.根据实施方案13至15中任一项所述的方法,其中在所述形成微结构化图案之前将所述插入件浸没在所述第一材料中。

[0143] 17.根据实施方案13至16中任一项所述的方法,其中所述将所述复制结构与所述三维结构化表面分离包括移除所述插入件。

[0144] 18.根据实施方案1至12中任一项所述的方法,其中所述三维结构化表面是与所述基底一体的完全整体的制品,例如,所述三维结构化表面包括燃料喷射器阀的一部分、大部分或全部。

[0145] 19.根据实施方案1至18中任一项所述的方法,其中所述微结构化图案包括多个微结构化特征,并且每个微结构化特征在所述三维结构化表面上形成。

[0146] 20.根据实施方案19所述的方法,其中所述多个微结构化特征的每个微结构化特征包括在所述三维结构化表面上形成的基部和远离所述三维结构化表面的远侧端部。

[0147] 21.根据实施方案19至20中任一项所述的方法,其中所述微结构化图案包括附接到所述多个微结构化特征的两个或更多个或全部的所述远侧端部的至少一个支撑特征。

[0148] 22.根据实施方案21所述的方法,其中所述支撑特征与所述三维结构化表面间隔开。

[0149] 23.根据实施方案21至22中任一项所述的方法,还包括在所述复制之后从所述复制结构移除第二材料,并且所述从所述复制结构移除第二材料包括移除所述支撑特征的一部分、大部分或全部。

[0150] 24.根据实施方案23所述的方法,其中在所述复制结构与所述三维结构化表面分离之后发生所述从所述复制结构移除第二材料。

[0151] 25.根据实施方案23至24中任一项所述的方法，其中所述从所述复制结构移除第二材料包括在所述复制结构与所述三维结构化表面分离之前从所述复制结构的背离所述三维结构化表面的表面移除第二材料。

[0152] 26.根据实施方案23至25中任一项所述的方法，其中所述从所述复制结构移除第二材料包括使所述复制结构的表面平面化。

[0153] 27.根据实施方案23至25中任一项所述的方法，其中所述从所述复制结构移除第二材料包括机加工所述复制结构的表面。

[0154] 28.根据实施方案19至27中任一项所述的方法，其中所述多个微结构化特征的每个微结构化特征是三维曲线体。

[0155] 29.根据实施方案19至27中任一项所述的方法，其中所述多个微结构化特征的每个微结构化特征包括圆锥的一部分。

[0156] 30.根据实施方案19至27中任一项所述的方法，其中所述多个微结构化特征的每个微结构化特征包括渐缩微结构化特征。

[0157] 31.根据实施方案19至27中任一项所述的方法，其中所述多个微结构化特征的每个微结构化特征包括螺旋微结构化特征。

[0158] 32.根据实施方案1至31中任一项所述的方法，其中所述第一材料包括聚(甲基丙烯酸甲酯)。

[0159] 33.根据实施方案1至31中任一项所述的方法，其中形成所述微结构化图案包括所述第一材料中的双光子反应。

[0160] 34.根据实施方案1至31中任一项所述的方法，其中形成所述微结构化图案包括使用双光子工艺向所述第一材料递送能量。

[0161] 35.根据实施方案1至31中任一项所述的方法，其中在所述第一材料中形成所述微结构化图案包括暴露所述第一材料的至少一部分，以引起多个光子的同时吸收。

[0162] 36.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述复制包括电镀所述三维结构化表面。

[0163] 37.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述复制包括电镀所述三维结构化表面，使得所述微结构化图案包含在所述第二材料内。

[0164] 38.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述复制包括电镀所述微结构化图案。

[0165] 39.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述复制包括电镀所述微结构化图案，使得所述微结构化图案包含在所述第二材料内。

[0166] 40.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述第二材料包括电镀材料。

[0167] 41.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述第二材料包括金属。

[0168] 42.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述第二材料包括Ni。

[0169] 43.根据实施方案1至35中任一项所述的方法，其中所述第二材料包括陶瓷。

[0170] 44.根据实施方案43所述的方法，其中所述陶瓷选自二氧化硅、氧化锆、氧化铝、二氧化钛，或如下元素的氧化物：钇、锶、钡、铪、铌、钽、钨、铋、钼、锡、锌、原子数范围为57至71的镧系元素、铈，和它们的组合。

[0171] 45.根据实施方案1至44中任一项所述的方法，其中在所述分离之后，所述微结构

化图案限定多个从所述复制结构的入口面延伸穿过所述复制结构到所述复制结构的出口面的通孔。

[0172] 46.根据实施方案45所述的方法，其中所述方法还包括从所述复制结构的所述负表面移除第二材料。

[0173] 47.根据实施方案46所述的方法，其中在所述将所述复制结构与所述三维结构化表面分离之后发生从所述复制结构的所述负表面移除第二材料。

[0174] 48.根据实施方案46至47中任一项所述的方法，其中所述从所述复制结构移除第二材料包括从所述复制结构的所述出口面移除第二材料。

[0175] 49.根据实施方案46至48中任一项所述的方法，其中从所述复制结构移除第二材料包括使所述复制结构的所述出口面的至少一部分平面化。

[0176] 50.根据实施方案46至48中任一项所述的方法，其中所述从所述复制结构移除第二材料包括机加工所述复制结构的所述出口面的至少一部分。

[0177] 应当理解，尽管示例性方法被描述为“包括”一个或多个部件、特征或步骤，但所述方法可“包括”上述部件和/或特征和/或步骤，“由上述部件和/或特征和/或步骤组成”或“基本上由上述部件和/或特征和/或步骤组成”。因此，在利用可广泛解释的术语诸如“包括”来描述本发明或其一部分的情况下，应当易于理解(除非另有指明)，对本发明或其一部分的这种描述还应当被解释为使用术语“基本上由…组成”或“由…组成”或如下文所述的它们的变型来描述本发明或其一部分。

[0178] 如本文所用，术语“包括”、“具有”、“包含/含有”、“特性在于”或它们的任何其他变型形式旨在涵盖非排他性的包括，受到对所列举部件的另外明确指示的任何限制。例如，“包括”要素列表(例如，部件或特征结构或步骤)的方法不一定局限于仅包括这些要素(或部件或特征结构或步骤)，而是可包括未明确地列出或方法所固有的其他要素(或部件或特征结构或步骤)。

[0179] 如本文所用，单数形式“一个/一种”和“该/所述”包括多个指代物，除非上下文另有清晰的表示。因此，举例来说，提及“一个/一种”或“该/所述”部件可包括本领域技术人员已知的一个或多个部件或其等价物。另外，术语“和/或”意指所列元素中的一个或全部或者所列元素中的任何两个或更多个的组合。

[0180] 另外，当术语“包含”及其变型出现在随附的说明书中时不具有限制的意思。此外，“一种/个”、“该”、“至少一个”及“一个或多个”在本文中可互换使用。

[0181] 如本文所用，过渡性短语“由…组成”将任何未指定的要素、步骤或部件排除在外。例如，权利要求中使用的“由…组成”将权利要求限于权利要求中明确列举的部件、材料或步骤，除了通常与所述部件、材料或步骤相关联的杂质(即，给定部件内的杂质)之外。当短语“由…组成”出现在权利要求正文的条款中，而不是紧接在前序之后时，短语“由…组成”仅限定该条款中列出的要素(或部件或步骤)；其他要素(或部件)未被从作为整体的权利要求排除。

[0182] 如本文所用，过渡性短语“基本上由...组成”用于限定方法，除了照字面公开的那些之外，还包括材料、步骤、特征结构、部件或元件，前提条件是这些另外的材料、步骤、特征结构、部件或元件不会实质上影响受权利要求书保护的本发明的一个或多个基本特性和新颖特性。术语“基本上由…组成”的涵义居于“包括”与“由…组成”之间。另外，应当理解，本

文所述的方法可包括任何本文所述的部件和特征结构、基本上由任何本文所述的部件和特征结构组成或由任何本文所述的部件和特征结构组成，本文所述的部件和特征结构如附图中示出并且具有或不具有附图中未示出的任何一种或多种附加的特征结构。换句话讲，在一些实施方案中，本发明的方法可具有附图中未明确示出的任何附加的特征结构。在一些实施方案中，本发明的方法不具有除附图中所示出的那些(即，一些或全部)之外的任何附加的特征结构，并且附图中未示出的此类附加的特征结构被明确地从所述方法排除。

[0183] 本文识别的专利公开说明书、专利申请、专利文献和出版物的全部内容全文均以引用的方式并入本文，如同每个文献都单独引用一样。如果在本文件和在任何此类并入的文献中的公开内容之间存在冲突或矛盾，那么以本文件为准。

[0184] 从本发明的一般原理和前述详细描述的上述公开内容可知，本领域的技术人员将易于理解本发明所涉及的各种修改形式、重新布置和替代形式，以及本发明可提供的多种优点和有益效果。因此，本发明的范围应仅由以下权利要求书及其等同形式限定。此外，应当理解，可用于其他应用(即，在制造除燃料喷射器喷嘴板之外的制品中)的本发明所公开且受权利要求书保护的方法也在本发明的范围内。因此，本发明的范围可扩大到包括对用于此类其他应用的受权利要求书保护和本发明所公开的方法的使用。

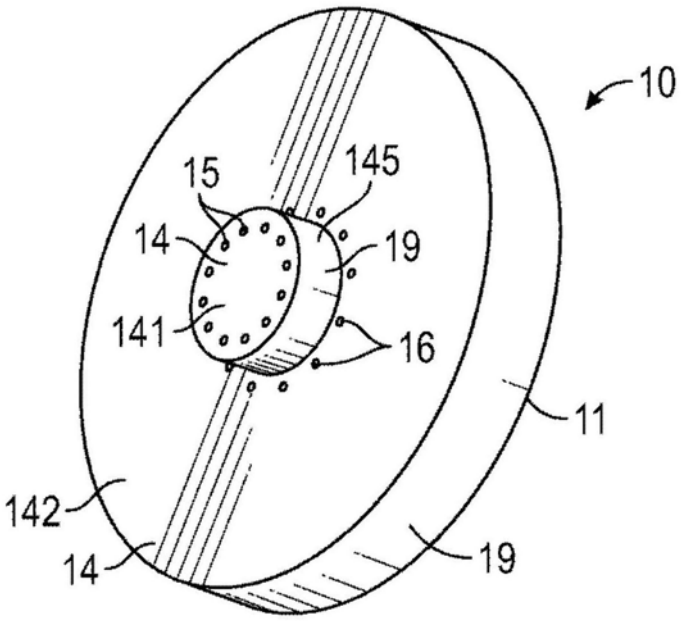

10
15
145
14
19
141
16
11
142
14
19

图1

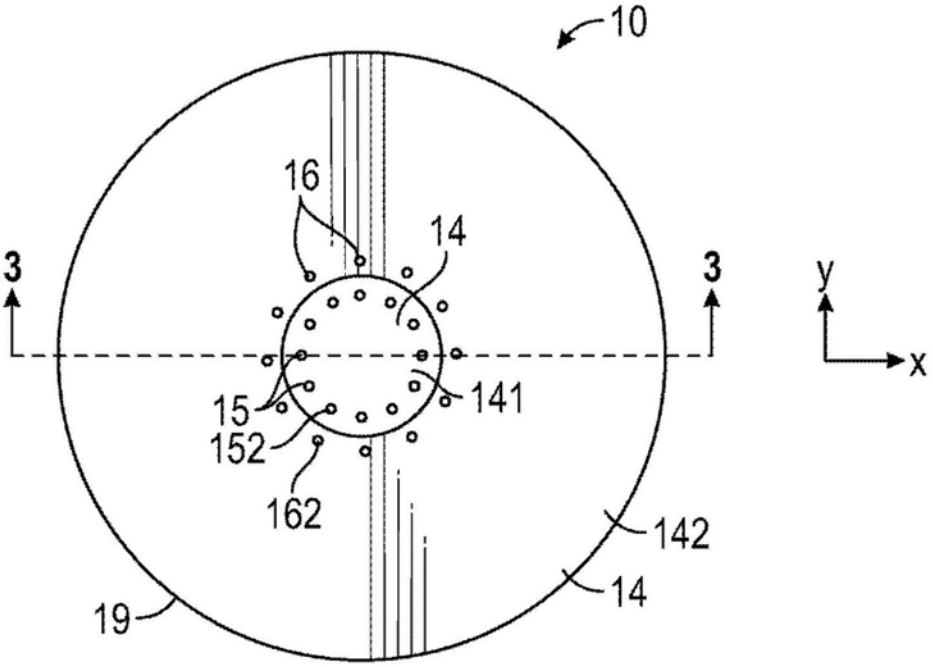

10
16
14
3
3
y
x
15
141
152
162
142
14
19

图2

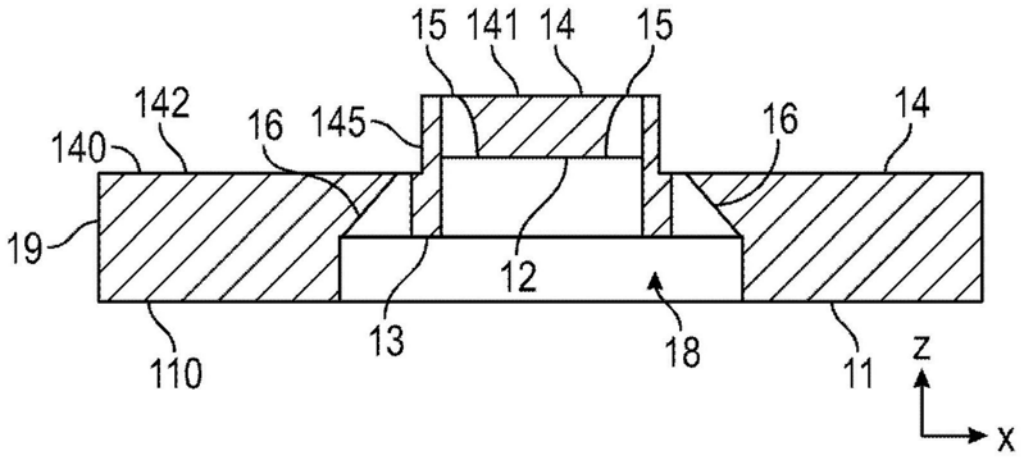

15
141
14
15
142
16
145
16
14
140
19
12
13
18
110
11
z
x

图3

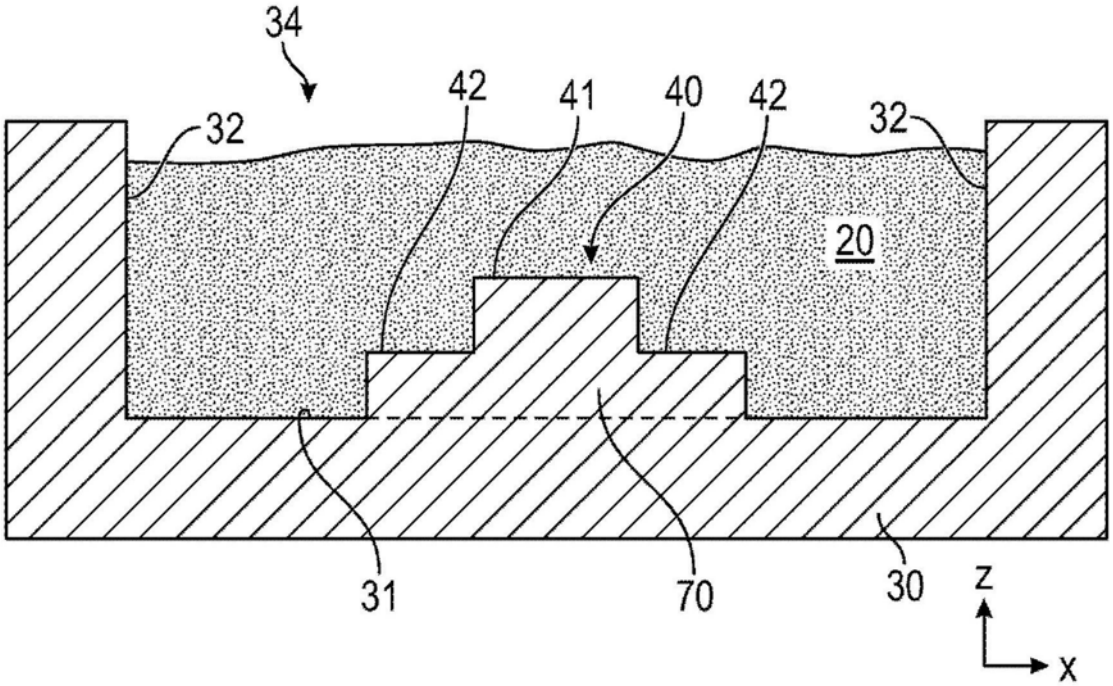

34
42
41
40
42
32
32
20
31
70
30
z
x

图4

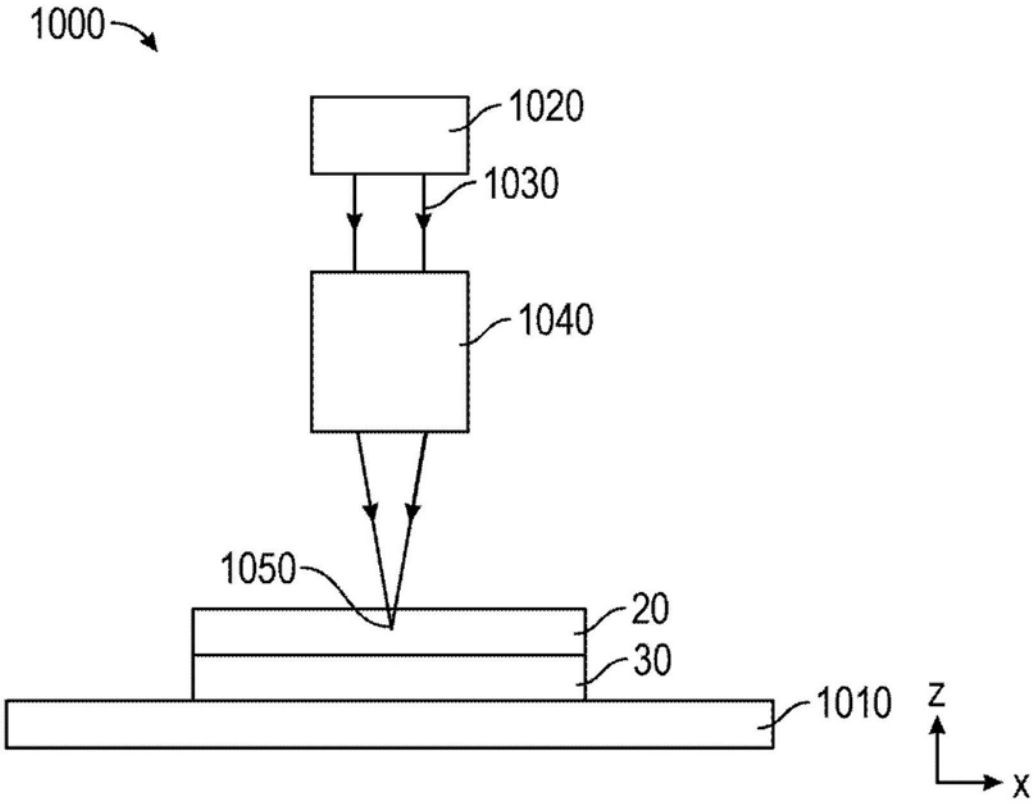

1000
1020
1030
1040
1050
20
30
1010
z
x

图5

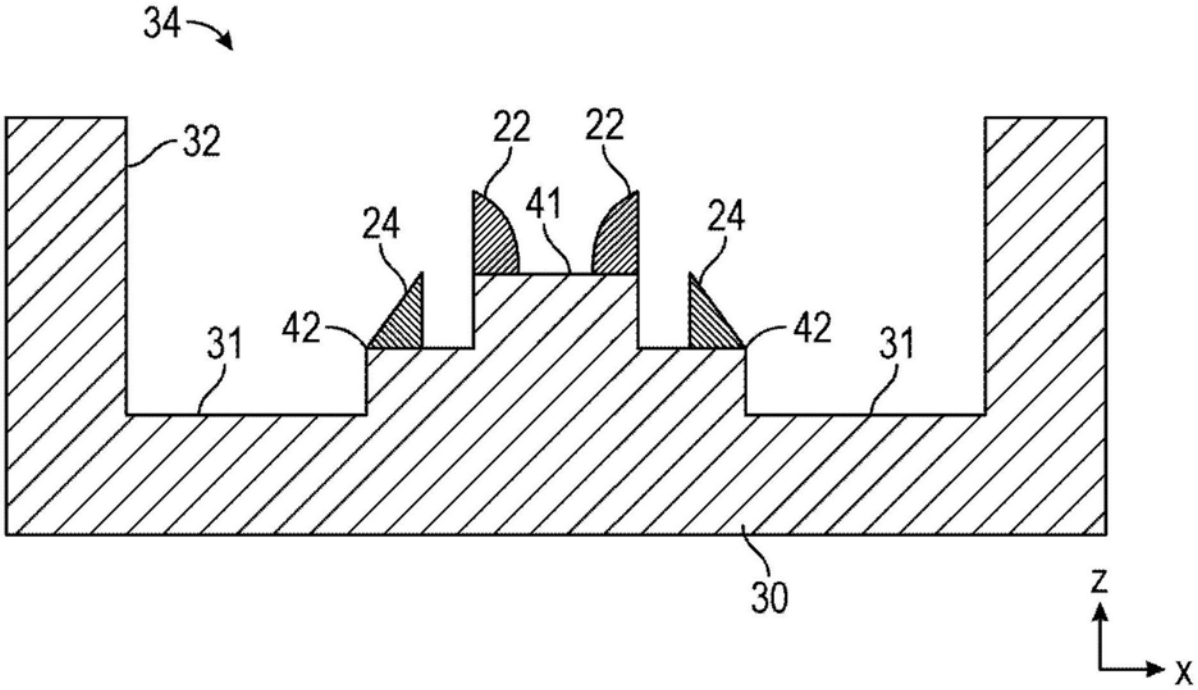

34
32
22
22
41
24
24
42
42
31
31
30
z
x

图6

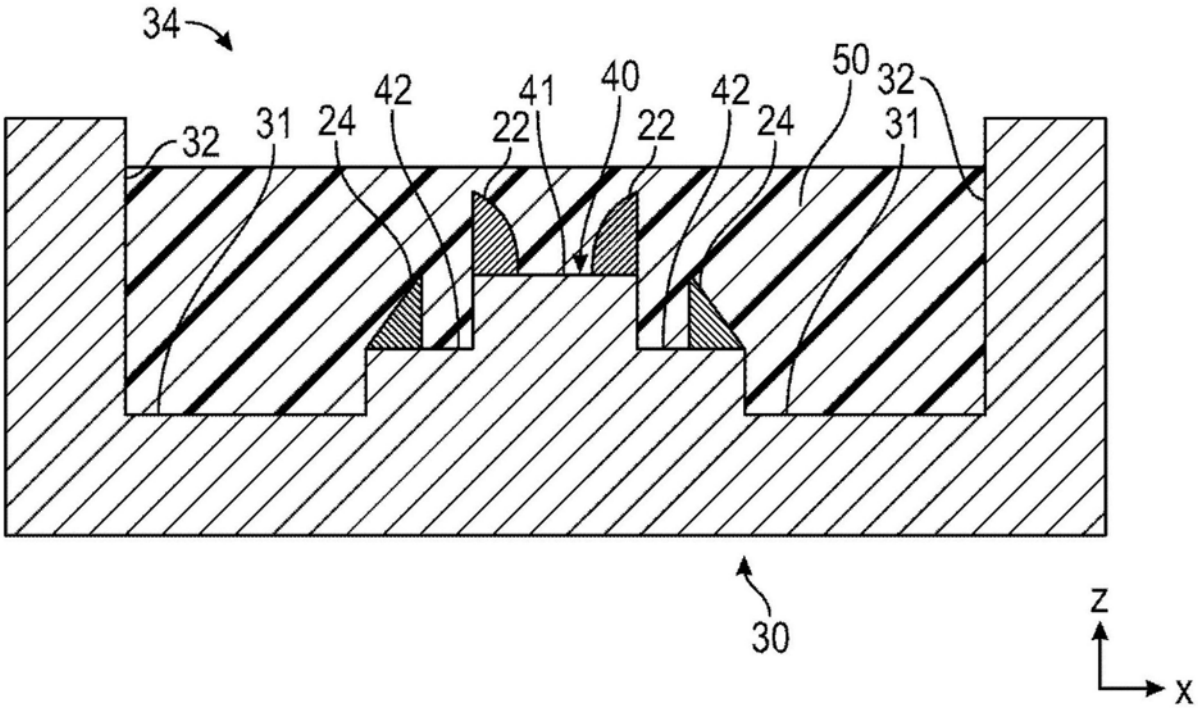

34
32
31
24
42
22
41
40
22
42
24
50
32
31
30
Z
X

图7

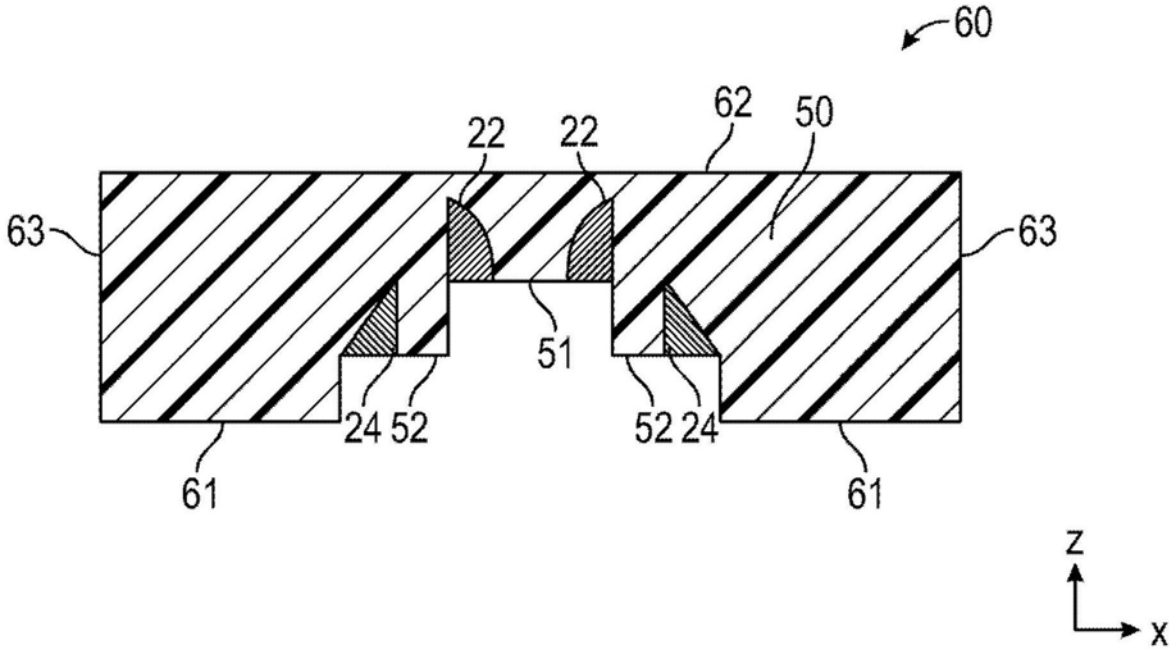

60
22
22
62
50
63
63
51
24 52
52 24
61
61
Z
X

图8

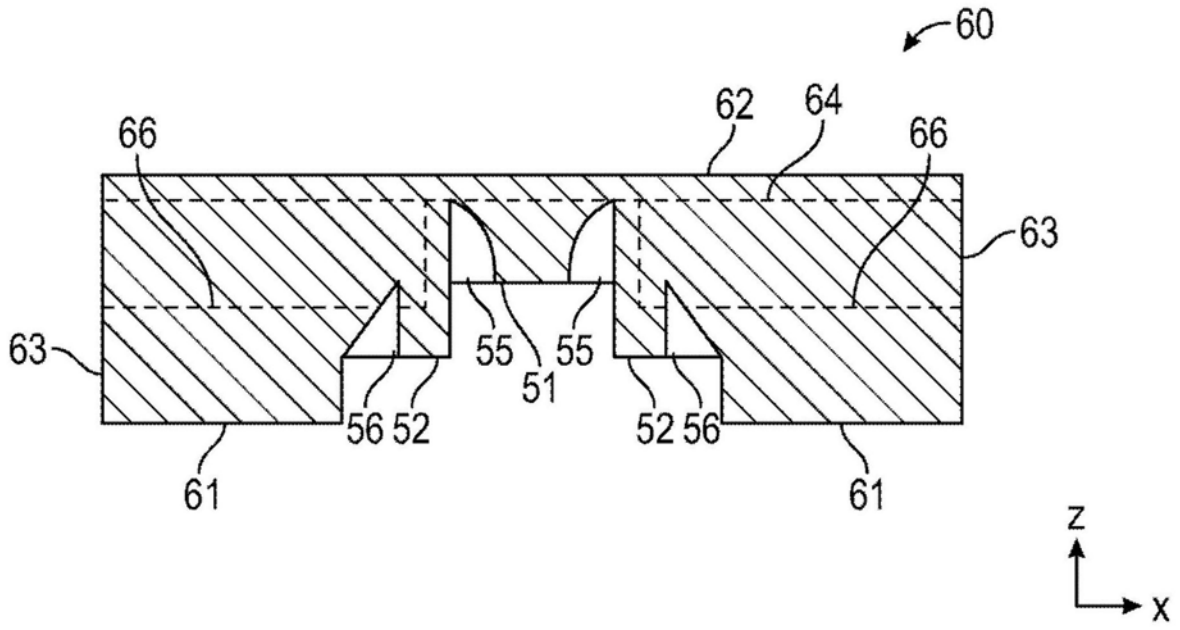

60
62
64
66
66
63
63
55
55
51
56
52
52
56
61
61
z
x

图9

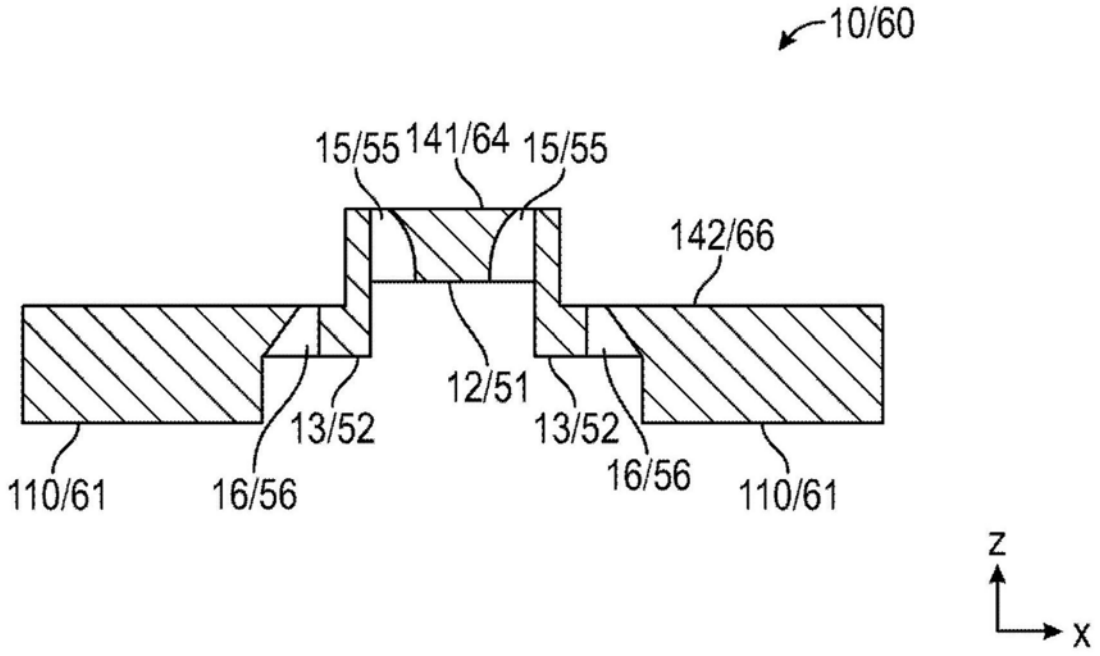

10/60
15/55
141/64
15/55
142/66
12/51
13/52
13/52
110/61
16/56
16/56
110/61
z
x

图10

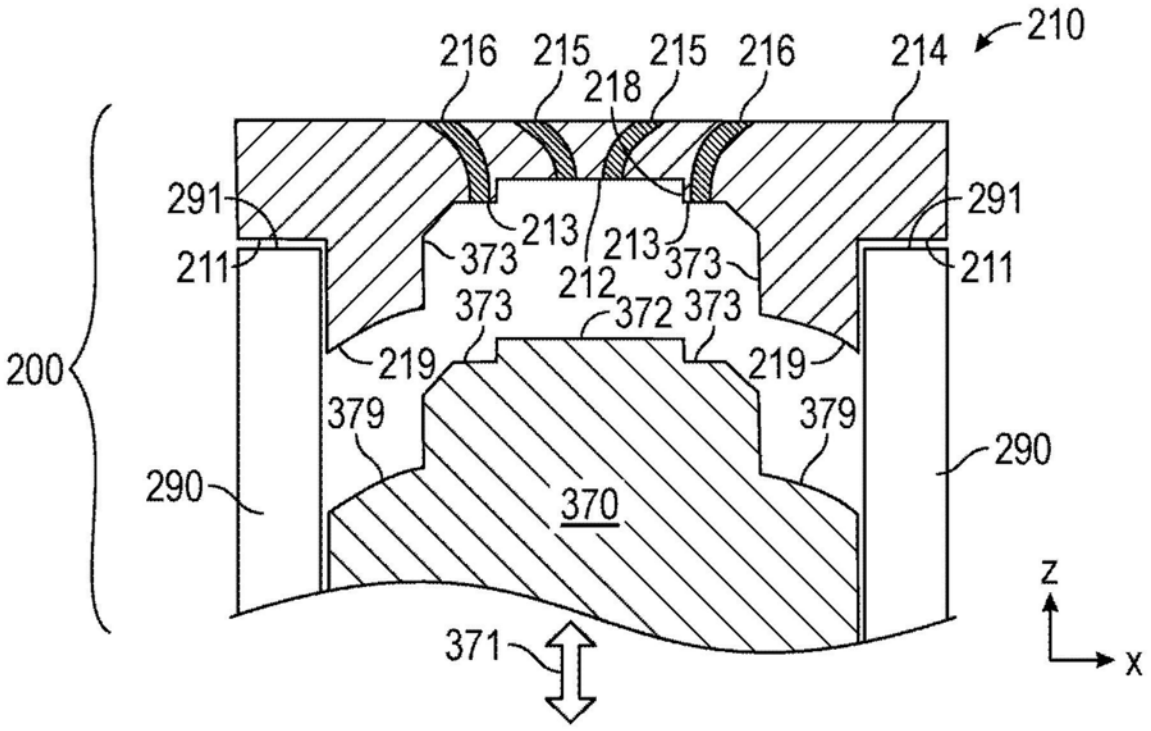

210
216
215
215
216
214
218
291
291
213
213
211
373
212
373
211
373
372
373
200
219
219
379
379
290
290
370
371
z
x

图11

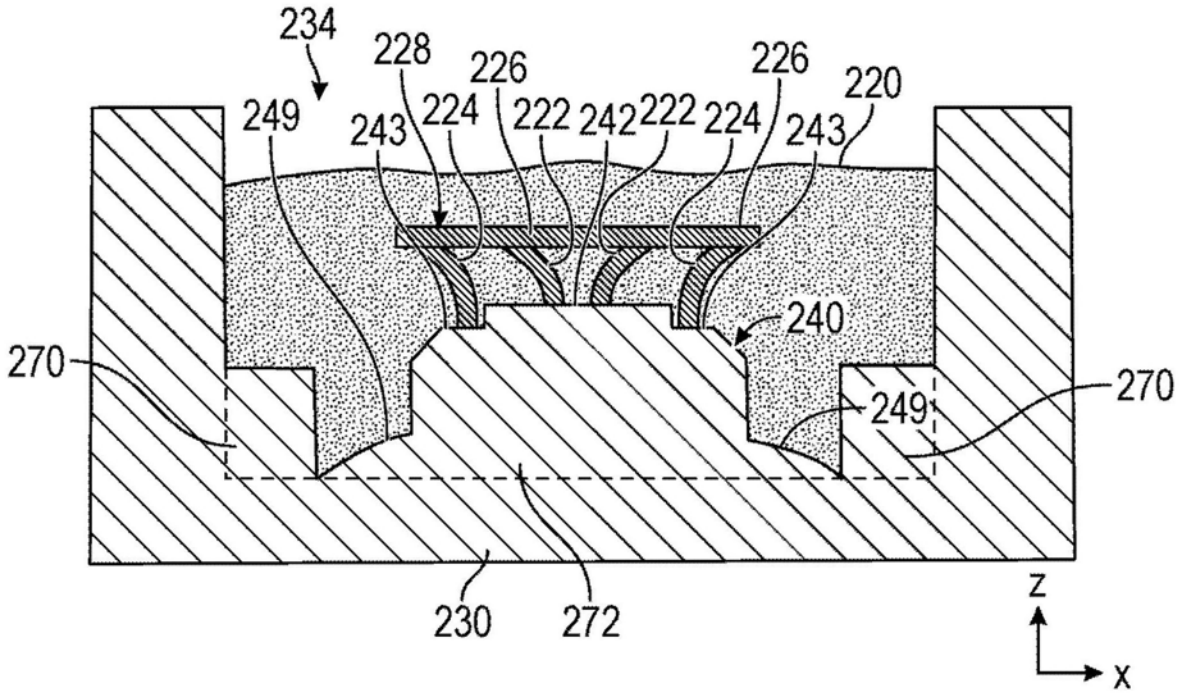

234
228
226
226
220
249
243
224
222
242
222
224
243
240
270
249
270
230
272
z
x

图12

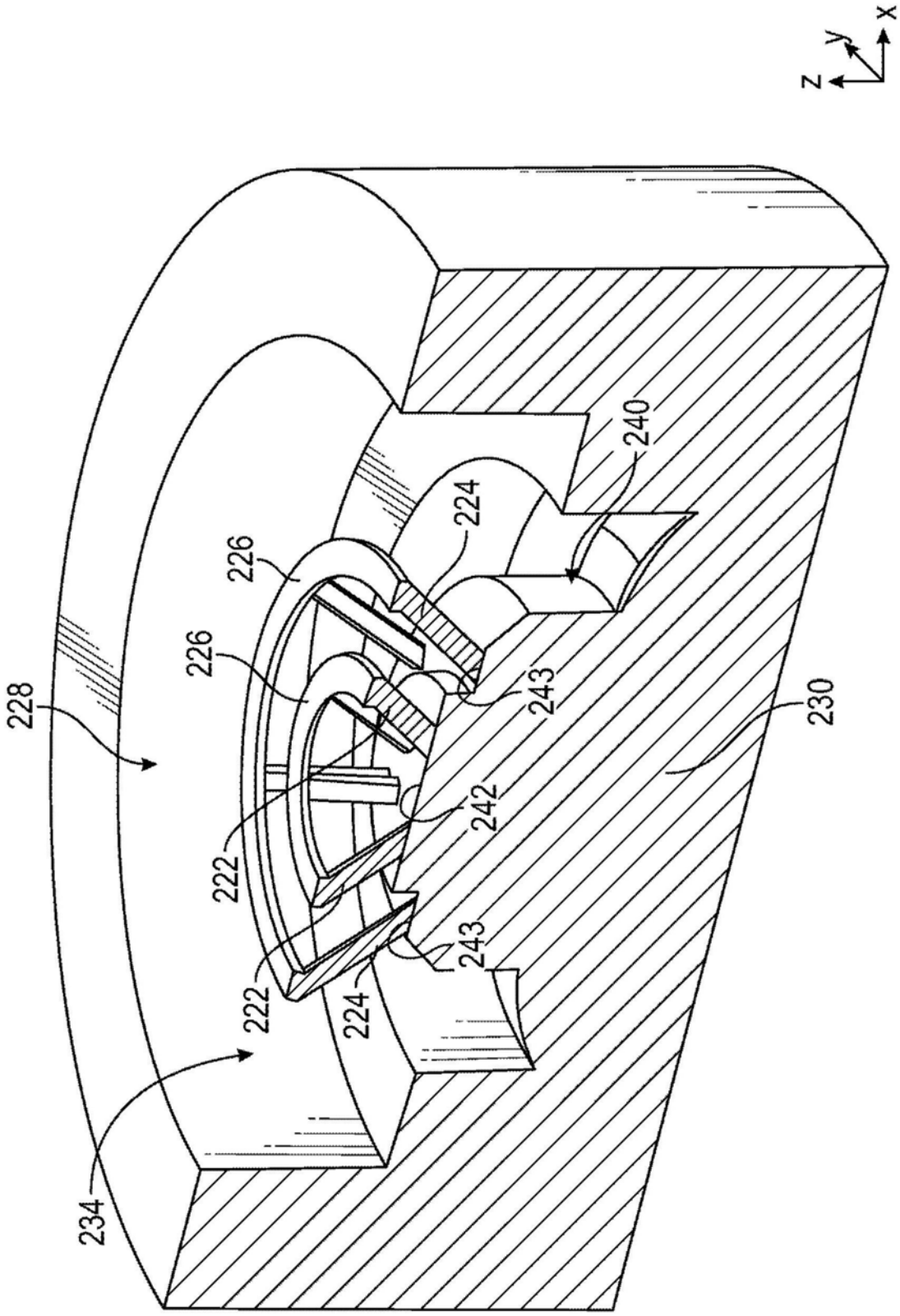


图13

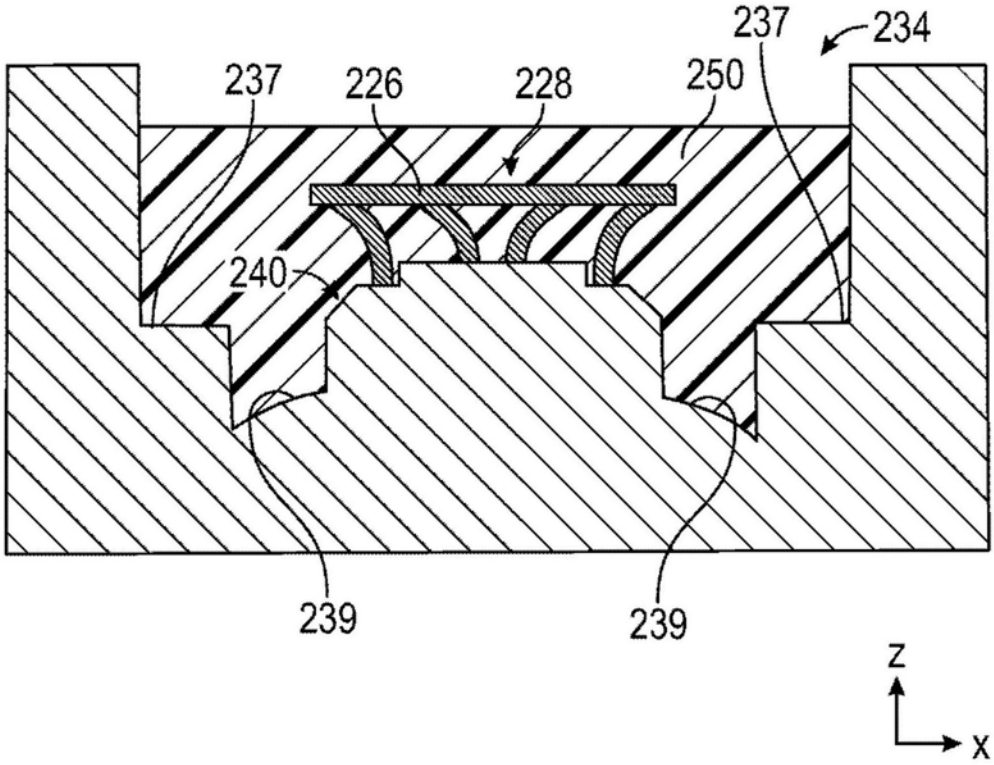

237
234
237
226
228
250
240
239
239
Z
X

图14

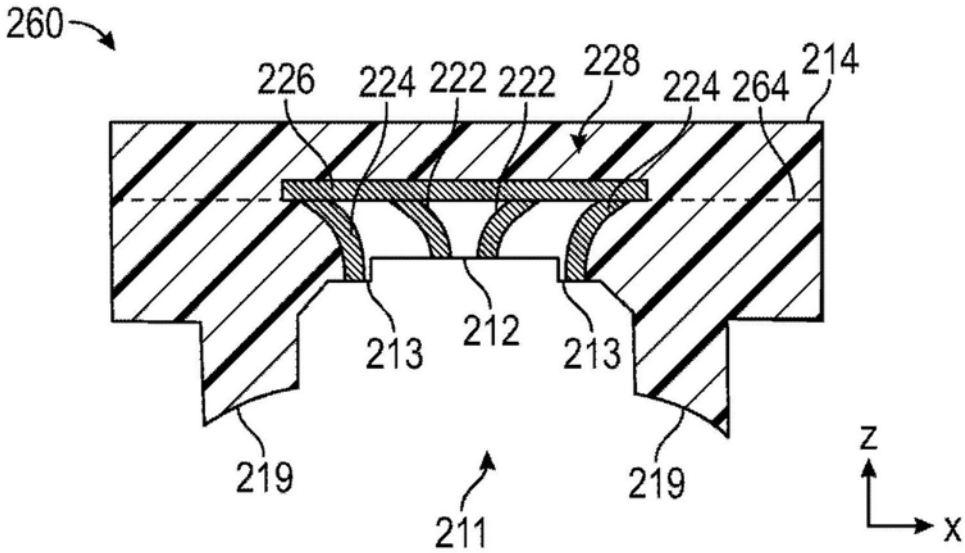

260
226
224
222
222
228
224
264
214
213
212
213
219
219
211
Z
X

图15

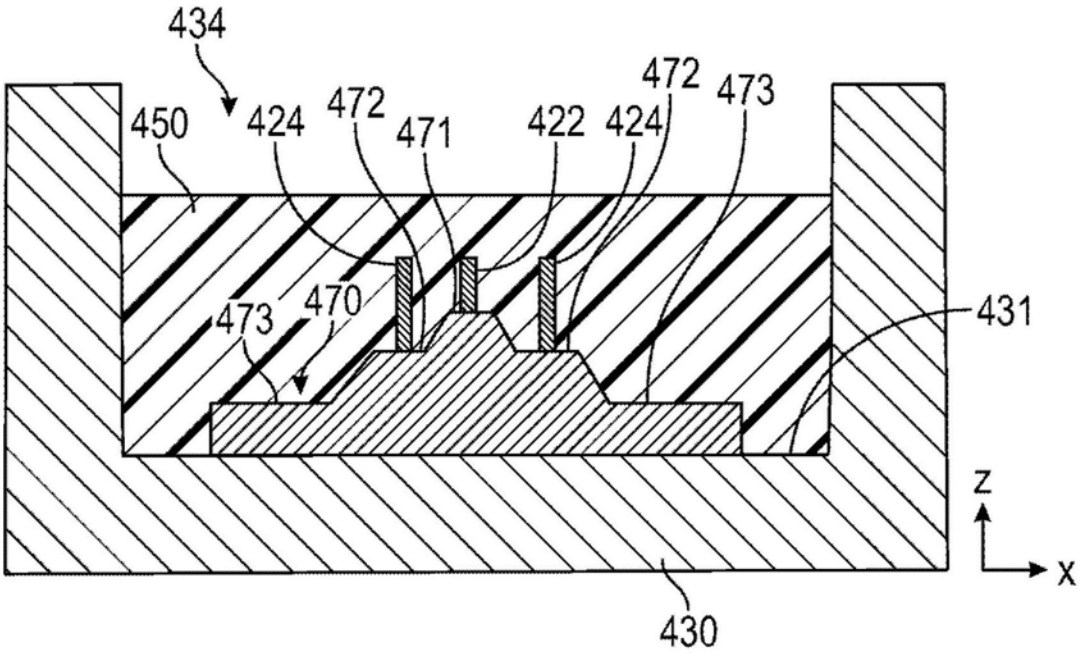

434
450
424
472
471
422
424
472
473
473
470
431
Z
X
430

图16

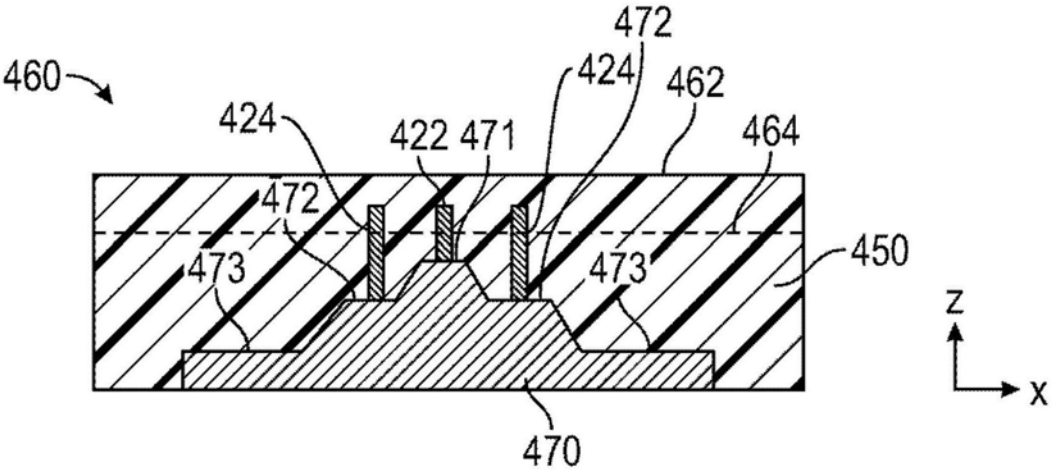

460
472
424
462
424
422
471
464
472
473
473
450
Z
X
470

图17

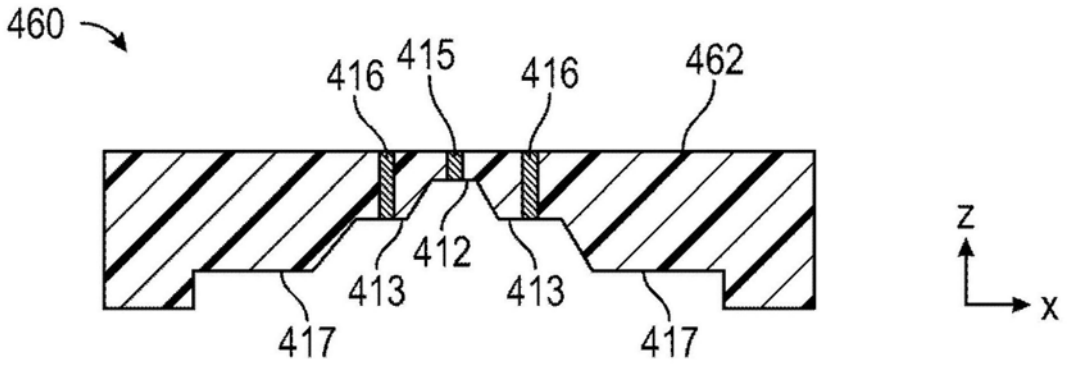


图18

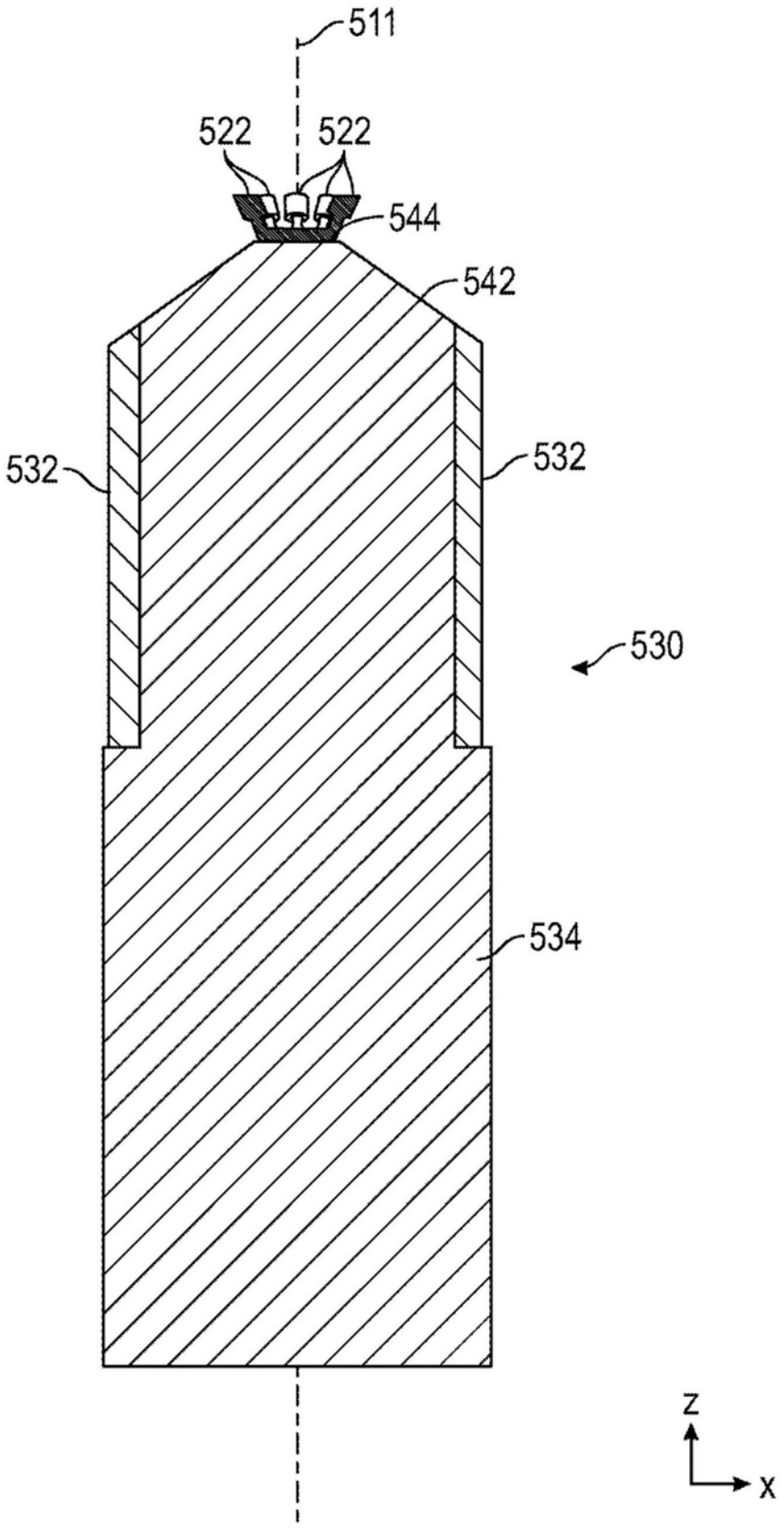


图19

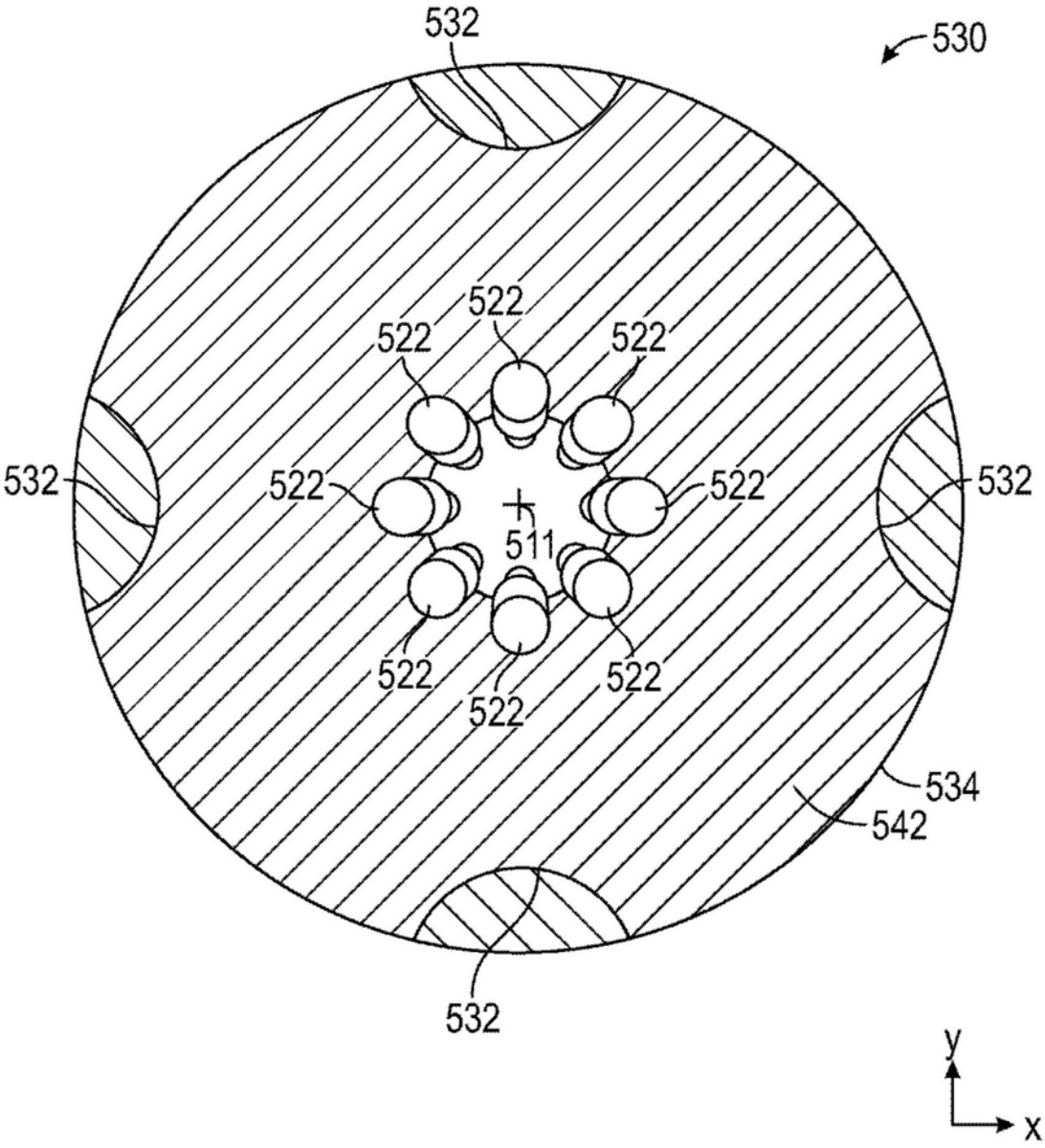

532
530
522
522
522
532
522
522
532
511
522
522
522
534
542
532
y
x

图20

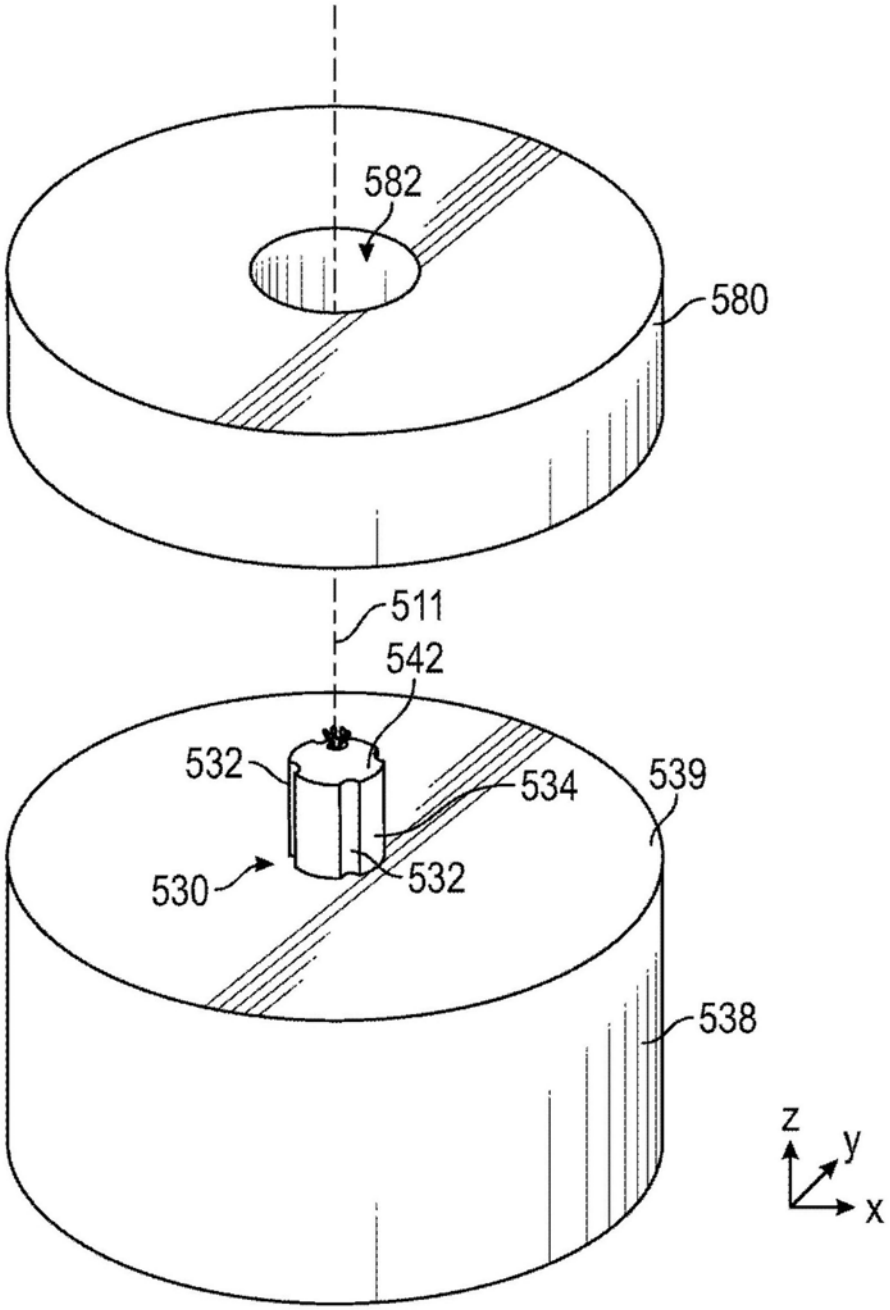


图21

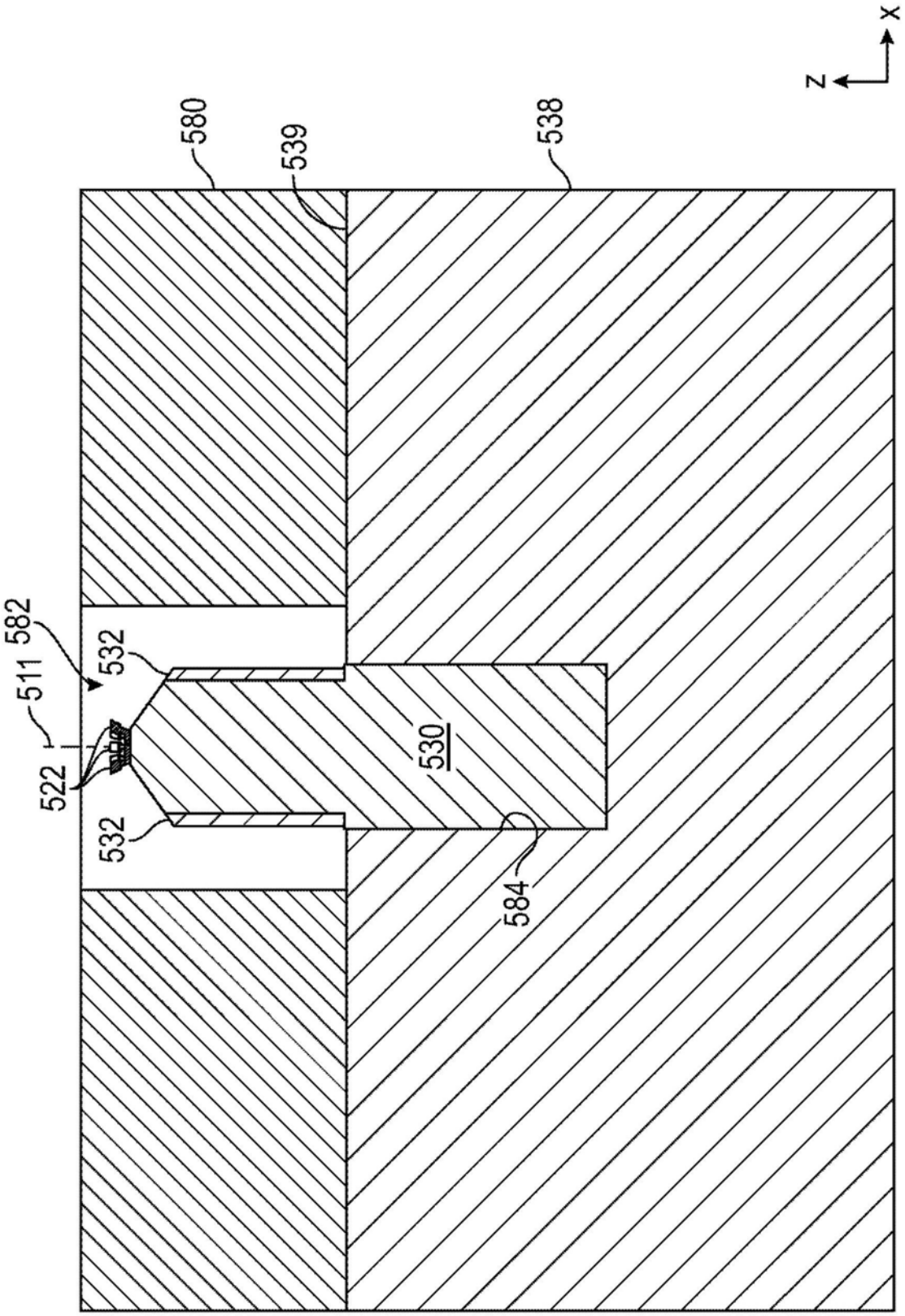


图22

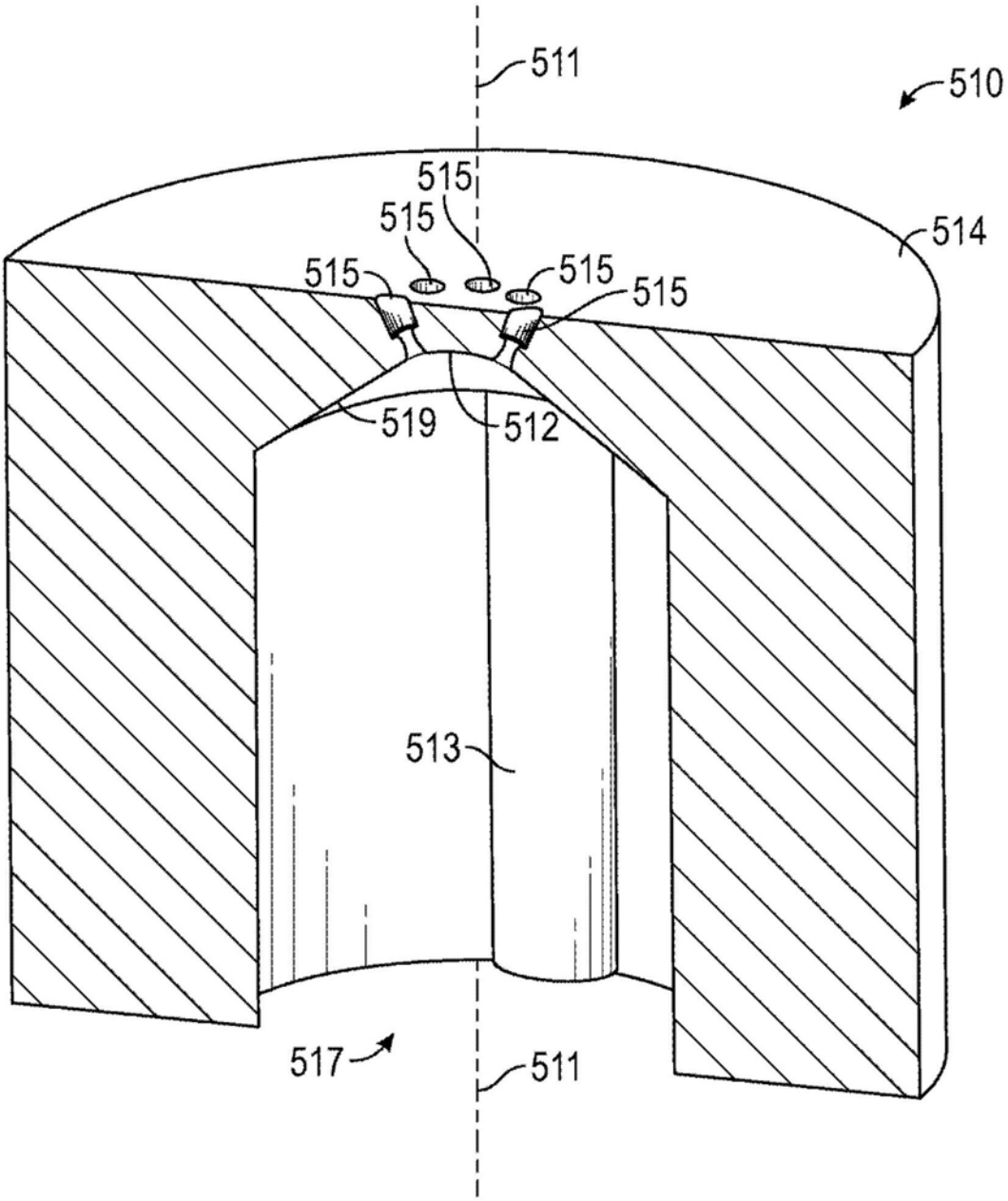


图23

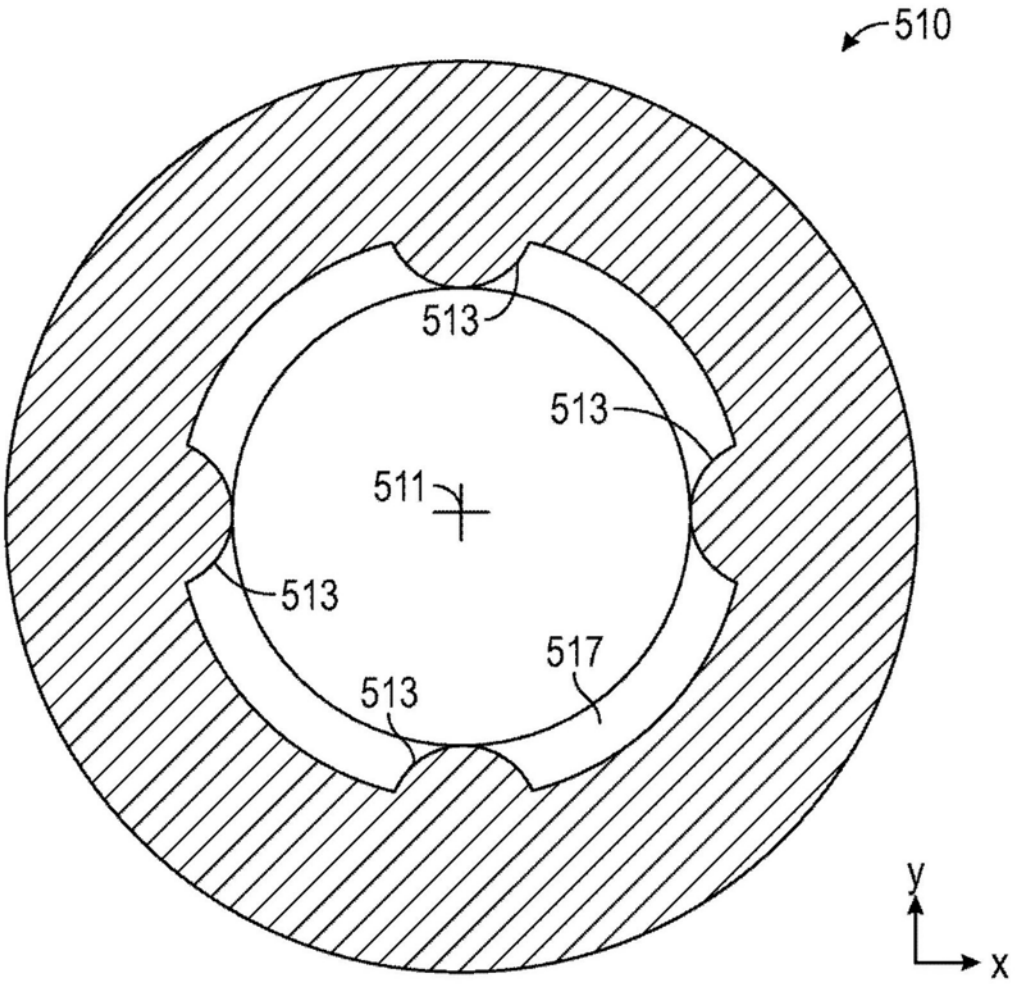


图24