



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105008585 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201380068267. 8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 12. 23

C23C 16/50(2006. 01)

(30) 优先权数据

C23C 16/513(2006. 01)

61/746734 2012. 12. 28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 06. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/077474 2013. 12. 23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/105819 EN 2014. 07. 03

(71) 申请人 零件喷涂公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 D. T. 克罗利 P. L. 摩斯

W. A. 小梅雷迪思 J. R. 格尔曼

M. L. 尼亚尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 王岳 刘春元

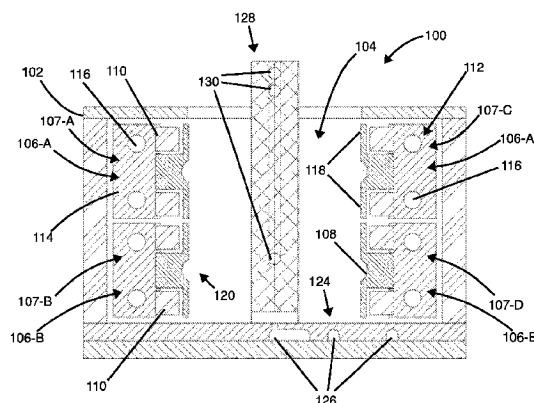
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

等离子体增强的化学气相沉积(PECVD)源

(57) 摘要

一个实施方案是关于一种等离子体源,所述等离子体源包括其中形成空腔的主体和设置于所述空腔内的至少两个自含式磁控管组件。所述磁控管组件彼此并且与所述主体互相电绝缘。在此类实施方案的一种实现方式中,所述自含式磁控管组件包括闭合漂移磁控管组件。公开了其它实施方案。



1. 一种等离子体源,其包括:
其中形成空腔的主体;和
设置于所述空腔内的至少两个自含式磁控管组件;
其中所述磁控管组件彼此并且与所述主体互相电绝缘。
2. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其中所述磁控管组件包括闭合漂移磁控管组件。
3. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其中所述磁控管组件中的每一者包括至少一个电极、至少一个磁体以及冷却子系统。
4. 如权利要求 3 所述的等离子体源,其中所述磁控管组件中的至少一者包括与所述电极和所述磁体中的至少一者连接的核心。
5. 如权利要求 4 所述的等离子体源,其中所述磁控管组件中的至少一者中的冷却子系统包括形成于所述核心中的至少一个通道。
6. 如权利要求 4 所述的等离子体源,其中所述磁控管组件中的至少一者中的冷却子系统包括在所述磁控管组件中所包括的至少一个电极的目标部分中形成的至少一个通道。
7. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其进一步包括用于在所述等离子体源内分配加工气体的歧管或导管。
8. 如权利要求 7 所述的等离子体源,其中所述用于分配加工气体的歧管或导管包括二元歧管。
9. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其进一步包括用于分配前体气体的歧管或导管。
10. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其中至少一个电源连接于所述磁控管组件之间,使得所述磁控管组件中的相应电极被交替加偏压以具有彼此相反的极性。
11. 如权利要求 10 所述的等离子体源,其中所述至少一个电源包括交流电电源和双极性脉冲电源中的至少一种。
12. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其中等离子体源被配置成使得所述等离子体源的所述主体处于浮动电位或接地电位中的一种。
13. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其中等离子体源被配置成使得所述等离子体源的所述主体被加偏压至特定的非接地电位。
14. 如权利要求 1 所述的等离子体源,其中所述磁控管组件包括平面磁控管。
15. 一种获取等离子体的方法,其包括:
向等离子体源的主体内所形成的空腔中供应加工气体,所述等离子体源包括设置于所述空腔内的至少两个自含式磁控管组件,其中所述磁控管组件彼此并且与所述主体互相电绝缘;
对所述磁控管组件中的相应电极交替加偏压,以使其具有彼此相反的极性;以及
将所述等离子体大体上向基底导引。
16. 如权利要求 15 所述的方法,其进一步包括将一定量的前体气体导引至在所述基底附近的所述等离子体中。
17. 如权利要求 15 所述的方法,其中所述磁控管组件包括闭合漂移磁控管组件。
18. 如权利要求 15 所述的方法,其中供应所述加工气体包括使用二元歧管供应所述加工气体。
19. 如权利要求 15 所述的方法,其中供应所述前体气体包括使用二元歧管供应所述前

体气体。

20. 一种等离子体源,其包括:

其中形成空腔的主体;

设置于所述空腔内的至少一个自含式磁控管组件;

设置于所述空腔内的至少两个非磁控管电极;以及

具有输出线圈的交流电 (AC) 电源;

其中所述至少两个非磁控管电极彼此并且与并有所述空腔的所述主体互相电绝缘;并且

其中所述磁控管组件连接至所述 AC 电源的所述输出线圈的中心抽头,并且所述非磁控管电极连接至所述 AC 电源的所述输出线圈的末端抽头。

等离子体增强的化学气相沉积 (PECVD) 源

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请要求于 2012 年 12 月 28 日提交的美国临时专利申请序列号 61/746, 734 的权益, 该临时专利申请特此以引用的方式并入本文中。

[0002] 背景

化学气相沉积 (CVD) 是指通过含有所需层所包含的元素的前体化学物质的化学转化在基底的表面上形成层的方法。一个常见的实例是由前体六甲基二硅氧烷或 HMDSO ($0[\text{Si}(\text{CH}_3)_3]_2$) 与氧气 (O_2) 之间的化学反应形成二氧化硅 (SiO_2)。在此情况下, 硅与氧组合形成固体 SiO_2 。剩余甲基还可以与氧气反应形成各种废气 (CO 、 CO_2 、 H_2O 等), 然后所述废气从反应器中移除。

[0003] 为提高反应的效率和所沉积的层的质量, 可在离子化气体 (等离子体) 的氛围中进行反应。用于产生等离子体的典型气体是氩气。还可以添加可用于所述化学反应中的活性气体。适合的等离子体将具有高密度的高能电子。电子与前体和含有相关元素的其它气体发生碰撞, 从而使气体离子化并且将其分子解离成更轻的部分。由此产生了相关元素的自由基, 这些自由基比其在未经受等离子体作用的情况下更容易形成所需化合物。可对气体的比率、压力或功率参数进行调节以影响沉积速率和膜性质。

[0004] 等离子体是在真空室内, 在约 1-100 毫托范围内的压力下, 通过在腔室内提供可离子化气体和电极, 然后在电极之间施加电位来产生。当施加电位时, 电子从阴极电极的表面发射并且将由阴极与阳极之间的电场加速。当具有充足能量的电子与加工气体碰撞时, 气体可被离子化并且产生其它自由电子。新的电子也经受加速电场影响并且可用于使其它气体分子离子化。在适合条件下, 此过程快速级联以形成稠密等离子体。常见的是进一步提供磁场, 所述磁场被配置成改变电子的轨道, 以将它们引入所需工作区域内并且增加发生离子化碰撞的几率, 由此提高所述过程的效率。

[0005] 在有关产生等离子体的现有技术中可存在多种配置。但是, 它们通常具有限制其在 PECVD 工艺中的性能的缺点。所述源的汇总可见于以全文引用的方式包括于本文中的美国专利 7, 327, 089 (在此也称为“'089 专利”) 中。

[0006] 在 '089 专利 (和随后的接续案美国专利号 7, 411, 652 (在此也称为“'652 专利”)) 中, 描述了一种包括被封闭在空腔内的电极的源。空腔通过限制等离子体流动的喷嘴对真空室的加工区域开放。喷嘴还限制流出空腔的溅射材料的流动以及进入空腔的化学前体的流动。提供了用于在空腔内供应加工气体的构件。前体被供应至空腔外部的腔室。此配置解决了有关已反应材料形成于电极上和溅射材料污染形成于基底上的膜的问题。此源也并有磁场, 该磁场对源内的电子提供磁约束以增进产生稠密等离子体的效率。磁场配置还引导一部分等离子体流出空腔流向基底。

[0007] '089 专利中所描述的源的一个问题是其依赖于在源的空腔外部的阳极。由于在源外部, 阳极经历由所述工艺产生的介电涂层的沉积。本领域技术人员可了解, 阳极上的介电涂层总是会引起工艺不稳定性和不可接受的不均匀性。另外, 设置于空腔内的电极还经历所使用的加工气体的氧化 (或其它反应)。两个问题均通过如 '652 专利中所描述的将两个

源用交流电 (AC) 或双极性脉冲电源连接在一起而得到缓和。在此配置中,一个源中的电极处于阴极电位,而另一个源中的电极充当阳极。两个电极按电源的每个半周期来转换极性。在阴极半周期,电极经历溅射。这可至少部分清除掉不需要的反应物。

[0008] '652 专利中描述的两源配置的一个重要特征是这两个源可借助于具有相反磁极性而发生磁连接。这是将工作电子导引出源并且导引至工作区域中的一种有效方法,因为电子在阴极与阳极之间移动时将遵循磁场。虽然两源配置减少了涂布或反应电极问题,但其产生了另一个问题。电子在源之间行进的均匀性高度取决于连接源的磁场的均匀性。即使已极小心地使每个源内的磁结构高度均匀,但使源之间的连接磁场均匀仍可能极具挑战性。这归因于源之间的距离。由于磁场的强度(通量密度)随距离的平方而减小,故源之间距离的较小改变也会引起磁通量密度的显著变化。由此在所述工艺中产生不可接受的变化。因此,两个源必须精确平行,这意味着它们还必须精确地平直以维持均匀过程。源越长,则实现并且维持适当精确性就越具挑战性。

[0009] 在德国专利 DE 199 28 053 (在此也称为“'053 专利”)中,公开了一种包括布置于空腔内的阴极和冗余阳极的等离子体源。此源包括由诸如钢等磁可渗透材料构造的三个并联阴极电极。三个阴极电极中的一个圆盘状的实心板。或者,它可呈矩形或椭圆形。为简单起见,在此将仅讨论圆盘状配置。另两个阴极呈环形并且具有与圆盘状阴极大体上相同的厚度和外径。设置于阴极之间并且连接阴极的是永久磁体,其被布置成在平面表面上并且沿阴极的外径与阴极接合的环。由阴极与磁体构成的组件产生在中心具有空腔的封闭圆筒形结构,其在圆筒的一端是敞开的。此组件同时是等离子体源的主电极和磁路。在空腔内并且在阴极之间设置有其它电极,其彼此并且与阴极互相电绝缘。这些电极是内径略大于阴极的内径并且外径小于磁体环的内径的圆筒形状。其横向尺寸小于阴极之间的距离。这些电极充当阳极,并且设置在阴极之间并且与阴极同心。阳极电极只是电组件而不是磁路的一部分。

[0010] 在'053 专利中所公开的圆盘状配置中,磁极性被布置成使得磁场沿半径方向穿过可渗透阴极并且在内径表面处或其附近从阴极中射出。磁场线在阴极之间的间隙中形成弧,其大体上平行于组件的对称轴并且大体上跨接阳极的内径表面。以此方式,从阴极发射的电子被引至阴极之间,因为电子不能容易地穿过磁场线到达阳极。结果是在空腔内积累富含电子的等离子体。一部分电子从源中沿其中心轴线逸出并且朝向基底而去。

[0011] 在'053 专利中所公开的圆盘状配置中,DC 电源连接在阴极与地面之间并且将阴极维持在阴极电位。两个独立的方波电源连接在阳极电极与阴极之间。这些电源交替地脉冲,使得一个电极处于阳极电位而另一个处于阴极电位。一次周期性地驱使一个阳极达到阴极电位以使得系统总是维持活性阳极,而对另一者进行溅射清洗。以此方式,阳极保持至少部分清洁并且具功能性。

[0012] 由于在'053 专利中所公开的圆盘状配置中的所有电极是紧密物理接近的,故为电子建立并且维持足够均匀的磁通道变得容易得多。'053 专利看来已改善了'652 专利的不均匀性的问题,同时维持了通过'089 专利与'652 专利的系统所实现的益处。另外,可使描述于'053 专利中的源比'652 专利中公开的系统更紧凑并且因此可更容易改装至更老的系统中。然而,'053 专利中描述的布置过于复杂,并且由于需要为三个独立的电学组件提供冷却和电力效用而使得实际模型难以设计和制造。关于'053 专利的设计的一个重要工

艺问题是主阴极是用 DC 电压驱动的载流电极。由于它暴露于所述工艺,故它可被介电材料涂布。本领域技术人员众所周知这会通过起弧而引起工艺不稳定性。

[0013] 概述

一个实施方案是关于一种等离子体源,该等离子体源包括其中形成空腔的主体和设置于空腔内的至少两个自含式磁控管组件。磁控管组件彼此并且与主体互相电绝缘。在此类实施方案的一种实现方式中,自含式磁控管组件包括闭合漂移磁控管组件。

[0014] 另一个实施方案是关于一种获取等离子体的方法。所述方法包括向等离子体源的主体内所形成的空腔中供应加工气体,该等离子体源包括设置于空腔内的至少两个自含式磁控管组件,其中磁控管组件彼此并且与主体互相电绝缘。所述方法进一步包括向等离子体源供应前体气体并且向磁控管组件中的相应电极交替加偏压以使其具有彼此相反的极性。

[0015] 另一个实施方案是关于一种等离子体源,该等离子体源包括其中形成空腔的主体、设置于空腔内的至少一个自含式磁控管组件,以及设置于空腔内的至少两个非磁控管电极。等离子体源进一步包括具有输出线圈的交流电 (AC) 电源。至少两个非磁控管电极彼此并且与并有空腔的主体互相电绝缘。磁控管组件连接至 AC 电源的输出线圈的中心抽头,并且非磁控管电极连接至 AC 电源的输出线圈的末端抽头。

[0016] 图式

图 1 是等离子体源的一个示例性实施方案的截面图。

[0017] 图 2 是图 1 中示出的等离子体源的等距视图。

[0018] 图 3 和 4 示出了使用二元歧管实现的适合的前体气体歧管。

[0019] 图 5 是说明获取等离子体的方法的一个示例性实施方案的流程图。

[0020] 图 6 是等离子体源的另一个示例性实施方案的截面图。

[0021] 图 7 是等离子体源的另一个示例性实施方案的截面图。

[0022] 图 8 是等离子体源的另一个示例性实施方案的截面图。

[0023] 详述

图 1 是等离子体源 100 的一个示例性实施方案的截面图。等离子体源 100 包括其中形成空腔 104 的壳体或主体 102。等离子体源 100 包括至少两个完全自含式闭合漂移磁控管组件 106,其设置于空腔 104 内,并且彼此并与主体 102 互相电绝缘。

[0024] 术语“自含式”意指磁控管组件 106 包括操作磁控管的所有必需部件,其包括一个或多个电极 108、一个或多个磁体 110 以及冷却子系统 112。在一种实现方式中,磁控管组件 106 是以闭合漂移磁控管组件形式实现。

[0025] 在图 1 中所示的示例性实施方案中,每个磁控管组件 106 包括单一电极 108 和一对磁体 110,不过也可使用其它数目的电极 108 或磁体 110。每个电极 108 和磁体 110 都可作为单一部分形成或由多个组成部件组装(在后一种情形中,每个电极 108 或磁体 110 可分别被视为一个“电极组件”或一个“磁体组件”)。

[0026] 在图 1 中所示的示例性实施方案中,每个磁控管组件 106 进一步包括核心 114,所述核心不是电极 108 或磁体 110 的一部分。在此实施方案中,电极 108 和磁体 110 被组装至核心 114 上。

[0027] 在图 1 中,示出了四个磁控管组件部分 107 的截面,其中这四个磁控管组件部分

107 中的每一者在图 1 中分别使用参考数字 107-A、107-B、107-C 以及 107-D 单个地提到。

[0028] 在此结合图 1 所描述的特定实施方案中,一个完整的磁控管组件(在图 1 中使用参考数字 106-A 单个地提到)被成形为位于图 1 的上部并包围前体气体歧管 128(如以下所描述)的环状结构,其中上部两个磁控管组件部分 107-A 和 107-C 是所述上部磁控管组件 106-A 的截面部分。同样地,另一个完整的磁控管组件(在图 1 中使用参考数字 106-B 单个地提到)被成形为位于图 1 的下部并包围前体气体歧管 128 的环状结构,其中在图 1 下部的两个磁控管组件部分 107-B 和 107-D 是所述下部磁控管组件 106-B 的截面部分。在图 1 中所示的示例性实施方案中,主体 102 不是电极 108 或磁体 110 的一部分,并且在许多应用中,不需要主体 102 提供这些功能。

[0029] 注意,与 '053 专利中描述的系统不同,在磁控管组件 106 中不需要磁可渗透材料(除磁体 110 本身外)。

[0030] 另外,在此实施方案中,磁控管冷却子系统 112 是在每个磁控管组件 106 中使用形成于每个磁控管组件 106 中的一个或多个冷却通道 116 来实现。更具体地说,在图 1 中所示的示例性实施方案中,磁控管冷却子系统 112 是在每个磁控管组件 106 中使用形成于每个磁控管组件 106 的核心 114 中的一个或多个冷却通道 116 来实现。

[0031] 本领域技术人员应充分理解,冷却通道 116 连接至泵或其它常规机构(未显示)以将适合的冷却液(例如水)传送通过冷却通道 116,以便冷却相应磁控管组件 106。

[0032] 每个磁控管组件 106 中的电极 108、磁体 110 以及冷却子系统 112 可以按其它方式实现。举例来说,核心 114(如果使用)可以是电极组件或磁体组件的一部分。另外,如上文所提到的,不需要使用核心 114。此类方法的实例包括但不限于,修改图 1 中所示的实施方案,使得图 1 中所示的作为核心 114 的结构与电极 108 或者一个或两个磁体 110 形成整体。此外,等离子体源 100 中的磁控管组件 106 不需要全部以相同方式实现。

[0033] 在图 1 中所示的示例性实施方案中,磁控管组件 106 通过将组件 106 设置于等离子体源 100 的空腔 104 内,使得每个组件 106 与主体 102 和另一个组件 106 隔开足够的间隙以提供所需电绝缘而彼此并且与主体 102 电绝缘。应了解,此电绝缘可以通过其它方式提供(例如通过使用安置于磁控管组件 106 之间和/或磁控管组件 106 中的一者或多者与主体 102 之间的适合电绝缘体)。

[0034] 在图 1 中所示的示例性实施方案中,磁控管组件 106(和其部件)通常被配置成具有直线环形状。这说明于图 2 中,该图是图 1 中所示等离子体源 100 的等距视图。每个电极 108 和磁体 110 被成形为直线环形式,并且形成每个磁控管组件 106 中的磁体 110 的两个环围绕形成所述磁控管组件 106 的电极 108 的环的外径同心地设置。更具体地说,在图 1 中所示的示例性实施方案中,形成每个磁控管组件 106 中的电极 108 的环具有两个相对的凸缘 118。在此实施方案中,形成每个磁控管组件 106 的磁体 110 的两个环中的一个被设置在上部凸缘 118 后面,而形成所述磁控管组件 106 的磁体 110 的两个环中的另一个被设置在下部凸缘 118 后面。

[0035] 磁体 110 的极性被布置成产生磁场,该磁场沿大体上平行于等离子体源 100 的中心轴线的方向横过每个磁控管组件 106 的电极 108 的目标部分 120 起弧。目标部分 120 的内径的表面是活性表面,而其它表面因暗间隙或绝缘体变得无活性。目标部分 120 的冷却可通过目标部分内用于冷却液的通道来直接提供。或者,冷却可通过与目标部分 120 热接

触的核心 114 内用于冷却液的通道 116（显示于图 1 中）来间接提供。

[0036] 电极 108 的目标部分 120、磁体 110 以及任选的核心 114 可全部处于相同电位。单一 AC 或双极性脉冲电源（未显示）连接于两个磁控管组件 106 之间，使得一个磁控管组件 106 中的电极 108 被交替加偏压作为阴极和阳极，而另一个磁控管组件 106 中的另一个电极 108 被交替加偏压而具有相反极性（即，分别作为阳极和阴极）。

[0037] 在图 2 中所示的实施方案的一种实现方式中，等离子体源 100 的主体 102 可处于浮动电位。在其它实现方式中，主体 102 可处于接地电位或被加偏压至另外某种电位。具有处于浮动电位的主体 102 的优点在于，它将获得会排斥电子的负的自偏压，由此帮助将电子从空腔 104 中朝向基底（未显示）导引。加自偏压是归因于电子具有比离子高得多的迁移率，因此以高得多的速率冲击并且粘至表面。在其它实施方案中，对主体 102 加偏压可使用单独的电源或通过使用二极管向电源的输出线圈添加额外的抽头以根据需要调整电力来实现。

[0038] 在图 1 中所示的实施方案的一种实现方式中，磁体 110 被取向成使得磁化方向是沿半径方向，并且两个磁体 110 沿相反方向极化。然而，应了解可使用磁性元件的其它取向。典型地，需要的是所得磁场配置优选将电子从等离子体源 100 中朝向基底（未显示）并且远离等离子体源 100 的内表面导引。在其它实施方案中，其它磁性元件可设置于等离子体源 100 中其它地方，避免与磁控管直接接触，以帮助优化磁场结构。磁场结构可通过在等离子体源中的有利位置（包括在磁控管组件内）设置包含磁可渗透材料的分路来进一步修改。

[0039] 电极材料的选择应适合特定方法。在一个实例中，所述方法可包括诸如氟等腐蚀性气体。所以，诸如不锈钢等抗腐蚀材料可能是理想选择。在另一个实例中，可使用诸如氧气等活性气体，在此情况下，可能需要选择在氧化后氧化物缓慢溅射并且保留些许导电性的电极材料。在此情况下，钛可能是理想的。另外，电极 108 的活性表面可如通过等离子体喷射沉积而涂布一种材料，其经选择以具有一组所需性质。涂布每个电极 108 的一个优点是活性表面最需要的材料不可以可行地形成电极 108。另一个优点是因表面侵蚀而可能需要的维护可以是简单再施加电极涂料，而不是更昂贵的更换电极 108。选择电极材料时的另一个考虑是使用将产生与所得膜相同材料的溅射污染物或不会在最终涂层内产生任何负面作用的相容污染物的电极材料。举例来说，Si 电极可用于 SiO₂ 或 SiN 方法。在一些情况下，电极材料可提供有用掺杂剂，其增强沉积的膜的性质。

[0040] 典型地，等离子体源 100 包括歧管或其它导管 124，用于向磁控管组件 106 提供加工气体。用于提供加工气体的歧管 124 在此也称为“加工气体歧管”124。加工气体通常包括惰性气体和至少一种活性气体（不过，也可使用其它加工气体）。在图 1 中所示的示例性实施方案中，加工气体歧管 124 是使用被构建至主体 102 的底部中的通道 126 来实现。加工气体歧管 124 可使用各种类型的歧管来实现。举例来说，加工气体歧管 124 可使用二元歧管来实现。二元歧管是一种具有一条输入管线的歧管。所述输入管线分叉为两个相同并且对称的分支。这些分支各自又分叉为两个相同并且对称的分支。通道继续以此方式分叉直至存在跨越源的周长或长度的足够分支。通过适当设计，二元歧管可提供高度均匀的气体分布。

[0041] 另外，等离子体源 100 典型地包括至少一个其它歧管或其它导管 128，用于分配前

体气体。用于提供加工气体的歧管 128 在此也称为“前体气体歧管”128。在图 1 中所示的示例性实施方案中,前体气体歧管 128 是使用多个通道 130 实现。另外,在此实施方案中,前体气体歧管 128 是设置在空腔 104 的中心并且在空腔 104 的外部朝向基底(未显示)延伸,以在空腔 104 的外部和基底附近递送前体气体。在此实施方案中,前体气体歧管 128 的外表面充当冷凝罩,其防止溅射材料从电极表面的任何点再沉积于电极 108 的其它点上。这避免了与这类再沉积相关的工艺稳定性问题。任选地,其它歧管可设置于等离子体源 100 外部。前体气体歧管 128 可使用各种类型的歧管来实现。如图 3 和 4 中所示,前体气体歧管 128 可使用二元歧管来实现。

[0042] 在操作中,可使用等离子体源 100 实现获取等离子体的方法 500 的一个示例性实施方案。图 5 是说明获取等离子体的方法 500 的一个示例性实施方案的流程图。图 5 中所示的方法 500 在此被描述为使用上文结合图 1 所描述的等离子体源 100 来实现,不过应了解,方法 500 可以按其它方式(例如使用在此所描述的其它等离子体源)来实现。另外,虽然出于易于解释的目的而在图 5 中将方法 500 描绘成方法 500 的组成部分以特定连续顺序进行,但应了解,方法 500 的组成部分可以按不同顺序进行或各个组成部分可并行进行。

[0043] 方法 500 包括向形成于等离子体源的主体 102 内的空腔 104 供应加工气体(方框 502);向等离子体源 100 供应前体气体(方框 504);以及对磁控管组件 106 中的相应电极 108 交替加偏压以使其具有彼此相反的极性(方框 506)。方法 500 包括在操作中可如何使用等离子体源 100 的一个实例,不过应了解可以按其它方式使用等离子体源 100。

[0044] 所描述的等离子体源的实施方案典型地具有与'089、'652 以及'053 专利所描述的系统相同的优点。此外,在此所描述的等离子体源的实施方案可比'053 专利中所描述的系统更简单地进行制备。举例来说,通过消除在'053 专利中所描述的系统中所用的阴极/磁路/主体组件,并且通过将'053 专利中所描述的系统中所用的阳极电极用完整磁控管代替,在此所描述的等离子体源的总体复杂性可显著降低,从而简化了等离子体源设计和电源布置。此外,在此所描述的等离子体源还可以具有优于'053 专利中所描述的系统加工优点,因为在此所描述的等离子体源不需要载流 DC 电极,其可被涂布介电材料并且造成起弧问题。在此所描述的等离子体源的简化结构还将与等离子体源的维护相关的困难减至最小。尽管在此所描述的等离子体源可使用高度简化的设计来实现,但在此类等离子体源中保留了'053 专利中所描述的系统的双电极布置的优点。因为在此所描述的等离子体源中始终存在活性阴极,所以与'053 专利中所描述的系统相比没有损失功能。

[0045] 虽然图 1-5 中示出了一个示例性实施方案,但应了解可以按其它方式实现其它实施方案。

[0046] 举例来说,在作为图 1 中所示实施方案的变型的一个替代实施方案中,一个完整磁控管组件被成形为位于图 1 的左侧部分的环状结构,其中两左侧的个磁控管组件部分 107-A 和 107-B 是所述左侧磁控管组件的截面部分。同样地,其它完整磁控管组件被成形为位于图 1 的右侧部分的环状结构,其中右侧的两个磁控管组件部分 107-C 和 107-D 是所述右侧磁控管组件的截面部分。

[0047] 另一个替代实施方案显示于图 6 中。图 6 是等离子体源 600 的另一个示例性实施方案的截面图。总的来说,除了如下所描述外,图 6 中所示的等离子体源 600 与上文结合图 1-5 所描述的等离子体源 100 相同。图 6 中所示的示例性实施方案中类似于图 1 中所示的

示例性实施方案的相应元件的元件在图 6 中使用与图 1 中所用相同的参考数字提到,但其中前导数字从“1”变成“6”。除了如下所描述外,对上文结合图 1-5 中所示的示例性实施方案所阐述的元件的描述适用于图 6 中所示的示例性实施方案的相应元件,但为了简洁起见,在此结合图 6 大体上将不进行重复。

[0048] 在图 6 中所示的实施方案中,电极 608 的活性表面可朝向彼此取向。在此配置中,沉积罩 632 设置于两个电极 608 之间以防止来自电极 608 的一个区域的溅射材料再沉积至其它电极区域上。磁体 610 的极性可沿提供加工优点的任何方向取向。在作为图 6 中所示的实施方案的变型的其它实施方案中,电极的活性表面彼此远离或均面向相同方向。

[0049] 以上结合图 6 所提到的实施方案可以按两种方式配置。在第一种配置中,一个完整磁控管组件 606-A 被成形为位于图 6 左侧并包围沉积罩 632 的环状结构,其中在图 6 左侧的两个磁控管组件部分 607-A 和 607-B 是所述左侧磁控管组件 606-A 的截面部分。同样地,另一完整磁控管组件 606-B 被成形为位于图 6 右侧并包围沉积罩 632 的环状结构,其中在图 6 右侧的两个磁控管组件部分 607-C 和 607-D 是所述右侧磁控管组件 606-B 的截面部分。在此第一种配置中,活性表面是每个磁控管组件 606 的环状结构的内表面。在第二种配置中,一个完整磁控管组件被成形为位于图 6 的上部并包围加工气体歧管 624 的环状结构,其中两个上部磁控管组件部分 607-A 和 607-C 是所述上部磁控管组件的截面部分。同样地,另一完整磁控管组件被成形为位于图 6 下部的环状结构,其中下部磁控管组件包围沉积罩 632 并且其中两个下部磁控管组件部分 607-B 和 607-D 是所述下部磁控管组件的截面部分。在此第二种配置中,上部磁控管组件的活性表面具有面向下的平面几何形状,而下部磁控管组件的活性表面具有面向上的平面几何形状。在此第二种配置中,活性表面具有环形几何形状。

[0050] 另一个替代实施方案显示于图 7 中。在此实施方案中,等离子体源 700 包括设置于空腔 704 内的两个标准平面磁控管 706,其中电极 708 的活性表面面向彼此。设置于电极 708 之间的沉积罩(未显示)可能是需要的。

[0051] 活性表面的取向转向相反方向的其它替代实施方案是可能的。在使用环状结构的一个示例性替代实施方案中,活性表面可以是磁控管组件的外径而不是内径并且将面向主体的壁。在此类实施方案中,空腔朝向主室的开口可以是圆形的。在另一个示例性替代实施方案中,可使用锥形结构(而不是圆筒环几何形状),使得朝向腔室的开口可能小于圆筒形源的开口并且使流出物会聚。或者,所述开口可更大并且使流出物分散开。在上文结合图 7 所描述的平面磁控管的实例中,活性表面可大体上背离彼此。在此情况下,可能存在两个线性输出狭缝。此实施方案的一个变型是两个电极的活性表面可相对于彼此成一定角度。这可使得两个输出狭缝远远分开,同时使流出物分散开。或者所述狭缝可移动得更靠在一起,或许合并成一个狭缝,同时使流出物会聚。

[0052] 本文所描述的实施方案中的任一者可任选具有超过两个电极。两个或更多个电极可以是闭合漂移磁控管。在含有超过两个电极的实施方案中,其它电极可由单独的电源供电。或者,多个电极可由一个电源的单一输出供电,在此情况下,多个电极将处于相同电位。另一个替代方案是每个电极可由 AC 电源的输出线圈上的不同抽头供电,在此情况下,每个电极可达到不同电位。在 AC 电源的输出线圈上有多个抽头的情况下,在一个实例中,可使用连接至中心抽头的单一磁控管组件和连接至外部抽头的两个非磁控管电极。两个非磁控

管电极构成一组冗余阳极。一个阳极电极每半周期将达到量值为阴极两倍的负电位。这将提供阳极的溅射清洗,但溅射的程度可比磁增强电极低得多。然而,冗余阳极配置的改变可归因于相邻磁控管组件的边缘磁场而允许一定的磁性增强。本领域技术人员将认识到,存在组合了在此所描述的变化其它变更。

[0053] 一种此类变更显示于图 8 中。图 8 是等离子体源 800 的替代实施方案的截面图。除了如下所描述外,等离子体源 800 类似于上文结合图 1 所描述的等离子体源 100。

[0054] 等离子体源 800 包括主体 802,在所述主体中形成空腔 804。等离子体源 800 还包括设置于空腔 804 内的至少一个自含式磁控管组件 806。在图 8 中所示的实施方案的一种实现方式中,磁控管组件 802 包括闭合漂移磁控管组件。

[0055] 在图 8 中所示的实施方案中,等离子体源 800 进一步包括设置于空腔 804 内的至少两个非磁控管电极 811 和具有输出线圈 882 的交流电 (AC) 电源 880。非磁控管电极 811 彼此并且与并有空腔 804 的主体 802 互相电绝缘。以与使图 1 中所示的等离子体源 100 的磁控管组件 106 彼此并且与主体 102 互相电绝缘相同的方式,非磁控管电极 811 可彼此并且与主体 802 互相电绝缘。

[0056] 在图 8 中所示的实施方案中,磁控管组件 806 连接至 AC 电源 880 的输出线圈 882 的中心抽头 884,而非磁控管电极 811 连接至 AC 电源 880 的输出线圈 882 的末端抽头 886。在此实施方案中,非磁控管电极 811 可经历由相邻磁控管组件 806 产生的一定的磁性增强。

[0057] 示例性实施方案

实施例 1 包括一种等离子体源,所述等离子体源包括:其中形成空腔的主体;和设置于空腔内的至少两个自含式磁控管组件;其中磁控管组件彼此并且与主体互相电绝缘。

[0058] 实施例 2 包括实施例 1 所述的等离子体源,其中磁控管组件包括闭合漂移磁控管组件。

[0059] 实施例 3 包括实施例 1-2 中任一者所述的等离子体源,其中磁控管组件中的每一者包括至少一个电极、至少一个磁体以及冷却子系统。

[0060] 实施例 4 包括实施例 3 所述的等离子体源,其中磁控管组件中的至少一者包括与电极和磁体中的至少一者连接的核心。

[0061] 实施例 5 包括实施例 4 所述的等离子体源,其中磁控管组件中的至少一者中的冷却子系统包括形成于核心中的至少一个通道。

[0062] 实施例 6 包括实施例 4-5 中任一者所述的等离子体源,其中磁控管组件中的至少一者中的冷却子系统包括在磁控管组件中所包括的至少一个电极的目标部分中形成的至少一个通道。

[0063] 实施例 7 包括实施例 1-6 中任一者所述的等离子体源,其进一步包括用于在等离子体源内分配加工气体的歧管或导管。

[0064] 实施例 8 包括实施例 7 所述的等离子体源,其中用于分配加工气体的歧管或导管包括二元歧管。

[0065] 实施例 9 包括实施例 1-8 中任一者所述的等离子体源,其进一步包括用于分配前体气体的歧管或导管。

[0066] 实施例 10 包括实施例 1-9 中任一者所述的等离子体源,其中至少一个电源连接于磁控管组件之间,使得磁控管组件中的相应电极被交替加偏压以具有彼此相反的极性。

[0067] 实施例 11 包括实施例 10 所述的等离子体源,其中至少一个电源包括交流电电源和双极性脉冲电源中的至少一种。

[0068] 实施例 12 包括实施例 1-11 中任一者所述的等离子体源,其中等离子体源被配置成使得等离子体源的主体处于浮动电位或接地电位中的一种。

[0069] 实施例 13 包括实施例 1-12 中任一者所述的等离子体源,其中等离子体源被配置成使得等离子体源的主体被加偏压至特定非接地电位。

[0070] 实施例 14 包括实施例 1-13 中任一者所述的等离子体源,其中磁控管组件包括平面磁控管。

[0071] 实施例 15 包括一种获取等离子体的方法,其包括:向形成于等离子体源的主体内的空腔中供应加工气体,所述等离子体源包括设置于空腔内的至少两个自含式磁控管组件,其中磁控管组件彼此并且与主体互相电绝缘;对磁控管组件中的相应电极交替加偏压以使其具有彼此相反的极性;以及将等离子体大体上朝向基底导引。

[0072] 实施例 16 包括实施例 15 所述的方法,其进一步包括将一定量的前体气体导引至在基底附近的等离子体中。

[0073] 实施例 17 包括实施例 15-16 中任一者所述的方法,其中磁控管组件包括闭合漂移磁控管组件。

[0074] 实施例 18 包括实施例 15-17 中任一者所述的方法,其中供应加工气体包括使用二元歧管供应加工气体。

[0075] 实施例 19 包括实施例 15-18 中任一者所述的方法,其中供应前体气体包括使用二元歧管供应前体气体。

[0076] 实施例 20 包括一种等离子体源,所述等离子体源包括:其中形成空腔的主体;设置于空腔内的至少一个自含式磁控管组件;设置于空腔内的至少两个非磁控管电极;以及具有输出线圈的交流电(AC)电源;其中至少两个非磁控管电极彼此并且与并有空腔的主体互相电绝缘;并且其中磁控管组件连接至 AC 电源的输出线圈的中心抽头,并且非磁控管电极连接至 AC 电源的输出线圈的末端抽头。

[0077] 已描述了许多实施方案。尽管如此,应了解在不背离所要求的发明的精神和范围情况下,可对所描述的实施方案作出各种修改。另外,以上所描述的实施方案的单个特征的组合被认为在此所公开的本发明的范围内。

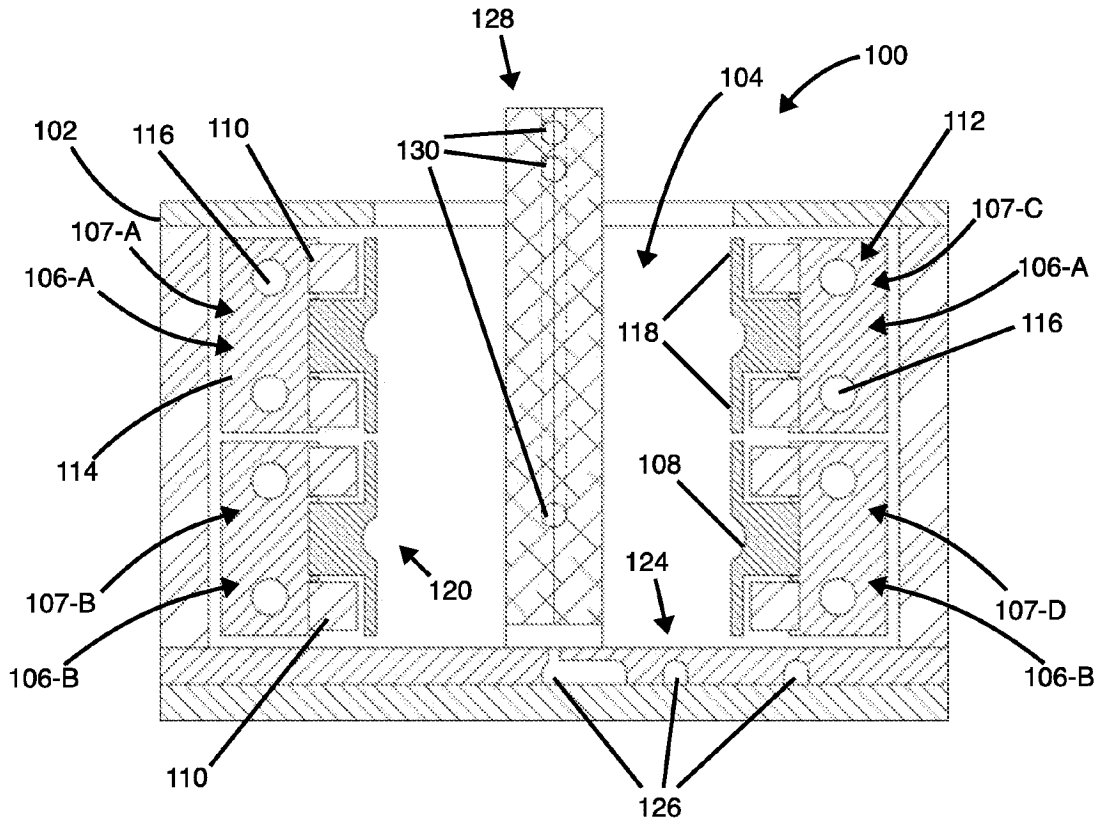


图 1

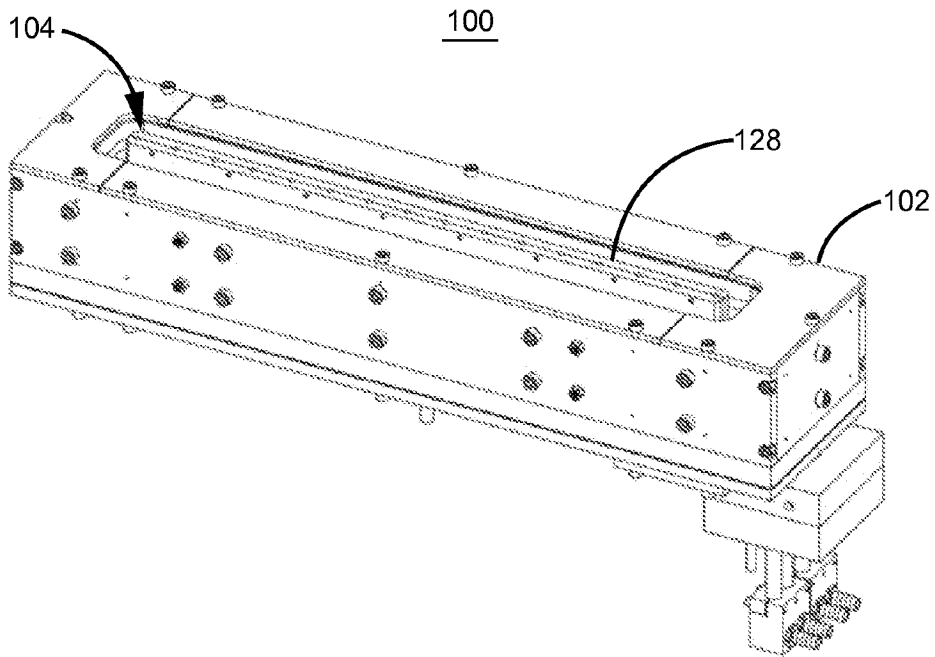


图 2

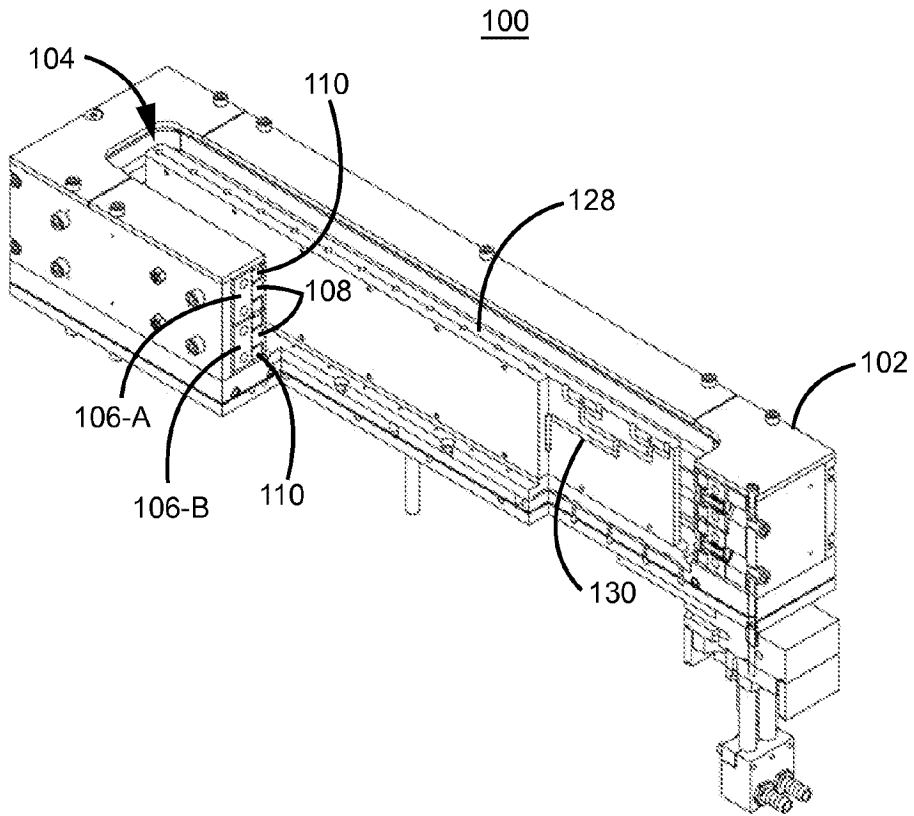


图 3

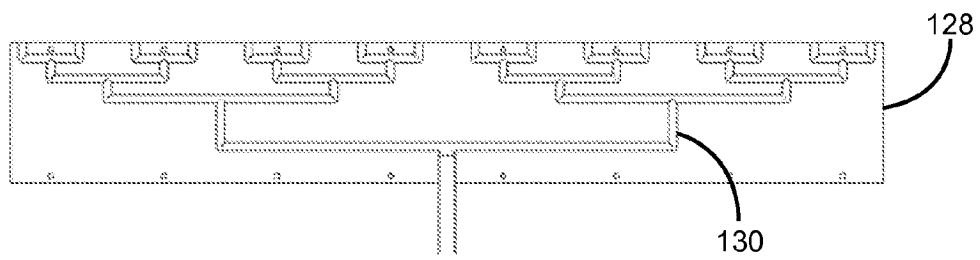


图 4

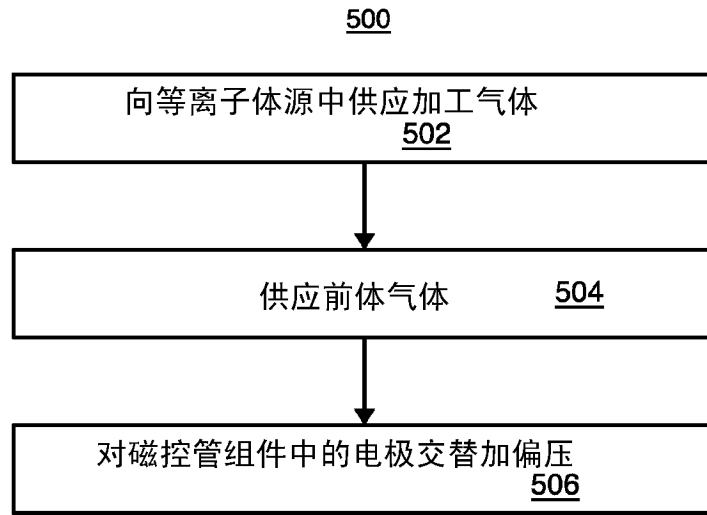


图 5

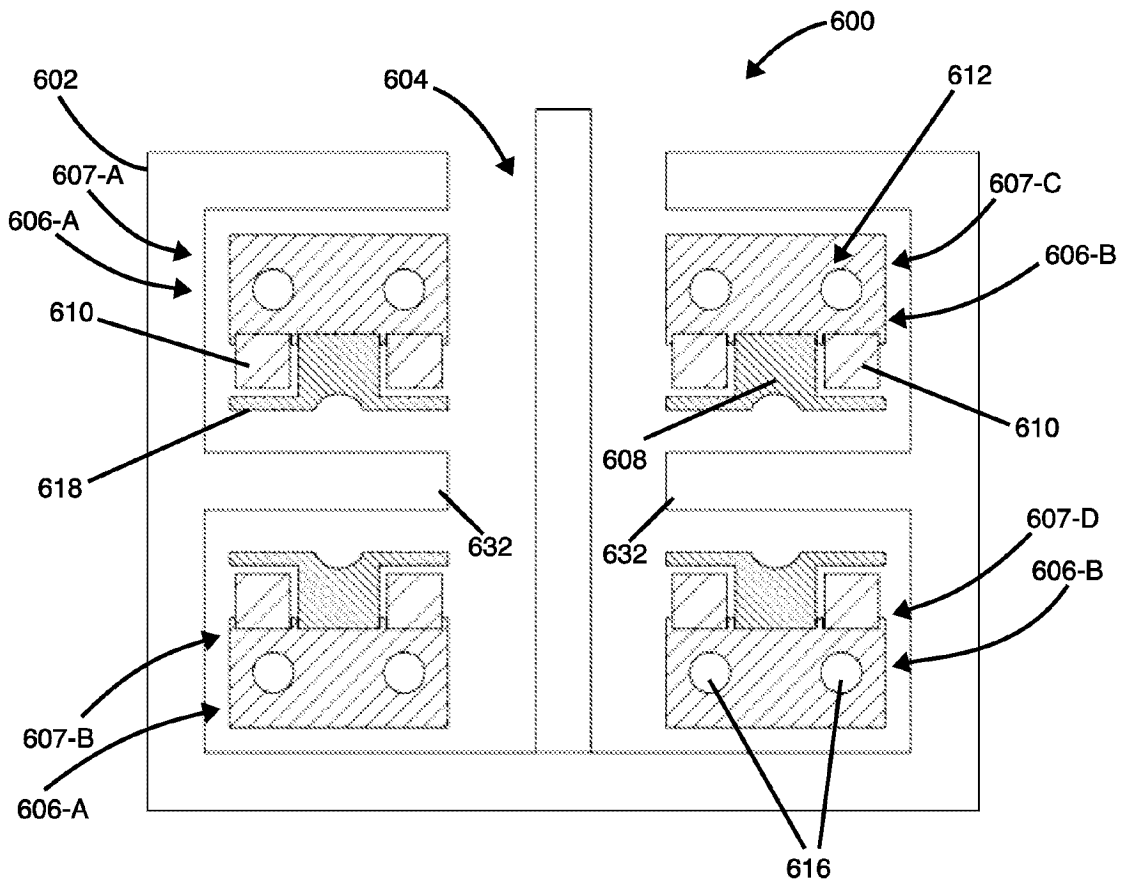


图 6

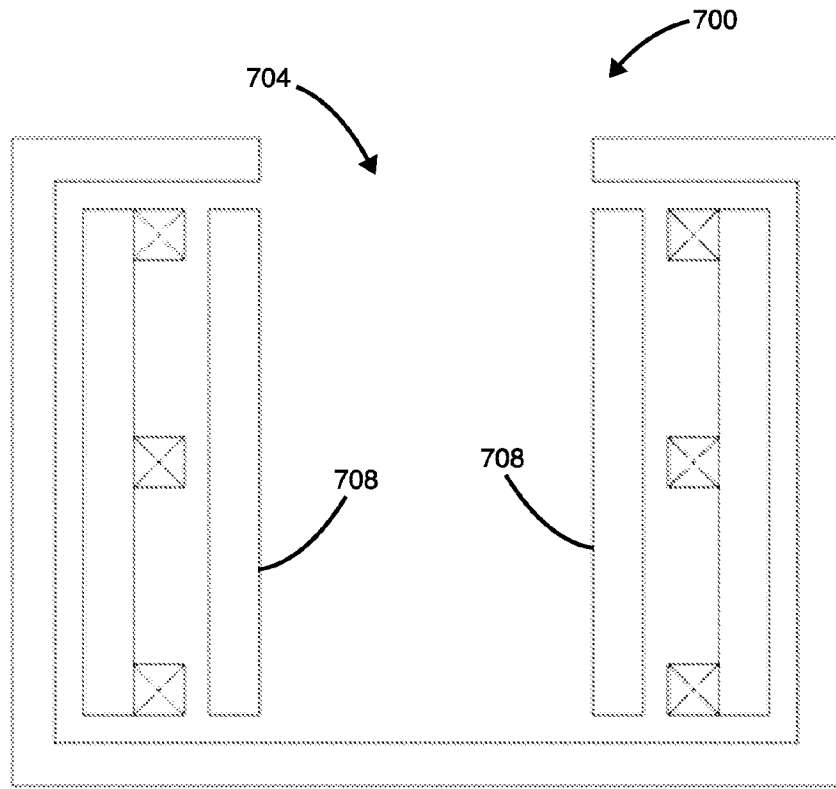


图 7

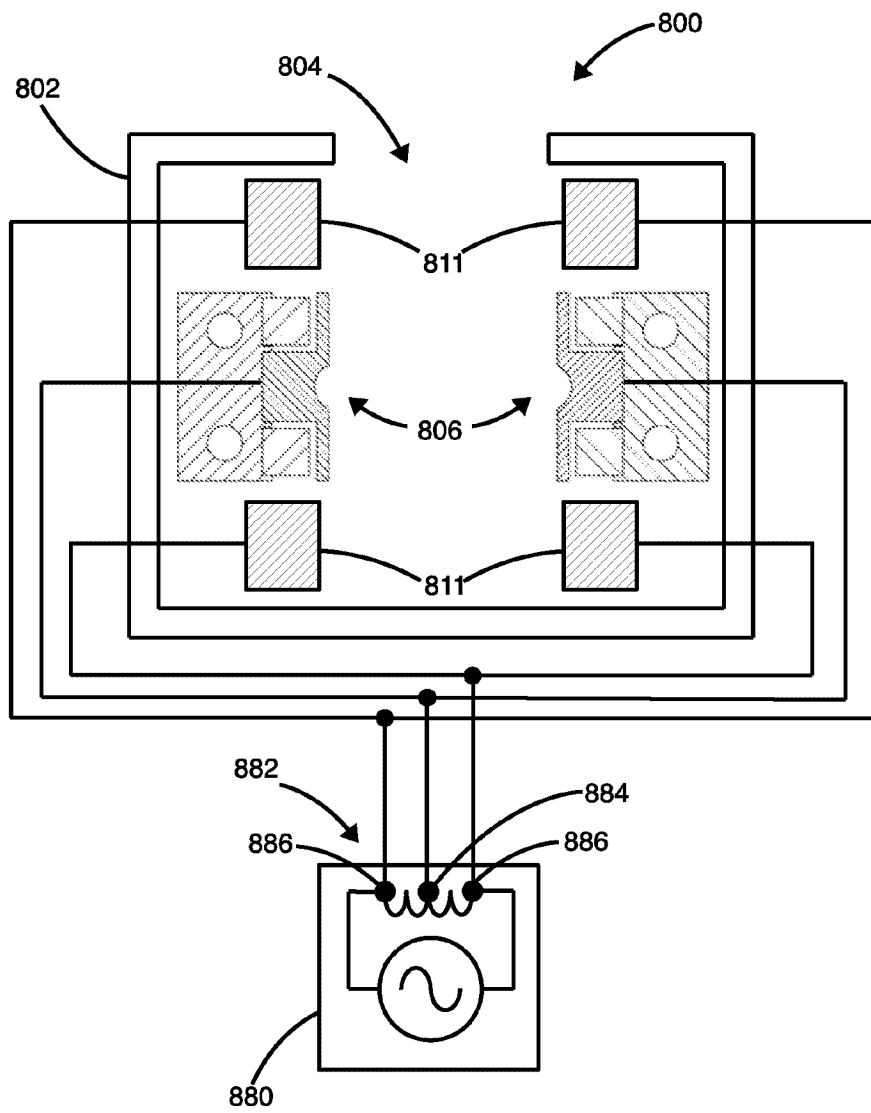


图 8