



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106947997 A

(43)申请公布日 2017.07.14

(21)申请号 201610966878.X

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

(22)申请日 2013.12.12

代理人 李献忠 张静

(30)优先权数据

(51)Int.Cl.

61/736,499 2012.12.12 US

G25D 21/12(2006.01)

13/893,242 2013.05.13 US

G25D 5/08(2006.01)

G25D 7/12(2006.01)

(62)分案原申请数据

201310683415.9 2013.12.12

(71)申请人 诺发系统公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 史蒂文·T·迈耶

布莱恩·L·巴卡柳 傅海英

托马斯·波努司瓦米

希尔顿·迪艾斯·卡米罗

罗伯特·拉什 大卫·W·波特

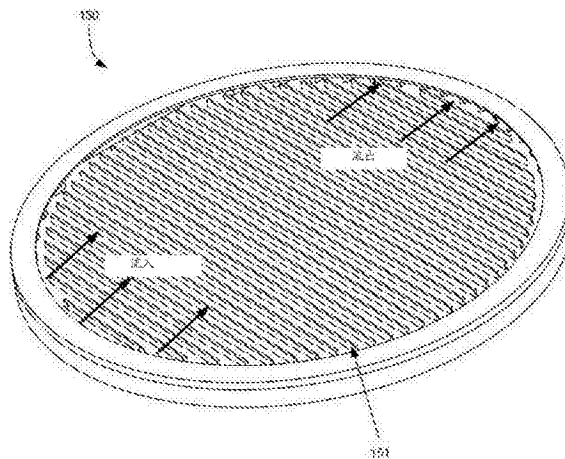
权利要求书2页 说明书27页 附图22页

(54)发明名称

电镀过程中用于高效传质的电解液流体动力的增强装置

(57)摘要

本发明涉及电镀过程中用于高效传质的电解液流体动力的增强装置,本发明的实施方式涉及用于将一或多种材料电镀到衬底上的方法和装置。在许多情况下,所述材料是金属而所述衬底是半导体晶片,但这些实施方式并不受此限制。通常,本文的实施方式使用靠近衬底的带槽的板构造横流歧管,该横流歧管由所述带槽的板的底部、衬底的顶部以及横流约束环的侧面来限定。在镀覆过程中,流体向上穿过所述带槽的板中的通道以及侧向穿过设置在所述横流约束环的一面上的横流侧入口而进入横流歧管。流路径在横流歧管中合并并在横流出口退出,横流出口设置在横流入口的对面。这些合并的流路径导致镀覆均匀性提高。



1. 一种电镀装置,其包括

(a) 电镀室,其被配置为含有电解液和阳极,同时将金属电镀到衬底上,所述衬底是实质上平坦的;

(b) 衬底架,其被配置来保持所述衬底使得所述衬底的镀覆面在电镀过程中与所述阳极隔开;

(c) 离子阻性元件,其包括:

(i) 多个通道,其延伸穿过所述离子阻性元件且适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移;

(ii) 面朝衬底的面,其与所述衬底的所述镀覆面实质上平行且通过间隙与所述衬底的所述镀覆面隔开,所述间隙形成所述离子阻性元件与所述衬底之间的横流歧管;以及

(iii) 台阶,其设置在所述离子阻性元件的所述面朝衬底的面,其中所述台阶具有高度和直径,其中所述台阶的所述直径与所述晶片的所述镀覆面是实质上同延伸的,且其中所述台阶的所述高度和直径足够小以允许电解液在镀覆过程中在所述衬底架下面、所述台阶上面流动并流到所述横流歧管中;

(d) 所述横流歧管的入口,其用于将电解液引入所述横流歧管;以及

(e) 所述横流歧管的出口,其用于接收在所述横流歧管中流动的电解液,

其中在电镀过程中,所述入口和出口适于在所述横流歧管中产生横流电解液以在所述衬底的所述镀覆面上产生或维持剪切力。

2. 如权利要求1所述的电镀装置,其中所述台阶的高度在约2-5mm之间。

3. 如权利要求2所述的电镀装置,其中所述横流歧管的高度在约1-4mm之间。

4. 如权利要求1所述的电镀装置,其中所述台阶的周缘包括过渡区域,在所述过渡区域所述台阶被圆化。

5. 如权利要求4所述的电镀装置,其中所述过渡区域具有约2-4mm的宽度。

6. 如权利要求1所述的电镀装置,其中所述台阶的所述直径为介于约2-10mm之间,其小于所述衬底架的内径。

7. 如权利要求1所述的电镀装置,其进一步包括流体连接到所述入口的横流注入歧管区域,其中在电镀期间,在电解液离开所述横流注入歧管区域之后在到达所述衬底的所述镀覆面之前流动约10-15mm之间的距离。

8. 如权利要求1所述的电镀装置,其中所述横流歧管具有约15mm或更小的高度。

9. 一种用在电镀装置中以将材料镀覆在标准直径的半导体晶片上的带槽的离子阻性板,其包括:

与所述半导体晶片的镀覆面大致同延伸的板,其中所述板具有介于约2-25mm之间的厚度;

延伸穿过所述板的厚度的至少约1000个非连通的通孔,其中所述通孔适于在电镀过程中提供穿过所述板的离子迁移;以及

在所述板的中央区域中的台阶,其包括所述板的凸起部分;

所述板的非凸部分,其设置在所述板的周缘上。

10. 一种用于电镀衬底的方法,其包括:

(a) 将实质上平坦的衬底接收在衬底架上,其中所述衬底的镀覆面是暴露的,且其中所

述衬底架被配置来保持所述衬底使得所述衬底的所述镀覆面在电镀过程中与阳极隔开；

(b) 将所述衬底浸在电解液中，其中在所述衬底的所述镀覆面和离子阻性元件之间形成横流歧管，

其中所述离子阻性元件与所述衬底的所述镀覆面至少大致同延伸，

其中所述离子阻性元件适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移，以及

其中所述离子阻性元件在所述离子阻性元件的面朝衬底的面上包括台阶，所述台阶设置在所述离子阻性元件的中央区域中且被所述离子阻性元件的非凸部分围绕；

(c) 在与所述衬底架中的所述衬底接触的情况下使电解液按下述方式流动，(i) 从侧入口流过所述台阶，流到所述横流歧管中，再次流过所述台阶，并流出侧出口，以及(ii) 从所述离子阻性元件下面流过所述离子阻性元件，流到所述横流歧管中，流过所述台阶，并流出所述侧出口，其中所述侧入口和侧出口被设计或配置来在电镀过程中在所述横流歧管中产生横流电解液；

(d) 旋转所述衬底架；以及

(e) 在使电解液如(c)中所述地流动时将材料电镀到所述衬底的所述镀覆面上。

## 电镀过程中用于高效传质的电解液流体动力的增强装置

本申请是申请日为2013年12月12日,申请号为201310683415.9,申请人为诺发系统公司,名称为“电镀过程中用于高效传质的电解液流体动力的增强装置”的专利申请的分案申请。

### 相关申请交叉参考

[0001] 本申请要求2012年12月12日提交的、名称为“ENHANCEMENT OF ELECTROLYTE HYDRODYNAMICS FOR EFFICIENT MASS TRANSFER DURING ELECTROPLATING”的美国临时申请No.61/736,499[代理机构案卷号LAMRP015P]的优先权的权益,通过参考出于全部目的将该临时申请全文并入此处。此外,本申请是2013年5月13日提交的、名称为“CROSS FLOW MANIFOLD FOR ELECTROPLATING APPARATUS”的美国专利申请No.13/893,242[代理机构案卷号NOVLP367X1]的后续部分,美国专利申请No.13/893,242是2011年6月29日提交的、名称为“CONTROL OF ELECTROLYTE HYDRODYNAMICS FOR EFFICIENT MASS TRANSFER DURING ELECTROPLATING”的美国专利申请No.13/172,642[代理机构案卷号NOVLP367]的后续部分,美国专利申请No.13/172,642要求了2010年10月21日提交的、名称为“FLOW DIVERTERS AND FLOW SHAPING PLATES FOR ELECTROPLATING CELLS”的美国临时申请No.61/405,608[代理机构案卷号NOVLP396P],2010年8月18日提交的、名称为“HIGH FLOW RATE PROCESSING FOR WAFER LEVEL PACKAGING”的美国临时申请No.61/374,911[代理机构案卷号NOVLP367P],以及2010年7月2日提交的、名称为“ANGLED HRVA”的美国临时申请No.61/361,333[代理机构案卷号NOVLP366P]的优先权的权益,这些申请或临时申请中的每一个出于全部目的通过参考全文并入此处。另外,美国专利申请No.13/893,242要求了2012年5月14日提交的、名称为“CROSS FLOW MANIFOLD FOR ELECTROPLATING APPARATUS”的美国临时申请No.61/646,598[代理机构案卷号NOVLP367X1P]的优先权的权益,该临时申请出于全部目的全文并入此处。

### 技术领域

[0002] 所公开的实施方式涉及用于在电镀过程中控制电解液流体动力(electrolyte hydrodynamics)的方法和装置。更具体地,本文所描述的方法和装置对于将金属镀覆到半导体晶片衬底(尤其是具有多个凹陷特征的衬底)上特别有用。示例性的工艺和特征可包括具有小于例如约50 $\mu\text{m}$ 的宽度的小型微凸特征(例如,铜、镍、锡和锡合金焊点)和铜的硅通孔(TSV)特征的穿抗蚀剂镀覆。

### 背景技术

[0003] 在现代集成电路制造中很好地建立了电化学沉积工艺。在21世纪早期,从铝金属线连接到铜金属线连接的转变带动了对越来越精细的电沉积工艺和镀覆工具的需求。许多精细性工艺响应于对器件金属化层中的越来越小的载流线的需求而逐步形成。这些铜线按照通常称为“镶嵌(damascene)”处理(预钝化金属化)的方法通过将金属电镀到非常薄的、高深宽比的沟槽和通孔中而形成。

[0004] 电化学沉积现在正准备满足对一般通俗称为晶片级封装(WLP)和硅通孔(TSV)电

气连接技术的精细的封装和多芯片互连技术的商业需求。这些技术给它们自己提出了非常大的挑战,这部分是由于通常较大的特征尺寸(相较于前段制程(FEOL)互连)以及高深宽比。

[0005] 根据封装特征的类型和应用(例如通过芯片连接TSV、互连再分配布线、或者芯片到板或芯片键合,比如倒装芯片支柱),镀覆特征在当前技术中通常大于约2微米且它们的主要尺寸典型地为约5-100微米(例如,铜柱可以是约50微米)。就一些片上结构(比如电源总线)而言,要镀的特征可以大于100微米。WLP特征的深宽比通常为约1:1(高比宽)或者更低,但它们的范围可高达约2:1左右,同时TSV结构可具有非常高的深宽比(例如,在大约20:1附近)。

[0006] 随着WLP结构的尺寸从100-200 $\mu\text{m}$ 收缩至小于50 $\mu\text{m}$ (例如20 $\mu\text{m}$ )出现了一系列独特的问题,因为在这个大小,特征的尺寸和典型的传质边界层厚度(发生对流传输到平面的距离)几乎等同。对于具有较大特征的前代而言,流体和质量(mass)至特征中的对流传输由流场至所述特征中的一般渗透承担,但对于较小的特征来说,流涡和停滞的形成可抑制不断增长的特征内的传质的速率和均匀性二者。因此,需要在较小的“微凸”和TSV特征内创建强壮、均匀的传质的新方法。

[0007] 不仅特征尺寸,而且镀覆速度使WLP和TSV应用区别于镶嵌应用。就许多WLP应用而言,根据镀覆的金属(例如,铜、镍、金、银的焊料,等等),一方面,在制造和成本的要求之间要有平衡,另一方面,在技术需要和技术难度之间要有平衡(例如,类似于在裸片内和在特征目标内的伴随晶片的图案变化和晶片上的要求的资本生产率的目标)。对铜而言,这种平衡通常在至少约2微米/分钟(典型地至少约3-4微米/分钟或更快)的速率下达到。就锡和锡合金镀覆而言,大于约3微米/分钟(对于一些应用而言至少约7微米/分钟)的镀覆速率可被需要。就镍和触击电镀金(例如低浓度金闪光膜层)而言,镀覆速率可在约0.1至1.5微米/分钟之间。在这些金属的相对较高的镀覆速率状态下,金属离子在电解液中高效地传质到镀覆表面是重要的。

[0008] 在某些实施方式中,镀覆必须以高度均匀的方式在晶片的整个表面上进行以在晶片内(WIW均匀性)、在具体裸片的所有特征内以及在这些特征之间(WID均匀性)、还有在独立特征本身内(WIF均匀性)达到良好的镀覆均匀性。WLP和TSV应用的高镀覆速率对电镀层的均匀性提出了挑战。对各种WLP应用而言,镀覆径向地沿着晶片表面必须表现出至多约5%的半程变化(被称为WIW非均匀性,在裸片中在跨越晶片直径的多个位置处在单个特征类型上测得)。类似的同样具有挑战性的要求是不同尺寸(例如,特征的直径)或不同特征密度(例如,在芯片裸片阵列中间的孤立特征或嵌入特征)的各种特征的均匀沉积(厚度和形状)。这种性能规格通常被称为WID非均匀性。WID非均匀性作为上述各种特征类型的局部变化(例如,<5%的半程)对比平均特征高度或给定晶片裸片内在晶片上的特定裸片位置(例如,在中间半径、中心或边缘)处的其它尺寸而进行测量。

[0009] 另一具有挑战性的要求是特征内形状的一般控制。没有适当的流动和传质对流控制,在镀覆之后,线或柱可能在二维或三维上以凸面、平面或凹面(例如,鞍状或半球形)形式存在倾斜而结束,而通常具有平面轮廓,但不总是平面轮廓,是优选平面轮廓。在满足这些挑战的同时,WLP应用必须与传统的、潜在较便宜的取和放串行路由操作竞争。更进一步,用于WLP应用的电沉积可涉及镀覆各种非铜金属,比如像铅、锡、锡-银之类的焊料、以

及其它凸起下方金属化 (UBM) 材料, 比如镍、钴、金、钯、以及这些物质的各种合金, 其中一些包括铜。锡-银近共晶合金的镀覆是作为代替铅-锡共晶焊料的无铅焊料进行镀覆的合金的镀覆技术的一个例子。

## 发明内容

[0010] 本文的实施方式涉及用于将金属电镀到衬底上的方法和装置。总体上, 所公开的技术涉及改进的带槽的离子阻性元件的使用, 所述离子阻性元件具有适于提供穿过板的离子迁移的多个孔以及一系列突出部或者台阶以提高镀覆均匀性。在这些实施方式的一个方面, 提供了一种电镀装置, 该电镀装置包括: (a) 电镀室, 其被配置为含有电解液和阳极, 同时将金属电镀到实质上平坦的衬底上; (b) 衬底架, 其被配置来在电镀过程中保持所述实质上平坦的衬底使得所述衬底的镀覆面在电镀过程中与所述阳极隔开; (c) 离子阻性元件, 其包括: (i) 多个通道, 其延伸穿过所述离子阻性元件且适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移; (ii) 面朝衬底的面, 其实质上与所述衬底的所述镀覆面平行且通过间隙与所述衬底的所述镀覆面隔开; 以及 (iii) 多个突出部, 其设置在所述离子阻性元件的所述面朝衬底的面; (d) 所述间隙的入口, 其用于将横流电解液引入所述间隙; 以及 (e) 所述间隙的出口, 其用于接收在所述间隙中流动的横流电解液, 其中在电镀过程中, 所述入口和出口被设置在所述衬底的所述镀覆面上的接近方位相对的周界位置。

[0011] 在一些实施方式中, 在所述衬底的所述镀覆面和离子阻性元件平面之间测定的、在所述离子阻性元件的所述面朝衬底的面和所述衬底的所述镀覆面之间的所述间隙小于约 15mm。在某些情况下, 在所述衬底的所述镀覆面和所述突出部的最高高度之间的间隙可以在约 0.5-4mm 之间。在某些情况下, 所述突出部可具有在约 2-10mm 之间的高度。在各种实施方式中, 所述突出部平均地定向为实质上与横流电解液的方向垂直。一个或多个或全部的所述突出部可具有至少约 3:1 的长宽比。在各种实施方式中, 所述突出部与所述衬底的所述镀覆面是实质上同延伸的。

[0012] 可以使用许多不同的突出部形状。在一些实施方式中, 至少两个不同形状和/或尺寸的突出部存在于所述离子阻性元件上。一或多个突出部可包括切口部, 在电镀过程中, 电解液可流动穿过所述切口部。所述突出部可以大体是矩形、或者三角形、或者圆柱形、或者这些形状的组合。所述突出部还可以具有更复杂的形状, 例如大体矩形的突出部沿着所述突出部的顶部和底部具有不同形状的切口。在一些情况下, 所述突出部具有三角形上部。一个示例是具有三角形尖端的矩形突出部。另一个示例是具有整体三角形形状的突出部。

[0013] 所述突出部可从所述带槽的离子阻性板以法向角、或者以非法向角 (non-normal angle)、或者以这些角的组合向上延伸。换句话说, 在一些实施方式中, 所述突出部包括与离子阻性元件平面实质上正交 (normal) 的面。替代地或另外地, 所述突出部可包括从离子阻性元件平面偏移非直角角度的面。在一些实施方式中, 所述突出部由一个以上的部分构成。例如, 所述突出部可包括第一突出部部分和第二突出部部分, 其中所述第一和第二突出部部分从横流电解液的方向偏移实质上相似只是方向相反的角度。

[0014] 所述离子阻性元件可被配置来在电镀过程中使电场成形且控制靠近所述衬底的电解液流的特征。在各种实施方式中, 可在所述离子阻性元件的下表面下方设置下歧管区域, 其中所述下表面背对所述衬底架。中央电解液室以及一或多个进给通道可被配置来将

电解液从所述中央电解液室传送到所述入口以及至所述下歧管区域二者。以这种方式,电解液可被直接传送到所述入口以在所述带槽的离子阻性元件上方引发横流,并且电解液可被同时传送到所述下歧管区域,其中电解液会经过所述带槽的离子阻性元件中的通道从而进入所述衬底和所述带槽的离子阻性元件之间的间隙。横流注入歧管可被流体连接到所述入口。所述横流注入歧管可以至少部分地由所述离子阻性元件中的腔限定。在某些实施方式中,所述横流注入歧管完全在所述离子阻性元件内。

[0015] 流约束环可被设置在所述离子阻性元件的周缘部分上。所述流约束环可帮助重新引导来自所述横流注入歧管的流,使得它在与所述衬底的表面平行的方向上流动。该装置还可包括用于在镀覆过程中旋转所述衬底架的机构。在一些实施方式中,所述入口跨越邻近所述衬底的所述镀覆面的周缘的介于约90-180°之间的弧。所述入口可包括多个方位不同的部分。多个电解液进给入口可被配置来将电解液传送给所述多个方位不同的入口部分。另外,一或多个流控制元件可被配置来在电镀过程中独立地控制所述多个电解液进给入口中的电解液的多个体积流率。在各种实施方式中,所述入口和出口可适于在电镀过程中在所述间隙中产生横流动的电解液以在所述衬底的所述镀覆面上产生或维持剪切力。在某些实施方式中,所述突出部可定向在多个平行的列中。所述列可包括由非突出部间隙分隔的两或更多个不连续突出部,其中在横流动的电解液的方向上,相邻列中的所述非突出部间隙实质上互相不对齐。

[0016] 在所公开的实施方案的另一方面,提供了一种电镀装置,该电镀装置包括:(a) 电镀室,其被配置为含有电解液和阳极,同时将金属电镀到实质上平坦的衬底上;(b) 衬底架,其被配置来保持所述实质上平坦的衬底使得所述衬底的镀覆面在电镀过程中与所述阳极隔开;(c) 离子阻性元件,其包括:(i) 多个通道,其延伸穿过所述离子阻性元件且适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移;(ii) 面朝衬底的面,其实质上与所述衬底的所述镀覆面平行且通过间隙与所述衬底的所述镀覆面隔开;以及(iii) 台阶,其设置在所述离子阻性元件的所述面朝衬底的面,其中所述台阶具有高度和直径,其中所述台阶的所述直径实质上与所述晶片的所述镀覆面是同延伸的,且其中所述台阶的所述高度和直径足够小以允许电解液在镀覆过程中在所述衬底架下方、所述台阶上方流动并流到所述间隙中;(d) 所述间隙的入口,其用于将电解液引入所述间隙;以及(e) 所述间隙的出口,其用于接收在所述间隙中流动的电解液,其中在电镀过程中,所述入口和出口适于在电镀过程中在所述间隙中产生横流电解液以在所述衬底的所述镀覆面上产生或维持剪切力。

[0017] 在所公开的实施方案的又一方面,提供了一种用在以将材料镀覆在标准直径的半导体晶片上的电镀装置中的带槽的离子阻性板,该带槽的离子阻性板包括:与所述半导体晶片的镀覆面近似同延伸的板,其中所述板具有介于约2-25mm之间的厚度;延伸穿过所述板的厚度的至少约1000个非连通的通孔,其中所述通孔适于在电镀过程中提供穿过所述板的离子迁移;以及设置在所述板的一面上的多个突出部。

[0018] 在所公开的实施方案的另一方面,提供了一种用在以将材料镀覆在标准直径的半导体晶片上的电镀装置中的带槽的离子阻性板,该带槽的离子阻性板包括:与所述半导体晶片的镀覆面近似同延伸的板,其中所述板具有约2-25mm之间的厚度;延伸穿过所述板的厚度的至少约1000个非连通的通孔,其中所述通孔适于在电镀过程中提供穿过所述板的离子迁移;以及台阶,其包括在所述板的中心区域中的所述板的凸起部分;所述板的非凸部

分,其设置在所述板的周缘上。

[0019] 在所公开的实施方式的又一方面,提供了一种用于电镀衬底的方法,该方法包括:  
(a) 将实质上平坦的衬底接收在衬底架上,其中所述衬底的镀覆面是暴露的,且其中所述衬底架被配置来保持所述衬底使得所述衬底的所述镀覆面在电镀过程中与阳极隔开;  
(b) 将所述衬底浸在电解液中,其中在所述衬底的所述镀覆面和离子阻性元件平面之间形成间隙,其中所述离子阻性元件与所述衬底的所述镀覆面是至少大约同延伸的,其中所述离子阻性元件适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移,以及其中所述离子阻性元件在所述离子阻性元件的面朝衬底的面上包括多个突出部,所述突出部与所述衬底的所述镀覆面是实质上同延伸的;  
(c) 在与所述衬底架中的所述衬底接触的情况下使电解液按下述方式流动,(i) 从侧入口流到所述间隙中,并流出侧出口,以及(ii) 从所述离子阻性元件下方流过所述离子阻性元件,流到所述间隙中,并流出所述侧出口,其中所述入口和出口被设计或配置成在电镀过程中在所述间隙中产生横流电解液;  
(d) 旋转所述衬底架;以及  
(e) 在使电解液如(c)中所述地流动时将材料电镀到所述衬底的所述镀覆面上。

[0020] 在一些实施方式中,在所述衬底的所述镀覆面和离子阻性元件平面之间测得的所述间隙是约15mm或更小。在所述衬底的所述镀覆面和所述突出部的最高表面之间的间隙可以在约0.5-4mm之间。在某些实施方式中,所述侧入口可被分隔成两或更多个方位不同且流体分离的部分,且电解液至所述入口的方位不同的部分中的流可被独立控制。在某些情况下,可在所述间隙中设置流导向元件。所述流导向元件可导致电解液以实质上线性的流路径从所述侧入口流到所述侧出口。

[0021] 在所公开的实施方式的另一方面,提供了一种用于电镀衬底的方法,该方法包括:  
(a) 将实质上平坦的衬底接收在衬底架上,其中所述衬底的镀覆面是暴露的,且其中所述衬底架被配置来保持所述衬底使得所述衬底的所述镀覆面在电镀过程中与所述阳极隔开;  
(b) 将所述衬底浸在电解液中,其中在所述衬底的所述镀覆面和离子阻性元件平面之间形成间隙,其中所述离子阻性元件与所述衬底的所述镀覆面是至少大约同延伸的,其中所述离子阻性元件适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移,以及其中所述离子阻性元件在所述离子阻性元件的面朝衬底的面上包括台阶,所述台阶设置在所述离子阻性元件的中央区域中且被所述离子阻性元件的非凸部分围绕;  
(c) 在与所述衬底架中的所述衬底接触的情况下使电解液按下述方式流动,(i) 从侧入口流过所述台阶,流到所述间隙中,再次流过所述台阶,并流出侧出口,以及(ii) 从所述离子阻性元件下方流过所述离子阻性元件,流到所述间隙中,流过所述台阶,并流出所述侧出口,其中所述入口和出口被设计或配置成在电镀过程中在所述间隙中产生交横流电解液;  
(d) 旋转所述衬底架;以及  
(e) 在使电解液如(c)中所述地流动时将材料电镀到所述衬底的所述镀覆面上。

[0022] 具体而言,本发明的一些方面可以阐述如下:

1. 一种电镀装置,其包括

(a) 电镀室,其被配置为含有电解液和阳极,同时将金属电镀到衬底上,所述衬底是实质上平坦的;

(b) 衬底架,其被配置来保持所述衬底使得所述衬底的镀覆面在电镀过程中与所述阳极隔开;

(c) 离子阻性元件,其包括:

(i) 多个通道,其延伸穿过所述离子阻性元件且适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移;

(ii) 面朝衬底的面,其与所述衬底的所述镀覆面实质上平行且通过间隙与所述衬底的所述镀覆面隔开,所述间隙形成所述离子阻性元件与所述衬底之间的横流歧管;以及

(iii) 台阶,其设置在所述离子阻性元件的所述面朝衬底的面,其中所述台阶具有高度和直径,其中所述台阶的所述直径与所述晶片的所述镀覆面是实质上同延伸的,且其中所述台阶的所述高度和直径足够小以允许电解液在镀覆过程中在所述衬底架下面、所述台阶上面流动并流到所述横流歧管中;

(d) 所述横流歧管的入口,其用于将电解液引入所述横流歧管;以及

(e) 所述横流歧管的出口,其用于接收在所述横流歧管中流动的电解液,

其中在电镀过程中,所述入口和出口适于在所述横流歧管中产生横流电解液以在所述衬底的所述镀覆面上产生或维持剪切力。

2. 如条款1所述的电镀装置,其中所述台阶的高度在约2-5mm之间。

3. 如条款2所述的电镀装置,其中所述横流歧管的高度在约1-4mm之间。

4. 如条款1所述的电镀装置,其中所述台阶的周缘包括过渡区域,在所述过渡区域所述台阶被圆化。

5. 如条款4所述的电镀装置,其中所述过渡区域具有约2-4mm的宽度。

6. 如条款1所述的电镀装置,其中所述台阶的所述直径为介于约2-10mm之间,其小于所述衬底架的内径。

7. 如条款1所述的电镀装置,其进一步包括流体连接到所述入口的横流注入歧管区域,其中在电镀期间,在电解液离开所述横流注入歧管区域之后在到达所述衬底的所述镀覆面之前流动约10-15mm之间的距离。

8. 如条款1所述的电镀装置,其中所述横流歧管具有约15mm或更小的高度。

9. 如条款1所述的电镀装置,其进一步包括设置在所述离子阻性元件的下表面下面的下歧管区域,其中所述下表面背对所述衬底架。

10. 如条款1所述的电镀装置,其进一步包括流体连接到所述入口的横流注入歧管,其中所述横流注入歧管至少部分地由所述离子阻性元件中的腔限定。

11. 如条款1所述的电镀装置,其进一步包括设置在所述离子阻性元件的周缘部分上的流约束环。

12. 一种用在电镀装置中将以材料镀覆在标准直径的半导体晶片上的带槽的离子阻性板,其包括:

与所述半导体晶片的镀覆面大致同延伸的板,其中所述板具有介于约2-25mm之间的厚度;

延伸穿过所述板的厚度的至少约1000个非连通的通孔,其中所述通孔适于在电镀过程中提供穿过所述板的离子迁移;以及

在所述板的中央区域中的台阶,其包括所述板的凸起部分;

所述板的非凸部分,其设置在所述板的周缘上。

13. 如条款12所述的带槽的离子阻性板,其中所述台阶的高度在约2-5mm之间。

14. 如条款12所述的带槽的离子阻性板,其进一步包括靠近所述台阶的周缘的过渡区

域,其中所述台阶在所述过渡区域的宽度上被圆化。

15. 如条款14所述的带槽的离子阻性板,其中所述过渡区域的宽度在约2-4mm之间。

16. 一种用于电镀衬底的方法,其包括:

(a) 将实质上平坦的衬底接收在衬底架上,其中所述衬底的镀覆面是暴露的,且其中所述衬底架被配置来保持所述衬底使得所述衬底的所述镀覆面在电镀过程中与阳极隔开;

(b) 将所述衬底浸在电解液中,其中在所述衬底的所述镀覆面和离子阻性元件之间形成横流歧管,

其中所述离子阻性元件与所述衬底的所述镀覆面至少大致同延伸,

其中所述离子阻性元件适于在电镀过程中提供穿过所述离子阻性元件的离子迁移,以及

其中所述离子阻性元件在所述离子阻性元件的面朝衬底的面上包括台阶,所述台阶设置在所述离子阻性元件的中央区域中且被所述离子阻性元件的非凸部分围绕;

(c) 在与所述衬底架中的所述衬底接触的情况下使电解液按下述方式流动,(i) 从侧入口流过所述台阶,流到所述横流歧管中,再次流过所述台阶,并流出侧出口,以及(ii) 从所述离子阻性元件下面流过所述离子阻性元件,流到所述横流歧管中,流过所述台阶,并流出所述侧出口,其中所述侧入口和侧出口被设计或配置来在电镀过程中在所述横流歧管中产生横流电解液;

(d) 旋转所述衬底架;以及

(e) 在使电解液如(c)中所述地流动时将材料电镀到所述衬底的所述镀覆面上。

17. 如条款16所述的方法,其中所述台阶具有在约2-5mm之间的高度,并且其中所述横流歧管的高度在约1-4mm之间。

18. 如条款16所述的方法,其中所述台阶的周缘包括过渡区域,在所述过渡区域所述台阶被圆化。

19. 如条款16所述的方法,其中电解液在离开所述横流注入歧管之后在到达所述衬底的所述镀覆面之前流动介于约10-15mm之间的距离,其中所述横流注入歧管流体连接到所述侧入口。

20. 如条款16所述的方法,其中在所述横流歧管中提供隔板,所述隔板被配置为将流动的电解液分成所述横流歧管内的相邻流,所述相邻流具有实质上线性的流动路径。

[0023] 下面将参考相关附图描述这些特征以及其它特征。

## 附图说明

[0024] 图1A示出了根据本发明的某些实施方式的其上具有突出部的集合的带槽的离子阻性板等距视图。

[0025] 图1B示出了用于电化学处理半导体晶片的衬底保持和定位装置的透视图。

[0026] 图1C示出了其包括锥体和杯体的衬底保持组件的一部分的横截面图。

[0027] 图1D示出了可用于实施本发明的实施方式的电镀槽的简化视图。

[0028] 图2示出了根据本发明公开的某些实施方式的典型地存在于阴极室中的电镀装置的各种部件的分解图。

[0029] 图3A示出了根据本发明的某些实施方式的横流侧入口和周边硬件的特写视图。

- [0030] 图3B示出了根据各种公开的实施方式的横流出口、CIRP歧管入口和周边硬件的特写视图。
- [0031] 图4示出了在图3A-B中所示的电镀装置的各个部分的横截面图。
- [0032] 图5示出了根据某些实施方式的分割成6个单独的段的横流注入歧管和喷头。
- [0033] 图6示出了根据本发明的一个实施方式的CIRP和相关联的硬件的、特别是聚焦于横流的入口侧的顶视图。
- [0034] 图7示出了根据各种公开的实施方式示出了横流歧管的入口和出口两侧的CIRP和相关的硬件的简化俯视图。
- [0035] 8A-B描绘了根据某些实施方式的横流入口区的设计。
- [0036] 图9显示了描绘某些相关的几何结构的横流入口区域。
- [0037] 图10A示出了使用了具有台阶的带槽的离子阻性板的横流入口区域。
- [0038] 图10B示出了具有台阶的带槽的离子阻性板的一个实施例。
- [0039] 图11示出了使用了具有一系列突出部的带槽的离子阻性板的横流入口区域。
- [0040] 图12示出了具有突出部的带槽的离子阻性板的特写视图。
- [0041] 图13和14表示根据某些实施方式的突出部的不同的形状和设计。
- [0042] 图15示出了具有两个不同类型的切口的突出部。
- [0043] 图16描绘了具有图15中所示的类型的突出部的带槽的离子阻性板。
- [0044] 图17描绘了具有在柱内被间隙分离的非连续突出部的带槽的离子阻性板的简化俯视图。
- [0045] 图18示出了具有突出部的带槽的离子阻性板的特写剖视图。
- [0046] 图19示出了带槽的离子阻性板的实施方式的简化俯视图,其中突出部是由多个分段制成。
- [0047] 图20给出了实验数据,其表明在带槽的离子阻性板的突出部可以通过实现凸起高度厚度的较小变化来促进更均匀的电镀。

## 具体实施方式

[0048] 在本申请中,术语“半导体晶片”、“晶片”、“衬底”、“晶片衬底”以及“部分制造的集成电路”可互换使用。本领域的普通技术人员应当理解的是,术语“部分制造的集成电路”可以指在其上制造集成电路的许多阶段中的任何阶段的硅晶片。下面的详细说明假设本发明在晶片上实现。通常情况下,半导体晶片的直径为200、300或450毫米。然而,本发明并不局限于此。工件可以是各种形状、尺寸和材料。除了半导体晶片外,其它可利用本发明的工件包括如印刷电路板等各种物件。

[0049] 在下面的描述中,许多具体细节被阐述以便提供对所提出的实施方式的彻底了解。所公开的实施方式可以在没有这些具体细节的部分或全部的前提下实施。在其他实例中,公知的处理操作未被详细描述,以避免不必要地模糊所公开的实施方式。尽管所公开的实施方式将结合具体的实施方式描述,但应当理解的是,这并不意味着限制所公开的实施方式。

[0050] 在下面的讨论中,当提及所公开的实施方式的顶部和底部特征(或类似的术语,例如上部和下部特征等)或者元件时,术语顶部和底部都只是基于方便而使用且仅代表本发

明的参照或实现的单个框架。其它配置是可能的,例如顶部和底部元件相对于重力倒置和/或顶部和底部部件成为左和右部件或右和左部件。本文描述了用于电镀一种或多种金属到衬底上的装置和方法。总体上描述了所述衬底是半导体晶片的实施方式,但本发明并不受限于此。

[0051] 所公开的实施方式包括被配置为在电镀期间控制电解液流体力学的装置和包含控制电解液流体力学的方法,通过该装置和方法控制电解液流体力学以获得高度一致的电镀层。在具体实现方式中,所公开的实施方式采用了创建撞击流(流导向工件表面或垂直于工件表面)和剪切流(有时也称为“横流”或具有平行于工件表面的速度的流)的组合的方法和装置。

[0052] 所公开的实施方式使用带槽的离子阻性板(CIRP),其提供了在晶片的镀覆面和CIRP的顶部之间的小通道(横流歧管)。该CIRP提供许多功能,其中有:1)允许离子电流从通常位于CIRP下面的阳极流动并流向晶片,2)允许流体向上流过CIRP并大致朝向晶片表面,和3)限制和抵制电解液流远离和流出横流歧管区域。在横流歧管区域的流是由CIRP中的通孔注入的流体以及来自横流注入歧管(通常位于CIRP上并在晶片的一侧)的流体组成。

[0053] 在本发明所公开的实施方式中,CIRP的顶面被修改,从而提高了在晶片的面上和电镀特性中的最大沉积率和电镀均匀性。在CIRP的顶面的修改可以采取台阶或突出部的集合的形式。图1A提供了其上具有突出部的集合151的CIRP 150的等距视图。这些CIRP修改将在下面更详细地讨论。

[0054] 在某些实施方式中,用于在横流歧管中施加横流的机构是具有例如在所述带槽的离子阻性元件的外周上或靠近所述带槽的离子阻性元件的外周的适当的流引导和分配装置的入口。该入口沿着带槽的离子阻性元件的面向衬底的表面引导横流阴极电解液。所述入口是方位角不对称的,部分地跟随带槽的离子阻性元件的周边。所述入口可以包括一个或多个间隙或腔,例如径向定位在带槽的离子阻性元件外侧的称为横流注入歧管的环形腔。可视情况提供与横流注入歧管协同工作的其他元件。这些元件可以包括横流注入流分布喷头、横流限制环以及导流鳍,在下文将结合附图对其进行进一步进行说明。

[0055] 在某些实施方式中,该装置被配置为使电解液能沿朝向或垂直于衬底镀覆面的方向流动,以在电镀过程中产生从带槽的离子阻性元件的孔排出的至少约3厘米/秒的平均流速(例如,至少约5厘米/秒或至少约10厘米/秒)。在某些实施方式中,所述装置被配置为:在产生跨越衬底的镀覆面的中心点的约3厘米/秒或更大(例如,约5厘米/秒或更大、约10厘米/秒或更大、约15厘米/秒或更大,或约20厘米/秒或更大)的平均横向电解液流速的条件下运行。在采用约20升/分钟的总电解液流率和约12英寸直径的衬底的电镀槽中,这些流率(即,排出离子阻性元件的孔的流率和穿过衬底的镀覆面的流率)在某些实施方式中是适当的。本发明的实施方式可以采用各种衬底尺寸实施。在某些情况下,衬底具有约200毫米、约300毫米或约450毫米的直径。此外,本发明的实施方式可在各种各样的总流率下实施。在某些实现方式中,总电解液流率为在约1-60升/分钟之间、在约6-60升/分钟之间、在约5-25升/分钟之间或在约15-25升/分钟之间。电镀过程中所实现的流率可以由某些硬件约束,如所使用的泵的大小和容量来限制。本领域技术人员应当理解,当用较大的泵实施所公开的技术方案时,本发明所引用的流率可能更高。

[0056] 在一些实施方式中,该电镀装置包括分离的阳极室和阴极室,其中在两个腔室的

每一个中有不同的电解液组分、电解液循环回路和/或流体力学。可采用离子渗透膜抑制腔室之间的一个或多个部件的直接对流传输(物质的流动运动),并保持在腔室之间的所期望的分离。该膜可以阻挡大量的电解液流和排除如有机添加剂之类的某些种类的运输,同时有选择地允许如仅阳离子(阳离子交换膜)或仅阴离子(阴离子交换膜)之类的离子的运输。作为在一些实施方式中的具体实施例,所述膜包括来自特拉华州威尔明顿的杜邦公司(DuPont of Wilmington, Delaware)的阳离子交换膜NAFION™或相关的离子选择性聚合物。在其他情况下,该膜没有包含离子交换材料,而是包含微多孔材料。通常,在阴极室中的电解液被称为“阴极电解液”,并且在阳极室中的电解液被称为“阳极电解液”。通常情况下,阳极电解液和阴极电解液具有不同的组分,阳极电解液含有很少或没有电镀添加剂(例如,促进剂、抑制剂和/或调平剂),而阴极电解液含有大浓度的这种添加剂。金属离子和酸的浓度在两个室之间也常常不同。含有分离的阳极室的电镀装置的例子在2000年11月3日提交的美国专利No. 6527920[代理机构案卷号NOVLP007]、2002年8月27日提交的美国专利No. 6821407[代理机构案卷号NOVLP048]和2009年12月17日提交的美国专利No. 8262871[代理机构案卷号NOVLP308]中有描述,其中每一个通过引用并入本文。

[0057] 在一些实施方式中,膜不需要包括离子交换材料。在一些实施例中,该膜是由诸如聚醚砜之类的微多孔性材料制成,聚醚砜由马萨诸塞州威尔明顿(Wilmington, Massachusetts)的Koch Membrane生产。这种类型的膜最明显地适用于惰性阳极应用,如锡-银镀和金镀,但这种类型的膜也可以用于可溶性阳极应用,如镍镀。

[0058] 在某些实施方式中,并如本文其他地方所更全面地描述的,阴极电解液可流过电镀槽内的两个主要通道中的一个。在第一通道中,阴极电解液被送入位于CIRP下面且通常(但不一定)位于槽膜和/或膜框架保持器上方的歧管区域,以下称为“CIRP歧管区域”。阴极电解液从CIRP歧管区域向上穿过在CIRP的各种孔,进入CIRP,到达衬底的间隙(通常被称为横流区域或横流歧管区域),沿朝向晶片表面的方向流动。在第二横流电解液的进给通道中,阴极电解液从横流注入歧管区域的一侧进给并进入该横流注入歧管区域。该阴极电解液从横流注入歧管流入CIRP,到达衬底的间隙(即,横流歧管),在这里其沿大致平行于衬底表面的方向流到衬底的表面上。

[0059] 虽然在此描述的某些方面可以用在各种类型的电镀装置中,但为了简单和清楚起见,大多数实施例将涉及晶片面朝下的“喷泉”电镀设备中。在这样的装置中,待镀工件(在本发明所提供的实施例中通常为半导体晶片)一般具有基本水平的方向(在某些情况下,对于电镀过程的一部分或者在整个电镀过程中,该水平方向可以相对于真水平变化一些角度),并可以被通电以在电镀过程中旋转,产生大致垂直向上的电解液对流模式。从晶片的中心至边缘的撞击流物质以及旋转的晶片在其边缘处相对于其中心的固有的更高的角速度的整合产生径向增大的切向(平行晶片)流速。喷泉电镀类的槽/装置的成员的一个例子是由Novellus Systems, Inc. of San Jose, CA. 生产并可从其获得的Sabre® Electroplating System。此外,喷泉电镀系统在例如2001年8月10日提交的美国专利No. 6800187[代理机构案卷号NOVLP020]和2008年11月7日提交的美国专利No. 8308931[代理机构案卷号NOVLP299]中有描述,通过引用将其全部并入本发明。

[0060] 待电镀的衬底通常是平坦的或基本上平坦的。正如这里使用的,具有沟、通孔、光致抗蚀剂图案等特征的衬底被认为是基本上平坦的。虽然不一定总是如此,但通常这些特

性是在微观尺度上的。在许多实施方式中,衬底表面中的一个或多个部分可被遮蔽以免暴露于电解液。

[0061] 以下图1B的描述提供了通常的非限制的背景以帮助理解本文所述的装置和方法。图1B提供了用于电化学处理半导体晶片的晶片夹持和定位装置100的透视图。装置100包括晶片啮合部件(有时在本文中称为“蛤壳”部件)。实际的蛤壳包括杯体102和锥体103,其使得压力能被施加在晶片和密封件之间,从而保证晶片在杯体中。

[0062] 杯体102由支柱104支撑,支柱104连接到顶板105。这个集中组件101的组件(102-105)的经由轴106由马达107驱动。马达107被连接到安装支架109。轴106传达扭矩到晶片(图中未示出)以允许其在电镀期间旋转。轴106内的气缸(未显示)也提供杯体和锥体103之间的垂直力以产生在杯体内的晶片和密封构件(唇形密封件)之间的密封。为了讨论的目的,包括部件102-109的组件被统称为晶片架111。然而注意,“晶片架”的概念通常延伸到啮合晶片并允许其运动和定位的部件的各种组合和子组合。

[0063] 倾斜组件包括第一板115,第一板115可滑动地连接到第二板117,倾斜组件被连接到安装支架109。驱动缸113在枢接点119和121分别连接到板115和板117。因此,驱动缸113提供力用于使滑动板115(并因此晶片架111)穿过板117。晶片架111(即安装支架109)的末端沿限定在板115和117之间的接触区域的弧形路径(未示出)移动,并因此,晶片架111的近端(即杯体和锥体组件)在有效的枢轴上倾斜。这允许晶片有角度地进入到电镀浴。

[0064] 整个装置100经由另一个致动器被垂直向上抬升或垂直降下以将晶片架111的近端浸入镀覆溶液(未示出)。因此,双组件定位机构为晶片提供沿垂直于电解液的轨迹的垂直运动和允许从水平方向(平行于电解液表面)偏移的倾斜运动(成角度的晶片浸没能力)。装置100的运动能力和相关联的硬件在2001年5月31日提交和2003年4月22公布的US专利6,551,487[代理人案号NOVLP022]有更详细描述,其全部内容在此通过引用并入本文。

[0065] 注意,装置100通常与具有电镀室的特别的电解槽一起使用,该电镀室容纳阳极(例如,铜阳极或非金属惰性阳极)和电解液。电镀槽也可包括管道或管道连接件用于循环电解液通过电解槽-以及针对被镀工件。它也可以包括膜或设计用来在阳极室和阴极室内保持不同的电解液化学物的分隔件。通过物理手段转移阳极电解液到阴极电解液或主镀浴(例如包括阀的直接泵送,或者溢流槽)的装置也可以任选被提供。

[0066] 下面的描述提供了蛤壳的杯体和锥体组件的更多细节。图1C组件100的部分101,其包括以横截面形式的锥体103和杯体102。注意,该附图不是杯体和锥体组件的真实描绘,而是为了讨论目的的风格化的描绘。杯体102经由支柱104通过顶板105支撑,支柱104经由螺丝108连接。一般来说,杯体102提供搁置晶片145的支撑。它包括开口,通过该开口来自电镀槽的电解液可以接触晶片。注意,晶片145具有正面142,电镀发生在正面142。晶片145的外周搁置在杯体102上。锥体103向下压在晶片的背侧以在电镀过程中保持其在适当位置。

[0067] 要加载晶片进入101,锥体103从其描述位置通过主轴106抬起,直到锥体103触碰顶板105。从这个位置上,在杯体和锥体之间产生间隙,晶片145可以插入该间隙,并因此装载入杯体中。如所描绘的,然后锥体103被降低以啮合抵靠杯体102外周的晶片,并配合成组的电触点(在图1C中未示出)沿着晶片外周径向超出唇形密封件143。在带槽的离子阻性板(CIRP)上使用步骤或一系列的突出部的实施方式中,晶片可不同地插入,以避免晶片或晶片架与CIRP接触。在这种情况下,晶片架可最初以相对于电解液表面呈角度地插入晶片。

接着,晶片架可旋转晶片使得其在水平位置。当晶片旋转时,它可以继续向下行进到电解液中,只要CIRP不受干扰。晶片插入的最后部分可以包括垂直向下插入晶片。当晶片在其水平方向时(即,晶片没有倾斜之后),这种垂直向下运动可以完成。

[0068] 轴106传送用于造成锥体103啮合晶片145的垂直力和用于旋转组件101的扭矩两者。这些传送力如图1C中的箭头所示。注意,晶片电镀通常在晶片被旋转(如在图1C的顶部的虚线所示)时发生。

[0069] 杯体102具有可压缩的唇形密封件143,当锥体103啮合晶片145时,唇形密封件143形成流体密封。来自锥体和晶片的垂直力压缩唇形密封件143,以形成流体密封。唇形密封件防止电解液接触晶片145的背部(在这里可能引入污染物质,如铜或锡离子直接进入硅)并预防接触装置101的灵敏部件。在杯体的界面和晶片之间还可存在密封件,其形成流体密封的密封件以进一步保护晶片145的背部(未显示)。

[0070] 锥体103还包括密封件149。如图所示,密封件149在锥体的边缘103和杯的上部区域啮合时位于该边缘附近。这也保护晶片145的背部免受可能从杯体上方进入壳的任何电解液。密封件149可以被固定到锥体或杯体,并且可以是单个密封件或多部件的密封件。

[0071] 当电镀开始时,锥体103被抬升在杯体102上方且晶片145被引入组件102。当晶片被最初引入杯体102时-通常通过机械臂-其正面142轻轻搁置在唇形密封件143上。在电镀期间,组件101旋转,从而帮助实现均匀的电镀。在随后的附图中,以更简单的形式描绘了组件101以及关于用于在镀覆过程中控制在晶片镀表面142上的电解液的流体动力学的部件。

[0072] 图1D描绘了用于电镀金属到晶片上的电镀装置725的横截面视图,该晶片通过晶片架101夹持、定位和旋转。装置725包括镀槽155,镀槽155为具有阳极室的双腔槽,阳极室具有例如铜阳极160和阳极电解液。阳极室和阴极室被分隔,例如,被由支承构件735支撑的阳离子膜740分隔。如本文所述,镀装置725包括CIRP 410。分流器325在CIRP 410的顶部,并且如本文所述帮助产生横向剪切流。阴极电解液经由流端口710引入阴极室(膜740上方)。如本文所述,阴极电解液从流端口710,通过CIRP410,并产生冲击流到晶片145的镀覆面。除了阴极电解液的流端口710,另外的流端口710a还将阴极电解液在远端位置处其出口引到分流器325的空隙/出口。在这个例子中,流动端口710a的出口形成为流成形板410的通道。功能性的结果是阴极电解液流直接引入到在CIRP 410和晶片镀覆面145之间形成的电镀区域,以便提高横穿晶片表面的横向流,从而使得横穿晶片145(和流板410)的流向量规范化。

[0073] 提供大量的附图以进一步说明和解释本文所公开的实施方式。附图包括,除其他事项外,与本发明所公开的电镀装置相关联的结构元件和流动路径的各个附图。这些元件被给定某些名称/参考数字,其在图2到19的描绘中一致地使用。图2引入在某些实施方式中介绍的某些元件,其包括晶片架254、横流约束环210、横流环垫片238、具有横流喷头242的带槽的离子阻性(CIRP)板206、以及具有流体调节棒274的膜框架274。在图2中,以分解图提供这些元件来演示这些部分是如何结合在一起的。

[0074] 在大多数情况下,下面的实施方式假设该电镀装置包括单独的阳极室。所描述的特征被包含在阴极室中。关于图3A、图3B和图4,在阴极室的底部表面包括膜框架274和膜202(因为它是非常薄的,该膜实际上没有在图中示出,但它的位置202被示为位于膜框274的下表面上),膜202其将阳极室与阴极室分隔。任何数量的可能的阳极和阳极室的配置都可以使用。

[0075] 许多在下文描述中的重点是控制横流歧管或歧管区域226中的阴极电解液。此横流歧管区域226也可以被称为间隙或CIRP到晶片间隙226。阴极电解液通过以下两个独立的入口点进入横流歧管226：(1) 在带槽的离子阻性板206中的通道和(2) 横流启动结构250。到达横流歧管226的阴极电解液经由在CIRP 206中的通道直接朝向工件的表面引导，通常是沿基本上垂直的方向引导。这种输送阴极电解液的通道可形成冲击工件的表面的小的射流，该工件通常相对于带通道的板206缓慢转动(例如，介于约1至30rpm之间)。相反，到达横流歧管226中的阴极电解液经由横流启动结构250基本上平行于工件的表面导向。

[0076] 正如在上面的讨论中，在电镀过程中，带槽的离子阻性板206(有时也被称为带槽的离子阻性元件，CIRP，高电阻虚拟(virtual)阳极，或HRVA)定位在所述工作电极(晶片或衬底)和相对的电极(阳极)之间，以便在相对接近晶片界面表现出大的本地化离子系统电阻(并由此控制电场和塑造电场形状)，并且控制电解液的流动特性。本文中各附图显示了带槽的离子阻性板206相对于所公开的装置的其他结构特征的相对位置。这样的离子阻性元件206的一个例子在2008年11月7日提交的美国专利号8,308,931[代理人案卷NOVLP299]有描述，其之前通过引用将其整体并入本文中描述。其中所描述的带槽的离子阻性板适合改善晶片表面，如那些含相对低的电导率或那些含有非常薄的电阻性籽晶层上的电镀径向均匀性。在许多实施方式中，带槽的离子阻性板适于包括如上所述和下面进一步描述的台阶或一系列的突出部。

[0077] “膜框架”274(在其他文件中有时被称作阳极膜框架)是在某些实施方式中采用的结构元件，以支撑将阴极室与阳极室分隔开的膜202。它可以具有相关于本文所公开的某些实施方案中的其他特征。尤其是，参照附图的实施方式，它可以包括流动通道258和262用于将阴极电解液输送到CIRP歧管208或横流歧管226中。另外，膜框架274可以包括被配置为输送横流的阴极电解液至横流歧管226的喷头板242。膜框架274还可以含有槽堰壁282，其用于确定和调节电解液的最上部的水平。本文中各附图在与所公开的横流装置相关联的其它结构特征的上下文中描绘了膜框架274。

[0078] 膜框架274是用于夹持膜202的刚性结构部件，其通常是负责将阳极室与阴极室隔开的离子交换膜。如所解释的，阳极室可容纳第一组分的电解液，而阴极室容纳第二组分的电解液。膜框架274还可以包括多个流体调节杆270(有时被称为流量约束元件)，其可以被用来帮助控制流体输送到带槽的离子阻性元件206。膜框架274限定阴极室的最底层部分和阳极室的最上层部分。所描述的部件都位于电化学电镀槽的工件侧在阳极室和阳极室膜202上方。它们都可以被看作是阴极室的一部分。然而，应当理解的是，横流注入装置的某些实施方式不采用分离的阳极室，并且因此膜框架274不是必需的。

[0079] 通常位于所述工件和所述膜框架274之间的是带槽的离子阻性板206、以及横流环垫片238和晶片横流限制环210，其每一个可以被固定到带槽的离子阻性板206。更具体地，横流环垫片238可以直接定位在CIRP 206的顶上，并且晶片横流限制环210可以被定位在横流环垫片238上方并固定到带槽的离子阻性板206的顶表面，有效地夹着垫片238。本文中的各个附图显示了相对于带槽的离子阻性板206布置的横流约束环210。另外，CIRP206可包括下面进一步描述的台阶或一系列的突出部。

[0080] 如图2所示，本发明的最上相关的结构特征是工件或晶片架。在某些实施方案中，所述工件架可以是杯体254，其通常在锥体和杯形蛤壳式设计中使用，如体现为从朗姆

(Lam) 研究公司获得的上述 Sabre® 电镀工具。例如,图2、图8A和图8B显示出杯体254相对于所述装置的其它元件的相对定位。

[0081] 图3A显示了根据本文中公开的实施例的电镀装置的横流入口侧(cross flow inlet side)的近距离剖视图。图3B显示了根据本文中公开的实施例的电镀装置的横流出口侧(cross flow outlet side)的近距离剖视图。图4显示了根据本文中的某些实施例的、显示了入口侧和出口侧的电镀装置的剖视图。在电镀过程中,阴极电解液填充并占据了在膜框架274上的膜202的上部和膜框架堰壁(weir wall) 282之间的区域。该阴极电解液区域可被细分成三个子区域:1) 位于CIRP206下方和(对于采用了阳极室阳极膜的设计) 隔开的阳极室的阳离子膜202上方的带槽的离子阻性板歧管区域208(该部件有时也被称为下歧管区域),2) 在晶片和CIRP206的上表面之间的横流歧管区域226,以及3) 在翻盖/杯体254外侧且在槽堰壁(cell weir wall) 282内侧的上槽区域或者“电解液保持区域”(其有时是膜框架274的实体部分(physical part))。当没有浸入该晶片并且翻盖/杯体254不在下部位置时,该第二区域和第三区域结合成单个区域。

[0082] 图3B显示了连通CIRP歧管208和通道262的单个入口孔的剖视图。虚线表示流体流的路径。

[0083] 阴极电解液可在中央阴极电解液入口歧管(未显示)处被传输至电镀槽,该阴极电解液可以位于该槽的底部并由单个管道进给。从这儿,该阴极电解液可被分成两个不同的流动路径或流。一个流(例如12个进给孔中的6个)使阴极电解液通过通道262流入CIRP歧管区域208。在该阴极电解液被传输到CIRP歧管208之后,该阴极电解液通过CIRP内的微通道向上流入横流歧管226。另一个流(例如,另外6个进给孔)使阴极电解液流入横流注入歧管,从这儿,该电解液流动通过横流喷头242的分配孔246(在某些实施例中,该分配孔的数量可超过100个)。在离开该横流喷头孔246之后,该阴极电解液的流向从(a)垂直于晶片改变为(b)平行于晶片。该流向改变在该流冲击横流限制环210入口腔250的表面时发生,并且该流向受到该流冲击横流限制环210入口腔250的表面的限制。最后,在进入横流歧管区226时,这两股阴极电解液流(最初在中央阴极电解液入口歧管内的槽的底部是分离的)聚合在一起。

[0084] 在图3A、3B和4所示的实施方式中,进入阴极室的一部分阴极电解液被直接提供至带槽的离子阻性板歧管208,并且一部分被直接提供至横流注入歧管222。被传输至带槽的离子阻性板歧管208的阴极电解液的至少一部分(经常但不是总是)穿过板206内的多个微通道并到达横流歧管226。通过带槽的离子阻性板206内的通道进入横流歧管226的阴极电解液沿着基本上垂直定向的喷口(在一些实施例中,该通道被制成具有一定的角度,因此它们不是完全垂直于晶片的表面,例如,该喷口相对于晶片表面的法线的角度可以达到约45度)进入该横流歧管。进入横流注入歧管222的该部分阴极电解液被直接传输至横流歧管226,在这里,该部分阴极电解液以位于晶片下方的水平定向的横流进入。在去横流歧管226的途中,该横流的阴极电解液通过横流注入歧管222和横流喷头板242(在特定的实施例中,该横流喷头板包括约139个直径为约0.048英寸的分配孔246),然后通过横流限制环210的入口腔250的作用/几何机构从垂直向上的流改变为平行于晶片表面的流。

[0085] 横流和喷口的绝对角度不需要完全是水平的或完全是垂直的或者相互间被定向成正好是90度。但是,总的来说,横流歧管226内的阴极电解液的横流一般是沿着工件表面

的方向,源自微带槽的离子阻性板206的上表面的阴极电解液喷流的方向通常朝上/垂直于工件的表面。横流和冲击流在晶片表面的混合有助于促进更均匀的电镀效果。在某些实施例中,使用突出部来阻碍横流动的阴极电解液,以使得其在朝晶片表面的方向上改变方向。

[0086] 如上所述,进入阴极室的阴极电解液被分成(i)从带槽的离子阻性板歧管208流动通过CIRP206内的通道、然后进入横流歧管226的阴极电解液和(ii)通过喷头242内的孔246流入横流注入歧管222、然后进入横流歧管226的阴极电解液。从横流注入歧管区域222直接进入的流可经由横流限制环入口(有时被称为横流侧向入口250)进入,并且可从槽的一侧平行于晶片散开。相比之下,经由CIRP206的微通道进入横流歧管区域226的流体射流从晶片和横流226的下方进入,并且该喷射的流体在横流歧管226内被转向(重新定向)以平行于晶片并朝向横流限制环出口234(有时也被称为横流出口或者出口)流动。

[0087] 在具体的实施方式中,具有六个用于直接传输阴极电解液至横流注入歧管222(在此处,阴极电解液然后被传输至横流歧管226)的独立的进给通道258。为了影响在横流歧管226中的横流,这些通道258以呈方位角的非均匀的方式伸入(exit into)横流歧管226。具体地,这些通道在横流歧管226的特定侧或者方位角区域(azimuthal region)进入该横流歧管226。

[0088] 在图3A所示的具体实施方式中,用于直接将阴极电解液传输至横流注入歧管222的流体路径258在到达该横流注入歧管222之前穿过四个独立的元件:(1)在槽的阳极室壁中的专用通道,(2)在膜框架274中的专用通道,(3)在带槽的离子阻性板206中的专用通道(这些专用通道与用于将阴极电解液从CIRP歧管208传输至横流歧管226的1-D微通道不同),以及最后(4)在晶片横流限制环210中的流体路径。当这些元件被不同地构造时,该阴极电解液可以不必流过这些独立的元件中的每一个。

[0089] 如上文所述,流动路径的穿过膜框架274并且进给横流注入歧管222的部分被称为膜框架中的横流进给通道258。相似地,该流动路径的穿过膜框架274并且进给CIRP歧管的部分被称为进给带槽的离子阻性板歧管208的横流进给通道262,或者CIRP歧管进给通道262。也就是说,术语“横流进给通道”包括进给横流注入歧管222的阴极电解液进给通道258和进给CIRP歧管208的阴极电解液进给通道262。这些流258和262之间的一个区别在上文已经描述:穿过CIRP206的流的方向最初是朝向晶片的,然后由于晶片的存在以及在横流歧管中的横流而改变成与晶片平行,而来自横流注入歧管222并且通过横流限制环入口250输出的横流部分在横流歧管中基本上平行于晶片开始。不希望局限于任何的模型或者理论,冲击和平行流的该结合和混合被认为能够实质上有助于改善凹入的/嵌入式的特征内流的渗透度(flow penetration),从而改善质量的传递。在CIRP表面包含的一系列的突出部能够进一步提高这种混合。通过在晶片下方创造空间上均匀的对流场并且旋转晶片,每个特征、每个管芯在该旋转和电镀过程中展现了几乎相同的流模式(flow pattern)。

[0090] 在穿过板206内的横流进给通道258时,用于传输横流动的阴极电解液的流动路径是以垂直向上的方向开始的。然后,该流动路径进入形成在带槽的离子阻性板206的体内的横流注入歧管222。该横流注入歧管222是方位角的腔,该腔可以是在板206内的、能够将流体从多个独立的进给通道258(例如,来自6个独立的横流进给通道中的每一个)分配至横流喷头板242的多个流分配孔246的挖出通道(dug out channel)。该横流注入歧管222沿着带槽的离子阻性板206的外周或边缘区域的斜剖面(angular section)定位。例如参见图3A和

图4-6。附图3A和图4在上文已介绍。图5显示了位于横流注入歧管222上方的喷头板242。图6在具有电镀装置的其它元件的情况下,相似地显示了横流注入歧管222上方的喷头板242。

[0091] 在一些实施方式中,如图5和图6所示,横流注入歧管222在跨越该板的周长区域的约 $90^{\circ}$ - $180^{\circ}$ 的角度上形成C形结构。在一些实施方式中,该横流注入歧管222的角度范围是约 $120^{\circ}$ - $170^{\circ}$ ,在更具体的实施方式中,该角度约为约 $140^{\circ}$ - $150^{\circ}$ 。在这些或其它实施方式中,该横流注入歧管222的角度范围为至少约 $90^{\circ}$ 。在许多实施方式中,该喷头242大约跨越与该横流注入歧管222相同的角度范围。另外,整个入口结构250(在很多情况中,其包括一个或多个横流注入歧管222、喷头板242、喷头孔246和在横流限制环210内的开口)可跨越这些相同的角度范围。

[0092] 在一些实施方式中,在注入歧管222中的横流在带槽的离子阻性板206(channeled ionically resistive plate)内形成连续流体连接的腔。在这种情况下,向横流注入歧管供料的所有横流进给通道258排入一个连续的连接横流注入歧管腔室。在其它实施方式中,横流注入歧管222和/或横流喷头242分成两个或两个以上的角度不同的且完全或部分分离的段,如图5中所示(其示出6个分离的段)。在一些实施方式中,成角度地分离的段的数量在约1-12个之间,或在约4-6个之间。在一具体实施方式中,每一个角度不同的段流体连接至设置在带槽的离子阻性板206中的分离的横流进给通道258。因此,例如,在横流注入歧管222内可能有6个角度不同的分离的子区域,每一个子区域通过分离的横流进给通道258进给。在一些实施例中,横流注入歧管222的每一个不同的子区域具有相同的容积和/或相同的角范围。

[0093] 在多种情况下,阴极电解液从横流注入歧管222排出并通过具有多个成角度地分离的阴极电解液出口(孔)246的横流喷头板242。参见例如图2、3A和6(在所有图中未示出阴极电解液出口/孔246)。在一些实施例中,例如如图6中所示,横流喷头板242被集成到带槽的离子阻性板206中。在一些实施例中,所述喷头板242通过胶粘贴、通过螺栓或其它方式固定至带槽的离子阻性板206的横流注入歧管222的顶部。在一些实施例中,横流喷头242的顶表面与带槽的离子阻性板206(不包括所述CIRP 206上的任何台阶或突出部)的平面或顶表面高度相同,或者略高于该带槽的离子阻性板206(不包括所述CIRP206上的任何台阶或突出部)的平面或顶表面。如此,流经横流注入歧管222的阴极电解液可开始垂直向上流过所述喷头孔246,然后横向流经横流约束环210下方并流入横流歧管226,以至于阴极电解液沿着基本上平行于晶片表面的方向进入横流歧管226。在其它实施方式中,可定向喷头242使得从喷头孔246排出的阴极电解液在平行于晶片的方向上流动。

[0094] 在一具体实施方式中,横流喷头242具有约140个成角度地分离的阴极电解液出口孔246。一般而言,可采用在横流歧管226内合理建立均匀横流的任意数量的孔。在一些实施方式中,在横流喷头242中有约50-300个这样的阴极电解液出口孔246。在一些实施方式中,存在有约100-200个这样的孔。在一些实施方式中,存在有约120-160个这样的孔。通常,各个出口或孔246的尺寸在直径方面可以为约0.020-0.10英寸,更特别地,为约0.03-0.06英寸。

[0095] 在一些实施方式中,以等角度方式(即通过在所述槽中心与两个相邻孔之间的固定角度确定各孔246之间的间距)沿着横流喷头242的整个角度范围设置这些孔246。在其它实施方式中,以非等角度方式沿着所述角度范围分布孔246。然而,在一些实施方式中,所述

非等角度的孔分布是线性(“x轴方向”)均匀分布。换句话说,在后一种情况下,所述孔分布是这样的情况:如果所述孔被投影到垂直于横流方向的轴(该轴在“x”方向上),则所述孔以相等的较远的距离间隔分布。每一个孔246被设置在距室中心相同径向距离处,并沿着“x”轴方向与相邻的孔间隔相同的距离。具有这些非等角度孔246的净效应是整体横流模式更为均匀。相比之下,当以等角度方式间隔孔时,由于边缘区域将具有比均匀横流所需的孔更多的孔,因此在衬底中心部分上方的横流将低于在边缘区域上方的横流。

[0096] 在一些实施方式中,从横流喷头242排出的阴极电解液的方向进一步由晶片横流约束环210控制。在一些实施方式中,该环210在带槽的离子阻性板206的整个圆周上方延伸。在一些实施方式中,如图3A、3B和4所示,横流约束环210的横截面为L-形。该形状可被挑选以匹配衬底架/杯体254的底表面。在一些实施方式中,晶片横流约束环210包括一系列诸如定向鳍片266之类的流导向元件,该流导向元件与横流喷头242的出口孔246流体连通。在图7中清楚示出该鳍片266,还可参见图3A和4。定向鳍片266在晶片横流约束环210的上表面下方以及在相邻的定向鳍片266之间限定在很大程度上分离的流体通道。在一些情况下,鳍片266的目的在于重定向并约束从横流喷头孔246排出的流,使该流从原本径向向内方向转换成“从左向右”的流动轨迹(左边是横流入口侧250,右边是出口侧234)。这有助于建立基本上线性的横流模式。定向鳍片266使从横流喷头242的孔246排出的阴极电解液沿着由定向鳍片266的定向所产生的流体流线定向。在一些实施方式中,晶片横流约束环210的所有定向鳍片266彼此平行。这种平行的设置有助于在横流歧管226内建立一致的横流方向。在各种实施方式中,沿着横流歧管226的入口侧250和出口侧234二者设置晶片横流约束环210的定向鳍片266。在其它情况下,可仅沿着横流歧管226的入口区250设置鳍片266。

[0097] 如图3B和4所示,在横流歧管226中流动的阴极电解液从晶片横流约束环210的入口区250流到该环210的出口侧234。在一些实施方式中,在出口侧234有多个可与在入口侧上的定向鳍片266平行或者对齐的定向鳍片266。横流通过由出口侧234上的定向鳍片266建立的通道,然后流出横流歧管226。随后所述流通常径向向外地流入阴极室的另一区域并且流过晶片架254和横流约束环210,同时流体被所述膜架的上堰壁282截留并暂时储存,随后所述流体流过堰壁282以收集和再循环。因此,应理解的是,这些图(例如图3A、3B和4)仅示出阴极电解液进入横流歧管并从其中流出的整个路径的部分路径。需注意的是,例如在图3B和4中描绘的实施方式中,从横流歧管226排出的流体不会流过小孔或者穿过与入口侧上的进给通道258类似的通道流回,而是沿着通常平行于晶片的方形向外流动,原因在于其会被蓄积在前述的蓄积区域。

[0098] 回到图6的实施方式,图6示出俯视横流歧管226的俯视图。该图描绘了在带槽的离子阻性板206内的嵌入式横流注入歧管222以及喷头242的位置。尽管没有示出喷头242上的出口孔246,应理解的是存在有这样的出口孔。还示出了用于横流注入歧管的流体调节杆270。虽然在该图中未设置有横流约束环210,但是示出了横流约束环密封垫238的轮廓,该横流约束环密封垫238在横流约束环210和CIRP 206的上表面之间进行密封。在图6中示出的其它元件包括横流约束环紧固件218、膜架274以及在CIRP206的阳极侧上的螺丝孔278(其可用于例如阴极屏蔽插入件)。

[0099] 在一些实施方式中,为了进一步优化横流模式,可调节横流约束环出口234的几何形状。例如,可通过减少横流约束环出口234的外部区域中的开放区域来更正横流模式偏离

到约束环210的边缘的情况。在一些实施方式中,出口歧管234可包括分离的段或口,很像横流注入歧管222。在一些实施方式中,出口段的数量在约1-12个之间,或在约4-6个之间。所述口被方位分隔,沿着出口歧管占据不同的(通常相邻的)位置。在一些情况下,可独立控制通过每一个口的相对流率。可通过例如与在与入口流体相关的描述中描述的控制杆类似的控制杆270来实现该控制。在另一实施方式中,可由出口歧管的几何形状控制通过所述出口的不同段的流体。举例来说,在每一侧边缘附近具有较少开放区域而在中心附近具有较多开放区域的出口歧管可产生溶液流体模式,即在上述出口中心附近存在有较多流体,而在所述出口边缘附近存在有较少流体。还可采用其它方法控制通过出口歧管234中的口的相对流率(例如泵、工艺控制阀等)。

[0100] 如前所述,通过多个通道258和262将进入阴极电解液室的大量阴极电解液分离地引导至横流注入歧管222和带槽的离子阻性板歧管208中。在一些实施方式中,通过这些单个通道258和262的流体彼此独立地经由适当的机构控制。在一些实施方式中,该机构包括用于将流体输送如所述单个通道的独立的泵。在其它实施方式中,单级泵用于向主要的阴极电解液歧管进料,并可在一个或一个以上的通道内和/或沿着所述槽的角状边缘配置各种可调节的流量限制元件,以调节所述各通道258和262之间以及横流注入歧管222与CIRP歧管208区域之间的相对流率。在这些图中描绘的多种实施方式中,在提供独立控制的通道内设置一个或一个以上的流体调节杆270(有时也称为流体控制元件)。在描绘的实施方式中,该流体调节杆270提供环形室,在阴极电解液流向横流注入歧管222或带槽的离子阻性板歧管208期间,阴极电解液在该环形室中被压缩。在完全缩回状态时,流体调节杆270对流体基本上没有提供阻力。在完全使用状态时,流体调节杆270对流体提供最大的阻力,并且在一些实施方式中,阻止所有流体通过通道。在中间状态或位置时,在流体流过在通道的内径和流体调节杆的外径之间的受限制的环形室时,杆270允许中等水平的流体压缩。

[0101] 在一些实施方式中,流体调节杆270的调节使得电解槽的执行机构或控制器促进流体流向横流注入歧管222或流向带槽的离子阻性板歧管208。在一些实施方式中,在将阴极电解液直接输送至横流注入歧管222的通道258中,流体调节杆270的独立调节使得该执行机构或控制器能够控制流体流入横流歧管226的方位分量。

[0102] 图8A至图8B示出相对于电镀杯体254的横流注入歧管222和相应的横流入口250的横截面视图。横流入口250的位置至少部分地通过横流约束环210的位置来限定。具体地说,入口250可以被认为是在所述横流约束环210终止的地方开始。在图8A中,约束环210终止点(和入口250开始点)处于在晶片边缘之下,而在图8B中,终止/开始点处于电镀杯体之下并且从晶片边缘进一步径向向外(与图8A中的设计相比)。此外,图8A中的横流注入歧管222在横流环形腔中具有台阶(其中通常向左的箭头开始向上升),所述台阶可能在流体进入横流歧管区226的点附近形成一些涡流。在某些情况下,可能有利的是,通过提供一些距离(例如大约10-15毫米)以使溶液流在流过晶片表面之前变得更加均匀,从而使晶片边缘附近的流体轨迹扩张最小化并且允许电镀溶液从横流注入歧管区222过渡并进入所述横流注入歧管区226。

[0103] 图9提供了电镀设备的入口部分的特写视图。该视图用于示出某些元件的相对几何结构。距离(a)表示横流歧管区226的高度。这是晶片架的顶部(上面放有衬底)与CIRP 206的最上表面的平面之间的距离。因为图9的CIRP 206不包括台阶或者突出部,所以所述

CIRP 206的最上表面也即此处所定义的CIRP平面。在某些实施例中,这个距离在大约2-10毫米之间,例如大约4.75毫米。距离(b)表示暴露的晶片表面与晶片架的最底表面(晶片保持杯体的底表面)之间的距离。在某些实施例中,这个距离在大约1-4毫米之间,例如大约1.75毫米。距离(c)表示横流约束环210的上表面与杯体254的底面之间的流体间隙的高度。约束环210与杯体254底部之间的这种间隙提供了空间,以允许杯体254在电镀过程中转动,并且通常是尽可能的小,以防止流体漏出该间隙并因此将其限制在横流歧管区226内。在一些实施例中,流体间隙大约为0.5毫米高。距离(d)表示流体通道的高度,以将横流阴极电解液传送到横流歧管226中。距离(d)包括横流约束环210的高度。在某些实施例中,距离(d)在大约1-4毫米之间,例如大约2.5mm。在图9中还示出横流注入歧管222、具有分配孔246的喷头板242、以及固定在横流约束环210上的一个定向鳍片266。

[0104] 所公开的装置可以配置成实施这里所描述的方法。根据本发明,合适的装置包括本文所述和所示的硬件以及一个或多个具有用于控制处理操作的指令的控制器。该装置包括一个或多个用于控制的控制器,所述控制包括控制晶片在杯体254和圆锥体中的定位、晶片相对于带槽的离子阻性板206的定位、晶片的转动、给横流歧管226的阴极电解液传送、给CIRP歧管208的阴极电解液传送、给横流注入歧管222的阴极电解液传送、流体调节杆270的阻挡和定位、给阳极和晶片以及任何其它电极的电流供给、电解液成分的混合、电解液传输的定时、入口压力、电镀槽压强、电镀槽温度、晶片温度,以及通过处理工具执行的特定工艺的其它参数。

[0105] 系统控制器将典型地包括一个或多个存储设备和一个或多个处理器,所述处理器被配置来执行指令,从而所述装置会实施根据本发明的方法。所述处理器可以包括中央处理单元(CPU)或计算机、模拟和/或数字输入/输出连接、步进电机控制器板以及其他类似部件。包括用于控制根据本发明的处理操作的指令的机器可读介质可以连接至所述系统控制器。用于实施适当控制操作的指令在所述处理器上执行。这些指令可以被存储在与控制器相关联的存储设备上,或者它们可以在网络上提供。在某些实施例中,系统控制器执行系统控制软件。

[0106] 系统控制软件可以任何合适的方式进行配置。例如,各种处理工具组件子程序或控制对象可以被编写以控制执行各种处理工具过程所必需的处理工具组件的操作。系统控制软件可以任何合适的计算机可读的编程语言来编码。

[0107] 在一些实施例中,系统控制软件包括用于控制上述各种参数的输入/输出控制(I/O)序列指令。例如,电镀过程的每个阶段都可以包括由系统控制器执行的一个或多个指令。用于设定针对浸没过程阶段的工艺条件的指令可以被包括在相应的浸没配方阶段中。在一些实施例中,电镀配方阶段可以顺序排列,从而针对电镀处理阶段的所有指令都同时与该处理阶段一起被执行。

[0108] 在一些实施例中可采用其它计算机软件和/或程序。用于此目的的程序或者程序段的示例包括:衬底定位程序、电解液组合物控制程序、压力控制程序、加热器控制程序和电压源/电流源控制程序。

[0109] 在某些情况下,所述控制器控制以下功能中的一个或者多个功能:晶片浸没(平移、倾斜、旋转)、容器之间的流体转移等。晶片浸没可以进行控制,例如通过引导晶片升降组件、晶片倾斜组件和晶片旋转组件,从而使得其以期望的方式移动。控制器可以控制容器

之间的流体转移,例如通过引导某些阀门打开或关闭以及某些泵开启和关闭。控制器可以基于传感器输出(例如当电流、电流密度、电势、压力等达到一定阈值的时候)、操作的定时(例如在一个过程中的特定时间打开阀门)或基于从用户处接收的指令来控制这些方面。

[0110] 上面所描述的装置/工艺可以与光刻构图工具或工艺结合用坏例如制造或者生产半导体器件、显示器、发光二极管、光伏板等。一般而言,尽管不一定,这种工具/工艺将一起在共同的制造设备中使用或者进行。薄膜的光刻构图通常包括以下步骤中的一些或者全部,每个步骤都能够以一定数量的可能的工具来实现:(1)使用旋涂或喷涂工具将光致抗蚀剂施加到工件(即衬底)上;(2)使用热板或加热炉或UV固化工具使光致抗蚀剂固化;(3)利用例如晶片步进电机等工具使所述光致抗蚀剂暴露给可见光或紫外线或X射线;(4)使抗蚀剂显影,以便使用例如湿法工作台等工具选择性地除去抗蚀剂,从而使它图案化;(5)通过使用干法或等离子体辅助蚀刻工具将抗蚀剂图案转移到底膜或工件中;以及(6)使用例如RF或微波等离子体抗蚀剂剥离器等工具除去抗蚀剂。

带槽的离子阻性元件的特征

电气功能

[0111] 在某些实施方式中,带槽的离子阻性元件靠近衬底(阴极)附近的几乎恒定且均匀的电流源,并因此可以在某些背景下被称为高阻虚拟阳极(HRVA)。通常情况下,CIRP被放置得靠近晶片。相比之下,相同靠近衬底的阳极明显不易于将几乎恒定的电流密度提供给晶片且横跨晶片,但是会仅仅支持阳极金属表面上的恒定电位,从而使得电流在从阳极面至末端(例如至晶片上的外围触点)的净电阻较小的地方电流最大。因此,尽管带槽的离子阻性元件有时被称为高阻虚拟阳极(HRVA),但这并不意味着在电化学上两者是可以互换的。在最佳操作条件下,CIRP会更接近于并且或许可以更好地被称为虚拟的均一电流源,其具有源自跨越CIRP的上平面的几乎恒定的电流。而CIRP肯定可以被视为“虚拟电流源”,即,它是产生电流的平面,因此可以被认为是“虚拟的阳极”,因为它可以被看作是阳极电流产生的位置或者源,它是CIRP的相对较高的离子电阻(相对于电解液和相对于CIRP以外的区域),其导致跨越其表面的电流几乎均匀,并且导致进一步有利的、通常优异的晶片均匀性(与具有处于相同物理位置的金属阳极相比)。该板对于离子电流的电阻随着板的各通道内所包含的电解液的特定电阻的增加(通常但不总是具有与阴极电解液相同或几乎类似的电阻)、增加的板厚度、以及减少的孔隙度(用于电流流通的横截面积较少,例如通过具有较少的相同直径的孔或者具有直径较小的相同数量的孔,等等)而增加。

[0112] CIRP是可以为在约2-25mm之间的厚度的材料板块,例如为12毫米厚。在大量的但不是所有的实施例中,CIRP包含非常大量的微尺寸(通常小于0.04英寸)的通孔,其占小于CIRP的体积的约5%,所述通孔在空间上和在上离子是相互隔离的,使得它们不在CIRP的主体内形成互连通道。这种通孔通常被称为“非连通的通孔”。它们通常沿一个方向或维度延伸,这经常是但不是必须垂直于晶片的镀覆面(在一些实施例中,非连通孔相对于大致平行于CIRP前表面的晶片成一定角度)。通孔常常都是几乎互相平行。在一些实施例中,CIRP板的厚度是不均匀的。CIRP板可以是在边缘处比在其中心较厚,或者相反。离开晶片最远的CIRP的表面可以被成形为调整板的本地流体和离子流的阻力。这些孔常常被布置成正方形阵列,但导致在空间上有平均的均匀密度或孔的其它的安排也是可能的。当然孔的密度也能够变化,例如,通过使从CIRP中心到边缘的间隔增加(或减少),从而随着离开CIRP的中心

的距离不同而增加(或减少)阻力。其它时候布局是处于偏移螺旋的模式。这些通孔与3-D多孔网络是截然不同的,其中通道在三维上延伸并形成互连孔结构,因为通孔重组与其中的表面平行的离子流和流体流并且弄直电流和流体流两者朝向晶片表面的路径。然而,在某些实施例中,具有孔的互连网络的这样的多孔板可以被用来替代CIRP。当从板的上表面到晶片的距离小(例如,间隙为晶片半径大小的约1/10,例如为约5毫米或更小)时,电流流和流体流的发散被CIRP通道局部限制、赋予并与其对齐。

[0113] 在某些实施例中,CIRP包括大约与衬底的直径同延伸的台阶(例如,台阶的直径可以是在衬底直径的约5%之内,例如在约1%之内)。台阶被定义为在CIRP的对着衬底一侧的凸起部分,其与在镀的衬底大致同延伸。CIRP的台阶部分也包括与CIRP的主要部分的通孔匹配的通孔。本实施例的一个例子示于图10A和10B。台阶902的用途是降低横流歧管226的高度,从而增加在该区域行进的流体的速度而不必增加体积流率。台阶902也可以被认为是高原区,并且可以作为CIRP 206本身的凸起区被实现。

[0114] 在许多情况下,台阶902的直径应该比衬底架254的内径稍小(例如,台阶的外径可以是比衬底保持器的内径小约2-10毫米)以及小于横流约束环210的内径。没有这一直径差(以距离(f)表示),节制点就可能不期望地在杯形架254和/或横流约束环210与台阶902之间形成,流体在这里难以或不可能向上流动并进入横流歧管226。如果是这种情况,流体就可以不期望地通过在横流约束环210之上和在衬底架/杯体254的底面之下的流体间隙904逸出。这一流体间隙904是作为实用性的问题而存在的,因为衬底架254应能够相对于CIRP 206和电镀槽的其它元件而旋转。优选为使通过流体间隙904逸出的阴极电解液的量最小化。台阶902可具有约2-5毫米之间的高度,例如为约3-4毫米,其可对应于约1-4毫米之间、或约1-2毫米之间或小于约2.5毫米的横流歧管的高度。

[0115] 在台阶存在处,横流歧管的高度被作为晶片的镀覆面和CIRP206的突起台阶902之间的距离而测量。在图10A中,这一高度被标示为距离(e)。虽然在图10A中没有示出衬底,但可以理解,衬底的镀覆面将会置在衬底架254的唇形密封件部分906上。在某些实现中,台阶具有圆形边缘,以更好地允许流体通入横流歧管。在这种情况下,台阶可包括约2-4毫米宽的过渡区域,在这里,台阶的表面被圆化(rounded)/倾斜。尽管图10A没有显示圆化的台阶,但距离(g)表示这样的过渡区域将占据的地方。在这个过渡区域的径向内部,CIRP可以是平的。如图10B所示,CIRP的非隆起部分可以围绕CIRP的整个周边延伸。

[0116] 在其它的实施例中,CIRP可包括在其上表面上的突出部的集合。突出部被定义为被放置/附着在CIRP的面对衬底的一侧的结构,其延伸进入在CIRP平面与晶片之间的横流歧管。CIRP平面(也称为离子阻性元件面)被定义为CIRP的顶表面,但不包括任何突出部。CIRP平面是突出部连接到CIRP的地方,也是流体离开CIRP进入横流歧管的地方。这个实施例的例子示于图1A和图11。图1A示出了具有垂直于横流方向定向的突出部151的CIRP 150的等距视图。图11示出了具有带有突出部908的CIRP 206的电镀装置的入口部分的特写视图。CIRP 206可包括没有突出部的周边区域,以允许阴极电解液向上通行和进入横流歧管226。这一外围设备的非突出部区域可具有上述的与台阶和杯形架之间的距离相关的宽度。在许多情形中,突出部基本上与被镀衬底的镀覆面同延伸(例如,在CIRP的突出部区域的直径可在衬底直径的约5%之内,或在约1%之内)。

[0117] 突出部可以以各种不同的方式定向,但在许多实现中,突出部是以位于CIRP中的

孔列之间的长而薄的肋的形式,并且定向为使得突出部的长度与穿过横流歧管的横流垂直。在CIRP孔列之间具有细长的突出部的CIRP的特写视图如图12所示。突出部改变与晶片相邻的流场,以提高到晶片的传质和改善在晶片的整个面上的传质均匀性。在某些情况下,突出部可被加工进入现有的CIRP板中,或者它们可以在与CIRP被制造的同一时间形成。如图12所示,突出部可被布置为使得它们不堵住现有的一维CIRP通孔910。换句话说,突出部908的宽度可以小于在CIRP 206中的每一列孔910之间的距离。在一个例子中,CIRP孔910中心到中心相隔2.69毫米,并且孔的直径为0.66毫米。因此,突出部将小于约2毫米宽( $2.69 - 2 * (0.66/2)$  毫米 = 2.03毫米)。在某些情况下,突出部可小于约1毫米宽。在某些情况下,突出部具有至少为约3:1的长宽比。

[0118] 在许多实现中,突出部被定向为使得其长度垂直于或基本上垂直于穿过晶片表面的横流的方向(有时在本文中也简记为“z”的方向)。在某些情况下,突出部以不同的角度或以不同的角度系列定向。

[0119] 可以使用各种各样的突出部的形状、大小和布局。在一些实施例中,突出部具有基本上垂直于CIRP的面的面,而在其它的实现中,突出部具有被定位成相对于CIRP的面成一定角度的面。在又另一实施例中,突出部可以被成形为使得它们没有任何平坦的面。一些实施例可以采用各种突出部的形状和/或尺寸和/或定向。

[0120] 图13提供了作为CIRP 206上的突出部908的横截面示出的突出部形状的例子。在一些实施例中,突出部通常是矩形的。在其它实施例中,突出部是三角形、圆柱形或它们的某种组合。突出部也可大致为带有机械加工的三角形尖端的矩形。在某些实施例中,突出部可以包括贯穿它们的孔,其定向基本上平行于穿过晶片的横流的方向。

[0121] 图14提供了具有不同类型的通孔的突出部的几个例子。通孔也可以被称为流量调节结构、切口或切口部分。通孔有助于扰乱流动模式,使得流在所有方向上(x方向、y方向和z方向)盘旋。例(a)示出了具有顶部矩形图案切口的突出部,例(b)示出了具有底部矩形图案切口的突出部,例(c)示出了具有中间部矩形图案切口的突出部,例(d)示出了具有一系列圆形/椭圆形图案孔的切口的突出部,例(e)示出了具有一系列菱形图案孔的切口的突出部,以及例(f)示出了具有顶部和底部交替的梯形图案切口的突出部。这些孔可以是水平地相互成直线,或者如例(d)和(f)所示,它们可以相互偏移。

[0122] 图15示出了与图14的例(e)的实施例相似的、具有交替类型的切口的突出部908的例子。在这里,使用了两种类型的切口,称作第一切口921和第二切口922。在这个实施例中,第一切口921是在突出部908的底部,第二切口922是在突出部908的顶部。整体的突出部可以具有大约为1-5毫米的高度(a)和大约为在0.25-2毫米之间的厚度(b)。第一切口可具有大约为在0.2-3毫米之间的高度(c)和大约为在2-20毫米之间的长度(d)。位于突出部908的顶部上的第二切口922也可以具有大约为在0.2-3毫米之间的高度(e)和大约为在2-20毫米之间的长度(f)。在相邻的第一切口921之间的距离(g)(即,第一切口部921的间隔)可以是在约4-50毫米之间。在相邻的第二切口922之间的距离(h)(即,第二切口的间隔)也可以是在约4-50毫米之间。提供了这些尺寸以便于理解,它们不是意在限制。晶片平面(w)被示为在突出部908之上。在附着在CIRP上的突出部908的基部和晶片平面(w)之间是横流歧管226。

[0123] 图16示出了具有如图15所示的突出部908类型的CIRP 206的实施例。在图16中还

示出了横流约束环210。普通技术人员应当理解,在所公开的实施例的范围内,可以使用多种不同类型的突出部和切口。

[0124] 一些实施例可利用具有间隙(有时也被称为非突出部间隙)的突出部,使得两个或两个以上的单独的/不连续的突出部位于同一列的CIRP孔中。图17示出了具有带有非突出部间隙912的突出部908的CIRP 206的一个例子。在突出部908中的间隙912可以被设计为使得它们基本上在横流方向不相互对准。例如,在图17中,在相邻列的突出部908之间,间隙912相互不对齐。间隙912的这种有目的的不对齐可能有助于鼓励在横流歧管中的撞击流和横流混合,以促进均匀的电镀效果。

[0125] 在一些实施例中,在CIRP的每一列孔之间有突出部,而在其它实现中,可能有较少的突出部。例如,在某些实施例中,可能是每隔一列CIRP孔有突出部,或每四列CIRP孔有突出部,等等。在另外的实施例中,突出部的位置可能是更随机的。

[0126] 优化突出部的一个相关参数是突出部的高度,或与此相关地,在突出部的顶部与晶片表面的底部之间的距离,或CIRP的突出部高度与晶片通道高度的比率。在某些实施例中,突出部是在大约2-5毫米高之间,例如为约4-5毫米高。在隆起部的顶部与晶片的底部之间的距离可以是在大约1-4毫米之间,例如为约1-2毫米,或小于约2.5毫米。突出部的高度与横流歧管的高度之比可以为在约1:3和5:6之间。在突出部存在的地方,横流歧管的高度是作为在晶片的镀覆面和CIRP的平面之间的距离来测量的,但不包括任何突出部。

[0127] 图18示出了具有位于CIRP 206的孔910之间的突出部908的CIRP 206的特写剖视图的一个例子。横流歧管226占据在晶片平面(w)和CIRP平面914之间的空间。横流歧管226可以具有在大约为3-8毫米之间的高度,例如在约4-6毫米之间。在特定的实施例中,该高度是约4.75毫米。突出部908被置于CIRP 206中的孔910的列之间,并具有如上所述的小于横流歧管226的高度(a)的高度(b)。

[0128] 图19示出了具有以不同的方式导向的突出部908的CIRP 206的一个替代实施例的简化俯视图。在本实施例中,每一个突出部908是由两个部分931和932制造的。为清楚起见,只有一个突出部和一组突出部部分加了标记。部分931和932定向为相互垂直,并且具有是相同的或大体相似(例如,彼此相差在约10%之内)的长度。在其它实施例中,这些部分931和932可以定向为相对于其它有不同的角度,并且可以有不同的长度。在另外的实施例中,两个部分931和932可以彼此断开,使得有两种(或更多种)不同类型的突出部,每一个相对于横流成角度地定向。在图19中,如图所示,横流的方向是从左向右的。突出部908的每一个部分931和932相对于横流以某一角度定向,如角度(a)和(b)所示。二等分角度(a)和(b)的线是意在表示横流的总体方向。在某些情况下,这些角度是相同的或基本相似的(例如,相互在约10%之内)。因为突出部908不单独定向在垂直于横流的方向上,所以本实施例与例如图1A中所示例不同。然而,因为角度a和b是基本相似的,并且因为突出部部分的长度基本相似,所以突出部平均而言可被认为是定位于与横流的方向垂直。

[0129] 在各种情况下,CIRP是由固体的非孔的电介质材料制作的板块,该电介质材料呈离子和电阻性。该材料在使用的电镀液中也是化学稳定的。在某些情况下,CIRP是由陶瓷材料(例如,氧化铝、氧化锡、氧化钛或金属氧化物的混合物)或塑料材料(例如,聚乙烯、聚丙烯、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚四氟乙烯、聚砜、聚氯乙烯(PVC)、聚碳酸酯等)制成的,具有在约6000和12000之间的非连通的通孔。在许多实施例中,该板块基本上是与晶片同延伸的(例

如,在与300mm晶片一起使用时,CIRP板块具有是约300毫米的直径),并驻留在靠近晶片处,例如,在晶片朝下的电镀装置中是在晶片正下方。优选地,晶片的镀覆面驻留在最接近的CIRP表面的约10毫米之内,更优选地,在约5毫米之内。为此,带槽的离子阻性板的上表面可以是平坦或基本平坦的。在某些情况下,带槽的离子阻性板的上表面和底面都是平坦或基本平坦的。

[0130] CIRP的另一个特征是通孔的直径或主要尺寸以及其与CIRP和衬底之间的距离的关系。在某些实施例中,每一个通孔(或绝大多数通孔,或通孔的平均直径)的直径不大于大约从电镀晶片表面到CIRP的最近表面的距离。因此,在这样的实施例中,在CIRP被置于离开电镀晶片表面约5毫米之内时,通孔的直径或主要尺寸应不超过约5毫米。

[0131] 如上所述,板的整体的离子和流的阻性取决于板的厚度和孔的总体孔隙率(可用于通过板的面积的比例)和尺寸/直径。低孔隙度的板将有更高的冲击流速和离子阻性。比较相同孔隙度的板块,因为有更多单独的电流源,具有较小直径的一维孔(并因此有较大数量的一维孔)将在晶片上有电流的更微观均匀分布,其多作为可分散于相同的间隙中的点源起作用,也将具有较高的总压力降(高粘性流阻性)。

[0132] 然而,在某些情况下,如上所述,离子电阻板是多孔的。在板中的孔可以不形成独立的一维通道,但可以反而形成可能互连或可能不互连的贯通孔网。应当理解,如本文所用的,除另有说明外,术语带槽的离子阻性板(CIRP)和带槽的离子阻性元件旨在包括本实施例。

#### 通过通孔的垂直流

[0133] 接近于晶片的离子阻性但离子可渗透元件(CIRP) 206的存在大大降低了终端效果,在终端效应是操作相关的某些应用中提高了径向电镀的均匀性,例如,相对于在槽的阴极电解液中的电流阻性而言,在籽晶层中的电流阻性大。CIRP还同时提供通过作为流扩散歧管板起作用而在晶片表面上具有引导向上的电解液的在空间上基本上为均匀的撞击流。重要的是,如果将相同的元件放置得离晶片更远,则离子流的均匀性和流的改进变得显著地不明显或根本不存在。

[0134] 此外,由于非连通的通孔不允许在CIRP内的离子流或流体运动的横向运动,故中心到边缘的电流和流运动被阻在CIRP之内,导致在径向电镀均匀性上有进一步的改善。

[0135] 值得注意的是,在一些实施例中,CIRP板可以主要或专门用作槽间的电解液流阻、流控从而流整形的元件,有时也被称作涡轮增压板(turboplate)。不管板是否例如通过平衡终端效果和/或调制与槽内的流连接在一起的电镀添加剂的电场或动力学阻力调节径向沉积的均匀性,都可以使用这一设定。因此,例如,在TSV和WLP电镀中,其中种子金属厚度一般较大(如大于1000埃米厚)并且金属以非常高的速率被沉积,电解液流的均匀分布是非常重要的,而从晶片种子内的欧姆电压降产生的径向非均匀性控制可能不太需要去补偿(至少部分地,这是因为使用较厚的种子层时,从中心到边缘的不均匀性是较不严重的)。因此,CIRP板可被称为离子阻性离子可渗透元件并作为流整形元件,并且能够通过改变离子电流的流动或改变材料的对流或改变二者起沉积速率纠正的功能。

#### 晶片和带槽板之间的距离

[0136] 在某些实施例中,晶片保持器和相关的定位机构保持旋转晶片使其非常接近于带槽的离子阻性元件的平行的上表面。在电镀期间,衬底通常被放置成使得它与离子阻性元

件平行或大致平行(例如,在约 $10^{\circ}$ 之内)。虽然衬底在其上可具有某些特征,但在确定衬底和离子阻性元件是否大体上平行时,只有衬底的大致为平面的形状才被考虑。

[0137] 在典型的情形中,间隔距离是约1-10毫米,或约2-8毫米。板到晶片的这个小的距离可以在特别靠近晶片旋转的中心的、与模式的各个孔的附近“图像”相关联的晶片上制造电镀模式。在这样的情况下,电镀环的模式(厚度或所镀纹理)可能会在靠近晶片中心处产生。为了避免这种现象,在一些实施例中,能够将CIRP中(特别是在晶片中心处和靠近晶片中心处)的各个孔构造为具有特别小的尺寸,例如小于板到晶片的间隙的约五分之一。当与晶片转动在耦合一起时,小的孔隙尺寸允许作为射流从板上来的冲击流体的流速进行时间平均化,并减少或避免了小规模的非均匀性(例如,微米量级的那些)。尽管有上述预防措施,根据所使用的电镀槽的性质(例如,特定的金属沉积、电导率和所使用的浴添加剂),在某些情况下,在微观不均匀的模式下沉积可能易于作为变化厚度的时间平均曝光和近程成像模式(例如,以围绕晶片中心的“牛眼”的形状)并对应于所用的各个孔模式而发生(例如,形成中心环)。如果有限孔模式创建了不均匀并且影响沉积的冲击流模式,这种情况就可能发生。在这种情况下,已经发现了引导横流穿过晶片中心和/或修改恰在中心处和/或中心附近的孔的常规模式都在很大程度上消除了否则会在那里发现的微观非均匀性的任何迹象。

#### 带槽板的孔隙率

[0138] 在各个实施例中,带槽的离子阻性板具有足够低的孔隙率和孔的尺寸,以提供在正常运转的体积速率下的粘性流阻性的排气回压和高的垂直冲击流的速率。在某些情况下,约1-10%的带槽离子阻性板是允许流体到达晶片表面的开放区域。在特定的实施例中,约2-5%的板是开放区域。在一个具体的例子中,板206的开放区域为约3.2%,总的有效开口横截面面积为约23平方厘米。

#### 带槽板的孔的尺寸

[0139] 带槽的离子阻性板的孔隙度能够以多种不同的方式来实现。在各个实施例中,它是以许多小直径的垂直孔实现的。在某些情况下,板不是由单个的“钻”孔构建的,而是由连续的多孔材料的烧结板构建的。这样的烧结板的一个例子在美国专利号6964792[代理人案卷NOVLP023]中有描述,在此通过引用将其整体引入本文。在一些实施例中,钻的非连通孔具有约0.01至0.05英寸的直径。在一些例子中,孔具有约0.02至0.03英寸的直径。如上所述,在各个实施例中,孔具有最多为带槽的离子阻性板与晶片之间的间隙距离的约0.2倍的直径。孔横截面一般是圆形,但不必需如此。此外,为了减轻结构,在板中的所有孔可以具有相同的直径。然而,不是必须如此,当特定需要可能要求时,孔的个体大小和局部密度可随板表面而改变。

[0140] 作为一个例子,一个由合适的陶瓷或塑料材料(一般是电介质绝缘和机械坚固的材料)制成的实心板在其中具有所提供的大量的小孔,例如至少为约1000个或至少为约3000个或至少为约5000个或至少为约6000个(已发现9465个0.026英寸直径的孔有用)。如所提到的那样,一些设计有约9000个孔。板的孔隙率通常小于约5%,使得有必要建立高冲击速度的总的流速并不大。与较大的孔相比较,使用较小的孔有助于在整个板上创建一个大的压降,帮助通过板创建更均匀的上升速度。

[0141] 一般地,在带槽的离子阻性板上的孔的分布有均匀的密度,是非随机的。然而,在

某些情况下,孔的密度可以改变,特别是在径向方向上。在一个具体的实施例中,如下面详细描述的那样,在引导流体朝向旋转的衬底的中心的板的区域,有孔的更大的密度和/或直径。此外,在一些实施例中,在旋转晶片的中心处或接近旋转晶片的中心处引导电解液的孔可能诱发流相对于晶片的表面不呈直角。此外,在这个区域中的孔模式可以具有非均匀电镀“环”的随机分布或部分地随机分布,以解决在有限数量的孔与晶片旋转之间的可能的相互作用。在一些实施例中,接近分流器或约束环的开口部分的孔密度比处于更远离所连接的分流器或约束环的开口部分的带槽的离子阻性板的区域的孔密度低。

[0142] 应理解,此处所描述的配置和/或方法本质上是示例性的,并且这些具体实施例或例子不认为是具有限制性的意义,这是因为有许多变化都是可能的。本文所描述的具体例程或方法可表示任意数目个处理策略中的一个或多个。因此,所示的各个动作可以以所示的顺序、以其它的顺序或并行地进行,或者在某些情况下被省略。类似地,上面说明的过程的顺序可以改变。

[0143] 本发明的主题包括在本文所公开的各种过程、系统、配置以及其它特征、功能、动作和/或属性的所有新颖的和非显而易见的组合和子组合以及其任何的和所有的等同物。

#### 实施例和实验

[0144] 模拟结果和晶片上的实验结果表明,所公开的实施例可大幅提高电镀过程的均匀性。图20介绍了铜电镀的一些实验结果的概要。测试了在两个不同的沉积速率的每一个上的两个不同的CIRP设计(带有突出部和不带突出部)。

[0145] 第一CIRP设计是在其中没有使用台阶或突出部的控制设计。第二CIRP设计包括定位在CIRP孔的相邻列之间定位、在垂直于横流的方向上定向的2.5毫米高的突出部的集合。横流歧管的高度为约4.75毫米。测试的两个铜沉积速率为 $2.4\mu\text{m}/\text{min}$ 和 $3.2\mu\text{m}/\text{min}$ 。换句话说,在每一个实验期间递送的流是沉积所需要的流的大小,平均为约 $2.4$ 或 $3.2\mu\text{m}/\text{min}$ 的金属。在实验中使用的电镀化学是来自康涅狄格州西黑文的乐思化学公司(Enthone)的SC40化学品,其拥有约 $140\text{g}/\text{L}$ 的硫酸浓度和约 $40\text{g}/\text{L}$ 的铜离子( $\text{Cu}^{2+}$ )浓度(来自硫酸铜)。在阴极电解液中的R1和R2添加剂的浓度分别为 $20\text{mL}/\text{L}$ 和 $12\text{mL}/\text{L}$ 。阴极电解液的流速为约 $20\text{L}/\text{min}$ 。衬底以约 $4\text{RPM}$ 的速度旋转。在横流约束环的上表面和电镀杯体的下表面之间的流体间隙为约 $0.5\text{mm}$ 。电镀处理在约 $30^\circ\text{C}$ 下运行。在穿越每一个晶片的表面的多个不同位置处测量电镀后的凸点高度。

[0146] 在所有的情况下,凸点高度都是在晶片边缘附近稍厚在靠近晶片的中心处稍薄。然而,在两个沉积速率下,都是带有突出部的CIRP的厚度变化比控制CIRP的小。因此,带有突出部的CIRP显示了在凸点高度厚度分布上的明显改善。控制的情况和凸起部的情况的共面性基本上相同,但预期在剧烈的质量传输(例如,对铜为沉积速率 $>4\mu\text{m}/\text{min}$ )的条件下是突出部为佳。对给定的模具,模具的共面性被定义为 $(1/2 \times (\text{最大隆起高度} - \text{最小隆起高度}) / \text{平均隆起高度})$ 。在图20中报告的晶片的共面性是给定晶片的所有模具共面的平均。这种情况下,对特定的测试晶片,有大约为170个模具。

[0147] 其它的模拟结果表明,突出部的有效性被包括在美国临时申请号61/736 499中,通过在上面引用的方式将其并入。

#### 其它的实施例

[0148] 虽然上面是具体实施例的完整描述,但也可以使用各种修改、替换构造物以及等

同方案。因此,上面的说明和附图不应被视为限制由所附的权利要求书所限定的本发明的范围。

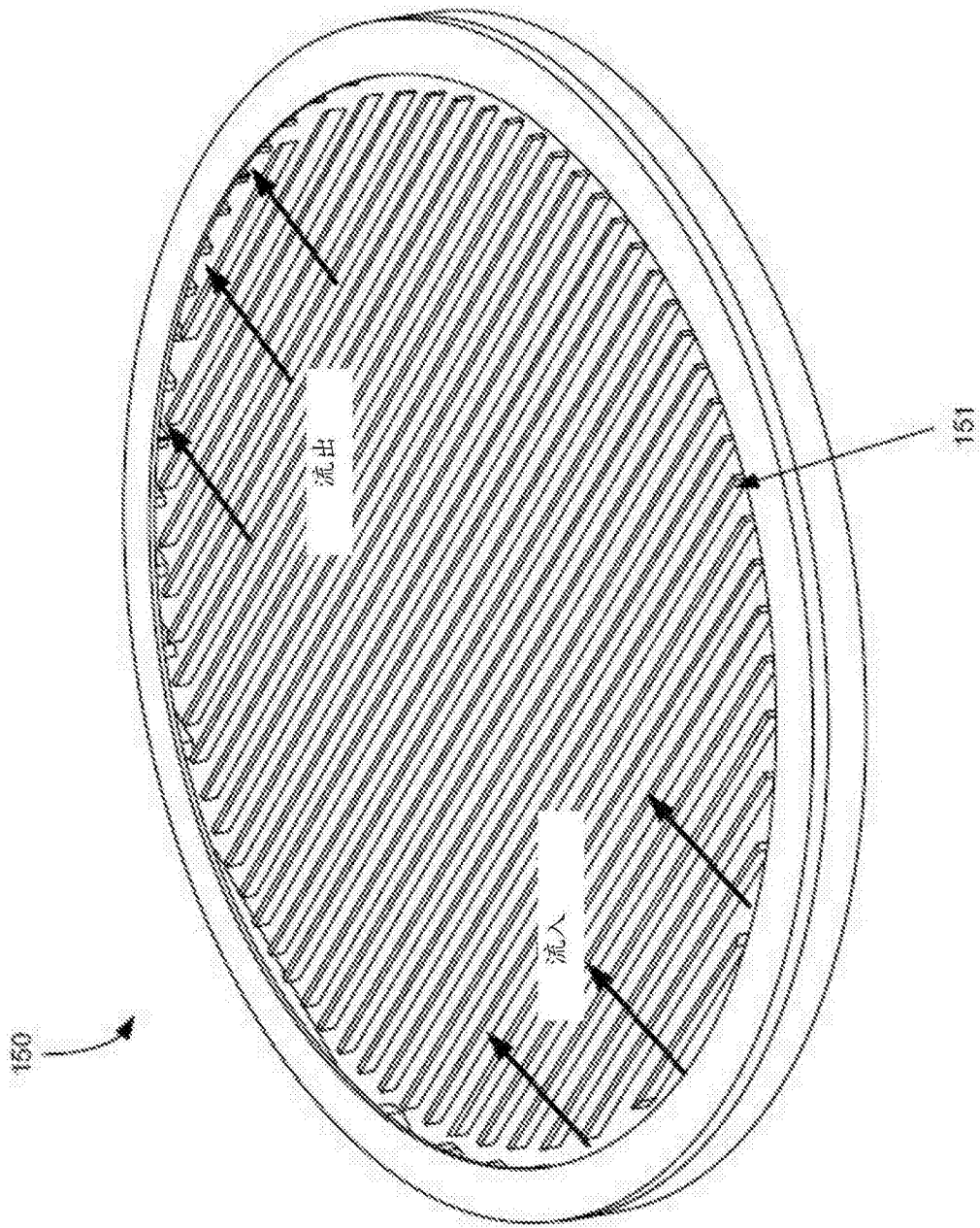


图1A

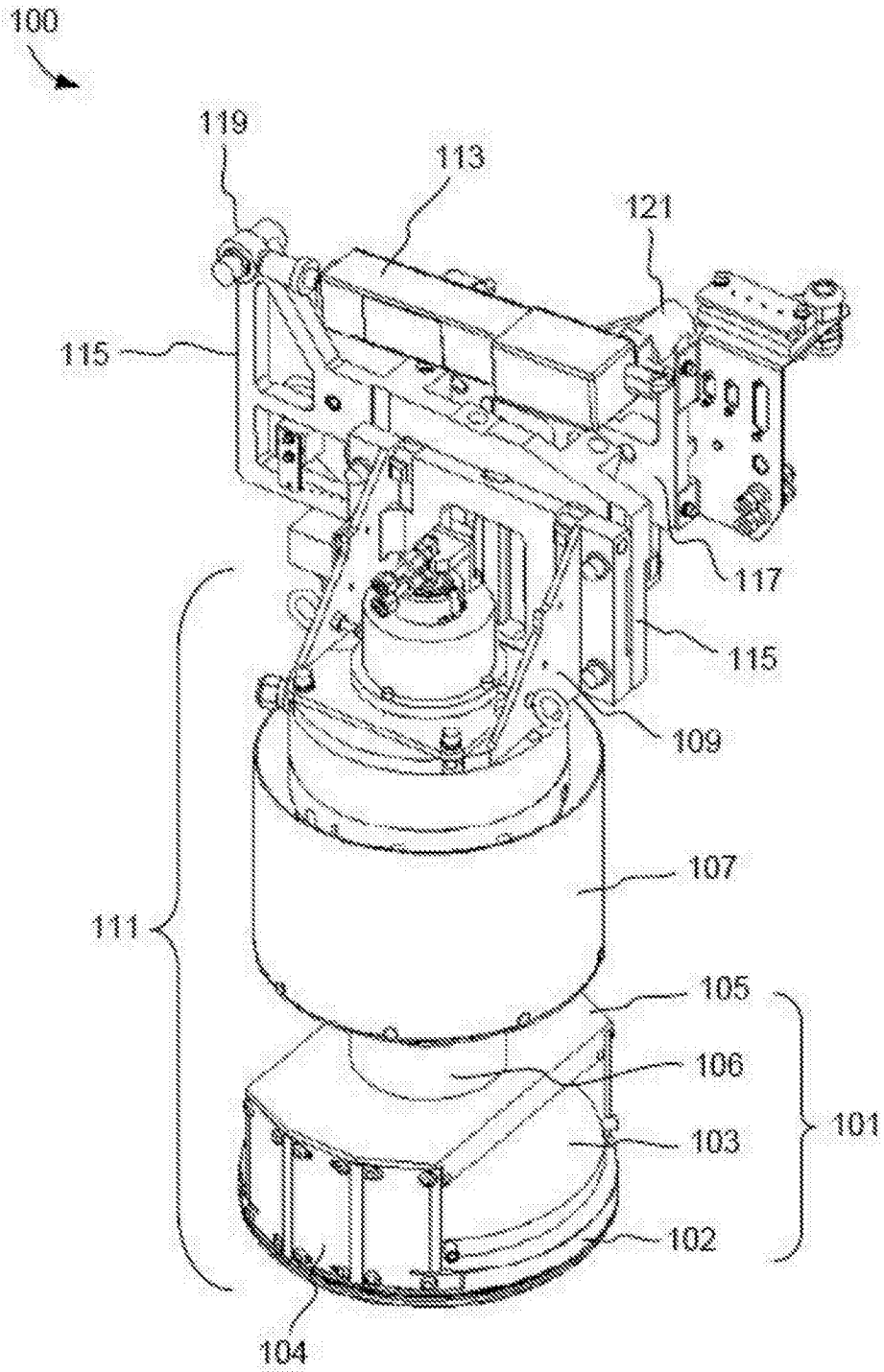


图1B

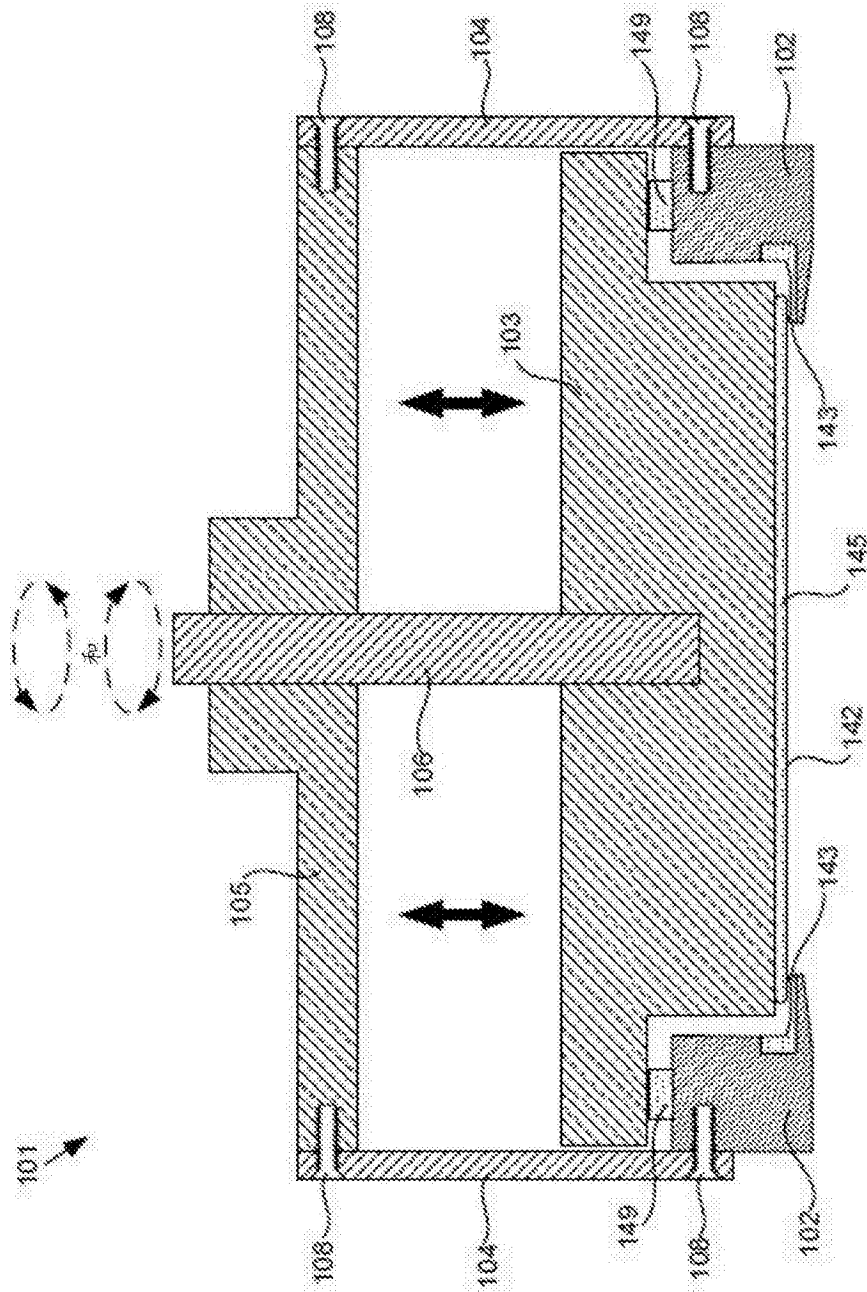


图1C

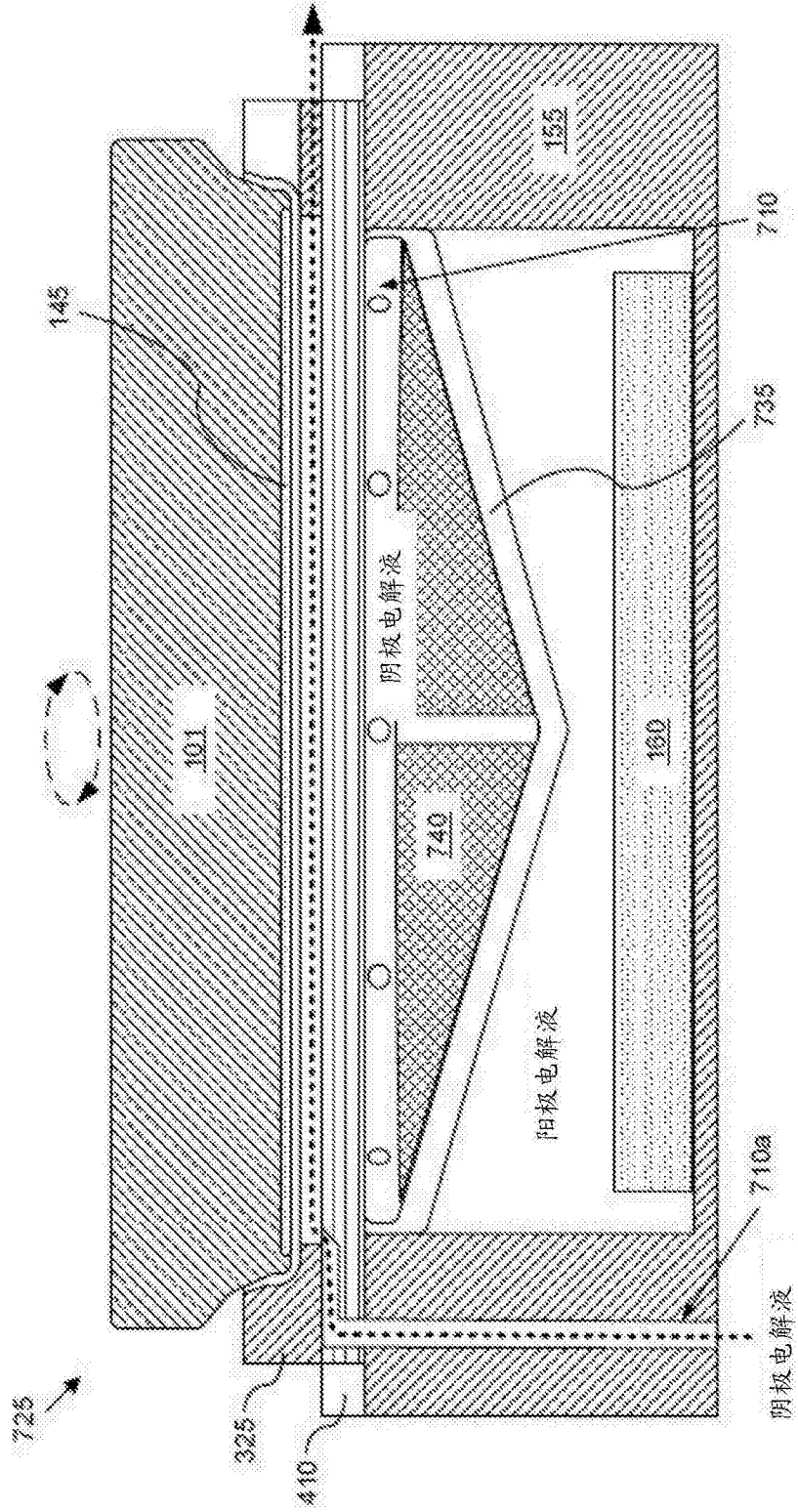


图1D

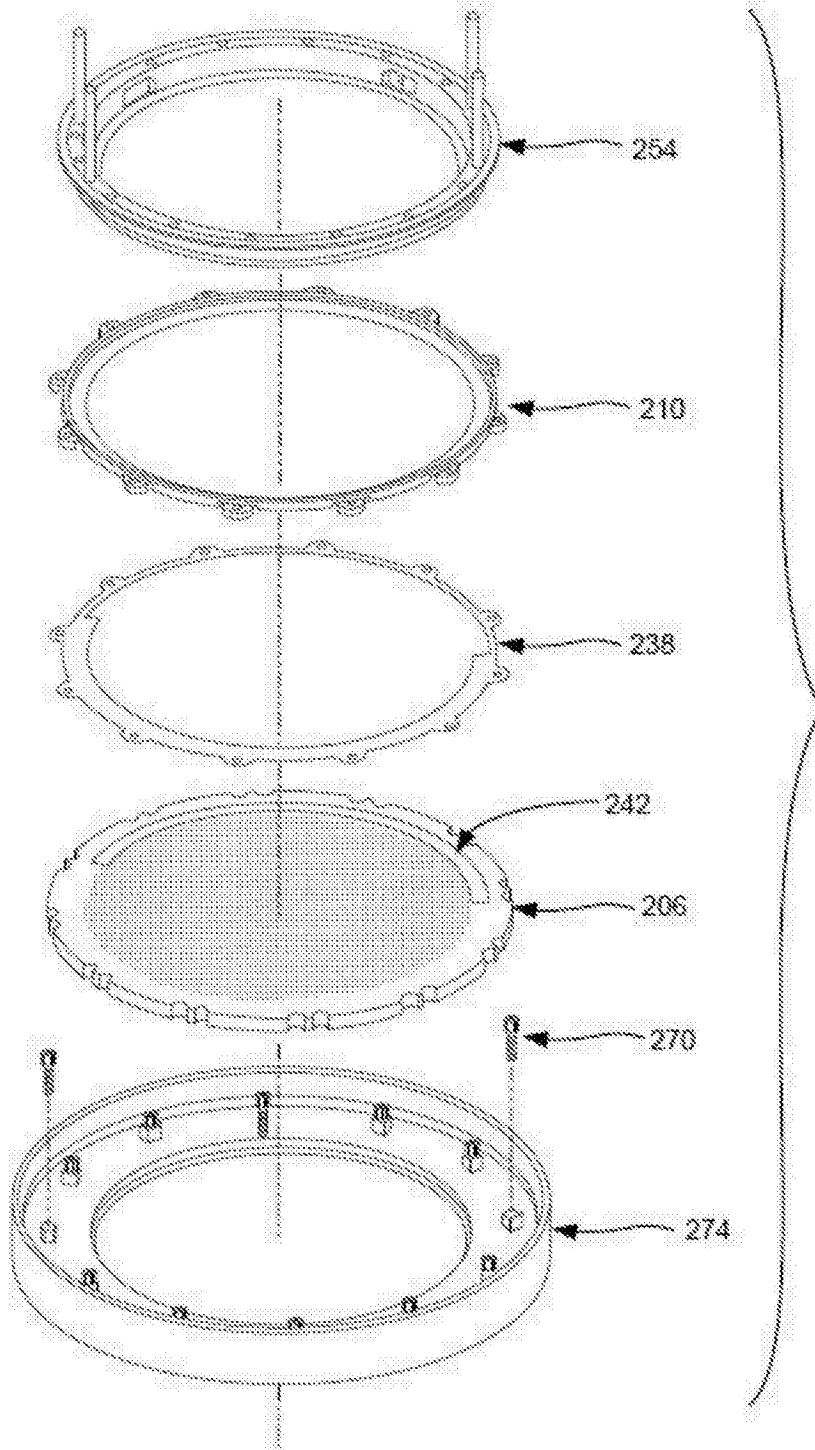


图 2

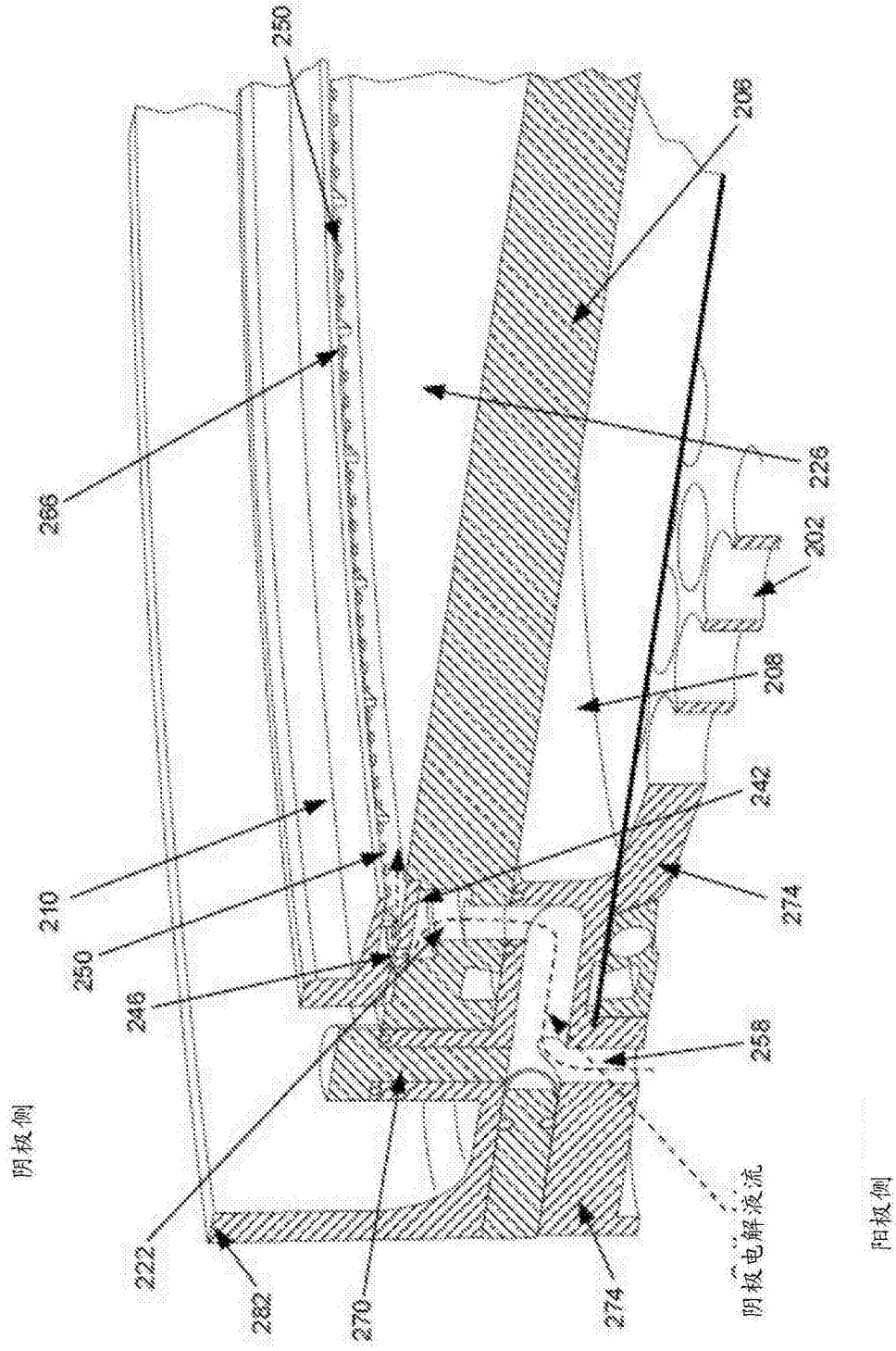


图3A

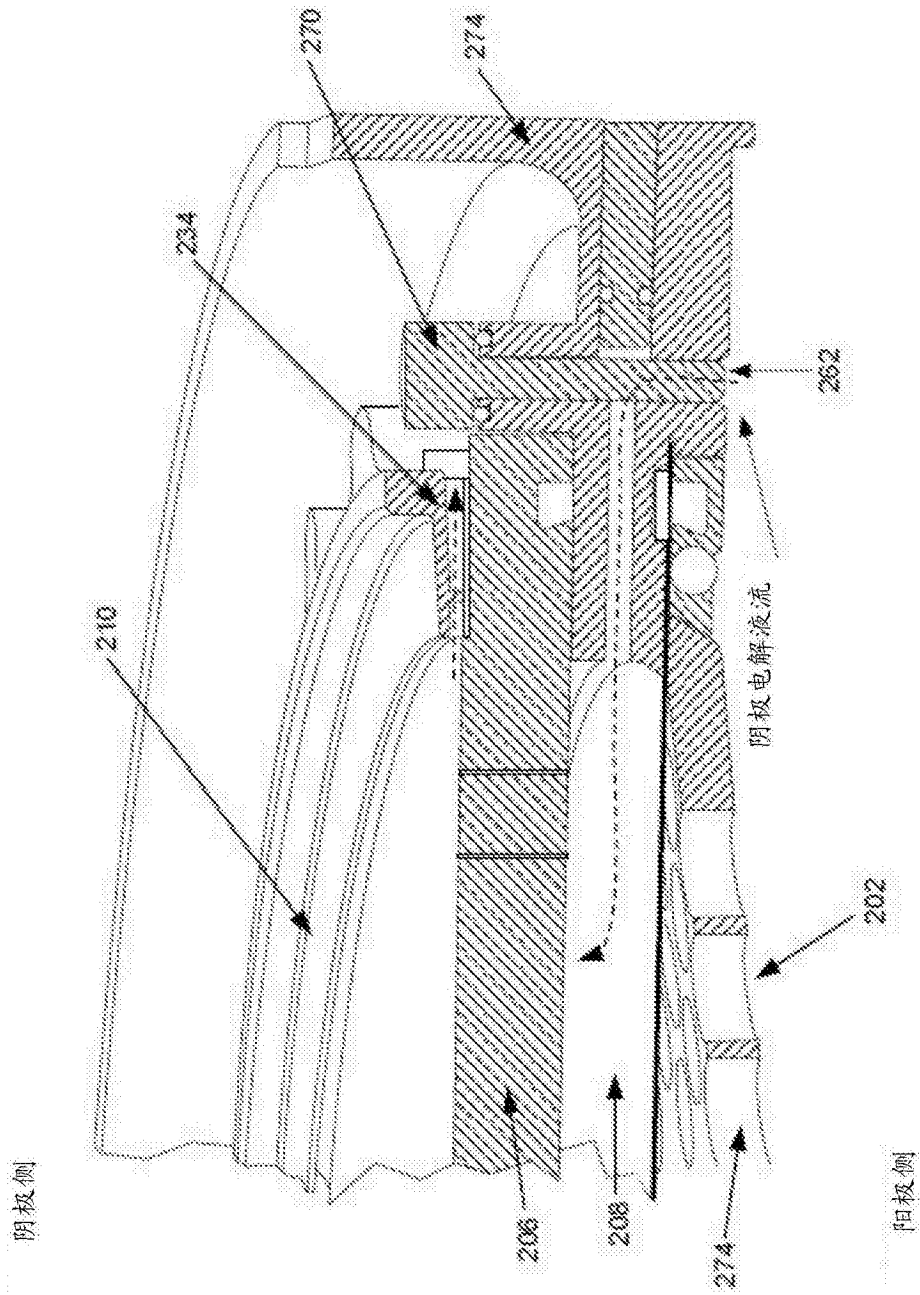


图3B

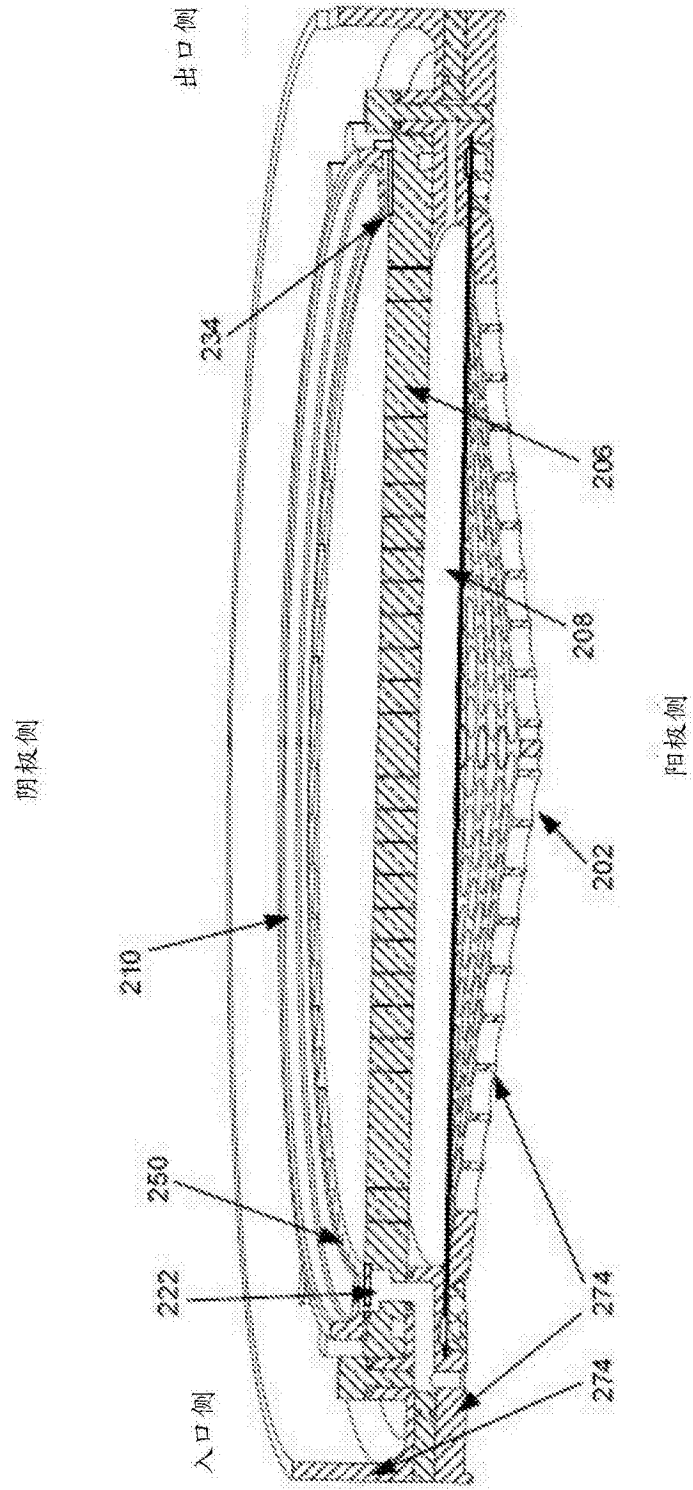


图4

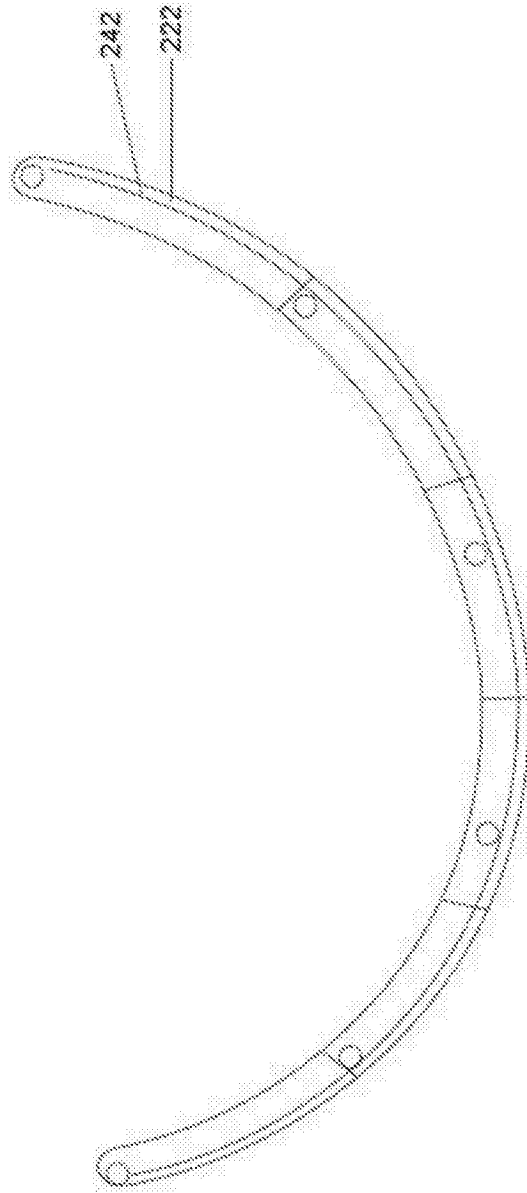


图5

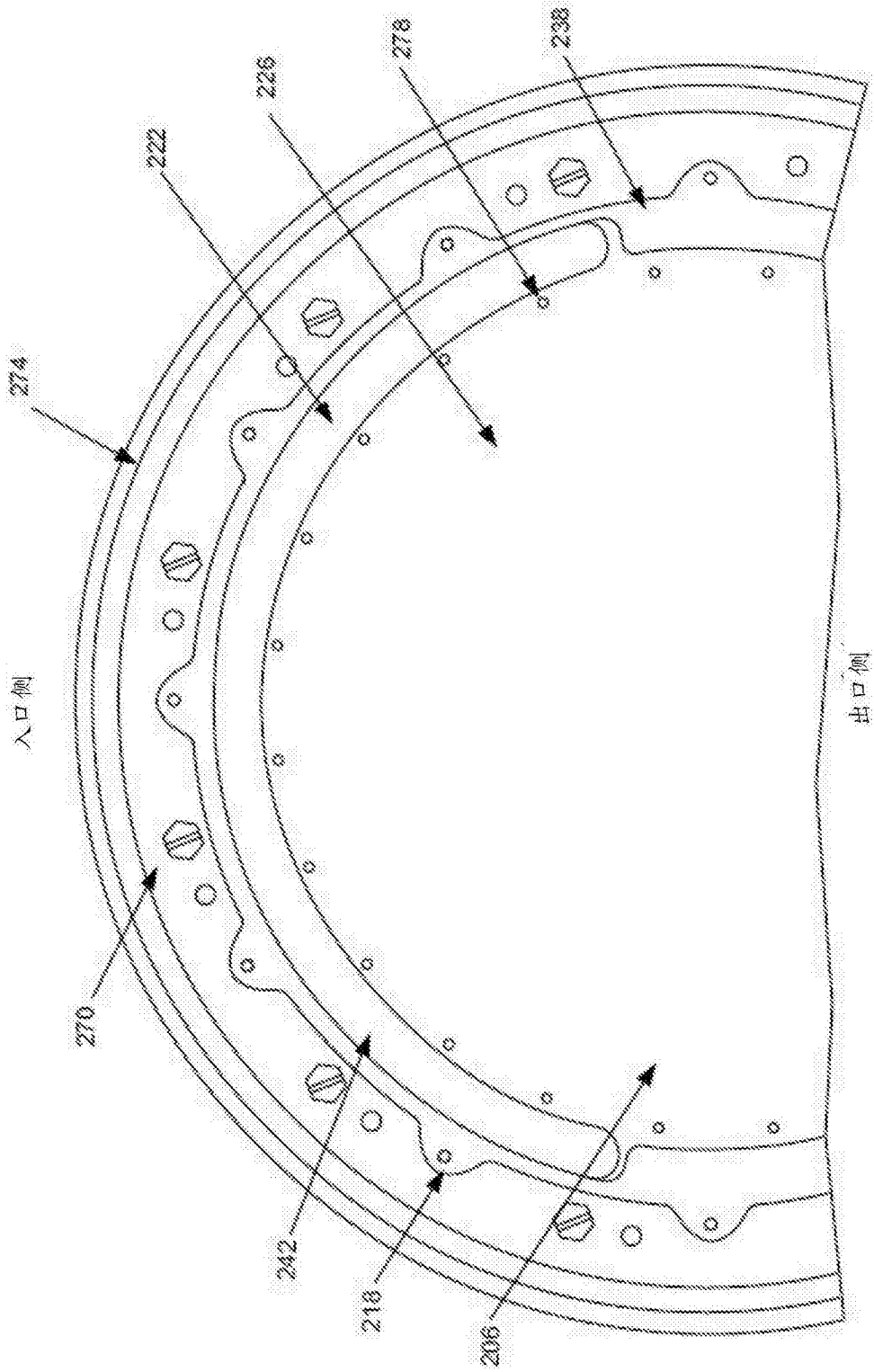


图6

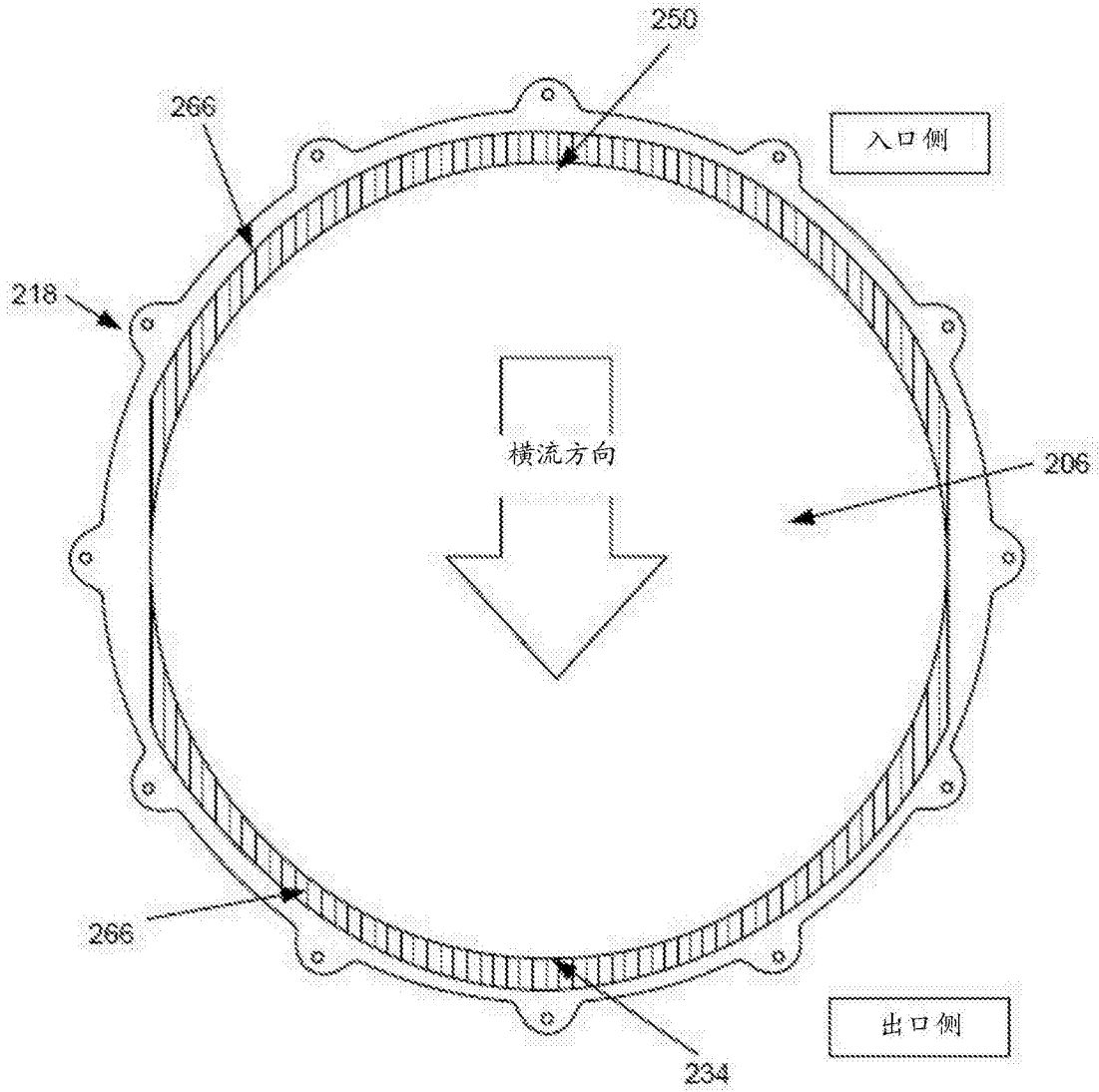


图7

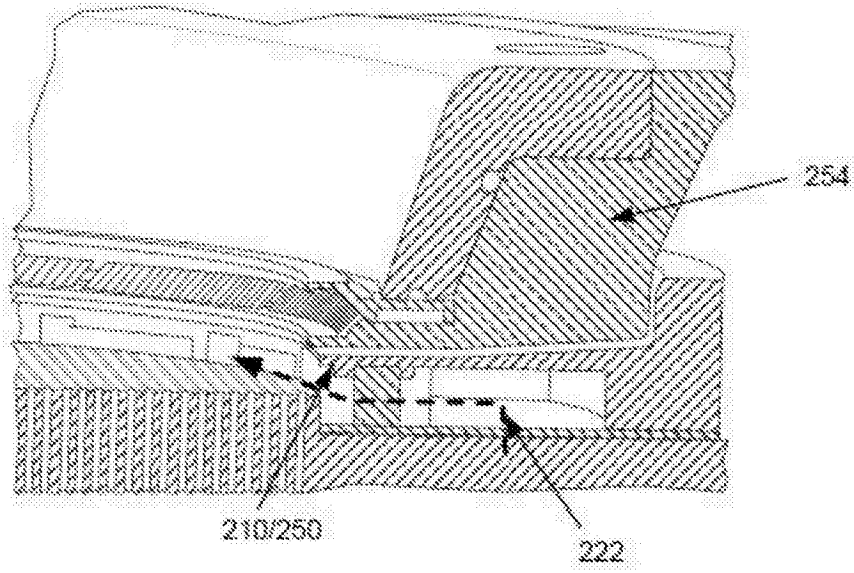


图8A

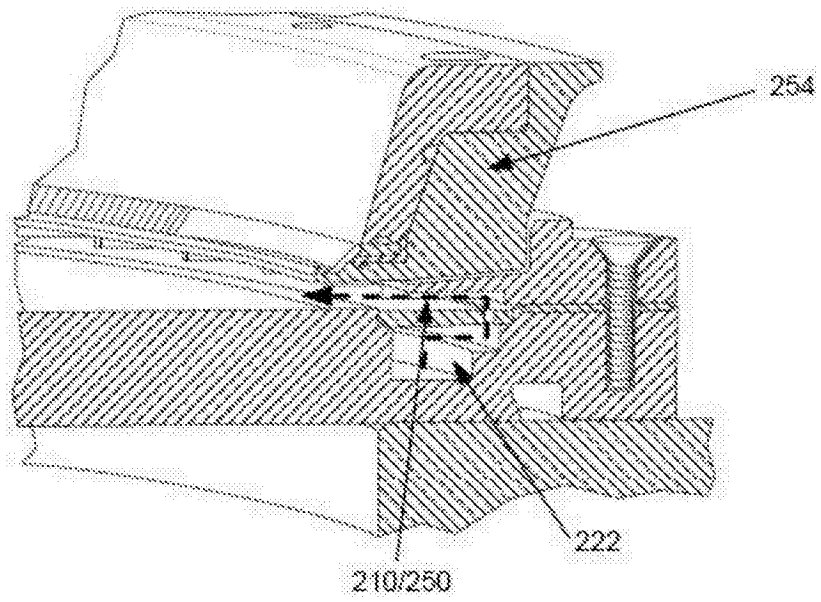


图8B

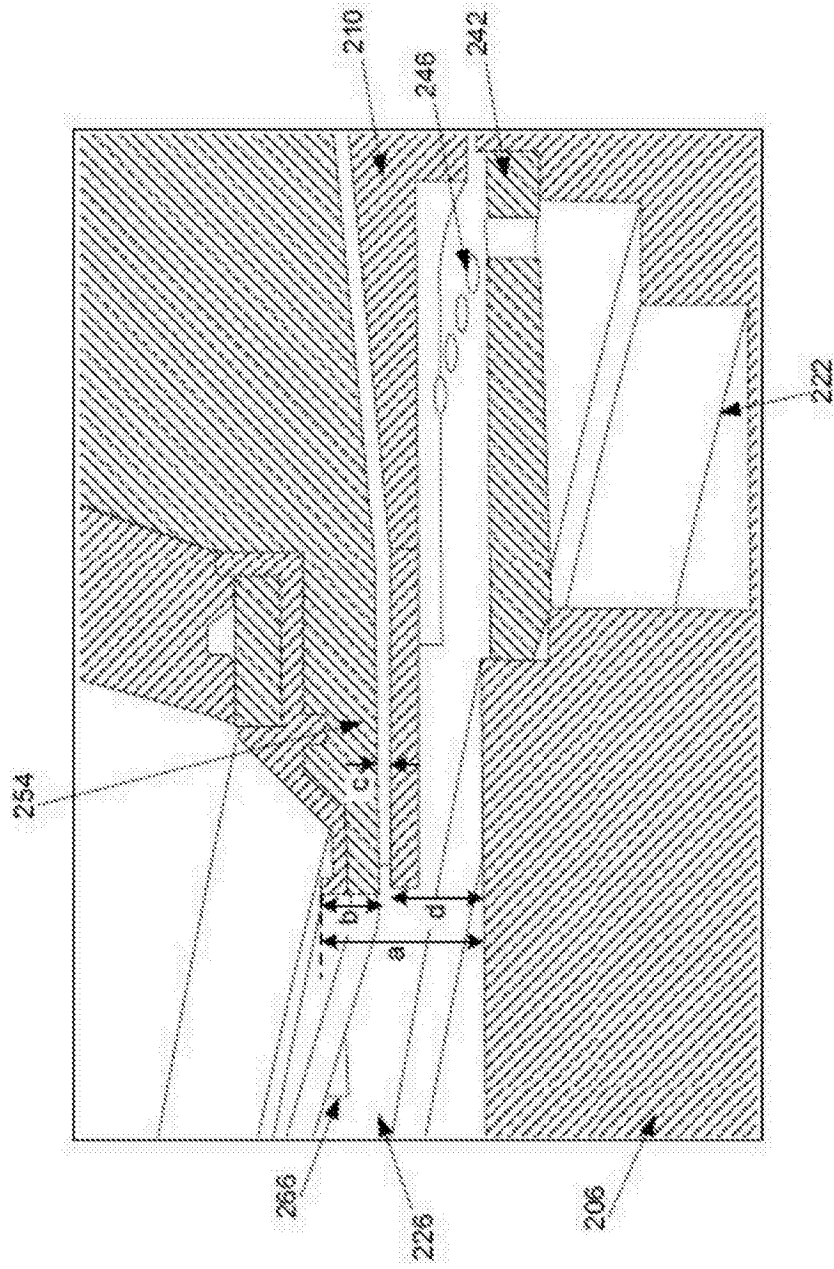


图9

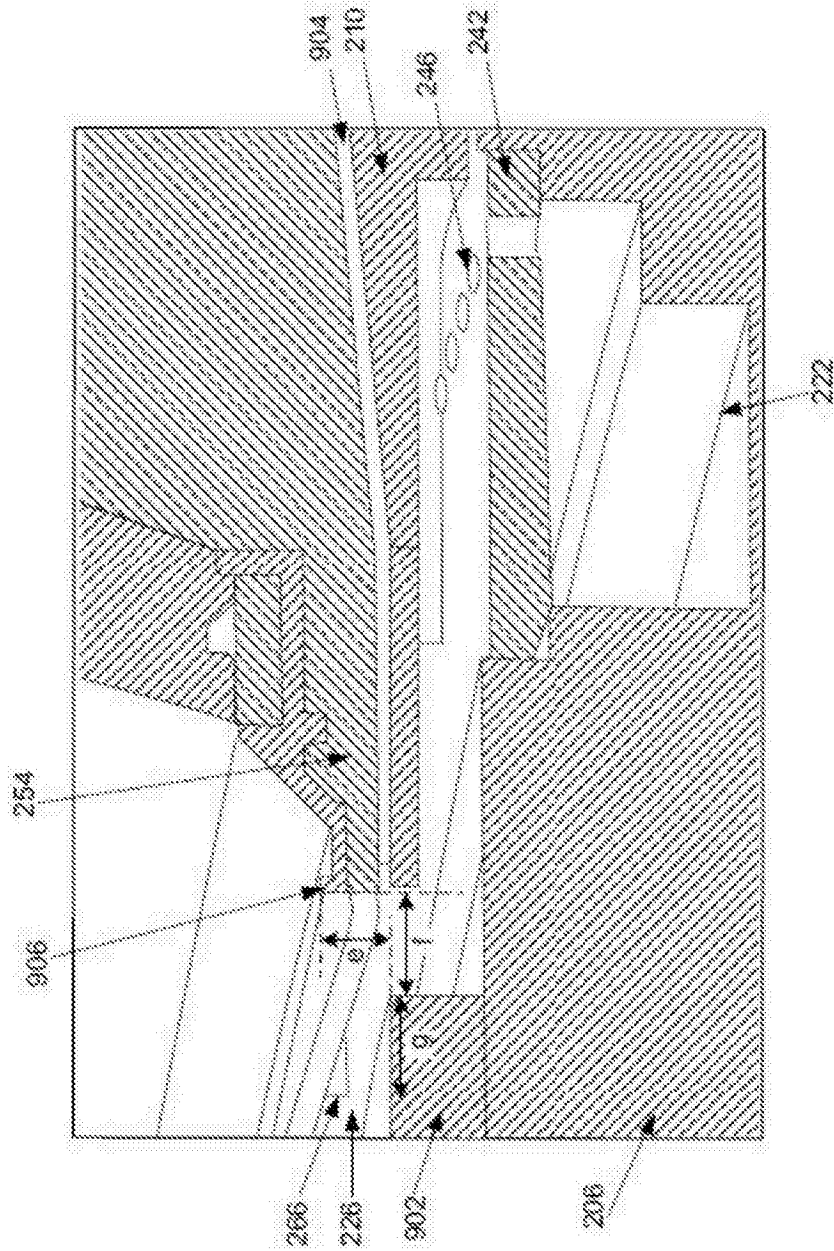


图10A

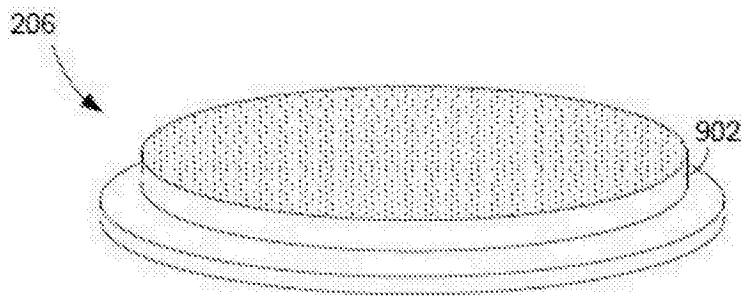


图10B

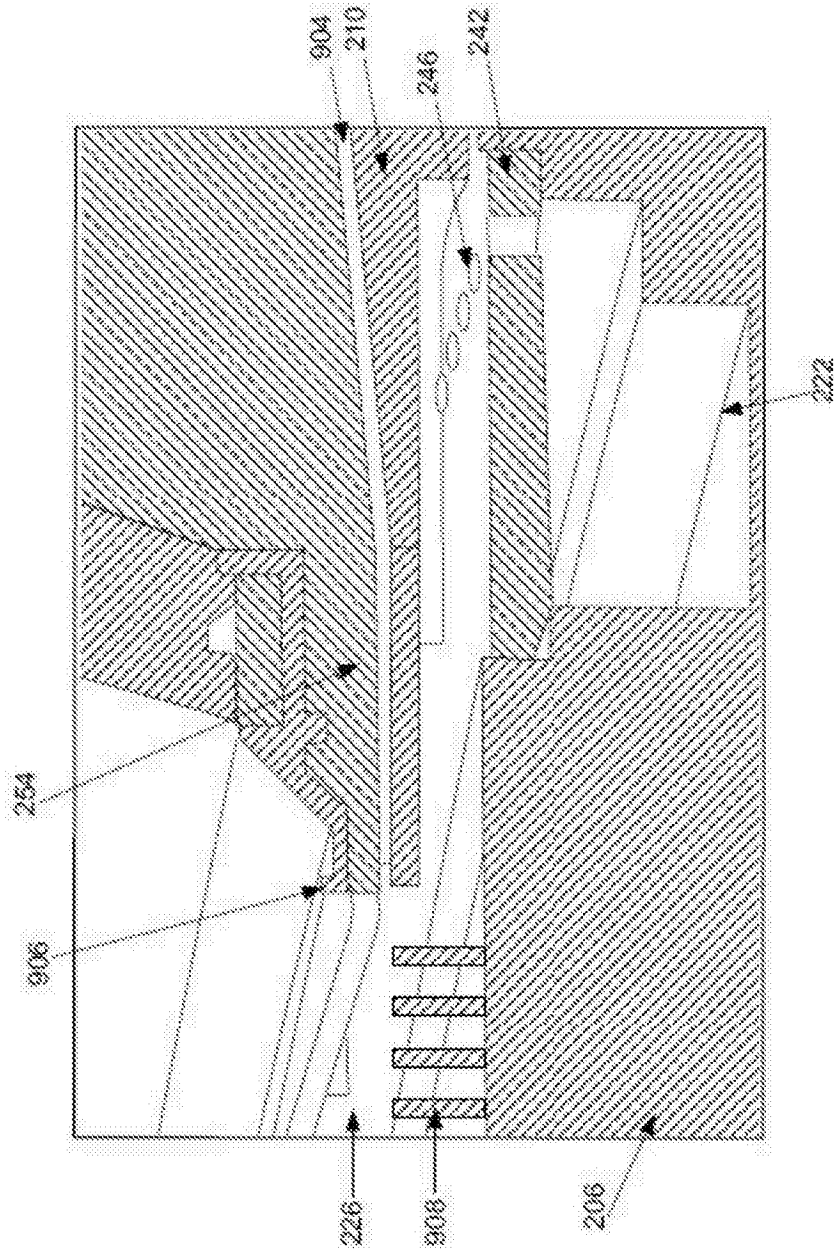


图11

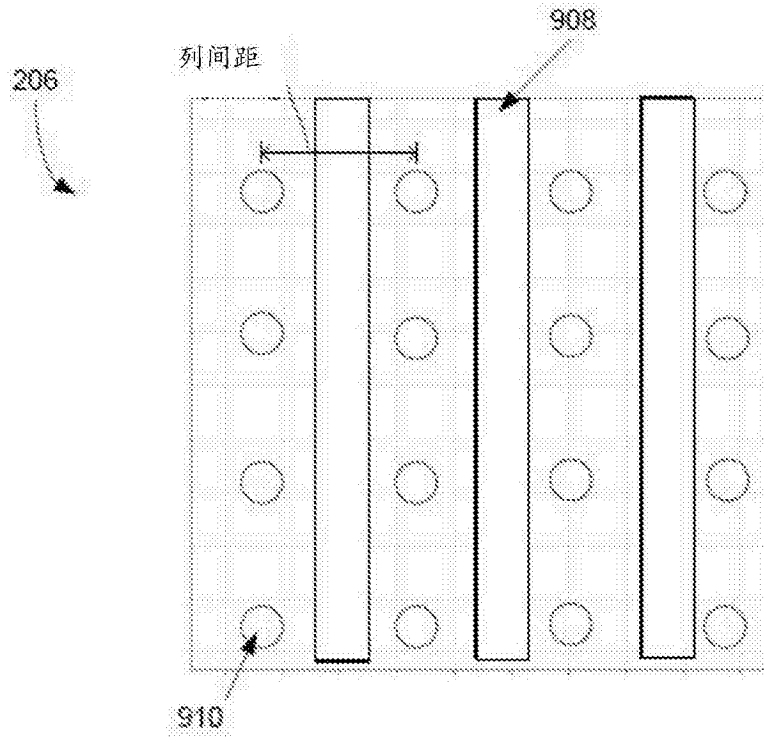


图12

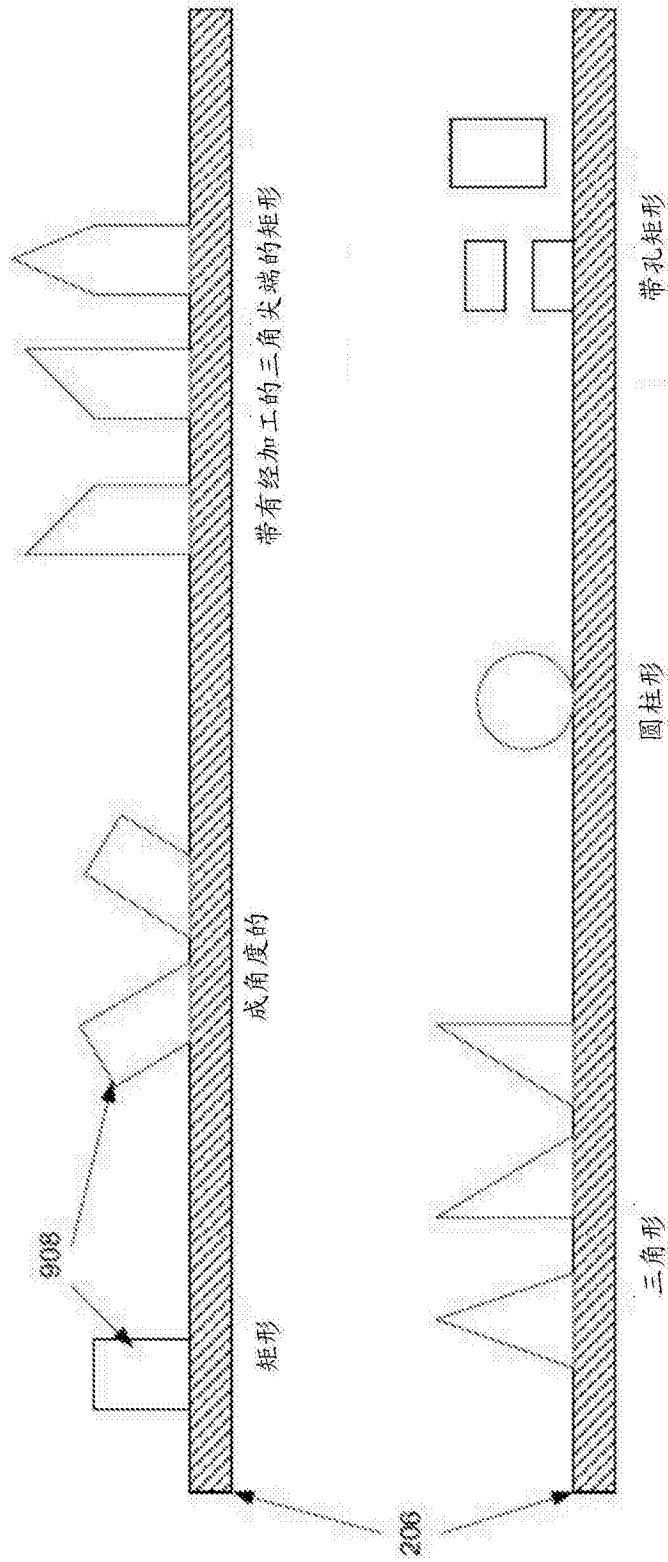


图13

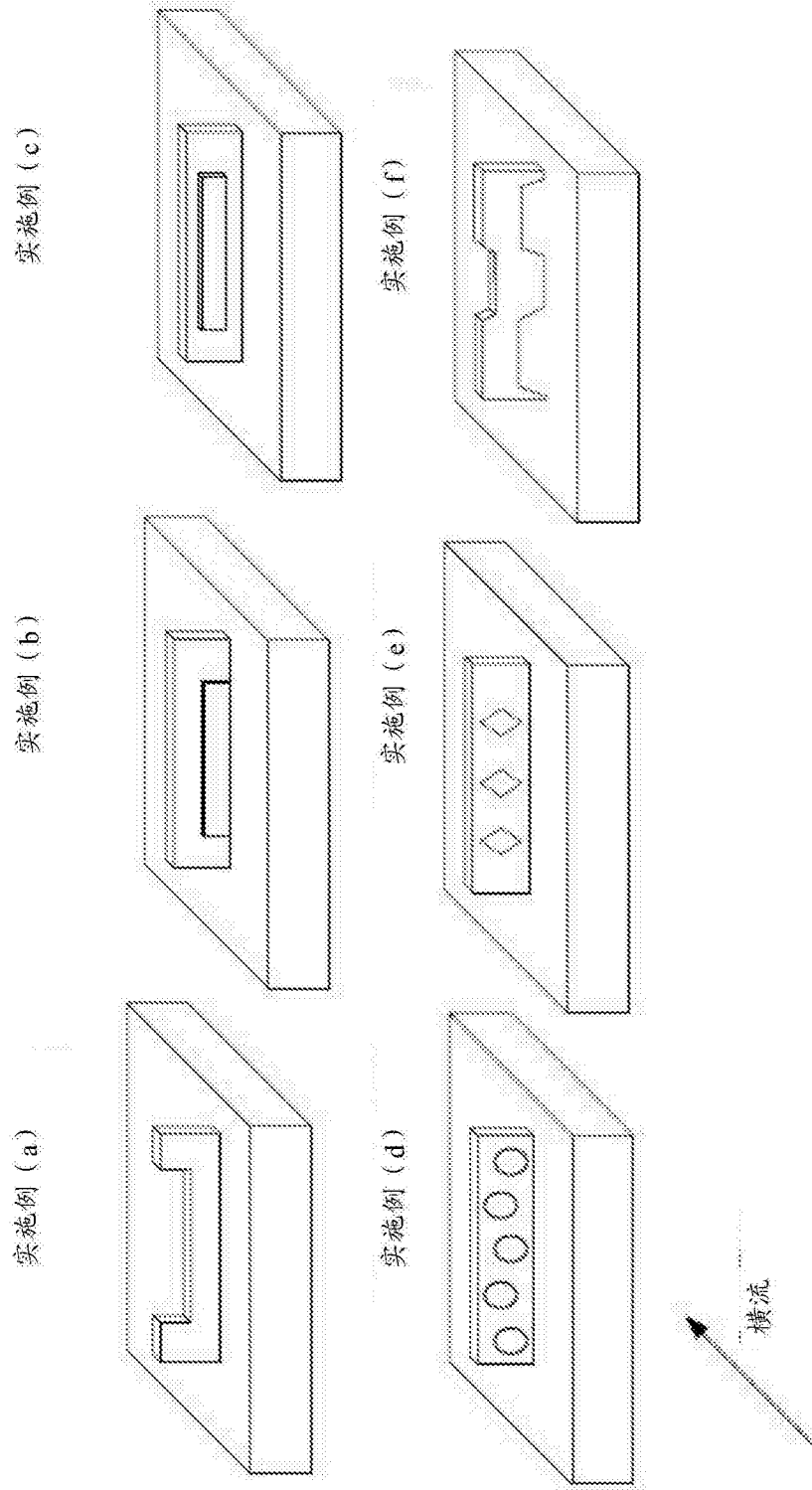


图14

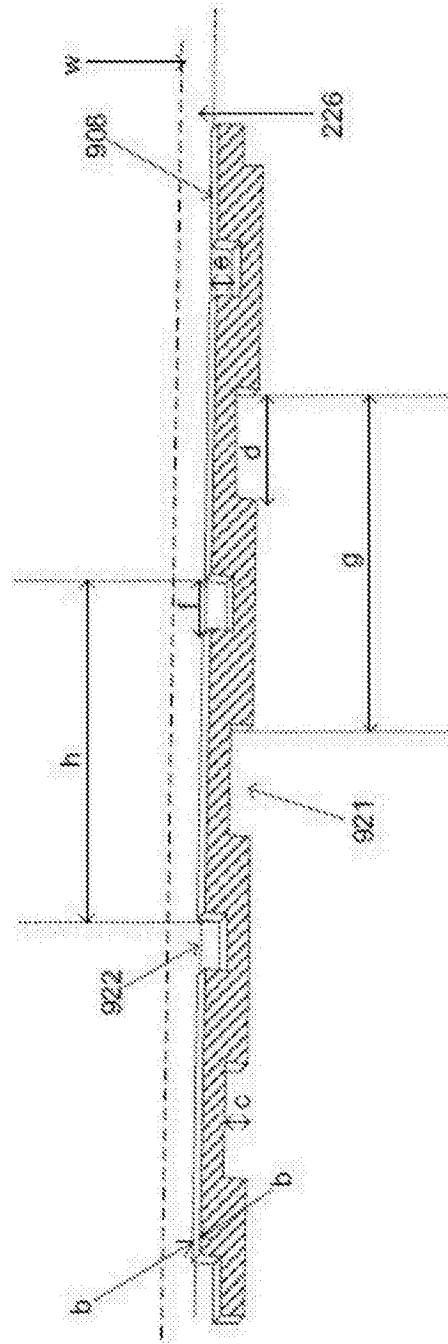


图15

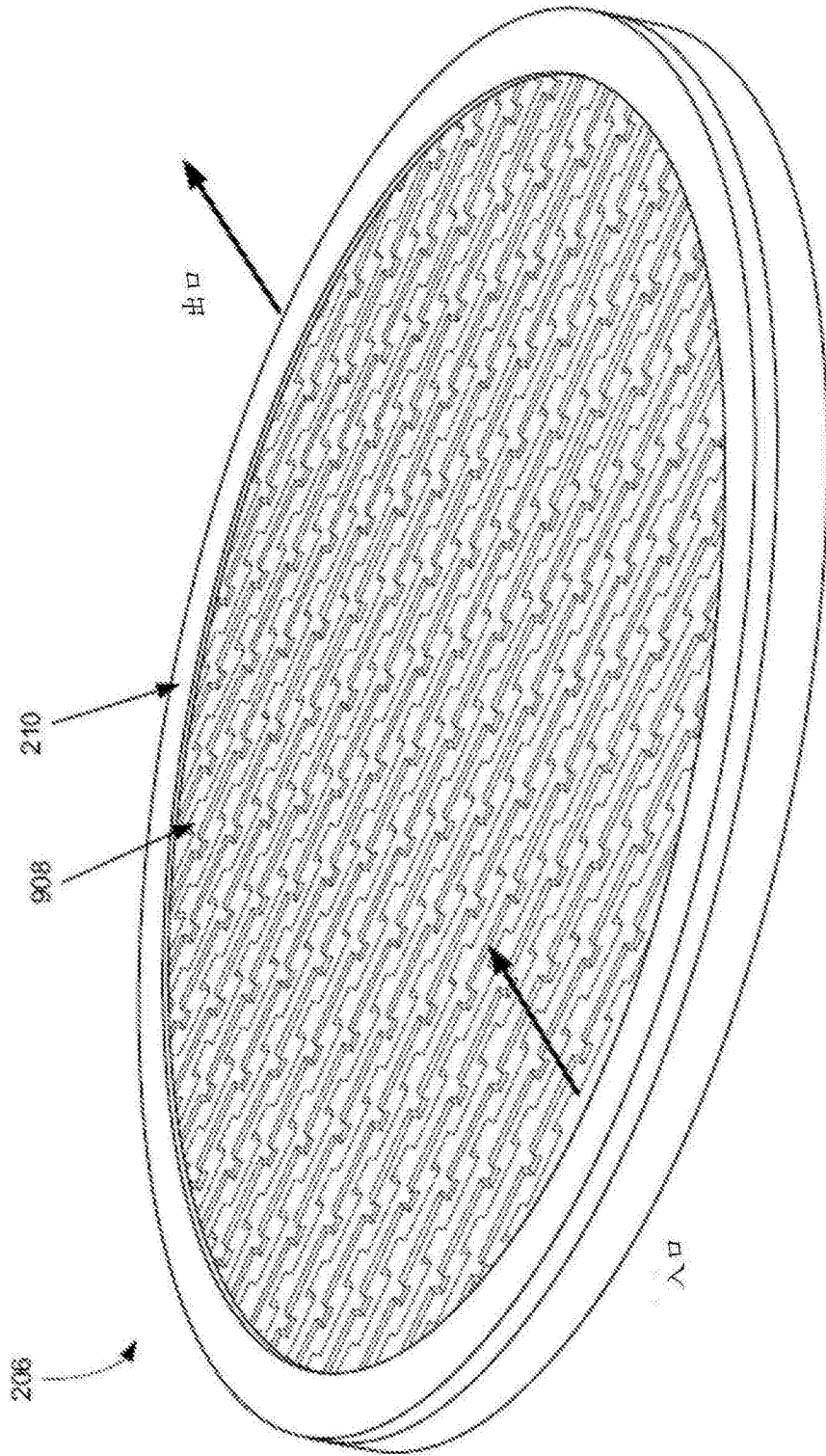


图16

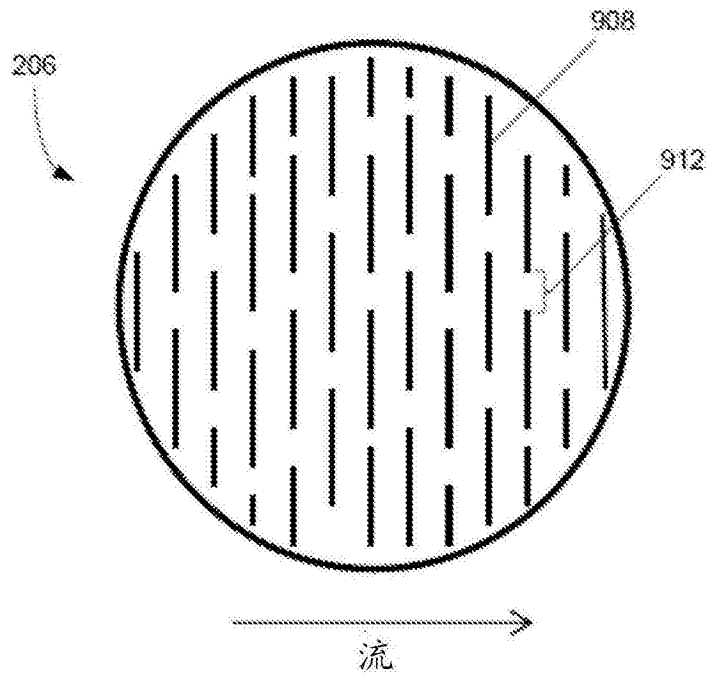


图17

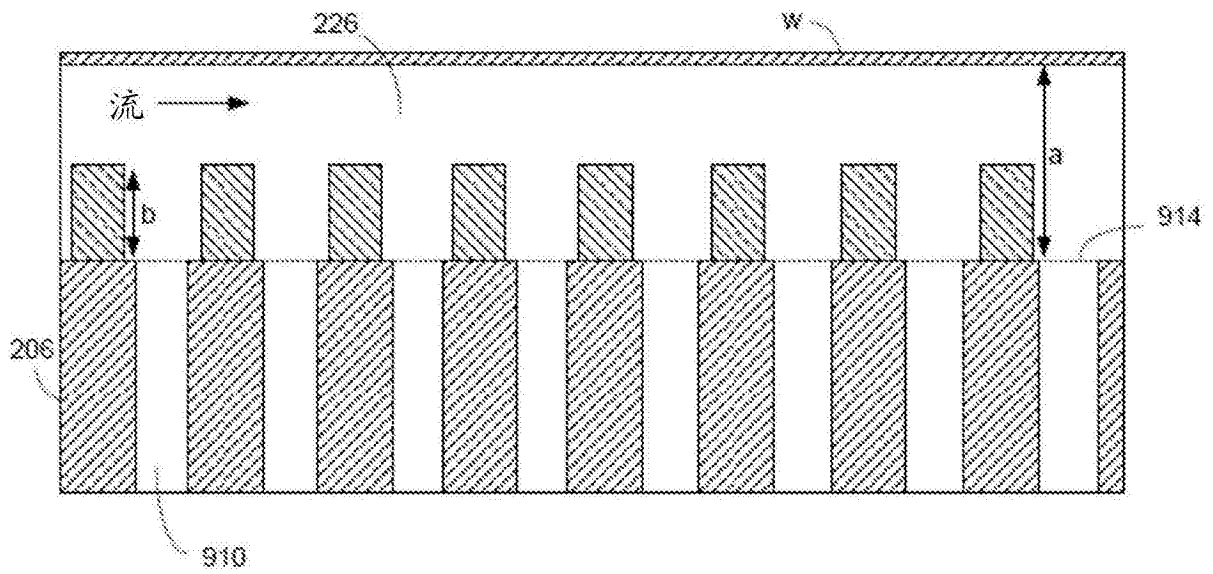


图18

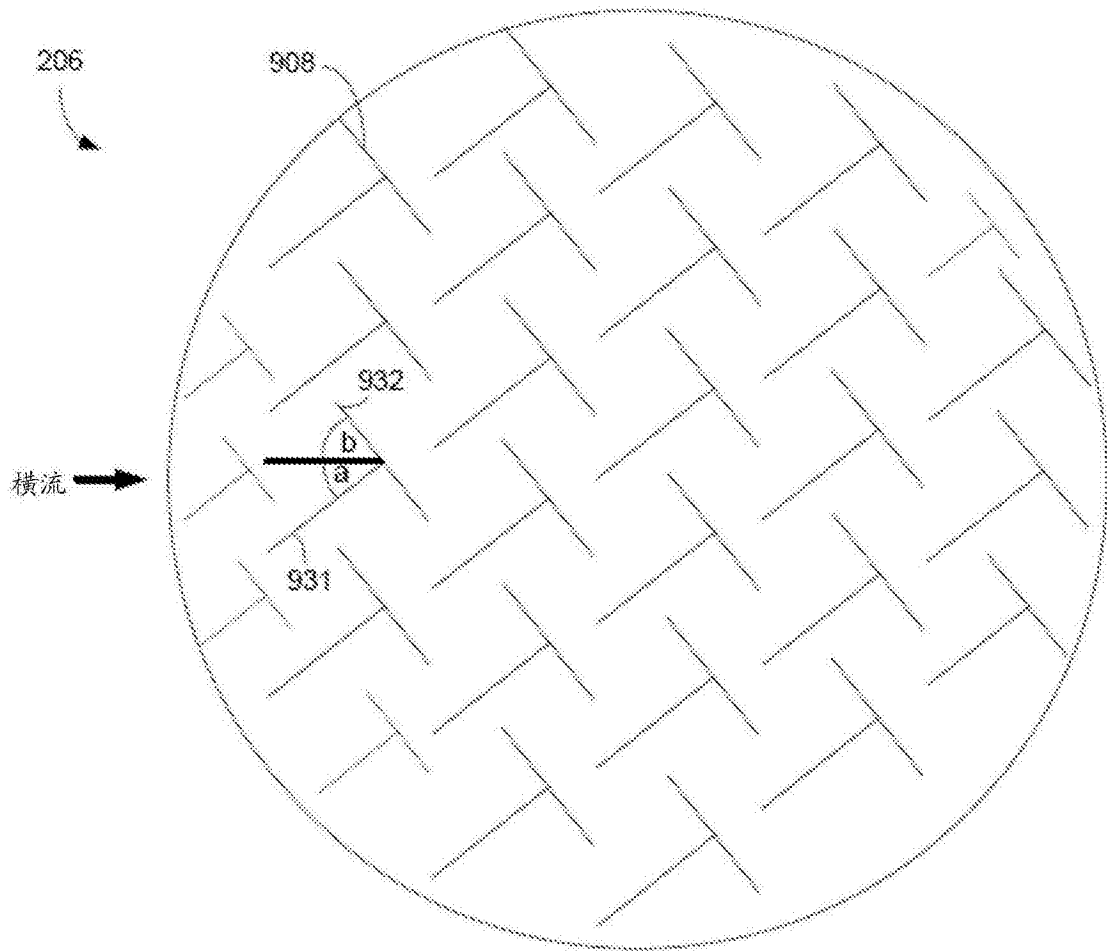


图19

度量标准	基线 CIRP		2.5mm 突出部 CIRP	
3D 厚度变化 ( $\frac{1}{2} \times 3\sigma$ )/AVG	2.4 $\mu\text{m}/\text{min}$	8.2%	2.4 $\mu\text{m}/\text{min}$	5.5%
	3.2 $\mu\text{m}/\text{min}$	8.7%	3.2 $\mu\text{m}/\text{min}$	6.7%
共面性 $\frac{1}{2} \times (\text{Max-Min})/\text{AVG}$	2.4 $\mu\text{m}/\text{min}$	6.1%	2.4 $\mu\text{m}/\text{min}$	6.0%
	3.2 $\mu\text{m}/\text{min}$	6.8%	3.2 $\mu\text{m}/\text{min}$	6.8%

图20