



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102732924 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201210098129. 1

C25D 21/12(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 04. 05

(30) 优先权数据

61/471, 624 2011. 04. 04 US

61/598, 054 2012. 02. 13 US

(71) 申请人 诺发系统有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 史蒂文·T·迈尔 戴维·W·波特

布赖恩·L·巴卡柳 罗伯特·拉什

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 沈锦华

(51) Int. Cl.

C25D 7/12(2006. 01)

C25D 5/00(2006. 01)

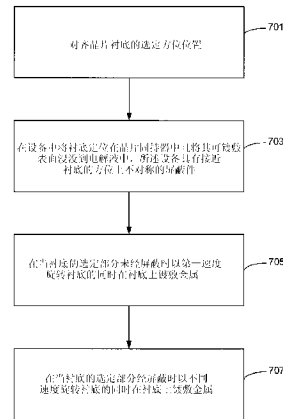
权利要求书 5 页 说明书 28 页 附图 15 页

(54) 发明名称

用于定制的统一性分布的电镀设备

(57) 摘要

本申请案涉及用于定制的统一性分布的电镀设备。在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法在一个方面中包含：将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中；以及在相对于屏蔽件旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属，使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量，与所述选定部分相比，所述第二部分具有相同的大小和相同的径向位置且驻留在不同的方位位置处。举例来说，在电镀期间，当所述衬底的所述选定部分经过所述经屏蔽区域时，可较慢或较快地旋转半导体晶片衬底。



1. 一种在经阴极性偏置的衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述设备包括阳极和固定的辅助方位上不对称的电极;以及

(b) 在旋转所述衬底的同时且在与所述衬底的所述旋转相关地将功率提供到所述辅助方位上不对称的电极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述辅助方位上不对称的电极以与所述衬底的第二部分不同的方式将镀敷电流转向和/或赠予到所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的方位角位置处。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极是C形的。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极是在方位电流界限结构中。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极容纳在单独腔室中,且来自所述辅助电极的镀敷电流的暴露在小于约120度的弧角度上穿过至少一个通道,所述至少一个通道将电流递送到单元的在所述衬底的外围附近的区中。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极经阴极性偏置且经配置以在电镀期间从所述衬底的不同方位位置转向不同量的镀敷电流。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极经阳极性偏置且经配置以在电镀期间对所述衬底的不同方位位置赠予不同量的镀敷电流。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极在电镀期间经阳极性和阴极性偏置,且经配置以从所述衬底上的第一方位位置转向镀敷电流和对所述衬底上的第二方位位置赠予镀敷电流。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述设备包括屏蔽件,所述屏蔽件在所有方位位置处屏蔽所述衬底的所述外围,且其中所述辅助方位上不对称的电极至少在所述衬底的完整旋转的时间的一部分期间经阳极性偏置,且经配置以对所述衬底上的所述选定方位位置赠予电流。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中所述辅助方位上不对称的电极与所述衬底之间的距离不大于所述衬底的半径的20%。

10. 一种在经阴极性偏置的衬底上电镀金属的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述设备包括位于所述衬底附近的辅助方位上不对称或多分段阳极;以及

(b) 在旋转所述衬底的同时且在以大体上恒定电平将功率提供到所述辅助方位上不对称的阳极以对所述衬底赠予电流的同时在所述衬底上电镀所述金属。

11. 一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,所述设备包括:

(a) 镀敷腔室,其经配置以包含电解液、阳极和方位上不对称的辅助电极;

(b) 衬底固持器,其经配置以固持所述衬底;以及

(c) 控制器,其包括用于进行如下操作的程序指令:在旋转所述衬底的同时且在与所述衬底的所述旋转相关地将功率提供到所述辅助方位上不对称的电极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述辅助方位上不对称的电极以与所述衬底的第二部分不同的方式

将镀敷电流转向和 / 或赠予到所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

12. 一种系统,其包括根据权利要求 11 所述的设备和步进器。

13. 一种非暂时计算机机器可读媒体,其包括用于控制电镀设备的程序指令,所述程序指令包括用于进行如下操作的代码:在旋转衬底的同时且在与所述衬底的所述旋转相关地将功率提供到辅助方位上不对称的电极的同时在所述衬底上电镀金属,使得所述辅助方位上不对称的电极以与所述衬底的第二部分不同的方式将镀敷电流转向和 / 或赠予到所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

14. 根据权利要求 1 或权利要求 19 所述的方法,其进一步包括以下步骤:

将光致抗蚀剂施加到所述衬底;

使所述光致抗蚀剂暴露于光;

图案化所述抗蚀剂且将所述图案转印到工件;

以及从所述工件选择性地移除所述光致抗蚀剂。

15. 一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,所述设备包括:

(a) 镀敷腔室,其经配置以包含电解液;

(b) 衬底固持器,其经配置以在电镀期间固持和旋转所述衬底;

(c) 阳极;以及

(d) 方位上不对称的辅助电极,其经配置以在电镀期间经阳极性和阴极性偏置。

16. 一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,所述设备包括:

(a) 镀敷腔室,其经配置以包含电解液;

(b) 衬底固持器,其经配置以在电镀期间固持和旋转所述衬底;

(c) 阳极;

(d) 屏蔽件,其经配置以屏蔽所述衬底的外围处的电流;以及

(e) 方位上不对称的辅助阳极,其经配置以对所述衬底的在所述衬底上的选定方位位置处的经屏蔽外围赠予电流。

17. 一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,所述设备包括:

(a) 镀敷腔室,其经配置以包含电解液;

(b) 衬底固持器,其经配置以在电镀期间固持和旋转所述衬底;

(c) 阳极;以及

(d) 经配置以在电镀期间经阳极性和阴极性偏置的多分段辅助电极,或多分段辅助阳极。

18. 一种在经阴极性偏置的衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述设备包括第一阳极和多分段辅助阳极或经配置以充当辅助阳极和辅助阴极两者的多分段辅助电极;以及

(b) 在旋转所述衬底的同时且在与所述衬底的所述旋转相关地将功率提供到所述多分

段辅助阳极或所述多分段辅助电极的若干片段的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述阳极以与所述衬底的第二部分不同的电平对所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分赠予镀敷电流,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处,或使得所述辅助电极对所述第一部分赠予电流且从所述第二部分转向所述电流。

19. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中;以及

(b) 在相对于屏蔽件旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中 (b) 包括当所述衬底的所述选定部分经较少屏蔽时以第一速度且当所述衬底的所述选定部分经较多屏蔽时以第二速度旋转所述衬底,其中所述衬底的一个完整旋转包括所述第一速度下的第一旋转周期和所述第二速度下的第二旋转周期。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中所述第二速度低于所述第一速度。

22. 根据权利要求 20 所述的方法,其中所述第一速度为至少约 20rpm,所述第二速度小于约 10rpm,且其中所述衬底进行至少约 5 个可变速度完整旋转。

23. 根据权利要求 19 所述的方法,其中 (b) 包括以恒定速度双向地旋转所述衬底。

24. 根据权利要求 19 所述的方法,其中所述衬底的所述选定部分包括邻近于晶片缺口、晶片平坦部或一组方位上缺失特征的区域。

25. 根据权利要求 19 所述的方法,其中所述屏蔽件与所述衬底的可镀敷表面之间的距离不大于所述衬底的半径的约 0.1 倍。

26. 根据权利要求 19 所述的方法,其中所述屏蔽件与所述衬底的所述可镀敷表面之间的所述距离不大于约 4mm。

27. 根据权利要求 1 或权利要求 19 所述的方法,其进一步包括在 (a) 之前对齐所述衬底的所述选定部分的位置。

28. 根据权利要求 1 或权利要求 19 所述的方法,其中所述电镀包括在 TSV 或 WLP 处理期间填充凹入特征。

29. 根据权利要求 1 或权利要求 19 所述的方法,其中所述电镀设备进一步包括具有平坦表面的离子电阻性离子可渗透元件,在电镀期间所述平坦表面大体上平行于所述衬底的镀敷面且与所述镀敷面分离约 10 毫米或 10 毫米以下的距离,其中所述元件具有多个非连通孔。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,其中所述屏蔽件是掩蔽流成形元件的孔中的一些孔的方位上不对称的屏蔽件,或其中所述屏蔽件是具有方位上不对称的孔分布的离子电阻性离子可渗透元件。

31. 一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,所述设备包括:

(a) 镀敷腔室,其经配置以包含电解液和屏蔽件;

(b) 衬底固持器,其经配置以固持所述衬底;以及

(c) 控制器,其包括用于进行如下操作的程序指令:在相对于所述屏蔽件旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

32. 一种系统,其包括根据权利要求 31 所述的设备和步进器。

33. 一种非暂时计算机机器可读媒体,其包括用于控制电镀设备的程序指令,所述程序指令包括用于进行如下操作的代码:在相对于屏蔽件旋转衬底的同时在所述衬底上电镀金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

34. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向和/或赠予电流的多分段辅助电极;以及

(b) 在相对于所述固定的多分段辅助电极旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述辅助电极的片段的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的径向位置且驻留在不同的角方位位置处,且其中所述辅助电极的至少一个片段以与另一片段不同的方式转向和/或赠予镀敷电流。

35. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向和/或赠予电流的方位上不对称的辅助电极;以及

(b) 在相对于所述方位上不对称的辅助电极旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述方位上不对称的辅助电极的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

36. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转多分段窃流阴极;以及

(b) 在以相同速度旋转所述衬底和所述窃流阴极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述窃流阴极的片段的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

37. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转方位上不对称的窃流阴极;以及

(b) 在以相同速度旋转所述衬底和所述窃流阴极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述窃流阴极的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平

均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

38. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转多分段辅助阳极或经配置以充当阳极和阴极的可旋转多分段辅助电极;以及

(b) 在以相同速度旋转所述衬底和所述多分段辅助阳极或所述多分段辅助电极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述阳极或所述电极的片段的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

39. 一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,所述方法包括:

(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转方位上不对称的阳极或经配置以在电镀期间转向和赠予电流的可旋转方位上不对称的阳极/阴极;以及

(b) 在以相同速度旋转所述衬底和所述阳极或阳极/阴极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述阳极或所述阳极/阴极的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

40. 根据权利要求 1 或权利要求 19 所述的方法,其进一步包括:

在电镀期间旋转已移除一片段的具有大体环形主体的屏蔽件,其中所述屏蔽件定位于所述晶片的靠近附近,且其中所述旋转未与晶片旋转同步,且其中所述旋转优化所述衬底附近的电解液流。

## 用于定制的均匀性分布的电镀设备

### [0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案根据 35U. S. C. § 119(e) 主张 2011 年 4 月 4 日申请的第 61/471,624 号和 2012 年 2 月 13 日申请的第 61/598,054 号美国临时专利申请案的优先权权益,以上美国临时专利申请案以引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本发明大体上涉及用于在半导体晶片上电镀金属层的方法和设备。更特定来说,本文描述的方法和设备有用于控制镀敷均匀性。

### 背景技术

[0004] 在集成电路 (IC) 制造中从铝到铜的转变需要工艺改变“架构”(用以镶嵌和双镶嵌)以及全新的一组工艺技术。在生产铜镶嵌电路中使用的一个工艺步骤是形成“晶种”或“击打”层,其随后用作在其上电镀(“电填充”)铜的基底层。晶种层将电镀敷电流从晶片的边缘区(形成电接触的地方)载运到位于整个晶片表面上的所有沟槽和通孔结构。晶种膜通常是薄导电铜层。其通过势垒层与绝缘二氧化硅或其它电介质分离。晶种层沉积工艺应产生具有良好的总体粘合性、优良的台阶覆盖(更特定来说,沉积到嵌入结构的侧壁上的金属的保形/连续量)以及嵌入特征的顶部的最小闭合或“颈缩”的层。

[0005] 日益变小的特征和替代的引晶工艺的市场趋势驱动了对在日益变薄的引晶晶片上以高度的均匀性进行镀敷的能力的需要。在未来,预期晶种膜可简单地由可镀敷的势垒膜(例如,钌)构成,或由非常薄的势垒和铜的双层(例如通过原子层沉积(ALD)或类似工艺沉积)构成。这些膜给工程师带来极端的终端效应情形。举例来说,当将 3 安培总电流均匀地驱动到 30 欧姆/平方钌晶种层(对于 30-50Å 膜的可能值)中时,金属中的所得的中心到边缘(径向)电压降将超过 2 伏特。为了有效地镀敷大的表面区域,镀敷加工形成仅到晶片衬底的边缘区中的导电晶种的电接触。不存在与衬底的中心区形成的直接接触。因此,对于高电阻性晶种层,层的边缘处的电位显著大于层的中心区处的电位。在没有电阻和电压补偿的适当手段的情况下,此大的边缘到中心电压降可导致极端不均匀的镀敷速率和不均匀的镀敷厚度分布,其主要特征在于在晶片边缘处的较厚镀敷。此镀敷不均匀性是径向不均匀性,即,沿着圆形晶片的半径的均匀性变化。

[0006] 需要缓解的另一类型的不均匀性是方位不均匀性。为了清楚起见,我们使用极坐标将方位不均匀性定义为在距晶片中心的固定径向位置处在工件上的不同角位置处展现的厚度变化,即,沿着晶片的周边内的给定圆或圆的一部分的不均匀性。此类型的不均匀性可独立于径向不均匀性而存在于电镀应用中,且在一些应用中可为需要控制的主要类型的不均匀性。其常常出现在穿抗蚀剂镀敷中,其中晶片的主要部分是以光致抗蚀剂涂层或类似的防镀敷层来遮蔽,且特征的经遮蔽图案或特征密度在晶片边缘附近不是方位上均匀的。举例来说,在一些情况下,可能存在对晶片的缺口附近的缺失图案特征的技术上要求的弦区以允许晶片编号或处理。在缺失区内的径向上和方位上可变的镀敷速率可引起芯片裸

片不工作,因此需要用于避免此情形的方法和设备。

[0007] 当前已准备好电化学沉积来满足对复杂的封装和多芯片互连技术的商业需要,所述技术通常称为晶片级封装(WLP)和穿硅通孔(TSV)电连接技术。这些技术带来其自身的非常显著的挑战。

[0008] 这些技术需要在比镶嵌应用显著更大的大小尺度上进行电镀。取决于封装特征的类型和应用(例如,穿芯片连接 TSV、互连再分布布线,或芯片到板或芯片接合,例如倒装芯片柱),在当前技术中,镀敷特征通常直径大于约 2 微米且通常直径为 5 到 100 微米(举例来说,柱可为约 50 微米)。对于例如电力总线等一些芯片上结构,待镀敷特征可能大于 100 微米。WLP 特征的纵横比通常为约 2 : 1(高度比宽度)或更小,更通常为 1 : 1 或更小,而 TSV 结构可具有非常高的纵横比(例如,在约 10 : 1 或 20 : 1 附近)。

[0009] 给定相对大的量的待沉积材料,不仅特征大小,而且镀敷速度也使 WLP 和 TSV 应用区别于镶嵌应用。对于许多 WLP 应用,镀敷必须以至少约 2 微米 / 分钟且通常至少约 4 微米 / 分钟且对于一些应用至少约 7 微米 / 分钟的速率来填充特征。实际速率将取决于正沉积的特定金属而变化。但在这些较高镀敷速率体系下,电解液中的金属离子向镀敷表面的有效质量转移是非常重要的。较高的镀敷速率关于电沉积层的均匀性带来挑战。

## 发明内容

[0010] 描述用于控制镀敷均匀性、尤其是方位不均匀性、径向不均匀性或两者的方法和设备。本文描述的设备和方法可用于多种衬底上的电镀,包含具有 TSV 或 WLP 凹入特征的半导体晶片衬底。

[0011] 在一些实施例中,提供一种用于电镀不对称镀敷工件(包含几何上对称的工件衬底,其待镀敷的暴露区域是不对称的,例如具有方位上不均匀图案化的晶片)的方法。不对称性不仅指代衬底的纯几何不对称性(例如,存在缺口或沿着弦切割的平坦区),而且指代衬底上的特征内的不对称性,这可导致镀敷期间不希望的离子电流积聚,且导致晶片的某些方位区处的增加的镀敷。举例来说,在一些实施例中,在具有缺失裸片的衬底上执行电镀。此衬底上的电镀导致在邻近于外围处的方位可变图案化不连续性的区域(例如,具有缺失特征和缺失裸片的区)中的电流积聚,且因此导致此区中的镀敷不均匀性。

[0012] 在一些实施例中,提供的方法和设备采用方位上不对称的屏蔽件,所述屏蔽件在径向位置中的至少一者处在某些方位(角)位置处比在其它方位(角)位置处以更大程度提供对镀敷(离子)电流的屏蔽。

[0013] 在一些实施例中,提供的方法和设备采用方位上不对称的辅助电极,所述电极经配置以转向镀敷电流(辅助阴极或窃流件)、赠予镀敷电流(辅助阳极)或在不同时间点赠予和转向电流(称为阳极/阴极),其中所述电极经成形或界限以便优先于其它位置而主要在某些方位(角)位置处以更大程度修改电流。

[0014] 方位上不对称的电极的实例是 C 形电极(阴极、阳极或阳极/阴极)。C 形电极在一些实施例中位于相对靠近晶片衬底处(例如,在不大于晶片半径的 0.2 倍的距离内),且电连接到电源和控制器,所述电源和控制器在一些实施例中使得 C 形电极与晶片的旋转相关地被供能。在一些实施例中,C 形电极的主体优选地具有小于约 120 度(例如小于约 90 度)的弧长。



[0015] 在一个方面中,提供的方法和设备采用方位上不对称的屏蔽件和 / 或方位上不对称的辅助电极和 / 或多分段辅助电极,其中调整晶片的旋转以使得晶片的不同角(方位)位置在经屏蔽区域中或在接近辅助电极或其片段的区域中具有不同的停留时间。

[0016] 因此,举例来说,缺失裸片区域在相对较多经屏蔽区域中平均花费的时间可大于晶片的在不同角(方位)位置处但具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置的同等部分。

[0017] 在另一方面中,提供的方法和设备采用方位上不对称的辅助电极和 / 或多分段辅助电极,其中与晶片的旋转相关地对电极供能,使得晶片的不同角(方位)位置暴露于由辅助电极(或电极片段)赠予和 / 或转向的不同量的镀敷电流。

[0018] 举例来说,可与旋转的晶片相关地对 C 形辅助电极供能,例如当晶片的缺失裸片区经过 C 形电极附近时,可以第一电平对电极供能(例如,以在第一电平下转向电流),而在晶片旋转的过程期间在晶片的其它方位(角)位置经过其附近时,以不同电平对其供能、或不对其供能或对其供能以具有相反极性。术语角位置和方位位置是同义的且可互换使用。

[0019] 应了解,本文描述的所有次要或辅助电极功能性可作为阳极、阴极或两者来操作。阳极可为惰性阳极或尺寸上稳定的阳极,例如产生氧气,或者其可为金属阳极,产生金属离子。阴极可在其上具有金属镀敷,或可经历另一阴极反应,例如氢演变(例如,如果从电极的表面排除可镀敷的金属离子)。在一些实施例中,电极可组合上述过程中的两者或两者以上,从而在晶片镀敷循环期间在时间上改变(阳极 / 阴极)。因此,虽然通过窃流阴极来例示本文描述的一些实施例,但应了解,所有这些实施例可不仅与窃流阴极一起使用,而且与其它类型的辅助电极一起使用,包含阳极(经配置以用于赠予镀敷电流的经正性偏置的电极)和阳极 / 阴极(可按需要在不同时间点经负性和正性偏置的电极)。可连续地或在晶片旋转的某个部分中对辅助电极供能。

[0020] 此外,虽然关于所描述方法中的每一者可能未提到,但优选地,每一方法包含在电镀之前的操作,其中对齐(例如,通过光学装置)衬底的所需方位位置,使得此位置已知,且使得设备可经编程以便提供在电镀过程期间针对此特定位置(或针对驻留在距已知位置某一角度处的不同位置)的适当镀敷电流校正。只要直到电镀的时刻所记录的位置保持已知,便可在电镀设备中或在不同设备中执行选定角位置(例如,缺口)的对齐。

[0021] 在一个方面中,一种在经阴极性偏置的衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述设备包括阳极和固定的辅助方位上不对称的电极;以及在旋转所述衬底的同时且在与所述衬底的旋转相关地将功率提供到所述辅助方位上不对称的电极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述辅助方位上不对称的电极以与所述衬底的第二部分不同的方式将镀敷电流转向和 / 或赠予到所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的方位角位置处。

[0022] 应了解,可通过控制来自电连接到辅助电极的电源的电流、电压或其组合来实现将所需功率提供到辅助电极。可对辅助电极供能以使得当选定方位位置经过其附近时将不同电流施加到所述辅助电极,而当晶片的其它角位置经过其附近时可通过不同的电流电平对辅助电极供能、完全不对其供能或以不同极性对其供能。通常,在晶片的一个完整旋转期

间,辅助电极经过至少两个不同状态(例如,由不同的电流电平供能、以不同极性供能或经供能/未经供能状态)。

[0023] 在一些实施例中,所述方位上不对称的电极是C形的。在一些实施例中,电极可驻留在方位电流界限结构中。如果界限结构提供接近C形的镀敷电流暴露(例如,通过狭槽或一系列开口),那么辅助电极自身可具有多种形状,因为辅助电极对镀敷电流的修改将由通过界限结构产生的暴露来控制。在一些实施例中,辅助方位上不对称的电极容纳在单独腔室中,且来自所述辅助电极的镀敷电流的暴露是在小于约120度的弧角度上穿过至少一个通道,所述至少一个通道将电流递送到单元的在所述衬底的外围附近的区中。

[0024] 在一些实施例中,所述辅助方位上不对称的电极经阴极性偏置且经配置以在电镀期间从所述衬底的不同方位位置转向不同量的镀敷电流。举例来说,在晶片的一个完整旋转期间,电极可接受第一电平的阴极电流(当旋转晶片的选定角位置经过其附近时)且随后接受不同(较低或较高)电平的电流(当不同角位置经过其附近时)。在另一实例中,在晶片的一个完整旋转期间,电极可接受第一电平的阴极电流(当旋转晶片的选定角位置经过其附近时)且随后可保持未经供能(当不同角位置经过其附近时)。

[0025] 在其它实施例中,所述辅助方位上不对称的电极经阳极性偏置且经配置以在电镀期间对所述衬底的不同方位位置赠予不同量的镀敷电流。举例来说,在晶片的一个完整旋转期间,电极可接受第一电平的阳极电流(当旋转晶片的选定角位置经过其附近时)且随后接受不同(较低或较高)电平的电流(当不同角位置经过其附近时)。在另一实例中,在晶片的一个完整旋转期间,电极可接受第一电平的阳极电流(当旋转晶片的选定角位置经过其附近时)且随后可保持未经供能(当不同角位置经过其附近时)。

[0026] 在其它实施例中,所述辅助方位上不对称的电极在电镀期间经阳极性和阴极性偏置,且经配置以从所述衬底上的第一方位位置转向镀敷电流和对所述衬底上的第二方位位置赠予镀敷电流。举例来说,在晶片的一个完整旋转期间,电极可接受某一电平的阳极电流(当旋转晶片的选定角位置经过其附近时)且随后接受某一电平的阴极电流(当旋转晶片的不同角位置经过其附近时)。此阳极/阴极通常电连接到双极电源,所述双极电源经配置以在必要时改变辅助电极的极性。

[0027] 在一些实施例中,电镀设备包含屏蔽件,所述屏蔽件在所有方位位置处屏蔽所述衬底的外围,且所述辅助方位上不对称的电极至少在所述衬底的完整旋转的时间的一部分期间经阳极性偏置,且经配置以对所述衬底上的所述选定方位位置赠予电流。通过使用方位上对称的屏蔽件,晶片的整个外围可能缺少镀敷电流,这可通过由辅助电极对不同角位置以不同电平赠予镀敷电流来校正。

[0028] 在另一方面中,一种在经阴极性偏置的衬底上电镀金属的方法包含:将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述设备包括位于所述衬底附近的辅助方位上不对称或多分段阳极;以及在旋转所述衬底的同时且在以大体上恒定电平将功率提供到所述辅助方位上不对称的阳极以对所述衬底赠予电流的同时在所述衬底上电镀所述金属。

[0029] 在另一方面中,提供一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,其中所述设备包含:镀敷腔室,其经配置以包含电解液、阳极和方位上不对称的辅助电极;衬底固持器,其经配置以固持所述衬底;以及控制器,其包括用于进行如下操作的程序指令:在旋转所述衬底

的同时且在与所述衬底的旋转相关地将功率提供到所述辅助方位上不对称的电极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述辅助方位上不对称的电极以与所述衬底的第二部分不同的方式将镀敷电流转向和 / 或赠予到所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。在一些实施例中,此设备集成到经配置以用于光刻处理的系统中,所述系统进一步包含步进器。

[0030] 在另一方面中,提供一种非暂时计算机机器可读媒体,其包括用于控制电镀设备的程序指令,其中所述程序指令包含用于进行如下操作的代码:在旋转衬底的同时且在与所述衬底的旋转相关地将功率提供到辅助方位上不对称的电极的同时在所述衬底上电镀金属,使得所述辅助方位上不对称的电极以与所述衬底的第二部分不同的方式将镀敷电流转向和 / 或赠予到所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0031] 在一些实施例中,本文提供的方法集成到包含光刻处理的一般处理方案中,且进一步包含以下步骤:将光致抗蚀剂施加到所述衬底;使所述光致抗蚀剂暴露于光;图案化所述抗蚀剂且将所述图案转印到工件;以及从所述工件选择性地移除所述光致抗蚀剂。在一些实施例中,在电镀之前施加和图案化光致抗蚀剂且在电镀之后移除光致抗蚀剂。

[0032] 在另一方面中,提供一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,其中所述设备包含:镀敷腔室,其经配置以包含电解液;衬底固持器,其经配置以在电镀期间固持和旋转所述衬底;阳极;以及方位上不对称的辅助电极,其经配置以在电镀期间经阳极性和阴极性偏置。

[0033] 在另一方面中,提供一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,其中所述设备包含:镀敷腔室,其经配置以包含电解液;衬底固持器,其经配置以在电镀期间固持和旋转所述衬底;阳极;屏蔽件,其经配置以屏蔽所述衬底的外围处的电流;以及方位上不对称的辅助阳极,其经配置以对所述衬底的在所述衬底上的选定方位位置处的经屏蔽外围赠予电流。

[0034] 在另一方面中,提供一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,其中所述设备包含:镀敷腔室,其经配置以包含电解液;衬底固持器,其经配置以在电镀期间固持和旋转所述衬底;阳极;以及经配置以在电镀期间经阳极性和阴极性偏置的多分段辅助电极,或多分段辅助阳极。

[0035] 在另一方面中,一种在经阴极性偏置的衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述设备包括第一阳极和多分段辅助阳极或经配置以充当辅助阳极和辅助阴极两者的多分段辅助电极;以及(b) 在旋转所述衬底的同时且在与所述衬底的旋转相关地将功率提供到所述多分段辅助阳极或所述多分段辅助电极的若干片段的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述阳极以与所述衬底的第二部分不同的电平对所述衬底的在所述衬底的选定方位位置处的第一部分赠予镀敷电流,与所述第一部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处,或使得所述辅助电极对所述第一部分赠予电流且从所述第二部分转向电流。

[0036] 在另一方面中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中;以及(b) 在相对于

屏蔽件旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0037] 举例来说,当所述衬底的选定部分经较少屏蔽时可以第一速度且当所述衬底的选定部分经较多屏蔽时可以第二速度旋转所述衬底,其中所述衬底的一个完整旋转包括所述第一速度下的第一旋转周期和所述第二速度下的第二旋转周期。在一些实施例中,所述第二速度低于所述第一速度,即,当晶片的选定角位置(通常是受电流积聚影响的一个角位置)经过经较多屏蔽区域时衬底减慢。在较特定实例中,所述第一速度为至少约 20rpm,所述第二速度小于约 10rpm,且所述衬底在电镀过程期间进行至少约 5 个可变速度完整旋转。

[0038] 在一些实施例中,通过以恒定速度双向地旋转所述衬底来实现经屏蔽区域中的不同停留时间。双向旋转经配置以使得晶片的选定角位置与其它角位置相比在经屏蔽区域中花费较多(或较少)时间。

[0039] 优选地,所述屏蔽件与所述衬底的可镀敷表面之间的距离不大于所述衬底的半径的约 0.1 倍。在一些实施例中,所述屏蔽件与所述衬底的可镀敷表面之间的距离不大于约 4mm。

[0040] 在一些实施例中,所述电镀设备进一步包括具有平坦表面的离子电阻性离子可渗透元件,在电镀期间所述平坦表面大体上平行于所述衬底的镀敷面且与所述镀敷面分离约 10 毫米或 10 毫米以下的距离,其中所述元件具有多个非连通孔。在一些实施例中,所述屏蔽件是掩蔽离子电阻性离子可渗透元件的孔中的一些孔的方位上不对称的屏蔽件,或所述屏蔽件自身是具有方位上不对称的孔分布的离子电阻性离子可渗透元件。

[0041] 在一个方面中,提供一种用于在衬底上电镀金属的电镀设备,其中所述设备包含:镀敷腔室,其经配置以包含电解液和屏蔽件;衬底固持器,其经配置以固持所述衬底;以及控制器,其包括用于进行如下操作的程序指令:在相对于所述屏蔽件旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。在另一方面中,提供一种包括此设备和步进器的系统。

[0042] 在另一方面中,提供一种非暂时计算机机器可读媒体,其包括用于控制电镀设备的程序指令,其中所述程序指令包含用于进行如下操作的代码:在相对于屏蔽件旋转衬底的同时在所述衬底上电镀金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0043] 在另一方面中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法,其中所述方法包含:(a) 将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向和/或赠予电流的多分段辅助电极;以及(b) 在相对于所述固定的多分段辅助电极旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述辅助电极的片段的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有

相同的平均弧长和相同的径向位置且驻留在不同的角方位位置处,且其中所述辅助电极的至少一个片段以与另一片段不同的方式转向和/或赠予镀敷电流。举例来说,所述片段中的一者可接受与其它片段不同的电平(阳极或阴极)的电流,或所述片段中的一者可具有与其它片段相反的极性。

[0044] 在另一方面中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向和/或赠予电流的方位上不对称的辅助电极;以及在相对于所述方位上不对称的辅助电极旋转所述衬底的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述方位上不对称的辅助电极的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0045] 在另一实施例中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:(a)将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转多分段窃流阴极;以及(b)在以相同速度旋转所述衬底和所述窃流阴极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述窃流阴极的片段的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0046] 在另一实施例中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:(a)将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转方位上不对称的窃流阴极;以及(b)在以相同速度旋转所述衬底和所述窃流阴极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述窃流阴极的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0047] 在另一实施例中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转多分段辅助阳极或经配置以充当阳极和阴极的可旋转多分段辅助电极;以及在以相同速度旋转所述衬底和所述多分段辅助阳极或所述多分段辅助电极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述阳极或所述电极的片段的区域中历时与所述衬底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0048] 在另一实施例中,一种在衬底上电镀金属同时控制方位均匀性的方法包含:(a)将所述衬底提供到经配置以用于在电镀期间旋转所述衬底的电镀设备中,其中所述电镀设备包括经配置以在电镀期间转向电流的可旋转方位上不对称的阳极或经配置以在电镀期间转向和赠予电流的可旋转方位上不对称的阳极/阴极;以及(b)在以相同速度旋转所述衬底和所述阳极或阳极/阴极的同时在所述衬底上电镀所述金属,使得所述衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在接近于所述阳极或所述阳极/阴极的区域中历时与所述衬

底的第二部分不同的时间量,与所述选定部分相比,所述第二部分具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置且驻留在不同的角方位位置处。

[0049] 在一些实施例中,本文呈现的所有方法可进一步包含在电镀过程期间旋转已移除一片段的具有大体环形主体的屏蔽件,所述屏蔽件驻留于晶片的靠近附近。这可优化晶片附近的电解液流,因为电解液将趋于在晶片表面处在所述屏蔽件的开口的方向上横向移动。在一些实施例中,以不同于晶片旋转速度的速度旋转此流转向器,进而使流图案的随机化最大。

[0050] 对于本文揭示的所有方法,衬底的选定部分可包含邻近于晶片缺口、晶片平坦部或一组方位上缺失特征的区域,其在电镀之前经对齐(例如,通过光学对准器)。在一些实施例中,电镀包含在 TSV 或 WLP 处理期间填充凹入特征。

[0051] 下文将参见相关联图式更详细地描述本发明的这些和其它特征和优点。

### 附图说明

[0052] 图 1A 到 1B 展示在与晶片旋转相关地被供能的多分段窃流阴极存在的情况下不对称晶片旋转的示意性俯视图。

[0053] 图 2A 到 2B 展示充当方位上不对称屏蔽件的具有非连通孔的不同分布的不对称板的俯视图。

[0054] 图 3A 展示具有非连通孔的板和屏蔽件的视图。

[0055] 图 3B 展示与晶片和晶片固持器相关的图 3A 中说明的组合件的横截面图。

[0056] 图 4A 说明驻留在具有非连通孔的板上方的多种方位上不对称屏蔽件的俯视图。

[0057] 图 4B 说明进一步经配置以校正径向不均匀性的屏蔽件。

[0058] 图 5A 到 5F 说明根据本文呈现的实施例的屏蔽件。

[0059] 图 6 展示含有方位上不对称屏蔽的系统中的双向旋转晶片的俯视图。

[0060] 图 7 是根据实施例中的一者的工艺的工艺流程图。

[0061] 图 8 是根据实施例中的一者的工艺的工艺流程图。

[0062] 图 9 是根据本文提供的实施例的电镀设备的示意性横截面图。

[0063] 图 10A 到 10C 说明具有与晶片旋转相关地被供能的 C 形辅助电极的设备中的不对称晶片的旋转。

[0064] 图 11 展示具有在界限结构中的方位上不对称的辅助电极的镀敷单元的示意性俯视图。

[0065] 图 12 展示根据本文提供的实施例的容纳 C 形辅助电极的结构等距视图。

### 具体实施方式

[0066] 提供用于在衬底上电镀金属同时控制电镀层的均匀性(例如,方位均匀性、径向均匀性或两者)的方法和设备。

[0067] 大体上描述其中衬底是半导体晶片的实施例;然而,本发明不限于此。所提供的设备和方法有用于在 TSV 和 WLP 应用中电镀金属,但也可用于多种其它电镀工艺中,包含在镶嵌特征中沉积铜。可使用所提供的方法电镀的金属的实例包含(不限于)铜、锡、锡铅组合物、锡银组合物、镍、钴、镍和 / 或钴相互的合金或与钨的合金、锡铜组合物、锡银铜组合物、

金、钯以及包含这些金属和组合物的各种合金。

[0068] 在典型的电镀工艺中,将在其表面上可具有一个或一个以上凹入特征的半导体晶片衬底放置于晶片固持器中,且将其可镀敷表面浸没到包含于电镀槽中的电解液中。将晶片衬底负性偏置,使得其在电镀期间充当阴极。包含于电解液中的可镀敷金属的离子(例如上文列出的金属的离子)正在电镀期间在经负性偏置的衬底的表面处还原,进而形成镀敷金属层。通常在电镀期间旋转的晶片经历电场(电解液的离子电流场),所述电场出于多种原因而可为不均匀的,所述原因包含存在于晶片衬底中的方位不对称性。这可能会导致金属的不均匀沉积。

[0069] 本文提供的电镀设备通常包含:衬底固持器,其经配置以用于在电镀期间固持和旋转衬底;镀敷槽,其经配置以用于固持电解液和阳极;以及电源,其具有电连接到晶片衬底的负端子和电连接到阳极的正端子。所述设备进一步包含经配置以用于在镀敷期间定制均匀性分布的一个或一个以上元件(例如屏蔽件)和辅助电极(阴极、阳极或阳极/阴极)。在一些实施例中,设备进一步包含控制器,其具有用于执行本文揭示的方法的程序指令,例如用于以允许控制镀敷均匀性的方式改变衬底的旋转速度和/或旋转方向。在一些实施例中,控制器进一步包含用于与晶片旋转相关而对辅助电极供能的程序指令。

[0070] 本发明涉及尤其用于控制镀敷均匀性的方法和设备,其中不仅控制径向不均匀性,而且控制方位不均匀性。方位不均匀性可以多种方式出现。在一个实例中,半导体晶片有时候是沿着弦切割(例如,JEDA晶片)且具有缺口,例如用于在工艺操纵期间的对齐目的。这些弦或缺口构成晶片中的方位不均匀性。在晶片旋转且暴露于镀敷场时,晶片的沿着弦或缺口的边缘暴露于与晶片的沿着同一环带(即,相同径向位置)的其它对应区域不同的场强度。在镀敷期间,将存在从弦或缺口的边缘朝向晶片的中心区域向内延伸的方位不均匀性。作为另一实例,通常在已经图案化有装置特征的晶片上沉积晶种层,或在上覆于位于大体上圆形(用于角对齐的缺口除外)的晶片上的晶种层的光致抗蚀剂层中图案化装置特征。这些装置特征通常作为一系列(例如)矩形裸片而重复。由于晶片自身是圆形的,因此显然在晶片的边缘处存在没有足够空间用于具有所有裸片装置特征或图案的完整裸片(或地形整体上显著不同于特征的地形)的区域。由于此原因,显然在其中不存在特征(例如,未暴露的未经图案化抗蚀剂)的区域与具有特征的区域之间存在边界。因此,沿着晶片的周边内的给定环带,通常(但并不一定)朝向晶片的周边,存在特征图案变化,例如含有经特征化和其它未经特征化表面的区。因为在经特征化与未经特征化(或地形上不同的)区域之间存在边界,所以由于电流线和电场经定制以例如用某一方式在特定地形上镀敷的事实而必然存在方位镀敷变化,和/或因为在这些边界处,存在不同的地形和对镀敷单元的场和电流线的过量暴露,因此镀敷电流在这些转变位置处积聚或积累。用以克服地形改变的一种方法将是印刷部分(不工作的)特征和裸片以填充裸片一般将不会配合的区域,从而将图案延伸到晶片边缘,例如在晶片的外围周围的全部。然而,由于通常在晶片上个别地光刻裸片,因此形成这些“虚拟”特征存在相关联的高昂成本。这些衬底将称为方位上不对称衬底。显然,此些衬底可几何上不对称(例如,具有缺口或切除部分且衬底自身大体上不是圆形的),或不对称性可存在于在衬底上界定的特征(例如,一组缺失的特征或裸片)的分布中,或这两种情况。在方位上不对称衬底中,至少在一个径向位置处存在衬底几何形状或衬底地形的方位变化。

[0071] 在一些实施例中,通过使用方位上不对称屏蔽件和方位上不对称辅助电极和 / 或通过使用使衬底的选定方位位置与经屏蔽区域或窃流阴极附近的区域对准的旋转技术,来解决在衬底上且尤其在方位上不对称衬底上的方位镀敷不均匀性。

[0072] 方位上不对称屏蔽件是沿着至少一个径向位置在一些方位位置处且并不在相同程度上或完全不在其它方位位置中将衬底屏蔽于镀敷电流的屏蔽件。这些屏蔽件包含楔形屏蔽件、蝙蝠翼形屏蔽件等。纯环形屏蔽件(不具有到环带的中心的突出部)并不是相对于例如晶片等圆形工件为方位上不对称的。屏蔽件通常由相对于主镀敷溶液媒介的离子电阻性材料制成,且放置于晶片衬底附近以防止在衬底的选定位置处产生不希望的大量电流积聚。在一些情况下,屏蔽件的离子电阻不是绝对的,而是仅显著大于镀敷媒介自身。在其它情况下,屏蔽件不仅具有方位上可变的形状,而且具有例如因在例如一片陶瓷塑料等电阻性板中具有可变孔图案而产生的方位上和 / 或径向上可变的离子电阻。大体上,屏蔽件是不导电的(其不通过输送电子来传导电流),且因此由例如塑料、玻璃和陶瓷等电介质材料制成且不由金属制成。如果晶片的可镀敷表面与屏蔽件的最靠近表面之间的距离不大于衬底半径的约 0.1 倍,例如不大于衬底半径的约 0.2 倍,那么屏蔽件在定制方位镀敷均匀性上是最有效的。作为特定实例,用于 300mm 直径晶片的根据本发明的方位边缘校正屏蔽件将比 30mm 更靠近,更通常地距晶片衬底间隔小于 15mm,例如距晶片表面约 7mm。在许多实施例中,屏蔽件安置于镀敷镀槽中,浸没在电解液中,非常靠近衬底,例如在衬底的可镀敷表面的 4mm 以内。

[0073] 方位上不对称的窃流阴极是方位上不对称的负性偏置部件(例如,金属条),其安置成与镀敷电解液离子连通(例如,直接在镀敷镀槽中,或在与晶片和晶片边缘离子连通的邻近腔室中),其中窃流件经配置以用于使从大体上放置于晶片下方且与晶片对准的主阳极发出的离子镀敷电流的一部分转向离开衬底到达窃流阴极。或者,电极可作为辅助阳极操作,所述辅助阳极经配置且操作以用于递送额外离子镀敷电流,其超过将从主阳极供应的部分。在一些实施例中,电极可在这两种模式(充当辅助阳极,且稍后充当辅助阴极,两者均与晶片的旋转同步)两者之间循环其操作,使得当旋转的衬底的选定角位置经过电极的附近时以第一电平和 / 或极性对电极供电,且当旋转的晶片的不同角位置经过电极的附近时以不同的电平和 / 或以不同极性对电极供电。因此,在晶片的一个完整旋转期间,方位上不对称的电极具有至少两个状态(通过施加两个电流电平来供电、经供电 / 未经供电,或以不同极性供电)。阳极 / 阴极可由双极电源供电,所述双极电源允许在无硬件改变的情况下从阴极切换到阳极模式。通常例如使用单独的电源或电阻性控制电路或对衬底提供电流的同一电源上的单独通道来与衬底分开地偏置和控制辅助电极。例如窃流阴极、辅助阳极和阳极 / 阴极等方位上不对称的电极在晶片的一些方位位置处在与至少一个径向位置周围的其它方位位置处不同的程度上修改镀敷电流。方位上不对称的窃流件、阳极或阳极 / 阴极的实例是 C 形辅助电极,其仅在晶片圆周的一部分上超出晶片的半径围绕晶片外围(例如,移除了一段的环形窃流件)。在一些实施例中,C 形电极的主体具有小于约 120 度(例如小于约 90 度)的弧长。相比之下,环形电极是方位上对称的,且在圆周的整个部分上完全地围绕晶片。在一些实施例中,方位上不对称的电极驻留在晶片的靠近附近,例如优选在不大于晶片半径的 0.2 倍的距离内。在一些实施例中,方位上不对称的电极驻留在接近 C 形电极的提供电流暴露(例如,通过界限结构中的狭槽或一系列开口)的界限结构



中。在此情况下,电极自身可具有多种形状,因为其功能将由本质上形成虚拟电极的界限结构的形状确定。在一些实施例中,辅助电极的位置可包含围绕晶片的外围的任何位置,例如 2010 年 5 月 13 日公开的迈尔 (Mayer) 等人的题目为“用于电镀的方法和设备 (Method and Apparatus for Electroplating)”的第 2010/0116672 号美国专利申请公开案中揭示的那些位置,所述美国专利申请公开案以全文引用的方式并入本文中。在使用时,用于辅助电极的界限结构可包含允许电极与镀敷单元连通的多个通孔,例如冯 (Feng) 等人在 2011 年 7 月 1 日申请的题目为“在电镀期间净化微界限 (Purging Micro-Containments During Electroplating)”的第 61/499,653 号临时美国申请案中描述的那些通孔。

[0074] 提供用于在方位上不对称的电极与晶片衬底上的选定方位位置之间在时间和空间上对准和改变电流量和电流的正负号以及用于调整晶片的选定方位位置在窃流阴极附近的停留时间的方法和设备。

[0075] 在本文呈现的实施例中,重要的是在电镀之前知晓衬底上的选定方位区(即,目标是特殊处理的区)的位置。因此,在本文呈现的实施例中,在电镀之前例如用光学对准器来对齐选定的方位位置。举例来说,可通过缺口对准器来测量晶片上的缺口的位置(选定的方位位置)。一些位置和缺口对准器使用光学测量装置,包括光电二极管阵列,其能够获取衬底的阴影图像且将其存储在存储器文件中,例如数字线性文件中。确定缺口位置的对齐,且借助用于特殊处理的选定方位区的此知识(通过相对于缺口的计算),允许在整个镀敷工艺中控制此方位位置的定向以及(在需要时)屏蔽件和/或辅助电极与晶片上的特定方位区的同步(位置和/或施加的功率)。在本文提供的典型电镀工艺中,在电镀之前和在电镀期间相对于标引的缺口位置知晓衬底的选定方位部分的位置,从而允许在整个镀敷过程中进行方位电流校正的协调。作为特定实例,晶片可在放置到镀敷工具上之前在前开式标准舱(Front Opening Unified Pod,FOUP)内经缺口对准。在另一实例中,晶片恰好在经历镀敷之前经过缺口对准装置。在第三实例中,缺口对准是作为后续镀敷和/或非镀敷操作序列(例如,冲洗和化学预处理、真空预处理、表面预处理、铜镀敷、镍镀敷、无铅焊料镀敷、金镀敷)中的初始步骤而在镀敷工具上完成,其中只要每一腔室中的操作不导致对齐损失(例如,在晶片固持卡盘中滑动)便可跟踪晶片的定向改变。

[0076] 在一些实施例中,本文提供的方法和设备解决了针对径向和方位不均匀性两者的校正。

[0077] 在一些实施例中,可通过使用在镀敷期间位于工作电极(晶片衬底)与反电极(阳极)之间的离子电阻性离子可渗透元件以便使电场成形并控制电解液流特性,来实现径向镀敷均匀性控制。举例来说,已发现具有电解液可渗透 1-D(即,不连通)通孔的离子电阻性元件(其中元件驻留在晶片衬底的靠近附近)在此方面是高度有效的。此离子电阻性元件的一个实例在 2008 年 11 月 7 日约翰森·里德 (Jonathan Reid) 等人申请的题目为“用于电镀的方法和设备 (Method and Apparatus for Electroplating)”的第 12/291,356 号美国非临时申请案中描述,所述美国非临时申请案出于所有目的以引用的方式并入本文中。其中描述的离子电阻性离子可渗透元件大体上改善了薄电阻性晶种层上的径向镀敷均匀性。其在结合经配置以使来自晶片的近边缘区的电流的一部分转向或供应所述部分的第二(窃流)阴极或阳极使用时尤其有用。其还与电位受控的晶片进入相容,电位受控的晶片进入在一些实施例中是优选的晶片进入工艺。离子电阻性离子可渗透元件用于在晶片(阴

极)附近实现近似恒定且均匀的电流源,且已被称为虚拟阳极。相比之下,在衬底的相同靠近附近的阳极将显著较不易于对晶片供应近似恒定的电流,而是将支持阳极金属表面处的恒定电位,进而允许在从阳极平面到终点(例如,到晶片上的外围接触点)的净电阻较小的地方电流最大。因此虽然离子电阻性离子可渗透元件已被称为高电阻虚拟阳极(HRVA),但这不暗示在电化学上所述两者可互换。虽然HRVA当然可视为“虚拟电流源”,即,其为电流从其发出的平面,且因此由于其是阳极电流源而可视为“虚拟阳极”,但与具有位于同一物理位置处的金属阳极相比,元件的相对高离子电阻(相对于电解液)带来进一步有利的大体上优越的晶片均匀性。且与本发明特定相关的是一优选实施例构造,其中在径向和/或方位孔阵列中的1-D HRVA孔的可变间距、大小和密度在外围处产生高度可控的、不均匀的电流源。这与晶片角位置(缺口)和停留/旋转速率与角位置的对齐相结合而作用以通过与具有阻挡来自晶片下方的阳极的电流源的屏蔽件类似的方式来校正方位不均匀性。

[0078] HRVA的两个特征具有特定重要性:HRVA相对于晶片放置于靠近附近,和HRVA中的通孔彼此在空间上和离子上隔离且不在HRVA的主体内形成互连通道的事实。这些通孔将称为1-D通孔,因为其在经常(但并不一定)垂直于晶片的镀敷表面的一个维度中延伸(在一些实施例中,所述1-D孔相对于大体上平行于HRVA前表面的晶片成一角度)。这些通孔与3-D多孔网络不同,在3-D多孔网络中,通道在三个维度中延伸且形成互连小孔结构。HRVA的实例是由例如聚乙烯、聚丙烯、聚偏二氟乙烯(PVDF)、聚四氟乙烯、聚砜、聚氯乙烯(PVC)、聚碳酸酯和类似物等离子电阻性材料制成的圆盘,其具有约6,000到12,000个1-D通孔。在许多实施例中,所述圆盘与晶片大体上同延(例如,当与300mm晶片一起使用时具有约300mm的直径)且驻留在晶片的靠近附近,例如在晶片面向下电镀设备中在晶片正下方。优选地,晶片的镀敷表面驻留在最靠近的HRVA表面的约10mm内,更优选在约5mm内。

[0079] 电阻性但离子可渗透元件靠近晶片的存在大体上减少了终端效应且改善了径向镀敷均匀性。其还同时提供通过充当流扩散歧管板而使大体空间上均匀的电解液冲击流在晶片表面处向上引导的能力。重要的是,如果相同元件较远离晶片放置,那么离子电流均匀性和流改善变得显著较不突出或不存在。此外,因为1-D通孔不允许HRVA内离子电流的横向移动或流体运动,所以在HRVA内阻挡了中心到边缘电流和流移动,从而带来径向镀敷均匀性的进一步改善。

[0080] HRVA结构的另一重要特征是通孔的直径或主要尺寸以及其和HRVA与衬底之间的距离的关系。优选地,每一通孔(或大部分通孔)的直径应不大于从镀敷晶片表面到HRVA的最靠近表面的距离。因此,当HRVA放置于镀敷晶片表面的约5mm内时,通孔的直径或主要尺寸不应超过5mm。

[0081] 因此,如上文描述的HRVA的使用可解决径向不均匀性。为了解决方位不均匀性,需要额外的特征和方法。本文描述的实施例包含镀敷设备的一个或一个以上组件,其补偿镀敷期间晶片表面上的方位不对称性。更具体来说,镀敷设备的所述一个或一个以上组件以某一方式使电场成形以便补偿晶片表面上的方位不对称性且因此除了高度均匀的径向镀敷之外还提供高度均匀的方位镀敷。“方位不对称性”可指代地形上的方位不均匀性、得到的所得镀敷电流不均匀性、由此局部地形产生的所得场变化或其组合。

[0082] 应注意,在一些实施例中,HRVA板可主要或专门用作电解液流成形元件,无论其

是否定制径向沉积均匀性。因此,举例来说,在其中正以非常高的速率沉积金属的 TSV 和 WLP 电镀中,电解液流的均匀分布是非常重要的,而径向不均匀性控制可能较不必要。因此,HRVA 板可称为离子电阻性离子可渗透元件以及流成形元件,且从沉积速率校正观点来看可用于更改离子电流的流动、更改材料的对流流动或两者。

[0083] 本文描述的实施例使用镀敷设备的组件解决方位不均匀性,所述组件以某一方式使场成形以便补偿镀敷期间晶片上的方位地形变化。更具体来说,在一些实施例中,晶片和这些场成形组件以某一方式相对于彼此移动以使得由组件产生的局部化场接近于其既定补偿的方位上不对称的地形特征,且因此实现均匀的方位镀敷。在本文描述的实施例中,对晶片旋转和 / 或屏蔽件旋转和 / 或 HRVA 旋转和 / 或辅助电极旋转的控制可使用一个或一个以上旋转数字编码器来准确地同步。另外,由本文描述的组件产生的局部化成形场无需总是接近晶片的具有方位上不对称地形的区域,即,局部化场可相对于晶片的其它部分来说仅花费不成比例量的时间(称为“停留”)来接近这些区域,使得实现方位上均匀的镀敷。这可称为“方位平均化”。

[0084] 由于在一些实施例中本文描述的方法涉及晶片和 / 或屏蔽件中一者或一者以上相对于彼此旋转,因此方法有时候称为“旋转可变屏蔽”(RVS),且设备有时候称为含有旋转可变屏蔽件(RVS)。本文使用的方位上不对称屏蔽件可包含在如下美国专利中描述的方位上不对称屏蔽件中的任一者:2005年7月19日颁于迈尔(Mayer)等人且题目为“使用旋转不对称可变阳极校正的薄金属引晶晶片的均匀电镀(Uniform electroplating of thin metal seeded wafers using rotationally asymmetric variable anode correction)”的第6,919,010号美国专利;2010年3月23日颁于迈尔(Mayer)等人且题目为“旋转不对称可变电极校正(Rotationally asymmetric variable electrode correction)”的第7,682,498号美国专利;以及2000年2月22日颁于布罗德本特(Broadbent)等人且题目为“具有用于改变沉积层的厚度分布的屏蔽件的电镀系统(Electroplating system with shields for varying thickness profile of deposited layer)”的第6,027,631号美国专利,以上美国专利全部以引用的方式并入本文中。

[0085] 下文是对 RVS 的一些操作特性的简短描述。大体上,如在本文的描述中,RVS 屏蔽件是靠近晶片定位的电介质元件,其用以在当晶片的特定部分位于 RVS 屏蔽件“上方”时的一段时间内阻挡电流线从“下方”阳极位置(在阳极位于晶片下方的情况下)到达晶片。为了最大程度有效,RVS 元件应相对靠近晶片而定位以使得电流无法环绕场,从而在 RVS 元件边缘周围流动并进入经屏蔽区域的块体中。RVS 的印记或影响因此受到元件的“接近聚焦”的限制。为了避免元件作用的显著削弱,在距旋转中心的特定距离处元件的弧长(围绕一方位)因此应为 RVS 屏蔽件与晶片表面之间的距离的若干倍(例如, $> 3$  倍)。举例来说,如果晶片与 RVS 屏蔽件之间的距离为 4mm,那么 RVS 屏蔽件将需要弧长为约 12mm 以高度有效。在设计特定来说用于设计晶片中心附近的均匀性校正的屏蔽件时,可不再需要使用这些特性比,且因此可能需要如“阻挡模型”将预期的 RVS 的形状修改以补偿电流在 RVS 周围行进且大量进入屏蔽件后方的区域的能力。

[0086] 在一些实施例中,将 RVS 屏蔽件并入到 HRVA 板的设计中。如本文使用的“HRVA”是为了方便,因为当在此特定操作集合中使用,多孔板并不一定必须对总单元电解液溶液电阻展现相对高的电阻以充当旋转可变屏蔽元件。如上文提到,其也可称为流成形元件。

HRVA 板可用于许多目的,例如包含(但不限于)修改晶片上的电流分布、在旋转晶片与板之间产生剪力流、在晶片表面处产生向上的高冲击流,和流动紊流。在一些实施例中,通过在电介质材料实心片(例如,0.5 英寸厚的例如聚丙烯的塑料片)中钻制大量孔(例如,大约 300mm 直径区域上的 6000 个直径 0.5mm 的孔)来产生 HRVA 板。关于本文描述的实施例,则并不是通过在板中以空间规则图案钻制孔来产生 RVS 屏蔽件,而是仅在选定区域中且不在其它区域中进行钻制以便产生 RVS(以及下文描述的用于选择性地阻挡预钻制孔的其它技术)所需的本文描述的各种电流阻挡图案。在一些实施例中,使用构造有特定孔图案的选定 HRVA 来产生屏蔽件图案。在其它实施例中,仅以此方式产生 RVS 图案,且可通过放置具有各种大小、角度等的屏蔽件来阻挡 HRVA 中的外围额外孔,从而允许在时间上或在晶片图案上可能需要的对屏蔽件性能的修改。具有方位上不对称无孔区的 HRVA 呈现方位上不对称屏蔽件的功能。

[0087] 为了简单起见,以下描述假定存在晶片的具有方位不对称性的单个特征或区,例如晶片的一区段具有裸片和非裸片区域,或例如从晶片切割弦或缺口的晶片。本文描述的实施例还包含用以实现高方位镀敷均匀性的方法和设备,其中例如在晶片上的一个以上区域中存在方位地形变化、其中在晶片表面的大部分上光刻多个裸片和其中在晶片表面的整个周边附近和周围存在无裸片在外的区域。在这些实例中,配置组件和/或执行方法以补偿此方位不对称性,如所属领域的技术人员鉴于此描述将了解。

#### [0088] 单向晶片旋转

[0089] 在一个实施例中,晶片在单个方向上旋转,例如围绕垂直于晶片表面的轴顺时针旋转,且经配置以接近于方位上不对称地形特征产生局部化场的组件相对于旋转的晶片同步变化,以便补偿方位不对称性且提供均匀的方位镀敷。下文描述此实施例的实例。应注意,将这些描述的实施例说明为结合单向旋转的晶片使用,但更一般地,也可在电镀期间晶片双向(顺时针和逆时针两者)旋转和晶片以恒定或可变速度旋转(包含单向和双向两者)的情况下使用。

#### [0090] 分段辅助电极

[0091] 在一些实施例中,第二电极、(窃流)阴极或源(阳极)或阳极/阴极包含若干片段,其中所述片段中的每一者可由单独电源单独地供电或使用具有适于独立地对第二阴极的片段进行供电的多个开关或通道的一个电源来单独地供电。具体来说,在一个实例中,第二阴极的片段用于在晶片旋转时在晶片的不同方位位置处提供镀敷电流校正。在任一时间点施加到任一个别次要电极片段的电流可为正、负或零,其中电流的正负号和量与在所述时间的晶片角位置时间相关且同步地变化。如先前已提到,可控制电流、电压或电流和电压的组合中的任一者,以便使提供到电极(或片段)的功率与晶片的旋转相关。

[0092] 在此多分段电极实施例中,首先对齐晶片衬底以使得知晓晶片上的选定方位部分的位置,将晶片衬底紧固于电镀设备中的衬底固持器中以使得其可镀敷表面浸没到电解液中,且在具有固定多分段窃流阴极或阳极源或阳极/阴极的电镀设备中旋转晶片衬底,所述固定多分段窃流阴极或阳极源或阳极/阴极经配置以从晶片外围的与特定电极的位置和方位范围相关联的有限区域中的晶片边缘转向额外电流或向所述晶片边缘供应额外电流。窃流阴极或次要阳极源的个别片段围绕不同的方位位置安置,且可被单独地供电,使得可将不同的电流电平施加到窃流阴极的不同片段。以衬底的在选定方位位置处的选定部分

将经历与衬底的在不同方位位置的类似部分（即，具有平均相同弧长和相同平均径向位置的部分）不同的量的由窃流件转向（或由辅助阳极赠予）的镀敷电流的方式来使施加到片段的功率与衬底的旋转同步。举例来说，可将较高（或较低）电平的窃取电流施加到窃流阴极的接近选定方位位置而定位的那些片段。

[0093] 图 1A 和 1B 中说明此概念，图 1A 和 1B 展示具有缺失裸片区 103（选定方位位置）的晶片 101 的示意图。在晶片外围定位有四个窃流阴极片段 105、107、109 和 111，其各自电连接到其自己的电源 113、115、117 和 119。所属领域的技术人员将了解，也可使用具有多个通道的一个电源。举例来说，可使用具有若干开关和 / 或电流调制器的组合的单个电源。在其中使用阳极 / 阴极的那些实施例中，片段连接到双极电源。窃流电极片段位于相对于晶片的不同方位位置处。片段 105 与缺失裸片区对准且驻留在 0° 方位。片段 107、109 和 111 分别驻留在 90°、180° 和 270° 方位位置。在晶片 101 在顺时针方向上旋转时，缺失特征区 103 变为连续地与片段 107、接着与片段 109、与片段 111 且随后再次与片段 105 对准。图 1B 展示与图 1A 所示相同的系统，其中晶片旋转 90° 以使得晶片平坦部 103 与窃流片段 107 对准。

[0094] 因为缺失裸片区处的电流密度将与晶片的其它区处的电流密度不同，所以与其它部分相比需要从缺失裸片部分转向不同量的电流。因此，在一个实施例中，与晶片旋转协调地对窃流阴极片段供电，使得将第一电流电平供应到与缺失裸片区对准的片段，同时将第二电流电平供应到与晶片的其它部分对准的窃流片段。

[0095] 举例来说，在图 1A 中所示的位置中，将第一电流电平 X 供应到与晶片平坦部 103 对准的片段 105，同时将第二（不同的）电流电平 Y 供应到片段 107、109 和 111 中的每一者。在晶片旋转 90° 到图 1B 中所示的位置时，第一电流电平 X 将供应到现在与晶片平坦部 103 对准的片段 107，而第二电流电平 Y 供应到片段 109、111 和 105。通过根据晶片旋转而交替供应到辅助电极片段的电流，适当地做出针对晶片的圆形和弦区处的镀敷不均匀性的校正。可使用连接到电源且含有用于使供应到窃流片段的功率电平与晶片旋转速度相关的程序指令的控制器来协调工艺。

[0096] 如已提到，此实施例不限于使用多分段窃流阴极，而是还可与多分段阳极或多分段阳极 / 阴极一起使用。在尤其优选的实施例中，每一元件的电流可具有经最优确定的波形，所述波形在晶片旋转周期期间具有交替的电流电平或正负号序列。举例来说，通过将镀敷单元设计为具有边缘屏蔽件和 / 或 HRVA，所述边缘屏蔽件和 / 或 HRVA 将在晶片的未缺失裸片或特征的区中产生大体上薄的沉积物且经设计以在缺失裸片 / 特征区中给出大体上厚的一组特征，可在晶片旋转时将电流添加和移除“脉冲”施加到晶片。接着，多分段电极的片段中的每一者的正负号将在薄多数边缘接近时从阳极（供应外围阳极电流）改变，且在少数厚区（缺失裸片 / 特征区）经对准且接近时从阴极（移除外围阳极电流）改变。

[0097] 应了解，图 1A 和 1B 中所示的呈现仅是示意性的。辅助电极片段大体上位于晶片外围的外部或周围或正下方，且当在晶片外部和周围时可位于晶片平面下方、晶片平面的同一水平面或晶片平面上方，其在与晶片相同的镀敷腔室中或在与主镀敷腔室离子连通的不同镀敷腔室中。只要片段与围绕晶片的不同方位位置对准，便可使用片段的任何适当布置。片段的数目可取决于工艺的需要而变化。在一些实施例中，使用约 2 到 10 个片段。

[0098] 虽然多分段窃流阴极尤其有用于安置于晶片的靠近附近的 HRVA,但这是可独立地以及结合本文揭示的各种镀敷设备特征使用的单独实施例。在稍后将参见图 10A 到 10C 说明的其它实施例中,第二电极(窃流阴极或源阳极或阳极/阴极)在方位上不对称且具有单位主体。举例来说,已移除一片段的具有单位主体的电极,例如已移除一片段的环带(也称为 C 形电极),可与晶片同时被供电。在另一实施例中,方位上不对称的电极(阴极或阳极)与晶片同时以相同速度与晶片一起移动,使得经配置以补偿方位不均匀性的适当局部化场保持与晶片的经设计以进行场补偿的区域对齐。此辅助电极可经分段以使得一个以上区域具有方位镀敷校正,例如其中片段经适当布置于在镀敷期间与晶片同步旋转的支撑件上。这些设备和方法在本发明的范围内;然而,其可能更复杂,例如具有比实现同一目的所必要的移动零件更多的移动零件。此实施例包含在电镀之前对齐选定方位位置的位置,将晶片衬底提供到具有方位上不对称(例如,C 形)或多分段电极(阴极和/或阳极)(具有安置于不同方位位置处的片段)的电镀设备且旋转衬底和辅助电极两者,使得衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在方位上不对称的电极附近或多分段电极的片段附近经历的时间量与在不同方位位置处的类似部分不同。在一些实施例中,辅助电极(方位上不对称或多分段)以与晶片衬底相同的速度旋转以使得晶片的选定方位位置与不对称电极或电极的片段对准,使得其比衬底的在不同方位(角)位置处的类似部分更靠近(或更远离)所述电极或片段。在另一实施例中,单个“C”形电极是固定的,且仅晶片旋转,其中施加到“C”形电极的电流在晶片旋转循环期间例如从阳极变化到阴极电流或者变化到不同的阳极电流电平或不同的阴极电流电平。当电极位于较靠近衬底的选定部分时,朝向窃流件转向(或由阳极赠予)较大量的镀敷电流,且这可减轻选定区域中的电流积聚和不必要地厚的镀敷。

[0099] 具有 1D 通孔的不均匀分布的旋转 HRVA

[0100] 在另一实施例中,可通过使用旋转的不对称 HRVA 来调整方位上不对称的晶片上的镀敷均匀性。不对称 HRVA 可具有孔分布图案与主部分不同的部分,或切除的部分,或完全不具有孔的部分。使旋转的 HRVA 与旋转的晶片对准,使得晶片的不同部分与 HRVA 的不同部分对准。举例来说,可以与旋转的 HRVA 相同的速度来旋转具有晶片平坦区或缺失裸片的晶片以使得 HRVA 的具有不均匀孔分布(例如,较低孔密度)的区在旋转期间与晶片平坦区对准。

[0101] 图 2A 和 2B 展示具有区 203 的旋转 HRVA 201 的俯视图,在区 203 中孔的分布不同于 HRVA 的其余部分(因此是“不对称 HRVA”)。在一些实施例中,区 203 可不存在(切除一弦)或其可为实心的而不具有孔。在一些实施例(未说明)中,具有不均匀孔分布的区是楔形的或以另外方式为方位上不对称的。HRVA 的旋转与晶片(未图示)的旋转对准,使得在晶片旋转时区 203 与晶片平坦部或缺失裸片区对准。图 2B 展示在旋转到 90° 时的具有不均匀区 203 的 HRVA。在一些实施例中,包含用于同步晶片旋转与 HRVA 旋转的程序指令的控制器将与 HRVA 和晶片连接。一个实施例是本文描述的其中描述对称 HRVA 的任一实施例,但用不对称 HRVA 来替换以将额外的镀敷分布成形元件添加到所述设备或方法。

[0102] 此实施例可单独地或结合辅助电极和本文揭示的其它特征来使用。在使用旋转的不对称 HRVA 的一些实施例中,HRVA 不需要定位于晶片的靠近附近。

[0103] 具有旋转屏蔽件的固定 HRVA

[0104] 在另一实施例中,通过使用定位于 HRVA 上方或下方的旋转屏蔽件来实现用于方位上不对称的晶片的镀敷均匀性控制。在一些实施例中,旋转屏蔽件定位于衬底的靠近附近(例如,其中到衬底的可镀敷表面的距离在衬底半径的约 0.1 倍内,例如在衬底半径的约 0.2 倍内,且优选地在约 4mm 内)。屏蔽件经配置以掩蔽 HRVA 孔,且经成形以便补偿晶片的具有方位上不对称的地形特征的区域处电流密度分布的不均匀性。屏蔽件与晶片平坦部对准且以与晶片相同的速度旋转,从而提供对存在方位表面变化的区所经历的电流密度的连续调整。屏蔽件可具有多种形状,例如楔形、银杏叶形、蝙蝠翼形等。可使用具有用于同步的程序指令的控制器来完成屏蔽件与晶片旋转速度的同步。更一般地,在一些实施例中 HRVA 不是必要的,且旋转的方位上不对称的屏蔽件与衬底的在选定方位位置处的选定部分对准且以相同速度与衬底一起旋转,使得衬底的在选定方位位置处的选定部分停留在经屏蔽区域中经历与在不同方位位置处的类似部分不同的时间量。

[0105] 上文描述的实施例在本发明的范围内,但可视为具有比实现方位镀敷均匀性所必要的移动零件多的移动零件。通过双向地或以可变速度旋转晶片,可避免与移动零件相关联的实施方案困难中的许多困难。

[0106] 双向晶片旋转

[0107] 在另一实施例中,经配置以接近于方位上不对称的地形特征而产生局部化场的组件是固定的,且晶片双向地旋转,例如围绕垂直于晶片的表面的轴顺时针和逆时针,使得实现晶片与场成形组件之间的同步且因此补偿晶片上的方位不对称性并实现均匀的方位镀敷。组件包含固定的方位上不对称的屏蔽件(包含具有方位上不对称的孔分布的固定 HRVA)、方位上不对称的辅助电极(窃流阴极、阳极和阳极/阴极)和具有分布于各种方位位置处的片段的多分段辅助电极。可使用双向旋转以便调整衬底的在选定方位位置处的选定部分在经屏蔽区域中或在接近于辅助电极(或电极片段)的区域中的停留时间,使得此停留时间不同于衬底的在不同的方位位置处的类似部分(具有相同的平均弧长和相同的平均径向位置)的停留时间。举例来说,如果晶片顺时针和逆时针旋转到不同度数,那么其将相对于其它位置来说在某些方位位置处花费较多时间。可选择这些位置以对应于经屏蔽或接近于方位上不对称的窃流件或窃流片段的方位位置。举例来说,如果晶片顺时针旋转 360 度和逆时针旋转 90 度,那么其将在 270 与 360 度之间的区段中花费较多时间。此外,双向旋转可趋于减少或消除任何特定的方向晶片流场偏置。

[0108] 具有双向晶片移动的分段辅助电极(窃流阴极/源阳极或阳极/阴极)或方位上不对称的辅助电极。

[0109] 如上文描述,当使用适于从晶片的边缘转向一部分电流的分段窃流阴极或方位上不对称的窃流阴极来补偿晶片上的方位不均匀性时,且当晶片单向旋转时,实现方位镀敷均匀性的一种方式是与晶片同步地移动窃流阴极,使得经配置以补偿方位不均匀性的适当局部化场保持与晶片的经设计以进行补偿的选定区域对齐。这些窃流阴极可经分段以使得一个以上区域具有方位镀敷校正,例如其中片段经适当布置于在镀敷期间与晶片同步旋转的支撑件上。

[0110] 如果晶片以上文描述的方式双向移动,那么次要窃流阴极可保持固定,因为晶片的选定方位位置(例如,缺失裸片区)将在辅助电极或其片段附近具有与晶片的不同方位位置不同的停留时间。这避免了许多机械复杂性。一个实施例是经配置以用于晶片的双向

移动的镀敷设备、经配置以使镀敷电流转向的分段次要窃流阴极,其中所述设备经配置以调整场以补偿晶片上的方位不均匀性。在此实施例中,在双向旋转中,晶片顺时针和逆时针旋转不同度数(或旋转到同一度数而不进行完整旋转,例如在选定弧长上),使得晶片的在选定方位位置处的选定部分停留在窃流阴极片段附近历时与衬底的在不同的方位位置处的类似部分不同的时间(例如,较长)。在一些实施例中,阴极的选定片段是以不同于其它片段的方式被供电(例如,具有与其它片段不同的施加电流电平或不同的极性)。另一实施例是一种镀敷方法,其包含相对于次要分段窃流阴极双向地旋转晶片,以便补偿镀敷期间晶片上的方位不均匀性。虽然以使电流转向的窃流阴极来说明此实施例,但其也可与辅助多分段阳极或阳极/阴极一起使用。在这些实施例中,HRVA 可存在或可不存在,且可在镀敷期间旋转或可不在镀敷期间旋转。通常(但并不一定),HRVA 是对称 HRVA,与上文描述的不对称 HRVA 相反。次要辅助电极操作以如本文描述来操纵场,但在镀敷期间不移动。

[0111] 方位上不对称的屏蔽件

[0112] 在一些实施例中,设备经配置以用于双向地旋转晶片,且设备包含一个或一个以上固定的方位上不对称的屏蔽件,其经配置以用于限制衬底附近的镀敷电流。屏蔽件可独立于 HRVA 来使用,且可放置于 HRVA 板上方或下方从而阻挡 HRVA 孔,或者屏蔽件自身可为具有方位上不对称的通孔分布的 HRVA。在一些实施例中,调整双向旋转以使得衬底的在选定方位位置处(例如,接近于缺口或缺失裸片)的选定部分停留在经屏蔽区域中历时与衬底的在不同方位位置处的类似部分不同的时间。这可例如在顺时针和逆时针旋转执行到不同度数的情况下实现,以便产生晶片的选定方位部分在某一经屏蔽位置中的较长停留时间。下文是方位上不对称的屏蔽的各种实施方案的非限制性实例。

[0113] 具有分段或不规则环形屏蔽件的固定 HRVA:

[0114] 在一个实施例中,通过使用具有附接的方位上不对称的屏蔽件的固定 HRVA 来实现用于方位上不对称的晶片的镀敷均匀性控制,其中方位上不对称的屏蔽件是环形屏蔽件,其已移除一个或一个以上片段和/或具有围绕环带在方位上安置的对环形屏蔽件赋予方位不对称性的一个或一个以上区域。双向地旋转晶片,例如一个或一个以上顺时针旋转且随后一个或一个以上逆时针旋转,使得需要方位镀敷补偿的晶片区域经方位上平均化,即,适当地定位于适当片段和/或上述区域上方以提供用于供方位上均匀镀敷发生的场成形。经由晶片旋转速度和/或方向的调整对特定方位位置在屏蔽件上方的停留时间的调整可使用具有用于同步的程序指令的控制器来完成。

[0115] 在一个实施例中,结合附接到 HRVA 的环形屏蔽件来使用对称 HRVA。在一个实施例中,环形屏蔽件(或间隔件)附着到 HRVA,且环形屏蔽件已移除一区段(对环带赋予不对称性的特征或区域)。通常,当采用双向晶片旋转时,HRVA 和附接的屏蔽件不移动。在一个实施例中,环形屏蔽件已移除一区段,如图 3A 中描绘。

[0116] 参见图 3A,环形屏蔽件 300 安装到对称 HRVA 302,如粗向下箭头指示。底部组合件 306 展示与 HRVA 接触的分段屏蔽件。在某些实施例中,由于存在从 HRVA 到晶片表面上的冲击电解液流,且例如 300 的分段屏蔽件通常(但并不一定)接近晶片而定位,因此屏蔽件在镀敷期间在晶片的镀敷面处且尤其在镀敷面上的中心旋转轴处赋予横向剪力。此剪力据信会减少或消除在晶片的中心处观察到的沉积速率的不均匀性(尤其在较高镀敷速率下)。因此,分段环形屏蔽件也可称为方位上不均匀流转向器(其可视为一类流限制器,即,



限制经由分段区从晶片表面偏转的电解液流的大部分)。在一些应用中,此类流转向器用于其中需要高镀敷速率的应用中,例如晶片级封装(WLP)应用。此应用的一个实例描述于2010年8月18日由史蒂芬·T·迈尔(Steven T. Mayer)等人申请的题目为“用于晶片级封装的高流动速率处理(High Flow Rate Processing for Wafer Level Packaging)”的第61/374,911号美国临时申请案中,所述美国临时申请案出于所有目的以引用的方式并入本文中。

[0117] 环形屏蔽件300可附接到或接近流成形板的圆周且朝向旋转工件延伸。在此处描绘的一些实施例中,屏蔽件的边缘元件的顶部表面在衬底固持器外围与边缘元件的顶部之间的区的大部分上提供晶片固持器的底部与流转向器之间的非常小的间隙(例如,约0.1到0.5mm)。在此区的外部(约30到120度弧之间),在边缘元件中存在间隙,其提供相对低电阻路径以供电解液流出几乎封闭的腔室。在未从环形屏蔽件移除片段(即,存在赋予方位不对称性的区域)的其它实施例中,屏蔽件取决于例如所需电解液流的量而可靠近晶片或可不靠近晶片。

[0118] 图3A描绘分段环形屏蔽件300如何与HRVA 302组合以形成组合件306。环形屏蔽件300可例如使用螺钉和类似物(未图示)来附接,或组合件306可为从例如材料块磨制的单位主体。组合件306定位于待镀敷的衬底的靠近附近。以此方式,经界限的空间或伪腔室形成于晶片与流成形板之间,其中冲击在晶片表面上的电解液的大部分经由300的带狭槽部分而退出。尺寸A可界定为具有经界定半径的环的角度或线性尺寸,其可变化以允许较多或较少的场改变区域(且在此实例中,通过狭槽的流量),且尺寸B可变化以在上述伪腔室中产生较大或较小的体积。

[0119] 图3B是定位于晶片固持器组合件301的靠近附近的组合件306的横截面描绘,晶片固持器组合件301固持晶片345且可在镀敷期间双向地旋转晶片,如图的顶部处的弯曲箭头指示。在某些实施例中,尺寸C为间隔件300的顶部与组合件301的底部之间的间隙,其大约为约0.1到0.5mm,在另一实施例中为约0.2到0.4mm。

[0120] 在镀敷期间,由于屏蔽件在由切除片段界定的区段中以不同方式使场成形,因此在适当定时以及与屏蔽件的同步下来回地旋转晶片,以便在晶片上具有方位不均匀性的区域中实现均匀的方位镀敷。

[0121] 在一些实施例中,具有环形形状的已移除一区段的屏蔽件未附着到HRVA,而是优选地以不同于晶片速度的速度在电镀期间旋转,这帮助优化晶片附近的电解液流。

[0122] 如所论述,环形屏蔽件无需分段。举例来说,其可包含赋予方位不对称性的部分(在一个实施例中,屏蔽件包含至少一个分段部分和至少一个赋予方位不对称性的部分两者)。图4描绘若干示范性环形屏蔽件,包含屏蔽件300和400到475。在图4中,从俯视图将环形屏蔽件描绘为附接在对称HRVA的顶部上。屏蔽件400到475是具有偏离环状(即,赋予方位上不对称的场)的部分(区域)的屏蔽件。即,沿着包含屏蔽件的偏离规则环状的所述部分的圆或环带,在整个圆或环带上不存在均匀的镀敷场。

[0123] 重要的是应注意,虽然将屏蔽件300描绘为具有均匀厚度(如图3A中描绘的尺寸B),但这不是必要的。在一个实施例中,屏蔽件厚度变化。举例来说,图4A中的屏蔽件400到475的厚度可逐渐缩小。举例来说,参见屏蔽件405,在一个实施例中,屏蔽件具有均匀厚度。在另一实施例中,屏蔽件从屏蔽件的中心部分到外部部分逐渐缩小,例如,在中心部分

处较薄且沿着半径 D 朝向外部周边变得较厚。此厚度变化对于例如从晶片中心向外的有效的电解液流可为需要的。这类似于由分段环形屏蔽件 300 赋予的流。不仅是环带的不规则部分,此逐渐缩小也可沿着整个环带从内部部分到外部部分。

[0124] 可定制环形屏蔽件的部分(或本文描述的独立屏蔽件)的形状以不仅适应方位镀敷不均匀性而且适应径向不均匀性。例如参见图 4B,如果存在凹入的径向镀敷分布(如图 4B 的左上处的图形表示中描绘),那么屏蔽件或环形屏蔽件的延伸超过屏蔽件的规则环形部分(在内部)的部分可经成形以补偿凹入的径向镀敷分布。在此实例中,屏蔽件 480a 朝向 HRVA 302 的中心较薄,使得晶片的中心部分在经过屏蔽件时将具有比外部部分少的屏蔽且因此多的镀敷,所述外部部分遭遇较多屏蔽区域且因此较少镀敷。在存在凸出镀敷分布的另一实例中,屏蔽件(或环形屏蔽件的部分)480b 经成形以使得朝向晶片的周边存在较少屏蔽且朝向晶片的中心存在较多屏蔽。取决于晶片上的方位不均匀性和镀敷期间晶片的旋转顺序,可能需要例如图 4A 中描绘的不对称屏蔽件部分(例如在屏蔽件 440 和 445 中),这与屏蔽件 400 到 435 以及 450 到 475 相反,所述屏蔽件 400 到 435 以及 450 到 475 是关于将屏蔽件的从环状改变的部分二分的半径而对称的。因此,如屏蔽件 400 到 475 中描绘,环形屏蔽件的偏离环状的部分的区域可为对称的或不对称的,这取决于待镀敷晶片上的所需镀敷和方位不对称性。

[0125] 如所描述,通过在具有或不具有场的不对称部分的情况下组合镀敷时间与同步以补偿晶片表面上的方位不均匀性且实现均匀的方位镀敷,来利用由本文描述的屏蔽与窃流的各种组合产生的场中的这些不均匀性。在本部分中描述的实施例,结合所描述的屏蔽件使用双向晶片旋转。时序和同步除了其它因素外将取决于晶片上的方位不均匀性、屏蔽件配置、所需的镀敷量、镀敷速率和类似因素。屏蔽件特征与晶片的某些区域、晶片旋转速度和旋转方向的同步可使用具有用于同步的程序指令的控制器来完成。由于晶片的具有方位不均匀性晶片的区域将在屏蔽件的某些特征上方花费某一时间周期(或与其同步),因此所描述的用于获得方位镀敷均匀性的方法有时称为“停留屏蔽”方法。为了获得在屏蔽件上方的特定“停留”,可以某一旋转速率或速度(对在未经屏蔽区域上方的速率)旋转晶片,屏蔽件可较宽,将晶片旋转某一弧度以确保停留时间,以及这些情况的组合。

[0126] 具有分段或不规则环形屏蔽件和一个或一个以上额外固定屏蔽件的固定 HRVA

[0127] 在另一实施例中,通过使用先前部分中描述的环形屏蔽件(例如,附接到对称 HRVA 的分段屏蔽件)以及环形屏蔽件与晶片之间的一个或一个以上固定屏蔽件来实现用于方位上不对称的晶片的镀敷均匀性控制。所述一个或一个以上固定屏蔽件经配置以掩蔽 HRVA 孔,且经成形以便连同晶片的双向旋转和分段环形屏蔽件一起来补偿在晶片的具有方位上不对称的地形特征的区处电流密度分布的不均匀性(且补偿径向不均匀性)。

[0128] 图 5A 描绘对称 HRVA 302 上的如上所述的环形分段屏蔽件 300。角度  $\Omega$  (在此实例中为  $90^\circ$ ) 界定切除片段,且如上所述,连同对晶片的接近一起不仅界定镀敷期间围绕晶片的与屏蔽件对齐的环带的场成形,而且界定围绕晶片表面的电解液流。固定屏蔽件的数目和形状取决于晶片的方位不均匀性、待克服的径向不均匀性等。

[0129] 在一个实施例中,结合屏蔽件 300 使用的固定屏蔽件的数目 N 由公式界定: $N = 360^\circ / \Omega$ 。举例来说,当如图 5A 中  $\Omega$  为  $90^\circ$  时,则 N 将为四。图 5B 描绘环形屏蔽件 300,其具有围绕 HRVA 302 以规则图案布置的四个固定屏蔽件 500a 到 500d。在此实例中,屏蔽

件 500a 到 500d 经成形以补偿原本将为凹入径向镀敷分布的部分（例如，参见图 4B 和相关描述）。每一屏蔽件的形状可在给定设备中独立地变化，和 / 或屏蔽件无需围绕 HRVA 以规则图案布置。在一个实施例中，无论其形状如何，屏蔽件均如图 5B 中描绘以规则图案布置，也就是说，其中一个屏蔽件在环形屏蔽件的开口部分中位于中心（在此实例中，屏蔽件 500d 占据所述位置）。重要的是应注意，例如图 5B 中描绘的使用具有一个或一个以上额外固定屏蔽件的分段环形屏蔽件描述的实施例可例如图 5C 中描绘以具有与屏蔽件 500a 到 500c 突出到同一空间中的部分的环形屏蔽件以及单独屏蔽件 500d 来实施。在另一实例中，如图 5D 中描绘，使用单个屏蔽件 500f。屏蔽件 500f 具有例如由固体聚合物磨制或压力模制的单位主体。在此实例中，屏蔽件 500f 的指示为“E”的部分比屏蔽件的其余部分的厚度 B 薄，以便允许如上文关于分段环形屏蔽件描述的电解液流。屏蔽件 500f 的部分 E 的类似于单独屏蔽件 500d（如图 5C 中描绘）的子部分也可例如为与屏蔽件的其余部分相同的厚度 B，如图 5D 的最底部部分中描绘。在此实例中，当晶片如关于图 2B 所述定位时，存在基本上两个“较高流量”出口用于供电解液退出当晶片固持器组合件接近具有屏蔽件的 HRVA 时形成的伪腔室。当然，如关于图 4A 所述，屏蔽件 400f 的对应于图 5B 中的个别屏蔽件 500a 到 500d 的部分可逐渐缩小，例如，在中心沿着尺寸 B 较薄且朝向屏蔽件的周边变得较厚。

[0130] 具有如图 4A 和 4B 中描绘的单独屏蔽件以及具有如图 5D 中的单个屏蔽件都存在着优点。举例来说，具有关于图 5B 描述的单独屏蔽件允许在不必改变环形屏蔽件 300 的情况下断开屏蔽件 500a 到 500d。而且，屏蔽件 500a 到 500d 安装在环形屏蔽件与晶片之间，因此存在实现此情况的对应支撑结构。同样，当需要通过片段区域的最大流量时，在环形屏蔽件上方具有单独屏蔽件有助于此流量。例如关于图 5D 描述的单个屏蔽件可由于较少的零件（例如，用于单独屏蔽件 500a 到 500d 的支撑件）而安装、制造和操作起来较简单。

[0131] 还重要的是应注意，到此为止关于 HRVA 描述的屏蔽件是在额外组件的方面来描述的，即，与 HRVA 分离。情况无需如此。举例来说，图 5E 描绘 HRVA 550（类似于关于图 2A 和 2B 描述的 HRVA），其中 HRVA 的若干部分具有较少的流孔，或在此实例中不具有流孔（区域 560），以及在此实例中确实具有 1-D 通孔的单个区域 570。在此实例中，通过在 HRVA 的某些区域中不具有孔来产生屏蔽。当然，上述电解液流特性在屏蔽组件（如 HRVA 550 中）不具有垂直要素（即，厚度 B）时将不同。在另一实例中，如图 5F 中描绘，类似区域 560a 不仅不具有通孔，而且在 HRVA 570 的具有孔的表面上方升高到例如高度 B。在关于图 4E 和 4F 描述的实例中，在 HRVA 圆盘中选择性地形成通孔以形成所示图案，或在另一实例中，穿过整个结构制成通孔且随后例如在区域 560 和 560a 中选择性地阻挡通孔。后一实例具有的优点是使用现存的经钻制材料和例如使用丝网印刷来阻挡关注的孔。在另一实例中，使用烙铁来熔融闭合待密封的孔，所述烙铁以所需图案成形或例如围绕 HRVA 的表面移动以熔融闭合所需孔。可以任一数目的方式来熔融闭合孔，包含使用传导热源、对流热源、感应热源和辐射热源。

[0132] 在镀敷期间，在 HRVA 和屏蔽件上方例如双向地旋转晶片，以便在径向上和方位上获得均匀镀敷。举例来说，参见图 5B 到 5F 中的任一者的屏蔽件布置，在镀敷期间，在一个实施例中，围绕约 270° 的弧双向地旋转晶片。举例来说，参见描绘图 5F 的 HRVA 580 的图 6，描述镀敷工艺的若干方面。将具有对齐缺口 605 的晶片 600 定位于 HRVA 580 上方。电

解液流经过 HRVA 580 且冲击在晶片 600 的表面上。为了方便起见,仅将晶片 600 描绘为轮廓以使得可看见晶片 600 和 HRVA 580 的相对定位,且将晶片 600 描绘为具有比 HRVA 580 小的直径。对齐缺口接近需要如屏蔽元件的环形部分赋予的最少量的边缘屏蔽的区域,因此如图 6 的左边部分中描绘,缺口在环形屏蔽件的开口(片段)的前边缘处开始,且晶片顺时针旋转  $270^\circ$  以使得缺口 605 在屏蔽件的开口片段的另一边缘处结束。以此方式,晶片上邻近于缺口的需要较少边缘屏蔽的区域得到对场的较多暴露,且因此得到较多镀敷。由于晶片旋转  $270^\circ$ ,因此晶片上的每一点经过三个内部屏蔽件区域,所述屏蔽件区域由例如图 5B 中的屏蔽件 500a 到 500d 表示。在一个实施例中,晶片以此方式双向地(每一方向一次或一次以上)顺时针和逆时针旋转,直到实现所需镀敷为止。如所描述,环形屏蔽件(厚度、宽度和高度、分段或未分段)与例如屏蔽件 500a 到 500d 的额外“内部”屏蔽件元件(厚度、宽度和形状可取决于需要而变化)的任一数目的组合用来在径向上和方位上定制镀敷均匀性。

[0133] 具有可变旋转晶片速度的镀敷

[0134] 重要的是应注意,虽然上文描述的实施例是在单向或双向晶片旋转方面,其中旋转是完整  $360$  度旋转的一部分,但也可通过使用可变速度晶片旋转来执行方位校正。也就是说,如果晶片在给定区域(例如,HRVA 的有孔区域)上方以某一角速度  $R1$  旋转,且随后在另一区域(例如,经屏蔽区域)上方以不同角速度  $R2$  旋转,那么可获得类似结果。也就是说,在任一个别完整旋转期间改变旋转速度是调整和获得晶片所暴露于的时间平均屏蔽的方位可变量的一种方式。一个实施例是上文描述的实施例中的任一者,其中晶片速度在每一旋转期间变化,或者速度可在单个旋转期间变化,或在一些旋转中变化且不在其它旋转中变化。而且,晶片速度可仅在一个旋转方向(例如,顺时针)上自旋时变化且不在另一方向(例如,逆时针)上自旋时变化,或者其可在两个旋转方向上变化。一个实施例是关于双向晶片旋转描述的任一实施例,但使用单向旋转(其中旋转速度在一个或一个以上单个旋转期间变化)或双向旋转(其中旋转速度变化)。

[0135] 图 7 和图 8 中所示的工艺流程图说明这些工艺。在具有在衬底附近的一个或一个以上方位上不对称的屏蔽件的设备中实施第一工艺。屏蔽件的实例包含定位于 HRVA 上方、HRVA 下方的屏蔽件或在不存在 HRVA 的情况下的屏蔽件。在一些实施例中,方位上不对称的屏蔽件是具有方位上不对称的孔分布的 HRVA。工艺在操作 701 中通过对齐晶片上的选定方位位置而开始。举例来说,可通过光学对准器来对齐缺口的方位位置且将其记录在存储器中。在操作 703 中,将衬底提供到衬底固持器中且浸没到电解液中。在操作 705 中,在当衬底的选定部分不在经屏蔽区域中时以第一速度旋转衬底的同时镀敷衬底。在操作 707 中,当衬底的选定部分经过经屏蔽区域时以不同速度旋转衬底。因此,晶片的一个完整旋转包含第一速度下的旋转周期和不同速度下的旋转周期,其中至少部分地当衬底的选定部分经过经屏蔽区域时发生第二速度下的旋转周期。如先前提到,屏蔽件优选安置于衬底的靠近附近,例如可镀敷表面的约  $4\text{mm}$  内,或等于或小于衬底半径的  $0.1$  倍的距离内。接着可在必要时重复可变速度旋转。举例来说,一个完整旋转可包含  $20\text{rpm}$  或  $20\text{rpm}$  以上的旋转周期,之后是  $10\text{rpm}$  或  $10\text{rpm}$  以下的旋转周期,其中镀敷包含至少  $5$  个完整的可变速度旋转。在一个实例中,晶片的一个完整旋转包含当晶片的选定部分未经屏蔽时约  $40\text{rpm}$  的旋转周期,之后是当晶片的选定部分经过经屏蔽区域时约  $1\text{rpm}$  的约  $10$  到  $15$  度的旋转周期。镀敷

可包含至少约 10 个（例如至少约 20 个）可变速度旋转。应了解，电镀中不一定所有旋转都是可变速度。举例来说，镀敷工艺可包含恒定速度完整旋转和可变速度完整旋转两者。此外，可在电镀工艺中在单向和双向旋转期间实施可变速度旋转。

[0136] 图 8 说明用于在具有方位上不对称的窃流件（例如，C 形窃流件）或多分段窃流阴极的设备中进行镀敷的工艺流程图。工艺在 801 中通过用光学对准器对齐所需方位位置而开始。在 803 中，将衬底放置到晶片固持器中且浸没在电解液中。在 805 中，当衬底的在选定方位位置处的选定部分处于方位上不对称的窃流阴极附近或多分段阴极的片段附近时，在晶片以第一速度旋转的同时执行镀敷。在 807 中，当选定区域不在窃流件的附近时改变旋转速度（使晶片减慢或加速）。因此，在一个完整旋转中，当选定区域在窃流件或窃流片段附近时，晶片以第一速度旋转一时间周期，且当选定区域较远离窃流件时，晶片以不同速度旋转一时间周期。可变速度旋转可重复与必要情况一样多的循环，例如至少 10 个循环。

[0137] 应了解，在一些实施例中，在设备中含有多个屏蔽件和 / 或多个窃流片段的情况下和 / 或在晶片含有其中需要校正方位不均匀性的多个选定区域的情况下，晶片的一个完整旋转可包含交替的较慢和较快旋转的多个周期，以便使所需屏蔽件和 / 或窃流件与所有必要的选定方位部分对齐。

[0138] 还应注意，双向旋转和可变速度旋转均匀性校正方法均可特征在于为衬底的在选定方位位置处的选定部分提供相对于衬底的在不同方位位置处的类似部分的停留时间不同的停留时间，其中停留时间指代选定部分在经屏蔽区域中或在窃流阴极（或其片段）附近的停留。如先前已提到，这些实施例也可与其它类型的辅助电极（例如辅助方位上不对称的阳极）和阳极 / 阴极以及多分段阳极和阳极 / 阴极一起使用。

[0139] 图案化方法 / 设备：

[0140] 图 9 中展示根据本文呈现的一个示范性实施例的电镀设备的示意简化横截面图。此非限制性实例说明具有方位上不对称的窃流阴极（在其它实施例中其可为阳极或阳极 / 阴极）和位于 HRVA 上方的方位上不对称的屏蔽件两者的设备。应了解，在其它实施例中，镀敷单元可具有不同的组件，或一些组件可不存在，例如 HRVA 可不存在，和 / 或设备可含有屏蔽件而没有窃流件，或含有窃流件而没有屏蔽件。如图 9 中描绘，镀敷设备 901 包含镀敷单元 903，其容纳阳极 905。阳极可为活性阳极（即，包含正镀敷的金属（例如铜或锡）的阳极）或惰性阳极。在此实例中，包含可镀敷金属的离子和酸的电解液 907 经由阳极 905 流入单元 903，且电解液穿过具有垂直定向（不相交）通孔的流成形元件 909（也称为 HRVA 或离子电阻性离子可渗透元件），电解液流过所述通孔且随后冲击在由晶片固持器 913 固持、定位和移动的晶片 911 上。在描绘的实例中，晶片固持器经配置以用于双向地旋转晶片，且也可经配置以用于以可变速度旋转晶片。电解液的冲击流由垂直箭头描绘，其说明电解液流过流成形元件 909 的通道向上到达晶片 911。方位上不对称的窃流阴极 915（例如，驻留在晶片周边的部分周围的 C 形窃流件）驻留在流成形元件 909 上方。更一般来说，窃流件可驻留在与电解液离子连通的任何地方（例如，在镀敷槽内或在单独腔室中）。窃流阴极 915 连接到电源（未图示）的负端子，且经配置以从晶片衬底转向离子电流。另外，方位上不对称的屏蔽件 917（例如，楔形屏蔽件）在晶片衬底附近定位于流成形元件 909 上方。

[0141] 优选地，为了最优地控制均匀性，流成形元件和屏蔽件两者在衬底的靠近附近定位。在一些实施例中，在电镀期间距衬底固持器的底部表面和流成形元件的顶部表面的距

离在约 1 与 5mm 之间。屏蔽件 917 优选驻留在衬底固持器的底部表面的约 4mm 内。

[0142] 在一些实施例中,流成形元件的厚度在约 5mm 与约 10mm 之间,且在电镀期间流成形元件的面对衬底的表面与衬底的镀敷面分离约 10 毫米或 10 毫米以下的距离,较优选约 5 毫米或 5 毫米以下的距离。在一些实施例中,流成形元件是具有约 6,000 到 12,000 个通道的圆盘。

[0143] 晶片 911 通常具有与晶片的外围形成的多个电触点,且电连接到电源(未图示)的负端子,使得上面具有导电层的晶片在电镀期间充当阴极。电源的正端子电连接到阳极 905。当施加电位差时,得到离子电流,其将可镀敷金属的离子和质子移动到晶片表面。金属离子在晶片表面处还原,从而在衬底的表面上形成电镀金属层。镀敷层的均匀性取决于衬底附近的镀敷场的分布,所述分布又可通过使用本文提供的方法以方位上不对称的屏蔽件 917 进行屏蔽且以方位上不对称的窃流件 915 进行电流转向来调整。

[0144] 电连接到电镀设备 901 的组件的控制器 919 包含指定用于电镀的必要参数的程序指令,所述参数例如为施加到晶片和窃流件的电流电平、与将电解液递送到镀敷镀槽相关的参数以及衬底的旋转速度和旋转方向。控制器 919 包含用于执行本文描述的所有方法的程序指令,例如对齐晶片的选定方位位置以使得其与晶片的在不同方位位置处的类似区相比以不同方式停留在经屏蔽区域中或窃流件附近。控制器将通常包含一个或一个以上存储器装置和一个或一个以上处理器。处理器可包含 CPU 或计算机、模拟和 / 或数字输入 / 输出连接、步进电动机控制器板等。

[0145] 在某些实施例中,控制器控制沉积设备的所有活动。系统控制器执行系统控制软件,包含用于控制晶片旋转速度、方位位置对齐等的程序指令集。

[0146] 通常,将存在与控制器相关联的用户接口。用户接口可包含显示屏、设备和 / 或工艺条件的图形软件显示器,和例如指向装置、键盘、触摸屏、麦克风等用户输入装置。

[0147] 用于控制沉积工艺的计算机程序代码可以任何常规计算机可读编程语言编写:例如,汇编语言、C、C++ 或其它语言。所编译的目标代码或脚本由处理器执行以执行程序中所识别的任务。

[0148] 应了解,图 9 中所示的描绘是一个实施例的简化方案,其并不展示本文描述的电镀设备的所有细节。举例来说,如所描述,在一些实施例中,不对称屏蔽件是不对称 HRVA,且在一些实施例中,例如窃流件、屏蔽件或 HRVA 等镀敷单元的组件经配置以旋转。

[0149] 本文描述的设备和方法可结合光刻图案化工具或工艺来使用,例如用于制作或制造半导体装置、显示器、LED、光伏面板和类似物。通常(但并不一定),这些工具 / 工艺将在常见的制造设施中一起使用或进行。膜的光刻图案化通常包括以下步骤中的一些或全部,每一步骤以若干可能工具来实现:(1) 使用旋涂或喷涂工具在工件(即,衬底)上施加光致抗蚀剂;(2) 使用热板或炉或 UV 固化工具来固化光致抗蚀剂;(3) 用例如晶片步进器等工具使光致抗蚀剂暴露于可见或 UV 或 x 射线光;(4) 使用例如湿式台架等工具使抗蚀剂显影以便选择性地移除抗蚀剂且进而将其图案化;(5) 通过使用干式或等离子辅助蚀刻工具将抗蚀剂图案转印到下伏的膜或工件中;以及(6) 使用例如 RF 或微波等离子抗蚀剂剥离器等工具移除抗蚀剂。一个实施例是如本文描述的方法,其进一步包含:在电镀之后将光致抗蚀剂施加到晶片以获得径向和方位均匀性;将光致抗蚀剂暴露于能量源;图案化抗蚀剂且将图案转印到晶片;以及从晶片选择性地移除光致抗蚀剂。一个实施例是包含如本文描述的

设备的系统,其进一步包括步进器。在一些实施例中,在 TSV 和 WLP 处理中使用,在电镀之前施加且图案化光致抗蚀剂以提供具有一个或一个以上凹入特征的表面;在电镀期间用金属填充所述特征,且在电镀之后移除光致抗蚀剂。

[0150] 方位上不对称和多分段阳极以及经配置以充当阳极和阴极的方位上不对称和多分段电极

[0151] 在先前部分中,例如方位上不对称和多分段电极等辅助电极主要通过窃流阴极来示例,所述窃流阴极是经配置以使离子(镀敷)电流转向的经负性偏置的电极。本文假定在其它实施例中,使用辅助方位上不对称和辅助多分段阳极(经配置以赠予镀敷电流的经正性偏置电极)而不是窃流件来进行方位校正。然而,在其它实施例中,使用经配置以充当阳极和阴极(也称为阳极/阴极)的方位上不对称和多分段电极来代替窃流件。阳极/阴极经配置以经正性(阳极性)偏置一时间部分使得其能够赠予电流,且在电镀期间经负性(阴极性)偏置另一时间部分,此时其经配置以使电流转向且充当电流窃流件。本文提供的实施例包含上文描述的实施例中的任一者,其中使用辅助阳极或辅助阳极/阴极来代替窃流阴极。

[0152] 大体上,窃流阴极、辅助阳极和辅助阳极/阴极在本文中称为辅助电极。这些包含方位上不对称的电极(例如 C 形电极)和多分段辅助电极。

[0153] 辅助阳极可为惰性阳极或尺寸上稳定的阳极,例如产生氧气,或者其可为金属阳极,产生镀敷金属的金属离子。辅助阴极在使用期间可在其上经历金属镀敷,或可经历另一阴极反应,例如氢演变。如果例如通过使辅助电极暴露于不含金属的溶液(例如仅含有酸或不可镀敷的盐的溶液)且使辅助电极与主腔室物理上分离以便避免含有镀敷金属的材料混合但使得其仍经由对流体输送具抵抗性的离子传导媒介(例如,阳离子薄膜)与主镀敷腔室(容纳晶片)离子连通,而从电极的表面排除可镀敷金属离子,那么可启用氢演变而不是金属镀敷。

[0154] 辅助阳极或阳极/阴极的使用有时是优选的,因为在许多实施例中在电镀期间金属沉积在窃流阴极上,这可能导致形成杂散微粒、金属剥落和对镀敷镀槽的污染。相比之下,辅助阳极经正性偏置,且避免了在其表面上沉积金属。此外,在一些实施例中,经正性偏置花费的时间比负性偏置多的阳极/阴极出于同一原因是优选的,即,存在净阳极电流且因此在处理的完整循环中在电极上无金属的净积累。此具有“净”阳极功能的阳极/阴极将不会在其表面上累积金属沉积物,因为在其阴极阶段期间沉积在其上的任何金属都将在其阳极阶段期间再溶解。

[0155] 辅助阳极和阳极/阴极结合屏蔽来使用是最优选的,因为例如放置于晶片下方以均匀地屏蔽晶片外围的对称环形屏蔽件等屏蔽件可使晶片的表面(例如,在其外围处)大体上缺乏镀敷电流(将导致比所需镀敷薄的“冷”区域)。影响对称环形屏蔽件的有效性的量值和相对于晶片的较靠近中心定位的区域来说造成边缘区不足的镀敷的影响区域范围的主要参数是屏蔽件的大小(屏蔽件的电流阻挡的最内直径)。晶片的不对称性将在一个或一个以上方位位置处引入一个或一个以上区,其电流比晶片的其余部分或多或少地不足。通过使用适当选定的屏蔽件大小,晶片的在缺失裸片或特征附近的方位区可经调谐以展现某种程度的比平均厚的特征,同时晶片的不具有缺失裸片/特征的方位区接着将趋于电流和厚度不足。使用阻挡边缘的较多部分(较小的内径)的屏蔽件可能产生其中缺失裸片区

和一般边缘区均不足但缺失裸片区在某种程度上比一般边缘较少地不足的情形。或者,可能选择具有大于前述两个实例两者的内径的屏蔽件,在此情况下,一般边缘和缺失裸片边缘两者比晶片中心厚,但缺失裸片区特征在晶片上最厚。辅助“C”形电极可随后通过在不同方位位置处在不同程度和/或不同正负号(阳极对阴极)下赠予或清除边缘镀敷电流来校正任何其它这些情况,即,过量和不足两种情况。辅助阳极/阴极可通过将电流赠予晶片的选定方位位置(在阳极/阴极经正性偏置的时间期间)和通过从晶片的不同方位位置转向电流(在阳极/阴极经负性偏置的时间期间)来校正此问题。

[0156] 图 10A 提供用于校正具有缺失特征的晶片中的方位均匀性的 C 形阳极/阴极的使用的说明。图 10A 展示在晶片旋转时晶片的四个视图,其中屏蔽件具有适度量的边缘延伸,其经定大小以使得缺失裸片/特征区将稍微较厚,且晶片边缘的其余部分将稍微较薄。在晶片围绕其中心轴旋转时在不同时间点取得视图 1001、1003、1005 和 1007。在旋转期间,旋转的速度可恒定(对于此实施例最常见),但也可变化。下方的曲线图展示在旋转周期中以及在这四个时间点和晶片角位置期间供应到 C 形辅助电极的阳极和阴极电流的电平。在视图 1001 中,缺失裸片区 1009 接近于 C 形辅助电极 1011。屏蔽件 1020 的大小“适度”,居于于在缺失裸片区中产生稍微厚的区与在一般边缘区中产生稍微薄的区之间。因此,在不施加校正性阴极电流的情况下,此面对 C 形辅助电极的区将最终较厚。为了减轻在缺失裸片区域处的电流积聚,C 形电极在此时间点充当阴极,且经负性偏置以便从缺失裸片区转向电流。在视图 1003、1005 和 1007 中,晶片旋转,使得缺失裸片区 1009 移动远离 C 形辅助电极 1011。在这三个时间点,电极经正性(阳极性)偏置,使得其可对在其附近的晶片外围赠予电流。因此,在晶片的一个完整旋转期间,电极花费一部分时间经偏置为阴极且花费一部分时间经偏置为阳极,且偏置的所施加电流电平(量值)和类型(正负号)以某一方式与晶片的旋转相关以便提供对晶片的选定方位位置(在此情况下,缺失裸片区)的特定校正。可例如结合适度屏蔽来使用图 10A 中所示的说明,其中晶片的大多数部分是“冷”的(经历不足够的电流,从而需要来自辅助电极的赠予),且缺失裸片部分是“热”的(经历电流积聚,其需要转向)。

[0157] 在一些实施例中,例如关于晶片外围的强屏蔽,晶片外围可能非常“冷”,而缺失裸片区较不“冷”,使得所有方位位置均需要辅助阳极的电流赠予,但程度不同。这在具有强屏蔽件 1021 的图 10B 中说明,其中提供到 C 形电极的电流总是阳极的,但是当缺失裸片区(选定方位位置)在电极附近时,以较低电平提供。当缺失裸片区旋转远离电极时,阳极电流增加以便对晶片外围的较冷区赠予较多电流。因此,在晶片的一个完整旋转期间,电极花费一部分时间在第一功率电平(或电流电平)下经偏置为阳极,且花费一部分时间在较高功率电平(或电流电平)下经配置为阳极,其中电流电平以某一方式与晶片的旋转相关以便提供对晶片的选定方位位置的特定校正。

[0158] 在一些实施例中,例如当屏蔽较弱时,提供到阳极/阴极的阴极电流电平可大体上大于阳极电流电平。例如在图 10C 中说明此情况。对于同一类型的晶片,弱屏蔽件 1022 要求用于缺失裸片区的阴极电流的电平大于两个先前实例的任一者中的电平,且在对 C 形电极的一般边缘暴露期间供应的阳极电流小得多(或甚至也可为阴极的,这取决于晶片、屏蔽件和单元设计的特定细节)。

[0159] 然而,在例如具有极少或不具有一般对称屏蔽的另一实施例中,辅助 C 形电极可



仅充当阴极。即,当电极在选定方位位置附近时将第一电平的阴极电流供应到电极,且当选定位置旋转远离 C 形辅助阴极时供应不同电平的阴极电流。因此,在晶片的一个完整旋转期间,电极花费一部分时间在第一功率电平(或电流电平)下经偏置为阴极,且花费一部分时间在不同功率电平(或电流电平)下经配置为阴极,其中功率电平以某一方式与晶片的旋转相关以便提供对晶片的选定方位位置的特定校正。

[0160] 应注意,即使在不存在缺失裸片或特征区的情况下,电流的施加(阳极或阴极)可用来调谐一般边缘厚度分布,且因此,设备的使用不限于关于具有方位上不均匀图案的晶片的操作。事实上,此设计有益于边缘校正的两种情况:具有方位不均匀图案的晶片和不具有方位不均匀图案的晶片。

[0161] 图 10A 到 10C 中说明的实施例涉及一种方法,其中提供到不对称辅助电极的功率与晶片旋转相关以便相对于不同方位位置(具有相同平均弧长和相同平均径向位置)将不同电平的镀敷电流提供到晶片上的选定方位位置,且进而以不同方式转向和/或赠予镀敷电流到选定方位位置。经配置以执行此电镀方法的设备包含控制器和相关联编码器,所述编码器经编程以使辅助电极的功率电平和/或辅助电极的极性与晶片的选定方位部分(例如,缺失裸片)的位置相关。

[0162] 在替代实施例中,即使当将恒定功率电平施加到方位上不对称的电极(例如,C 形阳极、阴极或阳极/阴极)或多分段电极以用于镀敷电流的一般校正,也发现所述电极是有用的。

[0163] 电极相对于晶片边缘的位置和/或辅助电极电流线的界限可具有显著重要性。在一些实施例中,优选的是辅助电极(例如 C 形阳极、阴极或阳极/阴极)驻留在晶片衬底的靠近附近。优选地,衬底与电极之间的距离应不大于圆形衬底的半径的 0.2 倍。在此距离下,电极尤其有效地校正衬底表面处的离子电流环境。在较大距离下,辅助电极作用将远不显著,因为离子电流转向/赠予在电极面的正前方将较少地偏向有利,且在晶片的包括许多方位位置的较大区域上扩散,从而潜在地使得对工艺的控制某种程度上更难。然而,在靠近附近,电极对电流的转向和/或赠予可集中在需要校正的特定方位区上。本文提供的辅助阳极不同于位于距晶片较大距离处的方位上不对称的阳极。

[0164] 或者,或除了上文描述的接近集中之外,辅助电极可容纳在界限结构中,所述界限结构防止赠予/转向电流大体在 x-y 方向上分布。图 11 中展示在方位电流界限结构 1101 中具有 C 形辅助电极 1103 的设备的俯视图,其中界限结构将来自辅助电极的电流的暴露界限限于晶片 101 附近的小区域。图 12 中展示具有类似但不相同的结构的等距视图。辅助电极也可容纳在完全单独的腔室中,其中含有电解液的通道或类似的界限和角度影响界定区在所需的位置和角度范围将其连接到主镀敷腔室。经常将此称为“虚拟辅助电极”的构造,其中虚拟电极的定位/位置与辅助腔室到主镀敷腔室的连接通道开口一致。

[0165] 应注意,通过界限或虚拟腔室的使用,物理电极自身的形状变得较不重要,因为经转向和/或赠予的电流的形状将由容纳电极的界限结构或其开口的形状来界定,其中界限结构基本上充当虚拟辅助电极。

[0166] 图 12 是镀敷单元上部腔室 1200 的示范性实施例的等距示意图,其中晶片和晶片固持器将驻留在其上方且在其上方的靠近附近旋转(但晶片和固持器未图示)。单元的外部圆形流体容纳主体 1201 具有围绕大部分圆周的上部流体界限堰壁 1206。在所示实施例

中,单元的中心是HRVA板或流量扩散器1203(为了简单起见,板中的大量小孔未图示)。在HRVA的边缘周围且驻留在晶片边缘下方的是对称环形屏蔽件1202。在上部腔室的圆周的一部分上方是“C”形辅助电极1204。在优选实施例中,在超出辅助电极1204的区域(从单元的中心稍微较多移除)中是一区,其中上部腔室1200的堰壁1206经切除到稍微较低的水平面,从而允许流体流在实心或多孔(例如,丝网)辅助电极上和周围优先引导,从而使得能够供应充分的对流以及从单元移除任何微粒或气泡。

[0167] 所描述的方法不限于电镀

[0168] 应了解,本发明的与本文描述的方位校正有关的一些方面可应用于除电沉积外的许多其它膜沉积和移除应用,其中适当地应用和考虑其它沉积和移除技术的物理机构和操作模式上的现有技术差异。举例来说,C形或马蹄形辅助目标将适合于实现旋转衬底上的沉积的方位可变速率,或者在等离子蚀刻设备内的旋转晶片前方类似于本文所述而放置的不对称物理掩模将导致在边缘处和在晶片边缘上的特定角位置处的角度可控的蚀刻速率。

[0169] 系统控制器:

[0170] 如本文描述的电镀设备包含用于实现工艺操作的硬件和具有用于控制根据本发明的工艺操作的指令的系统控制器。举例来说,旋转数字编码器、旋转晶片的晶片固持器、任何移动的屏蔽件元件、HRVA、供应到辅助不对称或多分段电极的功率电平等是由系统控制器控制和同步。系统控制器将通常包含一个或一个以上存储器装置和一个或一个以上处理器,所述处理器经配置以执行指令以使得设备将执行根据本发明的方法。含有用于控制根据本发明的工艺操作的指令的机器可读媒体可耦合到系统控制器。

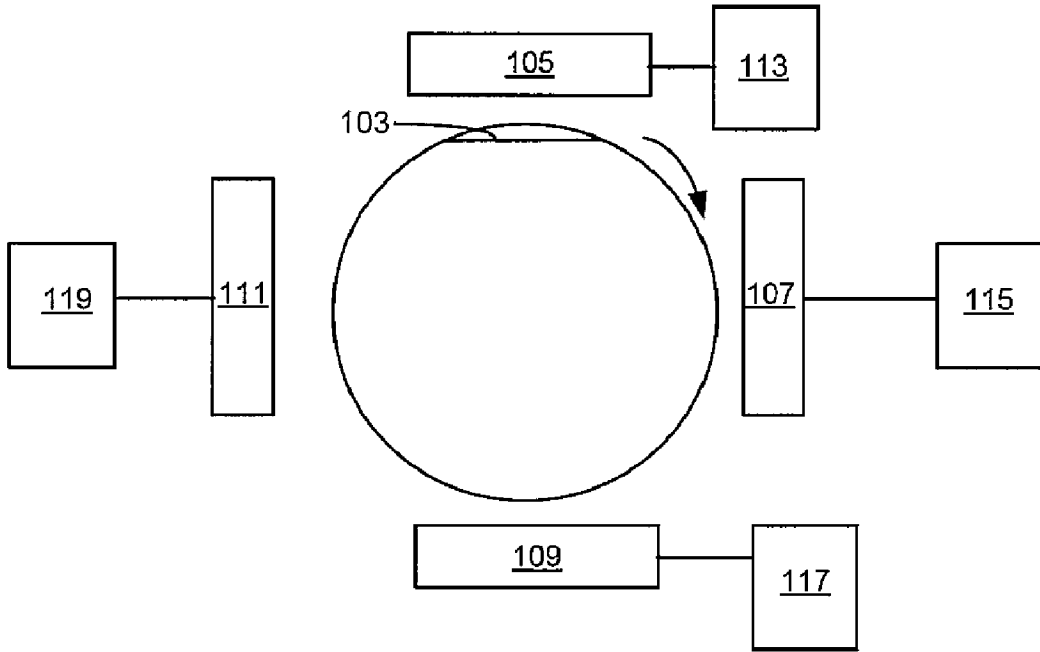


图 1A

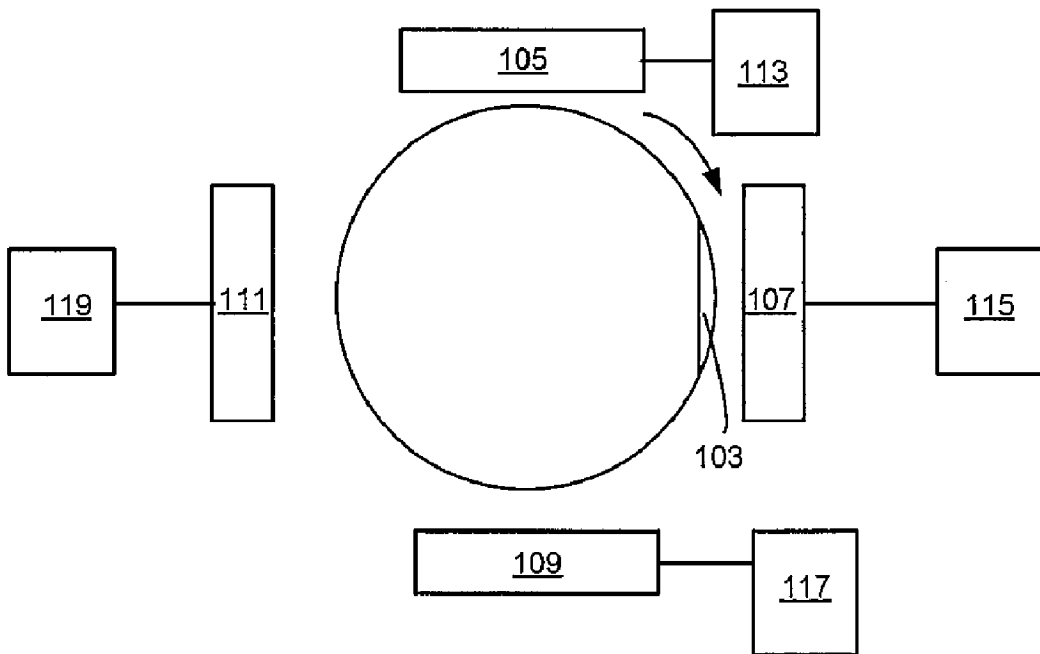


图 1B

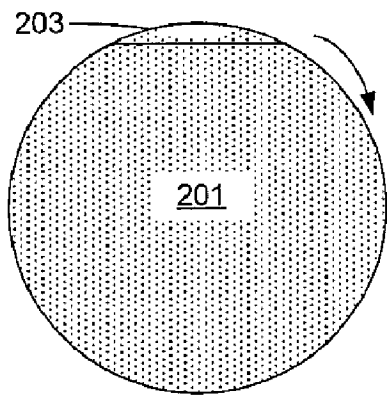


图 2A

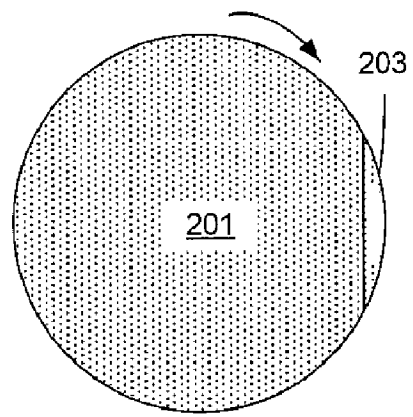


图 2B

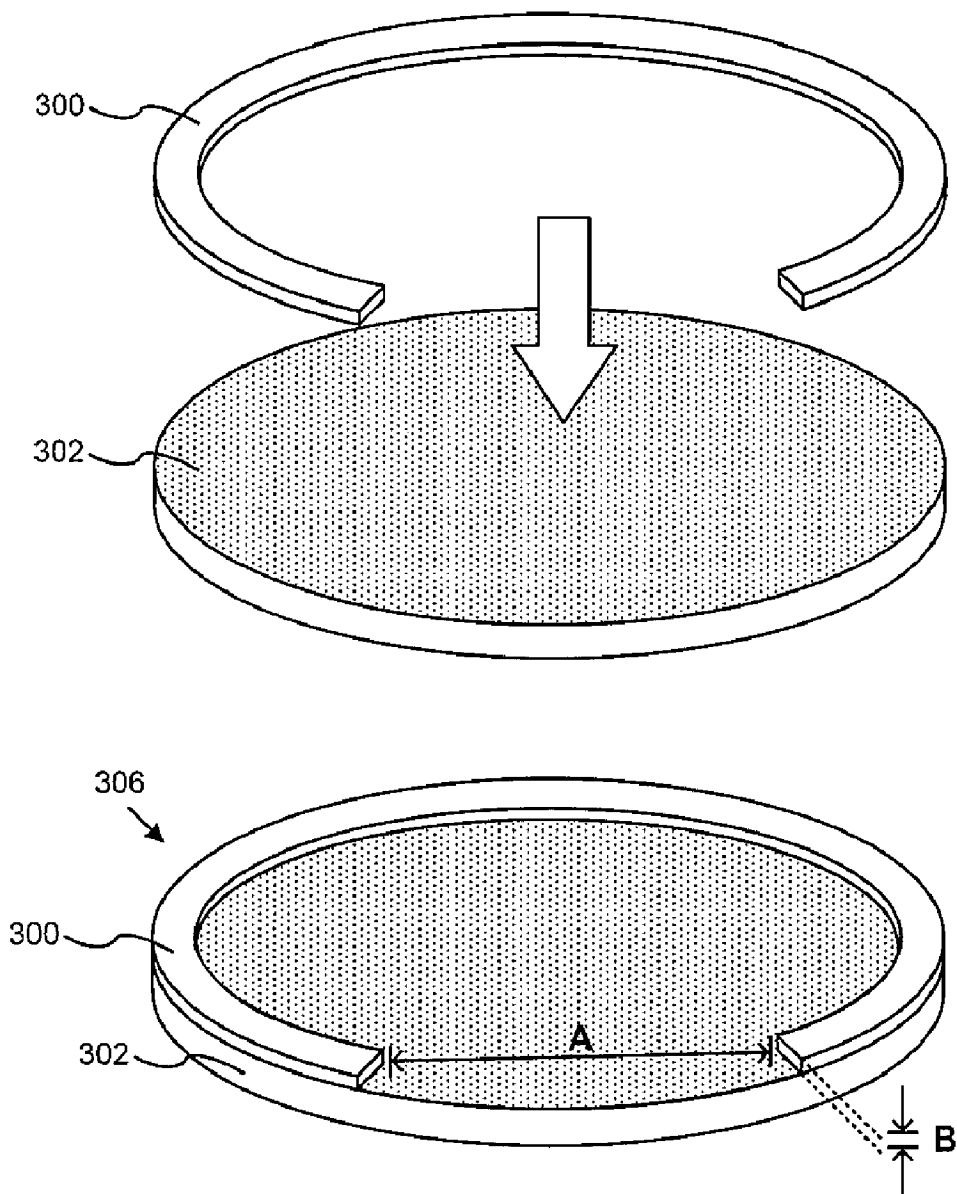


图 3A

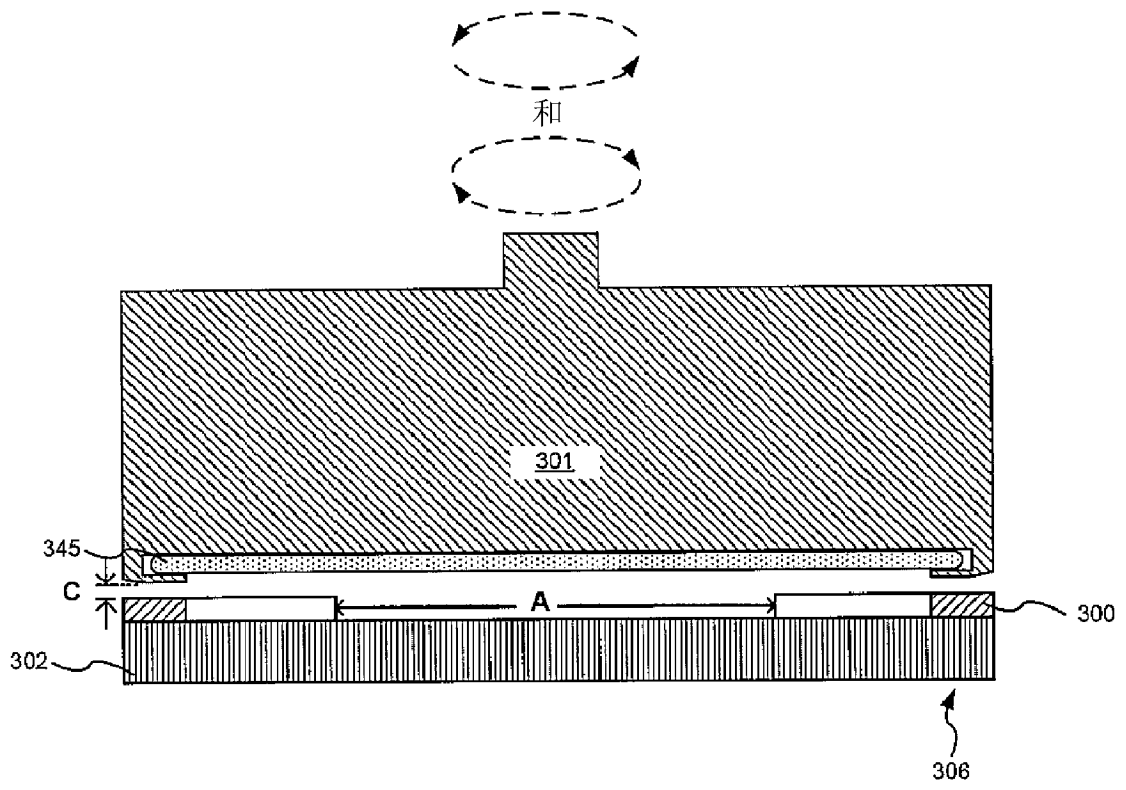


图 3B

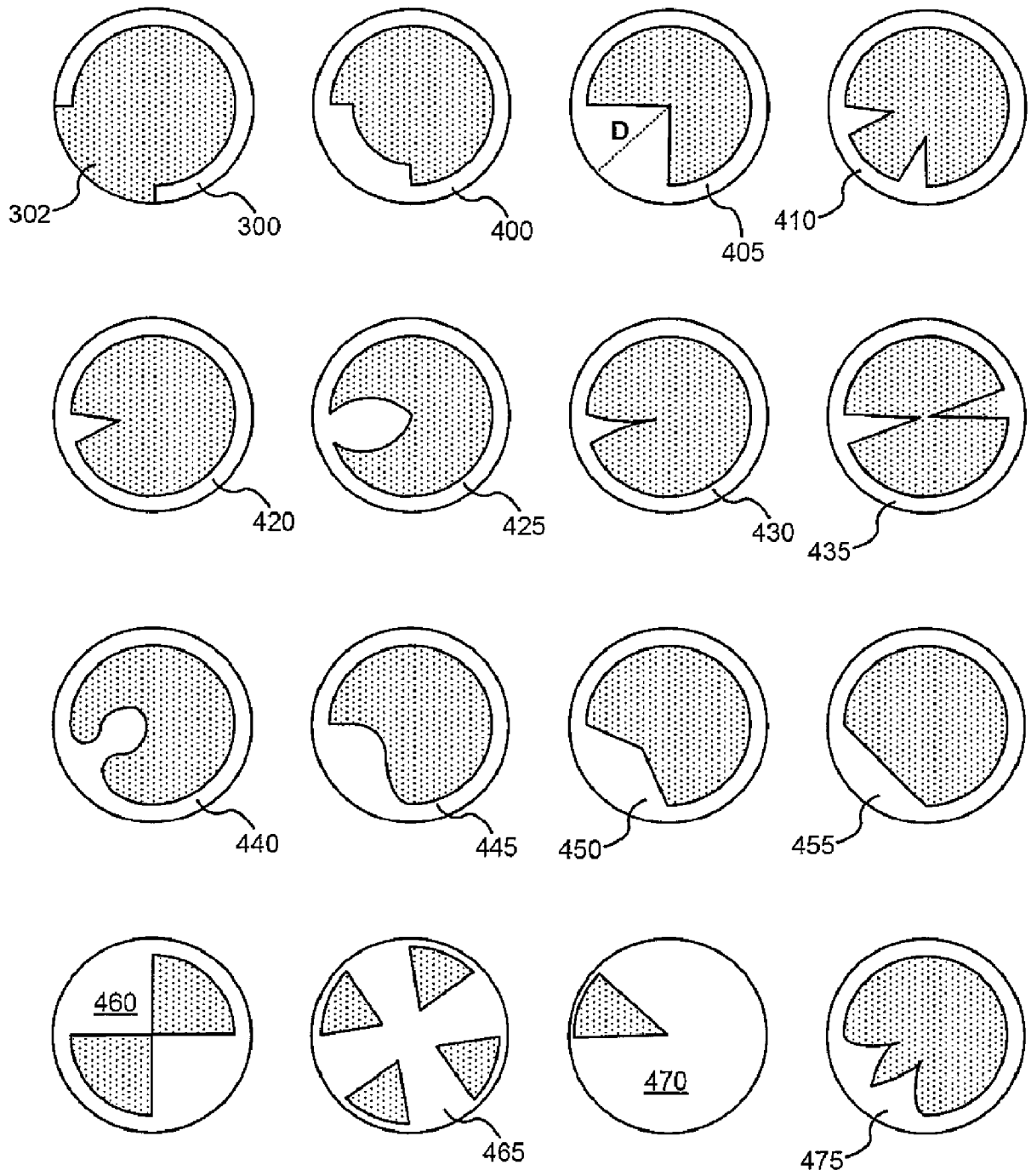


图 4A

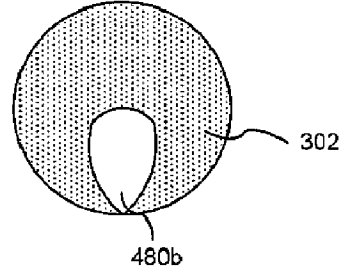
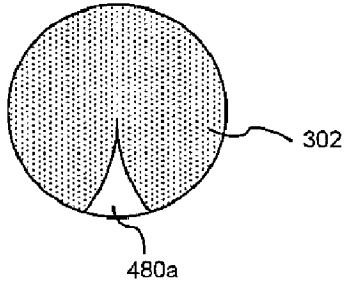
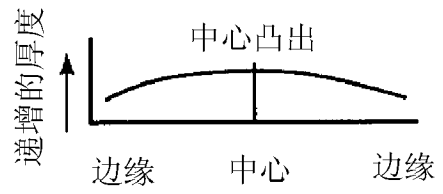
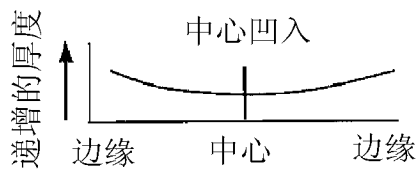


图 4B

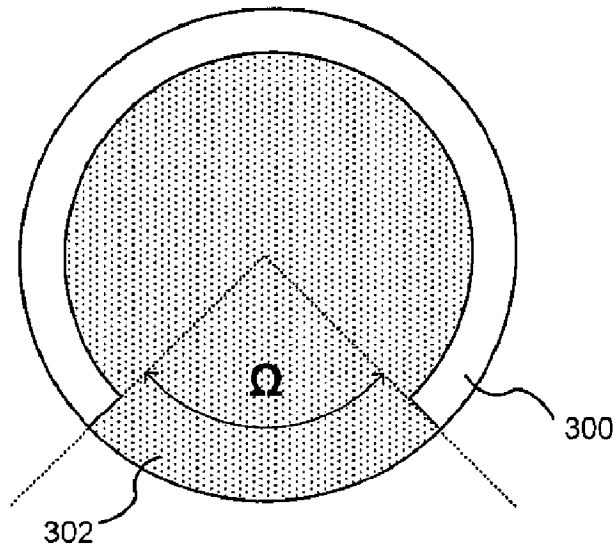


图 5A



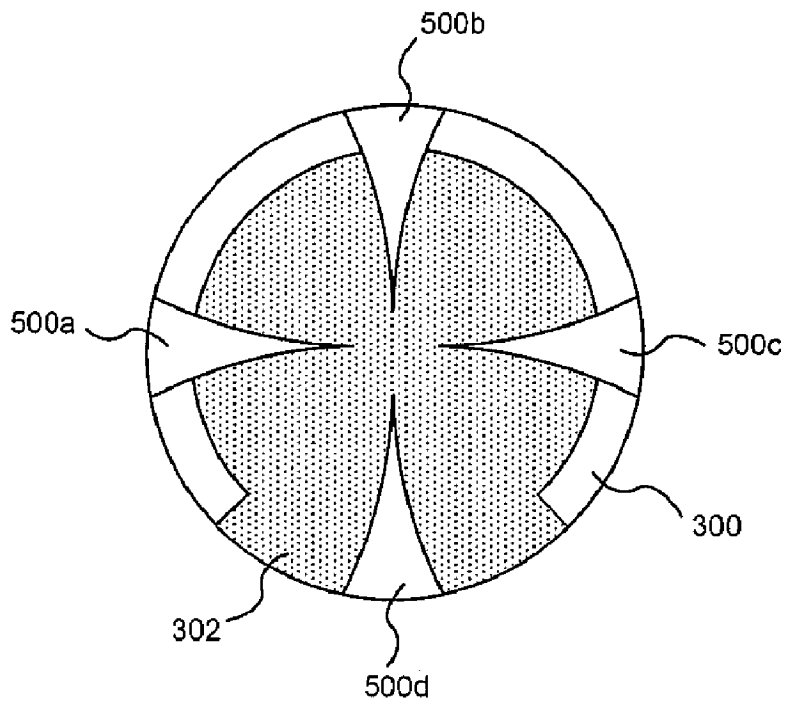


图 5B

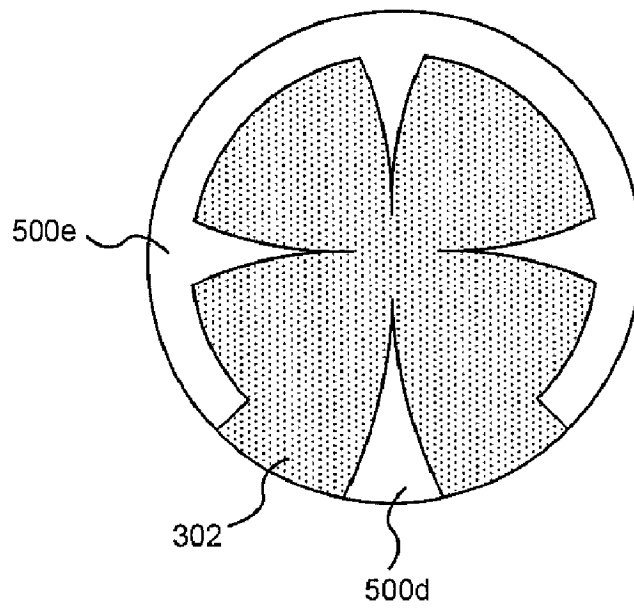


图 5C

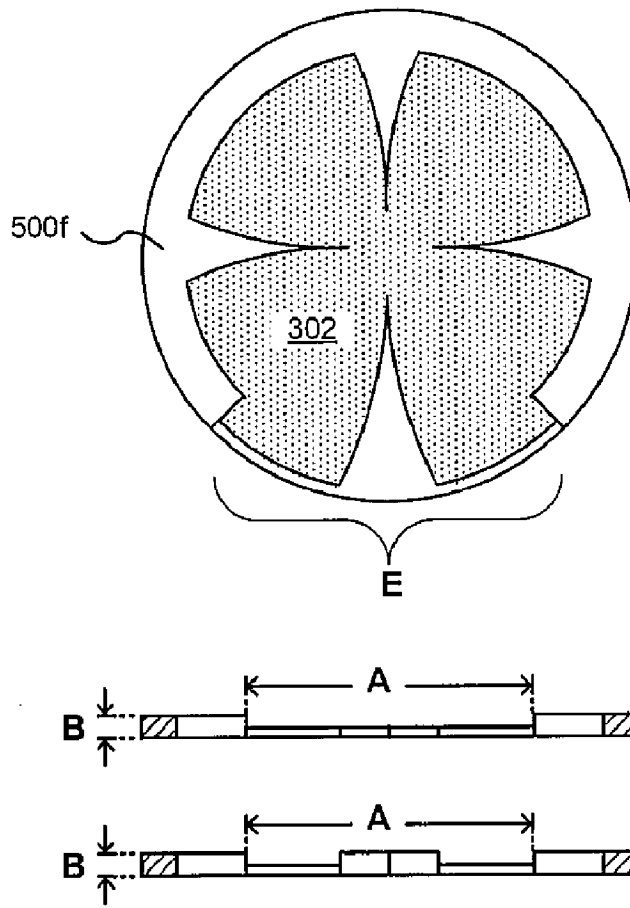


图 5D

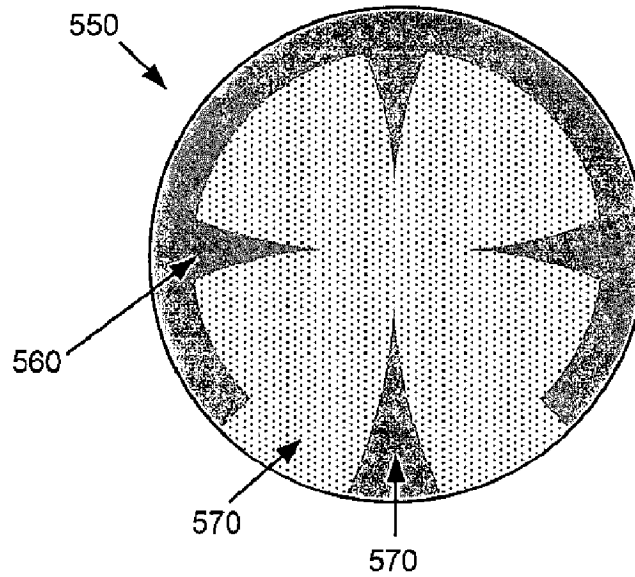


图 5E

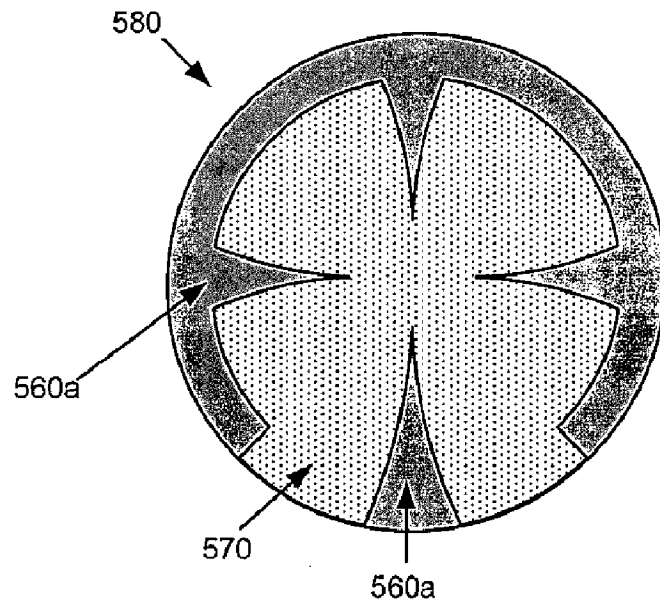


图 5F

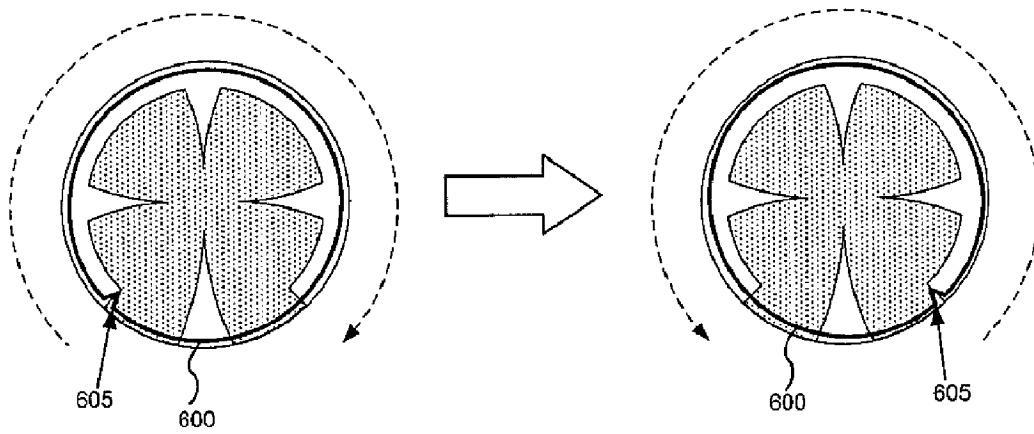


图 6

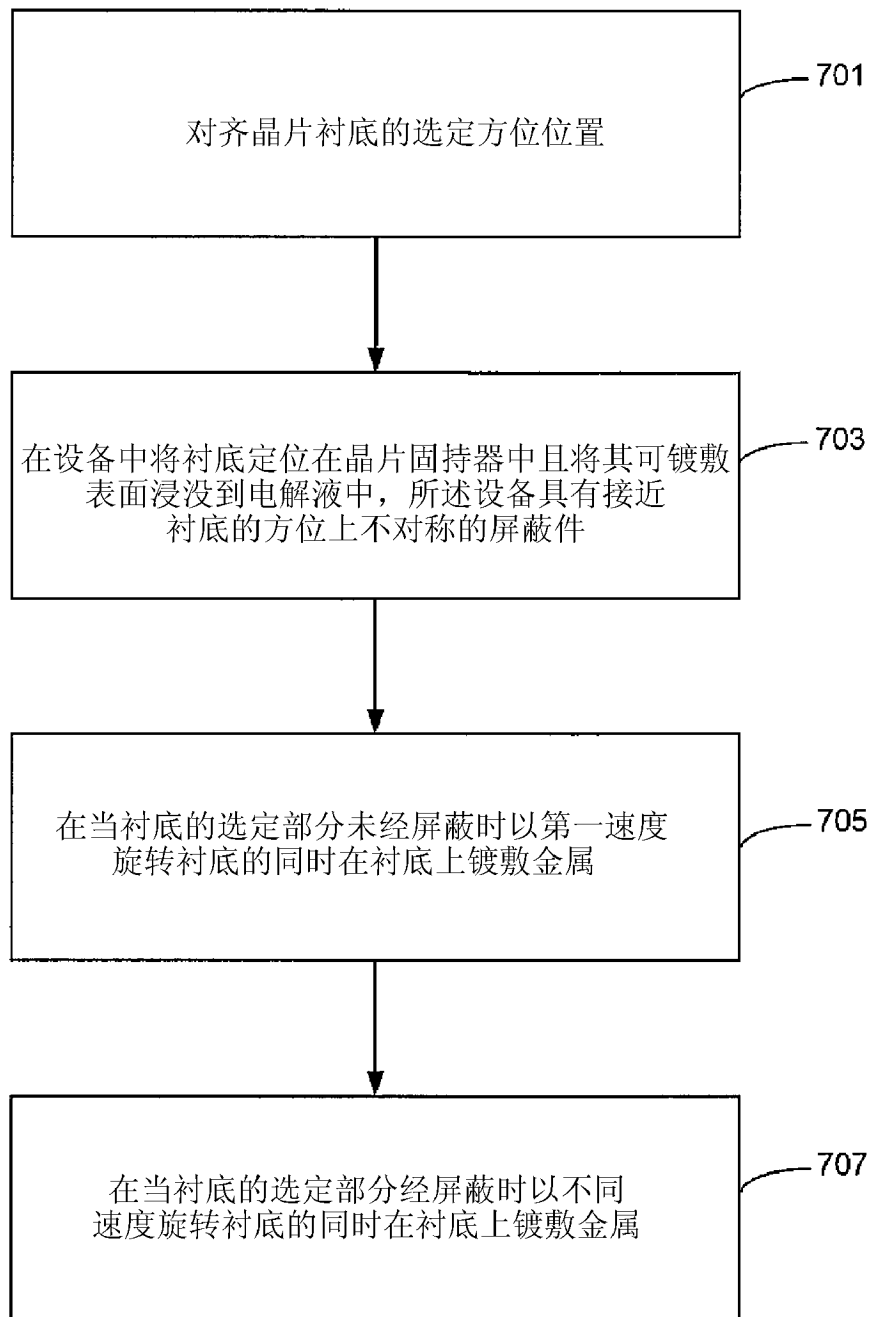


图 7

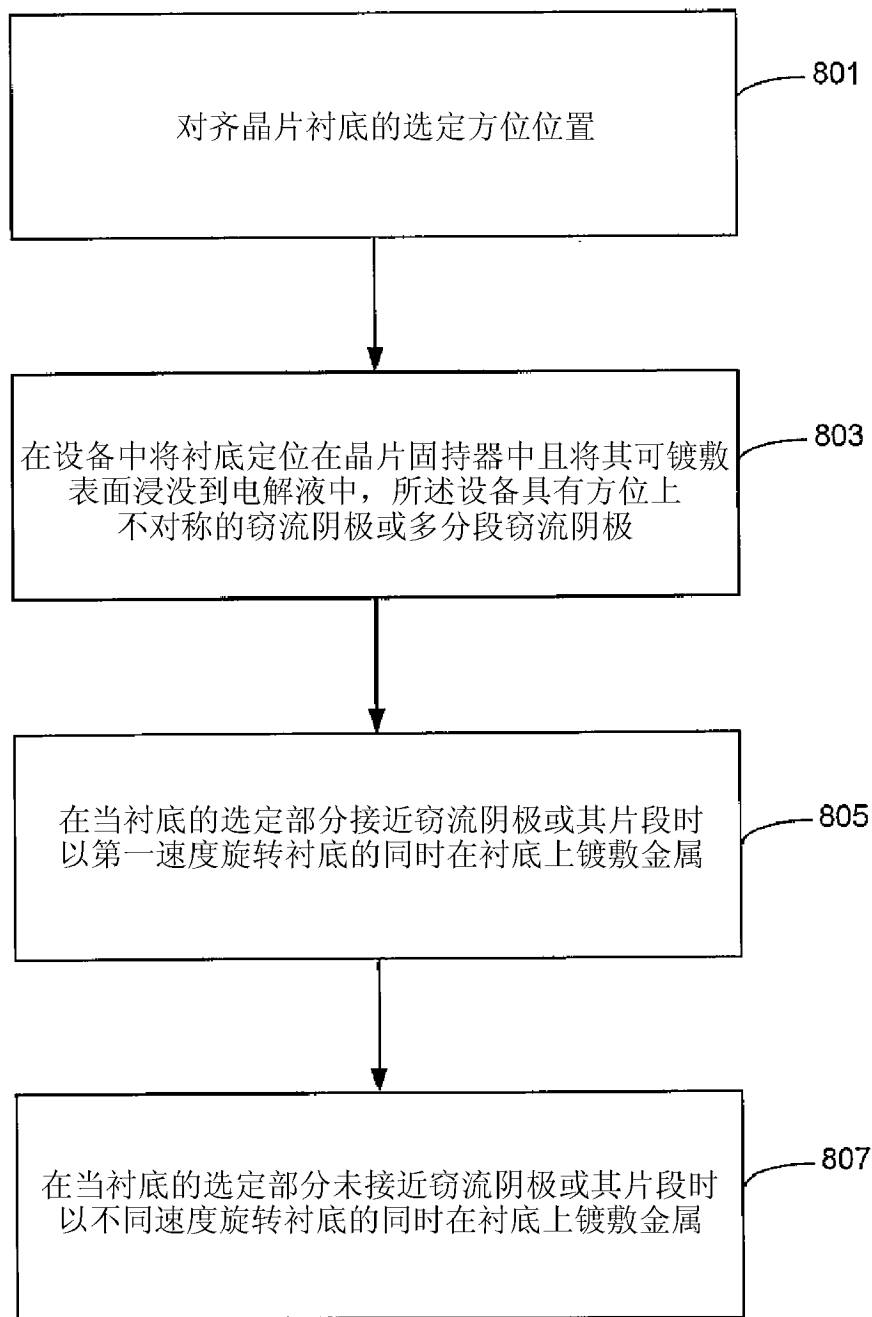


图 8

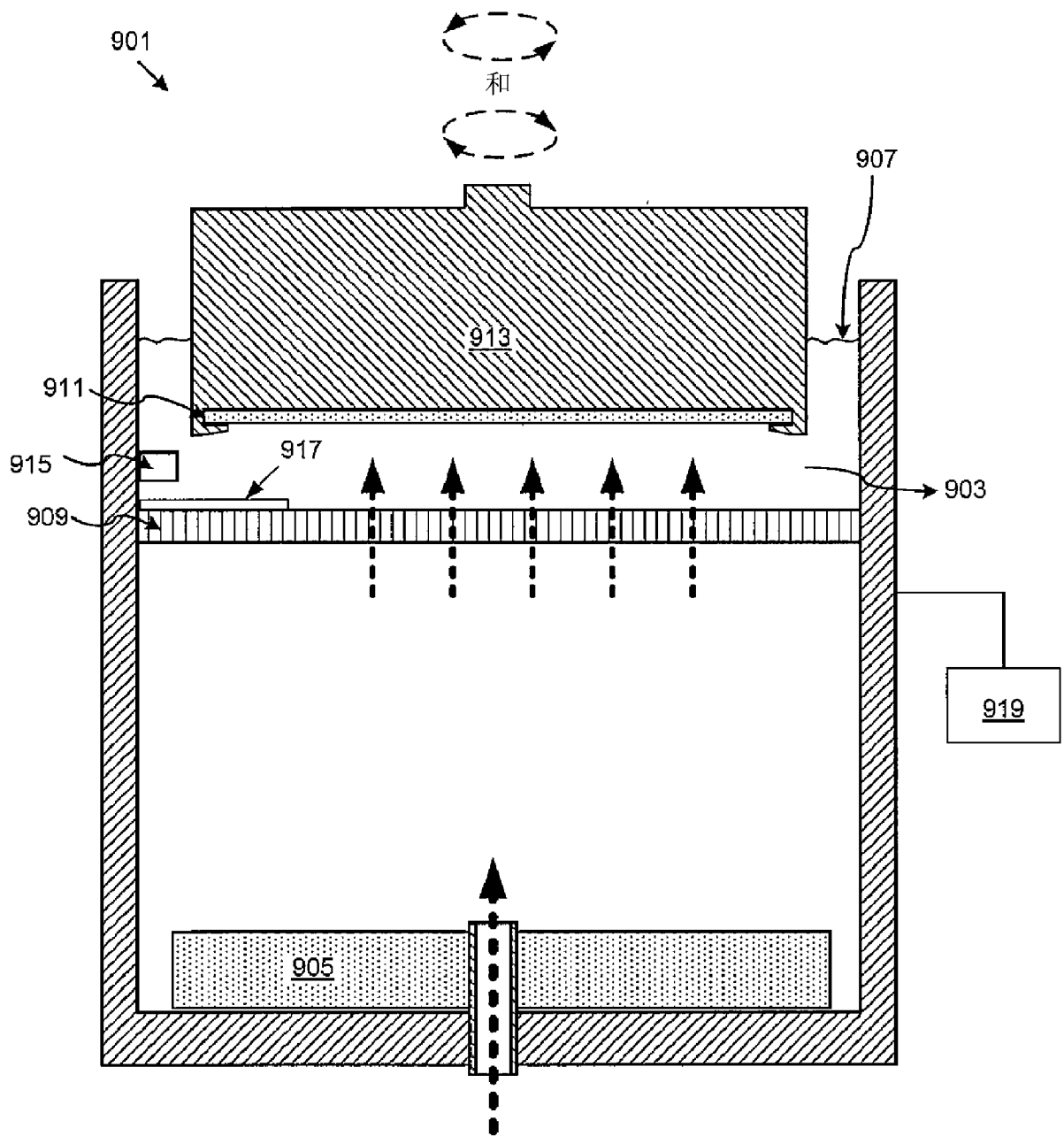


图 9

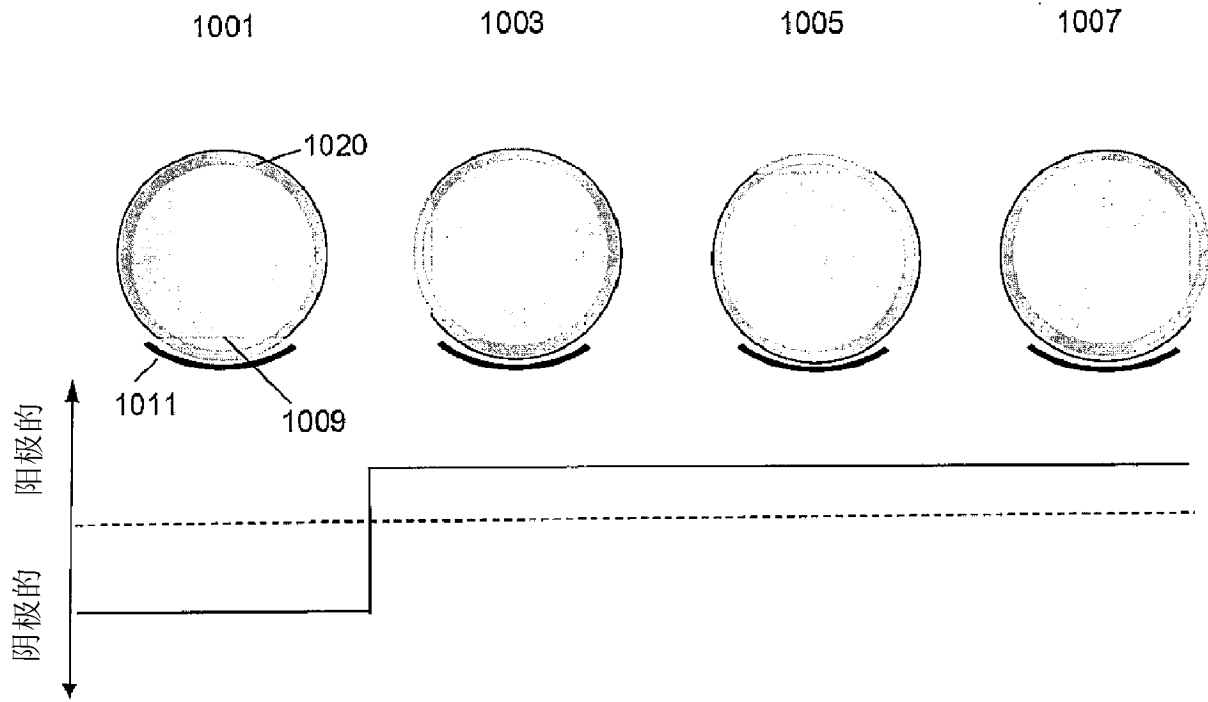


图 10A

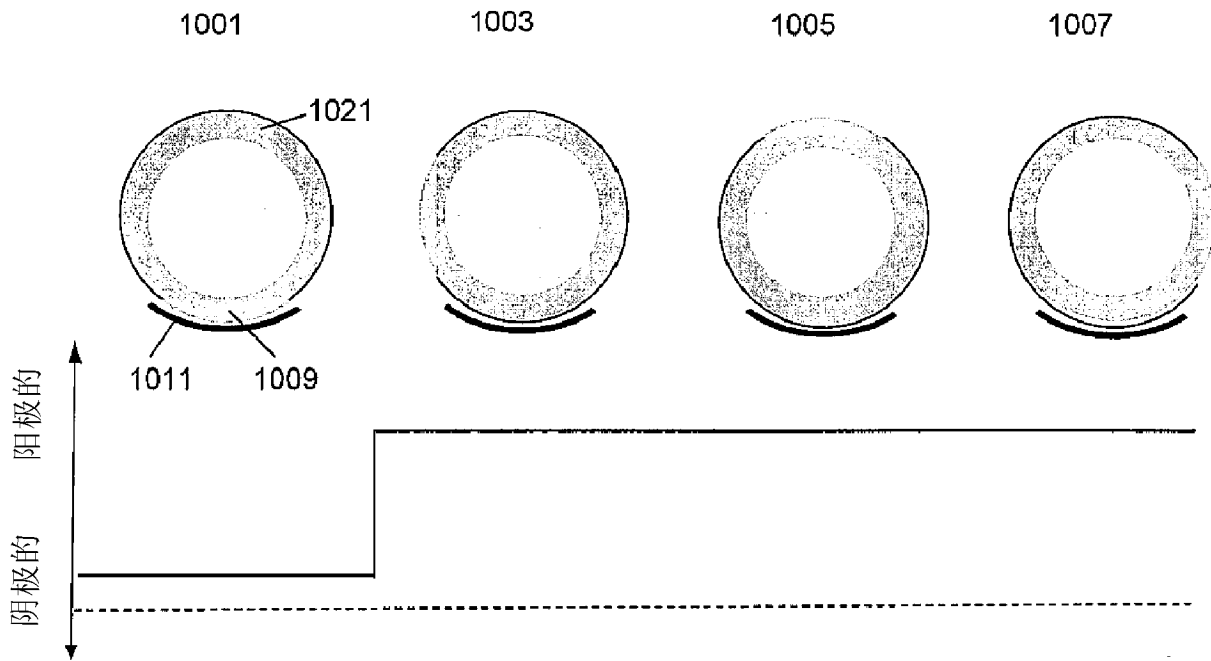


图 10B

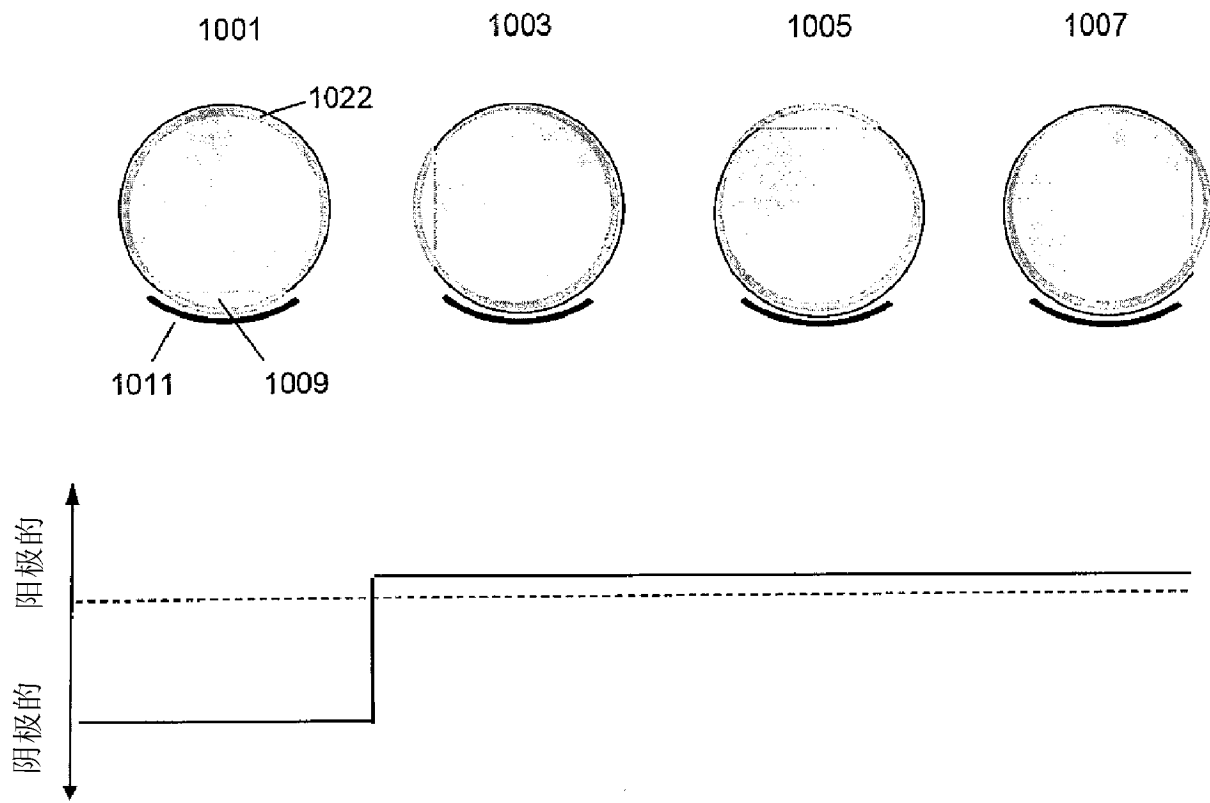


图 10C

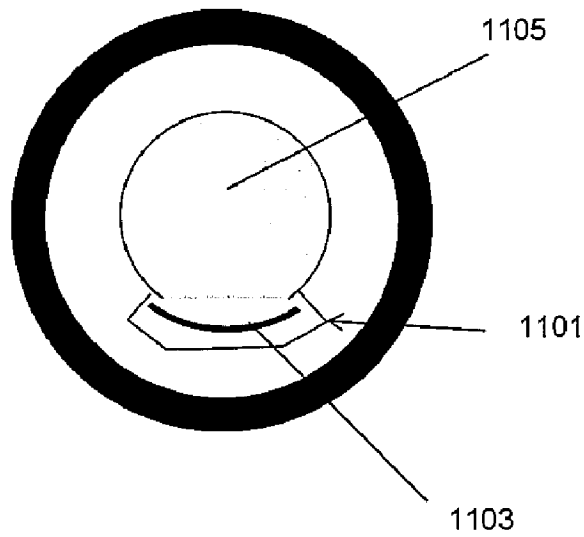


图 11



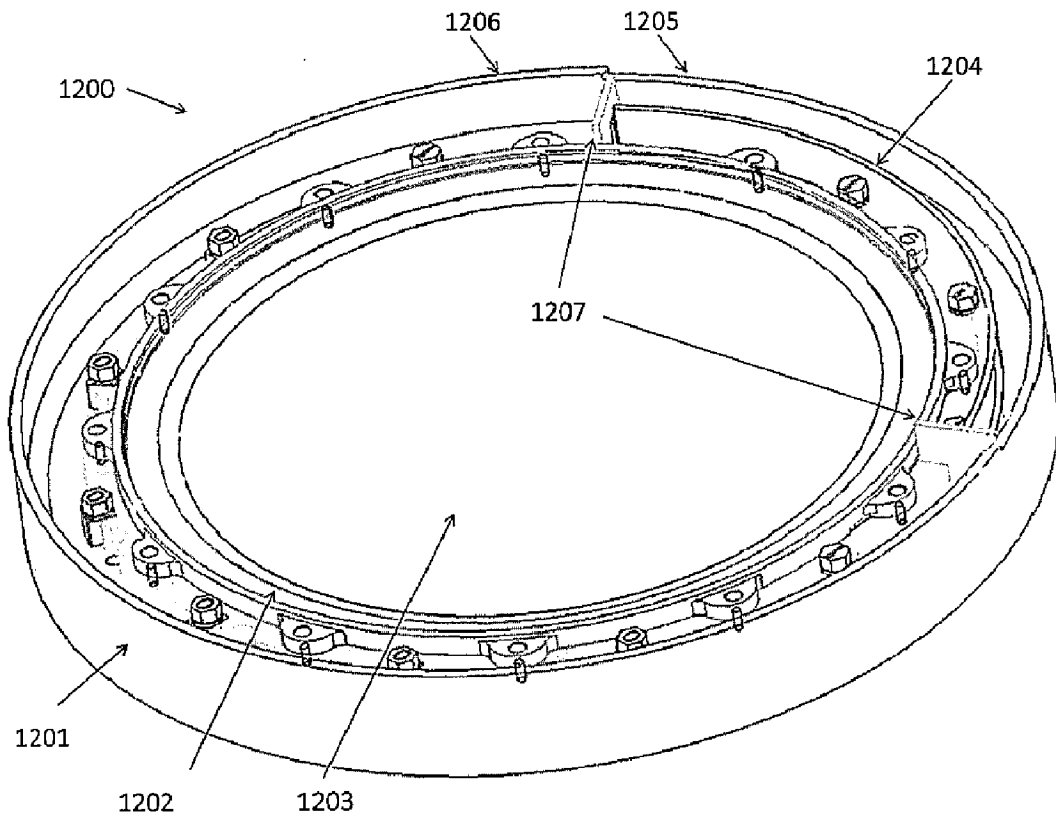


图 12