



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101293334 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 23

(21) 申请号 200710165597. 5

US 6857931 B2, 2005. 02. 22,

(22) 申请日 2007. 11. 22

WO 02/07931 A2, 2002. 01. 31,

WO 02/07931 A2, 2002. 01. 31,

(30) 优先权数据

60/867, 090 2006. 11. 22 US

60/891, 705 2007. 02. 26 US

11/741, 692 2007. 04. 27 US

审查员 连振锋

(73) 专利权人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 史蒂文·M·苏尼加

安德鲁·J·纳甘盖斯特 吴正勋

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国

(51) Int. Cl.

B24B 37/04(2012. 01)

B24B 41/047(2006. 01)

H01L 21/304(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6857931 B2, 2005. 02. 22,

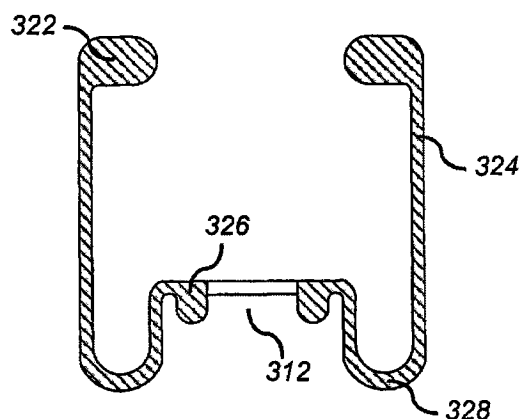
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

用于研磨头的柔性膜

(57) 摘要

本发明描述了一种具有底座组件、保持环组件、夹持环和柔性膜的研磨头。该柔性膜具有主要部分和外环形部分, 其中该主要部分和该外环形部分之间的接合点包括外围边缘铰链和沿该外环形部分的外壁的铰链上方的凹陷。



1. 一种柔性膜,包括:

具有提供衬底安装表面的下表面的主要部分;以及

从所述主要部分的外边缘延伸的外环形部分;

其中所述主要部分和所述外环形部分之间的接合点包括外围边缘铰链、沿所述外环形部分的外壁的所述铰链上方的第一环形凹陷,和沿所述外壁的第二环形凹陷,所述第一环形凹陷适于允许所述外环形部分弯曲,以及其中所述外围边缘铰链包括圆形内表面和外表面,并且所述外围边缘铰链被设计为柔性的,所述第一环形凹陷和第二环形凹陷是进入到所述外壁里的凹陷。

2. 根据权利要求1所述的柔性膜,其特征在于,所述外环形部分包括沿所述外环形部分的外壁的环形凹陷,以及沿所述外环形部分的内壁的向内突出的环形台阶,所述环形台阶具有不水平的上表面和下表面。

3. 根据权利要求1所述的柔性膜,其特征在于,所述柔性膜还包括:

连接至所述外环形部分的两个环形翼,当所述柔性膜固定于研磨头时,将所述主要部分上方的空间分为多个腔室。

4. 根据权利要求3所述的柔性膜,其特征在于,连接至所述外环形部分的所述两个环形翼包括向内延伸的水平部分和厚边,所述厚边配置为将被用来固定于底座组件,其中上环形翼具有比下环形翼更窄的水平部分。

5. 根据权利要求1所述的柔性膜,其特征在于,所述柔性膜还包括:

连接至所述主要部分的多个同心环形翼,当所述柔性膜固定于研磨头时,将所述主要部分上方的空间分为多个腔室。

6. 根据权利要求5所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第一个包括横向延伸部分和将所述横向延伸部分连接至所述主要部分的垂直延伸部分,以及所述多个同心环形翼的第二个包括横向延伸部分和将所述横向延伸部分连接至所述主要部分的对角延伸部分。

7. 根据权利要求6所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第一个是最外翼。

8. 根据权利要求6所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第二个是最内翼。

9. 根据权利要求5所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的最内同心环形翼包括向外延伸的水平部分、沿所述水平部分的外边缘的厚边,所述厚边配置为将被用来固定于底座组件、以及在所述主要部分和所述水平部分之间连接的环形倾斜部分,其中所述环形倾斜部分在与所述主要部分的接合点处具有比与所述水平部分的接合点处更大的半径。

10. 根据权利要求5所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的最外同心环形翼包括从所述主要部分延伸的垂直部分、从该垂直部分延伸的水平部分、以及沿该水平部分的外边缘的厚边,该厚边配置为将被用来固定于底座组件。

11. 根据权利要求10所述的柔性膜,其特征在于,所述水平部分具有比所述垂直部分更小的厚度。

12. 根据权利要求10所述的柔性膜,其特征在于,所述水平部分的长度与所述垂直部

分的长度的比率是在 1.5 和 2.0 之间。

13. 根据权利要求 6 所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第二个包括在所述横向延伸部分和所述垂直延伸部分之间的接合点处的凹口。

14. 根据权利要求 5 所述的柔性膜,其特征在于,所述同心环形翼中的至少一个包括在与所述主要部分的接合点处的凹口。

15. 一种柔性膜,包括:

具有提供衬底安装表面的下表面的主要部分;

从所述主要部分的外边缘延伸的外环形部分;以及

连接至所述主要部分的多个同心环形翼,当该柔性膜固定于研磨头时,将所述主要部分上方的空间分为多个腔室,其中所述多个同心环形翼的第一个包括横向延伸部分和将该横向延伸部分连接至所述主要部分的垂直延伸部分,以及所述多个同心环形翼的第二个包括横向延伸部分和将该横向延伸部分连接至所述主要部分的对角延伸部分,其中所述多个同心环形翼的第一个的所述横向延伸部分具有比垂直延伸部分更小的厚度,其中所述垂直延伸部分具有一致的宽度。

16. 根据权利要求 15 所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第一个是最外翼。

17. 根据权利要求 15 所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第二个是最内翼。

18. 根据权利要求 15 所述的柔性膜,其特征在于,所述多个同心环形翼的第一个的所述横向延伸部分的长度与所述垂直延伸部分的长度的比率是在 1.5 和 2.0 之间。

用于研磨头的柔性膜

技术领域

[0001] 本发明主要涉及衬底的化学机械抛光,更具体地涉及化学机械抛光中使用的研磨头。

背景技术

[0002] 集成电路通常通过在硅衬底上顺序沉积导电层、半导电层或绝缘层而在衬底上形成。一个制造步骤包含在不平坦的表面上沉积填充层,以及平坦化该填充层直到暴露不平坦表面。例如,导电填充层可沉积在已构图的绝缘层上来填充绝缘层中的沟槽或孔。随后研磨该填充层直到暴露该绝缘层的凸起图案。平坦化之后,绝缘层的凸起图案之间残余的导电层部分形成通孔、插栓和衬垫,以提供衬底上薄膜电路之间的导电通路。另外,需要平坦化步骤以平坦化衬底表面用于光刻。

[0003] 化学机械抛光 (CMP) 是一种公认的平坦化方法。该平坦化方法通常需要将衬底放置在 CMP 装置的研磨头或抛光头上。衬底的暴露表面贴着旋转抛光盘或砂带垫放置。抛光垫可以是标准抛光垫或固定磨粒抛光垫。标准抛光垫具有耐久的粗糙化表面,而固定磨粒抛光垫具有容纳在容器媒介中的研磨剂颗粒。研磨头在衬底上提供可控的负载以将衬底推向研磨垫。研磨头具有保持环,在抛光期间该保持环夹持衬底在适当位置。研磨液,诸如浆液,包括至少一种化学反应试剂和研磨剂颗粒,提供给研磨垫的表面。

发明内容

[0004] 一方面,本发明描述了一种保持环组件。该保持环组件具有柔性膜,所述柔性膜设计形状以提供环形腔和放置在该柔性膜下方的环形保持环。该柔性膜具有同心的内侧壁和外侧壁、从内侧壁和外侧壁的上边缘水平延伸的环形同心边、环形下表面,以及从环形下表面向下延伸的两个环形同心凸起。环形保持环具有构造为沿外周围绕衬底边缘以保持衬底的内表面、构造为接触研磨垫的下表面、环形上表面,以及在环形下表面中的两个环形同心凹陷。柔性膜的环形同心凸起设计尺寸以与环形保持环的环形同心凹陷啮合。

[0005] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。柔性膜的同心内侧壁和外侧壁可具有在保持环的上环形表面之下延伸的弯曲部分。柔性膜的环形同心边和环形同心凸起可以比内侧壁和外侧壁更厚。柔性膜的环形下表面可具有多个圆孔,每个圆孔设置在从环形下表面向下延伸的两个环形同心凸起之间。保持环的环形上表面可具有多个柱状凹陷,每个柱状凹陷设置在该两个环形同心凹陷之间,使得柔性膜可用紧固件固定于保持环。柔性膜可以紧固于研磨头。柔性膜可以由诸如硅树脂的弹性材料形成。环形保持环可以具有环形下部分、环形上部分,以及该上部分和下部分之间的粘接层。保持环的环形下部分可具有多个凹槽。保持环的环形上部分可具有沿所述环形上部分外表面的环形唇缘,其中环形唇缘具有水平下表面、垂直外表面和不水平的上表面。保持环的环形上表面可具有下环形表面和上环形表面,其中下环形表面比上环形表面更宽。

[0006] 另一方面,本发明描述了一种保持环。该保持环包括环状圈,该环状圈具有构造为

外周围绕衬底边缘以保持该衬底的内表面、构造为接触研磨垫的下表面、环形上表面、在该环形上表面中的两个同心凹陷,以及多个柱状凹陷,每个柱状凹陷设置在该两个环形同心凹陷之间。

[0007] 本发明的实施方式包括一个或多个以下特征。环状圈可具有含下表面的环形下部分和含上表面的环形上部分,上部分和下部分可由不同材料形成,以及上部分可以例如,通过粘接层连接至下部分。环形下部分可具有延伸至上部分中的相应凹陷中的凸起,以及该凸起可沿着保持环的内表面延伸。上部分可以比下部分更硬。保持环的下环形表面可以比保持环的上环形表面更宽。下表面可包括多个从内表面向外表面延伸的多个凹槽。保持环的外表面可具有环形唇缘。环形唇缘可具有水平的下表面和倾斜的上表面。外表面可以在环形唇缘之上凹陷。该内表面可包括从下到上向内成锥形的区域。

[0008] 另一方面,描述了一种用于将负载施加给保持环的柔性膜。该柔性膜包括围绕环形腔的同心内侧壁和外侧壁、从内侧壁和外侧壁水平延伸的环形同心边、与侧壁连接的环形下表面,以及从环形下表面向下延伸的两个环形同心凸起。

[0009] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。该柔性膜的同心内侧壁和外侧壁可具有在环形下表面之下延伸的弯曲部分。柔性膜的环形同心边和环形同心凸起比内侧壁和外侧壁更厚。柔性膜的环形下表面进一步可包括多个孔,例如圆孔,每个孔设置在两个环形同心凸起之间。该孔可围绕下表面成等角间距隔开。柔性膜由诸如硅树脂的弹性材料形成。

[0010] 另一方面,本发明描述了一种夹持环。该夹持环包括环状圈,该环状圈具有构造为外周围绕保持环的内表面、构造为接触研磨垫的下表面,以及构造为附接到研磨头的上表面。该内表面包括与下表面相邻的第一区域,具有比相邻且位于第一区域之上的内表面的第二区域更小的内径。

[0011] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。下表面可具有比上表面更小的内径。夹持环的外表面可具有邻近下表面的凹陷。该凹陷可包括水平下表面、垂直上表面和连接该水平下表面及垂直表面的倾斜部分。垂直表面可从下表面向倾斜部分延伸。凹陷可限定外表面中的环形台阶,以及环形台阶可具有从下表面延伸的第二垂直表面,以及连接该垂直表面和第二垂直表面的第二水平下表面。上表面的内径边缘和外径边缘可以是圆形。多个柱状凹陷可形成在上表面中。多个柱状凹陷围绕上表面成等角间距隔开。下表面可包括从内表面向外表面延伸的多个凹槽。夹持环可以是由相同材料,诸如塑料形成的单个单元。夹持环可包括具有上表面的环形上部分和具有下表面的环形下部分,并且下部分连接至上部分。夹持环的环形上部分和环形下部分可由不同材料形成,例如上部分可由金属形成而下部分可由塑料,例如聚酰胺酰亚胺形成。粘接层可连接上部分和下部分。环形下部分可包括延伸至上部分的环形凹陷中的环形凸起,并且环形凸起可沿着内表面延伸。凹陷可限定水平上表面、内侧壁和该水平上表面与内壁之间的圆形边缘。内表面可具有与下表面邻近的向内凸起的台阶。该台阶可具有垂直的内壁和水平外表面。内表面可以在向内凸起的台阶上方从下向上向内成锥形。夹持环可具有与上表面邻近的向内凸起的唇缘。该唇缘可具有垂直内壁和沿所述唇缘上边缘及下边缘的圆形部分。内表面可以在唇缘之下从上向下向内成锥形。

[0012] 另一方面,本发明描述了一种夹持环。该夹持环具有配置为设置在底座之下的环

形上部分和环形下部分。夹持环配置为外周围绕保持环并具有构造为接触研磨垫的下表面。环形上部分具有沿着所述环形上部分上表面的边缘以及所述环形上部分内径和外径的圆形部分。环形下部分具有沿着所述环形下部分外径的凹陷和具有比环形上部分的上表面的内径更小的下表面。

[0013] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。该夹持环可附接到底座。夹持环可配置为不接触衬底的边缘。环形上部分可具有在所述环形上部分上表面上的多个柱状凹陷。环形下部分可具有多个凹槽。夹持环的环形上部分和环形下部分可以是由相同材料，诸如塑料形成的单一单元。环形下部分可包括从凹陷沿着所述环形下部分外径向外凸出的环形台阶。该环形台阶可具有水平的下表面。沿着环形下部分的径向截面测得的该环形台阶的最宽部分可以是环形台阶的最上边缘处。环形上部分和环形下部分可以利用该两部分之间的粘接层由不同材料组成。环形上部分可具有沿着所述环形上部分内径在所述所述环形上部分的下表面中的凹陷，以及环形下部分可具有沿着所述环形下部分内径从所述环形下部分的上表面向上突出的凸起，其中该凸起设计尺寸以与凹陷啮合。沿着环形上部分的内径的该凹陷可具有水平上表面和沿着内壁的圆形部分。环形上部分可具有沿着所述环形上部分上表面的内径向内凸起的唇缘，其中该唇缘可具有垂直内壁和沿着所述唇缘上边缘和及下边缘的圆形部分。

[0014] 另一方面，本发明描述了一种柔性膜。该柔性膜具有主要部分，该主要部分具有提供衬底安装表面的下表面，以及从主要部分的外边缘延伸的外环形部分。主要部分和外部环形部分之间的接合点具有外围边缘铰链和沿着外环形部分的外壁的铰链之上的环形凹陷。外围边缘铰链具有圆形内表面和外表面并构造为柔性的。

[0015] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。外环形部分可具有沿着所述外环形部分外壁的环形凹陷和沿着所述外环形部分内壁向内突出的环形台阶。环形凹陷可允许环形部分弯曲。环形台阶可具有不水平的上表面和下表面。柔性膜可具有连接至外环形部分的两个环形翼。连接至外环形部分的两个环形翼可具有向内延伸的水平部分和厚边。该边可构造为固定于底座组件。上环形翼可具有比下环形翼更窄的水平部分。多个同心环形翼可连接至主要部分，当该柔性膜固定于研磨头时，以将主要部分上方的空间分为多个腔室。例如，柔性膜可具有连接至主要部分的四个同心环形翼。连接至主要部分的最内同心环形翼可具有向外延伸的水平部分、沿着该水平部分的外边缘的厚边，以及在主要部分和水平部分之间连接的环形倾斜部分。环形倾斜部分在所述环形倾斜部分与主要部分的接合点处比与水平部分的接合点处具有更大的半径。连接至主要部分的三个最外同心环形翼每个可具有从主要部分延伸的垂直部分、从该垂直部分延伸的水平部分，以及沿着该水平部分的外边缘的厚边，其中该厚边可固定于底座组件。水平部分可具有比连接至主要部分的三个最外同心环形翼中的至少一个的垂直部分更小的厚度。连接至主要部分的第二和第三最外同心环形翼的水平部分长度与垂直部分长度的比率在约 1.5 和 2.0 之间。连接至主要部分的三个最外同心环形翼中的至少一个可包括在水平部分和垂直部分之间的接合点处的凹口，该凹口允许水平部分垂直弯曲。至少一个同心环形翼可包括与主要部分接合点处的凹口，该凹口可减小主要部分中的压力。

[0016] 多个同心环形翼的第一个可包括横向延伸部分和将该环形延伸连接至主要部分的垂直延伸部分以及多个同心环形翼的第二个可包括横向延伸部分和将横向延伸部分连

接至主要部分的对角延伸部分。多个同心环形翼的第一个可以是最外翼,以及多个同心环形翼的第二个可以是最内翼。

[0017] 另一方面,本发明描述了一种柔性膜,该柔性膜具有主要部分,该主要部分具有提供衬底安装表面的下表面,以及从主要部分的外边缘延伸的外环形部分,以及连接至主要部分的多个同心环形翼,当该柔性膜固定于研磨头时,将该主要部分上方的空间分为多个腔室。多个同心环形翼的第一个包括横向延伸部分和将横向延伸部分连接至主要部分的垂直延伸部分,以及多个同心环形翼的第二个包括横向延伸部分和将横向延伸部分连接至主要部分的对角延伸部分。

[0018] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。多个同心环形翼的第一个可以是最外翼。多个同心环形翼的第二个可以是最内翼。横向延伸部分可具有比多个同心环形翼的第一个的垂直延伸部分更小的厚度。多个同心环形翼的第一个的横向延伸部分的长度与垂直延伸部分的长度的比率可以是在约 1.5 和 2.0 之间。

[0019] 另一方面,本发明涉及一种用于具有前表面、背面和边缘的衬底的化学机械抛光的研磨头。该研磨头具有底座组件、设置在该底座组件之下的环形保持环、第一柔性膜、夹持环以及第二柔性膜,所述第一柔性膜设计形状以提供设置在底座组件之下和环形保持环之上的环形腔,所述夹持环外周围绕保持环并配置为接触研磨垫,其中底座组件和第二柔性膜之间的空间形成六个可加压腔。环形保持环具有在环形上表面中的两个环形同心凹陷、构造为接触研磨垫的下表面,以及构造为外周围绕衬底边缘以保持该衬底的内表面。第一柔性膜具有从环形下表面向下延伸的两个环形同心凸起,其中该环形同心凸起设计尺寸以啮合入环形保持环的环形同心凹陷中。夹持环具有环形上部分和环形下部分,其中下部分具有沿所述下部分外径的凹陷。第二柔性膜具有含提供衬底安装表面的下表面的主要部分,和从主要部分的外边缘延伸的外环形部分,其中主要部分和外环形部分之间的接合点包括外边缘铰链和沿着外环形部分的外壁的铰链之上的环形凹陷。外边缘铰链具有圆形的内表面和外表面并构造为柔性的。

[0020] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。研磨头可进一步包括固定至驱动轴的罩部分,其中底座组件可连接至罩部分。夹持环可构造为向研磨垫施加向下压力。通过夹持环施加的向下压力可能大于通过保持环施加的向下压力。夹持环可由比保持环更坚硬的材料形成。夹持环的环形下部分中的凹槽可以至少约与保持环的环形下部分的凹槽一样宽。研磨头可具有由铝组成的涂层。第二柔性膜可具有多个环形翼,其中至少一个环形翼可包括设置并构造的凹口,以减少通过至少一个环形翼从至少一个腔传输到膜的主要部分传输的向下负载,以减少主要部分中的压力。第二柔性膜可具有多个环形翼,其中至少一个环形翼可包括凹口,当压力不等于相邻可加压腔的压力时该凹口适于使得至少一个环形翼弯曲。

[0021] 另一方面,本发明描述了一种用于研磨垫上的衬底的化学机械抛光的研磨头。该研磨头具有底座、环形保持环和夹持环。该保持环具有:构造以外周围绕衬底边缘以保持衬底的内表面、外表面,以及接触研磨垫的下表面。夹持环具有外周围绕保持环的内表面、外表面,和接触研磨垫的下表面。保持环的下表面具有从保持环的内表面延伸到保持环的外表面的多个凹槽,夹持环的下表面具有从夹持环的内表面延伸到夹持环的外表面的多个凹槽,以及夹持环的下表面中的多个凹槽比保持环的下表面中的多个凹槽更宽。

[0022] 本发明的实施方式可包括一个或多个以下特征。研磨头可包括具有衬底安装表面的衬底垫构件,以及衬底上来自衬底安装表面的负载,研磨垫上来自保持环的负载和研磨垫上来自夹持环的负载可以独立可调。衬底垫构件可包括柔性膜。夹持环的下表面中的多个凹槽可以是保持环的下表面中的多个凹槽的两倍宽。夹持环的下表面中的多个凹槽可以与保持环的下表面中的多个凹槽对齐。

[0023] 本发明的一个或多个实施方式的详细内容在附图和以下说明书中阐述。本发明的其他特征、目的和优点将从说明书和附图以及权利要求书显而易见。

附图说明

[0024] 图 1 示出根据本发明的研磨头的示意性横截面视图;

[0025] 图 2A 是保持环的一个实施方式的俯视图;

[0026] 图 2B 是保持环的一个实施方式的仰视图;

[0027] 图 2C 是保持环的一个实施方式的截面视图;

[0028] 图 2D 是保持环的另一实施方式的截面视图;

[0029] 图 3A 是柔性膜的一个实施方式的俯视图;

[0030] 图 3B 是柔性膜的一个实施方式的截面视图;

[0031] 图 4A 是夹持环的一个实施方式的俯视图;

[0032] 图 4B 是夹持环的一个实施方式的仰视图;

[0033] 图 4C 是夹持环的一个实施方式的截面视图;

[0034] 图 4D 和图 4F 是夹持环的其它实施方式的截面视图;

[0035] 图 4E、4G 和 4H 是整体夹持环的实施方式的截面视图;

[0036] 图 5 是柔性膜的部分截面视图;

[0037] 图 6 是研磨头的仰视图。

[0038] 在不同的附图中用相同的附图标记表示相同的元件。

具体实施方式

[0039] 参照图 1,衬底 10 将通过具有研磨头 100 的化学机械抛光 (CMP) 装置抛光。CMP 装置的描述可以在美国专利 No. 5,738,574 中找到,在此引入所述美国专利的全部内容作为参考。

[0040] 研磨头 100 包括罩 102、底座组件 104、万向架机构 106 (可以认为是底座 104 的零件)、负载腔室 108、包括保持环 200 以及设计形状以提供环形腔 350 的第一柔性膜 300 的保持环组件、夹持环 400 和衬底垫组件 110,该衬底垫组件包括限定多个可加压腔的第二柔性膜 500。对于类似研磨头描述的该研磨头的其他特征可以在美国专利申请公开 No. 2006/0154580 中找到,在此引入所述美国专利申请公开的全部内容作为参考。

[0041] 罩 102 一般可以是圆形形状并可连接至驱动轴以在研磨期间与该轴一起旋转。存在延伸穿过罩 102 的通道 (未示出) 用于研磨头 100 的气压控制。底座组件 104 是放置在罩 102 之下可垂直移动的组件。万向架机构 106 允许底座组件 104 相对于罩 102 万向架固定 (gimbal),同时防止底座组件 104 相对于罩 102 的横向运动。负载腔室 108 位于罩 102 和底座组件 104 之间以施加负载,即,朝底座组件 104 的向下压力或重力。底座组件 104 相

对于研磨垫的垂直位置还通过负载腔室 108 控制。衬底垫组件 110 包括具有可为衬底 10 提供安装表面的下表面 512 的柔性膜 500。

[0042] 参照图 2A 至图 3B, 衬底 10 可通过与底座组件 104 夹紧的保持环组件固定。保持环组件可由设计形状以提供环形腔 350 的保持环 200 和柔性膜 300 构成。保持环 200 可设置在柔性膜 300 之下并配置以固定于柔性膜 300。

[0043] 如图 2A 至图 2C 所示, 保持环 200 具有内表面 231 和下表面 232。内表面 231 构造为外周围绕衬底 10 的边缘以在研磨期间保持衬底。可使得保持环 200 的下表面 232 与研磨垫接触。保持环 200 具有环形上表面, 所述环形上表面可具有两个环形同心凹陷 (recess) 233。这些环形同心凹陷 233 可以设计尺寸以与设置在保持环 200 之上的柔性膜 300 互锁。

[0044] 保持环 200 可以由两个环、下环形部分 234 和上环形部分 235 构成。下部分 234 可以由在 CMP 工艺中化学惰性的材料形成, 诸如塑料, 例如聚苯硫醚 (PPS)。下部分也应当是耐用的并具有低磨损速度。另外, 下部分应当充分可压缩从而衬底边缘抵靠保持环的接触不会造成衬底碎裂或破裂。另一方面, 下部分不应当如此有弹性而使得保持环上的向下压力造成下部分挤压入衬底接收凹陷中。保持环的下部分可具有略大于衬底直径的内径, 例如比衬底直径大于约 1-2mm, 以便容纳衬底装载系统的位置公差。保持环可具有约二分之一英寸的半径宽度。

[0045] 保持环 200 的上部分 235 可由比下部分 234 更坚硬的材料形成。该坚硬材料可以是金属, 例如, 不锈钢、钼、或铝、或陶瓷, 例如, 氧化铝或其他示例性材料。

[0046] 当保持环的两个环 234、235 结合时, 下部分 234 的上表面与上部分 235 的下表面相邻设置。两个环在它们的相邻表面上具有基本相同尺寸的内径和外径, 从而当两个环 234、235 结合时在两个环 234、235 接触处形成对齐表面。

[0047] 两个环形部分可用它们相邻表面之间的粘接层 236 粘接。两个环之间的粘接层 236 可防止在保持环中捕获浆液。粘接层可由粘性材料形成, 诸如慢固化或快速固定环氧物。由于在抛光工艺期间的高热量, 高温环氧物抵抗粘结层 236 的退化。在特定实施方式中, 环氧物包括聚酰胺和脂肪胺。

[0048] 上部分 235 的上表面可包括具有螺纹套 (未示出) 的柱状凹陷或孔 212 以容纳紧固件, 诸如螺栓、螺丝或其他五金件, 用于将保持环 200 固定于设置在所述保持环 200 上方的柔性膜 300 上。孔 212 可围绕保持环等距隔开并设置在两个环形同心凹陷 233 之间。

[0049] 在一些实施方式中, 保持环 200 具有在下表面 232 中形成的一个或多个浆液输送管道 222。浆液输送管道从下部分 234 的内径延伸到外径用于在研磨期间使得浆液从保持环的外部输送到内部。浆液输送管道 222 可围绕保持环等距隔开。每个浆液输送管道 222 可相对于贯穿管道的半径成例如 45° 的角度偏移。管道可具有约 0.125 英寸的宽度。

[0050] 在一些实施方式中, 保持环 200 具有经过保持环的主体从内径到外径延伸的一个或多个通孔, 用于允许例如空气或水的流体在研磨期间从保持环的内部输送到外部, 或从保持环的外部输送到内部。该通孔可延伸经过上部分 235。通孔可围绕保持环等距隔开。

[0051] 在一些实施方式中, 保持环的上部分 235 可具有沿外表面 238 的唇缘 237。该唇缘可具有水平下表面、垂直外表面和倾斜、不水平的上表面。唇缘 237 可在衬底研磨期间当保持环磨损时而为抵靠夹持环 400 的顶内边缘的保持环提供硬停止 (hard stop)。

[0052] 在一些实施方式中,上部分 235 的外表面 238 可形成在唇缘 237 之上的凹陷 246(唇缘之上的部分外表面相对于唇缘之下的部分外表面凹陷)。当腔室 350 抽空时,该凹陷 246 为柔性膜 300 的侧壁 324 提供辊压的空间。

[0053] 在一些实施方式中,保持环的上部分 235 在下表面可以比上表面更宽。例如,内表面 231 可具有在垂直区域 242 之下从上向下向内倾斜的锥形区域 240(即,具有不断减小的直径)。锥形区域 240 可与上部分 235 的下表面相邻。下部分 234 的内表面可以是垂直的。由于衬底研磨期间保持环的下部分磨损,保持环的较窄上部内表面防止提供衬底安装表面的相邻柔性膜上的磨损。另外,在一些实施方式中,保持环的整个外表面可以用不粘涂层,例如聚对二甲苯涂覆。

[0054] 在一些实施方式中,图 2D 所示,下部分 234 的上表面具有延伸至上部分 235 的下表面中的相应凹陷内的凸起 244。该凸起 244 可为环形,例如,围绕保持环延伸,并可设置在保持环的内表面而提供梯状部件。粘接层 236 可以沿该凸起 244 的外垂直壁延伸。在操作中,该台阶部件将下部分 234 上的剪切力从研磨垫传递为凸起 244 的垂直壁 230 上的横向力以及粘接层 236 的相关部分上的压力。锥形区域 240 表示为邻近凸起 244 的上部分 235 的一部分,但是锥形区域 240 可以是下部分 234 的一部分,例如凸起 244 的内表面可以是锥形。

[0055] 保持环 200 和柔性膜 300 一起构成保持环组件。柔性膜 300 构造为上方与底座组件 104 夹紧并且下方固定于环形保持环 200,在保持环之上提供环形腔 350。当环形腔 350 加压时,柔性膜在保持环上提供独立可控负载。保持环上的负载给研磨垫提供负载。保持环上的独立负载可随着环磨损允许垫上一致的负载。柔性膜设置在保持环和研磨头之间可减少或消除当该环直接固定于研磨头时发生的保持环上的载具变形的影响。所述载具变形的消除减少保持环上的不均匀磨损,减少衬底边缘处的工艺可变性,以及使得能使用较低的研磨压力,增加环寿命。

[0056] 如图 3A 至图 3B 所示,柔性膜 300 具有同心内侧壁和外侧壁 324。柔性膜 300 可具有一对环形边 322,所述一对环形边 322 从侧壁 324 的上边缘水平且向内延伸。柔性膜可利用设置在柔性膜的环形边 322 之下的夹环与底部组件 104 夹紧。另外,柔性膜 300 具有下表面。可存在从柔性膜的环形下表面向下延伸的两个环形同心凸起 326。这些环形同心凸起 326 可以形成尺寸以啮合入设置在柔性膜之下的保持环 200 的顶表面中的环形同心凹陷 233。

[0057] 保持环组件的柔性膜 300 可由弹性的材料形成,允许该膜受压弯曲。弹性材料可包括硅树脂和其他示例性材料。

[0058] 柔性膜的下表面可包括圆孔 312。圆孔 312 可设置在两个环形同心凸起 326 之间并可围绕柔性膜的下表面等距隔开。圆孔 312 可容纳紧固件,诸如螺栓、螺丝或其他五金件,用于将柔性膜 300 固定于保持环 200。在一些实施方式中,为了将柔性膜 300 固定于保持环 200,粘合剂,例如,Loctite(乐泰)放置在凹陷 212 中,以及单向螺丝穿过柔性膜 300 的孔 312 嵌入在接收凹陷 212 中。因此,柔性膜 300 可永久有效地连接到保持环 200。

[0059] 在一些实施方式中,柔性膜 300 的同心内侧壁和外侧壁 324 可在下方卷绕以形成具有弯曲部分 328 的下表面。当柔性膜固定于保持环 200 时,弯曲部分 328 可在保持环的上表面之下延伸。弯曲部分 328 提供滚动铰链,以允许柔性膜的底部响应于腔 350 的加压

或抽空而不是侧壁 324 的充分膨胀而上下移动。在一些实施方式中,环形边 322 可以比柔性膜的侧壁 324 更厚。环形同心凸起 326 也可比侧壁 324 更厚。

[0060] 虽然保持环 200 配置为保持衬底 10 并提供有效的边缘工艺控制,夹持环 400 提供研磨头对研磨垫表面的定位或参照。另外,夹持环 400 接触并提供保持环 200 的横向参照。夹持环 400 配置为外周围绕保持环 200。与保持环相同,可以使夹持环 400 的下表面 433 与研磨垫接触。

[0061] 如图 4A-4C 所示,夹持环 400 可具有环形上部分 431 和环形下部分 432。上部分 431 可设置在底座组件 104 之下,以及所述上部分 431 可具有沿上表面 434 的内径和外径的圆形部分。接触保持环的下部分 432 的截面的内径稍大于保持环的相连部分的外径;如果保持环为约二分之一英寸宽,则夹持环的内径将比衬底大于约一英寸,例如,对于 300mm(12 英寸)衬底,内径约 13 英寸。

[0062] 下部分 432 可具有沿外径 440 的凹陷 441。该凹陷 441 可由从底表面 433 延伸的垂直表面 442、从外径 440 延伸的水平表面 443,以及将垂直表面 442 与水平表面 443 连接的倾斜表面 444 限定。倾斜部分的最宽部分,如沿径向截面所测得的,可以是在倾斜表面 444 的最上边缘。下部分 432 可具有沿外径 440 的边缘和水平表面 443 的圆形部分。

[0063] 如图 4D 所示,在一些实施方式中,凹陷 441 进一步通过向上凸起的环形台阶 435b 限定。环形台阶 435b 可具有水平下表面、倾斜表面和沿所述两个表面的边缘的圆形部分。环形台阶 435b 的最宽部分,如沿下部分 432 的径向截面测得,可以是环形台阶 435b 的最上边缘。

[0064] 在一些实施方式中,如图 4C 所示,夹持环具有在下部分 432 中沿着内表面 430 的向内凸起的台阶。在其他实施方式中,如图 4E 所示,夹持环具有不与夹持环的下表面 433 垂直的内表面 430,如图 4E 中用虚线表示(虽然图 4E 示出单个环,但倾斜的内表面可适用于如图 4C 和 4D 所示的两个分开环)。内表面 430 可从顶向底向外倾斜,且邻近下表面 433 的内表面 430 的区域是倾斜的。相对于内表面的较高区域的相邻下表面 433 的较小内径(不管由于凸缘或倾斜表面)允许夹持环横向参考保持环 200,并且即使在衬底研磨期间夹持环磨损时,也提供保持环和夹持环之间接触位置中的一致性。另外,当保持环接触夹持环时,夹持环的底部处的结构设置可防止保持环转矩。在一些实施方式中,下部分 432 的下表面 433 具有比上部分 431 的上表面 434 更小的内径。

[0065] 夹持环可附接到底座组件 104,一般地,夹持环配置为包围保持环 200 并且不接触衬底 10 的边缘。夹持环 400 的上部分 431 可包括具有螺纹套(未示出)以的柱状凹陷或孔 412 以接收诸如螺栓、螺丝或其他五金件的紧固件,用于将夹持环 400 固定于底座组件 104。孔 412 可围绕夹持环均匀隔开。在一些实施方式中,孔 412 不在凹陷 441 的水平表面 433 之上延伸。例如,如图 4F 所示,孔可全部设置在平坦的下表面 433 之上。另外,一个或多个对齐部件,诸如孔或凸起(未示出),可设置在上部分 431 的顶表面 434 上。如果夹持环具有对齐孔,则底座组件 104 可具有当底座组件 104 和夹持环完全对齐时与该对准孔啮合的对应销。

[0066] 在一些实施方式中,夹持环 400 具有在底表面 433 上的一个或多个浆液输送管道,该管道从下部分 432 的内径延伸到外径,用于在研磨期间将浆液从夹持环外部输送到夹持环内部。管道 422 可围绕夹持环等距隔开。每个浆液输送管道 422 可相应于贯穿管道的半

径成例如 45° 的角度偏移。参照图 6, 夹持环管道 422 可与保持环管道对齐。在一些实施方式中, 夹持环管道 422 比保持环管道 222 更宽, 这使得浆液更顺畅流入保持环 200 的内部。例如, 夹持环管道 422 可具有约 0.25 英寸宽。

[0067] 在一些实施方式中, 夹持环 400 具有从内径到外径延伸的一个或多个通孔, 用于在研磨期间使浆液或空气从夹持环的内部输送到外部, 或从夹持环外部输送到内部。通孔可延伸经过上部分 431。通孔可围绕夹持环等距隔开。在一些实施方式中, 通孔存在于夹持环中而不是保持环中。因此, 来自清洗系统的流体, 例如水, 所述流体通过夹持环中的通孔喷洒, 将沿着保持环的外表面向下冲洗, 从而清洁夹持环和保持环之间的空间。在其他实施方式中, 通孔存在于夹持环和保持环两者中, 并且将通孔对齐以便流体将都流经夹持环和保持环。在所述实施方式中, 穿过夹持环 400 的通孔可以与穿过保持环 200 的通孔一样宽或更宽。在一些实施方式中 (参见图 1), 通孔 450 可穿过围绕保持环的部分罩 104 形成, 而不是贯穿夹持环自身形成。

[0068] 回到图 4A 至图 4C, 在一些实施方式中, 上部分 431 可具有沿所述上部分 431 的内表面 430 向内凸起的唇缘 439, 其中该唇缘具有垂直的内壁和沿所述唇缘上边缘和下边缘的圆形部分。凸起的唇缘 439 可具有与台阶 432 的内径相同或更小的内径。唇缘 439 可提供啮合唇缘 237 的硬停止以防止保持环 200 的过分扩张。在一些实施方式中, 如图 4G 所示, 夹持环 400 包括倾斜内表面和向内凸起的唇缘 439。在一些其他实施方式中, 如图 4H 所示, 夹持环 400 的内表面具有在下部分 432 处向内凸起的台阶和从下向上向外倾斜的倾斜内表面。

[0069] 在一些实施方式中, 如图 4C 所示, 夹持环的上部分 431 和下部分 432 由不同材料组成。上部分 431 由比下部分 432 更坚硬的材料形成。该坚硬材料可以是金属, 例如不锈钢、钼或铝或陶瓷, 例如, 氧化铝或其他示例性材料。下部分 432 可以由在 CMP 工艺中化学惰性的材料, 诸如塑料, 例如聚醚醚酮 (PEEK)、碳填充的 PEEK、Teflon® (特富龙) 填充的 PEEK、聚酰胺酰亚胺 (PAI) 或合成材料形成。

[0070] 当夹持环的两个部分 431、432 结合时, 下部分 432 的上表面放置在上部分 431 的下表面附近。该两部分在它们的相邻表面上在内径和外径处通常具有基本相同尺寸, 从而当它们结合时在两部分 431、432 接合处两部分 431、432 形成对齐表面。该两个环形部分可用它们相邻表面之间的粘接层 436 粘接。

[0071] 下部分 432 可具有台阶部件 438。该台阶部件 438 从下部分 432 垂直凸出至上部分 431 的对应凹陷 437 中。台阶部件 438 是与夹持环 400 的内径相邻的环形台阶。台阶部件 438 从下环 432 的水平部分向上延伸。台阶部件 438 共用下环水平部分的内径壁。上部分 431 的凹陷 437 对应台阶部件 438, 从而当下部分 432 和上部分 431 结合在一起时, 台阶部件 438 与上部分 431 的凹陷 437 啮合。凹陷 437 可具有水平上表面和具有圆形部分的垂直内壁。在一些实施方式中, 台阶 438 仅位于下环 432 的内径处并且不存在于外径处。就是说, 夹持环 400 除在夹持环内径处的台阶 438 和凹陷 437 外可能不具有其他台阶和相应凹陷部件。在一些实施方式中, 粘接层 436 可延伸至夹持环的凹陷 437 中的台阶 438 表面。

[0072] 夹持环的旋转期间产生的剪切力施加力在水平粘接层上。在夹持环 400 中, 台阶部件 438 将剪切力沿台阶部件 438 的垂直内壁传递为粘接层 436 上的压力。剪切力到粘接层 436 上的压力的传递减少下部分 432 从上部分 431 分层的可能性, 这种情况可能在没

有台阶部件的夹持环中发生。同时,当夹持环下压靠在研磨垫上时通过夹持环相对于研磨垫的水平运动产生的横向力从下部分 432 传递至上部分 431 的底座。另外,由于接触面的表面面积增加,因此垂直内壁为粘接层 436 提供更大的粘接面积。更大的粘接面积也降低下部分 432 从上部分 431 分层的可能性。而且,沿垂直内壁的粘接层 436 吸收由于上部分 431 的材料(例如,诸如不锈钢的刚性材料)和下部分 432 的材料(例如,较小刚性或更柔软(compliant)材料诸如 PEEK 合成物)之间的不均匀热膨胀产生的应力。

[0073] 在一些实施方式中,例如,如图 4E、图 4G 和图 4H 所示,夹持环的上部分 431 和下部分 432 包括由相同材料组成的单个单元。整体夹持环可由在 CMP 工艺中化学惰性的材料,诸如塑料,例如聚醚醚酮(PEEK)、碳填充的 PEEK、Teflon[®](特富龙)填充的 PEEK,聚酰胺酰亚胺(PAI)或合成材料形成。

[0074] 虽然保持环 200 构造为外周围绕衬底 10 的边缘以保持衬底,柔性膜 500 提供安装衬底 10 的表面 512。图 5 示出柔性膜 500 的部分截面视图,其中示出一般对称的柔性膜的仅一半截面。

[0075] 如图 5 所示,柔性膜 500 可具有一般平坦的主要部分 510 和外环形部分 520。主要部分 510 提供衬底安装表面 512。外部分 520 从主要部分 510 的外边缘延伸。主要部分 510 和外环形部分 520 之间的接合点可具有外围边缘铰链 530 和环形凹陷 532,该环形凹陷沿着外环形部分 520 的外壁定位在铰链 530 之上。外围边缘铰链 530 可具有沿所述外围边缘铰链 530 的内表面和外表面的圆形部分。外围边缘铰链 530 和环形凹陷 532 可构造为柔性的(compliant),改善衬底 10 周界上负载的对称性。

[0076] 外环形部分 520 可具有沿外环形部分 520 外壁的环形凹陷 522,所述环形凹陷 522 构造为允许外环形部分 520 弯曲。外环形部分 520 还可具有沿所述外环形部分 520 的内壁向内凸出的环形台阶 524。环形台阶 524 可具有不水平(即,倾斜)上表面和下表面。

[0077] 在一些实施方式中,柔性膜 500 可具有数个环形翼。主要部分 510 可具有四个同心环形翼 516。外环形部分 520 可具有一对环形翼 526。连接至外环形部分 520 的环形翼 526 可具有向内延伸的水平部分 540 和厚边 550。厚边 550 可构造为固定于底座组件 104。如图 5 所示,上环形翼可具有比下环形翼更窄的水平部分(即,不向内延伸一样远)。在一些实施方式中,外环形部分 520 可具有环形三角形部分,以及所述一对环形翼 526 的水平部分 540 可通过环形三角形部分的至高点与外环形部分 520 连接。

[0078] 连接至主要部分 510 的最内同心环形翼 516 可包括向外延伸具有厚边的水平部分和环形倾斜部分 560,所述水平部分可构造为固定于底座组件 104。环形倾斜部分 560 可连接在主要部分 510 和环形翼 516 的水平部分之间。环形倾斜部分 560 可在与主要部分 510 接合点处具有比在与水平部分的接合点处更大的半径。

[0079] 连接至主要部分 510 的三个最外同心环形翼 516 可包括从主要部分 510 延伸的垂直部分 570,和沿水平部分的外边缘从具有厚边的垂直部分 570 延伸的水平部分,所述水平部分可构造为固定于底座组件 104。在一些实施方式中,同心环形翼 516 的水平部分可具有比同心环形翼的垂直部分 570 更小的厚度。在一些实施方式中,第二和第三最外同心环形翼 516 可具有水平部分的长度与垂直部分 570 的长度的比率在约 1.5 到 2.0 之间,诸如约 1.66。

[0080] 在一些实施方式中,环形翼 516、526 可具有一个或多个缺口或凹口(即,环

形凹陷)。同心环形翼 516 可具有在水平部分和垂直部分 570 之间的接合点处的凹口(notch)580。凹口 580 可允许同心环形翼 516 的水平部分垂直弯曲。同心环形翼 516 可具有在与主要部分 510 的接合点处的凹口 590。凹口 590 可配置以减少主要部分 510 的压力。

[0081] 本发明的另一方面,如图 1 所示,用于 CMP 的研磨头可包括底座组件 104、环形保持环 200,所述环形保持环 200 设置在底座组件 104 之下并且构造为外周围绕衬底 10 的边缘以保持衬底,第一柔性膜 300,所述第一柔性膜 300 设计形状以提供放置在底座组件 104 之下和环形保持环 200 之上的环形腔 350,外周围绕保持环 200 的夹持环 400,以及提供衬底安装表面的第二柔性膜 500,其中底座组件 104 和第二柔性膜 500 之间产生的空间形成六个可加压腔。

[0082] 可加压腔通过利用多个同心夹紧环将第二柔性膜 500 夹紧到底座组件 105 而形成。所述腔可构造为从最内腔到最外腔逐渐变窄。第二最外腔部分地通过外围边缘铰链 530 限定,所述第二最外腔狭窄地构造以在衬底研磨期间提供更好的边缘控制。

[0083] 每个腔可通过贯穿底座组件 104 和罩 102 的通道(未示出)流动耦接至关联的压力源,诸如泵或压力管或真空管。可以存在用于第一柔性膜 300 的环形腔 350 的一个通道、用于负载腔室 108 的一个通道,以及用于底座组件 104 和第二柔性膜 500 之间的六个可加压腔的每个腔的一个通道,总共八个通道。来自底座组件 104 的一个或多个通道可通过在负载腔室 108 内或研磨头 100 外部延伸的柔性管连接至罩 102 中的通道。每个腔的加压,以及衬底 10 上通过柔性膜 500 的主要部分 510 的相连部分施加的力可以独立可控。这允许在研磨期间不同压力施加到衬底的不同径向区域,从而补偿不均匀的研磨速率。另外,保持环 200 上的压力可利用腔 350 独立于由膜 500 限定的腔中的压力而变化,以及夹持环 400 上的压力可利用负载腔室 108 相对于保持环 200 上的压力和由膜 500 限定的腔中的压力而变化。

[0084] 如上所述的保持环 200、第一柔性膜 300、夹持环 400 和第二柔性膜 500 的多个实施方式可以实施在研磨头中。

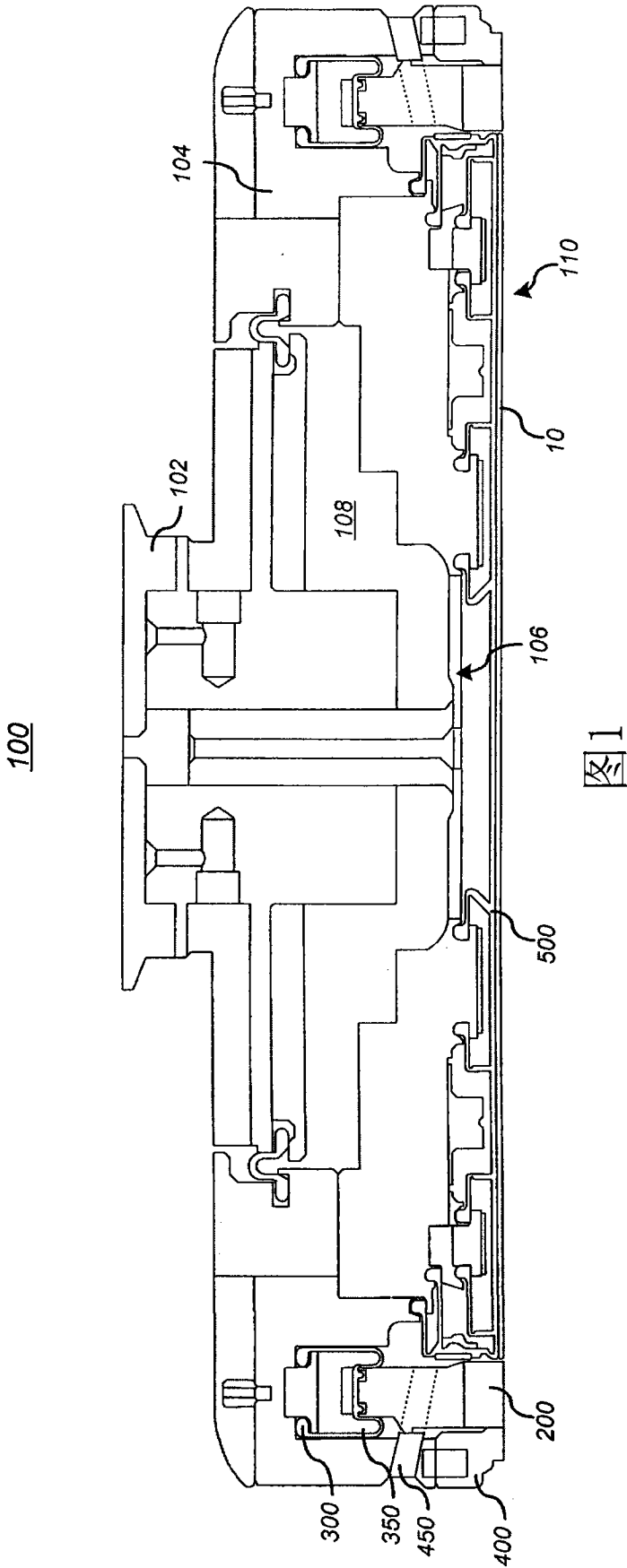
[0085] 研磨头通常可进一步包括连接至底座组件 104 并且配置为固定于驱动轴的罩 102。研磨头可用例如,铝、PPEK 或合成材料的材料涂覆。研磨头的夹持环 400 可向研磨头施加向下的压力。在一些实施方式中,通过夹持环 400 施加的向下压力大于通过保持环 200 施加的向下压力。夹持环 400 可由比保持环 200 更坚硬的材料形成,导致夹持环以比保持环更低的速度磨损。保持环 200 和研磨头 300 的宽度可以变化以调整工艺结果。特别地,衬底边缘的研磨轮廓可通过改变每个环的宽度和压力而改变。

[0086] 在一些实施方式中,保持环 200 可具有狭口或通孔,如图 1 的虚线表示,所述狭口或通孔从保持环 200 的内表面 231 向外表面 238 延伸,用于使得流体从该环的内部输送到外部,或从外部输送到内部。这些狭口可与研磨头 100 中的狭口对齐,并可提供从保持环 200 的内部冲走过多浆液的装置。

[0087] 在一些实施方式中,第二柔性膜 500 的同心环形翼 516 中具有凹口 580、590 可改善研磨均匀性。凹口的潜在优点在于当相邻腔存在不同压力时改善研磨均匀性。特别地,当相邻腔存在不同压力时,高压腔中的压力趋于使分离的翼向低压腔中弯曲。分离翼的弯曲可导致与分离的翼相邻的主要部分 510 中的受压区域,造成无意的压力分布和不均匀研磨。然而,在主要部分 510 和垂直部分 570 之间的接合点处具有凹口 590 使得环形翼 516

在接合点处更易弯曲。当由于不同压力导致的翼弯曲时这将减少主要部分 510 中的压力，从而改善研磨均匀性。当同心环形翼 516 的两侧上的相邻可加压腔中压力不同时，凹口 590 可适于允许同心环形翼 516 弯曲。而且，凹口 580、590 可设置并配置为减少从至少一个可加压腔通过同心环形翼 516 到主要部分 510 传递的向下负载从而减少主要部分 510 中的压力。

[0088] 已描述了本发明的多个实施方式。然而，应当理解可以设计各种修改而不偏离本发明的精神和基本范围。例如，第二柔性膜的数个同心环形翼 216 可具有环形倾斜部分 560，而不是环形垂直部分 570。另外，凹口可以在与环形倾斜部分 560 的接合处，或在水平部分 540 和边 550 之间的接合处，设置在垂直部分 570 的中间。相应地，其他实施方式在以下权利要求书的范围内。



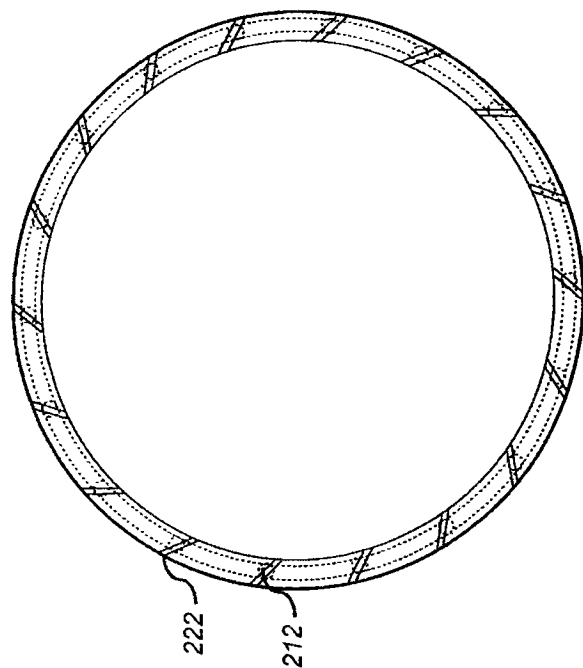


图2B

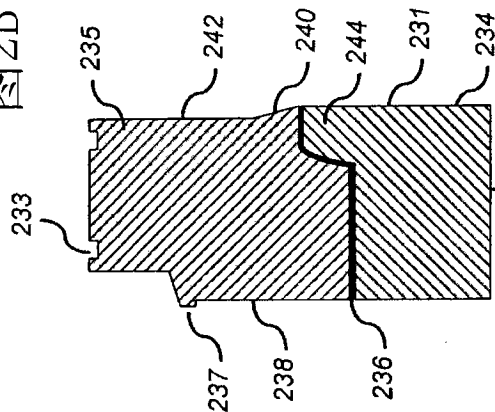


图2D

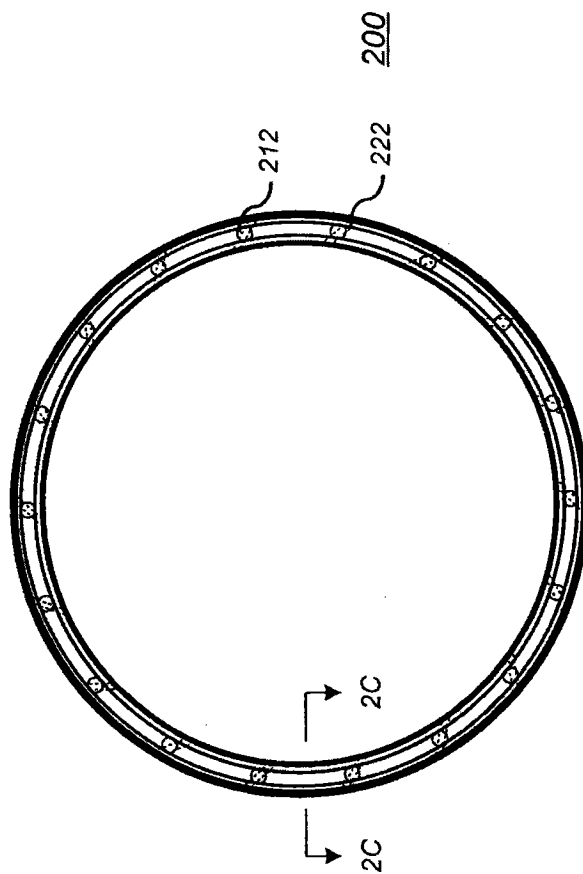


图2A

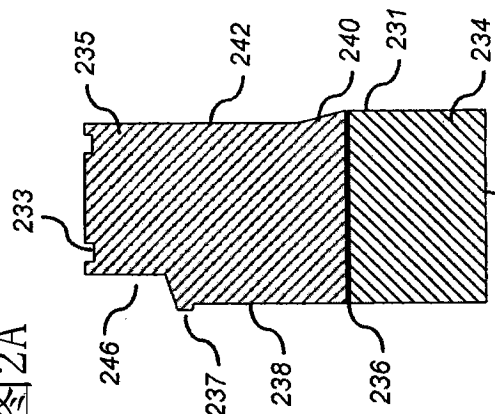


图2C

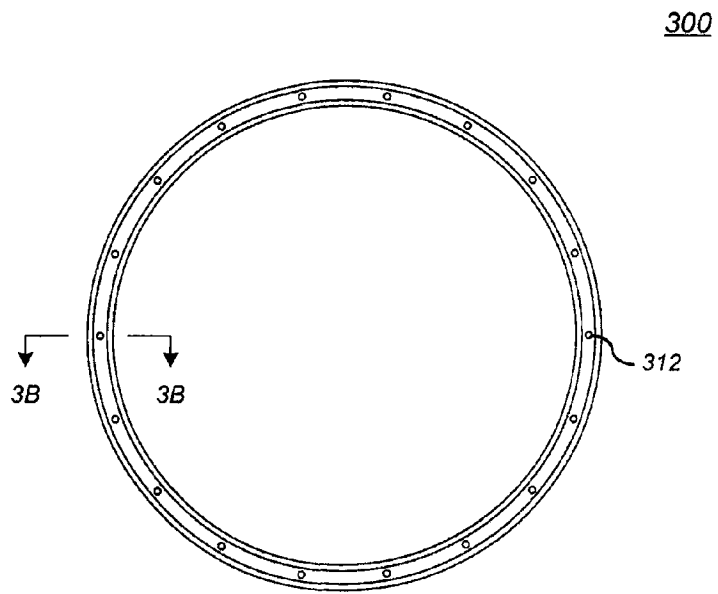


图3A

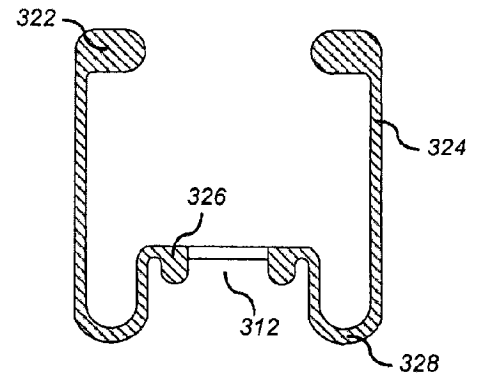


图3B

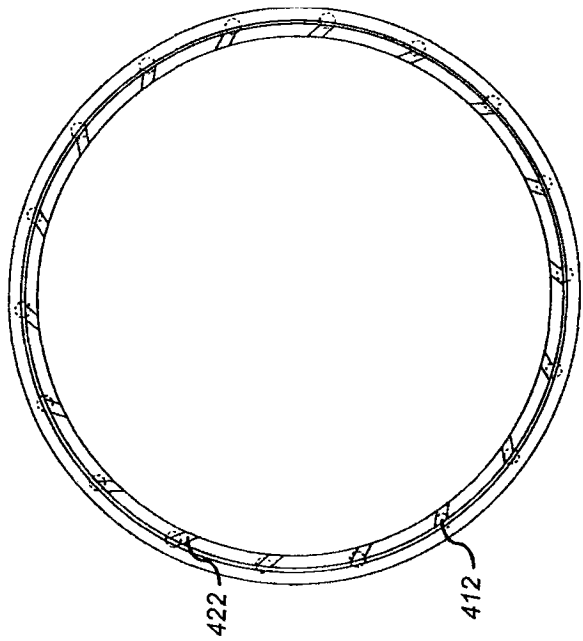


图4B

400

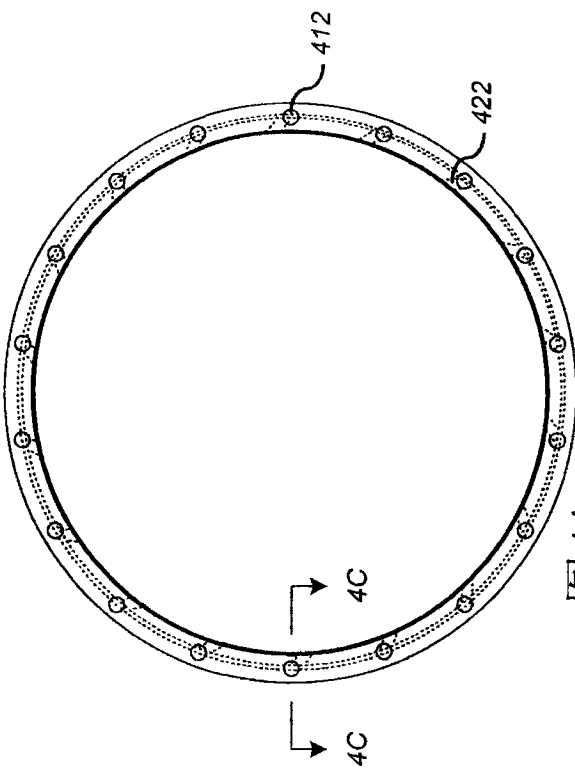


图4A

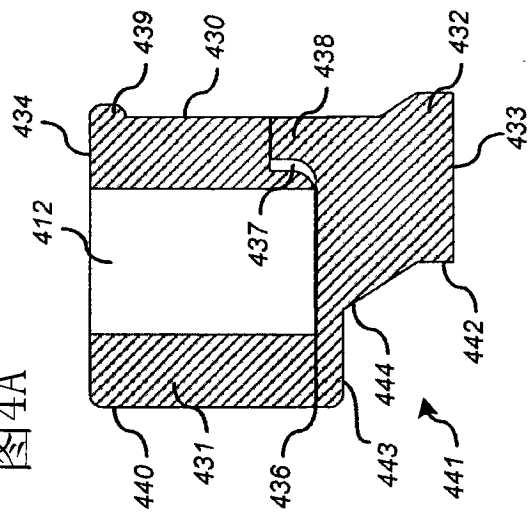
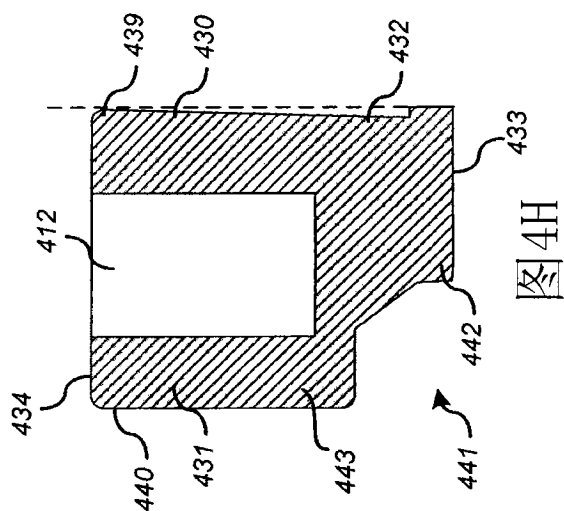
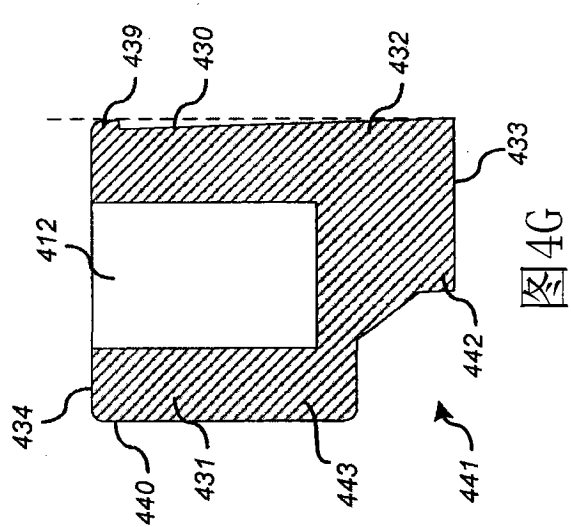
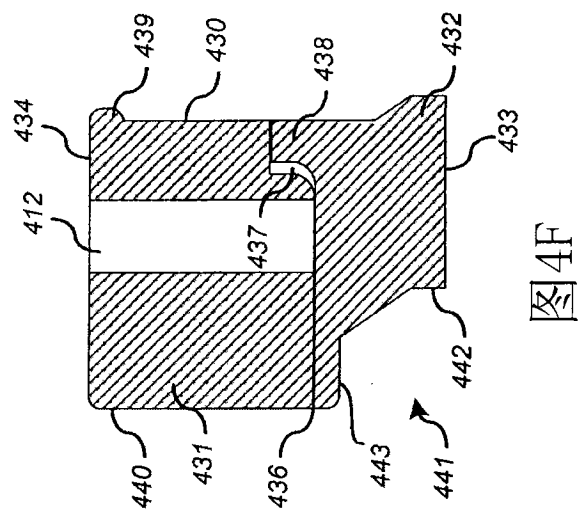
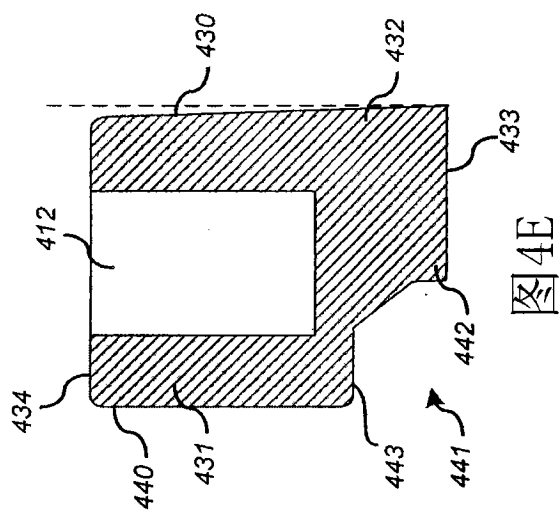
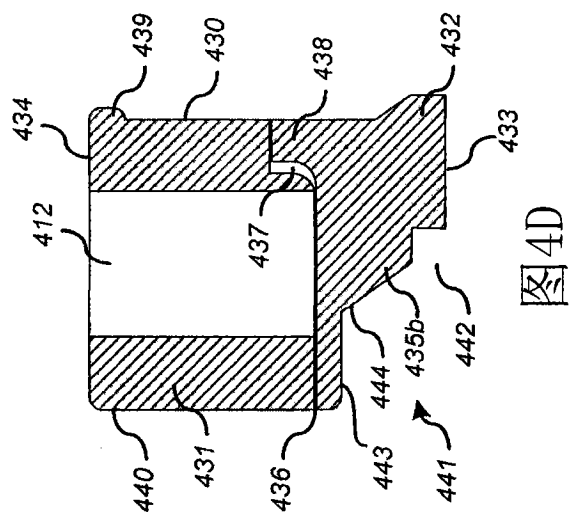


图4C



500

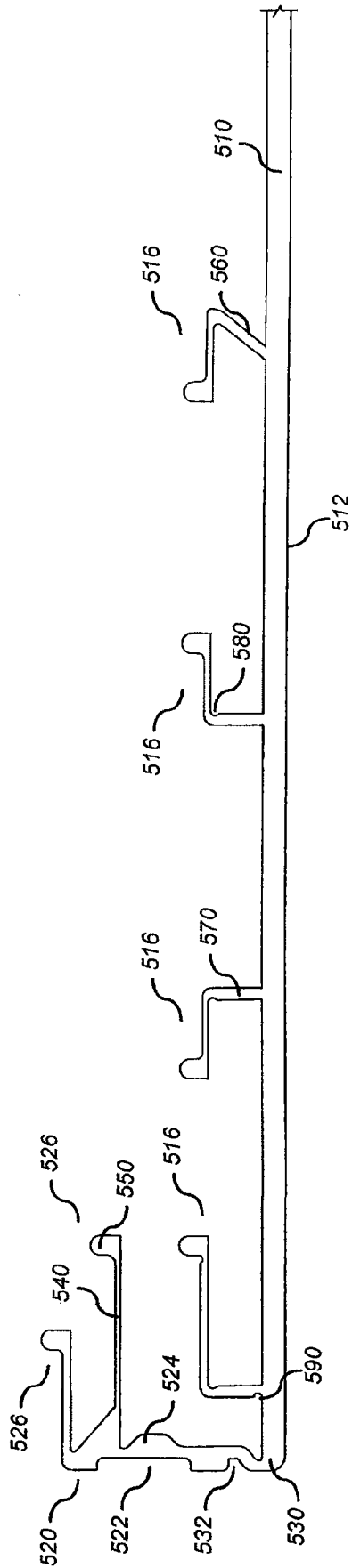


图 5

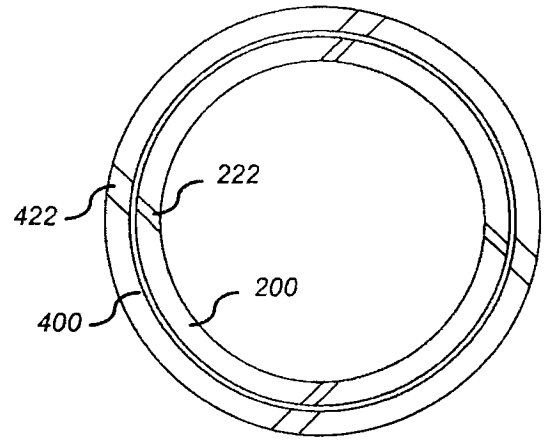


图 6