



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101868849 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 07

(21) 申请号 200880117649. 4

(22) 申请日 2008. 11. 13

(30) 优先权数据

60/989, 505 2007. 11. 21 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 05. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/012842 2008. 11. 13

(87) PCT申请的公布数据

W02009/070216 EN 2009. 06. 04

(73) 专利权人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 安德鲁·D·贝利三世 金允尚

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 周文强 李献忠

(51) Int. Cl.

H01L 21/302 (2006. 01)

H01L 21/30 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6333275 B1, 2001. 12. 25, 说明书第 5 栏第 55 行至第 19 栏第 5 行、附图 1-5C.

US 2006172538 A1, 2006. 08. 03, 全文.

US 2005247667 A1, 2005. 11. 10, 全文.

US 2006128152 A1, 2006. 06. 15, 说明书第 3 页 [0038] 段至第 5 页 [0064] 段、附图 3, 4.

US 2005090093 A1, 2005. 04. 28, 全文.

审查员 刘乐

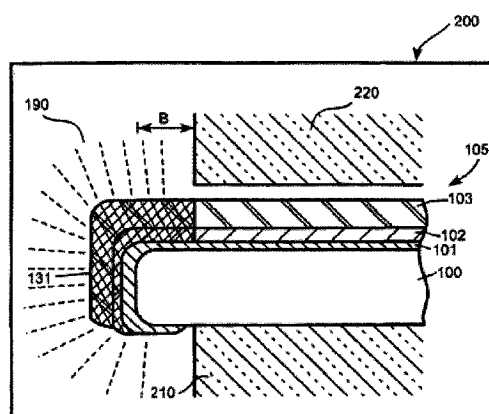
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

(54) 发明名称

为增强湿法边缘清洁而进行斜面等离子体加工

(57) 摘要

说明书中描述的各实施方式提供除去该斜面边缘上的不想要的沉积物以提高处理良率的改进的机制。各实施方式提供了加工镀铜的衬底的斜面边缘以将该斜面边缘处的铜转化为能用相对比铜有高的蚀刻选择性的流体湿法蚀刻的铜化合物的装置和方法。在一个实施方式中, 该铜化合物以对铜的高选择性的湿法蚀刻允许在湿法蚀刻处理室中除去衬底斜面边缘处的铜。该斜面边缘处的等离子体加工允许斜面边缘的铜以离该衬底的最边缘约 2mm 或更低, 比如约 1mm、约 0.5mm 或约 0.25mm 的精确的空间控制被除去。上述除去斜面边缘的铜的装置和方法没有铜蚀刻流体被喷溅到该器件区域上而导致铜膜的缺陷和变薄的问题。因此, 良率可以大大提高。



1. 一种加工衬底的斜面边缘上的铜膜以将该铜膜转化为将通过湿法蚀刻除去的铜化合物的方法,包含:

将该衬底放在等离子体加工室中的衬底支座上;

将加工气体通过嵌入气体分配板中的气体进口流入,其中该气体分配板被置于离该衬底支座一定距离上;

在该衬底的该斜面边缘附近产生加工等离子体以将该衬底的该斜面边缘上的该铜膜转化为铜化合物,其中产生的该加工等离子体将离该衬底的最边缘小于 2mm 的铜膜转化为该铜化合物;以及

将该衬底放入有湿法蚀刻流体的湿法蚀刻装置中以除去该斜面边缘上的该铜化合物。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中该斜面边缘上的该铜化合物通过该湿法蚀刻流体以与远离该斜面边缘的铜膜相比大于 20 : 1 的湿法蚀刻选择性被蚀刻。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中该铜化合物是从由 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 组成的组中选择的,且其中 E、X、Y、C 和 D 是数字。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中该加工气体包括含氧气体,且包括含氟或含氯气体。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中该湿法蚀刻流体包括从由柠檬酸铵、氟化氢、硝酸和柠檬酸组成的组中选择的蚀刻剂。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中产生的该加工等离子体将离该衬底的最边缘等于或小于 1mm 的铜膜转化为该铜化合物,其中空间控制为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中该衬底具有阻挡层、该阻挡层上方的铜种子层和该铜种子层上方的镀铜的层,该铜膜包括该铜种子层和该镀铜的层两者。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包含:

在将该衬底放入该等离子体加工室之前除去该衬底的背部上的铜膜。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中该斜面边缘附近的该加工等离子体是通过围绕该等离子体加工室中的该衬底支座的底部边缘电极和围绕对着该衬底支座的气体输送板的顶部边缘电极以电容或电感方式产生的。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中该顶部边缘电极和该底部边缘电极之间的距离小于 1.5cm 以约束该加工等离子体。

11. 根据权利要求 1 所述的方法,该加工气体通过置于该衬底的中心附近的气体进口,该衬底的该斜面边缘附近的气体进口,或该衬底的该中心附近的气体进口与该衬底的该斜面边缘附近的另外的气体进口被输送到该等离子体加工室。

12. 根据权利要求 9 所述的方法,其中该气体输送板和面对该分配板的衬底表面之间的距离小于 0.6mm 以阻止在该气体输送板和该衬底表面之间产生等离子体。

13. 根据权利要求 2 所述的方法,其中该斜面边缘上的该铜化合物通过该湿法蚀刻流体以与远离该斜面边缘的铜膜相比大于 100 : 1 的湿法蚀刻选择性被蚀刻。

14. 一种加工衬底的斜面边缘上的铜膜以将该铜膜转化为将通过湿法蚀刻除去的铜化合物的方法,包含:

除去该衬底背部上的该铜膜;

在除去该衬底背部上的该铜膜后,将该衬底放到等离子体加工室中的衬底支座上;

将加工气体通过嵌入气体分配板中的气体进口流入,其中该气体分配板被置于离该衬底支座一定距离上;

在该衬底的该斜面边缘附近产生加工等离子体以将该衬底的该斜面边缘上的该铜膜转化为铜化合物,其中产生的该加工等离子体将离该衬底的最边缘小于 2mm 的铜膜转化为该铜化合物;以及

将该衬底放入有湿法蚀刻流体的湿法蚀刻装置中以除去该斜面边缘上的该铜化合物,其中该斜面边缘上的该铜化合物通过该湿法蚀刻流体以与远离该斜面边缘的铜膜相比大于 20 : 1 的湿法蚀刻选择性被蚀刻。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其中该铜化合物是从由 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 组成的组中选择的,且其中 E、X、Y、C 和 D 是数字。

16. 根据权利要求 14 所述的方法,其中该加工气体包括含氧气体,且包括含氟或含氯气体。

17. 根据权利要求 14 所述的方法,其中该湿法蚀刻流体包括从由柠檬酸铵、氟化氢、硝酸和柠檬酸组成的组中选择的蚀刻剂。

18. 根据权利要求 14 所述的方法,其中产生的该加工等离子体将离该衬底的最边缘等于或小于 1mm 的铜膜转化为该铜化合物,其中空间控制为 0.1mm。

19. 根据权利要求 14 所述的方法,其中该斜面边缘附近的该加工等离子体是通过围绕该等离子体加工室中的该衬底支座的底部边缘电极和围绕对着该衬底支座的气体输送板的顶部边缘电极以电容或电感方式产生的。

20. 根据权利要求 14 所述的方法,其中该斜面边缘上的该铜化合物通过该湿法蚀刻流体以与远离该斜面边缘的铜膜相比大于 100 : 1 的湿法蚀刻选择性被蚀刻。

为增强湿法边缘清洁而进行斜面等离子体加工

技术领域

[0001] 本发明大体涉及衬底制造技术,特别涉及用于使用等离子体暴露来将斜面边缘(bevel edge)的膜(比如铜)转化为可溶解于液体的材料的装置和方法。然后通过具有高蚀刻选择性的湿法蚀刻化学物质除去斜面边缘处的转化后的膜。

背景技术

[0002] 在衬底(例如,半导体衬底(或晶片)或比如用于平板显示器制造的玻璃板)处理中,经常使用等离子体。在衬底处理过程中,该衬底(或晶片)被分割成多个晶粒(die),或矩形区域。该多个晶粒中的每一个都会成为一个集成电路。然后在一些步骤中处理衬底,在这些步骤中,选择性地除去(或蚀刻)和沉积材料。

[0003] 铜由于有比铝更低的电阻率,改进的电迁移和应力空隙抵抗力(stress-void resistance),正成为许多集成电路生产商的器件互连线的优选导体。一种形成铜互连结构的方法是使用电镀工艺。在典型的铜电镀处理中,钽(Ta)和/或氮化钽(TaN)的阻挡层首先被沉积在该衬底上。然后,铜种晶层被形成在该阻挡层上。铜种晶层可以用多种技术沉积,包括化学气相沉积(CVD)和物理气相沉积(PVD)。然后该衬底被放入电解质镀覆溶液槽中以在该铜种晶层上沉积铜层(有时候是空隙填充层)。

[0004] 镀覆完成后,该衬底通常被转移到冲洗(rinsing)台,在那里施加包括去离子水的溶液以将该衬底上任何过量或剩余的镀覆溶液除去或中和掉。在该镀覆处理过程中,在该衬底的斜面边缘和/或背部可能发生不想要的铜镀覆,这可能成为微粒源。除去该衬底背部上的不想要的铜镀覆是相对简单的。然而,除去该斜面边缘上的不想要的铜镀覆却更具挑战性。

[0005] 鉴于上文,需要提供除去该斜面边缘上不想要的沉积物以提高处理良率的改进的机制的装置和方法。

发明内容

[0006] 大体说来,各实施方式通过提供除去该斜面边缘上不想要的沉积物以提高处理良率的改进的机制的装置和方法,满足了这个需要。上述各实施方式提供了加工镀铜的衬底的斜面边缘以将该斜面边缘处的铜转化为能用相对比铜有高的蚀刻选择性的流体湿法蚀刻的铜化合物的装置和方法。替代地,该铜化合物可以在专用斜面边缘等离子体室蚀刻室中蚀刻。该铜化合物的湿法蚀刻或干法蚀刻允许在湿法蚀刻处理室或专用干法蚀刻等离子体室中除去斜面边缘处的不挥发的铜。斜面边缘的该等离子体加工允许斜面边缘的铜以离该衬底的最边缘约2mm或更低,比如约1mm、约0.5mm或约0.25mm的精确的空间控制被除去。另外,上述除去斜面边缘的铜的装置和方法没有铜蚀刻流体被喷溅到该器件区域上而导致铜膜的缺陷和变薄的问题。因此,良率可以大大提高。

[0007] 应当理解,本发明可以用各种方式实现,比如处理工艺、装置或系统。下面描述本发明的几个创造性实施方式。

[0008] 在一个实施方式中,提供一种加工衬底的斜面边缘上的铜膜以将该铜膜转化为将通过湿法蚀刻去除的铜化合物的方法。该方法包括将该衬底放在等离子体加工室中的衬底支座上。该方法还包括将加工气体通过嵌入气体分配板中的气体进口流入,其中该气体分配板被置于离该衬底支座一定距离上。该方法进一步包括在该衬底的该斜面边缘附近产生加工等离子体以将该衬底的该斜面边缘上的该铜膜转化为铜化合物。产生的该加工等离子体将离该衬底的最边缘小于约 2mm 的铜膜转化为该铜化合物。另外,该方法包括将该衬底放入有湿法蚀刻流体的湿法蚀刻装置中以除去该斜面边缘上的该铜化合物。

[0009] 在另一个实施方式中,提供一种加工衬底的斜面边缘上的铜膜以将该铜膜转化为将通过湿法蚀刻去除的铜化合物的方法。该方法包括除去该衬底背部上的该铜膜,以及在除去该衬底背部上的该铜膜后,将该衬底放到等离子体加工室中的衬底支座上。该方法还包括将加工气体通过嵌入气体分配板中的气体进口流入,其中该气体分配板被置于离该衬底支座一定距离上。该方法进一步包括在该衬底的该斜面边缘附近产生加工等离子体以将该衬底的该斜面边缘上的该铜膜转化为铜化合物。产生的该加工等离子体将离该衬底的最边缘小于约 2mm 的铜膜转化为该铜化合物。另外,该方法包括将该衬底放入有湿法蚀刻流体的湿法蚀刻装置中以除去该斜面边缘上的该铜化合物。该斜面边缘上的该铜化合物通过该湿法蚀刻流体以与远离该斜面边缘的铜膜相比大于约 20 : 1 的湿法蚀刻选择性被蚀刻。

[0010] 通过下面结合附图进行的详细说明,本发明的其他方面和优点会变得显而易见,其中附图是用本发明的原理的示例的方式进行描绘的。

附图说明

[0011] 通过下面结合附图进行的详细说明,可以很容易地理解本发明,且同类的参考标号代表同类的结构元件。

[0012] 图 1A 显示了,依照本发明的一个实施方式,镀铜的衬底的横截面视图。

[0013] 图 1B 显示了,依照本发明的一个实施方式,用于从衬底背部和斜面边缘除去不想要的铜的装置。

[0014] 图 1C 显示了,依照本发明的一个实施方式,铜蚀刻流体从该衬底背部扩散开以覆盖该斜面边缘和衬底正面的一部分后,镀铜的衬底的一部分的横截面。

[0015] 图 1D 显示了,依照本发明的一个实施方式,除去该背部和斜面边缘上的不想要的铜的处理步骤之后的镀铜的衬底。

[0016] 图 2A 显示了,依照本发明的一个实施方式,被暴露于靠近斜面边缘的等离子体的镀铜的衬底的横截面。

[0017] 图 2b 显示了,依照本发明的一个实施方式,经过湿法蚀刻以除去斜面边缘处的铜化合物后的镀铜的衬底。

[0018] 图 3 显示了,依照本发明的一个实施方式,被配置为产生斜面边缘等离子体的等离子体系统的横截面视图。

[0019] 图 3A 显示了,依照本发明的一个实施方式,具有图 3 的斜面边缘的放大的区域 B 的横截面视图。

[0020] 图 4A 显示了,依照本发明的一个实施方式,除去斜面边缘处的铜的处理流程。

[0021] 图 4B 显示了,依照本发明的另一个实施方式,除去斜面边缘处的铜的处理流程。

具体实施方式

[0022] 提供一些除去晶片的斜面边缘上的不想要的沉积物以改进处理良率的改进的机制的示例性实施方式。对本领域的技术人员来说,显然,本发明没有此处阐明的一些或全部具体细节也可以实现。

[0023] 图 1A 显示了依照本发明的一个实施方式,镀铜衬底 105 的横截面视图,其具有有正面 110、背部 120 和该正面和后部之间的最边缘 (very edge) 130 的衬底本体 100。衬底本体 100 可以是没有其它膜和特征的晶片。衬底本体 100 还可以有由预处理产生的各种膜和特征。图 1A 的衬底 105 是正面朝下的,该衬底的正面 110 朝下。在图 1A 中,有阻挡层 101,比如覆盖衬底正面 110 和最边缘 130 的钽 (Ta) 和 / 或氮化钽 (Ta_N)。在一个实施方式中,该 Ta、Ta_N 或 Ta/Ta_N 阻挡层的厚度小于 150 埃。阻挡层 101 覆盖该衬底的正面和该斜面边缘,有时候覆盖该衬底背部的一部分。

[0024] 在阻挡层 101 上方,有铜种子层 (seed layer) 102,其对于在铜镀覆过程中启动成核点是必须的。铜种子层 102 可以通过化学气相沉积 (CVD) 或通过物理气相沉积 (PVD) 沉积。图 1A 的实施方式中显示的铜种子层 102 是通过 PVD 沉积的,并且覆盖该衬底的正面和该斜面边缘,有时候覆盖该衬底背部的一部分。在一个实施方式中,该铜种子层的厚度可以小于 2000 埃,优选小于 1000 埃。在铜种子层 102 上方,有通过镀覆处理,比如电化学镀 (ECP),沉积的铜层 103。该铜层的厚度在约 500 埃到约 8000 埃之间。

[0025] 在该镀覆处理过程中,铜层 103 在种子层 102 上方形成。铜层 103 主要在由铜种子层 102 覆盖的衬底部分上形成。铜层 103 形成后,有覆盖衬底的最边缘 130 的铜表面 131 和覆盖衬底 100 的正面的铜表面 111。

[0026] 在该镀覆处理过程中,不想要的铜镀覆可能在该衬底的边缘和 / 或背部发生。这种不想要的镀覆的范围部分取决于该种子层的形成。另外,一些铜镀覆处理在该种子层的沉积过程中使用阴影掩模 (shadow mask) 或类似技术以排斥在该衬底的最外层边缘 (例如,外面的 2mm) 的沉积。图 1A 显示的实施例在该种子层的沉积过程中不使用阴影掩模。

[0027] 在一个实施方式中,铜镀覆的过量堆积 (图中显示为边缘小珠 150) 在层 103 的边缘处形成。边缘小珠 150 可能由于种子层 102 的边缘处的局部较高的电流密度而形成,并通常在最边缘 130 的 2-5mm 内形成。边缘小珠 150 的额外厚度是不好的,因为由于该边缘小珠,衬底 105 的表面不平坦了。另外,边缘小珠 150 可能在后续处理过程中脱落而带来微粒问题。层 101、102 和 103 形成复合 104 层。

[0028] 沉积在该斜面边缘和衬底背部上的铜是不好的。器件不能在斜面边缘和衬底背部的尽头形成。沉积在这些区域中的铜膜可能在后续处理中带来微粒问题。另外,沉积在这些区域中的铜可能污染用于处理该衬底的处理室。在被铜污染的 (一个或多个) 处理室中的铜可能被沉积或落到在该被铜污染的处理室中处理的其它衬底上,并可能扩散到器件区域中而使得器件无法工作。

[0029] 进一步,铜是非挥发性金属,不能通过干法蚀刻处理除去。如果斜面边缘和衬底背部的不想要的铜在等离子体处理过程中被蚀刻掉,铜会留在该处理室中。为了除去铜堆积,该室将需要被关闭以进行湿法清洁,例如,用手动方式。由于湿法清洁而带来的连续处理的终止可能显著影响生产吞吐量。因此,在下一个等离子体处理之前除去斜面边缘和衬底背部处的不想要的铜是非常重要的。

[0030] 在衬底 105 被镀覆有铜层 103 后,衬底 105 经过几个处理步骤以中和并除去来自一个或多个处理室中的镀覆步骤所留下的任何的铜电解质溶液。在从衬底 105 除去电解质溶液后,接下来进行背部清洁处理以除去在该衬底 105 的背部 120 和最边缘 130 上沉积的铜膜。

[0031] 图 1B 显示了,依照本发明的一个实施方式,用于从衬底背部和斜面边缘除去不想要的铜的装置 155。衬底 105 由衬底座(未示)横着朝下固定。当该衬底被旋转时,惰性气体气流,比如分子态氮气(N_2)、氦气(He)、或氩气(Ar),通过流体通道 160 被引入衬底 105 的正面。流体通道 160 耦合于气体槽 165,该气体槽 165 存储被施加到衬底 105 的正面的惰性气体。铜蚀刻流体被从撒布器 170 引入到衬底 105 的背部 120。撒布器 170 耦合于液体通道 171,其耦合于存储铜蚀刻流体的槽 172。在一个实施方式中,该铜蚀刻流体是硫酸。在另一个实施方式中,该铜蚀刻流体是硫酸和过氧化氢的混合物。在其它实施方式中,可以使用硝酸、柠檬酸或类似的清洁流体。

[0032] 该铜蚀刻流体在衬底 105 的背部表面 120 上扩散开,以覆盖衬底 105 的斜面边缘和正面 111 的一部分上的铜表面 131。然后,扩散开的清洁流体在衬底背部 120、斜面边缘上方的铜表面 131 和衬底正面 111 的一部分上方形成薄膜 180,如图 1B 所示。图 1C 显示了,依照本发明的一个实施方式,铜蚀刻流体从该衬底背部 120 扩散开以覆盖该斜面边缘和衬底正面的一部分后,镀铜的衬底 105 的一部分的横截面。从该铜蚀刻流体的前缘到衬底本体 100 的最边缘的距离是距离“A”。该铜蚀刻流体的前缘由惰性气体气流 161 停止在衬底正面 111 的位置“E”。

[0033] 上述处理使用惰性气体气流来将铜清洁流体阻止在离该斜面边缘特定距离处,比如距离 A。对于改进的技术,理想情况是将该衬底表面上的使用面积扩展到晶片的最边缘。通常,目标是将使用面积扩展到离斜面边缘 2mm(例如,“A”~2mm),优选地,离该斜面边缘约 1mm。对于未来的技术,使用面积可以被扩展到离该斜面边缘约 0.5mm 甚至小于 0.5mm。

[0034] 然而,上述从衬底背部和斜面边缘除去不想要的铜的方法和装置的空间控制不是很一致或精确的。很难一致地将该距离“A”保持到约 2mm。并且,该铜蚀刻流体有时候不完全除去该斜面边缘处的铜。进一步,该铜蚀刻流体经常喷溅在该正面表面 111 的其它部分而带来主要器件区域中的缺陷、污点和不同的铜厚度。

[0035] 图 1D 显示了,依照本发明的一个实施方式,除去该背部和斜面边缘上的不想要的铜的处理步骤后的衬底 105。如图 1D 所示,一些铜岛 110 突出在该斜面边缘上。该距离“A”对于各个衬底是不同的。另外,铜蚀刻流体的喷溅留下一些具有更薄的铜厚度的区域,比如区域 a 和 b。

[0036] 对于将使用面积扩展到距离该衬底边缘 1mm 或更少的更先进的技术,上述处理不足以精确到产生距离该衬底边缘 1mm 或更少的使用面积,同时精确度控制等于或小于约 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

[0037] 图 2A 显示了,依照本发明的一个实施方式,暴露于斜面边缘附近的等离子体 190 的衬底 105' 的横截面。衬底 105' 已经经过背部湿法时刻以除去背部的铜,例如使用上述图 1B 中所述的处理。然而,除去铜的该湿法蚀刻主要除去该衬底背部上的铜。该斜面边缘上的铜不是被除去的目标。因此,该铜仅仅是在该斜面边缘的侧面或在该衬底的顶部,如图 2A 所示。衬底 105' 被面向上置于等离子体室 200 的衬底支座 210 上。衬底 105' 的上表

面 111 的中心部分由等离子体罩 220 覆盖。暴露的斜面边缘离最边缘 130 的距离为“B”。最边缘 130 处的铜表面 131' 暴露于等离子体 190 并被等离子体 190 转化为铜化合物, 比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 。E、X、Y、C 和 D 是数字。该铜化合物可以被对 Cu 有高蚀刻选择性的蚀刻液体湿法蚀刻, 比如包含柠檬酸铵的液体。蚀刻液体的其它例子包括 HF、HCl 和柠檬酸。

[0038] 距离“B”是该集成处理工艺试图实现的边缘隔断 (exclusion)。例如, 如果该集成处理工艺具有 1mm 的边缘隔断要求的话。距离“B”是约 1mm。因为距离“B”由机械硬件控制, 距离“B”是可重复且一致的。

[0039] 图 2B 显示了, 依照本发明的一个实施方式, 经过湿法蚀刻除去铜化合物, 比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 之后的衬底 105'。只有没有被转化为铜化合物的该衬底的正面上的铜膜 (比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D) 留在该衬底上。斜面边缘上转化后的 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 膜已经被湿法蚀刻化学物质边缘化 (edge)。由于该蚀刻流体 (比如柠檬酸铵) 对铜化合物与铜的高选择性, 该衬底表面可以与蚀刻流体接触足够长的时间以除去全部的铜化合物而不留下未蚀刻的岛。在一个实施方式中, 该湿法蚀刻的选择性大于约 20, 也就是说材料与铜的湿法蚀刻的速率比为约 20。在另一实施方式中, 该湿法蚀刻选择性在约 50 到约 100 之间。

[0040] 通过使用等离子体将斜面边缘铜膜转化为铜化合物, 比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D , 空间控制被大大改善。到约 1mm 或更少的空间控制成为可能。并且, 未蚀刻岛的问题也消失了。进一步, 因为前一个步骤的铜除去主要是在该衬底背部上的, 该铜蚀刻流体不太可能喷溅到衬底的正面上而导致器件区域中的缺陷和铜的变薄。

[0041] 如图 2B 所示, 阻挡层 101 留在衬底 105 上。阻挡层 101 可以被湿法蚀刻或者在等离子体室中被蚀刻。阻挡层 101 通常是用易挥发的材料 (比如 Ta 和 / 或 TaN) 制成的; 因此, 可以在等离子体室中被干法蚀刻。

[0042] 图 3 显示了用于执行该衬底的斜面边缘附近的等离子体加工的等离子体处理工艺室 300 的一个实施方式。室 300 具有衬底支座 340, 上面有衬底 350。在一个实施方式中, 衬底支座 340 是静电卡盘, 其由 RF (射频) 电源 (未示) 加电。在另一个实施方式中, 衬底支座 340 是常规的电极。衬底支座 340 可以是 DC (直流) 或 RF 偏置的。对着衬底支座 340 的是具有中心气体进口 361 的气体输送板 360。替代地, 气体输送板 360 具有边缘气体进口 363, 其向衬底 350 的斜面边缘供应气体。该衬底支座还可以是 RF 加电的、偏置的或接地的。在衬底 350 的蚀刻过程中, 室 300 可以被 RF 加电以产生电容耦合蚀刻等离子体或电感耦合蚀刻等离子体。衬底 350 具有斜面边缘 317, 其包括该衬底的边缘的顶部和底部表面, 如图 3 的区域 B 和图 3A 的放大的区域 B 所示。在图 3A 中, 斜面边缘 317 被用粗的实直线和曲线突出。

[0043] 围绕衬底支座 340 的边缘, 有由导电材料 (比如铝 (Al)) 制成的底部边缘电极 320。在衬底支座 340 和底部边缘电极 320 之间, 有底部介电环 321, 其将衬底支座 340 和底部边缘电极 320 电气隔离。在一个实施方式中, 衬底 350 不与底部边缘电极 320 接触。在底部边缘电极 320 外, 有另一个底部绝缘环 325, 其延伸面对 350 的底部边缘电极 320 的表面。

[0044] 围绕该气体输送板 360, 有由导电材料 (比如铝 (Al)) 制成的顶部边缘电极 310。

顶部边缘电极 310 由顶部介电环 311 与气体输送板 360 电气绝缘。在顶部边缘电极 310 外，有顶部绝缘环 315，其延伸朝着衬底 350 的顶部边缘电极 310 的表面。

[0045] 在一个实施方式中，底部边缘电极 320 耦合于 RF 电源 323 而顶部边缘电极 310 接地。在衬底斜面边缘加工处理过程中，RF 电源 323 供应频率在约 2MHz 到约 60MHz 之间，功率在约 100 瓦到约 2000 瓦之间的 RF 电力以产生加工等离子体。在斜面边缘加工过程中，衬底支座 340 和气体输送板 360 保持电气浮接 (float)。在另一个实施方式中，下电极 340 耦合于 RF 电源 324。在衬底斜面边缘加工处理过程中，RF 电源 324 供应频率在约 2MHz 到约 60MHz 且功率在约 100 瓦到约 2000 瓦之间的 RF 电力以产生加工等离子体。在斜面边缘加工过程中，气体输送板 360 保持电气浮接，而底部边缘电极 320 和顶部边缘电极 310 两者都接地。

[0046] 上述硬件配置的两个实施方式仅仅是示例，也可以使用其它的斜面边缘反应器配置。对于斜面边缘反应器的其它类型的细节，参考申请日为 2007 年 6 月 5 日，名称为“Edge Electrodes with Variable Power”的美国专利申请 11/758, 576 (代理文件号 LAM2P589)、申请日为 2007 年 6 月 5 日，名称为“Edge Electrodes with Dielectric Covers”的美国专利申请 11/758, 584 (代理文件号 LAM2P592)、申请日为 2007 年 6 月 5 日，名称为“Edge Electrodes with Variable Power”的美国专利申请 11/758, 576 (代理文件号 LAM2P589)、申请日为 2006 年 5 月 24 日，名称为“Apparatus and Methods to Remove Films on Bevel Edge and Backside of Wafer”的美国专利申请 11/440, 561 (代理文件号 LAM2P560)、申请日为 2006 年 2 月 15 日，名称为“Plasma Processing Reactor with Multiple Capacitive and Inductive Power Sources”的美国专利申请 11/355, 458 (代理文件号 LAM2P537) 以及申请日为 2006 年 2 月 27 日，名称为“Integrated Capacitive and Inductive Power Sources for a Plasma Etching Chamber”的美国专利申请 11/363, 703 (代理文件号 LAM2P538)。每个上述相关申请的公开内容都通过参考并入此处。

[0047] 加工等离子体被配置为由顶部介电环 311、顶部边缘电极 310、顶部绝缘环 315、底部介电环 321、底部边缘电极 320 和底部绝缘环约束。一种或多种加工气体通过气体进口 361 被供应。在一个实施方式中，该气体进口位于气体输送板 360 的中心附近。替代地，该一种或多种加工气体还可以通过位于该处理室 300 的其它部分的气体进口被供应，比如穿过位于室 300 的边缘的边缘气体进口 363，其位于衬底 350 的斜面边缘附近。

[0048] 在一个实施方式中，顶部边缘电极 310 和底部边缘电极 320 之间的空隙， D_{EE} ，小于 1.5cm 以保证该等离子体被约束。小于 1.5cm 的 D_{EE} 允许衬底边缘附近的开口的宽度 (D_w) 和空隙 (D_{EE}) 的比小于 4 : 1，这确保了等离子体约束。 D_w 是该衬底边缘附近的开口的宽度。在一个实施方式中， D_w 是底部绝缘环 325 的宽度或顶部绝缘环 315 的宽度。在斜面边缘加工处理过程中，室内压强被保持在约 20 毫托到约 100 托之间，优选地在约 100 毫托到约 2 托之间。气体输送板 360 和衬底 350 之间的间距， D_s ，小于 0.6mm 以确保在斜面边缘加工处理过程中气体输送板 360 和衬底 350 之间没有等离子体形成。

[0049] 图 3 中所示的等离子体室 300 的实施方式仅仅是一个示例。用于斜面边缘加工的等离子体室的其它实施方式也是可能的。在另一个实施方式中，该 RF 电力供应可以耦合于顶部边缘电极 310，而底部边缘电极 320 接地以产生电容耦合加工等离子体。替代地，顶部边缘电极 310 或底部边缘电极 320 可以用嵌入介电材料的感应线圈代替。在此实施方式中，

该感应线圈耦合于 RF 电源而相对的边缘电极接地。该 RF 电源供应电力以产生电感耦合蚀刻等离子体以加工斜面边缘 317。有关该等离子体室的进一步描述,参考申请日为 2006 年 5 月 24 日,名称为“Apparatus and Methods to Remove Films on BevelEdge and Backside of Wafer”的美国专利申请 11/3440,561(代理文件号 LAM2P560)。上述有关申请的公开内容通过参考并入此处。

[0050] 在该衬底边缘附近和顶部边缘电极 310 和底部边缘电极 320 之间产生的等离子体加工斜面边缘处的暴露的铜并将斜面边缘处的铜膜转化为比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 。在一个实施方式中,该加工等离子体气体源包括含氧气体,比如 O_2 、 CO_2 和 N_2O 。该含氧气体帮助将铜膜转化为含氧化合物,比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D 。该加工气体源还可包括含氟气体(比如 NF_3 、 SF_6 、 C_2F_6 或 CF_4)或含氯气体(比如 Cl_2 或 HCl)。该含氟气体帮助将铜膜转化为含氟化合物,比如 CuO_XF_Y 。该含氯气体帮助将铜膜转化为含氯化合物,比如 CuO_CCl_D 。在一个实施方式中,用惰性气体,比如氦气(He)、氩气(Ar)、氪气(Kr)、氙气(Xe)和氡气(Ra),稀释该加工气体。

[0051] 对于只包括含氧气体的加工等离子体,处理温度大于 200 摄氏度。在该斜面边缘加工处理过程中,室内压强保持在约 20 毫托到约 100 托之间,优选地在约 100 毫托到约 2 托之间。对于包含含氧气体和含氟气体或含氯气体的加工等离子体,处理温度在约 10 摄氏度到 50 摄氏度之间,优选地在约 15 摄氏度到约 35 摄氏度之间。该(一种或多种)等离子体气体可以通过中心气体进口 361 或边缘气体进口 363 或两个气体进口的结合而提供。

[0052] 如上对图 2A 所述,该衬底需要经历初始的背部湿法蚀刻以在被送到等离子体室 300 进行等离子体加工之前除去背部的铜。然后,该衬底经历等离子体加工以将斜面边缘附近的铜膜转化为 Y 材料。等离子体加工之后,用具有铜化合物和铜之间的高蚀刻选择性的(一种或多种)化学制品对该衬底进行湿法蚀刻。图 4A 显示了使用等离子体加工协助除去斜面边缘处的铜膜的流程图 400。在步骤 401 中,镀铜的衬底被放于背部铜除去装置中,比如图 1B 所示的装置,以除去该衬底背部上的铜残留物。在步骤 403 中,背部的铜被除去。在一个实施方式中,铜湿法蚀刻化学制品流向该衬底的背部。惰性气体被吹向该衬底的正面以阻止铜湿法蚀刻化学制品到达该衬底的正面。在背部的铜被除去之后,该衬底被冲洗和清洁以从衬底表面除去残留的铜湿法蚀刻化学制品。

[0053] 在背部的铜被除去之后,在步骤 405 中,该衬底被放入斜面边缘等离子体加工室中。在步骤 407 中,在该斜面边缘附近产生加工等离子体以将该斜面边缘上的铜膜转化为铜化合物,使用针对该铜化合物的湿法蚀刻化学制品,该铜化合物相对于铜具有高湿法蚀刻选择性。产生的等离子体仅在该斜面边缘。该斜面边缘等离子体加工室被配置为将该等离子体限制于斜面边缘附近的区域。离暴露于加工等离子体的该衬底表面的斜面边缘的距离可以通过反应器的设计被控制到小于约 5mm,优选地小于约 2mm,最优选地小于 1mm。因为加工处理是干法处理,使用合适的硬件,有可能在空间上控制该斜面边缘加工到等于或小于 1mm,偏差为约 $\pm 0.1\text{mm}$ 。在步骤 409 中,该衬底被放于湿法蚀刻装置中,比如槽中,并被浸没在湿法蚀刻流体中,该湿法蚀刻流体包含用相对于铜很高的蚀刻选择性而蚀刻转化后的铜化合物(比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D)的化学制品。在一个实施方式中,该湿法蚀刻选择性大于约 20,这意味着,材料的湿法蚀刻速率与铜的湿法蚀刻速率的比是约 20。在另一个实施方式中,该湿法蚀刻选择性在约 50 到约 100 之间。斜面边缘处用等离子体加工过的

铜化合物被蚀刻掉而该衬底正面的铜膜保持未蚀刻。在一个实施方式中,该湿法蚀刻流体包含柠檬酸铵。在另一个实施方式中,该湿法蚀刻流体包含氟化氢 (HF)。在又一个实施方式中,该湿法蚀刻流体包含硝酸或柠檬酸。

[0054] 在图 4A 所述的处理中,该镀铜的衬底首先被除去背部的铜,在除去背部的铜后紧接着用等离子体加工。然而,斜面边缘的铜的等离子体加工和通过湿法蚀刻流体将斜面边缘的铜化合物除去可以被执行,无需在背部的铜被除去之后马上执行。将铜转化为铜化合物 (比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D) 的斜面边缘等离子体加工以及铜化合物的除去可以在其它介电沉积和蚀刻处理之后执行。

[0055] 替代地,该铜化合物,比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D ,可以在类似于图 3 中所述的那个等离子体室的专用的斜面边缘等离子体室中用等离子体除去。铜化合物,比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D ,可以通过具有载气 (比如氩气 (Ar)、氦气 (He) 或其它类型的惰性气体) 的 BCl_3 除去。处理温度在约 100 摄氏度到约 300 摄氏度之间。工作压强在约 20 毫托到约 10 托之间。

[0056] 图 4B 显示了使用专用的斜面边缘等离子体蚀刻室的处理流程 450。处理步骤 401、403、405、407 类似于图 4A 中的处理步骤。在步骤 407 中斜面边缘处的铜膜被转化为铜化合物 (比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D) 后,在步骤 411 中该衬底在斜面边缘等离子体室中被蚀刻以通过斜面边缘等离子体 (比如具有上述载气的 BCl_3 处理) 除去该铜化合物 (比如 CuO_E 、 CuO_XF_Y 或 CuO_CCl_D)。该斜面边缘等离子体室可以与步骤 405 和 407 中用于将铜转化为铜化合物的一个是同一个。替代地,具有铜化合物的衬底可以被转移到不同的斜面边缘等离子体室中以蚀刻该铜化合物。由于铜的不易挥发特性,用于蚀刻该铜化合物的该斜面边缘等离子体室必须是专用的。

[0057] 本发明的思想还可被用于斜面边缘处有铜的任何衬底。该衬底不需要是用铜镀覆的。例如,具有 PVD 或 CVD 铜种子层的衬底可以通过上述装置和方法除去斜面边缘处的铜。

[0058] 上面描述的各实施方式提供了用于加工镀铜的衬底的斜面边缘以将斜面边缘处的铜转化为可以用与铜相比具有高蚀刻选择性的流体进行湿法蚀刻的铜化合物。替代地,该铜化合物可以在专用斜面边缘等离子体蚀刻室中蚀刻。铜化合物的湿法蚀刻或干法蚀刻允许在湿法蚀刻处理室或专用干法蚀刻等离子体室中除去不易挥发的铜。斜面边缘处的等离子体加工允许斜面边缘处的铜被除去,其中空间控制可以精确到 1mm 或更低,比如 0.5mm 或 0.25mm。另外,上述用于除去斜面边缘的铜的装置和方法没有铜蚀刻流体被喷溅到器件区域上而导致缺陷和铜膜变薄的问题。

[0059] 尽管为了更清楚的理解而对前述发明做了详细描述,然而,显然,可以在所附权利要求的范围内实现某些变化和更改。相应地,所述实施方式应当被认为是描述性的而非限制性的,而且本发明不限于此处所给出的细节,而是可以在所附权利要求的范围和等同内进行更改。

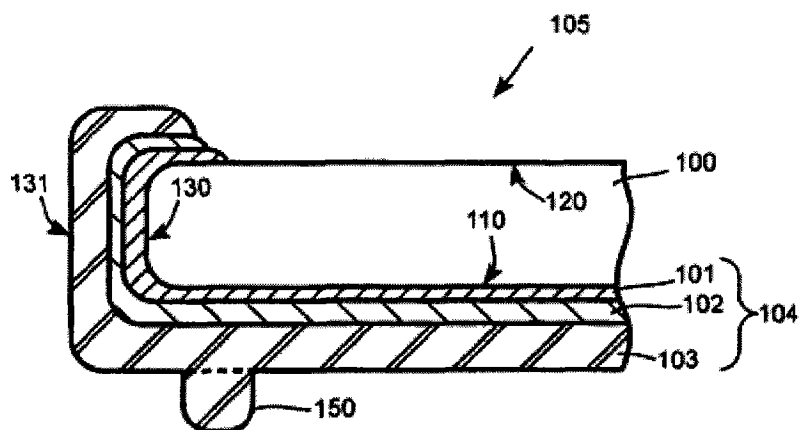


图 1A

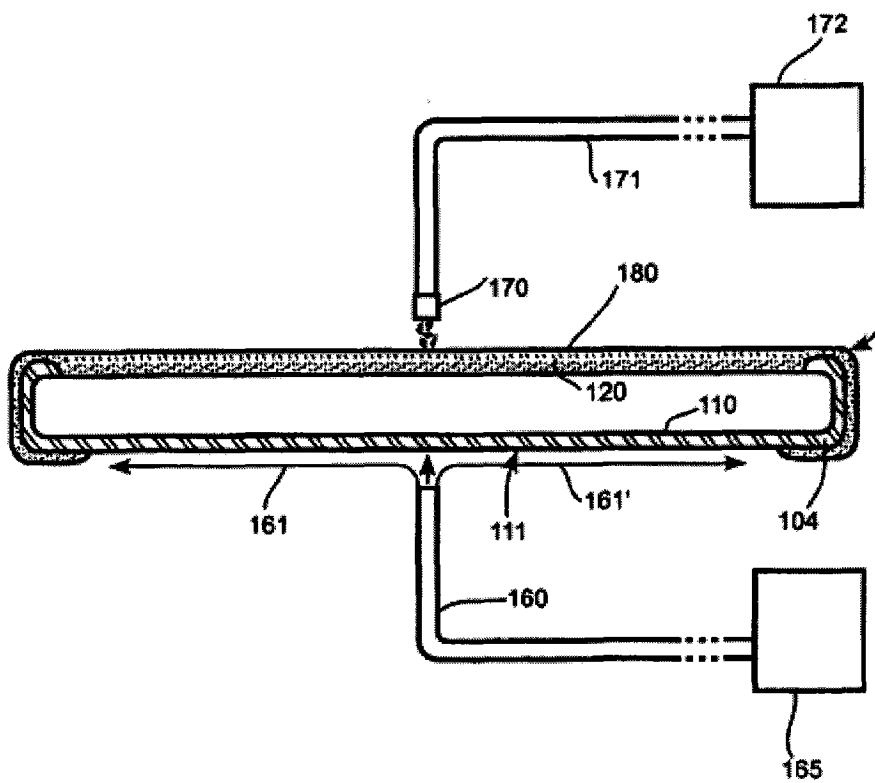


图 1B

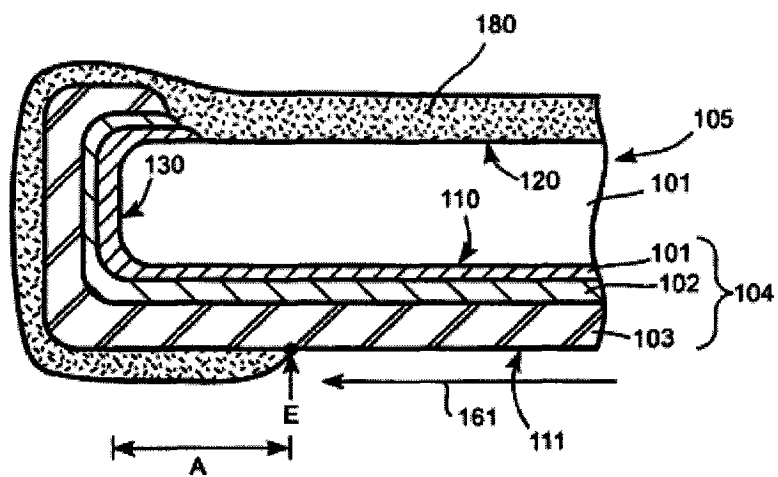


图 1C

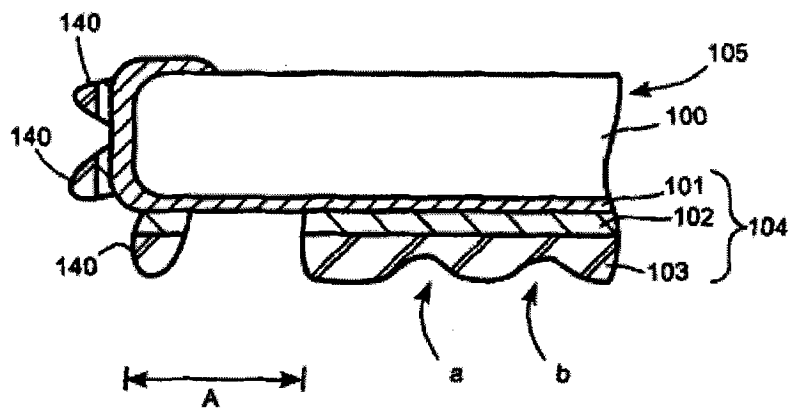


图 1D

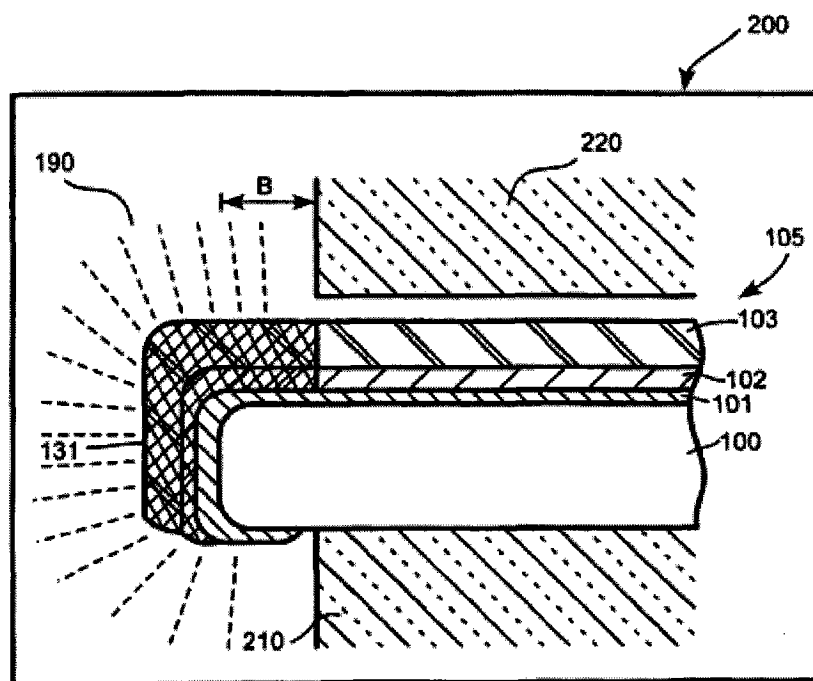


图 2A

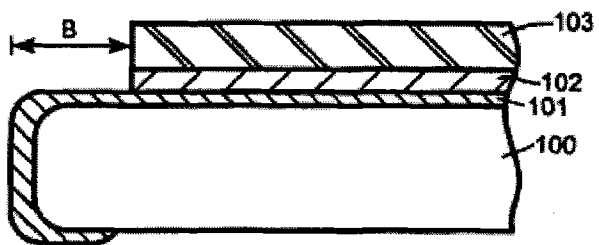


图 2B

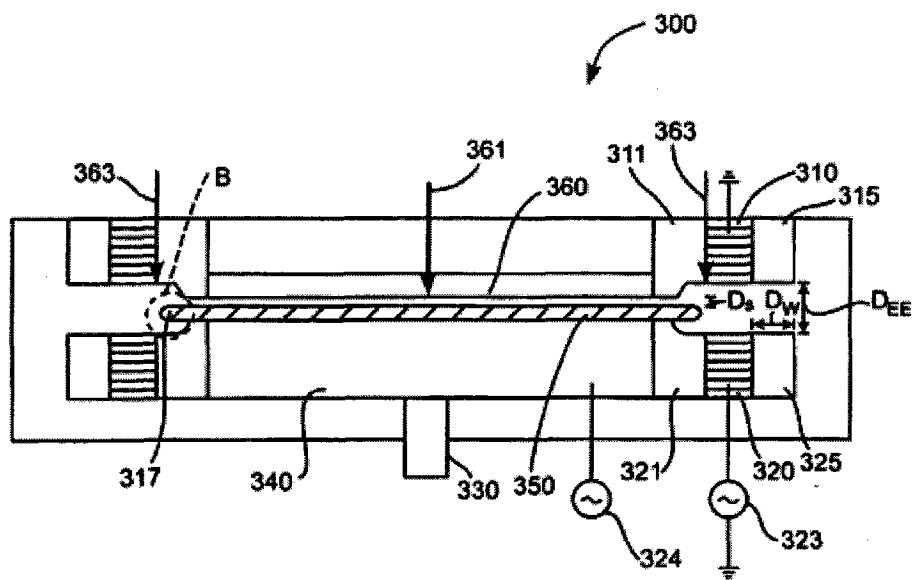


图 3

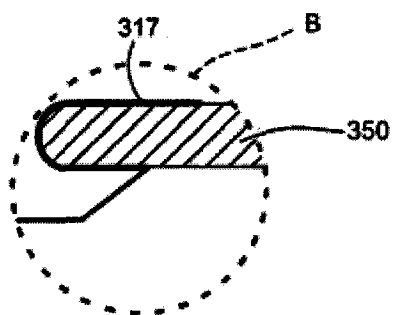


图 3A

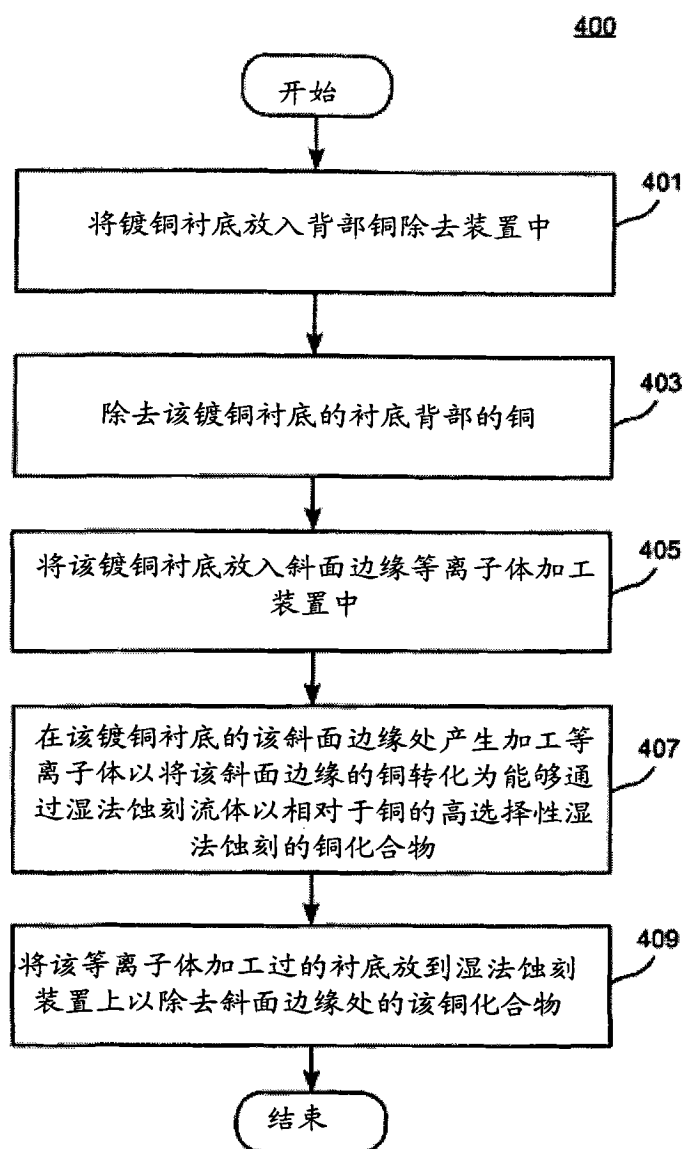


图 4A

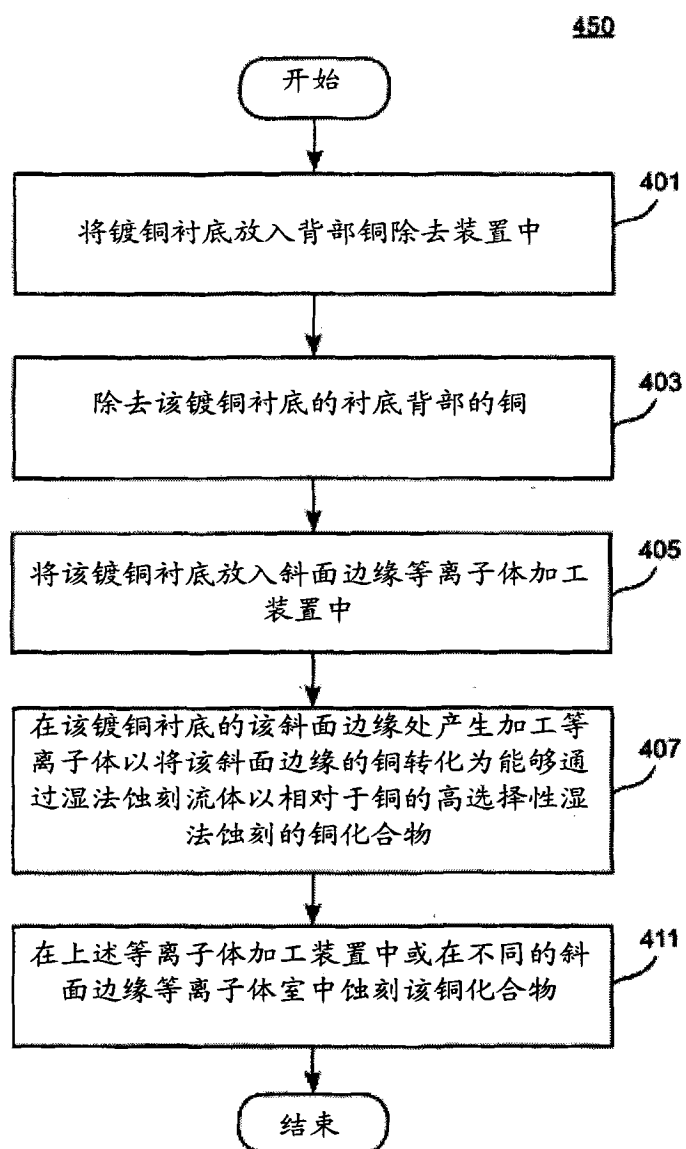


图 4B