



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102839406 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201210153279.8

(22)申请日 2012.05.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102839406 A

(43)申请公布日 2012.12.26

(30)优先权数据
61/487,207 2011.05.17 US
13/460,423 2012.04.30 US

(73)专利权人 诺发系统有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 马尼史·兰詹
珊迪纳斯·古奈加迪
弗雷德里克·迪安·威尔莫特
道格拉斯·希尔
布赖恩·L·巴卡柳

(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.
G25D 7/12(2006.01)
G25D 21/12(2006.01)
H01L 21/768(2006.01)

(56)对比文件
US 2008/0057211 A1,2008.03.06,
US 2007/0080067 A1,2007.04.12,
US 6551487 B1,2003.04.22,
CN 101736376 A,2010.06.16,
US 2008/0149489 A1,2008.06.26,

审查员 侯琴

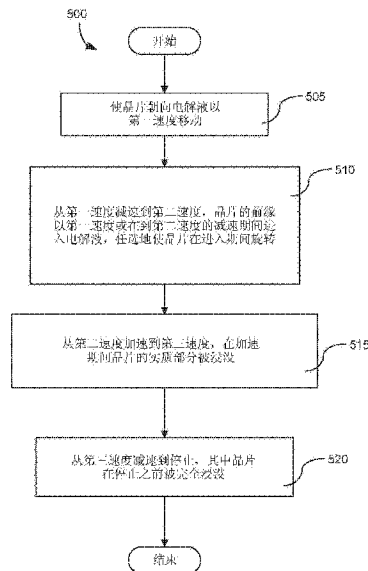
权利要求书3页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

用于在朝向电镀浴槽中的晶片进入期间减少空气截留的润湿波浪前锋控制

(57)摘要

本文中所述的方法管理朝向电解液中的晶片进入以便减少因晶片及/或晶片保持器与所述电解液的初始撞击所致的空气截留,且以使得在所述晶片的整个浸没期间维持电解液润湿波浪前锋从而使空气截留最小化的方式使所述晶片移动。



1. 一种使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法,所述方法包括:

(a)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;

(b)使所述晶片倾斜成一角度使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;

(c)使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的所述表面界定的所述平面的轨迹朝向所述电解液以第一速度移动;

(d)从所述第一速度减速到第二速度,而并不是减速到停止,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液;

(e)使所述晶片从所述第二速度加速到第三速度,其中使所述加速继续直到所述晶片的所述平面镀敷表面的实质部分浸没于所述电解液中;及

(f)使所述晶片从所述第三速度减速到在第二高度处停止;其中所述晶片的所述平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。

2. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括使所述晶片沿着法向于所述晶片的所述平面镀敷表面且穿过所述晶片的中心的轴以第一旋转速度旋转。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中使从所述第一速度到所述第二速度的所述减速继续直到所述晶片的介于25%与75%之间的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中使从所述第一速度到所述第二速度的所述减速继续直到所述晶片的50%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述晶片的所述前缘在到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一速度介于120mm/s与300mm/s之间。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一速度介于120mm/s与175mm/s之间。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一速度介于120mm/s与160mm/s之间。

9. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第二速度介于40mm/s与110mm/s之间。

10. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第二速度介于50mm/s与70mm/s之间。

11. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第二速度介于55mm/s与65mm/s之间。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第三速度小于所述第一速度。

13. 根据权利要求9所述的方法,其中所述第三速度介于100mm/s与140mm/s之间。

14. 根据权利要求9所述的方法,其中所述第三速度介于120mm/s与140mm/s之间。

15. 根据权利要求9所述的方法,其中所述第三速度介于130mm/s与140mm/s之间。

16. 根据权利要求1所述的方法,其中使所述晶片倾斜成5度或小于5度的角度。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中使所述晶片倾斜成介于3度与5度之间的角度。

18. 根据权利要求2所述的方法,其中所述第一旋转速度针对200mm晶片介于10rpm与180rpm之间、针对300mm晶片介于5rpm与180rpm之间,且针对450mm晶片介于5rpm与150rpm之间。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中所述晶片在从所述第三速度到所述停止的减速期间完全浸没于所述电解液中。

20. 根据权利要求2所述的方法,其中使所述晶片在浸没于所述电解液中之以后以第二旋转速度旋转。

21. 根据权利要求1所述的方法,其中从所述晶片的所述前缘进入所述电解液的时间直到所述晶片完全浸没于所述电解液中的浸没总时间小于200毫秒。

22. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第二高度在所述电解液的所述表面下方介于15mm与25mm之间处。

23. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:在所述晶片的浸没期间改变所述晶片倾斜的角度。

24. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括在所述倾斜的晶片最初接触所述电解液之后增加所述晶片倾斜的所述角度。

25. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括在所述倾斜的晶片最初接触所述电解液之后将所述晶片倾斜的所述角度减小到大于0度但小于5度的角度。

26. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括以下步骤:

向工件施加光致抗蚀剂;

将所述光致抗蚀剂暴露于光;

图案化所述光致抗蚀剂并将图案转移到所述工件;

及从所述工件选择性地移除所述光致抗蚀剂。

27. 一种使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法,所述方法包括:

(a) 将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;

(b) 使所述晶片倾斜成介于1度与5度之间的角度,使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;

(c) 使所述晶片沿着法向于所述晶片的所述平面镀敷表面且穿过所述晶片的中心的轴旋转;

(d) 使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的所述表面界定的所述平面的轨迹朝向所述电解液以介于120mm/s与300mm/s之间的第一速度移动;

(e) 使所述晶片减速到介于40mm/s与80mm/s之间的第二速度,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液;且其中介于40%与60%之间的所述平面镀敷表面在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间被浸没;

(f) 使所述晶片从所述第二速度加速到介于100mm/s与140mm/s之间的第三速度,其中使所述加速继续直到所述晶片的至少75%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中;及

(g) 从所述第三速度减速到在第二高度处停止;其中所述晶片的所述平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中使从所述第一速度到所述第二速度的所述减速继续直到所述晶片的50%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中。

29. 根据权利要求28所述的方法,其中所述晶片的所述前缘在到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液。

30. 根据权利要求27所述的方法,其中所述第三速度小于所述第一速度。

31. 根据权利要求27所述的方法,其中(c)包括针对200mm晶片介于10rpm与180rpm之间、针对300mm晶片介于5rpm与180rpm之间且针对450mm晶片介于5rpm与150rpm之间的旋转速度。

32. 根据权利要求27所述的方法,其中所述晶片在从所述第三速度到所述停止的减速期间完全浸没于所述电解液中。

33. 根据权利要求27所述的方法,其中从所述晶片的所述前缘进入所述电解液的时间直到所述晶片完全浸没于所述电解液中的浸没总时间小于300毫秒。

34. 一种使晶片浸没到镀敷溶液中的方法,所述方法包括:

(a) 在使所述晶片相对于水平线倾斜的同时,使所述晶片的前缘以第一平移速度与所述镀敷溶液接触,后面接着;

(b) 在所述晶片部分地浸没于所述镀敷溶液中的同时,将所述晶片减慢到第二平移速度,而并不是减速到停止;及接着

(c) 在所述晶片完全浸没于所述镀敷溶液中之前将所述晶片加快到第三速度。

35. 一种使晶片浸没到镀敷溶液中的方法,所述方法包括:

(a) 在使所述晶片相对于水平线倾斜到第一角度的同时,使所述晶片的前缘与所述镀敷溶液接触,后面接着;

(b) 在使所述晶片浸没到所述镀敷溶液中的同时,将所述晶片的所述倾斜从所述第一角度增加到第二角度;及接着

(c) 将所述晶片的所述倾斜角度减小到0度。

36. 根据权利要求35所述的方法,其进一步包括以下步骤:

向所述晶片施加光致抗蚀剂;

将所述光致抗蚀剂暴露于光;

图案化所述光致抗蚀剂并将所述图案转移到所述晶片;

及从所述晶片选择性地移除所述光致抗蚀剂。

用于在朝向电镀浴槽中的晶片进入期间减少空气截留的润湿波浪前锋控制

[0001] 相关申请案交叉参考

[0002] 本申请案依据35U.S.C. §119(e)主张以下申请案的权益：2011年5月17日提出申请的标题为“用于在朝向电镀浴槽中的晶片进入期间减少空气截留的润湿波浪前锋控制(Wetting Wave Front Control for Reduced Air Entrapment during Wafer Entry into Electroplating Bath)”，将兰詹(Ranjan)等人提名为发明人的第61/487,207号美国临时专利申请案，其以全文引用的方式且出于所有目的而并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明大体来说涉及电镀。更具体来说，本文中揭示用于在朝向电解液中的晶片进入期间减少空气截留的方法及设备。

背景技术

[0004] 电镀具有许多应用。一个非常重要的应用是将铜镀敷到半导体晶片上以形成用于对集成电路的个别装置进行“布线”的导电铜线。通常，此电镀工艺用作(举例来说)镶嵌制作程序中的步骤。

[0005] 现代晶片电镀处理中的持续问题是所沉积金属膜的质量。假定金属线宽度延伸到深亚微米范围中且假定镶嵌沟槽通常具有非常高的纵横比，则经电镀膜必须为极其同质的(在化学上及物理上)。其在晶片的面上必须具有均匀厚度且跨越众多晶片批次必须具有一致的质量。

[0006] 一些晶片处理设备经设计以提供必需的均匀度。一个实例是可从加利福尼亚州圣何塞的诺发系统公司(Novellus Systems, Inc. of San Jose, California)以SABRE™电镀工具购得且描述于美国专利6,156,167、6,159,354及6,139,712中的蛤壳设备，所述专利以全文引用的方式并入本文中。除高晶片通过量及均匀度以外，所述蛤壳设备还提供许多优点；例如晶片背侧保护以免在电镀期间受污染、电镀工艺期间的晶片旋转及用于将晶片递送到电镀浴槽的相对小的占用面积(垂直浸没路径)。

[0007] 存在可能影响电镀工艺的质量的许多因素。在本发明的上下文中特别值得注意的是在使晶片浸没到电镀浴槽中的过程中产生的问题。在到镀敷电解液中的晶片浸没期间，可能在晶片的镀敷底侧(作用侧或镀敷表面)上截留气泡。当使晶片沿着垂直浸没轨迹以水平定向(平行于由电解液的表面界定的平面)浸没时，尤其如此。

[0008] 在晶片的镀敷表面上陷获的气泡可引起许多问题。气泡遮蔽晶片的镀敷表面的一区域使其不暴露于电解液且因此产生其中不发生镀敷的区域。所产生的镀敷缺陷可表现为无镀敷或镀敷厚度减小的区域，此取决于气泡被截留在晶片上的时间及所述气泡保持截留在所述晶片上的时间长度。

[0009] 与经水平定向晶片的垂直浸没相关联的另一问题是多个润湿前锋。当使晶片以此方式浸没时，电解液在一个以上点处接触晶片，从而在晶片浸入于所述电解液中时形成多

个润湿前锋。在个别润湿前锋会聚的情况下,可能陷获气泡。此外,完工镀敷层中的缺陷可从沿着多个润湿前锋的会聚线形成的微观未润湿区域传播。

[0010] 因此,需要一种用以改进经镀敷金属质量的方式。经改进方法及设备应减少可能在晶片浸没期间由气泡形成及多个润湿前锋引起的问题。

发明内容

[0011] 本文中所述的方法管理朝向电解液中的晶片进入以便减少因晶片及/或晶片保持器的初始撞击所致的空气截留,且以使得在所述晶片的整个浸没中维持电解液润湿波浪前锋从而使空气截留最小化(也就是说,波浪前锋在跨越晶片镀敷表面传播期间不崩塌)的方式使所述晶片移动。

[0012] 一个实施例是一种使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法,所述方法包含:(a)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(b)使所述晶片倾斜成一角度使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;及(c)使所述晶片移动到所述电解液中,以便在所述晶片的整个浸没中维持电解液润湿波浪前锋。

[0013] 一个实施例是一种使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法,所述方法包含:(a)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(b)使所述晶片倾斜成一角度使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;(c)使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的所述表面界定的所述平面的轨迹朝向所述电解液以第一速度移动;(d)从所述第一速度减速到第二速度,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液;(e)使所述晶片从所述第二速度加速到第三速度,其中使所述加速继续直到所述晶片的所述平面镀敷表面的实质部分浸没于所述电解液中;及(f)使所述晶片从所述第三速度减速到在第二高度处停止;其中所述晶片的所述平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。这些速度还将称为平移晶片速度或Z速度。

[0014] 本文中所述的方法可包含使所述晶片沿着法向于所述晶片的所述平面镀敷表面且穿过所述晶片的中心的轴旋转。在某些实施例中,使从所述第一速度到所述第二速度的所述减速继续直到所述晶片的介于约25%与约75%之间的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中,在一些实施例中直到所述晶片的约50%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中。所述晶片的前缘可在到所述第一速度的加速期间、以所述第三速度或在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液。在一个实施例中,所述晶片在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。在某些实施例中,从所述晶片的前缘进入所述电解液的时间直到所述晶片完全浸没于所述电解液中的浸没总时间小于300毫秒,在其它实施例中小于200毫秒。

[0015] 在一个实施例中,所述第一速度介于约120mm/s与约300mm/s之间,例如介于约120mm/s与200mm/s之间。在一些实施例中,使用介于约200mm/s到300mm/s之间的高速度。在一个实施例中,所述第二速度介于约40mm/s与约80mm/s之间。在一个实施例中,所述第三速度小于所述第一速度。在一个实施例中,所述第三速度介于约100mm/s与约140mm/s之间。下

文更详细地论述所述第一、第二及第三速度的其它方面。在一个实施例中,使所述晶片倾斜成5度或小于5度(不包含零)的角度。可在浸没期间与在电镀期间采用不同的旋转速度。在某些实施例中,在浸没期间,使用针对200mm晶片介于约10rpm与180rpm之间、针对300mm晶片介于约5rpm与180rpm之间且针对450mm晶片介于约5rpm与150rpm之间的旋转速度。

[0016] 另一实施例是一种使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法,所述方法包含:(a)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(b)使所述晶片倾斜成介于约1度与约5度之间的角度,使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;(c)使所述晶片沿着法向于所述晶片的所述平面镀敷表面且穿过所述晶片的中心的轴旋转;(d)使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的所述表面界定的所述平面的轨迹朝向所述电解液以介于约120mm/s与约300mm/s之间的第一速度移动;(e)使所述晶片减速到介于约40mm/s与约80mm/s之间的第二速度,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液;且其中介于约40%与约60%之间的所述平面镀敷表面在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间被浸没;(f)使所述晶片从所述第二速度加速到介于约100mm/s与约140mm/s之间的第三速度,其中使所述加速继续直到所述晶片的至少约75%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中;及(g)从所述第三速度减速到在第二高度处停止;其中所述晶片的所述平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。在一个实施例中,使从所述第一速度到所述第二速度的所述减速继续直到所述晶片的约50%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中。

[0017] 在一些实施例中,本文中所描述的方法中的任一者与主动角度进入组合。在主动角度进入中,在晶片浸没期间改变所述晶片的倾斜角度以便进一步使气泡截留最小化。在一个实施方案中,所述晶片的前缘以第一角度接触所述电解液,接着随着正使所述晶片浸没而将倾斜角度增加到较大的第二倾斜角度,后面接着减小倾斜角度,通常减小到零(平行于电解液)。倾斜角度的改变可在第一、第二或第三Z速度中的任一者期间发生。在主动倾斜控制的其它实施例中,倾斜角度的改变包括所述倾斜角度从第一角度到较小角度及接着到零的减小。

[0018] 一般来说,主动倾斜角度控制可不仅在与Z速度变化结合时为有利的而且甚至在以常规方式改变Z速度(加速到恒定速度,后面接着减速到停止)时也为有利的。在一个方面中,一种使晶片浸没的方法包含:在使所述晶片相对于水平线倾斜成第一角度的同时使所述晶片的前缘与电镀溶液接触,后面接着将倾斜角度增加到第二角度,且最终后面接着减小倾斜角度,通常减小到零。在一些实施例中,所述第一及第二倾斜角度介于约1度到5度之间。

[0019] 在一个实施例中,一种使晶片浸没到镀敷溶液中的方法包含:在使所述晶片相对于水平线倾斜的同时,使所述晶片的前缘以第一平移速度与所述镀敷溶液接触,后面接着在所述晶片部分地浸没于所述镀敷溶液中的同时,将所述晶片减慢到第二平移速度;及接着在所述晶片完全浸没于所述镀敷溶液中之前将所述晶片加快到第三速度。

[0020] 在一些实施例中,用于晶片浸没的方法包含使所述晶片以异常高的Z速度浸没。在一个实施例中,一种使晶片浸没到镀敷溶液中的方法包含:在使所述晶片相对于水平线倾

斜的同时,使所述晶片的前缘沿朝向所述镀敷溶液的方向以至少约120mm/s的第一平移速度与镀敷溶液接触。举例来说,在一些实施例中,所述第一平移速度介于约120mm/s到300mm/s之间,例如介于约140mm/s到300mm/s之间,且在一些情况下介于约200mm/s到300mm/s之间。

[0021] 本文中所述的所有方法可在光学光刻处理的背景中使用,可在电镀之前或之后执行所述光学光刻处理。在所述实施例中的一者中,本文中所述的任何方法可进一步包含以下步骤:向晶片施加光致抗蚀剂;将所述光致抗蚀剂暴露于光;图案化所述抗蚀剂并将图案转移到所述晶片;及从所述晶片选择性地移除所述光致抗蚀剂。在一些实施例中,所述光致抗蚀剂在电镀之前施加及图案化,且在电镀之后移除。

[0022] 在另一方面中,提供一种电镀设备。所述设备包含:晶片保持器,其经配置以使晶片在浸没到镀敷溶液中期间倾斜;室,其用于保持所述镀敷溶液;及控制器,其经配置或经设计以执行本文中所揭示的晶片浸没方法中的任一者。举例来说,所述控制器可包含用以执行所述方法的步骤的程序指令。在一个实施例中,所述控制器包含在倾斜的晶片进入所述镀敷溶液时沿朝向所述溶液的方向以至少约120mm/s的速度递送所述晶片的指令。在一个实施例中,所述控制器包含用以在使倾斜的晶片浸没于所述镀敷溶液中时沿朝向所述溶液的方向以可变速度递送所述晶片的指令。在一个实施例中,所述控制器包含用于以下各项的指令:(i)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(ii)使所述晶片倾斜成一角度使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;(iii)使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的所述表面界定的所述平面的轨迹朝向所述电解液以第一速度移动;(iv)从所述第一速度减速到第二速度,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速度的所述减速期间进入所述电解液;(v)使所述晶片从所述第二速度加速到第三速度,其中使所述加速继续直到所述晶片的所述平面镀敷表面的实质部分浸没于所述电解液中;及(vi)使所述晶片从所述第三速度减速到在第二高度处停止;其中所述晶片的所述平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。在一个实施例中,所述控制器包含用于以下各项的程序指令:(i)在使所述晶片相对于水平线倾斜到第一角度的同时,使所述晶片的前缘与镀敷溶液接触,后面接着(ii)将所述晶片的所述倾斜增加到第二角度;及接着(iii)将所述晶片的所述倾斜角度减小到0度。

[0023] 在另一方面中,提供一种包含本文中所描述的镀敷设备中的任一者及步进器的系统。

[0024] 在另一方面中,提供一种包括用于控制电镀设备的程序指令的非暂时计算机机器可读媒体。其可包含包括用于执行本文中所描述的方法中的任一者的步骤的代码的程序指令。举例来说,在一个实施例中,程序指令包含用于以下各项的代码:(i)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(ii)使所述晶片倾斜成一角度使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;(iii)使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的所述表面界定的所述平面的轨迹朝向所述电解液以第一速度移动;(iv)从所述第一速度减速到第二速度,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速

度的所述减速期间进入所述电解液；(v)使所述晶片从所述第二速度加速到第三速度，其中使所述加速继续直到所述晶片的所述平面镀敷表面的实质部分浸没于所述电解液中；及(vi)使所述晶片从所述第三速度减速到在第二高度处停止；其中所述晶片的所述平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的所述减速期间完全浸没于所述电解液中。

[0025] 在一些实施例中，所述程序指令包含用于以下各项的代码：(i)在使所述晶片相对于水平线倾斜到第一角度的同时，使所述晶片的前缘与镀敷溶液接触，后面接着(ii)将所述晶片的所述倾斜增加到第二角度；及接着(iii)将所述晶片的所述倾斜角度减小到0度。

[0026] 虽然适用于除半导体晶片以外的其它衬底且不限于任何特定大小的衬底，但如果使用晶片，那么本文中所描述的某些参数取决于正被浸没于电解液中的晶片的大小。本文中所描述的方法与(举例来说)200mm、300mm及450mm直径的晶片一起工作。

[0027] 下文将参考相关联图式更详细地描述本发明的这些及其它特征以及优点。

附图说明

[0028] 图1A是典型气泡截留情形的横截面图。

[0029] 图1B是采用经轴向引导电解液流的气泡移除情形的横截面图。

[0030] 图1C是沿着垂直浸没路径(z轴)具有倾斜定向(从由电解液的表面界定的平面)的晶片的横截面图。

[0031] 图1D是包含晶片保持器的沿着垂直浸没路径(z轴)具有倾斜定向(从由电解液的表面界定的平面)的晶片的横截面图。

[0032] 图2A到2D是晶片在浸没到电解液中的过程期间的各种阶段处的示意性图解说明。

[0033] 图3是常规梯形浸没Z速度分布曲线的曲线图。

[0034] 图4是使用梯形Z速度分布曲线的成角度晶片浸没的横截面图。

[0035] 图5A是描述根据一个实施例如本文中所描述的方法的方面的工艺流程。

[0036] 图5B是描述根据另一实施例如本文中所描述的方法的方面的工艺流程。

[0037] 图6是如本文中所描述的浸没方法的曲线图。

[0038] 图7是使用如本文中所描述的浸没方法的成角度浸没的横截面图。

[0039] 图8是当使用常规梯形Z速度浸没时在晶片最初进入到电解液中时晶片镀敷表面上的润湿前锋传播以及晶片镀敷表面的后半部上的同一润湿前锋传播的表示。

[0040] 图9是当使用如本文中所描述的Z速度浸没方法时在晶片最初进入到电解液中时晶片镀敷表面上的润湿前锋传播以及晶片镀敷表面的后半部上的同一润湿前锋传播的表示。

[0041] 图10是展示在使用本文中所描述的方法时与常规梯形Z速度浸没分布曲线相比经改进的晶片膜质量的曲线图。

具体实施方式

[0042] 概述

[0043] 如在以上背景技术章节中所概述，在到镀敷电解液中的晶片浸没期间，可能在晶片的镀敷底侧(镀敷表面)上截留气泡。当使晶片沿着垂直浸没轨迹以水平定向(平行于由

电解液的表面界定的平面)浸没时,尤其如此。图1A中描绘在电镀系统101中出现的典型气泡截留情形的横截面图。经水平定向晶片103沿着垂直Z轴朝向容器105中的电解液107降低且最终浸没于所述电解液中。经水平定向晶片103的垂直浸没导致在晶片103的底侧(镀敷表面)上陷获气泡109。

[0044] 在晶片的镀敷表面上陷获的气泡可引起许多问题。气泡遮蔽晶片的镀敷表面的一区域使其不暴露于电解液且因此产生其中不发生镀敷的区域。所产生的镀敷缺陷可表现为无镀敷或镀敷厚度减小的区域,此取决于气泡被截留在晶片上的时间及所述气泡保持截留在所述晶片上的时间长度。在倒置(面向下)配置中,浮力倾向于向上推动气泡且将所述气泡推动到晶片的作用表面上。难以从晶片表面移除所述气泡,因为镀敷池不具有将气泡驱赶到晶片边缘周围(离开晶片表面的唯一路径)的固有机构。通常,使晶片103绕穿过其中心且垂直于其镀敷表面的轴旋转。此也有助于通过离心力驱逐气泡,但许多较小气泡会强韧地附着到晶片。此外,此离心作用不能解决关于多个电解液润湿前锋在晶片上形成缺陷的前述问题。

[0045] 因此,尽管从硬件配置及通过量观点看水平晶片定向(尤其是与垂直浸没轨迹结合)具有众多优点,但其导致与气体截留及多个润湿前锋以及后续缺陷形成相关联的在技术上具挑战性的问题。

[0046] 一种用以促进移除经截留气泡的方式是使用瞄准于晶片的镀敷表面处的经垂直引导电解液流。此可帮助驱逐气泡。如图1B(情形102)中所描绘,从法向于晶片的镀敷表面的导管111以足以驱逐经截留气泡的速度引导镀敷溶液。如从111发散的箭头所指示,所述流的大部分被引导于晶片103的中心处。在所述流遇到晶片的表面时,其跨越晶片表面转向以将所述气泡朝向晶片103的侧面推动,如虚线箭头所指示。此不仅帮助移除在浸没之后即刻产生的气泡,而且帮助移除在电镀期间形成或到达表面的那些气泡。遗憾的是,此些系统的压送对流的径向不均匀度可导致不均匀的镀敷分布曲线。这是因为电镀速率是局部流体速度的函数,且例如图1B中所描绘的系统的压送对流跨越晶片表面引入不均匀速度分布曲线。

[0047] 一种用以解决若干个上述问题的方式是使用成角度晶片浸没。也就是说,在沿着垂直路径(沿着Z轴)将晶片引入到电解液中的同时,使其相对于由电解液的表面界定的平面倾斜。图1C描绘此浸没情形112,其中使晶片103沿着Z轴浸没于电解液107中,同时还使所述晶片相对于电解液的表面倾斜,在此实例中,倾斜成角度 θ 。使用成角度浸没,原本将陷获在晶片表面上的气泡在浮力的辅助下不再被陷获,而是可由于晶片倾斜而逃逸到大气。此外,建立单个润湿前锋,因此不存在关于会聚润湿前锋的问题。成角度晶片浸没更详细地描述于由乔纳森·里德(Jonathan Reid)等人在2001年5月31日提出申请且标题为“用于受控角度晶片浸没的方法及设备(Methods and Apparatus for Controlled-Angle Wafer Immersion)”的美国专利6,551,487中,所述专利以全文引用的方式并入本文中。旋转速度可对成角度浸没进行补充以减少气泡形成。

[0048] 另一问题是典型的晶片保持器具有用于通常沿着晶片的外围保持晶片以及定位及使所述晶片旋转的某一机构及相关联硬件。如图1D中的横截面图150所描绘,当使用垂直浸没路径时,晶片保持器170的组件尤其是前缘先于晶片自身与电解液接触,因为所述晶片保持器的至少某一部分存在于晶片的圆周之外且从晶片镀敷表面悬垂。当晶片保持器的此

前缘撞击电解液时,因晶片保持器的在晶片圆周周围且延伸超出镀敷表面的所述部分的几何形状而陷获气泡。某些晶片保持器(举例来说,上文所描述的蛤壳设备)经成形及经配置以使此问题最小化,但所述问题至少在某一程度上仍存在。

[0049] 可使用声处理来辅助使气泡破碎,如布莱恩·巴克鲁(Bryan Buckalew)等人的标题为“晶片浸没期间的声波辐照(Sonic Irradiation During Wafer Immersion)”的美国专利7,727,863中所描述,所述专利以全文引用的方式并入本文中。在一个实施例中,例如在美国专利7,727,863中所描述的声处理结合本文中所描述的方法使用。在一个实施例中,至少在晶片与电解液撞击之后的前50ms(毫秒)期间使用声处理。在一个实施例中,至少在晶片与电解液撞击之后的前100ms期间使用声处理。在一个实施例中,至少在晶片与电解液撞击之后的前150ms期间使用声处理。在一个实施例中,在将整个晶片浸没于电解液中期间使用声处理。

[0050] 又,由于镀敷规范变得进一步细化,例如需要更薄且更高质量的经镀敷层,因此空气截留可成为甚至关于(举例来说)成角度晶片浸没的问题。举例来说,使用常规浸没工艺,在装载有晶片的倾斜晶片保持器进入镀敷溶液时,由于晶片下方空气的不良排出而发生至少一些空气截留。在晶片进入时因晶片表面上的空气截留而对晶片的不完全初始润湿导致镀敷添加剂分子在晶片表面上的不良吸附。均匀添加剂吸附的不足及不良的润湿特性引起不良填充行为,从而在晶片的表面上坑蚀出或遗漏掉金属缺陷。发明人已发现,新颖的浸没工艺通过(举例来说)与结合常规浸没方法使用的成角度浸没相比进一步减少空气截留的量而在晶片的经镀敷层中导致减小的缺陷率。

[0051] 图2A到2D描绘概述关于本文中所描述的浸没方法所论述的参数的透视图。图2A展示,取决于所使用的设备,晶片240在进入镀敷浴槽242中的镀敷电解液244之前必须行进线性距离246。图2B展示晶片240与水平线(平行于电解液表面)倾斜成一角度。已发现,合意角度介于约1度与约5度之间,在某些实施例中介于约3度与约5度之间。这些范围允许如所论述的成角度浸没的益处,同时使设备的占用面积保持为最小值。可在沿着晶片到电解液的垂直轨迹的任何时间使其倾斜,只要所述晶片在进入电解液之后即倾斜就可。在水平引入晶片时,所述晶片的进入电解液的前缘形成单个润湿前锋而非多个润湿前锋。在某些实施例中,在浸没协议期间改变使晶片倾斜的角度。在这些实施例中,“摆动速度”(其为使晶片从水平线倾斜到 θ 的速度)可经控制以便不形成湍流且因此不会引入不想要的空气截留。与在高通过量环境中的所有事件一样,如果摆动速度太慢,那么通过量受损失,如果摆动速度太快,那么可能产生湍流。在一个实施例中,晶片的摆动速度介于约每秒0.25度与10度之间。在另一实施例中,摆动速度介于约每秒0.25度与1.5度之间。在又一实施例中,摆动速度介于约每秒0.5度与1度之间。

[0052] 在一个实施例中,在浸没之前建立倾斜角度且在浸没工艺期间使其保持恒定。本文中所描述的方法包含将晶片水平定位于电解液上方及使所述晶片从水平线倾斜的步骤;可以任何次序执行这些步骤,只要晶片在进入电解液之后即倾斜就可。可在晶片沿着其Z轴轨迹移动时或在沿着Z轴移动之前执行使晶片倾斜。

[0053] 在一些实施例中,在晶片的浸没期间主动地改变倾斜角度。此可导致减少的气泡截留。可与Z速度变化无关地或结合Z速度变化使用主动倾斜角度控制以实现减少的气泡截留。在一些实施例中,在晶片与水平线倾斜成第一角度的同时,晶片的前缘接触镀敷溶液;

接着将晶片的倾斜增加到第二角度,后面接着减小到(举例来说)零度角度。在其它实施例中,在晶片与水平线倾斜成第一角度的同时,晶片的前缘接触镀敷溶液,接着将倾斜角度减小到较小倾斜角度,之后最终将倾斜角度减小到零度。

[0054] 图2C描绘也可使晶片在浸没期间旋转。类似于倾斜,可在沿着晶片到电解液的垂直轨迹的任何时间实施晶片旋转,只要所述晶片在进入电解液之后即为旋转的就可。图2D描绘在正将其浸没于电解液244中时倾斜及旋转的晶片240。为了使所述晶片浸没,在一个实施例中,旋转速度针对200mm直径的晶片介于约10rpm与180rpm之间、针对300mm晶片介于约5rpm与180rpm之间且针对450mm晶片介于约5rpm与约150rpm之间。可将不同的旋转速度用于浸没(第一旋转速度)与镀敷(第二旋转速度)以及后镀敷(其它镀敷速度)。举例来说,可在从浴槽取出晶片之后及(举例来说)在从经镀敷晶片冲洗电解液时使晶片以特定速度自旋以从所述晶片回收电解液。这些硬件连同用于执行成角度浸没方法的示范性硬件更详细地描述于美国专利6,551,487(上文所引用)中。

[0055] 图3是常规成角度浸没协议的曲线图,其中垂直轨迹速度“Z速度”为y轴,且晶片保持器位置沿着x轴表示。在x轴上,晶片保持器位置是相对于电解液表面来报告的,其中正距离(以毫米为单位)为电解液上方的位置,0为电解液表面,且负距离为电解液的表面下方的位置。此分布曲线反映使用蛤壳晶片保持器的晶片浸没,所述蛤壳晶片保持器具有沿着晶片的外围的某一相关联硬件,所述硬件先于晶片自身与电解液接触。

[0056] 在图3中的浸没协议中,假设晶片已从水平线倾斜且在浸没期间保持成所述角度,使所述晶片从电解液上方的搁置位置沿着Z轴朝向电解液移动。在此实例中,还使所述晶片在浸没期间旋转。晶片保持器从镀敷溶液的表面上方的进入位置开始且在其位于电解液的表面上方并朝向电解液移动的同时加速到(举例来说)在70mm/s到110mm/s的范围中的恒定Z速度。所述晶片以此Z速度撞击溶液,且在晶片浸没的大部分期间Z速度保持恒定,直到最终(镀敷)位置上方约4mm到7mm处,其中晶片保持器开始减速且停止在镀敷位置处。此浸没Z速度分布曲线呈现梯形的近似形状且有时称为“梯形”Z速度曲线。

[0057] 在图3的实例中,晶片保持器的前缘在距电解液表面40mm处开始。使所述晶片沿着Z轴朝向电解液加速直到其在距电解液表面约30mm的距离处达到约100mm/s的速度。Z速度接着保持恒定为约100mm/s,直到晶片保持器的前缘触及电解液(在x轴上为0,由虚线300指示)。此后不久,晶片自身的前缘触及电解液(在x轴上约-2mm处,由虚线305指示)。在x轴上约-10mm处,晶片的约一半浸没于电解液中。在x轴上约-15mm处,晶片完全浸没于电解液中(由虚线310指示)。就在此点之前,使Z速度从在浸没的大部分期间使用的100mm/s减速。在约-16mm处晶片保持器的后缘完全浸没(由虚线320指示)。使所述减速继续直到晶片保持器的前缘在电解液的表面下方约18mm处(在x轴上为-18mm);此为典型的镀敷深度。

[0058] 存在与梯形Z速度浸没协议相关联的一些问题。图4展示使用梯形Z速度分布曲线的晶片浸没工艺400的横截面图。晶片保持器420保持晶片415。使晶片415旋转且沿着Z轴轨迹浸没到保持于镀敷浴槽405中的电解液410中,如关于图3所描述。此图表示其中晶片约一半浸没于电解液中的时间快照。所述相关联问题可分支成两个主要问题。

[0059] 第一问题是晶片撞击溶液的Z速度并不确保充分移除晶片边缘处的经陷获空气,此可引起晶片的前侧处的不完全润湿,从而(最终)导致凹坑缺陷。晶片保持器对电解液的表面的撞击导致在晶片边缘处所陷获的气囊上的剪应力及法向(于电解液表面)应力积聚。

此外,晶片保持器的延伸超出晶片的圆周及(举例来说)沿Z方向超出晶片镀敷表面的部分可增强空气截留。与电解液表面的撞击致使气囊中的压力显著增加。如果撞击速度不充足,那么气囊可保持在原位或破碎成较小气囊,从而引起晶片表面的不良润湿。已发现,在撞击时需要约120mm/s到约300mm/s的范围中的最小Z速度以致使足够压力积聚吹扫所述气囊。如图4中所描绘,当晶片保持器撞击电解液表面时,经排出电解液(例如)在镀敷池405中的堰坝上方溢出(如425所指示),同时晶片镀敷表面下方的电解液形成润湿波浪前锋,所述润湿波浪前锋沿着晶片的表面传播,如图4中的水平虚线箭头所指示。图4中还描绘润湿波浪前锋的前缘430。

[0060] 关于当前梯形分布曲线的第二问题是孤立的润湿波浪前锋的形成及在其沿着电解液的表面与晶片镀敷表面之间的界面横移时的最终破碎。此类类似于海滩上的波浪达到波峰且接着因足以继续使所述波浪传播的能量的损耗而使涌浪的撞击力度减弱(崩塌)。此波浪崩塌导致电解液中的大量气泡形成,转而粘附到晶片表面的气泡导致空隙且遗漏掉金属缺陷。因此,在梯形分布曲线中晶片浸没的大部分中的恒定Z速度总是引起晶片浸没的第一周期中的波浪积聚及浸没的后部分中的波浪崩塌。

[0061] 尽管不希望受理论约束,但相信润湿波浪前锋倾向于在波浪速度不紧密匹配下面的体溶液的速度时破碎,所述润湿波浪前锋在所述体溶液上传播。波浪在波浪速度与体溶液速度之间的差大于截止值时崩塌,所述截止值取决于液体性质及容纳镀敷溶液的池的几何形状。因此,已发现,需要晶片浸没期间的可变速度晶片进入分布曲线来控制波浪形成及传播以防止波浪前锋崩塌。

[0062] 方法

[0063] 本文中描述使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法。一般来说,本文中所描述的方法包含:将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(b)使所述晶片倾斜成一角度使得所述晶片的所述平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的所述表面界定的所述平面;及(c)使所述晶片移动到所述电解液中,以便在所述晶片的整个浸没中维持电解液润湿波浪前锋。在一个实施例中,使所述晶片倾斜成5度或小于5度的角度。在一个实施例中,使所述晶片倾斜成介于约1度与约5度之间的角度。在一个实施例中,使所述晶片倾斜成介于约3度与5度之间的角度。在更特定实施例中,方法包含以足以使晶片表面上进入所述电解液的前缘附近的空气截留最小化的速度(加速、恒定或减速)将所述晶片引入到所述电解液中。使晶片Z速度以足以维持润湿波浪前锋(即,在浸没期间使波浪不崩塌)的速率减速。在使晶片的第一部分浸没之后,在第二速度处停止减速,再次实施加速,以便使波浪前锋不崩塌。使加速维持到第三速度且再次在Z速度分布曲线的最终部分上使用到停止的减速。最终减速用于使晶片的后部分浸没时的气泡形成最小化,由于正在使晶片的逐渐更小的面积浸没且因此润湿波浪前锋在其跨越此逐渐更小的面积朝向完全浸没传播时更受控制。在达到第三速度与到停止的减速期间之间的某一点处使所述晶片完全浸没。

[0064] 图5A描述用于执行此浸没的方法500的方面。假设将晶片适当地定位于电解液上方且使所述晶片在进入电解液之前倾斜,使晶片沿着Z轴轨迹以第一速度朝向电解液移动,参见505。也可如本文中所描述使所述晶片旋转。一旦达到第一(Z)速度,就接着使晶片从第一速度减速到第二(Z)速度,参见510。晶片的前缘以第一速度或在到第二速度的减

速期间进入电解液,同时任选地使晶片在进入期间旋转。在一个实施例中,第一速度介于约120mm/s与约300mm/s之间,在另一实施例中,介于约120mm/s与约175mm/s之间,在又一实施例中,介于约120mm/s与约160mm/s之间。在一些实施例中,使用介于约200mm/s到300mm/s之间的高速度。在一个实施例中,当晶片以第一速度进入电解液时,在晶片的前缘与电解液的表面接触时开始使Z速度保持恒定达介于约10ms与约80ms之间的时间,在一个实施例中,在到第二速度的减速之前保持第一速度达约50ms。在一个实施例中,晶片的前缘在从第一速度到第二速度的减速期间进入电解液。在一个实施例中,第二速度介于约40mm/s与约110mm/s之间,在另一实施例中,介于约50mm/s与约70mm/s之间,在又一实施例中,介于约55mm/s与约65mm/s之间。在晶片的前缘进入到电解液中之后,即刻使晶片的第一部分浸没。在一个实施例中,使从第一速度到第二速度的减速继续直到晶片的介于约25%与约75%之间的平面镀敷表面浸没于电解液中,在另一实施例中,使所述减速继续直到约50%的晶片镀敷表面浸没。

[0065] 在达到第二速度之后,可存在其中Z速度保持在第二速度的时间周期。在一个实施例中,使第二Z速度保持恒定达介于约50ms与约120ms之间的时间,在一个实施例中,达约100ms。在一个实施例中,不保持在第二速度,即,一旦达到第二速度,就使Z速度加速到第三速度,参见515。在一个实施例中,第三速度小于第一速度。在一个实施例中,第三速度介于约100mm/s与约140mm/s之间,在另一实施例中,介于约120mm/s与约140mm/s之间,在另一实施例中,介于约130mm/s与约140mm/s之间。

[0066] 在一个实施例中,在从第二速度到第三速度的加速期间,使晶片的实质部分浸没于电解液中。出于本发明的目的,晶片的“实质部分”意指晶片镀敷表面的包含在从第一速度到第二速度的减速期间浸没的前述第一部分及晶片表面的在从第二速度到第三速度的加速期间浸没的第二部分的总面积,其高达且包含介于约75%与约95%之间的晶片镀敷表面。在达到第三(Z)速度之后,使Z速度从第三速度减速到停止,参见520。晶片的平面镀敷表面以第三速度或在从第三速度到停止的减速期间完全浸没于电解液中。在一个实施例中,在从第三速度到停止的减速期间使晶片的平面镀敷表面完全浸没于电解液中。在晶片完全浸没于电解液中之后,方法500完成。在某些实施例中,在镀敷期间使晶片浸没到介于约15mm与约35mm之间、在另一实施例中介于约15mm与约20mm之间、在另一实施例中介于约16mm与约18mm之间的深度。如所提及,可任选地将晶片的旋转速度从在浸没期间使用的速度改变为用于电镀的更适合速率。

[0067] 举例来说,浸没总时间可为重要的,因为在浸没期间晶片的一部分暴露于电解液且另一部分不暴露于电解液。取决于镀敷条件、籽晶层的厚度等,尽快地使晶片浸没可为重要的。此必须与减少空气截留的需要加以平衡。在一个实施例中,浸没的总时间(从晶片的前缘进入电解液的时间直到晶片完全浸没于电解液中)小于300毫秒,在另一实施例中,小于250毫秒,在又一实施例中,小于200毫秒。在一个实施例中,加速速率与减速速率为相当的。在一个实施例中,加速速率及减速速率的范围各自无关,介于约 0.1m/s^2 与约 7.5m/s^2 之间,在另一实施例中,介于约 1.5m/s^2 与约 6m/s^2 之间,在又一实施例中,介于约 2.5m/s^2 与约 4m/s^2 之间。

[0068] 图5B描述浸没协议的一个实施例的工艺流程501,其使用主动倾斜角度控制来减少气泡截留。此协议可与图5A中所描绘的工艺组合,且还可(例如)与常规Z速度分布曲线独

立地使用。在图5B中所描绘的实施例中,所述工艺通过使晶片倾斜成第一角度而在535中开始,且在操作540中,在使所述晶片倾斜成第一角度的同时且任选地使晶片旋转的同时使镀敷溶液与晶片的前缘接触。接下来,在操作545中,在正使晶片浸没的同时将倾斜角度增加到第二角度,之后减小倾斜角度,通常减小到零度,如操作550中所展示。如已提及,此序列可与图5A中所描绘的工艺序列组合。举例来说,倾斜角度的增加可在第一、第二或第三Z速度中的任一者时发生。在一些实施例中,在将倾斜角度减小到零之前,倾斜角度介于约1度到5度之间。在一个特定说明性实例中,首先将晶片倾斜到1.4度,且在将晶片倾斜到1.4度的同时,晶片的前缘接触镀敷溶液。在此时间期间,Z速度可为第一速度,或可将晶片减速到第二速度。接下来,将倾斜增加到4度,且可将Z速度加速到第三速度。且最终,将晶片倾斜减小到零,且使晶片成水平定向。在其它实施例中,图5B中所描绘的工艺与常规梯形Z速度分布曲线一起使用。在这些实施例中,已展示减小气泡截留。在一些实施例中,在晶片以第一角度接触电镀溶液之后且在最终将倾斜角度减小到零度之前,将晶片的倾斜角度减小到较小倾斜角度(零倾斜)。

[0069] 图6是如图5A中所描绘的工艺中所描述的浸没方法的曲线图。如同在图3中,y轴描绘晶片保持器Z速度,且x轴描绘相对于电解液表面的晶片保持器位置。在此实例中也使用蛤壳晶片保持器。将关于图3所描述的常规梯形Z速度分布曲线叠加到图6上以进行比较。在此实例中,假设使晶片倾斜成如所描述的角度,(蛤壳)晶片保持器的前缘在距电解液表面约30mm的位置处开始。使晶片沿着Z轴朝向电解液移动,从而加速到约150mm/s。在此第一速度下,晶片保持器接触电解液(由虚线600指示)表面,且从第一速度到第二速度(在此实例中为约60mm/s)的减速开始。晶片的前缘在约-2mm处触及电解液(由虚线605指示)。在此实例中,在第一减速阶段期间,晶片的约一半被浸没。在一个实施例中,晶片的约一半被浸没与达到第二速度的时间点是同时的。一旦达到第二速度,就再一次将晶片的Z速度从第二速度加速到第三速度(在此实例中,为约130mm/s)。在此加速阶段期间,晶片的剩余未浸没部分除一小部分外全都被浸没。在达到第三速度之后,即刻开始减速阶段,且在约所述时间,晶片镀敷表面完全被浸没而晶片保持器的一小部分保持被浸没(由虚线610指示)。在从第三速度到停止的此最终减速期间,晶片保持器的最终部分被浸没(由虚线620指示)。使Z运动继续直到晶片到达电解液表面下方所要镀敷深度,在此实例中,为约18mm(在曲线图上为-18mm)。

[0070] 图7是使用如本文中所描述的浸没方法的成角度浸没的横截面图。图7类似于图4,然而,在图7中,所描绘的浸没700采用如本文中所描述的发明性Z速度分布曲线。在此描绘中,电解液润湿波浪前锋705为稳定的且不像常规浸没方法一样崩塌。

[0071] 一个实施例是一种使晶片浸没到镀敷浴槽的电解液中的方法,所述方法包含:(a)将所述晶片水平定位于所述电解液上方第一高度处,其中所述晶片的平面镀敷表面平行于由所述电解液的表面界定的平面;(b)使所述晶片倾斜成介于约1度与约5度之间的角度,使得所述晶片的平面镀敷表面不再平行于由所述电解液的表面界定的平面;(c)使所述晶片沿着法向于所述晶片的平面镀敷表面且穿过所述晶片的中心的轴旋转;(d)使所述晶片沿着大致法向于由所述电解液的表面界定的平面的轨迹朝向所述电解液以介于约120mm/s与约300mm/s之间的第一速度移动;(e)使所述晶片减速到介于约40mm/s与约80mm/s之间的第二速度,所述晶片的前缘以所述第一速度或在从所述第一速度到所述第二速度的减速期间

进入所述电解液；且其中介于约40%与约60%之间的所述平面镀敷表面在从所述第一速度到所述第二速度的减速期间被浸没；(f)使所述晶片从所述第二速度加速到介于约100mm/s与约140mm/s之间的第三速度，其中使所述加速继续直到所述晶片的至少约75%的所述平面镀敷表面浸没于所述电解液中；及(g)从所述第三速度减速到在第二高度处停止；其中所述晶片的平面镀敷表面以所述第三速度或在从所述第三速度到所述停止的减速期间完全浸没于所述电解液中。在一个实施例中，使从所述第一速度到所述第二速度的减速继续直到所述晶片的约50%的平面镀敷表面浸没于所述电解液中。在一个实施例中，所述晶片的所述前缘在到所述第二速度的减速期间进入所述电解液。在另一实施例中，所述第三速度小于所述第一速度。在一个实施例中，(c)包含针对200mm晶片介于约10rpm与180rpm之间、针对300mm晶片介于约5rpm与180rpm之间且针对450mm晶片介于约5rpm与150rpm之间的旋转速度。在一个实施例中，在从第三速度到停止的减速期间完全浸没于所述电解液中。在一个实施例中，从所述晶片的前缘进入所述电解液的时间直到所述晶片完全浸没于所述电解液中的浸没总时间小于300毫秒。

[0072] 一个实施例是一种使晶片浸没到镀敷溶液中的方法，所述方法包含：(a)在使所述晶片相对于水平线倾斜的同时，使所述晶片的前缘以第一平移速度与所述镀敷溶液接触，后面接着；(b)在所述晶片部分地浸没于所述镀敷溶液中的同时，将所述晶片减慢到第二平移速度；及接着(c)在所述晶片完全浸没于所述镀敷溶液中之前将所述晶片加快到第三速度。

[0073] 另一实施例是一种使晶片浸没到镀敷溶液中的方法，所述方法包含：在使所述晶片相对于水平线倾斜的同时，使所述晶片的前缘沿朝向所述镀敷溶液的方向以至少约120mm/s的第一平移速度与镀敷溶液接触。

[0074] 本文中所描述的方法管理朝向电解液中的晶片进入以便减少因晶片及/或晶片保持器的初始撞击所致的空气截留，且以使得在所述晶片的整个浸没中维持电解液润湿波浪前锋从而使空气截留最小化(也就是说，波浪前锋在跨越晶片镀敷表面传播期间不崩塌)的方式使所述晶片移动。

[0075] 设备

[0076] 本发明的另一方面是一种经配置以实现本文中所描述的方法的设备。一适合设备包含根据本发明用于实现工艺操作的硬件及具有用于控制工艺操作的指令的系统控制器。

[0077] 用于执行本文中所描述的方法的适合设备应提供处于适于所描述实施例的速度、角度、旋转、摆动速度、加速度及减速度的晶片移动。优选地，此设备的旋转驱动组件可提供范围宽广的晶片保持器旋转速度及Z速度(恒定或不恒定)，以便在300毫秒内从晶片的前缘与电解液交会的时间直到晶片完全浸没使晶片以所描述的倾斜角度浸没。在一个实施例中，晶片保持器的旋转机构可使晶片以介于约1rpm与约600rpm之间的速度旋转。在一个实施例中，用于使晶片保持器沿着Z轴移动的致动器提供处于介于0与约300毫米/秒之间的速度的线性双向移动。晶片保持器也必须能够如所描述使晶片倾斜。虽然可使用其它晶片保持器组件来实施本文中所描述的方法，但晶片保持器的良好实例为如在美国专利6,156,167及6,139,712中所描述的蛤壳设备。如果使用蛤壳作为设备的晶片保持器组件，那么其它组件包含用于所述蛤壳的定位元件，因为所述蛤壳具有必需的电触点、保持与旋转组件等。

[0078] 一个实施例是一种镀敷设备,其包含:(a)晶片保持器,其经配置以使晶片在浸没到镀敷溶液中期间从水平线倾斜;(b)室,其用于保持所述镀敷溶液;及(c)控制器,其经配置或经设计以在倾斜的晶片进入所述镀敷溶液时沿朝向所述溶液的方向以至少约120mm/s的速度递送所述晶片。在一个实施例中,所述晶片速度介于约140mm/s与300mm/s之间。在一个实施例中,当晶片前缘接触所述镀敷溶液时,所述晶片速度为至少约120mm/s。举例来说,所述晶片保持器可为来自加利福尼亚州圣何塞的诺发系统公司的蛤壳晶片保持器。举例来说,所述控制器可为经修改以适合本文中所述的方法的需要的市售控制器。此些控制器的一个实例为加利福尼亚州托伦斯的IAI美国公司(IAI America, Inc. of Torrance, California)出售的那些控制器。

[0079] 一个实施例为一种镀敷设备,其包含:(a)晶片保持器,其经配置以使晶片在浸没到镀敷溶液中期间从水平线倾斜;(b)室,其用于保持所述镀敷溶液;及(c)控制器,其经配置或经设计以在使倾斜的晶片浸没于所述镀敷溶液中时沿朝向所述溶液的方向以可变速度递送所述晶片。在一个实施例中,所述控制器经设计或经配置使得倾斜的晶片前缘最初以第一速度接触所述镀敷溶液,且接着所述晶片在其部分地浸没于所述镀敷溶液中的同时减慢到第二速度,且最终在所述晶片完全浸没之前所述晶片加快到第三速度。

[0080] 一个实施例为一种镀敷设备,其包含:(a)晶片保持器,其经配置以使晶片在浸没到镀敷溶液中期间从水平线倾斜;(b)室,其用于保持所述镀敷溶液;及(c)控制器,其具有用于以下各项的程序指令:使所述晶片倾斜成第一角度,后面接着在使所述晶片倾斜成所述第一角度的同时,使所述晶片的前缘与所述镀敷溶液接触;将所述倾斜角度增加到第二角度,及接着将所述倾斜角度减小到零。

[0081] 本发明的实施例可采用涉及存储于一个或一个以上计算机系统中或者经由一个或一个以上计算机系统传输的数据的各种过程。本文中所描述的实施例还涉及用于执行这些操作的设备、此些计算机及微控制器。可采用这些设备及过程来控制所述方法及经设计以实施所述方法的设备的晶片定位参数。可针对所需用途来专门地构造控制设备,或者其可为通用计算机,所述通用计算机由存储于所述计算机中的计算机程序及/或数据结构选择性地激活或重新配置。本文中所呈现的过程并不与任何特定计算机或其它设备内在地相关。特定来说,各种通用机器可与根据本文中的教示内容编写的程序一起使用,或者可较方便地构造更专门化的设备来执行及/或控制所需的方法步骤。

[0082] 图案化方法/设备:

[0083] 本文中所描述的设备/工艺可结合光刻图案化工具或工艺使用,(举例来说)以制作或制造半导体装置、显示器、LED、光伏面板等。通常,(虽然不必)此些工具/工艺将在常见制作设施中一起使用或进行。对膜的光刻图案化通常包括以下步骤中的一些或所有步骤,每一步骤借助若干个可能的工具来实现:(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)使用热板或炉子或UV固化工具来使光致抗蚀剂固化;(3)借助工具(例如,晶片步进器)来将所述光致抗蚀剂暴露于可见、UV或x射线光;(4)使所述抗蚀剂显影以便使用工具(例如,湿蚀刻槽)来选择性地移除抗蚀剂并借此对其进行图案化;(5)通过使用干式或等离子辅助蚀刻工具来将抗蚀剂图案转移到下伏膜或工件中;及(6)使用工具(例如,RF或微波等离子抗蚀剂剥离剂)来移除所述抗蚀剂。在一个实施例中,光刻工具对晶片进行图案化以界定使用铜电沉积工具填充的通孔及沟槽。使用本文中的方法使(举例来说)具有铜

籽晶层的晶片浸没到电解液浴槽中并用(举例来说)铜填充所述晶片上的特征。此外,所述方法包含上文所描述的一个或一个以上步骤(1)到(6)。

[0084] 实例

[0085] 通过参考既定为示范性的以下实例来进一步理解本发明。本发明在范围上并不限于既定仅作为对本发明的方面的说明的例示实施例。在功能上等效的任何方法均在本发明的范围内。所属领域的技术人员根据前文描述及附图将明了除本文中所述以外的本发明的各种修改。此外,这些修改归属于所附权利要求书的范围内,举例来说,所属领域的技术人员将了解,虽然当前不可用,但某些材料将变得可用作本文中所描述的材料等效形式及/或替代方案。

[0086] 实例1

[0087] 使用使晶片浸没到镀敷溶液中的本文中所述方法并使用蛤壳(前述)晶片保持器研究了晶片润湿行为。在这些研究中使用了300mm晶片。使用常规梯形Z速度分布曲线(举例来说,如关于图3及4所描述)且还使用根据本文中所描述实施例的方法(举例来说,如关于图6及7所描述)使晶片浸没于电解液中。如所描述,使晶片倾斜、旋转并接着浸没。

[0088] 接着将由常规浸没与经改进浸没产生的晶片表面质量进行比较。

[0089] 使用梯形Z速度浸没而浸没的晶片展示相对于使用经改进方法浸没的晶片空气截留及润湿波浪前峰崩塌增加的证据。使用常规梯形Z速度浸没而浸没的晶片在镀敷表面上具有高得多的水平的未润湿区。

[0090] 图8是当使用常规梯形Z速度浸没时在晶片最初进入到电解液中时晶片镀敷表面上在一时间快照处的润湿前峰传播(左侧)以及晶片镀敷表面的后半部上在稍后时间快照处的同一润湿前峰传播(右侧)的表示。在图8中,润湿波浪前峰传播的方向由从晶片表面的左上侧(按所绘制)朝向晶片表面的右下侧的虚线箭头指示。在此实例中,晶片保持器/晶片以100mm/s(恒定速度)进入电解液。接触线800a指示其中电解液与晶片交会的润湿前峰。晶片的在线800a的左侧的部分为晶片的在与电解液撞击之后即刻浸没的部分。在其中晶片撞击电解液的区域805中,观察到空气截留及不良润湿的证据。举例来说,在浸没之后未润湿区805仍保持在晶片上。可(举例来说)通过使晶片转位并追踪哪一部分首先撞击电解液来确定撞击区。此外,晶片的表面上的未润湿区(浸没后)为在浸没期间随着润湿波浪前峰800a移动的气泡810的证据。由于速度维持在大致恒定的100mm/s,因此润湿前峰积聚且最终崩塌(如800b所指示),从而形成由波浪前峰向对面(一些保持在晶片表面后面)运载的大量气泡。

[0091] 图9是当使用如本文中所描述的经改进Z速度浸没方法时在晶片最初进入到电解液中时晶片镀敷表面上在一时间快照处的润湿前峰传播(左侧)以及晶片镀敷表面的后半部上在稍后时间快照处的同一润湿前峰传播(右侧)的表示。在此实例中,晶片保持器/晶片以150mm/s(在此实例中,在减速的同时)进入电解液。如在润湿线900a左侧的撞击区中非常少的未润湿区所证实,使用这些方法使空气截留最小化。此外,如跨越整个镀敷表面很少的未润湿区(浸没后)所证实,润湿前峰905在其跨越晶片表面传播时随之运载甚少(如果有的话)气泡。这些测试展示较高初始进入速度减小空气截留且改进润湿。

[0092] 在此实例中,在晶片以150mm/s进入到电解液之后,直到在晶片的约一半浸没到溶液中时的点将Z速度逐渐减低到约60mm/s。如所描述的减速导致波浪前峰积聚的逐渐减

少,使得润湿前锋维持呈稳定形式且不会崩塌。由于晶片保持器的浸没到溶液中的体积大概增加垂直排量的平方,因此远超出晶片浸没的第一半部来进一步减小Z速度不阻止最终的波浪破碎。不过,波浪破碎的强度与如图8中所展示的典型梯形分布曲线相比仍然较低。然而,当使Z速度在达到第二速度(Z速度曲线上的局部速度最小值,例如,如同在图6中)之后加速时(举例来说,在晶片的第二半部的浸没期间),避免了波浪前锋崩塌。此由900b描绘。相信,在晶片的后部分的浸没期间的Z速度加速增加在体溶液中横移的润湿波浪前锋下面的镀敷溶液的体速度且借此使体溶液速度与波浪速度之间的足以避免波浪前锋崩塌的差最小化。图9展示波浪前锋900b展现跨越晶片少得多的气泡形成及起泡。这些结果由在如上文所描述的浸没之后执行的实际电镀研究支持。在实例2中描述这些电镀研究。

[0093] 实例2

[0094] 图10是展示在使用本文中所描述的方法时与梯形Z速度浸没分布曲线相比经改进的晶片膜质量的曲线图。在工具上使用若干个经图案化晶片执行电镀,所述晶片是使用常规梯形Z速度分布曲线(在图10中标示为“100Z/梯形”)与根据本文中所描述的实施例的那些分布曲线(在图10中标示为“XL进入”)两者浸没的。以度量衡工具中的边际空隙(MV)的数目的计数反映与气泡及不良润湿有关的缺陷计数。边际空隙计数从使用常规梯形Z速度分布曲线(100mm/s)的超过19个计数减少(平均为0.55的量)到针对根据关于图6所描述的Z速度分布曲线的少于一个计数。

[0095] 尽管已根据几个优选实施例描述了本发明,但本发明不应限于上文所呈现的细节。可采用对上述优选实施例的许多变化形式。因此,应参考以上权利要求书来广泛地解释本发明。

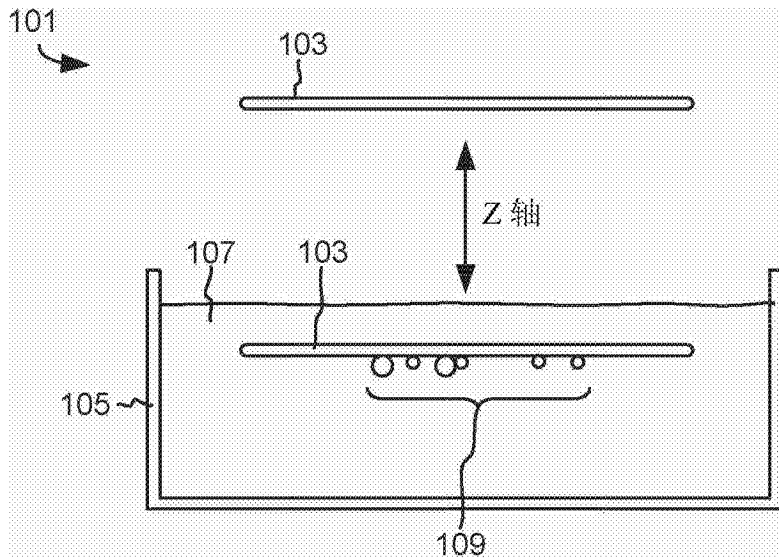


图1A(现有技术)

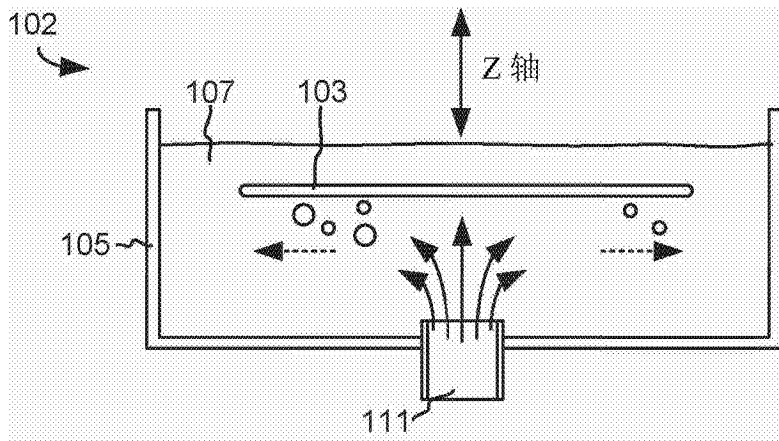


图1B(现有技术)

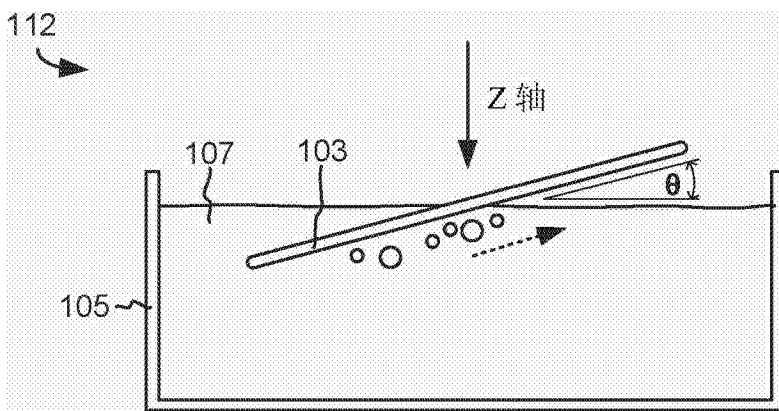


图1C

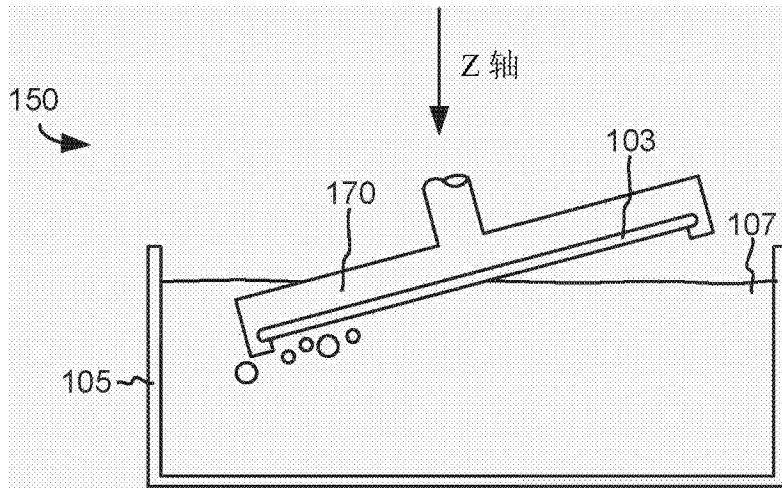


图1D

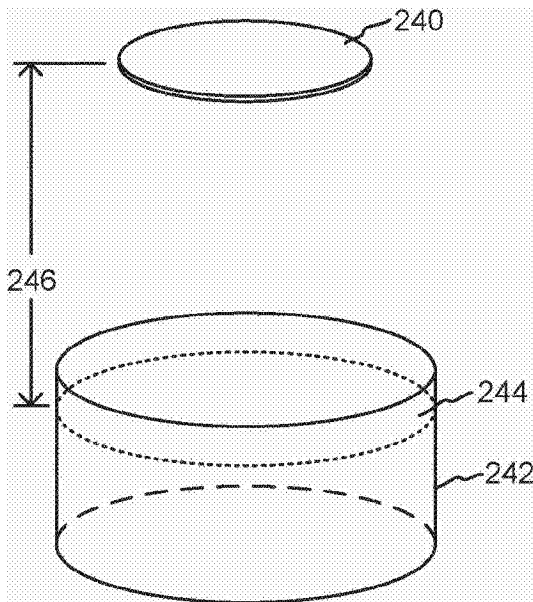


图2A

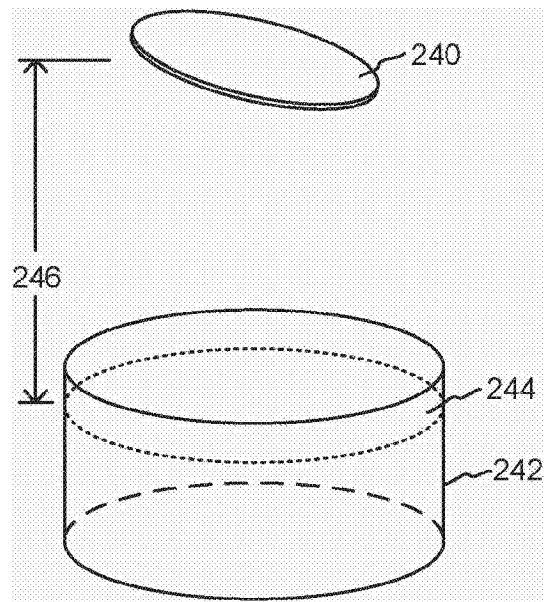


图2B

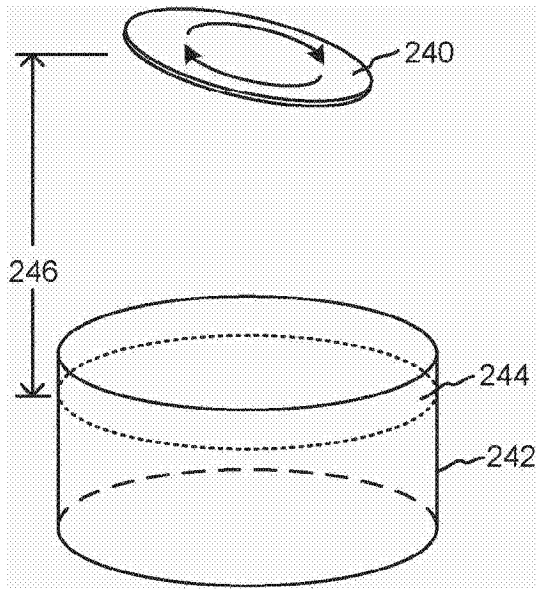


图2C

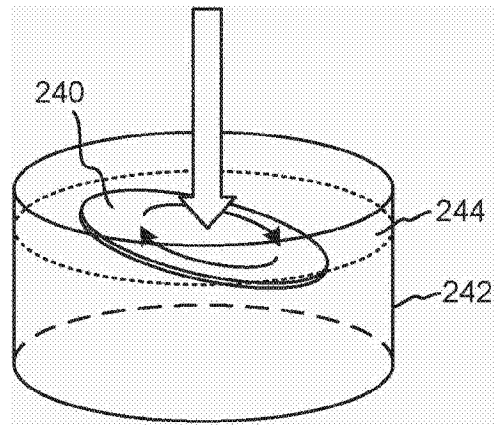


图2D

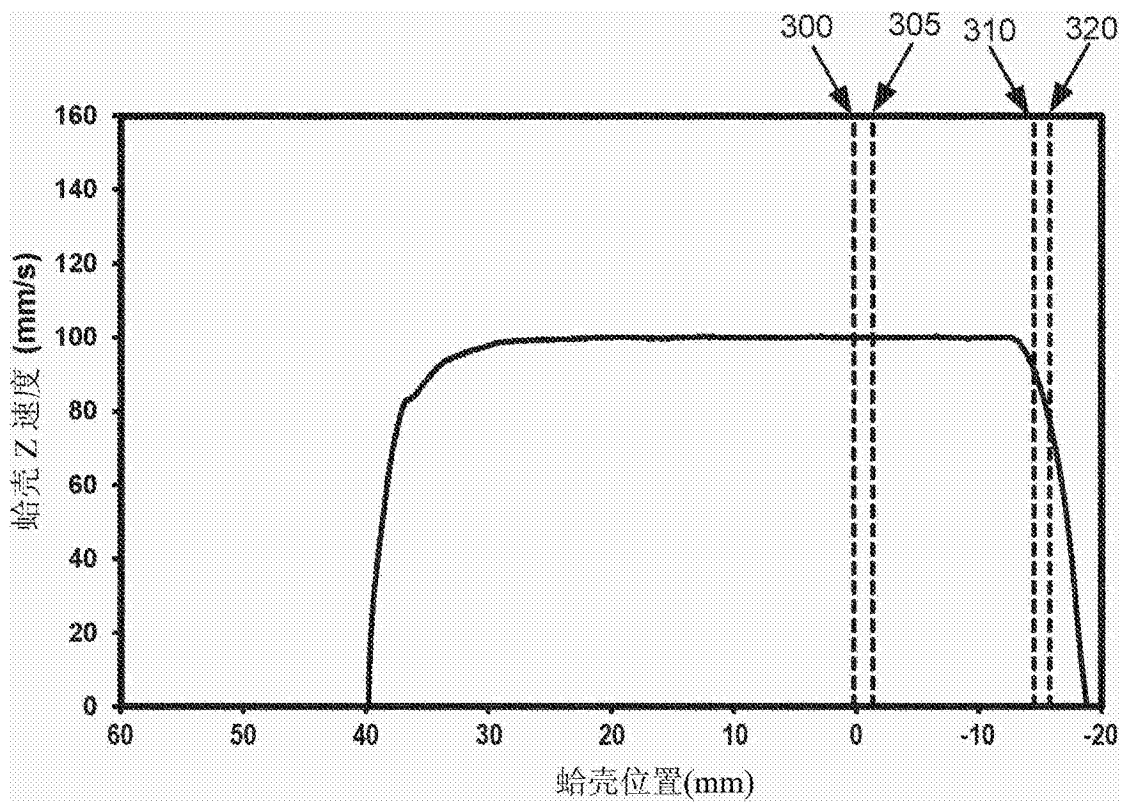


图3(现有技术)

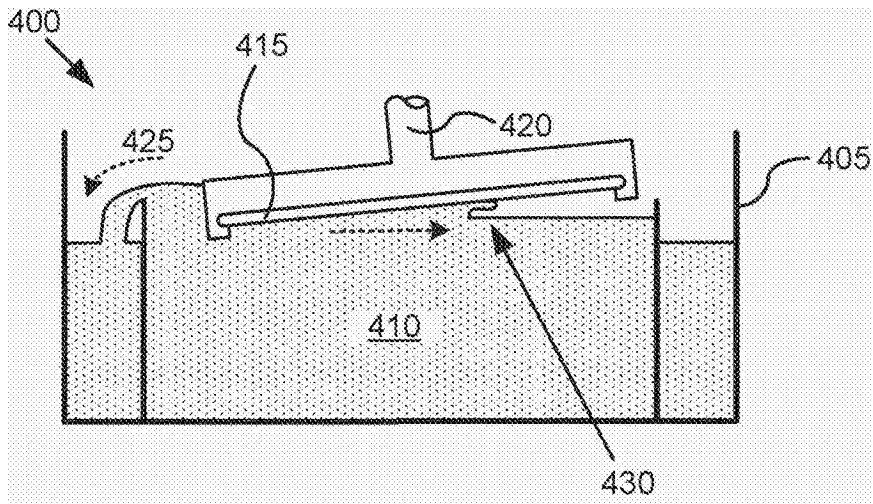


图4

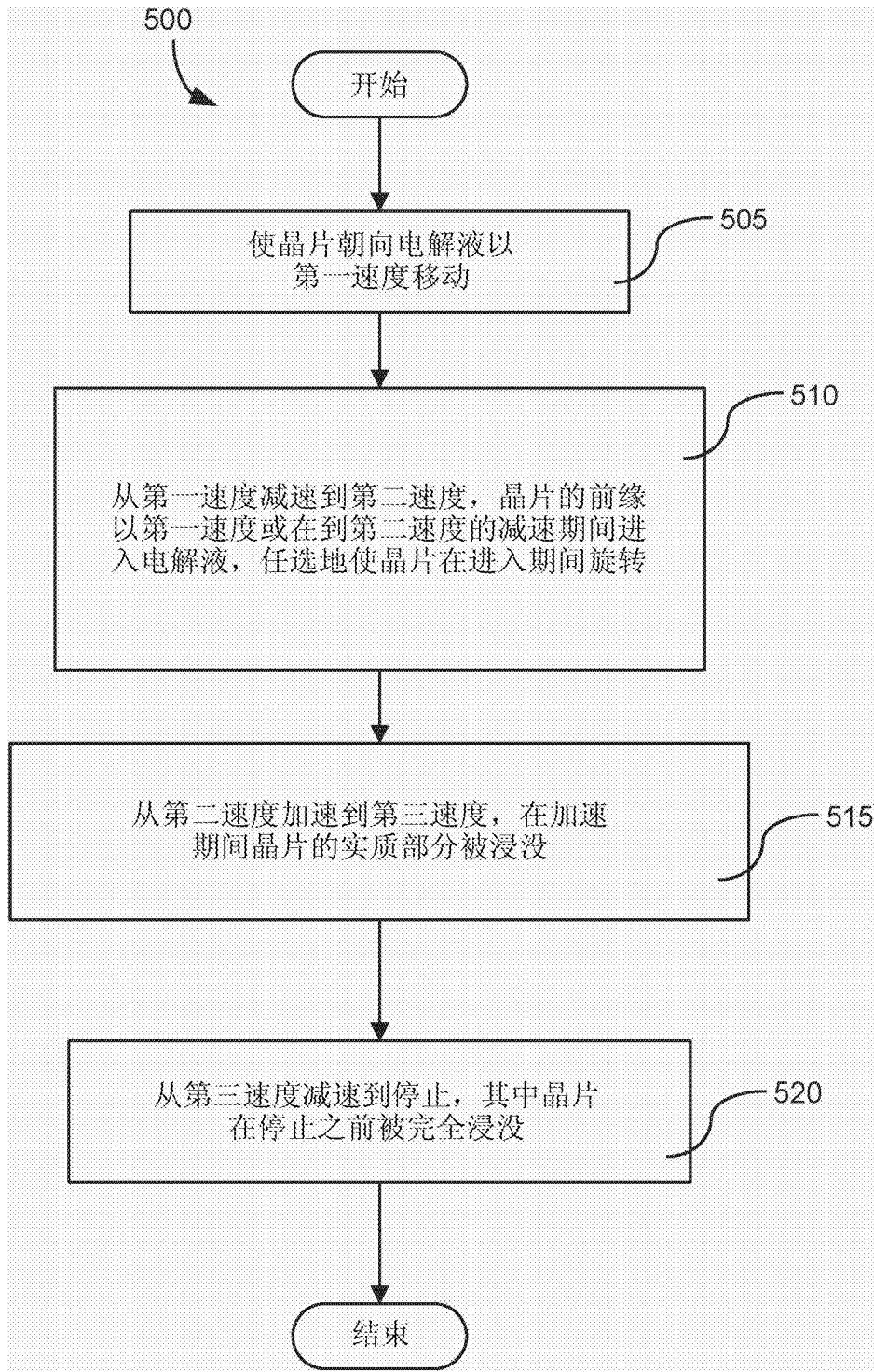


图5A

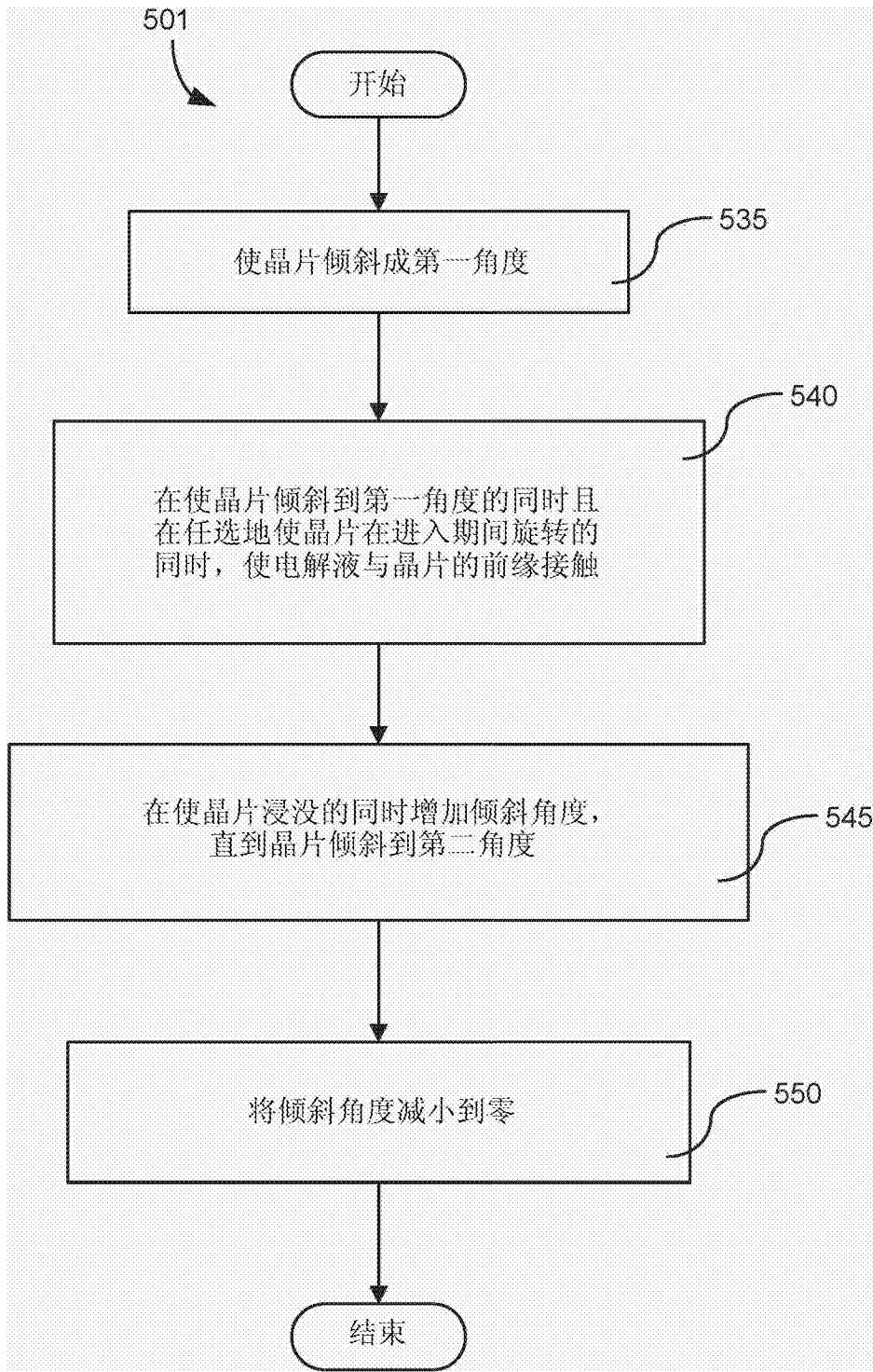


图5B

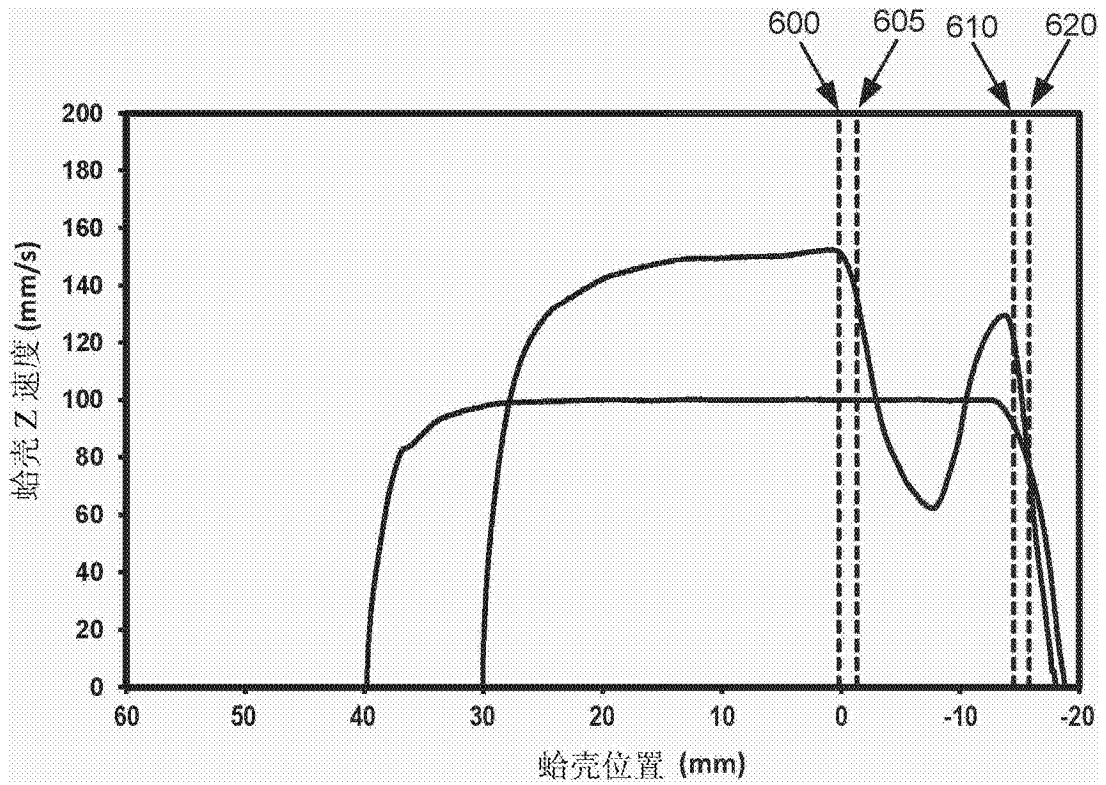


图6

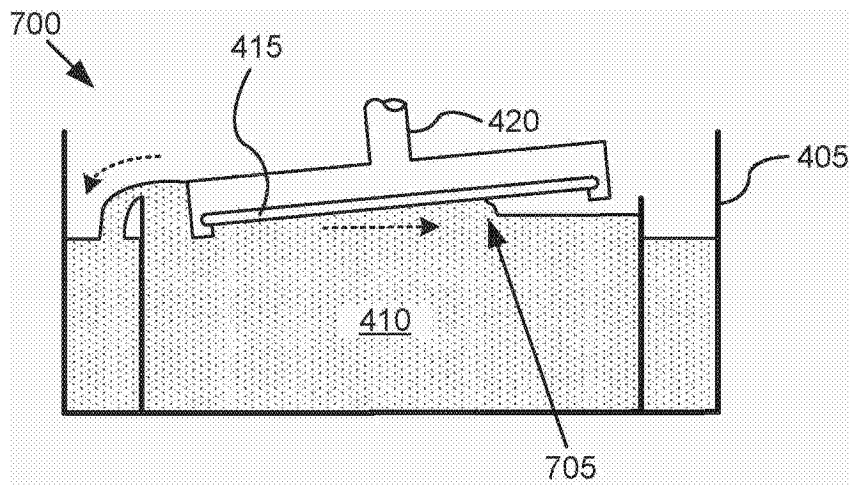


图7

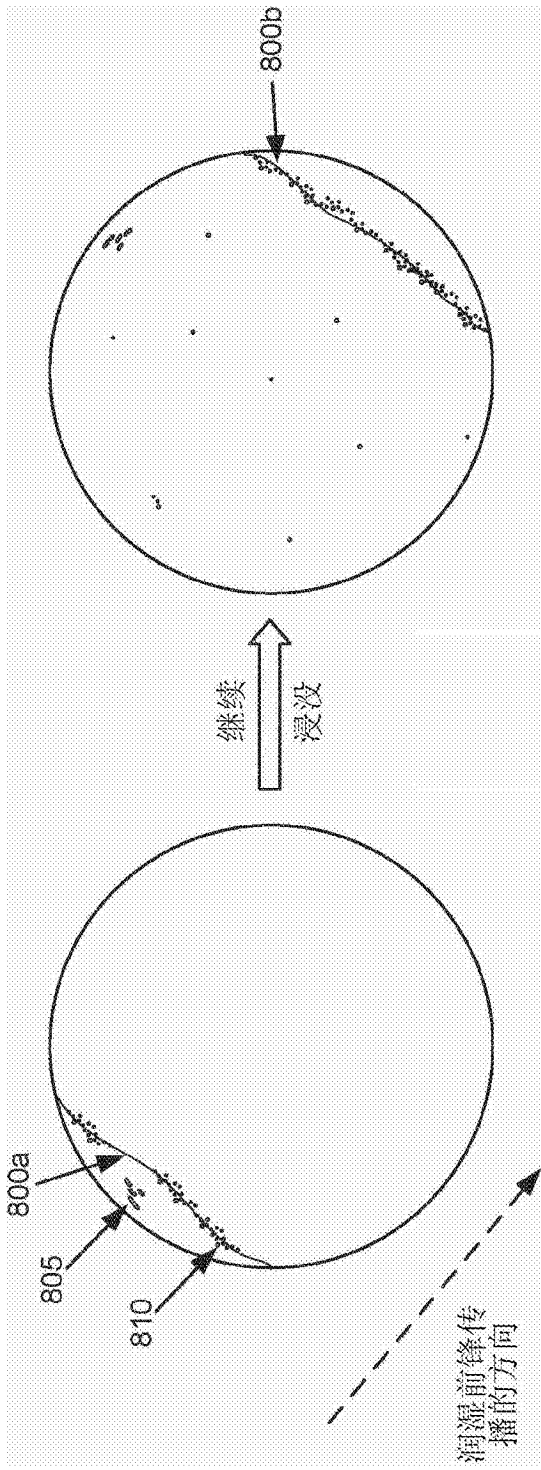


图8

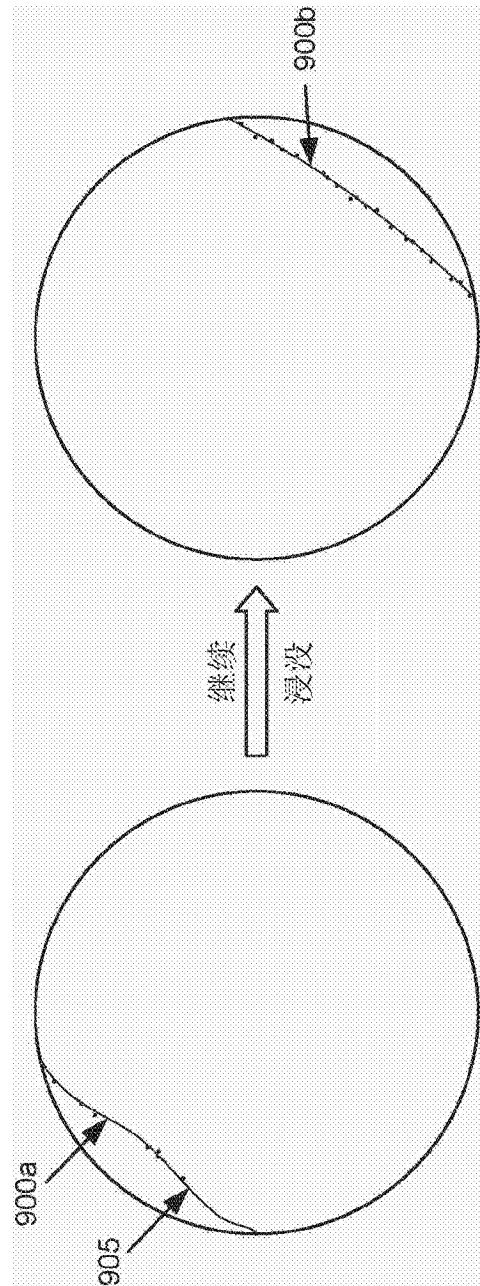


图9

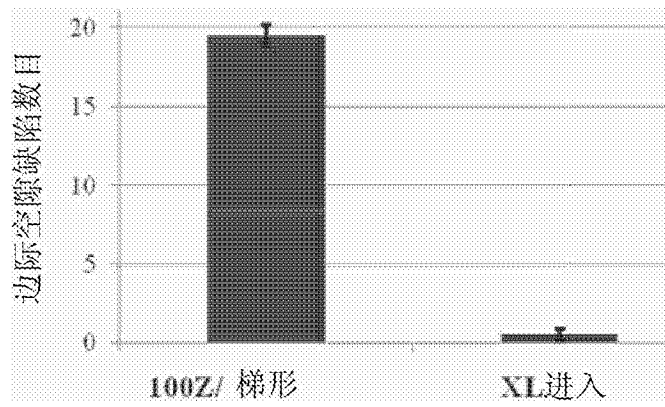


图10