



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104551977 B

(45)授权公告日 2018.01.09

(21)申请号 201410578822.8

M·W·迪格鲁特

(22)申请日 2014.10.24

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
31100

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104551977 A

代理人 江磊

(43)申请公布日 2015.04.29

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

14/062,060 2013.10.24 US

B24B 37/24(2012.01)

B24B 37/26(2012.01)

H01L 21/304(2006.01)

(73)专利权人 罗门哈斯电子材料CMP控股股份
有限公司

审查员 封尚

地址 美国特拉华州

专利权人 霓塔哈斯株式会社

(72)发明人 板井康行 B·钱 中野裕之

D·B·詹姆斯 河井奈绪子

川端克昌 吉田光一 宫本一隆

J·穆奈恩 叶逢蓟

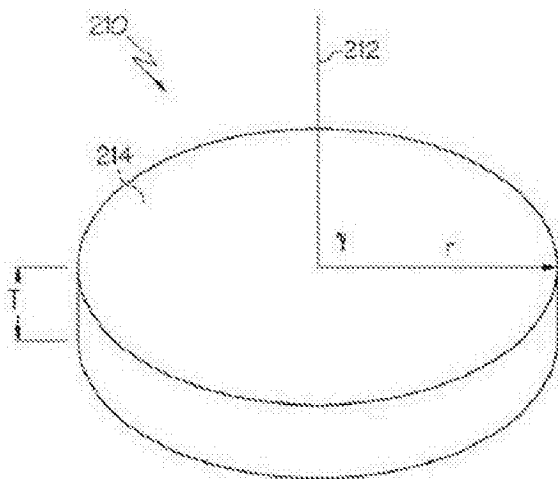
权利要求书1页 说明书18页 附图9页

(54)发明名称

用于化学机械抛光硅晶片的方法

(57)摘要

提供了一种抛光硅晶片的方法,该方法包括:提供硅晶片;提供抛光垫,所述抛光垫具有抛光层,所述抛光层是包括以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯;以及固化剂包装;所述固化剂包装包含胺引发的多元醇固化剂以及高分子量多元醇固化剂;所述抛光层的密度大于0.4克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有适合用来抛光硅晶片的抛光表面;以及在所述抛光表面和所述硅晶片之间建立动态接触。



1. 一种抛光硅晶片的方法,该方法包括:

提供硅晶片,所述硅晶片具有表面;

提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包括多官能异氰酸酯和固化剂包装的原料组分的反应产物,

所述固化剂包装包括:5-20重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少两个氮原子,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含平均四个羟基,所述胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 M_N 为200至400;

50-75重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_N 为10,000至12,000,所述高分子量多元醇固化剂每分子具有平均6个羟基;以及

10-30重量%的二官能固化剂,所述二官能固化剂是选自下组的二胺固化剂:4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺) (MBOCA)、4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺) (MCDEA)、及其异构体;

其中所述固化剂包装中的活性氢原子与所述多官能异氰酸酯中未反应的异氰酸酯基的化学计量比为0.95至1.05;

所述抛光层的密度为0.65-0.85克/立方厘米;肖氏D硬度为10-40;断裂伸长率为150至350%;切割速率为30-60微米/小时;所述抛光层具有适于抛光硅晶片的抛光表面;以及

在所述抛光层的抛光表面和所述硅晶片的表面之间建立动态接触,对所述硅晶片的表面进行抛光。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述硅晶片的表面是前表面;将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 < 0.075 ppm。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、及其混合物。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述多官能异氰酸酯是包含2-12重量%的未反应的NCO基团的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物包含5-7重量%的未反应的NCO基团;所述异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的数均分子量 M_N 为400-2,500。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述抛光层具有形成于其中的螺旋凹槽图案。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,在从所述抛光表面的外周向抛光表面的中心延伸的大多数距离的区域内,凹槽化周长分数作为所述抛光层半径的函数保持在其平均值的10%以内,所述大多数距离表示从抛光表面的外半径 R_0 向抛光表面中心处的原点O的绘制的直线的距离的90%。

用于化学机械抛光硅晶片的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及硅晶片的抛光。更具体来说,本发明涉及一种使用化学机械抛光垫对硅晶片进行抛光的方法,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层具有以下性质:其密度大于0.4克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有适合用来抛光硅晶片的抛光表面。

背景技术

[0002] 用于半导体工业的硅晶片,通常需要非常高的表面光洁度(surface perfection),才可被用于器件制造。人们通过使用化学机械抛光垫结合抛光浆液对硅晶片的表面进行化学机械抛光,从而制造硅晶片表面。通常将正在被抛光的硅晶片表面浸泡在抛光浆液中,或者用抛光浆液冲淋该表面,与此同时将抛光垫的抛光表面压在硅晶片表面上并进行旋转,由此通过抛光表面和抛光浆液的综合作用对硅晶片的表面进行抛光。理想情况下,这样的工艺选择性去除凸出的表面形态特征,从而当该工艺完成后,得到直至最细小的细节都完美的平坦表面。

[0003] 硅晶片通常通过包括三个抛光步骤的方法制备。首先在对圆柱形单晶硅锭锯切、研磨和蚀刻从而形成粗糙硅晶片之后,进行双面“物料去除”抛光步骤;在该步骤中,除去了单晶中的研磨破坏,形成了两个平坦而相互平行的表面。通常,在该物料去除抛光步骤中,从硅晶片的每侧除去大约10-20微米的材料。接下来,进行被称为“完成抛光”的抛光步骤,在该步骤中,对硅晶片的前侧进行抛光,除去在物料去除抛光步骤中产生的划痕和加工痕迹。通常,在该完成抛光步骤中,从硅晶片的前侧除去大约100纳米至5微米的材料。第三,进行“无雾度”抛光步骤,在该步骤中,根据微电子芯片生产的要求,将硅晶片的前侧抛光至埃级的平滑度。通常,在该无雾度抛光步骤中,仅从硅晶片的前侧除去10-100纳米的材料。

[0004] 抛光后硅晶片表面残留的任何表面缺陷的数量和允许尺寸在持续降低。硅晶片的一些最关键的材料特性是:表面金属含量、前表面微粗糙度和每单元面积的总颗粒数。

[0005] 用来对硅晶片进行抛光的常规抛光垫通常包含绒毡型的垫,该绒毡型的垫包含聚氨酯浸渍的聚酯无纺布或者多孔性的软质聚氨酯泡沫体。

[0006] Iwase等人在美国专利第7,897,250号中公开了一类多孔性软质的聚氨酯泡沫体类抛光垫。Iwase等人公开了一种抛光垫,该抛光垫包括软质的聚氨酯泡沫体片,该泡沫体片包括泡沫单元,所述泡沫单元在泡沫体片的表面上形成开放的孔,所述开放的孔是通过利用摩擦或切割的方式打开所述泡沫单元而形成的,开放孔的孔径在大约30-50微米范围内的所述开放孔的百分数至少为50%,在所述表面上,每1平方毫米面积中此范围内的开放的孔的数量约为50-100,至少一部分的所述泡沫单元的长度至少约为所述软质聚氨酯片厚度方向上长度的大约70%,形成所述开放的孔的表面上泡沫单元的开放孔的直径与距离形成开放孔的表面至少约200微米深度处开放孔的直径之比约为0.65至0.95。

[0007] 用于抛光的常规多孔性软质聚氨酯泡沫体抛光垫具有形似泪滴的孔结构,而随着抛光过程中抛光层受到磨损,所述孔在平行于抛光层的抛光表面方向上的横截面积逐渐增

大,这可能会导致在抛光垫使用寿命过程中,抛光稳定性方面存在不足。

[0008] 因此,人们一直需要对用于硅晶片抛光的抛光垫进行改进。

发明内容

[0009] 本发明提供一种抛光硅晶片的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯;以及固化剂包装,所述固化剂包装包括:至少5重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基;25-95重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500至100,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基;以及0-70重量%的二官能固化剂;所述抛光层的密度大于0.4克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的表面之间建立动态接触,对硅晶片的表面进行抛光。

[0010] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯;以及固化剂包装,所述固化剂包装包括:至少5重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基;25-95重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500至100,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基;以及0-70重量%的二官能固化剂;所述抛光层的密度大于0.4克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0011] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯;以及固化剂包装,所述固化剂包装包括:至少5重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基;25-95重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500至100,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基;以及0-70重量%的二官能固化剂;所述固化剂包装中活性氢基团与多官能异氰酸酯中未反应的异氰酸酯基团的化学计量比为0.85-1.15;所述抛光层的密度大于0.4克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0012] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包

含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯和固化剂包装,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、以及它们的混合物;所述固化剂包装包括:至少5重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂每分子平均包含至少三个羟基;25-95重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500至100,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基;以及0-70重量%的二官能固化剂;所述抛光层的密度大于0.4克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0013] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯和固化剂包装,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、以及它们的混合物;所述固化剂包装包括:至少5重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基;25-95重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500至100,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基;以及0-70重量%的二官能固化剂,所述二官能固化剂选自二醇固化剂和二胺固化剂;所述抛光层的密度大于0.6克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0014] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯以及固化剂包装,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、以及它们的混合物,所述多官能异氰酸酯是包含2-12重量%的未反应的NCO基团的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物;所述固化剂包装包括:至少5重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基;25-95重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500至100,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基;以及0-70重量%的二官能固化剂,所述二官能固化剂选自二醇固化剂和二胺固化剂;所述抛光层的密度大于0.6克/立方厘米;肖氏D硬度为5-40;断裂伸长率为100-450%;切割速率为25-150微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0015] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包

含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯以及固化剂包装,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、及其混合物;所述多官能异氰酸酯是包含2-12重量%的未反应的NCO基团的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物;所述固化剂包装包括:5-20重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少两个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂每平均分子包含四个羟基;所述胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为200-400;50-75重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为10,000-12,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含6个羟基;10-30重量%的二官能固化剂;所述二官能固化剂是选自下组的二胺固化剂:4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺) (MBOCA);4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺) (MCDEA);及其异构体;和0-70重量%的二官能固化剂,所述二官能固化剂选自二醇固化剂和二胺固化剂;所述固化剂包装中活性氢基团与多官能异氰酸酯中未反应的异氰酸酯基的化学计量比为0.95至1.05;所述抛光层的密度为0.65-0.85克/立方厘米;肖氏D硬度为10-40;断裂伸长率为150-350%;切割速率为30-60微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0016] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯以及固化剂包装,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、及其混合物;所述多官能异氰酸酯是包含5-7重量%的未反应的NCO基团的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物,所述异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的数均分子量 M_n 为400-2500;所述固化剂包装包括:5-20重量%的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含两个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含四个羟基;所述胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为200-400;50-75重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为10,000-12,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含6个羟基;10-30重量%的二官能固化剂;所述二官能固化剂是选自下组的二胺固化剂:4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺) (MBOCA);4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺) (MCDEA);及其异构体;和0-70重量%的二官能固化剂,所述二官能固化剂选自二醇固化剂和二胺固化剂;所述固化剂包装中活性氢基团与多官能异氰酸酯中未反应的异氰酸酯基的化学计量比为0.95至1.05;所述抛光层的密度为0.65-0.85克/立方厘米;肖氏D硬度为10-40;断裂伸长率为150-350%;切割速率为30-60微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 $<0.075\text{ppm}$ 。

[0017] 本发明提供一种对硅晶片进行无雾度抛光的方法,该方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有前表面;提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯以及固化剂包装,所述多官能异氰酸酯选自脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯、及其混合物;所述多官能异氰酸酯是包含5-7重量%的未反应的NCO基团的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物,所述异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的数均分子量 M_n 为400-2500;所述固化剂包装包括:5-20重量%的胺

引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含两个氮原子;所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含四个羟基;所述胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 M_N 为200-400;50-75重量%的高分子量多元醇固化剂,所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_N 为10,000-12,000;所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含6个羟基;10-30重量%的二官能固化剂;所述二官能固化剂是选自下组的二胺固化剂:4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺) (MBOCA);4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺) (MCDEA);及其异构体;和0-70重量%的二官能固化剂,所述二官能固化剂选自二醇固化剂和二胺固化剂;所述固化剂包装中活性氢基团与多官能异氰酸酯中未反应的异氰酸酯基的化学计量比为0.95至1.05;所述抛光层的密度为0.65-0.85克/立方厘米;肖氏D硬度为10-40;断裂伸长率为150-350%;切割速率为30-60微米/小时;所述抛光层具有合适用来抛光硅晶片的抛光表面,在所述抛光层中形成有螺旋形凹槽图案;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的前表面之间建立动态接触,对硅晶片的前表面进行无雾度抛光,将所述硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度<0.075ppm。

[0018] 附图简要说明

[0019] 图1是在本发明的方法中使用的优选的化学机械抛光垫的抛光层的侧面透视图。

[0020] 图2是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在抛光层的抛光表面中形成的螺旋凹槽图案。

[0021] 图3是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在抛光层的抛光表面中形成的同心圆凹槽图案。

[0022] 图4是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在抛光层的抛光表面中形成的X-Y格子凹槽图案。

[0023] 图5是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在抛光层的抛光表面中形成的穿孔+同心圆凹槽图案。

[0024] 图6是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在抛光层的抛光表面中形成的凹槽图案的一部分。

[0025] 图7是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在包括八条弯曲凹槽的抛光表面中的凹槽图案。

[0026] 图8是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在包括八条弯曲凹槽的抛光表面中的凹槽图案。

[0027] 图9是用于本发明方法的优选的化学机械抛光垫的抛光层的顶视图,图中显示了在包括八条弯曲凹槽的抛光表面中的凹槽图案。

[0028] 图10是图6的凹槽404的分解图。

具体实施方式

[0029] 在本文说明书和权利要求书中,术语“凹槽化周长分数”或“CF”用下式定义:

$$[0030] \quad CF = \left\{ \frac{\text{在特定半径R处, 跨越任何凹槽的周长部分}}{\text{特定半径R处的总周长}} \right\}$$

[0031] 注意如果CF作为特定抛光层的抛光表面半径的函数保持恒定,则特定半径处具有凹槽的(或无凹槽的)抛光表面的比例也将作为半径的函数保持恒定。

[0032] 在本文的说明书和权利要求书中,术语“大多数距离”或“MD”表示从抛光表面的外半径 R_0 向抛光表面中心处的原点O的绘制的直线的距离的90%。也即是说,大多数距离用下式定义:

[0033] $MD=0.9 \times R_0$ 。

[0034] 较佳的是,本发明的用来对硅晶片进行抛光(优选对硅晶片进行无雾度抛光)的方法包括:提供硅晶片,该硅晶片具有表面(优选具有前表面);提供化学机械抛光垫,所述化学机械抛光垫包括抛光层,所述抛光层是包含以下物质的原料组分的反应产物:多官能异氰酸酯;以及固化剂包装,该固化剂包装包括:至少5重量%(优选5-30重量%;更优选5-25重量%;最优选5-20重量%)的胺引发的多元醇固化剂,所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子(优选所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含1-4个氮原子;更优选所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含2-4个氮原子;最优选所述胺引发的多元醇固化剂每分子包含两个氮原子);所述胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基(优选3-6个羟基;更优选3-5个羟基;最优选4个羟基);(优选所述胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 ≤ 700 ;更优选为150-650;更优选为200-500;最优选为250-300);25-95重量%(优选35-90重量%;更优选50-75重量%;最优选60-75重量%)的高分子量多元醇固化剂,其中所述高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为2,500-100,000(优选为5,000-50,000;更优选为7,500-25,000;最优选为10,000至12,000);所述高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基(优选4-8个羟基;更优选5-7个羟基;最优选6个羟基);以及0-70重量%(优选5-60重量%;更优选10-50重量%;更优选10-30重量%;最优选10-20重量%)的二官能固化剂;所述抛光层的密度 ≥ 0.4 克/立方厘米(优选 ≥ 0.6 ;更优选0.6-1.2克/立方厘米;更优选0.65至1.1克/立方厘米;最优选0.65至0.85克/立方厘米);肖氏D硬度为5-40(优选10-40;更优选10至30;最优选20-30);断裂伸长率为100-450%(优选为125-425%;更优选为150至350%;最优选为150-200%);切割速率为25-150微米/小时(优选为30-125微米/小时;更优选为30-100微米/小时;最优选为30-60微米/小时);所述抛光层具有适合用来抛光硅晶片的抛光表面;在所述抛光层的抛光表面和硅晶片的表面(优选硅晶片的前表面)之间建立动态接触,对硅晶片的表面进行抛光(优选对硅晶片的前表面进行无雾度抛光;更优选将硅晶片的前表面无雾度抛光至雾度 < 0.075 ppm(优选 < 0.075 ppm;更优选 < 0.072 ppm;最优选 < 0.07 ppm))。

[0035] 较佳的是,在本发明的方法中进行抛光的硅晶片是单晶硅晶片。较佳的是,所述硅晶片具有前表面;所述前表面用本发明的方法进行无雾度抛光。

[0036] 用于本发明的方法的化学机械抛光垫的抛光层具有低硬度(即,肖氏D ≤ 40)和低拉伸伸长率(即,断裂伸长率 $\leq 450\%$)的独特组合,所述低硬度能够提供低缺陷抛光性能,这种独特的组合能够提供机械加工性从而有利于在抛光层中形成凹槽,还能够提供可修整性从而有利于在抛光过程中进行抛光表面翻新。另外,由于用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层具有上述性质的平衡,由此可以例如在抛光硅晶片的时候减小雾度,同时不会对晶片表面造成破坏。

[0037] 较佳的是,用于本发明方法的抛光层具有中心轴212,适于绕所述中心轴旋转(见图1)。较佳的是,抛光层210的抛光表面214在基本垂直于中心轴212的平面内。较佳的是,抛光层210适合在与中心轴212成80-100°的角度 γ 的平面内旋转。更佳的是,抛光层210适合

在与中心轴212成85-95°的角度 γ 的平面内旋转。最佳的是,抛光层210适合在与中心轴212成89-91°的角度 γ 的平面内旋转。较佳的是,抛光层210具有抛光表面214,所述抛光表面214具有垂直于中心轴212的基本圆形的截面。较佳的是,垂直于中心轴212的抛光表面214的截面的半径, r ,在该截面上的变化 $\leq 20\%$ 。更佳的是,垂直于中心轴212的抛光表面214的截面的半径, r ,在该截面上的变化 $\leq 10\%$ 。

[0038] 较佳的是,用于在本发明方法中形成化学机械抛光垫的抛光层的多官能异氰酸酯包含两个活性异氰酸酯基(即NCO)。

[0039] 较好的是,用于在本发明的方法中形成化学机械抛光垫的抛光层的多官能异氰酸酯选自下组:脂族多官能异氰酸酯、芳族多官能异氰酸酯及其混合物。更好的是,用于在本发明的方法中形成化学机械抛光垫的抛光层的多官能异氰酸酯是选自下组的二异氰酸酯:2,4-甲苯二异氰酸酯、2,6-甲苯二异氰酸酯、4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯、1,5-萘二异氰酸酯、联甲苯胺二异氰酸酯、对苯二异氰酸酯、苯二甲基二异氰酸酯、异佛尔酮二异氰酸酯、1,6-己二异氰酸酯、4,4'-二环己基甲烷二异氰酸酯、环己烷二异氰酸酯以及它们的混合物。更好的是,用于在本发明的方法中形成化学机械抛光垫的抛光层的多官能异氰酸酯是通过二异氰酸酯与预聚物多元醇反应形成的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物。

[0040] 较佳的是,用来在本发明的方法中形成化学机械抛光垫的抛光层的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物包含2-12重量%的未反应的异氰酸酯(NCO)基团。更好的是,用于在本发明的方法中形成化学机械抛光垫的抛光层的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物具有2-10重量%(更优选4-8重量%;最优选5-7重量%)未反应的异氰酸酯(NCO)基团。

[0041] 较好的是,用于形成所述多官能异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的预聚物多元醇选自下组:二醇、多元醇、多元醇二醇、它们的共聚物和它们的混合物。更好的是,所述预聚物多元醇选自下组:聚醚多元醇(例如,聚(氧基四亚甲基)二醇、聚(氧基亚丙基)二醇及其混合物);聚碳酸酯多元醇;聚酯多元醇;聚己内酯多元醇;它们的混合物;以及它们与一种或多种低分子量多元醇的混合物,所述低分子量多元醇选自乙二醇、1,2-丙二醇、1,3-丙二醇、1,2-丁二醇、1,3-丁二醇、2-甲基-1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、新戊二醇、1,5-戊二醇、3-甲基-1,5-戊二醇、1,6-己二醇、二乙二醇、二丙二醇以及三丙二醇。更好的是,所述预聚物多元醇选自下组:聚四亚甲基醚二醇(PTMEG)、基于酯的多元醇(例如己二酸乙二酯、己二酸丁二酯)、聚亚丙基醚二醇(PPG)、聚己内酯多元醇、它们的共聚物和它们的混合物。最好的是,所述预聚物多元醇选自PTMEG和PPG。

[0042] 优选地,当所述预聚物多元醇是PTMEG时,所述异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物包含的未反应异氰酸酯(NCO)的浓度为2-10重量%(更优选4-8重量%;最优选6-7重量%)。市售的基于PTMEG的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的例子包括Imuthane®预聚物(购自COIM USA公司(COIM USA, Inc.),例如PET-80A、PET-85A、PET-90A、PET-93A、PET-95A、PET-60D、PET-70D、PET-75D);Adiprene®预聚物(购自驰姆特公司(Chemtura),例如LF 800A、LF900A、LF 910A、LF 930A、LF 931A、LF 939A、LF 950A、LF 952A、LF 600D、LF 601D、LF 650D、LF 667、LF 700D、LF 750D、LF 751D、LF 752D、LF 753D和L325);Andur®预聚物(购自安德森发展公司(Anderson Development Company),例如70APLF、80APLF、85APLF、90APLF、95APLF、60DPLF、70APLF、75APLF)。

[0043] 优选地,当所述预聚物多元醇是PPG时,所述异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物包

含的未反应异氰酸酯(NCO)的浓度为3-9重量%(更优选4-8重量%;最优选5-6重量%)。市售的基于PPG的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的例子包括 **Imuthane®** 预聚物(购自COIM USA公司,例如PPT-80A、PPT-90A、PPT-95A、PPT-65D、PPT-75D); **Adiprene®** 预聚物(购自驰姆特公司(Chemtura),例如LFG 963A、LFG 964A、LFG 740D);以及 **Andur®** 预聚物(购自安德森发展公司(Anderson Development Company),例如8000APLF、9500APLF、6500DPLF、7501DPLF)。

[0044] 优选地,用来形成本发明的方法中使用的化学机械抛光垫中的抛光层的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物是含有少于0.1重量%游离甲苯二异氰酸酯(TDI)单体含量的低含量游离异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物。

[0045] 还可以使用基于非TDI的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物。例如,异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物包括通过4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)和多元醇(例如聚四亚甲基二醇(PTMEG))与任选的二醇(例如1,4-丁二醇(BDO))反应形成的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物,它们是可以接受的。当使用这类异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物时,未反应的异氰酸酯(NCO)的浓度优选为4-10重量%(更优选4-8重量%;最优选5-7重量%)。这种类型的市售异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物的例子包括 **Imuthane®** 预聚物(购自COIM USA公司,例如27-85A、27-90A、27-95A); **Andur®** 预聚物(来自于安德森发展公司,例如IE75AP、IE80AP、IE85AP、IE90AP、IE95AP、IE98AP);以及 **Vibrathane®** 预聚物(购自驰姆特公司,例如B625、B635、B821)。

[0046] 用来形成本发明方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的固化剂包装优选包含:至少5重量%(优选5-30重量%;更优选5-25重量%;最优选5-20重量%)的胺引发的多元醇固化剂;25-95重量%(优选35-90重量%;更优选50-75重量%;最优选60-75重量%)的高分子量多元醇固化剂;以及0-70重量%(优选5-60重量%;更优选10-15重量%;更优选10-30重量%;最优选10-20重量%)的双官能固化剂。

[0047] 较佳的是,用来形成本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的胺引发的多元醇固化剂每分子包含至少一个氮原子。更好的是,所用的胺引发的多元醇固化剂每个分子包含1-4个(更优选2-4个,最优选2个)氮原子。

[0048] 较佳的是,用来形成本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的胺引发的多元醇固化剂平均每分子包含至少三个羟基。更好的是,所用的胺引发的多元醇固化剂平均每个分子包含3-6个(更优选3-5个,最优选4个)羟基。

[0049] 较佳的是,用来形成本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 $M_n \leq 700$ 。更好的是,所用的胺引发的多元醇固化剂的数均分子量 M_n 为150-650(更优选200-500;最优选250-300)。

[0050] 较佳的是,用来形成本发明方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的胺引发的多元醇固化剂的羟值(通过ASTM测试法D4274-11测定)为350-1,200mgKOH/g。更优选地,所使用的胺引发的多元醇固化剂的羟值为400-1,000mgKOH/g(最优选为600-850mg KOH/g)。

[0051] 市售的胺引发的多元醇固化剂的例子包括 **Voranol®** 系列胺引发的多元醇(购自陶氏化学公司(The Dow Chemical Company)); **Quadrol®** 特制多元醇(N,N',N'-四(2-羟丙基乙二胺))(购自巴斯夫公司(BASF)); **Pluracol®** 基于胺的多元醇(购自巴斯夫公司);

Multranol®基于胺的多元醇(购自拜尔材料科学公司(Bayer MaterialScience LLC));三异丙醇胺(TIPA)(购自陶氏化学公司);和三乙醇胺(TEA)(购自MB公司(Mallinckrodt Baker Inc.))。表1中列出了多种优选的胺引发的多元醇固化剂。

[0052] 表1

	胺引发的多元醇固化剂	每分子的羟	M_N	羟值 (mg KOH/g)
		基数		
[0053]	三乙醇胺	3	149	1130
	三异丙醇胺	3	192	877
	MULTRANOL® 9138 多元醇	3	240	700
	MULTRANOL® 9170 多元醇	3	481	350
	VORANOL® 391 多元醇	4	568	391
	VORANOL® 640 多元醇	4	352	638
[0054]	VORANOL® 800 多元醇	4	280	801
	QUADROL®多元醇	4	292	770
	MULTRANOL® 4050 多元醇	4	356	630
	MULTRANOL® 4063 多元醇	4	488	460
	MULTRANOL® 8114 多元醇	4	568	395
	MULTRANOL® 8120 多元醇	4	623	360
	MULTRANOL® 9181 多元醇	4	291	770
	VORANOL® 202 多元醇	5	590	475

[0055] 不期望受到理论限制,除了促进由此制造的抛光层的物理性能实现所需的平衡之外,我们认为固化剂包装中使用的胺引发的多元醇固化剂的浓度还能够对其反应以及固化剂包装中任意双官能固化剂与多官能二异氰酸酯中存在的未反应异氰酸酯(NCO)基团的反应起到自催化的作用。

[0056] 较佳的是,用来形成本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_N 为2,500-100,000。更好的是,所用的高分子量多元醇固化剂的数均分子量 M_N 为5,000-50,000(更优选7,500-25,000;最优选10,000-12,000)。

[0057] 较佳的是,用来形成本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的高分子量多元醇固化剂平均每分子包含3-10个羟基。更好的是,所用的高分子量多元醇固化剂平均每个分子包含4-8个(更优选5-7个,最优选6个)羟基。

[0058] 较佳的是,用来形成用于本发明的方法的化学机械抛光垫的抛光层的高分子量多元醇固化剂的分子量高于固化剂包装中使用的胺引发的多元醇固化剂的分子量;羟值低于固化包中使用的胺引发的固化剂的羟值。

[0059] 市售的高分子量多元醇固化剂的例子包括Specflex®多元醇、Voranol®多元醇和Voralux®多元醇(购自陶氏化学公司);Multranol®特制多元醇和Ultracel®挠性多元醇(购自拜尔材料科学公司);和Pluracol®多元醇(购自巴斯夫公司)。表2中列出了多种优选的高分子量多元醇固化剂。

[0060] 表2

	高分子量多元醇固化剂	每分子羟基	M _N	羟值 (mg KOH/g)
		数		
[0061]	Multranol® 3901 多元醇	3.0	6,000	28
	Pluracol® 1385 多元醇	3.0	3,200	50
	Pluracol® 380 多元醇	3.0	6,500	25
	Pluracol® 1123 多元醇	3.0	7,000	24
[0062]	ULTRACEL® 3000 多元醇	4.0	7,500	30
	SPECFLEX® NC630 多元醇	4.2	7,602	31
	SPECFLEX® NC632 多元醇	4.7	8,225	32
	VORALUX® HF 505 多元醇	6.0	11,400	30
	MULTRANOL® 9185 多元醇	6.0	3,366	100
	VORANOL® 4053 多元醇	6.9	12,420	31

[0063] 较佳的是,用来形成在本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的二官能固化剂选自二醇和二胺。更优选地,所用的双官能固化剂是选自伯胺和仲胺的二胺。更优选地,所述双官能固化剂选自下组:二乙基甲苯二胺(DETDA);3,5-二甲硫基-2,4-甲苯二胺及其异构体;3,5-二乙基甲苯-2,4-二胺及其异构体(例如,3,5-二乙基甲苯-2,6-二胺);4,4'-双-(仲丁基氨基)-二苯基甲烷;1,4-双-(仲丁基氨基)-苯;4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺);4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺)(MCDEA);聚四亚甲基醚-二-对氨基苯甲酸酯;N,N'-二烷基二氨基二苯甲烷;p,p'-亚甲基双苯胺(MDA);间苯二胺(MPDA);4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺)(MBOCA);4,4'-亚甲基-二-(2,6-二乙基苯胺)(MDEA);4,4'-亚甲基-二-(2,3-二氯苯胺)(MDCA);4,4'-二氨基-3,3'-二乙基-5,5'-二甲基二苯基甲烷;2,2',3,3'-四氯二氨基二苯甲烷;三亚甲基二醇二对氨基苯甲酸酯;以及它们的混合物。最优选地,所用的二胺固化剂选自下组:4,4'-亚甲基-双-(2-氯苯胺)(MBOCA);4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺)(MCDEA)及其异构体。

[0064] 优选地,所述固化剂包装的组分中反应性氢基团(即,胺基(NH₂)和羟基(OH)的总和)与所述多官能异氰酸酯中未反应的异氰酸酯(NCO)基团的化学计量比为0.85-1.15(更优选0.90-1.10;最优选0.95-1.05)。

[0065] 用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层还任选地包含大量微型元件。优选地,所述大量微型元件均匀地分散在所述抛光层中。优选地,所述多个微型元件选自:截留的(entrapped)气泡、空心聚合物材料、液体填充的空心聚合物材料、水溶性材料以及不溶相材料(例如,矿物油)。更优选地,所述大量微型元件选自在抛光层中均匀分布的截留的气泡和空心聚合物材料。较佳的是,所述大量微型元件的重均直径≤150μm(优选为5-100μm;更优选为20-75μm;最优选为30-50μm)。优选地,所述多个微型元件包括具有聚丙烯腈或聚丙烯腈共聚物的壳壁的聚合物微气囊(例如,Expancel®聚合物微气囊,购自阿科诺贝尔公司(Akzo Nobel))。优选地,所述多个微型元件以0-35体积%的孔隙率(更优选10-25体积%的孔隙率)结合到所述抛光层中。

[0066] 用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层可以是多孔或无孔(即未填充的)结构。优选地,根据ASTM D1622进行测量,本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的

密度 ≥ 0.4 克/立方厘米。更佳的是,根据ASTM D1622测得,用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层的密度 ≥ 0.6 (更优选为0.6–1.2克/立方厘米;更优选为0.65–1.1克/立方厘米;最优选为0.65–0.85克/立方厘米)。

[0067] 优选地,根据ASTM D2240进行测量,本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的肖氏D硬度为5–40。更优选地,根据ASTM D2240进行测量,本发明的方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的肖氏D硬度为10至40 (更优选为10–30;最优选为20至30)。

[0068] 肖氏D硬度小于40的常规抛光层配方通常具有非常高的断裂伸长值(即, $> 600\%$)。在进行加工操作时,具有如此高断裂伸长值的材料会可逆地变形,从而形成不能接受的差的凹槽以及产生在金刚石修整过程中不足的纹理。然而,用于形成本发明方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的独特的固化剂包装提供了低硬度,同时具有100–450%的断裂伸长率,该值是按照ASTM D412测定的。优选地,根据ASTM D412进行测量,用来形成本发明方法中使用的化学机械抛光垫的抛光层的断裂伸长率为125–425% (更优选为150–350%;最优选为150–200%)。

[0069] 较佳的是,用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层的切割速率为25–150微米/小时,该数值是根据实施例所述的方法测定的。更优选地,用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层的切割速率为30–125微米/小时 (更优选30–100微米/小时;最优选30–60微米/小时),该值是使用本发明实施例中所述的方法测得的。

[0070] 用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层具有适于对基材进行抛光的抛光表面。较好的是,所述抛光表面具有选自穿孔和凹槽中的至少一种的宏观纹理(macrotecture)。任选地,所述穿孔从抛光表面沿抛光层厚度方向延伸,部分穿过或全部穿透抛光层。较好的是,将凹槽安排在抛光表面上,使得抛光过程中化学机械抛光垫一旦转动后至少有一条凹槽掠过(sweep)正在进行抛光的硅基材的表面。较佳的是,所述抛光表面具有包括至少一条凹槽的宏观纹理,所述至少一条凹槽选自弯曲凹槽、直线型凹槽及其组合。

[0071] 较佳的是,用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层具有适合用来对基材进行抛光的抛光表面,所述抛光表面具有宏观纹理,所述宏观纹理包括形成于抛光表面之内的凹槽图案。较佳的是,所述凹槽图案包括多个凹槽。较佳的是,所述凹槽图案选自凹槽设计。较佳的是,所述凹槽设计选自:同轴凹槽(其可以是圆形或螺旋形)、弯曲凹槽、网状线凹槽(比如在抛光垫表面安排成X–Y栅格)的凹槽图案;其它的规则形设计(比如六角形、三角形);轮胎面型图案;不规则设计(比如分形(fractal)图案)和上述图案的组合。更佳的是,所述凹槽设计选自:随机凹槽,同轴凹槽,螺旋凹槽,网状线凹槽,X–Y栅格凹槽,六边形凹槽,三角形凹槽,分形凹槽,以及它们的组合。最优选的,所述抛光表面具有形成于其中的螺旋形凹槽图案。凹槽轮廓优选选自具有笔直侧壁的矩形,或者凹槽横截面可以是“V”形,“U”形,锯齿形,以及这些形状的组合。

[0072] 图2显示了用于本发明方法的优选抛光层的顶视图。具体地,图5描绘具有抛光表面302的抛光层300,其凹槽图案为多条曲线型的凹槽305。

[0073] 图3显示了用于本发明方法的优选抛光层的顶视图。具体地,图3描绘具有抛光表面312的抛光层310,其凹槽图案为多条同心圆形状的凹槽315。

[0074] 图4显示了用于本发明方法的优选抛光层的顶视图。具体地,图4描绘具有抛光表面322的抛光层320,其凹槽图案为多条X–Y栅格形状的直线形凹槽325。

[0075] 图5显示了用于本发明方法的优选抛光层的顶视图。具体地,图5描绘具有抛光表面332的抛光层330,其具有多个穿孔338和多条同心圆形凹槽335的组合。

[0076] 图6显示了用于本发明方法的优选抛光层的顶视图。具体来说,图6显示了抛光层400,所述抛光层400具有外半径 R_0 和抛光表面402;所述抛光表面402具有包括至少一条凹槽404的凹槽图案的宏观纹理。虽然图6中仅显示了一条凹槽404,但是凹槽图案可以包括两条或更多条凹槽404。(参见,例如图7-9)。抛光层半径 R 是从位于抛光表面402中心的原点0处量起。图6显示了一个以半径 R 绘制的圆形 C_R (虚线),其周长为 $2\pi R$ 。抛光层400的外半径为 R_0 。所述至少一条凹槽404优选从基础半径 R_B 延伸到限定了抛光表面402外周406的外半径 R_0 。任选地,所述至少一条凹槽404从原点0和基础半径 R_B 之间的一点延伸到外周406。任选地,所述至少一个凹槽404从原点0延伸到外周406。图10显示了图9所示凹槽404的小微分段410,图10显示了凹槽404的凹槽部分的分解图。在特定的半径 R 处,凹槽404具有特定的宽度 W 和中轴A,所述中轴A形成了相对于连接原点0与特定半径 R 的径向直线 L 的角度 θ (“凹槽角度”)。

[0077] 优选的,用于本发明方法的化学机械抛光垫的抛光层具有抛光表面,该抛光表面具有包括至少一条凹槽的凹槽图案,其中在从抛光表面的外半径 R_0 延伸到抛光表面中心处的原点0的大多数距离的区域内,CF作为半径 R 的函数保持在其平均值的25%以内(优选10%以内;更优选5%以内)。较佳的是,在从基础半径 R_B 延伸到外半径 R_0 的区域之内,CF作为半径 R 的函数保持在其平均值的25%以内(优选10%以内;更优选5%以内)。(见图6-9)。

[0078] 较佳的是,用于本发明方法的化学机械抛光垫中使用的抛光层的平均厚度 T 为20-150密耳。更佳的是,所用的抛光层的平均厚度为30-125密耳(更优选为40-120密耳;最优选为50-100密耳)。(见图1)。

[0079] 用于本发明的方法的化学机械抛光垫任选还包括与抛光层界面邻接的至少一层另外的层。较佳的是,用于本发明的方法的化学机械抛光垫任选还包括与抛光层接合的可压缩基层。所述可压缩基层优选改进了抛光层与被抛光的硅基材表面之间的一致性。

[0080] 现在将在以下实施例中详细描述本发明的一些实施方式。

[0081] 实施例1-22

[0082] 根据表3中所述的制剂详情制备抛光层。具体而言,在51℃条件下通过对异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物(即,用于实施例1-9和20-22中的Adiprene® LF667;和用于实施例10-19中的Adiprene® LFG963A;两者均购自驰姆特公司(Chemtura Corporation))与固化剂包装的组分进行受控混合来制备聚氨酯饼。将胺引发的多元醇固化剂(即,购自陶氏化学公司的Voranol® 800)和高分子量多元醇固化剂(即,购自陶氏化学公司的Voralux® HF505)进行预混合,然后再与其它原料进行掺混。除了MBOCA之外,将所有原料保持在51℃的预混合温度下。将MBOCA保持在116℃的预混合温度下。设定异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物与固化剂包装的比例,从而使化学计量比如表3所记载,所述化学计量比是通过固化剂中活性氢基团(即,-OH基团和-NH₂基团的总和)与异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物中未反应的异氰酸酯(NCO)基团的比值来确定的。

[0083] 在与固化剂包装合并之前,通过向异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物中加入成孔剂来向抛光层中引入孔隙率,从而实现所需的孔隙率和垫密度。

[0084] 使用高剪切混合头将包含有任意纳入的成孔剂的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预

聚物和固化剂包装混合在一起。在离开混合头之后,在5分钟内将上述混合物分配到直径86.4厘米(34英寸)的圆形模具中,得到大约为10厘米(4英寸)的总浇注厚度。在将模具置入固化炉之前,使分配的混合物胶凝15分钟。然后使用以下循环使模具在固化炉中固化:在30分钟内从环境温度升温至104℃的设定点,然后在104℃下保持15.5小时,然后在2小时内从104℃降温到21℃。

[0085] 然后,从模具中移出固化的聚氨酯饼,在30-80℃的温度下切成(使用移动刀片切割)大约40份单独的2.0毫米(80密耳)厚的片材。从每个饼的顶部开始切割。丢弃任何不完整的片材。

[0086] 需要注意的是,实施例中所使用的 **Adiprene®** LF667是基于PTMEG的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物,其包含购自驰姆特公司的 **Adiprene®** LF950A和 **Adiprene®** LF600D的50/50重量%掺混物。还要注意的, **Adiprene®** LFG963A是基于PPG的异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物,其购自驰姆特公司。

[0087]

表 3

实施例编号	异氰酸酯封端的氨基甲酸酯预聚物	固化剂包装(重量%)	Voralux® HF			化学计量比 (活性氢 H/NCO)	成孔剂※	成孔剂(重量%)	重孔隙率 (体积%)
			MBOCA	Voranol® 800	505				
1	Adiprene® LF667	6.7	0	25	75	0.97	920DE40d30	1.3	34
2	Adiprene® LF667	6.7	67	8	25	0.97	920DE40d30	1.3	34
3	Adiprene® LF667	6.7	0	14	86	1.0	551DE40d42	1.4	29
4	Adiprene® LF667	6.7	14	12	74	1.0	551DE40d42	1.4	29
5	Adiprene® LF667	6.7	25	11	64	1.0	551DE40d42	1.4	28
6	Adiprene® LF667	6.7	25	11	64	1.0	551DE40d42	0.6	15
7	Adiprene® LF667	6.7	40	9	51	1.0	551DE40d42	1.4	28
8	Adiprene® LF667	6.7	50	7	43	1.0	551DE40d42	1.6	32
9	Adiprene® LF667	6.7	50	7	43	1.0	551DE40d42	0.7	18
10	Adiprene® LFG963A	5.8	14	12	74	1.0	551DE20d60	2.0	28
11	Adiprene® LFG963A	5.8	33	10	57	1.0	551DE20d60	2.0	28
12	Adiprene® LFG963A	5.8	14	12	74	1.0	551DE20d60	1.4	22
13	Adiprene® LFG963A	5.8	33	10	57	1.0	551DE20d60	1.5	23
14	Adiprene® LFG963A	5.8	41	8	51	1.0	551DE20d60	1.4	22
15	Adiprene® LFG963A	5.8	33	10	57	1.0	—	—	—
16	Adiprene® LFG963A	5.8	0	25	75	1.0	551DE20d60	2.0	28
17	Adiprene® LFG963A	5.8	0	14	86	1.0	551DE20d60	1.8	26
18	Adiprene® LFG963A	5.8	25	19	56	1.0	551DE40d42	1.6	32
19	Adiprene® LFG963A	5.8	25	19	56	1.0	551DE40d42	0.7	17
20	Adiprene® LF667	6.7	67	5	28	1.0	551DE40d42	2.0	32
21	Adiprene® LF667	6.7	67	5	28	1.0	920DE80d30	0.8	36
22	Adiprene® LF667	6.7	67	5	28	1.0	Matsumoto [¶]	0.6	41

※ 除非另外说明，表 3 所示的成孔剂表示购自阿科-诺贝尔公司 (Akzo Nobel N.V.) 的 Expancel® 成孔剂

¶ 购自松本油脂制药株式会社 (Matsumoto Yushi-Seiyaku Co., Ltd) 的平均粒度为 150 微米的成孔剂微型胶囊。

[0088] 实施例1-22中得到的每种无凹槽的抛光层材料进行分析，从而测定它们的物理性能，记录在表4中。需要注意的是，所报导的密度数据是根据ASTM D1622测定的；所报导的肖

氏D硬度数据是根据ASTM D2240测定的;所报导的肖氏A硬度数据是根据ASTM D2240测定的;所报导的断裂伸长率数据是根据ASTMD412测定的。

[0089] 表4所报导的切割速率数据是使用购自应用材料公司 (Applied Materials) 的200毫米Mirra®抛光工具测定的。抛光工具被设计用来容纳标称直径为51厘米(20英寸)的圆形化学机械抛光垫。如实施例所述制备具有圆形横截面的抛光层。然后,对这些抛光层进行机器刻槽,以在抛光表面上提供凹槽图案,所述抛光表面包括大量以下尺寸的同心圆凹槽:间距为120密耳(3.05毫米)、宽度为20密耳(0.51毫米)、深度为30密耳(0.76毫米)。然后,将所述抛光层层压到泡沫子垫层(购自罗门哈斯电子材料CMP有限公司 (Rohm and Hass Electronic Materials CMP Inc.)的SP2310)上。

[0090] 按照以下工艺条件,使用金刚石修整盘(克尼可公司 (Kinik Company) 制造的DiaGrid® AD3CL-150840-3垫修整器)对刻槽的抛光层的抛光表面进行研磨:在以下条件下,由金刚石修整盘对所述抛光层的抛光表面进行连续研磨2小时:板速为100rpm,去离子水流量为150厘米³/分钟,修整盘向下作用力为48.3kPa (7psi)。切割速率是通过测量平均凹槽深度随时间的变化来确定的。所述凹槽深度(以微米/小时计)是使用安装在Zaber科技机动化滑块 (Zaber Technologies Motorized Slide) 上的MTI仪器Microtrack II激光三角测量传感器 (MTI Instruments Microtrack II Laser Triangulation Sensor) 从中心至外边缘对各抛光层的抛光表面绘制曲线进行测量的。滑块 (slide) 上的传感器的扫描速度为0.732毫米/秒,传感器的采样速率(测量次数/毫米扫描距离)为6.34个点/毫米。表4中所报导的切割速率是凹槽深度随时间的算术平均降低量,基于在所述抛光层的抛光表面收集的>2,000点的厚度测量次数。

[0091]

表 4

实施例 编号	密度 (克/立方厘米)	肖氏硬度		30℃ G' (MPa)	40℃ G' (MPa)	40℃ G'' (MPa)	30℃ 的 G' (MPa)	30℃ 的 G'/90℃ (MPa)	抗张强度 (MPa)	断裂伸长率 (%)	抗张模量 (MPa)	切性 (MPa)	切割速率(微米/小时)
		A	D										
1	0.76	56	10	3.2	3.1	0.1	1.0		3	161	4	3	--
2	0.76	83	35	27.8	24.2	2.7	1.4		16	250	46	23	--
3	0.81	48	7	2.2	2.2	0.1	1.1		2	160	3	2	72
4	0.81	57	11	4.6	3.8	0.5	1.5		5	294	5	9	41
5	0.82	62	18	9.0	8.2	0.9	1.3		7	360	13	15	--
6	0.98	61	17	5.0	4.6	0.5	1.1		8	414	7	16	--
7	0.82	75	23	16.8	15.6	1.4	1.3		11	346	26	22	30
8	0.79	79	27	21.4	19.7	1.6	1.4		12	332	36	26	29
9	0.95	83	31	23.2	21.5	1.9	1.2		16	351	40	34	--
10	0.83	56	10	6.0	4.5	0.9	2.8		4	189	6	5	46
11	0.82	75	23	18.6	13.4	3.0	6.0		7	256	31	13	--
12	0.90	61	14	8.2	6.4	1.2	3.1		4	164	8	4	--
13	0.88	72	21	18.1	13.8	3.1	5.1		7	288	24	15	--
14	0.89	77	25	23.6	18.7	3.8	5.2		9	291	33	18	43
15	1.14	78	27	21.2	15.6	3.7	4.7		10	293	23	18	--
16	0.83	55	10	5.6	4.5	0.7	2.0		3	162	4	3	--
17	0.85	57	11	4.6	4.0	0.4	1.7		3	143	4	2	--
18	0.78	70	19	18.0	13.3	2.6	4.7		5	173	23	7	--
19	0.96	73	20	17.9	12.5	2.9	5.4		7	232	23	11	--
20	0.76	85	37	49.1	43.7	4.3	1.5		14	303	40	29	--
21	0.73	83	33	30.1	25.7	3.0	1.5		13	303	34	25	--
22	0.68	80	28	18.5	15.9	1.9	1.4		8	217	25	12	--

[0092] 抛光实施例P1-P3

[0093] 这些抛光试验采用以下条件进行：使用200毫米的Si (100) 晶片，该晶片在0.5重

量%的氢氟酸溶液中预先蚀刻90秒,使用20"台式抛光剂(Strasbaugh)以及分别根据实施例20-22制备的抛光层,其中每个抛光层的抛光表面具有XY型凹槽图案,所述凹槽图案深度为0.6毫米,宽度为2.5毫米,节距为15.75毫米;施加9.8kPa的向下作用力,化学机械抛光组合物流速为300毫升/分钟,平台转速为115rpm,支架转速为100rpm。所采用的化学机械抛光组合体是NP8030(稀释比1:30)(购自尼塔-哈斯有限公司(Nitta Haas Inc.))。在各个抛光实施例P1-P3中,在所示条件下,对硅晶片的前表面抛光五(5)分钟。然后使用购自日立高科技株式会社(Hitachi High Technologies Corporation)的LS6600未图案化晶片检测系统分析各个硅晶片的抛光后的前表面。结果列于下表5。

[0094] 表5

实施例编号	雾度(单位为 ppm)
P1	0.0705
P2	0.0716
P3	0.0733

[0096] 比较抛光实施例PA1-PA2和抛光实施例P4-P9

[0097] SPP800S(冈本(Okamoto))抛光器—800mm平台尺寸;300mm晶片尺寸。

[0098] 这些试验使用以下条件进行:使用300毫米Si(100)晶片,该晶片在0.5重量%的氢氟酸溶液中预先蚀刻90秒,使用800mm台式抛光机(SPP800S冈本(Okamoto))和表6所示的抛光层,采用9.8kPa的向下作用力,化学机械抛光组合体的流速为1L/分钟,平台转速为40rpm,支架转速为39rpm。所采用的化学机械抛光组合体是NP8030(稀释比1:30)(购自尼塔-哈斯有限公司(Nitta Haas Inc.))。在各个比较抛光实施例PA1-PA2以及抛光实施例P4-P9中,在所示条件下,对硅晶片的前表面抛光五(5)分钟。然后使用购自日立高科技株式会社(Hitachi High Technologies Corporation)的LS6600未图案化晶片检测系统分析各个硅晶片的抛光后的前表面。结果列于下表7。

[0099] 表6

实施例编号	抛光层	凹槽图案
PA1	Ciegal 7355	XY 图案, 深度为 0.6 mm, 宽度为 2.5 mm, 节距为 15.75 mm
PA2	Polypas [®]	具有环形凹槽图案压纹, 深度为 0.40 mm, 宽度为 1.0 mm, 节距为 4.0 mm
P4	实施例 6	XY 图案, 深度为 0.6 mm, 宽度为 2.5 mm, 节距为 15.75 mm
P5	实施例 9	XY 图案, 深度为 0.6 mm, 宽度为 2.5 mm, 节距为 15.75 mm
P6	实施例 4	XY 图案, 深度为 0.6 mm, 宽度为 2.5 mm, 节距为 15.75 mm
P7	实施例 4	恒定面积的螺旋凹槽图案, 包括 14 个凹槽, 深度为 20 密耳, 宽度为 30 密耳
P8	实施例 4	恒定面积的螺旋凹槽图案, 包括 24 个凹槽, 深度为 40 密耳, 宽度为 30 密耳
P9	实施例 4	环形凹槽图案, 深度为 40 密耳, 宽度为 14 密耳, 节距为 70 密耳

[0102] Ciegal 7355完成抛光垫购自千代田株式会社(Chiyoda Co.,Ltd.)

[0103] Polypas[®] 27-3-1S抛光垫购自富士-爱媛株式会社(Fujibo Ehime Co.,Ltd.)

[0104] 表7

[0105]

实施例编号	雾度(单位为ppm)
-------	------------

PA1	0.0885
PA2	0.0783
P4	0.0715
P5	0.0699
P6	0.1017
P7	0.1049
P8	0.0985
P9	0.1000

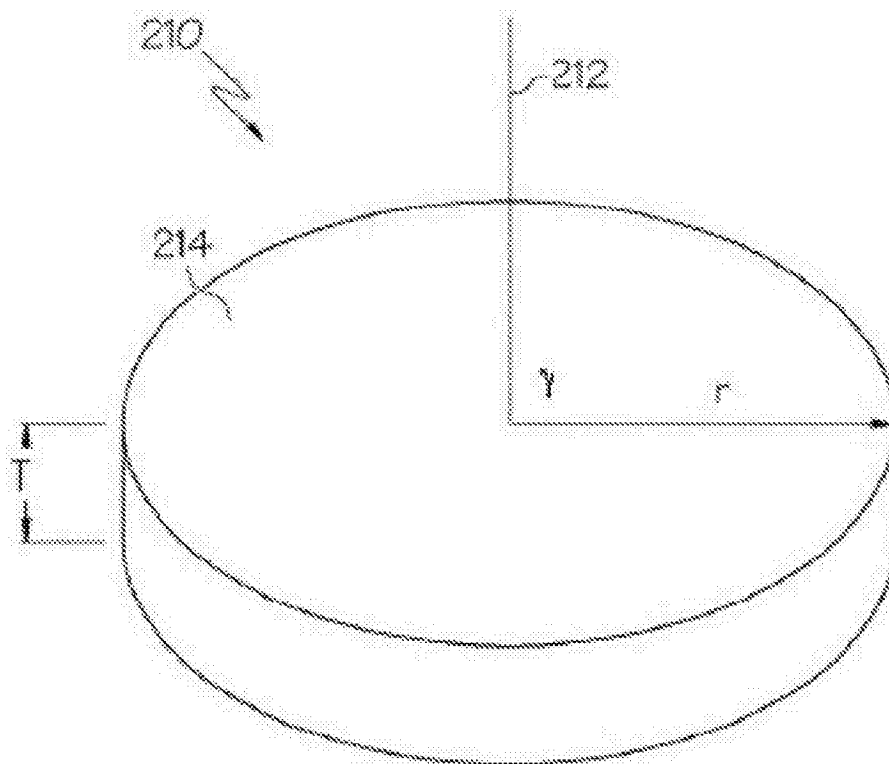


图1

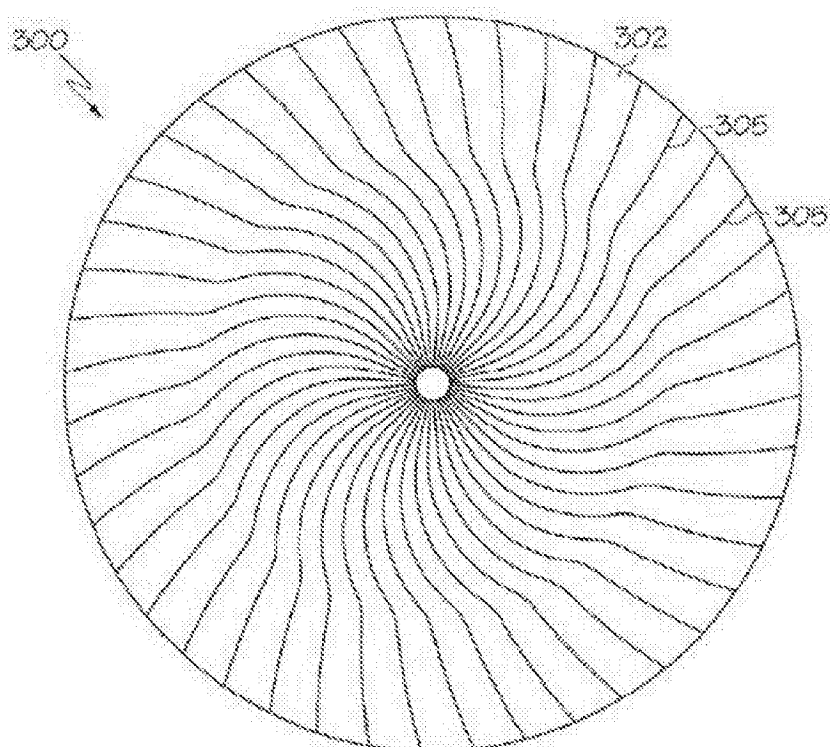


图2

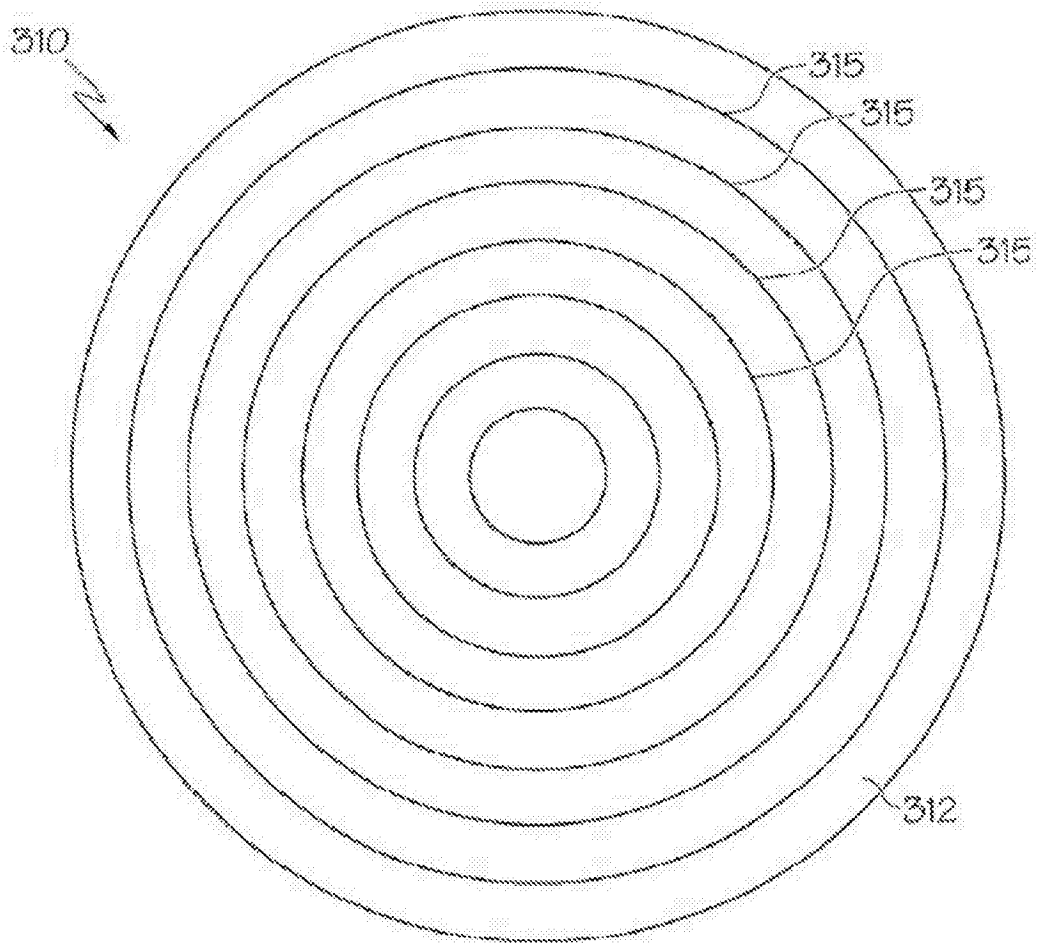


图3

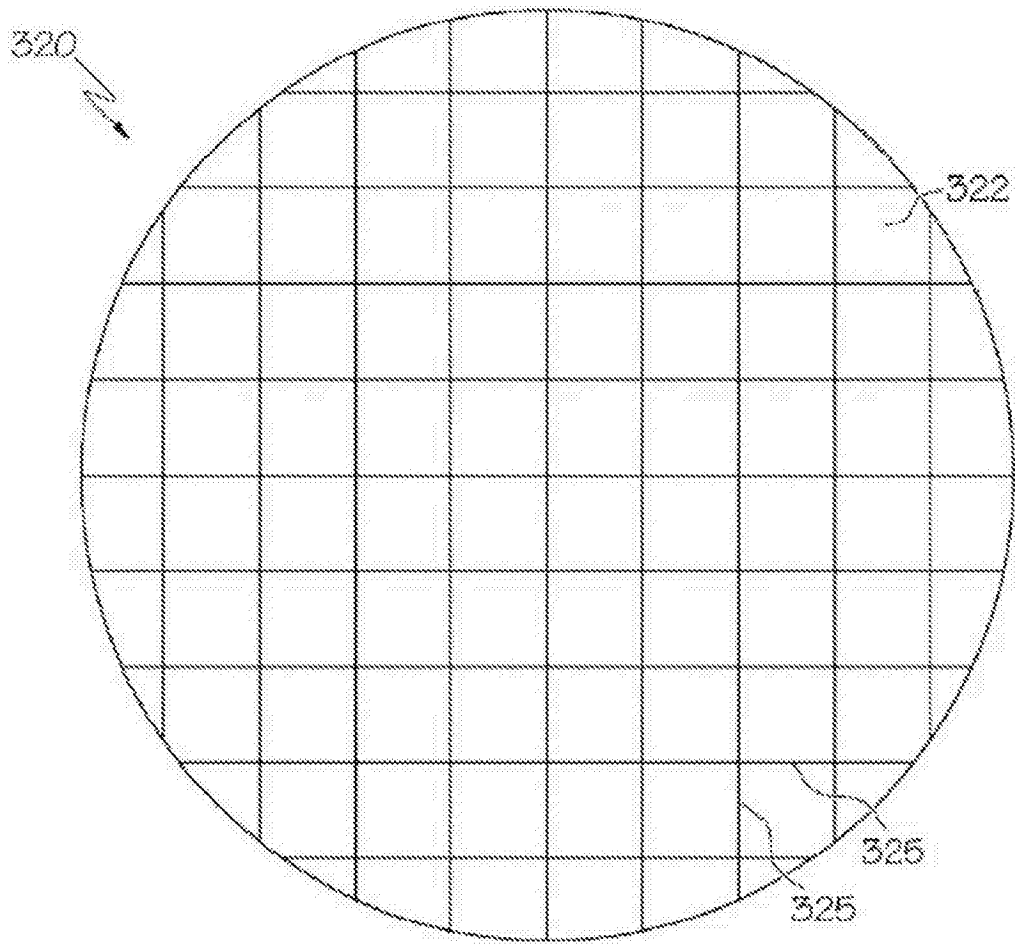


图4

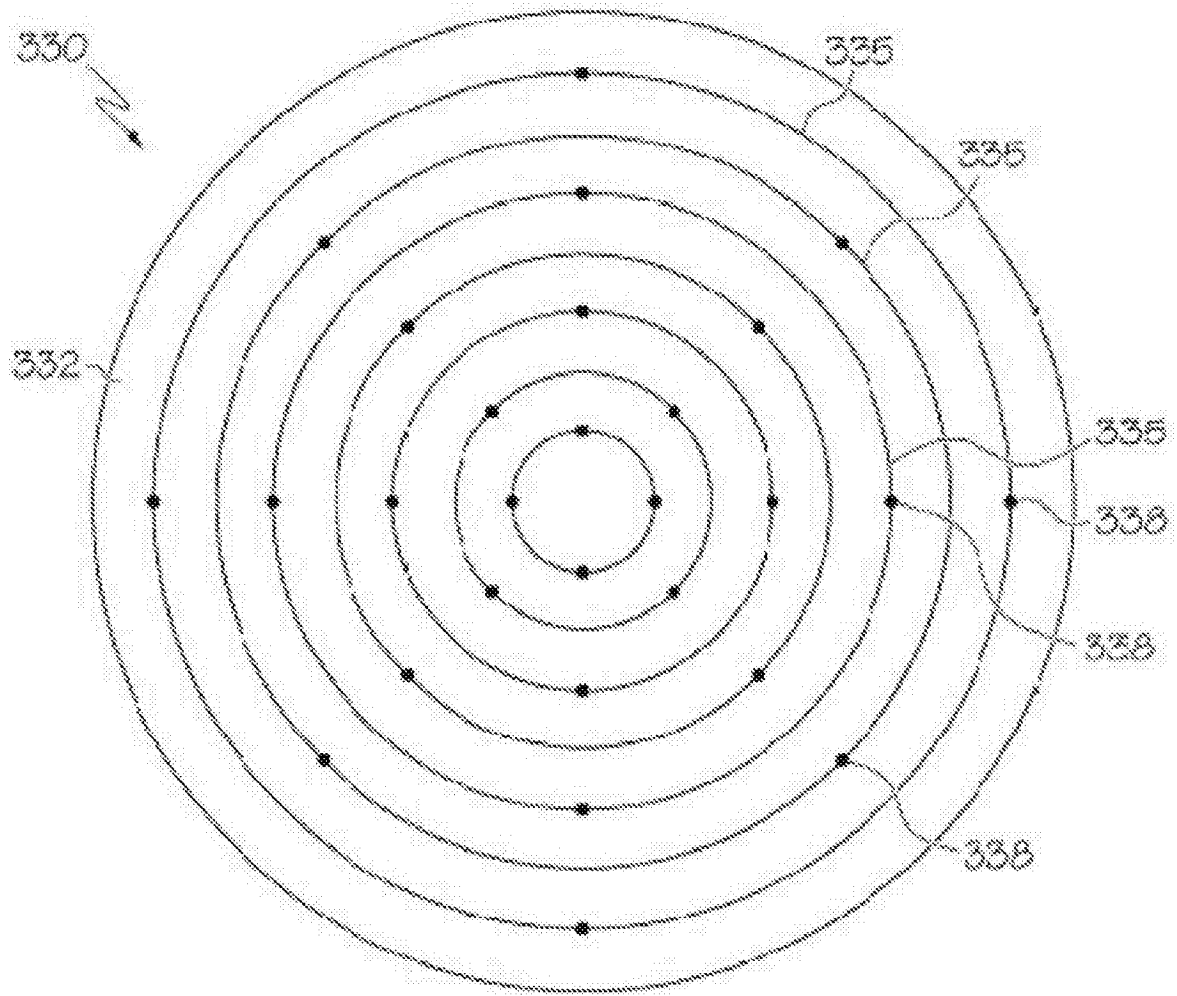


图5

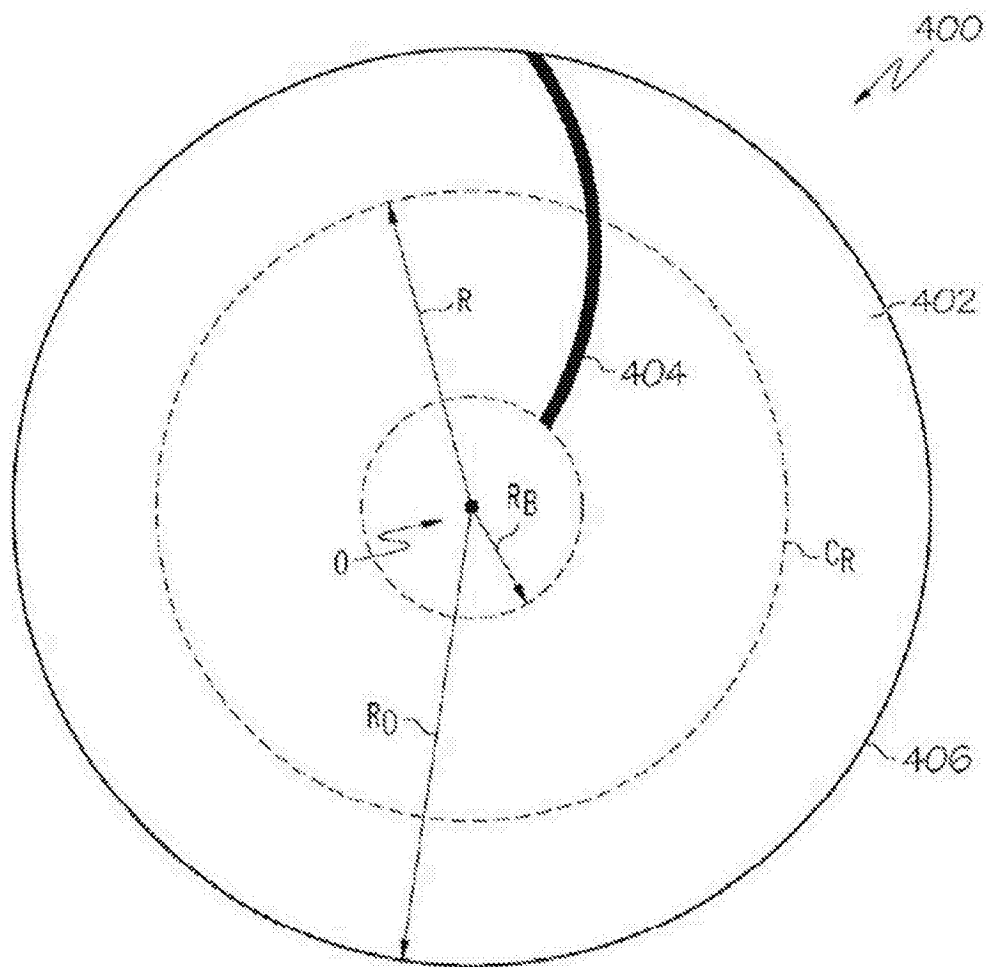


图6

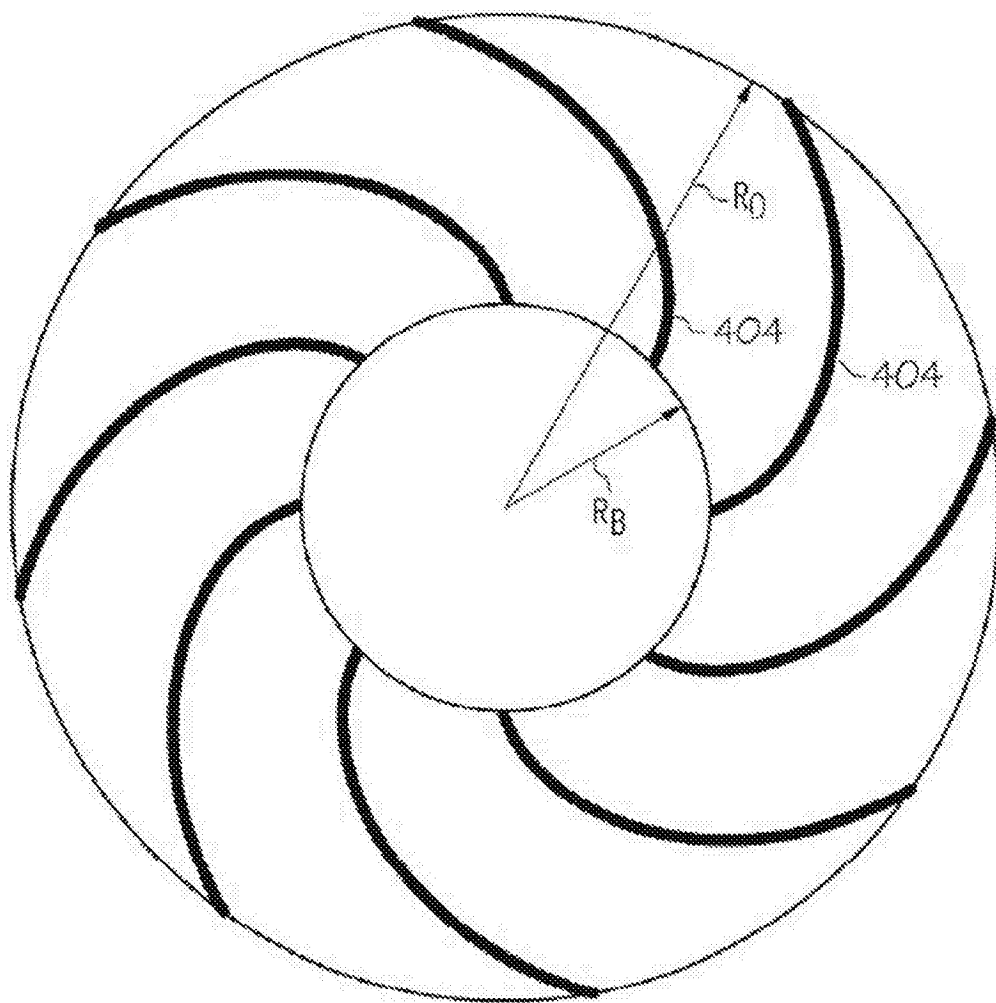


图7

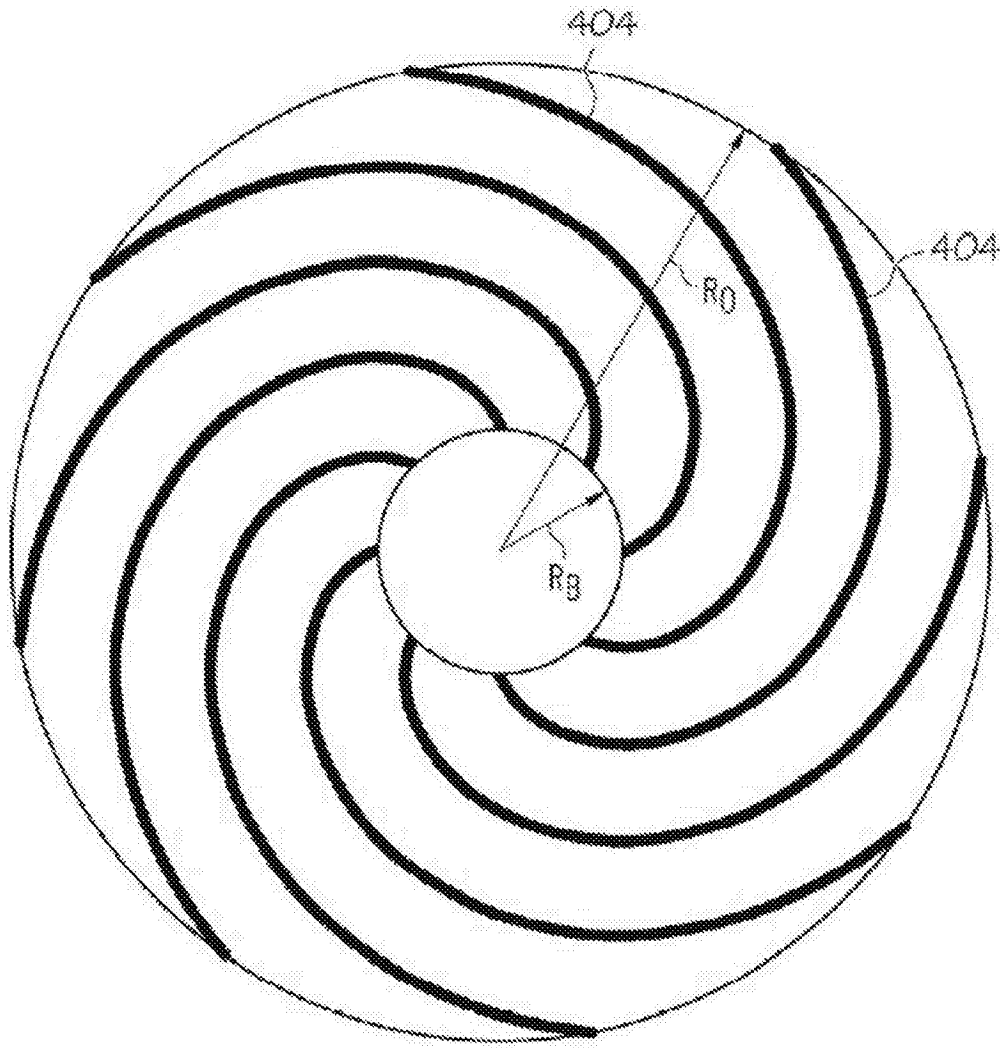


图8

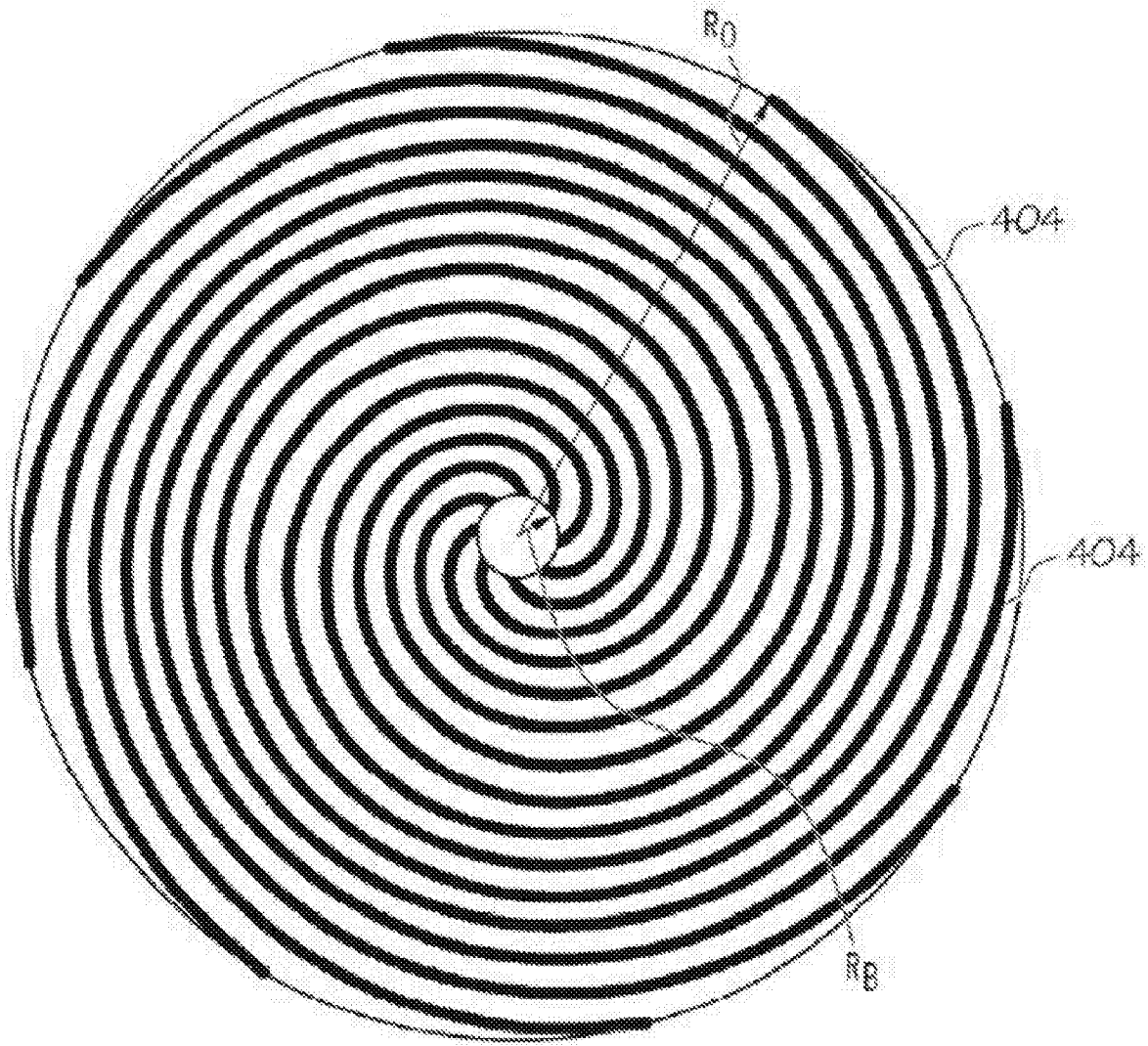


图9

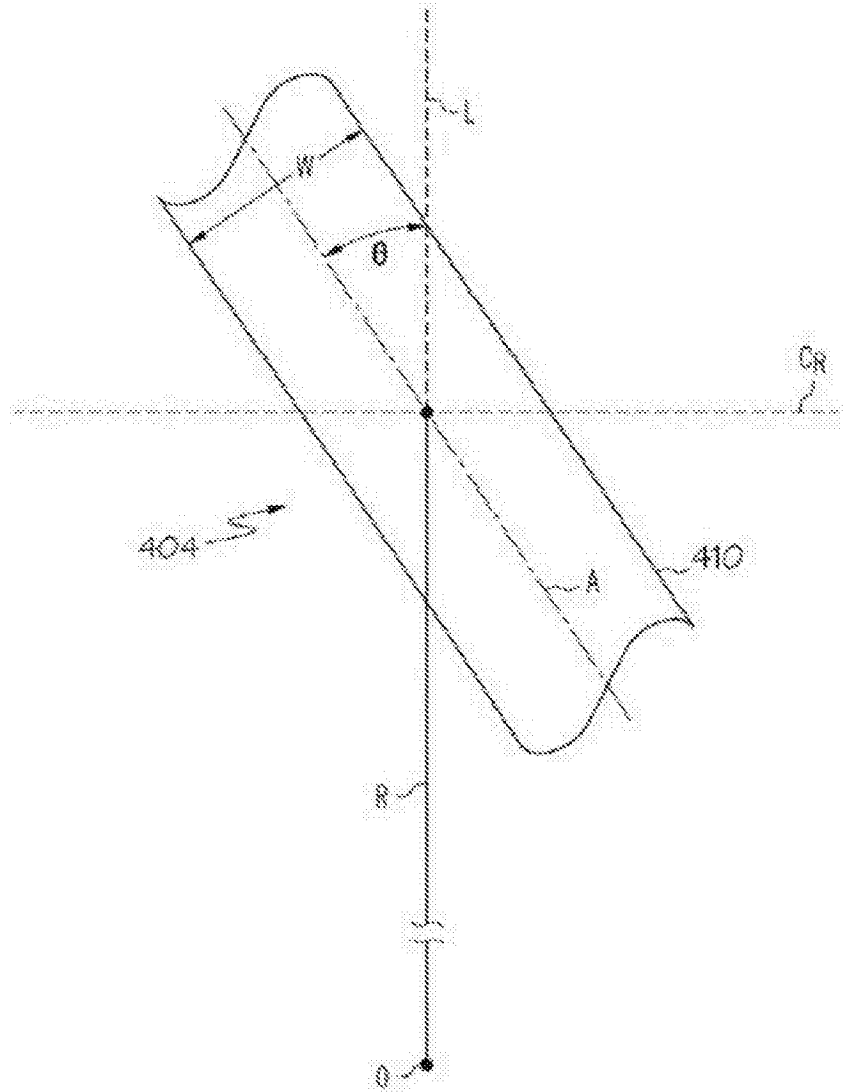


图10