



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101355032 B

(45) 授权公告日 2010.12.01

(21) 申请号 200810130056.3

US 5876268 A, 1999.03.02, 全文.

(22) 申请日 2008.07.24

审查员 彭丽娟

(30) 优先权数据

102007035266.4 2007.07.27 DE

(73) 专利权人 硅电子股份公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 J·施万德纳 T·布施哈尔特

R·考珀特 G·皮奇

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 过晓东

(51) Int. Cl.

H01L 21/304 (2006.01)

B24B 29/00 (2006.01)

C09G 1/02 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6006738 A, 1999.12.28, 全文.

US 5752875 A, 1998.05.19, 全文.

权利要求书 1 页 说明书 7 页

(54) 发明名称

用于抛光由半导体材料构成的基材的方法

(57) 摘要

本发明涉及用于抛光由半导体材料构成的基材的方法,该方法包括至少一个 A 型抛光步骤,所述基材借助该步骤在抛光布上被抛光,该抛光布包含粘结于抛光布中的磨料,其中在该抛光步骤中将抛光剂溶液施加至基材与抛光布之间;以及至少一个 B 型抛光步骤,所述基材借助该步骤在抛光布上被抛光,该抛光布包含粘结在抛光布中的磨料,其中在该抛光步骤中将包含非粘结的磨料的抛光剂浆料施加至基材与抛光布之间。

1. 用于抛光由半导体材料构成的基材的方法,其包括至少一个 A 型抛光步骤,所述基材借助该步骤在抛光布上被抛光,该抛光布包含粘结于抛光布中的磨料,其中在该抛光步骤中将抛光剂溶液施加至所述基材与所述抛光布之间;以及至少一个 B 型抛光步骤,所述基材借助该步骤在抛光布上被抛光,该抛光布包含粘结在抛光布中的磨料,其中在该抛光步骤中将包含非粘结的磨料的抛光剂浆料施加至所述基材与所述抛光布之间。

2. 如权利要求 1 的方法,其特征在于,所述 B 型抛光步骤在所述 A 型抛光步骤之前或之后实施。

3. 如权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于,所述 A 型抛光步骤和所述 B 型抛光步骤在同一抛光板上实施。

4. 如权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于,所述 A 型抛光步骤和所述 B 型抛光步骤在不同的抛光板上实施。

5. 如权利要求 1 或 2 的方法,其包括至少一个 C 型抛光步骤,所述基材借助该步骤用抛光布进行抛光,该抛光布中不粘结磨料,其中在该抛光步骤中将包含非粘结的磨料的抛光剂浆料施加至所述基材与所述抛光布之间。

6. 如权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于,所述抛光剂浆料包含元素铝、铈或硅的一种或更多种氧化物作为磨料。

7. 如权利要求 6 的方法,其特征在于,所述抛光剂浆料的固体含量为 0.25 至 20 重量%。

8. 如权利要求 6 的方法,其特征在于,所述抛光剂浆料包含氧化剂,而所述基材由锗组成或者包含锗。

9. 如权利要求 1 的方法,其特征在于,所述抛光剂溶液包含氧化剂,而所述基材由锗组成或者包含锗。

10. 如权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于,用开孔泡沫体将清洁剂分布在抛光布上,由此在抛光步骤中清洗抛光布。

11. 如权利要求 1 或 2 的方法,其特征在于,在 A 型或 B 型抛光步骤之后或者在这两个抛光步骤之后蚀刻或清洗所述基材。

用于抛光由半导体材料构成的基材的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于抛光由半导体材料构成的基材的方法,其包括至少两个不同的方法步骤。该方法的至少一个步骤为抛光步骤,借助该步骤将基材在抛光布上抛光,该抛光布包含粘结于抛光布中的磨料。

背景技术

[0002] WO 99/55491 A1 中描述了一种两步抛光法,其包括第一抛光步骤,其中将基材在抛光布上抛光,该抛光布包含粘结于抛光布中的磨料。其中使用该抛光布即“固结磨料抛光布 (fixed-abrasive pad)”的抛光步骤在下文中简称为 FAP 步骤。两步抛光法的随后第二抛光步骤是将基材在不包含粘结磨料的抛光布上的化学机械抛光。在此,将磨料以浆料 (Suspension) 的形式施加至基材与抛光布之间。该抛光步骤在下文中简称为 CMP 步骤。其用于根据 WO 99/55491 A1 的两步抛光法中尤其是为了除去 FAP 步骤在基材的抛光表面上留下的划痕。

[0003] EP 1 717 001 A1 是在抛光于表面上尚未形成元件结构的半导体晶片时也使用 FAP 步骤的一个实例。在抛光该半导体晶片时,首先是产生至少一个特别平的侧面,该侧面具有尽可能小的微观粗糙度和纳米形貌。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供由半导体材料构成的基材的改进的抛光方法,该方法尤其是开创了关于微观粗糙度的特别低的值。

[0005] 该目的是借助用于抛光由半导体材料构成的基材的方法实现的,该方法包括至少一个 A 型抛光步骤,所述基材借助该步骤在抛光布上被抛光,该抛光布包含粘结于抛光布中的磨料,其中在该抛光步骤中将抛光剂溶液施加至所述基材与抛光布之间;以及至少一个 B 型抛光步骤,所述基材借助该步骤在抛光布上被抛光,该抛光布包含粘结在抛光布中的磨料,其中在该抛光步骤中将包含非粘结的磨料的抛光剂浆料施加至所述基材与抛光布之间。

[0006] A 型和 B 型抛光步骤均为 FAP 步骤。它们的区别在于,在 B 型抛光步骤中,包含固体形式的非粘结的磨料的抛光剂浆料被施加至基材与抛光布之间,而在 A 型抛光步骤中,使用如术语已描述的不含固体的抛光剂溶液代替抛光剂浆料。术语抛光剂在下文中用作抛光剂浆料和抛光剂溶液的通称。

[0007] 磨料在抛光剂浆料中的比例优选为 0.25 至 20 重量%。磨料颗粒的粒径分布优选本质上为单一模式 (monomodal)。平均粒径为 5 至 300nm,更优选为 5 至 50nm。磨料由机械除去基材材料的材料组成,优选由元素铝、铈或硅的一种或更多种氧化物组成。特别优选为包含胶体分散的二氧化硅的抛光剂浆料。抛光剂浆料的 pH 值优选在 9 至 11.5 的范围内,并优选通过添加剂如碳酸钠 (Na_2CO_3)、碳酸钾 (K_2CO_3)、氢氧化钠 (NaOH)、氢氧化钾 (KOH)、氢氧化铵 (NH_4OH)、氢氧化四甲铵 (TMAH) 或这些化合物的任意混合物而加以调节。此外,抛光

剂浆料可以包含一种或更多种其他添加剂,例如表面活性添加剂,如润湿剂和表面活性剂,作为保护胶体的稳定剂、防腐剂、抗微生物剂、醇类和络合剂。

[0008] 在最简单的情况下抛光剂溶液是水,优选为具有半导体工业中常用纯度的去离子水(DIW)。但该抛光剂溶液也可包含化合物如碳酸钠(Na_2CO_3)、碳酸钾(K_2CO_3)、氢氧化钠(NaOH)、氢氧化钾(KOH)、氢氧化铵(NH_4OH)、氢氧化四甲铵(TMAH)或它们任意的混合物。在此情况下,抛光剂溶液的pH优选在10至12的范围内,所述化合物在抛光剂溶液中的比例优选为0.01至10重量%。此外,抛光剂溶液还可包含一种或更多种其他的添加剂,例如表面活性添加剂,如润湿剂和表面活性剂,作为保护胶体的稳定剂、防腐剂、抗微生物剂、醇类和络合剂。

[0009] 作为根据本发明进行抛光的基材,尤其是可以考虑由材料如硅、砷化镓、 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 、蓝宝石和碳化硅构成的半导体晶片。特别适合的基材是由硅构成的半导体晶片及其获得的基材。由硅构成的半导体晶片的待抛光的表面可以如下状态存在,将半导体晶片从晶体分离之后,研磨半导体晶片之后,磨削半导体晶片之后,蚀刻半导体晶片之后或者在已经抛光半导体晶片之后。由硅构成的半导体晶片获得的基材应理解为尤其是具有层结构的基材,例如具有通过外延沉积的层的半导体晶片、SOI 基材(“绝缘体上硅”)和 sSOI 基材(绝缘体上应变硅)及其中间产物。中间产物还包括供体半导体晶片,由该供体半导体晶片将层转移至其他基材上,尤其是在制备 SOI 基材的过程中。为了能够重复使用,必须磨平供体半导体晶片的相对粗糙的且在边缘区域内具有特征台阶的通过层转移而暴露的表面。待抛光的基材表面必须不或者必须不仅由硅组成。例如可为由 III-V 族化合物半导体如砷化镓组成的层或者由硅和锗($\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$)构成的合金。其他实例是由磷化铟、氮化镓和砷化铝镓构成的层。 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 层的表面的特征通常在于称作“网纹(cross hatch)”的由错位引起的图案,并且通常必须在可在其上沉积其他的一层或更多层之前进行磨平。

[0010] 若根据本发明抛光具有由锗或 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 构成的层的基材,则抛光剂浆料或抛光剂溶液或两者均可包含氧化剂作为其他添加剂。适合的氧化剂是过氧化氢(H_2O_2)和臭氧(O_3)。该添加剂将锗转化为水溶性化合物。不使用添加剂时,可以在抛光期间产生含锗的颗粒,其会划伤经抛光的表面。

[0011] 根据本发明的方法原则上可以双面抛光的形式进行。在此情况下,同时抛光半导体晶片的两面。但特别适合的应用范围是单面抛光。在此,大直径的基材,例如直径为300mm的由硅构成的半导体晶片,通常单独地进行抛光。借助抛光头,将它们以待抛光的侧面压在位于抛光板上的抛光布上。抛光头还包括侧面围绕着基材并防止基材在抛光期间从抛光头滑动的挡圈。在新型抛光头的情况下,将半导体晶片远离抛光布的侧面放置在传递所施加的抛光压力的弹性薄膜上。该薄膜是形成气垫或液垫的任选细分的室系统的组成部分。但抛光头还应用于用弹性支承(“衬垫”)代替薄膜的情况。通过在基材与抛光布之间加入抛光剂并旋转抛光头和抛光板从而抛光基材。在此情况下,还可额外将抛光头在抛光布上方平移,从而获得抛光布表面更广泛的应用。

[0012] 此外,根据本发明的方法同样可以在单板和多板抛光机上实施。优选使用具有优选两个或三个抛光板和抛光头的多板抛光机,从而可以同时抛光相应数量的基材。在此还可使用不同的抛光布和不同的抛光剂。

[0013] 在根据本发明的方法中,使用至少一种抛光布,该抛光布包含粘结于抛光布中的

磨料。适合的磨料包括例如元素铈、铝、硅、锆的氧化物颗粒以及硬质材料如碳化硅、氮化硼和金刚石的颗粒。特别适合的抛光布具有由复制的微结构产生的表面形貌。这些微结构（“柱”）例如具有圆柱形或多边形截面的柱体形状或者锥体或截锥形状。此类抛光布是可商购的，例如由美国 3M 公司提供。该抛光布的更详细的描述例如包含于 WO 92/13680A1 和 US 2005/227590 A1 中。

[0014] 根据本发明的方法均包括至少一个 A 型和 B 型抛光步骤。在这两个抛光步骤中均使用 FAP 布。这可以是同一抛光布，或者可以使用不同的抛光布。根据该方法的一个特别优选的实施方案，抛光在时间上细分为至少三个子步骤 1、2 和 3，其中将控制平均材料去除量 (MR) 的过程参数如抛光剂、抛光剂流量和抛光步骤持续时间以如下方式加以控制，子步骤 1 中的平均材料去除量多于子步骤 2，并且子步骤 2 中的平均材料去除量等于或大于子步骤 3。在子步骤 1、2 和 3 中，至少一个子步骤作为 A 型抛光步骤，而至少一个子步骤作为 B 型抛光步骤。子步骤 1 优选作为 A 型抛光步骤，子步骤 2 优选作为 B 型抛光步骤，而子步骤 3 作为 A 型抛光步骤或者作为 B 型抛光步骤。

[0015] 根据本发明的方法可以包括其他抛光步骤，例如 CMP 步骤，在此其称为 C 型抛光步骤。该抛光步骤优选在 A 型或 B 型抛光步骤之后实施。此外，例如可以使用碱性蚀刻剂和 / 或使用具有酸性 pH 的蚀刻剂，在 A 型或 B 型抛光步骤之后蚀刻或清洗基材。

[0016] 以下措施有助于降低微观粗糙度。一个优选的措施在于，在抛光的结束阶段，优选在将基材从抛光板提起之前的 5 至 300 秒，将抛光压力减少至少 10%，并以该降低的抛光压力继续抛光基材直至从抛光板提起。另一个优选的措施在于，通过用开孔泡沫体将清洁剂分布到抛光布上，从而用清洁剂清洗抛光布。这优选在原位进行，即在抛光基材期间。因为泡沫体不包含粘结于其中的磨料，所以布的清洗不同于布的整理 (Tuch-konditionierung)。原则上任何具有开放的泡孔结构 (Zellenstruktur) 的弹性塑料泡沫都是适合的，例如聚氨酯泡沫、聚乙烯醇泡沫、聚苯乙烯泡沫、聚硅氧烷泡沫、环氧树脂泡沫、脲甲醛泡沫、聚酰亚胺泡沫、聚苯并咪唑泡沫、基于酚醛树脂的泡沫、聚乙烯泡沫、聚丙烯泡沫、聚丙烯酸泡沫、聚酯泡沫和胶粘性泡沫。用于各个抛光步骤的抛光剂尤其适合作为清洁剂。

具体实施方式

[0017] 下面用优选的实施例更详细地阐述本发明，并借助对比实验陈述关于降低微观粗糙度的有利作用。

[0018] 该基材是直径为 300mm 的由硅构成的半导体晶片，其具有由组成为 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 的松弛型硅锗合金构成的上层。它们在 Strasbaugh 公司的 nHance6EG 型单面抛光机上进行抛光，随后清洗，干燥并送入经抛光的表面的检验过程。尤其是为开发工作设计的单晶片抛光机装配有一个抛光头和一个抛光板。抛光头万向安装，并包括一个覆盖有衬垫 (backing pad) 的固定基板和可移动的挡圈。通过基板中的孔可以在两个同心压力区，即内部区域和外部区域内形成气垫，在抛光期间基材浮于该气垫上。借助压缩风箱 (Druckluftbalg) 可以向可移动的挡圈施加压力，从而在与基材接触时预先拉紧抛光布并使其保持为平面。对于对比例和实施例，使用美国 3M 公司的 FAP 布，其具有粘结于其中的由氧化铈 (CeO_2) 构成的平均粒径为 $0.55 \mu\text{m}$ 的研磨颗粒。

[0019] 在第一实验系列中,第一对比例的半导体晶片和第一实施例的半导体晶片均实施三步抛光法,即抛光步骤 1、2 和 3。在对比例的情况下,抛光步骤 1、2 和 3 无例外地都是 A 型抛光步骤。与此不同,实施例的半导体晶片实施对应的抛光,其中抛光步骤 2 和 3 为 B 型。

[0020] 其他实验参数汇总于下表中。

[0021] 表 1

[0022]

抛光步骤 1	实施例	对比例
类型	A	A
抛光剂	K ₂ CO ₃ 溶液 (0.2 重量% K ₂ CO ₃)	K ₂ CO ₃ 溶液 (0.2 重量% K ₂ CO ₃)
抛光剂流量	3000ml/min	3000ml/min
持续时间	60 至 300 秒	60 至 300 秒
抛光压力	7psi (48.26kPa)	7psi (48.26kPa)
抛光步骤 2		
类型	B	A
抛光剂	Glanzox 3900 [*] (1 重量% SiO ₂)	DIW
抛光剂流量	350ml/min	350ml/min
持续时间	120 秒	120 秒
抛光压力	7psi (48.26kPa)	7psi (48.26kPa)
抛光步骤 3		
类型	B	A
抛光剂	Glanzox 3900 [*] (1 重量% SiO ₂)	DIW
抛光剂流量	350ml/min	350ml/min
持续时间	10 秒	10 秒
抛光压力	3.5psi (24.13kPa)	3.5psi (24.13kPa)

[0023] ^{*}Glanzox 3900 是日本 Fujimi 公司以浓缩物形式提供的抛光剂浆料的产品名。pH

为 10.5 的浓缩物包含约 9 重量%的平均粒径为 30 至 40nm 的胶体 SiO₂。表中给出的 SiO₂ 含量是基于抛光剂。

[0024] 在抛光后,半导体晶片进行清洗、干燥并检验剩余的微观粗糙度。在此,采用三种不同的测量方法。用美国 Chapman Instruments 的 MP2000 型相位对比表面光度仪测定 RMS 粗糙度 (“均方根, RMS”),考虑影响粗糙度值的不同的横向相关长度 (滤波器长度,“空间波长”)。此外,用美国 KLA-Tencor 的 Surfscan SP-1 在不同的检测器配置 (通道模式 :D = “暗场”;N = “窄”、W = “宽”;O = “倾斜”、N = “垂直”)的情况下测量暗场散射光 (“光雾 haze”)。第三测量法是在中心 10 μm×10 μm 的方形测量区上以及在距半导体晶片边缘 1mm 处的 AFM 测量 (“原子力显微镜”,AFM),其同样用于测定 RMS 粗糙度。

[0025] 测量结果汇总于表 2、3 和 4 中。

[0026] 表 2

[0027]

Chapman	抛光步骤 1 持续时间 [s]	RMS 粗糙度 [Angström]				MR [nm]
		250	80	30	10	
滤波器长度 [μm]		250	80	30	10	
实施例 1	60	1.17	0.81	0.51	0.19	210
实施例 1	150	1.13	0.79	0.49	0.18	280
实施例 1	270	0.92	0.61	0.38	0.15	450
实施例 2	270	0.72	0.45	0.27	0.11	420
对比例 1	60	11.59	8.92	5.47	1.78	190
对比例 1	160	7.69	5.62	3.28	1.07	270
对比例 1	300	5.79	4.24	2.47	0.80	460
对比例 2	300	3.97	3.05	1.92	0.66	520

[0028] 表 3

[0029]

SP-1	抛光步骤 1 持续时间 [s]	光雾 [ppm]			
		DWN	DNN	DWO	DNO
通道模式					
实施例 1	60	0.588	0.836	0.369	0.047
实施例 1	150	0.508	0.704	0.329	0.039
实施例 1	270	0.384	0.487	0.275	0.032
实施例 2	270	0.326	0.264	0.225	0.020
对比例 1	60	1.497	4.712	1.405	0.134
对比例 1	160	1.346	4.391	1.061	0.117
对比例 1	300	1.127	3.947	0.800	0.099
对比例 2	300	1.005	3.582	0.706	0.094

[0030] 表 4

[0031]

AFM	抛光步骤 1 持续时间 [s]	RMS 粗糙度 [Angström]	
		中心	距边缘 1 mm
位置			
实施例 1	60	1.25	1.11
实施例 1	150	1.24	1.08
实施例 1	270	1.05	0.93
实施例 2	270	0.98	0.77
对比例 1	60	3.72	2.23
对比例 1	160	2.06	1.69
对比例 1	300	2.22	1.50
对比例 2	300	1.81	1.35

[0032] 这些表显示,根据本发明进行抛光时,可以预期明显更低的“光雾”和 RMS 粗糙度值。

[0033] 第一实验系列(实施例 1 和对比例 1)的上述实验无需原位清洗抛光布。在第二实验系列(实施例 2 和对比例 2)中,将其他的同类半导体晶片以相同的方式进行抛光,区别在于使用浸透了作为清洁剂的抛光剂的由聚酯构成的开孔海绵额外进行抛光布的原位

清洗。在表 2、3 和 4 中指向这些实验的行表明,通过这些额外的措施可以进一步降低微观粗糙度。