

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97127951

※ 申請日期：97.7.23

※IPC 分類：H01L21/302 (2006.01)
C09G 1102 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/德文)

拋光由半導體材料所構成之基材的方法 /

VERFAHREN ZUM POLIEREN EINES SUBSTRATES AUS
HALBLEITERMATERIAL

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

世創電子材料公司 / SILTRONIC AG

代表人：(中文/英文)

1. 湯馬士 雷納 / RENNER, THOMAS
2. 渥夫甘 史陶達卻 / STAUDACHER, WOLFGANG

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國慕尼黑市 81737 漢斯-西德爾廣場 4 號 /

HANNS-SEIDEL-PLATZ 4, 81737 MÜNCHEN, GERMANY

國 籍：(中文/英文) 德國 / GERMANY

三、發明人：(共4人)

姓 名：(中文/英文)

1. 爵俊 史卡萬那 / SCHWANDNER, JÜRGEN
2. 湯馬士 布斯華 / BUSCHHARDT, THOMAS
3. 羅藍德 科波 / KOPPERT, ROLAND
4. 喬治 皮斯卡 / PIETSCH, GEORG

國 籍：(中文/英文) 均為 德國 / GERMANY

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

德國 2007 年 7 月 27 日 102007035266.4

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及一種拋光由半導體材料所構成之基材的方法，其包括至少兩個不同的方法步驟。該方法的至少一個步驟為拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結於該拋光墊中的磨料。

【先前技術】

WO 99/55491 A1 中描述了一種兩階段拋光法，其包括一第一拋光步驟，其中將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結於該拋光墊中的磨料。其中使用此種拋光墊即「固定研磨墊 (fixed-abrasive pad)」的拋光步驟在下文中簡稱為 FAP 步驟。隨後的兩階段拋光法中的第二拋光步驟，是在一不包含經黏結的磨料的拋光墊上化學機械拋光該基材。在此，將磨料以漿料 (slurry) 的形式施加至該基材與該拋光墊之間。此拋光步驟在下文中簡稱為 CMP 步驟。其用於根據 WO 99/55491 A1 的兩階段拋光法中，尤其是為了除去 FAP 步驟在該基材的經拋光表面上所留下的刮痕。

EP 1 717 001 A1 是當將表面上尚未形成任何元件結構的半導體晶圓拋光時，也使用 FAP 步驟的一個實例。在該半導體晶圓之拋光期間，首先重要的是產生至少一個側面，該側面係特別平的且具有盡可能小的微觀粗糙度和奈米形貌 (nanotopography)。

【發明內容】

本發明的目的是提供由半導體材料所構成之基材的經改進的拋光方法，該方法尤其是開創了關於微觀粗糙度的特低值。

該目的是借助一種拋光由半導體材料所構成之基材的方法實現的，該方法包括至少一個 A 型拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結於該拋光墊中的磨料，其中在該拋光步驟中將一拋光劑溶液施加至該基材與該拋光墊之間；以及至少一個 B 型拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結在該拋光墊中的磨料，其中在該拋光步驟中將一包含未經黏結的磨料的拋光劑漿料施加至該基材與該拋光墊之間。

A 型和 B 型拋光步驟均為 FAP 步驟。它們的區別在於，在 B 型拋光步驟中，將一包含固體形式的未經黏結的磨料的拋光劑漿料施加至該基材與該拋光墊之間，而在 A 型拋光步驟中，使用一種如術語本身已說明的拋光劑溶液（即不含固體）代替拋光劑漿料。術語拋光劑在下文中用作拋光劑漿料和拋光劑溶液的通稱。

磨料在拋光劑漿料中的比例較佳為 0.25 至 20 重量%。較佳地，磨料顆粒的粒徑分佈本質上為單峰模式（monomodal）。平均粒徑為 5 至 300 奈米，特別佳為 5 至 50 奈米。磨料包含一機械性除去基材材料的材料，較佳為元素鋁、銻或矽的一種或多種氧化物。特別佳的為包含膠體分散的矽酸的拋光劑漿料。拋光劑漿料的 pH 值較佳在 9 至 11.5 的範圍內，且較佳地藉由添加劑如碳酸鈉（ Na_2CO_3 ）、碳酸鉀（ K_2CO_3 ）、氫氧化鈉（ NaOH ）、氫氧化鉀（ KOH ）、氫氧化銨（ NH_4OH ）、氫氧化四甲銨（ TMAH ）或這些

化合物的任意混合物而加以調整。此外，該拋光劑漿料可包含一或多種其他添加劑，例如表面活性添加劑，如潤濕劑和表面活性劑，作為保護膠體的穩定劑、防腐劑、除生物劑、醇類和錯合劑。

在最簡單的情況下拋光劑溶液是水，較佳為具有半導體工業中慣用純度的去離子水 (DIW)。但該拋光劑溶液也可包含化合物如碳酸鈉 (Na_2CO_3)、碳酸鉀 (K_2CO_3)、氫氧化鈉 (NaOH)、氫氧化鉀 (KOH)、氫氧化銨 (NH_4OH)、氫氧化四甲銨 (TMAH) 或其任意的混合物。在此情況下，拋光劑溶液的 pH 較佳在 10 至 12 的範圍內，且所提及的化合物在拋光劑溶液中的比例較佳為 0.01 至 10 重量%。此外，拋光劑溶液還可包含一或多種其他的添加劑，例如表面活性添加劑，如潤濕劑和表面活性劑，作為保護膠體的穩定劑、防腐劑、除生物劑、醇類和錯合劑。

根據本發明進行拋光的合適基材尤其包含由材料如矽、砷化鎵、 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 、藍寶石和碳化矽所構成的半導體晶圓。特別適合的基材是由矽所構成的半導體晶圓及由其所衍生的基材。由矽所構成的半導體晶圓之待拋光的表面可在如下狀態中呈現：產生於半導體晶圓從一晶體分離之後、研磨 (lapping) 半導體晶圓之後、磨光 (grinding) 半導體晶圓之後，蝕刻半導體晶圓之後或者在半導體晶圓拋光已產生作用之後。由一矽所構成的半導體晶圓所衍生的基材應理解為尤其是具有一層結構的基材，例如具有一借助磊晶法所沉積的層的半導體晶圓、SOI 基材 (「絕緣層上覆矽」) 和 sSOI 基材 (絕緣層上覆應變矽) 及其中間產物。該中間產物還包括施體半導體晶圓，由該施體半導體晶圓將層轉移至其他基材

上，尤其是在生產 SOI 基材的過程中。為了能夠重複使用，必須磨平該施體半導體晶圓之藉由層轉移而暴露的表面，該表面係相對粗糙且在邊緣區域內具有一特徵步驟。待拋光的基材表面不須或者不僅由矽組成。例如可涉及由如砷化鎵之 III-V 族化合物半導體或由矽和鍺 ($\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$) 所構成的合金所組成之層。其他實例是由磷化銻、氮化鎵和砷化鋁鎵所構成的層。 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 層表面的特徵通常在於一稱作「交叉線 (cross hatch)」的由錯位所引起的圖案，並且一般必須在其上可沉積一或更多其他層之前進行磨平。

若根據本發明拋光具有由鍺或 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ 構成的層的基材，則拋光劑漿料或拋光劑溶液或兩者均可包含一氧化劑作為其他添加劑。適合的氧化劑是過氧化氫 (H_2O_2) 和臭氧 (O_3)。該添加劑將鍺轉化為水溶性化合物。不使用添加劑時，可以在拋光期間產生含鍺的顆粒，且其會刮傷經拋光的表面。

根據本發明的方法原則上可以雙面拋光的形式進行。在此情況下，同時拋光半導體晶圓的兩面。但特別適合的應用範圍是單面拋光。在此情況下，大直徑的基材，例如直徑為 300 毫米的由矽所構成的半導體晶圓，通常係單獨地進行拋光。借助於拋光頭，將其待拋光的側面壓在該位於拋光板上的拋光墊上。拋光頭還包括側向圍住基材並防止基材在拋光期間從拋光頭滑動的固定環。在新型拋光頭的情況下，將遠離拋光墊的半導體晶圓的側面壓在一傳遞所施加的拋光壓力的彈性薄膜上。該薄膜是形成一氣墊或液墊的可經細分的室系統的組成部分。但拋光頭亦可用於使用彈性支撐物（「襯墊」）代替薄膜的情況。利用在基材與拋光墊之間

加入拋光劑並旋轉拋光頭和拋光板從而拋光基材。在此情況下，拋光頭一開始還可在拋光墊上方變換移動，從而可更廣泛地使用該拋光墊區域。

此外，根據本發明的方法同樣可以在單板和多板拋光機上實施。較佳的是使用較佳具有兩個或三個拋光板和拋光頭的多板拋光機，如此可同時拋光相應數量的基材。在此還可使用不同的拋光墊和不同的拋光劑。

根據本發明的方法使用至少一拋光墊，該拋光墊包含一經黏結於該拋光墊中的磨料。適合的磨料包括例如元素鈾、鋁、矽、鎢的氧化物顆粒以及硬質材料如碳化矽、氮化硼和鑽石的顆粒。特別適合的拋光墊具有一由經複製的微結構所產生的表面形貌。例如，這些微結構（「柱」）具有圓柱形或多邊形截面的柱體形狀或者錐體或截錐體的形狀。此類拋光墊是可商購的，例如由美國 3M 公司提供。該拋光墊的更詳細描述例如包含於 WO 92/13680 A1 和 US 2005/227590 A1 中。

根據本發明的方法在各個情況中包括至少一個 A 型和 B 型拋光步驟。在這兩個拋光步驟中均使用 FAP 墊。這可以是同一拋光墊，或者可使用不同的拋光墊。根據該方法的一個特別佳的實施方案，拋光在時間上細分為至少三個子步驟 1、2 和 3，其中將以如下方式控制平均材料去除量（MR）的過程參數如拋光劑、拋光劑流率和拋光步驟持續時間，而使子步驟 1 中的平均材料去除量多於子步驟 2，並且子步驟 2 中的平均材料去除量等於或多於子步驟 3。在子步驟 1、2 和 3 中，至少一個子步驟經配置為 A 型拋光步

驟，而至少一個子步驟經配置為 B 型拋光步驟。子步驟 1 較佳地作為 A 型拋光步驟，子步驟 2 較佳地作為 B 型拋光步驟，而子步驟 3 作為 A 型拋光步驟或者作為 B 型拋光步驟。

根據本發明的方法可包括其他拋光步驟，例如 CMP 步驟，在此其稱為 C 型拋光步驟。該拋光步驟較佳係在 A 型或 B 型拋光步驟之後實施。此外，例如可使用一鹼性蝕刻劑和/或使用一具有酸性 pH 的蝕刻劑，在 A 型或 B 型拋光步驟之後蝕刻或清洗基材。

以下措施有助於降低微觀粗糙度。一個較佳的措施在於，在拋光的結束階段，較佳係在將基材從拋光板提起之前的 5 至 300 秒，將拋光壓力減少至少 10%，並以該經降低的拋光壓力繼續拋光基材直至從拋光板提起。另一個較佳的措施在於，借助於開孔泡沫體將清潔劑分佈在拋光墊上，從而用清潔劑清洗拋光墊。這較佳是在原位完成，即在拋光該基材的期間。鑑於泡沫體不包含任何經黏結於其中的磨料的優點，墊的清洗不同於墊的調整 (conditioning)。原則上任何具有開放式單元 (open cell) 結構的彈性塑膠泡沫都是適合的，例如聚胺酯泡沫、聚乙烯醇泡沫、聚苯乙烯泡沫、聚矽氧泡沫、環氧泡沫、脲-甲醛泡沫、聚醯亞胺泡沫、聚苯並咪唑泡沫、基於酚醛樹脂的泡沫、聚乙烯泡沫、聚丙烯泡沫、聚丙烯酸泡沫、聚酯泡沫和黏膠液泡沫。用於各個拋光步驟的拋光劑尤其適合作為清潔劑。

【實施方式】

下面用較佳的具體實施方式更詳細地闡述本發明，並借助比較實驗陳述其關於降低微觀粗糙度的有利作用。

該基材是直徑為 300 毫米的由矽所構成的半導體晶圓，其具有一由組成為 $\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 的鬆弛型矽鍺合金所構成的上層。它們在 Strasbaugh 公司的 nHance 6EG 型單面拋光機上進行拋光，隨後清洗，乾燥並送入檢驗該經拋光表面的階段中。尤其是為開發工作所配置的單個晶圓拋光機裝配有一個拋光頭和一個拋光板。萬向地安裝該拋光頭，並包括一個覆蓋有襯墊 (backing pad) 的固定基板和一個可移動的固定環。經由基板中的孔可以在兩個同心壓力區，即內部區域和外部區域內形成氣墊，在拋光期間該基材浮於該氣墊上。借助壓縮空氣風箱 (bellows) 可向該可移動的固定環施加壓力，從而在與基材接觸時預先拉緊拋光墊並使其保持為平面。對於比較實例和具體實施方式，使用美國 3M 公司的 FAP 墊，其具有經黏結於其中且平均粒徑為 0.55 微米的氧化鈾 (CeO_2) 研磨顆粒。

在第一實驗系列中，第一比較實例的半導體晶圓和第一具體實施方式的半導體晶圓均進行三階段拋光法，即拋光步驟 1、2 和 3。在比較實例的情況下，拋光步驟 1、2 和 3 無例外地都是 A 型拋光步驟。相反的，具體實施方式的半導體晶圓進行對應的拋光，其中拋光步驟 2 和 3 為 B 型拋光步驟。

其他實驗參數匯總於下表中。

表 1

拋光步驟 1	具體實施方式	比較實例
類型	A	A

拋光劑	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)
拋光劑流率	3000 毫升/分鐘	3000 毫升/分鐘
持續時間	60 至 300 秒	60 至 300 秒
拋光壓力	7 磅/平方英吋 (48.26 千帕)	7 磅/平方英吋 (48.26 千帕)
拋光步驟 2		
類型	B	A
拋光劑	Glanzox 3900 ^{*)} (1 重量% SiO ₂)	DIW
拋光劑流率	350 毫升/分鐘	350 毫升/分鐘
持續時間	120 秒	120 秒
拋光壓力	7 磅/平方英吋 (48.26 千帕)	7 磅/平方英吋 (48.26 千帕)
拋光步驟 3		
類型	B	A
拋光劑	Glanzox 3900 ^{*)} (1 重量% SiO ₂)	DIW
拋光劑流率	350 毫升/分鐘	350 毫升/分鐘
持續時間	10 秒	10 秒
拋光壓力	3.5 磅/平方英吋 (24.13 千帕)	3.5 磅/平方英吋 (24.13 千帕)

*) Glanzox 3900 是日本 Fujimi 公司以濃縮物形式提供的拋光劑漿料的產品名。pH 為 10.5 的濃縮物包含約 9 重量%的平均粒徑為 30 至 40 奈米的膠體 SiO₂。表中所顯示的 SiO₂ 含量是基於拋光劑所計。

在拋光後，半導體晶圓進行清洗、乾燥並檢驗殘留的微觀粗糙度。在此情況下，採用三種不同的測量方法。用美國 Chapman Instruments 的 MP2000 型之相位對比表面測平儀測定 RMS 粗糙度（「均方根，RMS」），考慮影響粗糙度值的各種橫向相關長度（濾波器長度，「空間波長」）。此外，用美國 KLA-Tencor 的 Surfscan SP-1 在各種檢測器配置（通道模式：D=「暗視野」；N=「窄」、W=「寬」；O=「傾斜」、N=「垂直」）的情況下測量暗視野散射光（「濁度，haze」）。第三測量法是在中心處 10 微米 × 10 微米的方形測量區上以及在距半導體晶圓邊緣 1 毫米處的 AFM 測量（「原子力顯微鏡」，AFM），其同樣用於測定 RMS 粗糙度。

測量結果總結於表 2、3 和 4 中。

表 2

Chapman	拋光步驟 1 持續時間 [秒]	RMS 粗糙度[埃]				MR [奈 米]
		250	80	30	10	
濾波器長度 [微米]		250	80	30	10	
具體實施方式 1	60	1.17	0.81	0.51	0.19	210
具體實施方式 1	150	1.13	0.79	0.49	0.18	280

具體實施方式 1	270	0.92	0.61	0.38	0.15	450
具體實施方式 2	270	0.72	0.45	0.27	0.11	420
比較實例 1	60	11.5 9	8.92	5.47	1.78	190
比較實例 1	160	7.69	5.62	3.28	1.07	270
比較實例 1	300	5.79	4.24	2.47	0.80	460
比較實例 2	300	3.97	3.05	1.92	0.66	520

表 3

SP-1	拋光步驟 1 持續時間 [秒]	濁度 [百萬分之一]			
		DWN	DNN	DWO	DNO
通道模式		DWN	DNN	DWO	DNO
具體實施方式 1	60	0.588	0.836	0.369	0.047
具體實施方式 1	150	0.508	0.704	0.329	0.039
具體實施方式 1	270	0.384	0.487	0.275	0.032
具體實施方式 2	270	0.326	0.264	0.225	0.020
比較實例 1	60	1.497	4.712	1.405	0.134
比較實例 1	160	1.346	4.391	1.061	0.117
比較實例 1	300	1.127	3.947	0.800	0.099
比較實例 2	300	1.005	3.582	0.706	0.094

表 4

AFM	拋光步驟 1 持續時間 [秒]	RMS 粗糙度 [埃]	
		中心處	距邊緣 1 毫米處
具體實施方式 1	60	1.25	1.11
具體實施方式 1	150	1.24	1.08
具體實施方式 1	270	1.05	0.93
具體實施方式 2	270	0.98	0.77
比較實例 1	60	3.72	2.23
比較實例 1	160	2.06	1.69
比較實例 1	300	2.22	1.50
比較實例 2	300	1.81	1.35

這些表顯示，如果根據本發明進行拋光，可預期明顯較低的「濁度」和 RMS 粗糙度值。

第一實驗系列（具體實施方式 1 和比較實例 1）的上述實驗在沒有原位清洗拋光墊的情況下實施。在第二實驗系列（具體實施方式 2 和比較實例 2）中，將相同類型的其他半導體晶圓以相同的方式進行拋光，除了額外使用聚酯所構成的開孔海綿進行拋光墊的原位清洗，且該開孔海綿係以作為清潔劑的拋光劑加以浸漬。在顯示這些實驗結果的表 2、3 和 4 中所清楚表達的是，可借助這些額外的措施進一步降低微觀粗糙度。

【圖式簡單說明】

【主要元件符號說明】

五、中文發明摘要：

本發明涉及一種拋光由半導體材料所構成之基材的方法，該方法包括至少一個 A 型拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結 (bonded) 於該拋光墊中的磨料，其中在該拋光步驟中將一拋光劑溶液施加至該基材與該拋光墊之間；以及至少一個 B 型拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結在該拋光墊中的磨料，其中在該拋光步驟中將一包含未經黏結的磨料的拋光劑漿料施加至該基材與該拋光墊之間。

六、英文發明摘要：(案件名稱：VERFAHREN ZUM POLIEREN EINES SUBSTRATES AUS HALBLEITERMATERIAL)

The invention relates to a method for polishing a substrate composed of semiconductor material, comprising at least one polishing step of type A, by means of which the substrate is polished on a polishing pad containing an abrasive material bonded in the polishing pad, wherein a polishing agent solution is introduced between the substrate and the polishing pad during the polishing step; and at least one polishing step of type B, by means of which the substrate is polished on a polishing pad containing an abrasive material bonded in the polishing pad, wherein a polishing agent slurry containing unbonded abrasive material introduced between the substrate and the polishing pad during the polishing step.

十、申請專利範圍：

1. 一種拋光由半導體材料所構成之基材的方法，其包括至少一個 A 型拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結（bonded）於該拋光墊中的磨料，其中在該拋光步驟中將一拋光劑溶液施加至該基材與該拋光墊之間；以及至少一個 B 型拋光步驟，借助該步驟將該基材在一拋光墊上拋光，該拋光墊包含一經黏結在該拋光墊中的磨料，其中在該拋光步驟中將一包含未經黏結的磨料的拋光劑漿料施加至該基材與該拋光墊之間。
2. 如請求項 1 的方法，其中該 B 型拋光步驟在該 A 型拋光步驟之前或之後實施。
3. 如請求項 1 或 2 的方法，其中該 A 型拋光步驟和該 B 型拋光步驟在同一拋光板上實施。
4. 如請求項 1 或 2 的方法，其中該 A 型拋光步驟和該 B 型拋光步驟在不同的拋光板上實施。
5. 如請求項 1 或 2 的方法，其包括至少一個 C 型拋光步驟，借助該步驟將該基材用一拋光墊進行拋光，該拋光墊中無經黏結的磨料，其中在該拋光步驟中將一包含未經黏結的磨料的拋光劑漿料施加至該基材與該拋光墊之間。
6. 如請求項 1 或 2 的方法，其中該拋光劑漿料包含元素鋁、銻或矽的一或多種氧化物作為磨料。
7. 如請求項 6 的方法，其中該拋光劑漿料的固體含量為 0.25 至 20 重量%。

8. 如請求項 6 的方法，其中該拋光劑漿料包含一氧化劑，而該基材由鍺組成或者包含鍺。
9. 如請求項 7 的方法，其中該拋光劑漿料包含一氧化劑，而該基材由鍺組成或者包含鍺。
10. 如請求項 1 的方法，其中該拋光劑溶液包含一氧化劑，而該基材由鍺組成或者包含鍺。
11. 如請求項 1 或 2 的方法，其中用開放孔泡沫體將一清潔劑分佈在該拋光墊上，由此在拋光步驟中清洗該拋光墊。
12. 如請求項 1 或 2 的方法，其中在 A 型或 B 型拋光步驟之後或者在這兩個拋光步驟之後蝕刻或清洗該基材。

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：(無)

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無)

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)