

發明專利說明書

公告本

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92121695

※申請日期：92年08月07日

※IPC分類：H01L 21/3065

壹、發明名稱：

(中) 蝕刻法中用於硬化光阻之方法與組合物

(外) Method and compositions for hardening photoresist in etching processes

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 泛林股份有限公司

(英) LAM RESEARCH CORPORATION

代表人：(中) 1. 傑弗瑞 布魯克斯

(英) 1. BROOKS, JEFFREY J.

地址：(中) 美國加州·費蒙特·顧盛公園路四六五〇號

(英) 4650 Cushing Parkway, Fremont, CA 94538- 6470, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

參、發明人：(共 3 人)

1. 姓名：(中) 尤森 泰勒

(英) TAYLOR, YOUSUN KIM

地址：(中) 美國加州聖大克拉瑞夏姆洛克大道一七一五號

(英) 1715 Shamrock Avenue, Santa Clara, CA 95051, U.S.A.

2. 姓名：(中) 溫蒂 古耶

(英) NGUYEN, WENDY

地址：(中) 美國加州聖荷西瑞斯莫斯圓環三一四四號

(英) 3144 Rasmus Circle, San Jose, CA 95148, U.S.A.

3. 姓名：(中) 克里斯 李

(英) LEE, CHRIS G.N.

地址：(中) 美國加州奧克蘭市艾特肯路六八四八號

(英) 6848 Aitken Drive, Oakland, CA 94611, U.S.A.

肆、聲明事項：

發明專利說明書

公告本

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92121695

※申請日期：92年08月07日

※IPC分類：H01L 21/3065

壹、發明名稱：

(中) 蝕刻法中用於硬化光阻之方法與組合物

(外) Method and compositions for hardening photoresist in etching processes

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 泛林股份有限公司

(英) LAM RESEARCH CORPORATION

代表人：(中) 1. 傑弗瑞 布魯克斯

(英) 1. BROOKS, JEFFREY J.

地址：(中) 美國加州·費蒙特·顧盛公園路四六五〇號

(英) 4650 Cushing Parkway, Fremont, CA 94538- 6470, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

參、發明人：(共 3 人)

1. 姓名：(中) 尤森 泰勒

(英) TAYLOR, YOUSUN KIM

地址：(中) 美國加州聖大克拉瑞夏姆洛克大道一七一五號

(英) 1715 Shamrock Avenue, Santa Clara, CA 95051, U.S.A.

2. 姓名：(中) 溫蒂 古耶

(英) NGUYEN, WENDY

地址：(中) 美國加州聖荷西瑞斯莫斯圓環三一四四號

(英) 3144 Rasmus Circle, San Jose, CA 95148, U.S.A.

3. 姓名：(中) 克里斯 李

(英) LEE, CHRIS G.N.

地址：(中) 美國加州奧克蘭市艾特肯路六八四八號

(英) 6848 Aitken Drive, Oakland, CA 94611, U.S.A.

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2002/08/14 ; 10/219,995 ☒ 有主張優先權

(1)

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明大體上與蝕刻晶圓有關，尤其有關在製造半導體裝置時用於蝕刻晶圓之方法及組合物。

【先前技術】

微影術於半導體裝置之製造中廣泛用以將光阻材料圖案化。期望使用短波長之光進行微影術，以縮小設計尺度，而製造更小型之半導體裝置。例如，使用氟化氬（ArF）光源之193奈米微影術可用以得到0.1微米至0.07微米尺寸。於一晶圓上配置光阻材料圖案之後，可蝕刻該晶圓之經曝光之層。

以往已使用許多不同之化學物質及化學物質組合物，於蝕刻晶圓之電漿中提供活性物質。該蝕刻劑氣體之組成、欲蝕刻之材料、及電漿處理裝置（於其中進行蝕刻）的操作條件之間存有複雜之相互關係。不同種類之電漿可對欲處理之晶圓提供不同之效果。先前技術使用溴化氫作為蝕刻劑，以蝕刻晶圓中之多晶矽層，該電漿中之溴物質可蝕刻該多晶矽材料。

然而，蝕刻會有自晶圓製造裝置之過程產生有害影響。例如，該光阻材料本身實質上會被移除，而曝露出光阻原本要保護的區域。蝕刻劑亦會使光阻材料變形或扭曲，而使得蝕刻所產生之特徵產生變形。例如，所需之直軌特徵原可藉光阻材料明確界定。然而，以蝕刻界定實際

(2)

軌道會因爲光阻材料被蝕刻機制所扭曲及變形，而實際形成波浪狀軌道。無法控制欲蝕刻之特徵的形狀在最差情況下會導致裝置損壞，或至少會導致不可複製性。

綜觀前文，期望可使用短波長光阻材料以界定特徵，而此特徵係完全藉蝕刻方法複製。

【發明內容】

本發明揭示一種蝕刻晶圓之方法，該晶圓上具有光阻材料圖案。該方法係包括使用含有溴之電漿以固化該光阻材料。隨之進行晶圓之蝕刻。

亦揭示一種固化位於晶圓上之光阻材料圖案的方法。該方法係包括提供含有溴之電漿。該光阻材料係曝露於該電漿下。晶圓位於光阻材料下方之層不被蝕穿。

一種包含溴之電漿組合物，於高密度電漿處理裝置中用以固化位於晶圓上之光阻材料。

亦揭示一種蝕刻晶圓之方法，該晶圓上具有光阻材料圖案。該方法係包括提供蝕刻劑組合物。該蝕刻劑組合物係生成可蝕刻晶圓位於該光阻材料下方之層的電漿。亦提供一種含有溴之電漿。該含有溴之電漿可硬化該光阻材料。

亦揭示一種用於蝕刻晶圓之組合物，該晶圓上具有光阻材料圖案。該組合物係包含氟碳化物或氟化烴及含溴之分子。

(3)

【實施方式】

現在參照圖 1 及 2 描述本發明實施例。圖 1 出示在半導體裝置製造期間之一階段透視晶圓的示意剖面圖。欲於該裝置中製造之特徵係藉 193 奈米光阻材料 102 界定。此情況下，使用 193 奈米光阻材料表示可藉波長 193 奈米之輻射圖案化之光阻材料。適用之該種材料係包括 Sumitomo Corporation 商標 PAR 707、PAR 723 及 PAR 710 之脂環族甲基丙烯酸酯（丙烯酸酯）。其他適用之 193 奈米光阻材料係包括 JSR Corporation, Shipley Company, LLC 及 Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd. 所提供之環狀烯烴/順丁烯二酐（COMA）等。光阻特徵 102 約 2600Å 厚。該 193 奈米光阻材料之厚度一般係介於約 2200Å 及 3300Å 之間。可使用技術界已知之感光成像方法產生該光阻特徵，形成光阻罩幕。

光阻特徵 102 係位於防反射塗層（“ARC”）（一般約 300 及 800Å 之間）上。該 ARC 係包括底層防反射塗層（BARC），一般係為與光阻材料相同而以烴為底質的材料。該晶圓 100 係包括硬罩幕層 106，其可由氮化矽（SiN）製得，一般約 500 至 2000Å 厚。或該硬罩幕層可為 TEOS（羥基矽酸四乙酯）、二氧化矽、或前述材料之複合物。可視情況包括鎢（W）層 108 及氮化鎢（WN）層 110 以改善裝置速度，後續有多晶矽材料層 112。矽基材 116 上包括閘極氧化物薄層 114。該晶圓基材係為製造 EDRAM 或 DRAM 裝置時之中間產物。

(4)

該光阻材料 102 界定一軌道特徵，其欲藉晶圓之蝕刻而於晶圓上增長，如虛線 118，120 所示。該光阻材料進行圖案化而產生之特徵係視晶片之設計而定。可藉光阻材料界定不同類型之特徵。例如，該光阻材料可界定一孔洞或「T」或「U」形特徵。圖 2 顯示說明可蝕刻該特徵之方法 200 的流程圖。該方法可使用可產生高密度電漿之任何電漿蝕刻工具或裝置進行。適當之工具係包括 TCP 族電漿處理裝置，如 Lam Research Corporaion of Fremont, CA 所提供。Applied Materials, Inc 所提供之 DPS 族工具及其類者、Tokyo Electron Limited 所提供之 SCCM 工具及 Hitachi Ltd 所提供之 ECR 族工具亦適用。

該方法 200 基本上係為雙階法。第一個步驟中，該光阻材料 102 係經硬化或經安定化，而不明顯蝕刻該晶圓。後續步驟中，該晶圓係實際經蝕刻，以刻意移除位於底層而未被光阻材料保護之材料。藉含有溴之電漿移除之任何材料並非特意（或應不足以）移除位於該光阻材料層底下之整層晶圓。該主要蝕刻步驟係蝕刻其中界定有欲蝕刻之結構特徵的晶圓層。

該方法開始 210 時，將含有溴之氣體導入裝置 212 之電漿處理艙內。此實施例中，該含有溴之氣體係為溴化氫（HBr）。該電漿處理工具係於艙內激發高密度電漿並使其持續 214 的條件下操作。高密度電漿視為密度大於約 1×10^{10} 離子/厘米³ 之電漿。該高密度電漿可具有約 1×10^{10} 至 1×10^{13} 離子/厘米³ 範圍內之密度。該光阻材料

(5)

曝露於電漿，電漿中之含溴物質使該光阻材料 216 固化，使其較硬且較具物理耐用性。高密度電漿係以在低壓及高功率下操作之電漿處理裝置使用於光阻固化、主要蝕刻前步驟 216 中。該固化步驟中之 HBr 不會使晶圓明顯蝕刻，而是強化該光阻材料 102。雖然溴化氫係為供電漿使用之溴物質的較佳來源，但固化電漿中可使用其他含有溴之分子，諸如 SiBr_4 、 CH_3Br 、 Br_2 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ 及含有溴之高級烴。而且，雖然該電漿以純 HBr 為佳，但電漿氣體混合物中可包括其他分子，諸如惰性氣體。用於固化之混合物以不含有有效量之活性蝕刻劑（諸如烴及含有氟之分子）為佳。

適於 HBr 固化步驟之操作條件的實例係為電漿處理腔壓約 5mT，功率 1200W，施加於卡盤電極之偏壓實質為 0，HBr 氣體流速為 100sccm（每分鐘之標準立方厘米），且固化約 60 秒。

固化步驟期間實質上未移除任何材料為佳。然而，在主要蝕刻之前，會在固化步驟期間於某一程度下的自 ARC 層 104 及自光阻材料 102 移除材料。

雖然支撐晶圓之卡盤上的零偏壓有助於使材料之移除保持最少，但可使用介於 0 至 500V 之間的偏壓，以介於 0 至 250V 之間為佳，而介於 0 及 30V 之間最佳。等效偏壓功率範圍個別約 0 至 740W、0 至 350W 及 0 至 40W。

基於固化步驟期間移除之光阻材料的量，亦可視為發生非實質材料移除。損失光阻材料不大於約 600Å，以損

(6)

失不大於約 500 Å 為佳，損失不大於約 400 Å 更佳，而損失不大於 300 Å 光阻材料最佳。損失之光阻材料的比例相對於光阻材料原始厚度不大於約 30%，以不大於 12% 為佳，不大於 5% 更佳。

基於在固化步驟期間移除之 ARC 層材料的量，亦可視為發生非實質材料移除。移除之 ARC 層不多於 85%，以不多於 75% 為佳，不多於 70% 更佳，而不多於 60% 最佳。若在主要蝕刻之前的固化步驟期間發生 ARC 層之蝕穿，則視為發生實質蝕刻。

該固化步驟 216 完成之後，自電漿艙泵出 HBr 電漿，蝕刻劑氣體混合物導入 218 該電漿艙內，以啟動該特徵之主要蝕刻。蝕刻劑氣體混合物之組成係經選擇，以有效地蝕刻欲處理之晶圓層。就晶圓 100 而言，欲蝕刻之後續層係為 ARC 層 104。適當之蝕刻劑氣體混合物係為流速 40 sccm 之 CF_4 及流速 120 sccm 之 He，唯可使用提供 ARC 材料之蝕刻所使用的氟來源之其他氟碳化物。其他實施例中，可使用 HBr 與 O_2 之混合物或 Cl_2 與 O_2 之混合物，以蝕穿該 ARC 層。該 ARC 材料可為有機或無機。電漿蝕刻裝置用之例示操作參數係為電漿處理艙壓約 7mT，TCP 功率 600W，施加於卡盤電極之偏壓 100V（等同於 ~46W 偏壓功率），終點為 +30% 過度蝕刻。該 ARC 層係於主要蝕刻步驟 220 之一部分中進行蝕刻，實際上形成藉光阻材料界定之特徵。

本發明另一實施例中，該 ARC 層之蝕刻可於光阻固

(7)

化之前進行。在光阻固化之前，隨之進行主要蝕刻，蝕穿位於光阻下且未被光阻保護之層。

另一實施例中，該方法包括光阻修飾步驟。該固化步驟隨之於 ARC 蝕刻及修飾步驟之前或於 ARC 蝕刻及修飾步驟之後或於 ARC 蝕刻及修飾步驟之間進行。

該主要蝕刻 220 可包括數個步驟，其中使用不同之蝕刻化學及操作參數以蝕刻晶圓之不同層。針對所需之各個不同主要蝕刻步驟重複步驟 218 及 220，如步驟 221 所示。用於硬罩幕 106 蝕刻步驟之蝕刻劑氣體組合物係包含流速 40 sccm 之 CF_4 、流速 20 sccm 之 CH_2CF_2 及流速 80 sccm 之 He。適當之電漿處理裝置操作參數係為壓力 7mT、TCP 功率 1000W 且卡盤偏壓 400V（等於偏壓功率 300W）。該硬罩幕蝕刻氣體組合物中可使用其他氣體（包括 CHF_3 ）以取代基 CH_2F_2 ，且添加氧及 / 或 NF_3 。

該鎢 108、氮化鎢 110 及其他層則可視需要皆使用熟習此項技術者所熟知之蝕刻化學進行蝕刻。

已發現在蝕刻該特徵之前使用含有溴之電漿固化該光阻材料，具有減少光阻材料之摺疊及扭曲的效果。此導致晶圓中所蝕刻之特徵如同原始光阻材料般明晰，預防特徵蝕刻時產生變形之特徵的問題。例如，圖 5A 出示穿透根據前述方法蝕刻之晶圓的光阻及 SiN 層之剖面 502 的電子顯微相片，圖 5B 出示透視圖 504。如圖所示，SiN 硬罩幕層 508 上存有 1400Å 深光阻材料層 506，蝕刻如圖 5C 所示之明晰特徵。

(8)

圖 3 出示另一晶圓 120 之剖面圖，說明本發明另一實施例。該晶圓包括 193 奈米光阻特徵 122（已圖案化於 ARC 層 124 上）。多晶矽材料層 126 係存在於位於矽基材 130 上之閘極氧化物薄層 128 上。晶圓層之配置說明許多不同裝置之製造中的中間步驟。例如，該中間步驟可為製造記憶裝置、邏輯裝置或 eDRAM 之一步驟。

蝕刻方法基本上與前文針對圖 2 及 1 所描述者相同，不同處係多晶矽層 126 所用之主要蝕刻步驟中使用不同之蝕刻化學。該蝕刻劑氣體組合物係包含 CF_4 、氯、 HBr 、氧及氬。多晶矽所使用之蝕刻化學係熟習此項技術者所熟知，不需進一步描述。

圖 4 出示說明蝕刻特徵之方法 300 的另一實施例之流程圖，使用 HBr 固化該 193 奈米光阻材料。該方法始於 310，將 HBr 導入電漿處理裝置 312 內。該 HBr 係作為電漿中 Br 物質之來源，用以固化該光阻材料 122。蝕刻劑氣體混合物亦與 HBr 同時地導入 314 電漿處理艙內。該蝕刻劑氣體之組成係視欲蝕刻之晶圓層而定，但當使用 CF_4 或其他氟碳化物作為蝕刻劑氣體時，包括至少一種蝕刻劑物質（諸如氟物質）之來源。本發明另一實施例中，氫氟碳化物可作為蝕刻劑物質之來源。藉著於低壓及高功率條件下操作該電漿處理裝置，激發且保持 316 高密度電漿。該電漿中所含之溴物質可固化光阻材料，而氟物質係作為蝕除位於光阻層下方之晶圓層的蝕刻劑。因此，可進行該特徵之蝕刻，光阻特徵之硬化防止其變形，且幫助確

(9)

定明晰之特徵會伸展至晶圓內。該蝕刻方法在達到所需終點時終止。

圖 6A 出示在添加 HBr 蝕刻 SiN 硬罩幕層之後，貫穿晶圓（如圖 1 所示）之剖面 601 的電子顯微相片。圖 6B 出示沿著所蝕刻溝渠 602 之透視圖，圖 6C 出示 SiN 層所形成之蝕刻輪廓 603。如圖 6A 所示，添加 HBr 固化 193 奈米光阻材料，導致在完成硬罩幕蝕刻後存在大量光阻層材料 604。如圖 6B 所示，光阻材料顯然沒有任何扭曲，且蝕刻明晰直線。SiN 層 606 之輪廓有稍微縮小，如圖 6C 所示。此種方法無法提供與第一種方法 200 般良好之 SiN 層蝕刻輪廓，但仍消除光阻變形及收縮之問題。

前文針對 193 奈米光阻材料描述本發明，但本發明亦可使用其他深紫外線（DUV）光阻材料，包括 248 奈米。

本發明方法可視需要添加其他步驟，以製造特定裝置。然而，固化該光阻材料之步驟應置於在底層中蝕刻特徵之前，或與在底層中蝕刻特徵同時。

雖已較詳細描述前述發明以供說明，但已知可在申請專利範圍內進行特定改變及修飾。因此，所述之實施例應視為說明而非限制，本發明不限於本文所出示之細節，而應由以下申請專利範圍及全部同等範圍來界定。

【圖式簡單說明】

參照前文實施方式及所附圖式可對本發明及其他優點得到最充分之瞭解，其中：

(10)

圖 1 係為可使用本發明方法之晶圓的示意剖面圖；

圖 2 係為說明本發明方法之實例的步驟之流程圖；

圖 3 係為可使用本發明方法之晶圓的示意剖面圖；

圖 4 係為說明本發明方法另一實例之步驟的流程圖；

圖 5A、B 及 C 個別出示藉圖 2 所說明之方法蝕刻之晶圓的剖面圖及透視圖的电子顯微相片；且

圖 6A、B 及 C 個別出示藉圖 4 所說明之方法蝕刻的晶圓之剖面圖及透視圖的电子顯微相片。

圖中，相同參考編號係表示相同組件及元件。

【符號說明】

100	晶圓
102	光阻特徵
104	ARC 層
106	硬罩幕層
108	鎢層
110	氮化鎢層
112	多晶矽材料層
114	閘極氧化物
116	矽基材
118	虛線
120	晶圓
122	光阻特徵
124	ARC 層

(11)

- 126 多晶矽材料層
- 128 閘極氧化物
- 130 矽基材
- 502 剖面
- 504 透視圖
- 506 光阻材料
- 508 硬罩幕層
- 601 剖面
- 602 蝕刻溝渠
- 603 蝕刻輪廓
- 604 光阻層材料
- 606 SiN 層

伍、中文發明摘要

發明之名稱：蝕刻法中用於硬化光阻之方法與組合物

本發明揭示一種蝕刻晶圓之方法，該晶圓上具有光阻材料圖案。該方法係包括使用含有溴之電漿固化該光阻材料。之後進行該晶圓之主要蝕刻。亦揭示一種使晶圓上之光阻材料圖案固化的方法。該固化方法係包括提供含有溴之電漿，且使該光阻材料曝露於該電漿，使得位於該光阻材料下方之晶圓層不會被蝕穿。在高密度電漿處理裝置中用以使晶圓上之光阻材料固化的電漿之組成係包含溴。

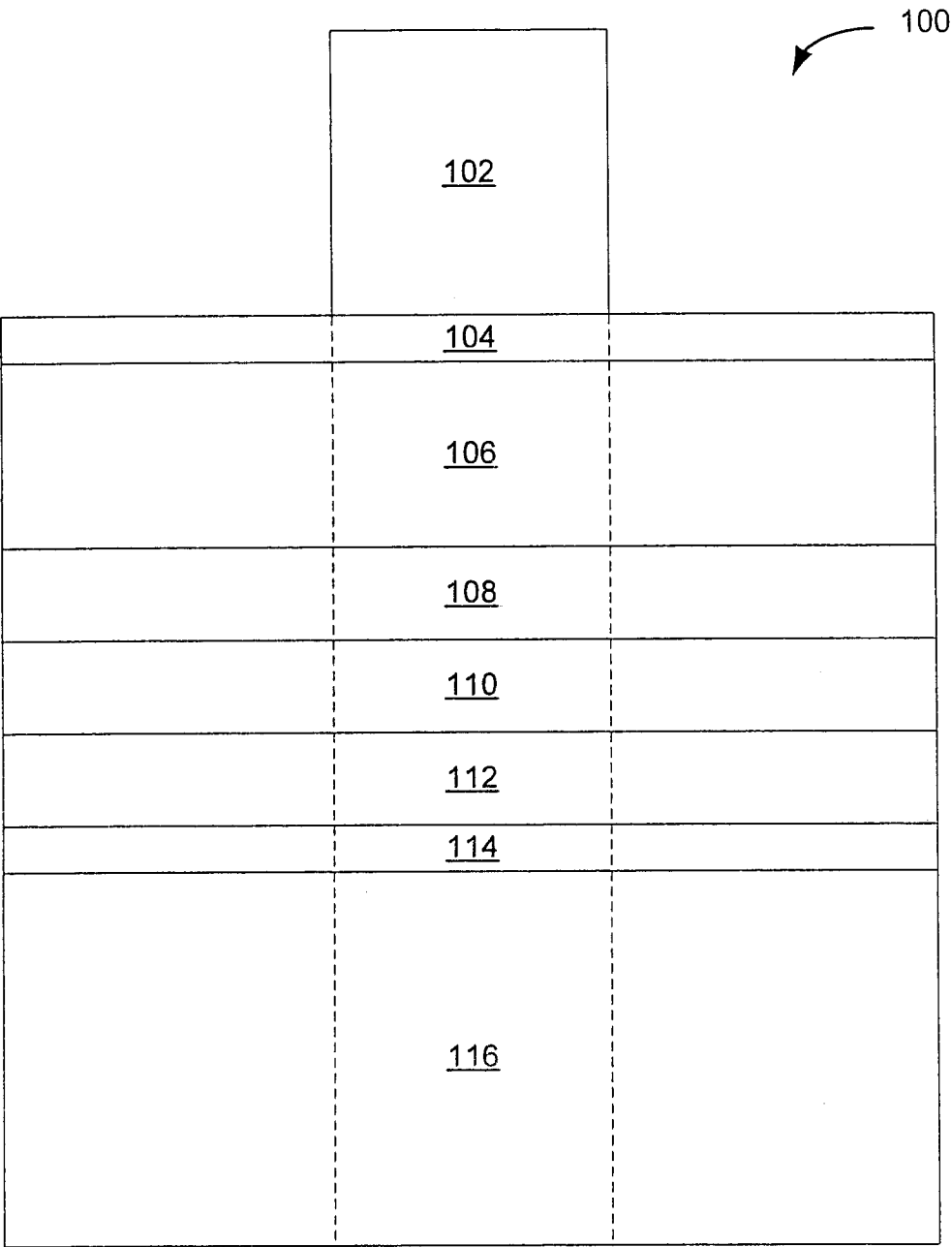
陸、英文發明摘要

發明之名稱：

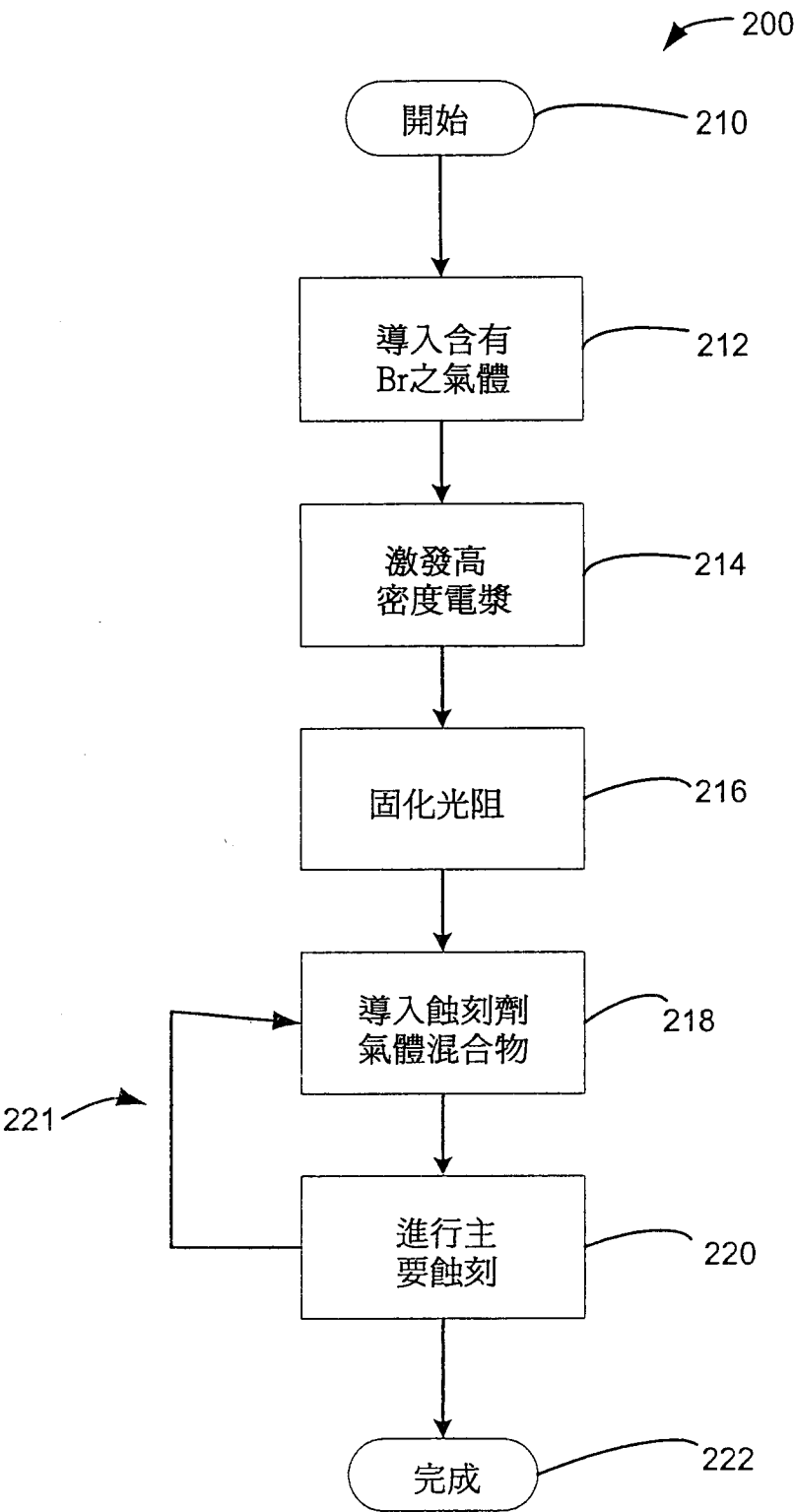
METHOD AND COMPOSITIONS FOR HARDENING PHOTORESIST IN ETCHING PROCESSES

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

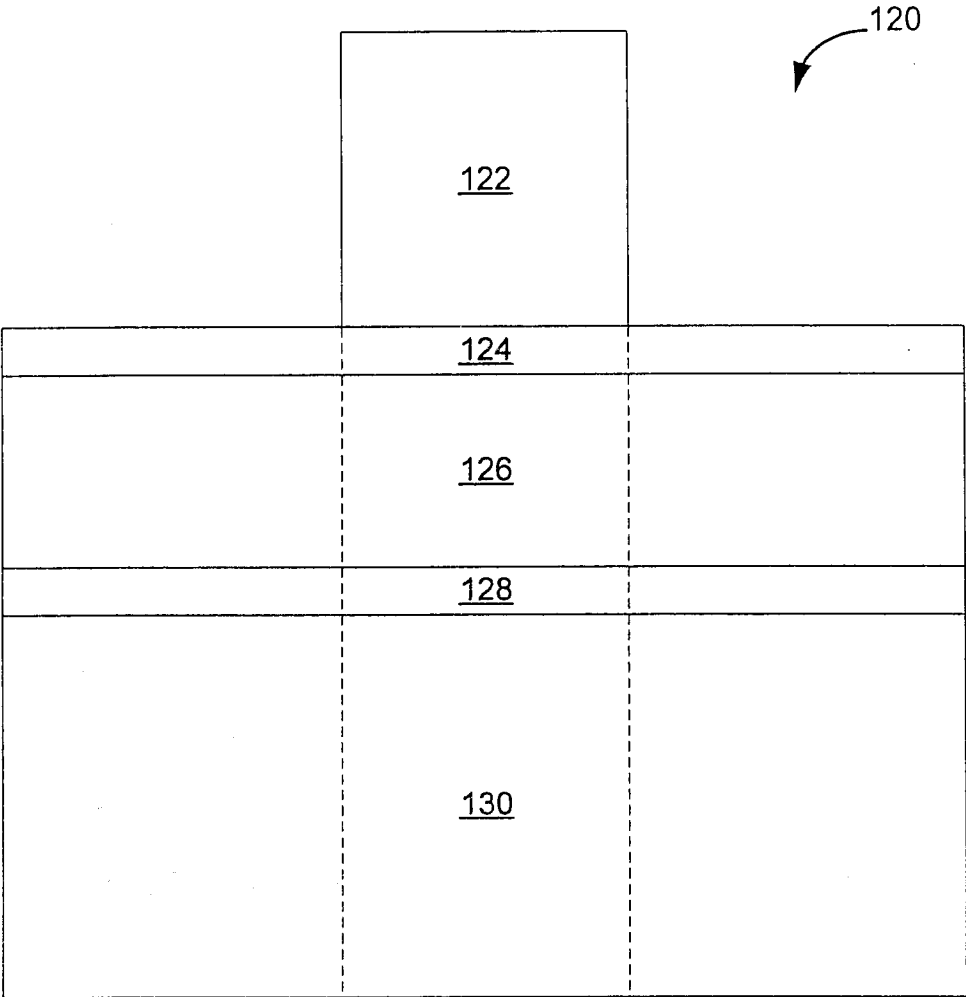
A method for etching a wafer having a pattern of photoresist material thereon is disclosed. The method includes curing the photoresist material with a bromine containing plasma. Then a main etch of the wafer is carried out. A method for curing a pattern of photoresist material on a wafer is also disclosed. The curing method includes providing a bromine containing plasma and exposing the photoresist material to the plasma, such that a layer of the wafer below the photoresist material is not etched through. A composition of a plasma for curing a photoresist material on a wafer in a high density plasma processing device includes bromine.



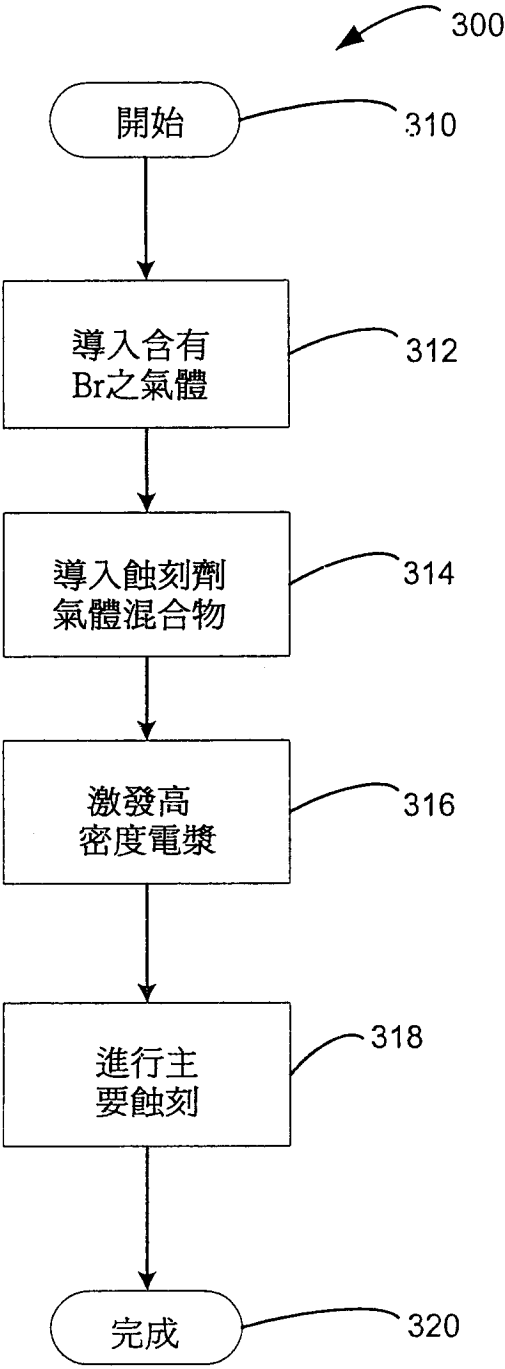
第1圖



第2圖



第3圖



第4圖

柒、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 2 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：無

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

拾、申請專利範圍

附件 2A:

第 92121695 號專利申請案

中文申請專利範圍替換本

民國 97 年 11 月 20 日修正

1、一種蝕刻晶圓之方法，該晶圓上具有光阻材料圖案，該方法係包括：

將該晶圓置於電漿蝕刻工具中；

在該晶圓置於該電漿蝕刻工具中之時於蝕刻之前使用含有溴之電漿固化該光阻材料，其中該含有溴之電漿中的溴物質造成該光阻材料的固化，包括：

對該電漿蝕刻工具提供含溴之氣體；及

在該電漿蝕刻工具裡由該含溴之氣體產生電漿，其中該來自含溴之氣體的電漿其密度大於 10^{10} 離子/厘米³；及

利用該固化之光阻作為蝕刻罩幕進行該晶圓之主要蝕刻。

2、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中固化該光阻材料的步驟還包括提供 0 至 740W 之偏壓功率。

3、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中使用含有溴之電漿固化該光阻材料並不會將該晶圓位於該光阻材料層下方之一整層移除。

4、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該固化期間之偏壓不足以蝕穿該晶圓位於該光阻下方之一整層。

5、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該固化期間移除實質上不多於 600 埃之光阻材料。

6、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中在固化該光阻材料期間，提供給蝕刻工具的所有氣體是基本上為純的含溴之氣體。

7、如申請專利範圍第 6 項之方法，其中主要蝕刻之進行是利用蝕刻氣體，此蝕刻氣體不同於固化該光阻材料期間所提供的氣體。

8、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中主要蝕刻之進行是利用蝕刻氣體，此蝕刻氣體不同於固化氣體。

9、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中在固化該光阻期間所形成的電漿是從基本上由溴化氫所組成的氣體所形成的。

10、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該光阻材料係選自包括 193 奈米光阻材料及 248 奈米光阻材料之群組。

11、如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該電漿具有低於 1×10^{13} 離子/厘米³之電漿密度。

12、一種固化位於晶圓上之光阻材料圖案的方法，其包括：

將該晶圓置於電漿蝕刻工具中；

提供基本上為純的含溴之氣體到該蝕刻工具內；

將該基本上為純的含溴之氣體能量化為具有溴物質且具有密度為大於約 1×10^{10} 離子/厘米³的電漿；及

使該光阻材料曝露於該電漿下，其中該晶圓位於光阻材料下方之層不被蝕穿，其中該曝露光阻材料使光阻材料固化，其中溴物質造成該光阻材料的固化。

13、如申請專利範圍第 12 項之方法，其中該層係為 ARC 層。

14、一種蝕刻晶圓之方法，該晶圓上具有光阻材料圖案，該方法係包括：

提供一蝕刻劑組合物，此組合物能生成可蝕刻該晶圓位於光阻材料下方之層的電漿；及

提供一含有溴之電漿，其能固化該光阻材料，其中產生大於 10^{10} 離子/厘米³ 的高密度電漿。

15、如申請專利範圍第 12 項之方法，其中在固化期間實質上不多於 600 埃之光阻材料被移除。