

# 發明專利分割說明書

(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：971 035 77

※申請日期：2002 年 12 月 12 日

原申請案號：91136022

※IPC 分類：

H07L 21/3065 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

具氮化物肩部高敏感度之自我對位接觸蝕刻

SELF-ALIGNED CONTACT ETCH WITH HIGH SENSITIVITY TO  
NITRIDE SHOULDER

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章) ID : C00189277

美商·應用材料股份有限公司

APPLIED MATERIALS, INC.

代表人：(中文/英文)(簽章)

史維尼瓊西 J.

SWEENEY, JOSEPH J.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖大克勞拉市波爾斯大道 3050 號

3050 Bowers Avenue, Santa Clara, CA 95054, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國/USA

## 三、發明人：(共 5 人)

姓名：(中文/英文) ID :

1. 喬西阿傑 M. / JOSHI, AJEY M.

2. 史堤奈特詹姆士 A. / STINNETT, JAMES A.

3. 倪普曼愛格尼斯 / NG, PUI MAN AGNES

4.達度巫薩瑪/ DADU, USAMA

5.瑞基斯強森 M. / REGIS, JASON M.

國 籍：(中文/英文)

1.印度/INDIA

2.美國/USA

3.香港/HONG KONG

4.美國/USA

5.美國/USA

#### ● 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：

美國；2001 年 12 月 13 日；60/341,135

☐ 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。

4.達度巫薩瑪/ DADU, USAMA

5.瑞基斯強森 M. / REGIS, JASON M.

國 籍：(中文/英文)

1.印度/INDIA

2.美國/USA

3.香港/HONG KONG

4.美國/USA

5.美國/USA

#### ● 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：

美國；2001 年 12 月 13 日；60/341,135

☐ 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】

本發明係關於電漿蝕刻，特別是利用氟化物來進行介電材質之電漿蝕刻。

### 【先前技術】

在微處理器和其它半導體元件的製造中，氧化物和氮化物為使用廣泛的材料。由於經由離子佈植或其它經常使用的佈植方法可以很容易的將這些材料由介電質狀態改變成半導體狀態，因而氧化物將特別的有用。

在許多半導體製造程序中，需要在氮化層的附近將一或多層之摻雜或未摻雜的氧化層蝕刻出孔洞。其中一個範例為如第 1 圖中所描述的具有自我對準接觸孔洞(SAC)結構之晶圓型式的製造。於此構造中，兩個閘極結構 10 形成於矽基板 2 上且由間隔 12 分隔開。此閘極結構和間隔之底部共形的覆蓋一層氮化矽層 14，接著並覆蓋了場氧化層 18。

在製程的某些階段，場氧化層必需往下蝕刻到氮化層上，使得氮化層在間隔底面的部分 24 可以移除，並和形成於矽基板內部的 n 型或 p 型井 16 形成電性接觸。在此製程步驟中，非常重要的一點是位於閘極結構上的氮化層厚度不可減少太多，因為如此將使得整個元件電性短路的機會增加並因而嚴重影響了元件性能。

不幸地，閘極結構之肩部上的氮化層很容易在製程步

驟中變薄或”磨薄”，此乃由於其幾何位置和在蝕刻製程中曝露在蝕刻電漿中的時間長度二種原因的影響。因此對於角落部分氮化層的蝕刻電漿高度選擇性就非常重要了。同時在蝕刻製程中蝕刻電漿對於光阻的選擇性也很重要，如此方能得到正確的孔洞尺寸和幾何外觀。再者，蝕刻製程不會將孔洞延伸到間隔 12 以下的 n 型或 p 型井 16 內也非常重要，因為如此將會對元件的性能有不良影響。因此，蝕刻製程能夠在摻雜氧化層上產生蝕刻中止的能力，及/或對在閘極結構間所延伸的平坦氮化層部分具高度選擇性也是非常重要的。

多種碳氟化合物已在現今的蝕刻狀況加以探索，特別是涉及如第 1 圖中所描繪的 SAC 結構的蝕刻，部分則是由於碳氟化合物所提供的高選擇性。因此，在美國專利號碼 6,174,451 (Hung 等人) 中，第 1 圖中所描繪的基板蝕刻係經由兩個製程步驟完成。第一個步驟利用  $C_4F_6$ /氬氣 (Ar) 在主要的蝕刻中移除場氧化層直到共形的氮化矽層為止。第二個步驟則利用  $C_4F_6$ /氬氣 (Ar)/ $CH_2F_2$  來進行過度蝕刻，之所以如此稱呼係因整個氧化層蝕刻時間設定要比氧化層之設計厚度所需的蝕刻時間來得高。過度蝕刻可補償由於 Hung 等人之基板具有波浪狀表面而使得氧化層之厚度產生明顯不同。因此需要過度蝕刻來確保氧化層的穿透。接著在後續的金屬摻雜步驟之前利用  $CH_2F_2$ /氧氣 ( $O_2$ )/氬氣 (Ar) 來蝕刻氮化層。主要的蝕刻可提供具有良好垂直輪廓之孔洞，同時使用具有強烈聚合作用之  $CH_2F_2$  來進行過度蝕刻會造

成氟聚合物沈積在角落之氮化物上，因而某種保護作用以避免薄化。此參考文獻主張在主要蝕刻中使用具有 3 或多個碳原子且具有 F/C 比至少為 1 但小於 2 之碳氟化合物。

雖然於例如美國專利號碼 6,174,451(Hung 等人)等所揭露的方法在相關領域中展現出相當顯著的進步且可用於廣泛的狀況，但這些方法係用於較大之特徵尺寸。因此，用於 Hung 等人之 SAC 之溝渠開口約為 0.35 微米。然而，現今許多半導體元件常需要小於 0.25 微米的溝渠開口，有時甚至小到 0.14 微米或者更小。

不幸地，揭露於 Hung 等人的方法之功效將因特徵尺寸的降低而降低。部分原因係因為縮小的特徵尺寸利用了較薄的氮化層，因而需要電漿對氮化物有更高的選擇性，特別是在角落上的氮化層。因而，例如具有 0.25 微米間隔之元件其氮化層厚度約為 500 到 700 埃，或比 0.35 微米間隔之同等元件要薄約 100 到 200 埃。不幸地，用於 Hung 等人之主要蝕刻中的化學作用(最顯著的為  $C_4F_6$ /氬氣(Ar))對於特徵尺寸小於約 0.25 微米之元件的較薄氮化層有選擇性不足的問題，結果是在角落的氮化層產生了無法接受的薄化程度。再者，雖然理論上可以計算場氧化層主要蝕刻的時間以便到達角落之氮化層時終止蝕刻，但實際上此時間將因受到相當多製程變數影響的事實而難以完成，故每次蝕刻都會有相當不同的變化。

再者，包含小特徵尺寸的許多應用中，需要蝕刻位於摻雜矽之主動區上的氧化層，此主動區之摻雜係以離子佈

植法或其它方法形成。這些主動區通常的厚度要小於欲蝕刻孔洞的深度(氧化層厚度)。然而，例如  $C_4F_6$ /氬氣(Ar)之化學作用對於摻雜和未摻雜氧化層為非選擇性(也就是說，摻雜和未摻雜氧化層具有相似的蝕刻速率)。基於上面所述的時間問題，使用非選擇性氧化層蝕刻來蝕刻第 1 圖中所示的基板，並且控制蝕刻時間使其蝕刻大部分或全部的氧化矽層而不蝕刻到均勻氮化層的平坦部分且進入底部 p 型或 n 型井之主動矽區中將非常困難。

某些氟利昂(Freon)134 化學品的使用，如  $C_2H_2F_4/CHF_3$ /氬氣(Ar)，也已在蝕刻製程中加以開發研究。這些化學作用可促進保護性之氟聚合物層在蝕刻孔洞側壁形成，因而也提供了避免角落氮化層薄化的某些保護作用。然而，雖然這些化學作用具有所需的性質，但到今天為止其配方和方法並無法應用在特徵尺寸約 0.18 微米以下的蝕刻，因其產生了多餘的聚合物沈積而導致特徵尺寸的閉塞及不完全蝕刻。

因而，於此技術中仍需要有對於光阻和氮化層(包括平坦氮化層和角落氮化層兩者)具有高度選擇性的蝕刻化學品，其不致承擔太多的聚合物沈積，且適合在小特徵尺寸(例如，小於約 0.18 微米)之元件上使用。此些需求及其它的需求均可由下面所要描述的本發明來滿足。

#### 【發明內容】

於一態樣中，本發明係有關於蝕刻一基板，如半導體

或介電質基板的方法，並利用主要由氧氣( $O_2$ )和至少具有化學式  $C_aF_b$  之第一氣體和具有化學式  $C_xH_yF_z$  之第二氣體之混合氣體所形成之電漿來蝕刻基板。這些氣體之化學組成需符合下述條件中至少一個，更典型地至少兩個，最典型地則為符合所有的條件：

$$a/b \geq 2/3 ;$$

$$x/z \geq 1/2 ; \text{ 且}$$

$$x/y \geq 1/3 .$$

$C_xH_yF_z$  之分解可產生對蝕刻孔洞側壁附著良好的獨特聚合物，因而產生了對角落氮化物之高選擇比。再者，由於混合氣體中也包含了氧氣( $O_2$ )，所產生的電漿可用來蝕刻具有極小特徵尺寸(例如，小於約 0.25 微米)的進一步結構而不會造成孔洞的阻塞。因此，本方法適合用來蝕刻例如其閘極結構之間的間隔小於約 0.25 微米，小於約 0.18 微米，且甚至小於約 0.14 微米的 SAC 結構。

於另一態樣中，本發明係有關於蝕刻一含有未摻雜氧化層和摻雜氧化層之基板的方法。此基板包括了例如在閘極結構之間的間隔小於約 0.25 微米、於閘極結構上具有氮化物共形層、於此共形層上具有未摻雜氧化層和摻雜氧化層以及在未摻雜氧化層和氮化物覆蓋層間具有摻雜氧化層的 SAC 結構。接著未摻雜氧化層利用包括了化學式  $C_aF_b$  之第一氣體的氣體流所產生的電漿加以蝕刻，直到抵達摻雜氧化層為止。摻雜氧化層之到達點可用例如光譜儀分析工具來偵測摻質的出現而決定，或由其它適合的方法。接



著，摻雜氧化層利用包括了化學式  $C_xH_yF_z$  之第二氣體的氣體流所產生的電漿加以蝕刻。這些氣體之化學組成需符合下述條件中至少一個，更典型地至少兩個，最典型地則為符合所有的條件：

$$a/b \geq 2/3 ;$$

$$x/z \geq 1/2 ; \text{ 且}$$

$$x/y \geq 1/3 .$$

如同上面所提到的，由於  $C_xH_yF_z$  使得新的氟化聚合物沈積於孔洞的側壁而保護了其下層的氮化層不被蝕刻，此些氣體比起  $C_aF_b$  要有較佳的角落氮化層選擇比。另一方面，在主蝕刻中  $C_aF_b$  之使用可以比單獨使用  $C_xH_yF_z$  產生較佳的孔洞垂直輪廓之優點。再者， $C_aF_b$  為非選擇性的氧化層蝕刻劑，而某些  $C_xH_yF_z$  之混合氣體（例如  $C_2H_2F_4$  和  $CHF_3$  和氬氣（Ar））則顯示了在未摻雜氧化層上的蝕刻中止特性。一般來說，第一氣體為  $C_4F_6$  且第二氣體為  $C_2H_2F_4$ 。

於另一態樣中，本發明係有關於蝕刻一基板如半導體或介電質基板的方法，並利用  $C_4F_6$  和  $C_2H_2F_4$  混合氣體為主所產生的電漿。此混合氣體一般更包含了氧氣（ $O_2$ ），也包含了氬氣（Ar）或其它惰性氣體以作為載氣。

於另一態樣中，本發明係有關於蝕刻一基板如半導體或介電質基板的方法，並包含了首先以  $C_4F_6$  為主所產生的電漿來蝕刻此基板，接著以  $C_2H_2F_4$  為主所產生的電漿來蝕刻此基板的步驟。

再於另一態樣中，本發明係關於蝕刻一基板的方法，

並至少包含了步驟(a)放置一基板上含有第一層的結構於反應室中，該第一層則選自介電層和半導體層所組成的群集中；(b)供應反應混合氣體到反應室中，此混合氣體包含了具有化學式  $C_aF_b$  之第一氣體和具有化學式  $C_xH_yF_z$  之第二氣體，其中  $a/b \geq 2/3$  且  $x/z \geq 1/2$ ；(c)供應足夠的射頻能量到反應室中以建立蝕刻電漿和垂直於基板表面之結合電場；(d)供應磁場到反應室中，此磁場實質上垂直於電場且平行於基板之表面；及(e)讓此電漿蝕刻至少一部分的第一層。

再於其它的態樣中，本發明係關於蝕刻基板的方法，包含了步驟(a)提供一選自半導體和介電質基板所組成之群集的基板；及(b)以磁性增強反應式離子蝕刻製程來蝕刻此基板，此製程包括了加入氫基來源到混合氣體中，其數量足以提高至少一個參數值，此參數則選自該反應混合氣體對該基板的蝕刻速率和選擇比所組成之群集中。此混合氣體包含了具有化學式  $C_aF_b$  之第一氣體和具有化學式  $C_xH_yF_z$  之第二氣體，其中  $a/b \geq 2/3$  且  $x/z \geq 1/2$ 。

再於另一態樣中，本發明係關於一種蝕刻基板之設備，其至少包含一反應室適用於接受欲蝕刻之基板，且至少一貯存槽和此反應室互相連通。此至少一貯存槽適用以供應混合氣體到反應室中，該混合氣體包含了化學式為  $C_aF_b$  之第一氣體和化學式為  $C_xH_yF_z$  之第二氣體，其中  $a/b \geq 2/3$  且  $x/z \geq 1/2$ 。此混合氣體一般也包含了氧氣。

於另一態樣中，本發明係關於蝕刻基板之方法，至少

包含了步驟(a)提供一基板，此基板係選自半導體和介電質基板所組成的群集；(b)蝕刻此基板，係利用至少含有  $C_4F_6$ ，氧氣( $O_2$ )和氬氣(Ar)之混合氣體為主的電漿來蝕刻該基板，因而形成了修改後的基板；及(c)更進一步蝕刻此修改後的基板，係利用至少含有  $C_4F_6$ ，氧氣( $O_2$ )，氬氣(Ar)和  $C_2H_2F_4$  之混合氣體為主的電漿為之。

再於另一態樣中，本發明係關於蝕刻基板之方法，至少包含了步驟(a)提供一基板，此基板包含了(i)第一層，(ii)包含如硼磷矽玻璃等摻雜氧化層之第二層，(iii)包含抗反射材質之第四層，和(iv)第三層，位於第二和第四層之間，且包含了未摻雜氧化層，如四乙基原矽酸鹽(tetraethylorthosilicate)；(b)蝕刻此基板，係利用含有  $C_4F_6$ ，氧氣( $O_2$ )和氬氣(Ar)之第一混合氣體為主之電漿為之，以形成延伸經過第四層之凹洞且至少部分穿過第三層，但並不延伸進入第二層；及(c)更進一步蝕刻此基板，係利用含有  $C_4F_6$ ，氧氣( $O_2$ )， $C_2H_2F_4$  和氬氣(Ar)之第二混合氣體為主之電漿為之，並且延伸凹洞進入第二層。

更於其它的態樣中，本發明係關於電漿蝕刻製程中控制外觀及/或濕清潔之間的平均晶圓(MWBWC)效能。依照此方法，包含了  $C_xH_yF_z/C_aF_b$ /氧氣( $O_2$ )之混合氣體係用於此蝕刻製程中。 $C_xH_yF_z/C_aF_b$ /氧氣( $O_2$ )之比例加以適度運用以控制聚合程度，並因而控制外觀和濕清潔之間的平均晶圓(MWBWC)效能。

更於其它的態樣中，本發明係關於配備有 SAC 結構之

基板，該 SAC 結構至少包含第一和第二閘極結構位於一矽基板上。此等閘極結構之間具有小於約 0.25 微米之間隔，一般為小於約 0.18 微米，且最典型為小於約 0.14 微米，並且覆蓋了一層氮化矽層。一未摻雜氧化層則位於氮化矽層之上，且一摻雜矽氧化層位於未摻雜氧化層和氮化矽層之間。一般來說，摻雜氧化層之厚度足以覆蓋此 SAC 結構。此結構更適於應用在包含  $C_4F_6$  和  $C_2H_2F_4$  為主之混合氣體（混合氣體中更可包含氧氣 ( $O_2$ ) 及 / 或氬氣 (Ar)）的電漿蝕刻操作中，或在以包含  $C_4F_6$  之第一氣體流和包含  $C_2H_2F_4$  之第二氣體流（此第一和第二氣體流更可包含氧氣 ( $O_2$ ) 及 / 或氬氣 (Ar)）加以蝕刻的電漿蝕刻操作中，其中可利用光譜學方法藉由偵測蝕刻反應室環境中來自摻雜氧化層之摻質的濃度增加來決定未摻雜氧化層蝕刻之終點。如此一來，即便製程參數有所變化仍可靠地控制蝕刻程度，並避免氮化層的變薄現象。

#### 【實施方式】

在詳細說明之前，吾人需注意的是，本說明書和後附之申請專利範圍中，除非文章裏特別指明，否則單數形態用語「一 (a 或 an)」和「該 (the)」均包括了複數之意。

在此所列的百分比 (%) 為氣體體積百分比，且在此所列的氣體組成均為體積比例。

在此所用的「選擇比」係用來做為 a) 兩或多種材料之蝕刻速率比率和 b) 在蝕刻過程中，達到當一種材料之蝕刻率

和另外一種材料之蝕刻速率不同的情況。

在此所使用的”氧化物”一般為二氧化矽和其它化學通式為  $\text{SiO}_x$  的氧化矽，及其它相當接近的材料如硼磷矽玻璃 (BPSG) 和其它的氧化玻璃。

在此所使用的”氮化物”為氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 和其化學計量變化物，後者一般包含了化學式  $\text{SiN}_x$ ，其中  $x$  介於 1 和 1.5 之間。

現在即參考附圖較完整的描述本發明，其中並顯示本發明較佳實施例。然而，本發明可在許多不同形式上加以體現，並不限於這裏所描述的實施例。

本發明利用了含有特殊碳氟氣體之氣體流以產生適合蝕刻基板之電漿。此欲蝕刻之基板一般包含了氧化物、氮化物及/或其它用於半導體元件製造之半導體或介電材料型式。

有許多種氣體可用於本發明之氣體流中。在此氣體流中所使用之特別選擇的氣體係則與欲蝕刻之特殊基板或材料、氣體對一或多種欲蝕刻材料(如氮化層或光阻層)所需要的選擇比、蝕刻製程中特殊製程點和其它種種類似的因素有關。再者，氣體流之組成可為因時間而變化的函數或者蝕刻操作之進展的函數。

然而，用於本發明之較佳氣體則定義為化學通式  $\text{C}_a\text{F}_b$  和  $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ 。典型地，雖然在某些實施例中第一和第二氣體分別在獨立的製程步驟中加以使用，本發明所利用之氣體流包含了具有化學式  $\text{C}_a\text{F}_b$  之第一氣體和具有化學式

$C_xH_yF_z$  之第二氣體之混合。因此，例如第一氣體可能應用在第一蝕刻步驟(例如主要的蝕刻中)，且第二氣體可能應用在第二蝕刻步驟(例如過度蝕刻中)。這些氣體之化學組成將使得至少有一項，或者至少有二項，最好則是下列所有的條件均符合：

$$a/b \geq 2/3 ;$$

$$x/z \geq 1/2 ; \text{ 且}$$

$$x/y \geq 1/3 .$$

於較佳實施例中，第一氣體為  $C_4F_6$  且第二氣體為  $C_2H_2F_4$ (氟利昂(Freon)134)。然而，在某些情況中，也適合將氟利昂(Freon)134 以  $CH_3F$ ( $x/y=1/3$ )， $CH_2F_2$ ( $x/y=1/2$ )，及/或三氟甲烷( $CHF_3$ ， $x/y=1$ )來替代。同時，在某些情況中也適合將  $C_4F_6$  以八氟環丁烷( $C_4F_8$ )來替代。

用於本發明之氣體流一般也包含了惰性載氣。氬氣為較佳的載氣，部分是因為其價錢低廉且容易由許多商業來源取得。然而，其它的惰性氣體如氮氣，氦氣或氙氣等也可用於本發明的情況。

用於本發明之氣體流一般也包含了氧氣( $O_2$ )。氧氣加到本發明之氣體流中可提供數個優點。特別是許多氣體，例如  $C_2H_2F_4$ ，並不能用於蝕刻閘極結構間の間隔小於 0.18 微米之 SAC 結構，因為在典型的蝕刻條件下會產生過度的聚合作用而阻塞了欲蝕刻之孔洞。相較之下，含有氧氣( $O_2$ )和  $C_4F_6$  之氣體流用來蝕刻此類結構則不會產生孔洞的阻塞。而的確  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )已經成功的用於蝕刻小於約 0.14

微米之特徵尺寸。在某些情況中，也可以臭氧或某些部份氟化或全氟化之醚類(perfluorinated ether)來取代氧氣而得到類似的結果。

於某些實施例中，氣體流也可包含了一氧化碳(CO)。使用一氧化碳(CO)的優點是在某些例子其可用來增加電漿之碳原子含量，因而可達到高程度的聚合作用。此作用在例如光阻層需要有極高之選擇比的範例中變得非常重要。習知的其它添加物也可因不同的目的而加入氣體流中。

由本發明之氣體流所產生之電漿包含了具所需之碳濃度的適量碳氟自由基  $CF_n$  ( $n=1,2,3$ )。經由適度的製程參數處理，例如  $C_aF_b/C_xH_yF_z$  和  $C_aF_b$ /氧氣( $O_2$ )氣體比例，整個氣體流量，添加之氣體流量，射頻功率，反應室壓力，和B電場強度，可在被蝕刻之基板表面上產生適度的聚合作用。所形成之高碳原子濃度聚合物在大範圍之介電層蝕刻應用中提供了絕佳的功效，並改善了角落和平坦氮化物的選擇比，光阻層之選擇比，底層選擇比，和底部關鍵尺寸的均勻度。

再者，藉由調整氣體流中  $C_xH_yF_z/C_aF_b$ /氧氣( $O_2$ )之比例及其所產生的聚合作用程度，即可達到較佳的輪廓控制和濕清潔之間的平均晶圓(MWBWC)功效。另外，由於電漿含有較少的自由氟原子，因而使得蝕刻製程對欲蝕刻之薄膜較不敏感。故在摻雜和未摻雜之介電層之間較不需要進行參數調整。

上面所定義之第一和第二氣體之混合特別適用於本發

明並可提供數個優點。因此，例如可發現以  $C_xH_yF_z$  氣體為主之電漿對未摻雜之氧化層具選擇能力。然而，足量之  $C_aF_b$  加入製程混合氣體中可使得產生之電漿蝕刻未摻雜氧化層到所需的深度而不需任何蝕刻中止步驟。相反地，當需要在未摻雜氧化層上進行蝕刻中止步驟時， $C_aF_b$  在混合物中的比例也可用來做為製程的節點。特別地，當未摻雜氧化層趨近於中止蝕刻時， $C_aF_b$  在混合氣體中的比例可加以調降(有需要時甚至到零)。光譜技術或其它適當的方法可用來偵測摻雜或未摻雜氧化層的蝕刻程度，典型的方法為監視反應室氣氛中摻雜物濃度的增加或減少情形。

混合氣體也可依照本發明的需求而提供高的氮化物選擇比，特別是當這些混合物包含氧氣時。因此，例如  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)/ $C_2H_2F_4$  之化學物在 SAC 應用對側壁氮化物和平坦氮化物可提供良好鈍化作用。對比之下，僅有  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)之化學物並未顯現高的角落氮化物選擇比，但其仍然具有良好的平坦氮化物選擇比。

依照本發明所進行的蝕刻一般係於低壓反應室中使用電漿來蝕刻維持於其中的基板。適合於本發明之蝕刻元件並沒有特別限制。更明確的說，本發明所使用的方法可利用許多已知的電漿反應器加以實現。此類的反應器包括了，例如 IPS 蝕刻反應器，其可由 Applied Materials 公司購得並且描述於美國專利號碼 6,238,588(Collins 等人)和歐洲專利公告號 EP-840,365-A2 中，及描述於美國專利號碼 6,705,081 和 6,174,451(Hung 等人)中的反應器。



然而，本發明所使用的方法一般係利用磁場增強反應式離子蝕刻(MERIE)反應室中加入低或中密度電漿而加以實現的。此蝕刻反應室和氣體貯存槽連接以產生電漿。此些貯存槽可能包含了例如氬氣(Ar)，氧氣(O<sub>2</sub>)，一氧化碳(CO)，氨(NH<sub>3</sub>)，C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>F<sub>z</sub>和 C<sub>a</sub>F<sub>b</sub>等氣體的圓柱狀鋼瓶。

第2圖為適用於本發明之MERIE系統100的簡化示意圖。此系統100包括了製程反應室101。反應室101包含了一組側壁102，底層104和上蓋106而定義出密閉空間。氣體面板110則供應反應氣體(蝕刻化學物)到反應室101所定義的密閉空間中。系統100更包括了射頻電源供應122和匹配電路120以驅動基座組合108，使得基座組合108和反應室側壁102及上蓋106之間產生電場。一組線圈103則排列在反應室101之側壁102周圍以便控制電漿124的磁場。

基座組合108包含了基座114位於反應室101中心的陰極112上並由環118所圍繞。基座上則有例如半導體晶圓之工件116欲在反應室101中進行處理。電漿反應室101利用電容耦合式射頻功率以產生並維持低能量電漿124。電漿可以是低、中或高密度，但本發明中則較適合低到中密度的電漿。射頻功率係由能產生一或多個射頻頻率的射頻電源供應122並透過匹配電路120加以供應。上蓋106和側壁102乃加以接地並作為射頻功率的接地電位(陽極)。在第2圖所示的結構中，電源供應122經由匹配電路120提供射頻功率來控制電漿密度。

於半導體晶圓製程中，陰極 112 由鋁金屬等導體材料所製成。基座 114 一般則由聚合物如聚醯亞胺 (polyimide) 或陶瓷材料如氮化鋁或氮化硼所製成。工件 116 (也就是半導體晶圓) 則由矽所製成。耦合到電漿的電場通過工件和基座二個部分。由於陰極和工件由不同材料所製成，這些材料對於電漿也有不同的效應。結果，在晶圓邊緣 126 上的電漿參數有不同的變化並產生不同的製程均勻性。為改善晶圓邊緣的製程均勻性，環 118 乃加以圍繞並和部分的基座 114 重疊。環 118 (也稱作製程配件) 通常由石英所製成。

使用時，經由氣體面板 110 可從一或多個氣體源供應氣體流。一般地，這些氣體源為含有不同蝕刻化合物成分如氬氣 (Ar)，氧氣 ( $O_2$ )， $C_4F_6$  和  $C_2H_2F_4$  之加壓槽，並由一或多個氣體進料口連接到氣體面板上。氣體源一般由系統控制器直接或間接的加以控制，而製程配方則儲存在系統控制器的磁性或半導體記憶體中，因此來自這些氣體源的氣體流可以獨立的調節以控制或調整在反應室氛圍中的化合物組成。真空抽氣系統則連接到反應室以使反應室維持選定的壓力。

目前已開發出對 MERIE 反應室和技術的多種配件及改良，其對於本發明的實施有著正面的效益。例如，美國專利號碼 6,232,236 (Shan 等人) 描述了對 MERIE 反應室中之晶圓表面上電漿均勻性、離子能量和原子團均勻性之控制的改良方法，以便提供更均勻且重覆性的晶圓蝕刻。Shan 等人所描述的這些方法和其改善的 MERIE 反應室也可用

於實施本發明。

光學放射光譜學(OES)可有效的在本發明電漿蝕刻中做為終點蝕刻偵測監視程序。在第2圖中所描繪的反應室型式，例如可以提供一光纖穿過反應室壁的孔洞，以幫助側面觀察晶圓上之電漿區域。一光學偵測系統連接到光纖的另一端，其並可包括一或多個光學濾光器和處理電路以便調節到電漿中一或多個成分的電漿放射光譜。不管是未處理的偵測訊號或觸發訊號均供應到系統控制器中，系統控制器並在新訊號產生或舊訊號衰減等狀況下利用此訊號來決定蝕刻製程中的步驟是否完成。系統控制器並可藉由此決定程序來調整製程配方或終止此蝕刻步驟。

本發明之某些應用中，欲蝕刻之基板可設計並利用此優點來決定蝕刻終點。例如，具有小特徵尺寸的進一步結構如 SAC 結構中，其閘極結構之間的間隔小於約 0.25 微米，角落的氮化物選擇比就非常重要了。而部分原因係因此較小特徵尺寸需要較小厚度且均勻的氮化層覆蓋於閘極結構上的事實(一般的範圍在 500 到 700 埃之間)。由於角落之氮化物一般較容易變薄，因而需要進一步增加電漿之角落氮化物選擇比以補償此趨勢。

於本發明中，藉由沈積一未摻雜氧化層和一摻雜氧化層於 SAC 結構上，並將摻雜層位於未摻雜層和均勻氮化層之間即可解決上述問題。未摻雜氧化層接著在主要蝕刻程序中利用如  $C_4F_6$  之化學品加以蝕刻以提供良好的垂直輪廓。接著利用 OES 來偵測在摻雜氧化層之摻雜物(通常的

材料為硼)的蝕刻反室環境中出現的時機，並將該時機標示主要蝕刻的終點。蝕刻化學品接著變成  $C_2H_2F_4$  或其它材料以提高角落氮化物選擇比。此改變化學品的方式係在終點到達時完全以  $C_2H_2F_4$  代替  $C_4F_6$ ，或者僅僅是在氣體流中增加  $C_2H_2F_4$  之濃度且同時減低  $C_4F_6$  之濃度來做到。經由此兩步驟製程之使用，當孔洞的深度接近氮化層時主要蝕刻較容易控制並停止，因而避免了氮化層的變薄。

未摻雜氧化層結合主要蝕刻劑  $C_4F_6$  的使用，其優點是  $C_4F_6$  提供了良好的垂直輪廓而不會阻塞孔洞。相反的，由於聚合作用的緣故，在某些應用中光使用  $C_2H_2F_4$  化學品將使孔洞變細而終致孔洞頂端阻塞的結果。然而，熟知此項技術的人都可理解，當某些應用只需要較淺的孔洞(例如，小於約 3000 到 4000 埃)且因此阻塞的可能性降到最低而良好的垂直輪廓變得不那麼重要時，整個氧化層即可加以摻雜，而在單一蝕刻步驟中也可利用  $C_2H_2F_4$  來定義出孔洞。

本發明之方法可製造出數種型式之進階結構。此類進階結構之一範例為第 3 圖之截面所示的兩個電晶體之自我對準接觸孔洞(SAC)結構。此 SAC 結構位於例如氧化矽或氮化矽之矽基板 202 之上。此 SAC 結構之形成係由沈積閘極氧化層 203，多晶矽層 204(可為摻雜或未摻雜)和氧化層硬罩幕 205，並以微影蝕刻製程在此些層上形成兩個距離相近的閘極結構 210 和之間的間隔 212。

接著利用化學氣相沈積法在晶圓上的閘極結構 210 之頂端和側面及間隔 212 之底部 215 上沈積一層厚度約 100

到 500 埃的共形氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 層。氮化層的作用如同一電性絕緣層。摻雜離子利用閘極結構 210 作為罩幕進行離子植入而形成自我對準的 p 型或 n 型井 216，其作為兩個電晶體之不同閘極 210 的共同源極。電晶體之汲極結構則未標示出來。

一氧化層沈積於先前所定義出的結構上。此氧化層一般具有約 9000 埃的厚度且可為單一場氧化層，或者如第 3 圖中所示的為一兩部分的結構，其中第一部分 5000 埃厚度之層 207 為四氧乙基矽 (TEOS)/PET cos/PSG (以硼磷矽玻璃 (BPSG)/磷矽玻璃 (PSG) 填入閘極間の間隔中)，而接下來的 4000 埃則為未摻雜氧化層 208。

大約 4000 埃和約 9000 埃之間的光阻層 220 沈積於氧化層 208 之上並以光阻圖案定義成罩幕層，接著後續的氧化層蝕刻步驟在氧化層 208 中蝕刻出接觸孔洞 222，並停在孔洞 222 之下的氮化層 214 之區域 224 上。後續蝕刻濺鍍則用來移除間隔 212 之底部 215 上的氮化層區域 224。氮化矽層通常作為後續填入接觸孔洞 222 之金屬如鋁金屬的電性絕緣層。於某些實施例中，可選擇性的利用雙折射抗反射層 (BARC) 223 或其它型式的材料來消除駐波的不利影響。此材料一般的厚度小於約 900 埃，並沈積於氧化層和光阻層之間。

第 3 圖中所示的結構有幾個可能的變化。因而在其它的具體實施例中，硬罩幕可用下列三個層順序之一加以取代：

- (1) 一氮化矽層；
- (2) 一矽化鎢層( $\text{WSi}_x$ )，一氮化矽層，和一氧化層硬罩幕(依順序)；或者
- (3) 一矽化鎢層( $\text{WSi}_x$ )和一氮化矽層(依順序)。

由本發明之氣體混合所提供的選擇比之重要性可由考慮 SAC 和其它進階結構所提供的優點，及這些結構所造成的挑戰而能夠有所瞭解。由於氮化物的作用如同一絕緣層，SAC 結構和製程所提供的優點在於，直徑一般約為 0.14 到約 0.25 微米的接觸孔洞 222，可能比閘極結構 210 之間間隔 212 還要寬。此外，閘極結構 210 之接觸孔洞 222 的微影蝕刻程序並不需要特別精確。然而，為了達到此有利的結果，SAC 氧化層蝕刻對於氮化物的選擇比必需特別高。選擇比數值之計算為氧化物對氮化物蝕刻率之比例。由於角落 226 為氮化物曝露在氧化物蝕刻最長的部分，在間隔 212 之上和旁邊的氮化層 214 之角落 226 的選擇比特別的重要。再者，其幾何外觀也使得蝕刻變得更快而產生角落 226 的變薄。

再者，當利用化學機械研磨(CMP)平坦化彎曲晶圓上之氧化層的使用增加時，同時也需要增加選擇比。平坦化使得波浪狀底部基材之上的氧化層表面變得平坦，因而讓氧化層之厚度變得相當不同。結果使得蝕刻氧化層的時間必需比蝕刻該設計厚度的時間來得高，例如 100%，以確保氧化層可被蝕穿。此方法稱為過度蝕刻，並且和其它製程變異有關。然而，在氧化層較薄之區域，氮化層曝露在蝕

刻環境的時間將會加長。

最後，選擇比需要的程度反應在閘極結構 210 和填入接觸孔洞 222 中金屬之間電性短路的可能性。由於光阻層 220 通常要比氮化層 214 厚得多，光阻層選擇比並不像氮化物選擇比那麼重要，但蝕刻對光阻層也需具有一定的選擇比。

現在將參考下列非受限制的範例來說明本發明：

#### 實施例 1

此實驗說明了氟利昂(Freon)134 在未摻雜氧化層上蝕刻中止的狀況。

提供一晶圓，其係在晶圓中心具 9%PSG 之表面層位於未摻雜氧化層基底上所構成之晶圓。利用配備了 eMAX 反應室之 MERIE 反應器且利用  $C_4F_6$ /氟利昂(Freon)134/氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)所組成之氣體流於該晶圓中蝕刻出三個分離的孔洞。製程參數則為下列所述：

|                |                  |
|----------------|------------------|
| 反應室壓力：         | 40 到 80mTorr     |
| 產生電漿之功率：       | 1000 到 1800watts |
| 陰極溫度：          | 15 到 35°C        |
| 磁場：            | 0 到 50Gauss      |
| 氧氣( $O_2$ )流率： | 15sccm           |
| 氟利昂(Freon)134： | 2-8sccm          |
| 氬氣流率：          | 500sccm          |
| $C_4F_6$ 流率：   | 20-30sccm        |

蝕刻時間持續約 60 到 90 秒。電漿很容易就穿透了摻雜氧化表面層，但對下面之基底則顯現出蝕刻中止之反應。

## 實施例 2

此實施例說明了氟利昂(Freon)134 相對於平坦的氮化層缺乏選擇比之狀況。

一晶圓由下列層順序所組成：

| 材質      | 厚度     |
|---------|--------|
| DUV 光阻層 |        |
| 抗反射層    | 700 埃  |
| TEOS    | 4000 埃 |
| 硼磷矽玻璃層  | 4000 埃 |
| 氮氧化矽襯層  | 180 埃  |
| 多晶矽層    |        |

利用實施例 1 之方法和裝置，將未摻雜氧化層 8 利用  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)化學物分別以流率 25: 15: 500 加以蝕刻，直到硼磷矽玻璃層暴露出來為止。

接著，化學物換成氟利昂(Freon)134/ $CHF_3$ /氬氣(Ar)，分別以流率 6: 80: 90 接著蝕刻。電漿穿過孔洞底部之平坦氮化層，並證明了氟利昂(Freon)134 對平坦的氮化層缺乏選擇比。

## 實施例 3

此實施例說明了只由  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)化學物



所產生的不良角落氮化層選擇比。

利用不同的化學物重覆實施例 2 之實驗。以流率分別為 30/20/500 之  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)蝕刻穿過 TEOS 層。此蝕刻在電漿穿透 BPSG 層並和角落氮化層接觸之後終止。接著，利用  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)/氟利昂(Freon)134A 分別以流率 27/15/500/9 蝕刻穿過 BPSG 層。此電漿對平坦之氮化層部分顯現了蝕刻中止之特性，因而表示  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)/氟利昂(Freon)134A 對於平坦氮化層之選擇比。然而，在第一個蝕刻步驟時，角落氮化層即因為和電漿接觸而嚴重的腐蝕了，因而表示只有  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)之化學物對於角落氮化層有不佳的選擇比。

#### 實施例 4

此實施例說明了氟利昂(Freon)134/ $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)化學物所產生的良好角落氮化層和平坦氮化層之選擇比。

重覆實施例 3 之實驗，但第一蝕刻步驟在電漿和角落氮化層接觸之前即加以終止。

於第二蝕刻步驟中利用流率分別為 27/15/500/4 之  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)/氟利昂(Freon)134A 來蝕刻穿透 BPSG 層。

此電漿再度於平坦氮化層時顯現蝕刻中止之特性。另外，角落氮化層之選擇比也顯著的改善了，因而證明了

$C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)/氟利昂(Freon)134A對於角落氮化層之選擇比。低流率的氟利昂(Freon)134A在此也證明了即便在低濃度下氟利昂(Freon)134A仍為一有效的聚合物形成劑。

#### 實施例 5

此實施例說明了氟利昂(Freon)134/ $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)化學物在未摻雜氧化層上之蝕刻中止特性。

重覆實施例 1 之實驗，但利用  $C_4F_6$ /氧氣( $O_2$ )/氬氣(Ar)/氟利昂(Freon)134 做為製程氣體且流率分別為 27/15/500/8。此電漿在未摻雜氧化層上顯現良好的蝕刻中止特性。一般地，可在氟利昂(Freon)134 之流率比例為 8 或更大時得到蝕刻中止特性。由於氟利昂(Freon)134 之流率比例如果太大，則可能產生過多的聚合作用，一般氟利昂(Freon)134 使用的範圍大約在 8 到 12 之間。

上述之實施例說明了藉由改變製程氣體之組成以達到蝕刻摻雜和未摻雜氧化層，或在未摻雜氧化層上得到蝕刻中止的能力。這些實施例也說明了利用氟利昂(Freon)134 和  $C_4F_6$  之混合物和單獨利用其中任何一者之結果比較起來，角落氮化層之選擇比也有改善的現象。

雖然本發明已利用數個實施範例加以描述，然則熟悉此項技術的人士仍可利用上述實施例作其它的不同變化。吾人應可明瞭這些變化仍為本發明之教示，本發明只限制在後附的申請專利範圍中。

例如，在說明書中所揭露的所有特徵(包括任何後附的申請專利範圍，摘要和圖示等)，及/或所揭露的所有方法及製程之步驟，均可以任何組合方式加以組合，除非在至少某些特徵及/或步驟中為互相排除的組合情況。

再者，在說明書中所揭露的每個特徵(包括任何後附的申請專利範圍，摘要和圖示等)，可以提供相同或類似目的之不同特徵加以取代，除非說明書中有特別說明。因此，除非特別的說明，否則每個揭露的特徵均為一系列相同或類似特徵中的一個範例而已。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 圖為傳統之 SAC 結構的示意圖；

第 2 圖為用於本發明不同實施例之例舉蝕刻反應室示意圖；

第 3 圖為利用本發明之方法蝕刻 SAC 結構之示意圖。

#### 【元件代表符號簡單說明】

|     |            |     |      |
|-----|------------|-----|------|
| 2   | 矽基板        | 10  | 閘極結構 |
| 12  | 間隔         | 14  | 氮化矽層 |
| 16  | n 型 / p 型井 | 18  | 場氧化層 |
| 100 | MERIE 系統   | 101 | 反應室  |
| 102 | 側壁         | 103 | 線圈   |
| 104 | 底層         | 106 | 上蓋   |
| 108 | 基座組合       | 110 | 氣體面板 |

|     |        |     |        |
|-----|--------|-----|--------|
| 112 | 陰極     | 114 | 基座     |
| 116 | 工件     | 118 | 環狀     |
| 120 | 匹配電路   | 122 | 射頻電源供應 |
| 124 | 電漿     | 126 | 晶圓邊緣   |
| 202 | 矽基板    | 203 | 閘極氧化層  |
| 204 | 複晶矽層   | 205 | 氧化層硬罩幕 |
| 207 | 層      | 208 | 未摻雜氧化層 |
| 210 | 閘極結構   | 212 | 間隔     |
| 214 | 氮化層    | 215 | 底部     |
| 216 | p型/n型井 | 220 | 光阻層    |
| 222 | 接觸孔洞   | 223 | 抗反射層   |
| 224 | 氮化層區域  | 226 | 角落     |

## 五、中文發明摘要：

一種蝕刻半導體和介電質基板之方法和裝置，係利用具有化學式  $C_aF_b$  之第一氣體和具有化學式  $C_xH_yF_z$  之第二氣體之混合為主的電漿，其中  $a/b \geq 2/3$ ，且其中  $x/z \geq 1/2$ 。此混合氣體可在磁性增強反應式離子反應室中維持較低或中間程度的電漿密度以提供絕佳角落膜層選擇性，光阻層選擇性，底部層選擇性，及外部輪廓和底部特徵尺寸控制的製程。第一和第二氣體之分配比例可在蝕刻時加以改變以提供蝕刻未摻雜氧化層薄膜之電漿，或在此類薄膜上提供蝕刻中止。

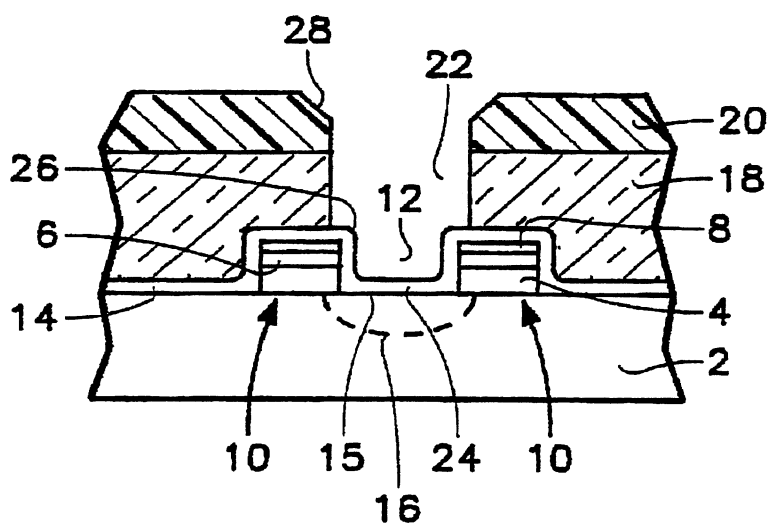
## 六、英文發明摘要：

A method and apparatus are provided for etching semiconductor and dielectric substrates through the use of plasmas based on mixtures of a first gas having the formula  $C_aF_b$ , and a second gas having the formula  $C_xH_yF_z$ , where  $a/b \geq 2/3$ , and wherein  $x/z \geq 1/2$ . The mixtures may be used in low or medium density plasmas sustained in a magnetically enhanced reactive ion chamber to provide a process that exhibits excellent corner CD control. The percentages of the first and second gas may be varied during etching to provide a plasma that etches undoped oxide films or to provide an etch stop on such films.

## 十、申請專利範圍：

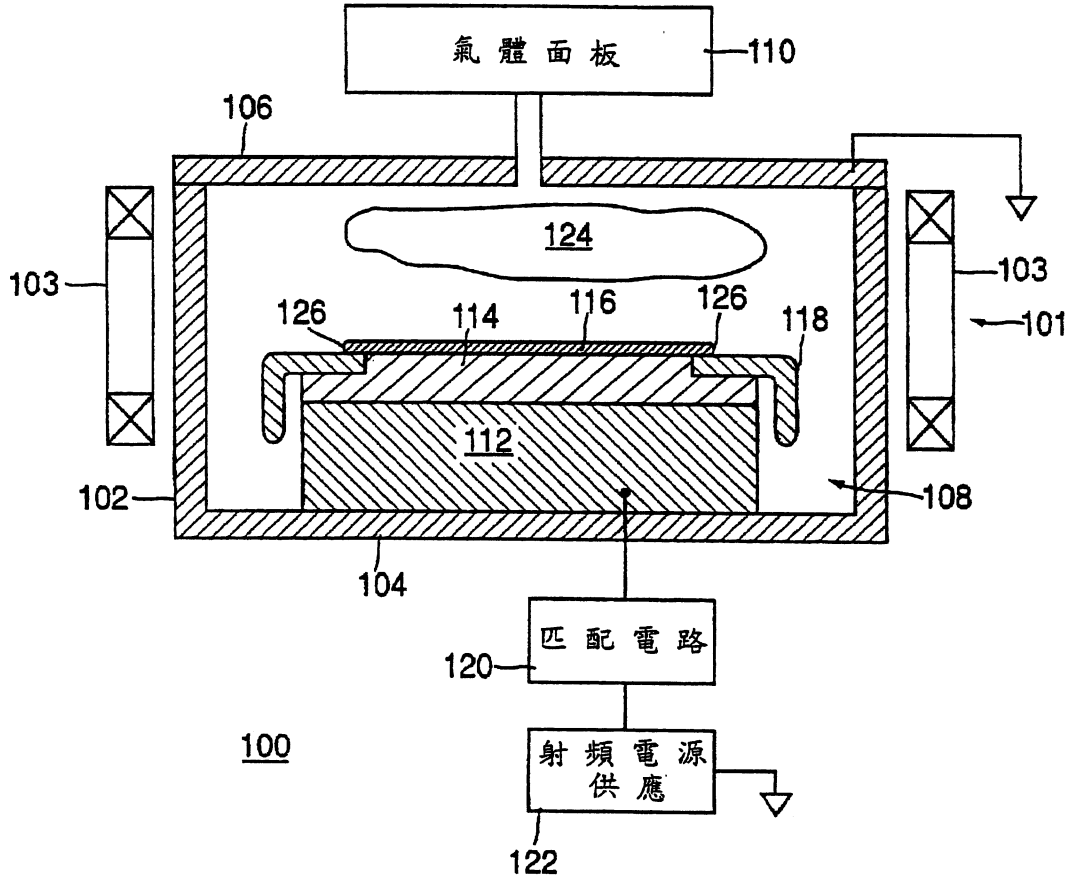
- 1.一種具有 SAC 結構的基板，其至少包含：
  - 一基板；
  - 第一和第二閘極結構位於該基板上，該第一和第二閘極結構由一小於約 0.25 微米之缺口所分隔；
  - 一氮化矽層位於該等閘極結構和該缺口上；
  - 一摻雜氧化層位於該氮化矽層上；及
  - 一未摻雜氧化層位於該摻雜氧化層上。
- 2.如申請專利範圍第 1 項所述之具有 SAC 結構的基板，其中上述之摻雜氧化層包含硼磷矽玻璃。
- 3.如申請專利範圍第 1 項所述之具有 SAC 結構的基板，其中上述之未摻雜氧化層包含四乙基原矽酸鹽 (tetraethylorthosilicate)。
- 4.如申請專利範圍第 1 項所述之具有 SAC 結構的基板，更包含一抗反射層位於該未摻雜氧化層上。
- 5.如申請專利範圍第 4 項所述之具有 SAC 結構的基板，更包含一光阻層位於該抗反射層上。
- 6.如申請專利範圍第 4 項所述之具有 SAC 結構的基板，其中上述之光阻層包含一第二缺口，該第二缺口和

該第一缺口重疊，且其中該第二缺口之最小寬度大於該第一缺口之最大寬度。



第 1 圖





第 2 圖

## 七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 3 圖。

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

|     |            |     |        |
|-----|------------|-----|--------|
| 202 | 矽基板        | 203 | 閘極氧化層  |
| 204 | 複晶矽層       | 205 | 氧化層硬罩幕 |
| 207 | 層          | 208 | 未摻雜氧化層 |
| 210 | 閘極結構       | 212 | 間隔     |
| 214 | 氮化層        | 215 | 底部     |
| 216 | p 型 /n 型 井 | 220 | 光阻層    |
| 222 | 接觸孔洞       | 223 | 抗反射層   |
| 224 | 氮化層區域      | 226 | 角落     |

## 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