

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

849579

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：095107616

※申請日期：95 年 03 月 07 日

※IPC 分類：

603F1/80.1/2 (2006.01)
 (1101L21/3065.21/08
 (2006.01) (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 形成特徵於蝕刻層中之方法及裝置

(英) Method and apparatus for forming features in an etch layer

二、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 4 6 5 0 號
 (英) 4650 Cushing Parkway, Fremont, CA 94538- 6470, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

三、發明人：(共 5 人)

1. 姓 名：(中) 史 沙加地
 (英) SADIJADI, S. M. REZA
 國 籍：(中) 美國
 (英) U.S.A.

2. 姓 名：(中) 彼得 西瑞葛利諾
 (英) CIRIGLIANO, PETER
 國 籍：(中) 美國
 (英) U.S.A.

3. 姓 名：(中) 金知洙
 (英) KIM, JI SOO
 國 籍：(中) 韓國
 (英) KOREA

4. 姓 名：(中) 黃興頌
 (英) HUANG, ZHISONG
 國 籍：(中) 美國

(英) U.S.A.

5. 姓名：(中) 艾瑞克 哈德森
(英) HUDSON, ERIC A.
國籍：(中) 美國
(英) U.S.A.

四、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 ; 2005/03/08 ; 11/076,087 ☒ 有主張優先權
2. 美國 ; 2005/09/09 ; 11/223,363 ☒ 有主張優先權

五、中文發明摘要

發明之名稱：形成特徵於蝕刻層中之方法及裝置

提供一種形成特徵於蝕刻層中之方法。第一遮罩係形成於該蝕刻層上，其中該第一遮罩界定具有寬度之複數個間隔。橫向蝕刻第一遮罩，其中該經蝕刻之第一遮罩界定具有大於該第一遮罩之該間隔的寬度之寬度之複數個間隔。形成側壁層於經蝕刻的第一遮罩上，其中該側壁層界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成第一遮罩於該蝕刻層上所界定之該複數個間隔。通過側壁層蝕刻特徵入該蝕刻層內，其中該特徵具有寬度小於由該經蝕刻之第一遮罩所界定之該間隔之寬度。移除該遮罩以及側壁層。

六、英文發明摘要

發明之名稱：**METHOD AND APPARATUS FOR FORMING
FEATURES IN AN ETCH LAYER**

A method for forming features in an etch layer is provided. A first mask is formed over the etch layer where the first mask defines a plurality of spaces with widths. The first mask is laterally etched where the etched first mask defines a plurality of spaces with widths that are greater than the widths of the spaces of the first mask. A sidewall layer is formed over the etched first mask where the sidewall layer defines a plurality of spaces with widths that are approximately equal to the plurality of spaces defined by said forming a first mask over the etch layer. Features are etched into the etch layer through the sidewall layer, where the features have widths that are smaller than the widths of the spaces defined by the etched first mask. The mask and sidewall layer are removed.

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (1) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：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

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明主要有關於半導體裝置之形成。

【先前技術】

於半導體晶圓製程中，係使用眾所週知的圖案化以及蝕刻製程來界定半導體裝置之特徵於晶圓中。於這些製程中，光阻（PR）材料沉積於晶圓上並接著暴露於由光網過濾之光下。光網可為以範例特徵幾何圖形圖案化之透明板，其阻擋光傳播透過光網。

在通過光網之後，光接觸光阻材料的表面。光會改變光阻材料的化學成分，使得顯像劑能移除光阻材料的一部分。在正光阻材料之情況下，暴露的區域會被移除，而在負光阻材料之情況下，未暴露的區域會被移除。在此之後，蝕刻晶圓以移除不受到光阻材料保護之下層材料的面積，藉此界定希望的特徵於晶圓之中。

已知有各種光阻世代。已發現 193nm 以及更高世代的光阻材料具有很軟而導致低蝕刻選擇率、線緣粗糙、輝紋（striation）以及線扭曲的問題。線緣粗糙可能係由於光阻遮罩的改變，諸如化學蝕刻掉光阻遮罩的一部分，或可能由於非一致的聚合物沉積。非一致的聚合物沉積可能取決於使用的氣體、表面材料聚合物黏附係數或再噴濺。線扭曲被認為與之沉積材料於光阻遮罩上所產生之應力有關。於光阻遮罩上之非一致沉積可能導致線扭曲應變。於

此製程期間會遭遇的問題為輝紋以及關鍵尺寸（CD）之限制。

【發明內容】

欲達成並按照本發明之目的，提供一種形成特徵於一蝕刻層中之方法。第一遮罩係形成於蝕刻層上，其中第一遮罩界定具有寬度之複數個間隔。將第一遮罩橫向蝕刻，其中經蝕刻的第一遮罩界定具有寬度之複數個間隔，其中經蝕刻的第一遮罩之間隔的寬度較第一遮罩之間隔的寬度為大。形成側壁層於經蝕刻的第一遮罩上，其中側壁層界定具有寬度的複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成第一遮罩於該蝕刻層上所界定之該複數個間隔。將特徵透過側壁層蝕刻入蝕刻層，其中特徵具有較由經蝕刻的第一遮罩界定的間隔之寬度更小之寬度。將遮罩以及側壁層移除。

於本發明之另一體現中，提供一種形成特徵於一蝕刻層中之方法。將複數個通孔蝕刻入蝕刻層內。形成溝槽光阻遮罩。形成側壁層於溝槽遮罩上以及複數個通孔的側壁上，其中該側壁層界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成溝槽光阻遮罩之該溝槽光阻遮罩所界定之複數個間隔的寬度。將溝槽透過側壁層蝕刻入蝕刻層內。

於本發明之另一體現中，提供一種形成特徵於一蝕刻層中之方法。經圖案化之光阻遮罩形成於具有光阻特徵之蝕刻層上，光阻特徵具有側壁，其中光阻特徵之側壁具有形成峰與谷之輝紋。減少光阻特徵之側壁的輝紋。輝紋之

減少界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成圖案化之光阻遮罩的該圖案化之光阻遮罩所界定之複數個間隔的寬度，其包含至少一個週期，其中每一個週期包含回蝕刻由光阻特徵之側壁的輝紋形成之峰以及沉積於光阻特徵之側壁上。將特徵透過光阻特徵蝕刻入蝕刻層內。將光阻遮罩移除。

於本發明之另一體現中，提供一種蝕刻特徵於一蝕刻層中之方法，蝕刻層位在具有光阻特徵之經圖案化的光阻遮罩下，其中光阻特徵具有側壁，其中光阻特徵的側壁具有形成峰與谷之輝紋。減少光阻特徵之側壁的輝紋包含至少一個週期以界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於由該圖案化之光阻遮罩所界定之複數個間隔的寬度，其中每一個週期包含提供輝紋峰回蝕刻氣體、自輝紋峰回蝕刻氣體產生電漿、提供光阻特徵側壁沉積氣體、自光阻特徵側壁沉積氣體產生電漿以及停止光阻特徵側壁沉積氣體。將蝕刻層蝕刻。將光阻遮罩移除。

於本發明之另一體現中，提供一種蝕刻特徵於一蝕刻層中之裝置，蝕刻層位在具有光阻特徵之光阻遮罩下，其中光阻特徵具有側壁，其中光阻特徵的側壁具有形成峰與谷之輝紋。電漿處理室，包含形成電漿處理室密封之室壁、用以支撐基底於該電漿處理室密封內之基底支承、用以調節該電漿處理室密封內之壓力的壓力調節器、用以提供電力至該電漿處理室密封以維持電漿之至少一電極、用以提供氣體進入該電漿處理室密封之氣體入口以及用以自

該電漿處理室密封抽空氣體之氣體出口。一氣體來源係與氣體入口流體式地連結，其中氣體來源包含輝紋峰回蝕刻氣體來源、光阻特徵側壁沉積氣體來源以及蝕刻層蝕刻氣體來源。一控制器可控制地連接至該氣體來源以及該至少一電極。控制器包含至少一處理器以及電腦可讀取媒體。電腦可讀取媒體包含用以減少該光阻特徵之輝紋之電腦可讀取碼，包含複數個週期，其中每一個週期包含用以自該輝紋峰回蝕刻氣體來源提供輝紋峰回蝕刻氣體之電腦可讀取碼、用以自該輝紋峰回蝕刻氣體產生電漿之電腦可讀取碼、用以自輝紋峰回蝕刻氣體來源停止該輝紋峰回蝕刻氣體之電腦可讀取碼、用以自該光阻特徵側壁沉積氣體來源提供光阻特徵側壁沉積氣體之電腦可讀取碼、用以自該光阻特徵側壁沉積氣體產生電漿之電腦可讀取碼、用以自該光阻特徵側壁沉積氣體停止該光阻特徵側壁沉積氣體之電腦可讀取碼。電腦可讀取媒體進一步包含蝕刻該蝕刻層之電腦可讀取碼以及用以移除該光阻遮罩之電腦可讀取碼。

將於下列實施方式以及連同下圖更詳細地討論本發明之這些以及其他特徵。

【實施方式】

本發明將參照於附圖中顯示的數個較佳實施例加以詳細說明。於下列說明中，提出各種特定細節以提供本發明之詳盡的了解。惟，對熟悉該項計藝者很明顯地本發明可不以這些特定細節的一些或全部具以實施。於其他實施例

中，眾所週知的製程步驟以及/或結構並未詳述以不模糊本發明。

本發明提供具有小的關鍵尺寸（CD）之特徵。更詳言之，本發明提供具有 CD 之特徵，其比用來蝕刻特徵之光阻圖案之 CD 更小。

為便於了解，第 1 圖為用於本發明之一實施例的製程的高級流程圖。第一遮罩形成於設置於基底上之蝕刻層上（步驟 104）。第 2A 圖為本發明之一實施例中的經圖案化之遮罩的剖面圖。於基底 204 上，可放置諸如晶圓之阻障層 206。於阻障層 206 上，可行成諸如導電金屬層或多晶矽層或介電質層之蝕刻層 208。於蝕刻層 208 上，可行成諸如 DARC 層之抗反射塗層（ARL）210。於 ARL 210 上形成經圖案化之第一遮罩 212。如所示，光阻遮罩中的間隔 222 具有寬度 " S_p "。

第一光阻遮罩係橫向蝕刻（步驟 108）使得於經蝕刻之第一光阻遮罩 214 中的間隔 224 具有寬度 " S_e "，其比經蝕刻之第一遮罩中的間隔之寬度 " S_p " 要大，如第 2B 圖所示。於說明書以及專利範圍中，橫向蝕刻係定義為遮罩側面之蝕刻，其形成間隔（隙縫），其中橫向蝕刻增加間隔的尺寸。針對溝槽遮罩，此種橫向蝕刻可能為溝槽遮罩之修整。此種橫向蝕刻亦可減少遮罩之厚度。

側壁層係形成於遮罩上以減少經蝕刻之第一遮罩中的間隔之寬度（步驟 112）。第 2C 圖為具有側壁層 218 沉積於經蝕刻之第一遮罩 214 的側壁上的經蝕刻之第一遮罩

214 的剖面圖。側壁層 218 形成減少的間隔 226。於此範例中，由側壁層 218 形成間隔 226 具有寬度 S_s ，其大約等於光阻遮罩之寬度 S_p 。亦希望側壁層具有實質上垂直之側壁，其如所示為高度的保角。實質上垂直的側壁的範例為從上到下之側壁與特徵之底部產生介於 88° 到 90° 之角度。保角側壁具有從特徵上到下實質上相同厚度之沉積層。不保角側壁可形成斜面 (faceting) 或麵包橢圓狀之形成，其提供非實質上垂直的側壁。錐形側壁 (自斜面形成) 或麵包橢圓狀側壁會增加沉積的層之 CD 並提供不良的蝕刻遮罩。較佳者，於側壁上之沉積係比第一遮罩特徵之底部上的沉積更厚。更佳者，沒有層沉基在第一遮罩特徵的底部上。於此範例中，側壁層 218 亦形成一層於光阻遮罩 214 之上面，如所示。於其他實施例中，側壁層不形成層於光阻遮罩之上面。

接著經過側壁層間隔蝕刻特徵入蝕刻層 208 (步驟 116)。第 2D 圖顯示蝕刻入蝕刻層 208 內的一組特徵 232。

側壁層 218 為比光阻遮罩 214 更抗蝕刻之材料，允許更大的蝕刻選擇率。此外，側壁係由選擇以防止光阻線扭曲、線緣粗糙以及輝紋之材料所製成。

接著移除側壁層以及光阻遮罩 (步驟 120)。較佳者，可於蝕刻室內使用單一遮罩剝除步驟以同時剝除光阻遮罩以及側壁層。

通孔第一雙金屬鑲嵌實施例

於本發明之另一實施例中，本發明係用於雙金屬鑲嵌通孔第一製程中。第 3 圖為用於此實施例中之製程的高級流程圖。第一遮罩形成於設置於基底上之蝕刻層上（步驟 304）。第 4A 圖為本發明之一實施例中的經圖案化之遮罩的剖面圖。於基底 404 上，可放置諸如晶圓之阻障層 406。於阻障層 406 上，可行成諸如介電質層之蝕刻層 408。於蝕刻層 408 上，可行成諸如 DARC 層之抗反射塗層（ARL）410。於 ARL 410 上形成經圖案化之第一遮罩 412。第一遮罩具有至少一間隔 422 以形成通孔。

第一光阻遮罩係橫向蝕刻（步驟 308）使得於經蝕刻之第一光阻遮罩 414 中的間隔 424 具有較經蝕刻之第一遮罩中的間隔之寬度更大之寬度，如第 4B 圖所示。側壁層 414 係形成於遮罩上以減少經蝕刻之第一遮罩中的尖隔之寬度（步驟 312）。第一特徵 432 接著透過側壁層間隔蝕刻入蝕刻層 408 內（步驟 316）。於此實施例中，第一特徵 432 為通孔。接著移除第一遮罩以及側壁層（步驟 320），如第 4C 圖所示。

第二遮罩 424 係形成於蝕刻層上（步驟 324），如第 4D 圖所示。於此實施例中，第二遮罩 424 為溝槽遮罩。橫向蝕刻第二遮罩 424（步驟 328），如第 4E 圖所示。側壁層 428 係形成於經蝕刻之第二遮罩 424 以及第一特徵上，如第 4F 圖所示。接著透過側壁層 428 蝕刻溝槽 444 入蝕刻層 408，如第 4G 圖所示。於此實施例中，於通孔

中的側壁層 428 會導致一些凸欄 448。

接著移除第二遮罩以及側壁層（步驟 340），第 4H 圖所示。可於此步驟期間移除凸欄或可以額外的步驟移除。除了使用側壁層保護光阻遮罩以增加蝕刻選擇率並降低扭曲，線緣粗糙以及輝紋，此實施例使用通孔之側壁上的側壁層來防止於溝槽蝕刻期間通孔之凹口與弓起。於通孔側壁上之抗蝕刻之側壁層相信能提供更多保障以減少或避免凹口。通孔之側壁上之側壁的形成比通孔栓更具優勢，因為此種側壁提供改良之溝槽蝕刻並能更輕易地移除，於移除程序中將破壞降至最低。

使用氣體調變以形成側壁

於較佳的實施例中，氣體調變用於形成保角之側壁。較佳者，由聚合物材料形成側壁以及遮罩為光阻聚合物，使得側壁層之沉積可於執行蝕刻以及剝除之相同的室中就地執行，所以剝除可同時移除遮罩以及側壁層。

第 5 圖為使用氣體調變形成側壁層於遮罩上（步驟 112、312 與 332）之更詳細的流程圖。於此實施例中，於遮罩上側壁層之形成（步驟 112、312 與 332）包含沉積階段 504 以及外形整形階段 508。沉積階段使用第一氣體化學以形成電漿，其沉積一側壁層於遮罩的側壁上。外形整形階段 508 使用與第一氣體化學不同之第二氣體化學以形成電漿，其整形沉積之外形。

本發明係用於蝕刻於導電層上之介電質層。用於針對

介電質或導電層實施本發明之範例方法係提供如下：

範例程序

於具發明性之程序的範例中，蝕刻層 208 為介電質層。光阻遮罩形成於介電質層 208 上（步驟 104）。接著將基底 204 放置於電漿處理室中。第 6 圖為可用於沉積側壁層、蝕刻以及剝除之電漿處理室 600 之示意圖。電漿處理室 600 包含限制環 602、上電極 604、下電極 608、氣體來源 610 以及排出泵 620。氣體來源 610 包含沉積氣體來源 612 以及外形整形氣體來源 616。氣體來源 610 可包含額外的氣體來源，諸如蝕刻氣體來源 618。於電漿處理室 600 中，基底 204 係設置於下電極 608 上。下電極 608 含有適當的基底夾緊機制（如靜電、機械夾合之類者）以固持基底 204。反應器頂部 628 含有上電極 604 直接相對下電極 608 而設置。上電極 604、下電極 608 以及限制環 602 界定受限之電漿容積。藉由氣體來源 610 供應氣體至受限的電漿容積並藉由排出泵 620 經由限制環 602 以及一排出埠從受限之電漿容積排出氣體。第一射頻（RF）來源 644 係電性連接至上電極 604。第二 RF 來源 648 係電性連接至下電極 608。室壁 652 圍繞限制環 602、上電極 604 以及下電極 608。第一 RF 來源 644 以及第二 RF 來源 648 兩者可包含高頻率（27 至 300）MHz 之功率來源以及低頻率（2 至 14）MHz 之功率來源。可有連接 RF 功率至電極的不同的組合。控制器 635 可控制地連接至 RF 來源 644

與 648、排出泵 620 以及氣體來源 610。

第 7A 與 7B 圖描述電腦系統 1300，其適用於實施用於本發明之實施例中的控制器 635。第 7A 圖顯示電腦系統之一種可能的實體型態。當然，電腦系統可具有許多實體型態，從積體電路、印刷電路板以及小型手持裝置上至大型超電腦。電腦系統 1300 包含監視器 1302、顯示器 1304、殼體 1306、磁碟機 1308、鍵盤 1310 以及滑鼠 1312。磁碟 1314 為用於傳輸資料至以及自電腦系統 1300 的電腦可讀取媒體。

第 7B 圖為電腦系統 1300 之方塊圖的範例。附接至系統匯流排 1320 係各種的子系統。處理器 1322（亦稱為中央處理單元或 CPU）耦合至儲存裝置，包含記憶體 1324。記憶體 1324 包含隨機存取記憶體（RAM）以及唯讀記憶體（ROM）。如此技藝中眾所週知地，ROM 作為單向地傳輸資料以及指令至 CPU 以及 RAM 係典型用於雙向地傳輸資料與指令。這兩種或其他記憶體種類可包含如下述之任何適當形式之電腦可讀取媒體。固定的磁碟 1326 亦雙向地耦合至 CPU 1322；它提供額外的資料儲存能力並亦可包含如下述之任何適當形式之電腦可讀取媒體。固定的磁碟 1326 可用於儲存程式、資料以及之類者並典型為較主要儲存要慢的次要儲存媒體（諸如硬碟）。將可認知到保留在固定磁碟 1326 中的資訊，在適當情況下，可以虛擬記憶體的標準方式包含於記憶體 1324 中。可移除之磁碟 1314 可具有如下述之任何電腦可讀取媒體的形

式。

CPU 1322 耦合至各種輸入/輸出裝置，如顯示器 1304、鍵盤 1310、滑鼠 1312 以及揚聲器 1330 以及用於控制程序之反饋以及前遞系統。大體而言，輸入/輸出裝置可為下列任一者：視頻顯示器、追蹤球、滑鼠、鍵盤、麥克風、觸碰式顯示器、轉換卡讀取器、磁性或紙帶讀取器、輸入板（tablets）、描畫針（styluses）、聲音或手寫識別器、生物測定讀取器或其他電腦。CPU 1322 可使用網路介面 1340 隨意地耦合至另一電腦或電信網路。以此種網路介面，可預期 CPU 於執行上述方法步驟時自網路接收資訊或輸出資訊至網路。此外，本發明之方法實施例可僅僅在 CPU 1322 上執行或可在諸如網際網路之網路上連同分享程序之一部分的遠端 CPU 執行。

另外，本發明之實施例進一步有關於含有電腦可讀取媒體之電腦儲存產品，電腦可讀取媒體上儲存有用以執行各種電腦實施操作之電腦碼。媒體以及電腦碼可為那些特別設計以及架構用於本發明之目的者，或為熟悉電腦軟體技藝者所知或可取得者。電腦可讀取媒體之範例包含但不限於：諸如硬碟、軟碟以及磁片之磁性媒體；諸如 CD-ROM 之光學媒體以及全像（holographic）裝置；諸如軟磁光碟之光磁媒體以及諸如專門應用積體電路（ASIC）、可編程邏輯裝置（PLD）以及 ROM 與 RAM 裝置的特別組態成儲存以及執行程式碼之硬體裝置。電腦碼之範例包含機器碼，如由編譯器產生，以及包含藉由電腦使用轉譯器

執行的高級碼之檔案。電腦可讀取之媒體亦可為由包含於載波中之電腦資料信號傳送之電腦碼並代表可由處理器執行之一系列的指令。其他範例可使用其他沉積裝置。

用於橫向蝕刻遮罩（步驟 108、308 與 32）之方法的範例提供蝕刻室或電漿處理室壓力 1 至 300 mT。50 至 800 瓦的功率係在 27 MHz 提供至電漿處理室。0 至 200 sccm 的 CF_4 以及 5 至 300 sccm 之 O_2 係提供至電漿處理室。更佳者，橫向蝕刻遮罩之壓力介於 20-150 mT。

沉積階段之一範例可為使用 250 sccm（每分鐘標準立方公分）的 Ar 以及 50 sccm 之 CH_3F 的化學在由將渦輪泵的 Vat 閥設定至 1000 而建立之 60 mTorr 壓力的 CH_3F 之沉積。27 MHz RF 來源提供 500 瓦的功率，同時 2 MHz RF 來源提供 100 瓦的功率。室溫維持在 20°C。冷卻基底之氮冷卻壓力為 15 Torr。此種方法導致聚合物側壁層之形成。

外形整形階段 508 的一範例為使用 270 sccm 的 Ar、12 sccm 的 C_4F_6 、8 sccm 之 O_2 的以及 100 sccm CO 之化學在由將渦輪泵的 Vat 閥設定至 1000 而建立之 50 mTorr 壓力的 $\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2/\text{CO}$ 之沉積。27 MHz RF 來源提供 1500 瓦的功率，同時 2 MHz RF 來源提供 480 瓦的功率。室溫維持在 20°C。冷卻基底之氮冷卻壓力為 15 Torr。

第 8A 圖為自沉積階段之沉積層 820 的剖面圖。沉積層 820 形成於遮罩 812 上。於此範例中，沉積階段形成如輪廓線 824 所示之"麵包橢圓狀"沉積層。麵包橢圓狀沉積

層特徵在於鄰近特徵頂部有較厚之側壁沉積以及鄰近特徵底部有較薄之（或沒有）側壁沉積。另外，於此範例中的麵包橢圓形如所示形成一層在特徵的最底表面上。因此，此沉積提供非保角之側壁沉積。此種沉積不會提供希望的實質上垂直的側壁。麵包橢圓形最終會夾斷頂部，而使其無法用作為遮罩層，因為接觸會被隔離而無法進行蝕刻。

第 8B 圖為沉積層 830 之剖面圖，其中僅使用外形整形階段。於此範例中，外形整形階段形成"斜面（faceting）"沉積層，如輪廓線 834 所示。斜面沉積層特徵在於鄰近特徵頂部有較薄之（或沒有）側壁沉積以及鄰近特徵底部較厚之側壁沉積。"斜面"沉積不會沉積在特徵的最底部表面。因此，此沉積亦提供非保角側壁沉積。若鄰近頂部之側壁太薄，可能導致光阻遮罩之斜面。光阻遮罩角的斜面會導致較低的蝕刻選擇率以及快速的遮罩腐蝕。遮罩的斜面亦會造成經蝕刻之外形的斜面。於幾乎所有的情況中，一旦遮罩變為斜面，則最終的經蝕刻外形亦為斜面，因為遮罩垂直外形通常會轉移至經蝕刻的材料。

第 8C 圖藉由 6 個週期之 2 秒的沉積以及 25 秒的外形整形形成之沉積層 840 之剖面圖。如所見，沉積層具有垂直的側壁或沒有沉積在特徵之底部表面。欲提供多個階段之 6 週期程序，能快速交替氣體方法之氣體調變裝置為較佳之裝置。

控制沉積階段 504 以及外形整形階段 508 之時間比例之能力提供另一個控制變量。適當的比例能提供實質上垂

直且保角之側壁，如第 8C 圖所示。此種沉積層亦可提供光阻遮罩以增加蝕刻選擇率。可用於控制沉積外形之由本發明提供的其他的控制參數為：週期數量、總沉積時間、沉積/整形階段時間比例、氣體化學種類以及比例。可由本發明使用之氣體化學可為具有或沒有 O_2 之 $C_xH_yF_z$ 或 C_xF_y （諸如 CH_3F/O_2 、 C_4F_6/O_2 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 CF_4 ）或可為 H_2 、 CH_4 、 C_2H_4 、 SiH_4 等等。較佳者，沉積階段使用碳氫化合物以及碳氟化合物之化學。較佳者，碳氫化合物為 CH_4 以及 C_2H_4 之至少一者。碳氟化合物較佳為 CH_3F 、 CH_2F_2 、 CHF_3 、 C_4F_6 以及 C_4F_8 。在沉積階段期間較佳使用之其他氣體混合物為 CF_4 以及 H_2 。較佳者，外形整形階段使用有或沒有其他添加物之碳氟化合物的化學。較佳者，其他添加物為 Ar 、 Xe 、 He 、 O_2 、 N_2 以及 H_2 之至少一者。

多階段沉積允許外形整形步驟移除不想要的沉積。此外，單一長時間之沉積會導致發泡。較佳者，外形整形步驟亦藉由離子撞擊聚合物而使聚合物變密集。使用用於形成沉積層之多個週期亦提供較細的 CD 控制。另外，多個週期多個階段之沉積提供外形控制。麵包橢圓形之減少降低遮光（shading），其改善蝕刻外形。又，多個週期、多個階段之沉積減少線扭曲，其係由沉積層之應力所造成，其會令光阻線扭曲。此外，外形整形步驟防止或減少遮罩特徵之底部的沉積，以防止來自沉積之殘留，其係來自會於遮罩特徵之底部之自沉積層之再噴濺材料。

較佳者，至少兩個週期用於形成沉積層。更佳者，至

少六個週期用於形成沉基層。一些實施例使用至少十二週期。

其他實施例可使用硬遮罩作為遮罩。於此種實施例中，光阻遮罩可用來打開應遮罩。側壁層可放置於光阻遮罩上以減少線扭曲、線緣粗糙以及輝紋。

遮罩中的間隔用於蝕刻孔洞或溝槽於蝕刻層中。

本發明可用在許多不同電漿處理工具上，如 Exelan 以及 TCP 類型的蝕刻器、合成之 PVD、CVD、MW、RIE、MORIE、TCP、ICP 等等。

為便於了解，第 9 圖為用於本發明之一實施例中之程序的高級流程圖。提供經圖案化之光阻遮罩（步驟 904）。第 10A 圖為於基底 1004 上欲蝕刻之層 1008 的剖面圖，並具有含有光阻特徵 1014 的經圖案化之光阻遮罩 1012，在 ARL 1010 上，在欲蝕刻之層 1008 上形成堆疊 1000。光阻遮罩具有光阻特徵關鍵尺寸（CD），其為最小可能之特徵的寬度之最寬的部分。欲提供經圖案化之光阻遮罩，首先可在欲蝕刻之層上形成光阻層。接著，將光阻層圖案化以形成具有光阻側壁之光阻特徵。第 10B 圖為光阻遮罩 1012 之上視圖。通常，諸如微影技術之製造程序會導致特徵 1014 之形狀不規則。虛線圓形 1016 描繪提供給光阻遮罩 1012 之光網的圖案。實際光阻開口可具有含有峰 1020 以及谷 1024 之側壁，如所示。這些峰 1020 與谷 1024，其會造成脫離原先光網圖案之不規則形狀，於此情況中係圓形，且經常沿著側壁延伸一段長度，係稱為輝

紋 (striation)。光阻特徵具有直徑 S_p ，如所示。

放大光阻特徵 (步驟 908)。於一範例中，使用橫向蝕刻放大光阻特徵，使得光阻特徵 1014 中的間隔 1024 具有較蝕刻前之光阻特徵的寬度 " S_p " 為大之寬度 " S_e "，如第 10C 圖所示，其係光阻特徵放大後之堆疊的剖面圖。第 10D 圖為第 10C 圖之光阻遮罩 1012 的上視圖。於說明書以及專利範圍中，橫向蝕刻定義為形成特徵之遮罩之側面的蝕刻，其中橫向蝕刻增加光阻特徵之寬度的大小。

針對溝槽遮罩，此種橫向蝕刻可為溝槽遮罩之修整。此種橫向蝕刻亦可減少遮罩之厚度。較佳者，橫向蝕刻不會蝕刻在光阻層 1012 下的層。外虛線圓形 1017 代表橫向蝕刻之後的目標特徵形狀。本發明之其他實施例並不放大光阻特徵或在輝紋減少後提供放大。

減少輝紋 (步驟 912)。第 11 圖為此步驟更詳細的流程圖。如第 11 圖所示，輝紋之減少包含週期性程序之至少一週期，其包含回蝕刻輝紋峰以及沉基於光阻特徵之側壁上的步驟。第 10E 圖顯示在回蝕刻輝紋峰 1020 後光阻層 1012 的上視圖。不受限於理論，係相信特定蝕刻方法選擇性蝕刻輝紋峰。如第 10E 圖所示，減少一些輝紋峰。

第 10F 圖顯示在沉積於側壁上 (步驟 1108) 後光阻層 1012 的上視圖。第 10G 圖為在複數個回蝕刻輝紋峰的週期 (步驟 1104) 以及沉積於側壁上 (步驟 1108) 後光阻層 1012 的上視圖。如所示，大幅減少輝紋峰 1020，並且明顯地將輝紋谷 1024 填補，因此整體輝紋大幅地減

少。

接著將特徵 1028 經由光阻遮罩 1012 蝕刻入蝕刻層 1008 (步驟 916)，如第 10H 圖所示。接著移除光阻遮罩 1012 (步驟 920)，如第 10I 圖所示。

範例

於此程序之一範例中，形成經圖案化之光阻層 (步驟 904)。具有蝕刻層 1008、ARC 層 1010 以及經圖案化之光阻遮罩 1012 之基底 1004 係放置於蝕刻室中。

第 12 圖為可用於放大光阻特徵、減少輝紋、蝕刻以及剝除之處理室 1200 的示意圖。電漿處理室 1200 包含限制環 1202、上電極 1204、下電極 1208、氣體來源 1210 以及排出泵 1220。氣體來源 1210 包含沉積氣體來源 1212 以及回蝕刻氣體來源 1216。氣體來源 1210 可包含額外的氣體來源，諸如蝕刻氣體來源 1218。於電漿處理室 1200 中，基底 1004 係設置於下電極 1208 上。下電極 1208 含有適當的基底夾緊機制 (如靜電、機械夾合之類者) 以固持基底 1004。反應器頂部 1228 含有上電極 1204 直接相對下電極 1208 而設置。上電極 1204、下電極 1208 以及限制環 1002 界定受限之電漿容積。藉由氣體來源 1210 供應氣體至受限的電漿容積並藉由排出泵 1220 經由限制環 1202 以及一排出埠從受限之電漿容積排出氣體。第一射頻 (RF) 來源 1244 係電性連接至上電極 1204。第二 RF 來源 1248 係電性連接至下電極 1208。室壁 1252 圍繞限制環

1202、上電極 1204 以及下電極 1208。第一 RF 來源 1244 以及第二 RF 來源 1248 兩者可包含 27 MHz 之功率來源以及 2 MHz 之功率來源。可有連接 RF 功率至電極的不同的組合。於由美國加州夫利蒙 (Fremont) 的 LAM Research CorporationTM 製造之 Lam Research Corporation 的雙頻電容 (DFC) 系統的情況中，其可用於本發明之較佳實施例中，27 MHz 以及 2 MHz 功率來源兩者組成連接至下電極第二 RF 功率來源 1248，並且上電極接地。控制器 1235 控制地連接至 RF 來源 1244 與 1248、排出泵 1220 以及氣體來源 1210。當欲蝕刻之層 1008 係介電質層時將會使用 DFC 系統，諸如二氧化矽、有機矽酸鹽玻璃或有機介電質薄膜。

放大光阻遮罩特徵 (步驟 908)。此種放大程序可使用例如 CF_4 、 H_2 、 NF_3 、 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ 以及 O_2 的至少之一的放大氣體。於遮罩特徵放大之方法的一範例中，提供蝕刻室或電漿處理室壓力 1 至 300 mTorr。50 至 800 瓦之功率係在 27 MHz 供應至電漿處理室。0 至 200 sccm 之 CF_4 以及 5 至 30 sccm 之 O_2 係供應至電漿處理室。更佳者，橫向蝕刻遮罩之壓力係介於 20-150 mTorr。

減少輝紋 (步驟 912)。使用如第 11 圖所示之週期的多個週期。回蝕刻輝紋峰之步驟的範例方法 (步驟 1104) 提供含鹵素 (亦即氟、溴、氯) 之氣體，如 100 sccm 的 CF_4 。於此範例中，於回蝕刻期間 CF_4 僅為提供的唯一氣體。20 mTorr 之壓力係供應至室內。第二 RF 來源 448 於

27 MHz 的頻率提供 600 瓦以及於 2 MHz 的頻率為 0 瓦。

沉積於側壁上之步驟（步驟 1108）的範例提供 150 sccm CH_3F 、75 sccm N_2 以及 100 sccm Ar 之流動。壓力係設定在 80 mTorr。基底保持在 20°C 之溫度。第二 RF 來源 448 於 27 MHz 的頻率提供 400 瓦以及於 2 MHz 的頻率為 0 瓦。

接著將特徵蝕刻入蝕刻層內（步驟 916）。欲蝕刻之層的範例可能為傳統的蝕刻層，諸如 SiN 、 SiC 、氧化物或低 k 介電質。傳統的蝕刻方法可用於蝕刻欲蝕刻之層。

欲移除遮罩（步驟 920），使用氧灰化。

於本發明之較佳實施例，光阻特徵之放大、輝紋之減少以及將特徵蝕刻入蝕刻層之蝕刻係在相同的蝕刻室內就地進行，如所示。較佳者，輝紋之減少係執行至少三個週期。更佳者，輝紋之減少係執行至少五個週期。

較佳者，沉積提供含有碳氫化合物以及氫氟碳化合物之至少一者的氣體以令碳氫化合物以及氫氟碳化合物之至少一者沉積於光阻特徵之側壁上。

雖以藉由數個較佳實施例描述本發明，仍有改變、變更、修改以及各種替代的等效者落入本發明之範疇內。應注意到有許多實施本發明之方法以及裝置的替代方式。因此，下列申請專利範圍應解釋為包含所有落入本發明之真實精神以及範疇內之此種改變、變更、修改以及各種替代的等效者。

【圖式簡單說明】

本發明藉由附圖中之圖示例示性地而非限制性地敘述，圖中類似的參考元件符號係指類似之元件，以及其中：

第 1 圖為可用於本發明之一實施例中的製程的高級流程圖。

第 2A-2D 圖為根據本發明之一實施例處理之蝕刻層的示意剖面圖。

第 3 圖為用於本發明之另一實施例中之製程的高級流程圖。

第 4A-H 圖為根據本發明之另一實施例處理之蝕刻層的示意剖面圖。

第 5 圖為使用沉積側壁層之步驟的更詳細的流程圖。

第 6 圖為可用於實施本發明之電漿處理室之示意圖。

第 7A-B 圖描述電腦系統，其適用於實施用於本發明之實施例中的控制器。

第 8A-C 圖為沉積之剖面圖。

第 9 圖為用於本發明之一實施例中之程序的高級流程圖。

第 10A-I 圖為根據本發明之一實施例處理的堆疊之示意外形與上視圖。

第 11 圖為減少輝紋之步驟的更詳細流程圖。

第 12 圖為可用於實施本發明之電漿處理室之示意圖。

【主要元件之符號說明】

204：基底

206：阻障層

208：蝕刻層

210：抗反射塗層

212：經圖案化之第一遮罩

214：蝕刻之第一光阻遮罩

218：側壁層

222：間隔

224：間隔

226：間隔

232：特徵

404：基底

406：阻障層

408：蝕刻層

410：抗反射塗層

412：經圖案化之第一遮罩

414：側壁層

422：間隔

424：第二遮罩

428：側壁層

432：第一特徵

444：溝槽

- 448 : 凸 欄
- 504 : 沉 積 階 段
- 508 : 外 形 整 形 階 段
- 600 : 電 漿 處 理 室
- 602 : 限 制 環
- 604 : 上 電 極
- 608 : 下 電 極
- 610 : 氣 體 來 源
- 612 : 沉 積 氣 體 來 源
- 616 : 外 形 整 形 氣 體 來 源
- 618 : 蝕 刻 氣 體 來 源
- 620 : 排 出 泵
- 628 : 反 應 器 頂 部
- 635 : 控 制 器
- 644 : 第 一 射 頻 (R F) 來 源
- 648 : 第 二 R F 來 源
- 652 : 室 壁
- 812 : 遮 罩
- 820 : 沉 積 層
- 824 : 輪 廓 線
- 830 : 沉 積 層
- 834 : 輪 廓 線
- 840 : 沉 積 層
- 1000 : 堆 疊

1004：基底
 1008：欲蝕刻之層
 1010：ARL
 1012：光阻遮罩
 1014：特徵
 1016：虛線圓形
 1017：外虛線圓形
 1020：峰
 1024：谷
 1028：特徵
 1200：電漿處理室
 1202：限制環
 1204：上電極
 1208：下電極
 1210：氣體來源
 1212：沉積氣體來源
 1216：蝕刻回氣體來源
 1218：蝕刻氣體來源
 1220：排出泵
 1228：反應器頂部
 1235：控制器
 1244：第一射頻（RF）來源
 1248：第二 RF 來源
 1252：室壁

1300：電腦系統

1302：監視器

1304：顯示器

1306：殼體

1308：磁碟機

1310：鍵盤

1312：滑鼠

1314：磁碟

1322：處理器

1324：記憶體

1326：磁碟

1330：揚聲器

1340：網路介面

十、申請專利範圍

1. 一種形成特徵於蝕刻層中之方法，包含：

形成第一遮罩於該蝕刻層上，其中該第一遮罩界定具有寬度之複數個間隔；

橫向蝕刻該第一遮罩，其中該經蝕刻之第一遮罩界定具有寬度之複數個間隔，其中該經蝕刻之第一遮罩的該間隔之寬度大於該第一遮罩之該間隔的寬度；

形成側壁層於該經蝕刻的第一遮罩上，其中該側壁層界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成第一遮罩於該蝕刻層上所界定之該複數個間隔；

通過該側壁層蝕刻特徵入該蝕刻層內，其中該特徵具有寬度其小於由該經蝕刻之第一遮罩所界定之該間隔之寬度；以及

移除該遮罩以及側壁層。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該形成側壁層於該經蝕刻的第一遮罩為至少一週期，包含：

沉積階段，以第一氣體化學來形成沉積電漿以形成沉積於該第一遮罩的該側壁上；以及

外形整形階段，以第二氣體化學來整形於該第一遮罩之該側壁上的沉積之外形，其中該第一氣體化學與該第二氣體化學不同。

3. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中該形成該側壁層於該經蝕刻的第一遮罩上係執行至少兩個週期。

4. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中該形成該側

壁層形成實質上垂直側壁。

5. 如申請專利範圍第 3 項之方法，進一步包含將該蝕刻層放置於電漿處理室中，其中該橫向蝕刻該第一遮罩，該形成該側壁層，以及蝕刻特徵係在該電漿處理室中進行。

6. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中該第一遮罩係光阻遮罩，以及其中該側壁層係從非結晶碳材料以及聚合物材料之至少之一形成。

7. 如申請專利範圍第 6 項之方法，進一步包含以單一剝除步驟剝除該光阻遮罩以及側壁層。

8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中該剝除該光阻遮罩以及側壁層包含灰化該光阻遮罩以及側壁層。

9. 如申請專利範圍第 8 項之方法，其中該灰化該光阻遮罩以及側壁層在與形成該側壁層以及蝕刻相同的電漿處理室中執行。

10. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一遮罩為通孔遮罩以及該蝕刻特徵蝕刻通孔入該蝕刻層內，進一步包含：

形成溝槽遮罩於該蝕刻層上；

形成側壁層於溝槽遮罩上以及該通孔之側壁上；

通過該溝槽遮罩蝕刻溝槽入該蝕刻層內；以及

移除該溝槽遮罩以及側壁層。

11. 如申請專利範圍第 10 項之方法，進一步包含在形成側壁層於該溝槽遮罩上之前橫向蝕刻該溝槽遮罩。

12. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一遮罩為光阻遮罩以及其中由該第一遮罩界定之該複數個間隔形成具有側壁之複數個遮罩特徵，該側壁具有形成峰與谷之輝紋，以及其中該橫向蝕刻該第一遮罩以及形成該側壁層於該經蝕刻的第一遮罩上包含用以減少該複數個遮罩特徵之側壁的輝紋之週期。

13. 如申請專利範圍第 12 項之方法，其中該減少該側壁之輝紋係執行至少三個週期。

14. 如申請專利範圍第 13 項之方法，其中該橫向蝕刻選擇性地回蝕刻由該遮罩特徵之該側壁的該輝紋所形成之峰。

15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該形成該側壁層填補由該輝紋形成之谷。

16. 如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該橫向蝕刻該第一遮罩包含：

提供含鹵之氣體；以及

自該含鹵之氣體形成電漿。

17. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該形成側壁層包含沉積碳氫化合物以及氫氟碳化合物的至少一者於該遮罩特徵之該側壁上。

18. 如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該形成側壁層包含：

提供包含碳氫化合物以及氫氟碳化合物的至少一者之沉積氣體；以及

自該沉積氣體形成電漿。

19. 如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該橫向蝕刻包含：

提供蝕刻氣體；

自該蝕刻氣體產生電漿；以及

停止該蝕刻氣體，以及其中該形成側壁層包含：

提供沉積氣體；

自該沉積氣體形成電漿；以及

停止該沉積氣體。

20. 一種由申請專利範圍第 1 項之方法形成之半導體裝置。

21. 一種形成特徵於蝕刻層中的方法，包含：

蝕刻複數個通孔入該蝕刻層內；

形成溝槽光阻遮罩；

形成側壁層於該溝槽遮罩上以及於該複數個通孔之側壁上，其中該側壁層界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成溝槽光阻遮罩之該溝槽光阻遮罩所界定之複數個間隔的寬度；以及

通過該側壁層蝕刻溝槽入該蝕刻層內。

22. 如申請專利範圍第 21 項之方法，其中該形成側壁層於該溝槽遮罩以及於該複數個通孔之側壁上包含至少兩個週期，其中每一個週期包含：

沉積階段，以第一氣體化學來形成沉積電漿以形成沉積於該第一遮罩的該側壁上；以及

外形整形階段，以第二氣體化學來整形於該第一遮罩之該側壁上的沉積之外形，其中該第一氣體化學與該第二氣體化學不同。

23. 如申請專利範圍第 22 項之方法，進一步包含將該蝕刻層放置於電漿處理室中，其中該形成該側壁層、蝕刻以及移除該遮罩以及側壁層係在該電漿處理室中進行。

24. 如申請專利範圍第 23 項之方法，其中該側壁層為聚合物材料。

25. 如申請專利範圍第 24 項之方法，進一步包含在形成該側壁層於該溝槽遮罩上以及於該複數個通孔之側壁上之前橫向蝕刻該溝槽光阻遮罩。

26. 一種蝕刻特徵於蝕刻層中的方法，包含：

形成圖案化之光阻遮罩於該蝕刻層上，其具有含有側壁之光阻特徵，其中該光阻特徵之該側壁具有形成峰與谷之輝紋；

減少該光阻特徵之該側壁的該輝紋以界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於藉由該形成圖案化之光阻遮罩的該圖案化之光阻遮罩所界定之複數個間隔的寬度，其包含至少一週期，其中每一個週期包含：

回蝕刻由該光阻特徵之該側壁的該輝紋所形成之峰；
以及

沉積於該光阻特徵之該側壁上；

通過該光阻特徵蝕刻特徵入該蝕刻層上；以及

移除該光阻遮罩。

27. 如申請專利範圍第 26 項之方法，其中該減少該側壁之該輝紋包含至少三個週期。

28. 如申請專利範圍第 27 項之方法，其中該回蝕刻峰選擇性地蝕刻由該光阻特徵之該側壁的該輝紋所形成之峰。

29. 如申請專利範圍第 28 項之方法，其中該沉積於該光阻特徵之該側壁上填補由該光阻特徵之該側壁的該輝紋所形成之谷。

30. 如申請專利範圍第 29 項之方法，其中該回蝕刻由該光阻特徵之該側壁的該輝紋所形成之峰包含：

提供含鹵之氣體；以及

自該含鹵之氣體形成電漿。

31. 如申請專利範圍第 30 項之方法，其中該沉積於該光阻特徵之該側壁上包含沉積碳氫化合物以及氫氟碳化合物的至少一者於該光阻特徵之該側壁上。

32. 如申請專利範圍第 31 項之方法，其中該沉積於該光阻特徵之該側壁上包含：

提供包含碳氫化合物以及氫氟碳化合物的至少一者之沉積氣體；以及

自該沉積氣體形成電漿。

33. 如申請專利範圍第 32 項之方法，進一步包含在通過該側壁層蝕刻該特徵之前橫向蝕刻該光阻遮罩以放大該光阻特徵。

34. 如申請專利範圍第 26-33 項之任一項的方法，進

一步包含在減少該輝紋之前橫向蝕刻該光阻遮罩以放大該光阻特徵。

35. 一種由申請專利範圍第 26 項之方法形成之半導體裝置。

36. 一種蝕刻特徵於蝕刻層中的方法，該蝕刻層位在具有含有側壁之光阻特徵之圖案化之光阻遮罩之下，其中該光阻特徵之該側壁具有形成峰與谷之輝紋，包含：

減少該光阻特徵之該側壁的該輝紋包含至少一週期以界定具有寬度之複數個間隔，其寬度約等於由該圖案化之光阻遮罩所界定之複數個間隔的寬度，其中每一個週期包含：

提供輝紋峰回蝕刻氣體；

自該輝紋峰回蝕刻氣體產生電漿；

停止該輝紋峰回蝕刻氣體；

提供光阻特徵側壁沉積氣體；

自該光阻特徵側壁沉積氣體產生電漿；

停止該光阻特徵側壁沉積氣體；

蝕刻該蝕刻層；以及

移除該光阻遮罩。

37. 如申請專利範圍第 36 項之方法，其中該減少該側壁之該輝紋包含至少三個週期。

38. 一種用以蝕刻特徵於蝕刻層中之裝置，該蝕刻層位在具有含有側壁之光阻特徵之光阻遮罩之下，該側壁具有形成峰與谷之輝紋，包含：

電漿處理室，包含：

用以形成電漿處理室密封之室壁；

用以支撐基底於該電漿處理室密封內之基底支承；

用以調節該電漿處理室密封內之壓力的壓力調節器；

用以提供電力至該電漿處理室密封以維持電漿之至少一電極；

用以提供氣體入該電漿處理室密封之氣體入口；以及

用以自該電漿處理室密封抽空氣體之氣體出口；

與該氣體入口流體連結之氣體來源，包含：

輝紋峰回蝕刻氣體來源；

光阻特徵側壁沉積氣體來源；以及

蝕刻層蝕刻氣體來源；

可控制地連接至該氣體來源以及該至少一電極之控制器，包含：

至少一處理器；以及

電腦可讀取媒體包含：

用以減少該光阻特徵之該輝紋之電腦可讀取碼，包含複數個週期，其中每一個週期包含：

用以自該輝紋峰回蝕刻氣體來源提供輝紋峰回蝕刻氣體之電腦可讀取碼；

用以自該輝紋峰回蝕刻氣體產生電漿之電腦可讀取碼；

用以自輝紋峰回蝕刻氣體來源停止該輝紋峰回蝕刻氣體之電腦可讀取碼；

用以自該光阻特徵側壁沉積氣體來源提供光阻特徵側壁沉積氣體之電腦可讀取碼；

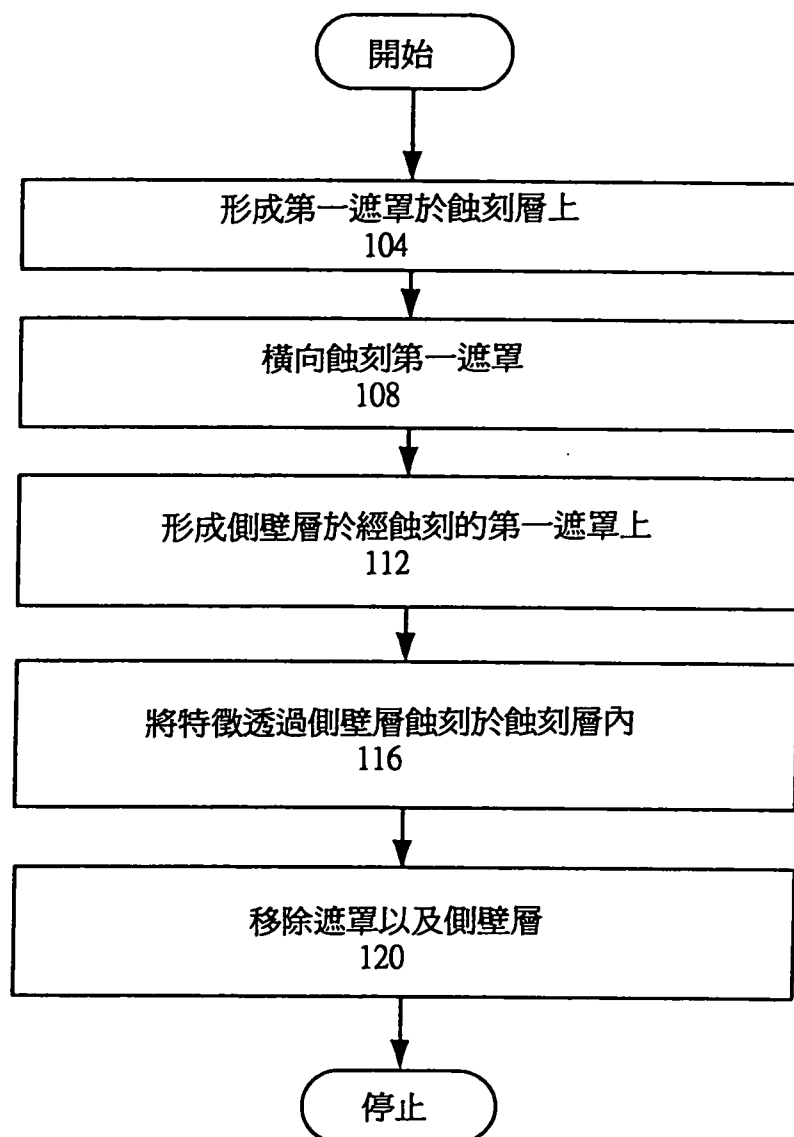
用以自該光阻特徵側壁沉積氣體產生電漿之電腦可讀取碼；

用以自該光阻特徵側壁沉積氣體停止該光阻特徵側壁沉積氣體之電腦可讀取碼；

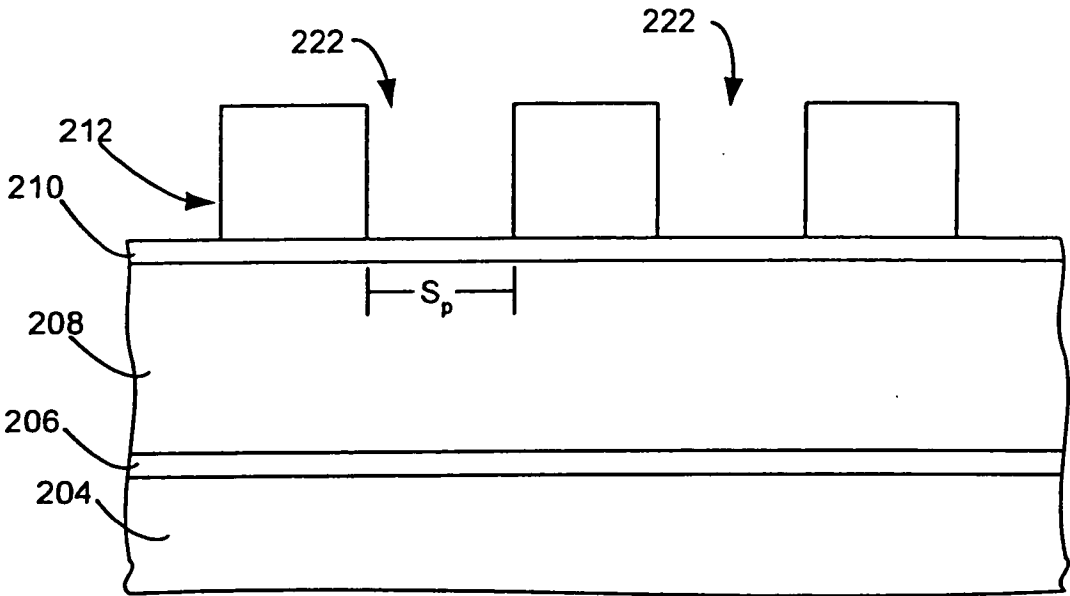
用以蝕刻該蝕刻層之電腦可讀取碼；以及

用以移除該光阻遮罩之電腦可讀取碼。

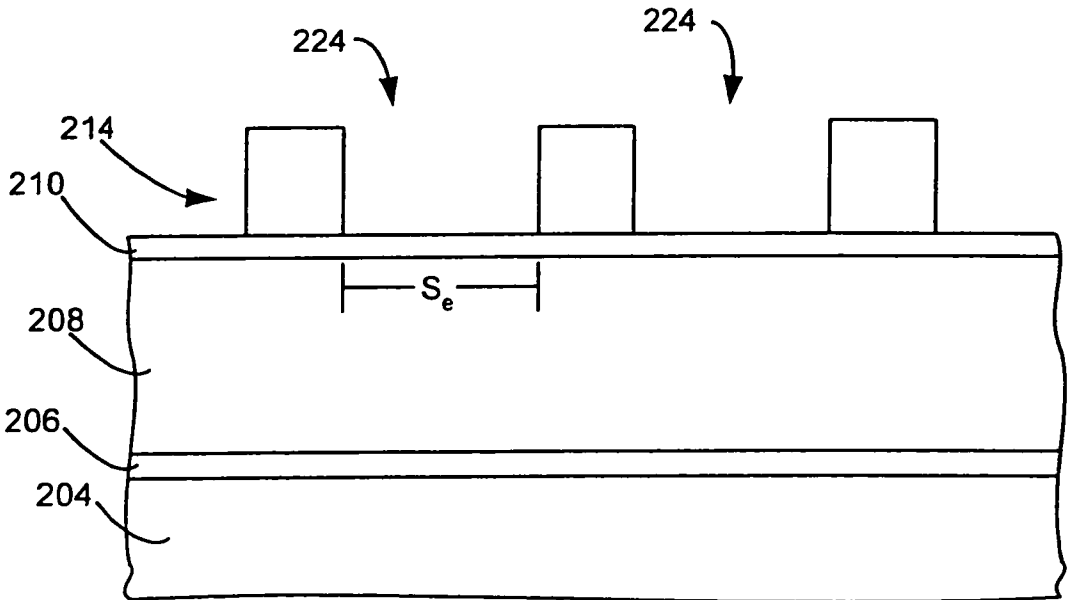
第1圖



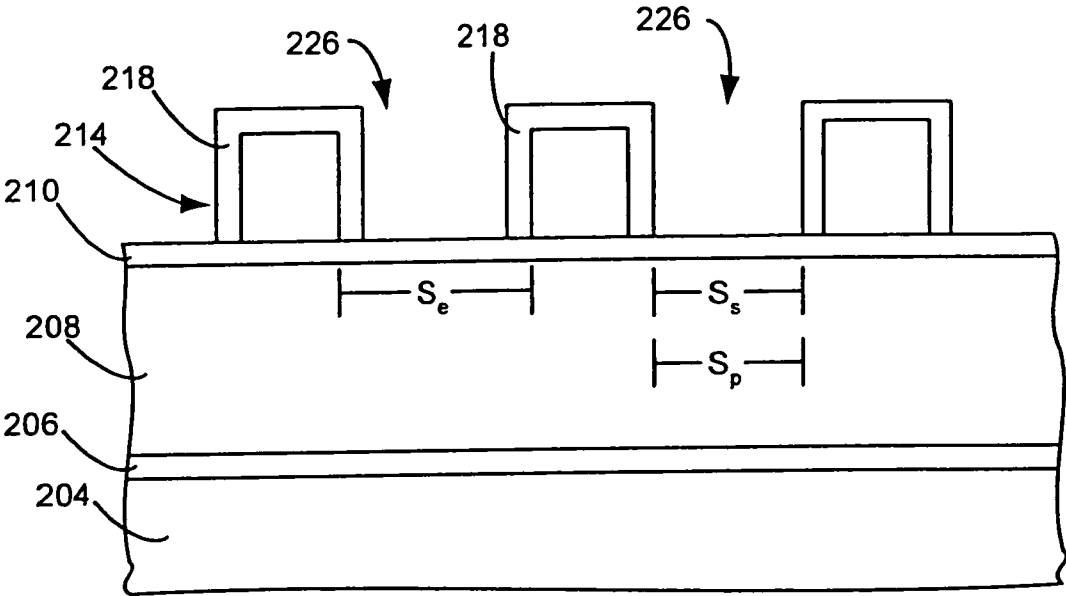
第2A圖



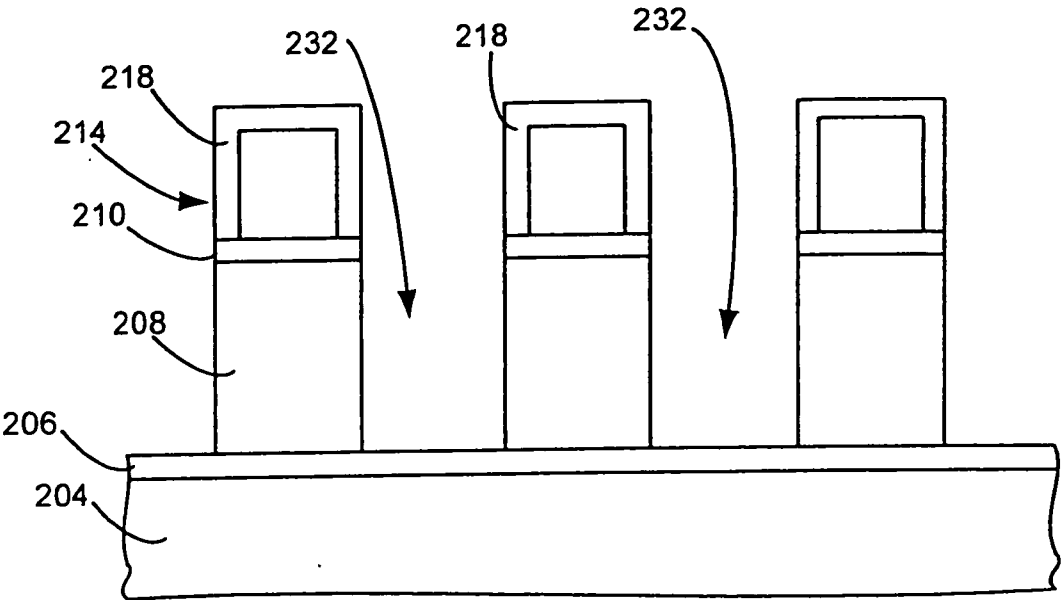
第2B圖



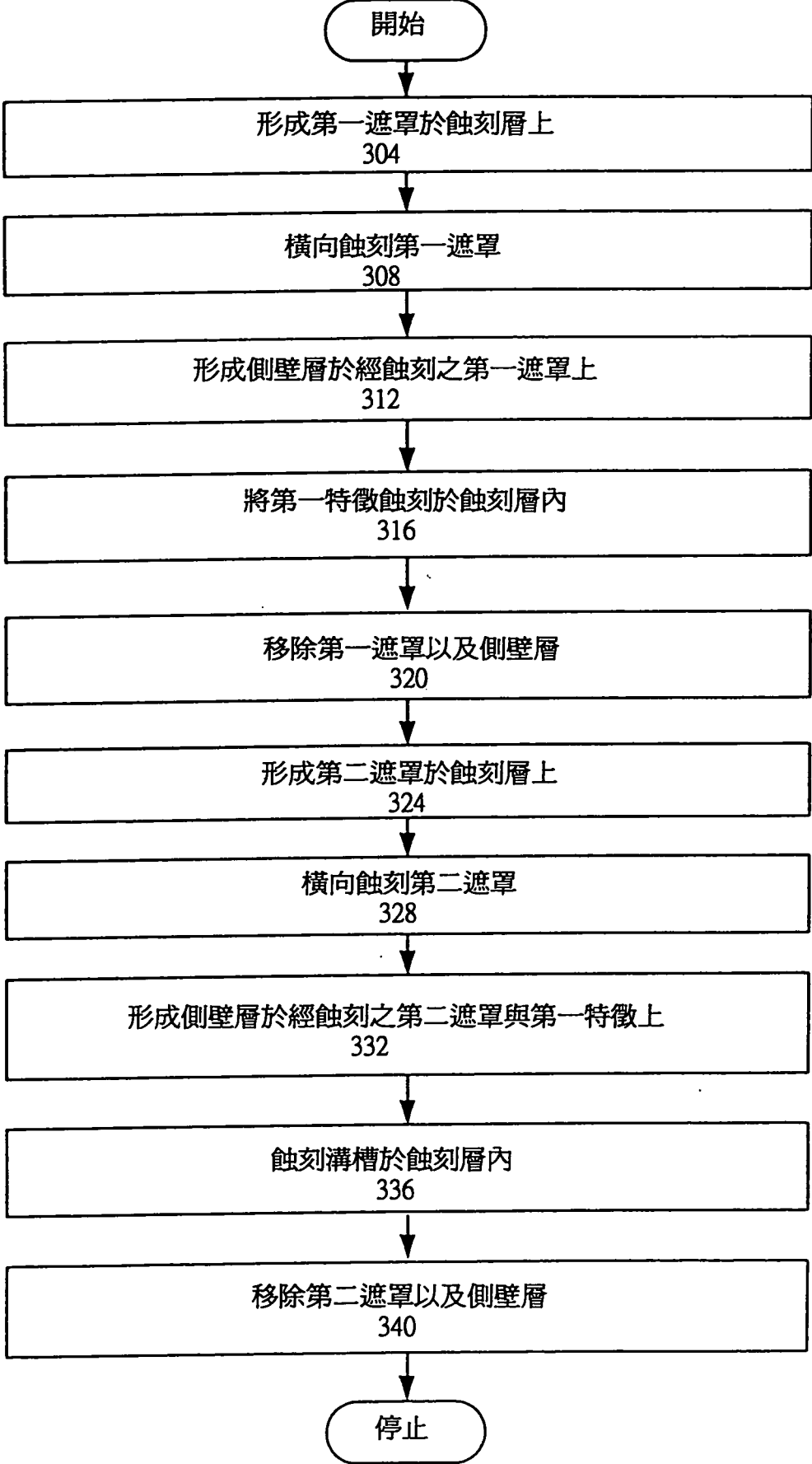
第2C圖



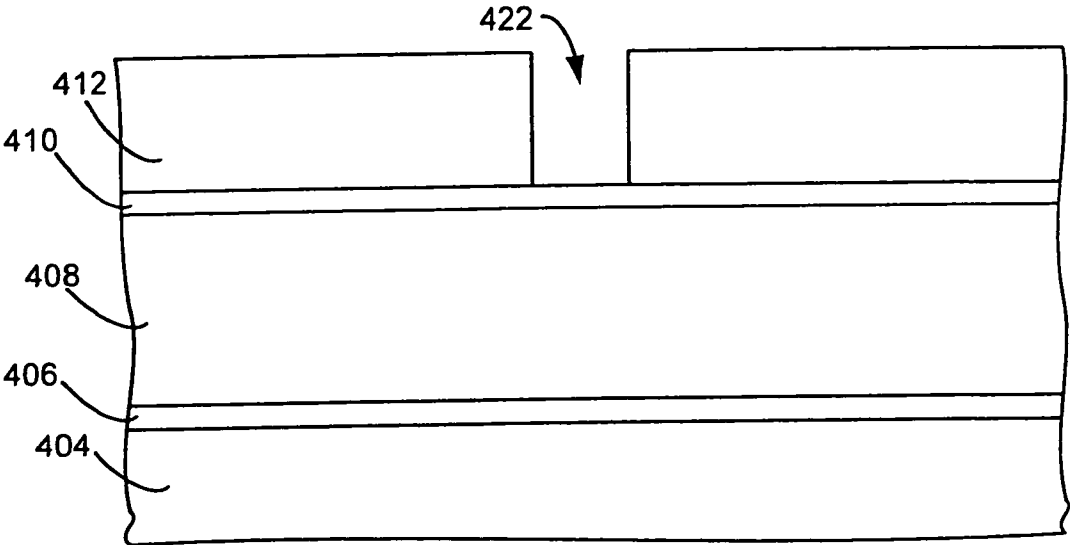
第2D圖



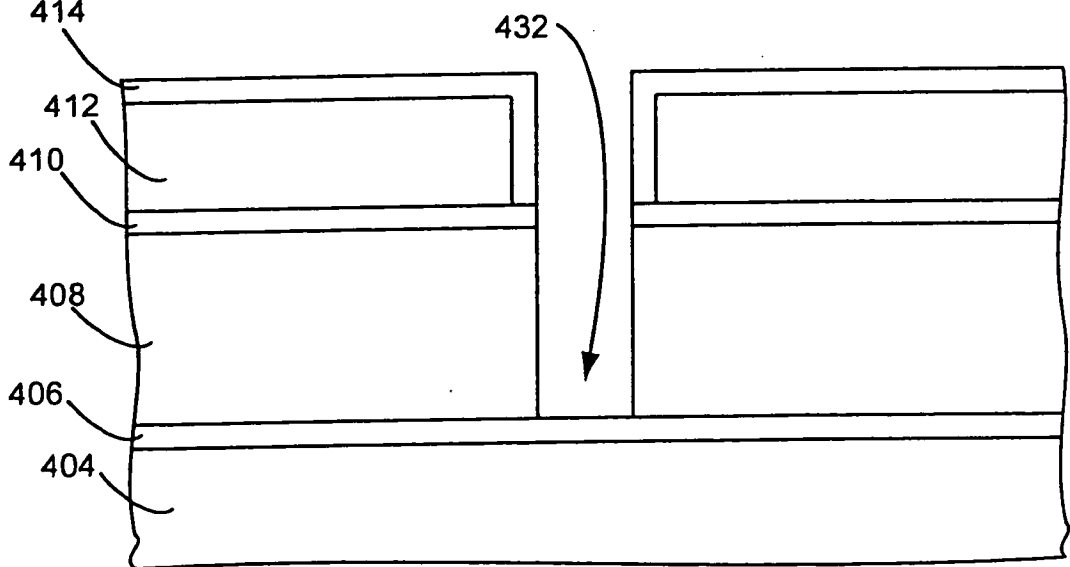
第3圖



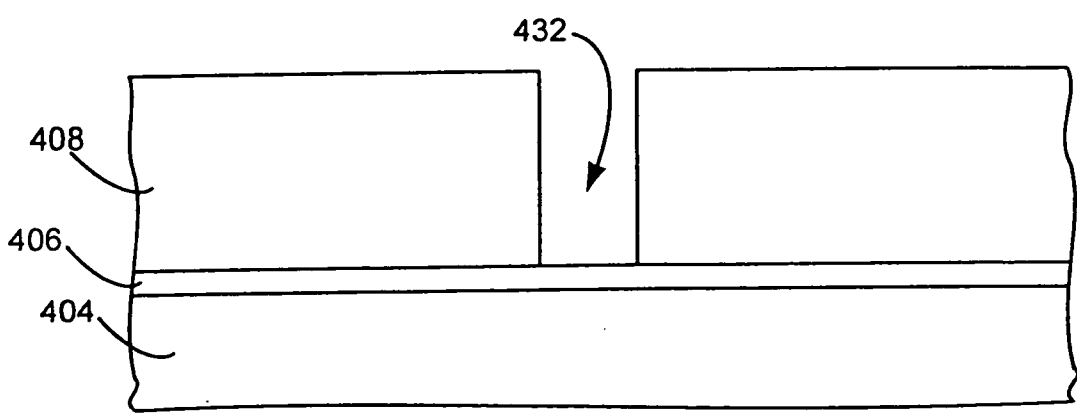
第4A圖



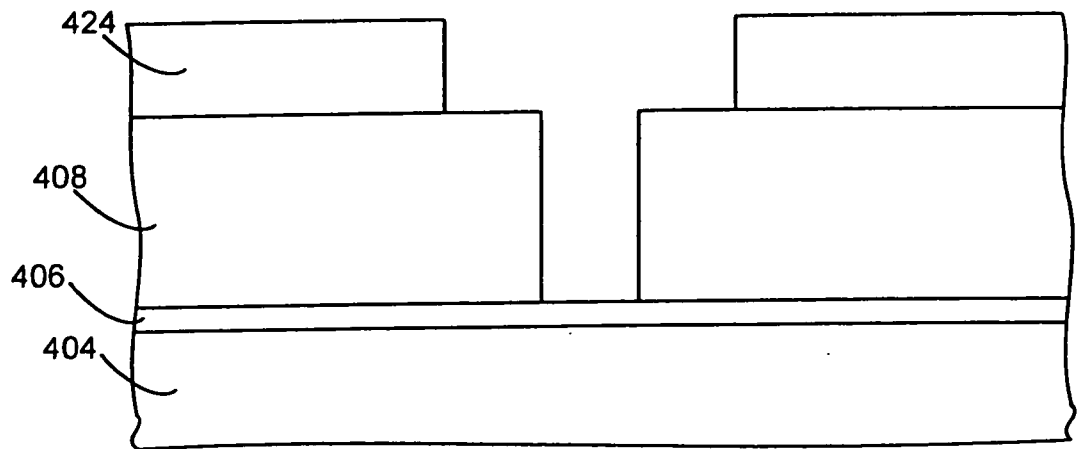
第4B圖



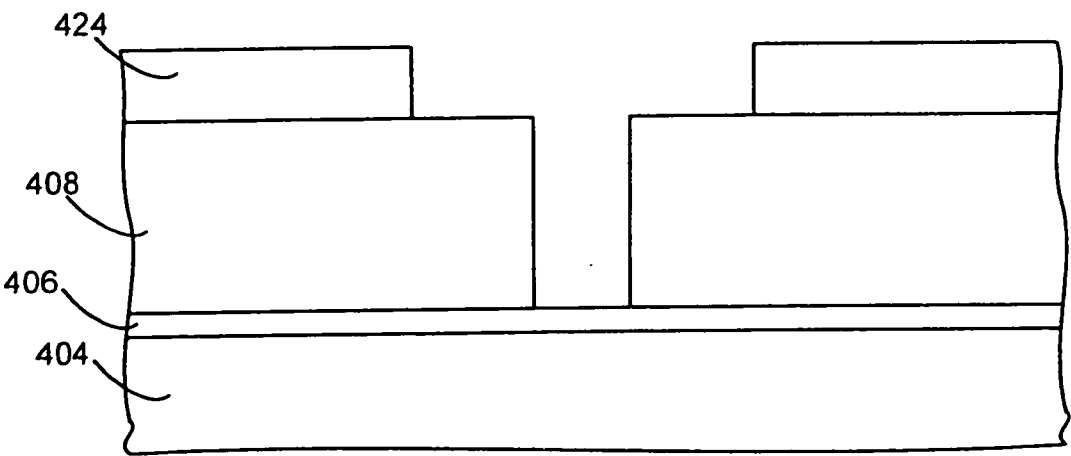
第4C圖



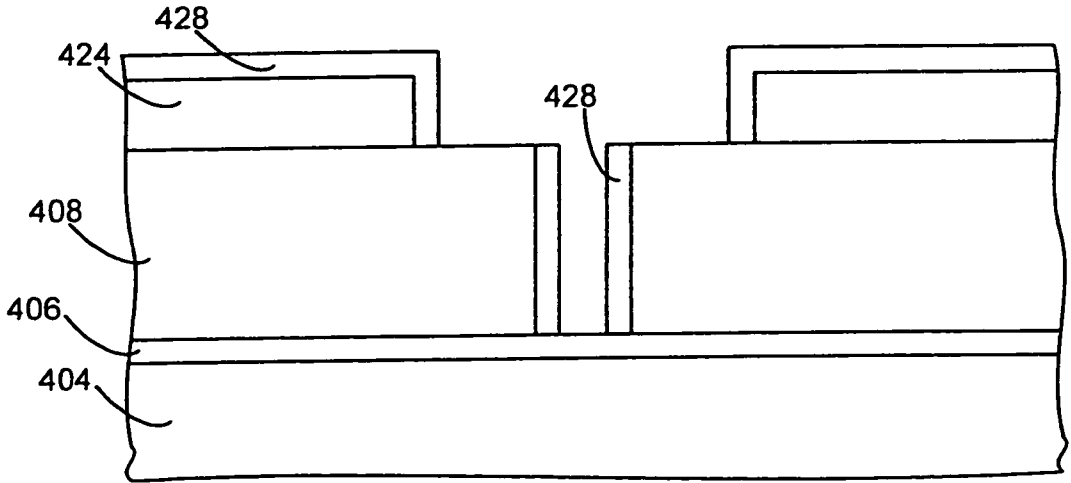
第4D圖



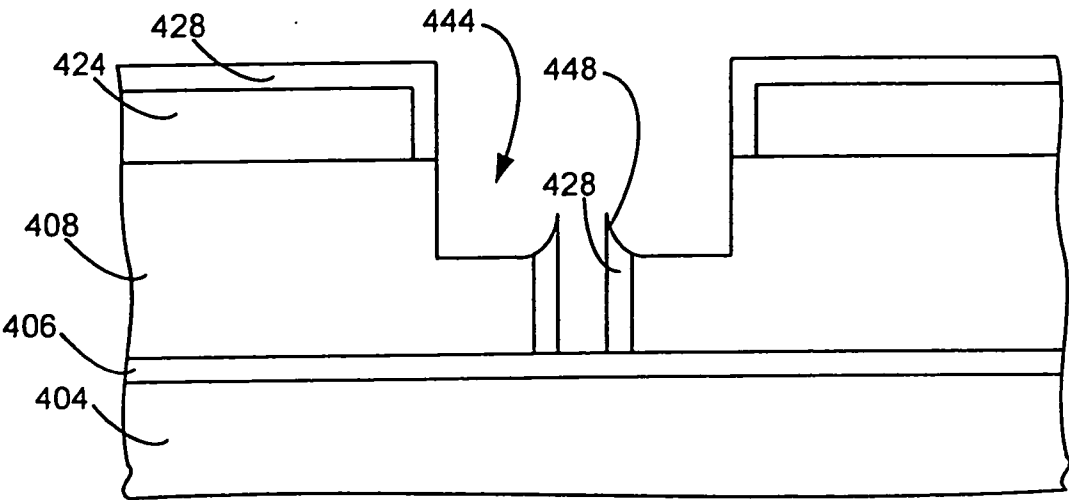
第4E圖



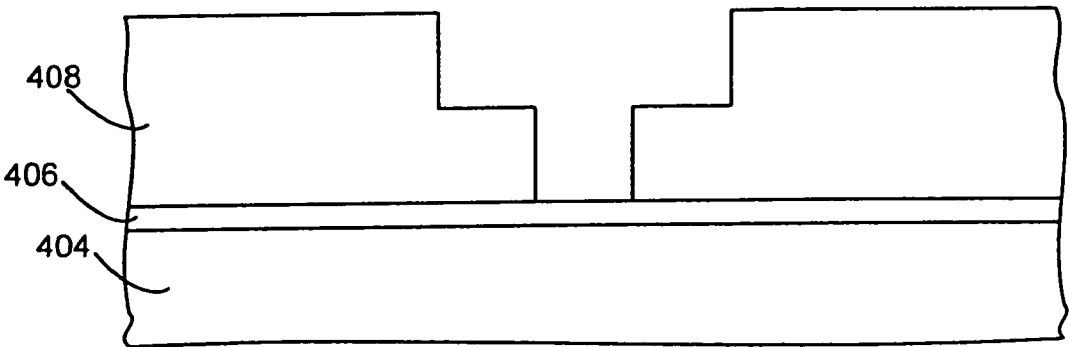
第4F圖



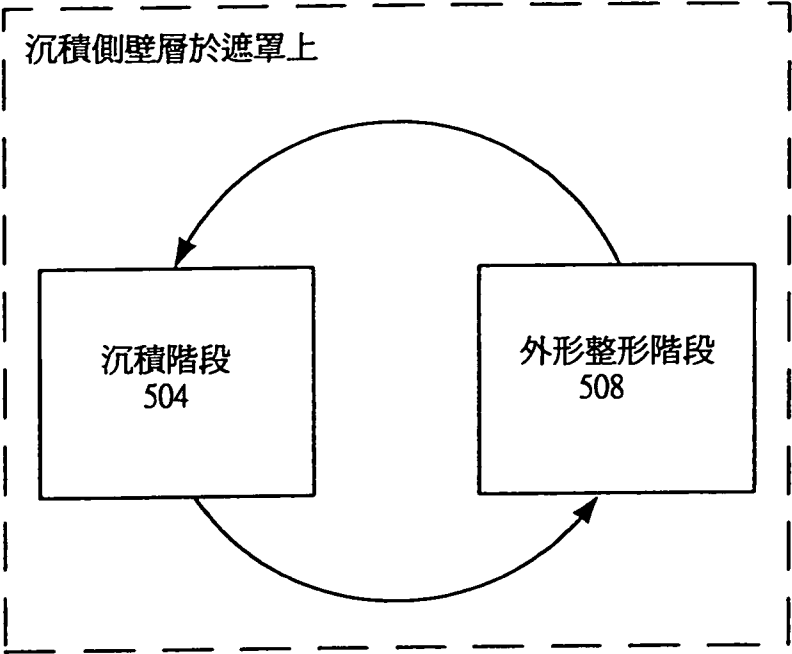
第4G圖



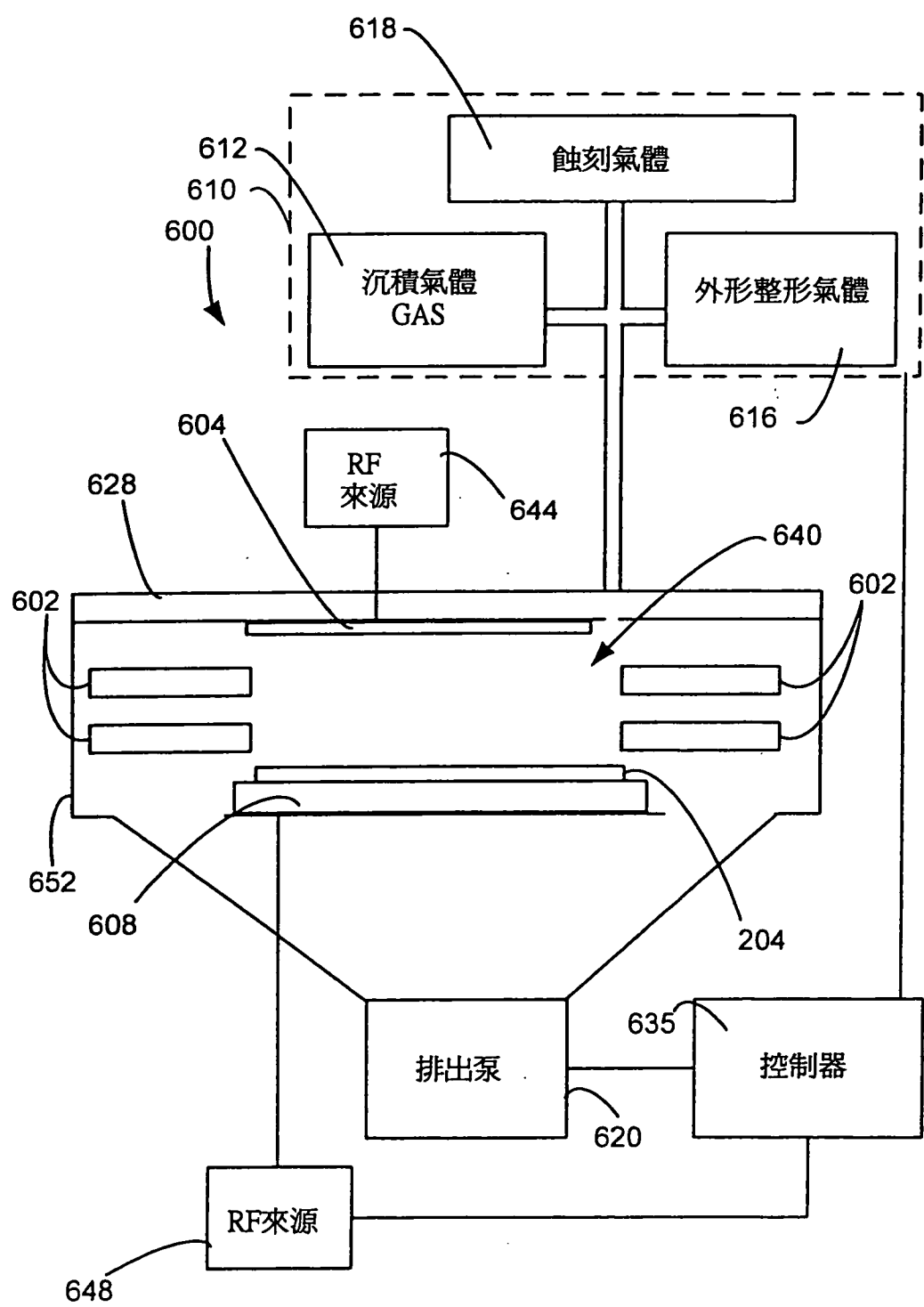
第4H圖



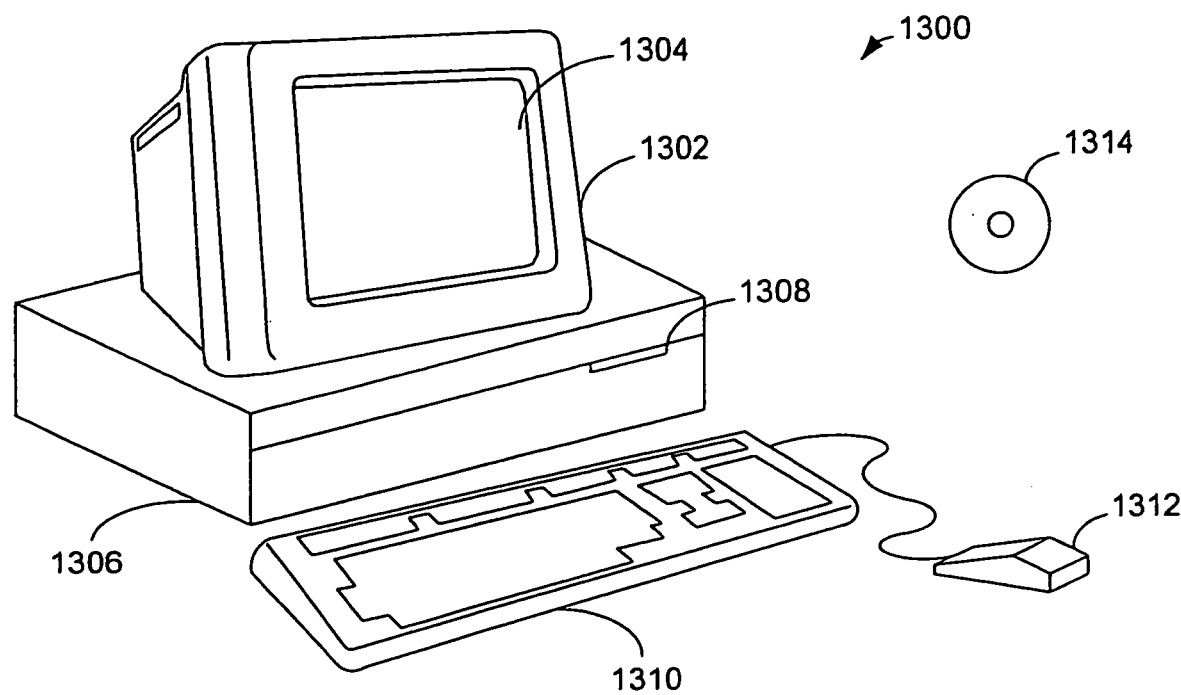
第5圖



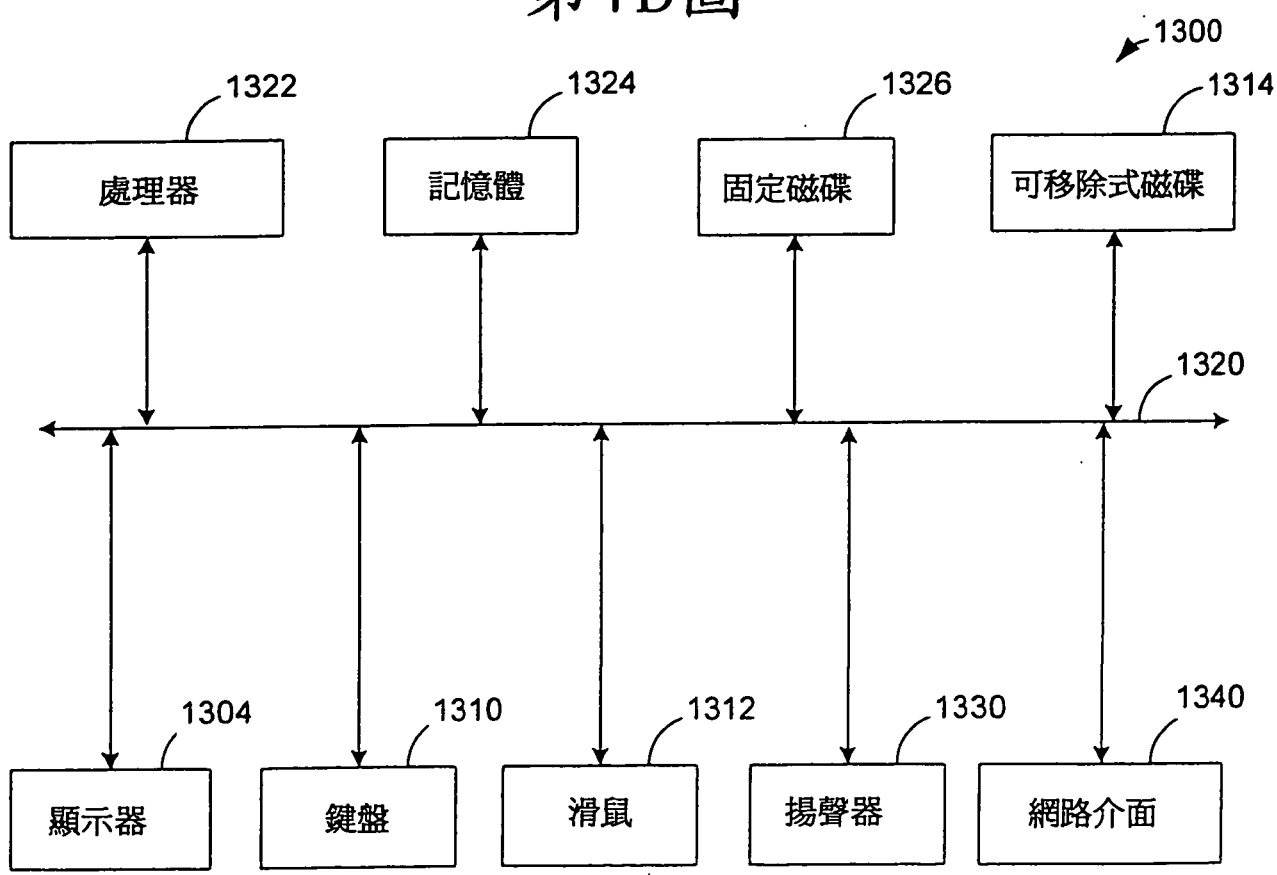
第6圖



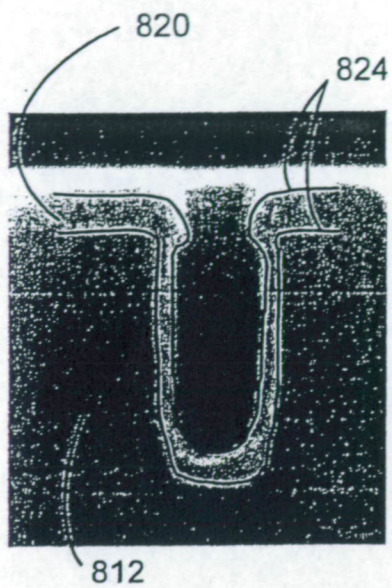
第7A圖



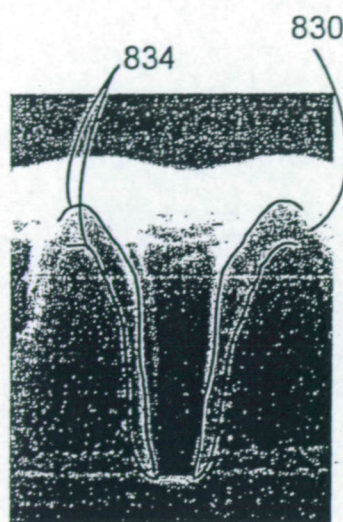
第7B圖



第8A圖



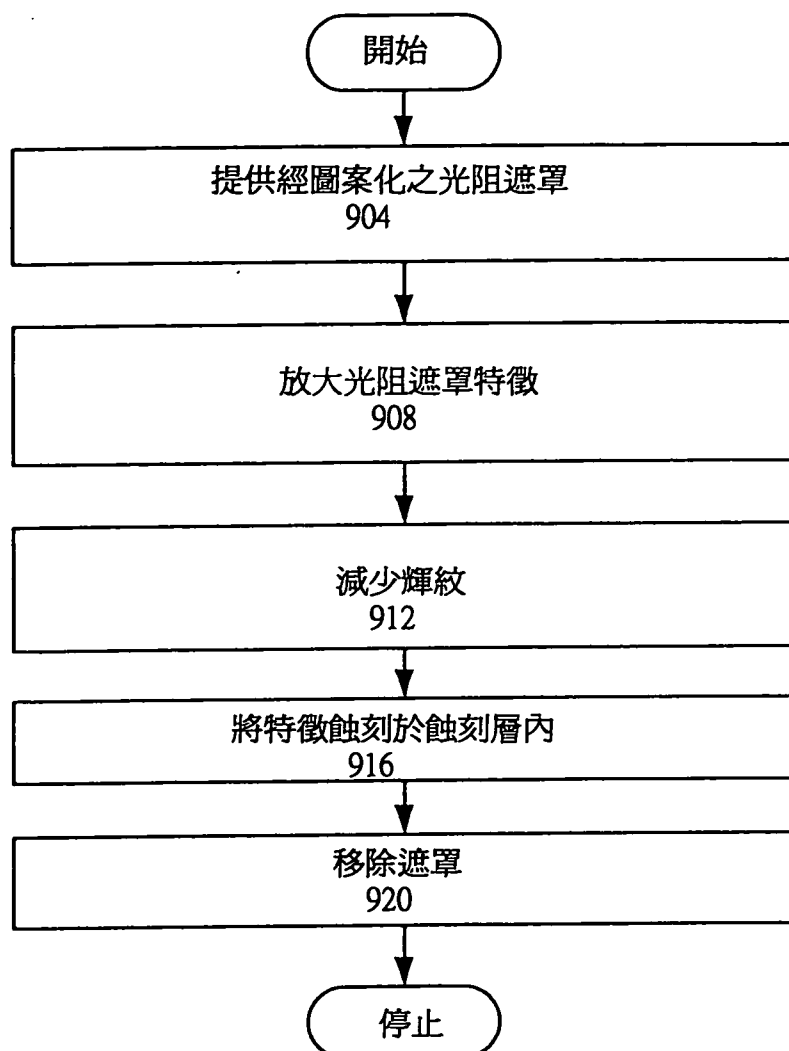
第8B圖



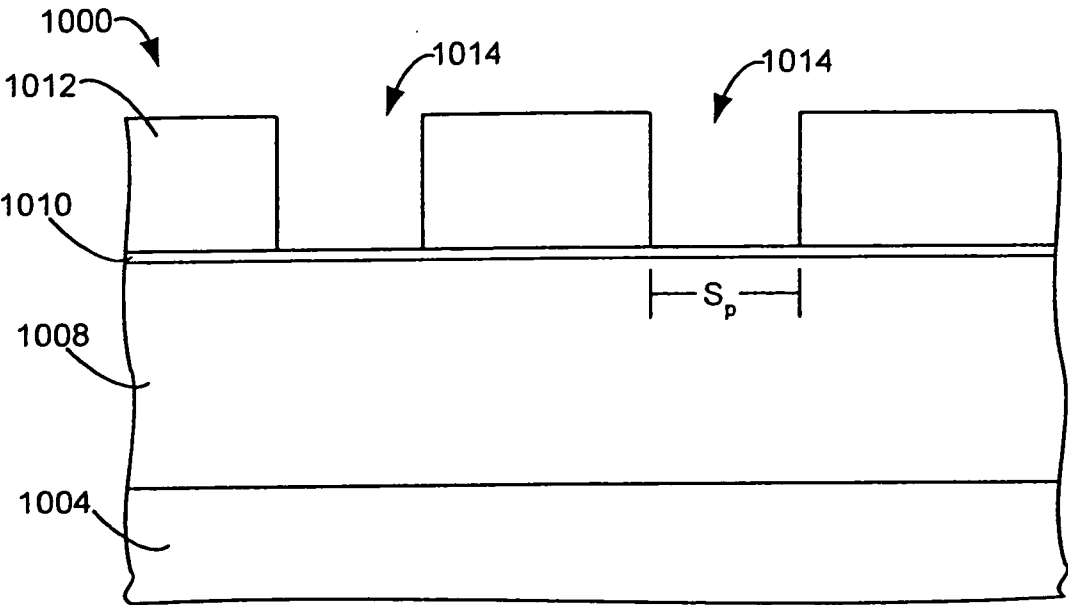
第8C圖



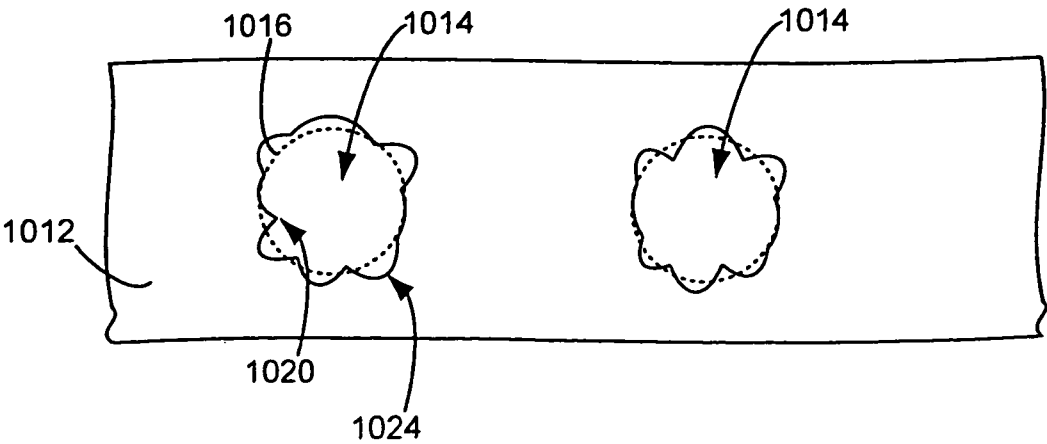
第9圖



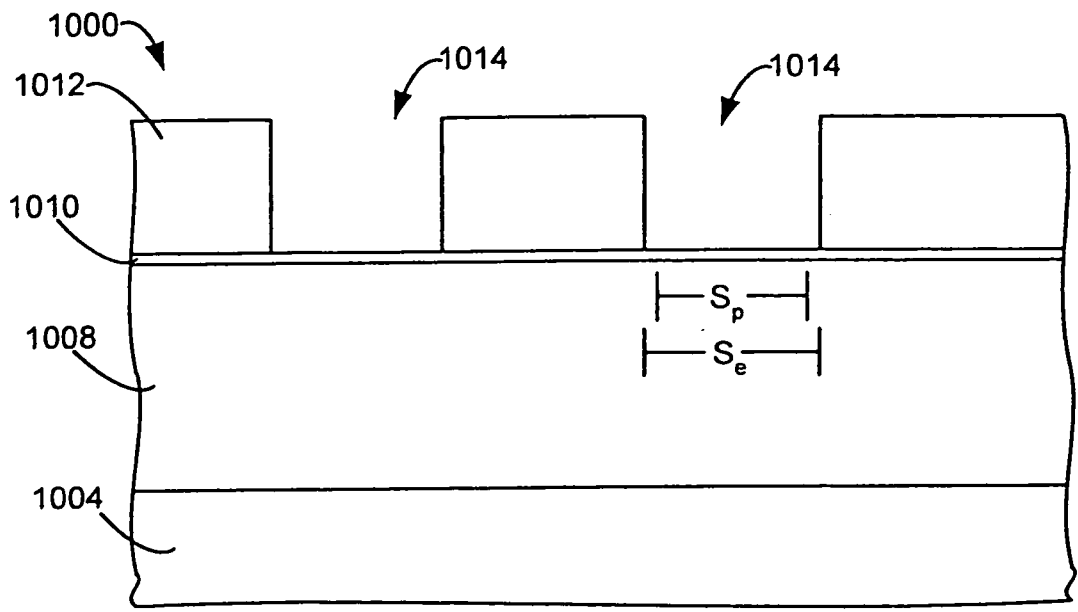
第10A圖



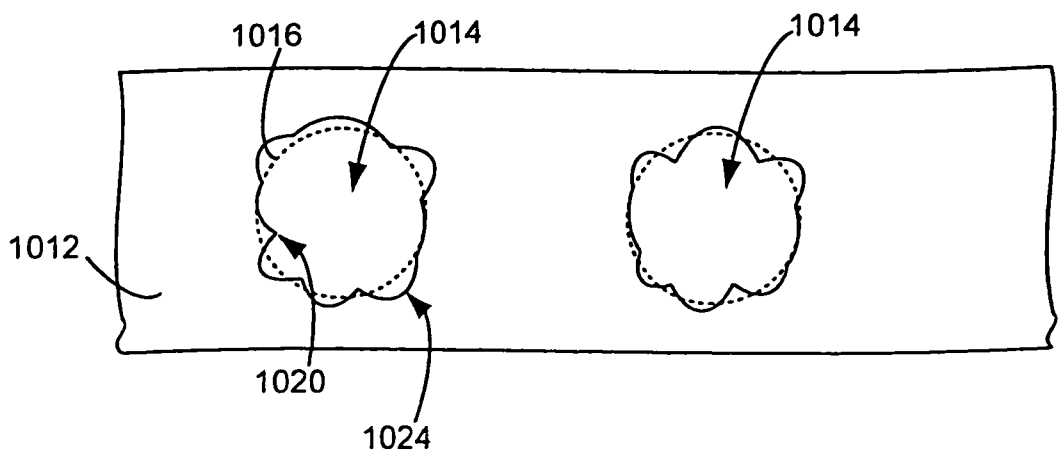
第10B圖



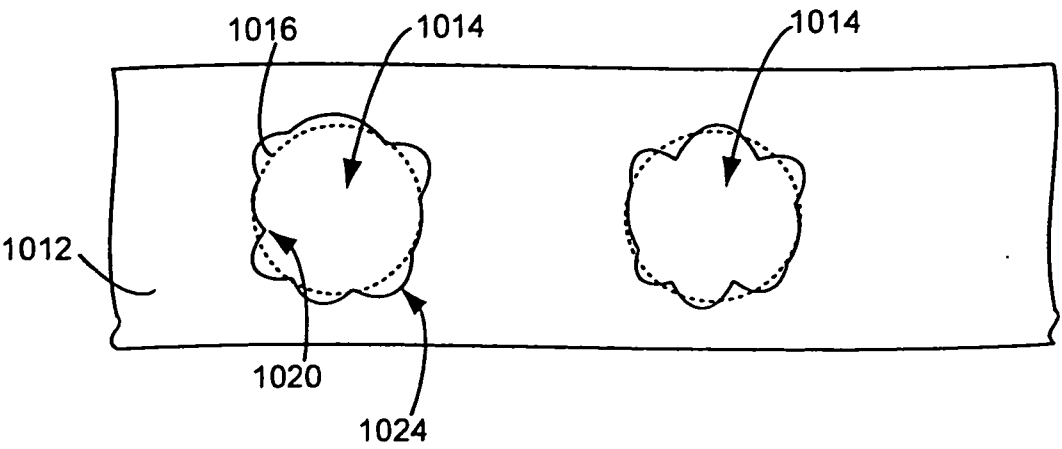
第10C圖



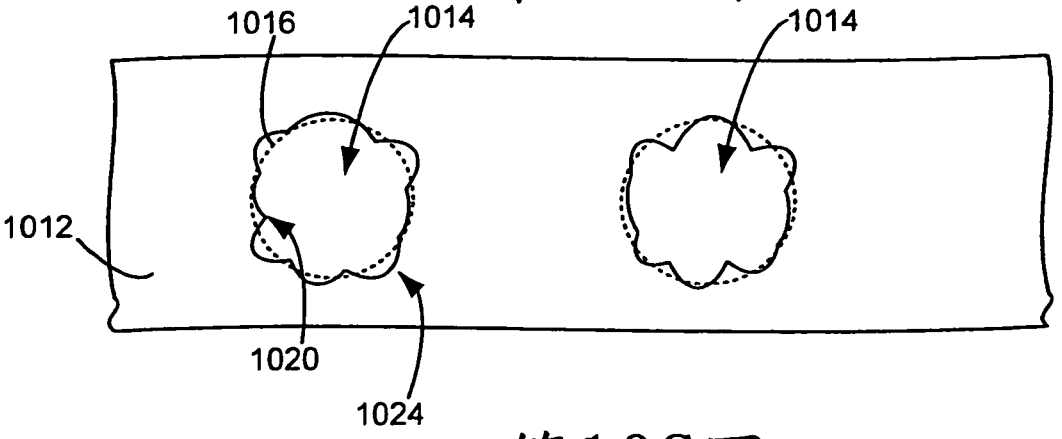
第10D圖



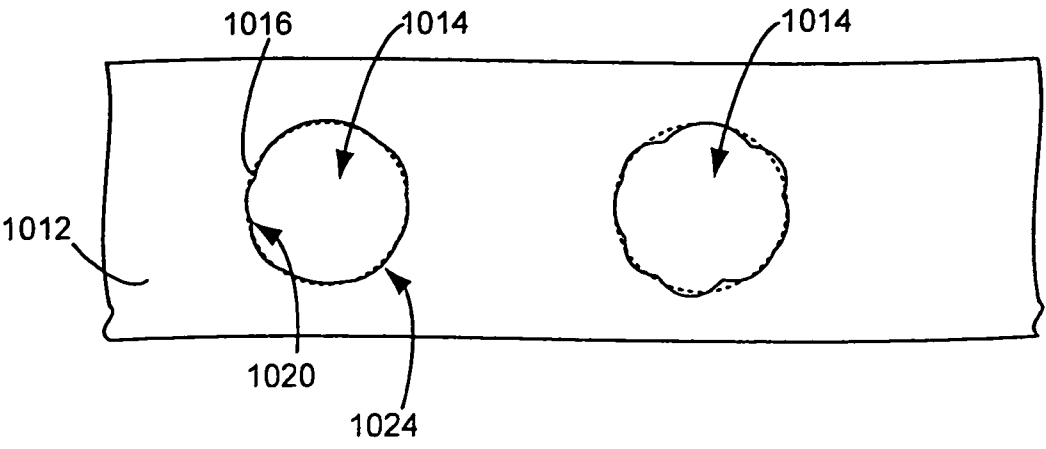
第10E圖



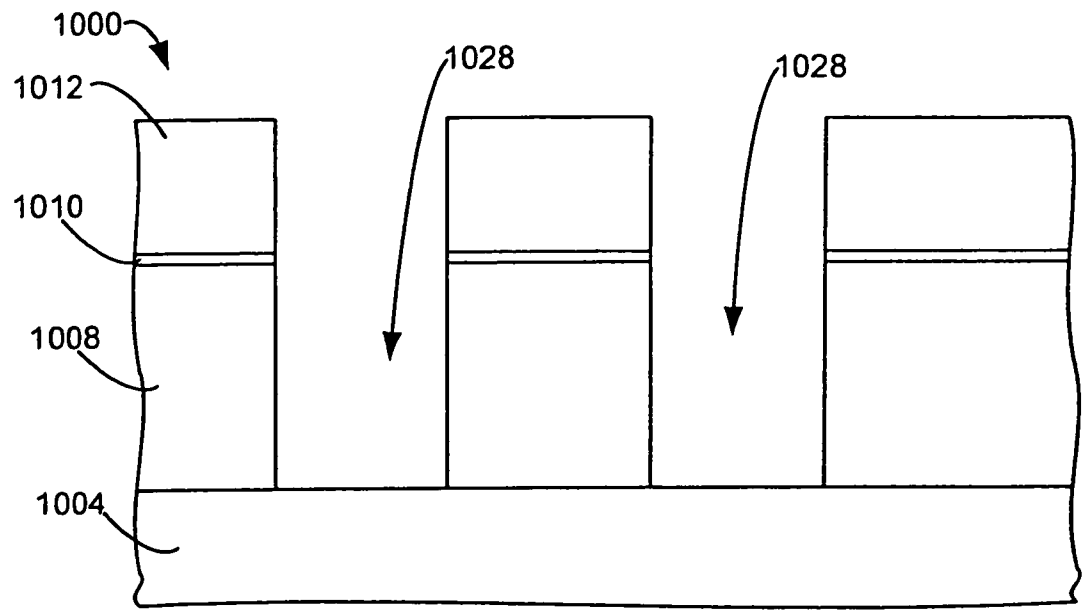
第10F圖



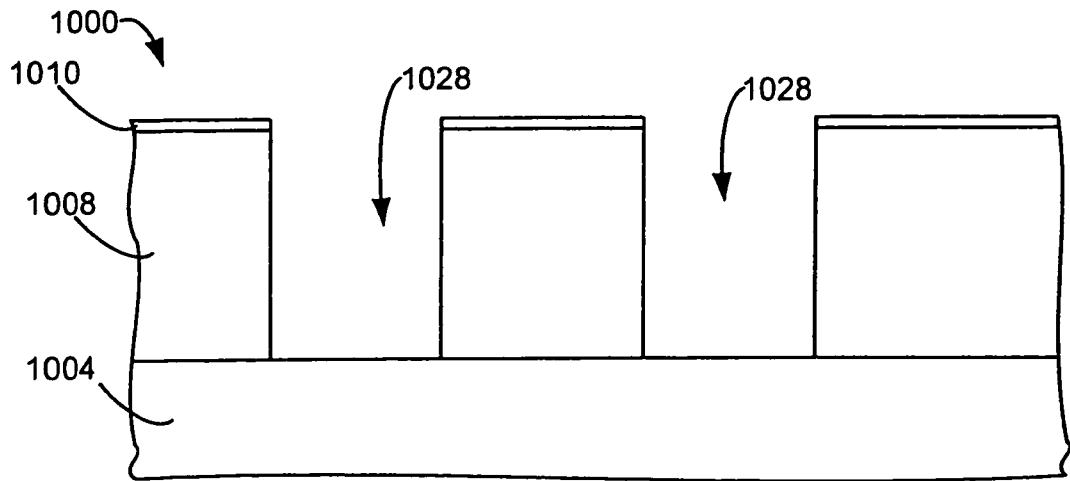
第10G圖



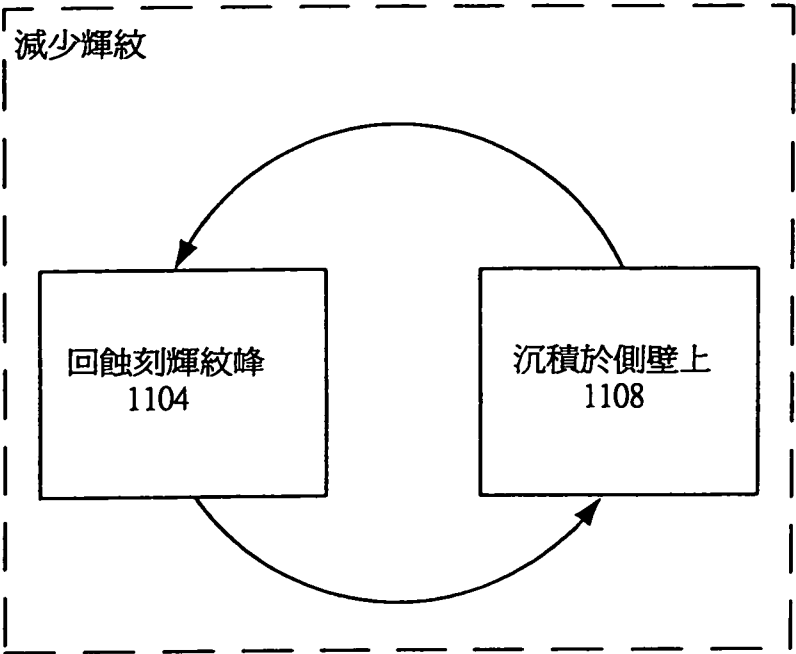
第10H圖



第10I圖



第11圖



(S)

