

# 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：97119558

※申請日期：97年5月27日

※IPC 分類：H01L21/027(2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

利用具有插入區之間隔遮罩的三倍頻方法

FREQUENCY TRIPLING USING SPACER MASK HAVING  
INTERPOSED REGIONS

## 二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商·應用材料股份有限公司

APPLIED MATERIALS, INC.

代表人：(中文/英文)

鄺錦安

KWONG, RAYMOND K.

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2人)

姓名：(中文/英文)

1.班卻爾克里斯多夫 D/BENCHER, CHRISTOPHER D.

2.堀岡啟二/HORIOKA, KEIJI

國籍：(中文/英文)

1.美國/USA

2.日本/Japan

#### 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：

1. 美國；2007 年 6 月 1 日 ；60/932,618
2. 美國；2007 年 10 月 19 日；11/875,205

☐ 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。

## 五、中文發明摘要：

本發明描述製造一半導體遮罩的方法。首先提供擁有由一系列接線組成之犧牲遮罩的半導體堆疊。然後形成擁有毗鄰該犧牲遮罩之該系列接線之側壁的間隔接線之間隔遮罩。該間隔遮罩也擁有插入接線在該等間隔接線之間。最後，除去該犧牲遮罩以僅提供該間隔遮罩。擁有插入接線之該間隔遮罩使得該犧牲遮罩之該系列接線的頻率變為三倍。

## 六、英文發明摘要：

A method for fabricating a semiconductor mask is described. A semiconductor stack having a sacrificial mask comprised of a series of lines is first provided. A spacer mask having spacer lines adjacent to the sidewalls of the series of lines of the sacrificial mask is then formed. The spacer mask also has interposed lines between the spacer lines. Finally, the sacrificial mask is removed to provide only the spacer mask. The spacer mask having interposed lines triples the frequency of the series of lines of the sacrificial mask.

七、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：

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】

本發明之實施例屬於半導體處理領域。更明確地說，本發明之實施例係有關於半導體遮罩之製造方法。

### 【先前技術】

在過去數十年，積體電路中的特徵結構之縮小一直是不斷成長的半導體產業背後的原動力。縮得越來越小之特徵結構促成半導體晶片之有限的使用面積上的功能性單元之密度增加。例如，縮小的電晶體尺寸使更大量的邏輯和記憶體元件可整合在一個微處理器上，造成產品製造之複雜度增加。

但是，縮小並非沒有後遺症。隨著微電子電路之基礎建構塊尺寸縮減，並且隨著製造在一特定區域內之基礎建構塊的數量增加，對於用來圖案化這些建構塊之微影製程的限制變得嚴苛。明確地說，圖案化在一半導體堆疊內的特徵結構之最小尺寸(關鍵尺寸)和每一個特徵結構間的間距之間將有取捨。第 1A-C 圖示出表示根據先前技藝之習知半導體微影製程的剖面圖。

參見第 1A 圖，在一半導體堆疊 102 上方提供一光阻層 104。一遮罩或光罩(reticle)106 係設置在該光阻層 104 上方。一微影製程包含將該光阻層 104 暴露在擁有特定波長的光線( $h\nu$ )下，如第 1A 圖之箭頭所示般。參見第 1B 圖，隨後顯影該光阻層 104 以在該半導體堆疊 102 上提供該圖案化光阻層 108。現在除去該光阻層 104 暴露在光線

下之部分。該圖案化光阻層 108 之每一個特徵結構的寬度係由寬度「x」表示。每一個特徵結構之間的間距係由間距「y」表示。通常，一特定微影製程的限制是提供關鍵尺寸等於該等特徵結構之間的間距之特徵結構，即， $x=y$ ，如第 1B 圖所示。

參見第 1C 圖，可縮小一特徵結構之關鍵尺寸（即該寬度「x」），而在該半導體堆疊 102 上形成該圖案化光阻層 110。該關鍵尺寸可藉由在第 1A 圖所示之微影步驟期間過度曝光該光阻層或藉由隨後微調(trim)來自第 1B 圖之該圖案化光阻層 108 來縮小。此關鍵尺寸的縮小係以特徵結構之間的間距增大為代價，如第 1C 圖之間距「y」所示。來自該圖案化光阻層 110 的每一個特徵結構之最小可實現尺寸和每一個特徵結構之間的間距之間將有所取捨。

在此描述一種使半導體微影製程之頻率變為三倍的方法。

#### 【發明內容】

本發明描述一種使半導體微影製程之頻率變為三倍的方法。在如下描述中，提出多種具體細節，例如製造條件和材料配方，以提供對於本發明之通盤了解。對熟知技藝者而言，可在無此等特定細節下實施本發明是顯而易見的。在其他例子中，不詳細描述熟知的特徵結構，例如積體電路設計佈局或光阻劑顯影製程，以免不必要地混淆本發明。此外，應了解圖式所示之多種實施例係說明性表示，並且非必定按照尺寸比例繪製。

在一實施例中，提供一種製造半導體遮罩的方法。首先提供具有由一系列接線組成之犧牲遮罩的半導體堆疊。在一實施例中，然後形成具有間隔接線（其毗鄰該犧牲遮罩之該系列接線之側壁）之間隔遮罩。該間隔遮罩也具有插入接線在該等間隔接線之間。除去該犧牲遮罩以僅提供具有插入接線之間隔遮罩。在一特定實施例中，該間隔遮罩之形成係藉由首先在該半導體堆疊上方沉積一間隔層並與該犧牲遮罩共形。然後在該間隔層上方沉積並圖案化一光阻層，並插入該犧牲遮罩之該系列接線。蝕刻該間隔層以提供具有間隔接線（其毗鄰該犧牲遮罩之該系列接線之側壁）以及在該等間隔接線之間的插入接線之間隔遮罩。該蝕刻製程也曝光該犧牲遮罩的頂表面。最後，除去該犧牲遮罩，僅留下擁有插入接線的間隔遮罩。

可藉由製造擁有插入接線之間隔遮罩使該微影圖案之頻率成倍（例如，三倍）。例如，根據本發明之一實施例，製造具有間隔接線（其毗鄰一微影圖案化犧牲遮罩的側壁而形成）以及在該等間隔接線之間的插入接線之間隔遮罩。就該犧牲遮罩的每一條接線而言，連同產生該間隔遮罩之兩條間隔接線與一條插入接線。可在除去該犧牲遮罩後製出提供每一條接線實質上相同的關鍵尺寸，或相同的特徵結構寬度，但在特定區域中擁有三倍密度的接線之半導體圖案化遮罩。例如，根據本發明之一實施例，將該犧牲遮罩的線間距/線寬比 (pitch) 選為 6，以最終提供線間距/線寬比為 2 的間隔遮罩。

為了提供不包覆該犧牲遮罩之該等接線末端的間隔接線，可能需要裁剪該間隔遮罩。可藉由保留該犧牲遮罩直到該間隔遮罩已經裁剪為止來避免在裁剪期間損壞該間隔遮罩。例如，根據本發明之一實施例，一間隔遮罩包含直接毗鄰一犧牲遮罩內之該等接線的側壁之間隔接線，包含該犧牲遮罩的每一條接線末端周圍。在一實施例中，與該犧牲遮罩的每一條接線相關之該間隔遮罩的每一對間隔接線係連續或連接的。

可能意欲在該間隔遮罩內產生彼此不連續的接線。在一實施例中，該間隔遮罩包覆該犧牲遮罩內的該等接線末端的部分在一圖案化／蝕刻製程中被裁剪。在該犧牲遮罩不存在的情況下，該間隔遮罩的結構可能不足以承受該圖案化／蝕刻製程。根據本發明之一實施例，在該裁剪製程期間保留該犧牲遮罩，以在該製程期間提供該間隔遮罩結構支撐。該間隔遮罩的該等插入接線並非沿著該犧牲遮罩之該等接線的側壁形成，並且在該間隔遮罩裁剪步驟期間可能不受支撐。根據本發明之一實施例，一間隔遮罩的該等插入接線係以低於該間隔遮罩的該等間隔接線之高度的高度形成。該間隔遮罩之該等插入接線的結構穩定性係藉由降低該等插入接線之深寬比相對於該等間隔接線的深寬比來增加。在裁剪該間隔遮罩之後，可除去該犧牲遮罩，以僅提供該裁剪過的間隔遮罩，其係由經裁剪的間隔接線連同插入接線組成。在一特定實施例中，該經裁剪之間隔遮罩的影像隨後轉印至一半導體堆疊。



### 【實施方式】

一間隔遮罩的製造可包含一裁剪製程程序，期間保留一犧牲遮罩以提供該間隔遮罩結構穩定性。第 2 圖包含一流程圖 200，表示根據本發明之一實施例製造一間隔遮罩之例示方法。第 3A-J 圖示出剖面及俯視圖，表示根據本發明之一實施例說明／關於應用在一半導體堆疊上的該流程圖 200 之操作。

參見該流程圖 200 之操作 202 和對應的第 3A 圖，提供一半導體堆疊 300。該半導體堆疊 300 係由位於一半導體層 308 上方之一第一遮罩堆疊 304 和一第二遮罩堆疊 306 組成。一圖案化光阻層 302 係形成在該半導體堆疊 300 上方。

該圖案化光阻層 302 可由適用於微影製程的任何材料組成。該圖案化光阻層 302 可藉由首先加光罩於光阻材料之毯覆層，然後將其曝光在一光源下來形成。該圖案化光阻層 302 然後可藉由顯影該毯覆光阻層形成。在一實施例中，該光阻層暴露在光源下的部分在顯影該光阻層後除去。該圖案化光阻層 302 係由正光阻材料組成。在一特定實施例中，該圖案化光阻層 302 係由選自 248 奈米光阻、193 奈米光阻、157 奈米光阻和擁有雙氮基醌(diazonaphthoquinone)感光劑之酚醛樹脂(phenolic resin)基體所組成的族群之正光阻材料構成。在另一實施例中，該光阻層暴露在該光源下的部分在顯影該光阻層後留存。該圖案化光阻層 302 係由負光阻材料組成。在一特定實施

例中，該圖案化光阻層 302 係由選自聚順式異戊二烯 (poly-cis-isoprene) 和 聚 桂 皮 酸 乙 烯 酯 (poly-vinyl-cinnamate) 所組成的族群之負光阻材料構成。

該圖案化光阻層 302 可擁有適於間隔遮罩製造製程的任何尺寸。根據本發明之實施例，該光阻層 302 的每一個特徵結構之寬度「x」係經選擇以實質上與所欲之半導體元件特徵結構的關鍵尺寸相關，例如，界定一閘極電極的接線寬度。在一實施例中，該寬度「x」係在 10-100 奈米範圍內。接線之間的間隔「y」可經選擇以最佳化三倍頻 (frequency tripling) 方案。根據本發明之一實施例，訂定隨後製造的間隔遮罩之目標，而使該間隔遮罩之該等間隔接線和插入接線的寬度實質上與該圖案化光阻層 302 的每一個特徵結構之寬度「x」相同。此外，訂定隨後形成的間隔接線和插入接線之間的間距之目標為實質上與每一個間隔區的寬度相等。在一實施例中，因為頻率最終會增至三倍，該圖案化光阻層 302 之每一個特徵結構之間的間距「y」大約等於「x」值的 5 倍，如第 3A 圖所示。該圖案化光阻層 302 的線間距/線寬比係經選擇為約 6，以最終提供一間隔遮罩，其擁有線間距/線寬比約 2 的間隔接線和插入接線。在一特定實施例中，用 193 奈米微影技術來產生特徵結構寬度約 40 奈米以及特徵結構之間的間距約 200 奈米之圖案化光阻劑 302。

在一實施例中，該圖案化光阻層 302 之特徵結構大約 5:1 的間距:寬度比例可藉由在該曝光步驟過度曝光一正

光阻層或藉由在微影／顯影製程之後微調一光阻層來實現。在一實施例中，該圖案化光阻劑 302 係由 193 奈米正光阻劑組成，其在顯影之後利用由選自  $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CF_4$ 、氫氣和氬氣所組成之族群的氣體構成之電漿蝕刻化學機制進行微調。雖然就三倍頻方案而言，該圖案化光阻層 302 的每一個特徵結構之理想寬度是該圖案化光阻層 302 之線間距／線寬比的六分之一，但可能要求稍厚一些的最初目標寬度，以補償用來圖案化該第一遮罩堆疊 304 的蝕刻製程。根據本發明之一實施例，訂定該圖案化光阻層 302 的每一個接線之最初寬度目標在該線間距／線寬比的 0.14 和 0.18 倍之間。

參見流程圖 200 之操作 204，以及對應的第 3B 圖，利用一蝕刻製程將該圖案化光阻層 302 的影像轉印至該第一遮罩堆疊 304，以形成一犧牲遮罩 310。用來轉印該影像的蝕刻製程可以是適於從該圖案化光阻層 302 轉印實質上相同的影像至該第一遮罩堆疊 304 的任何製程。

該第一遮罩堆疊 304 和該犧牲遮罩 310 可由適於在一間隔遮罩製造製程中做為犧牲遮罩的任何材料或材料組合構成。根據本發明之一實施例，該第一遮罩堆疊 304 係由單一種材料組成，如第 3A 圖所示之單一陰影所示出者。由單一種材料組成之第一遮罩堆疊 304 的成分及厚度可適於以實質上不會對該圖案化光阻層 302 造成衝擊的蝕刻製程蝕刻。在一實施例中，由單一種材料組成之第一遮罩堆疊 304 的尺寸及蝕刻性質係經選擇以易受圖案化，期間該

圖案化光阻層 302 實質上保持完整。在一特定實施例中，該圖案化光阻層 302 係由一碳系材料組成，並且該第一遮罩堆疊 304 係由選自氮化矽、氧化矽及非晶或多晶矽所組成之族群的材料構成。在一特定實施例中，該第一遮罩堆疊 304 實質上係由氮化矽組成，並且用來形成該犧牲遮罩 310 的蝕刻製程使用選自  $\text{CH}_2\text{F}_2$  和  $\text{CHF}_3$  所組成之族群的氣體。在另一特定實施例中，該第一遮罩堆疊 304 實質上係由氧化矽組成，並且用來形成該犧牲遮罩 310 的蝕刻製程使用選自  $\text{C}_4\text{F}_8$  和  $\text{CHF}_3$  所組成之族群的氣體。在另一特定實施例中，該第一遮罩堆疊 304 實質上係由非晶或多晶矽組成，並且用來形成該犧牲遮罩 310 的蝕刻製程使用選自  $\text{Cl}_2$  和  $\text{HBr}$  所組成之族群的氣體。根據本發明之一實施例，由單一材料組成之第一遮罩堆疊 304 的厚度係經選擇以最佳化三倍頻方案中後續間隔遮罩的形成。該第一遮罩堆疊 304 的厚度可薄到足以避免隨後形成的間隔遮罩之間隔遮罩接線傾覆，並且厚到足以使該間隔遮罩接線的關鍵尺寸可受到控制。在一實施例中，由單一材料組成之第一遮罩堆疊 304 的厚度係該犧牲遮罩 310 的目標接線寬度的 4.06 – 5.625 倍範圍內。

根據本發明之另一實施例，該第一遮罩堆疊 304 包含位於一第一遮罩層 304B 上方之一第一硬光罩層 304A，如第 3A 圖所示之兩層所示出者。該犧牲遮罩 310 係由位於一犧牲遮罩部分 310B 上方之一犧牲硬光罩部分 310A 所組成，如第 3B 圖所示。在一實施例中，在兩個不同的蝕刻

操作中以該圖案化光阻層 302 的影像圖案化該第一硬光罩層 304A 和該第一遮罩層 304B。該第一硬光罩層 304A 可由適於以實質上不會對該圖案化光阻層 302 造成衝擊的蝕刻製程蝕刻之任何材料組成。在一實施例中，該第一硬光罩層 304A 的尺寸及蝕刻性質係經選擇以易受圖案化，期間該圖案化光阻層 302 實質上保持完整。在一特定實施例中，該第一遮罩層 304B(其位於第一硬光罩層 304A 下方)係由蝕刻性質與該圖案化光阻層 302 的蝕刻性質類似的材料組成。該第一硬光罩層 304A 係用來在後續的第一遮罩層 304B 蝕刻期間保存來自該圖案化光阻層 302 的影像。在一特定實施例中，該圖案化光阻層 302 和該第一遮罩層 304B 係由碳系材料組成，並且該第一硬光罩層 304A 係由選自氮化矽、氧化矽及非晶或多晶矽所組成之族群的材料構成。在一特定實施例中，該第一硬光罩層 304A 實質上係由氮化矽組成，並且用來圖案化該第一硬光罩層 304A，相對於該圖案化光阻層 302 以及該第一遮罩層 304B 有選擇性，的蝕刻製程使用選自  $\text{CH}_2\text{F}_2$  和  $\text{CHF}_3$  所組成之族群的氣體。在另一特定實施例中，該第一硬光罩層 304A 實質上係由氧化矽組成，並且用來圖案化該第一硬光罩層 304A，相對於該圖案化光阻層 302 以及該第一遮罩層 304B 有選擇性，的蝕刻製程使用選自  $\text{C}_4\text{F}_8$  和  $\text{CHF}_3$  所組成之族群的氣體。在另一特定實施例中，該第一硬光罩層 304A 實質上係由非晶或多晶矽組成，並且用來圖案化該第一硬光罩層 304A，相對於該圖案化光阻層 302 以及該第一遮罩

層 304B 有選擇性，的蝕刻製程使用選自  $\text{Cl}_2$  和  $\text{HBr}$  所組成之族群的氣體。該第一硬光罩層 304A 的厚度可薄到足以容許相對於該圖案化光阻層 302 的高度選擇性蝕刻，並且厚到足以避免可能不預期暴露該第一遮罩層 304B 的針孔。在一實施例中，該第一硬光罩層 304A 的厚度係在 20-50 奈米範圍內。

在該第一遮罩堆疊 304 包含位於一第一遮罩層 304B 上方的第一硬光罩層 304A 所構成之情況中，該第一遮罩層 304B 可由適於承受一受控制的蝕刻製程以及隨後的間隔遮罩形成製程的任何材料組成。在一實施例中，該第一遮罩層 304B 的蝕刻性質與該圖案化光阻層 302 類似。在一特定實施例中，該圖案化光阻層 302 和該第一遮罩層 304B 的厚度係經選擇以使蝕刻該第一硬光罩層 304A 之後留存下來的所有圖案化光阻層 302 部分均在該第一遮罩層 304B 的蝕刻期間除去。例如，根據本發明之一實施例，該圖案化光阻層 302 和該第一遮罩層 304B 兩者實質上係由碳原子組成。在一實施例中，該第一遮罩層 304B 係由利用碳氫化合物前驅物分子之化學氣相沉積製程形成之  $\text{sp}^3$  (類鑽石)-、 $\text{sp}^2$  (石墨)-及  $\text{sp}^1$  (熱解)-混成碳原子之混合物組成。此種薄膜可以是在技藝中被稱為先進圖案化薄膜 (APF) 之非晶碳薄膜。在一特定實施例中，該第一遮罩層 304B 係由此種非晶碳薄膜組成，並且藉由使用選自  $\text{O}_2$  和  $\text{N}_2$  之組合或  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  的組合所組成的族群之氣體蝕刻。在一特定實施例中，在與用來圖案化該第一遮罩層 304B

相同的蝕刻操作中除去實質上所有的圖案化光阻層 302。該第一遮罩層 304B 的厚度可薄到足以避免隨後形成的間隔遮罩之間隔遮罩接線傾覆，並且厚到足以使該間隔遮罩接線的關鍵尺寸可受到控制。在一實施例中，由該第一硬光罩層 304A 和該第一遮罩層 304B 所構成之第一遮罩堆疊 304 的總厚度係於該犧牲遮罩 310 的目標接線寬度的 4.06 — 5.625 倍範圍內。

再次參見第 3B 圖，該第一遮罩堆疊 304 係經圖案化以形成對於該第二遮罩堆疊 306 有選擇性的犧牲遮罩 310。該第二遮罩堆疊 306 包含位於一第二遮罩層 306B 上方之一第二硬光罩層 306A，如第 3B 圖所示。該第二硬光罩層 306A 可擁有適於保護該第二遮罩層 306B 不受用來形成該犧牲遮罩 310 的蝕刻製程傷害的任何性質。根據本發明之一實施例，該第一遮罩堆疊 304 係由單一材料組成，並且係經相對於該第二硬光罩層 306A 有選擇性的蝕刻。在一實施例中，該第一遮罩堆疊 304 係由氮化矽組成，並且該第二硬光罩層 306A 係由選自氧化矽和非晶或多晶矽所組成之族群的材料構成。在另一實施例中，該第一遮罩堆疊 304 係由氧化矽組成，並且該第二硬光罩層 306A 係由選自氮化矽和非晶或多晶矽所組成之族群的材料構成。在另一實施例中，該第一遮罩堆疊 304 係由非晶或多晶矽組成，並且該第二硬光罩層 306A 係由選自氮化矽和氧化矽所組成之族群的材料構成。根據本發明之另一實施例，該第一遮罩堆疊 304 係由一第一硬光罩層 304A 和一

第一遮罩層 304B 所組成。在一實施例中，該第一遮罩層 304B 係由利用選自  $O_2$  和  $N_2$  之組合或  $CH_4$  和  $N_2$  和  $O_2$  的組合所組成的族群之氣體蝕刻的非晶碳薄膜構成，而該第二硬光罩層 306A 係由選自氮化矽、氧化矽和非晶或多晶矽所組成的族群之材料構成。該第二硬光罩層 306A 的厚度可薄到足以容許隨後相對於該第二遮罩層 306B 的高度選擇性蝕刻，並且厚到足以避免可能不預期將該第二遮罩層 306B 暴露在應用於該第一遮罩堆疊 304 上的蝕刻製程的針孔。在一實施例中，該第二硬光罩層 306A 的厚度係在 15-40 奈米範圍內。

參見流程圖 200 之操作 206 以及對應的第 3C 圖，一間隔層 312 係經共形地沉積在該犧牲遮罩 310 上以及該第二硬光罩層 306A 上方。該間隔層 312 係最終會成為用於三倍頻方案中的間隔遮罩的材料之來源。

該間隔層 312 可由適於形成用在隨後的蝕刻製程中的可靠遮罩之任何材料組成。根據本發明之一實施例，該間隔層 312 係由選自氮化矽、氧化矽和非晶或多晶矽所組成之族群的材料構成。該間隔層 312 可用適於在該犧牲遮罩 310 的側壁上提供一共形層之任何製程沉積，如第 3C 圖所示者。在一實施例中，該間隔層 312 係用選自分子有機 CVD、低壓 CVD 和電漿輔助 CVD 所組成之族群的化學氣相沉積 (CVD) 技術沉積。該間隔層 312 的厚度可經選擇以決定隨後形成的間隔遮罩內之特徵結構的寬度。根據本發明之一實施例，該間隔層 312 的厚度實質上與該犧牲遮罩



310 的特徵結構的寬度相同，如第 3C 圖所示者。雖然就三倍頻方案而言，該間隔層 312 的理想厚度係與該犧牲遮罩 310 的特徵結構之寬度相同，但可能要求稍厚一些的最初目標寬度，以補償用來圖案化該間隔層 312 的蝕刻製程。在一實施例中，該間隔層 312 之厚度約是該犧牲遮罩 310 的特徵結構之寬度的 1.06 倍，即，在隨後形成之間隔遮罩內的接線之預期特徵結構寬度的 1.06 倍。

參見流程圖 200 的操作 208 以及對應的第 3D 圖，一光阻堆疊 315 係經沉積在該間隔層 312 上。在一實施例中，該光阻堆疊 315 可擁有一光阻層 315B，其係由關於第 3A 圖之圖案化光阻層 302 所述之任何材料組成。此外，該光阻堆疊 315 可包含一底部抗反射塗層 (BARC) 315A 在該光阻層 315B 和該間隔層 312 之間，以提供該光阻層 315B 一平坦表面，如第 3D 圖所示者。在一實施例中，用來圖案化該光阻堆疊 315 的微影製程包含擁有實質上平坦的底表面之光阻層 315B 的曝光及顯影。在一特定實施例中，該 BARC 層係擁有一有機基團的旋塗式玻璃材料。在另一實施例中，該光阻堆疊 315 係完全由光阻層組成，即，該光阻堆疊 315 不包含 BARC 底層。

該光阻堆疊 315 可利用提供該光阻堆疊 315 一平坦的頂表面之任何製程沉積。例如，根據本發明之一實施例，該光阻堆疊 315 包含位於該 BARC 層 315A 上方的光阻層 315B，而該光阻層 315B 和該 BARC 層 315A 兩者皆利用旋塗製程沉積。在另一實施例中，該光阻堆疊 315 實質上包

含利用旋塗製程沉積的光阻層。用來沉積該 BARC 層 315A 或一光阻層(在該光阻堆疊 315 不含 BARC 層的情況中)的旋塗製程可產生足以使該犧牲遮罩 310 內的薄特徵結構傾覆之力道。根據本發明之一實施例，該間隔層 312 的連續性保護該犧牲遮罩 310 的精細特徵結構。

再次參見流程圖 200 之操作 208 並且現在參考對應的第 3E 圖，該光阻堆疊 315 係經圖案化而形成一插入遮罩堆疊 317。該光阻堆疊 315 可利用關於圖案化第 3A 圖之圖案化光阻層 302 所述之任何微影製程圖案化。根據本發明之一實施例，該插入遮罩堆疊 317 係經產生以保留一部分的間隔層 312，否則會在一間隔遮罩形成蝕刻操作中被除去。在一實施例中，該插入遮罩堆疊 317 係經形成以保留一部分的間隔層 312，其寬度與隨後形成的直接位於此種接線之間的間隔接線實質上相同。在一特定實施例中，該插入遮罩堆疊 317 的寬度實質上與該間隔層 312 的厚度相同。在一實施例中，該插入遮罩堆疊 317 係經形成以在一三倍頻製程方案中保留一部分的間隔層 312。

參見流程圖 200 之操作 210 以及對應的第 3F 圖，該間隔層 312 係經蝕刻並且該插入遮罩堆疊 317 係經除去以提供擁有一插入接線 319 的間隔遮罩 314，並暴露出該犧牲遮罩 310 和該第二硬光罩層 306A 的頂表面。該間隔遮罩 314 之該等間隔接線係與該犧牲遮罩 310 的特徵結構之側壁共形。在一實施例中，該犧牲遮罩 310 之每一條接線有來自該間隔遮罩 314 之兩條間隔接線和一條插入接線，

如第 3F 圖所示者。

該間隔層 312 可利用適於提供控制良好的尺寸以維持該犧牲遮罩 310 的關鍵尺寸寬度的任何製程蝕刻。根據本發明之一實施例，該間隔層 312 係經蝕刻直到該間隔遮罩 314 的該等間隔接線與該犧牲遮罩 310 的特徵結構實質上等高為止，如第 3F 圖所示者。在另一實施例中，該間隔遮罩 314 的該等間隔接線稍微凹陷低於該犧牲遮罩 310 的該等特徵結構的頂表面，以確保該間隔層 312 之連續性在該間隔遮罩 314 的該等間隔接線之上和之間中斷。該間隔層 312 可經蝕刻而使該間隔遮罩 314 的該等間隔接線的寬度保持該間隔層 312 實質上部分的原始厚度，並使該插入接線 319 的寬度與該插入遮罩堆疊 317 的寬度實質上相等。在一特定實施例中，該間隔遮罩 314 之每一條間隔接線和每一條插入接線的頂表面之寬度與該間隔遮罩 314 和該第二硬光罩層 306A 交界處的寬度實質上相等，如第 3F 圖所示。

該間隔層 312 也可利用相對於該犧牲遮罩 310 和該第二硬光罩層 306A 之高蝕刻選擇性蝕刻以形成間隔遮罩 314。在一特定實施例中，該犧牲遮罩 310 係一單層遮罩，並且預期的蝕刻選擇性係關於該單層。在另一特定實施例中，該犧牲遮罩 310 係一堆疊層，並且預期的蝕刻選擇性係關於一犧牲硬光罩部分，關於該第一硬光罩層 304A 的材料。根據本發明之一實施例，該間隔層 312 和該間隔遮罩 314 係由與該犧牲遮罩 310 之頂端部分和該第二硬光罩

層 306A 之材料不同的材料組成。在一實施例中，該犧牲遮罩 310 的頂端部分係由氮化矽組成，第二硬光罩層 306A 係由氧化矽組成，而該間隔層 312 係由非晶或多晶矽組成，並且以使用從  $\text{Cl}_2$  或  $\text{HBr}$  氣體產生之電漿的乾燥蝕刻製程蝕刻以形成該間隔遮罩 314。在另一實施例中，該犧牲遮罩 310 的頂端部分係由氧化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氮化矽組成，而該間隔層 312 係由非晶或多晶矽組成，並且以使用從  $\text{Cl}_2$  和  $\text{HBr}$  氣體之組合產生之電漿的乾燥蝕刻製程蝕刻以形成該間隔遮罩 314。在另一實施例中，該犧牲遮罩 310 的頂端部分係由非晶或多晶矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氮化矽組成，而該間隔層 312 係由氧化矽組成，並且以使用從  $\text{C}_4\text{F}_8$  氣體產生之電漿的乾燥蝕刻製程蝕刻以形成該間隔遮罩 314。在另一實施例中，該犧牲遮罩 310 的頂端部分係由非晶或多晶矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氧化矽組成，而該間隔層 312 係由氮化矽組成，並且以使用從  $\text{CH}_2\text{F}_2$  氣體產生之電漿的乾燥蝕刻製程蝕刻以形成該間隔遮罩 314。在另一實施例中，該犧牲遮罩 310 的頂端部分係由氧化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由非晶或多晶矽組成，而該間隔層 312 係由氮化矽組成，並且以使用從  $\text{CHF}_3$  和  $\text{CH}_2\text{F}_2$  氣體之組合產生之電漿的乾燥蝕刻製程蝕刻以形成該間隔遮罩 314。在另一實施例中，該犧牲遮罩 310 的頂端部分係由氮化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由非晶或多晶矽組成，而該間隔層 312 係由氧化矽組成，並且以使用從  $\text{CHF}_3$  氣

體產生之電漿的乾燥蝕刻製程蝕刻以形成該間隔遮罩 314。在本發明之一特定實施例中，用來形成該間隔遮罩 314 的蝕刻製程在該犧牲遮罩 310 和該第二硬光罩層 306A 的頂表面曝露出之後達到偵測終點。在一特定實施例中，在該終點偵測之後施行輕微的過蝕刻，以確保該間隔遮罩 314 的該等接線彼此不連續。隨後可利用  $O_2/N_2$  乾燥灰化製程或濕式清潔操作除去該插入遮罩堆疊 317。

參見流程圖 200 之操作 212 以及對應的第 3G 和 3G' 圖，一光阻堆疊 320 係經沉積在該間隔遮罩 314 和該犧牲遮罩 310 暴露出的部分和該第二硬光罩層 306A 上方。在一實施例中，在形成關於第 3F 圖所述之間隔遮罩 314 的蝕刻期間，來自該間隔遮罩 314 的間隔接線和插入接線在該犧牲遮罩 310 的相鄰接線之間變為不連續。在一實施例中，該間隔遮罩 314 與來自該犧牲遮罩 310 的同一條接線有關的該等間隔接線在該犧牲遮罩 310 的每一條接線末端周圍保持連續，如第 3G' 圖的俯視圖所示之間隔遮罩 314 的末端部分 316 所示出者。在某些應用中，可能傾向於為隨後的半導體元件製造中斷此間隔接線對之間的連續性。根據本發明之一實施例，該等末端部分 316 係在圖案化該光阻堆疊 320 之後由該窗口 330 暴露出，如第 3G' 圖所示者。

該光阻堆疊 320 可擁有由關於第 3A 圖之圖案化光阻層 302 所述之任何材料組成之光阻層 324。另外，該光阻堆疊 320 可包含一底部抗反射塗層 (BARC) 322 在該光阻層

324 和該間隔遮罩 314 之間，以提供該光阻層 324 一平坦表面，如第 3G 圖所示者。在一實施例中，用來圖案化該光阻堆疊 320 的微影製程包含擁有實質上平坦的底表面之光阻層 324 的曝光及顯影。在一特定實施例中，該 BARC 層係擁有一有機基團的旋塗式玻璃材料。在另一實施例中，該光阻堆疊 320 係完全由光阻層組成。

該光阻堆疊 320 可利用提供該光阻堆疊 320 一平坦的頂表面之任何製程沉積。例如，根據本發明之一實施例，該光阻堆疊 320 包含位於該 BARC 層 322 上方的光阻層 324，而該光阻層 324 和該 BARC 層 322 兩者皆利用旋塗製程沉積。在另一實施例中，該光阻堆疊 320 實質上包含利用旋塗製程沉積的光阻層。用來沉積該 BARC 層 322 或一光阻層(在該光阻堆疊 320 不含 BARC 層的情況中)的旋塗製程可產生足以使一間隔遮罩內的薄特徵結構或接線傾覆之力道。根據本發明之一實施例，該犧牲遮罩 310 在該間隔遮罩裁剪製程過程中保留，以提供該間隔遮罩 314 之個別間隔接線結構支撐。在一特定實施例中，藉由保留該犧牲遮罩 310，無間隔遮罩 314 之間隔接線在用來沉積該光阻堆疊 320 的旋塗製程中傾覆。該等插入接線 319 並沒有受到來自該犧牲遮罩 310 的結構支撐，因為其並非毗鄰該犧牲遮罩 310 的特徵結構之側壁形成。根據本發明之一實施例，該間隔遮罩 314 的插入接線 319 之深寬比與該間隔遮罩 314 的間隔接線相比較不易傾覆，因為深寬比較低。在一實施例中，該等插入接線 319 的高度與該間隔層

312 的高度相等，並且該等插入接線 319 的深寬比約等於 1。在一實施例中，較短的插入接線 319 在旋塗製程期間受到較高的間隔遮罩 314 之間隔接線保護。

該光阻堆疊 320 可利用關於圖案化第 3A 圖之圖案化光阻層 302 所述之任何微影製程圖案化。在一實施例中，該光阻堆疊 320 係經圖案化以形成一窗口 330，其暴露出該間隔遮罩 314 的末端部分 316。該窗口 330 的尺寸可以是適於裁剪該間隔遮罩 314 的任何尺寸。該窗口 330 可暴露出至少該間隔遮罩 314 的整個末端部分 316。根據本發明之一實施例，該窗口 330 的尺寸係經選擇以也暴露出一部分的犧牲遮罩 310。在一實施例中，該光阻堆疊 320 內的窗口 330 之尺寸及位置係經選擇以適應該圖案化及裁剪製程之任何輕微偏移。

再次參見流程圖 200 之操作 212 並且現在參考對應的第 3H 圖俯視圖，該間隔遮罩 314 係經裁剪以形成該經裁剪的間隔遮罩 340，其擁有插入接線 341。該間隔遮罩 314 可利用除去該間隔遮罩 314 暴露出的部分之任何蝕刻製程裁剪。如所示，該末端部分 316 係相對於該光阻堆疊 320 和該第二硬光罩層 306A 選擇性裁剪。該蝕刻製程並不必要對於該犧牲遮罩 310 暴露出的部分有選擇性。但是，根據一實施例，該裁剪蝕刻製程對於該犧牲遮罩 310 暴露出的部分有選擇性，如第 3H 圖所示者。可用關於第 3C 和 3F 圖就蝕刻該間隔層 312 所述之任何材料和蝕刻製程組合來形成該經裁剪之間隔遮罩 340。該裁剪製程和該插入遮

罩形成製程的程序之順序非必定的(sequence-dependent)。根據本發明之另一實施例，該裁剪製程在該插入遮罩形成製程之前執行。

參見流程圖 200 之操作 214 以及對應的第 3I 和 3I' 圖，該光阻堆疊 320 和該犧牲遮罩 310 係經除去。根據本發明之一實施例，該犧牲遮罩 310 係經保留以提供裁剪該間隔遮罩 314 以形成擁有插入接線 341 之經裁剪的間隔遮罩 340 期間的結構支撐。一旦經裁剪的間隔遮罩形成，即可除去該犧牲遮罩 310 以完成該三倍頻遮罩製造製程。

可在與除去該犧牲遮罩 310 相同的製程步驟或在較早的製程步驟中除去該光阻堆疊 320。在一實施例中，該光阻堆疊 320 係由含碳物種組成，並且在較早的使用  $O_2$  和  $N_2$  氣體之溼式或乾燥灰化步驟中除去。該犧牲遮罩 310 可利用對於該經裁剪的間隔遮罩 340 以及該第二硬光罩層 306A 有高度選擇性的任何技術除去。根據本發明之一實施例，該犧牲遮罩係由單一層組成，並且係在單一個製程步驟中對於該經裁剪的間隔遮罩 340 有選擇性的除去。在一實施例中，該經裁剪的間隔遮罩 340 係由非晶或多晶矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氧化矽組成，而該犧牲遮罩 310 實質上係由氮化矽組成並且利用選自熱磷酸濕式蝕刻或 SiCoNi 蝕刻所組成的族群之單一蝕刻操作除去。在另一實施例中，該經裁剪的間隔遮罩 340 係由非晶或多晶矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氮化矽組成，而該犧牲遮罩 310 實質上係由氧化矽組成並且利用選自水狀氫氟酸



濕式蝕刻或 SiCoNi 蝕刻所組成的族群之單一蝕刻操作除去。在另一實施例中，該經裁剪的間隔遮罩 340 係由氧化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氮化矽組成，而該犧牲遮罩 310 實質上係由非晶或多晶矽組成並且利用選自  $\text{Cl}_2$  電漿蝕刻和  $\text{CF}_4/\text{O}_2$  電漿蝕刻所組成的族群之單一蝕刻操作除去。在另一實施例中，該經裁剪的間隔遮罩 340 係由氮化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由氧化矽組成，而該犧牲遮罩 310 實質上係由非晶或多晶矽組成並且利用選自  $\text{Cl}_2$  電漿蝕刻和  $\text{CF}_4/\text{O}_2$  電漿蝕刻所組成的族群之單一蝕刻操作除去。在另一實施例中，該經裁剪的間隔遮罩 340 係由氮化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由非晶或多晶矽組成，而該犧牲遮罩 310 實質上係由氧化矽組成並且利用選自水狀氫氟酸濕式蝕刻或 SiCoNi 蝕刻所組成的族群之單一蝕刻操作除去。在另一實施例中，該經裁剪的間隔遮罩 340 係由氧化矽組成，該第二硬光罩層 306A 係由非晶或多晶矽組成，而該犧牲遮罩 310 實質上係由氮化矽組成並且利用選自熱磷酸濕式蝕刻或 SiCoNi 蝕刻所組成的族群之單一蝕刻操作除去。

在另一實施例中，該犧牲遮罩 310 包含位於一犧牲遮罩部分上方的犧牲硬光罩部分，如在關於第 3B 圖之另一實施例中所述者。例如，在一實施例中，該犧牲硬光罩部分係由選自氮化矽、氧化矽和非晶或多晶矽所組成之族群的材料組成，同時該犧牲遮罩部分係由非晶碳材料組成，例如關於該第一遮罩層 304B 所述之非晶碳材料。根據本

發明之一實施例，使用在上面就對於該經裁剪的間隔遮罩 340 和該第二硬光罩層 306A 有選擇性的除去該犧牲遮罩 310 所實施的相同材料組合和蝕刻製程來對於該經裁剪的間隔遮罩 340 和該第二硬光罩層 306A 有選擇性的除去犧牲硬光罩部分。位於一堆疊犧牲遮罩之犧牲硬光罩部分下方的犧牲遮罩部分實質上可在用來除去該犧牲硬光罩層相同的蝕刻操作中除去。或者，該犧牲遮罩部分可能需要一第二蝕刻操作。在一實施例中，該犧牲遮罩部分係由非晶碳組成，並且係以擁有由選自  $O_2$  和  $N_2$  之組合或  $CH_4$ 、 $N_2$  和  $O_2$  之組合所組成的族群之氣體構成的電漿之乾燥蝕刻除去。

參見流程圖 200 之操作 216 以及對應的第 3J 圖，擁有插入接線 341 的該經裁剪的間隔遮罩 340 之影像被轉印至該第二遮罩堆疊 306，以在該半導體層 308 上方形成該蝕刻遮罩 370。在一實施例中，該第二遮罩堆疊 306 實質上係由單一種材料組成，並且係在一單一蝕刻操作中蝕刻而形成該蝕刻遮罩 370。在一特定實施例中，該第二遮罩堆疊 306 實質上係由選自氮化矽、氧化矽和非晶或多晶矽所組成之族群的單一種材料組成。在另一實施例中，該第二遮罩堆疊 306 包含位於該第二遮罩層 306B 上方的該第二硬光罩層 306A，如關於第 3B 圖所示及所述者。在一實施例中，該蝕刻遮罩 370 係由一硬光罩部分 370A 和一遮罩部分 370B 組成，如第 3J 圖所示者。該第二硬光罩層 306A 和該硬光罩部分 370A 的材料成分和厚度之實施例關於第

3B 圖描述過。根據本發明之一實施例，該經裁剪之間隔遮罩 340 的圖案在與最終用來形成該遮罩部分 370B 的圖案化操作不同的蝕刻操作中轉印至該第二硬光罩層 306A。在一實施例中，該第二硬光罩層 306A 實質上係由非晶或多晶矽組成，並且係以使用  $\text{CHF}_3$  氣體之乾燥蝕刻進行蝕刻以形成該硬光罩部分 370A。在另一實施例中，該第二硬光罩層 306A 實質上係由氧化矽組成，並且係以使用選自  $\text{CH}_2\text{F}_2$  和  $\text{Cl}_2$  及  $\text{HBr}$  之組合所組成的族群之氣體之乾燥蝕刻進行蝕刻以形成該硬光罩部分 370A。在另一實施例中，該第二硬光罩層 306A 實質上係由氮化矽組成，並且係以使用選自  $\text{C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{Cl}_2$  和  $\text{HBr}$  所組成的族群之氣體之乾燥蝕刻進行蝕刻以形成該硬光罩部分 370A。

根據本發明之一實施例，該經裁剪之間隔遮罩 340 之影像隨後在一第二蝕刻操作中從該硬光罩部分 370A 轉印至一遮罩部分 370B。該第二遮罩層 306B 和該蝕刻遮罩 370 的該遮罩部分 370B 可由適於實質上承受隨後用來圖案化該半導體層 308 的蝕刻製程之任何材料組成。在一實施例中，該第二遮罩層 306B 係由非晶碳材料組成，例如關於該第一遮罩層 304B 之成分之一實施例所述的非晶碳材料。在一特定實施例中，該第二遮罩層 306B 和該蝕刻遮罩 370 之該遮罩部分 370B 的厚度係在該蝕刻遮罩 370 之每一條接線寬度的 3.125-6.875 倍範圍內。該第二遮罩層 306B 可利用維持實質上該蝕刻遮罩 370 之每一條接線的垂直輪廓任何蝕刻製程蝕刻以形成該遮罩部分 370B，如第

3J 圖所示。在一實施例中，該第二遮罩層 306B 係由非晶碳組成，並且係以使用由選自  $O_2$  和  $N_2$  之組合或  $CH_4$ 、 $N_2$  和  $O_2$  之組合所組成之族群的電漿之乾燥蝕刻製程除去。

經由多個實施例，描述製造由接線組成之蝕刻遮罩 370 之一或多種方法，該等接線使來自一犧牲遮罩的接線之頻率變為三倍。該蝕刻遮罩 370 然後可用來圖案化，例如，一積體電路之元件製造用的半導體層 308。根據本發明之一實施例，該蝕刻遮罩 370 擁有實質上由一非晶碳材料組成的遮罩部分 370B。在用來圖案化該半導體層 308 的蝕刻製程期間，該非晶碳材料變為鈍化，並且能夠在該半導體層 308 的整個蝕刻期間保持其影像及尺寸。雖然該經裁剪的間隔遮罩 340 擁有圖案化該半導體層 308 之預期尺寸，但該經裁剪之間隔遮罩 340 的材料可能不適用於承受精確影像轉印至半導體層，例如，其可能在該蝕刻製程期間降解。根據本發明之一實施例，一經裁剪的間隔遮罩之影像在轉印該影像至一半導體層之前先轉印至一含有非晶碳材料的層，如關於第 3I 和 3J 圖所述者。

該半導體層 308 可以是元件製造或需要三倍頻遮罩之任何其他半導體結構製造所欲之任何層。根據本發明之一實施例，該半導體層 308 包含可適切地圖案化成清楚界定的半導體結構之陣列的任何材料。在一實施例中，該半導體層 308 係由 IV 族系材料或 III-V 族材料組成。此外，該半導體層 308 可包含能夠適切地圖案化成清楚界定的半導體結構之陣列的任何結構形態。在一實施例中，該半導體

層 308 的結構形態係選自非晶態、單晶態及多晶態所組成之族群。在一實施例中，該半導體層 308 包含電荷載子摻質雜質原子。該半導體層 308 可更存在於一基材上方。該基材可由適於承受製造製程的任何材料組成。在一實施例中，該基材係由一撓性塑膠片組成。該基材可更由適於承受生產製程並且半導體層可適切地存在其上之材料組成。在一實施例中，該基材係由 IV 族系材料組成，例如結晶矽、鍺或矽／鍺。在另一實施例中，該基材係由 III - V 族材料組成。該基材也可包含一絕緣層。在一實施例中，該絕緣層係由選自氧化矽、氮化矽、氧氮化矽和高 k 介電層所組成之族群的材料構成。

應了解本發明之實施例不受限於在圍繞一犧牲遮罩內的接線末端之區域處裁剪之間隔遮罩的製造。根據本發明之另一實施例，一間隔遮罩圍繞接線末端以外的結構之部分在結構支撐性犧牲遮罩的存在下被裁剪。第 4A-B 圖示出根據本發明之一實施例表示一間隔遮罩製造製程中的操作之俯視圖。

參見第 4A 圖，一圖案化光阻層 420 係形成在擁有插入接線 419 並且由一犧牲遮罩 410 做結構支撐的間隔遮罩 414 上方。該間隔遮罩 414 的間隔接線之末端區域 416，其圍繞來自該犧牲遮罩 410 的非線性特徵結構，係藉由該圖案化光阻層 420 內的窗口 430 暴露出。此俯視圖對應第 3G' 圖，並且可表示該間隔遮罩 314 與第 3G' 圖所示之接線末端不同的區域。參見第 4B 圖，該間隔遮罩 414 係經裁剪

以形成擁有插入接線 441 之該經裁剪的間隔遮罩 440。此外，除去該圖案化光阻層 420 和該犧牲遮罩 410。根據本發明之一實施例，在裁剪該間隔遮罩 414 之非線性部分時為了結構支撐而保留該犧牲遮罩 410。此製程促成一經裁剪的間隔遮罩 440 之形成，其擁有間隔接線，其間隔末端 480 係由比該經裁剪的間隔遮罩 440 之該等間隔接線和插入接線的間距大之距離分離，如第 4B 圖所示者。在一實施例中，這輔助隨後至每一個間隔末端 480 之接觸的形成，而不會有以單一個接觸不利地接觸多於一個來自該經裁剪的間隔遮罩 440 之間隔或插入接線的危險。

在形成一間隔遮罩時，可能想要保留不僅只是該等間隔接線和插入接線。可在一間隔遮罩形成期間保留區域保存區。第 5A-D 圖示出根據本發明之一實施例表示包含一區域保存步驟之間隔遮罩製造方法的一連串操作之剖面圖。

參見第 5A 圖，一間隔層 512 係共形於一犧牲遮罩 510 沉積。一插入遮罩堆疊 517 係形成在該間隔層 512 上方並且在該犧牲遮罩 510 的該等接線之間。該間隔層 512 係最終會成為用於包含一區域保存步驟之三倍頻方案中的間隔遮罩的材料之來源。第 5A 圖對應於上述的第 3E 圖。一區域保存遮罩堆疊 590 係在與形成該插入遮罩堆疊 517 相同的步驟中形成。根據本發明之一實施例，該區域保存遮罩堆疊 590 係經圖案化，以保留間隔層 512 的部分，否則其會在間隔遮罩形成蝕刻操作中被除去。在一實施例中，該

間隔層 512 在用來形成該插入遮罩堆疊 517 和該區域保存遮罩堆疊 590 的光阻堆疊之沉積和圖案化期間提供該犧牲遮罩 510 結構支撐。

參見第 5B 圖，該間隔層 512 係經蝕刻，並且該插入遮罩堆疊 517 和該區域保存遮罩堆疊 590 係經除去以形成擁有插入接線 519 的間隔遮罩 514。該間隔遮罩 514 也包含一區域保存部分 592，其因為該區域保存遮罩堆疊 590 的保護而留存下來。然後在一裁剪製程程序中裁剪該間隔遮罩 514，其包含在該裁剪期間保留該犧牲遮罩 510。此外，根據本發明之一實施例，該區域保存部分 592 也在該裁剪製程期間留存。

參見第 5C 圖，該犧牲遮罩 510 係經除去，僅留下擁有插入接線 541 和該區域保存部分 592 之該經裁剪的間隔遮罩 540。參見第 5D 圖，擁有該插入接線 541 和該區域保存部分 592 之該經裁剪的間隔遮罩 540 之影像係經轉印至一第二遮罩堆疊 506 以形成一蝕刻遮罩 570。根據本發明之一實施例，由於該區域保存製程，該蝕刻遮罩 570 包含至少一個寬度大於該蝕刻遮罩 570 之最薄接線的寬度之結構特徵，如第 5D 圖所示。該裁剪製程和該區域保存／插入遮罩形成製程的程序順序係非必定的。根據本發明之另一實施例，該裁剪製程係在該區域保存／插入遮罩形成製程之前執行。

一區域保存製程可與一間隔遮罩製程並用以最終在一半導體層內形成可用來形成接觸的區域。第 6A-B 圖示出

根據本發明之一實施例表示包含一區域保存製程之間隔遮罩製造方法的操作之俯視圖。

參見第 6A 圖，擁有插入接線 619 和區域保存區 692 之間隔遮罩 614 係有關於一犧牲遮罩 610 而形成，如關於第 5B 圖所述者。參見第 6B 圖，該間隔遮罩 614 係經裁剪以形成擁有插入接線 619 和區域保存區 692 之該經裁剪的間隔遮罩 640，然後除去該犧牲遮罩 610。該區域保存區 692 可提供一較大區域，接觸可形成在其上。根據本發明之一實施例，間隔層的一部分係藉由一區域保存遮罩加以保留否則會在間隔遮罩形成蝕刻操作中被除去。

已揭示製造一半導體遮罩的方法。在一實施例中，提供擁有由一系列接線所組成之犧牲遮罩的半導體堆疊。然後形成擁有毗鄰該犧牲遮罩之該系列接線的側壁之間隔接線之間隔遮罩。該間隔遮罩也擁有插入接線在該等間隔接線之間。最後除去該犧牲遮罩以僅提供該間隔遮罩。在一實施例中，該間隔遮罩係藉由在該半導體堆疊上沉積一間隔層並與該犧牲遮罩共形形成。然後在該間隔層上方沉積並圖案化一光阻層，並插入該犧牲遮罩的該系列接線。隨後蝕刻該間隔層以提供擁有毗鄰該犧牲遮罩的該系列接線之側壁之間隔接線以及位於該等間隔接線之間的插入接線之該間隔遮罩。最後，除去該犧牲遮罩以僅提供該間隔遮罩。在一特定實施例中，該間隔遮罩之該等間隔接線和插入接線使得該犧牲遮罩之該系列接線的頻率變為三倍。

【圖式簡單說明】



本發明之實施例係藉由範例闡明，並且非限制在附圖之圖式中：

第 1A-C 圖示出根據先前技藝表示一習知半導體微影製程之剖面圖。

第 2 圖示出根據本發明之一實施例的間隔遮罩製造製程之一例示方法。

第 3A-J 圖示出根據本發明之一實施例表示應用在一半導體堆疊上之來自第 2 圖之流程圖之一系列操作的剖面及俯視圖。

第 4A-B 圖示出根據本發明之一實施例的間隔遮罩製造製程之一例示方法的俯視圖。

第 5A-D 圖示出根據本發明之一實施例的間隔遮罩製造製程之一例示方法的剖面圖。

第 6A-B 圖示出根據本發明之一實施例的間隔遮罩製造製程之一例示方法的俯視圖。

【主要元件符號說明】

102 半導體堆疊

104、302、315B、324 光阻層

106 遮罩

108、110、420 圖案化光阻層

200 流程圖

300 半導體堆疊

304 第一遮罩堆疊

304A 第一硬光罩層

304B 第一遮罩層

306、506 第二遮罩堆疊

306A 第二硬光罩層

306B 第二遮罩層

2011年2月29日 修訂(更) 頁數換頁

308 半導體層

310、410、510、610 犧牲遮罩

310A 犧牲硬光罩部分

310B 犧牲遮罩部分

312、512 間隔層

314、340、414、440、514、540、614、640 間隔遮罩

315、320 光阻堆疊

315A、322 底部抗反射塗層

316、416 末端部分

317、517 插入遮罩堆疊

319、341、419、441、519、541、619 插入接線

330、430 窗口

370、570 蝕刻遮罩

370A 硬光罩部分

370B 遮罩部分

480 間隔末端

590 區域保存遮罩堆疊

592、692 區域保存部分

## 十、申請專利範圍：

1. 一種製造一半導體遮罩的方法，其至少包含：

提供一半導體堆疊，其具有一由一系列接線組成之犧牲遮罩；

形成一間隔遮罩，其包含毗鄰該系列接線之側壁的間隔接線以及位於該等間隔接線之間的插入接線，其中該等間隔接線與該等插入接線係由一相同層所形成；以及

除去該犧牲遮罩。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該間隔遮罩之間隔接線和插入接線的頻率係該犧牲遮罩之該系列接線之頻率的三倍。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中該犧牲遮罩之該系列接線的線間距/線寬比(pitch)約為 6。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包含：

裁剪(crop)該間隔遮罩之各個間隔接線的一部分，以形成一具有插入接線之經裁剪的間隔遮罩，其中該犧牲遮罩在形成該具有插入接線之經裁剪的間隔遮罩之後除去。

5. 一種製造一半導體遮罩的方法，其至少包含：

提供一半導體堆疊，其具有一由一系列接線組成之犧牲

遮罩；

在該半導體堆疊上沉積一間隔層，並與該犧牲遮罩共形；

在該間隔層上沉積並圖案化一光阻層，並插入該犧牲遮罩之該系列接線；

蝕刻該間隔層以提供一間隔遮罩，其具有毗鄰該系列接線之側壁の間隔接線以及位於該等間隔接線之間的插入接線，其中蝕刻該間隔層的步驟暴露出該犧牲遮罩的頂表面；以及

除去該犧牲遮罩。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，更包含：

裁剪該間隔遮罩之各個間隔接線的一部分，以形成一具有插入接線之經裁剪の間隔遮罩，其中該犧牲遮罩在形成該具有插入接線之經裁剪の間隔遮罩之後除去。

7. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該間隔層實質上係由矽組成，其中該犧牲遮罩之頂部實質上係由選自氮化矽和氧化矽所組成之族群的一材料構成，並且其中蝕刻該間隔層以提供該間隔遮罩的步驟包含使用一乾燥蝕刻製程搭配一選自  $\text{Cl}_2$  和  $\text{HBr}$  所組成的族群之氣體。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中除去該犧牲遮

罩的步驟包含使用一蝕刻製程，其係選自一熱磷酸濕式蝕刻、一水狀氫氟酸濕式蝕刻和一 SiCoNi 蝕刻所組成之族群。

9. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該間隔層實質上係由氧化矽組成，其中該犧牲遮罩之頂部實質上係由選自氮化矽和矽所組成之族群的一材料構成，並且其中蝕刻該間隔層以提供該間隔遮罩的步驟包含使用一乾燥蝕刻製程搭配一選自  $C_4F_8$  和  $CHF_3$  所組成的族群之氣體。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中除去該犧牲遮罩的步驟包含使用一蝕刻製程，其係選自一熱磷酸濕式蝕刻、一 SiCoNi 蝕刻、一  $Cl_2$  電漿蝕刻和一  $CF_4/O_2$  電漿蝕刻所組成之族群。

11. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該間隔層實質上係由氮化矽組成，其中該犧牲遮罩之頂部實質上係由選自氧化矽和矽所組成之族群的一材料構成，並且其中蝕刻該間隔層以提供該間隔遮罩的步驟包含使用一乾燥蝕刻製程搭配一選自  $CH_2F_2$  和  $CHF_3$  所組成的族群之氣體。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之方法，其中除去該犧牲遮罩的步驟包含使用一蝕刻製程，其係選自一水狀氫氟酸

濕式蝕刻、一 SiCoNi 蝕刻、一  $\text{Cl}_2$  電漿蝕刻和一  $\text{CF}_4/\text{O}_2$  電漿蝕刻所組成之族群。

13. 如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該間隔遮罩之間隔接線和插入接線的頻率係該犧牲遮罩之該系列接線之頻率的三倍。

14. 一種製造一半導體遮罩的方法，其至少包含：

提供一半導體堆疊，其具有一遮罩層；

沉積並圖案化一第一光阻層，以在該遮罩層上形成一影像；

蝕刻該遮罩層，以形成一具有該影像之犧牲遮罩，其中該犧牲遮罩係由一系列接線組成；

在該半導體堆疊上沉積一間隔層，並與該犧牲遮罩共形；

沉積並圖案化一第二光阻層，以在該間隔層上形成一插入遮罩及一區域保存遮罩；

蝕刻該間隔層以提供一間隔遮罩，其係由間隔接線、插入接線和區域保存區組成，其中該等間隔接線毗鄰該犧牲遮罩之該系列接線的側壁，其中該等插入接線係位於該等間隔接線之間，並且其中蝕刻該間隔層的步驟暴露出該犧牲遮罩的頂表面；

在該間隔遮罩和該犧牲遮罩上沉積並圖案化一第三光

阻層，以暴露出該間隔遮罩之該等間隔接線的至少一部分；

蝕刻該間隔遮罩之該等間隔接線的暴露部分，以裁剪該間隔遮罩；以及

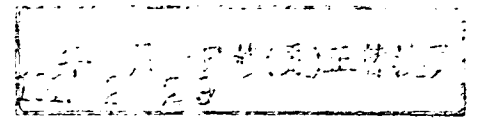
除去該犧牲遮罩。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中該間隔層實質上係由矽組成，其中該犧牲遮罩之頂部實質上係由選自氮化矽和氧化矽所組成之族群的一材料構成，並且其中蝕刻該間隔層以提供該間隔遮罩的步驟包含使用一乾燥蝕刻製程搭配一選自  $\text{Cl}_2$  和  $\text{HBr}$  所組成的族群之氣體。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中除去該犧牲遮罩的步驟包含使用一蝕刻製程，其係選自一熱磷酸濕式蝕刻、一水狀氫氟酸濕式蝕刻和一  $\text{SiCoNi}$  蝕刻所組成之族群。

17. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中該間隔層實質上係由氧化矽組成，其中該犧牲遮罩之頂部實質上係由選自氮化矽和矽所組成之族群的一材料構成，並且其中蝕刻該間隔層以提供該間隔遮罩的步驟包含使用一乾燥蝕刻製程搭配一選自  $\text{C}_4\text{F}_8$  和  $\text{CHF}_3$  所組成的族群之氣體。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之方法，其中除去該犧牲

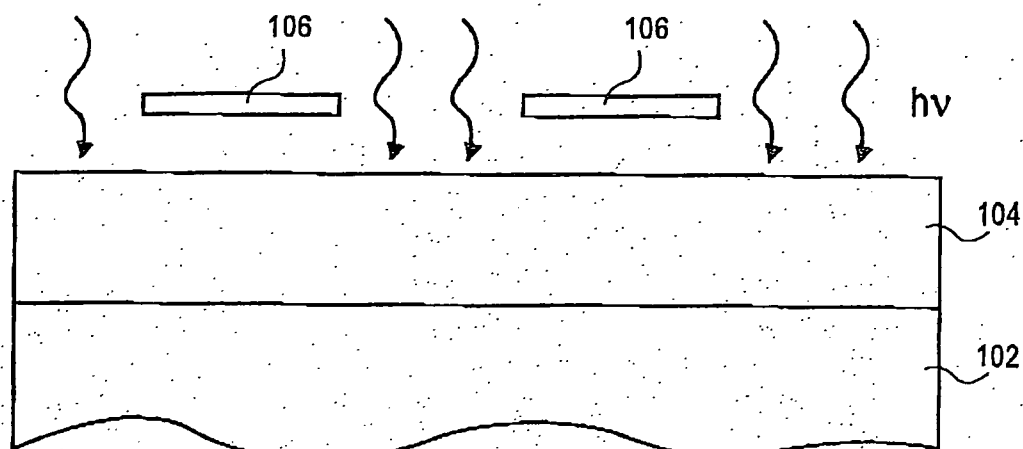


遮罩的步驟包含使用一蝕刻製程，其係選自一熱磷酸濕式蝕刻、一 SiCoNi 蝕刻、一  $\text{Cl}_2$  電漿蝕刻和一  $\text{CF}_4/\text{O}_2$  電漿蝕刻所組成之族群。

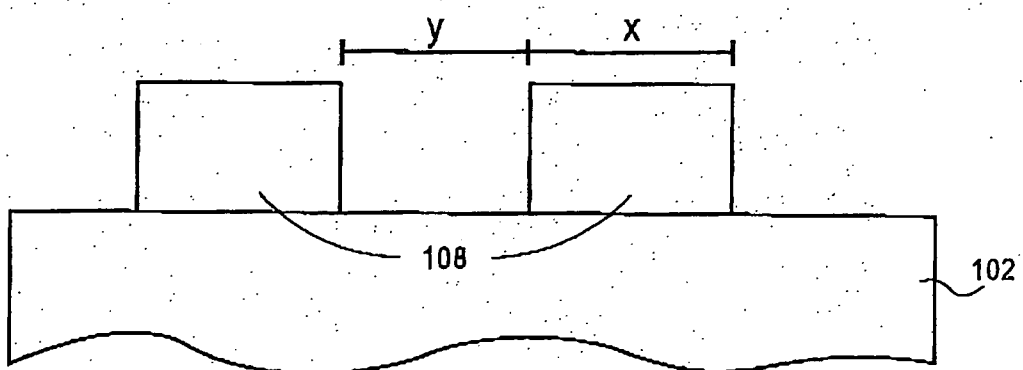
19. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中該間隔層實質上係由氮化矽組成，其中該犧牲遮罩之頂部實質上係由選自氧化矽和矽所組成之族群的一材料構成，並且其中蝕刻該間隔層以提供該間隔遮罩的步驟包含使用一乾燥蝕刻製程搭配一選自  $\text{CH}_2\text{F}_2$  和  $\text{CHF}_3$  所組成的族群之氣體。

20. 如申請專利範圍第 19 項所述之方法，其中除去該犧牲遮罩的步驟包含使用一蝕刻製程，其係選自一水狀氫氟酸濕式蝕刻、一 SiCoNi 蝕刻、一  $\text{Cl}_2$  電漿蝕刻和一  $\text{CF}_4/\text{O}_2$  電漿蝕刻所組成之族群。

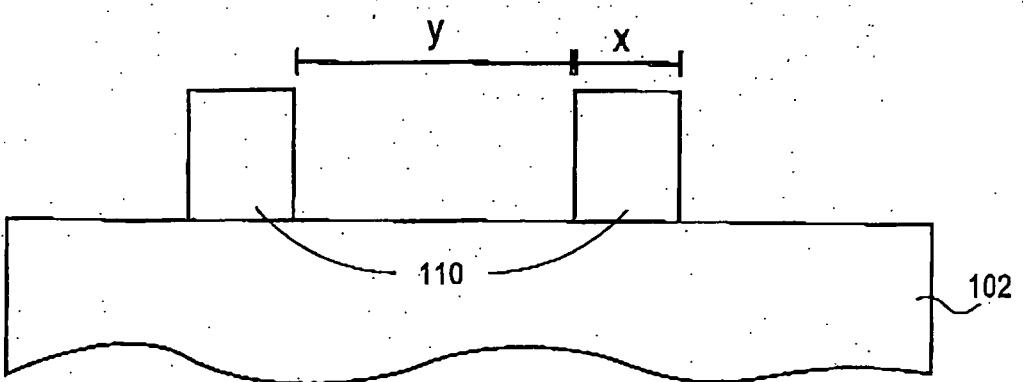




第 1A 圖  
先前技藝

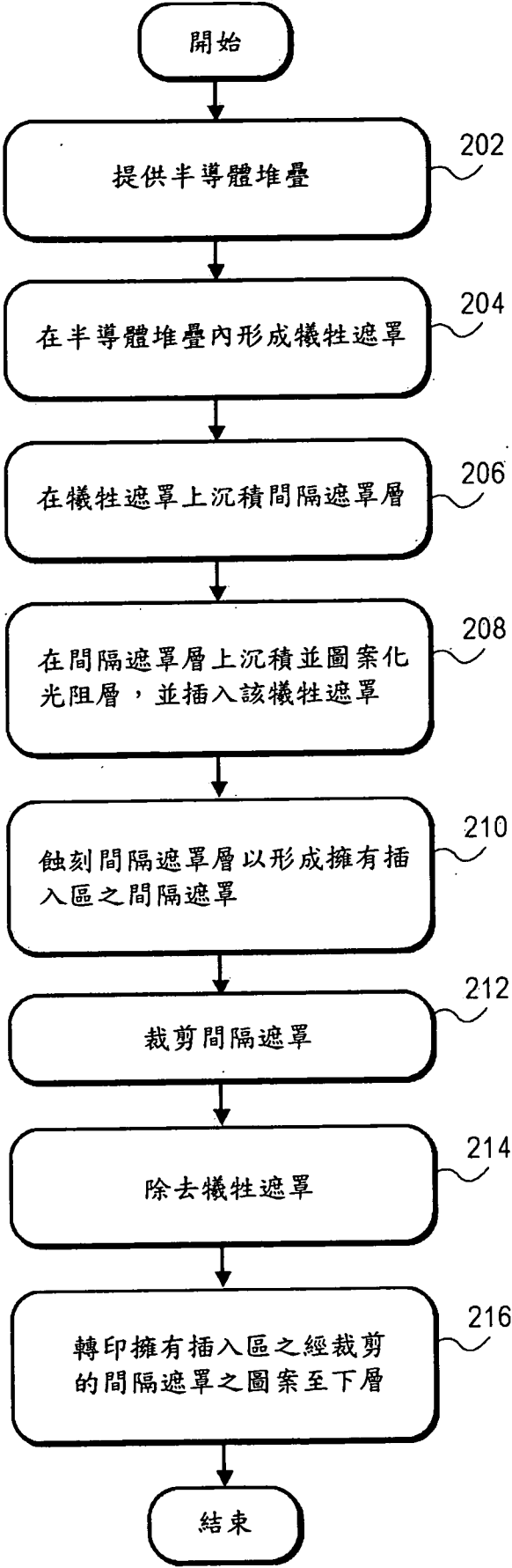


第 1B 圖  
先前技藝

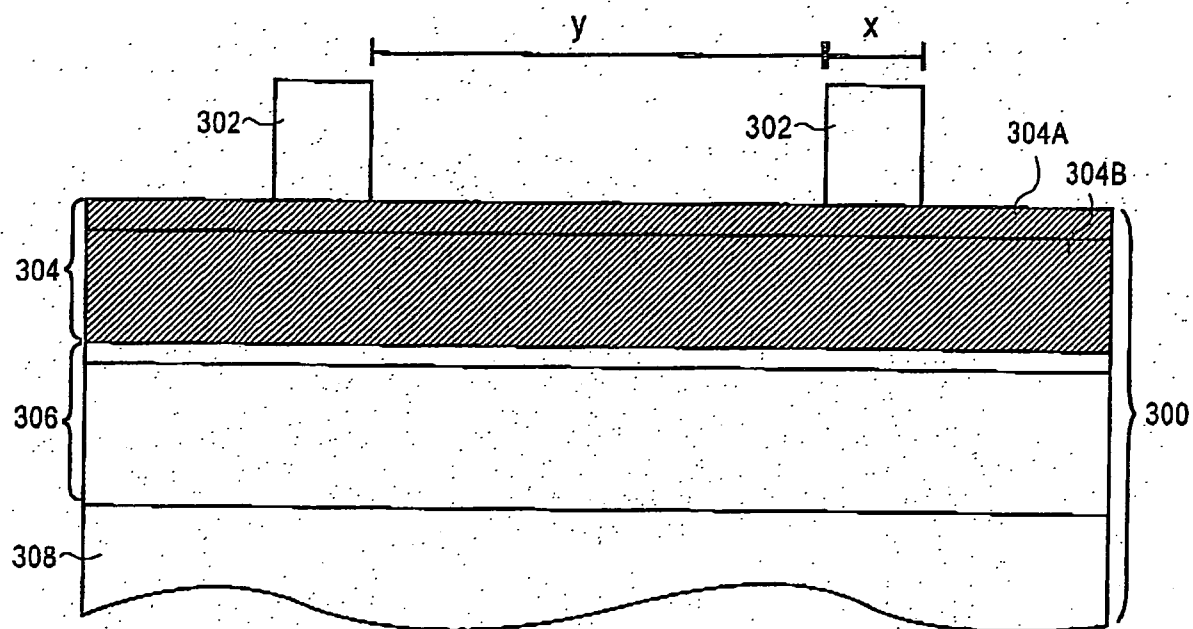


第 1C 圖  
先前技藝

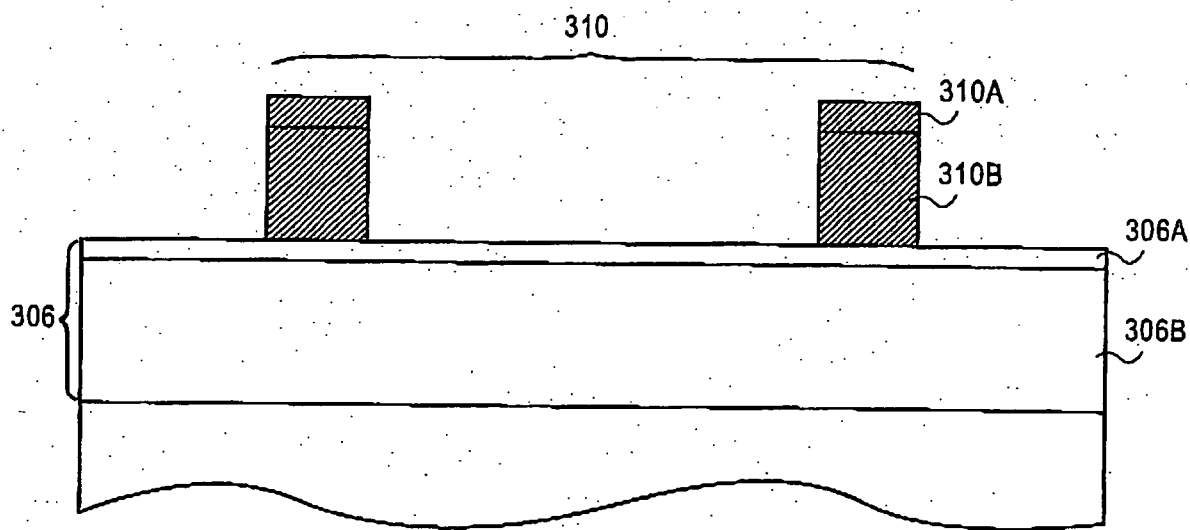
流程圖 200



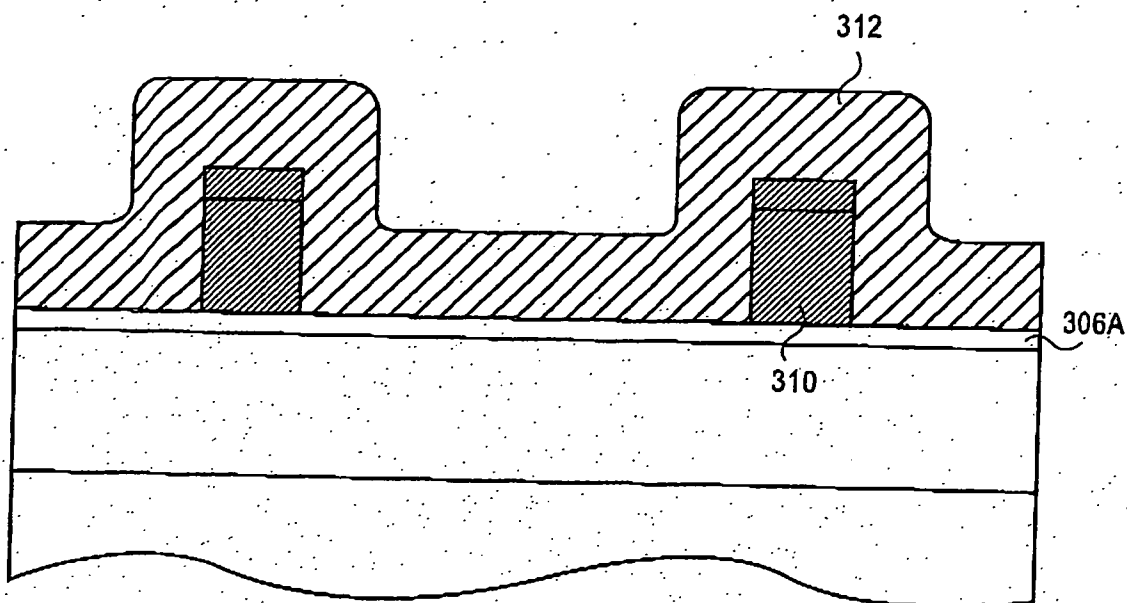
第 2 圖



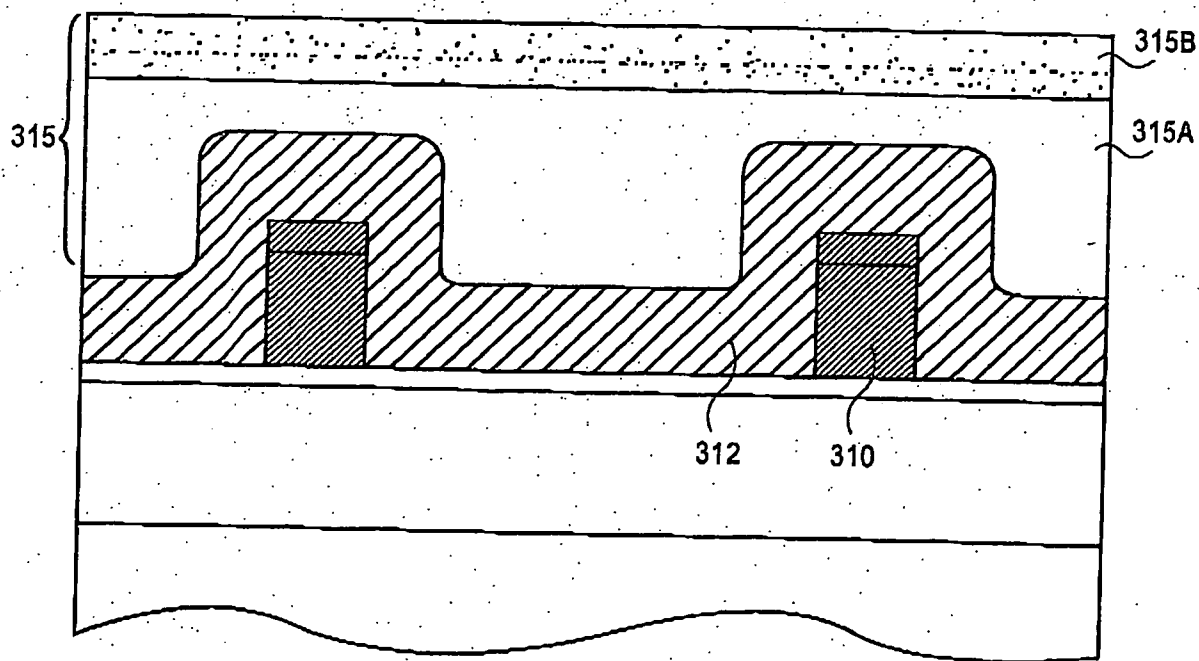
第 3A 圖



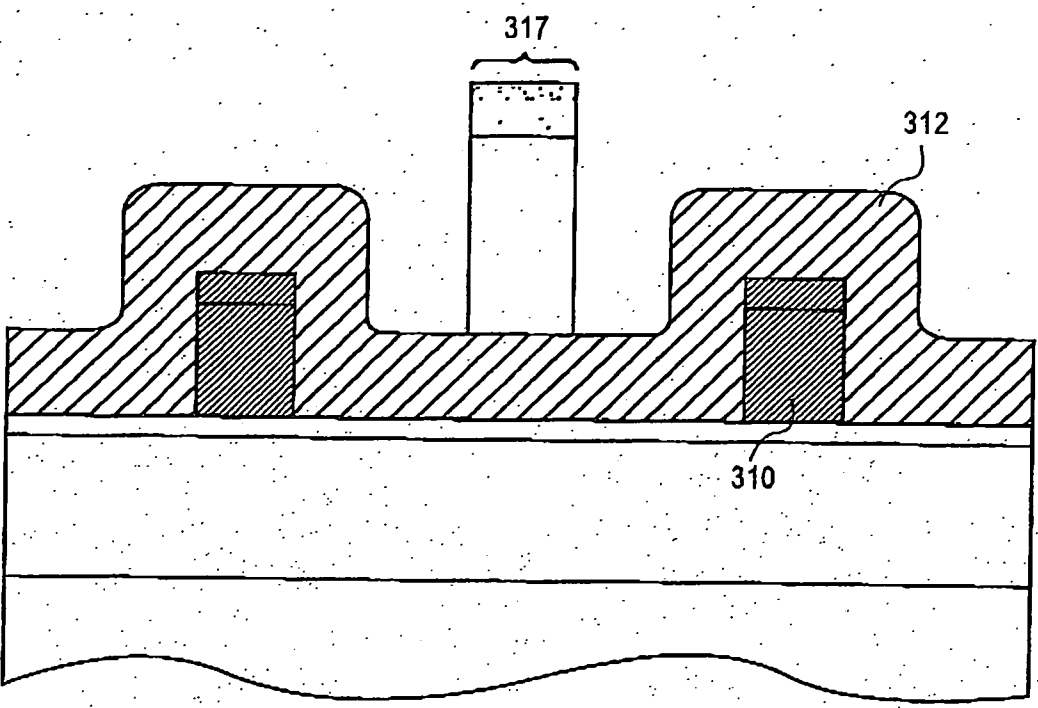
第 3B 圖



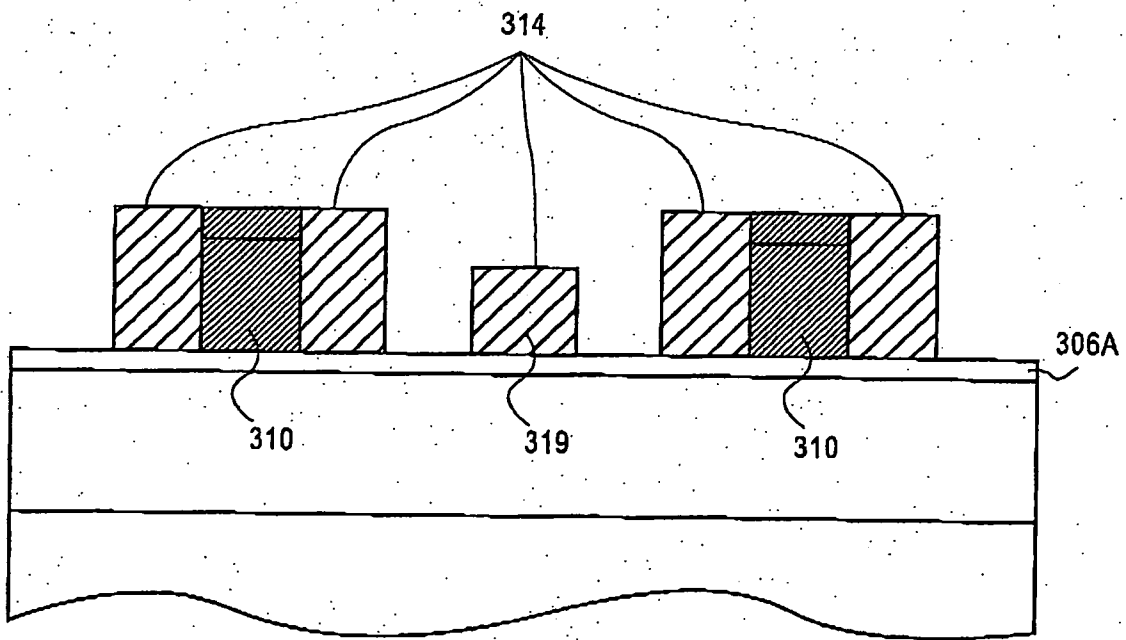
第 3C 圖



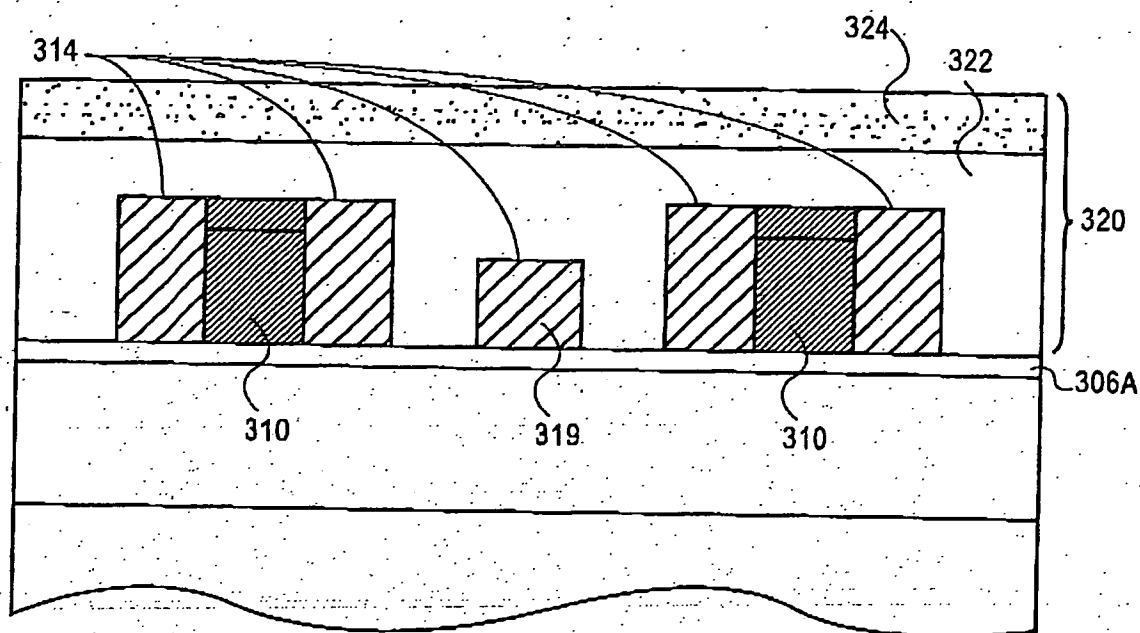
第 3D 圖



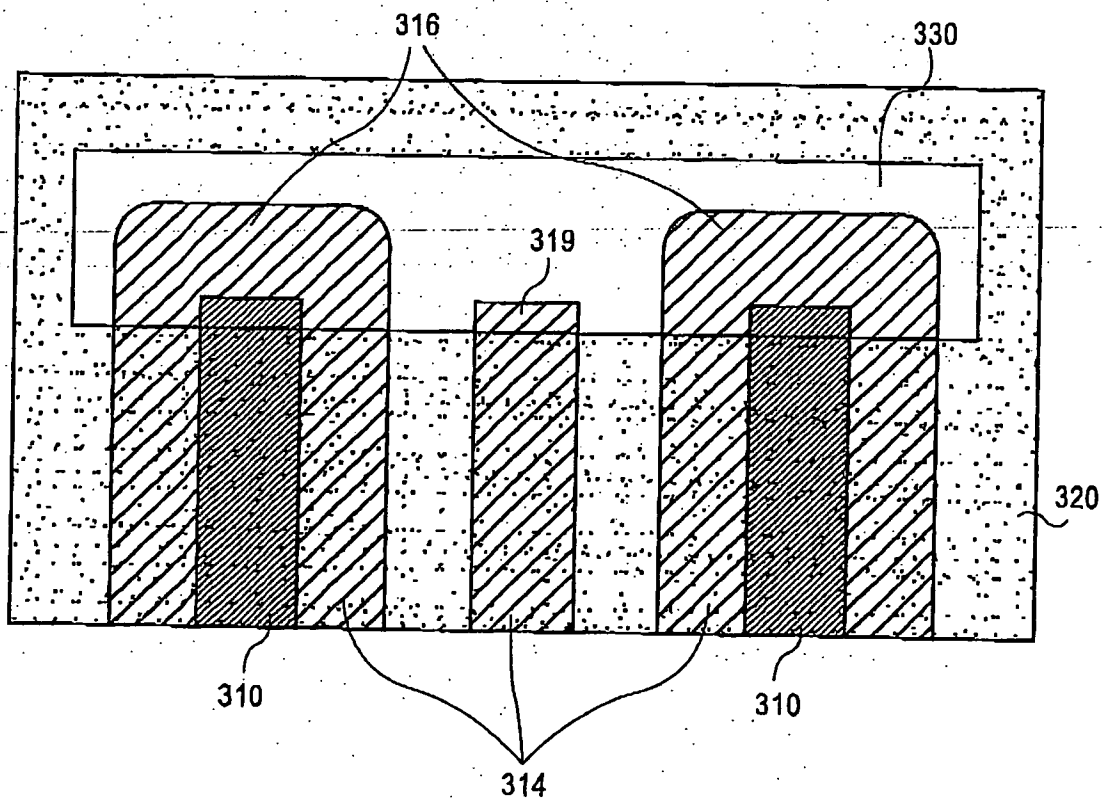
第 3E 圖



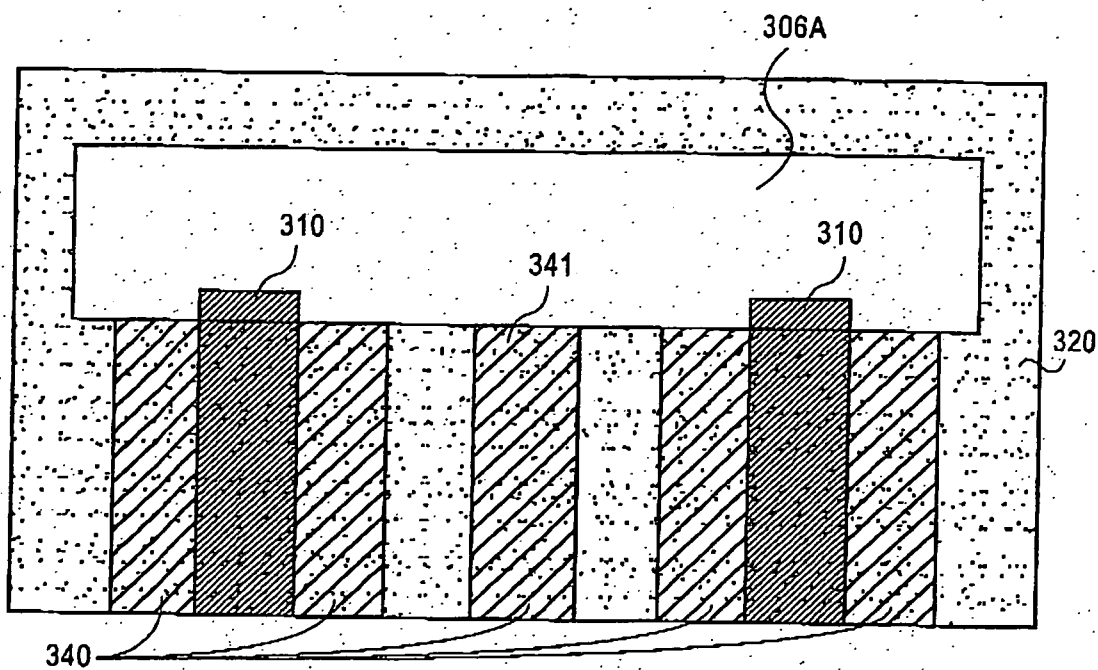
第 3F 圖



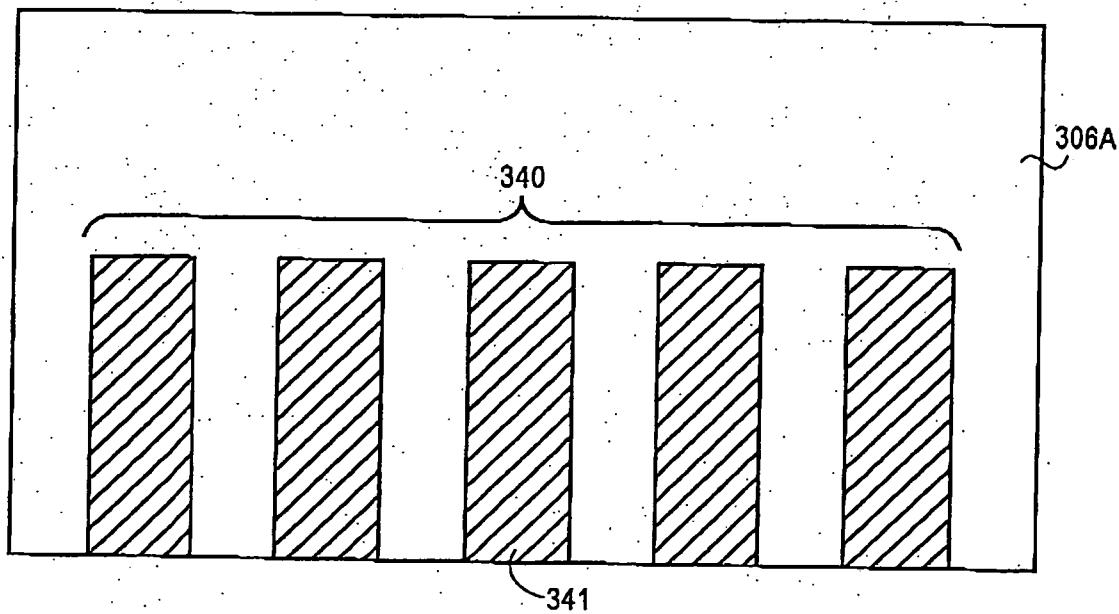
第 3G 圖



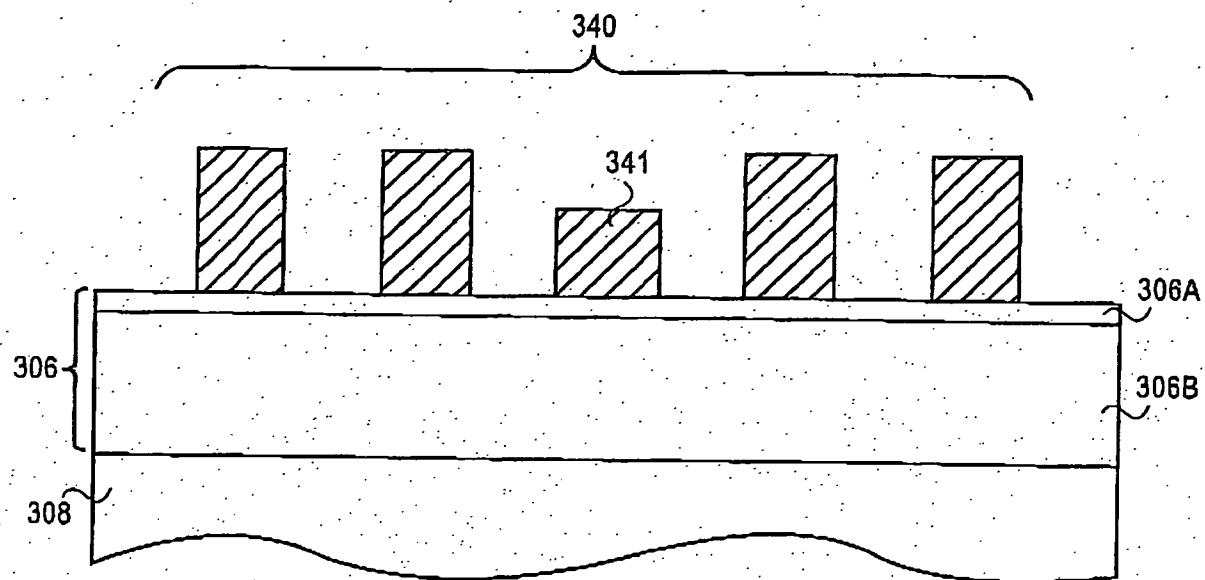
第 3G' 圖



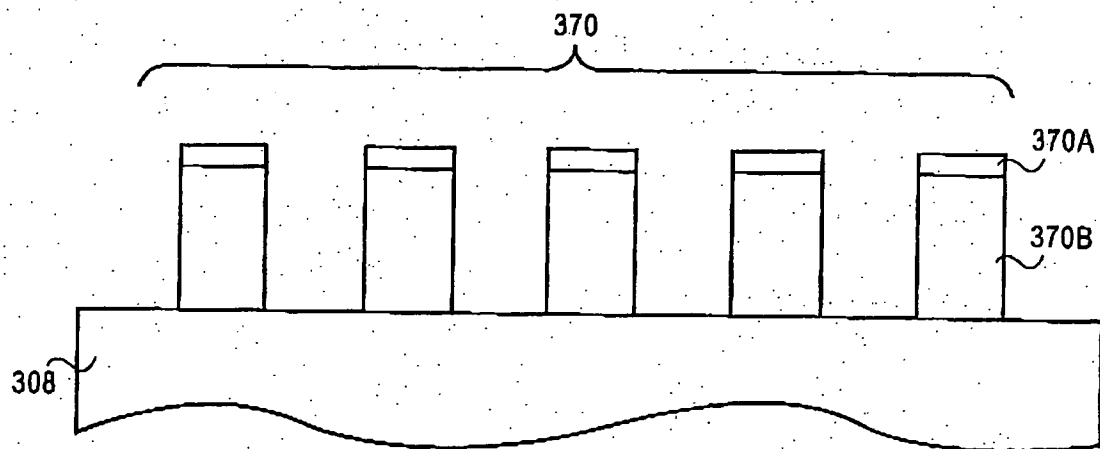
第 3H 圖



第 3I 圖

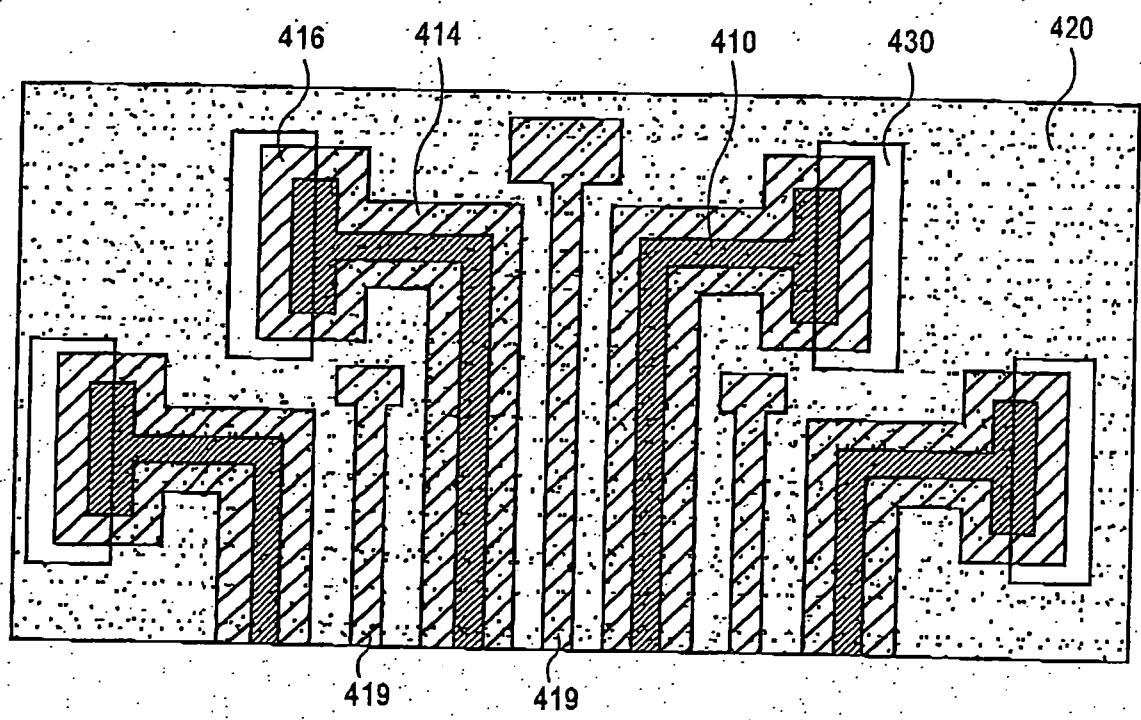


第 3I' 圖

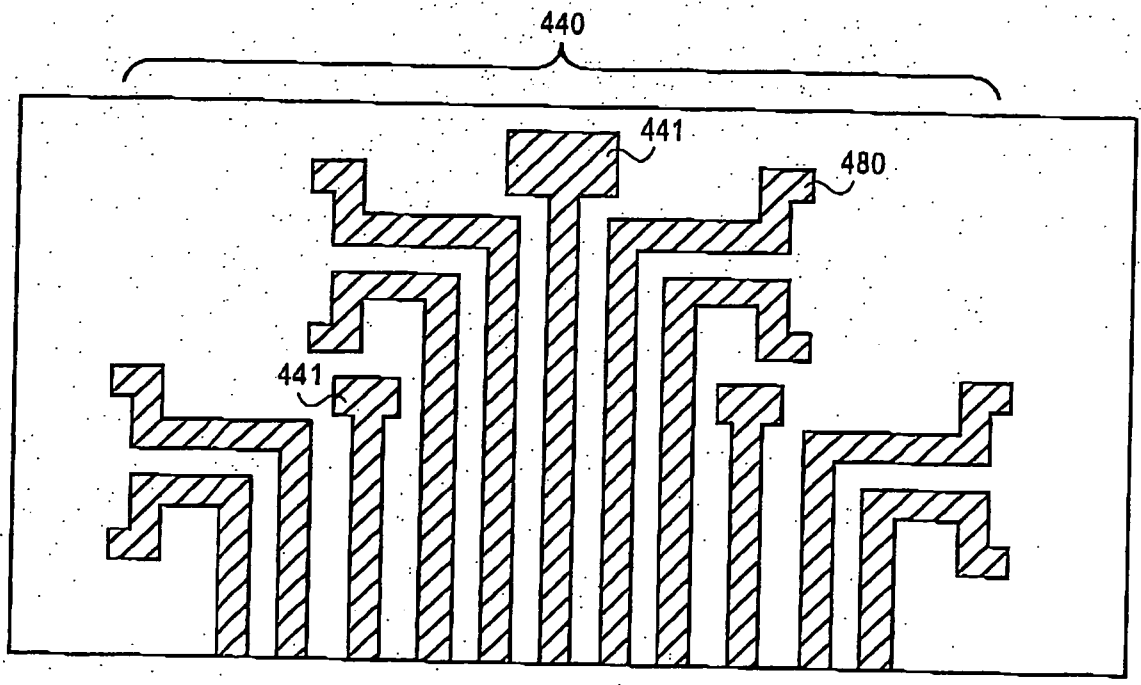


第 3J 圖

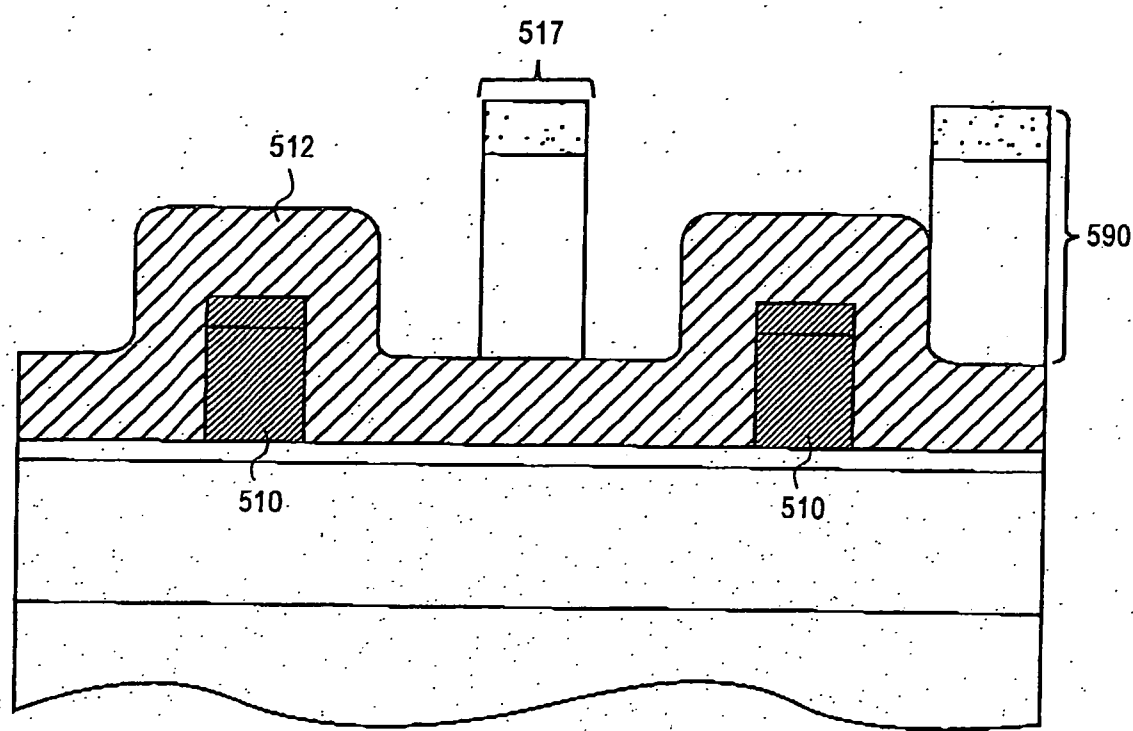




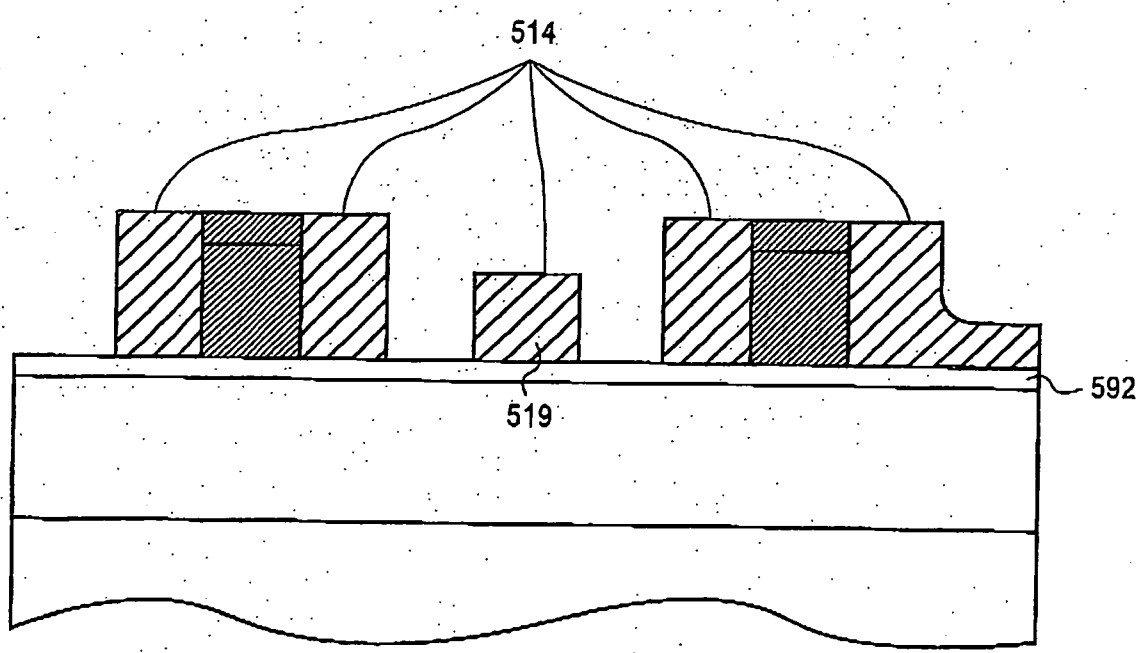
第 4A 圖



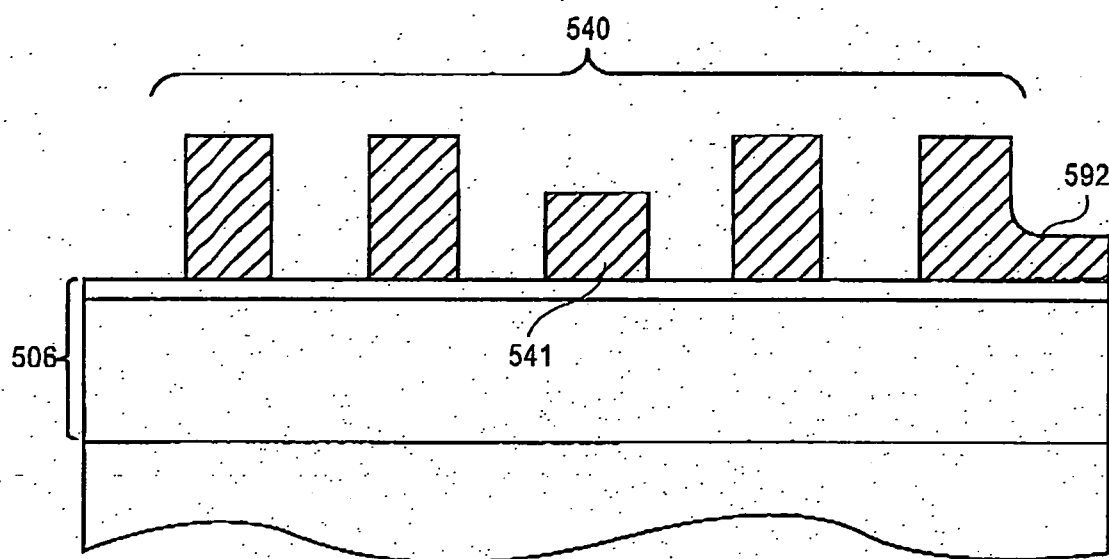
第 4B 圖



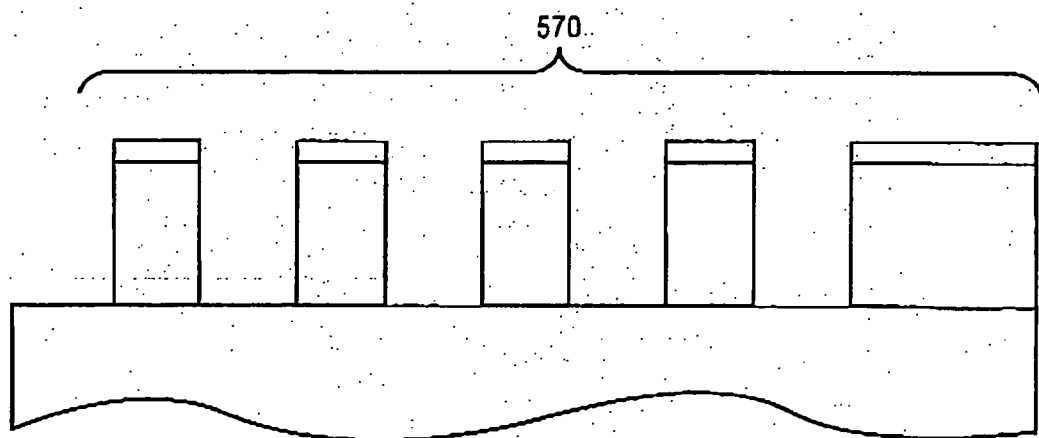
第 5A 圖



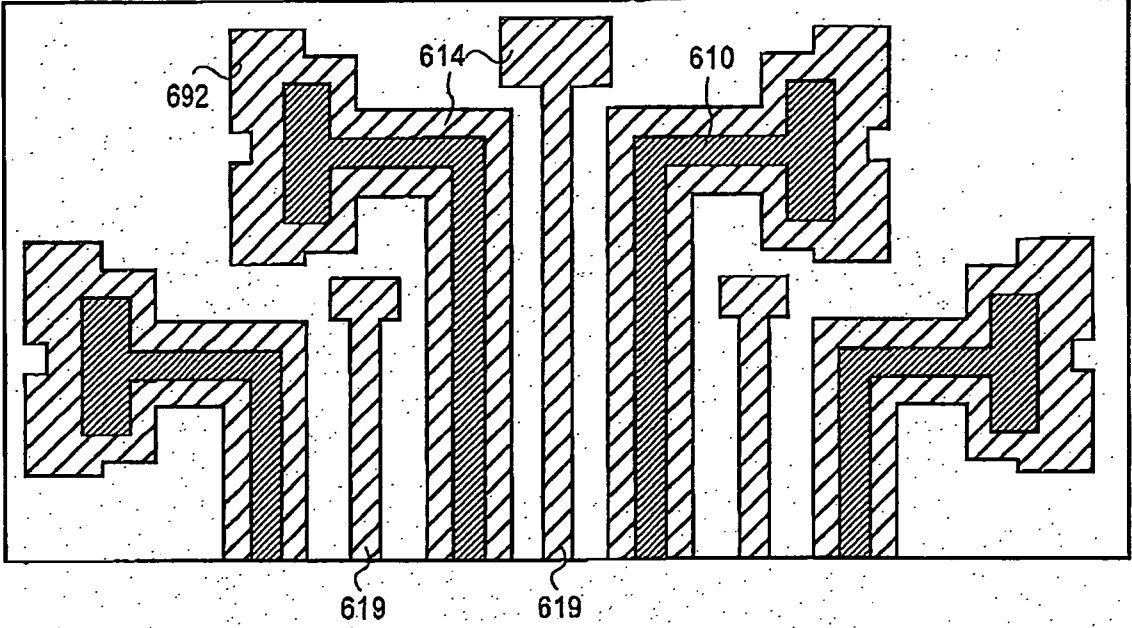
第 5B 圖



第 5C 圖

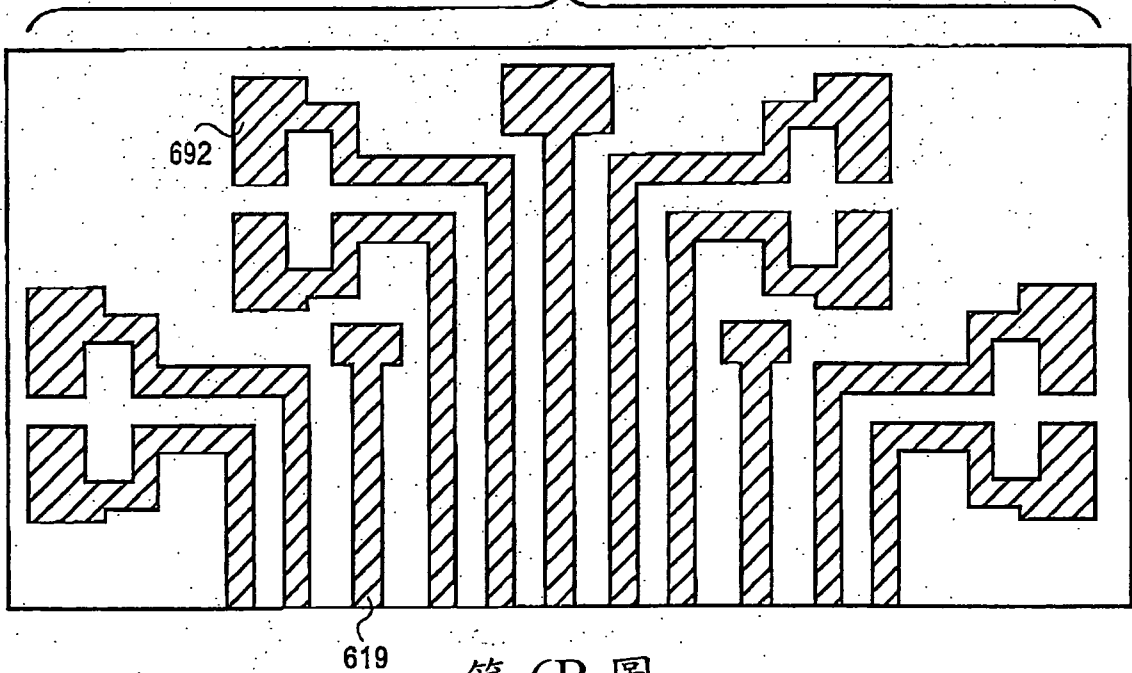


第 5D 圖



第 6A 圖

640



第 6B 圖