

# 公告本

申請日期	90.6.28
案 號	90115749
類 別	H01L 7/203 H01L 7/768

A4  
C4

504756

(以上各欄由本局填註)

## 發 明 專 利 說 明 書

### 新 型

一、發明 名稱	中 文	沉積後之噴濺
	英 文	POST DEPOSITION SPUTTERING
二、發明 創作人	姓 名	1.瓦利亞盧納查林 VALLI ARUNACHALAM 2.彼得 L. G. 溫滋克 PETER L. G. VENTZEK 3.夏伊德 洛夫 SHAHID RAUF 4.丹 J. 丹尼 DEAN J. DENNING 5.贊吉米 JIMING ZHANG
	國 籍	1.印度                      2.4.美國                      3.巴基斯坦                      5.中國
三、申請人	住、居所	1.美國德州奧斯丁市環橡路9303號 2.美國德州奧斯丁市雷德蒙路10843號 3.美國德州芙葛維爾市耶爾大道712號 4.美國德州迪瓦利市皮爾斯路12007號 5.美國德州奧斯丁市南路11236號
	姓 名 (名稱)	美國摩托羅拉公司 MOTOROLA INC.
代 表 人 姓 名	國 籍	美國
	住、居所 (事務所)	美國伊利諾州史堪伯市東阿崗崑路1303號摩托羅拉中心  F. 強 莫辛格 F. JOHN MOTSINGER

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6  
B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， 有 無主張優先權

美國 2000年07月21日 09/621,773 有 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

## 五、發明說明 ( 1 )

### 先前申請提示

本專利申請已於2000年7月21日申請美國專利，No. 09/621,773。

### 發明範圍

本發明大體上係關於半導體製程，更特定地，係關於金屬之物理蒸氣沉積(vapor deposition)。

### 相關技藝

隨著許多半導體特徵的尺寸愈來愈小且縱橫比愈來愈大，要使沉積在通孔、溝渠或類似特徵內側之金屬膜正形的保持變得愈來愈困難。金屬膜的沉積一般而言是使用傳統的物理蒸氣沉積(PVD)或離子化物理蒸氣沉積(IPVD)等製程。當使用這兩種技術之一來沉積金屬時，經常會有過量的金屬沉積在特徵的特定部位，而特徵的其它部位沉積不足量的金屬。

當諸如通孔及溝渠等特徵底部沉積太厚的金屬層，以及當太多金屬沉積在特徵的開口處時，便會遭遇一些特定的問題。例如，通孔底部沉積太厚的鉅障壁層會造成很高的通孔電阻值，而通孔開口處沉積太多金屬會使沉積到通孔側壁上的金屬量減少。此種不均衡的金屬沉積通常稱為非正形(non-conformality)，已有很多努力是要使其影響減到最小。

例如，爲了要使麵包條現象(亦即，材料堆積在通孔開口處，它會妨礙材料之均勻沉積)減到最小，有時會在金屬沉積之前先進行一種稱為端角切割(corner clipping)的技

## 五、發明說明 ( 2 )

術。端角切割去除特徵頂部角隅的材料(例如介電材料)，藉以限制堆此一區域的金屬堆積，此種金屬堆積的結果會遮蔽或阻礙通達特徵內側。

爲了要降低利用離子化物理沉積法在諸如通孔和溝渠等特徵底部所沉積的金屬厚度，可藉由調整晶圓電壓、靶子電壓(target voltage)、線圈電壓等製程參數來提高電漿離子的噴濺效果。

很不幸地，這些措施並不完全有效，尤其是在特徵的縱橫比很大且尺寸很小的情況。結果，金屬無法完全均勻地沉積在特徵上。因此，需要有一種方法能夠改善沉積於半導體特徵上之金屬的正形，尤其是在縱橫比很大且尺寸很小之特徵上沉積金屬的情況。

圖式簡單說明

本發明以舉例的方式加以說明，但並不侷限於附圖，各圖中，相同的參考號碼代表同樣的元件，其中：

圖1爲根據本發明之一具體實施例之一IPVD室之示意圖；

圖2爲一通孔之剖視圖，圖示爲麵包條現象及過多材料堆積在通孔底部的情況；

圖3爲圖2所示之同一個通孔在經過本發明之一較佳具體實施例之沉積後噴濺的程序之後的剖視圖；

圖4至7爲根據本發明之一較佳具體實施例之噴濺過程中，通孔在不同時間的剖視圖；

圖8爲根據本發明之一具體實施例之已填入金屬之通孔

## 五、發明說明 ( 3 )

的剖視圖；及

圖9的一系列圖形說明根據本發明之一具體實施例之鈿離子密度、晶圓偏壓大小及靶子電壓等之間的關係。

熟知此技藝者應能了解，圖中各項元件係以簡明的方式畫出，並未按照比例。例如，圖中有些元件的尺寸相對於其它元件可能比較誇大，以增進對於本發明之較佳具體實施例的了解。

### 發明之詳細說明

爲了要克服先前技藝至少一些的限制，本發明至少有一較佳具體實施例提供一種用於在一通孔中形成導體的方法。該方法包括步驟：提供一個具有一導體之基板；在該導體上形成一層絕緣層；以及，穿過該絕緣層形成達到該導體的通孔。該方法進一步包括步驟：噴濺沉積鈿、鈦、氮化鈿、氮化鈦、鎢和氮化鎢等金屬之一到該通孔中；結束該噴濺步驟；然後藉由施加晶圓偏壓，局部地噴濺蝕刻底部的金屬層以降低其厚度。根據本發明之至少一具體實施例，對金屬層作最佳化的目的是要得到低的通孔電阻以及滿足可靠度的要求。按照另一具體實施例，可重複多次該金屬沉積及噴濺程序以達成製程的靶子。

本發明之一較佳具體實施例的優點之一爲，能夠降低通孔的電阻。本發明之至少一具體實施例的其它優點爲，能夠改善電遷移(electromigration)的效能，以及能夠減少電鍍時孔隙的發生。

請參考圖1，以下將討論根據本發明之一IPVD(離子化物

## 五、發明說明( 4 )

理蒸氣沉積)室。IPVD 100 包含入口 166、旋轉磁鐵組 110、靶子 120、晶圓基座 150 及 rf 線圈 130。入口 166 用於注入例如氫、氮等噴濺劑到 IPVD 室 100 中。靶子電壓 164 施加於旋轉磁鐵組 110 上，提供直流(DC)偏壓給噴濺靶子 120。在一具體實施例中，該噴濺靶子 120 係一鈹靶子，用於沉積一層金屬障壁層。亦可使用其它靶子型式來沉積鈹以外的金屬，與本發明之目的相一致。其它用來形成該導體的導體材料的例子有鈦、氮化鈹、氮化鈦、鎢和氮化鎢。

一 rf 電壓 160 施加於晶圓基座 150 上，用以對該晶圓基座 150 所支撐的晶圓 140 施加偏壓。對晶圓 140 施加偏壓的目的是要將電漿的成份，例如氫 170 和鈹 78 離子，朝向晶圓 140 加速。RF 電壓 162 施加於 rf 線圈 130 上，以便產生一束由噴濺靶子 120 所釋放之離子和中性粒子及氫離子 170、被激化的氫原子 171 和電子 176 等所組成的電漿。IPVD 室 100 的所有組件一起合作，沉積一金屬層到晶圓 140 表面以及其上的特徵裡面。

操作時，在沉積製程的一開始，把晶圓 140 放在晶圓基座 150 上。晶圓上有一些特徵要被導體覆蓋。此一導體最好是鈹、鈦、氮化鈹、氮化鈦、鎢和氮化鎢、銅、銅合金、其它金屬合金等金屬。然後對晶圓基座 150 通以 rf 電力 160(藉此對晶圓 140 施加偏壓)，並經由入口 166 注入噴濺劑(例如氫、氮、氫氮混合物等)到 IPVD 室 100 中。對 rf 線圈 130 通以 rf 電力，對噴濺靶子 120 通以 DC 電壓。

此時，金屬被沉積到晶圓 140 上，且同時晶圓上發生一

## 五、發明說明 ( 5 )

些噴濺的作用。其淨效應為發生噴濺沉積的效果。當施加到噴濺靶子120的靶子電壓164被關掉時，此一噴濺沉積的步驟便結束。然而，噴濺劑會將金屬從堆積的部位(例如在一通孔之頂部角隅或該通孔的底部)噴濺到其它部位(例如通孔井部)。此程序的淨效應為在噴濺沉積之後緊接著噴濺蝕刻。在至少一具體實施例中，靶子電壓164再度被開啓，金屬沉積又再度開始。

在至少一具體實施例中，靶子電壓164在大於0.02Hz的頻率下從一預定的負電壓(開啓)切換成零電壓(關閉)。其它具體實施例中，只在需要的全部金屬沉積皆已完成才會關閉靶子電壓164。此外，在至少一具體實施例中，對噴濺靶子120通電的步驟係發生在對晶圓140通電之前。

接下來請參考圖2，以下將討論根據本發明之一具體實施例之一通孔200的基本結構。通孔200為一半導體特徵，其作用是將例如金屬線210之導體或導線連接到通孔之上的另一導體或導線(未畫出)。為做出通孔200，以化學蒸氣沉積步驟在金屬線210上面沉積介電層230。介電層230有效地隔離金屬線210和其它半導體特徵。必須說明，介電層230可以用單一步驟沉積，亦可以用一連串的步驟來沉積，而且，介電層230可由單一層組成，或由多層組成。

接下來，以熟知此技藝者所常用的石版影印及蝕刻製程定出通孔200的邊界。通常還會執行噴濺清潔的步驟來清理通孔的底部，以確保與金屬線210更好的接觸，同時，打擊通孔的頂部角隅以減輕麵包條現象的產生。一旦通孔

## 五、發明說明( 6 )

200底部清理完成，便沉積一層金屬障壁層250。金屬障壁層250可以用任何適合的導電材料或導電材料的組合做成，其作用是防止未來形成的金屬層(通常是銅)侵入介電材料中。

圖2所示之金屬障壁層250具有非最佳化之噴濺前厚度a及b。通孔200的噴濺前底部厚度a大於需要的厚度。通孔200底部是不希望太厚的，因為會使通孔的電阻太大。通孔200頂部的噴濺前突出厚度b亦稱為麵包條。麵包條是不希望發生的，因為它會遮蔽通孔200的內側而妨礙金屬層適當地沉積在通孔200的井部。

請參考圖3，圖示為如圖2所示之同一個通孔200在根據本發明之一較佳具體實施例之沉積後噴濺步驟處理後的情況。請注意，經過沉積後噴濺的底部厚度A小於噴濺前的底部厚度a，且經過沉積後噴濺的頂部厚度B小於噴濺前的頂部厚度b。此厚度上的差異係因為在沉積後噴濺的階段，只有很少量的新沉積。而金屬障壁層250之較厚部位的過多材料會被噴掉，並重新沉積於金屬障壁層250的較薄部位。所得到金屬障壁層250比經過沉積後噴濺處理的金屬障壁層250更為正形。在本發明之至少一具體實施例中，經過沉積後噴濺處理的最佳厚度A小於大約1.25倍的側壁平均厚度。

在本發明之至少一具體實施例中，係使用單一的沉積後噴濺步驟將通孔200頂部和底部的過多材料重新分配到通孔200的井部。然而，在另一具體實施例中，係循環重覆

## 五、發明說明 ( 7 )

多次的沉積後噴濺，而不是在整個金屬層皆以沉積完成後，才執行單一次的沉積後噴濺。

請參考圖4-7，以下將討論根據本發明之循環重覆多次的物理蒸氣沉積後噴濺製程。圖4-7中，相同的參考號碼和文字與圖1-3所示者代表相同或類似的特徵及/或元件。圖4為該循環重覆多次之沉積-噴濺製程的第一步。圖4中，金屬障壁層250沉積於通孔200中。請注意，麵包條已開始產生，但還不明顯，且通孔200底部的金屬障壁層250開始變厚。

圖5所示為第一個沉積後噴濺步驟的結果。此一噴濺步驟最好是以靶子電壓164(圖1)關閉，而晶圓偏壓160(圖1)保持開啓的方式來進行。在金屬沉積製程的這個時間點進行該第一個沉積後噴濺的步驟是為了要防止麵包條現象變得太嚴重，以及防止通孔200底部的金屬障壁層250變得太厚。此一噴濺步驟將金屬障壁層250中的材料重新分配，使障壁層250非常均勻地覆蓋在通孔200上。請注意，麵包條現象已減輕，且通孔200底部的金屬障壁層250厚度也降低了。

如圖6所示，在第一個沉積後噴濺步驟之後，進行另一個金屬沉積的步驟，在通孔200中再沉積額外的金屬。藉由再把靶子電壓164(圖1)打開使金屬再開始沉積。請注意，金屬障壁層250又開始在通孔200的頂部產生突出，且通孔200的底部又開始有金屬堆積。為使金屬沉積維持在最小的限度，需進行另一個沉積後噴濺的步驟。

## 五、發明說明( 8 )

圖7為該額外的沉積-沉積後噴濺步驟的結果。請注意，金屬障壁層250現在已非常均勻地覆蓋在其下的通孔200結構上。以上所討論的沉積-噴濺循環程序可不斷重覆進行，直到製程靶子達成為止。此外，亦應了解，以上討論雖然是基於通孔之形成，但其它類似的結構亦可以利用前述的原理做成。

接下來請參考圖8，以下將討論根據本發明之一較佳具體實施例之填滿金屬的通孔。通孔800最好是做在金屬線210的上面，且包含金屬障壁層250、種子層810及銅電鍍層820。之前已參考附圖討論過金屬障壁層250之構造。種子層810最好是離子化PVD做成的銅層，其形成的方式基本上和障壁金屬層250相同，所不同者為，在沉積製程中，係使用以銅做成的靶子和rf線圈來取代以鈿做成的靶子和rf線圈。在使用本文所述之沉積/沉積後噴濺技術形成金屬障壁層250和種子層810之後，將通孔800填滿銅電鍍層820，以提供金屬線210和通孔800上方之類似金屬線之間的導電連接(圖8未畫出)。

採用本發明所述之原理，金屬障壁層250可以比其它方法做得更正形。後續沉積在一正形層上的各層必然會比沉積在非正形層上的各層還正形，只要通孔800是根據本發明的原理做成，種子層810就會從一正形的狀態開始，維持正形形成。

接著請參考圖9，以下將討論根據本發明之至少一具體實施例之交替進行金屬沉積及噴濺的方法。亦請參考圖4-

## 五、發明說明( 9 )

7, 這些圖說明填滿一通孔的各個階段。根據本發明之方法, 一開始係藉由施加偏壓920於晶圓上並開啓靶子電壓164, 以便沉積金屬到例如通孔或溝渠等晶圓特徵的內側。如圖9所示, 鈦離子的密度910在靶子電壓164是開啓的時最大。此外, 在電力不變的情況下, 晶圓偏壓920和靶子電壓164維持反比的關係。換言之, 當靶子電壓164是開啓時, 晶圓偏壓920的大小會減弱, 且當靶子電壓164是關閉時, 晶圓偏壓920的大小會增強。

在已沉積需要的金屬量之後, 關掉靶子電壓164。靶子電壓164關閉會使鈦離子密度910和中性粒子密度下降。如前述, 施加於晶圓140(圖1)的電力不變的情況下, 晶圓偏壓的大小必然隨著離子密度降低而增加。當晶圓偏壓增加時, 氬原子會有較高的位能, 且被加速到更快的速度。較大的氬原子速度使得氬原子撞擊晶圓時造成更多噴濺。然而, 由於鈦離子密度降低, 因此只有很少量的金屬沉積。

此一藉由打開及關閉靶子電壓164而對噴濺靶子通電及不通電的循環程序可稱為靶子脈衝。可以用任何適合的頻率及適合的循環次數對靶子施以脈衝, 直到要求的厚度及均勻性達到為止。脈衝的頻率最好是, 但並非一定, 在2KHz上下, 以離子停駐時間(ion residence time)的計算值為準。脈衝頻率可以低到.02Hz。

總之, 本發明之一較佳具體實施例藉由分開的噴濺步驟來提供一種改善金屬沉積之正形的方法。此一噴濺步驟可以使用氬離子、氮離子、氫離子和氦離子之混合或其它離

## 五、發明說明 ( 10 )

子。以使用氫爲例，利用一感應rf線圈使一電漿中產生氫離子，藉由對一品圓施加負偏壓使氫離子朝向該晶圓加速。活躍的離子將材料從膜厚較高之處噴濺到較低之處。亦即，特徵上部角隅的材料被噴濺到特徵的側壁，特徵底部的材料也被噴濺到側壁，而影響正形。該噴濺步驟可在沉積完成之後執行，或可爲沉積期間的一個中間步驟。

額外的噴濺步驟有助於最佳化及控制薄膜剖面的發育而獲致最佳的階梯覆蓋結果。在一具體實施例中，當通孔底部沉積層的厚度小於側壁上同一沉積層厚度的1.25倍時，有最佳的階梯覆蓋效果。除了最佳化階梯覆蓋之外，本發明亦可用於使例如通孔、溝渠或其它特徵底部的障壁層厚度達到最小。藉由使覆蓋在例如通孔之特徵底部的障壁層厚度達到最小，可使通孔的電阻降低，這對於大部份的應用都是有利的。

本發明雖然是針對特定的傳導型式或電位能極性作說明，但熟知此技藝者應了解，傳導型式和電位能極性也可以是倒轉的。必須說明，所謂倒轉，係指介電靶子或負離子噴濺的情況。

前述規格中，係參考特定的具體實施例來說明本發明。然而，熟知此技藝者應了解，可對該等具體實施例作各種不同的修改及變更，而不偏離以下申請專例範圍所述之本發明的範圍。因此，應視該等規格及附圖爲說明的目的，而非限制，而且，所有該等修改應皆包括在本發明之範圍內。

## 五、發明說明 ( 11 )

以上針對特定具體實施例說明了本發明之利益、優點及問題的解決方法。然而，該等利益、優點、問題的解決方法及任何可能造成利益、優點或解決方法發生或更有效的要素不應被解釋成任何或所有申請專利範圍之關鍵、需要或必要的特徵或要素。本文的用辭中，「包含」、「包括」或它們的任何變化用語係指包括未被排除的項目，例如，包含一要素清單之程序、方法、物件或裝置並非只包含該等要素，而是亦包括未明確列出或隱含於該等程序、方法、物件或裝置之其它要素。

## 四、中文發明摘要 (發明之名稱：沉積後之噴濺 )

本文描述一種用於改善諸如通孔(200)及溝渠等半導體特徵(200)之正形性以及針對段差覆蓋作最佳化的方法。藉由在沉積至少一部份金屬(250)於晶圓特徵上面之後，執行一額外的噴濺步驟，可以將靠近頂部及特徵(200)底部之太厚的金屬沉積減薄。藉由減薄通孔(200)等特徵(200)之頂部的突出，金屬粒子比較容易到達及沉積於側壁上。藉由減薄通孔(200)底部的沉積金屬，可使通孔(200)的電阻降低。該額外的噴濺步驟可在所有金屬皆已沉積之後一次進行。或者，可沉積少量的金屬，執行一次噴濺步驟，再沉積更多的金屬，再執行額外的噴濺步驟。

## POST DEPOSITION SPUTTERING

## 英文發明摘要 (發明之名稱： )

A method for improving the conformality and optimizing step coverage in semiconductor features (200) such as vias (200) and trenches is described herein. By performing an additional sputtering step after at least part of the metal (250) has been deposited on a wafer feature, undesirably thick metal deposits near the top and at the bottom of a feature (200) can be reduced. By reducing the overhang at the top of a feature (200) such as a via (200), it is easier for metal species to reach and be deposited on the sidewalls. By reducing the thickness of deposited metal at the bottom of a via (200), via (200) resistance can be decreased. The extra sputtering step may be performed a single time after all metal has been deposited. Alternatively, a small amount of metal may be deposited, a sputtering step may be performed, more metal may be deposited, and additional sputtering steps can be performed.

## 六、申請專利範圍

1. 一種用於在一通孔中形成一導電層之方法，該方法包括步驟：
  - 提供一具有一導體之基板；
  - 在該導體上形成一絕緣層；
  - 形成穿過該絕緣層形成達到該導體之通孔；及
  - 在該通孔噴濺沉積由鈮、鈦、氮化鈮、氮化鈦、鎢和氮化鎢所選出之一導電層；
  - 結束該噴濺沈積步驟；及
  - 在結束該噴濺沉積的步驟之後，噴濺蝕刻該金屬層而形成該導電層。
2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該噴濺蝕刻及噴濺沉積步驟使用含氫的噴濺劑。
3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該導電層包含氮化鈮。
4. 如申請專利範圍第1項之方法，該方法進一步包括在導電障壁層上沉積一銅晶種層(copper seed layer)。
5. 如申請專利範圍第1項之方法，該方法進一步包括將該通孔填滿銅。
6. 一種在一通孔中形成一第一導電層之方法，該方法包括步驟：
  - 提供一具有一第二導電層的基板；
  - 在該第二導電層上形成一絕緣層；
  - 穿過該絕緣層形成到達該第二導電層之通孔；
  - 在該通孔噴濺沉積由鈮、鈦、氮化鈮、氮化鈦、鎢及

## 六、申請專利範圍

氮化鎢所組成的群組所選出之一第一層；

噴濺蝕刻該第一層；

在噴濺蝕刻該第一層之後，在該通孔噴濺沉積由銅，銅合金，鎳-鐵合金，鈮、鈦、氮化鈮、鈮化鈦、鎢及氮化鎢所選出之一第二層；及

噴濺蝕刻該第二以形成該第一導電層。

7. 如申請專利範圍第6項之方法，其中該噴濺蝕刻及噴濺沉積步驟使用含氫之噴濺劑。
8. 如申請專利範圍第6項之方法，該方法進一步包括在該第一層上沉積一銅晶種層。
9. 如申請專利範圍第6項之方法，該方法進一步包括以銅填滿該通孔。
10. 一種利用一噴濺室在一半導體晶圓之一通孔中形成導電障壁層的方法，該噴濺室具有一噴濺靶子、一晶圓基座、一rf線圈以及一用以注入噴濺劑到該噴濺室中的入口；

將半導體晶圓放在該晶圓基座上；

注入噴濺劑到該噴濺室中；

對該晶圓基座通電；

對該rf線圈通電；及

以預定的頻率對該噴濺靶子通電以形成該導電層。

11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中對該噴濺靶子通電的步驟係發生在放置該半導體晶圓、對該晶圓基座通電、注入噴濺劑以及對該rf線圈通電等步驟之後。

## 六、申請專利範圍

12. 如申請專利範圍第10項之方法，其中對該噴濺靶子通電的步驟係發生在對晶圓通電之前。
13. 一種半導體裝置結構，其包括：
  - 一半導體基板，該基板上具有一導體，該導體上有一絕緣層，且一通孔穿過該絕緣層；
  - 該通孔中有一本質正形的導電層；及
  - 該通孔中填滿銅。
14. 如申請專利範圍第13項之半導體裝置結構，其中該通孔具有側壁及底部，其中該導電層在通孔側壁具有最小的側壁厚度，且在通孔底部具有最小的底部厚度，且其中該底部厚度小於平均側壁厚度的1.25倍。

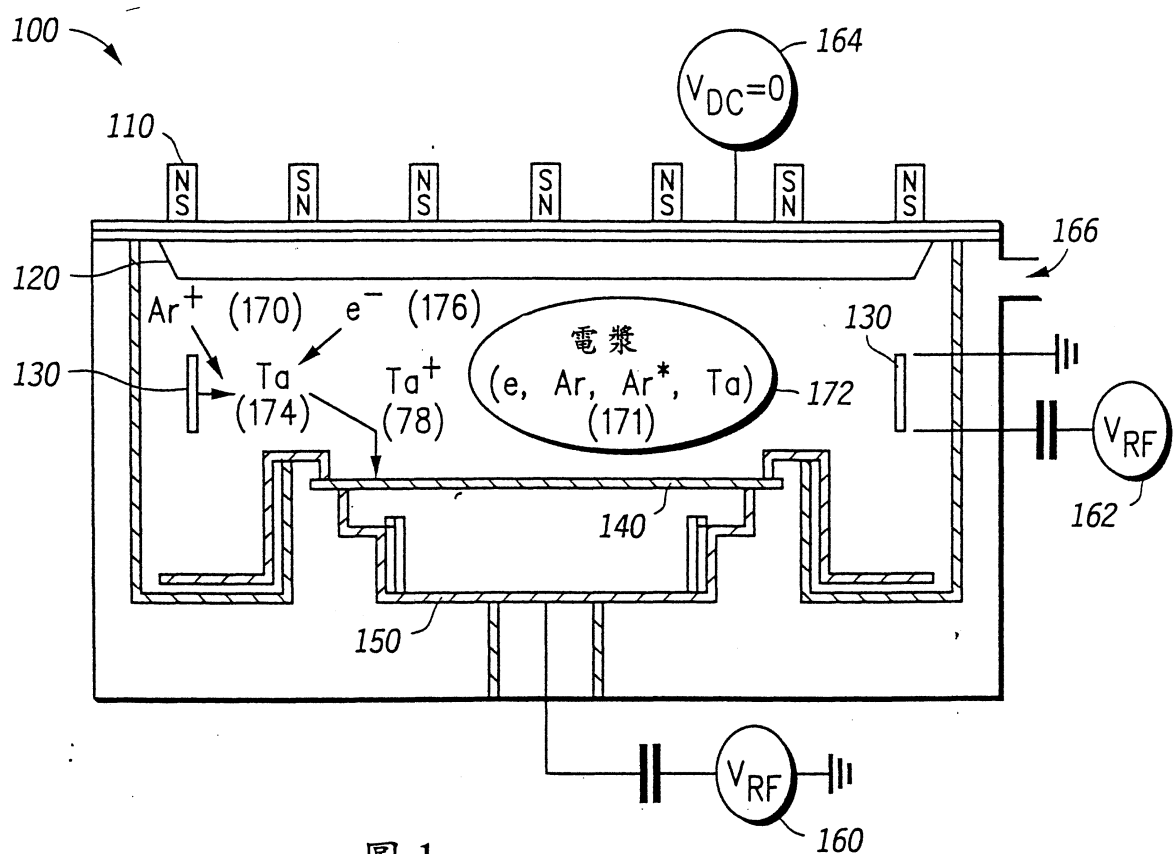


圖 1

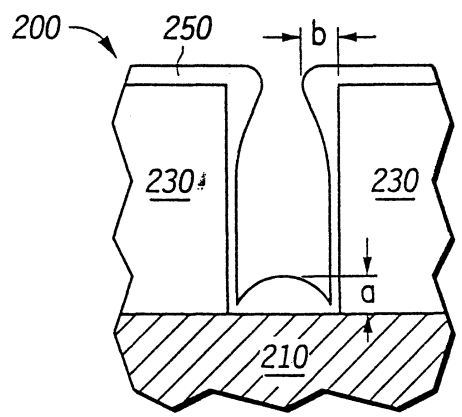


圖 2

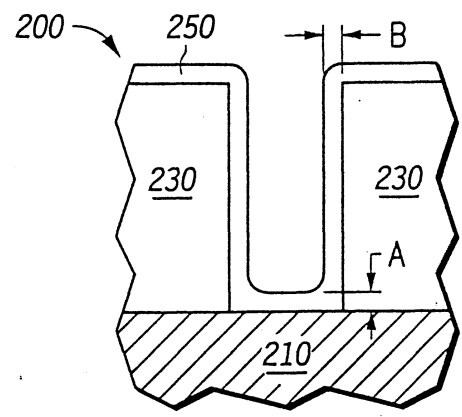


圖 3

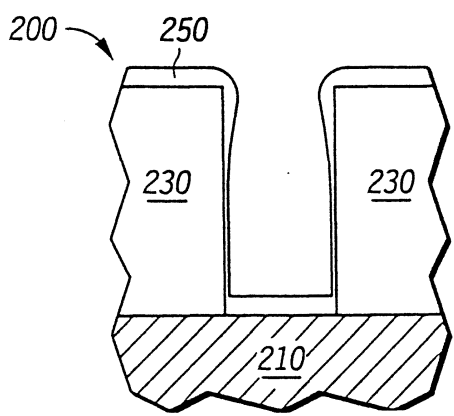


圖 4

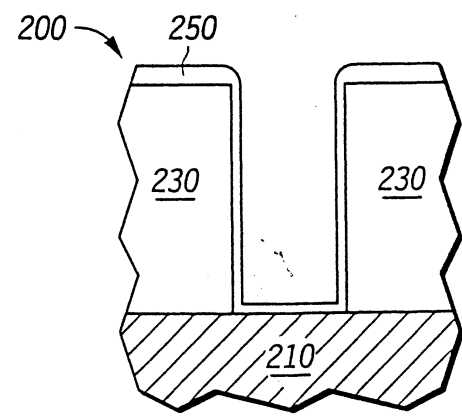


圖 5

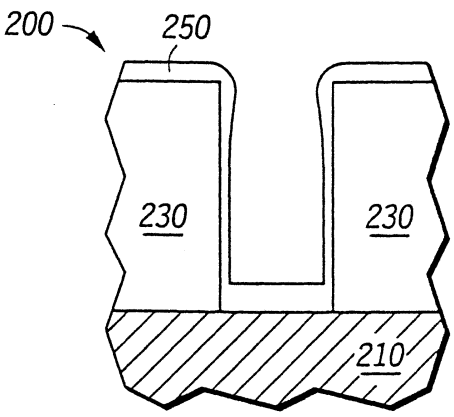


圖 6

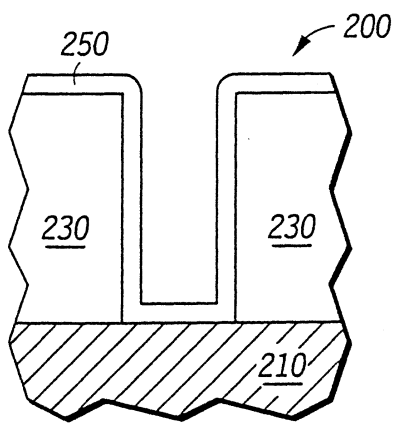


圖 7

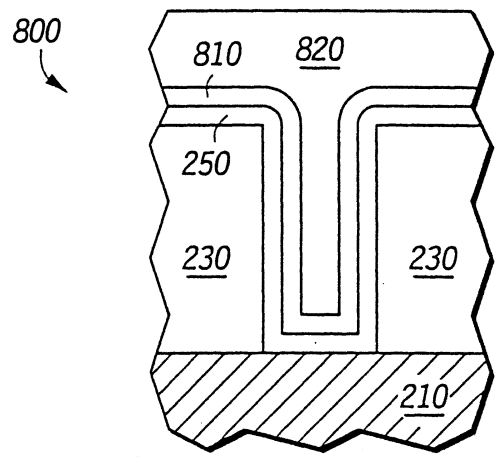


圖 8

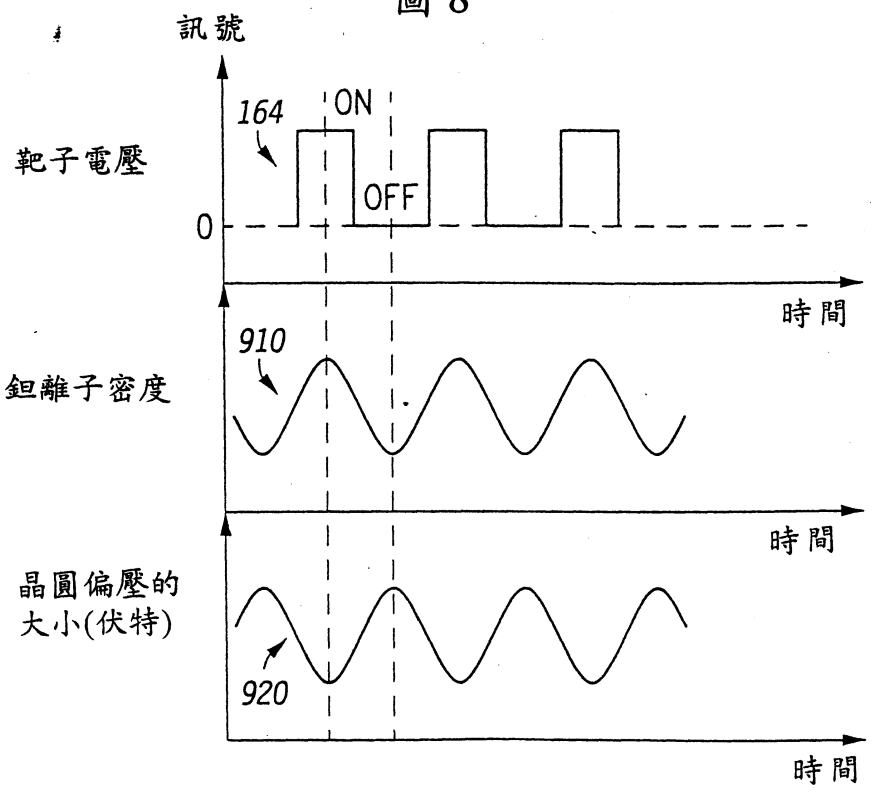


圖 9