



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I720422 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：108104423

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 10 日

(51)Int. Cl. : **H01L21/3205(2006.01)****H01L21/768 (2006.01)**

(30)優先權：2013/09/27 美國

61/883,480

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：羅佩布山 N ZOPE,BHUSHAN N. (IN) ；傑拉多斯艾夫傑尼諾斯 V
GELATOS,AVGERINOS V. (US) ；鄭波 ZHENG,BO (US) ；雷雨 LEI,YU (CN) ；
傅新宇 FU,XINYU (CN) ；干德可塔史林尼維斯 GANDIKOTA,SRINIVAS (US) ；
柳尚濤 YU,SANG HO (US) ；亞伯拉罕馬修 ABRAHAM,MATHEW (IN)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

US 2009/0246952A1

US 2013/0210241A1

WO 2011/078346A1

WO 2012/109438A2

WO 2012/173067A1

審查人員：邱迺軒

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 78 頁

(54)名稱

實現無縫銲間隙填充之方法

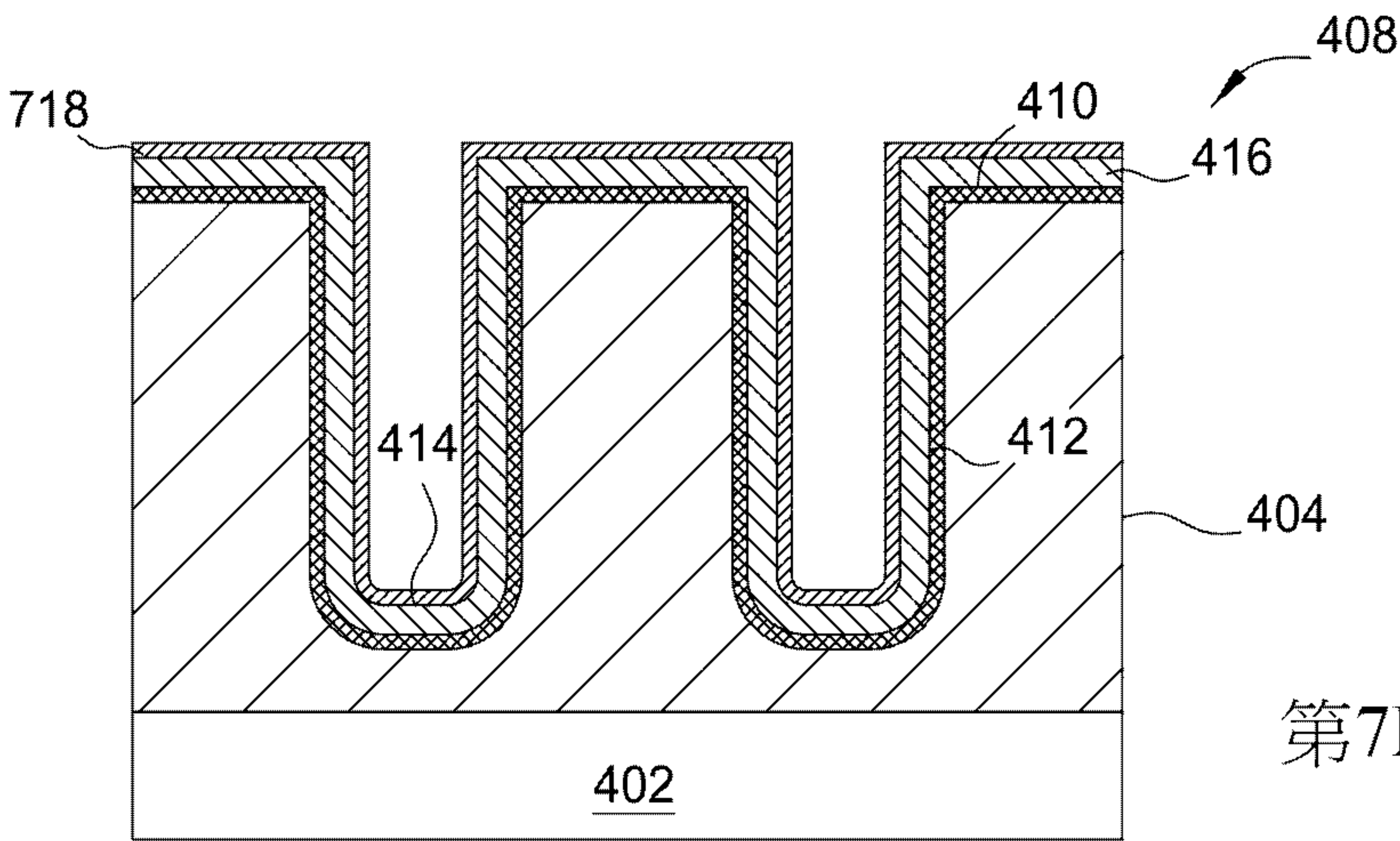
(57)摘要

本文提供用於在半導體裝置之特徵輪廓界限中沉積金屬層之方法。在一實施方式中，提供用於沉積金屬層以形成半導體裝置之方法。該方法包括執行循環金屬沉積製程以在基板上沉積金屬層及將安置在基板上之金屬層退火。循環金屬沉積製程包括將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物以在基板上沉積金屬層之一部分；將金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氫退火製程；及重複將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物及將金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氫退火製程之步驟，直至達到金屬層之預定厚度。

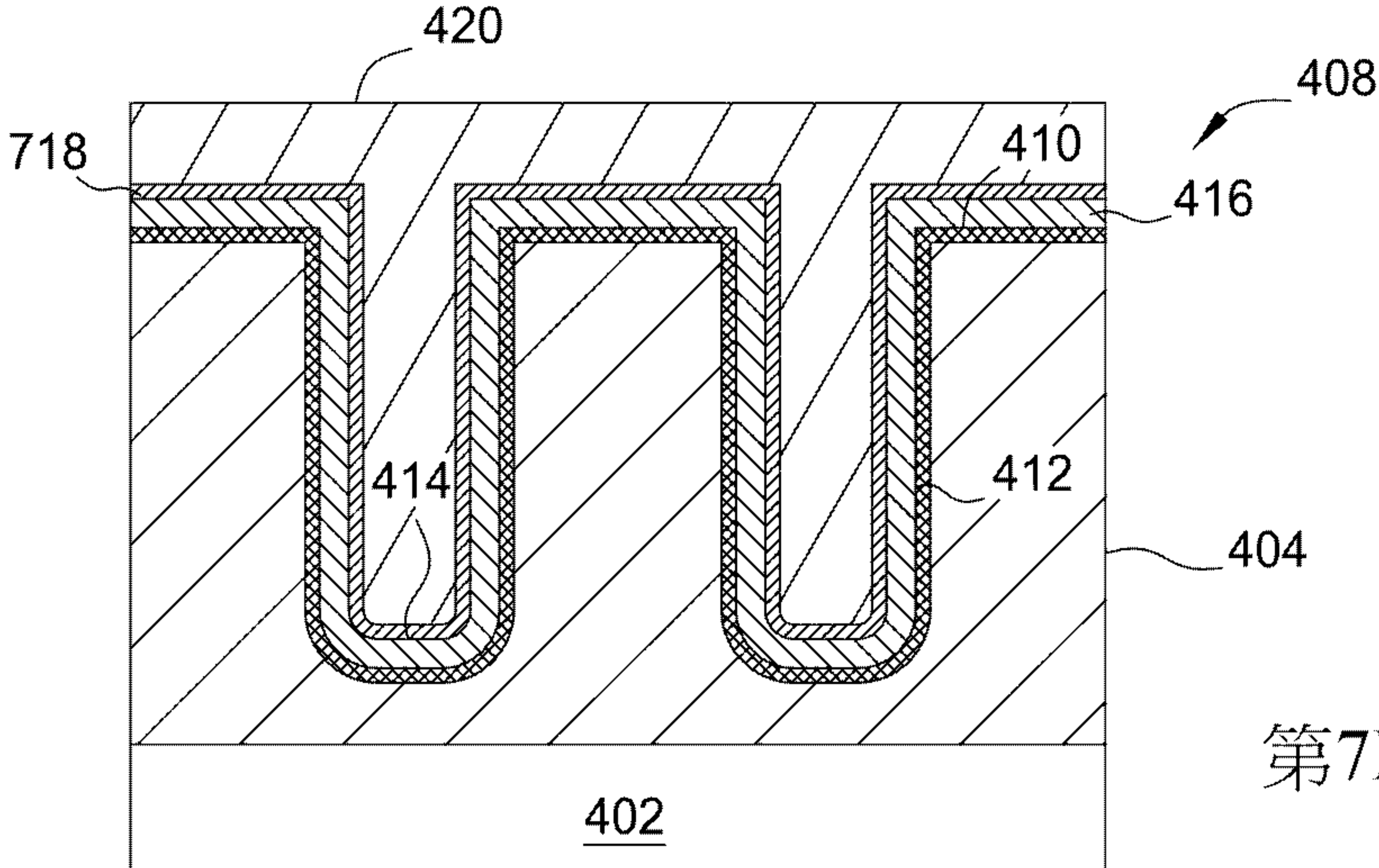
Methods for depositing a metal layer in a feature definition of a semiconductor device are provided. In one implementation, a method for depositing a metal layer for forming a semiconductor device is provided. The method comprises performing a cyclic metal deposition process to deposit a metal layer on a substrate and annealing the metal layer disposed on the substrate. The cyclic metal deposition process comprises exposing the substrate to a deposition precursor gas mixture to deposit a portion of the metal layer on the substrate, exposing the portion of the metal layer to either a plasma treatment process or hydrogen annealing process and repeating the exposing the substrate to a deposition precursor gas mixture and exposing the portion of the metal layer to either a plasma treatment process or hydrogen annealing process until a predetermined thickness of the metal layer is achieved.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 402 . . . 基板
 - 404 . . . 層
 - 408 . . . 裝置結構
 - 410 . . . 表面區域
 - 412 . . . 側壁
 - 414 . . . 底部
 - 416 . . . 阻障層
 - 420 . . . 金屬層
 - 718 . . . 潤濕層



第7D圖



第7E圖



I720422

【發明摘要】

【中文發明名稱】 實現無縫鈷間隙填充之方法

【英文發明名稱】 METHOD OF ENABLING SEAMLESS COBALT GAP-FILL

【中文】

本文提供用於在半導體裝置之特徵輪廓界限中沉積金屬層之方法。在一實施方式中，提供用於沉積金屬層以形成半導體裝置之方法。該方法包括執行循環金屬沉積製程以在基板上沉積金屬層及將安置在基板上之金屬層退火。循環金屬沉積製程包括將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物以在基板上沉積金屬層之一部分；將金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氫退火製程；及重複將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物及將金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氫退火製程之步驟，直至達到金屬層之預定厚度。

【英文】

Methods for depositing a metal layer in a feature definition of a semiconductor device are provided. In one implementation, a method for depositing a metal layer for forming a semiconductor device is provided. The method comprises performing a cyclic metal deposition process to deposit a metal layer on a substrate and annealing the metal layer disposed on the substrate. The cyclic metal deposition process comprises exposing the substrate to a deposition precursor gas mixture to deposit a portion of the metal layer on the substrate, exposing the portion of the metal layer to either a plasma treatment process or hydrogen annealing process and repeating the exposing the substrate to a deposition precursor gas mixture and exposing the portion of the metal layer to either a

plasma treatment process or hydrogen annealing process until a predetermined thickness of the metal layer is achieved.

【指定代表圖】第（ 7E ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

4 0 2 基 板

4 0 4 層

4 0 8 裝 置 結 構

4 1 0 表 面 區 域

4 1 2 側 壁

4 1 4 底 部

4 1 6 阻 障 層

4 2 0 金 屬 層

7 1 8 潤 濕 層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】實現無縫鈷間隙填充之方法

【英文發明名稱】METHOD OF ENABLING SEAMLESS COBALT GAP-FILL

【技術領域】

【0001】 本揭示案之實施方式大體係關於半導體製程領域，更特定而言，係關於用於在半導體裝置之特徵中沉積含金屬層之方法。

【先前技術】

【0002】 積體電路可包括形成於基板（例如半導體晶圓）上之一百萬個以上之微電子場效應電晶體（例如互補金 氧 半 導 體（complementary metal-oxide-semiconductor; CMOS）場效應電晶體），且積體電路可協作以在電路內執行多種功能。可靠地生產亞半微米及更小的特徵是用於半導體裝置之下一代超大型積體電路（very large scale integration; VLSI）及極大型積體電路（ultra large - scale integration; ULSI）的關鍵技術之一。然而，隨著集成電路技術之極限的推進，VLSI及ULSI技術中之互連的縮小尺寸已對處理能力具有了額外需求。閘極圖案之可靠的形成對於積體電路之成功及對於增大電路密度及提高單個基板及晶粒之品質的持續努力而言十分重要。

【0003】 因為特徵尺寸已變得更小，對較高深寬比（定義為特徵深度與特徵寬度之間的比率）之需求已穩定地增至20:1及甚至更高。當將金屬層沉積至幾何形狀較小（例如深寬比約為20:1或更小之幾何形狀）之特徵輪廓限界中時，可能發生多種問題。例如，藉由使用習知之物理氣相沉積（physical vapor deposition; PVD）製程而經沉積之金屬層常遭受以下問題：不良的階梯覆蓋、懸垂，及在通孔之關鍵尺寸小於50奈米或深寬比大於10:1時在通孔或溝槽內形成之空隙。在通孔或溝槽之底部及側壁上之不充分的沉積亦可導致沉積不連續性，從而導致裝置短路或不良的互連形成。此外，金屬層可能對下層材料層具有不良黏附，導致金屬層自基板及隨後之導電金屬層之剝落。

【0004】 隨著此電晶體密度增大及隨後之金屬層橫剖面縮小，藉由使用現有低電阻率鎢（W）整合方案來滿足接觸電阻需求已變得相當困難。高電阻率黏附（例如 B_2H_6 成核）及阻障層（例如氮化鈦）在鎢整合方案中之必需性導致接觸電阻增大，從而使其成為小於22奈米之技術節點之不理想的選項。

【0005】 因此，需要用於在高深寬比之特徵中形成觸點金屬層之改良方法。

【發明內容】

【0006】 本揭示案之實施方式大體係關於半導體製程領域，更特定而言，係關於用於在半導體裝置之結構中沉積金屬層之方法。在一實施方式中，提供一種用於沉積金屬層以形成半導體裝置之方法。該方法包括執行循環金屬沉積製程以在形成於基板中之特徵輪廓界限中沉積金屬層，該步驟包括：將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物以在特徵輪廓界限中沉積金屬層之一部分；將該金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氬退火製程；重複將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物及將該金屬層部分曝露於電漿處理製程或氬退火製程之步驟，直至達到金屬層之預定厚度，及將該金屬層退火。

【0007】 在另一實施方式中，提供一種用於沉積金屬層以形成半導體裝置之方法。該方法包括：執行阻障層沉積製程以在形成於基板中之特徵輪廓界限中沉積阻障層；執行潤濕層沉積以在阻障層上沉積潤濕層；執行循環金屬沉積製程以在潤濕層上沉積金屬層，該循環金屬沉積製程包括將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物以在特徵輪廓界限中沉積金屬層之一部分，將該金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氬退火製程，重複將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物及將該金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氬退火製程之步驟，直至達到金屬層之預定厚度，及將該金屬層退火。

【0008】 在又一實施方式中，一種用於沉積金屬層以形成半導體裝置之方法，該方法包括執行阻障層沉積製程以

在形成於基板中之特徵輪廓界限中沉積阻障層，執行潤濕層沉積製程以在阻障層上沉積潤濕層，在潤濕層上執行退火製程，藉由將潤濕層曝露於沉積前驅物氣體混合物以沉積金屬層之一部分來執行金屬沉積製程以在潤濕層上沉積金屬層，將該金屬層之該部分曝露於電漿處理製程或氬退火製程，及將該金屬層退火。

【圖式簡單說明】

【0009】 為可詳細理解上文列舉之本揭示案之特徵，可藉由參考實施方式對上文簡述之實施方式進行更為特定之描述，該等實施方式中的一些實施方式在附圖中進行圖示。然而，應注意，附圖僅圖示本揭示案之典型實施例，因此將不被視作限制本揭示案之範疇，因為本揭示案可承認其他同等有效的實施方式。

【0010】 第1圖繪示金屬沉積處理腔室之一實施方式之剖面圖，該金屬沉積處理腔室適用於執行本文所述之實施方式；

【0011】 第2圖繪示說明性多腔室處理系統之示意性俯視圖，該多腔室處理系統中結合有第1圖中之金屬沉積處理腔室；

【0012】 第3圖繪示依據本文所述之某些實施方式在半導體裝置中形成金屬層之流程圖；

【0013】 第4A-4E圖繪示依據本揭示案之一實施方式之半導體裝置在金屬層製程之形成期間之橫剖面視圖；及

【0014】 第5圖繪示依據本文所述之某些實施方式用於在半導體裝置中形成金屬層之循環沉積製程的流程圖；

【0015】 第6圖繪示依據本文所述之某些實施方式在半導體裝置中形成金屬層之流程圖；

【0016】 第7A-7E圖繪示依據本文所述之某些實施方式之半導體裝置在金屬層製程之形成期間的橫剖面視圖；

【0017】 第8圖繪示依據本文所述之某些實施方式在半導體裝置中形成金屬層之流程圖；

【0018】 第9圖繪示一基板之橫剖面視圖，該基板含有用作保形閘極及根據本文所述之某些實施方式而經沉積之金屬層；及

【0019】 第10圖繪示互補金氧半導體 (complementary metal-oxide-semiconductor; CMOS) 結構之橫剖面視圖，該結構具有根據本文所述之某些實施方式而形成之N型金氧半導體 (NMOS) 及P溝道金氧半導體 (PMOS) 態樣。

【0020】 為便於理解，在可能之情況下已使用相同元件符號以指定圖式中共有之相同元件。設想一實施方式之元件及特徵可在無需進一步詳述之情況下以有利方式併入其他實施方式。然而，應注意，附圖僅圖示本揭示案之示例性實施方式，且因此將不被視作限制本揭示案之範疇，因為本揭示案可承認其他同等有效的實施方式。

【實施方式】

【0021】電晶體密度之增大與進階CMOS電晶體之縮小的技術節點（ ≤ 11 奈米）相結合已導致在半導體製造期間所用之導電金屬層的橫剖面尺寸縮小。該種金屬導電層之實例包括金屬觸點填充、金屬閘極填充，及互連填充。用於該等應用之極窄橫剖面尺寸（ < 20 奈米）需要金屬填充技術而無需較厚之（ > 2 奈米）高電阻率阻障層。利用化學氣相沉積（chemical vapor deposition; CVD）鈷製程之間隙填充方法為間隙填充提供可能的低接觸電阻（contact resistance; R_c ）單材料解決方案。要求CVD鈷薄膜具有保形階梯覆蓋及低粗糙度。本文所述之某些實施方式示範用以在不形成接縫之情況下填充半導體裝置之導電層孔或溝槽之製程。

【0022】在一些實施方式中，發現鈷薄膜之純度掌控鈷無縫填充。可經由製程溫度、製程氣體、循環電漿處理（ H_2 、 N_2 等等）及沉積後退火狀態（在Ar或 H_2 或該兩者之組合中）而控制CVD鈷薄膜中之碳、氮，及氧雜質之原子百分比。CVD鈷薄膜之再流特性可藉由經由上述的製程變數來控制雜質之原子百分比而調節。該等雜質可為碳、氧、氮等之形式。在一些實施方式中，1%或更低之碳雜質含量較佳實現無縫鈷間隙填充。

【0023】在一些實施方式中，CVD鈷層之循環 H_2 電漿處理用以降低沉積薄膜之粗糙度及碳百分比。由此， H^* 自由基之壽命，尤其是預期用於小於等於14奈米之電晶體技術節點之狹窄（例如CD小於15奈米及深寬比大於5）

通孔及溝槽結構內部之 H^* 自由基之使用壽命是用以實現無縫及無孔隙鈷間隙填充之重要參數。在一些實施方式中，在CVD鈷沉積期間，增大電漿處理之頻率容許進行無孔隙的鈷間隙填充。CVD腔室內部之 H^* 自由基之壽命可藉由在電漿處理步驟期間使惰性穩定氣體（如氦、氖、氬等等）流動或藉由使用感應耦合電漿源或微波電漿源或電子束電漿源而得以改良。或者，在壓力（15至60托）下之 H_2 淨化可用以替代 H_2 電漿。此舉在較短之 H^* 自由基壽命不容許 H^* 自由基達到具有較高深寬比（例如 $>10:1$ ）之特徵之底部之情況下尤為有用。

【0024】 在一些實施方式中，在化學氣相沉積（chemical vapor deposition; CVD）模式下，使用二鈷六羰基第三丁基乙炔（dicobalt hexacarbonyl tertbutyl acetylene; CCTBA）前驅物沉積鈷。然而，替代之鈷前驅物亦可用以在化學氣相沉積或原子層沉積（atomic layer deposition; ALD）模式中沉積鈷薄膜層。可使用之一些鈷前驅物包括鈷脒鹽、環戊二烯基鈷二羰基、羰基鈷、二氫二烯鈷錯合物、三羰基亞硝酸基鈷、乙醯丙酮鈷、六氟乙醯乙酮鈷、氫化鈷錯合物、乙酸亞鈷、乙醯基丙酮酸鈷（II）。此外，退火步驟可藉由使用處於 200°C 至 500°C 範圍中之製程溫度及存在諸如Ar或 H_2 之製程氣體之情況下與CVD或ALD沉積結合。

【0025】 物理氣相沉積（physical vapor deposition; PVD）亦可替代鈷之CVD及ALD沉積用

於鈷之無縫間隙填充。類似於上述製程，循環 P V D 鈷沉積及退火製程可用於特徵輪廓界限之無縫填充。或者，可在存在諸如 A r 或 H₂ 之製程氣體之情況下使用高溫（200℃至500℃）P V D 鈷沉積。因為 P V D 是「視線」沉積製程，因此潤濕層可較佳用於 P V D 鈷再流。潤濕層可為 M O 氮化鈦、C V D 鈷、C V D 鈦、A L D 氮化鈦中之任何者。或者，沉積在特徵底部之 P V D 鈷層可在特徵輪廓界限之側壁上經蝕刻及重新濺射以在側壁上提供連續的鈷薄膜，從而容許 P V D 鈷自現場再流至特徵輪廓界限之底部。

【0026】 在一些實施方式中，可在雙模脫氣腔室中藉由使用整合退火（不破壞真空）來實現鈷薄膜之再流。在一些實施方式中，可藉由在破壞真空之後退火來實現鈷薄膜之再流。在一些實施方式中，300℃至400℃之退火溫度可較佳用於實現無縫間隙填充。然而，可使用諸如200℃至500℃之溫度範圍。在一些實施方式中，在 H₂ 環境中進行退火改良鈷無縫填充。諸如與惰性氣體混合之氫氣及純惰性氣體（A r 或 N₂）之其他環境可用於退火。其他退火變數包括退火時間及退火狀態（流動或靜態）。

【0027】 本文所述之實施方式之潛在應用包括金屬閘極填充、互連填充，及觸點填充。本文所述之某些實施方式藉由容許進行低電阻率無縫鈷填充來實現將鈷用作 P 溝道金氧半導體功函數金屬及金屬閘極填充材料。當前金屬閘極填充材料（鎢）在鎢沉積之前需要較厚（>2奈米）之氮化鈦阻障及較高電阻率之鎢成核層。

【0028】 本文所述之某些實施方式可用以利用鈷填充互連結構之通孔及/或溝槽，其中不用或利用較薄（ ≤ 1 奈米）之氮化鈦阻障層。習知的銅填充整合方案在進行銅填充之前需要較厚（ > 2 奈米）之阻障層（例如鈽及氮化鈽）。

【0029】 本文所述之某些實施方式可用以利用鈷填充觸點通孔及溝槽，其中利用較薄（1 奈米）氮化鈦阻障以阻止鈷在半導體接面基板中擴散。

【0030】 本揭示案之實施方式提供利用金屬 CVD 及 PVD 製程（例如鈷 CVD 及 PVD 製程）進行之間隙填充，從而產生對於特徵輪廓界限之金屬填充可能的低接觸電阻（contact resistance； R_c ）單材料解決方法。根據本文所述之實施方式沉積之金屬層可用作功函數材料、金屬閘極填充、金屬觸點填充，及互連填充。示例性特徵輪廓界限包括諸如以下各者之特徵輪廓界限：通孔、溝槽、接線、接觸孔，或用於半導體、太陽能或諸如高深寬觸點插塞之其他電子裝置之其他特徵輪廓界限。根據本文所述之實施方式所沉積之 CVD 及 PVD 薄膜具有保形階梯覆蓋及較低表面粗糙度。此外，本文中示範之實施方式示範在不形成接縫之情況下填充半導體裝置之特徵輪廓界限之製程。

【0031】 在一實施方式中，提供一種用於在基板上沉積金屬層之方法，該方法包括將基板曝露於鈷前驅物氣體及氫氣以選擇性地在特徵輪廓界限內形成無縫間隙填充鈷

層之一部分，及在後處理製程期間將該鈷層曝露於電漿及試劑，如氮、氨、氫、氮/氮混合物，或上述各者之組合。

【0032】如本文中所使用，術語高介電常數介電材料包括介電常數大於10之介電材料。適合之高介電常數介電材料包括介電常數為25或更大之介電材料。可使用之一類高介電常數介電材料包括一或更多種氧化物材料。適合之氧化物材料之實例包括氧化鉛、矽酸鉛、氮氧化矽鉛、上述各者之鋁酸鹽，或上述各者之衍生物或組合。其他氧化物材料包括氧化釧、矽酸釧、氧化鋯、矽酸鋯，或上述各者組合。一或更多種氧化物材料中之每一者亦可摻雜選自以下群組之材料：鋯、釧、鈾、鈦，或上述各者之組合。

【0033】如本文中所使用，術語「基板」係指充當後續處理操作之基座之一層材料，及該層材料包括一表面，該表面經安置以便在自身上形成金屬層。基板可為諸如晶態矽（例如Si<100>或Si<111>）、氧化矽、應變矽、矽鍺、摻雜或非摻雜多晶矽、摻雜或非摻雜矽晶圓、絕緣體(SOI)上之圖案化或非圖案化晶圓矽、摻碳氧化矽、氮化矽、摻雜矽、鍺、砷化鎵、玻璃，或藍寶石之材料。基板可包括諸如二氧化矽(SiO₂)之介電材料，或諸如SiON、SiN、氧化鉛(HfO₂)、矽酸鉛(HfSiO₂)、氮氧化矽鉛(HfSiON)、氧化鋯(ZrO₂)、矽酸鋯(ZrSiO₂)、鈦酸鋇鋇(BaSrTiO₃或BST)、鋯鈦酸鉛(Pb(ZrTi)O₃或PZT)等之介電常數大於4.0之高介電常數介電材料。基板亦可包括一或更多種不導電材料，如矽、氧化矽、摻

雜矽、鍺、砷化鎵、玻璃，及藍寶石。基板亦可包括諸如二氧化矽、有機矽酸鹽，及摻碳氧化矽之介電材料。此外，基板可依據應用而包括諸如金屬氮化物及金屬合金之任何其他材料。

【0034】如本文中所使用，術語「功函數」是以電子伏特(electron volts; eV)量測之材料特性，該術語表示在將電子自固體移除至固體表面以外之點處時所需之能量，或在將電子自費米能級移至真空中時所需之能量。實際上，功函數值是在將金屬電子自金屬移至高介電常數材料時所需之能量。據信，該值接近理想功函數及有時可能由於沉積在介電材料上之金屬的結構而變化。對於金屬而言，功函數是常數，及對於半導體材料而言，功函數可藉由添加諸如硼或磷之一般被視作摻雜材料之其他材料而經修改。當在金屬閘極電極結構中使用具有不同所需功函數之材料時，可修改電晶體之臨限電壓。

【0035】如本文中所使用，術語「功函數材料」係指具有功函數材料特性及用以在電晶體結構中形成閘極電極之所需特性（例如電特性）之材料。功函數材料可安置於高介電常數介電材料之上或鄰近高介電常數介電材料以提供功函數材料特性對電晶體之金屬閘極電極結構之最大影響。所需之功函數將依據高介電常數材料及源電極、汲電極及閘極之摻雜類型及量而定。由此，功函數金屬之組分可能需要變化以達到所需之量。N型金屬平面閘極結構之功函數通常應等於或小於4.3 eV，而諸如鰭式場效

電晶體 (Fin Field effect transistor; FinFET) 閘極結構之可接受更高摻雜之非平面閘極結構之功函數可等於或小於 4.4 eV 。給定電路設計之功函數視所容許之摻雜量而定。

【0036】 功函數材料可為本文所述之及藉由本文所述製程而經沉積之金屬材料、金屬碳化物材料、金屬矽化物材料、金屬碳化矽化物材料、金屬碳化氮化材料，或金屬硼化材料。此外，金屬材料、金屬碳化物材料、金屬矽化物材料、金屬碳化矽化物材料、金屬碳化氮化物材料，或金屬硼化物材料可含有諸如鋁之其他導電材料。適合之功函數材料包括選自以下群組之材料：鈹、鉛、鈦、鎳、碳化鈹、碳化鉛、碳化鈦、碳化鎳、矽化鉛、矽化鈹、矽化鈦、矽化鎳、碳化矽化鈹、碳化矽化鉛、碳化矽化鈦、碳化矽化鎳、鋁化碳化鉛、鋁化碳化鈹、鋁化碳化鎳、碳化氮化鈹、鋁化氮化鈹、硼化鎳、硼化鉛，或上述各者之組合。此外，功函數材料可沉積至例如約 $20 \text{ \AA}$ 或以上之厚度，如自約 $20 \text{ \AA}$ 至約 $80 \text{ \AA}$ ，例如約 $30 \text{ \AA}$ 之厚度。

【0037】 在一或更多個實施方式中，基板可形成包括閘極介電層及閘極電極層之閘極結構，以便於與隨後在該結構上形成之諸如插塞、通孔、觸點、接線，及導線之互連特徵輪廓界限連接。基板可具有多種尺寸，如 200 毫米、 300 毫米，或 450 毫米直徑晶圓或其他尺寸，及矩形或方形之面板。除非另作說明，否則本文所述之實施方式及實例可在具有 200 毫米直徑、 300 毫米直徑，或 450 毫米直

徑之基板上實施，特別是在具有300毫米直徑之基板上實施。

【0038】如本文中所使用，術語「觸點結構」係指包括觸點金屬層之材料層，該觸點金屬層可形成閘極電極之一部分。在一或更多個實施方式中，觸點金屬層可為鎳層、鈷層、鈦層，或上述各者之任何組合。

【0039】此外，基板並非限定於任何特定大小或形狀。基板可能為具有200毫米直徑、300毫米直徑，或其他直徑等等之圓形晶圓，例如450毫米直徑之晶圓。基板亦可為任何多邊形、方形、矩形、彎曲，或非圓形之工件，例如用於平面顯示器製造中之多邊形玻璃基板。

【0040】本文所述之實施方式提供在特徵輪廓界限內沉積/形成金屬層以形成金屬結構之方法。沉積製程可有效地改良沉積薄膜階梯覆蓋、保形性，及整個基板之連續性及均勻性，從而改良在整個基板上形成之整體薄膜特性。

【0041】第1圖圖示可用以藉由如本文所述之氣相沉積製程形成金屬材料之處理腔室150。金屬材料可含有金屬鈷、金屬鎳、該兩者之衍生物，或該兩者之組合。處理腔室150可用以執行CVD、電漿增強CVD (plasma enhanced-CVD; PECVD)、脈衝CVD、ALD、PEALD、上述各者之衍生方法，或上述各者之組合。處理腔室150可用以使先前沉積之金屬層退火。由此，沉積製程及後續退火可在同一處理腔室中原位執行。諸如迴旋液

體通道 162 之水通道可用以在用於沉積含鈷材料之氣相沉積製程期間調節蓋組件 100 之溫度。在一實施方式中，蓋組件 100 可經加熱或維持在自約 100 °C 至約 300 °C，較佳自約 125 °C 至約 225 °C，及更佳自約 150 °C 至約 200 °C 之範圍內之一溫度。在含鈷材料及 / 或含鎳材料之氣相沉積製程期間可維持溫度。

【0042】噴淋頭 156 具有相對較短之向上延伸緣 158，該延伸緣與氣箱板 160 耦接。噴淋頭 156 及氣箱板 160 可由金屬形成或含有金屬，例如鋁、不銹鋼，或該兩者之合金。迴旋液體通路 162 在氣箱板 160 之頂部中形成，及由水冷卻蓋板 134 覆蓋及密封。水大體流經迴旋液體通路 162。然而，可單獨使用酒精、二醇醚，及其他有機溶劑或將上述各者與水混合以將熱輸送出或輸送至蓋組件 100。迴旋液體通路 162 在蛇形但一般為圓周形之路徑中形成，該路徑在自內部進行至外部直至路徑返回徑向管道（未圖示）中之內部時具有彎曲處（例如三個急劇的 U 形轉彎或 U 型彎曲）。迴旋液體通路 162 較為狹窄，足以確保水流變得湍急，由此協助熱自氣箱板 160 之凸緣流至迴旋液體通路 162 中之水。液體溫度調節系統（未圖示）可附於迴旋液體通路 162 且用於將熱輸送出或輸送至蓋組件 100。在一實例中，蓋組件 100 經配置以經加熱或維持在約 150 °C 之溫度下，及與諸如二鈷六羰基第三丁基乙炔（dicobalt hexacarbonyl tertbutyl acetylene；

CCTBA)之鈷前驅物源及諸如 H_2 之氫前驅物源流體連通。

【0043】噴淋頭156之延伸緣158附於氣箱板160之底緣171。緣158及171在圍繞蓋隔離板175與噴淋頭156之被圍繞之下部空腔130之間具有最大尺寸。噴淋頭156與氣箱板160之間的螺釘緊固確保最大尺寸之接觸區上之優良的熱接觸。熱流區域自蓋絕緣體175外部（蓋絕緣體175與噴淋頭156或與氣箱板160之間の間隙除外）延伸至下部空腔130處之內部。迴旋液體通路162之結構在水與氣箱板160之間提供高效的熱輸送。氣箱板160之凸緣與噴淋頭156之間的機械界面確保氣箱板160與噴淋頭156之間的高效熱輸送。由此，噴淋頭156之冷卻得以大幅增強。

【0044】處理腔室150進一步含有加熱器台座152，該台座連接至可在處理腔室150內垂直地移動之台座桿154。加熱器台座152之加熱器部分可由陶瓷材料形成。在加熱器台座152的上部沉積位置，加熱器台座152將基板402固持在與噴淋頭156之下部表面107緊鄰相對之處。處理區域126界定在加熱器台座152與噴淋頭156之下部表面107之間。噴淋頭156具有複數個孔徑或孔洞109，該等孔徑或孔洞在下部空腔130與處理區域126之間形成連通以容許處理氣體通過。經由在水冷式鋁製氣箱板160之中心處形成之氣埠132而供應處理氣體。氣箱板160之上側由水冷蓋板134覆蓋，該水冷蓋板環繞氣箱板

160 之上部，該氣箱板 160 包括氣埠 132。氣埠 132 將處理氣體供應至藉由阻隔板 140 而與下部空腔 130 分隔開之上部空腔 138。阻隔板 140 具有多數個穿過該阻隔板安置之孔洞 109。在一實施方式中，空腔 130 及 138、噴淋頭 156，及阻隔板 140 在基板 402 之上表面上均勻分配處理氣體。

【0045】 基板 402 可經支撐在加熱器台座 152 之上，該基板經圖示位於上升沉積位置。在降低裝料位置，起吊環 116 附於升舉四個升舉銷 118 之升舉管 117。升舉銷 118 裝配滑入加熱器台座 152，以便升舉銷 118 可收納經由腔室主體 120 中之負載鎖定埠 119 而載入腔室之基板 402。在一實施方式中，加熱器台座 152 可含有可選限制環 110，如在電漿增強氣相沉積製程期間含有該限制環。

【0046】 側面淨化氣源 123 可耦接至處理腔室 150，及經配置以按需求向基板 402 之邊緣部分 151 供應淨化氣體。在一實施方式中，可自側面淨化氣源 123 向基板 402 邊緣部分 151 供應氣體。氣體可為氫氣、氬氣、氮氣、氦氣、上述各者之組合，或類似物。此外，底部淨化氣源 125 亦可耦接至處理腔室 150 以自處理腔室 150 之底部向基板 402 表面供應淨化氣體。類似地，自底部淨化氣源 125 供應之淨化氣體可包括氫氣、氬氣、氮氣、氦氣、上述各者之組合，或類似物。

【0047】 蓋隔離板 175 經插入在噴淋頭 156 與蓋邊緣 166 之間，該蓋隔離板可經舉離腔室主體 120 以開啟處理

腔室 150 以進行維護進出。處理腔室 150 內之真空由連接至處理腔室 150 內之泵氣室 172 之真空泵 170 維持，該泵氣室連接至環形泵送通路 174。

【0048】 由石英製成之環形腔室襯墊 179 安置在處理腔室 150 中，該襯墊不僅界定環形泵送通路 174 之側面，亦部分界定安置在處理區域 126 與環形泵送通路 174 之間之另一扼流器孔 181。環形腔室襯墊 179 亦支撐位於加熱器台座 152 之下降位置中之限制環 110。腔室襯墊 179 亦在加熱器台座 152 之背側環繞圓周。腔室襯墊 179 擱置在腔室主體 120 中之狹窄的突出部分上，但幾乎無其他接觸，以便使熱輸送降至最低。由不透明的石英製成之下部腔室遮罩 121 位於腔室襯墊 179 下方。下部腔室遮罩 121 可為 z 型腔室遮罩。下部腔室遮罩 121 擱置在腔室主體 120 底部上之形成於下部腔室遮罩 121 底部上之環形凸起處 177 上。石英防止加熱器台座 152 底部與腔室主體 120 之間發生輻射耦接。環形凸起 177 使向腔室主體 120 之熱輸送降至最低。在一替代性實施方式中，下部腔室遮罩 121 包括向內延伸之下唇件，該下唇件接合至與腔室主體 120 之內壁貼合之圓錐形上部。儘管此替代性設計在操作方面令人滿意，但用石英製造傾斜形狀更為昂貴。

【0049】 在一實施方式中，遠端電漿源 141 可經由氣埠 132 耦接至處理腔室 150，以將來自遠端電漿源 141 之反應性電漿經由噴淋頭 156 中之複數個孔 109 供應至處理腔室 150 中之基板 402 表面。應注意，遠端電漿源 141 可

在任何適當之位置處耦接至處理腔室 150，以按需求將反應性遠端電漿源供應至基板 402 表面。可供應至遠端電漿源 141 以經離解及進一步遞送至基板 402 表面之適合之氣體包括氫、氫、氮、氮、氮、上述各者之組合，及類似物。

【0050】 在第 1 圖中，控制單元 180 可耦接至處理腔室 150 以控制處理條件。控制單元 180 包括中央處理單元 (central processing unit; CPU) 182、支援電路系統 184，及含有關聯控制軟體 183 之記憶體 186。控制單元 180 可為可用於控制多種腔室及次處理器之工業設定中之任何形式的通用電腦處理器中之一者。CPU 182 可使用任何適合之記憶體 186，例如隨機存取記憶體、唯讀記憶體、軟碟驅動器、光碟驅動器、硬碟，或任何其他形式之本地或遠端數位儲存器。多種支援電路可耦接至 CPU 182 以用於支援處理腔室 150。控制單元 180 可耦接至位於獨立腔室組件鄰近處之另一控制器。控制單元 180 與處理腔室 150 之多種其他組件之間的雙向通信經由被統稱為信號匯流排之多數個信號電纜而經處理，該等信號匯流排中的一些者在第 1 圖中圖示。

【0051】 第 2 圖為說明性多腔室處理系統 200 的示意性俯視圖，該多腔室處理系統可經調適以執行如本文中所揭示之金屬層沉積製程，該多腔室處理系統中整合有如上文中參考第 1 圖所述之處理腔室 150。系統 200 可包括一或更多個負載鎖定腔室 202 及 204 以用於將基板 402 移送

至及移送出系統200。一般而言，系統200維持在真空下及負載鎖定腔室202及204可經「抽真空」以將經引入之基板402引入系統200。第一機器人210可在負載鎖定腔室202及204與第一組一或更多個基板處理腔室212、214、216，及150之間移送基板402。每一處理腔室212、214、216，及150經配置以處於以下基板沉積製程中至少一者：例如循環層沉積(cyclical layer deposition; CLD)、原子層沉積(atomic layer deposition; ALD)、化學氣相沉積(chemical vapor deposition; CVD)、物理氣相沉積(physical vapor deposition; PVD)、蝕刻、脫氣、預清潔、定向、退火，及其他基板製程。此外，處理腔室212、214、216，及150中之一者亦可經配置以在基板402上執行沉積製程或熱退火製程之前執行預清潔製程。用以執行熱退火製程之處理腔室150相對於其他腔室212、214、216之位置係為說明，及若需要，處理腔室150之位置可視情況與處理腔室212、214、216中之任一者交換。

【0052】 第一機器人210亦可將基板402移送至/出一或更多個移送室222及224。移送室222及224可用以維持超高真空條件，同時容許基板402在系統200內移送。第二機器人230可在移送室222及224與第二組一或更多個處理腔室232、234、236及238之間移送基板402。與處理腔室212、214、216及150類似，處理腔室232、234、236及238可經裝備以執行多種基板處理操作，該

等操作包括例如除循環層沉積(cyclical layer deposition; CLD)、原子層沉積(atomic layer deposition; ALD)、化學氣相沉積(chemical vapor deposition; CVD)、物理氣相沉積(physical vapor deposition; PVD)、蝕刻、預清潔、脫氣，及定向之外的本文所述之乾式蝕刻製程。如若將由系統200執行之特定製程並非必需，則基板處理腔室212、214、216、232、234、236，及238中之任何者可自系統200中移除。在預清潔之後，在處理腔室150中執行沉積及/或熱退火製程，基板可進一步經移送至系統200之處理腔室212、214、216、232、234、236，及238中之任何者以按需求執行其他製程。

【0053】 第3圖圖示處理次序300之一實施方式之流程圖，該處理次序用以在基板上之半導體裝置結構之特徵輪廓界限內沉積金屬層。第3圖中所述之次序對應於第4A-4E圖中繪示之製造階段，該等製造階段在下文中進行論述。第4A-4E圖圖示基板402在製造裝置結構408之特徵輪廓界限內之金屬層420的不同階段(由處理次序300所示)期間之示意性橫剖面視圖，該裝置結構408在該基板上形成。第3圖之次序一般藉由參考經CVD、ALD，或PVD沉積之鈦金屬層而提供。

【0054】 可能的整合方案包括但不限於：(a) PVD鈦+ALD氮化鈦；(b) PVD鈦+CVD鈦；(c) CVD鈦；及(d) CVD鈦+PVD鈦。PVD鈦提供與位於源極或汲極處

之下方矽化物的優良電接觸。ALD氮化鈦改良鈷薄膜之黏著性（若需用以協助鈷薄膜之再流）。CVD鈷：使用CVD薄膜來進行鈷填充，或在CVD之後藉由再流來進行鈷填充。

【0055】處理次序300在方塊310開始於將基板提供至處理腔室內，該基板內形成有特徵輪廓界限（例如基板402，基板402內形成有特徵輪廓界限406a、406b（統稱406），如第4A圖中繪示），例如安置於第1圖中繪示之處理腔室150或其他適合之處理腔室中之基板402。第4A圖中所圖示之基板402包括形成於基板402上之半導體裝置結構408（例如，例如觸點結構、閘極結構，或互連結構）。應注意，此特定裝置結構408可用於三維(three-dimensional; 3-D)快閃記憶體應用、動態隨機存取記憶體(dynamic random access memory; DRAM)應用，或具有較高深寬比或其他奇特幾何形狀之其他適合應用。

【0056】層404形成於基板402上，基板402中形成有特徵輪廓界限406a、406b，該等特徵輪廓界限具有較高深寬比，例如大於10:1之深寬比，例如約大於20:1之深寬比。特徵輪廓界限406a、406b在裝置結構408中形成，且具有側壁412及底部414，該側壁及底部形成敞開通路以曝露下方之層404。層404可包括任何適合之層，例如單個矽層、高介電常數介電層、低介電常數介電層，或在其中形成有前述層中至少一者之多層薄膜堆疊。在層

404 為單層形式之實施方式中，層 404 可為氧化矽層、氧化物層、氮化矽層、氮化物層、氮氧化矽層、氮化鈦層、多晶矽層、微晶矽層、單晶矽、摻雜多晶矽層、摻雜微晶矽層，或摻雜單晶矽。

【0057】 在另一實例中，當層 404 是含矽層時，層 404 可為薄膜堆疊，該薄膜堆疊包括複合氧化物及氮化物層、夾有氮化物層之至少一或更多個氧化物層，及上述各者之組合。摻雜在含矽層 404 中之適合的摻雜劑可包括 P 型摻雜劑及 N 型摻雜劑，例如含硼 (B) 摻雜劑或含磷 (P) 摻雜劑。在層 404 為具有至少一含矽層之多個薄膜堆疊形式之一實施方式中，含矽層 404 可包括重複之層對，該等層對包括含矽層及介電層。在一實施方式中，層 404 可包括多晶矽層及 / 或其他金屬材料及 / 或安置於層 404 中之介電層。介電層之適合之實例可選自由以下各者組成之群組：氧化物層、氧化矽層、氮化矽層、氮化物層、氮化鈦層、氧化物與氮化物之複合物之層、夾有氮化物層之至少一或更多個氧化物層，及上述各者之組合，等等。

【0058】 在將基板 402 移送至方塊 310 處所述之金屬沉積處理腔室中之前，視情況執行預清潔製程以處理基板表面 411、特徵輪廓界限 406a、406b 之側壁 412 及底部 414 以移除原生氧化物或其他污染物源。自基板 402 移除原生氧化物或其他污染物源可提供較低接觸電阻表面，以形成優良的接觸表面以形成金屬層。

【0059】 所執行之預清潔製程包括將預清潔氣體混合物供應至預清潔腔室內。預清潔腔室可為可自美國加利福尼亞州聖克拉拉市的應用材料公司購得之 **Preclean PCII**、**PCXT** 或 **SICONI™** 腔室。預清潔腔室可被併入說明性多腔室處理系統 200 中及可經配置以按需要成為系統 200 之處理腔室 212、214、216、232、234、236、238 中之一者。應注意，可自其他製造商購得之其他預清潔腔室亦可用以實踐本文所述之實施方式。

【0060】 預清潔製程藉由以下方式執行：將清潔氣體混合物供應至被併入系統 200 中之預清潔處理腔室內，以由預清潔氣體混合物形成電漿以用於移除原生氧化物。在一實施方式中，用以移除原生氧化物之預清潔氣體混合物係氨氣 (NH_3) 及三氟化氮 (NF_3) 氣體之混合物。被引入處理腔室之每一氣體之量可變化及經調整以適應例如待移除之原生氧化物層之厚度、正在清潔之基板之幾何形狀、電漿體積容量、腔室主體體積容量，及耦接至腔室主體之真空系統的能力。

【0061】 在一或更多個實施方式中，添加氣體以提供氨氣 (NH_3) 與三氟化氮 (NF_3) 之莫耳比至少為 1:1 之預清潔氣體混合物。在一或更多個實施方式中，預清潔氣體混合物之莫耳比至少為約 3:1 (氨氣與三氟化氮之比)。以自約 5:1 (氨氣與三氟化氮之比) 至約 30:1 之莫耳比而引入氣體。在又一實施方式中，氣體混合物之莫耳比自約 5:1 (氨氣與三氟化氮之比) 至約 10:1。預清潔氣體混合

物之莫耳比亦可降至約10:1（氮氣與三氟化氮之比）與約20:1之間。

【0062】亦可將淨化氣體或載氣添加至預清潔氣體混合物。可使用任何適合之淨化氣體/載氣，例如氫氣、氮氣、氫氣、氮氣，或上述各者之混合物。整體預清潔氣體混合物之氮氣與三氟化氮的體積百分比為自約0.05%至約20%。預清潔氣體混合物中之剩餘氣體可為淨化氣體/載氣。

【0063】預清潔腔室內之操作壓力可變化。壓力可維持在約1托與約10托之間。可應用射頻源功率以維持清潔氣體混合物中之電漿。例如，可應用約15瓦特至約100瓦特之功率以維持預清潔處理腔室內部之電漿。應用該功率之頻率為約350 kHz。頻率之範圍可自約50 kHz至約350 kHz。電漿能量將氮氣及三氟化氮氣體解離為反應性物質，例如氟自由基及/或氫自由基，該等氟自由基及/或氫自由基在氣相下組合以形成高度反應性氟化氮(NH_4F)化合物及/或氟化氫銨($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$)。然後，該等分子自電漿位置經遞送至待清潔之基板表面。淨化氣體/載氣可用以促進反應性物質向基板之遞送。在一實施方式中，可在預清潔製程之後沉積鈦層。鈦層作用以在通孔與下方基板之界面處聚集任何剩餘之氧，此舉提供與下方基板之改良的電接觸。

【0064】在方塊320處，在金屬層在基板402上沉積之前，及在方塊310處在金屬沉積處理腔室150中提供基板

402 之後，可執行預處理製程以預處理基板表面 411，由此在基板表面 411、層 404 中之特徵輪廓界限 406a、406b 之側壁 412 及底部 414 上形成經處理之表面區域 410，如第 4B 圖中所示。應注意，儘管圖示兩個特徵輪廓界限 406a、406b，但基板 402 可具有任何數目之特徵輪廓界限 406。在某些實施方式中，基板表面 411 可具有一些薄弱或殘餘之 Si-F、N-F、H-F，及 Si-N 懸鍵結構，基板表面上之該等懸鍵結構是自先前在基板 402 上執行之可選預清潔中遺留的。懸鍵可能以不良及不利方式阻礙在後續金屬沉積製程中沉積在基板表面上之金屬原子的吸附或黏著。由此，方塊 320 處之預處理製程可經執行以有效地改變含矽層 404 之基板表面 411 之表面鍵結結構，從而提供具有良好吸附能力之表面以促進在後續金屬沉積製程中提供之金屬原子之吸附。據信，預處理製程可有效地將 Si-F、H-F、N-F，及 Si-N 之鍵結結構轉換成 Si-H 或 Si-Si 之鍵結或移除，此舉可有助於金屬原子之吸附以在金屬原子之上形成層。

【0065】 在一實施方式中，可將預處理氣體混合物供應至金屬沉積處理腔室 150 以在金屬沉積製程之前改變基板 402 之表面性質。在一實施方式中，預處理氣體混合物可包括至少一含氫氣體，例如 H_2 、 H_2O 、 H_2O_2 ，或類似物。亦可將諸如 Ar、He、Kr 及類似物之惰性氣體供應至預處理氣體混合物。此外，亦可將諸如 N_2 、 NH_3 、 N_2O 、 NO_2 及類似物之含氮氣體供應至預處理氣體混合物。在一

示例性實施方式中，經供應以預處理基板表面411之預處理氣體混合物包括諸如氫氣之含氫氣體及諸如氫氣之惰性氣體。在另一示例性實施方式中，經供應以預處理基板表面411之預處理氣體混合物包括諸如氫氣之含氫氣體、諸如氫氣之惰性氣體，及諸如氮氣之含氮氣體。

【0066】可自遠端電漿源(例如耦接至金屬沉積處理腔室150之遠端電漿源141)供應預處理氣體混合物，以遠離處理腔室150將預處理氣體混合物電漿供應至基板表面411。或者，可自安裝在處理腔室150中之任何其他適源將預處理氣體混合物供應至基板表面411。

【0067】在方塊320處之預處理製程期間，數個製程參數可經調整以控制預處理製程。在一示例性實施方式中，金屬沉積處理腔室150中之製程壓力經調整處於約50毫托至約5000毫托之間，例如處於約500毫托與約1000毫托之間，例如處於約700毫托。可應用射頻源功率以維持預處理氣體混合物中之電漿。例如，可應用約1000瓦特至約6000瓦特之功率以維持處理腔室150內部之電漿。可使在預處理氣體混合物中供應之含氫氣體以約400 sccm至約4000 sccm之間之速率流入處理腔室150，及可使在預處理氣體混合物中供應之惰性氣體以約200 sccm與約2000 sccm之間之速率流動。在預處理氣體混合物中供應之含氮氣體可以約100 sccm與約3000 sccm之間之速率流動。基板402之溫度維持在125℃至約250℃之間。在一實施方式中，基板402根據操作溫

度、壓力，及氣體流速而經受預處理製程達約10秒至約2分鐘之間之久。例如，基板402可曝露達約30秒至約60秒之久。在一示例性實施方式中，基板曝露達約40秒或更短時間之久。

【0068】在方塊330處視情況可執行阻障層沉積製程以在特徵輪廓界限406a、406b中沉積阻障層416，如第4C圖中所示。阻障層416大體防止金屬層向基板上之接合材料之擴散，該接合材料通常為矽或矽鍺化合物。阻障層大體含有金屬或金屬氮化物材料，例如鈦(Ti)、氮化鈦(TiN)、上述各者之合金，或上述各者之組合。阻障層416亦可包括電漿氮化(N₂或NH₃)鈦及PVD鈦。如若阻障層416包括氮化鈦層，則僅頂部少數幾埃之鈦轉換成氮化鈦化合物。已發現，氧化鈦及非氧化鈦及氮化鈦阻障層提供改良的擴散阻力。阻障層416可具有自約2 Å至約100 Å之範圍內之厚度，更確切為自約3 Å至約80 Å之範圍內之厚度，更確切為自約4 Å至約50 Å之範圍內之厚度，更確切為自約5 Å至約25 Å之範圍內之厚度，更確切為自約5 Å至約20 Å之範圍內之厚度，更確切為自約5 Å至約15 Å之範圍內之厚度，及更確切為自約5 Å至約10 Å之範圍內之厚度。大體由原子層沉積(atomic layer deposition; ALD)、電漿增強ALD(plasma-enhanced ALD; PE-ALD)、化學氣相沉積(chemical vapor deposition; CVD)，或物理氣相

沉積 (physical vapor deposition; PVD) 製程而沉積阻障層。

【0069】 阻障層416類似於潤濕層，下文中對潤濕層進行詳細描述。如上所述之阻障層416大體防止金屬層向基板上之接合材料擴散。潤濕層大體增強金屬層（在一些實施方式中為鈷）之黏著性，此舉在對金屬層執行之退火製程期間減少在特徵輪廓界限中之不良空隙之形成。

【0070】 在方塊340處，在基板表面上執行方塊320中之預處理製程以形成已處理之表面區域410之後或在方塊330中之阻障層的沉積之後，可在處理腔室150中執行CVD或PVD金屬沉積製程以沉積金屬層420，如第4D圖所示。可使用第5圖中描述之循環沉積製程沉積金屬層420。金屬層420填充特徵輪廓界限406a、406b。金屬層420之適合實例包括鈦(Ti)、鈷(Co)、鎳(Ni)、上述各者之合金，或上述各者之任何組合。在本文描述之一特定實施方式中，在基板402上沉積之金屬層420為鈷(Co)層。

【0071】 可使用多步驟沉積製程沉積金屬層420，該沉積製程包括多個循環之執行循環金屬沉積製程以沉積金屬層420，隨後對金屬層420進行退火。在某些實施方式中，金屬層420之厚度應小於待填充之最小特徵輪廓界限之特徵輪廓界限直徑（臨界尺寸）之50%。例如，循環金屬沉積製程經執行以部分地填充特徵輪廓界限至小於特徵輪廓界限直徑之一半處，隨後進行退火製程。然後，

將重複進行循環沉積製程及隨後的退火以進行沉積，直至金屬層420達到預定厚度。在一替代性實施方式中，金屬層420可經沉積以在單個非循環沉積製程中完全填充特徵輪廓界限。在此實施方式中，隨後將金屬層420退火。非循環金屬層沉積製程及後續之退火製程提高產量，因為該等製程需要較少時間來完成。

【0072】 第5圖繪示依據本揭示案之一實施方式之如方塊340中所示之用於在半導體裝置中形成金屬層（例如金屬層420）之循環沉積製程之流程圖。在一實施方式中，製程包括將基板曝露於沉積氣體以形成金屬層之一部分（方塊510），視情況淨化沉積腔室（方塊520），將基板曝露於電漿處理製程或退火製程（方塊530），視情況淨化沉積腔室（方塊540），及決定是否已達到金屬層之預定厚度（方塊550）。在一實施方式中，如若尚未形成具有預定厚度之鈷金屬層，則可重複方塊510至550之循環。或者，一旦已形成具有預定厚度之金屬層，則可停止製程。

【0073】 在金屬沉積製程期間，可藉由在熱CVD製程、脈衝CVD製程、PE-CVD製程、脈衝PE-CVD製程，或熱ALD製程期間，將沉積前驅物氣體混合物引入金屬沉積處理腔室150來形成或沉積金屬層420，該沉積前驅物氣體混合物包括鈷前驅物或鎳前驅物，該兩個前驅物同時地、依序地具有或沒有諸如氫氣(H₂)或氨氣(NH₃)之還原性氣體混合物（試劑）。此外，沉積前驅物氣體混合

物亦可包括淨化氣體混合物，該淨化氣體混合物同時經供應至處理腔室內以用於處理。在另一實施方式中，可藉由在熱ALD製程或脈衝PE-CVD製程期間依序地將諸如鈷前驅物之沉積前驅物氣體混合物之脈衝及諸如氫氣(H_2)或氨氣(NH_3)之還原性氣體混合物之脈衝重複地引入金屬沉積處理腔室150來形成或沉積金屬層420。在另一實施方式中，可藉由在熱ALD製程或脈衝PE-CVD製程期間使諸如氫氣(H_2)或氨氣(NH_3)之還原性氣體混合物持續流動，同時重複地將諸如鈷前驅物之沉積前驅物氣體混合物之脈衝及還原性氣體混合物之脈衝引入金屬沉積處理腔室150來形成或沉積金屬層420。在另一實施方式中，可藉由在PE-CVD製程期間在電漿條件下使諸如氫氣(H_2)或氨氣(NH_3)之還原性氣體混合物及諸如鈷前驅物之沉積前驅物氣體混合物持續流動來形成或沉積金屬層420。在另一實施方式中，可藉由在PE-CVD製程期間在電漿條件下使諸如氫氣或氨氣之還原性氣體混合物持續流動，及週期性地脈衝輸送諸如鈷前驅物之沉積前驅物氣體混合物，來形成或沉積金屬層420。

【0074】 用於藉由本文所述之CVD或ALD製程形成含鈷材料（例如金屬鈷或鈷合金）之適合的鈷前驅物包括羰基鈷錯合物、脒基鈷化合物、二茂鈷化合物、二烯基鈷錯合物、亞硝酸基鈷錯合物、上述各者之衍生物、上述各者之錯合物、上述各者之電漿，或上述各者之組合。在一些實施方式中，可藉由CVD及ALD製程沉積鈷材料，該

等 CVD 及 ALD 製程在共同受讓的美國專利第 7,264,846 號及申請於 2003 年 5 月 22 日的美國序號第 10/443,648 號(公開號為 2005-0220998)中進行進一步描述。

【0075】適合的鈷前驅物可包括但不限於羰基鈷錯合物、脒基鈷化合物、二茂鈷化合物、二烯基鈷錯合物、亞硝酸基鈷錯合物、二氮二烯基鈷錯合物、氫化鈷錯合物、上述各者之衍生物、上述各者之錯合物、上述各者之電漿，或上述各者之組合。在一實施方式中，可在本文中使用之鈷前驅物之實例包括二鈷六羰基丁基乙炔 (CCTBA ， $(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{HC}\equiv\text{C}^t\text{Bu})$)、二鈷六羰基甲基丁基乙炔 ($(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{MeC}\equiv\text{C}^t\text{Bu})$)、二鈷六羰基苯乙炔 ($(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{HC}\equiv\text{CPh})$)、六羰基甲基苯基乙炔 ($(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{MeC}\equiv\text{CPh})$)、二鈷六羰基甲基乙炔 ($(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{HC}\equiv\text{CMe})$)、二鈷六羰基二甲基乙炔 ($(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{MeC}\equiv\text{CMe})$)、脒基鈷 ($\text{C}_{20}\text{H}_{42}\text{CoN}$)、鈷六氟代乙醯丙酮 ($\text{Co}(\text{C}_5\text{HF}_6\text{O}_2)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)、乙醯基丙酮酸鈷 ($(\text{CH}_3\text{COC}=\text{COCH}_3)_3\text{Co}$)、乙醯丙酮鈷(II) ($(\text{CH}_3\text{COC}=\text{COCH}_3)_2\text{Co}$)、醋酸鈷 ($(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Co}$)、上述各者之衍生物、上述各者之錯合物、上述各者之電漿，或上述各者之組合。其他示例性羰基鈷錯合物包括環戊二烯基鈷雙(羰基) ($\text{CpCo}(\text{CO})_2$)、三羰基烯丙基鈷 ($(\text{CO})_3\text{Co}(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2)$)、三羰合亞硝酸基鈷

($\text{Co}(\text{CO})_3\text{NO}$)、上述各者之衍生物、上述各者之錯合物、上述各者之電漿，或上述各者之組合。本文中使用之鈷前驅物之一特定實例為二鈷六羰基丁基乙炔 (CCTBA ， $(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{HC}\equiv\text{C}^t\text{Bu})$)。應注意，二鈷六羰基丁基乙炔 (CCTBA ， $(\text{CO})_6\text{Co}_2(\text{HC}\equiv\text{C}^t\text{Bu})$) 前驅物可利用諸如氬氣之載氣而經供應至金屬沉積處理腔室 150。

【0076】 替代性試劑(亦即在如本文所述之沉積製程期間與鈷前驅物同時使用以用於形成鈷材料之還原劑)之實例可包括氫(例如， H_2 或原子 H)、氮(例如， N_2 或原子 N)、氨(NH_3)、肼(N_2H_4)、氫及氨混合物(H_2/NH_3)、甲硼烷(BH_3)、二硼烷(B_2H_6)、三乙基甲硼烷(Et_3B)、矽烷(SiH_4)、二矽烷(Si_2H_6)、三矽烷(Si_3H_8)、四矽烷(Si_4H_{10})、甲基矽烷(SiCH_6)、二甲基矽烷(SiC_2H_8)、磷化氫(PH_3)、上述各者之衍生物、上述各者之電漿，或上述各者之組合。在一特定實例中，本文中使用之試劑或還原劑是氨(NH_3)。

【0077】 在方塊340中之循環沉積製程期間，在沉積前驅物氣體混合物之每一脈衝與電漿預處理製程之間，可在每一個或選定之沉積前驅物脈衝之間自處理腔室150之側面/邊緣及/或底部將淨化氣體混合物供應至基板402之邊緣部分151。可自安置在處理腔室150中之側面及/或底部淨化氣源123及125供應淨化氣體混合物，以將淨化氣體混合物供應至基板402表面之邊緣/周邊。應注

意，如本文所述之基板 402 之邊緣 / 周邊區域對於 300 mm 基板而言可指示與基板邊緣 / 斜面相距約 1 mm 與約 5 mm 之間的基板 402 邊緣區域，或指示與基板中點 / 中線（例如穿過基板中點之直徑）相距約 145 mm 與約 149 mm 之間的基板 402 邊緣區域。應理解，在方塊 530 中之電漿處理製程或退火製程期間，氣流亦可用以淨化製程腔室。

【0078】 在一實施方式中，在金屬沉積製程中供應之淨化氣體混合物可包括至少一含氫氣體及一惰性氣體。應注意，在沉積製程期間可按需求將淨化氣體混合物與沉積前驅物氣體混合物一同供應。含氫氣體之適合實例可包括 H_2 、 H_2O 、 H_2O_2 ，或類似物。惰性氣體之適合實例包括氬氣、氮氣，或氦氣。在一特定實施方式中，在金屬沉積製程期間供應之淨化氣體混合物可包括氫氣及氬氣。

【0079】 在沉積製程之一實施方式中，沉積前驅物氣體混合物之脈衝連同還原性氣體一起與視情況之淨化氣體 / 載氣混合物經供應至處理腔室 150。本文中使用之術語脈衝係指注入製程腔室中之材料劑量。沉積前驅物氣體混合物之脈衝持續預定時間間隔之久。在沉積前驅物氣體混合物之每一脈衝與電漿處理製程之間，淨化氣體混合物可在沉積前驅物氣體混合物之每一或多個脈衝之間經脈衝輸送至處理腔室內以移除雜質或未反應的 / 未由基板 402 表面吸收之殘餘前驅物氣體混合物（例如，來自鈷前驅物或

其他物中之未反應的含碳雜質)，該等雜質或殘餘前驅物氣體混合物可由此被抽出處理腔室。

【0080】 用於沉積前驅物氣體混合物之脈衝的時間間隔可依據數個因素而變化，例如薄膜厚度需求、製程腔室體積、產量考慮、氣體流速，及類似物。在一實施方式中，製程條件經有利選擇，以便沉積前驅物氣體混合物之脈衝提供足量前驅物，以便使至少一單層鈷金屬前驅物吸附在基板402上。隨後，殘留在腔室中之多餘鈷金屬前驅物可藉由淨化氣體混合物而自處理腔室中被移除及抽出。

【0081】 在一些實施方式中，可在單個脈衝中同時供應還原性氣體混合物與沉積前驅物氣體混合物以形成金屬層420。在本文中繪示之一實施方式中，還原性氣體之脈衝可在沉積前驅物氣體混合物之前幾次脈衝（例如第一次至第五次脈衝之間）之後與沉積前驅物氣體混合物共流動。

【0082】 在方塊510處之操作中，沉積前驅物氣體混合物之第一脈衝經脈衝輸送至處理腔室150內以將金屬層420之一部分沉積在基板上。進入處理腔室150內之沉積前驅物氣體混合物之每一脈衝可沉積厚度在約5 Å與約100 Å之間之金屬層（例如鈷層）。在沉積前驅物氣體混合物之脈衝輸送期間，亦調整數個製程參數。在一實施方式中，製程壓力被控制在約7托與約30托之間。處理溫度處於約125 °C與約250 °C之間。對於電漿增強製程而言，射頻功率可被控制在約100瓦特與約1200瓦特之

間。在沉積前驅物氣體混合物中供應之鈷氣體前驅物可被控制在約 1 s c c m 與約 10 s c c m 之間。諸如氫氣之還原性氣體可以約 100 s c c m 與約 10000 s c c m 之間之流速經供應，例如約 3000 s c c m 與約 5000 s c c m 之間。自基板邊緣 / 基板底部供應之氫氣可被控制在約 200 s c c m 與約 1000 s c c m 之間。可自基板邊緣 / 基板底部以約 200 s c c m 與約 1000 s c c m 之間之流速供應氫氣。

【0083】視情況，在方塊 510 之後，可淨化製程腔室。在脈衝輸送沉積前驅物氣體混合物之後，將淨化氣體混合物供應至處理腔室內以自處理腔室中清除殘餘物及雜質。在脈衝輸送淨化氣體混合物期間，製程壓力可在諸如約 1 秒與約 5 秒之間之相對較短時間間隔中經抽真空至某較低水平，例如低於 2 托，例如低於 0.5 托，以便協助自處理腔室中快速抽出殘餘物及雜質。在脈衝輸送淨化氣體混合物期間，亦調整數個製程參數。在一實施方式中，製程壓力被控制在約 0.1 托與約 2 托之間，如 0.1 托與約 1 托之間，例如約 0.1 托與約 0.6 托之間。處理溫度處於約 125 °C 與約 250 °C 之間。射頻功率可被控制在約 100 瓦特與約 800 瓦特之間。在淨化氣體混合物中供應之氫氣可被控制在約 200 s c c m 與約 1000 s c c m 之間。氫氣體可以約 200 s c c m 與約 1000 s c c m 之間之流速供應。

【0084】在方塊 530 處，在方塊 510 處將基板 402 曝露於沉積氣體之後，或在方塊 520 處淨化沉積腔室之後，將基板 402 曝露於電漿處理製程或退火製程。電漿處理製程

或退火製程降低表面粗糙度，及改良金屬層 420 之剛沉積部分之電阻率。

【0085】 用於方塊 530 中電漿處理製程之示例性電漿形成氣體包括氫氣 (H_2)、氮氣 (N_2)、氨氣 (NH_3)，及上述各者之組合。在電漿處理製程期間，亦調整數個製程參數。在一實施方式中，製程壓力被控制在約 7 托與約 30 托之間。處理溫度在約 $125^\circ C$ 與約 $250^\circ C$ 之間。射頻功率可被控制在約 100 瓦特與約 800 瓦特之間，例如約 400 瓦特。諸如氫氣之電漿形成氣體可以約 3000 sccm 與約 5000 sccm 之間之流速供應，例如約 4000 sccm。自基板邊緣 / 基板底部供應之氫氣可被控制在約 200 sccm 與約 1000 sccm 之間。可以約 200 sccm 與約 1000 sccm 之間之流速自基板邊緣 / 基板底部供應氫氣。

【0086】 已表明，在沉積期間或沉積之後的電漿處理有助於降低剛沉積薄膜之表面粗糙度及有助於減少剛沉積薄膜中之碳雜質。由此，H 自由基之壽命，尤其是預期用於小於或等於 14 奈米之電晶體技術節點之狹窄（例如臨界尺寸小於 15 奈米及深寬比大於 5）通孔及溝槽結構內部之 H 自由基壽命是用以實現無縫及無空隙鈷間隙填充之重要參數。在 CVD 製程期間，腔室內部之 H 自由基之壽命可藉由在使用感應耦合電漿源、微波電漿源，或電子射束電漿源之電漿處理期間使惰性氣體（如氮、氖、氬，等等）流動而得以改良。電漿源可自美國應用材料公司或其他供應商處購得。

【0087】 在一些實施方式中，方塊530之退火製程係氫淨化製程。在一些實施方式中，方塊530之退火製程之溫度範圍可在約50℃與約1400℃之間（例如，在約50℃與500℃之間；在約100℃與約300℃之間；在約300℃與500℃之間）。在熱退火製程期間，將包括至少一含氫氣體及/或一惰性氣體（例如氬氣）之氣體混合物供應至腔室內。可藉由使用靜態製程或連續流製程將氣體混合物供應至退火腔室，在該靜態製程中，腔室在退火製程之前充滿氣體；在該連續流製程中，氣體混合物在退火製程期間連續流經腔室。

【0088】 在一實施方式中，當在方塊530處退火製程為氫淨化製程時，可藉由以下步驟執行氫淨化製程：將包括含氫氣體、惰性氣體，及含氮氣體中至少一者之氣體混合物以約1000 sccm與約30000 sccm之間之流速（例如在約5000 sccm與15000 sccm之間）供應至退火腔室內；控制約5托至約1000托（例如在約5托與約60托之間；在約20托與約40托之間）之腔室壓力；維持約50℃與約500℃之間（例如在約100℃與約300℃之間；在約300℃與500℃之間）之溫度範圍，例如，在約100℃與約300℃之間。可在旋轉基板之同時視情況執行方塊530中之熱退火製程達約30秒與約600秒之間之久。用於供應至腔室中之氣體混合物之氣體的適合實例可包括氫氣、含氮氣體、惰性氣體（例如氬氣）或按需求之其他氣體中之至少一者。在一些實施方式中，當方塊530之退火

製程包括氫淨化製程時，用於方塊530之製程的溫度可與在方塊510中用以沉積金屬層之溫度相同或類似。

【0089】 在一些實施方式中，可在執行循環金屬沉積製程之同一處理腔室中原位執行熱退火製程。在一些實施方式中，如若腔室具有將基板加熱至處理所需之溫度的能力，則可在同一腔室中執行金屬層沉積及退火。在一些實施方式中，可在單獨的處理腔室中執行熱退火製程。

【0090】 已表明，碳雜質可藉由氫淨化/退火而減少，如藉由電阻率降低所證實。

【0091】 在方塊530中將基板曝露於電漿處理製程或退火製程之後，可在方塊540中視情況地淨化沉積腔室。可以與方塊520中所述之淨化製程之類似方式執行方塊540中之可選淨化。

【0092】 在方塊550處，如若尚未達到金屬層420之預定厚度，則可重複執行額外循環直至達到金屬層420之所需厚度範圍，該等額外週期開始於將基板曝露於沉積前驅物氣體混合物以及隨後進行電漿預處理製程。如若已達到金屬層之預定厚度，則製程前進至方塊350，在方塊350中，執行熱退火製程。

【0093】 例如，如若金屬層之總厚度為10奈米及金屬層之該部分以2奈米/循環之速率沉積，則將需要5個循環（在2奈米沉積之後進行電漿處理）。

【0094】 在方塊350處，在腔室中在基板402上執行熱退火製程以改良金屬層420之性質。在一些實施方式中，

可在與執行循環金屬沉積製程之同一處理腔室中原位執行熱退火製程。在一些實施方式中，可在單獨的處理腔室中執行熱退火製程。熱退火腔室按需求可為系統200之處理腔室212、214、216、232、234、236、238中之一者。在一實施方式中，在方塊350處執行之熱退火製程的溫度範圍可在約200℃與約1400℃之間（例如，在約200℃與約500℃之間；在約300℃與約500℃之間）。在熱退火製程期間，將包括至少一含氫氣體及/或一惰性氣體（例如氬氣）之氣體混合物供應至退火腔室內。可藉由使用靜態製程或連續流製程將氣體混合物供應至退火腔室，在該靜態製程中，腔室在退火製程之前充滿氣體；在該連續流製程中，氣體混合物在退火製程期間連續流經退火腔室。

【0095】 在一實施方式中，方塊350處之熱退火製程可藉由以下步驟執行：以約100 sccm與約2000 sccm之間之流速將包括含氫氣體、惰性氣體，及含氮氣體中至少一者之氣體混合物供應至退火腔室內；控制約0.5托與約15托之間之腔室壓力，例如在約5托與約8托之間；維持約150℃與約500℃之間之溫度範圍，例如約300℃與約475℃之間；及在旋轉基板之同時視情況執行熱退火製程達約30秒至約600秒之間之久。用於供應至熱退火腔室中之氣體混合物之氣體的適合實例可包括氫氣、含氮氣體、惰性氣體（例如氬氣）或按需求之其他氣體。在一實施方式中，供應至處理腔室中以執行矽化製程之氣體混合

物包括以約 1:10 與約 1:1 之間之流率（如約 1:3）供應之氫氣（ H_2 ）。

【0096】可執行方塊 350 之適合的熱處理腔室之實例是可自美國應用材料公司購得之雙模脫氣（dual mode degas; DMD）腔室。適合的熱處理腔室之其他實例是 Vantage® Vulcan™ RTP 腔室及 Vantage® Astra™ DSA 腔室或批次火爐工具。應注意，退火製程並非必須與金屬層 420 沉積腔室整合。使用 RTP 及 DSA 退火可提供針對溫度均勻性及快速溫度變化之進一步控制。應注意，可自其他製造商處購得之其他熱退火腔室亦可用以實踐本揭示案。

【0097】在熱退火製程完成之後，在方塊 360 處，如若尚未達到金屬層 420 之預定厚度，則可重複執行額外循環，直至達到金屬層 420 之所需厚度範圍，該等額外循環開始於在方塊 340 中執行循環金屬沉積以沉積金屬層及隨後在方塊 350 中在金屬層上執行退火製程。如若已達到金屬層之預定厚度，則製程完成，及可執行額外處理步驟。

【0098】由此，根據前述實施方式，提供用於在特徵輪廓界限中沉積金屬層之方法。該等方法包括藉由對剛沉積金屬層進行退火來利用無縫金屬層填充特徵輪廓界限。CVD 鈦薄膜之退火產生倒置的無縫間隙填充。在某些實施方式中，鈦之再流無需潤濕層。金屬層（例如 CVD 鈦層）之厚度可小於特徵輪廓界限直徑（臨界尺寸）之 50%。使用的循環製程是利用較薄的鈦薄膜沉積及短時

退火之組合。短時退火期間之氣氛降低所需之退火溫度以達到無縫鈷填充。毯覆晶圓研究證實鈷薄膜在退火處理之後電阻率減少50%。退火步驟期間之退火時間、溫度、氣氛（所使用之氣體類型）、靜態氣壓或氣流的變異可用以減少粗糙度及改良金屬層之電阻率。短暫退火時間（例如1分鐘）足以降低鈷電阻率及粗糙度。退火期間之氣流進一步改良鈷薄膜之電阻率。氬氣及氫氣或兩者之組合可用於退火氣氛。PVD鈷可用於替代CVD鈷。在CVD鈷充當潤濕層以用於PVD鈷再流之情況下亦可使用CVD及PVD之組合。

【0099】第6圖繪示依據本揭示案之一實施方式在半導體裝置之特徵輪廓界限中形成金屬層之流程圖。第6圖中描述之次序對應於第7A-7E圖中繪示之製造階段，該等製造階段在下文中進行論述。第7A-7E圖圖示由處理次序600說明之在裝置結構408之特徵輪廓界限406a、406b內製造金屬層420的不同階段期間，基板402之示意性橫剖面視圖，裝置結構408形成於該基板上。大體參考CVD、ALD，或PVD沉積鈷金屬層而提供第6圖之次序。

【0100】處理次序600之某些態樣類似於參考第3圖所述之處理次序300，及為了簡短起見，下文中將不再重述該等態樣。在一實施方式中，方塊610及620類似於第3圖中繪示之方塊310及320，如上所述。方塊610及620分別對應於第7A圖及第7B圖中繪示之製造階段。參考第

4 A 圖及第 4 B 圖可發現對第 7 A 圖及第 7 B 圖之詳細論述。然而，在基板上執行預處理製程在方塊 6 2 0 中是可選的。

【0101】方塊 6 3 0 提供執行阻障層沉積以在基板 4 0 2 上沉積阻障層 4 1 6，如第 7 C 圖所示。阻障層大體含有金屬或金屬氮化物材料，例如鈦 (Ti)、氮化鈦 (TiN)、該兩者之合金，或該兩者之組合。阻障層 4 1 6 亦可包括電漿氮化 (N₂ 或 NH₃) 鈦及 PVD 鈦。如若阻障層 4 1 6 包括氮化鈦層，則僅頂部少數幾埃之鈦轉換至氮化鈦化合物。已發現，非氧化鈦及氮化鈦阻障層提供改良之擴散阻力。阻障層 4 1 6 之厚度可處於約 2 Å 至約 100 Å 之範圍內，更確切為自約 3 Å 至約 80 Å 之範圍內之厚度，更確切為自約 4 Å 至約 50 Å 之範圍內之厚度，更確切為自約 5 Å 至約 25 Å 之範圍內之厚度，更確切為自約 5 Å 至約 20 Å 之範圍內之厚度，更確切為自約 5 Å 至約 15 Å 之範圍內之厚度，及更確切為自約 5 Å 至約 10 Å 之範圍內之厚度。阻障層大體藉由原子層沉積 (atomic layer deposition; ALD)、電漿增強 ALD (plasma-enhanced ALD; PE-ALD)、化學氣相沉積 (chemical vapor deposition; CVD)，或物理氣相沉積 (physical vapor deposition; PVD) 製程而經沉積。

【0102】在一實施方式中，執行阻障層沉積包括 ALD 製程，該 ALD 製程包括提供含鈦前驅物，可在存在諸如惰性氣體之載氣之情況下將該含鈦前驅物提供至腔室

內。在另一實施方式中，可將含鈦前驅物與含氮前驅物一起提供，以形成包括氮化鈦之阻障層。可在存在諸如惰性氣體之載氣之情況下提供含鈦前驅物及含氮前驅物。在另一實施方式中，可在沉積之鈦層上執行氮化製程以形成氮化鈦阻障層。在另一實施方式中，鈦阻障層藉由 P V D 鈦製程沉積。

【0103】方塊 635 提供執行潤濕層沉積以在基板 402 上沉積潤濕層 718，如第 7 D 圖所示。潤濕層 718 沉積在阻障層 416 上方。潤濕層一般藉由選自 P V D 鈦、C V D 氮化鈦、P V D 氮化鈦、C V D 鈦、P V D 鈦之氮化，或上述各者之組合中之一製程而沉積。在使用 C V D 製程以沉積潤濕層 718 之實施方式中，所需之前驅物氣體經提供至腔室及可在存在載氣之情況下經進一步提供。在使用 P V D 製程以沉積潤濕層 718 之實施方式中，提供包括所需的待沉積材料之靶材，及執行 P V D 製程以沉積 P V D 潤濕層。在一實施方式中，潤濕層包括 P V D 氮化鈦。在此實施方式中，提供鈦靶材，及用離子轟擊該鈦靶材以濺射鈦以在阻障層 416 上方沉積潤濕層 718。在存在電漿之情況下使用諸如 NH_3 之含氮前驅物之氮化製程在 P V D 鈦層上執行以形成氮化鈦潤濕層 718。在此實施方式中，潤濕層 718 包括氮化鈦層，及僅頂部少數幾埃之鈦轉換至氮化鈦化合物。在另一實施方式中，潤濕層為 P V D 鈦。在此實施方式中，提供鈦靶材，及用離子轟擊該鈦靶材以濺射鈦以在阻障層 416 上方沉積潤濕層 718。在使用 P V D 鈦之

實施方式中，在自約5000瓦特至約6000瓦特之頻率（例如約5500瓦特）下提供射頻功率。自約400瓦特至約600瓦特中提供PVD鈷製程之功率，例如500瓦特，及在執行PVD鈷製程時之腔室壓力自約50毫托至約150毫托，例如約100毫托。

【0104】應已知，可在與執行隨後之CVD鈷沉積製程之同一腔室（處於高真空下）中沉積鈦或氮化鈦之潤濕層。在一替代實施方式中，CVD鈷薄膜在退火期間之凝聚涉及將CVD鈷（具有不同的薄膜性質）用作潤濕層。與用於間隙填充目的之碳含量小於1%之CVD鈷薄膜相比，此CVD鈷潤濕層包括大於5%之較高碳原子百分比。高含碳量CVD鈷薄膜藉由在沉積步驟期間使用較低氫氣分壓及藉由消除循環氫氣電漿處理而獲得。

【0105】應注意，前述潤濕層718製程中之任何者可與方塊640中提供之隨後之金屬層沉積製程一起執行。潤濕層718及阻障層416大體增強隨後之金屬層沉積。已發現，空隙可在基板上之特徵輪廓界限底部形成，或在特徵輪廓界限中之其他位置形成。空隙被視作在金屬層退火時因金屬層之凝聚或積聚而形成。空隙大體是不合乎需要的，因為在基板與金屬層之間的空隙最終降低金屬層品質及對整體裝置效能產生負面影響。此外，在退火製程期間，金屬層與下層基板之間的相互擴散導致鈷與矽相互擴散。相互擴散對裝置效能產生負面影響，及導致不可預測的裝置行為。阻障層416單獨或與潤濕層718結合以降低

鈷與矽之相互擴散。此外，當金屬層經沉積以填充裝置之通孔及溝槽時，該潤濕層藉由降低隨後之退火製程期間發生凝聚之幾率而獨自或結合阻障層416增強金屬層之黏著性。

【0106】 在一替代實施方式中，CVD鈷薄膜在退火製程期間之凝聚可使用CVD鈷作為潤濕層。與用於無縫間隙填充之CVD鈷薄膜之較低含碳量（原子百分比小於1%）相比，此CVD鈷潤濕層可包括高含碳量（原子百分比大於5%）。高含碳量CVD鈷薄膜藉由在沉積步驟期間使用較低氫氣分壓及藉由消除循環氫氣電漿處理而獲得。

【0107】 方塊640提供執行循環金屬沉積以在基板上沉積金屬層。可在上文針對第3圖中之方塊340及與第5圖相關之對應描述找到循環金屬沉積製程之製程參數及描述。方塊650提供在安置在基板上之金屬層上執行退火製程。可參考第3圖中之方塊350得到執行退火製程之製程參數及描述。

【0108】 在熱退火製程完成之後，在方塊660處，如若尚未達到金屬層420之預定厚度，則可重複執行額外循環，直至達到金屬層420之所需厚度範圍，該等額外循環開始於在方塊640處執行循環金屬沉積以沉積金屬層及隨後在方塊650處在金屬層上執行退火製程。如若已達到金屬層之預定厚度，則製程完成，及可執行額外處理步驟。

【0109】 如上所述，第6圖中描述之處理次序600可藉由參考CVD、ALD，或PVD金屬沉積製程而獲得。整合

(非氧化) CVD 或 ALD 氮化鈦阻障層減少裝置特徵輪廓界限之底部處之空隙的存在。可在潤濕層 718 沉積之後引入真空破除，或在執行方塊 650 之退火製程之前在金屬層 420 沉積之後引入真空破除。應注意，方塊 650 之退火製程可在除了沉積金屬層 420 之腔室以外之腔室中執行。而且，發現，如方塊 640 (參看第 5 圖以瞭解相關之電漿處理參數) 處提供之高頻氫氣電漿處理 (在 20 Å 或更少之 CVD 鈦厚度處進行電漿處理) 在消除裝置特徵輪廓界限之底部處之空隙形成時起重要作用。最終，已發現可藉由由處理次序 600 中提供之前述製程變數來控制雜質 (亦即碳、氧、氮等等) 之原子百分數而調整 CVD 或 ALD 金屬層之再流特性。1% 或更低之碳雜質含量可較佳用於實現無縫金屬層間隙填充，更具體而言，無縫鈦間隙填充。除金屬層沉積之製程變數之外，可由阻障層 416 及潤濕層 718 進一步控制雜質含量。

【0110】 第 8 圖繪示依據本揭示案之一實施方式之在半導體裝置之特徵輪廓界限中形成金屬層之流程圖。第 8 圖中描述之次序對應於第 7A - 7E 圖中繪示之製造階段，該等製造階段在下文中進行論述。第 7A - 7E 圖圖示由處理次序 800 說明之在裝置結構 408 之特徵輪廓界限 406a、406b 內製造金屬層 420 的不同階段期間，基板 402 之示意性橫剖面視圖，裝置結構 408 形成於該基板上。大體參考 PVD 沉積鈦金屬層而提供第 8 圖之次序。

【0111】處理次序800以提供基板開始於方塊810。可參考與第3圖中之方塊310及與第6圖中之方塊610相關之描述對方塊810進行詳細描述。方塊820提供視情況地在基板上執行預處理製程。可藉由參考與第3圖中之方塊320及與第6圖中之方塊620相關之描述對方塊820進行詳細描述。

【0112】方塊830提供執行阻障層沉積以在特徵輪廓界限中沉積阻障層。可藉由參考第6圖中之方塊630進行關於阻障層416之大概描述。在一實施方式中，諸如氮化鈦阻障層之阻障層416安置在基板上。在此實施方式中，提供厚度為約5 Å與約75 Å之間之氮化鈦層，例如約50 Å。然而，已表明，10 Å氮化鈦層可足以作為阻障層。氮化鈦阻障層藉由先前沉積之鈦層的 NH_3 或 N_2 氮化而形成，或藉由CVD沉積製程而形成。可關於第6圖中之方塊630發現用於氮化鈦阻障層之沉積的處理參數。

【0113】方塊835提供執行潤濕層沉積以在阻障層上沉積潤濕層。可藉由參考第6圖中之方塊635進行關於潤濕層718之大概描述。在一實施方式中，藉由CVD或ALD製程而沉積潤濕層718。用於提供潤濕層718之適合製程包括CVD氮化鈦、CVD鈷、CVD鈦、ALD氮化鈦，及上述各者之組合。在一實施方式中，可藉由CVD鈷製程而沉積潤濕層。藉由含鈷前驅物將CVD製程期間沉積之鈷提供至處理腔室中，該含鈷前驅物如藉由參考第3圖中提供之循環金屬沉積製程而論述之含鈷前驅物。在一實施

方式中，在熱沉積製程中將含鈷前驅物提供至腔室。熱製程大體包括加熱基板402以促進鈷在基板402表面上之沉積。在一實施方式中，熱沉積製程提供將基板自約100℃加熱至約200℃，如約150℃。在此實施方式中，在CVD鈷製程期間沉積之鈷是安置在阻障層416上方之潤濕層718。

【0114】方塊840提供在潤濕層718上執行退火製程。退火製程大體經執行以降低潤濕層718之表面粗糙度，提高晶體結構粒徑，及減少可能存在於潤濕層718中之諸如碳之雜質。退火製程在約200℃至約500℃之間之溫度（例如約400℃）下執行。可在腔室中提供諸如氬氣之惰性氣體的腔室環境中執行退火製程。在一實施方式中，氬氣在腔室內是靜態的，及在執行潤濕層718之退火之後可視情況淨化腔室。在一實施方式中，執行退火製程達約10秒至約1000秒之間之歷時，如約30秒至約90秒之間之歷時，如約60秒之歷時。在另一實施方式中，可在以靜態或流動方式向腔室提供氬氣之腔室環境中執行退火製程。在此實施方式中，可執行退火製程達約10秒至約1000秒之間之歷時。在其他實施方式中，可利用氬氣及氫氣執行退火製程。

【0115】方塊850提供執行金屬沉積製程以用於在基板上沉積金屬層420。在一實施方式中，可藉由PVD鈷製程而沉積金屬層420。PVD鈷製程可進一步為熱PVD鈷製程。藉由使用習知製程而濺射鈷，及在一實施方式

中，在存在諸如氬氣或氫氣之製程氣體之情況下執行濺鍍製程。在一實施方式中，可藉由在自約5000瓦特至約6000瓦特之頻率（例如約5500瓦特）下提供射頻功率來執行PVD鈦製程。可在約250瓦特與約750瓦特之間（例如約500瓦特）之功率的直流中提供射頻。PVD鈦製程期間之腔室壓力可維持在約50毫托與約200毫托之間之壓力處，如約100毫托。一旦鈦已濺射至基板，則可藉由向基板提供熱以使已沉積之鈦再流來使鈦再流。在一實施方式中，可藉由將基板加熱至約200℃至約500℃之間之溫度來執行PVD鈦再流。在使用PVD鈦製程之實施方式中，如若腔室具有將基板加熱至處理所需溫度之能力，則可在同一腔室內執行金屬層420沉積及退火。

【0116】 方塊860提供將金屬層420曝露於電漿處理製程或退火製程。電漿處理製程大體包括將諸如H₂之製程氣體提供至腔室，及應用射頻電流以使製程氣體形成電漿。在一實施方式中，提供約200瓦特與約800瓦特之間（如約400瓦特）的射頻電流頻率。執行電漿處理製程達約1秒至約60秒之久，如約30秒。在一實施方式中，基板402可經加熱至約100℃至約200℃之間（例如約150℃）之溫度，以進一步降低金屬層420之表面粗糙度及降低可能存在於金屬層420中之雜質之百分比。

【0117】 方塊860之退火製程可與方塊530中描述之氫淨化退火製程相同或類似。

【0118】 方塊870提供在安置在特徵輪廓界限406a、406b中之金屬層420上執行退火製程。退火製程大體經執行以降低金屬層420之表面粗糙度，及減少可能存在於金屬層420中之諸如碳之雜質。此外，退火製程增大晶粒尺寸，此舉使電阻率降低，從而改良積體電路效能。退火製程在約200℃至約500℃之間之溫度（如約400℃）下執行。可在於腔室中提供有諸如氬氣之惰性氣體及諸如氫氣之製程氣體的腔室環境中進一步執行退火製程。在一實施方式中，氬氣及氫氣在腔室內流動，及在執行金屬層420之退火之後可視情況淨化腔室。在一實施方式中，可執行退火製程達約30秒與約90秒之間之歷時，例如約60秒。

【0119】 在上文中之實施方式中，如若鈦沉積及退火製程在為基板提供加熱之腔室中執行，則可在無循環金屬沉積製程之情況下執行PVD鈦製程。在一替代性實施方式中，PVD鈦層可沉積在特徵輪廓界限底部及可在特徵輪廓界限側壁上經蝕刻及重新濺射，以在側壁上提供連續的鈦薄膜，從而容許PVD鈦自現場再流至特徵輪廓界限之底部。執行金屬層420沉積以獲得隨後之金屬層420化學機械拋光所需的充足薄膜厚度。

【0120】 在另一實施方式中，潤濕層718包括CVD鈦及金屬層420包括鎢(W)。此實施方式大體用於雙鑲嵌類型結構，該結構之特徵輪廓界限下半部分展現較小臨界尺寸及較強深寬比。雙鑲嵌類型結構之上半部分與下半部分

相比大體具有更大臨界尺寸及較弱之深寬比。在此實施方式中，可利用如上所述之CVD鈷製程填充存在額外金屬層沉積困難之下半部分。CVD鈷製程填充特徵輪廓界限之下半部分。在CVD鈷沉積之後，可執行CVD鎢製程以填充特徵輪廓界限之剩餘部分。CVD鎢製程大體以比CVD鈷製程更快之速率沉積材料，由此容許增大產量。

【0121】第9圖繪示基板之橫剖面視圖，該基板含有用作保形閘極電極950及根據本文所述之某些實施方式而沉積之金屬層，該基板可用於邏輯應用中。此外，第9圖之半導體結構可用於具有閘極結構之平面及三維電晶體。具有閘極結構之三維電晶體之實例包括鰭式場效電晶體（Fin Field-Effect Transistor FinFET; FinFET）（建造在絕緣體技術基板上之矽上的非平面雙閘極電晶體，基於前文所述之DELTA（單閘極）電晶體設計）或三閘極電晶體結構。

【0122】在一實施方式中，本文所述之金屬層可用於金屬閘極結構。例如，第9圖繪示具有含有金屬之閘極電極950的半導體結構，該半導體結構可用於邏輯應用，該閘極電極950含有藉由本文所述之方法沉積之金屬層。初始特徵輪廓界限955在先前沉積在基板上之高介電常數介電材料960中形成。

【0123】然後，功函數材料層970保形地沉積在形成於高介電常數介電材料960中之特徵輪廓界限中。然後，金

屬閘極填充材料 980 形成於功函數材料層 970 上及填充特徵輪廓界限 955。

【0124】金屬閘極填充材料用以完成閘極電極 950，如第 9 圖所示。功函數材料層 970 及金屬閘極填充材料 980 依據閘極電極 950 所需之個別導電性而可為相同或不同材料。如若使用不同於功函數材料之金屬閘極填充材料，則金屬閘極填充材料可包括諸如金屬或金屬合金之導電材料。用作金屬閘極填充材料之金屬或金屬合金之實例包括來自以下群組之材料：鎢、鋁、銅、鈷，及上述各者之組合，及鎢、鋁、銅、鈷之合金，及上述合金之組合。

【0125】如若使用與功函數材料相同或大體上相同之金屬閘極填充材料，則金屬閘極填充材料 980 可包括本文所述金屬層及藉由本文所述之製程沉積之金屬層。或者，功函數材料層 970 及金屬閘極填充材料 980 可為選自本文所述之金屬層、金屬碳化物、金屬碳化矽化物，或金屬碳化氮化物材料之不同材料。例如，高介電常數介電常數材料可為氧化鉛，功函數材料層 970 可為碳化鉛，及閘極填充材料可為碳化鈹。閘極填充材料應具有與功函數材料層相同或較低之電阻率。

【0126】在金屬閘極填充材料 980 沉積之前，可視情況沉積潤濕層。潤濕層可為選自以下群組之金屬材料：鈷、鈹、鈦，及上述各者之組合。或者，可在功函數材料層之前或之後沉積阻障層，該阻障層亦可作為潤濕層結合使用，或作為潤濕層起作用。阻障層可包括用於填充材料之

任何適合之阻障層，亦即鎢、銅，及鋁，及阻障層可為選自以下群組之含有金屬之材料：氮化鉭、氮化鈦、氮化鎢，及上述各者之組合。在功函數材料層 970 之前沉積之阻障層在層 965 中由虛線圖示。在功函數材料層 970 之後但在金屬閘極填充材料 980 之前沉積之阻障層及 / 或潤濕層在層 975 中由虛線圖示。阻障層及 / 或潤濕層中之每一者可沉積至 50 Å 或更低之厚度，例如自約 1 Å 至約 20 Å。

【0127】第 10 圖繪示互補金氧半導體 (complementary metal oxide semiconductor; CMOS) 結構 1000 之橫剖面視圖，該結構具有根據本文所述之某些實施方式而形成之 N 型金氧半導體及 P 溝道金氧半導體態樣。CMOS 結構 1000 可包括基板 1002，該基板上沉積有外延層 1004。在外延層 1004 內，可形成 P 阱 1006 及 N 阱 1008。在 P 阱 1006 上方，可形成 N 型金氧半導體結構 1018。N 型金氧半導體結構 1018 可包括源電極 1010a、汲電極 1010b、高介電常數介電層 1012、覆蓋層 1014，及閘極 1016。同樣，P 溝道金氧半導體結構 1028 可在 N 阱 1008 上方形成。P 溝道金氧半導體結構 1028 可包括源電極 1020a、汲電極 1020b、高介電常數介電層 1022、覆蓋層 1024，及閘極電極 1026。N 型金氧半導體結構 1018 可藉由隔離區 1030 與 P 溝道金氧半導體結構 1028 隔離。

【0128】覆蓋層 1014、1024 可能存在於高介電常數介電層 1012、1022 與閘極電極 1016、1026 之間以防止閘

極電極 1016、1026 與高介電常數介電層 1012、1022 發生反應。覆蓋層 1014、1024 可調諧臨限電壓。在一實施方式中，在 N 型金氧半導體結構 1018 中之覆蓋層 1014 不同於 P 溝道金氧半導體結構 1028 之覆蓋層層 1024。對於 N 型金氧半導體結構 1018 而言，高介電常數介電層 1012 可為氧化鉛，及閘極電極 1016 可包括根據本文所述之實施方式沉積之金屬。

【0129】 儘管前述內容係針對本揭示案之實施方式，但可在不背離本揭示案之基本範疇之情況下下設計本揭示案之其他及更多實施方式，及本揭示案之範疇由下文之專利申請範圍決定。

【符號說明】

【0130】

100 蓋組件

107 下部表面

109 孔洞

110 限制環

116 起吊環

117 升舉管

118 升舉銷

119 負載鎖定埠

120 腔室主體

121 下部腔室遮罩

- 1 2 3 側 面 淨 化 氣 源
- 1 2 5 底 部 淨 化 氣 源
- 1 2 6 處 理 區 域
- 1 3 0 下 部 空 腔
- 1 3 2 氣 埠
- 1 3 4 水 冷 蓋 板
- 1 3 8 上 部 空 腔
- 1 4 0 阻 隔 板
- 1 4 1 遠 端 電 漿 源
- 1 5 0 處 理 腔 室
- 1 5 1 邊 緣 部 分
- 1 5 2 加 熱 器 台 座
- 1 5 4 台 座 桿
- 1 5 6 噴 淋 頭
- 1 5 8 向 上 延 伸 緣
- 1 6 0 氣 箱 板
- 1 6 2 迴 旋 液 體 通 路
- 1 6 6 蓋 邊 緣
- 1 7 0 真 空 泵
- 1 7 1 底 緣
- 1 7 2 泵 氣 室
- 1 7 4 環 形 泵 送 通 路
- 1 7 5 蓋 隔 離 板
- 1 7 7 環 形 凸 起

- 1 7 9 環 形 腔 室 襯 墊
- 1 8 0 控 制 單 元
- 1 8 1 扼 流 器 孔
- 1 8 2 中 央 處 理 單 元
- 1 8 3 控 制 軟 體
- 1 8 4 支 援 電 路 系 統
- 1 8 6 記 憶 體
- 2 0 0 多 腔 室 處 理 系 統
- 2 0 2 負 載 鎖 定 腔 室
- 2 0 4 負 載 鎖 定 腔 室
- 2 1 0 第 一 機 器 人
- 2 1 2 基 板 處 理 腔 室
- 2 1 4 基 板 處 理 腔 室
- 2 1 6 基 板 處 理 腔 室
- 2 2 2 移 送 室
- 2 2 4 移 送 室
- 2 3 0 第 二 機 器 人
- 2 3 2 處 理 腔 室
- 2 3 4 處 理 腔 室
- 2 3 6 處 理 腔 室
- 2 3 8 處 理 腔 室
- 3 0 0 處 理 次 序
- 3 1 0 步 驟
- 3 2 0 步 驟

- 3 3 0 步 驟
- 3 4 0 步 驟
- 3 5 0 步 驟
- 3 6 0 步 驟
- 4 0 2 基 板
- 4 0 4 層
- 4 0 6 a 特 徵 輪 廓 界 限
- 4 0 6 b 特 徵 輪 廓 界 限
- 4 0 8 裝 置 結 構
- 4 1 0 表 面 區 域
- 4 1 1 基 板 表 面
- 4 1 2 側 壁
- 4 1 4 底 部
- 4 1 6 阻 障 層
- 4 2 0 金 屬 層
- 5 1 0 步 驟
- 5 2 0 步 驟
- 5 3 0 步 驟
- 5 4 0 步 驟
- 5 5 0 步 驟
- 6 0 0 處 理 次 序
- 6 1 0 步 驟
- 6 2 0 步 驟
- 6 3 0 步 驟

- 6 3 5 步 驟
- 6 4 0 步 驟
- 6 5 0 步 驟
- 6 6 0 步 驟
- 7 1 8 潤 濕 層
- 8 0 0 處 理 次 序
- 8 1 0 步 驟
- 8 2 0 步 驟
- 8 3 0 步 驟
- 8 3 5 步 驟
- 8 4 0 步 驟
- 8 5 0 步 驟
- 8 6 0 步 驟
- 8 7 0 步 驟
- 9 5 0 閘 極
- 9 5 5 初 始 特 徵 輪 廓 界 限
- 9 6 0 高 介 電 常 數 介 電 材 料
- 9 6 5 層
- 9 7 0 功 函 數 材 料 層
- 9 7 5 層
- 9 8 0 金 屬 閘 極 填 充 材 料
- 1 0 0 0 互 補 金 氧 半 導 體 (c o m p l e m e n t a r y m e t a l o x i d e
s e m i c o n d u c t o r ; C M O S) 結 構
- 1 0 0 2 基 板

- 1 0 0 4 外 延 層
- 1 0 0 6 P 阱
- 1 0 0 8 N 阱
- 1 0 1 0 a 源 電 極
- 1 0 1 0 b 汲 電 極
- 1 0 1 2 高 介 電 常 數 介 電 層
- 1 0 1 4 覆 蓋 層
- 1 0 1 6 閘 極
- 1 0 1 8 N 型 金 氧 半 導 體 結 構
- 1 0 2 0 a 源 電 極
- 1 0 2 0 b 汲 電 極
- 1 0 2 2 高 介 電 常 數 介 電 層
- 1 0 2 4 覆 蓋 層
- 1 0 2 6 閘 極
- 1 0 2 8 P 溝 道 金 氧 半 導 體 結 構
- 1 0 3 0 隔 離 區

【生物材料寄存】

【 0 1 3 1 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 1 3 2 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】 一種用於沉積一金屬層的方法，該方法包括以下步驟：

執行一循環金屬沉積製程以在形成於一基板中之一特徵輪廓界限中沉積一金屬層，包括以下步驟：

將該基板曝露於一沉積前驅物氣體混合物以在該特徵輪廓界限中沉積該金屬層之一部分；

將該金屬層之該部分曝露於一電漿處理製程或一氫退火製程；及

重複將該基板曝露於該沉積前驅物氣體混合物之步驟及將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程或該氫退火製程之步驟，直至達到該金屬層之一預定厚度。

【第 2 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該基板包含至少一高介電常數介電層，該特徵輪廓界限形成在該高介電常數介電層中，其中該金屬層填充在該特徵輪廓界限中。

【第 3 項】 如請求項 1 所述之方法，其中該氫退火製程包括以下步驟：在為該金屬層提供熱能之同時供應一氣體混合物，該氣體混合物包含一惰性氣體及氫氣 (H_2) 中之至少一者。

【第 4 項】 如請求項 3 所述之方法，其中在相同的處理

腔室中原位執行將該基板曝露於該沉積前驅物氣體混合物以在該特徵輪廓界限中沉積該金屬層之該部分之步驟以及將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程或該氫退火製程之步驟。

【第5項】 如請求項 3 所述之方法，其中該氫退火製程是在自約 300℃ 與約 500℃ 之間的一溫度下，利用自約 5 托至約 60 托之一氫壓且以自約 1000 sccm 與約 30000 sccm 之間的一氫流速執行之一氫淨化製程。

【第6項】 如請求項 1 所述之方法，其中同時執行將該基板曝露於該沉積前驅物氣體混合物以在該特徵輪廓界限中沉積該金屬層之該部分之步驟以及將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程或該氫退火製程之步驟。

【第7項】 如請求項 1 所述之方法，其中將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程之步驟包括以下步驟：供應選自氫氣(H_2)、氮氣(N_2)、氨氣(NH_3)及上述之組合中之一氣體以降低該金屬層之該部分之粗糙度。

【第8項】 如請求項 1 所述之方法，其中該特徵輪廓界限選自通孔、溝槽、接線及接觸孔。

【第9項】 如請求項 1 所述之方法，其中該沉積前驅物氣體混合物包含一含鈷前驅物及一還原性氣體。

【第10項】 一種用於沉積一金屬層的方法，該方法包

括以下步驟：

在形成於一基板中之一特徵輪廓界限中沉積一阻障層；以及

執行一循環金屬沉積製程以在該特徵輪廓界限中沉積一金屬層，包括以下步驟：

將該基板曝露於一沉積前驅物氣體混合物以在該特徵輪廓界限中沉積該金屬層之一部分；

將該金屬層之該部分曝露於一電漿處理製程或一氫退火製程；及

重複將該基板曝露於該沉積前驅物氣體混合物之步驟及將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程或該氫退火製程之步驟，直至達到該金屬層之一預定厚度。

【第11項】 如請求項10所述之方法，其中沉積該阻障層的步驟包括以下步驟：沉積一非氧化鈦或氮化鈦層、一化學氣相沉積(CVD)鈦層或一物理氣相沉積(PVD)鈦層。

【第12項】 如請求項10所述之方法，其中該基板包含至少一高介電常數介電層，該特徵輪廓界限形成在該高介電常數介電層中，其中該金屬層填充在形成於該高介電常數介電層中之該特徵輪廓界限中。

【第13項】 如請求項10所述之方法，其中該氫退火製

程包括以下步驟：在向該金屬層提供熱能之同時供應一氣體混合物，該氣體混合物包含一惰性氣體及氫氣(H_2)中之至少一者。

【第14項】 如請求項13所述之方法，其中在相同的處理腔室中原位執行將該基板曝露於該沉積前驅物氣體混合物以在該特徵輪廓界限中沉積該金屬層之該部分之步驟以及將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程或該氫退火製程之步驟。

【第15項】 如請求項10所述之方法，其中同時執行將該基板曝露於該沉積前驅物氣體混合物以在該特徵輪廓界限中沉積該金屬層之該部分之步驟以及將該金屬層之該部分曝露於該電漿處理製程或該氫退火製程之步驟。

【第16項】 如請求項10所述之方法，其中該阻障層為氮化鈦阻障層並且經沉積為具有約2 Å至約100 Å之間的厚度。

【第17項】 一種用於沉積一金屬層的方法，該方法包括以下步驟：

執行一阻障層沉積製程以在形成於一基板中之一特徵輪廓界限中沉積一阻障層；

執行一潤濕層沉積製程以在該阻障層上沉積一潤濕層；

在該潤濕層上執行一退火製程；

藉由將該潤濕層曝露於一沉積前驅物氣體混合物以沉積一金屬層之一部分，來執行一金屬沉積製程以在該潤濕層上沉積該金屬層；及

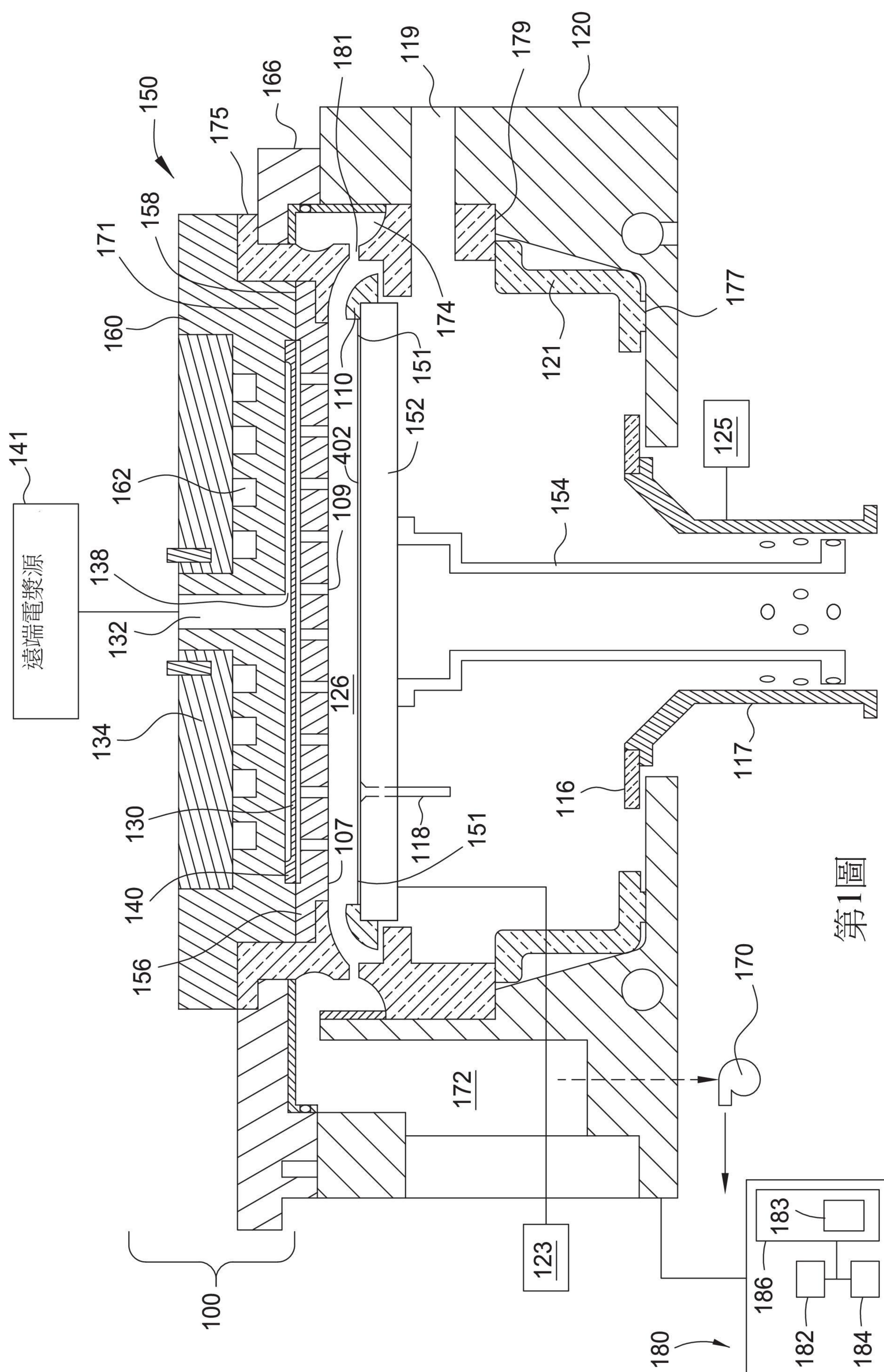
將該金屬層之該部分曝露於一電漿處理製程或一氬退火製程。

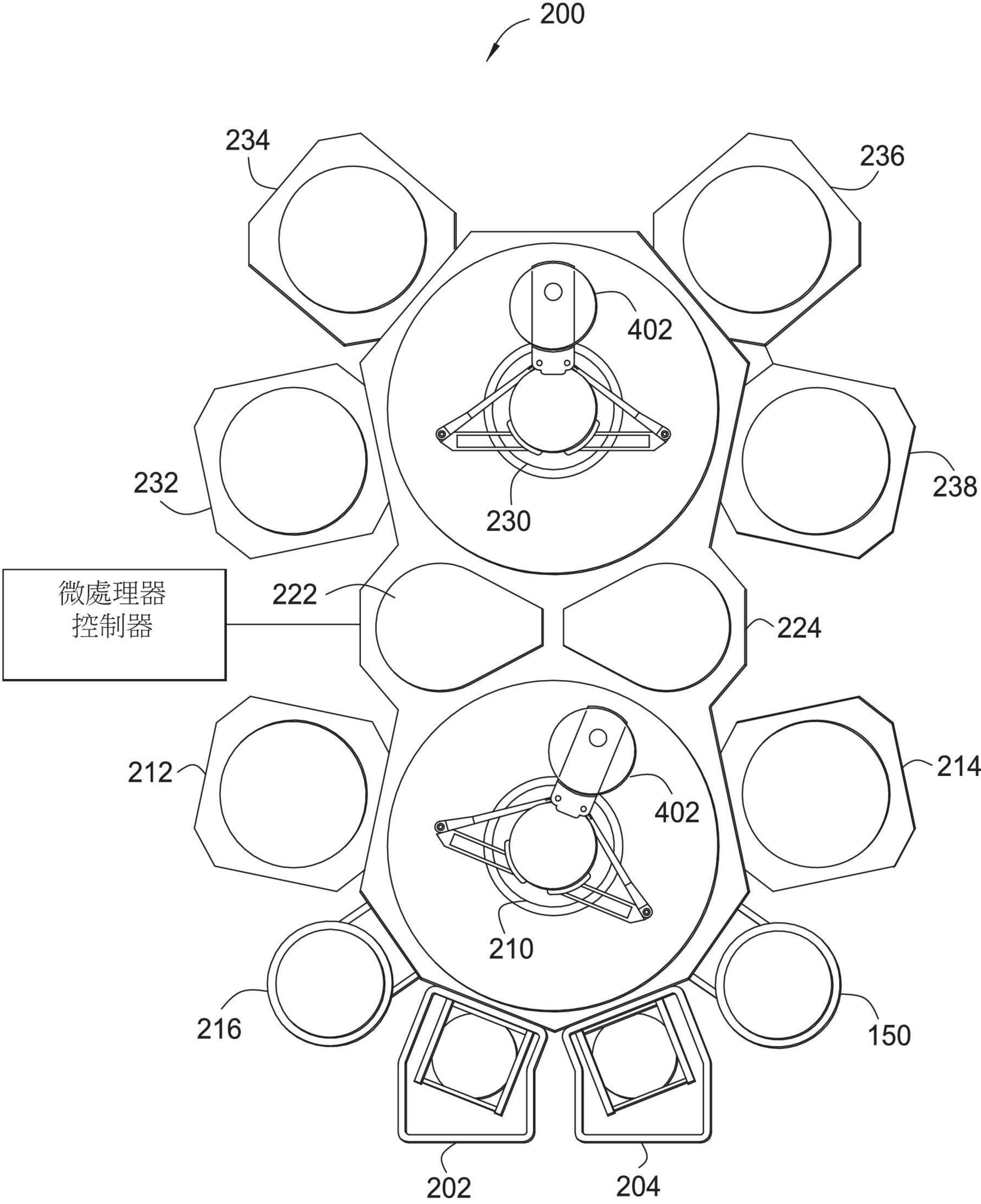
【第18項】 如請求項17所述之方法，進一步包括以下步驟：將安置在該基板上之該金屬層退火。

【第19項】 如請求項17所述之方法，其中執行一潤濕層沉積製程之步驟包括以下步驟：沉積一非氧化鈦或氮化鈦層、一化學氣相沉積(CVD)鈦層或一物理氣相沉積(PVD)鈦層。

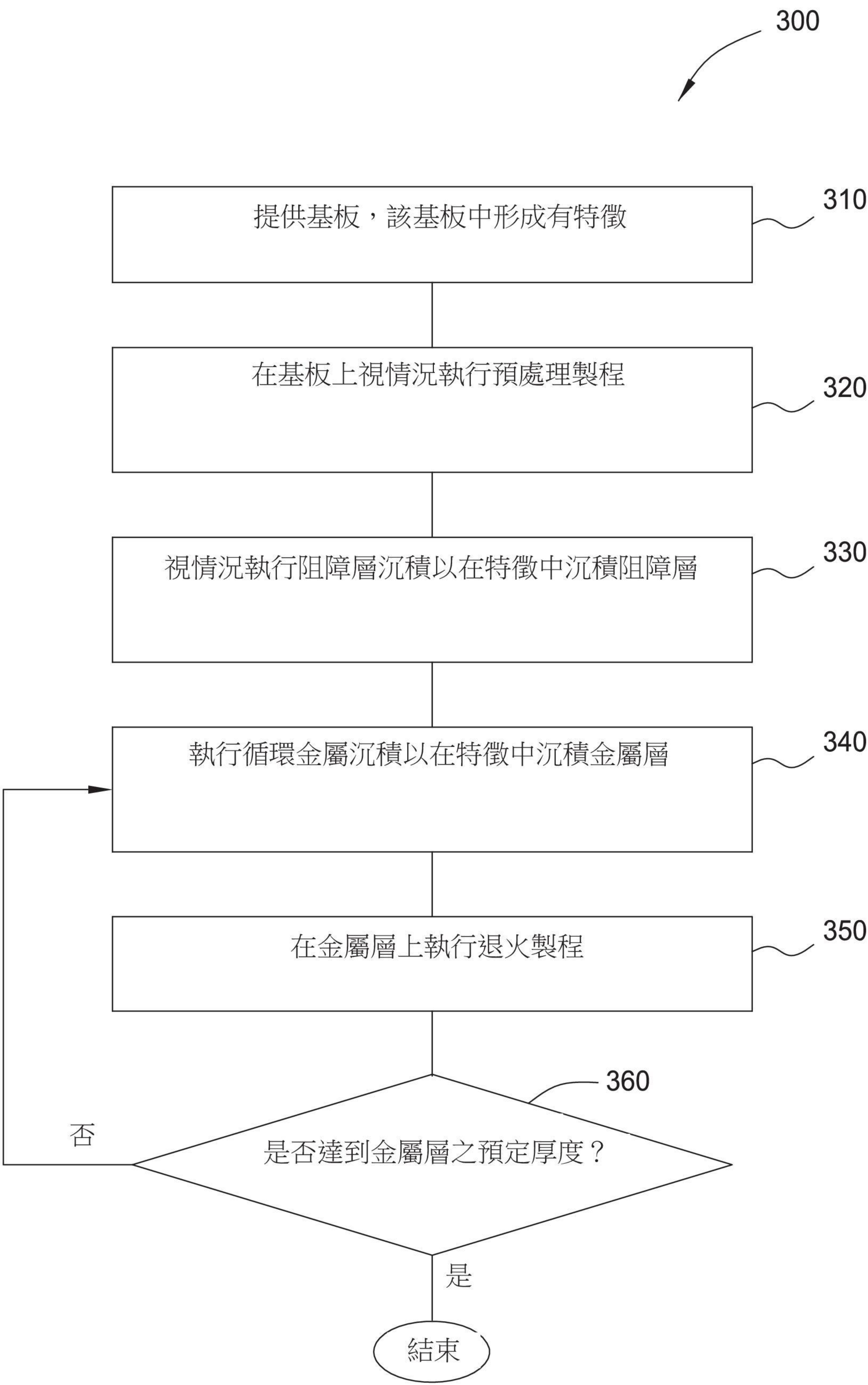
【第20項】 如請求項17所述之方法，其中執行該金屬沉積製程之步驟包括以下步驟：沉積一物理氣相沉積(PVD)鈦層、一化學氣相沉積(CVD)鈦層或一CVD鎢層。

【發明圖式】

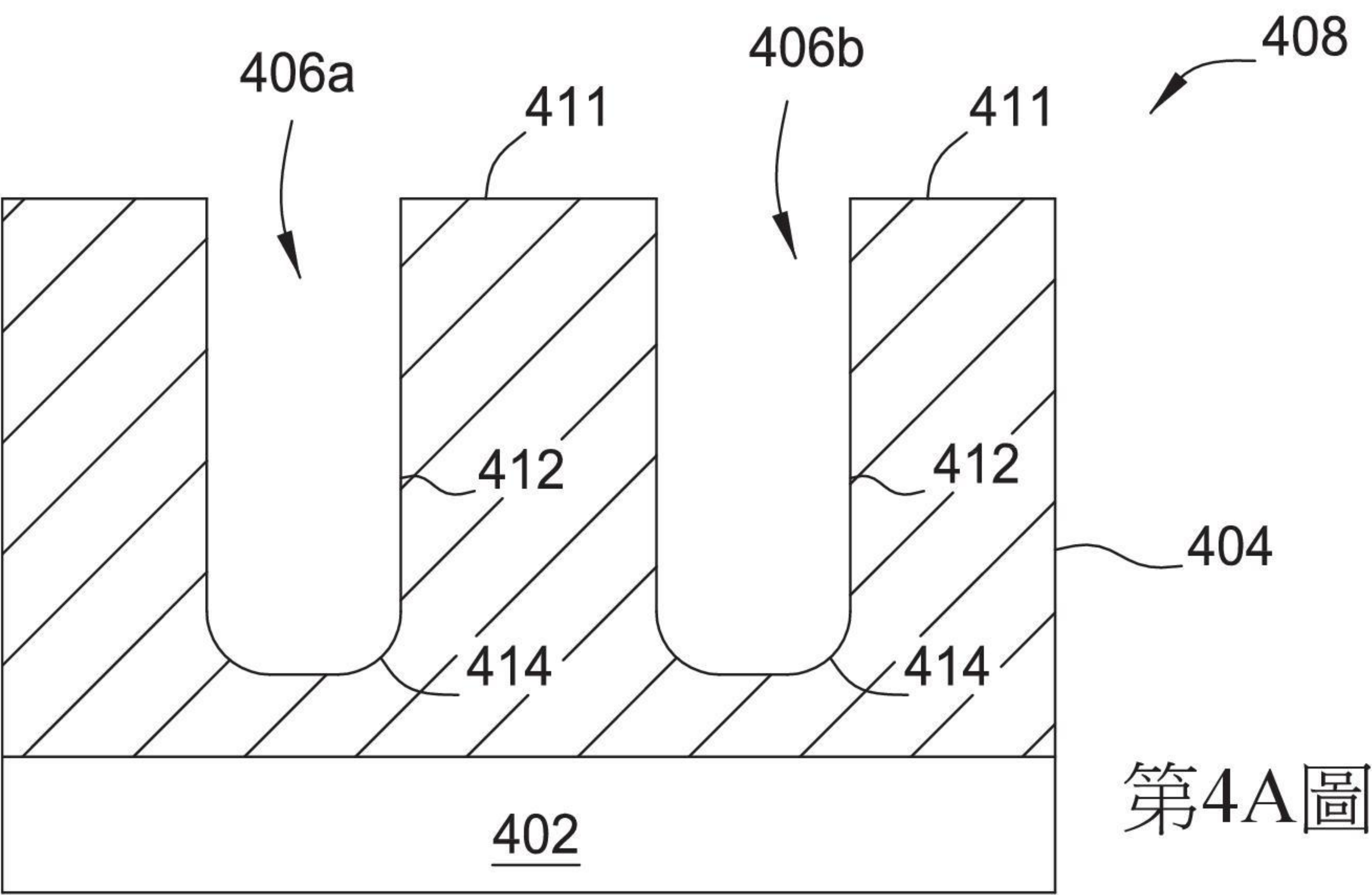




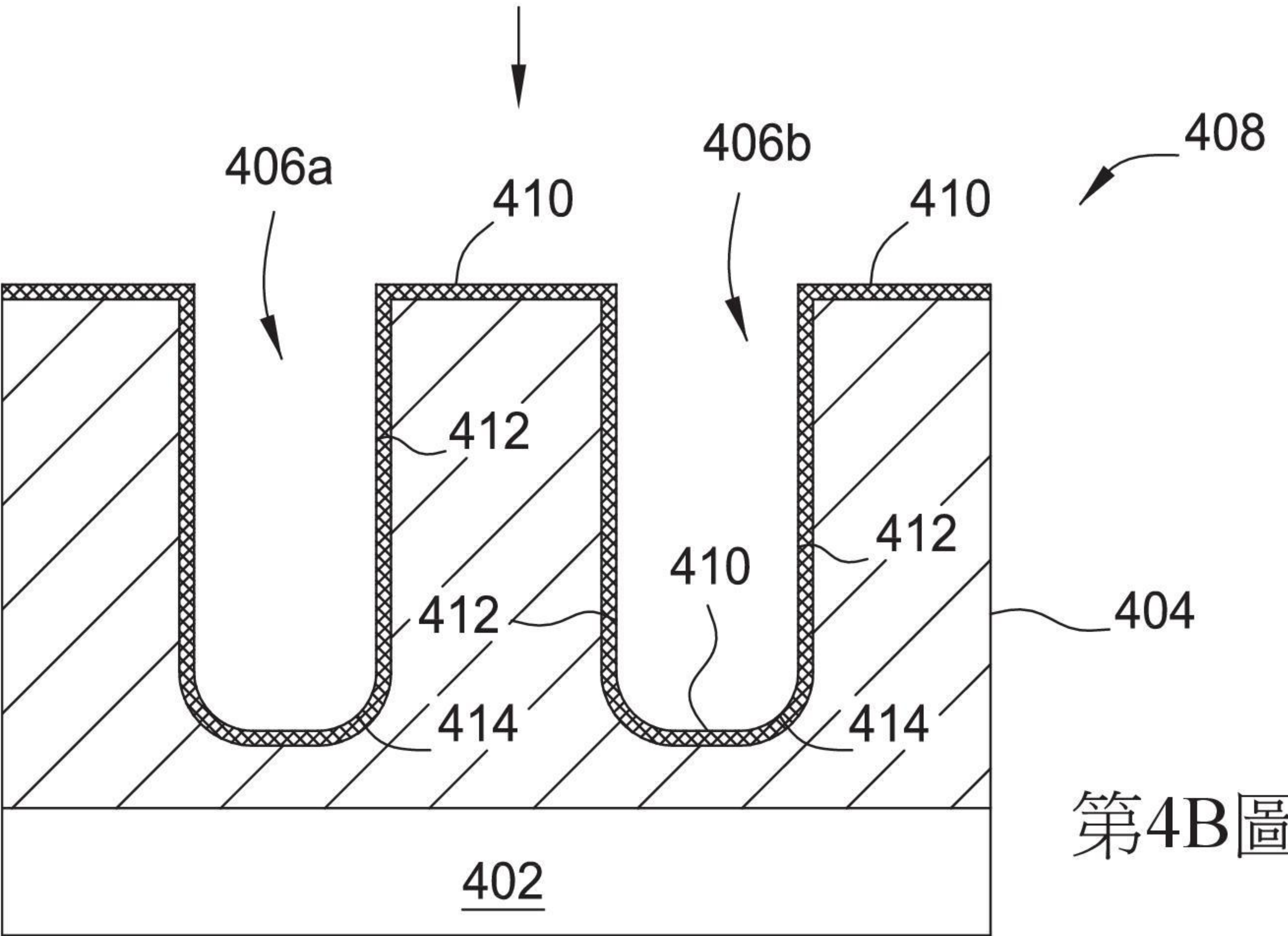
第2圖



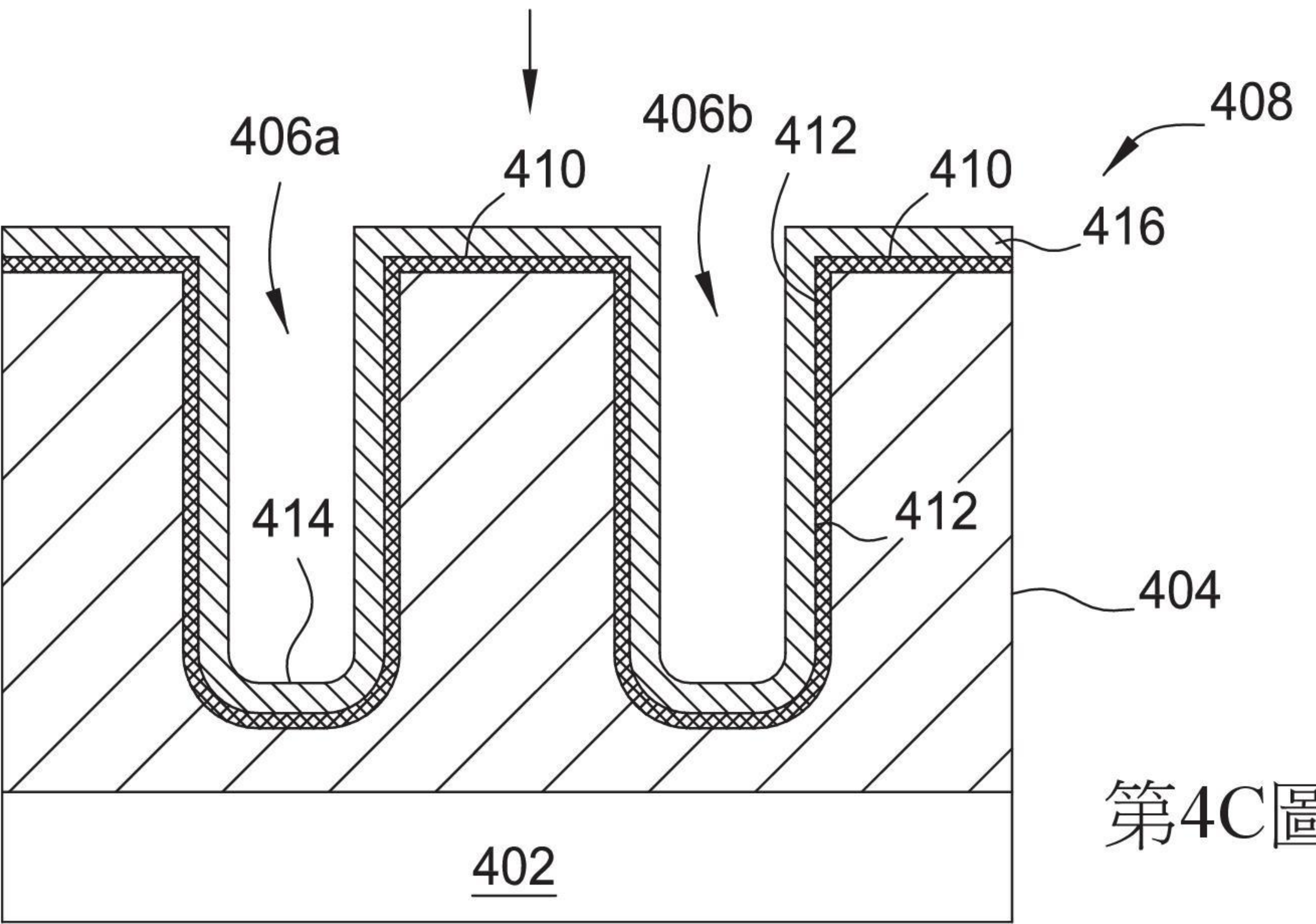
第3圖



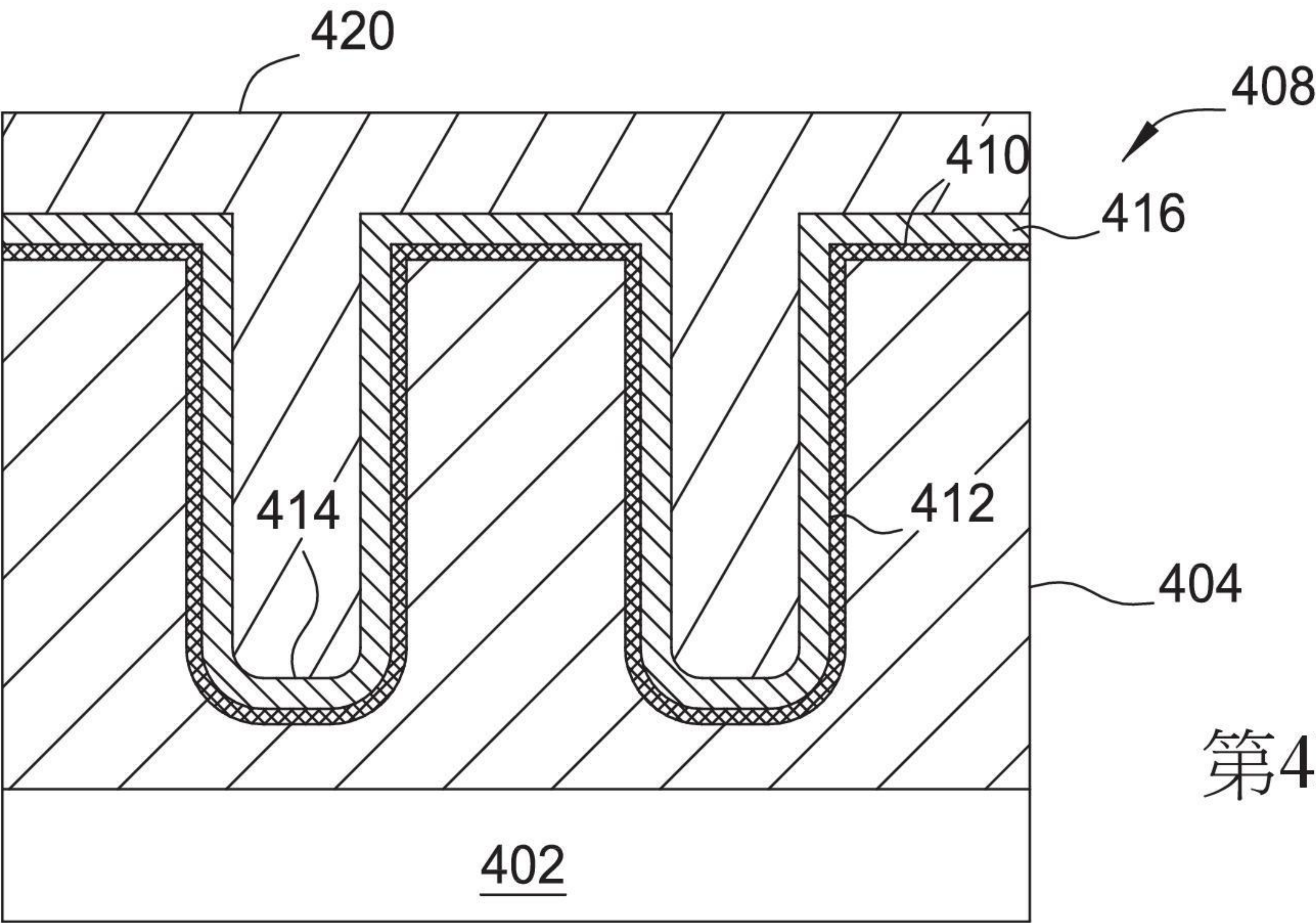
第4A圖



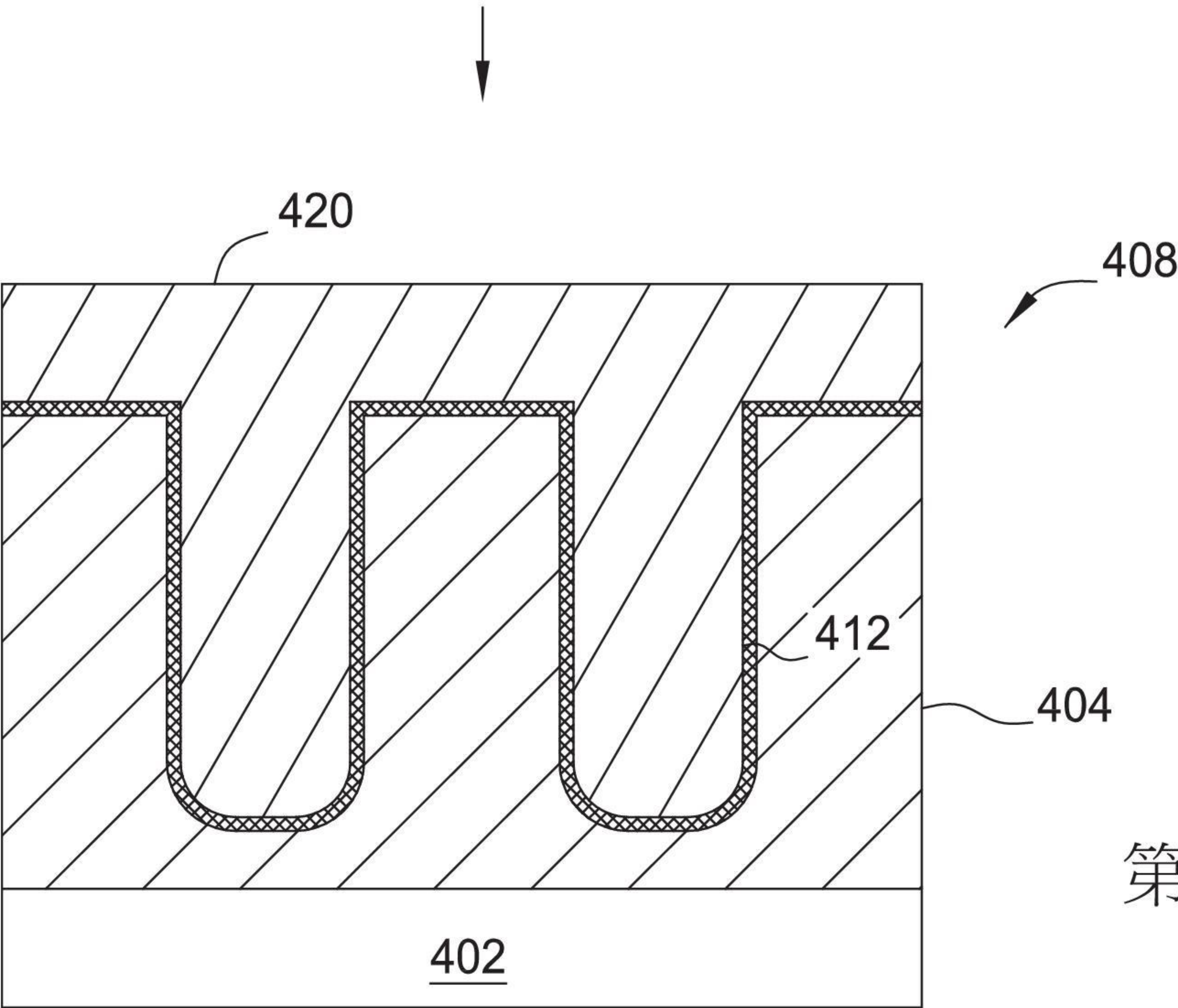
第4B圖



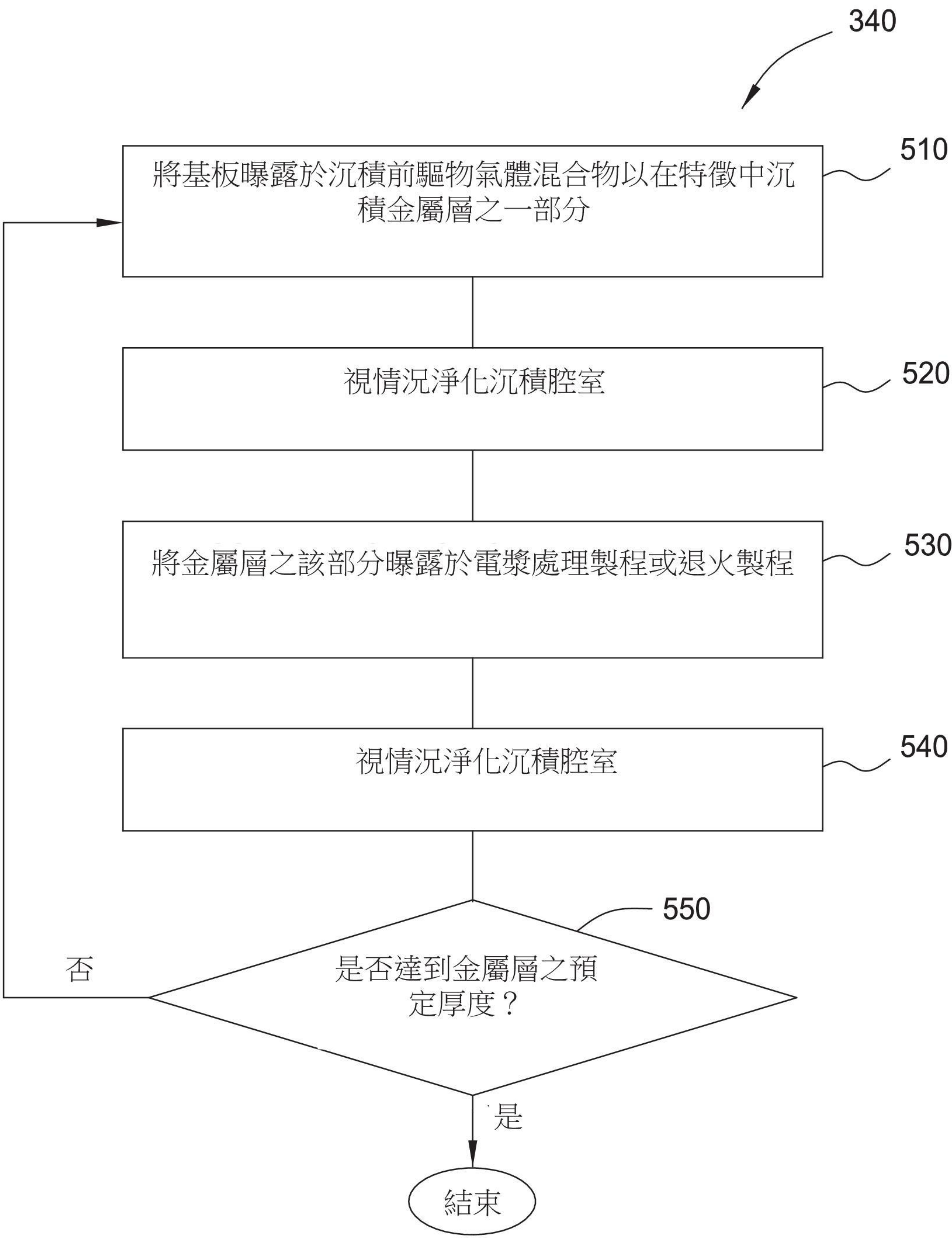
第4C圖



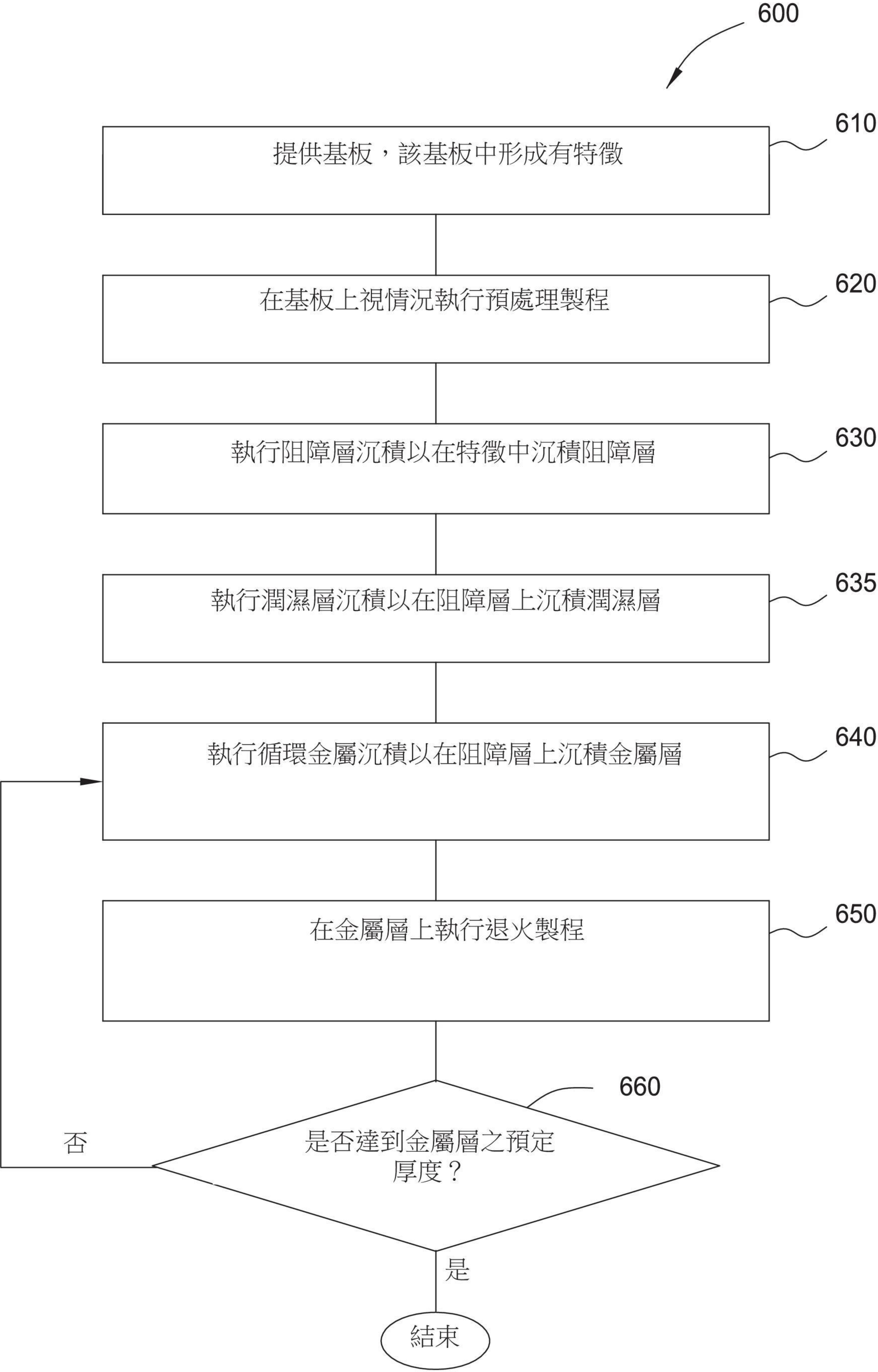
第4D圖



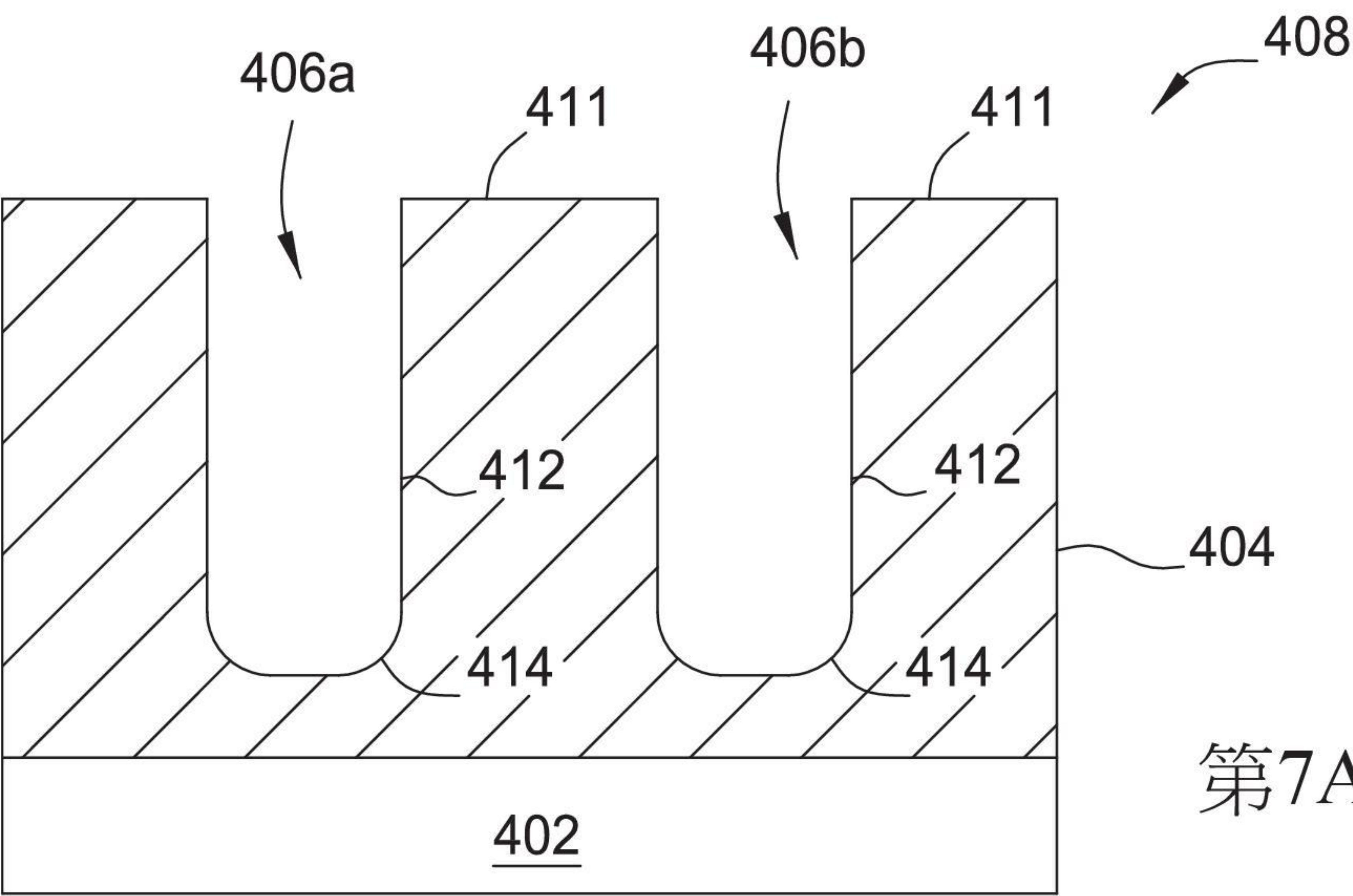
第4E圖



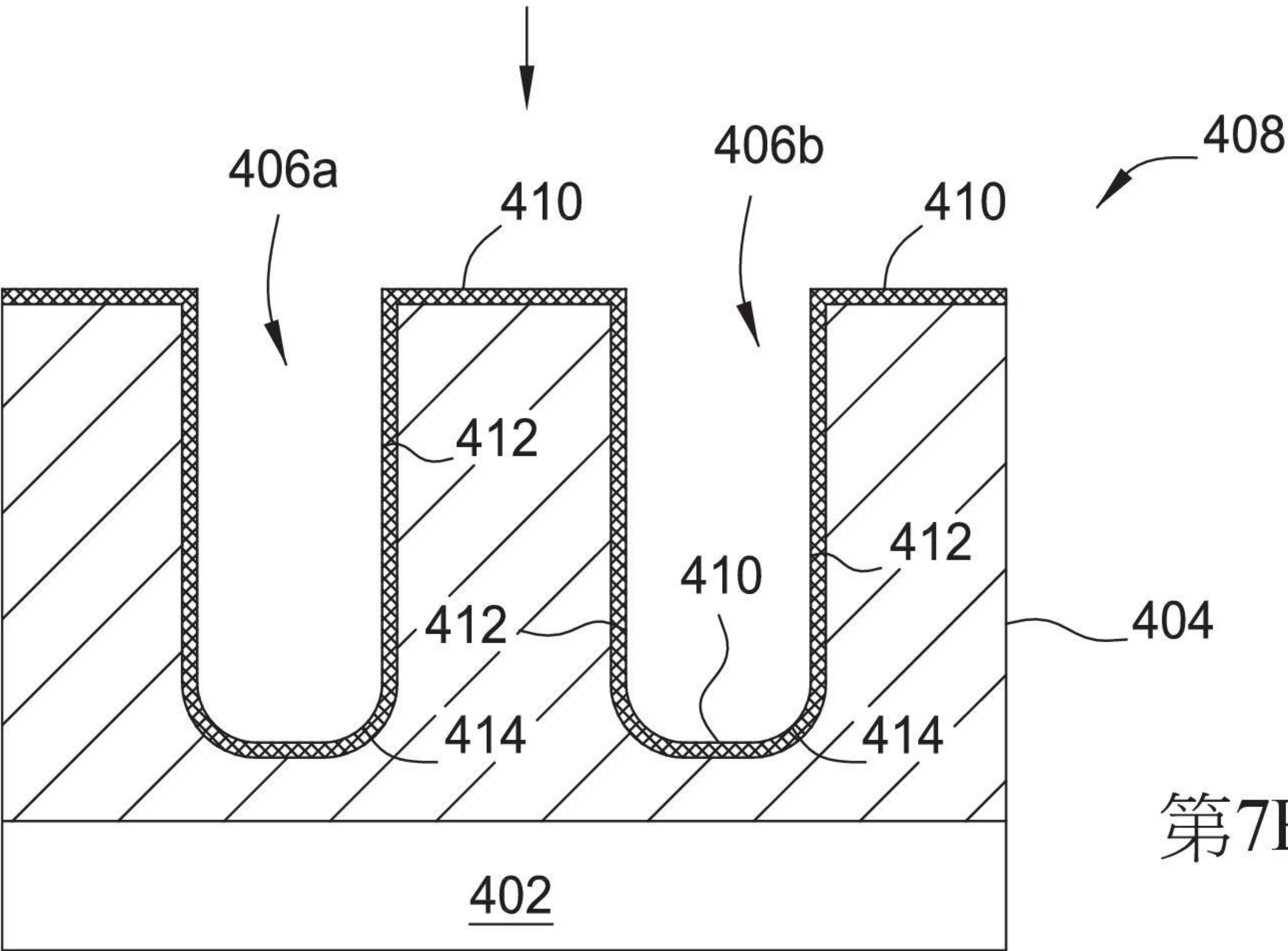
第5圖



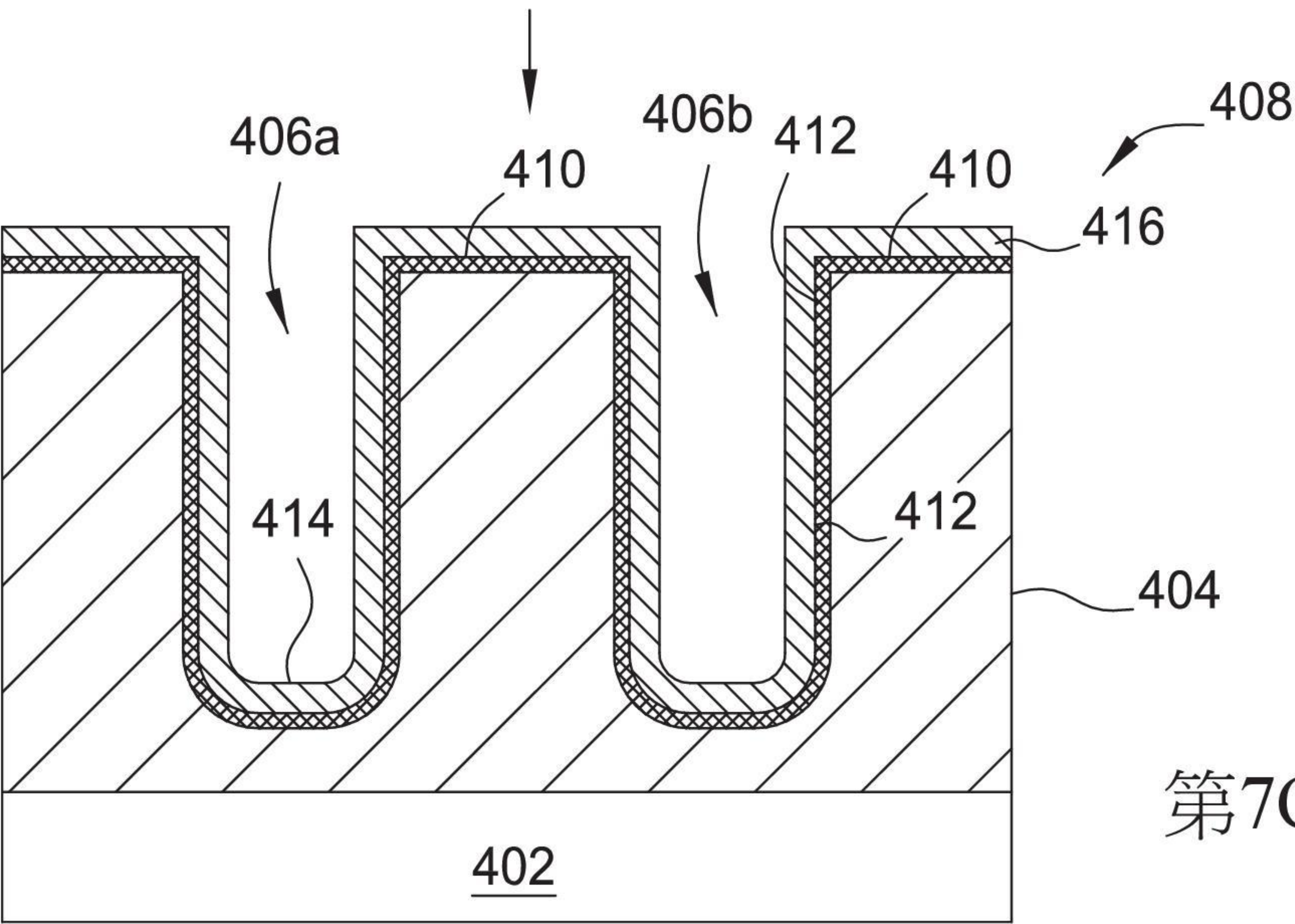
第6圖



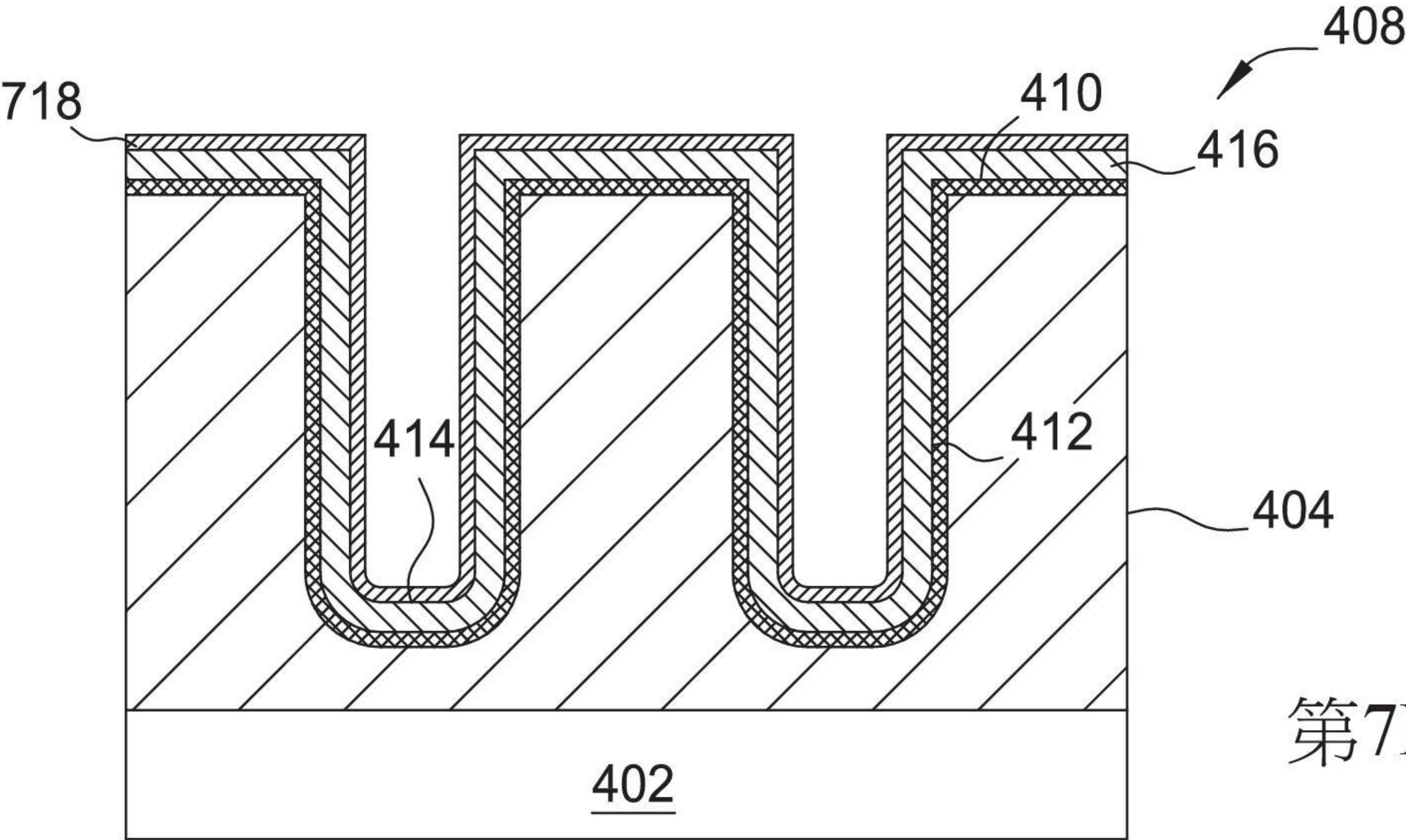
第7A圖



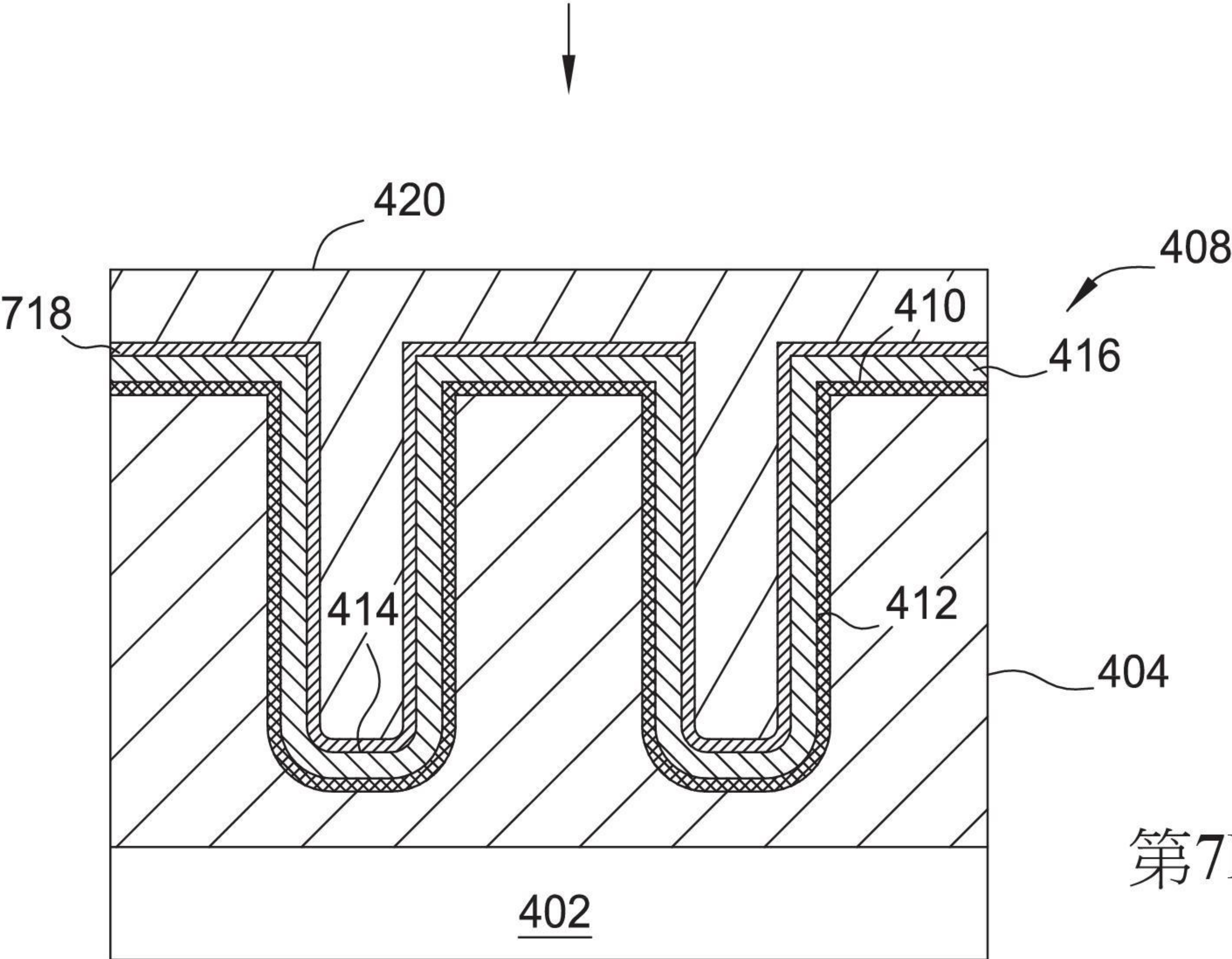
第7B圖



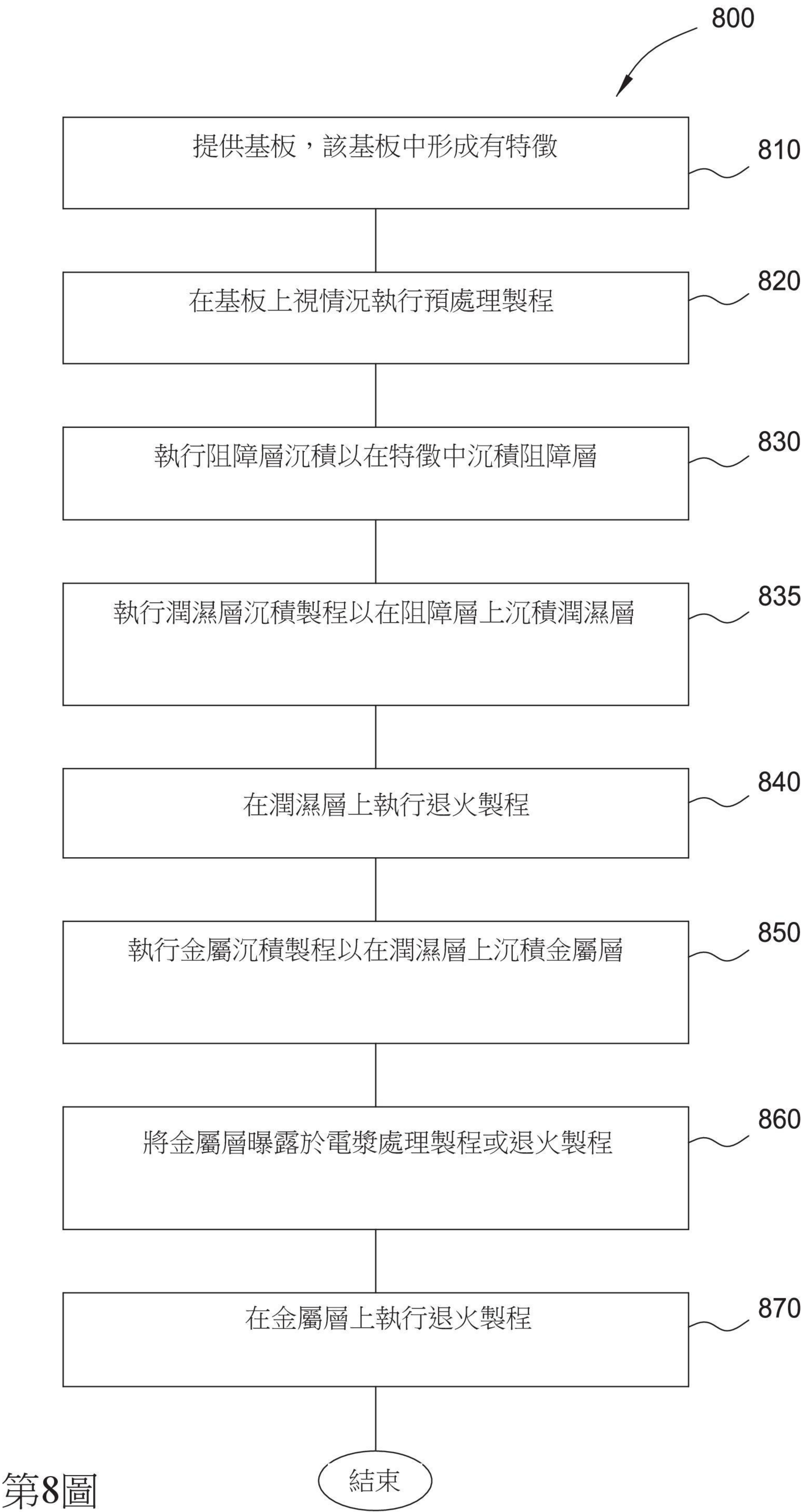
第7C圖

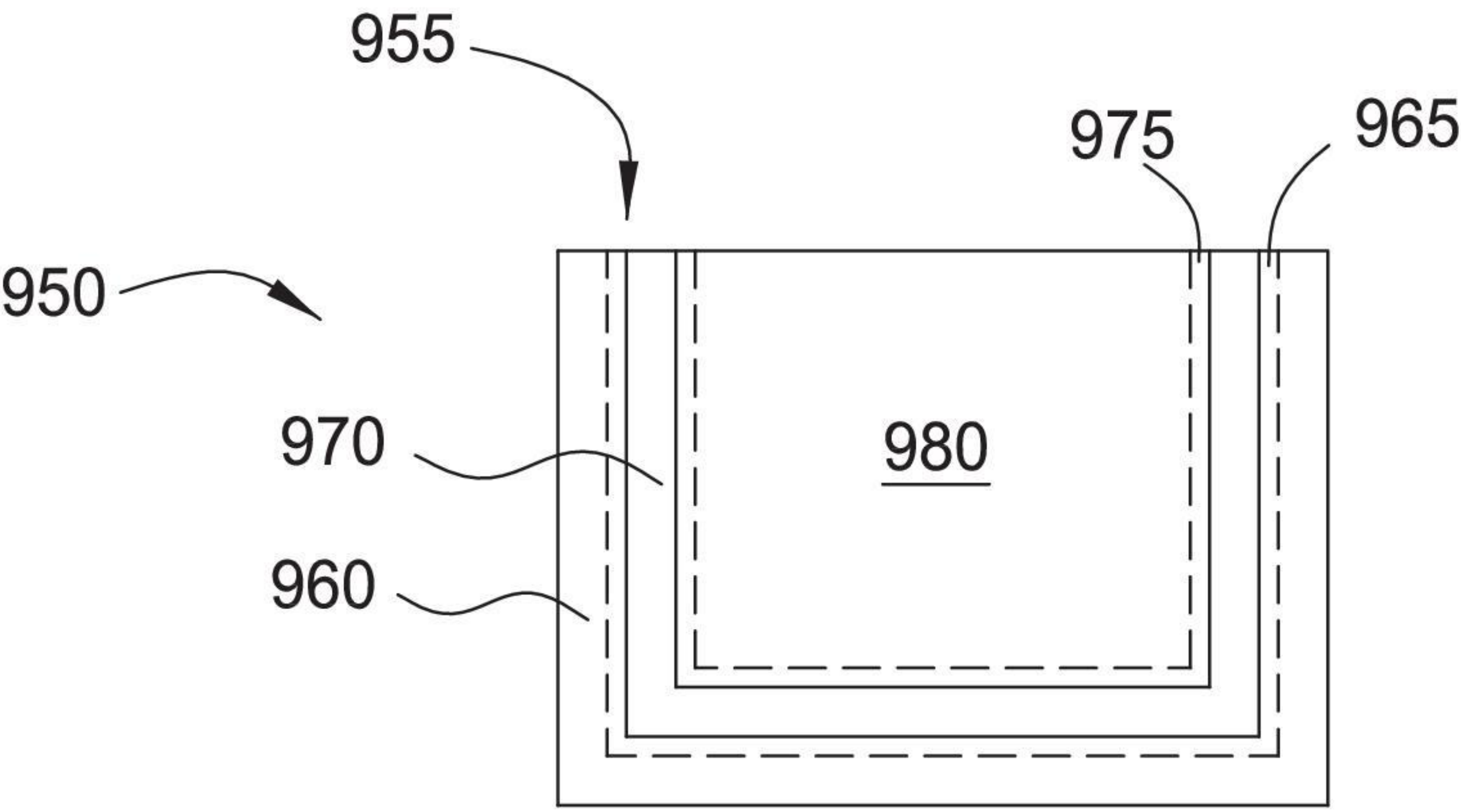


第7D圖

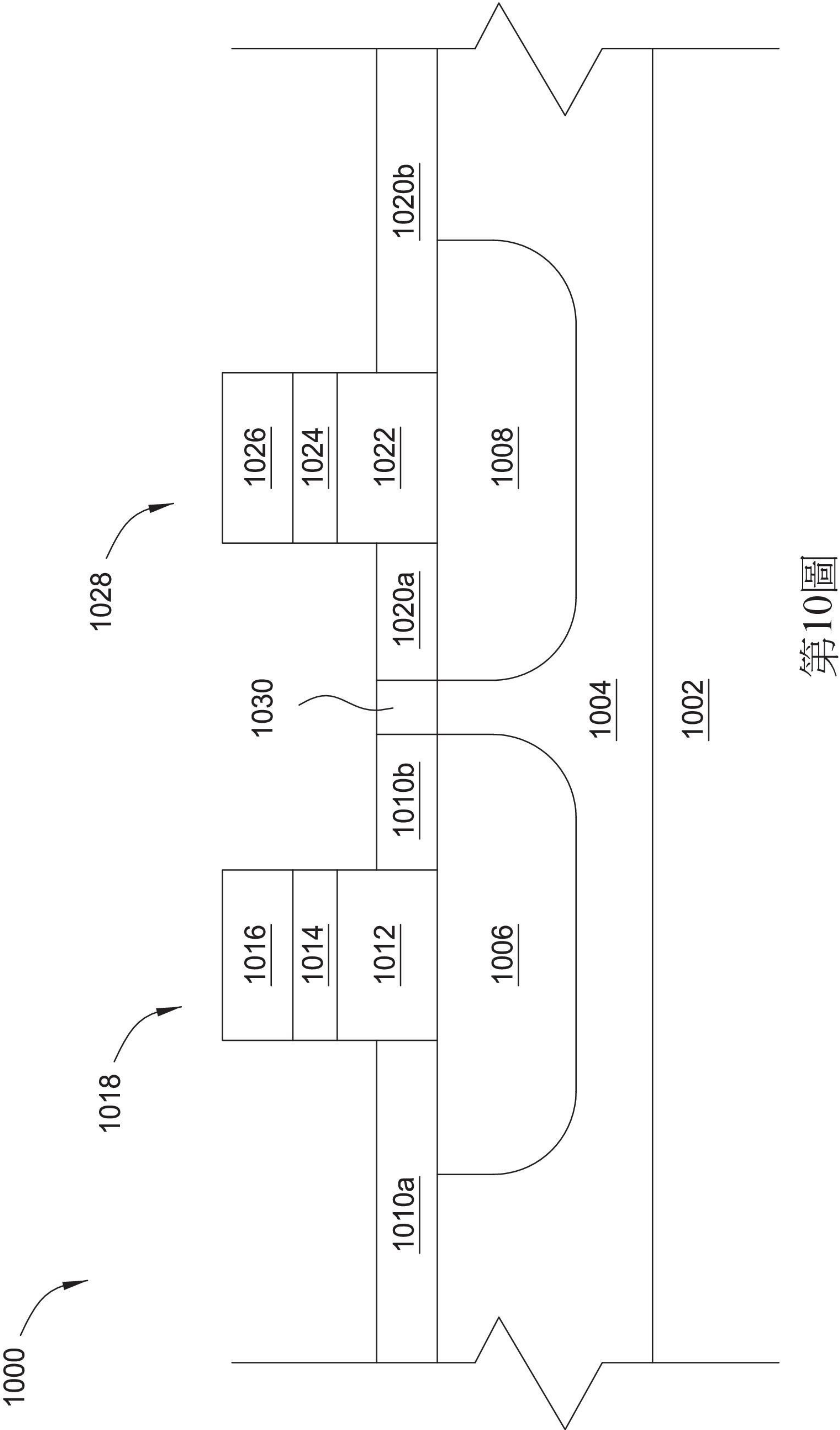


第7E圖





第9圖



第10圖