



(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 I564964 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：098102510

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 01 月 22 日

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

(30)優先權：2008/01/22 美國

12/018,074

(71)申請人：東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)

日本

(72)發明人：鈴木健二 SUZUKI, KENJI (JP)；喬曼美穗 JOMEN, MIHO (JP)；富倫 強納森 FULLAN, JONATHAN (US)

(74)代理人：周良謀；周良吉

(56)參考文獻：

US 7211509B1

US 2006/0110530A1

US 2006/0121733A1

審查人員：黃本立

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：4 共 35 頁

(54)名稱

選擇性低溫沈積鈦到半導體裝置之銅鍍金屬內的整合方法

METHOD FOR INTEGRATING SELECTIVE LOW-TEMPERATURE RUTHENIUM DEPOSITION INTO COPPER METALLIZATION OF A SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)摘要

一種將選擇性低溫沈積鈦金屬整合至半導體裝置之製造中的方法，其改善塊材銅金屬中的電遷移及應力遷移。此方法包含：備置一圖案化之基板，此基板在介電層中包含凹陷特徵部，其中此凹陷特徵部至少實質上為平坦化的塊材 Cu 金屬所填滿；在 H₂、N₂ 或 NH₃ 或其組合氣體存在的環境下熱處理該平坦化的塊材 Cu 金屬及該介電層；及在經熱處理的該平坦化塊材 Cu 金屬上選擇性地沈積 Ru 金屬膜。

A method for integrating low-temperature selective Ru metal deposition into manufacturing of semiconductor devices to improve electromigration and stress migration in bulk Cu metal. The method includes providing a patterned substrate containing a recessed feature in a dielectric layer, where the recessed feature is at least substantially filled with planarized bulk Cu metal, heat-treating the bulk Cu metal and the dielectric layer in the presence of H₂, N₂, or NH₃, or a combination thereof, and selectively depositing a Ru metal film on the heat-treated planarized bulk Cu metal.

指定代表圖：

326 · · · 罩蓋層

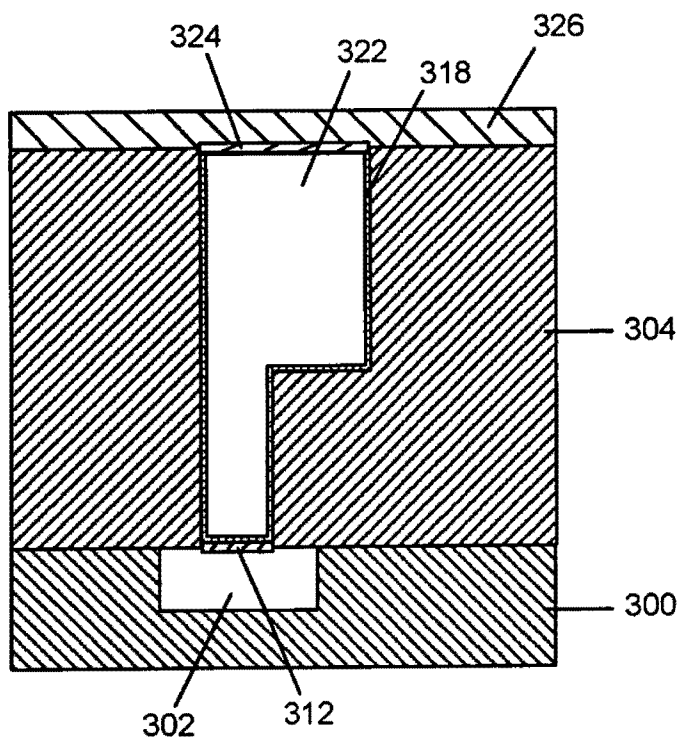


圖 2C

98年11月7日修(正)本

公告本

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98102510

※申請日：98.1.22

※IPC 分類：H01L 21/3205 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

選擇性低溫沈積鈦到半導體裝置之銅鍍金屬內的整合方法

METHOD FOR INTEGRATING SELECTIVE
LOW-TEMPERATURE RUTHENIUM DEPOSITION INTO
COPPER METALLIZATION OF A SEMICONDUCTOR
DEVICE

二、中文發明摘要：

一種將選擇性低溫沈積鈦金屬整合至半導體裝置之製造中的方法，其改善塊材銅金屬中的電遷移及應力遷移。此方法包含：備置一圖案化之基板，此基板在介電層中包含凹陷特徵部，其中此凹陷特徵部至少實質上為平坦化的塊材 Cu 金屬所填滿；在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合氣體存在的環境下熱處理該平坦化的塊材 Cu 金屬及該介電層；及在經熱處理的該平坦化塊材 Cu 金屬上選擇性地沈積 Ru 金屬膜。

三、英文發明摘要：

A method for integrating low-temperature selective Ru metal deposition into manufacturing of semiconductor devices to improve electromigration and stress migration in bulk Cu metal. The method includes providing a patterned substrate containing a recessed feature in a dielectric layer, where the recessed feature is at least substantially filled with planarized bulk Cu metal, heat-treating the bulk Cu metal and the dielectric layer in the presence of H_2 , N_2 , or NH_3 , or a

combination thereof, and selectively depositing a Ru metal film on the heat-treated planarized bulk Cu metal.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2C)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

300：介電層

302：第一金屬層

304：介電層

312：選擇性金屬膜

318：阻障層

322：經平坦化的塊材 Cu 金屬

324：Ru 金屬膜

326：罩蓋層

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於半導體製程與半導體裝置，尤其，係關於用以製造半導體裝置的鈰金屬膜選擇性沈積。

【交叉參考之文獻】

本發明係關於申請號為 11/693,298 之名為「METHOD OF FORMING LOW RESISTIVITY COPPER FILM STRUCTURES」的美國專利申請案。本發明係關於申請號為 11/853,393 之名為「METHOD FOR INTEGRATING SELECTIVE RUTHENIUM DEPOSITION INTO MANUFACTURING OF A SEMICONDUCTOR DEVICE」的美國專利申請案。將此些申請案的所有內容包含於此作為參考。相關的申請案皆為共有的。

【先前技術】

積體電路包含各種半導體裝置及複數導電金屬路徑，導電金屬路徑將電力提供予半導體裝置並允許此些半導體裝置共享及交換資訊。在積體電路中，金屬層利用使金屬層彼此絕緣的金屬間或層間介電層來層層堆疊。一般而言，每一金屬層必須形成連接到至少一額外金屬層的電接觸件。此類電接觸件係藉由下列方式所獲得：在分隔金屬層的層間介電層中蝕刻出介層洞（即通孔），並利用金屬填充所得之通孔而產生內連線。「通孔」泛指：形成在介電層內之任何凹陷特徵部如孔洞、線或其他類型特徵部，在其填有金屬時能夠經由介電層對介電層下方的導電層提供電連接。類似地，連接兩或更多孔通的凹陷特徵部通常被稱為溝槽。

在製造積體電路之多層金屬結構中使用銅(Cu)會產生一些仍需解決的問題。例如，Cu 原子在介電材料與 Si 中的高遷移率可能會導致 Cu 原子遷移至此些材料中，藉此形成可能會催毀積體電路的電缺陷。因此，通常會利用阻障層來

封住 Cu 金屬層、填有 Cu 的溝槽及填有 Cu 的通孔，以避免 Cu 原子擴散進入介電材料中。一般會在 Cu 沈積前將阻障層沈積於溝槽及通孔的側壁與底部，阻障層可包含的材料較佳地不與 Cu 反應且不溶於 Cu、能提供與介電材料的良好黏著性且可提供低電阻率。

隨著技術節點的往前推進，積體電路之電連線中的電流密度大幅地增加。由於電遷移(EM)及應力遷移(SM)壽命與電密度成反比，EM 及 SM 已快速地成為重大挑戰。Cu 雙鑲嵌內連線結構的 EM 壽命強烈地與塊材 Cu 金屬與週圍材料(例如，罩蓋層)之界面處的 Cu 原子輸送相依，其直接地與此些界面處的黏著性相關。業界已廣泛地研究能夠提供較佳黏著性與較佳 EM 壽命的新罩蓋層材料。例如，利用無電鍍技術將磷化鈷鎢(CoWP)層選擇性地沈積至塊材 Cu 金屬上。

CoWP 與塊材 Cu 金屬的界面具有能產生較長 EM 壽命的優良黏著強度。然而，在塊材 Cu 金屬尤其是在排列緊密的 Cu 導線上維持可接受的沈積選擇性及維持良好的膜均勻性，會影響到此複雜製程的接受度。又，使用酸性溶液的濕式製程步驟可能會不利於 CoWP 的使用。

因此，需要新方法來沈積金屬層以提供與 Cu 的良好黏著性及塊材 Cu 金屬的較佳 EM 與 SM 特性。尤其，此些方法應提供：相較於在介電表面上，在金屬表面上具有良好選擇性的金屬沈積。

【發明內容】

本發明之實施例提供了一種將低溫選擇性 Ru 沈積整合至半導體裝置製造中的方法，以改善 Cu 金屬結構中的電遷移與應力遷移。根據本發明之一實施例，圖案化的基板包含一或多個雙鑲嵌內連線結構，此結構包含一或多個溝槽及一或多個通孔。

根據本發明的一實施例，該方法包含：備置在介電層中

包含凹陷特徵部的一圖案化基板，其中該凹陷特徵部係至少實質上被平坦的塊材 Cu 金屬所填滿；在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合物存在的環境下對該塊材 Cu 金屬與該介電層進行熱處理；及選擇性地將 Ru 金屬膜沈積至經熱處理的平坦塊材 Cu 金屬上。

根據本發明之一實施例，該方法包含：備置在介電層中包含凹陷特徵部的一圖案化基板，其中該凹陷特徵部係至少實質上被平坦的塊材 Cu 金屬所填滿；在 H_2 存在且基板溫度低於 $200^\circ C$ 的環境下對該塊材 Cu 金屬與該介電層進行熱處理；及藉著在熱化學氣相沈積處理中將該圖案化基板暴露至包含 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體的處理氣體中，選擇性地將 Ru 金屬膜沈積至經熱處理的平坦塊材 Cu 金屬上。

根據本發明的一實施例，該方法包含：備置在介電層中包含凹陷特徵部的一圖案化基板，其中該凹陷特徵部係至少實質上被平坦的塊材 Cu 金屬所填滿；在 N_2 或 NH_3 或其組合物存在且基板溫度低於 $200^\circ C$ 的環境下對該塊材 Cu 金屬與該介電層進行熱處理；及藉著在熱化學氣相沈積處理中將該圖案化基板暴露至包含 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體的處理氣體中，選擇性地將 Ru 金屬膜沈積至經熱處理的平坦塊材 Cu 金屬上。

【實施方式】

本發明之實施例提供了一種將低溫選擇性 Ru 金屬沈積整合至半導體裝置製造中的一種方法，以改善 Cu 金屬結構中的電遷移(EM)及應力遷移(SM)。Ru 金屬膜可被用來作為與內連線結構中之金屬層及塊材 Cu 金屬接觸的黏著層，以改善 Cu 金屬結構的 EM 及 SM 特性。熟知此項技藝者應瞭解，各種實施例可在毋需一或多個特定細節的情況下施行，或利用其他替換物及/或額外方法、材料或元件一起施行。

在其他情況下，習知的結構、材料或操作並未加以顯示或詳細敘述，以避免模糊了本發明之各種實施例的態樣。類似地，為了解釋的目的，提供特定的數量、材料及配置以提供對本發明的全面瞭解。又，應瞭解，圖中所示的各種實施例為說明性且不必依比例繪製。

本文中所謂之「一實施例」係指與實施例相關敘述的特定特徵部、結構、材料或特性係被包含於本發明之至少一實施例中，但不表示其存在於每個實施例中。因此，在本文中各處所出現的「一實施例」並不指本發明的相同實施例。

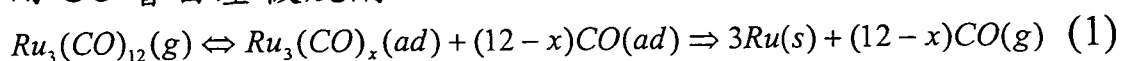
圖 1A 顯示了根據本發明之實施例，沈積在包含 Cu 金屬與含 Si 低介電係數(low-k)材料之晶圓上之 Ru 金屬膜(單位為埃(10^{-10} m))係為沈積 Ru 金屬膜之處理室中的晶圓溫度(單位為度 C, $^{\circ}\text{C}$)與處理壓力的函數。在沈積 Ru 金屬前，藉著在 3 Torr 處理壓力下及 H_2 氣體中熱處理包含 Cu 金屬或低介電係數(low-k)之晶圓而達到前處理。在預處理後，在 500 mTorr、100 mTorr 及 15 mTorr(毫托)之處理壓力且基板溫度介於約 115°C 至約 210°C 下，將基板暴露至包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及 CO 氣體的處理氣體中約 10 秒。在第一實例中，曲線 10A(由實心方塊所代表之曲線數據)及 10B(由空心方塊所代表的曲線數據)分別顯示了處理室之處理壓力為 15 mTorr 的條件下，Cu 金屬與低介電係數(low-k)材料上的 Ru 金屬厚度。在第二實例中，曲線 11A(由實心圓所代表之曲線數據)及 11B(由空心圓所代表之曲線數據)分別顯示了處理壓力為 100 mTorr 的條件下，Cu 金屬與低介電係數(low-k)材料上的 Ru 金屬厚度。在第三實例中，曲線 12A(由實心三角形所代表之曲線數據)及 12B(由空心三角形所代表之曲線數據)分別顯示了處理壓力為 500 mTorr 的條件下，Cu 金屬與低介電係數(low-k)材料上的 Ru 金屬厚度。圖 1A 顯示了相對於直接沈積於低介電係數(low-k)材料上，直接沈積於 Cu 金屬上之 Ru 金屬的初始沈積在晶圓溫度高於約 150°C 時具有高度

選擇比，且選擇比為處理壓力的函數其隨著處理壓力的降低而增加。此高度選擇性可被用來將超薄(數埃的厚度)Ru 金屬膜沈積至 Cu 及其他金屬上。

圖 1B 顯示了根據本發明之實施例，沈積於低介電係數 (low-k) 材料 ($k=2.4$) 上之 Ru 金屬膜的厚度為晶圓溫度與預處理條件的函數。在 Ru 金屬沈積之前，藉著在 3 Torr 處理壓力且具有或不具有電漿暴露的 H_2 氣體下熱處理基板 1 分鐘可達到預處理。如美國專利號 5,024,716 且名為「Plasma processing apparatus for etching, ashing, and film-formation」的美國專利中所述，預處理係於容納有槽口平面天線 (SPA) 的電漿處理室中進行，特將此文獻的全部內容包含於此作為參考。

在預處理後，在 100 mTorr 的處理壓力下利用包含 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體的處理氣體來沈積 Ru 金屬膜。曲線 20A (空心菱形所代表之曲線數據) 顯示了利用電漿激發之 H_2 氣體前處理過之基板上之 Ru 膜的厚度，而曲線 20B (與圖 1A 中的曲線 10A 相同；空心圓所代表的曲線數據) 顯示了利用未以電漿激發之 H_2 氣體前處理過之基板上之 Ru 膜的厚度。圖 1B 顯示了相較於未以電漿激發之 H_2 氣體前處理過之基板，利用電漿激發之 H_2 氣體前處理低介電係數 (low-k) 材料會大幅增加初始 Ru 金屬膜沈積速率。本發明人相信，利用電漿激發之 H_2 氣體前處理會活化低介電係數 (low-k) 材料的裸露表面，藉此降低了 Ru 金屬沈積於經活化低介電係數 (low-k) 材料上的潛伏期且亦降低了 Ru 金屬沈積於不同材料上的選擇比。

一般認為， $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣吸附於晶圓(基板)上會導致： $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物部分分解為吸附在表面上的 $Ru_3(CO)_x$ 及 CO 物種，接著吸附的 $Ru_3(CO)_x$ 會更進一步地分解為 Ru 金屬而 CO 會自基板脫附。



雖然不希望受到理論的限制，但本發明人相信，在金屬

表面如 Cu 或鎢(W)上觀察到的選擇性 Ru 金屬沈積係至少部分由於吸附在介電表面上的 CO 濃度較吸附在金屬表面上的 CO 濃度更高，藉此有利於在介電表面上發生反應式(1)，即吸附的 CO 與 $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ 復合而再度形成 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 。在金屬表面上較佳的吸附 CO 濃度會導致吸附在金屬表面上的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_x$ 以較吸附在介電表面上更高的分解率分解為 Ru 金屬與 CO。

本發明之實施例提供一種在圖案化基板之經預處理之金屬表面(例如，Cu 金屬)上高選擇性低溫沈積 Ru 金屬膜的系統與方法。圖案化之基板可包含高深寬比之凹陷特徵部。根據本發明之一實施例，雙鑲嵌內連線結構包含形成於圖案化基板中的溝槽與通孔，其中溝槽與通孔包含側壁與底部。通孔可具有大於或等於約 2:1 的深寬比(深度/寬度)，例如 3:1、4:1、5:1、6:1、12:1、15:1 或更高。通孔可具有約 200 nm 或更小的寬度，例如 150 nm、100 nm、65 nm、45 nm、32 nm、20 nm 或更小。然而，本發明之實施例並不限於此些深寬比或通孔寬度，亦可使用其他深寬比或通孔寬度。

圖 2A 顯示了根據本發明一實施例之雙鑲嵌內連線結構的橫剖面概圖。雙鑲嵌內連線結構係被平坦化的塊材 Cu 金屬 322 所填充，其可藉由下列方式所形成：以塊材 Cu 金屬填充雙鑲嵌內連線結構，並利用平坦化處理如化學機械研磨(CMP)處理來移除多餘的 Cu 金屬。如圖 2A 中所概示，平坦化處理更自場表面 314 移除了阻障層 318。塊材 Cu 金屬沈積處理係為電路製造領域中具有通常技藝者所習知，且例如可包含電化學電鍍處理或無電鍍處理。又，CMP 處理亦為熟知此項技藝者所習知。

在圖 2A 中阻障層 318 可例如包含：含 Ta(例如 Ta、TaC、TaN 或 TaCN 或其組合)、含 Ti 層(例如，Ti、TiN 或其組合)、或含 W 層(例如，W、WN 或其組合)。在一實例中，阻障層 318 可包含以電漿增強原子層沈積(PEALD)系統利用交替暴

露至第三戊亞氨-三-二甲氨基鉭

($\text{Ta}(\text{NC}(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_5)(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$) 及 H_2 所沈積的 TaCN 。

在圖 2A，雙鑲嵌結構更包含介電層 300 中的第一金屬層 302(例如 Cu 或 W)。介電層 300 可例如包含： SiO_2 、低介電係數材料如氟化之矽玻璃(FSG)、摻雜碳之氧化物、聚合物、含 SiCOH 之低介電係數材料、非多孔性之低介電係數材料、多孔性之低介電係數材料、CVD 低介電係數材料、旋塗介電型之係介電係數材料、或任何其他適合的介電材料。雙鑲嵌內連線結構包含在介電層 304 中被蝕刻出的溝槽與通孔。介電層 304 包含圍繞雙鑲嵌內連線結構的場表面 314 區域。雖然未圖示，但內連線結構可包含額外膜層，例如介於介電層 300 與 304 間之溝槽的蝕刻停止層、通孔的蝕刻停止層、及分隔第一金屬層 302 與介電層 300 的阻障層。雙鑲嵌內連線結構可利用熟知此項技藝中人所習知之標準微影與蝕刻方法而加以形成。應瞭解，本發明之實施例亦可應用於較簡單或更複雜之雙鑲嵌內連線結構與包含金屬層之其他類型凹陷特徵部。

圖 2A 更顯示了選擇性沈積於第一金屬層 302 上的選擇性金屬膜 312(例如，Ru 金屬膜)。根據本發明之一實施例，在填充塊材 Cu 金屬之前，可將 Ru 膜(未圖示)保形地沈積於阻障層 318 上。

本發明已體認到，平坦化處理如 CMP 可能會因為平坦化處理所用之腐蝕性處理環境而對經平坦化之圖案化基板的後續處理(例如，選擇性金屬沈積)產生問題。根據本發明之實施例，此些問題可藉著在存在氫(H_2)、氮(N_2)或氨(NH_3)或其組合的環境下熱處理經平坦化的圖案化基板而加以最小化或消除。

根據本發明之一實施例，在形成圖 2A 中之雙鑲嵌內連線結構後，在存在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合的環境下熱處理經平坦化的塊材 Cu 金屬 322 及介電層 304 的場表面 314。

熱處理可在低於 200 °C 的基板溫度下進行，且更可包含貴重氣體如氬氣(Ar)。或者，熱處理可在介於 200 °C 至 400 °C 間的基板溫度下進行。在一實例中，可使用純的 H₂、純的 N₂ 或純的 NH₃。在另一實例中，H₂、N₂ 或 NH₃ 或其組合更可包含貴重氣體如氬氣(Ar)。在一實例中，可使用 10:1 的 H₂/Ar 混合氣體。

根據本發明之另一實施例，可在存在 H₂ 的環境下於低於 200 °C 的基板溫度下進行熱處理。在一實例中可使用純的 H₂。在另一實例中，可使用 H₂ 與 Ar 的混合氣體。

根據本發明的更另一實施例，可在存在 N₂ 或 NH₃ 或其組合氣體的環境下於低於 200 °C 的基板溫度下進行熱處理。在一實例中，可使用純的 N₂ 或純的 NH₃。在另一實例中，可使用 N₂ 與 Ar 的混合氣體或 NH₃ 與 Ar 的混合氣體或 N₂、NH₃ 與 Ar 的混合氣體。

在熱處理之後，如圖 2B 中所示，選擇性地將 Ru 金屬膜 324 沈積至經熱處理的平坦化塊材 Cu 金屬 322 上。可在介於 100 °C 至 300 °C 的基板溫度下沈積 Ru 金屬膜 324。根據本發明之一實施例，熱處理與 Ru 金屬膜沈積皆可在低於 200 °C 的基板溫度下進行。可在利用包含 Ru₃(CO)₁₂ 前驅物蒸氣與 CO 氣體之處理氣體的 TCVD 處理中沈積 Ru 金屬膜 324。在一實施例，Ru 金屬膜 324 的平均厚度可介於 2 至 20 埃、或介於 5 至 15 埃，例如約 10 埃。在一實施例中，Ru 金屬膜 324 可小於 10 埃。根據一實施例，在平坦化之塊材 Cu 金屬 322 上之 Ru 金屬膜 324 的表面覆蓋度並不完全而留有會暴露出平坦化之塊材 Cu 金屬 322 的間隙。根據一實施例，熱處理與 Ru 金屬膜沈積可在相同的處理室中進行。或者，熱處理與 Ru 金屬膜沈積可在不同的處理室中進行。

在將 Ru 金屬膜 324 選擇性地沈積至平坦化的塊材 Cu 金屬 322 上之後，可對圖 2B 中所示之部分製造完成的半導體裝置進行更進一步的處理。圖 2C 顯示了沈積在 Ru 金屬

膜 324 上及介電層 304 上的保形罩蓋層 326。例如，罩蓋層 326 可包含氮化矽或氮化碳矽。在其他實例中，罩蓋層 326 可包含氮化金屬如 CuSiN 、 WN 、 TiN 或 CoN 。根據本發明之一實施例，在沈積罩蓋層 326 之前，可在存在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合氣體的環境下在介於 150°C 至 400°C 的基板溫度下對 Ru 金屬膜與介電層進行熱處理。

圖 3 顯示了根據本發明之一實施例，自 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體沈積 Ru 金屬膜用之熱化學氣相沈積 (TCVD) 系統。沈積系統 1 包含：具有基板支撐件 20 之處理室 10，支撐件 20 係用以支撐將形成 Ru 金屬膜於其上的圖案化基板 25。處理室 10 係藉由氣相前驅物輸送系統 40 而連接至金屬前驅物蒸發系統 50。

處理室 10 更經由導管 36 而連接至真空泵抽系統 38，其中真空泵抽系統 38 係用以將處理室 10、氣相前驅物輸送系統 40 及金屬前驅物蒸發系統 50 抽真空至適合用以在圖案化基板 25 上形成 Ru 金屬膜且適合用以在金屬前驅物蒸發系統 50 中蒸發 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 的壓力。

仍參考圖 3，金屬前驅物蒸氣系統 50 係用以儲存 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52、將 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 加熱至足以蒸發 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 的溫度、及將 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 蒸氣導入氣相前驅物輸送系統 40 中。在金屬前驅物蒸發系統 50 中之 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 於選定的加熱條件下為固態。為了達到昇華固態 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 的期望溫度，金屬前驅物蒸發系統 50 係連接至用以控制蒸發溫度的蒸發溫度控制系統 54。

例如，可將 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 的溫度升高至介於約 40°C 至約 150°C 。或者，可將蒸氣溫度維持在約 60°C 至約 90°C 。當加熱 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 以引發昇華時，使含 CO 之氣體通過 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 52 之上方或其間以捕集正在形成的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣。含 CO 之氣體包含 CO 及

選擇性的惰性載氣如 N_2 或貴重氣體(即 He、Ne、Ar、Kr 或 Xe)或其組合。在 CO 氣體的存在下蒸發 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物可降低限制 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣輸送至圖案化基板的問題。已發現，當 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣正在形成時添加 CO 氣體至 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣可增加蒸發溫度。升高的溫度增加 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物的蒸氣壓，使得輸送至處理室的 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物增加，因此增加了 Ru 金屬膜在圖案化基板 25 上的沈積速率。在 2004 年 11 月 23 日申請之名為「Method for Increasing Deposition Rates of Metal Layers from Metal-carbonyl Precursors」的美國專利申請案 10/996,145 中的敘述已發現，在將 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物輸送至處理室 10 之前利用 CO 氣體來降低氣相前驅物輸送系統 40 中之 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物的過早沈積，可促進 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物輸送至用以沈積 Ru 金屬膜之處理室的輸送效率，特將其所有內容包含於此作為參考。

在一實例中，金屬前驅物蒸發系統 50 可為多盤蒸發系統，以有效地蒸發及輸送 $Ru_3(CO)_{12}$ 蒸氣。例示性之多盤蒸發系統係敘述於 2004 年 11 月 29 日申請之名為「Multi-Tray Film Precursor Evaporation System and Thin Film Deposition System Incorporating Same」的美國專利申請案 10/998,420 中。

例如，氣體供給系統 60 係連接至金屬前驅物蒸發系統 50，並藉由饋送管線 61 將例如 CO、載氣或其混合物供給至 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物 52 下方，或藉由饋送管線 62 將上述者供給至 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物 52 上方。此外，氣體供給系統 60 係連接至自金屬前驅物蒸發系統 50 下游的氣相前驅物輸送系統 40，以藉由饋送管線 63 將氣體供給至 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物 52 的蒸氣或在 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物 52 進入氣相前驅物輸送系統 40 後供給氣體。又，饋送管線 63 可利用包含 CO 氣體之預處理氣體來預處理圖案化基板 25，以在圖案化基板 25 暴

露至 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體之前，使圖案化基板 25 之裸露表面的吸附 CO 達到飽和。

雖然未圖示，但氣體供給系統 60 可包含載氣源、CO 氣體源、一或多個控制閥、一或多個過濾裝置及質量流量控制器。例如，含 CO 氣體的流量可介於約 0.1 每分鐘標準立方公分(sccm)至約 1000 sccm。或者，含 CO 氣體的流量可介於約 10 sccm 至約 500 sccm。又或者，含 CO 氣體的流量可介於約 50 sccm 至約 200 sccm。根據本發明之實施例，含 CO 氣體的流量範圍可自約 0.1 sccm 至約 1000 sccm。或者，含 CO 氣體的流量可介於約 1 sccm 至約 500 sccm。

包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及 CO 氣體之處理氣體自金屬前驅物蒸發系統 50 的下游流過氣相前驅物輸送系統 40 直到其藉由連接至處理室的蒸氣分配系統 30 進入處理室 10 為止。氣相前驅物輸送系統 40 可連接至蒸氣線溫度控制系統 42 以控制蒸氣線溫度並避免 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣分解並避免 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣冷凝。氣相前驅物輸送系統 40 可例如被維持在介於 50°C 至 100°C 的溫度。

仍參考圖 3，形成處理室 10 之一部分並連接至處理室 10 的蒸氣分配系統 30 包含：蒸氣分配充氣室 32，蒸氣在通過蒸氣分配板 34 及進入圖案化基板 25 上方之處理區 33 之前，會在蒸氣分配充氣室 32 中受到分散。此外，蒸氣分配板 34 可連接至用以控制蒸氣分配板 34 之溫度的分配板溫度控制系統 35。

一旦包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及 CO 氣體的處理氣體進入處理室 10 之處理區 33 後， $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣會因圖案化基板 25 的升高溫度而吸附在基板表面上並熱分解，在圖案化基板 25 上形成 Ru 金屬膜。藉由基板支撐件 20 連接至基板溫度控制系統 22 的優點，基板支撐件 20 係用以升高圖案化基板 25 的溫度。例如，基板溫度控制系統 22 可用以將圖案化基板 25 的溫度升高上至約 500°C 。又，處理室

10可連接至用以控制腔室壁之溫度的腔室溫度控制系統12。

仍參考圖3，沈積系統1更可包含用以操作及控制沈積系統1之操作的控制系統80。控制系統80係連接至處理室10、基板支撐件20、基板溫度控制系統22、腔室溫度控制系統12、蒸氣分配系統30、氣相前驅物輸送系統40、金屬前驅物蒸發系統50及氣體供給系統60。

圖4顯示了根據本發明之一實施例，自 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及CO氣體沈積Ru金屬膜之另一TCVD系統的概圖。沈積系統100包含具有基板支撐件120的處理室110，基板支撐件120係用以支撐將形成Ru金屬膜於其上的圖案化基板125。處理室110係連接至前驅物輸送系統105及氣相前驅物輸送系統140，前驅物輸送系統105具有用以儲存及蒸發 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物152的金屬前驅物蒸發系統150，而氣相前驅物輸送系統140係用以將 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物152之蒸氣輸送至處理室110。

處理室110包含：上腔室部111、下腔室部112及排放室113。開口114係形成於下腔室部112內下腔室部112與排放室113連接之處。

仍參考圖4，基板支撐件120提供水平表面以支撐待處理的圖案化基板(或晶圓)125。基板支撐件120可藉由自排放室113之下部向上延伸的柱形支撐構件122所支撐。又，基板支撐件120包含連接至基板支撐件溫度控制系統128的加熱器126。例如，加熱器126可包含一或多個電阻式加熱元件。或者，加熱器126可包含輻射式加熱系統如鎢-鹵素燈。基板支撐件溫度控制系統128可包含電源及控制器，電源係用以提供能量至一或多個加熱元件、一或多個用以量測基板溫度或基板支撐件溫度的溫度感應器、或上述兩者，而控制器係用以對圖案化基板125或基板支撐件120的溫度進行監測、調整或控制中的至少一種。

在處理期間，受到加熱的圖案化基板125可熱分解

$\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣且能夠將 Ru 金屬膜沈積至圖案化基板 125 上。基板支撐件 120 會被加熱至適合用以將期望的 Ru 金屬膜沈積至圖案化基板 125 上的預定溫度。此外，連接至腔室溫度控制系統 121 的加熱器(未圖示)可被鑲嵌至處理室 110 的壁中以將腔室壁加熱至預定溫度。加熱器可將處理室 110 之室壁的溫度維持在自約 40°C 至約 150°C ，或自約 40°C 至約 80°C 。使用壓力計(未圖示)來量測處理室壓力。根據本發明之一實施例，處理室壓力可介於約 1 mTorr 至約 500 mTorr。或者，處理室壓力可介於約 10 mTorr 至約 100 mTorr。

在圖 4 中亦顯示，蒸氣分配系統 130 係連接至處理室 110 的上腔室部 111。蒸氣分配系統 130 包含蒸氣分配板 131，蒸氣分配板 131 係用以經由一或多個孔口 134 將前驅物蒸氣自蒸氣分配充氣室 132 導入圖案化基板 125 上方的處理區 133。

又，在上腔室部 111 中提供開口 135 以將包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及 CO 氣體的處理氣體自氣相前驅物輸送系統 140 導入蒸氣分配充氣室 132 中。又，提供溫度控制元件 136 如用以使冷卻或加熱流體流動的同心流體管道，以控制蒸氣分配系統 130 的溫度，藉此避免 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣在蒸氣分配系統 130 內分解或冷凝。例如，可自蒸氣分配溫度控制系統 138 將流體如水供應至流體管道。蒸氣分配溫度控制系統 138 可包含：流體源、熱加換器、一或多個用以量測流體溫度或蒸氣分配板溫度或兩者的溫度感應器、及用以將蒸氣分配板 131 之溫度控制在介於約 20°C 至約 150°C 的控制器。對於 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物而言，蒸氣分配板 131 的溫度可被維持在或高於約 65°C 的溫度，以避免前驅物冷凝於蒸氣分配板 131 上。

如圖 4 中所示，金屬前驅物蒸發系統 150 係用以支撐 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152 及藉著升高 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物的溫度而蒸發(或昇華) $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152。無論例如自固態至液態

至氣體、自固態至氣態、或自液態至氣態的轉變，在此文中交換使用「蒸氣化」、「昇華」及「蒸發」等詞，以表示自固態或液態前驅物一般性地形成蒸氣(氣態)。提供前驅物加熱器 154 以加熱 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152，以在產生期望之 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152 蒸氣壓力的溫度下維持 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物。前驅物加熱器 154 係連接至用以控制 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152 之溫度的蒸氣溫度控制系統 156。例如，前驅物加熱器 154 可用以將 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152 的溫度自約 40°C 調整至約 150°C ，或自約 60°C 調整至約 90°C 。

當 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物 152 被加熱至產生蒸發(或昇華)時，可使含 CO 之氣體通過 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物的上方或之間以捕集正在形成的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣。含 CO 之氣體包含 CO 且選擇性地包含惰性載氣如 N_2 或貴重氣體(即，He、Ne、Ar、Kr、Xe)。例如，氣體供給系統 160 係連接至金屬前驅物蒸發系統 150 並用以例如使 CO 氣體流過 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物的上方或之間。雖然圖 4 中未顯示，氣體供給系統 160 亦可連接至氣相前驅物輸送系統 140，以在金屬前驅物 152 的蒸氣進入氣相前驅物輸送系統 140 之時或之後，將 CO 氣體供給至金屬前驅物 152 的蒸氣，例如利用包含 CO 氣體的預處理氣體預處理圖案化基板 125 以在圖案化基板 125 暴露至包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及 CO 氣體之處理氣體之前，使吸附在圖案化基板 125 之裸露表面的 CO 達到飽和。

氣體供給系統可包括：包含惰性載氣、CO 氣體或其混合氣體的氣體源 161；一或多個控制閥 162；一或多個過濾器 164；及質量流量控制器 165。例如，含 CO 之氣體的質量流量範圍可自約 0.1 sccm 至約 1000 sccm。

又，提供感應器 166 以量測來自金屬前驅物蒸發系統 150 的總氣體流量。例如，感應器 166 可包含質量流量控制器，且可利用感應器 166 及質量流量控制 165 來決定輸送至處理室 110 之 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣的量。或者，感應器 166

可包含光吸收感應器以量測流至處理室 110 之氣體流中之 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物的濃度。

旁通線 167 可位於自感應器 166 的下游且其可將氣相前驅物輸送系統 140 連接至排放線 116。提供旁通線 167 以排空氣相前驅物輸送系統 140 並穩定供給至處理室 110 之 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣及 CO 氣體。此外，在旁通線 167 上提供位於自氣相前驅物輸送系統 140 之分支下游的旁通閥 168。

仍參考圖 4，氣相前驅物輸送系統 140 包含：具有第一閥 141 與第二閥 142 的高傳導蒸氣線。又，氣相蒸氣輸送系統 140 更可包含：藉著加熱器(未圖示)加熱氣相前驅物輸送系統 140 的蒸氣線溫度控制器 143。蒸氣線的溫度可加以控制，以避免 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣在蒸氣線中冷凝。蒸氣線的溫度可被控制在自約 20°C 至約 100°C ，或自約 40°C 至約 90°C 。

又，可自氣體供給系統 190 供給 CO 氣體。例如，氣體供給系統 190 係連接至氣相前驅物輸送系統 140，且用以例如以包含 CO 氣體的預處理氣體預處理圖案化基板 125，或用以在閥 141 的下游處混合額外的 CO 氣體與氣相前驅物輸送系統 140 中的 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣。氣體供給系統 190 可包含：CO 氣體源 191、一或多個控制閥 192、一或多個過濾器 194 及質量流量控制器 195。例如，CO 氣體的質量流量範圍可自約 0.1 sccm 至約 1000 sccm。

質量流量控制器 165 與 195 及閥 162、192、168、141 與 142 係由控制器 196 所控制，控制器 196 控制惰性載氣、CO 氣體及 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣的供給、截止及流量。感應器 166 亦連接至控制器 196，且控制器 196 基於感應器 166 的輸出可經由質量流量控制器 165 而控制載氣流，以獲得流至處理室 110 之期望 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物流。

如圖 4 中所示，排放線 116 將排放室 113 連接至真空泵

抽系統 118。真空泵浦 119 係用以將處理室 110 排空至期望的真空程度，並用以在處理期間自處理室 110 移除氣體物種。自動壓力控制器(APC)115 及收集器 117 可與真空泵浦 119 連用。真空泵浦 119 可包含：泵抽速度上至每秒 500 升(及更大)的渦輪分子泵(TMP)。或者，真空泵浦 119 可包含乾式粗抽泵。在處理期間，可將處理氣體導入處理室 110 且可藉由 APC 115 來調整腔室壓力。APC 115 可包含蝶型閥或閘閥。收集器 117 可自處理室 110 收集未反應之 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物材料及副產物。

如圖 4 中所示，參考回處理室 110 中的基板支撐件 120，設置了三基板舉升銷 127(僅圖示其中兩者)以支撐、舉升及降下圖案化基板 125。基板舉升銷 127 係連接至板 123 且可被降低至基板支撐件 120 的上表面之下。使用例如汽缸的驅動機構 129 提供了使板 123 升高及下降的裝置。藉由自動傳送系統(未圖示)圖案化基板 125 可經由閘閥 200 與腔室饋通通道 202 而被傳送進入及離開處理室 110 並為基板舉升銷 127 所接收。一旦自傳送系統接收圖案化基板 125 後，可藉由降低基板舉升銷 127 而將基板降至基板支撐件 120 的上表面。

仍參考圖 4，沈積系統控制器 180 包含：微處理器、記憶體及數位輸入/輸出接口，此接口能夠產生足以與沈積系統 100 溝通並活化沈積系統 100 之輸入並監控來自沈積系統 100 之輸出的控制電壓。又，控制器 180 係連接至下列者並與下列者交換資訊：處理室 110；前驅物輸送系統 105，包含控制器 196、蒸氣線溫度控制系統 143 及蒸發溫度控制系統 156；蒸氣分配溫度控制系統 138；真空泵抽系統 118；及基板支撐件溫度控制系統 128。在真空泵抽系統 118 中，控制器 180 係連接至用以控制處理室 110 中之壓力的 APC 115 並與其交換資訊。儲存在記憶體中的程式係用以根據儲存的處理配方而控制沈積系統 100 的上述元件。

控制器 180 可以通用電腦系統的方式施行，其施行本發明基於微處理器的部分或所有處理步驟，以回應執行包含在記憶體中之一或多個指令之一或多個程序的處理器。此類指令可自另一電腦可讀媒體如硬碟或可移動媒體驅動裝置而讀入控制器記憶體中。亦可使用複數處理組態中的一或多個處理器來作為控制器微處理器，以執行包含在主記憶體中之指令的程序。在其他實施例中，可使用硬體電路來代替軟體指令或與軟體指令一起使用。因此，實施例並不限於硬體電路與軟體的任何特定組合。

控制器 180 包含至少一電腦可讀媒體或記憶體如控制器記憶體，以儲存根據本發明教示所程式化之指令，並儲存施行本發明可能必須使用的數據結構、表格、記錄或其他數據。電腦可讀媒體的實例為光碟、硬碟、軟碟、磁帶、磁光碟、PROMs(EPROM、EEPROM、快閃 EPROM)、DRAM、SRAM、SDRAM 或任何其他磁性媒體、光碟(例如 CD-ROM)、或任何其他光學媒體、打孔卡、紙帶或其他具有孔洞圖案的物理媒體、載波(下列將述)或電腦可讀取之任何其他媒體。

本發明包含儲存在電腦可讀媒體之任一者或組合上的軟體，用以控制控制器 180、用以驅動施行本發明實施例的一裝置或複數裝置及/或用以使控制器與人類使用者互動。此類軟體可包含但不限制為：裝置驅動程式、操作系統、開發工具與應用軟體。此類電腦可讀媒體更包含：用以施行本發明實施例時所進行之所有或部分(若處理為離散的)處理的本發明電腦程式產品。

本發明之電腦程式碼裝置可為任何可編譯或可執行碼機構，其包含但不限制為程式碼、可編譯程式、動態連結程式庫(DLLs)、爪哇類別與完整的可執行程式。又，可分散本發明之部分處理以獲得較佳效能、可靠度及/或成本。

本文中所用之「電腦可讀媒體」一詞係指，參與將用以

執行之指令提供予控制器 180 之處理器的任何媒體。電腦可讀媒體可採取許多形式，包含但不限於：非揮發性媒體、揮發性媒體及輸送媒體。例如，非揮發性媒體包含光碟、磁碟與磁光碟如硬碟或可卸除式媒體碟。揮發性媒體包含動態記憶體如主記憶體。又，各種形式的電腦可讀媒體可涉及將一或多個指令的一或多個程序載送至執行用之控制器的處理器。例如，指令最初可被載於遠端電腦的磁碟上。遠端電腦可將施行本發明之全部或一部分的指令遠端地載入至動態記憶體中並藉由網路而將指令發送至控制器 180。

控制器 180 可位在處理系統 100 的相對近端，或其可位於處理系統 100 的相對遠端。例如，控制器 180 可利用直接連結、內部網路、網際網路或無線連結中的至少一種而與處理系統 100 交換數據。例如，控制器 180 可連接至客戶端（即，裝置製造者）的內部網路，或例如其可連接至銷售端（即，設備製造者）的內部網路。又，例如控制器 180 可連接至網際網路。再者，另一電腦（即，控制器、伺服器等）可藉由直接連結、內部網路與網際網路中的至少一者而存取控制器 180 以交換數據。熟知此項技藝者應瞭解，控制器 180 可藉由無線連結而與處理系統 100 交換數據。

在各種實施例中已揭露了將低溫選擇性 Ru 沉積整合至半導體裝置製造以改善 Cu 金屬結構中之 EM 與 SM 的複數實施例。本發明之實施例的前列敘述係作為說明與解釋用途。其意不在耗盡本發明或將本發明限制至所揭露的確切形式。此說明書與下列之申請專利範圍包含僅作為說明用途的詞彙，此等詞彙不應被解讀為限制條件。例如，本文（包含申請專利範圍）中所使用的「在...上」一詞並不要求一膜層直接位在圖案化基板上並與基板緊密接觸；在該膜層與該基板間可能會存在著第二膜層或其他結構。

相關領域中的熟知此項技藝者應瞭解，可進行與上述教示相關的許多修改與變化。熟知此項技藝者將瞭解圖中所示

之各個元件的各種均等物組合與取代物。因此本發明之範圍不欲被此詳細敘述所限制，而應被隨附之申請專利範圍所限制。

【圖式簡單說明】

參考了上列詳細敘述尤其是結合了附圖考慮時，將對本發明有更完整的瞭解並容易明白本發明的許多伴隨優點。

圖 1A 顯示了根據本發明之實施例，沈積在包含 Cu 金屬與低介電係數(low-k)材料之晶圓上之 Ru 金屬膜的厚度為晶圓溫度與處理壓力的函數。

圖 1B 顯示了根據本發明之實施例，沈積在低介電係數(low-k)材料上之 Ru 金屬膜的厚度為晶圓溫度與預處理條件的函數。

圖 2A-2C 顯示了根據本發明之一實施例，在雙鑲嵌內連線結構中整合了選擇性沈積之 Ru 金屬膜的橫剖面圖。

圖 3 顯示了根據本發明之一實施例，用以沈積 Ru 金屬膜的熱化學氣相沈積(TCVD)系統的概圖。

圖 4 顯示了根據本發明另一實施例之用以沈積 Ru 金屬膜之另一 TCVD 系統的概圖。

【主要元件符號說明】

- 1：沈積系統
- 10：處理室
- 12：腔室溫度控制系統
- 20：基板支撐件
- 22：基板溫度控制系統
- 25：圖案化基板
- 30：蒸氣分配系統
- 32：蒸氣分配充氣室
- 33：處理區

- 34：蒸氣分配板
- 35：分配板溫度控制系統
- 36：導管
- 38：真空泵抽系統
- 40：氣相前驅物輸送系統
- 42：蒸氣線溫度控制系統
- 50：金屬前驅物蒸發系統
- 52：前驅物
- 54：蒸發溫度控制系統
- 60：氣體供給系統
- 61、62、63：饋送管線
- 80：控制系統
- 100：沈積系統
- 105：前驅物輸送系統
- 110：處理室
- 111：上腔室部
- 112：下腔室部
- 113：排放室
- 114：開口
- 115：自動壓力控制器(APC)
- 116：排放線
- 117：收集器
- 118：真空泵抽系統
- 119：真空泵浦
- 120：基板支撐件
- 121：腔室溫度控制系統
- 122：柱形支撐構件
- 123：板
- 125：圖案化基板
- 126：加熱器

- 127：基板舉升銷
- 128：基板支撐件溫度控制系統
- 129：驅動機構
- 130：蒸氣分配系統
- 131：蒸氣分配板
- 132：蒸氣分配充氣室
- 133：處理區
- 134：孔口
- 135：開口
- 136：溫度控制元件
- 138：蒸氣分配溫度控制系統
- 140：氣相前驅物輸送系統
- 141：第一閥
- 142：第二閥
- 143：蒸氣線溫度控制器
- 152： $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物
- 154：前驅物加熱器
- 156：蒸氣溫度控制系統
- 160：氣體供給系統
- 161：氣體源
- 162：控制閥
- 164：過濾器
- 165：質量流量控制器
- 166：感應器
- 167：旁通線
- 168：旁通閥
- 180：控制器
- 190：氣體供給系統
- 191：CO 氣體源
- 192：控制閥

- 194 : 過濾器
- 195 : 質量流量控制器
- 196 : 控制器
- 200 : 閘閥
- 202 : 腔室饋通通道
- 300 : 介電層
- 302 : 第一金屬層
- 304 : 介電層
- 312 : 選擇性金屬膜
- 314 : 場表面
- 318 : 阻障層
- 322 : 經平坦化的塊材 Cu 金屬
- 324 : Ru 金屬膜
- 326 : 罩蓋層

101 年 4 月 13 日修正

七、申請專利範圍：

1. 一種半導體裝置的形成方法，包含下列步驟：

基板備置步驟，備置一圖案化之基板，此基板在介電層中包含凹陷特徵部，此凹陷特徵部至少實質上為平坦化的塊材 Cu 金屬所填滿；

熱處理步驟，在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合氣體存在的環境下熱處理該平坦化的塊材 Cu 金屬及該介電層；
及

沈積步驟，在經熱處理的該平坦化塊材 Cu 金屬上選擇性地沈積 Ru 金屬膜，其中該 Ru 金屬膜在該平坦化之塊材 Cu 金屬上的表面覆蓋不完全，而具有暴露出該平坦化塊材 Cu 金屬的間隙。

2. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該熱處理及沈積步驟係在低於 $200^\circ C$ 的基板溫度下進行。

3. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該沈積步驟係在介於 $100^\circ C$ 與 $300^\circ C$ 間之基板溫度下進行。

4. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該熱處理步驟係在低於 $200^\circ C$ 的基板溫度下進行。

5. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該熱處理步驟係在介於 $200^\circ C$ 與 $400^\circ C$ 間之基板溫度下進行。

6. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該 Ru 金屬膜之厚度係介於 1 埃至 30 埃之間。

7. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該 Ru 金屬膜之厚度係小於 10 埃。

8. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中選擇性沈積該 Ru 金屬膜的步驟包含：

形成包含 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體的處理氣體，此形成步驟包括：

將前驅物蒸發系統中的固體 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物加熱至介於約 40°C 至約 150°C 間的溫度，並將該固體 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物維持在該溫度以形成 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣；

在該加熱期間，使該 CO 氣體流動而與該前驅物蒸發系統中的該固體 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物接觸，以在蒸氣形成時捕集在該 CO 氣體中的該 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ 前驅物蒸氣；與

將來自該前驅物蒸發系統的該處理氣體輸送至容納有該圖案化基板的處理室；及

在熱化學氣相沈積處理中將該圖案化基板暴露至該處理氣體中。

9. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該凹陷特徵部包含一或多個溝槽及一或多個通孔。

10. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，其中該圖案化基板在該凹陷特徵部中更包含阻障層。

11. 如申請專利範圍第 1 項之半導體裝置的形成方法，更包含：

在該 Ru 金屬膜與該介電層上沈積一保形之罩蓋層。

12. 如申請專利範圍第 11 項之半導體裝置的形成方法，更包含：

於沈積該罩蓋層之前，在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合氣體存在的環境下，且在介於 150°C 至 400°C 之間的基板溫度下，熱處理該 Ru 金屬膜及該介電層。

13. 一種半導體裝置的形成方法，包含下列步驟：

基板備置步驟，備置一圖案化之基板，此基板在介電層中包含凹陷特徵部，此凹陷特徵部至少實質上為平

坦化的塊材 Cu 金屬所填滿；

熱處理步驟，在 H_2 存在的環境下且在低於 $200^\circ C$ 的基板溫度下，熱處理該平坦化的塊材 Cu 金屬及該介電層；及

沈積步驟，藉著在熱化學氣相沈積處理中將該圖案化基板暴露至包含有 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體的處理氣體，以在經熱處理的該平坦化塊材 Cu 金屬上選擇性地沈積 Ru 金屬膜，其中該 Ru 金屬膜在該平坦化之塊材 Cu 金屬上的表面覆蓋不完全，而具有暴露出該平坦化塊材 Cu 金屬的間隙。

14. 如申請專利範圍第 13 項之半導體裝置的形成方法，更包含：

在該 Ru 金屬膜與該介電層上沈積保形之罩蓋層。

15. 如申請專利範圍第 14 項之半導體裝置的形成方法，更包含：

於沈積該罩蓋層之前，在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合氣體存在的環境下，且在介於 $150^\circ C$ 至 $400^\circ C$ 間的基板溫度下，熱處理該 Ru 金屬膜及該介電層。

16. 如申請專利範圍第 13 項之半導體裝置的形成方法，其中該 Ru 金屬膜的厚度係介於約 2 至 30 埃之間。

17. 一種半導體裝置的形成方法，包含下列步驟：

基板備置步驟，備置一圖案化之基板，此基板在介電層中包含凹陷特徵部，此凹陷特徵部至少實質上為平坦化的塊材 Cu 金屬所填滿；

熱處理步驟，在 N_2 或 NH_3 或其組合氣體存在的環境下熱處理該平坦化的塊材 Cu 金屬及該介電層；及

沈積步驟，藉著在熱化學氣相沈積處理中將該圖案化基板暴露至包含有 $Ru_3(CO)_{12}$ 前驅物蒸氣與 CO 氣體的處理氣體，以在經熱處理的該平坦化塊材 Cu 金屬上

選擇性地沈積 Ru 金屬膜，其中該 Ru 金屬膜在該平坦化之塊材 Cu 金屬上的表面覆蓋不完全，而具有暴露出該平坦化塊材 Cu 金屬的間隙。

18. 如申請專利範圍第 17 項之半導體裝置的形成方法，更包含：

在該 Ru 金屬膜與該介電層上沈積保形之罩蓋層。

19. 如申請專利範圍第 18 項之半導體裝置的形成方法，更包含：

於沈積該罩蓋層之前，在 H_2 、 N_2 或 NH_3 或其組合氣體存在的環境下且在介於約 $150^\circ C$ 至約 $400^\circ C$ 間的基板溫度下，熱處理該 Ru 金屬膜及該介電層。

八、圖式：

圖式

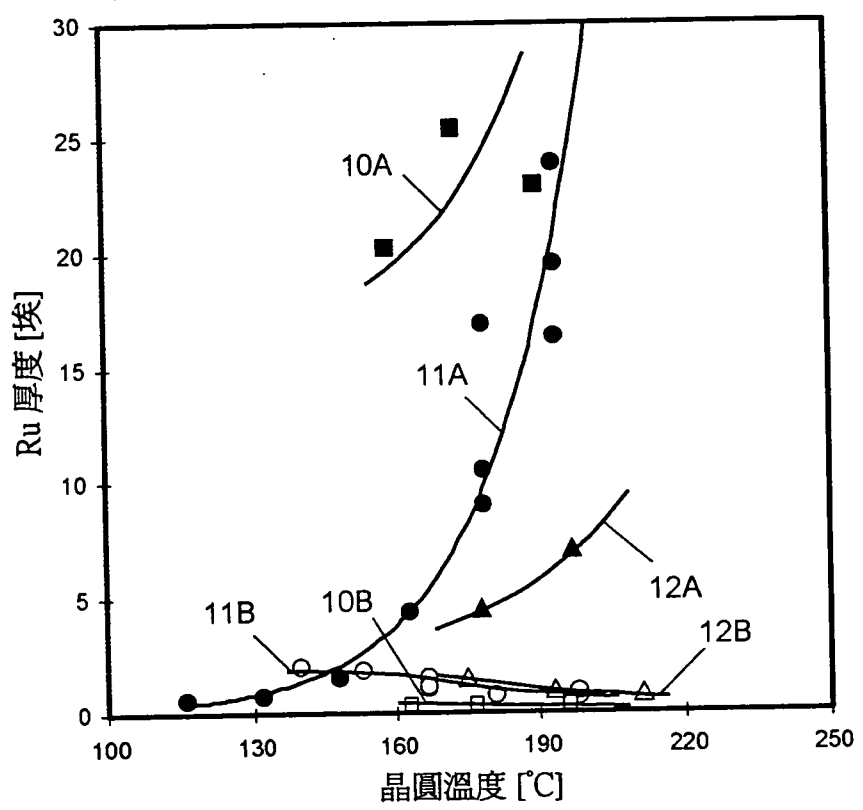


圖 1A

圖式

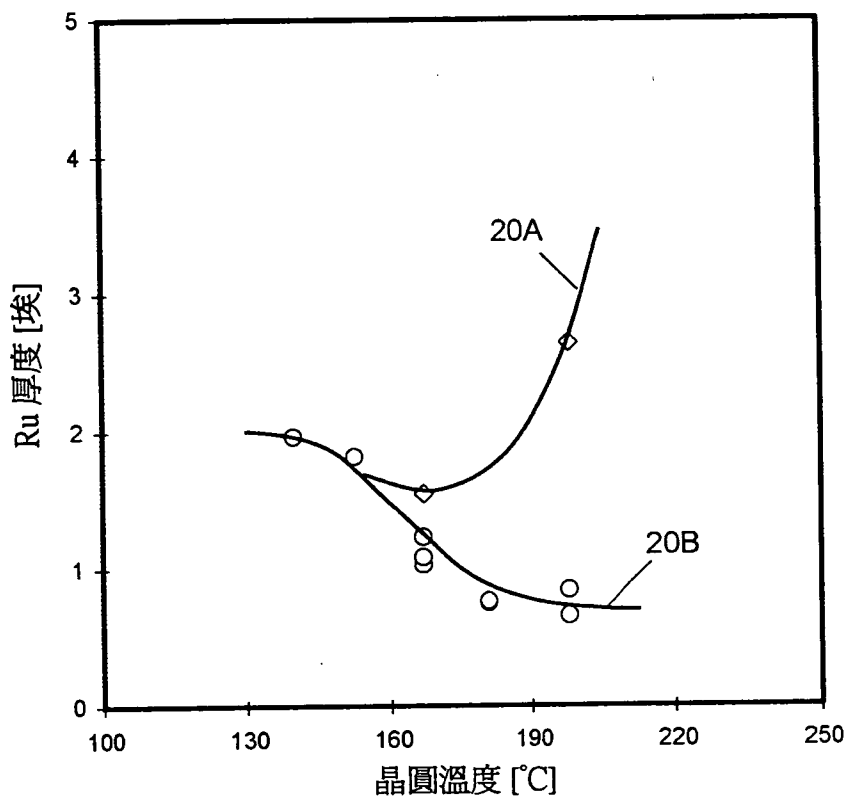


圖 1B

圖式

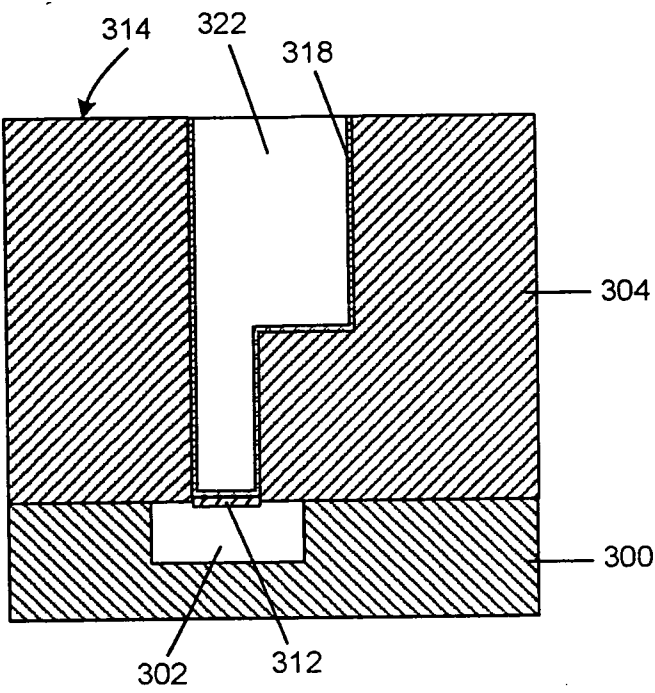


圖 2A

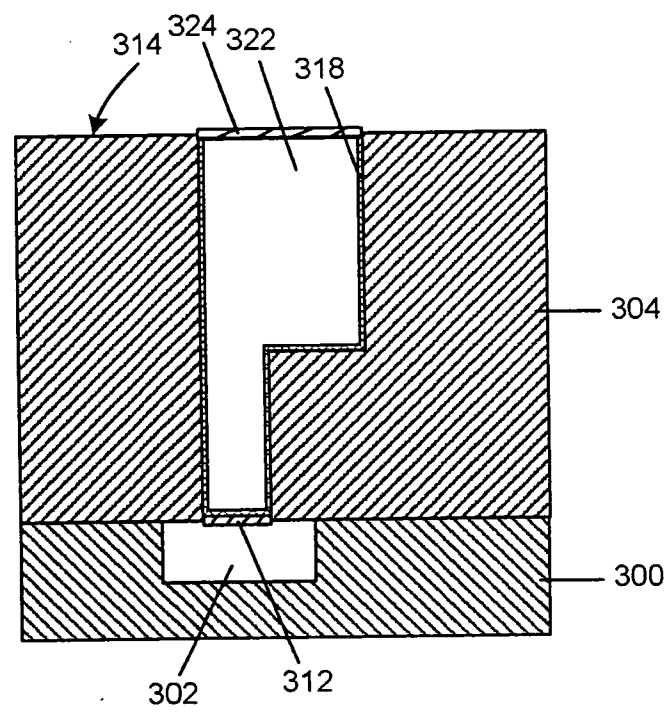


圖 2B

圖式

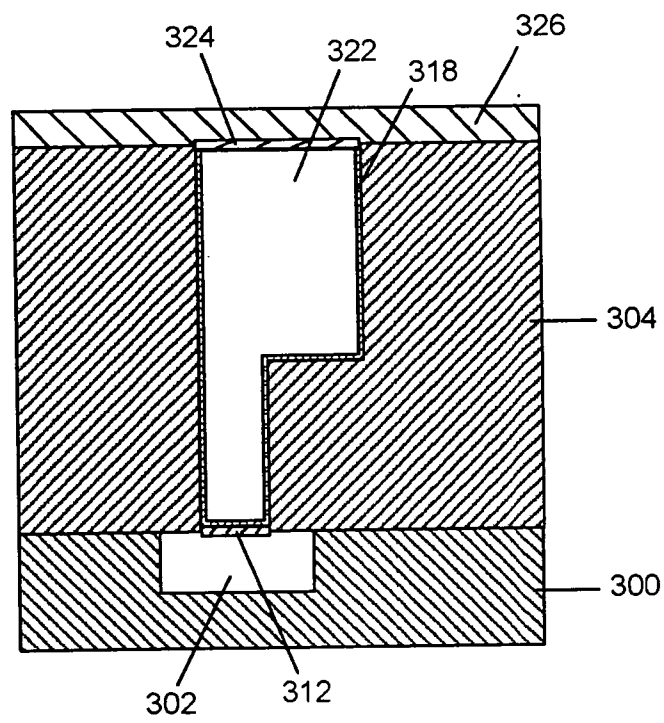


圖 2C

圖式

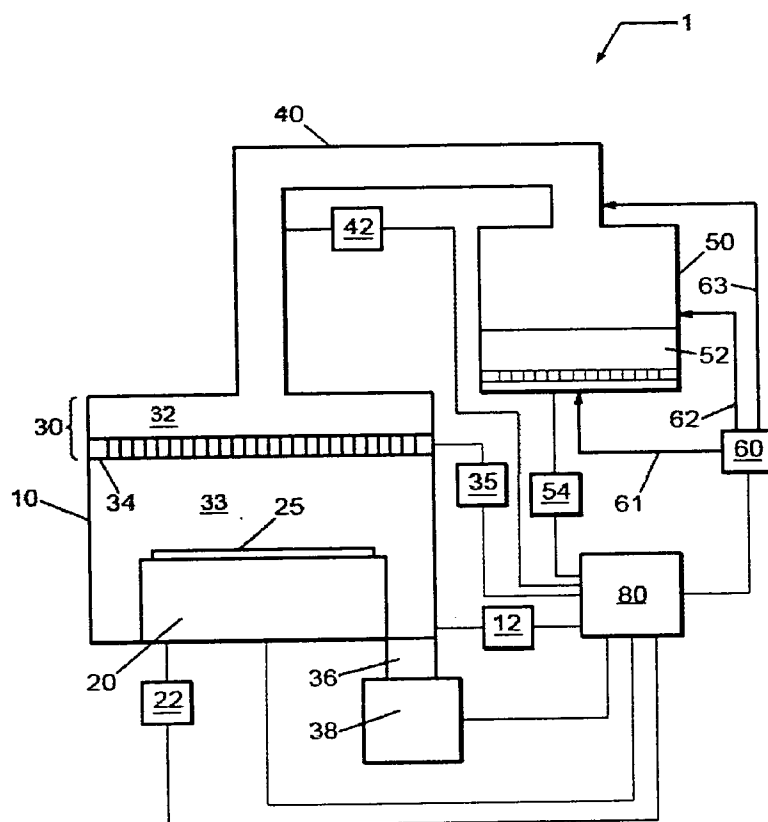


圖 3

圖式

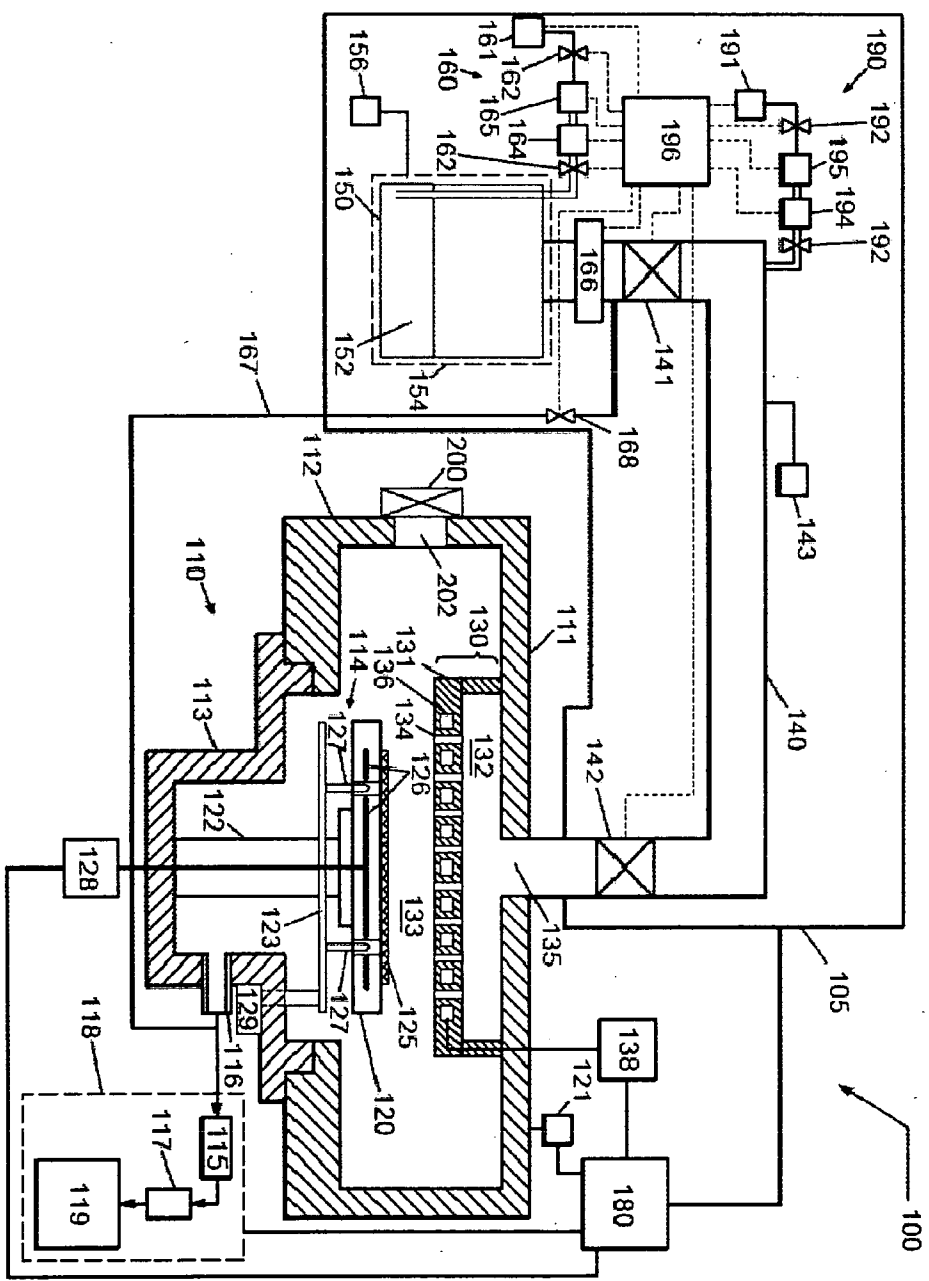


圖 4