102 年 06 月 25 日修正替換頁
P1-19

發明專利說明書

公告本

（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：96135214

※ 申請日期：96.9.21　　※IPC 分類：C23C 16/06 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

沈積含釕膜之方法

METHOD FOR THE DEPOSITION OF A RUTHENIUM CONTAINING FILM

二、申請人：（共 1 人）

姓名或名稱：（中文/英文）

液態空氣喬治斯克勞帝方法研究開發股份有限公司

L'AIR LIQUIDE- SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE

代表人：（中文/英文）

提瑞　蘇奧爾 / SUEUR, THIERRY

住居所或營業所地址：（中文/英文）

法國 75321 巴黎市凱道賽 75 號

75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07, FRANCE

國　籍：（中文/英文）

法國 / FRANCE

三、發明人：（共 2 人）

姓　名：（中文/英文）

1. 克里斯均　杜薩拉特 / DUSSARRAT, CHRISTIAN
2. 朱利安　加提紐 / GATINEAU, JULIEN

國　籍：（中文/英文）

1.2. 法國 / FRANCE

102 年 06 月 25 日修正替換頁

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：

PCT、2006.09.22、PCT/EP2006/066639

☐ 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。

102 年 06 月 25 日修正替換頁

五、中文發明摘要：

本發明係關於具有下列式之含釕的先質在基板上沉積含 Ru 膜之用途

$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$

其中：

— $(R_n\text{-chd})$代表經 n 個取代基 R 取代的環己二烯(chd)配位子，任何 R 位於 chd 配位子上的任何位置；

— n 是包含介於 1 至 8 之間的整數($1 \leq n \leq 8$)且代表 chd 配位子上的取代基數目；

— R 選自由 C1 - C4 直鏈或支鏈烷基、烷醯胺、烷氧基、烷基矽烷醯胺基、胂基、羰基和/或氟烷基所組成之群組，R 位於 chd 配位子上的八個可資利用的位置中之任何者，R 亦可為氧(O)用於取代 chd 環中之不含括於雙鍵的 C 位置。

六、英文發明摘要：

The invention concerns the use of the ruthenium containing precursor having the formula

$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$，

wherein:

- $(R_n\text{-chd})$ represents a cyclohexadiene (chd) ligand substituted with n substituents R, any R

being in any position on the chd ligand;

- n is an integer comprised between 1 and 8 ($1 \leq n \leq 8$) and represents the number of substituents on chd ligand;

- R is selected from the group consisting of C1 - C4 linear or branched alkyls, alkylamides, alkoxides, alkylsilylamides, amidinates, carbonyl and/or fluoroalkyl for R being located in any of the eight available position on the chd ligand, while R can also be oxygen O for substitution on the C positions in the chd cycle which are not involved in a double bond

for the deposition of a Ru containing film on a substrate.

102 年 06 月 26 日修正替換頁

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 2 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明:

無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$

102 年 06 月 25 日修正替換頁

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於使用含釕的先質在基板上沉積含 Ru 膜。

【先前技術】

預期在未來幾年中，釕(Ru)會於半導體工業製程中用於許多應用上。在晶片製造上，必須使用新材料來解決工業之連續縮小趨勢所產生的問題。對於下一代產品，Ru 被視為用於 FeRAM 和 DRAM 應用之電極電容器的最佳候選物。Ru 具有所須的性質，如，高熔點、低電阻率、高抗氧化性和適當的功函數，使其成為潛在之用於 CMOS 電晶體的閘極電極材料。Ru 因為電阻率較低且 Ru 容易乾式蝕刻，故優於銥和鉑。此外，RuO_2 具有高傳導率，以藉氧(其可源自於鐵電膜(PZT、SBT、BLT...))之擴散作用形成 Ru 氧化物，其對於電性質之衝擊比已知之更具絕緣性的其他金屬氧化物較小。

Ru 也是有希望的 BEOL 法候選物，其作為銅的襯墊材料。單一 Ru 膜可代替 Ta、Ta(Si)N 和銅晶種層。Ru 法以單一步驟代替二步驟的 Ta/Ta(Si)N 法。

多種 Ru CVD 先質可資利用且多者經研究。然而，目前可資利用的先質之蒸汽壓非常低(即，$Ru(EtCp)_2$ 於 73℃的蒸汽壓是 0.1 托耳)。以這些已知的先質得到的 Ru 膜含有顯著量的碳和氧雜質。懷疑 C 雜質源自於先質材料。O 雜質則源自於共同反應物氣體(O_2)。由 T. Shibutami 等人於

Tosoh R&D Review, 47, 2003 知道 Ru 膜的黏附性、均勻度欠佳且具有醞釀時間長的特徵。

例如由 US-B-6,897,160 已經知道使用 Ru 先質(如，三羰基(1,3-環己二烯)Ru 先質)沉積粗糙的氧化釕層，其中，該特別的先質(請參考該專利案的實例 4)於室溫(約 25℃)留置在起泡儲槽中且氦氣泡通過此儲槽。

但是，如屬相同專利權人的 US-A-6,517,616 中所解述者，此 $Ru(CO)_3$(1,3-環己二烯)產物於室溫非液體(其於約 35℃熔化)且必須將該先質溶解於溶劑中，以得到先質和溶劑的液態溶液，且惰性氣體(例如氦)以氣泡形式通過其中(US-B-6,517,616 揭示於溶劑中之釕先質溶液之詳細細節--亦請參考 US-B-5,962,716)。

$Ru(CO)_3$(1,3-環己二烯)亦揭示於 Y.W. Song 等人在 ECS transactions, 2(4), 1-11, 2006 論文中，包括其於常溫的固體本質，其熔點為 35℃。

所有已知之含有 CO 分子的 Ru 先質基本上具有相同的缺點在於它們的高熔點，該固態產物須使用溶劑以便處理，藉此，液態產物藉由直接蒸發作用或藉由使將惰性氣體通入其中而被輸送進入反應器。

然而，使用溶劑對於沉積法通常有不利的影響，這是因為溶劑粒子進入反應器及在沉積的膜中摻雜所不欲的雜質之故。此外，所用溶劑通常具有毒性和/或可燃性，且其使用帶來許多限制(安全考量、環境問題)。除此之外，使用熔點高於 20℃(或甚至熔點高於 0℃者)的先質意謂沉積

法期間內之許多額外的限制(加熱傳輸管線以防止先質凝固於所不欲的位置)和運送期間內的許多額外限制。

已知之含 CO 的先質之反應性目前尚無法達到 ALD 沉積工作狀態。釕膜僅藉 CVD 沉積，且一些論文甚至指出 ALD 模式無法以 $Ru(CO)_3$(1,3-環己二烯)進行。

【發明內容】

一個目的是提供釕先質，其於室溫為液態，且更佳地於高於 0℃ 為液態，其可以未添加溶劑的純淨液體形式提供，此有助於純淨的釕膜或含釕的膜之沉積，此視與先質一併使用的反應物而定，而所得膜以無可偵測得到的醞釀時間就沉積，ALD 工作狀態可用以得到純淨的釕沉積及其他含釕的膜(例如 RuO_2)之沉積。

據此，提供一種將含釕的膜沉積在基板上之方法，其步驟包含：

a) 在反應器中提供至少一個基板；

b) 將至少一種具有下列式的含釕的先質引至該反應器中：

$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$，其中：

－ $(R_n\text{-chd})$代表經 n 個取代基 R 取代的環己二烯(chd)配位子，任何 R 位於 chd 配位子上的任何位置；

－ n 是包含介於 1 至 8 之間的整數($1 \leq n \leq 8$)且代表 chd 配位子上的取代基數目；

－ R 選自由 C1 - C4 直鏈或支鏈烷基、烷醯胺、烷

氧基、烷基矽烷醯胺基、胂基、羰基和/或氟烷基所組成之群組，R 位於 chd 配位子上的八個可資利用的位置中之任何者，R 亦可為氧 O 用於取代 chd 環中之不含括於雙鍵的 C 位置；

— chd 配位子上之未經取代的位置被 H 原子所佔據；

c) 於高於 100℃ 的溫度條件下，分解該至少一種含釕的先質；

d) 使含該釕的膜沉積於該基板上。

較佳地，至少一個 R 取代基位於配位子之雙鍵所含括的碳原子上；更佳地，於與另一碳原子之雙鍵處。

根據一個較佳具體實例，n = 1 且 R 是 C1 - C4 烷基，較佳地，R 是甲基或乙基。

根據另一具體實例，該釕先質式為 $Ru(CO)_3$(1-Me 1,4-chd)，即，(1-甲基環己-1,4-二烯)三羰基釕。

較佳的另一具體實例中，至少一個 R 位於 chd 配位子之不含括於雙鍵的碳原子上。

較佳地，溫度條件選自 100℃ 至 500℃ 範圍內，以 150℃ 至 350℃ 更佳。

反應器中之壓力最好維持於 1Pa 和 10^5Pa 之間，以介於 25Pa 和 10^3Pa 之間更佳。

本發明之方法可以進一步包含提供至少一種具有還原力的流體進入反應器的步驟，該具有還原力的流體以選自由 H_2、NH_3、SiH_4、Si_2H_6、Si_3H_8、含氫的流體和它們的混合物所組成之群組為佳。

本發明之方法亦可以進一步包含提供至少一種含有氧的流體進入反應器的步驟，較佳地，該流體選自由 O_2、O_3、H_2O、H_2O_2、含氧的自由基(如，O°或 OH°)和它們的混合物所組成之群組。

本發明亦係關於一種具有下列式之含釕的先質在基板上沉積含 Ru 膜之用途

$$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$$

其中：

－ $(R_n\text{-chd})$代表經 n 個取代基 R 取代的環己二烯(chd)配位子，任何 R 位於 chd 配位子上的任何位置；

－ n 是包含介於 1 至 8 之間的整數$(1 \leq n \leq 8)$且代表 chd 配位子上的取代基數目；

－ R 選自由 C1 - C4 直鏈或支鏈烷基、烷醯胺、烷氧基、烷基矽烷醯胺基、胂基、羰基和／或氟烷基所組成之群組，R 位於 chd 配位子上的八個可資利用的位置中之任何者，R 亦可為氧(O)用於取代 chd 環中之不含括於雙鍵的 C 位置。

較佳地，n = 1 且 R 是 C1 - C4 烷基，以甲基或乙基更佳，同時，R 取代基位於具有雙 C 鍵之配位子的碳原子上。

根據一個具體實例，該釕先質式為 $Ru(CO)_3$(1-Me 1,4-chd)，即，(1-甲基環己-1,4-二烯)三羰基釕，其配位基分佈及環己二烯構形使得空間阻礙最適化並降低電子交互作用，及因此降低熔點。

根據另一具體實例，n 大於 1 且 R 是 C1-C4 烷基，以

甲基和／或乙基為佳，同時，至少一個 R 在 chd 配位子之不具有雙鍵的碳上。

環己二烯配位子的分子結構自由地選自所有存在的可能性，如，1,3-環己二烯或 1,4-環己二烯。

根據本發明，還原劑以選自由 H_2、NH_3、SiH_4、Si_2H_6、Si_3H_8、含氫的基團所組成之群組為佳。含氧的流體以選自 O_2、O_3、H_2O、H_2O_2、含氧的自由基(如，$O^{\cdot}$或 $OH^{\cdot}$)和它們的混合物為佳。

欲實施本發明之方法，壓力維持於 1Pa 和 100,000Pa 之間，以介於 25Pa 和 1000Pa 之間為佳。

根據本發明，多種反應物可以同時 (化學氣相沉積法)、依續(原子層沉積法)或其不同的組合地引至反應器中；另一實例是連續引入含氫和／或含氧的流體，及藉脈衝(脈衝式化學氣相沉積法)引入至少一種金屬來源。

據此，此處前述步驟 b)中定義之含釕的先質應通常為液體，亦即，熔點低於 20℃，以熔點低於 0℃為佳。

根據其他具體實例，此含有金屬的先質選自由包括：$Ru(CO)_3$(1-甲基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(2-甲基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(5-甲基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-乙基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(2-乙基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(5-乙基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-丙基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(2-丙基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(5-丙基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-丁基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(2-丁基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(5-丁基-1,3-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-甲

基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(3-甲基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-乙基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(3-乙基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-丙基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(3-丙基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(1-丁基-1,4-環己二烯)、$Ru(CO)_3$(3-丁基-1,4-環己二烯)，和它們的混合物所組成之群組。

根據另一具體實例，沉積在基板上之此含金屬的膜應為金屬膜或金屬氧化物膜。

【實施方式】

現將以圖揭示本發明之實例：

此處所揭示之先質於室溫通常為液體，此意謂它們的熔點低於 20℃(製造時設定的溫度)。更佳地，它們於低於 0℃時為液體。

$Ru(CO)_3$(1-甲基-1,3-環己二烯)是一種淡黃色的先質，其於 20℃為液體。

之後將此先質置於設定於 10℃的冰箱中並於這些條件下儲存幾週：$Ru(CO)_3$(1-甲基-1,4-環己二烯)於此低溫環境下仍為液體。

之後將此先質置於維持於-50℃的浸液中數小時：儘管其黏滯度提高，但其仍為液體。作為比較用的試驗，於相同的條件下，水於 3 分鐘之內凍結。

本發明中所描述的先質為液體，且熔點極低，此使得能夠不添加溶劑地使用這些先質。

純淨的釕膜之沉積：

純淨的釕膜於高於 250℃使用 $Ru(CO)_3$(1-甲基-1,4-環己二烯)沉積。此液態先質儲存於起泡器中並藉起泡法輸送至熱壁反應器。使用惰性氣體(此處為氦)作為載氣及用以稀釋。有或無氫作為共同反應物地進行測試。

在 CVD 工作狀態中沉積之膜的沉積特性示於圖 3。反應器內的壓力為 0.5 托耳，膜於溫度為 250℃時開始沉積，沉積速率於 350℃達到平台。圖 3 顯示釕膜在氧化矽基板上的沉積速率與沉積溫度之間的關係。選擇氧化矽作為最先進的氧化物材料(閘極介電質、電容器)，以確認此處所揭示的釕先質用以沉積作為金屬電極(MIM、DRAM、閘極...)的釕膜之用途。

圖 4 所示者為釕膜在此條件中沉積，以於已沉積於 Si 晶圓上的高 k 閘極材料上建構閘極電極。(汲極和源極未示於圖 4 中)。

所得的結果揭示於圖 3，此處，清楚地顯示兩種工作狀態：反應速率受限的工作狀態(250 至 350℃)和運送受限的工作狀態(高於 350℃)，其皆代表 CVD 模式沉積的特徵。

藉歐傑能譜儀(Auger spectrometer)分析進入釕膜中之多種元素之濃度。如由圖 5 可看出者，純釕膜沉積在熱二氧化矽層上(選擇的理由與前述者相同)。釕膜中的氧濃度低於 AES 的偵測限制。比較藉濺鍍法和吾等的技術得到的膜進行分析而得之 Ru-MNN (Ru1)、Ru-LMM (Ru2)和 C-KLL (C) 的尖峰強度來測定碳濃度：發現碳含量低於 0.5%。無論是否使用氫，膜的純度幾乎類似。

醞釀時間：

前述實驗條件的沉積是於不同的基板(如，SiO_2 和 TaN)上進行最高達 60 分鐘。膜沉積於氧化矽基板上的原因與前述者相同。使用釕作為線應用之背端中的阻障和膠層二者，此如圖 6 所示者，或者作為氮化物材料上的電極層。

如圖 6 所示者，TaN 可以沉積在低 k 材料上，其上再沉積 Ru 層，之後再沉積銅層。

此 Ru 層免去兩個不同的層(一者是 Ta，另一者是 Cu 晶種層)的沉積。

如圖 7 所示者，無論基板為何，皆觀察到 y 截距和 x 截距等於 0 的線性行為。由這些實驗，可以推論無或無明顯的醞釀時間被觀察到。

原子層沉積法：

先質 $Ru(CO)_3$(1-甲基-1,4-環己二烯)和類似物適用於低溫(150-250℃)使用適當的共同反應物來進行釕和氧化釕膜的原子層沉積法。已經發現，在共同反應物是分子和原子氫時，及使用氨和相關的基團 NH_2、NH 和氧化劑時，可進行 ALD。

氧化釕膜之沉積：

藉由使得釕先質和含氧的流體在沉積爐中反應而沉積氧化釕膜。在此特別的情況中，含氧的流體是氧。

【圖式簡單說明】

圖 1a 為配位子 1,3-環己二烯、圖 1b 為配位子 1,4-環己

二烯(正面和構形)，其為船式；

圖 2 為 $Ru(CO)_3$(1-甲基-1,4-環己二烯)的化學結構；

圖 3 為釕膜在 CVD 模式中的沉積速率相對於沉積溫度之關係圖；

圖 4 為作為閘極電極之用的釕膜；

圖 5 為 $Ru(CO)_3$(1-甲基-1,4-環己二烯)沉積在 SiO_2/Si 基板上的深度剖面分布圖，此係藉歐傑能譜儀測定；

圖 6 為於基板上之多層沉積(以前技術相對於本發明)；

圖 7 為沉積時間相對於 SiO_2 和 TaN 的估計厚度之關係圖。

【主要元件符號說明】

無

十、申請專利範圍：

1. 一種使含釕的膜沉積於基板上之方法，其步驟包含：

a) 在反應器中提供至少一個基板；

b) 將至少一種具有下列式的含釕的先質引至該反應器中：

$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$，其中：

－ $(R_n\text{-chd})$代表經 n 個取代基 R 取代的環己二烯(chd)配位子，任何 R 位於 chd 配位子上的任何位置；

－ n 是包含介於 1 至 8 之間的整數$(1 \leq n \leq 8)$且代表 chd 配位子上的取代基數目；

－ R 選自由 C1 - C4 直鏈或支鏈烷基、烷醯胺、烷氧基、烷基矽烷醯胺基、胂基、羰基和 / 或氟烷基，R 位於 chd 配位子上的八個可資利用的位置中之任何者，R 亦可為氧(O)用於取代 chd 環中之不含括於雙鍵的 C 位置；

－ chd 配位子上之未經取代的位置被 H 原子所佔據；

c) 於高於 100℃ 的溫度條件下，分解該至少一種含釕的先質；

d) 使含該金屬的膜沉積於該基板上。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中 n = 1 和 R 是 C1 - C4 烷基。

3. 根據申請專利範圍第 2 項之方法，其中 R 是甲基或乙基。

4. 根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中至少一個 R 取代基位於配位子具有雙 C 鍵的碳原子上。

5. 根據申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中釕先質為 1-甲基環己-1,4-二烯。

6. 根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中 n 大於 1 且 R 是 C1-C4 烷基。

7. 根據申請專利範圍第 6 項之方法，其中 R 是甲基和 / 或乙基。

8. 根據申請專利範圍第 6 項之方法，其中至少一個 R 在 chd 配位子之不具有雙鍵的碳上。

9. 根據申請專利範圍第 1、2、3、6、7 和 8 項中任一項之方法，其中溫度條件選自 100℃ 至 500℃ 範圍內。

10. 根據申請專利範圍第 9 項之方法，其中溫度條件選自 150℃ 至 350℃ 範圍內。

11. 根據申請專利範圍第 1、2、3、6、7 和 8 項中任一項之方法，其中反應器中之壓力維持於 1Pa 和 10^5Pa 之間。

12. 根據申請專利範圍第 11 項之方法，其中反應器中之壓力維持於 25Pa 和 10^3Pa 之間。

13. 根據申請專利範圍第 1、2、3、6、7 和 8 項中任一項之方法，其中另包含提供至少一種具有還原力的流體進入反應器的步驟，該具有還原力的流體選自由 H_2、NH_3、SiH_4、Si_2H_6、Si_3H_8、含氫的流體、氫自由基和它們的混合物所組成之群組。

14. 根據申請專利範圍第 1、2、3、6、7 和 8 項中任一項之方法，其中另包含提供至少一種含有氧的流體進入反應器的步驟，該流體選自由 O_2、O_3、H_2O、H_2O_2、含氧

的自由基(如，O°或 OH°)和它們的混合物所組成之群組。

15. 一種具有下列式之含釕的先質在基板上沉積含 Ru 膜之用途

$$(R_n\text{-chd})Ru(CO)_3$$

其中：

— $(R_n\text{-chd})$代表經 n 個取代基 R 取代的環己二烯(chd)配位子，任何 R 位於 chd 配位子上的任何位置；

— n 是包含介於 1 至 8 之間的整數($1 \leq n \leq 8$)且代表 chd 配位子上的取代基數目；

— R 選自由 C1 - C4 直鏈或支鏈烷基、烷醯胺、烷氧基、烷基矽烷醯胺基、胂基、羰基和 / 或氟烷基所組成之群組，R 位於 chd 配位子上的八個可資利用的位置中之任何者，R 亦可為氧(O)用於取代 chd 環中之不含括於雙鍵的 C 位置。

16. 根據申請專利範圍第 15 項之用途，其中 n = 1 和 R 是 C1 - C4 烷基。

17. 根據申請專利範圍第 16 項之用途，其中 R 是甲基或乙基。

18. 根據申請專利範圍第 15 至 17 項中任一項之用途，其中至少一個 R 取代基位於配位子具有雙 C 鍵的碳原子上。

19. 根據申請專利範圍第 15 至 17 項中任一項之用途，其中釕先質為 1-甲基環己-1,4-二烯。

20. 根據申請專利範圍第 15 項之用途，其中 n 大於 1

且 R 是 C1-C4 烷基。

21. 根據申請專利範圍第 20 項之用途，其中 R 是甲基和 / 或乙基。

22. 根據申請專利範圍第 20 或 21 項之用途，其中至少一個 R 在 chd 配位子之不具有雙鍵的碳上。

十一、圖式：

如次頁

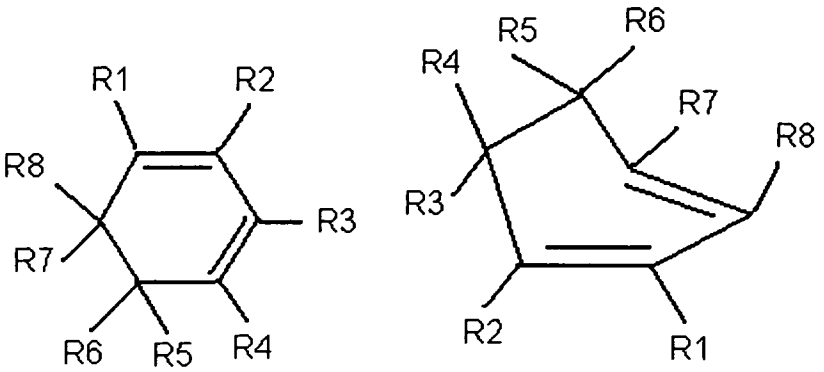
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8

圖1a

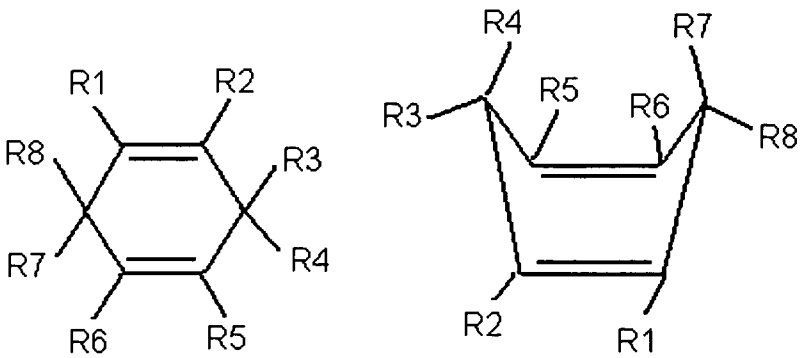
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8

圖1b

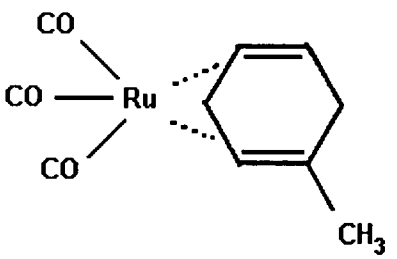
CO
CO
Ru
CO
CH3

圖2

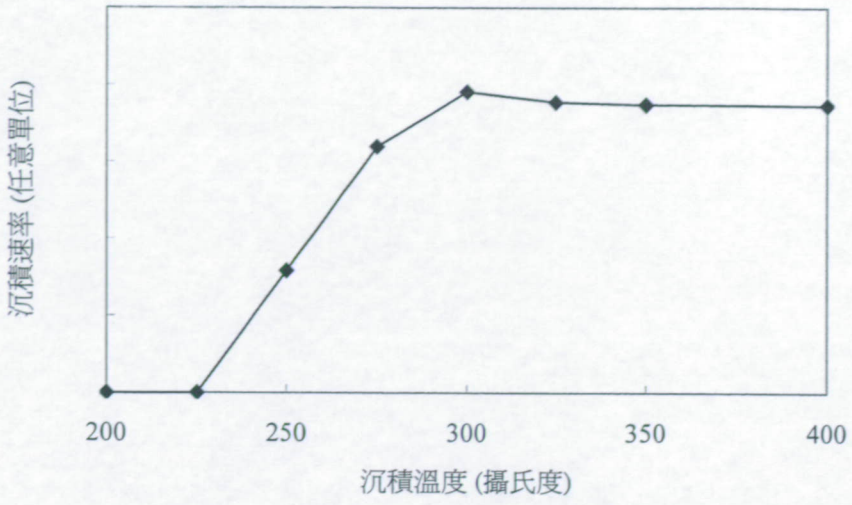
沉積速率 (任意單位)
200
250
300
350
400
沉積溫度 (攝氏度)

圖3

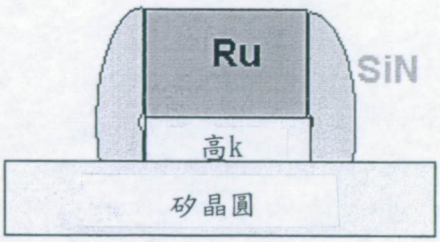
Ru
SiN
高k
矽晶圓

圖4

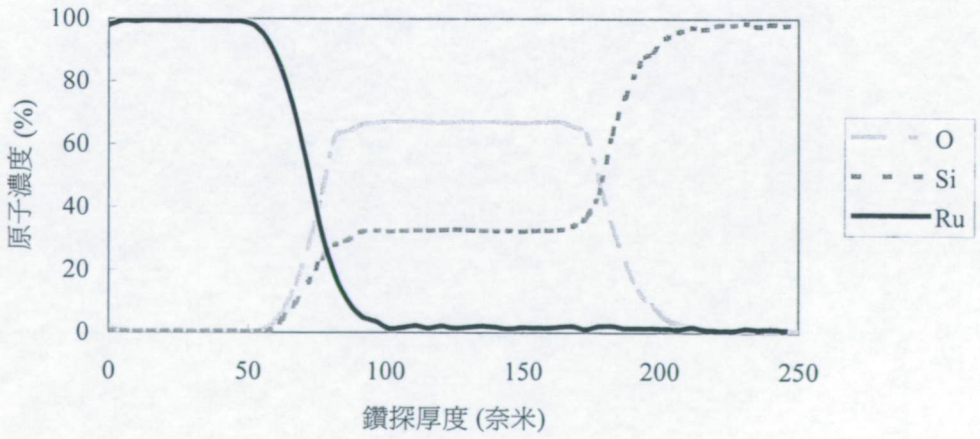
100
80
60
40
20
0
原子濃度 (%)
0
50
100
150
200
250
鑽探厚度 (奈米)
O
Si
Ru

圖5

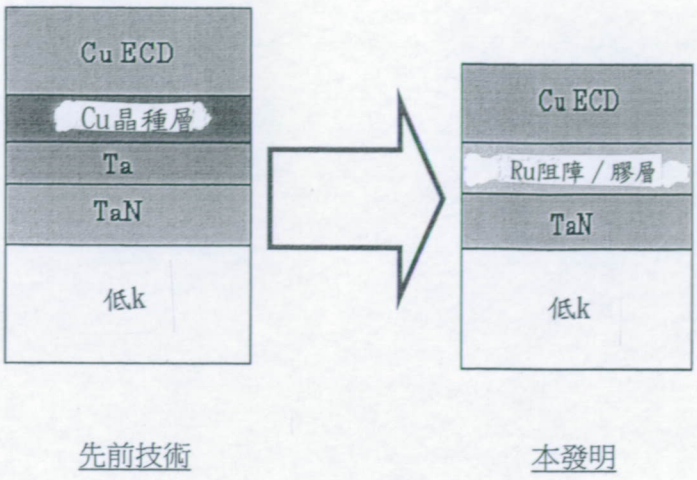
Cu ECD
Cu晶種層
Ta
TaN
低k
Cu ECD
Ru阻障／膠層
TaN
低k
先前技術
本發明

圖6

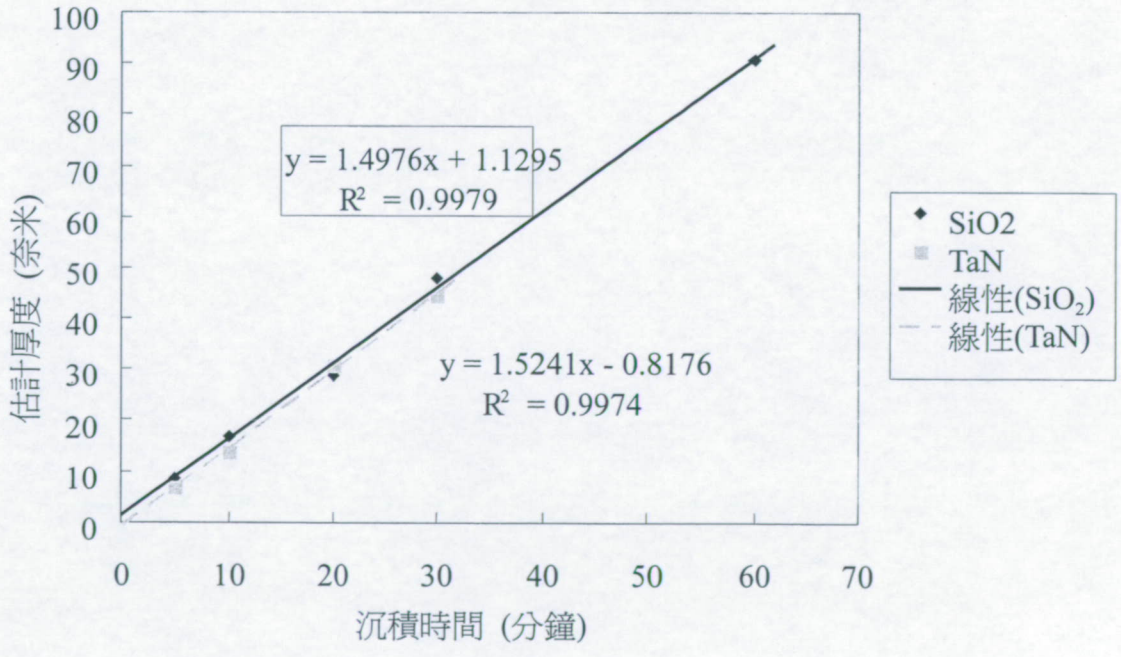
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
70
估計厚度 (奈米)
沉積時間 (分鐘)
y = 1.4976x + 1.1295
R² = 0.9979
y = 1.5241x - 0.8176
R² = 0.9974
SiO2
TaN
線性(SiO2)
線性(TaN)

圖7