



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：200908219

(43) 公開日：中華民國98(2009)年2月16日

(21) 申請案號：097112788

(22) 申請日：中華民國97(2008)年4月9日

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

H01L21/316 (2006.01)

(30) 優先權主張：2007/04/10 日本

2007-103313

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

日本

(72) 發明人：川村剛平 KAWAMURA, KOHEI；野澤俊久 NOZAWA, TOSHIHISA；松岡孝明 MATSUOKA, TAKAAKI

(72) 代理人：周良謀；周良吉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：8 共 27 頁

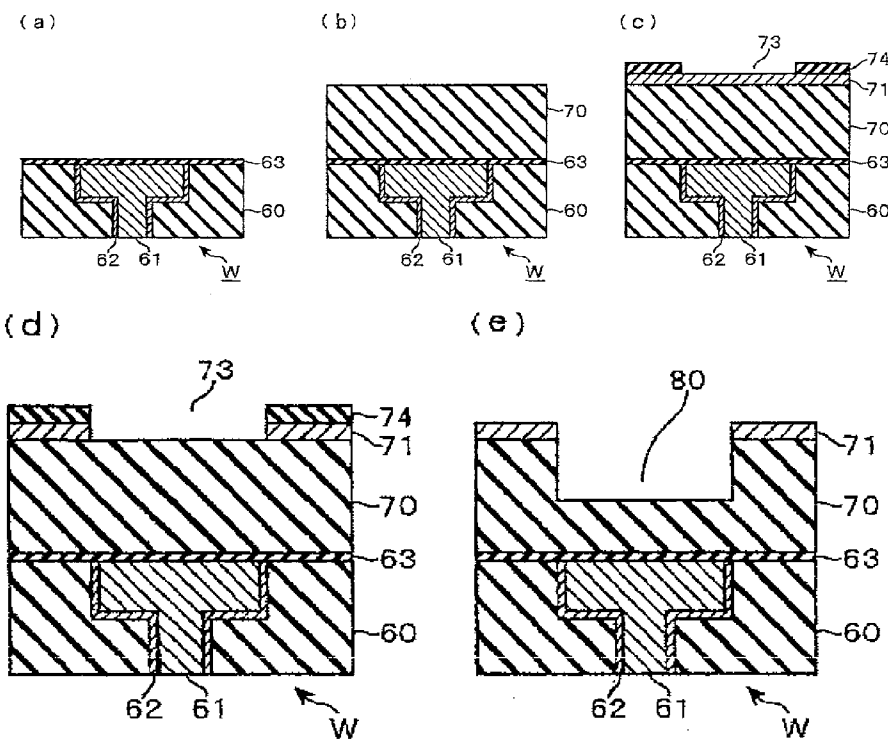
(54) 名稱

半導體裝置之製造方法及半導體裝置

FABRICATION METHOD OF A SEMICONDUCTOR DEVICE AND A SEMICONDUCTOR DEVICE

(57) 摘要

本發明之課題為：於使用含氟之碳(CF膜)作為層間絕緣膜之材質之半導體裝置中，發揮含氟之碳膜低介電常數之優點。使用直鏈構造之 $C_5F_8$ 氣體形成CF膜，並於其表面直接形成成為硬遮罩之金屬。此CF膜，耐熱性大，因此金屬膜不發生膜剝離，且因機械強度大，因此耐化學機械研磨(CMP)加工，且CMP加工之後處理，以有機酸等進行，不損傷CF膜。其結果，下層側之CF膜與上層側CF膜之間，不存在SiCN等構成之比介電常數高之罩蓋膜。



W：晶圓

60：含氟之碳膜(CF膜)

61：配線

62：阻障金屬(阻障膜)

63：阻障膜

70：F膜

71：金屬膜

73：圖案

74：光阻遮罩

80：溝



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：200908219

(43)公開日：中華民國98(2009)年2月16日

(21)申請案號：097112788

(22)申請日：中華民國97(2008)年4月9日

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

H01L21/316 (2006.01)

(30)優先權主張：2007/04/10 日本

2007-103313

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

(72)發明人：川村剛平 KAWAMURA, KOHEI；野澤俊久 NOZAWA, TOSHIHISA；松岡孝明 MATSUOKA, TAKAAKI

(72)代理人：周良謀；周良吉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：8 共 27 頁

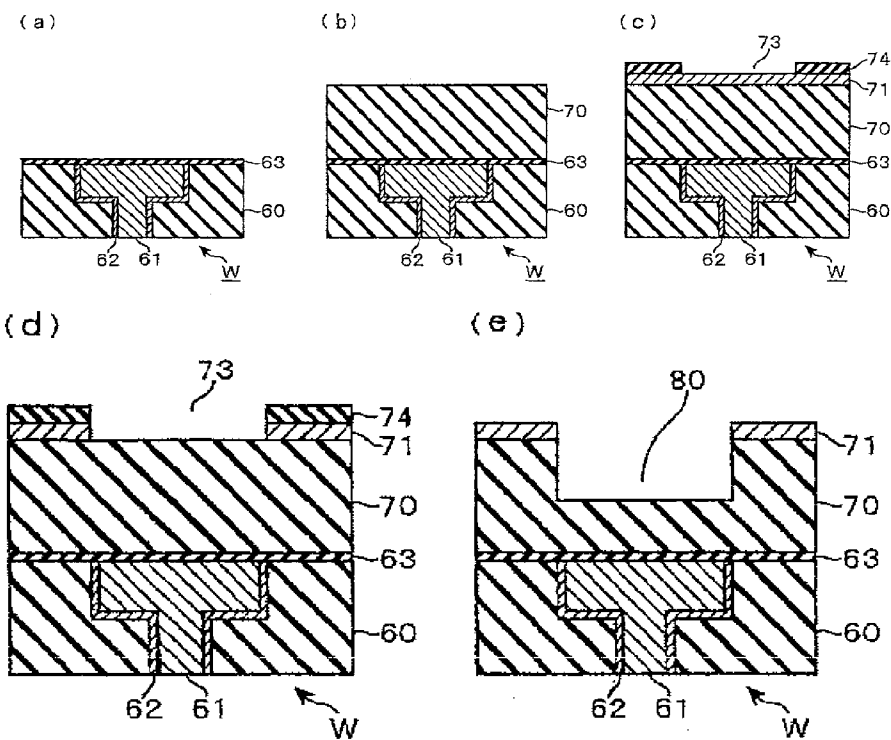
(54)名稱

半導體裝置之製造方法及半導體裝置

FABRICATION METHOD OF A SEMICONDUCTOR DEVICE AND A SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)摘要

本發明之課題為：於使用含氟之碳(CF膜)作為層間絕緣膜之材質之半導體裝置中，發揮含氟之碳膜低介電常數之優點。使用直鏈構造之 $C_5F_8$ 氣體形成CF膜，並於其表面直接形成成為硬遮罩之金屬。此CF膜，耐熱性大，因此金屬膜不發生膜剝離，且因機械強度大，因此耐化學機械研磨(CMP)加工，且CMP加工之後處理，以有機酸等進行，不損傷CF膜。其結果，下層側之CF膜與上層側CF膜之間，不存在SiCN等構成之比介電常數高之罩蓋膜。



W：晶圓

60：含氟之碳膜(CF膜)

61：配線

62：阻障金屬(阻障膜)

63：阻障膜

70：F膜

71：金屬膜

73：圖案

74：光阻遮罩

80：溝

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種半導體裝置的製造方法及半導體裝置，該半導體裝置包含由含氟之碳膜所構成之層間絕緣膜。

### 【先前技術】

為了達成半導體裝置之高密度化，採用多層配線構造，但是，由於訊號頻率愈高則欲容易通過層間絕緣膜，因此，為了達成裝置之動作高速化，要求層間絕緣膜之比介電常數降低。自以往，一般而言，係使用 SiO<sub>2</sub> 膜(矽氧化膜)作為絕緣膜，但是，SiO<sub>2</sub> 之比介電常數為 4.0，而就比介電常數更低之材料而言，有人探討了比介電常數為 3.6 之 SiOF，最近，比介電常數為 2.8~3.2 之低介電常數材料 SiOCH 已經實用化。以此方式，層間絕緣膜之開發走向為，在以矽(Si)作為主成分之材料中添加氟(F)或碳(C)等之技術。

相對於此，本案發明人等，探討了應用相較於習知材料，比介電常數低了許多，為碳及氟之化合物的含氟之碳膜(氟碳膜)。此含氟之碳膜，由於比介電常數可以低到 1.8 左右，因此為作為能對應於裝置高速化之層間絕緣膜之材料的極具劃時代性的膜，但由於係以碳作為主成分，因此其性狀相較於習知以矽作為主成分之膜，大不相同。例如，相較於以矽作為主成分之膜，含氟之碳膜之弱點為，耐熱性弱，且機械強度小，且容易遭受電漿蝕刻。

因此，構成半導體裝置之疊層構造或其製造方法，亦與使用以矽作為主成分之膜之情形不同。以下，對於以含氟之碳膜作為層間絕緣膜使用之情形，將配線形成步驟，即雙重金屬鑲嵌步驟，予以簡單記載。圖 8(a)顯示，於形成在基板 100 上之下層側之電路層 101 之上，形成上層側之電路層中途的階段。102 為含氟之碳膜、103 為銅(Cu)構成之配線層、104 為例如 SiCN(碳化氮化矽)構成之罩蓋膜、105、106 為了防止配線材料(此例為銅)擴散到含氟之碳膜 102 的阻障金屬及阻障膜。於此下層側之電路層 101 之上，從下側起依序疊

層有含氟之碳膜 112、罩蓋膜 114、金屬膜例如 Ti(鈦)構成之金屬膜 117、犧牲膜 118 及光阻遮罩 119。含氟之碳膜 112(102)，係將含環狀構造之  $C_5F_8$  氣體等氟化碳氣體之處理氣體予以電漿化，並將基板 100 暴露於此電漿環境中而成膜。

圖 8(a)所示疊層構造形成後，實施圖 8(b)所示，對於含氟之碳膜 112 形成凹部 122 之步驟。此步驟，為利用光阻遮罩 119 形成犧牲膜 118 之遮罩、使用犧牲膜 118 之遮罩形成通往含氟之碳膜 112 之通孔 120、金屬膜 117 所構成硬遮罩之圖案化，及使用此硬遮罩對於含氟之碳膜形成溝渠(配線填埋溝)121 之步驟。接著，如圖 8(c)所示，形成阻障金屬 115，使得覆蓋包含凹部 122 之內表面在內之基板 100 之露出面後，在凹部 122 內填入配線材料銅 113，接著，如圖 8(d)所示，將多餘的銅 113 及金屬膜 117 以化學機械研磨(CMP, Chemical Mechanical Polishing)加工除去。

此 CMP 加工當中，為了不使含氟之碳膜 112 直接受到機械性負荷，如圖 8(d)所示，於罩蓋膜 114 殘留一部分的狀態，停止 CMP 加工。又，藉此 CMP 加工，雖配線層 113 被氧化而在表面產生氧化被覆膜 123，但是，由於若此氧化被覆膜 123 存在，則配線之電阻值會上升，為了將此氧化被覆膜 123 還原，如圖 8(e)所示，對於基板 100 照射將氨( $NH_3$ )氣體活化得到之電漿(以下簡稱  $NH_3$  電漿)。含氟之碳膜 112，若暴露於  $NH_3$  電漿，會被蝕刻，但是由前所述，由於表面殘留著罩蓋膜 114，因此，此罩蓋膜 114 成為保護膜而不直接暴露於  $NH_3$  電漿中，故不會被蝕刻。之後，於包含配線層 113 之表面在內之基板 100 表面，形成阻障膜 116，完成上層側之電路層形成步驟(圖 8(f))，之後進行同樣步驟，製造多層配線構造之半導體裝置。

在此，罩蓋膜 114，如前所述，不僅在 CMP 加工時及  $NH_3$  電漿照射時擔任含氟之碳膜 112 之保護膜的作用，而且尚具有密合層的作用，使成為硬遮罩之金屬膜 117 與含氟之碳膜 112 密合。亦即，如後述比較例 2-1 之實驗結果所示，若在從環狀構造之  $C_5F_8$  氣體得到之含氟之碳膜上，直接形成 Ti 構成之金屬膜，則成膜後會發生金

屬膜 117 之膜剝離，因此，藉由中介存在 SiCN、SiC 或 SiN 等構成之罩蓋膜 114，能確保含氟之碳膜 112 與金屬膜 117 間之密合性。

因此，罩蓋膜 114 雖然在習知矽系層間絕緣膜之情形不使用，但是由於含氟之碳膜 112 之特有性狀，成為必要的。另一方面，由於半導體裝置之薄膜化進展，使用含氟之碳膜 112 之情形亦被要求層間絕緣膜之厚度減小，但由於罩蓋膜 114 之材料 SiCN(比介電常數：約 5)、SiC(比介電常數：約 7)或 SiN(比介電常數：約 8)等比介電常數高，因此，若殘存在比介電常數低之層間絕緣膜中且層間絕緣膜之膜厚減小，則對於尚含罩蓋膜 114 之層間絕緣膜，比介電常數高之罩蓋膜 114 存在之影響增大，亦即，由於罩蓋膜 114 存在所致比介電常數上升之程度變得顯著，即使特意將低到比誘電率 1.8 之含氟之碳膜 112 使用在層間絕緣膜，亦無法充分地發揮其材料之優點，會造成使用價值降低。

再者，罩蓋膜 114 如上所述，係用於補強含氟之碳膜 112 之耐熱性及機械強度不足之膜，為形成原本裝置不需要之膜。因此，必需實施原本不需要之罩蓋膜 114 成膜步驟，再者，之後蝕刻時，必需選擇能確保成為硬遮罩金屬膜 117 之間之選擇比的蝕刻氣體，且有時需要清洗罩蓋膜 114 蝕刻時所產生殘渣之作業。因此，步驟增加，會成為生產量下降的主要原因之一，同時，也需要用於實施此等步驟之裝置。

另一方面，於專利文獻 1，記載了含氟之碳膜，但是並未提及上述課題。

【專利文獻 1】日本特開 2005-302811

### 【發明內容】

(發明欲解決之問題)

本發明係於此種情事之下而生者，其目的在於提供一種半導體裝置及製造此半導體裝置之方法，係在使用含氟碳作為層間絕緣膜

之材質之半導體裝置中，能發揮含氟碳膜低介電常數之優點，另一目的為提供一種半導體裝置之製造方法，能簡化製造步驟。

(解決問題之方式)

本發明半導體裝置之製造方法，特徵在於包含以下步驟：步驟(a)，將含碳及氟之處理氣體予以電漿化，藉此電漿，在基板上形成含氟之碳膜構成之層間絕緣膜；步驟(b)，在前述層間絕緣膜之表面形成金屬膜；步驟(c)，將前述金屬膜依照圖案予以蝕刻，形成該金屬膜構成之硬遮罩；步驟(d)，使用前述硬遮罩，將前述含氟之碳膜予以蝕刻，而在該含氟之碳膜形成凹部；步驟(e)，接著，於前述基板之表面將配線材料予以成膜，在前述凹部內填埋該配線材料；步驟(f)，將前述含氟之碳膜上之多餘配線材料及前述硬遮罩除去，使含氟之碳膜之表面露出；步驟(g)，藉步驟(f)所產生於配線材料表面之氧化物除去。

前述金屬膜成膜之步驟(b)，以在前述層間絕緣膜之上直接形成金屬膜較佳。

含碳及氟之處理氣體，以直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體較佳，更佳為具參鍵者。

前述金屬膜之材質，以擇自於 Ti、Ta、W 及 Al 者較佳。

亦可實施在前述硬遮罩之上形成犧牲膜，將此犧牲膜作為遮罩使用，將含氟之碳膜予以蝕刻，藉此在該含氟之碳膜形成凹部之步驟。

使前述含氟之碳膜之表面露出之步驟(f)，可為將前述配線材料之表面予以研磨之步驟。

前述氧化物除去之步驟(g)，較佳為，將有機酸之液體或蒸氣對於基板之表面供給之步驟，或於還原性氣體環境下將基板退火之步驟。

本發明之半導體裝置，特徵在於包含：下層側之電路層，包含含氟之碳膜構成之層間絕緣膜，及填埋在此層間絕緣膜內之配線材料；阻障層，為了防止前述配線材料之擴散，而形成在前述下層側

電路層之上；上層側之電路層，包含在此阻障層之上直接形成之含氟之碳膜所構成之層間絕緣膜，及填埋在此層間絕緣膜內之配線材料。

#### (發明之效果)

依照本發明，在使用含氟之碳膜作為層間絕緣膜之半導體裝置中，在下層側之含氟之碳膜與上層側之含氟之碳膜之間，由於未中介存在習知含氟之碳膜與成為硬遮罩金屬膜之間之密合膜，及配線材料研磨時或之後處理時作為保護膜而使用之 SiCN 等構成之比介電常數高的罩蓋膜，因此，能夠抑制中介存在於上層側配線與下層側配線之間之全體層間絕緣膜之比介電常數上升，能夠發揮含氟之碳膜原本比介電常數低的優點。又，因為不使用罩蓋膜，因此不需要罩蓋膜之成膜步驟，再者，不需要罩蓋膜之蝕刻或伴隨蝕刻之清洗等，能使步驟簡化。

#### 【實施方式】

#### (實施發明之最佳形態)

本發明之半導體裝置製造方法之實施形態，參照圖 1 說明。圖 1(a)顯示，形成在基板晶圓 W 上之第 n 層(下層側)之電路層，此電路層，係在為層間絕緣膜之含氟之碳膜(以下稱為「CF 膜」)60 內，填埋有例如 Cu 等金屬配線 61。此 CF 膜 60 與配線 61 之間，係以例如氮化鈮膜與鈮膜之順序，中介存在從下側(CF 膜 60 側)起疊層之阻障金屬 62，以使金屬不從配線 61 擴散到 CF 膜 60 內。又，此電路層之上，形成例如 SiC 等阻障膜 63，以不使金屬從配線 61 擴散到第(n+1)層(上層側)之電路層之 CF 膜 70。又以下說明中，第 n 層、第(n+1)層，分別以下層側、上層側稱呼。

首先，如圖 1(b)所示，在阻障膜 63 之表面形成 CF 膜 70。此 CF 膜 70，於後詳述，係將含碳及氟之化合物之成膜氣體，即直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體，予以電漿化，並將此電漿形成在晶圓 W 上而予以成膜。此直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體，帶有在碳—碳間之參鍵，例如圖 4(a)所示，為具 1 個參鍵之 1,1,1,2,2,5,5,5—八氟—1—戊炔氣體等。若將在碳—

碳間帶有參鍵之  $C_5F_8$  氣體予以電漿化，則容易產生具網狀構造體之分解產物，此網狀構造體會被帶進 CF 膜 70，因此，CF 膜 70 之機械強度或耐熱性會高於使用環狀構造之  $C_5F_8$  氣體成膜時，但是，亦可使用在碳—碳間具雙鍵之同圖(b)所示 1,1,2,3,4,5,5,5—八氟—1,3—戊二烯氣體等。

其次，在該 CF 膜 70 上使用例如濺鍍法，形成 CF 膜 70 蝕刻時成為硬遮罩之金屬膜 71，例如 Ti(鈦)膜，因為該 CF 膜之熱安定性優異，因此如後述實驗例 2—1、實驗例 3 等亦顯示者，與 Ti 膜之密合性亦提高，即使不使用 SiCN 膜等罩蓋膜，亦能確保 CF 膜 70 與金屬膜 71 之密合性。又，金屬膜 71 不限於 Ti，亦可為 Ta(鉭)、W(鎢)、Al(鋁)等。

之後，如圖 1(c)所示，使用形成有相當於溝渠(配線之填埋溝)之圖案 73 的光阻遮罩 74，如圖 1(d)所示，將金屬膜 71 蝕刻並形成溝。在此，使用像上述純金屬作為金屬膜 71，原因在於，將金屬膜 71 蝕刻形成硬遮罩圖案時，能提高下層 CF 膜與金屬膜 71(硬遮罩)之間之蝕刻選擇比(例如 100 以上)的原故。接著，改變蝕刻氣體，以此金屬膜 71 作為遮罩，將 CF 膜 70 蝕刻，形成溝 80(同圖(e))。又，光阻遮罩 74，在此 CF 膜 70 蝕刻時被除去，於晶圓 W 之表層上，殘留金屬膜(硬遮罩)71。

接著，例如以旋塗法形成為例如 SiOC 系之膜之犧牲膜 75，以將溝 80 覆蓋，並於其表面形成具備對應於通孔之圖案 76 的光阻遮罩 77(圖 2(a))。並且，使用此光阻遮罩 77，將犧牲膜 75 及 CF 膜 70 蝕刻，再將露出於孔底部之阻障膜 63 也蝕刻，依此方式，在 CF 膜 70 內形成通孔 81。接著，將犧牲膜 75 以化學藥品溶液處理除去(圖 2(d))，藉此，在 CF 膜 70 形成溝 80 與通孔 81 所構成之凹部 82。

之後，從金屬膜 71 之表面貫穿凹部 82 之內表面，以例如濺鍍法形成與既述阻障金屬 62 同樣構成之阻障金屬 78。之後，以例如濺鍍法，將為配線材料之金屬，例如 Cu 成膜以作為上層側之配線 79(圖 2(e))。

其次，利用 CMP(Chemical Mechanical Polishing)加工，將多餘的 Cu、阻障膜 78 及金屬膜 71 除去。藉此，在 CF 膜 70 內形成配線 79。此 CMP 加工，係藉由使樹脂製例如胺甲酸乙酯(urethane)製之襯墊與晶圓 W 之表面相對向，在此襯墊上一面供給酸性或鹼性之漿狀物，一面使襯墊與晶圓 W 相對加壓且旋轉，藉此將晶圓 W 之表面進行化學機械研磨之處理方法。此情形，在 CF 膜 70 之上，由於不像習知一般存在罩蓋膜，因此，在 CMP 加工最終階段，於 CF 膜 70 之表面直接施加研磨作用，此 CF 膜 70 如前所述，由於機械強度大，因此，不會發生損及裝置特性之損傷。並且，Cu(配線 79)之表面，會因為加工時之摩擦熱等而氧化產生氧化膜 79a(圖 2(f))。配線 79 與其次形成第(n+2)層之上層側配線之間，若存在氧化膜 79a，則配線電阻增大，因此，實施此氧化層 79a 之除去處理，例如還原處理(圖 3(a))。此還原處理，係藉由在處理容器內之載置台，載置晶圓 W，將晶圓 W 加熱至例如既定溫度，同時從與載置台對向配置之噴淋頭，將有機酸例如甲酸蒸氣對於晶圓 W 供給。以此方式使用有機酸之還原處理，可將蒸氣改為使用將溶液對於晶圓 W 之表面供給之方式，又，有機酸可使用甲酸以外之羧酸等。藉此還原處理，氧化層 79a 被還原成為金屬(Cu)。另一方面，CF 膜 70，幾乎不會因此有機酸而劣化或侵蝕等，因此，可在 CF 膜 70 不受到不利影響之下，進行氧化層 79a 之還原。

此還原處理，可於例如還原環境，例如氫氣環境中，載置晶圓 W，進行退火處理(熱處理)。本實施形態使用之 CF 膜 70，如前述，由於耐熱性大，因此，即使經此退火處理，亦幾乎不發生 F 氣體等之脫氣。之後，為了防止金屬從前述配線 79 進一步擴散到第(n+2)層之上層側 CF 膜(未圖示)，在晶圓 W 之表面，以例如 CVD 法形成阻障膜 83。藉由如此反覆一連串步驟，形成既定階層分量之電路。

依照上述實施形態，由於使用直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體作為 CF 膜 70 之成膜氣體，因此，可得到機械強度大之 CF 膜 70，於銅(配線 79) 埋後實施之 CMP 步驟，即使將晶圓 W 之表面研磨至 CF 膜 70 表

面露出，亦不會使 CF 膜 70 缺損。並且，CMP 步驟後銅氧化物(氧化層 79a)之還原係以甲酸實施，CF 膜 70 不會被甲酸所蝕刻，因此，能於 CF 膜 70 露出之狀態，進行氧化層 79a 之還原處理。又，使用直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體之 CF 膜 70，即使加熱至例如約  $400^\circ C$ ，耐熱性仍大，幾乎不發生 F 氣體等之脫氣，因此，於後步驟實施之氫氣燒結處理，能防止因為 F 氣體造成金屬配線腐蝕。

由以上，在形成配線之雙重金屬鑲嵌步驟中，可以不使用習知 CF 膜作為層間絕緣膜時為必要之罩蓋膜，因此，在上層側之 CF 膜 70 與下層側之 CF 膜 60 之間，可不中介存在比介電常數高之罩蓋膜，因此，能夠抑制在上層側配線 79 與下層側配線 61 之間中介存在之全體層間絕緣膜(含 CF 膜 70 及阻障膜 63 之意)之比介電常數上升，可將 CF 膜 70 原本之優點發揮到最大限度。尤其，在層間絕緣膜之薄膜化進展之狀況下，如「先前技術」項目已述者，比介電常數高之罩蓋膜之影響增大，因此，本發明之半導體裝置可說是極有效的。

又，由於不需要罩蓋膜之成膜，因此不需要罩蓋膜之成膜步驟、實施罩蓋膜蝕刻之步驟，同時也不需要將罩蓋膜之蝕刻所產生之殘渣予以清洗之步驟，因此可簡化步驟，提升生產量。又，不需考慮選擇罩蓋膜與金屬膜 71 之間之蝕刻選擇比，可以不必探討金屬膜 71 之蝕刻條件(使用氣體等)，能增加構成金屬膜 71 之材料自由度，並且由於金屬膜 71 與 CF 膜 70 之間之蝕刻選擇比高，尚有能形成蝕刻形狀良好(寬高比高的)之凹部 82 的優點。

又，成為硬遮罩之金屬膜 71，不限於 Ti，亦可為 Ta、W、Al 等金屬膜，其成膜手法除了濺鍍法以外，只要成膜溫度在  $400^\circ C$  以下，亦可使用熱 CVD 法。

又，於半導體裝置製造步驟中，藉由使 SiCN 膜等罩蓋膜中介存在於 CF 膜 70 與金屬膜 71 之間，並於 CMP 加工時與金屬膜 71 一起將罩蓋膜除去，使下層側 CF 膜 60 與上層側 CF 膜 70 之間不存在罩蓋膜之製法，也包含在本發明之權利範圍。

其次，就形成 CF 膜 70 之成膜裝置，舉一例參照圖 5 簡單說明。同圖中之成膜裝置 10，包含：真空室處理容器 11、具備調溫機構之載置台 12，及連接於載置台 12 之例如 13.56MHz 之偏壓用高頻電源 13。

處理容器 11 之上部，以與載置台 12 相對向之方式，設有例如略圓形狀之例如氧化鋁構成之第 1 氣體供給部 14。此第 1 氣體供給部 14 中，與載置台 12 相對向之面，形成有多數第 1 氣體供給孔 15。第 1 氣體供給孔 15，經由氣體流路 16 及第 1 氣體供給路 17，連接於電漿產生用氣體例如氬(Ar)氣體等之稀有氣體供給源。

又，前述載置台 12 與前述第 1 氣體供給部 14 之間，設有例如略圓形狀之導電體構成的第 2 氣體供給部 18，此第 2 氣體供給部 18 中，與載置台 12 相對向之面，形成有多數第 2 氣體供給孔 19。此第 2 氣體供給部 18 之內部，形成有與第 2 氣體供給孔 19 連通之氣體流路 20，氣體流路 20，經由第 2 氣體供給路 21，與例如直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體等之原料氣體供給源連接。又，於第 2 氣體供給部 18，以上下貫通第 2 氣體供給部 18 之方式，形成有多數開口部 22。此開口部 22，係用於使產生於第 2 氣體供給部 18 上方之電漿，通過第 2 氣體供給部 18 之下方側空間者，例如，形成在鄰接之第 2 氣體供給孔 19 彼此間。處理容器 11 之下端側，形成有排氣口 26a，此排氣口 26a，經由排氣管 26 而與真空排氣機構 27 連接。

前述第 1 氣體供給部 14 之上方，隔著例如氧化鋁等介電體所構成之覆蓋板 28，設有天線部 30。此天線部 30，包含：圓形之天線本體 31，及埋設在此天線本體 31 之下端之平面天線構件(狹縫板)32。平面天線構件 32，形成有用以產生圓偏波之多數未圖示的狹縫。此等天線本體 31 與平面天線構件 32，係由導體構成，構成扁平中空的圓形導波管。

又，於天線本體 31 與平面天線構件 32 之間，設有例如氧化鋁或氧化矽、氮化矽等低損失介電體材料所構成之慢波板 33。此慢波

板 33，係用於使微波波長縮短而使前述圓形導波管內之管內波長縮短者。

此方式構成之天線部 30，經由同軸導波管 35，而連接於產生例如 2.45GHz 或 8.4GHz 頻率微波之微波產生機構 34。又，同軸導波管 35 外側之導波管 35A 與中心導體 35B，各經由天線本體 31 及形成在慢波板 33 之開口部，而與平面天線構件 32 連接。

其次，說明使用上述成膜裝置 10 形成 CF 膜 70 之方法。首先，將晶圓 W 搬入處理容器 11 內，載置於載置台 12 上。並且，使用真空排氣機構 27，將處理容器 11 內排氣，對於處理容器 11 內，從第 1 氣體供給路 17 及第 2 氣體供給部 18，以既定流量各自供給例如 Ar 氣體與直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體之狀態，將處理容器 11 內設定為既定真空度，並藉由設於載置台 12 之調溫機構，將晶圓 W 加熱。

另一方面，從微波產生機構 34，將頻率 2.45GHz 之高頻(微波)經由覆蓋板 28 及第 1 氣體供給部 14，從形成在平面天線構件 32 之未圖示狹縫，朝向下方側之處理空間放射。

藉此微波，在第 1 氣體供給部 14 與第 2 氣體供給部 18 之間之空間，激發出 Ar 氣體之電漿。另一方面，從第 2 氣體供給部 18 往載置台 12 釋放之  $C_5F_8$  氣體，經由開口部 22，與從上方側流入的 Ar 電漿接觸，產生活性種。藉由將此活性種供給予晶圓 W 之表面，形成 CF 膜 70。

## 【實施例】

### (實驗例 1)

當既述作為罩蓋層之矽系化合物，例如 SiCN 膜，殘留作為層間絕緣膜之一部分時，為了檢查此 SiCN 膜對於層間絕緣膜之比介電常數造成之影響，實施以下實驗。實驗係形成以膜厚 20nm 之 SiCN 膜將 CF 膜上下夾持而成之疊層體，將 CF 膜之膜厚於 100nm~375nm 間以 25nm 間距改變，並以水銀探針測定疊層體之比介電常數而進行。

## (實驗結果)

此結果如圖 6 所示。可知隨 CF 膜之膜厚愈薄，則全體之比介電常數增加。因此，上下之 CF 膜之間若中介存在罩蓋膜，則隨著裝置薄膜化進展，層間絕緣膜之比介電常數之上升變得顯著，變得無法忽視。

## (實驗例 2)

## (實驗例 2-1)

使用上述成膜裝置 10，以直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體作為原料氣體，在晶圓上形成 CF 膜，更於其上以濺鍍法形成 Ti 膜。之後，於真空環境，進行 60 分鐘之  $400^\circ C$  熱處理。

## (比較例 2-1)

與實驗例 2-1 同樣，形成 CF 膜。又，原料氣體使用環狀構造之  $C_5F_8$  氣體。之後，於此 CF 膜上形成 Ti 膜。

## (比較例 2-2)

與比較例 2-1 同樣地，形成 CF 膜。又，之後，於 CF 膜上形成 Ta 膜，於真空環境，於  $350^\circ C$  進行 30 分鐘熱處理。

## (實驗結果)

於實驗例 2-1，未見到 Ti 膜之膜剝離、Ti 膜與 CF 膜之間之氣泡產生等，晶圓全面成色呈現均勻，為良好成膜狀態。另一方面，於比較例 2-1，於形成 Ti 膜之狀態，已發生膜剝離。又，比較例 2-2，雖然在 Ta 膜之成膜後沒有問題，但是，於退火後，但晶圓 W 的各處均生膜剝離。此比較例 2-1、2-2 間之差異，被認為是由於 Ta 與 Ti 之反應性不同所致。

因此，可知由直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體所成膜而成之 CF 膜，幾乎不會因為熱處理而造成脫氣。此係於大型積體電路製造步驟中形成電晶體時，最終步驟所實施、用以使電晶體之閘極氧化膜之界面準位減小之約  $400^\circ C$  之氫氣燒結處理時，亦不生 F 氣體脫離，配線金屬不被腐蝕之意。另一方面，以環狀構造之  $C_5F_8$  氣體成膜之 CF 膜，

由於熱處理會發生脫氣而與金屬膜反應，金屬膜剝離，因此，相較於以直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體成膜而成之 CF 膜，可知耐熱性較低。

(實驗例 3)

使用成膜裝置 10，在晶圓上形成直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體所形成之 CF 膜，接著，以濺鍍法，形成 Ti 膜、Ta 膜及 Cu 膜，各 3nm、7nm、15nm，於 400°C 實施熱處理 60 分鐘。之後，以 TEM 晶圓 W 將切斷面拍照。其結果如圖 7 所示。其結果，在各膜間，未發生膜剝離或各膜間之元素擴散之變質等。因此，可知 CF 膜耐熱性大，即使 Ti 膜等金屬膜在其表面直接成膜亦無問題。

【圖式簡單說明】

圖 1(a)(b)(c)(d)(e) 顯示本發明之半導體裝置製造方法之一例。

圖 2(a)(b)(c)(d)(e)(f) 顯示上述半導體裝置製造方法之一例之示意圖。

圖 3(a)(b) 顯示上述半導體裝置製造方法之一例之示意圖。

圖 4(a)(b) 顯示本實施形態中使用之  $C_5F_8$  氣體之說明圖。

圖 5 顯示上述半導體裝置製造方法中使用之成膜裝置一例之縱剖面圖。

圖 6 顯示實驗例 1 之實驗結果特性圖。

圖 7 顯示將實驗例 3 拍攝之 TEM 照片示意化之特性圖。

圖 8(a)(b)(c)(d)(e)(f) 顯示半導體裝置縱剖面圖，係習知使用環狀構造之  $C_5F_8$  氣體形成 CF 膜之步驟。

【主要元件符號說明】

W 晶圓

10 成膜裝置

11 處理容器

12 載置台

13 偏壓用高頻電源

- 14 第 1 氣體供給部
- 15 第 1 氣體供給孔
- 16 氣體流路
- 17 第 1 氣體供給路
- 18 第 2 氣體供給部
- 19 第 2 氣體供給孔
- 20 氣體流路
- 21 第 2 氣體供給路
- 22 開口部
- 26a 排氣口
- 26 排氣管
- 27 真空排氣機構
- 28 覆蓋板
- 30 天線部
- 31 天線本體
- 32 平面天線構件(狹縫板)
- 33 慢波板
- 34 微波產生機構
- 35 同軸導波管
- 35A 導波管
- 35B 中心導體
- 60 含氟之碳膜(CF 膜)
- 61 配線
- 62 阻障金屬(阻障膜)
- 63 阻障膜
- 70 CF 膜
- 71 金屬膜
- 73 圖案
- 74 光阻遮罩

- 75 犧牲膜
- 76 圖案
- 77 光阻遮罩
- 78 阻障金屬
- 79 配線
- 79a 氧化膜(層)
- 80 溝
- 81 通孔
- 82 凹部
- 83 阻障膜
- 100 基板
- 101 電路層
- 102 含氟之碳膜
- 103 銅(Cu)構成之配線層
- 104 罩蓋膜
- 105 阻障金屬
- 106 阻障膜
- 112 含氟之碳膜
- 113 銅(配線層)
- 114 罩蓋膜
- 115 阻障金屬
- 116 阻障膜
- 117 金屬膜
- 118 犧牲膜
- 119 光阻遮罩
- 120 通孔
- 121 溝渠(配線填埋溝)
- 122 凹部
- 123 氧化被覆膜

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 97112788

※ 申請日期： 97.4.9

※IPC 分類：H01L21/768(2006.01)

H01L21/316 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

半導體裝置之製造方法及半導體裝置/

FABRICATION METHOD OF A SEMICONDUCTOR DEVICE  
AND A SEMICONDUCTOR DEVICE

## 二、中文發明摘要：

本發明之課題為：於使用含氟之碳(CF 膜)作為層間絕緣膜之材質之半導體裝置中，發揮含氟之碳膜低介電常數之優點。使用直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體形成 CF 膜，並於其表面直接形成成為硬遮罩之金屬。此 CF 膜，耐熱性大，因此金屬膜不發生膜剝離，且因機械強度大，因此耐化學機械研磨(CMP)加工，且 CMP 加工之後處理，以有機酸等進行，不損傷 CF 膜。其結果，下層側之 CF 膜與上層側 CF 膜之間，不存在 SiCN 等構成之比介電常數高之罩蓋膜。

## 三、英文發明摘要：

The invention offers the advantages of using a fluorine-doped carbon film (CF film) having a low-k dielectric constant by using the CF film as an inter-layer insulating film in a semiconductor device. The invention uses a CF film formed by a  $C_5F_8$  gas having a straight chain molecular structure, and a metal hard mask is directly formed on the surface of the CF film. This CF film has a high thermal tolerance so that it does not peel off, as well as a high mechanical strength so that it withstands chemical-mechanical polishing (CMP) and the post-treatment of the CMP process is performed using an organic acid or the like without damaging the CF film. The result is that between a lower CF

film and an upper CF film there does not exist a capping film having a high specific dielectric constant composed of SiCN or the like.

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 圖 1(a)~(e) ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- W 晶圓
- 60 含氟之碳膜(CF 膜)
- 61 配線
- 62 阻障金屬(阻障膜)
- 63 阻障膜
- 70 F 膜
- 71 金屬膜
- 73 圖案
- 74 光阻遮罩
- 80 溝

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)

## 七、申請專利範圍：

1.一種半導體裝置之製造方法，其特徵為包含以下步驟：

步驟(a)，將含碳及氟之處理氣體予以電漿化，藉由此電漿在基板上形成由含氟之碳膜構成之層間絕緣膜；

步驟(b)，在該層間絕緣膜之表面形成金屬膜；

步驟(c)，將該金屬膜依照圖案蝕刻，以形成由該金屬膜構成之硬遮罩；

步驟(d)，使用該硬遮罩將該含氟之碳膜蝕刻，以在該含氟之碳膜形成凹部；

步驟(e)，接著，於該基板之表面將配線材料成膜，並將該配線材料填充到該凹部內；

步驟(f)，將該含氟之碳膜上之多餘配線材料及該硬遮罩除去，使含氟之碳膜之表面露出；及

步驟(g)，將步驟(f)所產生於配線材料表面的氧化物除去。

2.如申請專利範圍第1項之半導體裝置之製造方法，其中，形成該金屬膜的步驟(b)，係在該層間絕緣膜之上直接形成金屬膜。

3.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，含碳及氟之處理氣體，為直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體。

4.如申請專利範圍第3項之半導體裝置之製造方法，其中，該直鏈構造之  $C_5F_8$  氣體具有參鍵。

5.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，該金屬膜之材質係擇自於 Ti、Ta、W 及 Al。

6.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，包含以下步驟：在該硬遮罩之上形成犧牲膜，以此犧牲膜作為遮罩，將含氟之碳膜予以蝕刻，以在該含氟之碳膜上形成凹部。

7.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，該使含氟之碳膜之表面露出之步驟(f)，係將該配線材料之表面予以研磨。

8.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，該氧化物除去步驟(g)，係將有機酸液體或蒸氣供給至基板之表面。

9.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，該氧化物除去步驟(g)，係在還原性氣體環境下將基板退火。

10.一種半導體裝置，其特徵在於包含：

下層側之電路層，包含：由含氟之碳膜構成之層間絕緣膜，及填埋在此層間絕緣膜內之配線材料；

阻障層，為了防止該配線材料擴散，而形成在該下層側之電路層之上；

上層側之電路層，包含：由直接形成在此阻障層之上之含氟之碳膜構成之層間絕緣膜，及填埋在此層間絕緣膜內之配線材料。

#### 八、圖式：

8.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，該氧化物除去步驟(g)，係將有機酸液體或蒸氣供給至基板之表面。

9.如申請專利範圍第1或2項之半導體裝置之製造方法，其中，該氧化物除去步驟(g)，係在還原性氣體環境下將基板退火。

10.一種半導體裝置，其特徵在於包含：

下層側之電路層，包含：由含氟之碳膜構成之層間絕緣膜，及填埋在此層間絕緣膜內之配線材料；

阻障層，為了防止該配線材料擴散，而形成在該下層側之電路層之上；

上層側之電路層，包含：由直接形成在此阻障層之上之含氟之碳膜構成之層間絕緣膜，及填埋在此層間絕緣膜內之配線材料。

#### 八、圖式：

圖式

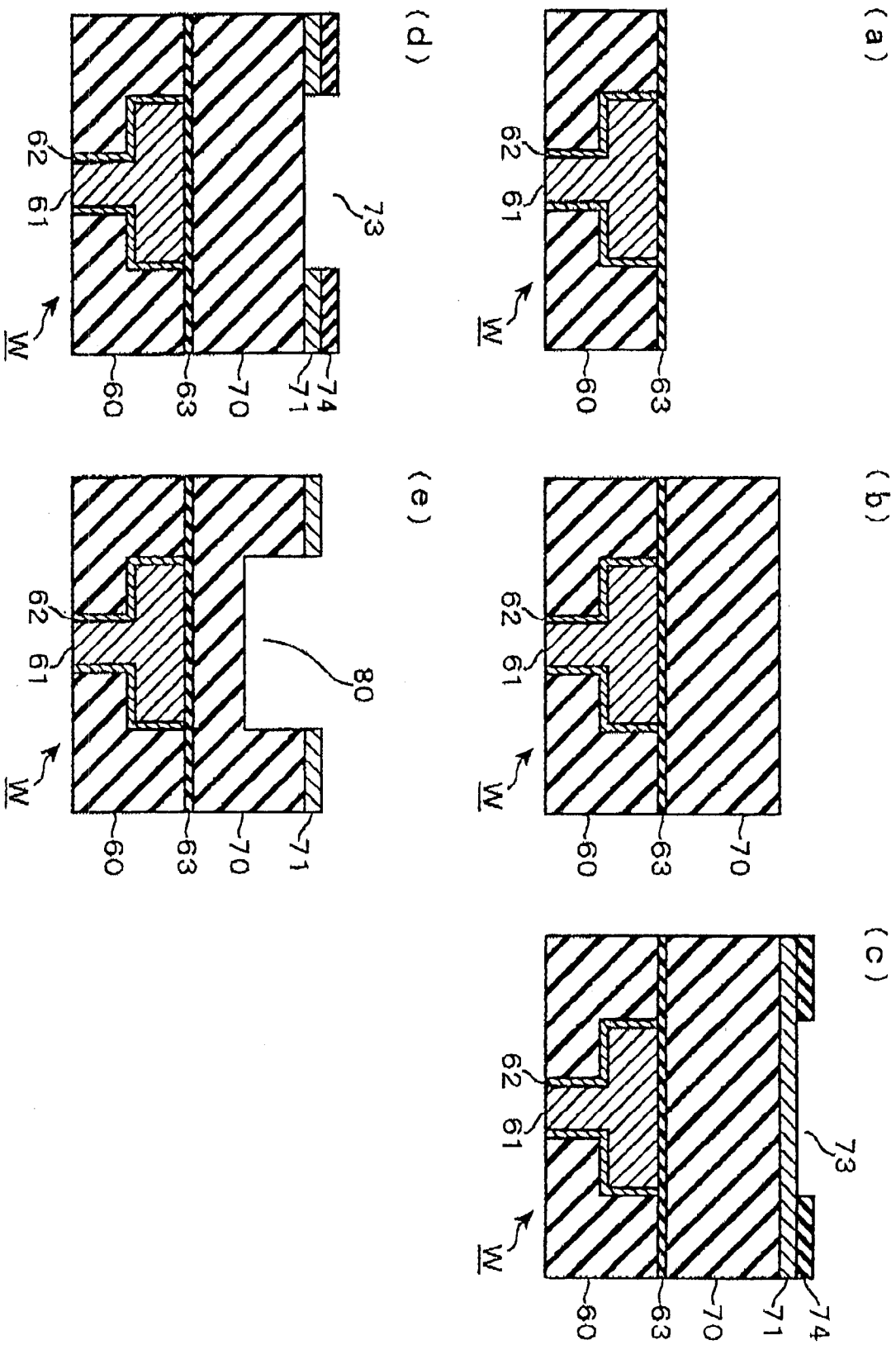


圖 1

圖式

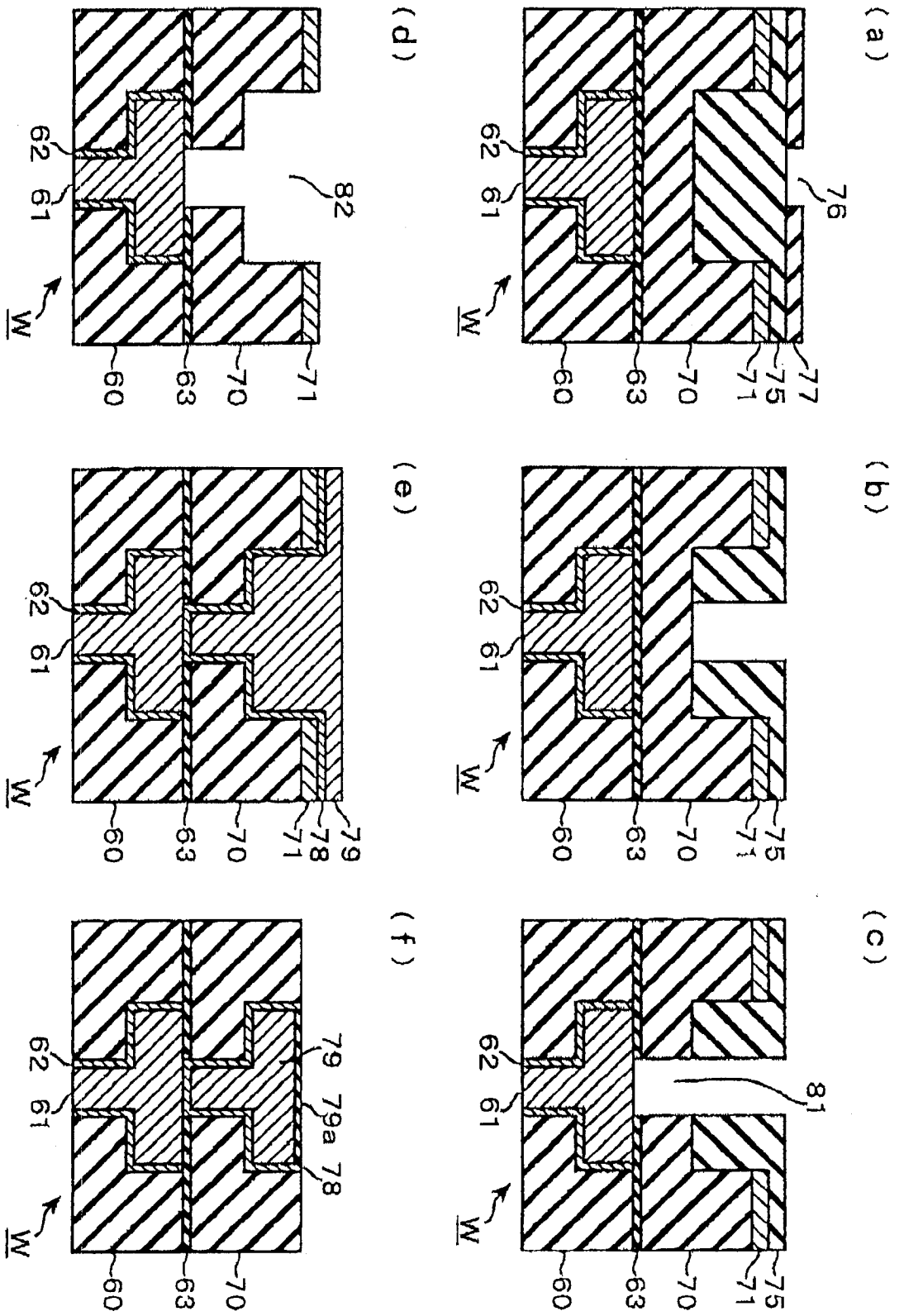


圖 2

圖式

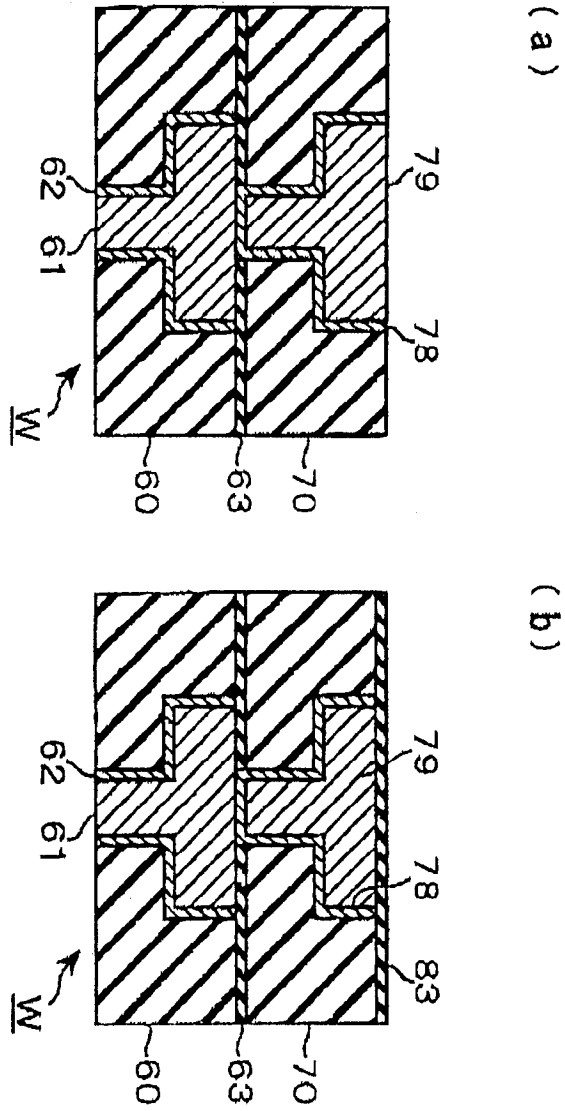
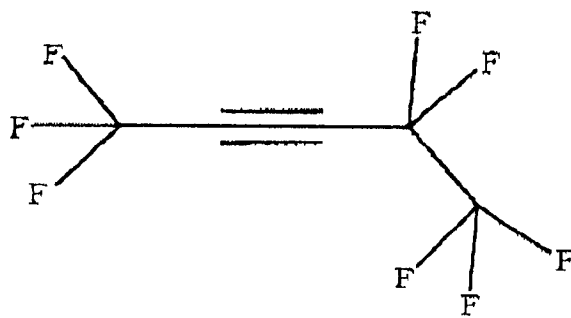


圖 3

圖式

(a)



(b)

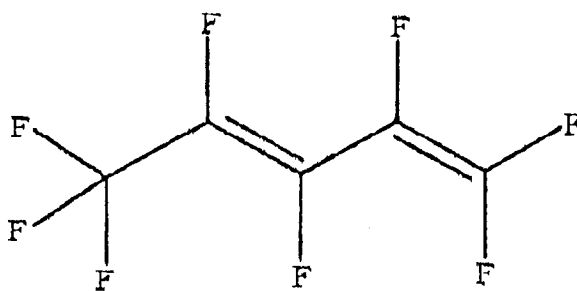


圖 4

圖式

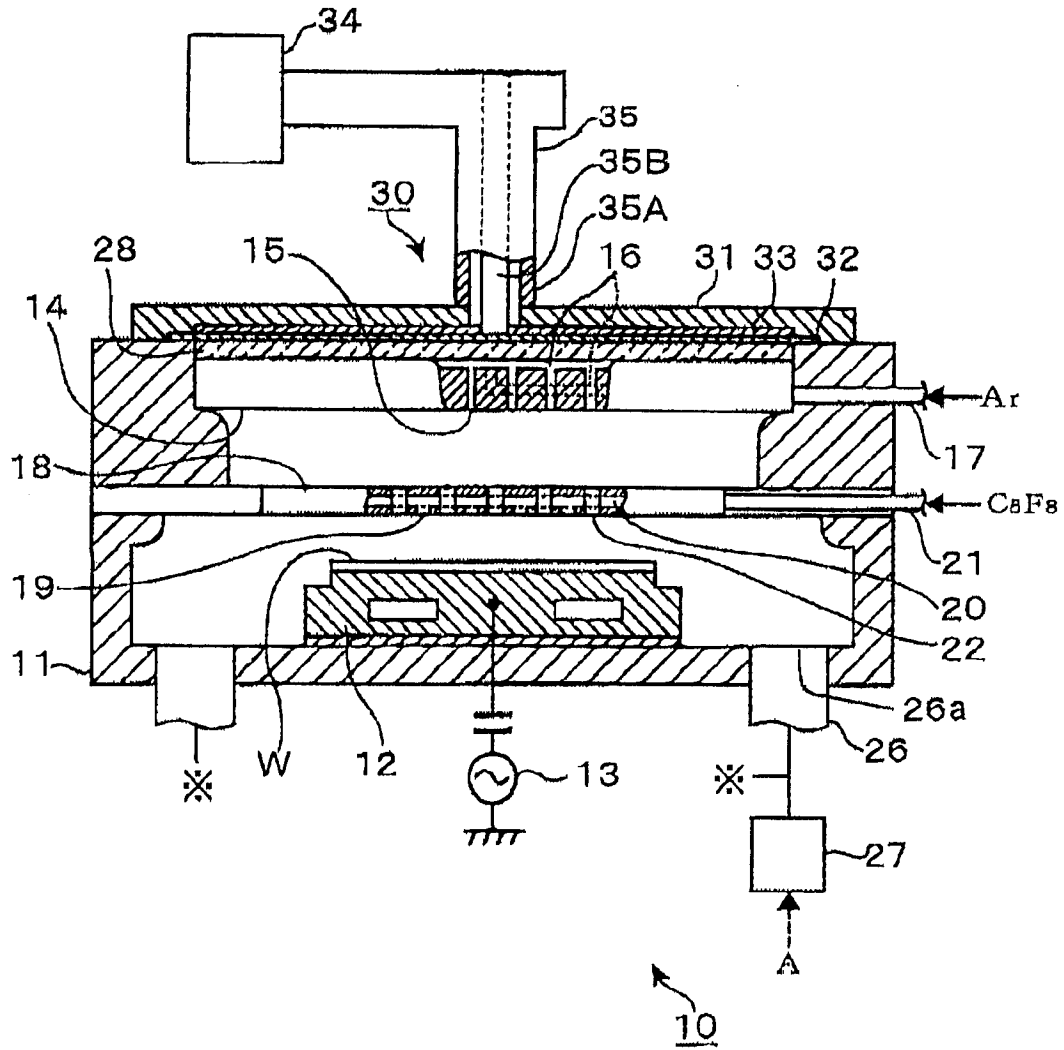


圖 5

圖式

圖 6

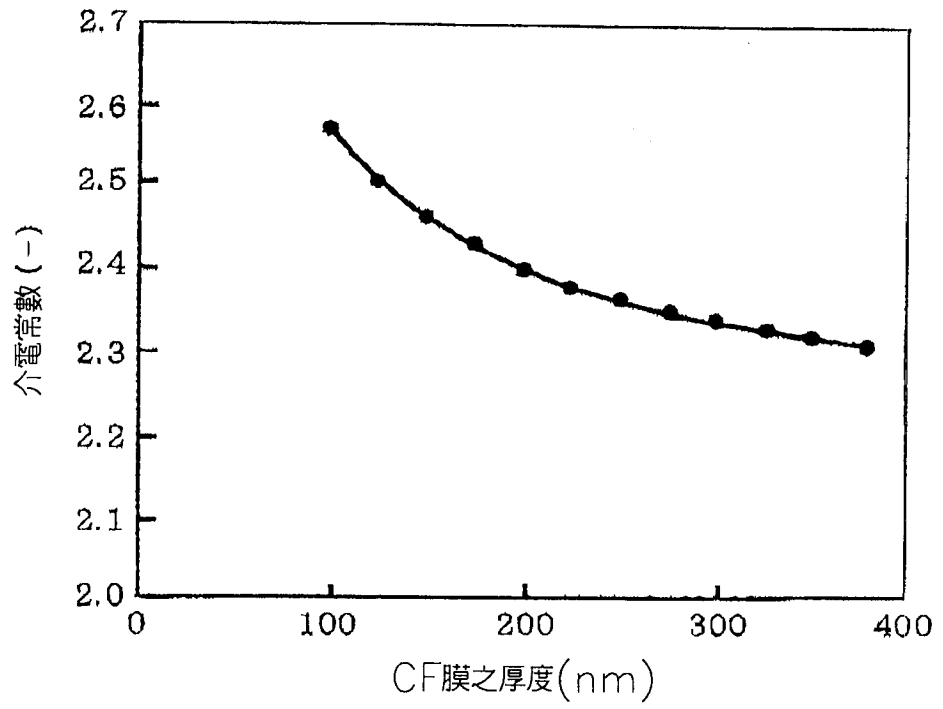
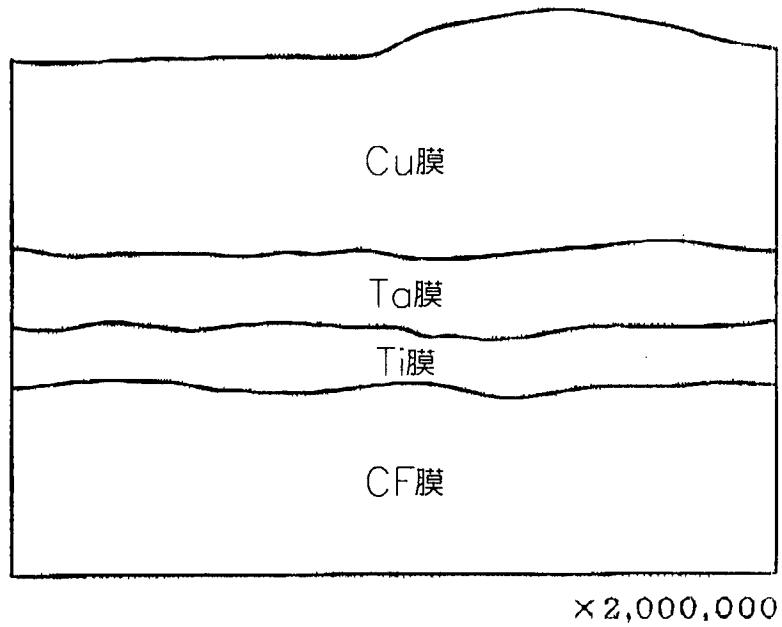


圖 7





film and an upper CF film there does not exist a capping film having a high specific dielectric constant composed of SiCN or the like.

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 圖 1(a)~(e) ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- W 晶圓
- 60 含氟之碳膜(CF 膜)
- 61 配線
- 62 阻障金屬(阻障膜)
- 63 阻障膜
- 70 F 膜
- 71 金屬膜
- 73 圖案
- 74 光阻遮罩
- 80 溝

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)