

403942

公告本

88年10月5日 修正
補充

申請日期	88.5.5
案 號	88107295
類	Int Cl ⁶ H01L 21/205

A4
C4

403942

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	半導體裝置
	英 文	SEMICONDUCTOR DEVICE
二、發明 人	姓 名	赤堀孝
	國 籍	日 本
	住、居所	日本國東京都八王子松木37-5-401
三、申請人	姓 名 (名稱)	日商・東京威力科創有限公司
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本國東京都港區赤坂五丁目3番6號
	代 表 人 姓 名	東哲郎

403942

公告本

88年10月5日 修正
補充

申請日期	88.5.5
案 號	88107295
類	Int Cl ⁶ H01L 21/205

A4
C4

403942

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	半導體裝置
	英 文	SEMICONDUCTOR DEVICE
二、發明 人	姓 名	赤堀孝
	國 籍	日 本
	住、居所	日本國東京都八王子松木37-5-401
三、申請人	姓 名 (名稱)	日商・東京威力科創有限公司
	國 籍	日 本
	住、居所 (事務所)	日本國東京都港區赤坂五丁目3番6號
	代 表 人 姓 名	東哲郎

403942

(由本局填寫)

承辦人代碼：

A6

大類：

B6

IPC分類：

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ，☒有 ☐無主張優先權
日本 1998,05,07 特願平願10-140584

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

本紙張尺度適用中國國家標準 (CNS) A4規格 (210×297公釐)

五、發明說明(1)

[技術領域]

本發明，係關於一種具有用銅來形成配線層之半導體裝置中的，層間絕緣膜之改良。

[技術背景]

為了謀求半導體裝置之高積體化，而一直推展圖案之微細化、電路之多層化的技術；其中之一者為，將配線多層化之技術。為了採用多層配線構造，而用導電層來連接第n層之配線層及第(n+1)層之配線層間，同時在導電層以外之區域形成稱做層間絕緣間之薄膜。

此時，一般而言乃使用SiO₂膜作為層間絕緣膜，並使用鋁(Al)層作為配線層。然而，如使用Al之配線層的話，將隨圖案之微細化而增大電阻，因此有招有電源線之電位下降和時鐘信號之延遲的偏差，致產生錯誤動作等之問題。又，流經配線之電流密度也隨著增加，以致存在著因電子遷移而引起斷路，有遜於可靠性等之問題。

為此，一直在檢討使用一種比Al更低電阻，且具有強大電子遷移之銅Cu作為配線材料。此時，由於Cu不易蝕刻，而將Cu堆積於絕緣膜上所形成的孔或溝槽(此過程係利用例如化學機械研磨(CMP)法)，接著進行CMP使絕緣膜之表面變成平坦，藉此形成圖案配線。

然而，Cu卻易於擴散於矽(Si)及SiO₂膜中。因此，若使用SiO₂膜作絕緣膜，及使用Cu作為配線材料時，由於Cu之擴散於絕緣膜中，而招來半導體裝置之接合耗散和柵氧化膜之絕緣破壞，MOS閾值電壓之變動等，對半導體裝置

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(2)

之性能給與不良影響。

為此，一直在檢討若要將Cu用於配線層時，為了防止Cu之擴散於半導體裝置內，而例如如第17圖所示，在絕緣膜11與Cu配線層12間形成例如200 Å (Angstrom)左右之厚度的阻擋膜13，作為此阻擋膜之材料用者，可使用Ta, W, TiW, TiSi₂, TiN, Ta₂N, W₂N, Ni_{0.6}Nb_{0.4}、非晶形Ta-Si-N等，但形成阻擋膜時卻有製造工程變為複雜之問題，及阻擋膜13之材料均具有一利一害，存在著難以選定之問題。

一方面也一直在檢討使用Cu不易擴散之材料來形成絕緣膜以代替形成阻擋膜。在此一般作為層間絕緣膜用者，除了使用SiO₂膜以外，也可使用SiOF膜、聚醯亞膜PSI(Polyimide Siloxane)膜、PAE(Polyaryleneethers)膜、HSQ(Hydrogen Silsesquioxanes : H₈Si₈O₁₂)膜、或BCB(Benzocyclobutene)膜等。

在此等絕緣膜中，聽說Cu不會對於由BCB高分子所成之BCB膜擴散，但卻證實了Cu會對於SiO₂膜、SiOF膜、聚醯亞胺膜、PSI膜擴散。又，關於Cu之對於HSQ膜之擴散之有無，仍尚未證實。

且說，近幾年，為了就半導體之動作謀求進一步之高速化，而要求降低層間絕緣膜之介電常數。就是，上述BCB膜之介電常數為2.7左右，因而希望使用比其更小之介電常數，且不讓Cu擴散之材質作為絕緣膜。

[發明之揭露]

本發明係在這種情況下創作者，其目的在於提供一種

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(3)

半導體裝置，以便形成比上述BCB膜更小之介電常數的絕緣膜，藉此可抑制配線層材料即Cu之向絕緣膜之擴散。

為了達成此目的，本發明之半導體裝置包含有：

基板；

絕緣膜，係由形成在此基板上之含氟碳膜所成；及

配線層，係由形成在此絕緣膜上之銅所成。

如依這種半導體裝置，則由含氟碳膜來形成絕緣膜，藉此可抑制配線層材料即銅之向絕緣膜之擴散，同時可使絕緣膜之介電常數變為小於BCB。

在此為了防止上述配線層從上述絕緣膜剝離，而在絕緣膜與配線層間形成密合層也可。此時，密合層，例如可由鈦等之金屬層、及含有碳及前述金屬之化合物層所構成。

依照這種半導體裝置，上述絕緣膜最好為非晶質。又，從更提高銅之擴散防止性之觀點言之，上述絕緣膜，係以膜密度為 1.50g/cm^3 、含在膜中之氧之濃度為3原子%以下、及含有在膜中之硼之濃度為 10^{-3} 原子%以上1原子%以下為理想。更且，從使上述絕緣膜之硬度和耐熱性提高之觀點言之，含氮固然有效，但上述絕緣仍以含在膜中之氮之濃度為3%原子%以下者為宜。

[圖式之簡單說明]

第1a圖一正面側之斷面圖，係顯示本發明半導體裝置之一例的構造之一部分。

第1b圖，係該半導體裝置的側面側之斷面圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明(4)

第2圖為一工程圖，係用以說明一製造本發明半導體裝置時之具體工程。

第3圖為一工程圖，係用以說明一製造本發明半導體裝置時之具體工程。

第4圖為一工程圖，係用以說明本發明半導體裝置之製造方法的概要。

第5圖為一斷面圖，係顯示用來進行CF膜成膜處理之ECR電漿裝置。

第6圖為一斷面圖，係顯示用來進行H₂電漿照射處理之平行平板型電漿處理裝置。

第7圖為一斷面圖，係顯示用來進行Ti層成膜處理之濺射裝置。

第8a圖為一模式斷面圖，係顯示一用來進行半導體裝置之SIMS分析的樣本(實施例1)之構造。

第8b圖為圖形，係顯示關於上述實施例1之成膜後的SIMS分析結果。

第8c圖為一圖形，係顯示關於上述實施例1之退火處理後的SIMS分析結果。

第9a圖為一模式斷面圖，係顯示一用來進行半導體裝置之SIMS分析的樣本(比較例1)之構造。

第9b圖為一圖形，係顯示關於上述比較例1之成膜後的SIMS分析結果。

第9c圖為一圖形，係顯示關於上述比較例1之退火處理後的SIMS分析結果。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (5)

第10圖為一說明形，係用以說明一用來調查半導體裝置之電特性的實施方法。

第11a圖為一圖形，係顯示CF膜之膜密度與偏壓電力之關係。

第11b圖為一圖表，係顯示CF膜之膜密度與MTTF之關係。

第12a圖為一圖形，係顯示添加於過程中之 O_2 量與CF膜中之 O_2 量的關係。

第12b圖為一圖形，係顯示添加於過程中之 O_2 量與MTTF之關係。

第13a圖為一圖形，係顯示添加於過程中之 N_2 量與CF膜中之 N_2 量的關係。第13b圖為一圖形，係顯示添加於過程中之 N_2 量與MTTE之關係。

第14a圖為一圖表，係顯示添加於過程中之 BF_3 量與CF膜中之B量的關係。

第14b圖為一圖表，係顯示添加於過程中之 BF_3 量與MTTF之關係。

第15a圖為一圖形，係顯示半導體裝置(實施例3)之SIMS分析的結果。

第15b圖為一圖形，係顯示半導體裝置(實施例4)之SIMS分析的結果。

第16圖為一斷面圖，係顯示本發明半導體裝置之其他例的構造之一部分。

第17圖為一斷面圖，係顯示習知半導體裝置之一部分。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂

五、發明說明(6)

[用以實施發明之最佳形態]

本發明之半導體裝置，係使用含氟碳膜(以下稱「CF膜」)作為絕緣膜，用Cu來形成配線層為特徵者。茲參照第1a圖及第1b圖來說明這種半導體裝置之具體構造。此等圖係顯示半導體裝置之一例的一部分者；其中，第1圖a係顯示該半導體裝置之正面側的斷面圖；第1b圖係顯示該半導體裝置之側面側的斷面圖。

於第1a圖及第1b圖中，21~24係由例如7000 Å左右之厚度的CF膜所成之層間絕緣膜。又，25、26，係由例由7000 Å左右之厚度的Cu層所成之配線層。又，27、28，係用來連接Cu配線層25、26間的，由W層所成之連接線。依照本例，在CF膜21~24與Cu配線層25、26及W層27、28間，及W層27、28間，及W層27、28與Cu配線層25、26間，形成如200 Å左右之厚度的密合層29。於第1a圖及第1b圖中，此密合層29係方便上用一條粗線表示。

其次，參照第2~4圖，說明這種半導體裝置之製造方法之一例。首先，如第2圖之(a)階段所示，於Si晶圓等之半導體基板3之表面，形成例如7000 Å厚度之CF膜32a。此CF膜32a，係例如於利用後述ECR(電子回旋加速器諧振)之ECR電漿裝置(請參照第5圖)，例如使用Ar(氬)氣體作為電漿氣體，使用C₄F₈氣體及C₂H₄氣體作為成膜氣體，藉著電漿化來形成該成膜氣體。

接著進行用來形成W之配線於CF膜32a之處理；而於此處理時，首先如第2圖之(b)所示，在要形成CF膜32a表

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

1. 裝
訂

五、發明說明 (7)

面W配線的部分，形成一供W埋入之孔33a。即，在CF膜32a之表面形成給定之圖案，於未圖示之蝕刻裝置進行蝕刻處理，藉此形成該孔33a。

此後，如第2圖之(C)階段所示，對CF膜32a之表面照射H₂之電漿。就是，例如於後述之電漿處理裝置(請參照第6圖)，導入Ar氣體及H₂氣體使H₂氣體電漿化，將該H₂之電漿照射例如5秒左右。在此其所以導入Ar氣體，是因為要使H₂電漿易於產生同時，為謀求該電漿之穩定化之故。像這樣照射H₂之電漿的話，如第4圖所示，CF膜32a表層部之氟(F)則與H反應成為HF後從CF膜32a飛散。因此，在該表層部F雖會減低，但卻保存碳(C)，因而C之濃度變成高狀態。

如此照射H₂之電漿之後，如第2圖之(d)所示，在CF膜32a之表面全體，形成例如200 Å厚度之Ti(鈦)層34a。就是，例如於後述之濺射裝置(請參照第7圖)，將裝置內加熱至300℃以上，在此狀態下導入Ar氣體，將靶之Ti加以濺射，藉此在孔33a之內壁面也包括在內之CF膜32a之表面全體，形成Ti層34a(第4圖)。

如此一邊加熱基板31，一邊在該CF膜32a之表面形成Ti層34a的話，如第4圖所示，在CF膜32a與Ti層34a之界面，CF膜32a之表層部C與Ti反應，而形成例如50 Å厚度之TiC(含有Ti及C之化合物)層34b。本實施形態乃藉Ti層34a及TiC層34b來構成密合層34。

在此，為了形成TiC層34b而需要加熱靶之Ti及CF膜

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (8)

表面之兩方，所以上述之例乃將濺射裝置加熱至 300°C 以上，在此狀態下將Ti層34a予以成膜。但，不用此方法，而代之例如先以 300°C 之溫度將Ti層34a予以成膜之後，再對於形成有該Ti層34a之基板31用 400°C 以上之溫度施予退火處理也可。

接著，如第2圖之(e)階段所示，在密合層34之表面形成W層36，進行將W埋入孔33a中之處理。其後，於未圖示之CMP裝置進行CMP處理(研磨處理)，進而，如第2圖之(f)階段所示，將CF膜32a表面之不必要的Ti層34a、就是孔33a之內壁面以外之Ti層34a加以研磨除去。如此，夾著Ti層34a而將W埋入形成於CF膜32a的孔33a中，以形成由W層36所成之連接線。

接著，像這樣在形成有W之連接線的CF膜32a之表面，進行用來形成Cu配線層之處理。此處理時，首先如第3圖之(a)階段所示，在形成有W之連接線的CF膜32a之表面，藉由與第2圖之(a)階段同一之方法形成厚度 7000Å 之CF膜32b。其次，如第3圖之(b)階段所示，在要形成Cu之配線的CF膜32b之表面，藉由與第2圖(b)之階段同一方法形成溝33b。接著，對此表面照射 H_2 之電漿。就此處理來說，例如按照第2圖之(C)階段所示工程來進行，且照射例如5秒左右之 H_2 之電漿。

接著如第3圖(C)階段所示，在CF膜32b之表面全體，形成由Ti層及上述TiC層所成之密合層37。就此處理來說，例如按照第2圖之(d)階段所示之工程來進行，藉此形成

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂

五、發明說明(9)

例如200 Å厚度之密合層37。接著，如第3圖之(d)階段所示，在Ti層37之表面形成例如7000 Å左右之厚度的Cu層(Cu配線層38)。其後，如第3圖之(e)階段所示，藉由未圖示之CMP裝置來進行研磨。如此，製造出多層配線構造之半導體裝置。

其次，就用來進行ECR電漿處理之ECR電漿裝置、用來進行H₂電漿之電漿處理裝置、及用來進行Ti層之形成的濺射裝置，使用第5圖～第7圖分別簡單地說明之。

首先，第5圖所示之ECR電漿裝置，備有由電漿室4A及成膜室4B所成之真空容器4。從高頻電源部41經由波導管42及穿透窗43供應例如2.45CHz之高頻(微波)M，給該真空容器4之內部。又，藉由分別設在電漿室4A之周圍及成膜室4B之下部側的主電磁線圈44a及輔助電磁線圈44b，形成從電漿室4A朝向成膜室4B之磁場B。此磁場B之ECR點P附近之磁場之強度為，例如875高斯(gauss)。而且，在磁場B與微波M之相互作用下，在前述ECR點P產生電子回旋加速器諧振。

當用此裝置來形成CF膜時，在設在成膜室4B之載置台45載置一用作基板之半導體晶圓(以下稱「晶圓」)10，同時從高頻電源部46將偏壓外加於該載置45。而且，一邊透過排氣管47排出真空容器4內之氣體，一邊透過電漿氣體供給管48將電漿氣體即Ar氣體導入於電漿室4A，同時透過成膜氣體供給49將成膜氣體導入於成膜室4B，進而藉由前述電子回旋加速器諧振使成膜氣體電漿化。又，本

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

東

五、發明說明(10)

裝置也可照射 H_2 之電漿。此時，將 H_2 氣體及Ar氣體導入於電漿室4A內，藉前述電子回旋加速器諧振使 H_2 氣體電漿化。

其次，第6圖所示之裝置，係一用來進行 H_2 電漿照射之平行平板型電漿處理裝置。於第6圖中，51為處理室；52為一作為連接至高頻電源部53之下部電極使用的載置台；54為一被設置成與載置台52對向且接地的上部電極。此裝置係構成為：將晶圓10載置於載置台52上，在載置台52與上部電極54間外加高頻電力，以便產生電漿。而且，於此裝置之處理室51，一邊經由排氣管55排出氣體，一邊透過氣體導入管56分別以給定之流量供給 H_2 氣體及Ar氣體，使 H_2 氣體電漿化，然後，將此電漿對著形成在晶圓10之CF膜表面，照射例如5秒左右。

第7圖所示之裝置，係用以進行Ti成膜之平行平板型濺射裝置。於第7圖中，61為處理室；62為一用做被接地的下部電極之載置台；63為一連接至高頻電源部64且設成對向於下部電極62之上部電極；65為一設在上部電極63下面之Ti靶。

此裝置係構成為：將處理室61內加熱至例如 $300^{\circ}C$ ，以此狀態外加高頻電力於載置台62與上部電極63間，使之產生電漿。而且，於此裝置之處理室61，一邊經由排氣管66排出氣體，一邊透過氣體導入管67以給定之流量供給Ar氣體，使該Ar氣體電漿化，然後，藉此電漿來濺射靶65。藉此，將Ti成膜於載置在載置台62上之晶圓100之CF膜

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

本

五、發明說明 (11)

如此所製造之半導體裝置，由後述之實驗結果可知，Cu並不向CF膜擴散，所以儘管用Cu來形成配線層38，也可抑制向絕緣膜即CF膜32a、32b之擴散。因此可抑制由Cu之向絕緣膜之擴散所引起的，元件之損傷，從而提高半導體裝置之可靠性，藉此提高半導體之品質。

又，由於Cu不向絕緣膜即CF膜32a、32b擴散，所以並不需要用來防止Cu向該絕緣膜擴散之阻擋層，或即使要設置阻擋層也極薄者即足夠。更且，CF膜32a、32b，係如後述由於介電常數低到只有2.5，所以使用該CF膜32a、32b作為絕緣膜，藉此可獲得適合於微細化及高速度之半導體裝置。

更且，本發明之半導體裝置，由於在Cu配線層38與CF膜32a、32b間形成有密合層，所以CF膜32a、32b與Cu配線層38間之密合性變高，可抑制來自CF膜32a、32b之Cu配線層38之剝離。在此，若在CF膜直接形成Cu等之金屬層時，可能因CF膜中之F與金屬反應而在CF膜與金屬層之界面形成金屬之氟化物。而且，此金屬之氟化物一般而言昇華點和熔點偏低，因而在後面之過程基板被加熱至前述昇華點或熔點以上之溫度時，發生前述金屬氟化物之熔解或昇華，而有該金屬之氟化物從CF膜剝離之虞。

一方面，如像本實施形態那樣在CF膜32a、32b與Cu配線層38間形成密合層34、37，則不會有從CF膜32a、32b剝離Tic層34b之事。這是因為，將如第4圖所示之密合層34

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂

五、發明說明 (12)

作為例舉出的話，由於在Ti層34a與CF膜32a、32b間之界面所形成之TiC層34具有高熔點 3257°C ，所以即使在基板31被加熱或高溫之過程，TiC也不會發生氣化或溶解保持穩定之故。TiC層34b不會從CF膜32a、32b剝離。又，密合層34中之Ti層34a與Cu配線層38或W層36，係因彼此為金屬層而難以剝離，結果，抑制CF膜32a、32b與Cu配線層38或W層36間之剝離，可獲得高可靠性之半導體裝置。

又，由於TiC層34b之電導率為 $61\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ，所以CF膜32a、32b與Cu配線層或W層36間即使存在著TiC層34b，Cu配線層38與W層36時，並不需要剝離TiC層34b。在此，作為用來形成密合層之金屬者。除了Ti以外更可使用W、^鉬Mo(鉬)、Cr(鉻)、Co(鈷)、Ta(^鎢鎢)、Nb(鈮)或Zr(鋯)等。W和MO之氟化物之熔點為 20°C 以下，Cr和CO之氟化物之熔點為 100° 附近以下；反觀，此等金屬之碳化化合物之熔點為大約 $2000^{\circ}\text{C}\sim 4000^{\circ}\text{C}$ ，又，同樣，Ta：Nb：Zr之碳化化合物之熔點也相當高。

其次，說明為確認Cu之向CF膜之擴散的有無而進行之實驗例。首先，說明此實驗所使用之樣本構造。該樣本係如第8a圖所示，將 $5000\text{\AA}$ 厚度之CF膜， $5000\text{\AA}$ 厚度之Ti層、及 $2000\text{\AA}$ 厚度之Cu層依其順序成膜於矽基板上者(實施例1)。

在此，將CF膜及Ti層按照以下之方法製造出。首先，於第5圖所示之電漿裝置，分別以 150sccm 、 40sccm 及 30sccm 之流量導入 C_4F_8 氣體及 C_2H_4 氣體。然後，在微波電

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (13)

力(高頻電源部41)2.7kw、偏壓電力(高頻電源部)1.5kw及基板溫度400℃下，將CF膜形成於矽基板上。

其次，於該ECR電漿裝置，分別以300sccm及30sccm之流量導入H氣體及Ar氣體，對著CF膜之表面照射H₂電漿5秒。此時，微波電力為2700W，偏壓電力為0W。此後，使用第7圖所示之濺射裝置，在300℃之溫度下，以50sccm之流量導入Ar氣體，藉此將Ti層成膜於CF膜之表面。此時Ar高頻電源部64之電力為1200W。

就如此獲得之樣本(實施例1)，藉SIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy)來進行了Cu、Ti、CF、Si之量的分析。又，也就以425℃之溫度對於該樣本進行了1小時之退火處理後，同樣藉SIMS來進行分析。進而，如第9圖(a)所示，就把上述實施例1之樣本的CF膜換為同一厚度之SiO₂膜的樣本(比較例1)，進行了同樣之實驗。

將此結果，就實施例1示於第8b圖及第8c圖，並就比較例1示於第9b圖及第9c圖(第8b及第9b圖係顯示成膜後之SIMS分析結果，第8c圖及第9c圖係顯示退火處理後之SIMS分析結果)。於此等之圖中，圖形之橫軸係表示樣本中之深度(單位a.u.)、縱軸係表示Cu等之離子數(計數數)。由此等之圖形可知，實施例1時退火處理後雖在相當於Cu層及Ti層之深度(分別～約38a.u.～約472a.u.)存在Cu及Ti，但在相當於CF膜之Si基板側之深度(約94a.u.～)卻只存在C及F，獲得了Cu並不存在之分析結果。藉此在Cu與Ti間相互發生擴散，然而在Cu與CF膜間卻未發生擴散，最後確

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂

五、發明說明 (14)

認了Cu雖會向Ti擴散，但不會向CF膜擴散。

一方面，若為比較例1時，成膜後雖於相當於CF層之深度，Cu之量較少於Si及O之量，但獲得了退火後Si、O、Cu、Ti成為混合之狀態等之分析結果。藉此，確認了Cu向Ti層中擴散，進而擴散至SiO₂膜之事。

又，就實施例1之樣本，將膠帶貼在Cu層之上面後剝離該膠帶，以目視確認剝離膠帶時是否在CF膜與Ti層間發生剝離，但並沒有剝離之發生。又，測定了實施例1之樣本的CF膜之介電常數，結果為2.5，而證實了低於4左右之SiO₂膜和2.7左右之BCB膜。

接著，說明為確認半導體裝置之電特性而進行之實驗例。首先，說明實驗時所用的樣本之構造。該樣本，係如第10圖所示，將5000 Å厚度之CF膜、50 Å厚度之Ti層、2000 Å厚度之Cu層、及200 Å厚度之TiN層，依其順序成膜於矽基板上者(實施例2)。

接著，如第10圖所示，電接了該樣本中之矽基板與TiN層間。然後，以加熱矽基板至275℃之狀態，將1MV/cm之電壓外加於該樣本，測本到CF膜發生短路(成為0.1A/cm²)為止之時間(以下稱為「MTTF」)。在此，於第10圖中，71為電力供給部，72為電流，其係在矽基板與電力供給部71間接地。

又，也就把第10圖所示之上述實施例2的樣本之CF膜換為同一厚度之SiO₂膜之樣本(比較例)，進行了同樣之實驗以作為比較實驗。

五、發明說明（15）

在此MTTF之長短，係依存於Cu之向絕緣膜（即CF膜和SiO₂膜）擴散之程度。即，MTTF長的話意味著Cu之向絕緣膜之擴散量少，Cu之擴散防止性較高之意思。又，在Cu層之上面，所以形成N層，是為了防止Cu層之氧化者。

而且，上述實驗之結果，實施例2之MTTF為1.92hr.，反觀比較例2之MTTF為0.25hr，因此若使用CF膜作為絕緣膜時，證實了MTTF比使用SiO₂膜之場合更長得多。因此，也從此實驗確認了Cu雖易於向SiO₂膜散，但相當難以向CF膜擴散。

又，為了證實與上述實施例1同樣組成之CF膜的結晶性而測定X線繞射，結果，無法檢出顯示結晶物質之存在的布雷格峰值（布雷格反射），因而證實了該CF膜為非晶質。在此所謂非晶質，係指微晶尺寸為50～100未滿Å之微晶而言。由此可推察：於本發明之半導體裝置，絕緣膜即CF膜為非晶質，而由50～100Å未滿之微晶所形成，所以Cu不易通過，Cu之擴散防止性頗高。

於本發明之半導體裝置，為了使Cu之擴散防止性變為更大，最好將絕緣膜即CF膜之膜密度做成1.50g/cm以上。

本發明者們，一直在檢討於上述之ECR電漿裝置改變外加於基板31之偏壓電力藉此提高CF膜之密度的過程。其結果，確認了偏壓電力之大小與要形成的CF膜之密度間具有第11a圖所示之關係，偏壓電力變大的話CF膜之細緻性則變高。

五、發明說明 (16)

在此成膜條件為：Ar氣體為150sccm； C_4F_8 氣體為40sccm； C_2H_4 氣體為30sccm；微波電力為2.7kw。而且，使偏壓電力階段性地變化，測定分別由偏壓電力所得之CF膜之MTTF，結果獲得了第11b圖所示之結果，而確認了偏壓電力為300W以上時MTTF變為1.63hr.以上。又，如第11a圖所示，偏壓電力為300W之CF膜之密度為大約 $1.50g/cm^3$ 。

從此等結果可知，CF膜之膜密度為 $1.50g/cm^3$ 以上時MTTF變長，Cu之擴散防止性則變高，因而使用這種CF膜作為絕緣膜，頗具有效果。如此，CF膜之膜密度為 $1.50g/cm^3$ 以上時，MTTF之所以變長，是因為CF膜之膜密度變大以致膜變為細緻時，Cu則不易通過，Cu之擴散防止性變高之故。

又，依本發明之半導體裝置，為了使Cu之擴散防止性變為更大，而宜將絕緣膜即CF膜中之氧(O_2)量作成3原子%(atomic%)以下。本發明者們，一直為使半導體裝置之耐壓性提高而檢討將 O_2 添加於CF膜之過程。其結果確認了：於上述之ECR電漿裝置，添加 O_2 氣體於成膜過程中，藉此可控制要取得之CF膜中之 O_2 ，且如第12a圖所示，所添加之 O_2 氣體量多的話，所形成之CF膜中之 O_2 量則變多之事。

在此，成膜條件為：Ar氣體為150sccm； C_4F_8 氣體為40sccm； C_2H_4 氣體為30sccm；微波電力為2.7kw；偏壓電力為1.5kw； O_2 氣體係從成膜氣體供給部49導入。而且，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (17)

調查添加之 O_2 氣體量與所得之CF膜之MTTF的關係，結果獲得了第12b圖所示之結果，而確認了若 O_2 氣體之添加量為3sccm以下時，MTTF則變為1.90hr以上之事。又，如第12a圖所示， O_2 氣體之添加量為3sccm時之CF膜中之 O_2 量大約為3原子%。

由此等之結果可知，CF膜中之 O_2 量為3原子%以下時MTTF變長，Cu之擴散防止性則變高，因而使用這種CF膜作為絕緣膜，頗具功效。

像這樣CF膜中之 O_2 量為3原子%以下時MTTF變長之理由該為如下述。即，當把 O_2 添加於成膜過程中時，碳間之雙鍵($C=C$)之一部分則被氧所切斷，所以電流變為不易流通，導致MTTF變長。然而，CF膜中之 O_2 量變為過多的話，氧則為了形成CuO而將Cu引進CF中，就結果而言使Cu成為易向CF膜擴散。

再者，本發明之半導體裝置，從使絕緣膜即CF膜之硬度及耐熱性變大之觀點言之，雖說將氮(N_2)添加於該CF膜中較具有功效，但從Cu擴散防止性之觀點言之，則宜將CF膜中之 N_2 量(濃度)抑制在3原子%以下。本發明們一直在檢討為了使CF膜之硬度及耐熱性提高而將 N_2 添加於CF膜之過程。其結果確認了：於上述之ECR電漿裝置，將 N_2 氣體添加於成膜過程中，藉此可控制要取得的CF膜中 N_2 量，且所添加之 N_2 氣體量多的話，所形成之CF膜中之 N_2 量則變多(請參照第13a圖)。

在此成膜條件為：Ar氣體為150sccm； C_4F_8 氣體為

五、發明說明（18）

40sccm； C_2H_4 氣體為30sccm；微波電力為2.7kW；偏壓電力為1.5kW； N_2 氣體為從成膜氣體供給部49導入。一方面，調查添加之 N_2 氣體量與所得之CF之MTTF5之關係，結果獲得第13b圖所示之結果，而確認了若 N_2 氣體之添加量為2sccm以下時MTTF則變為1.55hr.以上。又，如第13a圖所示， N_2 氣體之添加量為2sccm時之CF膜中之 N_2 量大約3原子%。

由此等之結果可知，CF膜中之 N_2 量為3原子%以下時MTTF變長，Cu之擴散防止性則變高。又，CF膜中之 N_2 量為0原子%時，耐熱溫度為450°左右；反觀， N_2 量為3原子%時，耐熱溫度則為590°C左右。更且，若CF膜中之 N_2 量為0原子%時，硬度為2.0GPa左右；反觀， N_2 量為3原子%時，硬度則為2.0GPa左右（此硬度之定義，係遵照Journal of materials Research. Vol.7, Number 6,1992），由此確認了：添加 N_2 ，藉此將具有較大之耐熱性和硬度之CN膜形成於一部分，就全體而言，可使絕緣膜之耐熱性和硬度變大，因而使用這種絕緣膜頗具功效。

在此，CF膜中之 N_2 量為3原子%以下時MTTF之所以變長，可能是因為C=C結合被N切斷而成為—C—N，導致電流不易流通之故。又，CF膜中之 N_2 量變為過多時MTTF之所以變短，可能是因為在過剩之 N_2 添加下—C—C之結合被阻礙，導致C之懸空鍵（未結合部）增加，藉此像Cu—C那樣由懸空鍵來吸引Cu，使Cu易向CF膜擴散之故。又，CN膜之介電常數高於CF膜，若CN膜之量變多的話，絕

五、發明說明（19）

緣膜全體之介電常數也變高，所以從此點觀之，CF膜中之 N_2 量還是宜為3原子%以下。

更且，本發明之半導體裝置，為了使Cu之擴散防止性提高，而宜將絕緣膜即CF膜中之硼(B)量(濃度)作成 10^{-3} 原子%以上1原子%以下。本發明者們，一直為使半導體裝置之耐壓性提高而檢討了將B添加於CF膜之過程。其結果，確認了：於上述之ECR電漿裝置，添加 BF_3 氣體於成膜過程中，藉此可控制要取得之CF膜中之B量，且如第14a圖所示，所添加之 BF_3 氣體量多的話，所形成之CF膜中之B量則變多之事。

在此，成膜條件Ar氣體為150sccm； C_4F_8 氣體為40 sccm； C_4F_4 氣體為30 sccm；微波電力為2.7Kw；偏壓電力為1.5Kw； BF_3 係從成膜氣體供給部49導入。而且，調查 BF_3 氣體之添加量與所得之CF膜之MTTF的關係，結果獲得了第14b圖所示之結果，而確認了若 BF_3 氣體之添加量為10 sccm以下時，尤其是 BF_3 氣體之添加量為0.2 sccm以上10 sccm以下時，MTTF則變長之事。又，如第14a圖所示， N_2 氣體之添加量10sccm時之CF膜中之B量為1原子%，而0.2sccm時之B量則為 10^{-3} 原子%。

由此等之結果可知，CF膜中之B量為1原子%以下時，尤其是 10^{-3} 原子%以下時，MTTF變成2.35hr。以上，Cu之擴散防止性則變高，因而使用這種絕緣膜，頗具功效。

像這樣CF膜中之B量為1原子%以下時MTTF變長之理由該為如下述。即，若在CF膜中存在具有懸空鍵之C的話

五、發明說明(20)

，Cu則因該懸空鍵而易於電性地被引進，所以就結果而言Cu易向CF膜擴散。於是，如在CF膜中添加B的話，具有懸空鍵之C則與B結合，導致懸空鍵之量減少，結果Cu變成不易擴散使MTTF變長。一方面，CF膜中之B量變為過多的話漏電流則變多，因而CF膜變成電導性，而MTTF則變短。

又，就如此添加有B之CF膜，藉由SIMS來進行C,F,Si,B,O量之分析。此實驗所用之樣本，係5000 Å厚度之CF膜成膜於矽基板上者；其中CF膜為：以1sccm之流量添加BF₃氣體者(實施例3)；及以5sccm之流量添加BF₃氣體者(實施例4)。又，CF膜之成膜條件為：Ar氣體為150sccm；C₄F₈氣體為40sccm；C₂H₄氣體為30sccm；微波電力為2.7Kw；偏壓電力為1.5Kw。

將此結果，就實施例3示於第15a圖，並就實施例4示於第15b圖。於此圖中，橫軸係表示樣本之深度(單位μm)；縱軸係表示Cu等之離子數(計數數)。由此結果確認了實施例4之在CF膜中之B量多於實施例3，並多形成有CB結合，從而可知實施例4具有較長之MTTF。

本發明之半導體裝置也可構成如第16圖所示者。依照此裝置，於第16圖中，81~84為由CF膜所成之層間絕緣膜；85、86為Cu配線層，其用來連接Cu配線層85、86間之連接線也由Cu層87、88所形成。又，於第16圖中，89係形成在CF膜81~84與Cu配線層85~87間等之密合層。又，依照本發明之半導體裝置，只要有密合CF膜與Cu配

五、發明說明(21)

線層之手法，即不設密合層也可。

再者，依本發明半導體裝置之製造方法，上述之 H_2 電漿照射，例如可藉第5圖所示之ECR電漿裝置等來進行。又，Ti層也可藉CVD(Chemical Vapor Deposition)等來成膜。此時，使用 $TiCl_4$ 氣體及 H_2 氣體作為成膜氣體，藉此在 $TiCl_4+H_2 \rightarrow Ti+HCl$ 之化學反應下，在CF膜之表面形成Ti層。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

束

五、發明說明(22)

元件標號對照

4...真空容器	43...穿透窗
4A...電漿室	44a...主電磁線圈
4B...成膜室	44b...輔助線圈
10...半導體晶圓	45...載置台
21~24...層間絕膜	46,64...高頻電源部
25,26,38...配線層	47,55...排氣管
27,28,36...W層	48...電漿氣體供給管
29...密合層	49...成膜氣體供給部
31...半導體基板	51,61...處理室
32a,32b...CF膜	52,62...下部電極
33a...孔	54,63...上部電極
33b...溝	56...氣體導入管
34...密合層	65...Ti靶
34a...Ti層	66...排氣管
34b...TiC層	67...氣體導入管
36...W層	B...磁場
41,53...高頻電源部	M...微波
42...波導管	P...ECR點

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

表

四、中文發明摘要 (發明之名稱： 半導體裝置)

在未圖示之基板上，用CF膜(含氟碳膜)來形成絕緣膜21~24，在CF膜21、23上，夾著由Ti層及TiC層之密合層29，而形成Cu配線層25、26。藉著用CF膜來形成絕緣膜21~24，而使配線層之Cu不向絕緣膜21~24擴散。又，CF膜之介電常數係小於BCB膜之介電常數。

英文發明摘要 (發明之名稱： SEMICONDUCTOR DEVICE)

Insulation films 21 - 24 are formed on a substrate (not shown) via a CF (fluorocarbon) film. Cu wiring layers 25, 26 are formed on the CF films 21, 23 by sandwiching therebetween coupling layers 29 which are formed by Ti and TiC layers. By using CF films as insulation films 21 - 24, Cu in the wiring layers is not dispersed into the insulation layers 21 - 24. Moreover, the CF film has a dielectric constant smaller than that of a BCB film.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種半導體裝置，包含有：

基板；

絕緣膜，係由形成在此基板上之含氟碳膜所成；

及配線層，係由形成在此絕緣膜上之銅所成。

2. 一種半導體裝置，包含有：

基板；

絕緣膜，係由形成在此基板上之含氟碳膜所成；

配線層，係由形成在此絕緣膜上之銅所成；及

密合層，係為了防止前述配線層從絕緣膜剝離而形成在絕緣膜與配線層間。

3. 如申請專利範圍第2項之半導體裝置，其特徵為：

前述密合層係包含：金屬層；及含有碳及前述金屬之化合物的層。

4. 如申請專利範圍第3項之半導體裝置，其特徵為：

前述金屬層為鈦層。

5. 如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之半導體裝置，其特徵為：

前述絕緣膜為非晶質。

6. 如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之半導體裝置，其特徵為：

前述絕緣膜之膜密度為 1.50g/cm^3 以上。

7. 如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之半導體裝置，其特徵為：

前述絕緣膜之含在膜中之氧的濃度為3原子%以下

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

- 。
8. 如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之半導體裝置，其特徵為：

前述絕緣膜之含在膜中之氮的濃度為3原子%以下

- 。
9. 如申請專利範圍第1項至第4項中任一項之半導體裝置，其特徵為：

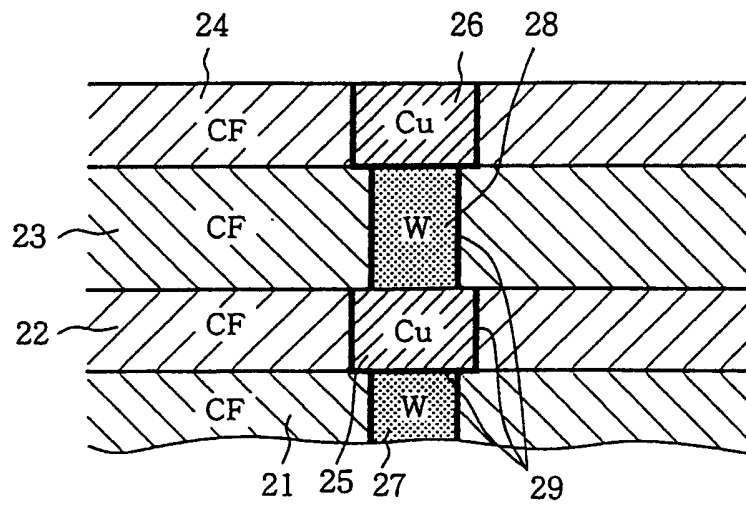
前述絕緣膜之含在膜中之硼之濃度為 10^{-3} 原子%以上1原子%以下。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

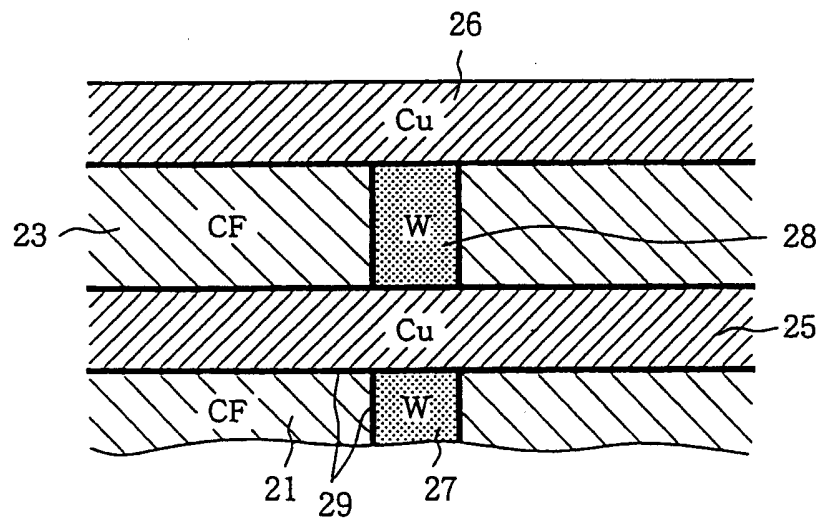
裝

訂

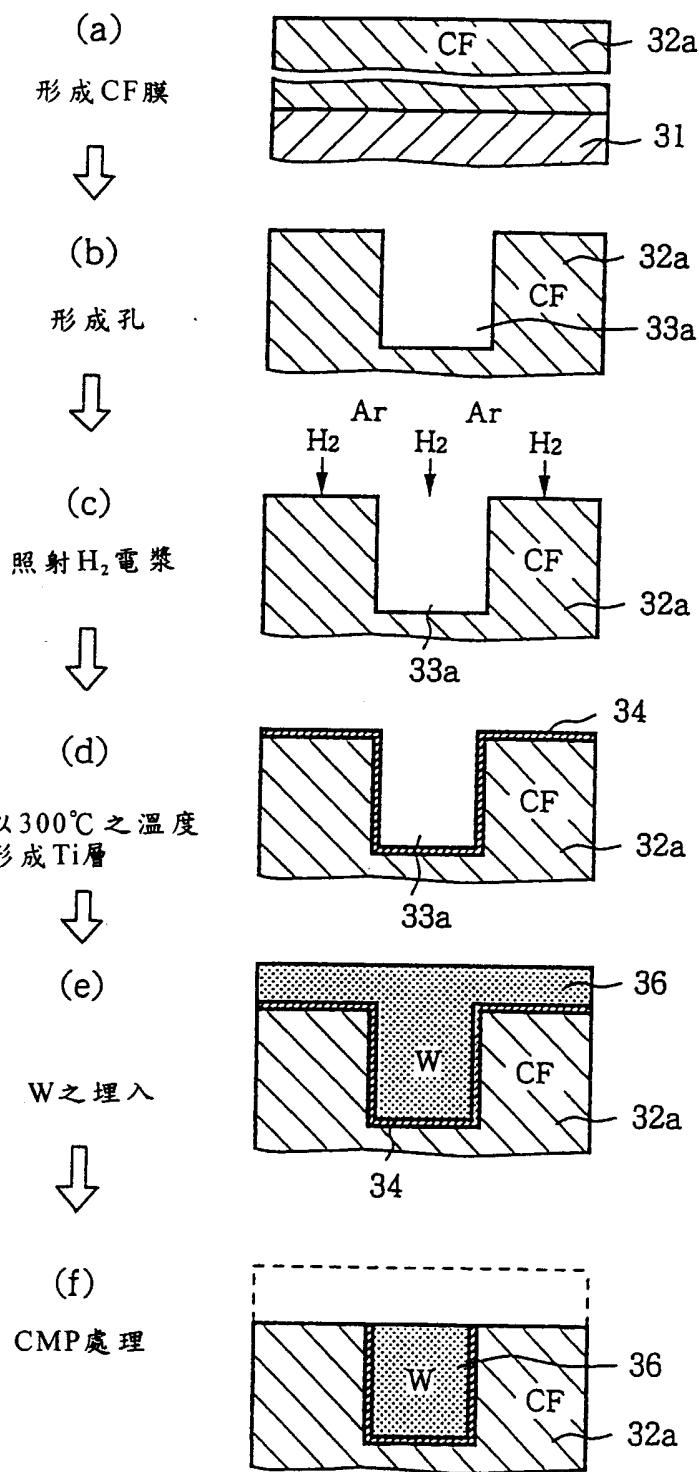
像



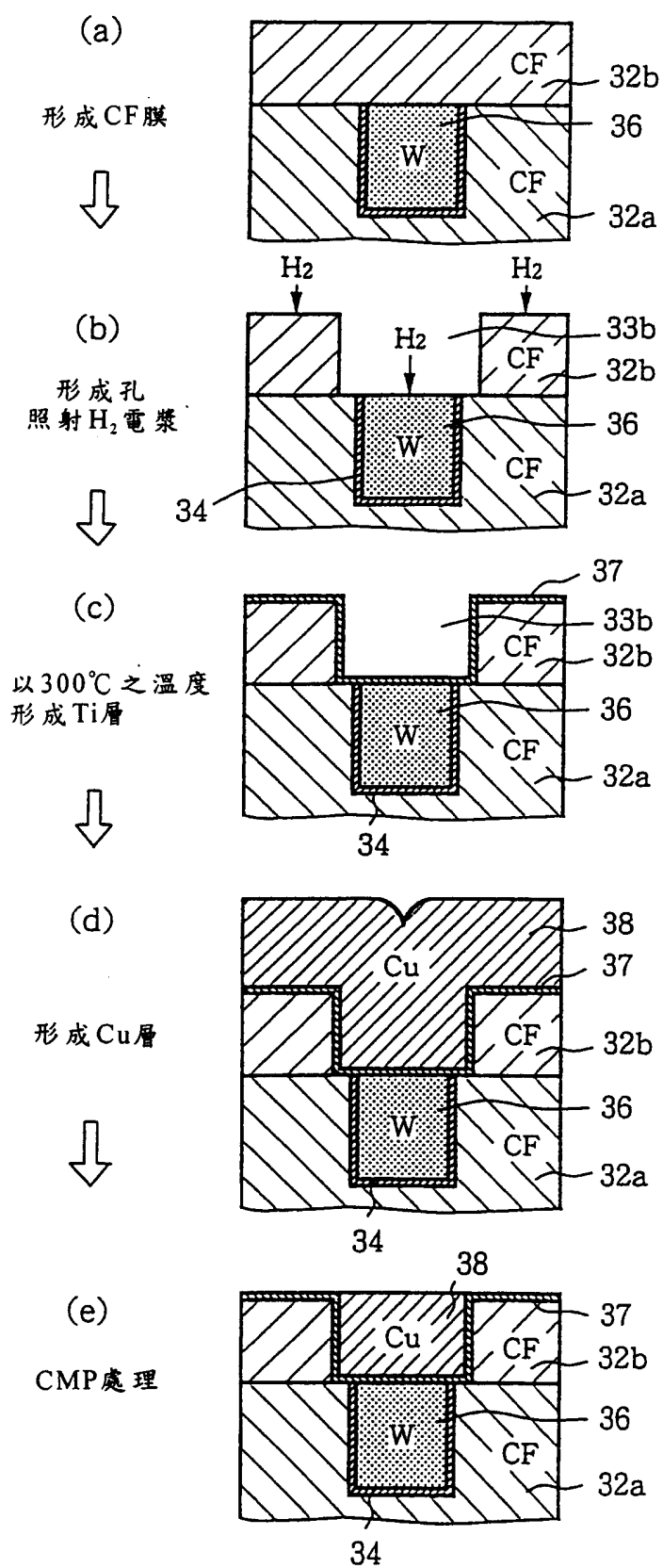
第 1 a 圖



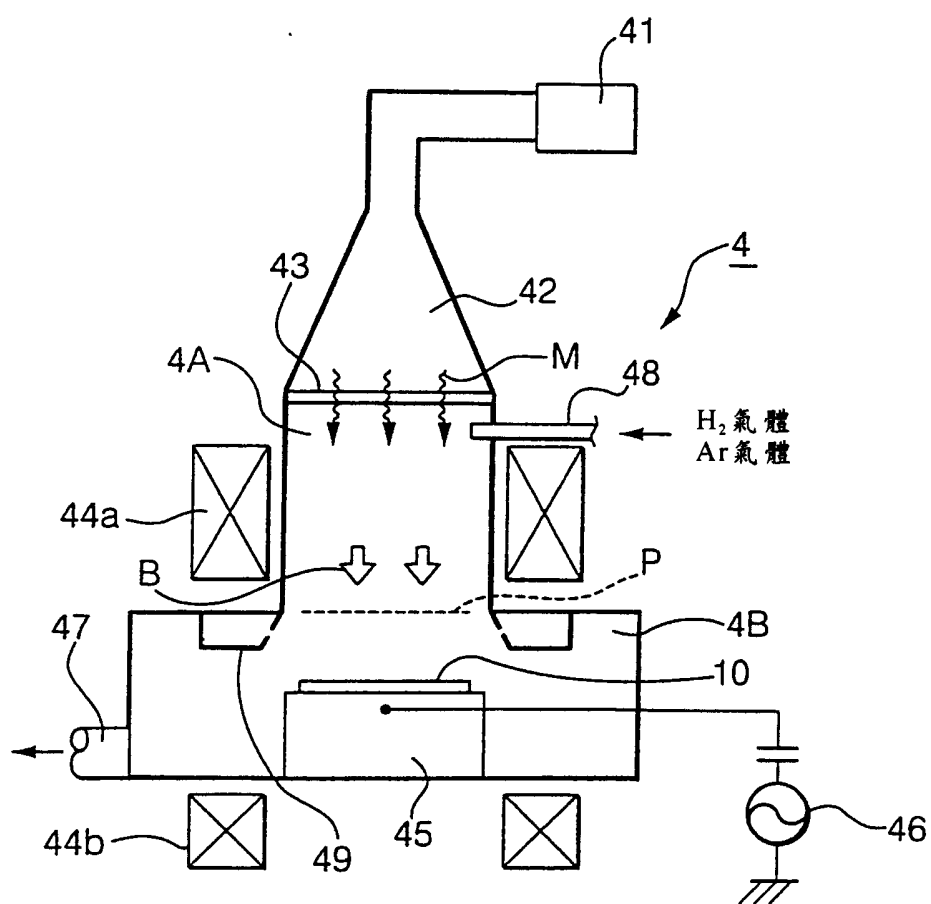
第 1 b 圖



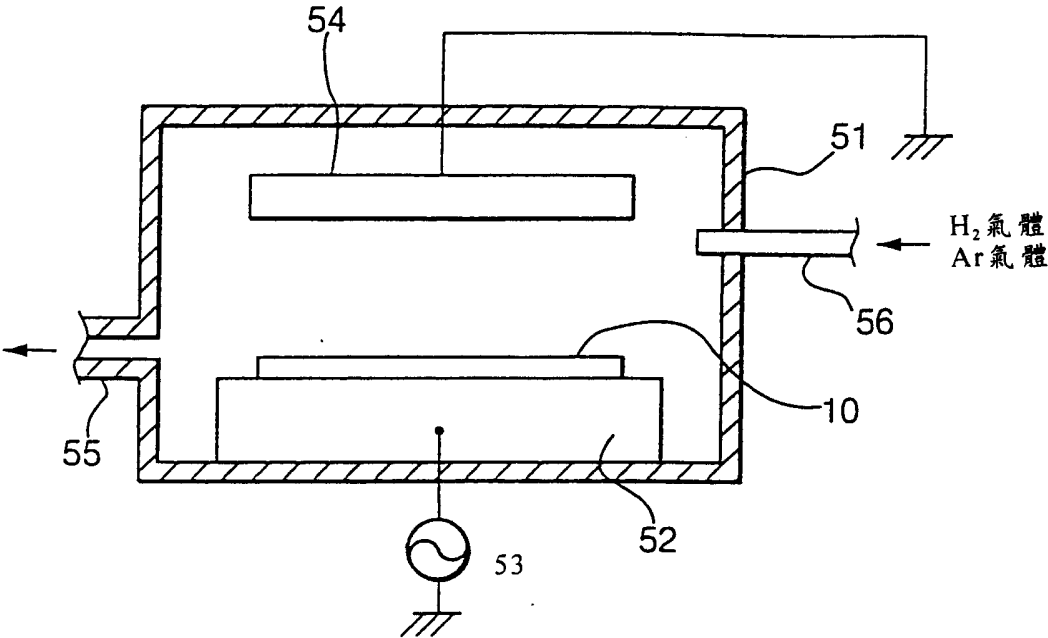
第 2 圖



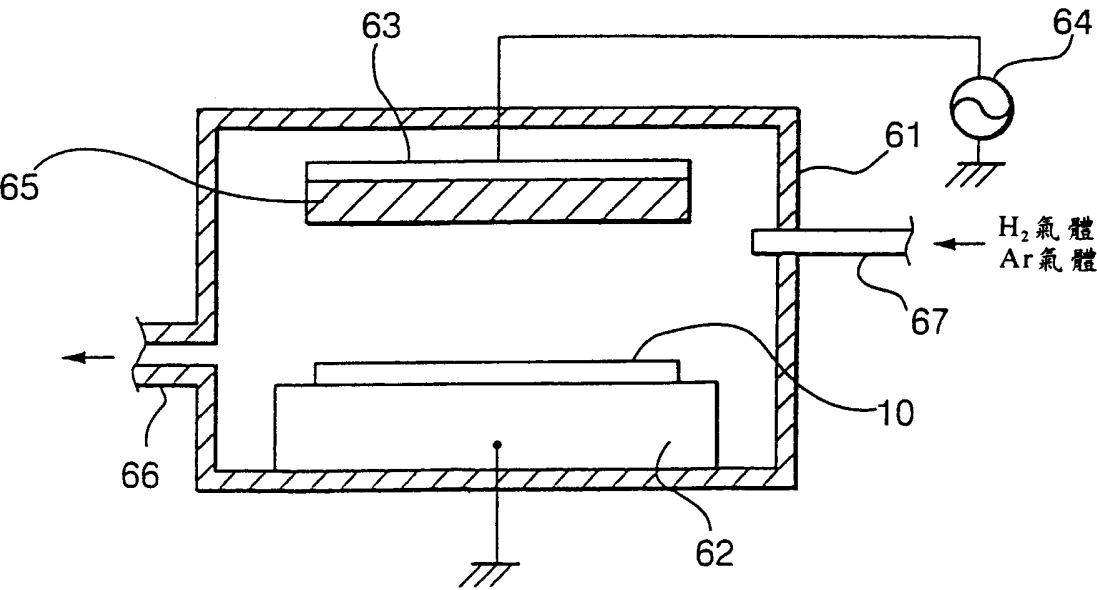
第 3 圖



第 5 圖



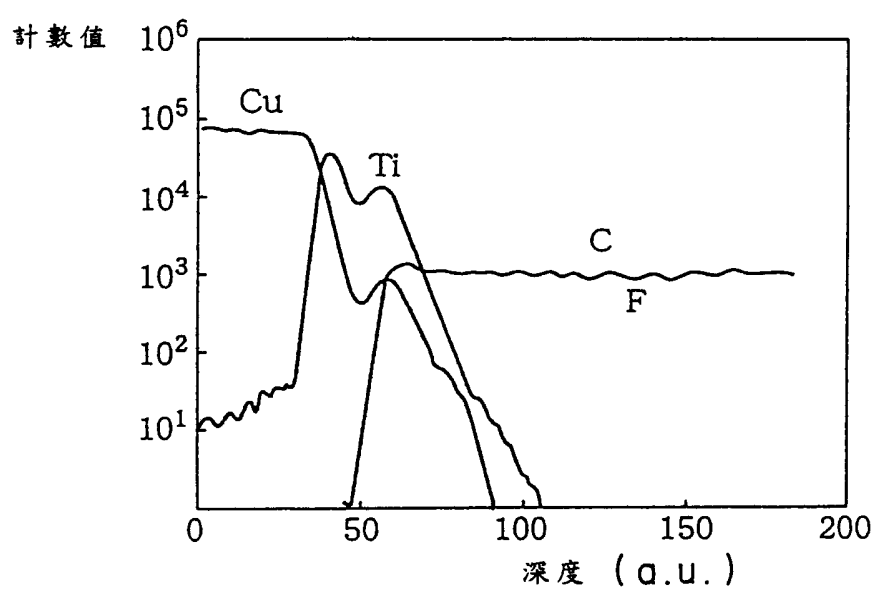
第 6 圖



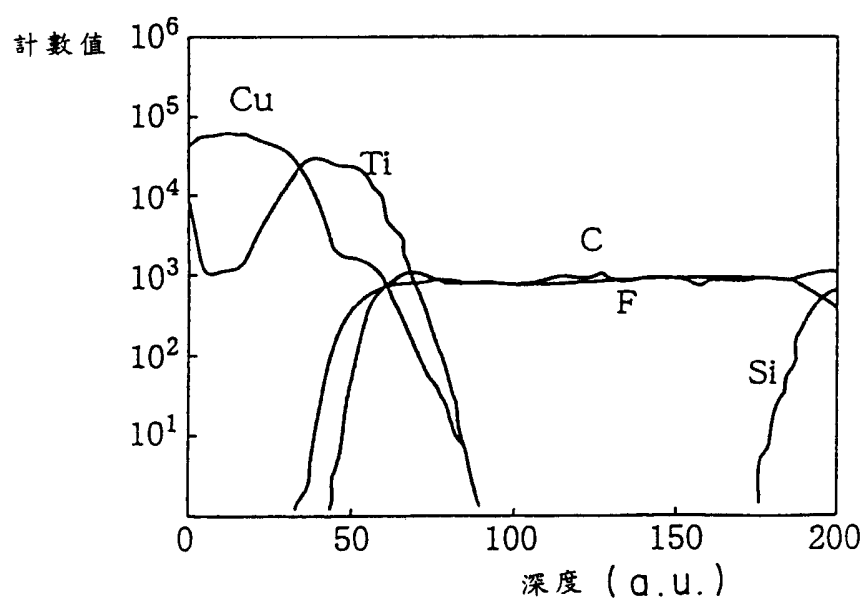
第 7 圖

Cu	2000 Å
Ti	500 Å
CF	5000 Å
Si	

第 8 a 圖



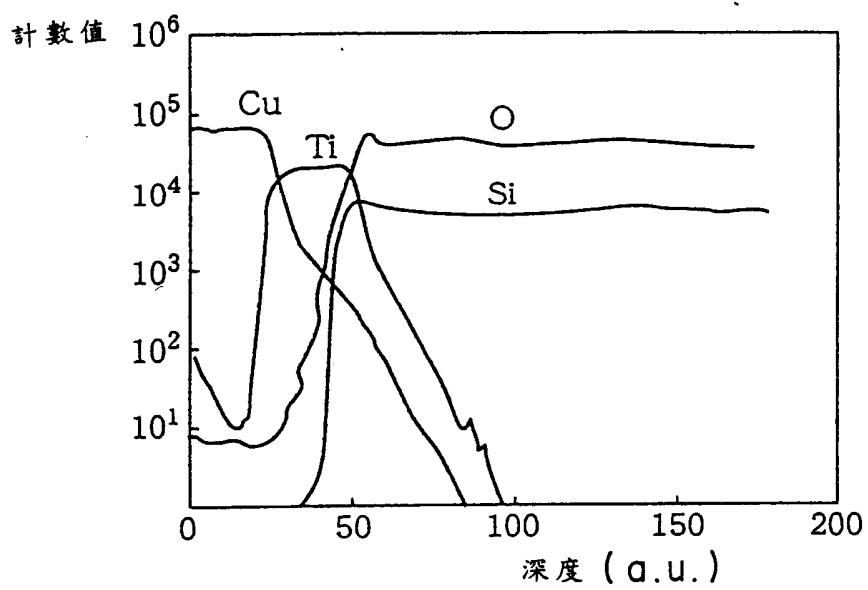
第 8 b 圖



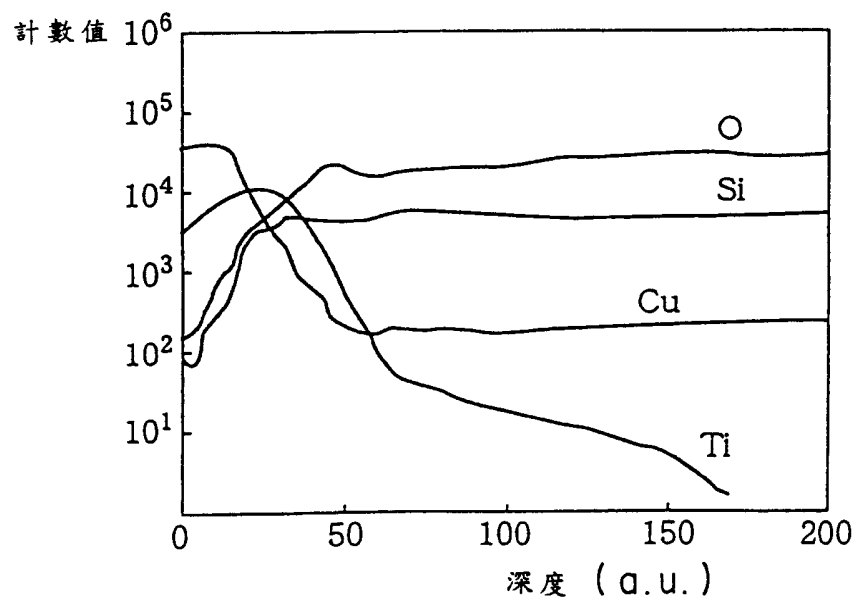
第 8 c 圖

Cu	2000 Å
Ti	500 Å
SiO ₂	5000 Å
Si	

第 9a 圖

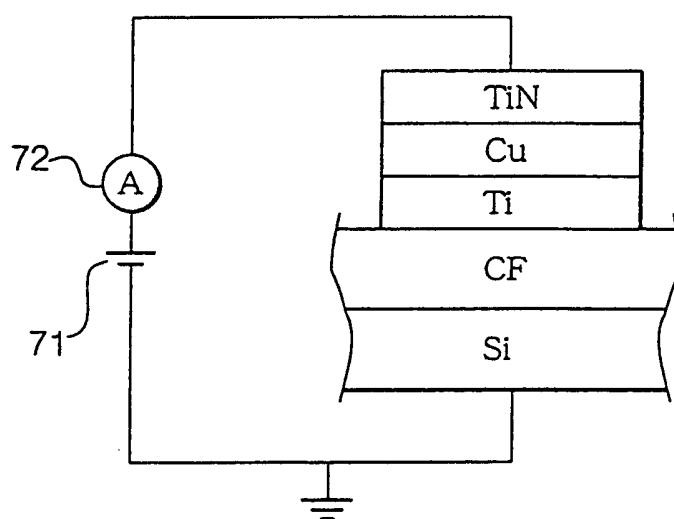


第 9 b 圖

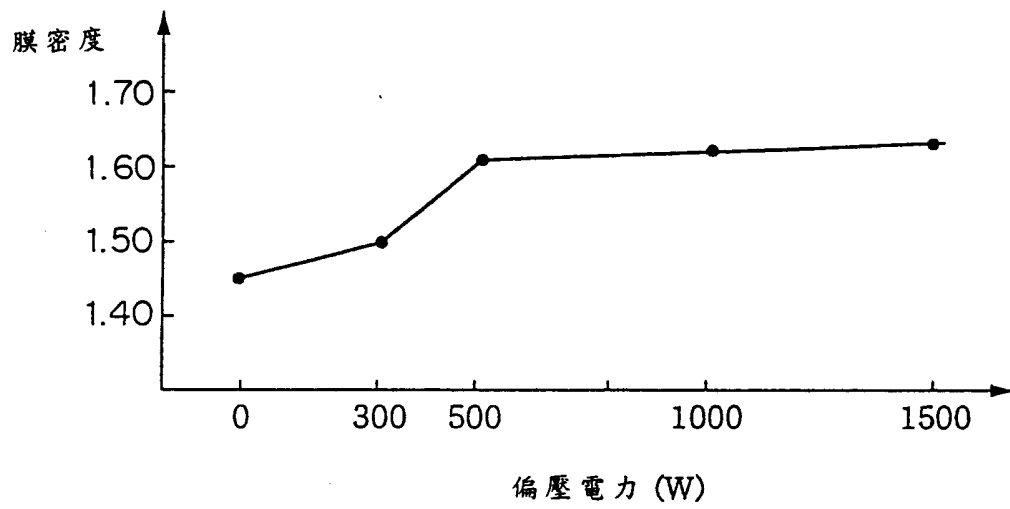


第 9 c 圖

403942



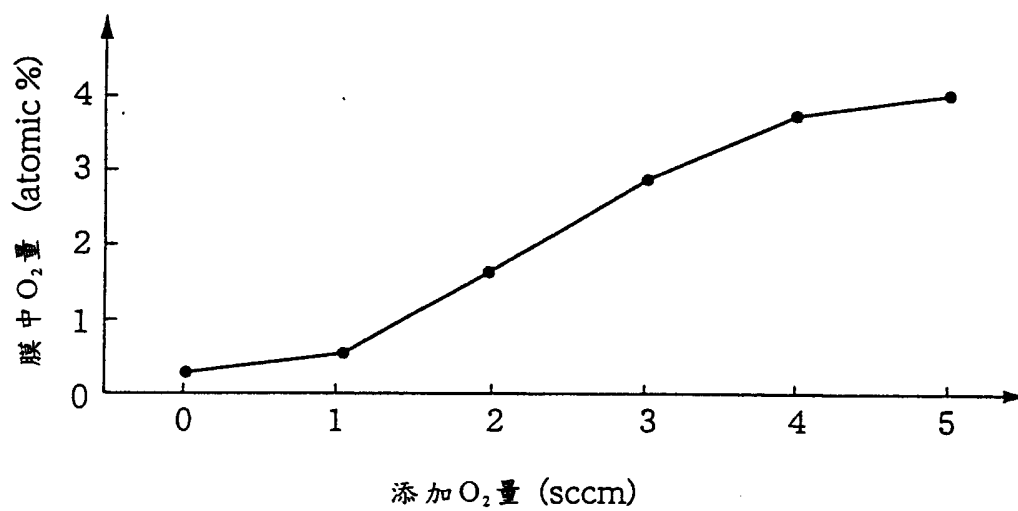
第 10 圖



第11a圖

偏壓電力 (W)	0	300	500	1000	1500
MTTF (hr)	0.98	1.63	1.65	1.80	1.92

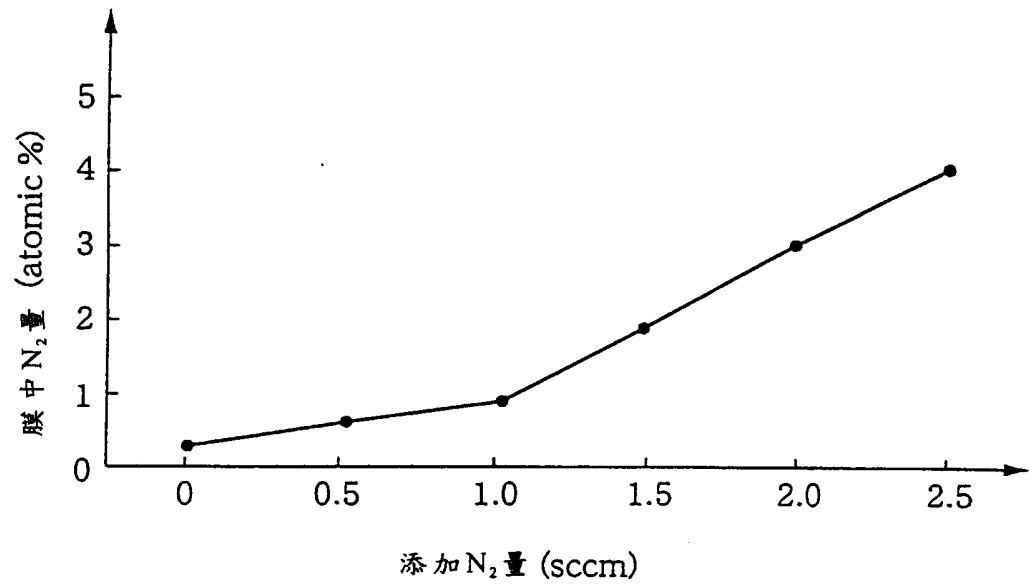
第11b圖



第12 a圖

添加 O ₂ 量 (sccm)	0	1	2	3	4	5
MTTF (hr)	1.92	2.13	2.11	1.90	0.84	0.65

第12 b圖



第13a圖

添加N ₂ 量 (sccm)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
MTTF (hr)	1.92	1.81	1.70	1.65	1.55	0.78

第13b圖

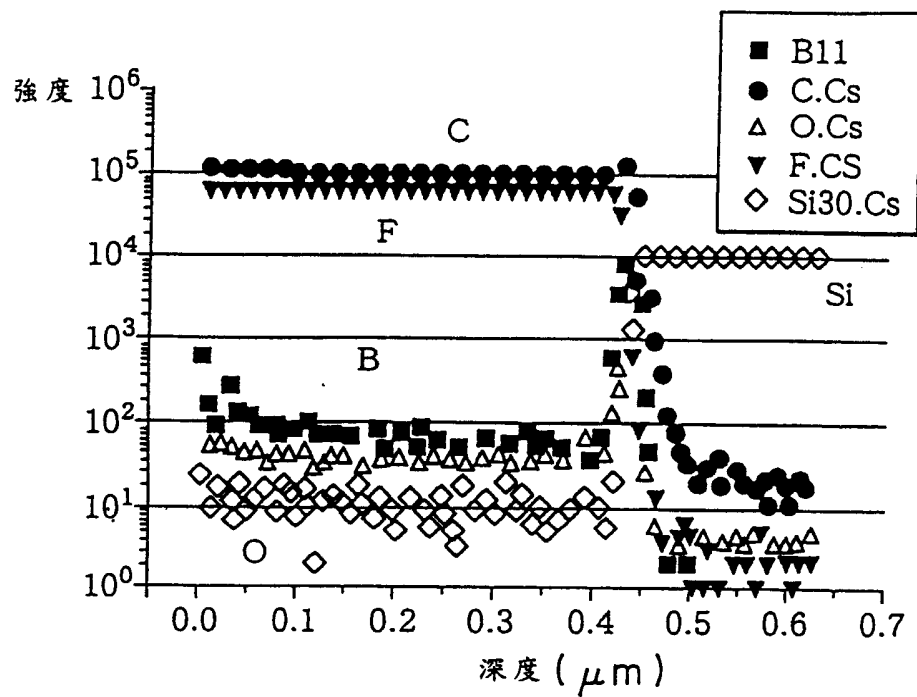
403942

添加BF ₃ 量 (sccm)	膜中B量
0.1	5×10^{-4} atomic %
0.2	10^{-3} atomic %
1	0.01 atomic %
5	0.1 atomic %
10	1 atomic %
20	2 atomic %

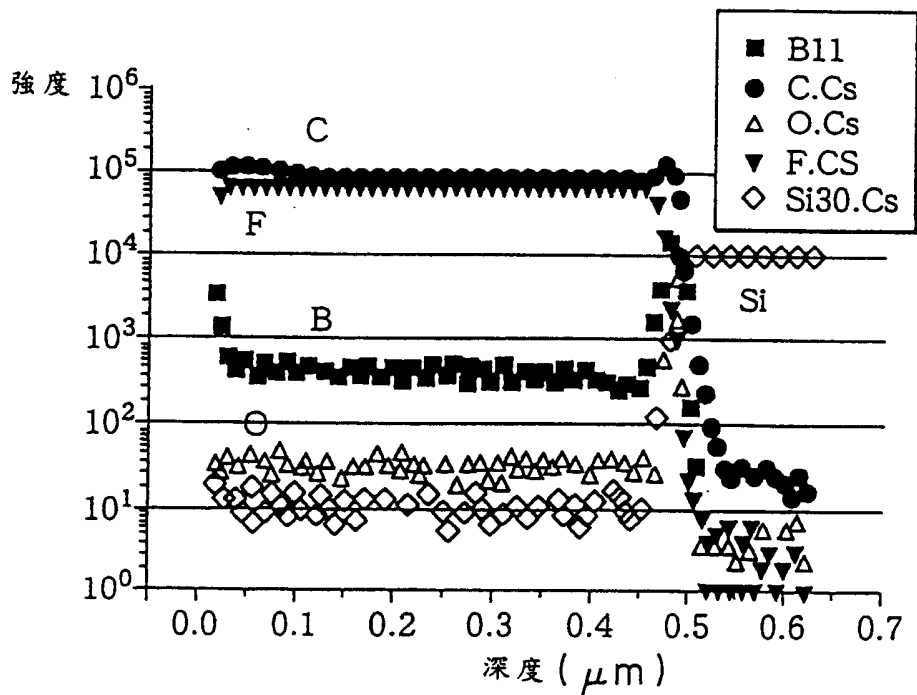
第14 a圖

添加BF ₃ 量(sccm)	0.1	0.2	1	5	10	20
MTTF (hr)	1.98	2.35	2.65	2.68	2.76	0.75

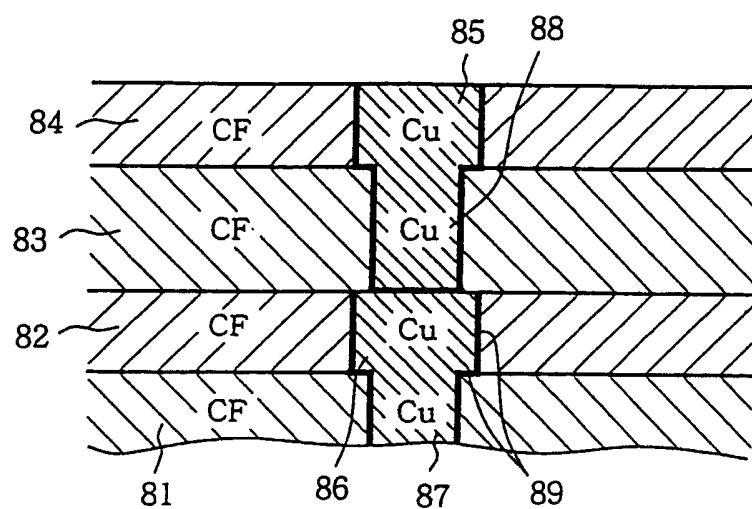
第14 b圖



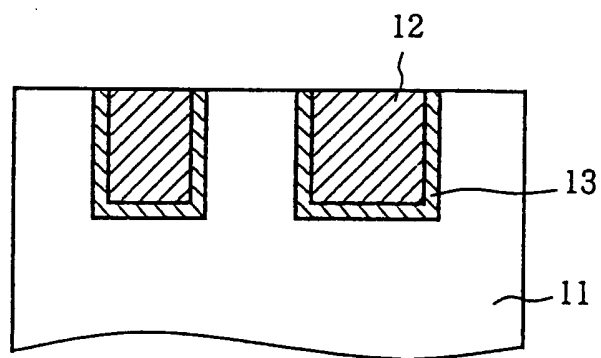
第15 a圖



第15 b圖



第 16 圖



第 17 圖