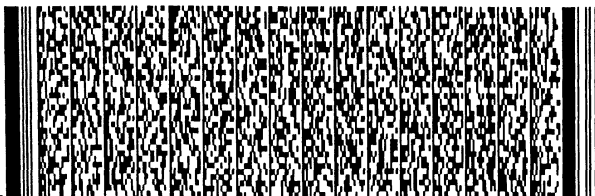


申請日期: 91.11.5	IPC分類
申請案號: 91132588	H01L 21/05, 21/31, C23C 16/42

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	半導體裝置及其製法
	英文	SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME
二、 發明人 (共4人)	姓名 (中文)	1. 鹽谷喜美 2. 西本裕子 3. 鈴木智美
	姓名 (英文)	1. Yoshimi SHIOYA 2. Yuhko NISHIMOTO 3. Tomomi SUZUKI
	國籍 (中英文)	1. 日本 JP 2. 日本 JP 3. 日本 JP
	住居所 (中文)	1. 日本國東京都港區港南2丁目13番29號 半導體工程研究所股份有限公司內 2. 日本國東京都港區港南2丁目13番29號 半導體工程研究所股份有限公司內 3. 日本國東京都港區三田3丁目11番28號 佳能販賣股份有限公司內
	住居所 (英文)	1. 2. 3.
三、 申請人 (共2人)	名稱或 姓名 (中文)	1. 佳能販賣股份有限公司 2. 半導體工程研究所股份有限公司
	名稱或 姓名 (英文)	1. CANON SALES CO., INC. 2. Semiconductor Process Laboratory Co., Ltd.
	國籍 (中英文)	1. 日本 JP 2. 日本 JP
	住居所 (營業所) (中文)	1. 日本國東京都港區三田3丁目11番28號 (本地址與前向貴局申請者相同) 2. 日本國東京都港區港南2丁目13番29號 (本地址與前向貴局申請者相同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. 2.
	代表人 (中文)	1. 村瀬治男 2. 前田和夫
	代表人 (英文)	1. Murase Haruo 2. Kazuo MAEDA



2000-3-22 PM (X) / Abacus.ppt

申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人 (共4人)	姓 名 (中 文)	4. 前田和夫
	姓 名 (英 文)	4. Kazuo MAEDA
	國 籍 (中 英 文)	4. 日本 JP
	住 居 所 (中 文)	4. 日本國東京都港區港南2丁目13番29號 半導體工程研究所股份有限公司內
	住 居 所 (英 文)	4.
三、 申請人 (共2人)	名稱或 姓 名 (中 文)	
	名稱或 姓 名 (英 文)	
	國 籍 (中 英 文)	
	住 居 所 (營 業 所) (中 文)	
	住 居 所 (營 業 所) (英 文)	
	代 表 人 (中 文)	
	代 表 人 (英 文)	



一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
日本 JP	2001/12/06	2001-372299	有
日本 JP	2002/04/26	2002-127388	有

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

無

寄存日期：

寄存號碼：

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

無

寄存號碼：

☐熟習該項技術者易於獲得, 不須寄存。

五、發明說明 (1)

I. 發明背景

1. 發明所屬之技術領域

本發明係屬於一種半導體裝置的製法，特別是指該製法所製造出來的半導體裝置具有障礙絕緣薄膜，可用來覆蓋銅導線，該薄膜是用電將輔助化學氣相沉積法來製做。

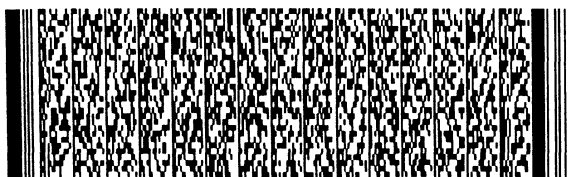
2. 先前技術

近年來，隨著半導體積體電路的高積集度與高密度化，快速之數據傳輸的需求亦隨之出現。因此，可降低RC延遲的低介電常數絕緣薄膜(在下文中稱為低介電常數絕緣薄膜)已被使用。

另一方面，論及導線的材料，銅導線因具有較低的電阻值而將取代傳統的鋁導線。

所以，成長於銅導線上方的低介電常數絕緣薄膜是做為各層間的絕緣隔離之用。當低介電常數絕緣薄膜是在銅導線形成後才成長，或是在銅導線形成之後的以其他步驟形成，都會經過約400~450℃的回火處理。此外，半導體裝置在操作時，高電場是加在層間的絕緣薄膜上。為避免銅因為熱與電場而擴散進入低介電常數絕緣薄膜，在低介電常數絕緣薄膜與銅導線之間需要有障礙絕緣薄膜。

然而，緻密的障礙絕緣薄膜卻具有相對較高的介電常數。在許多不同種類的障礙絕緣薄膜中，以碳化矽為基材的障礙絕緣薄膜其介電常數相對較低，大約為5。然而相對介電常數為5的障礙絕緣薄膜的厚度為100nm時，是同等



五、發明說明 (2)

於相對介電常數為2.8的低介電常數絕緣薄膜500nm的厚度，該低介電常數絕緣薄膜和障礙絕緣薄膜所組成的層間絕緣薄膜的介電常數會高達3.02。

因此，障礙絕緣薄膜的厚度曾經嘗試做成50nm，但防止銅擴散的能力卻因而降低。

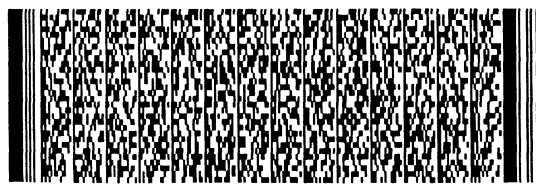
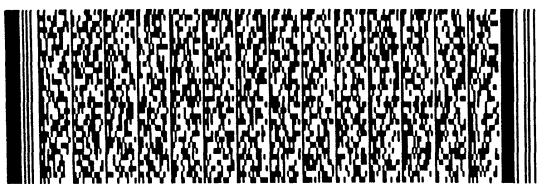
II. 發明內容

本發明係關於一半導體裝置及其製法，該裝置上的障礙絕緣薄膜具有較低的相對介電常數，該薄膜是覆蓋於銅導線或銅薄膜之上。本發明之目的在於提供一半導體裝置及其製法，該裝置上的障礙絕緣薄膜具有較低的相對介電常數，該薄膜的漏電流較低而且防止銅擴散能力較高。

在本發明中，用於成長薄膜的氣體包括烷基化合物及供應至第一和第二電極之間的含氧氣體，該薄膜成長氣體的氣壓調節至1Torr或更低，之後以頻率為1MHz或更高的高頻電能加在第一或第二電極的其中之一，使該氣體轉變成電漿。電漿化的薄膜成長氣體彼此間相互進行反應，以成長出覆蓋在銅導線上的障礙絕緣薄膜。

唯有以高頻能量將薄膜成長氣體轉變成電漿態，才可能成長出相對介電常數較低的薄膜。至少在薄膜形成的初期時，將該氣體的氣體壓力控制在1Torr或更低，成長出來的薄膜可有足夠的緻密度以防止銅擴散。

為增加絕緣薄膜的緻密度且保有較低的相對介電常數，本發明論及的薄膜是在下述的條件中成長，即逐步地



五、發明說明 (3)

將薄膜成長氣體的氣壓從低氣壓提高到1Torr；或者，至少在薄膜形成初期，將氮及氮氣加入薄膜成長氣體中；或者，在薄膜成長氣體中加入氮氣或氫氣中之一做為稀釋氣體；或者，至少在薄膜成長初期，逐步增加稀釋氣體的流量；或者，在薄膜成長初期時加入低頻的偏壓電量。

而且，為提高障礙絕緣薄膜與低相對介電常數薄膜之間的蝕刻選擇性，可將碳氫化合物加入到薄膜成長氣體中，該低相對介電常數薄膜是形成於障礙絕緣薄膜之上。

III. 實施方式

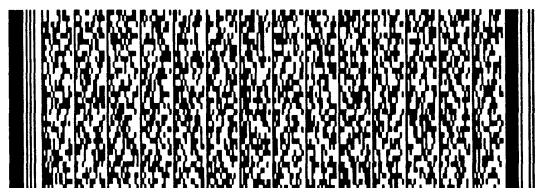
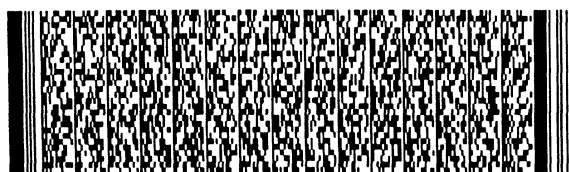
本發明的實施例將參照圖示一起說明如下。

(以電漿輔助化學氣相沉積儀器來成長薄膜的方法即為本發明的實施例。)

第1圖係為一側視圖，顯示具有平行電極之電漿輔助化學氣相沉積儀器101的構造，該儀器係用來製做本發明所述的半導體裝置。

該平行電極電漿輔助化學氣相沉積儀器101是由兩部份組成，一是薄膜成長部101A，基板21上所形成的障礙絕緣薄膜就在該處利用電漿氣體成長；第二是薄膜成長氣體供應部101B，該部具有多個氣體供應源以提供成長薄膜所需的氣體。

如第1圖所示，薄膜成長部101A含有反應室1，氣體的壓力可於該處下降，反應室1係由排氣泵4與排氣裝置6連接，開/關閥5用來控制反應室1與排氣裝置6之間連通與不



五、發明說明 (4)

連通，該閥位於排氣泵4之中。真空計(未顯示)裝在反應室1中，用以量測、監視反應室1的氣壓。

在反應室1中有一對上下電極(第一與第二電極)2、3，兩者位於相對的位置上。用以提供頻率為13.56MHz的高頻電能之高頻電能源(RF電能源)7連接於電極2，低頻電能源8則提供頻率為380KHz的低頻電能，其係連接到下電極3。高頻電能是被供應到上電極2，該電能是至少來自於電能源7和8中之一的電能源7，同時薄膜成長氣體轉換成電漿。上電極2、下電極3及電能源7、8促使電漿產生，意即將薄膜成長氣體轉變為電漿。

要注意，並非只有頻率為380KHz的低頻電源可提供低頻電能給下電極3，具有50KHz~1MHz頻率的電能源也可以使用，而且，不僅是頻率為13.56MHz的電能可提供高頻電能，只要頻率超過1MHz的電能亦可提供高頻電能給位於下電極3對面的上電極2。在第1圖中，高頻電能源是被連接到上電極2，低頻電能源是被連接到下電極3，然而本發明的目的也可由下述的方法來達成，即高頻電能源7是被連接到下電極3或是上下電極2、3中的任何一個，而低頻電能源8則是被連接到下電極3或是另一個電極。

上電極2同時做為薄膜成長氣體的分散噴頭，該電極上有許多個貫穿孔可用來引導薄膜成長氣體，每個貫穿孔指向下電極最外層平面的開孔部份，該開孔部係為薄膜生長氣體的放電部(引導部份)，該放電部是藉由氣體管路9a與薄膜成長氣體供應源101B連接。在某些實施例中，上電



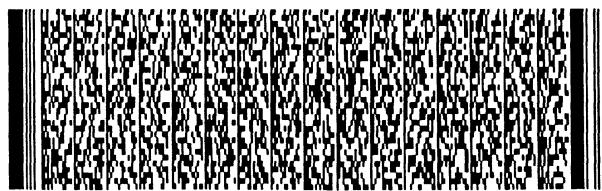
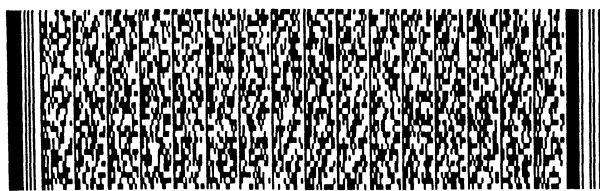
五、發明說明 (5)

極2中可能裝有加熱器(未顯示)，在薄膜成長期間該加熱器可將上電極2加熱到約100℃，如此可避微粒覆著在上電極2之上，該微粒係因薄膜成長氣體的反應而產生。

下電極3同時也做為基板21的固定座，而下電極3則含有加熱器12以用來加熱在固定座上的基板21。

在薄膜成長氣體供應部101B中有下述的氣體供應源：烷基化合物的供應源，該烷基化合物具有矽烷鍵，如六甲基二矽氧烷(HMDSO： $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$)或同類；甲基矽烷的供應源，係以通用化學式表示的 $\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$ ，(n=0或3)；烷基化合物的供應源，該化合物具有O-Si-O鍵；碳氫化合物(C_mH_n)的供應源，如甲烷(CH_4)、乙炔(C_2H_2)及乙烯(C_2H_4)；含氧氣體的供應源，如氧氣(O_2)、一氧化二氮(N_2O)、水(H_2O)、二氧化碳(CO_2)；氮(NH_3)的供應源；稀釋的氮氣或氫氣(惰性氣體)其中一種的供應源；氮氣的供應源，其係亦用來做為惰性氣體。

這些氣體經由分枝管路9b~9i供應到反應室1內的薄膜成長部101A之中，而管路9a是與所有分枝管路9b~9i相連接。每個分枝管路9b~9i有各自的調節氣體流速的機構11a~11h，也有各自的開關機構10n~10r來控制每個分枝管路與管路9a連通與不連通。開關機構10a是裝在管路9a之上用來控制該管路的開與關，而開關機構10s~10x係用來控制各分枝管路與管路9i連通或不連通，管路9i則與氮氣供應源相連，這是為了讓氮氣能流過分枝管路9b~9g以清洗這些管路中的殘留氣體。請注意，氮氣亦可使用於清洗



五、發明說明 (6)

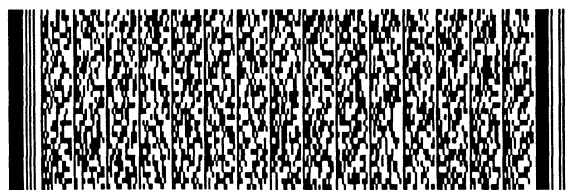
管路9a與反應室1內的殘留氣體，而且在某些實施例中，氮氣亦為薄膜成長氣體之一。

根據上述對薄膜成長儀器101的描述，有烷基化合物的供應源，該烷基化合物具有矽烷鍵，如六甲基二矽氧烷(HMDSO)；有甲基矽烷的供應源，是以通用化學式表示的 $\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$ ，(n=0或3)；有烷基化合物的供應源，該化合物具有O-Si-O鍵；有碳氫化合物(C_mH_n)的供應源；有含氧氣體的供應源，如氧氣(O_2)、一氧化二氮(N_2O)、水(H_2O)、二氧化碳(CO_2)；有氨(NH_3)的供應源；有稀釋的氮氣或氫氣(惰性氣體)其中一種的供應源；有氮氣的供應源，其係也用來當做惰性氣體；而且還有電漿產生機構2、3、7、8以將薄膜成長氣體轉變成電漿。

因此，藉由下述的電漿輔助化學氣相沉積法，可成長出具有低介電常數及足以防止銅擴散之高緻密度障礙絕緣薄膜。

第19圖係為一半導體裝置之剖面圖，該裝置之上有使用上述的方法所成長的障礙絕緣薄膜覆蓋於導線，該導線主要是銅導線。在第19圖中，符號35a及39係為障礙絕緣薄膜，分別覆蓋在以銅為主の下與上導線之上。

在半導體裝置內，位於基板31之上，有層狀的下導線絕緣薄膜32，中間導線絕緣薄膜35及上導線絕緣薄膜36。導線絕緣薄膜32、36是屬於低介電常數薄膜，而中間導線絕緣薄膜35則為由障礙絕緣薄膜與低介電常數絕緣薄膜所組成的雙層結構。



五、發明說明 (7)

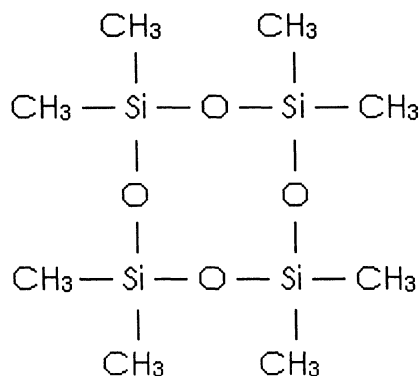
下導線34是製作在導線絕緣薄膜32中的導線溝槽32a內，上層導線38則製作於導線絕緣薄膜36中的導線溝槽36a內。下導線34和上導線38是由連接導體37來相互聯結，該連接導體37是製作於一貫穿中間導線層絕緣薄膜35的介層洞35之中。下導線34、連接導體37及上導線38的主體為銅膜34b、37b及38b，而障礙金屬薄膜34a、37a及38a是用來保護銅膜34b、37b及38b的下部與側面。障礙絕緣薄膜35a、39分別覆蓋在銅膜34b、38b的表面。

接下來，對本發明用來製作障礙絕緣薄膜的成長氣體，如具有矽氧烷鍵的烷基化合物、甲基矽烷、具有O-Si-O鍵的烷基化合物及碳氫化合物等做描述。

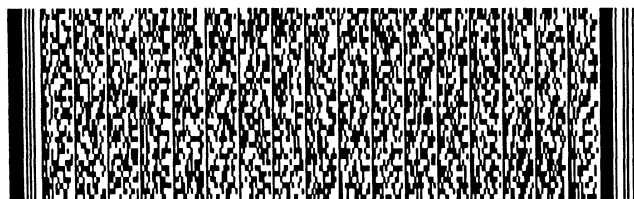
下面所提及的可被當作代表性的例子。

(i) 具有矽氧烷鍵的烷基化合物，六甲基二矽氧烷 (HMDSO : $(\text{CH}_3)_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$)、

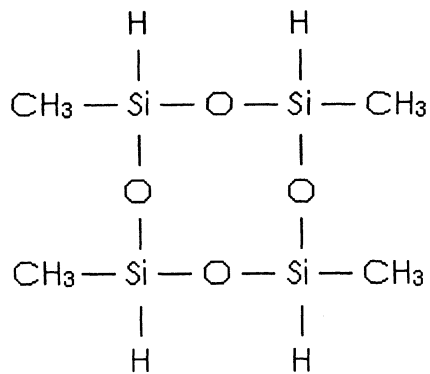
八甲基環四矽氧烷(OMCTS)



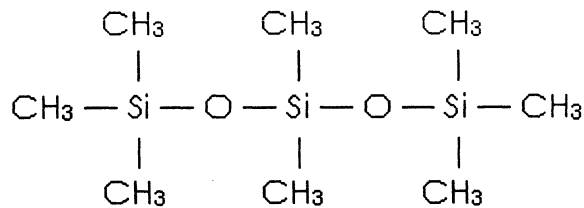
四甲基環四矽氧烷(TMCTS)



五、發明說明 (8)



八 甲 基 三 矽 氧 烷 (OMTS)

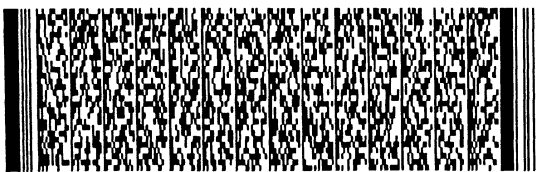
(ii) 甲 基 矽 烷 ($\text{SiH}_n(\text{CH}_3)_{4-n}$: $n=0 \sim 3$)一 甲 基 矽 烷 ($\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$)二 甲 基 矽 烷 ($\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$)三 甲 基 矽 烷 ($\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$)四 甲 基 矽 烷 ($\text{Si}(\text{CH}_3)_4$)

(iii) 具有 $\text{O}-\text{Si}-\text{O}$ 鍵的烷基化合物，其結構化學式為
 $\text{CH}_3-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)_2-\text{O}-\text{CH}_3$

(iv) 碳 氫 化 合 物 (C_mH_n)甲 烷 (CH_4)乙 炔 (C_2H_2)乙 烯 (C_2H_4)

(對本發明其中一種薄膜成長方法的描述)

接下來，將描述本發明中所提及的薄膜成長方法之較



五、發明說明 (9)

佳的氣體組合與較佳的薄膜成長條件，並參照第2A圖~第2K圖。

這些圖示顯示組成薄膜成長氣體中的每種氣體導入反應室1的時機，以及薄膜成長過程中每種氣體的流量、氣壓和高頻電能、低頻電能加到平行電極的兩個電極的方法。

在這些圖中，第2A圖~2E圖顯示成長含矽絕緣薄膜的方法，其係使用薄膜成長氣體，該氣體至少含有烷基化合物或含氧氣體中其中一種。

在第2A圖中，薄膜成長氣體被引導至反應室1，其氣壓調整為1Torr或更低，同時高頻電能是加在下電極與上電極2、3中的任何一個，薄膜成長氣體轉將變成電漿狀態。第2B圖與第2A圖不同的是，薄膜的成長是在薄膜成長氣體的氣壓由低壓逐漸上升到1Torr的條件下。第2C圖與第2A圖不同的是，被引導到反應室1的薄膜成長氣體的氣壓，在薄膜成長的初期時調整到1Torr或更低，然後經過某段時間後將氣壓調高超過1Torr。第2D圖與第2A圖不同的是，在薄膜成長初期某段時間中，將高頻電能加在電極2或3其中之一個，而將低頻電能加在另一個電極。第2E圖與第2A圖不同的是，在薄膜成長的初期，先調高薄膜成長氣體中的含氧氣體之流量，然後經過某段時間後再調低。

此外，第2F圖~第2K圖顯示以薄膜成長氣體中含有稀釋氣體的方法來成長薄膜。

在第2F圖中，稀釋氣體的常用流量被增加了。第2G圖



五、發明說明 (10)

與第2F圖不同的是，稀釋氣體的流量較大。第2H圖與第2F圖不同的是，在薄膜成長初期某段時間中，稀釋氣體的流量增加了，然後經過某段時間氣壓下降。

第2I圖~第2J圖顯示薄膜的方法，其係以薄膜成長氣體中至少含有氮氣或氬氣中的一種。

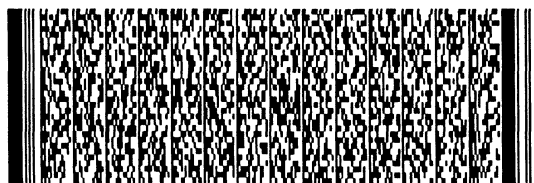
在第2I圖中，在整個薄膜成長時期中加入至少有氮氣或氬氣中的一種。第2J圖與第2I圖不同的是，只有在薄膜成長初期某段時間中才有加入至少含有氮氣或氬氣中的一種。

在第2F圖~第2K圖中的氣體與其它種類氣體的組合，則如下述的所提的方法(a)~(c)。(a)在第2B、2D或2E圖中的氣體與第2F圖~第2K圖中的一種氣體組合；(b)在第2B、2D或2E圖中的氣體與第2F~2H圖中的一種氣體組合後再與第2I~2J圖中的任一氣體組合；(c)在方法(b)中所得到的每一種氣體可與第2K圖中的氣體組合。

利用僅以高頻電能將薄膜成長氣體轉變成電漿狀態的方法，將可獲得較低的相對介電常數；同時可由至少在薄膜成長初期控制薄膜成長氣體的氣壓為1Torr或更低，使絕緣膜具有足夠的緻密度以防止銅的擴散。

以薄膜成長氣體的氣壓由低壓逐漸上升到1Torr的方法，在靠近主要以銅為主體的導線或是電極之處可成長出緻密的薄膜，而在離導線或是電極稍遠處則可成長出低介電常數的薄膜。

此外，薄膜的緻密性可利用下面方法來增加：至少在



五、發明說明 (11)

薄膜成長初期時，把氮氣或氮氣加薄膜成長氣體中；或是使用的薄膜成長氣體中含有氮氣所組成的稀釋氣體；或是使用的薄膜成長氣體中含有稀釋氣體，而至少在薄膜成長初期時增加稀釋氣體的流量；或是在薄膜成長初期加入低頻偏壓電能。

而且，加入碳氫化合物可提高低介電常數薄膜的抗蝕刻性，該薄膜係成長於障礙絕緣薄膜之上。

如上所述，根據前面的圖示說明，本發明所提出的電漿輔助化學氣相沉積法可用來成長障礙絕緣薄膜，並具有足夠的緻密性以防止銅擴散及較低的相對介電常數。

接著，將描述含矽絕緣薄膜的相對介電常數與漏電流的測試結果，該含矽絕緣薄膜是以本發明所提出的電漿輔助化學氣相沉積法在不同的薄膜成長條件下所製作出來。

(1) 實施例1

例如，將銅薄膜之上的氧化層以薄膜成長前處理除去後，在此銅薄膜上成長一含矽絕緣薄膜，該矽絕緣薄膜係利用電漿輔助氣相沉積法，以下述的條件來成長。

(薄膜成長前處理)

(i) 處理氣體： NH_3

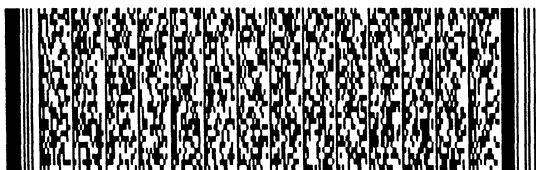
氣體流量：500sccm

氣體壓力：1Torr

(ii) 電漿形成條件

頻率：13.56MHz

功率：100W



五、發明說明 (12)

時間：10 秒

(iii) 基板加熱溫度：375 °C

(薄膜成長條件I)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N₂O 流量：400sccm

氮流量：400sccm

氣體壓力：1Torr

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375 °C

相對介電常數：2.89

(回火條件)

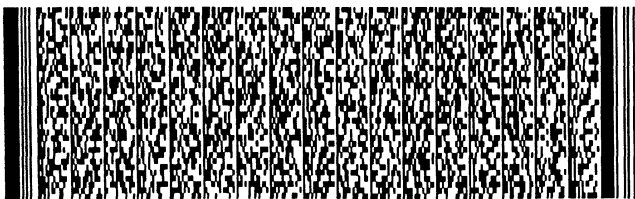
溫度：450 °C

處理時間：4 小時

以水銀探針量測相對介電常數，其電極面積為0.0226 cm²，可接觸到含矽絕緣薄膜的表面。然後，一含有1MHz 頻率之小信號的直流偏壓加在此水銀探針上，相對介電常數係由量測到的C-V特性換算出來。

而且，在量測漏電流與介電崩潰阻抗時，銅薄膜是接地而將水銀電極接至負電壓。

第3圖與第4圖顯示漏電流與介電崩潰阻抗的量測結果。第3圖與第4圖是量測漏電流與介電崩潰阻抗，該漏電



五、發明說明 (13)

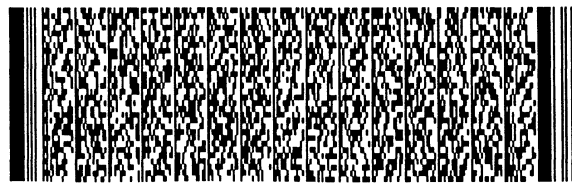
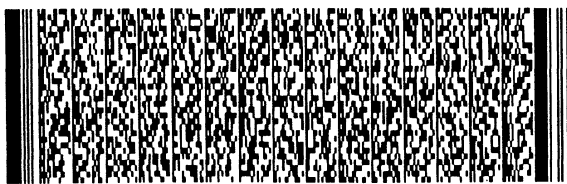
流是流經水銀探針及銅薄膜，而此兩者之間夾著一含矽絕緣薄膜。第3圖顯示在含矽絕緣薄膜剛成長後所得的量測結果，第4圖顯示含矽絕緣薄膜成長後，以上述之回火條件處理後所得的量測結果。

第3圖中的縱座標為漏電流密度(A/cm^2)以對數方式標示，而橫座標則是電場強度(MV/cm)以線性方式標示，這是加在含矽絕緣薄膜上的電場強度。注意到橫座標的負號是表示一負電壓加在含矽絕緣薄膜上。第4圖的座標表示法與第3圖相同。

如第3圖與第4圖中所顯示，當電場強度為 $-1MV/cm$ 時漏電流大約為 $10^{-10} A/cm^2$ ，而在整個電場強度的量測範圍中漏電流大小幾乎不變，在回火處理之前與之後有相同結果。

在第3圖與第4圖中，在 $-4MV/cm \sim -5MV/cm$ 之間漏電流急速上升，這表示含矽絕緣薄膜因電場而發生了介電崩潰，經過回火後，發生介電崩潰的電場強度稍微降低。介電崩潰是發生於電場強度為 $-4MV/cm$ 或更高，該電場強度與絕緣薄膜的本質介電崩潰阻抗接近，這表示銅的擴散被壓制住。

上述所提及，雖然HMDSO具有氫鍵是當做烷基化合物，前述之其它具有矽氧烷鍵的烷基化合物也可使用，例如八甲基環四矽氧烷(OMCTS)、四甲基環四矽氧烷(TMCTS)或八甲基三矽氧烷(OMTS)。而且，甲基矽烷($SiH_n(CH_3)_{4-n}$ ； $n=0 \sim 3$)或是具有O-Si-O鍵的烷基化合物亦可被使用。



五、發明說明 (14)

(2) 實施例2

例如，將銅薄膜之上的氧化層以薄膜成長前處理除去後，如同實施例1，在該銅薄膜上成長一含矽絕緣薄膜，該矽絕緣薄膜是以下述的成長條件利用電漿輔助氣相沉積法來成長。注意，薄膜成長前的前處理條件及回火條件是與實施例1相同。

(薄膜成長條件II)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N₂O 流量：400sccm

氬流量：400sccm

氣體壓力：0.5Torr

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375℃

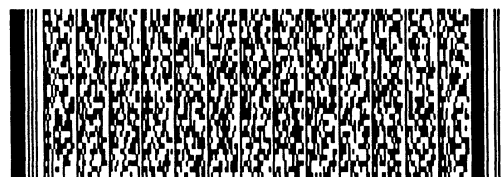
(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度：100nm

相對介電常數：3.47

量測相對介電常數和漏電流的方法與實施例1相同。

根據量測結果，相對介電常數為如上所述的3.47。

接下來，第5圖與第6圖顯示漏電流的量測結果。第5圖與第6圖以圖顯示漏電流的量測結果，該漏電流是流經水銀探針及銅薄膜，如前例所示，此兩者之間夾著一含矽絕緣薄膜。第5圖顯示含矽絕緣薄膜剛成長後所得的量測



五、發明說明 (15)

結果，第6圖顯示含矽絕緣薄膜成長後經過回火處理所得的量測結果。

第5圖中的縱座標為漏電流密度(A/cm^2)，是以對數方式標示，而橫座標則是電場強度(MV/cm)以線性方式標示，這是加在含矽絕緣薄膜上的電場強度。注意到橫座標的負號是表示一負電壓加在含矽絕緣薄膜上。第6圖的座標表示法與第5圖相同。

如第5圖與第6圖所顯示，對薄膜剛成長後所量得的結果而言，當電場強度為 $-1MV/cm$ 時漏電流大約為 $10^{-9}A/cm^2$ 或更低，而在整個電場強度的量測範圍中漏電流大小幾乎不變，在回火處理之前與之後都一樣。

含矽絕緣薄膜的介電崩潰是發生於電場強度介於 $-4MV/cm \sim -5MV/cm$ 之間，這表示銅的擴散被壓制住了，如同實施例1。

(3) 實施例3

試片是以下述的方法來備置，如實施例1，將銅薄膜之上的氧化層以薄膜成長前處理除去後，在該銅薄膜上成長一含矽絕緣薄膜，該矽絕緣薄膜是以下述的成長條件利用電漿輔助氣相沉積法來成長。

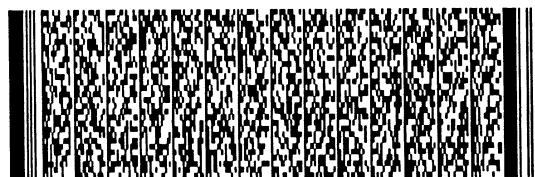
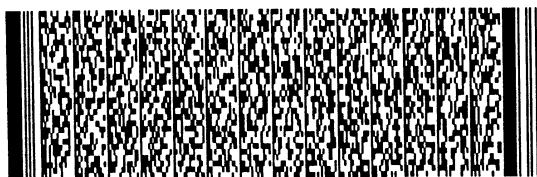
(薄膜成長條件III)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N_2O 流量：400sccm

氦 流量：400sccm



五、發明說明 (16)

NH_3 氣體流亮 : 200 sccm

氣體壓力 : 1.0 Torr

(ii) 電漿形成條件

高頻功率 (13.56 MHz) PRF : 250 W

低頻功率 (380 KHz) PLF : 0 W

(iii) 基板加熱溫度 : 375 °C

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度 : 100 nm

相對介電常數 : 3.7

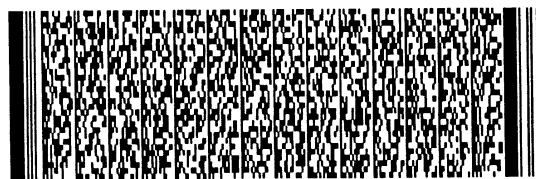
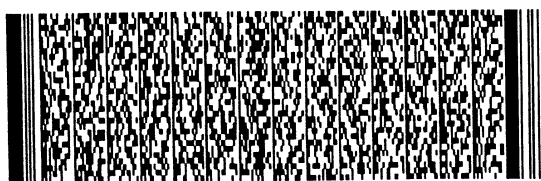
量測相對介電常數和漏電流的方法與實施例1相同。

根據量測結果，相對介電常數為如上所述的3.7。

接下來，第7圖與第8圖顯示漏電流的量測結果。第7圖與第8圖以圖顯示漏電流的量測結果，該漏電流是流經水銀探針及銅薄膜，如同前例，此兩者之間夾著一含矽絕緣薄膜。第7圖顯示含矽絕緣薄膜剛成長後所得的量測結果，第8圖顯示含矽絕緣薄膜成長後經過回火處理所得的量測結果。

第7圖中的縱座標為漏電流密度 (A/cm^2)，是以對數方式標示，而橫座標則是電場強度 (MV/cm) 以線性方式標示，這是加在含矽絕緣薄膜上的電場強度。注意到橫座標的負號是表示一負電壓加在含矽絕緣薄膜上。第8圖的座標表示法與第7圖相同。

如第7圖與第8圖中所顯示，對薄膜剛成長後所量得的結果而言，當電場強度為 $-1 \text{ MV}/\text{cm}$ 時漏電流大約為 $10^{-9} \text{ A}/\text{cm}^2$ 。經過回火後，漏電流的大小幾乎與回火前相同，除了



五、發明說明 (17)

在電場強度大約為 -4MV/cm 時略微下降。

含矽緣薄膜的介電崩潰也是發生於電場強度介於 -4MV/cm ~ -5MV/cm 之間，這表示銅的擴散被壓制住，如同實施例1、2。

(4) 實施例4

本發明的實施例4是參照第9圖與第10圖。

第9圖顯示絕緣薄膜的相對介電常數(k)與薄膜成長氣體的氣壓(P)間的關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與氣壓(P)和相對介電常數(k)間的關係。第10圖顯示絕緣薄膜對銅的擴散障礙特性，該薄膜是以薄膜成長條件IV來備置。

首先說明此實驗所使用之試片S1~S4的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件IV)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量： 50sccm

N_2O 流量： 400sccm

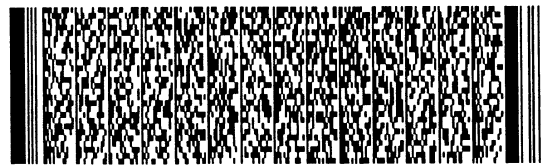
氣體壓力：參數(0.5、0.75、1.0及1.5Torr分別是用於試片S1~S4)

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF： 250W

低頻功率(380KHz)PLF： 0W

(iii) 基板加熱溫度： 375°C



五、發明說明 (18)

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度：100nm

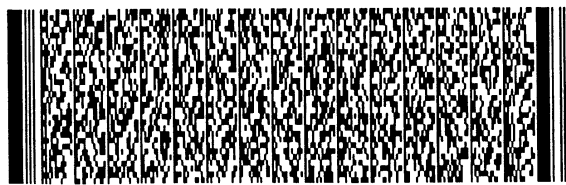
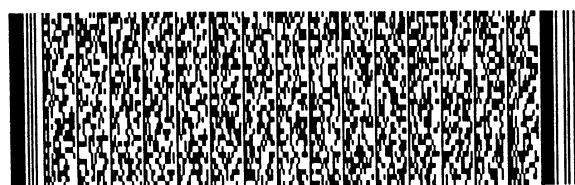
相對介電常數：看第9圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同，介電崩潰阻抗的量測如同漏電流的量測一樣與實施例1相同，所成長之絕緣薄膜的銅擴散障礙特性是用SIMS(二次離子質譜儀)來檢測。

第9圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)與薄膜成長氣體的氣壓(P)間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與氣壓(P)和相對介電常數(k)間的關係。

第9圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體之氣壓(P)(Torr)以線性方式標示。此外，量測點以符號○來表示，該符號中有●是表示所有5個試片經過回火後，於介電崩潰阻抗測試時都沒有破損；若符號○中有×則表示所有5個試片在測試中都破損了；而符號○則表示5個試片中有一或二個試片破損了。在測試時，從加上電壓的初期一直到試片被判斷為破損之間，電流是穿過試片中的絕緣薄膜。同時，儘管在回火後介電崩潰電壓下降了，絕緣薄膜的崩潰電壓仍達到某種程度，試片還是被判定為未破損。從實施例5~10也是用這樣的判定方式。

依據第9圖中所顯示的量測結果，當氣體壓力(P)增加時，相對介電常數會下降。當氣體壓力(P)等於1.0Torr或更低時，絕緣薄膜顯現出介電崩潰的抵抗性；而氣體壓力(P)為1.5Torr時，則不顯現介電崩潰的抵抗性。



五、發明說明 (19)

第10圖顯示絕緣薄膜對銅的擴散障礙特性的實驗結果，該結果係絕緣薄膜在回火前後，利用SIMS分析該薄膜中銅的分佈情形所得到的。

第10圖中的縱座標為銅的濃度(任意單位)，是以對數方式標示，而橫座標則從絕緣薄膜表面到量測點得距離(nm)，以線性方式標示。

第10圖中顯示，從試片S1到S4中任一個試片在回火後，試片中的絕緣薄膜其內都含有銅，而這些銅被認為應該是在薄膜成長時攙雜進來的。所以，第10圖中可觀察到的在回火前後絕緣薄膜中銅含量之改變是無法避免的。

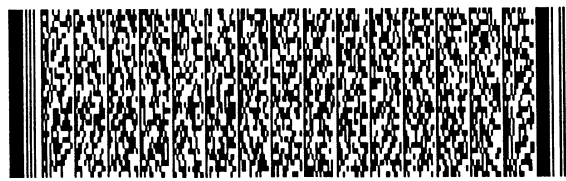
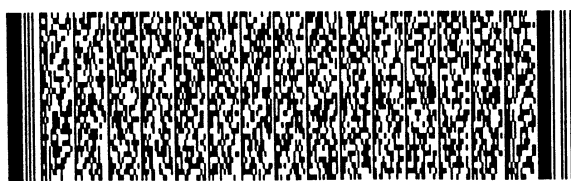
以此觀點，對於試片S3，每一個S3試片都在介電崩潰阻抗測試中破損，而每個試片的絕緣薄膜都有銅擴散到其內。另一方面，對於試片S1及S2，既使在回火後也很難觀察到銅的擴散，明確地說，這表示試片S1與S2具有障礙特性。

(5) 實施例5

本發明的實施例5是參照於第11圖。

第11圖顯示絕緣薄膜的相對介電常數(k)與薄膜成長氣體 N_2O 氣體流量之間的關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與 N_2O 氣體流量和相對介電常數(k)間的關係。

首先說明此實驗所使用之試片S5~S9的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。



五、發明說明 (20)

(薄膜成長條件V)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N₂O 流量：參數(100、200、400、600及800sccm，每個流量分別對應於試片S5~S9)

氮流量：400sccm

氣體壓力(P)：1.0Torr

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375℃

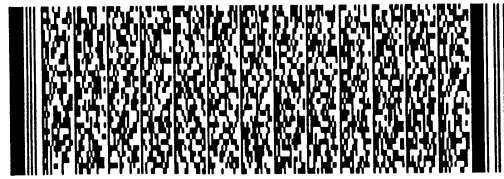
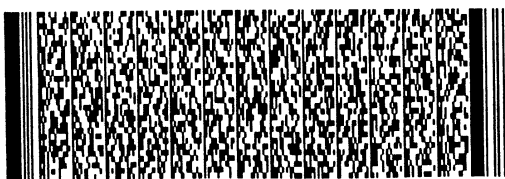
(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度：100nm

相對介電常數：看第11圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同，介電崩潰阻抗的量測與實施例1中漏電流的量測方法相同。

第11圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)薄膜成長氣體中N₂O氣體的流量(sccm)間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與N₂O氣體的流量和相對介電常數(k)間的關係。第11圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體中N₂O氣體流量(sccm)以線性方式標示。

第11圖中顯示，當N₂O氣體流量增加時，相對介電常數(k)會下降。當N₂O氣體流量增高超過400sccm時，N₂O氣體



五、發明說明 (21)

流量越高則相對介電常數(k)也增加。當 N_2O 氣體流量等於400sccm或更低時，絕緣薄膜顯現出介電崩潰的抵抗性；而當氣體流量為600sccm時，則不顯現介電崩潰的抵抗性。

(6) 實施例6

本發明的實施例6是參照於第12圖。

第12圖顯示絕緣薄膜的相對介電常數(k)與薄膜成長氣體氮氣體流量之間的關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與氮氣體流量和相對介電常數(k)間的關係。

首先說明此實驗所使用之試片S10~S14的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件VI)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N_2O 流量：400sccm

氮流量：參數(100、200、400、600及800sccm，每個流量分別對應於試片S10~S14)

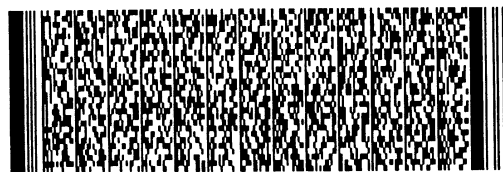
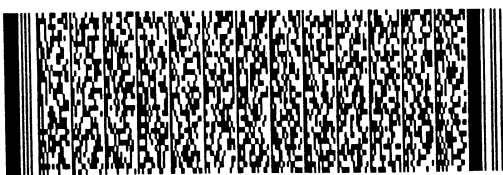
氣體壓力(P)：1Torr

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375℃



五、發明說明 (22)

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度：100nm

相對介電常數：看第12圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同，介電崩潰阻抗的量測與實施例1中漏電流的量測方法相同。

第12圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)薄膜成長氣體中氮氣體的流量間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與氮氣體的流量和相對介電常數(k)間的關係。

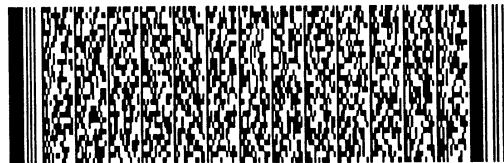
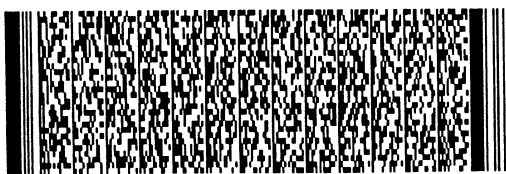
第12圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體中氮氣體流量(sccm)以線性方式標示。

第12圖中顯示，當氮氣體流量增加時，相對介電常數(k)會逐漸地上升。當 N_2O 氣體流量增高超過400sccm時， N_2O 氣體流量越高則相對介電常數(k)也增加。當氮氣體流量等於400sccm或更低時，絕緣薄膜顯不會出現介電崩潰的抵抗性；而當氮氣體流量為400sccm時，則顯現出介電崩潰的抵抗性。

(7) 實施例7

本發明的實施例7參照於第13圖。

第13圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)薄膜成長氣體中 N_2O 氣體的流量間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與 N_2O 氣體的流量和相對介電常數(k)間的關係。實施例7與實施例5(第11圖)不同之處在於薄膜成



五、發明說明 (23)

長氣體中含有 NH_3 氣體。

首先說明此實驗所使用之試片S15~S19的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件VII)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N_2O 流量：參數(100、200、400、600及800sccm，每個流量分別對應於試片S15~S19)

NH_3 流量：100sccm

氮 流量：400sccm

氣體壓力(P)：1Torr

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

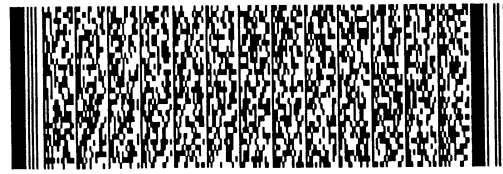
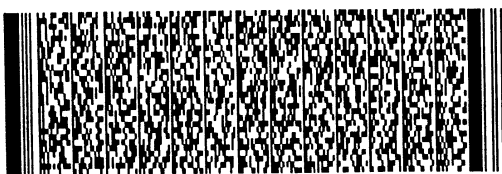
(iii) 基板加熱溫度：375℃

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度：100nm

相對介電常數：看第13圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同，介電崩潰阻抗的量測與實施例1中漏電流的量測方法相同。

第13圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)薄膜成長氣體中 N_2O 氣體的流量間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與 N_2O 氣體的流量和相對介電常數(k)間



五、發明說明 (24)

的關係。

第13圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體中 N_2O 氣體流量(sccm)以線性方式標示。

第13圖中顯示，當 N_2O 氣體流量增加時，相對介電常數(k)會下降。當 N_2O 氣體流量介於400~600sccm時，相對介電常數(k)逐漸增加。所有的試片S15~S19都出現介電崩潰的抵抗性。

(8) 實施例8

本發明實施例8是參照第14圖。

第14圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)薄膜成長氣體中 NH_3 氣體的流量間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與 NH_3 氣體的流量和相對介電常數(k)間的關係。

首先說明此實驗所使用之試片S20~S24的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件VIII)

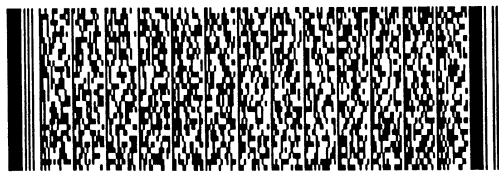
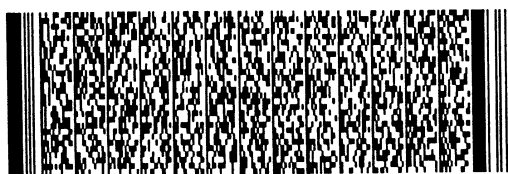
(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N_2O 流量：400sccm

NH_3 流量：參數(50、100、200、400、及600sccm，每個流量分別對應於試片S20~S24)

氣體壓力(P)：1Torr



五、發明說明 (25)

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF : 250W

低頻功率(380KHz)PLF : 0W

(iii) 基板加熱溫度 : 375 °C

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度 : 100nm

相對介電常數 : 看第14圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同，介電崩潰阻抗的量測與實施例1中漏電流的量測方法相同。

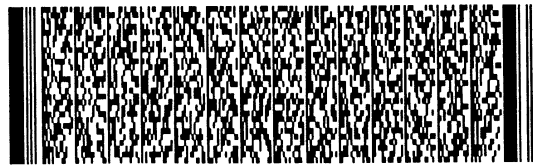
第14圖顯示絕緣薄膜之相對介電常數(k)與薄膜成長氣體中NH₃氣體的流量間的變化關係，以及絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與NH₃氣體的流量和相對介電常數(k)間的關係。

第14圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體中NH₃氣體流量(sccm)以線性方式標示。

第14圖中顯示，當NH₃氣體流量為50sccm時，相對介電常數(k)約為3。當NH₃氣體流增加時，相對介電常數(k)迅速增加；當NH₃氣體流量為400sccm或更高時，相對介電常數(k)則穩定保持約為5。所有的試片S20~S24都出現介電崩潰的抵抗性。

(9) 實施例9

根據上述實施例4~8，已經證明當相對介電常數越高時介電崩潰的抵抗性也越高。因此用實施例4~8的方法所



五、發明說明 (26)

成長的單一層絕緣薄膜，很難同時達成低相對介電常數及高介電崩潰阻抗的要求。較適合的方式是由至少二層或多層薄膜來堆疊組成，而這些薄膜一者是具有極佳的介電崩潰阻抗但有高相對介電常數的絕緣薄膜，另一者則是具有低的相對介電崩潰阻抗但相對介電常數也較低的絕緣薄膜。在這樣的例子中，為能同時滿足低相對介電常數及高介電崩潰阻抗的要求，較佳的方式係成長一較薄的絕緣薄膜，該薄膜具有極佳的介電崩潰阻抗，並再成長一較厚的絕緣薄膜，該薄膜具有低的相對介電常數。

本發明的實施例9即依此精神而行，其實驗結果是參照第15圖~第18圖。

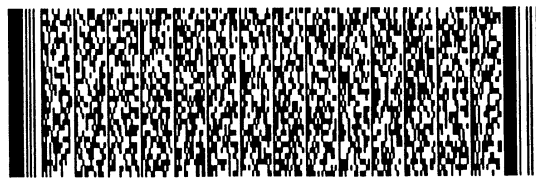
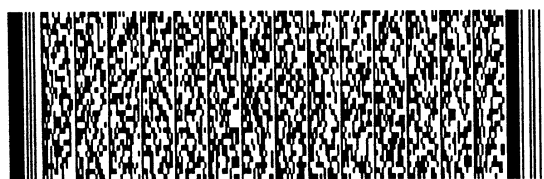
實施例9不同於實施例4~8的是，絕緣薄膜是由覆蓋在銅上面的下層薄膜(符號□)及覆蓋在下層薄膜之上的主要絕緣薄膜(符號○)所組成，下層薄膜的厚度為10nm而主要絕緣薄膜的厚度為90nm。該實施例中，介電崩潰阻抗是量測整個雙層結構的薄膜。

第15圖顯示不同氣體壓力P下所成長出來的下層薄膜(L1~L3)，以及氣體壓力P與相對介電常數間的關係。

第16圖顯示不同N₂O氣體流量下所成長出來的下層薄膜(L4~L5)，以及N₂O氣體流量與相對介電常數間的關係。

第17圖顯示不同氣體壓力P下所成長出來的主要絕緣薄膜(U1~U3)，以及氣體壓力P與相對介電常數間的關係。

第18圖顯示雙層絕緣薄膜(S25~S31)的介電崩潰阻抗，該雙層薄膜中是用第15圖及第16圖的下層薄膜和第17



五、發明說明 (27)

圖的主要絕緣薄膜所組成。

第15圖顯示下層薄膜之相對介電常數(k)與薄膜成長氣體的壓力(P)間的變化關係。第15圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體的壓力P(Torr)以線性方式標示。

首先說明此實驗所使用之試片L1~L3的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件IX)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N₂O 流量：400sccm

氮流量：400sccm

氣體壓力(P)：0.5、1.0及1.5Torr(0.5Torr用於L1，1.0Torr用於L2，1.5Torr用於L3)

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375℃

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度(下層薄膜)：10nm

相對介電常數：看第15圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同。

第15圖中顯示，當氣體壓力(P)增加時，相對介電常



五、發明說明 (28)

數(k)也跟著增加。當氣體壓力(P)為0.5Torr時，相對介電常數約為3.5，當氣體壓力(P)為1.0Torr時，相對介電常數約為2.9，當氣體壓力(P)為1.5Torr時，相對介電常數約為2.7。

第16圖顯示下層薄膜之相對介電常數(k)與薄膜成長氣體中 N_2O 氣體流量間的變化關係。第16圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是薄膜成長氣體中 N_2O 氣體流量(sccm)以線性方式標示。

首先說明此實驗所使用之試片L4~L5的成長條件。薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件X)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N_2O 流量：100、400sccm(100sccm用於L4，400sccm用於L5)

氮流量：400sccm

氣體壓力(P)：1.0Torr

(ii) 電漿形成條件

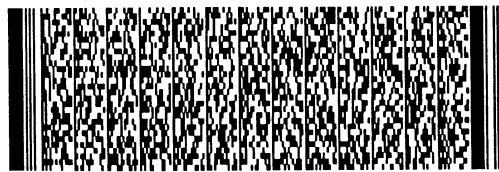
高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375℃

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度(下層薄膜)：10nm

相對介電常數：看第16圖



五、發明說明 (29)

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同。

第16圖中顯示，當 N_2O 氣體流量為100sccm時，相對介電常數約為3.1，當 N_2O 氣體流量為400sccm時，相對介電常數約為2.9。

第17圖顯示主要絕緣薄膜之相對介電常數(k)與薄膜成長氣體之氣壓(P)間的變化關係，而下層薄膜是以成長條件XI來備置。第17圖中的縱座標為相對介電常數(k)，是以線性方式標示，而橫座標則是氣體壓力(Torr)以線性方式標示。

首先說明此實驗所使用之試片U1~U3的成長條件。而薄膜成長的前處理條件與成長後的回火條件均與實施例1相同，成長條件如下所述。

(薄膜成長條件XI)

(i) 薄膜成長氣體的條件

HMDSO 流量：50sccm

N_2O 流量：400sccm

氮 流量：400sccm

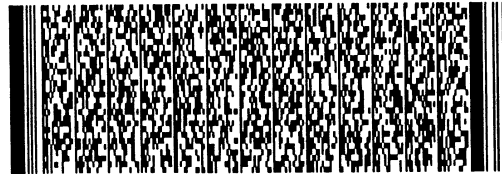
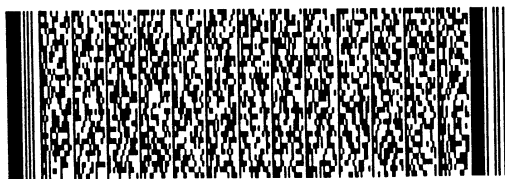
氣體壓力(P)：0.5、1.0、1.5Torr(0.5Torr用於U1，1.0Torr用於U2，1.5Torr用於U3)

(ii) 電漿形成條件

高頻功率(13.56MHz)PRF：250W

低頻功率(380KHz)PLF：0W

(iii) 基板加熱溫度：375℃



五、發明說明 (30)

(iv) 成長出含矽絕緣薄膜的厚度(主要絕緣薄膜)：

90nm

相對介電常數：看第17圖

相對介電常數的量測是在回火之前，所用的方法與實施例1相同。

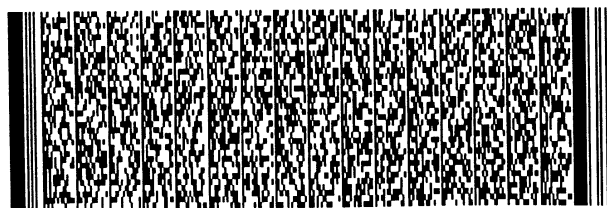
第17圖中顯示，對主要絕緣薄膜而言，當氣體壓力為0.7Torr時，相對介電常數約為3.1，當氣體壓力為1.5Torr時，相對介電常數約為2.7。

接著是討論關於雙層絕緣薄膜(S25~S31)，該薄膜是由主要絕緣薄膜(U1~U3)與不同的下層薄膜(L1~L5)所組成。絕緣薄膜S25是由下層薄膜L1與主要絕緣薄膜U1所組成，絕緣薄膜S26是由下層薄膜L1與主要絕緣薄膜U2所組成，絕緣薄膜S27是由下層薄膜L1與主要絕緣薄膜U3所組成，絕緣薄膜S28是由下層薄膜L2與主要絕緣薄膜U3所組成，絕緣薄膜S29是由下層薄膜L3與主要絕緣薄膜U2所組成，絕緣薄膜S30是由下層薄膜L4與主要絕緣薄膜U3所組成，絕緣薄膜S31是由下層薄膜L5與主要絕緣薄膜U3所組成。

第18圖顯示試片S25~S31的介電崩潰阻抗。橫座標是下層薄膜的相對介電常數，以線性方式標示，縱座標則為主要絕緣薄膜的相對介電常數，是以線性方式標示。

介電崩潰阻抗的量測與實施例1中漏電流的量測方法相同。

第18圖中顯示，僅試片S29沒有足夠的介電崩潰阻抗



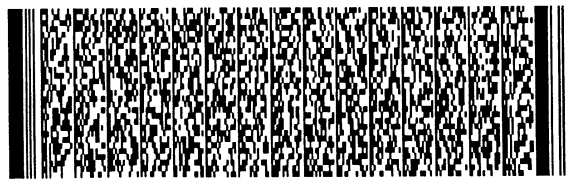
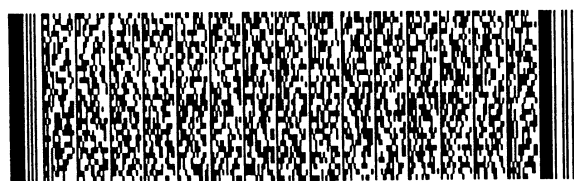
五、發明說明 (31)

性，其他的試片則具有足夠的介電崩潰阻抗性。其中，關於下層薄膜的相對介電常數，也僅是試片S29的相對介電常數低到只有2.7，其他試片的相對介電常數則為2.9或更高。而且，關於主要絕緣薄膜的相對介電常數，試片S27、S28、S30及S31的相對介電常數皆低到2.7，其他的試片的相對介電常數則為2.9或更高。換言之，當下層薄膜的相對介電常數較低時，介電崩潰阻抗性也往下降，與主要絕緣薄膜的相對介電常數的大小是無關的。明確地說，這表示介電崩潰阻抗是決定於下層薄膜的特性，為了提升雙層絕緣薄膜的介電崩潰阻抗性，必須提高下層薄膜的相對介電常數。

依此結果，為能同時符合低介電常數與高介電崩潰阻抗的要求，下層薄膜的厚度應成長得越薄越好以能增加相對介電常數到某個程度，而主要絕緣薄膜的相對介電常數則要越低越好，這樣的組合才能有較佳的薄膜以做為中間層絕緣薄膜。

雖然上述實施例已經對本發明做了詳細的描述，但是本發明的範圍與精神並只不限定於這些實施例，應該了解到的是，各種的變化、代用、與交替都不脫離本發明的範籌與精神。

例如在實施例1中，雖然用六甲基二矽氧烷(HMDSO)做為具有矽氧烷鍵的烷基化合物的來源，除此之外其他具有矽氧烷鍵的烷基化合物，如八甲基環四矽氧烷(OMCTS)、四甲基環四矽氧烷(TMCTS)或八甲基三矽氧烷(OMTS)也可



五、發明說明 (32)

被使用。

又如，在實施例1中，雖然一氧化二氮(N_2O)氣體是被用來當作含氧氣體，其他的像氧氣(O_2)、水(H_2O)、二氧化碳(CO_2)也可用來代替一氧化二氮(N_2O)。

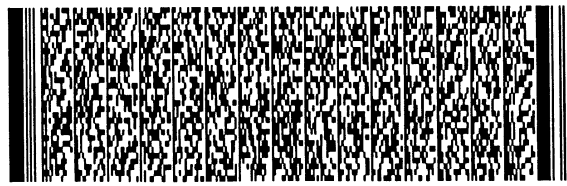
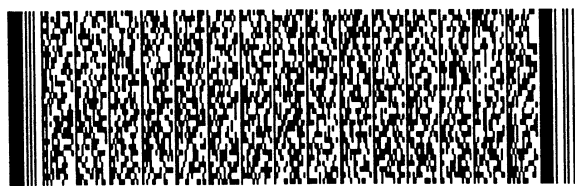
在實施例1~3中，雖然並未使用含碳氮化合物的氣體，但甲烷(CH_4)或乙炔(C_2H_2)還是可能被加入。

而且，上述的未使用到含矽氧烷鍵的實施例中，甲基矽烷或含有 Si-O-Si 鍵的烷基化合物可以被替代使用。

在此例中，一甲基矽烷($\text{SiH}_3(\text{CH}_3)$)、二甲基矽烷($\text{SiH}_2(\text{CH}_3)_2$)、三甲基矽烷($\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$)及四甲基矽烷($\text{Si}(\text{CH}_3)_4$)中的任何一個皆可被當做甲基矽烷來使用。因為烷基化合物含有 Si-O-Si 鍵，所以只要有 $\text{CH}_3\text{-O-Si}(\text{CH}_3)_2\text{-O-CH}_3$ 化學式的化合物均可使用。

如上所述，依本發明，當薄膜成長氣體中含有烷基化合物與含氧氣體並被供應到第一及第二電極之間，並調整氣體壓力到1Torr或更低，然後將具有1MHZ或更頻率的高頻電能加到第一與第二電極中的其中一個，該薄膜成長氣體即轉變成電漿狀態。該電漿化的成長氣體中，烷基化合物與含氧氣體相互反應，形成了此覆蓋在銅導線上的障礙絕緣薄膜。

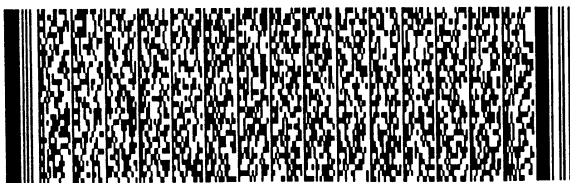
利用高頻電能將薄膜成長氣體轉變成電漿態的方法，可以製作出較低的相對介電常數，而且在薄膜成長初期時將氣體壓力調整到1Torr或更低，則可以維持絕緣薄膜的緻密性以防止銅的擴散。



五、發明說明 (33)

再者，使用下列任何一種方法或合併使用，還可以強化絕緣薄膜的緻密性並保有較低的相對介電常數：在薄膜成長期間氣體壓力從低氣壓逐漸調高到1Torr；成長絕緣薄膜時，薄膜成長氣體中含有氨(NH_3)或氮氣(N_2)至少一種；在薄膜成長初期，將氨(NH_3)或氮氣(N_2)至少一種加入到該成長氣體中；薄膜成長氣體中含有氮氣或氫氣其中至少一種的稀釋氣體；在增加稀釋氣體的流量時，使用含稀釋氣體的薄膜成長氣體；在薄膜成長初期將低頻的偏壓電能加入。

此外，加入碳氫化合物後所成長的薄膜，還可強化對於低相對介電常數之薄膜的蝕刻選擇性。



圖式簡單說明

第1圖顯示一側視圖，其係為製造半導體裝置之電漿輔助化學氣相沉積儀器的構造，該半導體裝置係為本發明的其一實施例。

第2A圖到2K圖顯示薄膜成長之方法，其係為本發明之實施例所使用之特別有效的氣體組合及薄膜成長條件。

第3圖顯示含矽絕緣薄膜的漏電流特性圖，於該薄膜成長後立刻量測，該薄膜所使用的成長條件係為實施例1之條件I。

第4圖顯示含矽絕緣薄膜的漏電流特性圖，於該薄膜成長後立刻經過回火時量測，該薄膜所使用的成長條件係為實施例1之條件I。

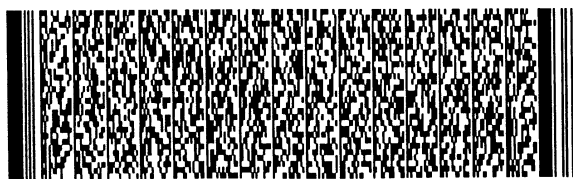
第5圖顯示含矽絕緣薄膜的漏電流特性圖，於該薄膜成長後立刻量測，該薄膜所使用的成長條件係為實施例2之條件II。

第6圖顯示含矽絕緣薄膜的漏電流特性圖，於該薄膜成長後立刻經過回火時量測，該薄膜所使用的成長條件係為實施例2之條件II。

第7圖顯示含矽絕緣薄膜的漏電流特性圖，於該薄膜成長後立刻量測，該薄膜所使用的成長條件係為實施例3之條件III。

第8圖顯示含矽絕緣薄膜的漏電流特性圖，於該薄膜成長後立刻經過回火後量測，該薄膜所使用的成長條件係為實施例3之條件III。

第9圖顯示一絕緣薄膜之相對介電常數(k)與成長氣體



圖式簡單說明

的氣壓(P)之間的變化圖，並顯示該絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與氣壓(P)和相對介電常數(k)間的關係。該薄膜所使用的成長條件係為實施例4之條件IV。

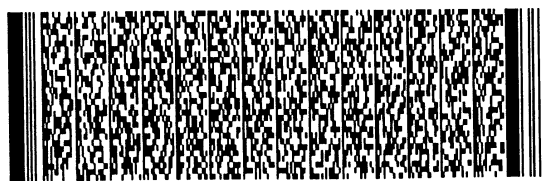
第10圖顯示銅在絕緣薄膜中的障礙特性，該薄膜所使用的成長條件係為實施例4之條件IV。

第11圖顯示一絕緣薄膜之相對介電常數(k)與成長氣體中 N_2O 氣體流量之間的變化圖，並顯示該絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與該 N_2O 氣體流量和相對介電常數(k)的間的關係，該薄膜所使用的成長條件係為實施例5之條件V。

第12圖顯示一絕緣薄膜之相對介電常數(k)與成長氣體中氮氣體流量之間的變化圖，並顯示該絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與該氮氣體流量和相對介電常數(k)的間的關係，該薄膜所使用的成長條件係為實施例6之條件VI。

第13圖顯示一絕緣薄膜之相對介電常數(k)與成長氣體中 N_2O 氣體流量之間的變化圖，並顯示該絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與該 N_2O 氣體流量和相對介電常數(k)的間的關係，該薄膜所使用的成長條件係為實施例7之條件VII。

第14圖顯示一絕緣薄膜之相對介電常數(k)與成長氣體中 NH_3 氣體流量之間的變化圖，並顯示該絕緣薄膜經過回火後的介電崩潰阻抗與該 NH_3 氣體流量和相對介電常數(k)的間的關係，該薄膜所使用的成長條件係為實施例8之條



圖式簡單說明

件VIII。

第15圖顯示兩種絕緣薄膜之下層薄膜的相對介電常數(k)與成長氣體氣壓(P)之間的變化圖，該下層薄膜所使用的成長條件係為實施例9之條件IX。

第16圖顯示兩種絕緣薄膜之下層薄膜的相對介電常數(k)與成長氣體中 N_2O 的氣體流量之間的變化圖，該下層薄膜所使用的成長條件係為實施例9之條件X。

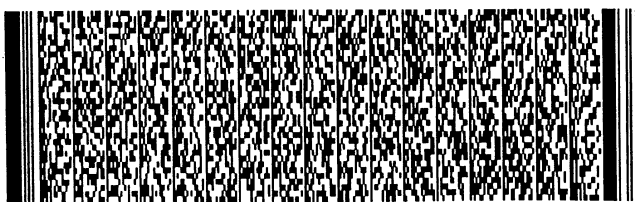
第17圖顯示兩種絕緣薄膜中其一的主要絕緣薄膜其相對介電常數(k)與成長氣體氣壓(P)之間的變化圖，該主要薄膜所使用的成長條件係為實施例9之條件IX。

第18圖顯示雙層絕緣薄膜之相對介電常數(k)與介電崩潰阻抗之間的關係圖，該雙層薄膜係由下層薄膜和主要絕緣薄膜所組成，所使用的成長條件係為實施例9之條件IX、X及XI。

第19圖顯示一半導體裝置的剖面圖，其係為本發明將障礙絕緣薄膜覆蓋在銅導線上的應用。

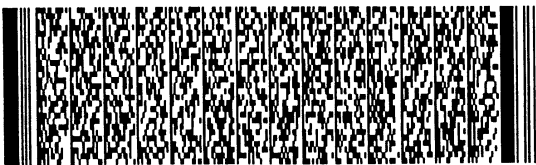
符號說明

1~反應室；	2~上電極；
3~下電極；	4~排氣泵；
5~開/關閥；	6~排氣裝置；
7~高頻電能源；	8~低頻電能源；
9a~管路；	9b-9i~分支管路；
10a~開關機構；	10b-10n~開關機構；



圖式簡單說明

- | | |
|------------------|---------------|
| 10p-10r~開關機構； | 10s-10x~開關機構； |
| 11a-11h~調節機構； | 12~加熱器； |
| 21~基板； | 31~基板； |
| 32~下導線絕緣層； | 32a~導線溝槽； |
| 34~下導線； | 34a~障礙金屬薄膜； |
| 34b~主要銅薄膜； | 35~中間導線絕緣層； |
| 35a~障礙絕緣層； | 35b~介層洞； |
| 36~上導線絕緣層； | 36a~導線溝槽； |
| 37~連接導體； | 37a~障礙金屬薄膜； |
| 37b~主要銅薄膜； | 38~上導線； |
| 38a~障礙金屬薄膜； | 38b~主要銅薄膜； |
| 39~障礙絕緣層； | 101A~薄膜成長部； |
| 101B~氣體供應部； | |
| 101~電漿輔助化學氣相沉積儀。 | |



四、中文發明摘要 (發明名稱：半導體裝置及其製法)

一種半導體裝置的製法。以電漿輔助化學氣相沉積法在該裝置上成長出障礙絕緣薄膜，該方法包括：連接頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極2，並將基板21固定在第一電極2對面之第二電極3上，該基板上具有銅導線，將含有烷基化合物與含氧氣體之薄膜成長氣體供應到第一和第二電極2、3之間，並調整薄膜成長氣體之氣壓至1Torr或更低，同時將高頻電能供應到第一與第二電極2、3其中之一，使薄膜成長氣體轉換成電漿狀態，至此薄膜成長氣體中之烷基化合物及含氧氣體相互反應，成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在基板21之表面。

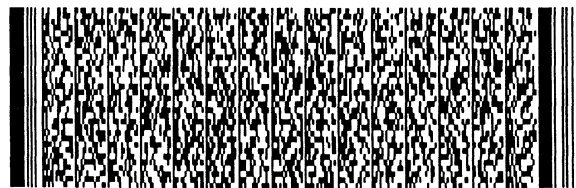
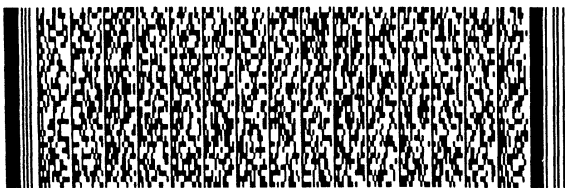
五、(一)、本案代表圖為：第19圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

31~基板；
32~下導線絕緣層；
32a~導線溝槽；
34~下導線；

六、英文發明摘要 (發明名稱: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME)

Disclosed is a method of manufacturing a semiconductor device in which a barrier insulating film covering a copper wiring is formed by a plasma enhanced CVD method. The method comprises the steps of connecting a supply power source for supplying high frequency power of a frequency of 1 MHz or more to a first electrode 2, and holding a substrate 21 on a second electrode 3 facing the

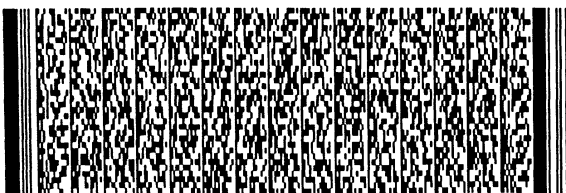


四、中文發明摘要 (發明名稱：半導體裝置及其製法)

34a~障礙金屬薄膜；	34b~主要銅薄膜；
35~中間導線絕緣層；	35a~障礙絕緣層；
35b~介層洞；	36~上導線絕緣層；
36a~導線溝槽；	37~連接導體；
37a~障礙金屬薄膜；	37b~主要銅薄膜；
38~上導線；	38a~障礙金屬薄膜；
38b~主要銅薄膜；	39~障礙絕緣層

六、英文發明摘要 (發明名稱：SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME)

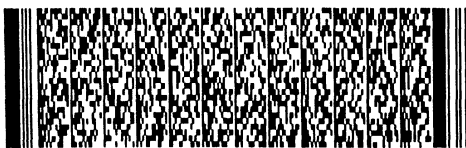
first electrode 2, the substrate 21 on which a copper wiring is formed; supplying a film forming gas containing an alkyl compound and an oxygen-containing gas between the first and second electrodes 2, 3, and regulating a gas pressure of the film forming gas to 1 Torr or less; and supplying the high frequency power to any one of the first and second electrodes 2, 3 to convert the

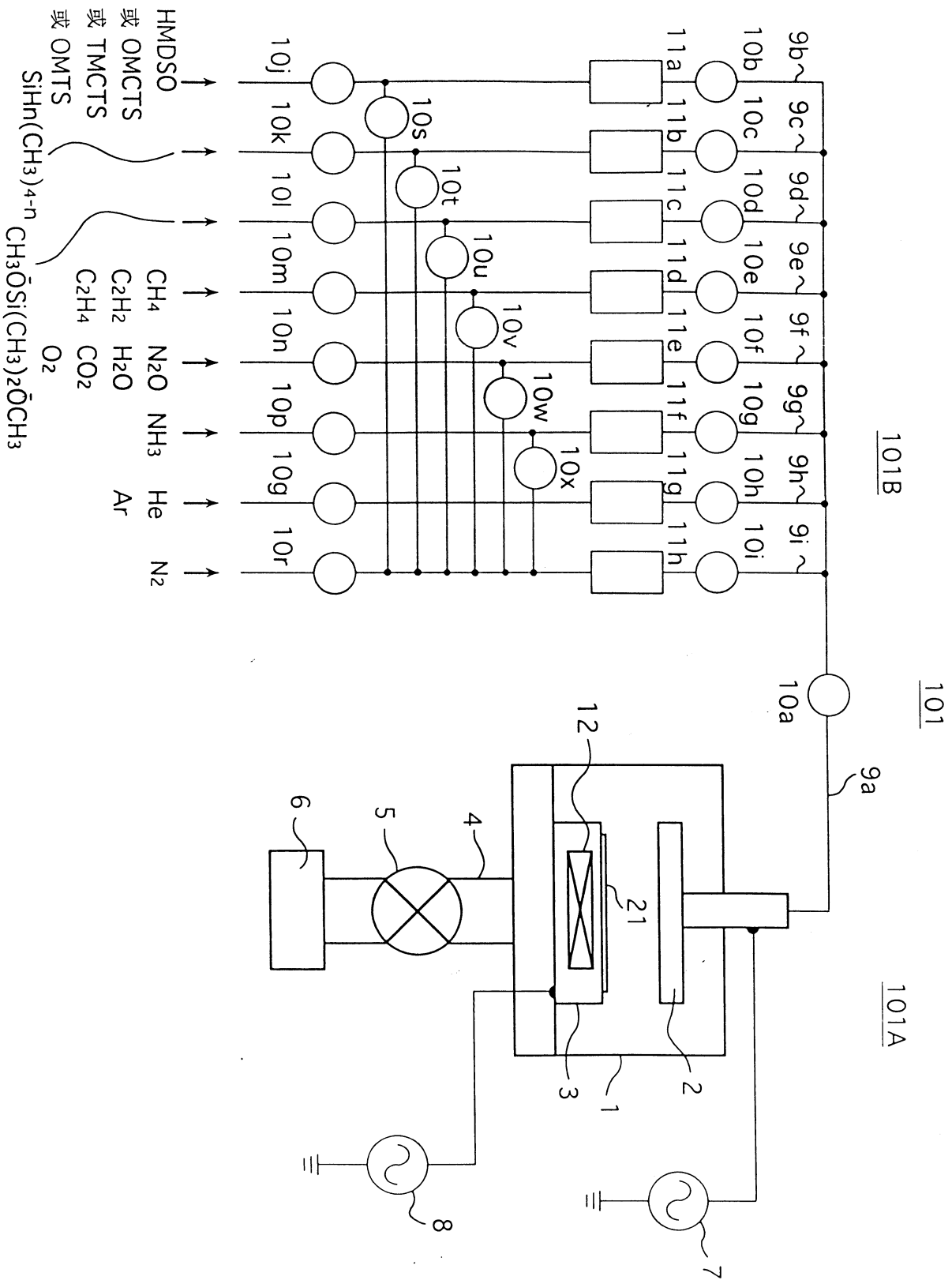


四、中文發明摘要 (發明名稱：半導體裝置及其製法)

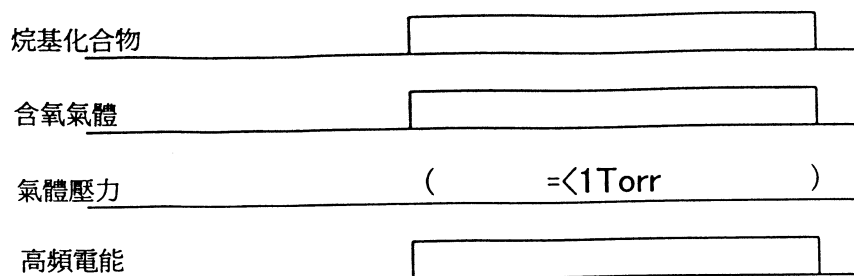
六、英文發明摘要 (發明名稱：SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME)

film forming gas into a plasma state, and allowing the alkyl compound and the oxygen-containing gas of the film forming gas to react with each other and thus form a barrier insulating film covering the surface of the substrate 21.

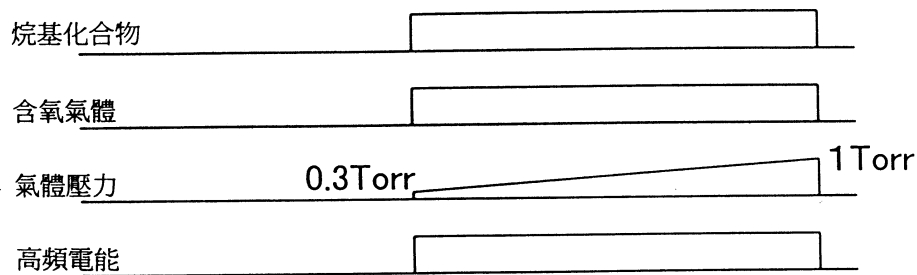




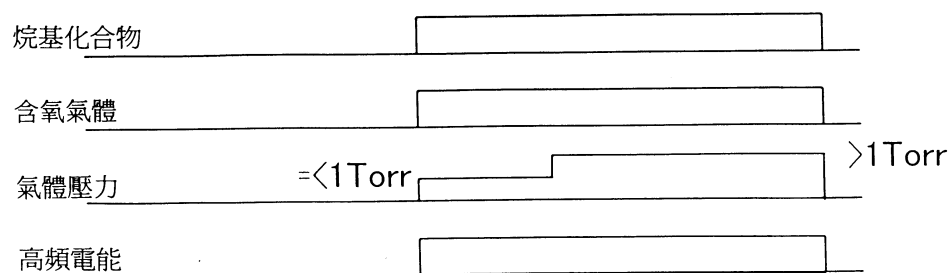
第 1 圖



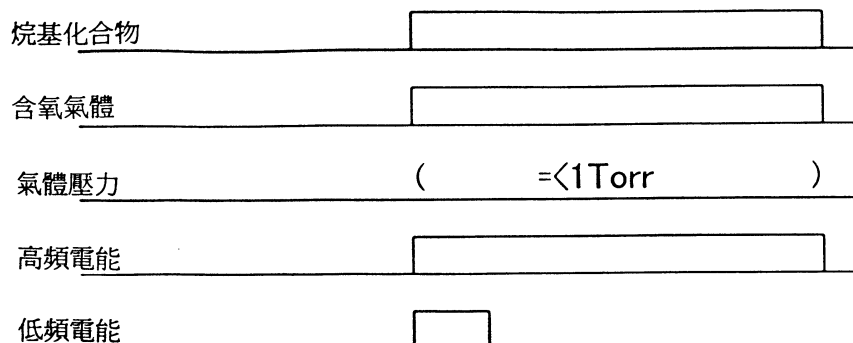
第 2A 圖



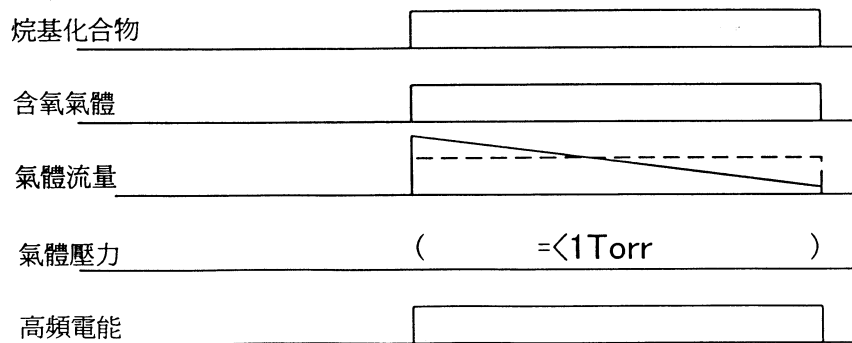
第 2B 圖



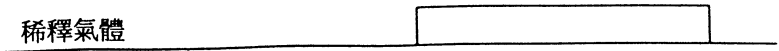
第 2C 圖



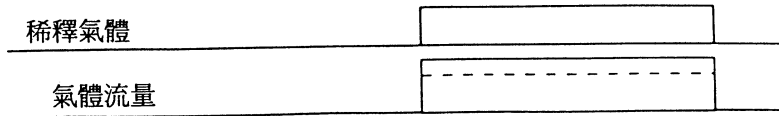
第 2D 圖



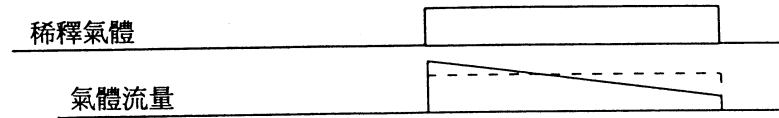
第 2E 圖



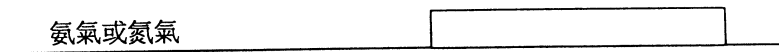
第 2F 圖



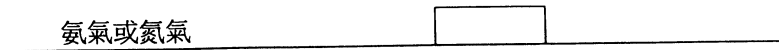
第 2G 圖



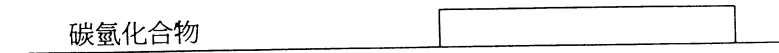
第 2H 圖



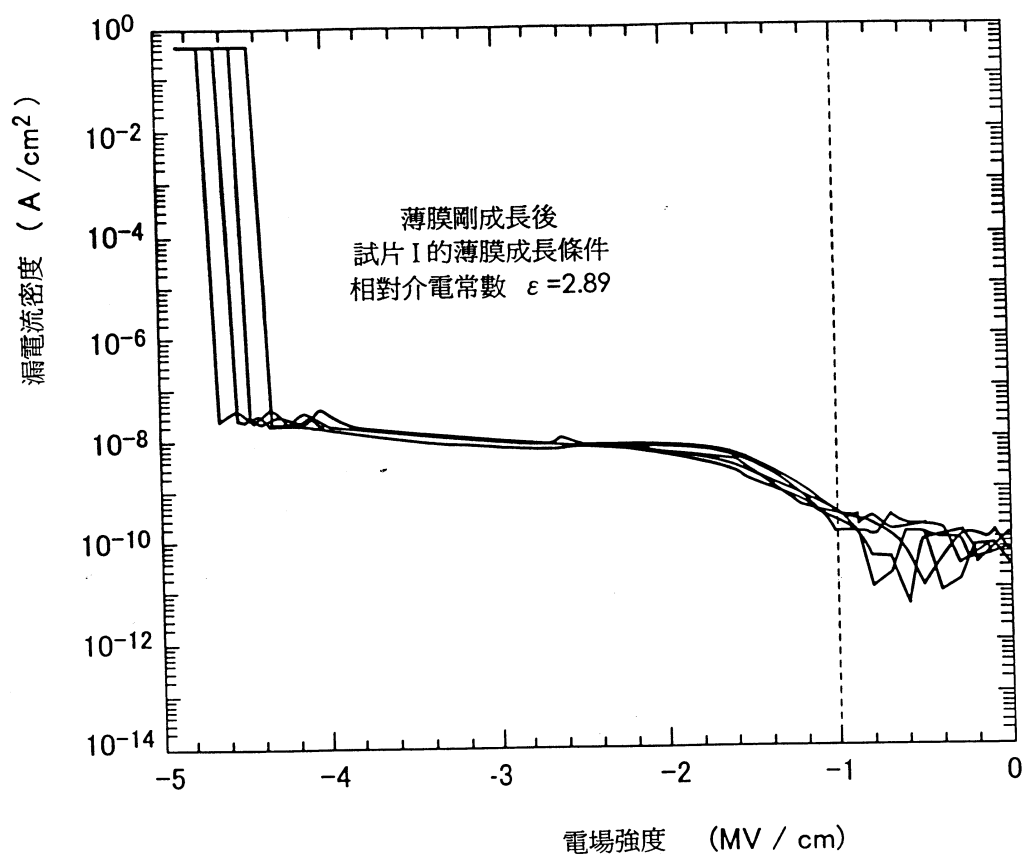
第 2I 圖



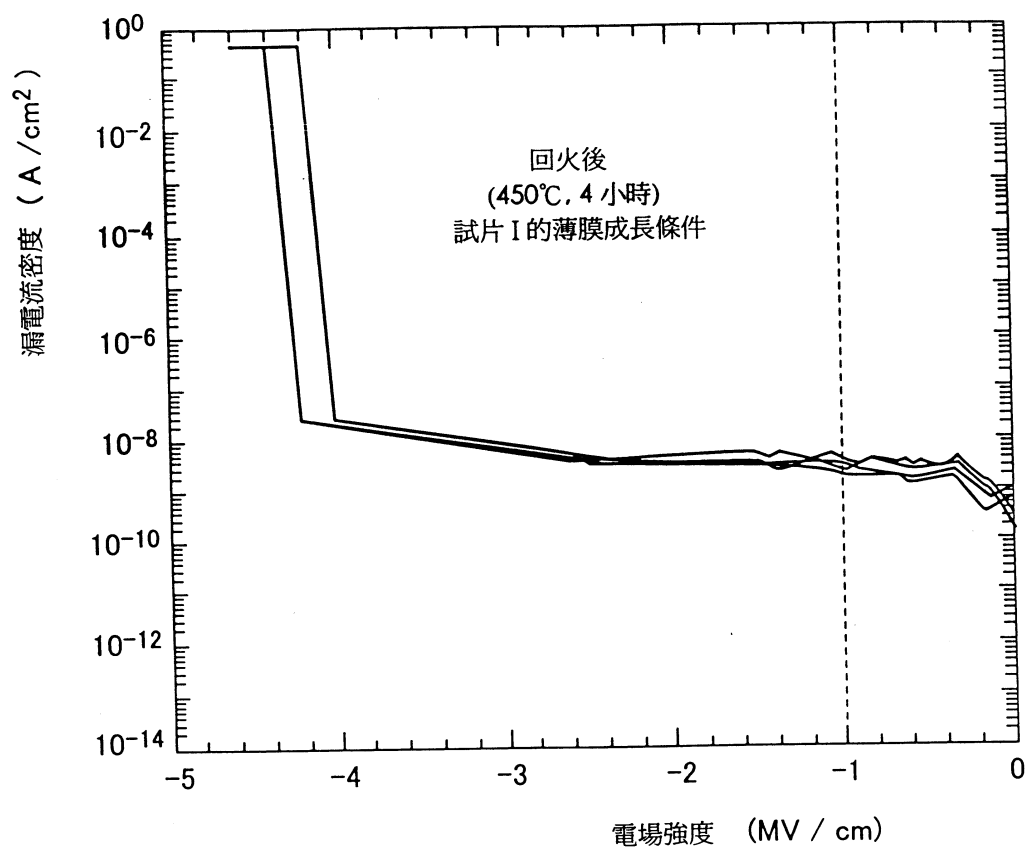
第 2J 圖



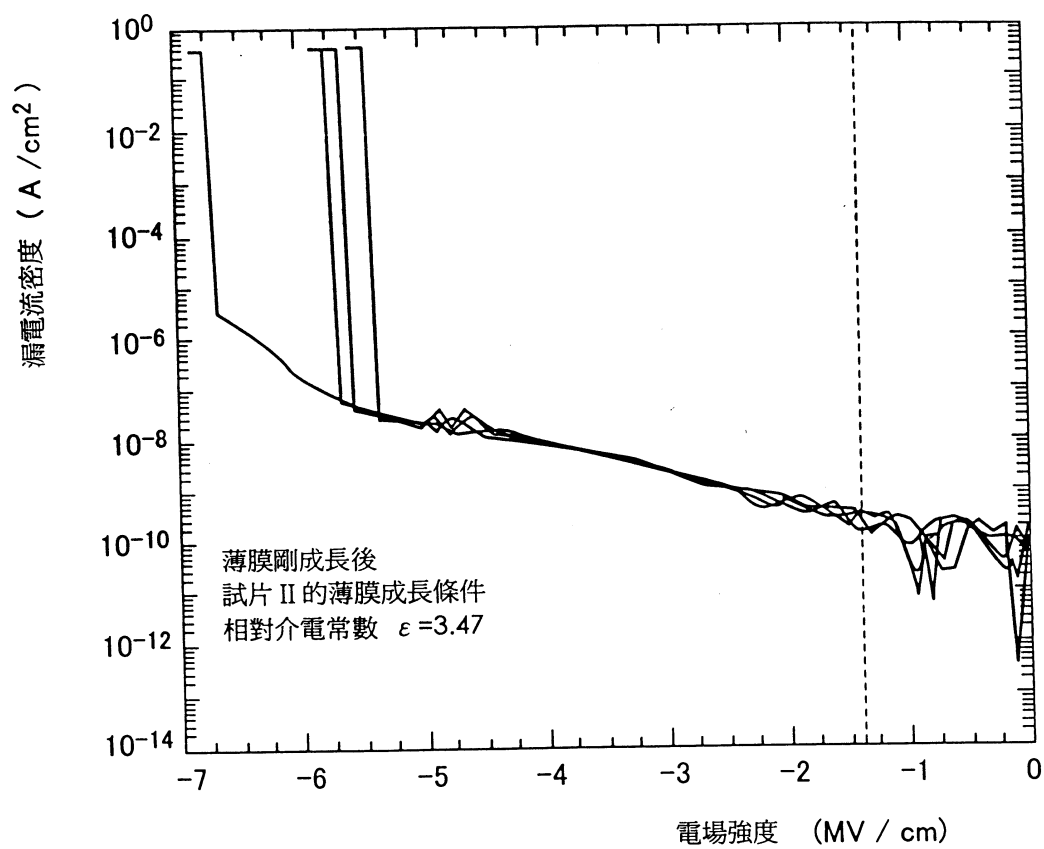
第 2K 圖



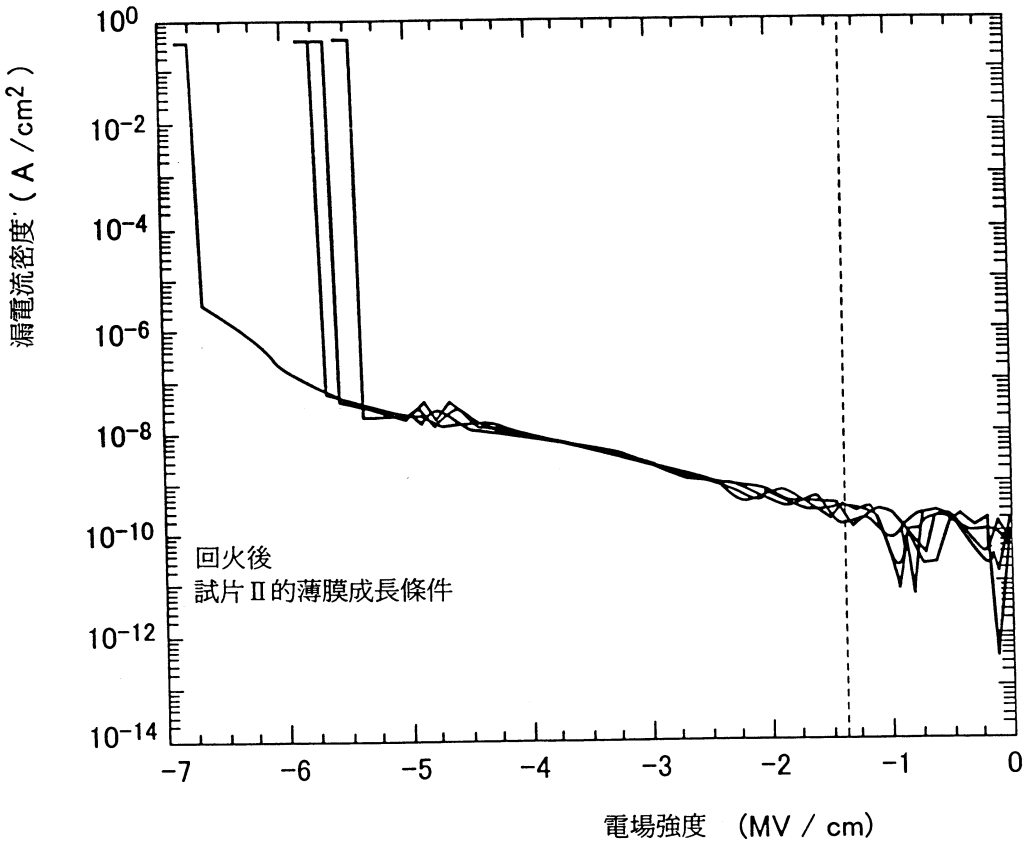
第 3 圖



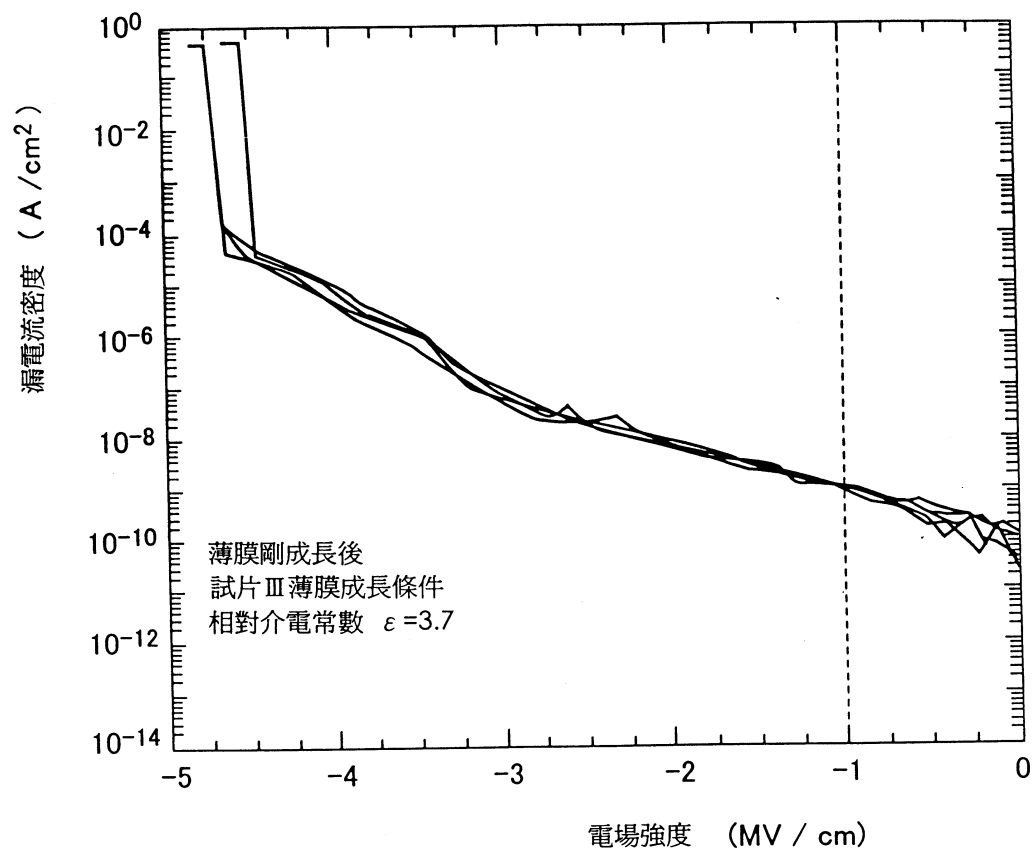
第 4 圖



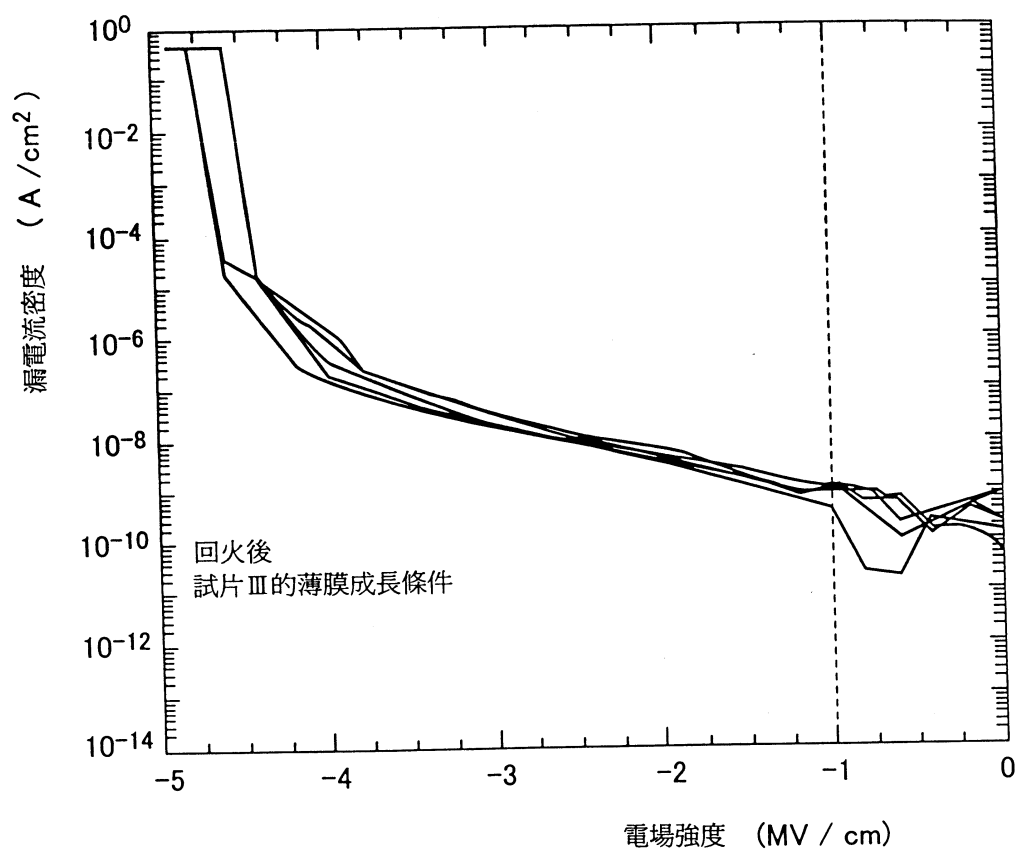
第 5 圖



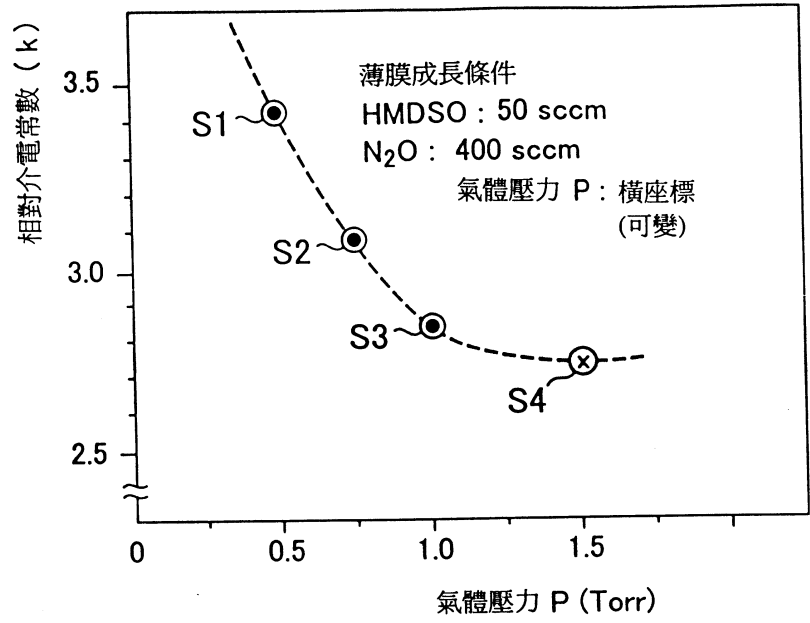
第 6 圖



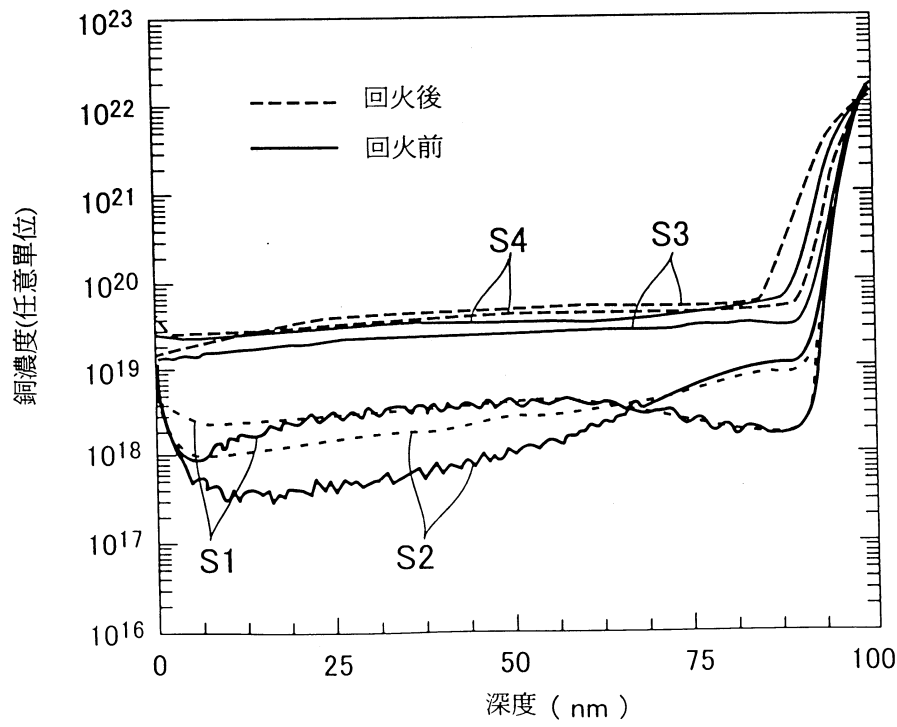
第 7 圖



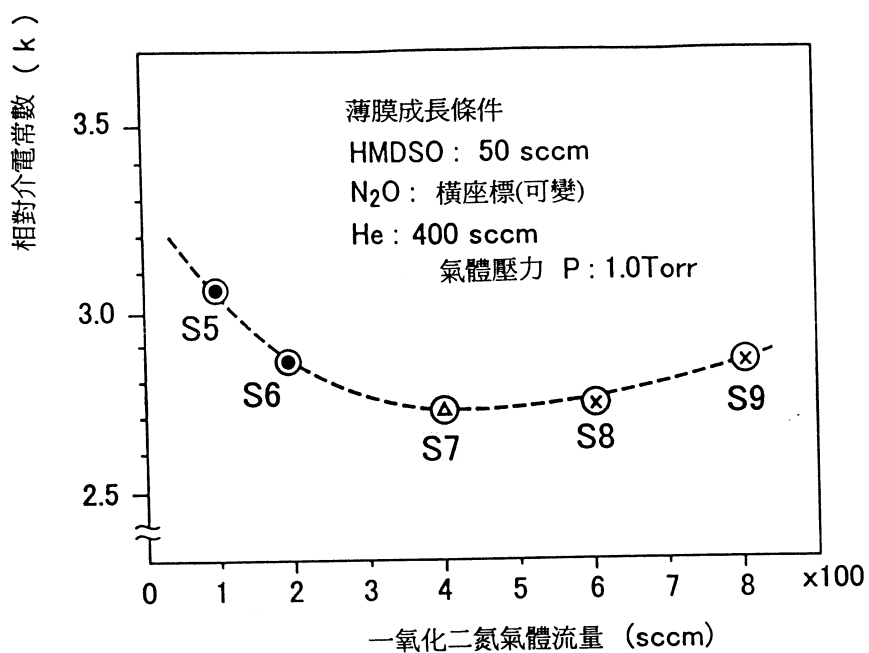
第 8 圖



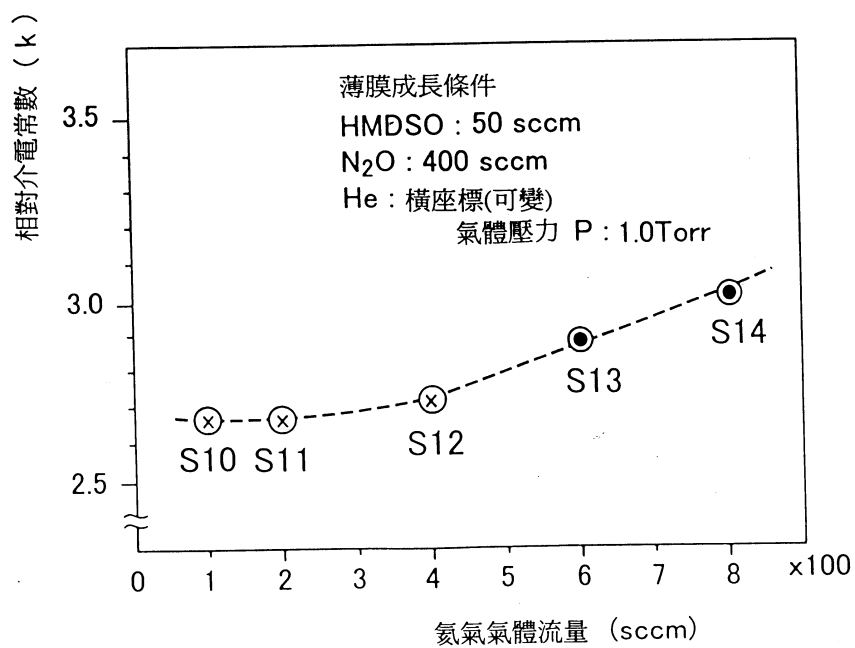
第 9 圖



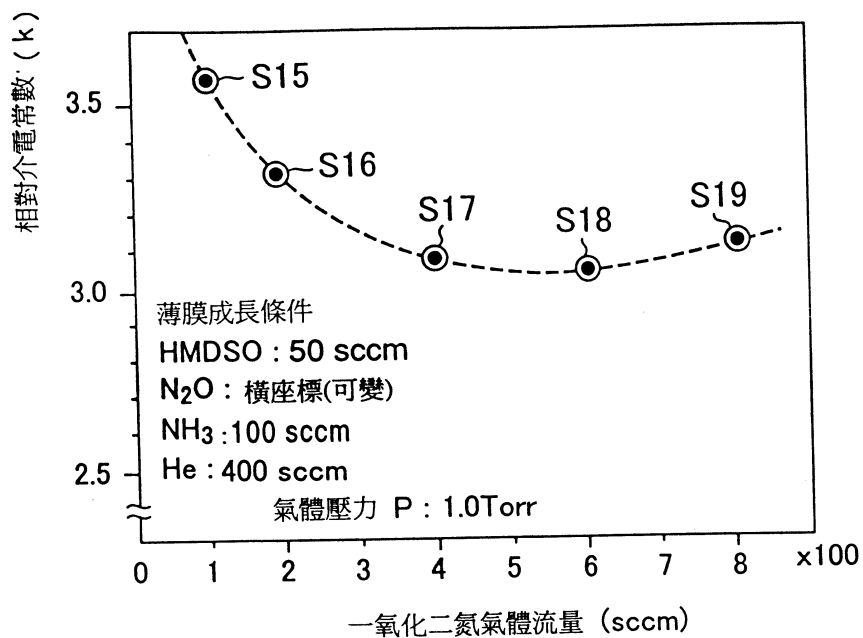
第 10 圖



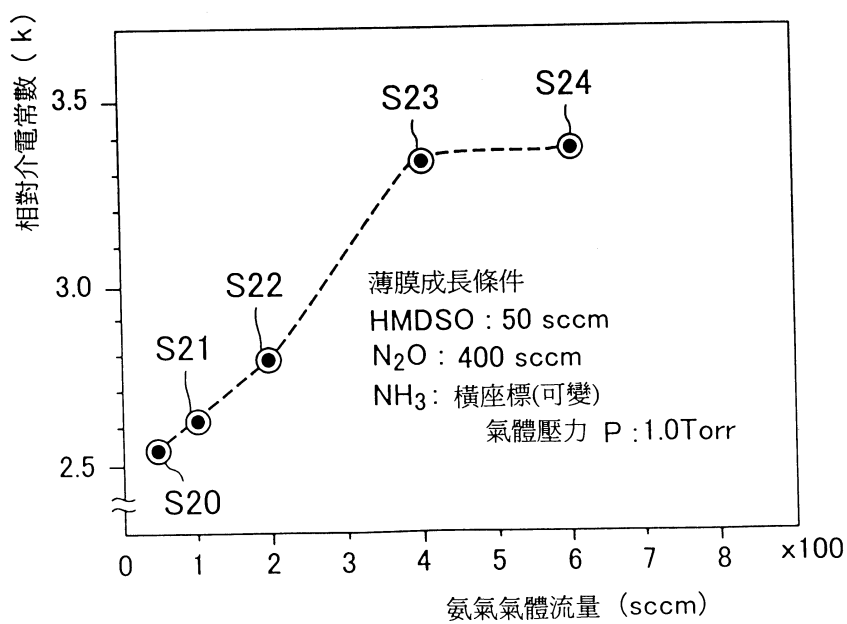
第 11 圖



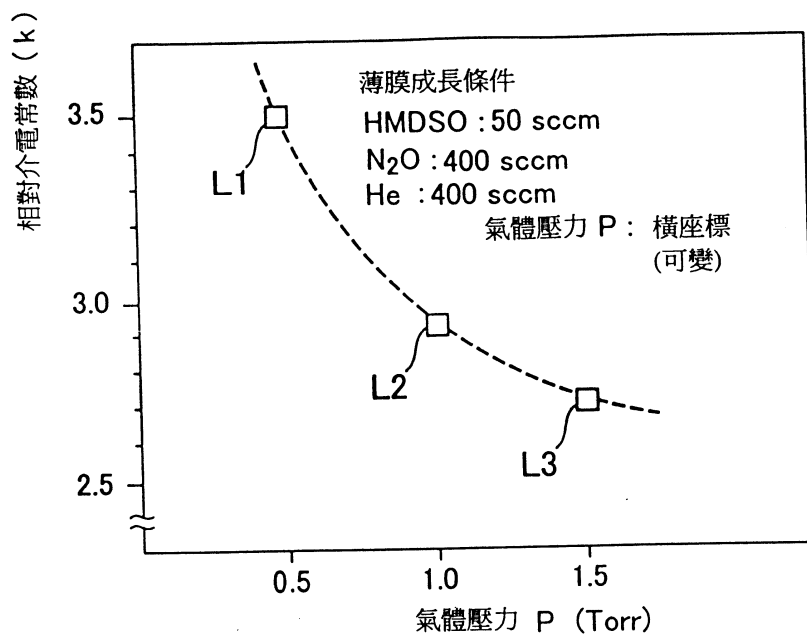
第 12 圖



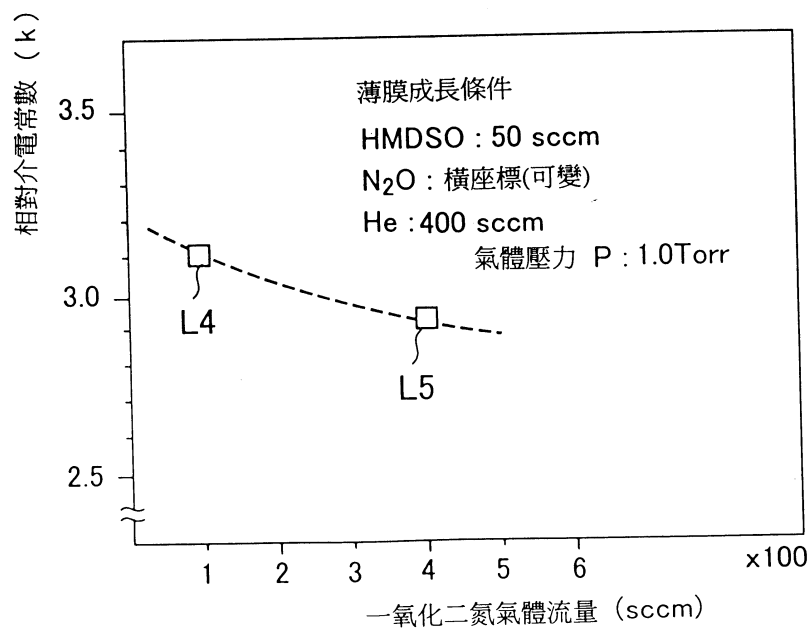
第 13 圖



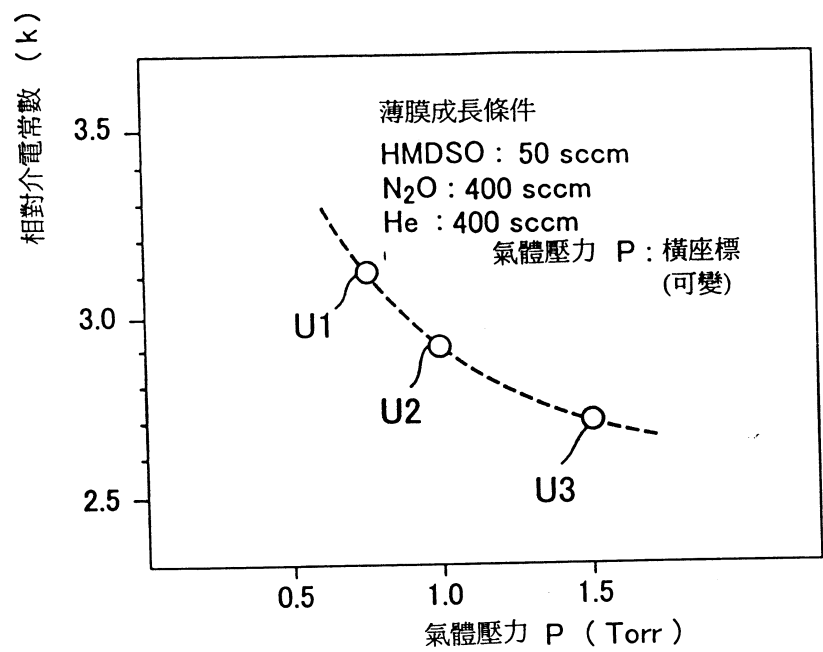
第 14 圖



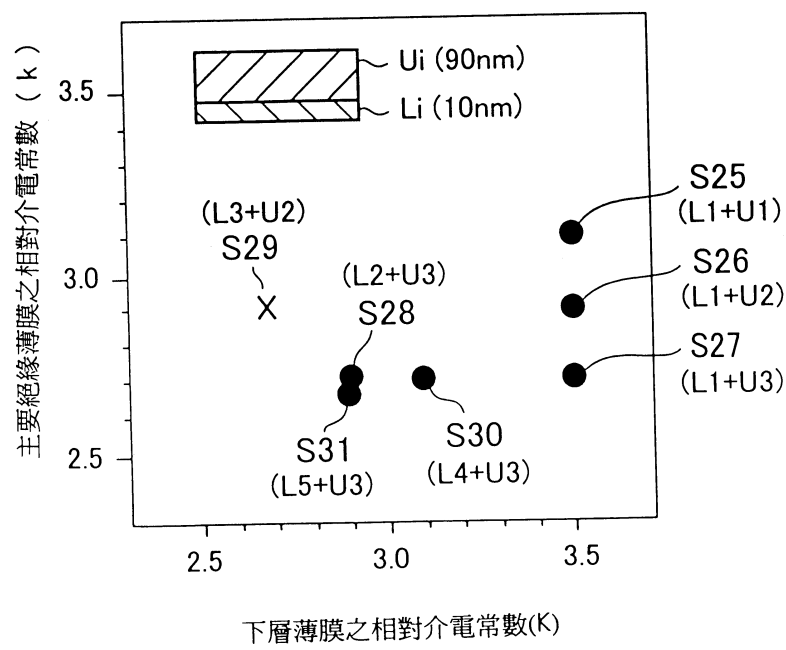
第 15 圖



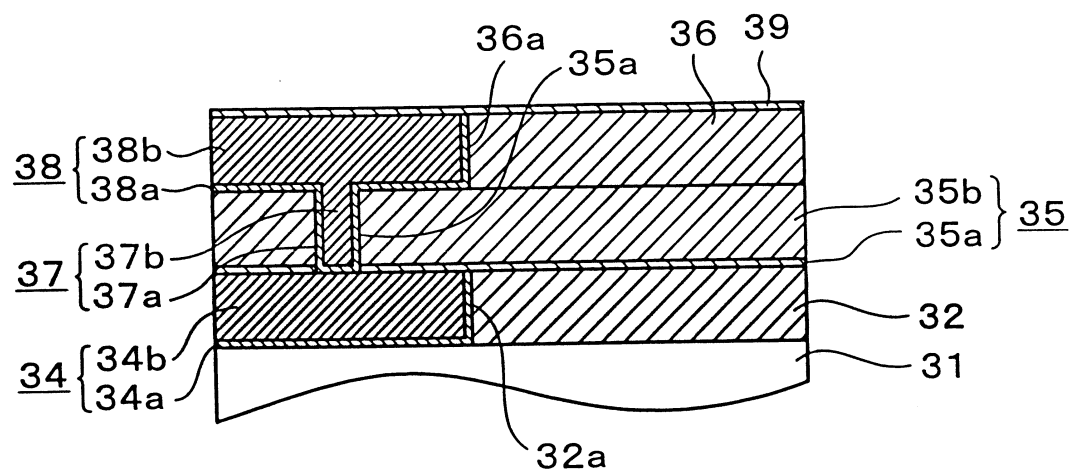
第 16 圖



第 17 圖



第 18 圖



第 19 圖

四、中文發明摘要 (發明名稱：半導體裝置及其製法)

一種半導體裝置的製法。以電漿輔助化學氣相沉積法在該裝置上成長出障礙絕緣薄膜，該方法包括：連接頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極2，並將基板21固定在第一電極2對面之第二電極3上，該基板上具有銅導線，將含有烷基化合物與含氧氣體之薄膜成長氣體供應到第一和第二電極2、3之間，並調整薄膜成長氣體之氣壓至1Torr或更低，同時將高頻電能供應到第一與第二電極2、3其中之一，使薄膜成長氣體轉換成電漿狀態，至此薄膜成長氣體中之烷基化合物及含氧氣體相互反應，成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在基板21之表面。

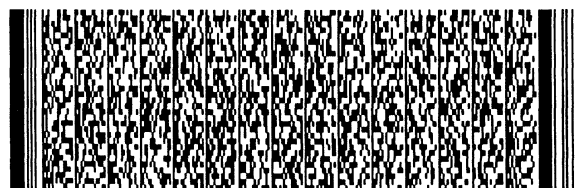
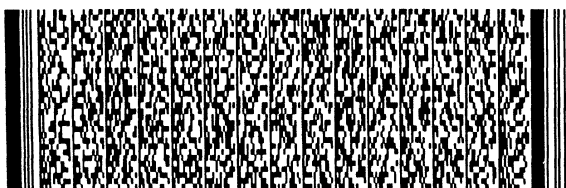
五、(一)、本案代表圖為：第19圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

31~基板；
32~下導線絕緣層；
32a~導線溝槽；
34~下導線；

六、英文發明摘要 (發明名稱: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME)

Disclosed is a method of manufacturing a semiconductor device in which a barrier insulating film covering a copper wiring is formed by a plasma enhanced CVD method. The method comprises the steps of connecting a supply power source for supplying high frequency power of a frequency of 1 MHz or more to a first electrode 2, and holding a substrate 21 on a second electrode 3 facing the

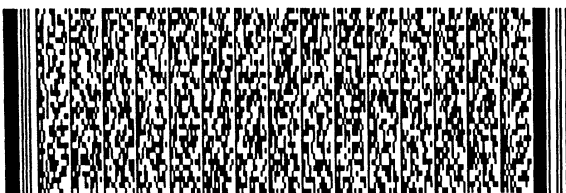


四、中文發明摘要 (發明名稱：半導體裝置及其製法)

34a~障礙金屬薄膜；	34b~主要銅薄膜；
35~中間導線絕緣層；	35a~障礙絕緣層；
35b~介層洞；	36~上導線絕緣層；
36a~導線溝槽；	37~連接導體；
37a~障礙金屬薄膜；	37b~主要銅薄膜；
38~上導線；	38a~障礙金屬薄膜；
38b~主要銅薄膜；	39~障礙絕緣層

六、英文發明摘要 (發明名稱：SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME)

first electrode 2, the substrate 21 on which a copper wiring is formed; supplying a film forming gas containing an alkyl compound and an oxygen-containing gas between the first and second electrodes 2, 3, and regulating a gas pressure of the film forming gas to 1 Torr or less; and supplying the high frequency power to any one of the first and second electrodes 2, 3 to convert the



六、申請專利範圍

1. 一種半導體裝置的製法，包括下列步驟：

連接一頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極，並將基板固定在第一電極對面的第二電極上，該基板上有的導線或電極至少其中之一是由銅薄膜所製成；

薄膜成長氣體中含有烷基化合物與含氧氣體，該成長氣體供應到第一和第二電極中間，並調整該薄膜成長氣體的氣壓至1Torr或更低；以及

將高頻電能供應到第一與第二電極其中之一者，以將該薄膜成長氣體轉換成電漿，使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一者；

其中在成長障礙絕緣薄膜的該步驟中，當該障礙絕緣薄膜成長時，該薄膜成長氣體的壓力是由低壓逐漸提高到1Torr。

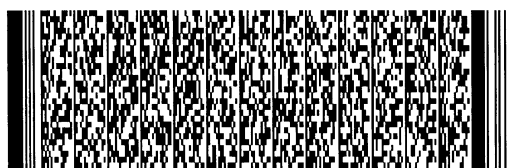
2. 如申請專利範圍第1項所述之半導體裝置的製法，其中該薄膜成長氣體含有碳氫化合物。

3. 一種半導體裝置的製法，包括下列步驟：

連接一頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極，並將基板固定在第一電極對面的第二電極上，該基板上有的導線或電極至少其中之一是由銅薄膜所製成；

薄膜成長氣體中含有烷基化合物與含氧氣體，該成長氣體供應到第一和第二電極中間，並調整該薄膜成長氣體的氣壓至1Torr或更低；以及

將高頻電能供應到第一與第二電極其中之一者，以將



六、申請專利範圍

該薄膜成長氣體轉換成電漿，使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一者；

其中在該薄膜成長氣體轉換成電漿，並且使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應而成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中其一的該步驟中，該絕緣薄膜是以下述的方式來成長：在薄膜成長的初期，氣體壓力維持在1Torr或更低，並在其餘時期直到障礙絕緣薄膜成長結束，氣體壓力保持在高於1Torr。

4. 如申請專利範圍第3項所述之半導體裝置的製法，其中該薄膜成長氣體含有碳氫化合物。

5. 一種半導體裝置的製法，包括下列步驟：

連接一頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極，並將基板固定在第一電極對面的第二電極上，該基板上有的導線或電極至少其中之一是由銅薄膜所製成；

薄膜成長氣體中含有烷基化合物與含氧氣體，該成長氣體供應到第一和第二電極中間，並調整該薄膜成長氣體的氣壓至1Torr或更低；以及

將高頻電能供應到第一與第二電極其中之一者，以將該薄膜成長氣體轉換成電漿，使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一者；

其中只有在供應高頻電能到第一及第二電極中之一以將薄膜成長氣體轉換成電漿，並且讓薄膜成長氣體中的烷



六、申請專利範圍

基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中其一的該步驟初期中，該高頻電能是被供應到第一與第二電極中的任何一個，並且將具有頻率為等於或大於50KHz但小於1MHZ的低頻電能供應到另外一個電極。

6. 如申請專利範圍第5項所述之半導體裝置的製法，其中該薄膜成長氣體含有碳氫化合物。

7. 一種半導體裝置的製法，包括下列步驟：

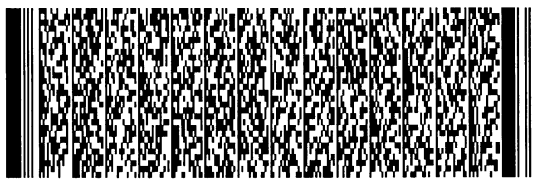
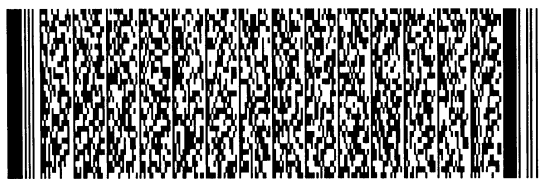
連接一頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極，並將基板固定在第一電極對面的第二電極上，該基板上有的導線或電極至少其中之一是由銅薄膜所製成；

薄膜成長氣體中含有烷基化合物、含氧氣體與含有由氫氣及氫氣至少其中之一者所組成的稀釋氣體，該成長氣體供應到第一和第二電極中間，並調整該薄膜成長氣體的氣壓至1Torr或更低；以及

將高頻電能供應到第一與第二電極其中之一者，以將該薄膜成長氣體轉換成電漿，使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一者；

其中在該薄膜成長氣體轉換成電漿，並且使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應而成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一該步驟初期中，該稀釋氣體的該流量係被增加。

8. 如申請專利範圍第7項所述之半導體裝置的製法，



六、申請專利範圍

其中該薄膜成長氣體含有碳氫化合物。

9. 一種半導體裝置的製法，包括下列步驟：

連接一頻率為1MHz或更高之高頻電能的供應電源至第一電極，並將基板固定在第一電極對面的第二電極上，該基板上有的導線或電極至少其中之一是由銅薄膜所製成；

薄膜成長氣體中含有烷基化合物、含氧氣體與含有由氮氣及氬氣至少其中之一者所組成的稀釋氣體，該成長氣體供應到第一和第二電極中間，並調整該薄膜成長氣體的氣壓至1Torr或更低；以及

將高頻電能供應到第一與第二電極其中之一者，以將該薄膜成長氣體轉換成電漿，使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一者；

其中至少是在該薄膜成長氣體轉換成電漿，並且使該薄膜成長氣體中的烷基化合物及含氧氣體相互反應，並因此成長出障礙絕緣薄膜而覆蓋在導線與電極中的其中之一的該步驟初期中，氮氣與氬氣中任何之一係被加入到該薄膜成長氣體中。

10. 如申請專利範圍第9項所述之半導體裝置的製法，其中該薄膜成長氣體含有碳氫化合物。

