

公告本

407319

申請日期	88.4.7
案號	88105555
類別	Int:Cl ⁶ H01L 21/3105, 21/3205

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	製造半導體裝置的方法
	英 文	METHOD OF FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE
二、發明 創作人	姓 名	1. 遠藤和彦 2. 篠田啓介
	國 籍	1. 日本 2. 日本
	住、居所	1. 東京都港區芝五丁目7番1號 日本電氣株式會社內 2. 同上
三、申請人	姓 名 (名稱)	日本電氣股份有限公司 (日本電氣株式會社)
	國 籍	日本
	住、居所 (事務所)	東京都港區芝五丁目7番1號
	代 表 人 姓 名	金子尚志

407319

裝

訂

線

407319

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

日本 國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ，☒有 ☐無主張優先權
1998年4月8日特願平10-095801

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背
之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

-2a-

五、發明說明()

發明之背景

發明之領域

本發明係有關於一種製造包含有由碳族材料所組成之絕緣層的半導體裝置的方法，且特別是有關於一種製造具有包含由碳族材料所組成之中間絕緣層的多層導線結構的半導體裝置的方法。

習知技藝之說明

隨著諸如LSI等半導體積體電路聚集度的增加，在半導體積體電路的製造中製造具有高可靠度之多層導線結構將變得更重要。

多層導線結構的可靠度係特別取決於中間絕緣層的特徵。組成中間絕緣層的材料以及形成中間絕緣層的方法已由抗熱性、電隔離及覆蓋能力決定。例如，中間絕緣層通常由二氧化矽(SiO_2)、氮化矽(SiN)或磷矽酸鹽玻璃(PSG)所組成，且通常以化學氣相沈積法(CVD)形成。

然而，隨著LSI的設計準則變得更小，為導線間之寄生電容所引起的導線遲滯已較為諸如電晶體組成之LSI等個別元件所引起的訊號遲滯更為嚴重。此舉將導致LSI中的遲滯因導線遲滯而無法被改善，即使在個別元件以盡量小的尺寸被製造時亦然。

在該環境下，目前已開發出介電常數 ϵ_r 較半導體積體電路製造中被廣泛地使用為中間絕緣層的氮化矽層及二氧化矽層的介電常數為低的絕緣層。在此，氮化矽層及二氧化矽層皆具有低於7的介電常數。

五、發明說明(>)

由碳族材料所組成的絕緣層在取代由矽族材料所組成的絕緣層以作為具有較低介電常數之材料方面係相當引人注目，因為由碳族材料所組成的絕緣層可具有更低的介電常數。在此，組成絕緣層的碳族材料包含有諸如聚亞醯胺、對苯二甲聚體與苯並環丁烯等有機聚合物族材料以及諸如非晶質碳等無機碳族材料。

由碳族材料所組成的絕緣層較由矽族材料所組成的傳統絕緣層有更小的介電常數，並可藉由添加氟而具有更小的介電常數。例如，若非晶質碳層含有氟於其中，則其可將非晶質碳的介電常數降低至大約2。製作該非晶質碳層的半導體裝置已於近來被提出。

本發明者已於IEDM Technical Digest, 1996, pp. 369-372中提出一種製造包含有由氟化非晶質碳所組成之中間絕緣層的多層導線結構的方法。在該報告中，由碳族材料與二氧化矽層所組成之層的結合係被提出使用，而使其得以使用傳統中間層技術。

所提出的方法具有下列步驟。

首先，一出鋁所組成的下導線層係以包含有氟並具有2.3之介電常數的非晶質碳層覆蓋。其次，藉由電漿輔助化學氣相沈積法將大約2微米厚的二氧化矽層沈積於非晶質碳層上。沈積該二氧化矽層的目的係為確保後續化學機械研磨(CMP)所執行之平坦化的製程能力以及提昇平坦化的精確性。

當該二氧化矽層沈積於非晶質碳層上時，該矽層至少

五、發明說明()

在二氧化矽層與非晶質碳層間的界面係為富矽，以提昇層間的黏著性。

在沈積該二氧化矽層後，該二氧化矽係以CMP研磨。其次，非晶質碳層係以二氧化矽層作為硬式單幕而形成介層孔於其中。其次，所形成的介層孔係以鋁插塞填充。因此，其係完成一多層導線結構。

以上述方法所形成的多層導線結構較包含有由二氧化矽所組成之中間絕緣層的傳統多層導線結構的寄生電容量減少大約50%。

如前述，為形成包含有由碳族材料所組成之絕緣層的多層導線結構並維持高製程能力，其必須沈積將於後續被平坦化並由諸如二氧化矽之傳統材料所組成的絕緣層在由碳族材料所組成的中間絕緣層上，其間必須有高度黏著性。

此外，由諸如氮化鈦、鈦、氮化鉭及鉭等耐高溫材料所組成的一薄層可被夾合於中間絕緣層與二氧化矽層間，以避免中間絕緣層與諸如鋁與銅等組成導電層之金屬間的交互擴散。

如上述，其必須執行各種步驟，包含有的步驟為在沈積由碳族材料所組成的中間絕緣層後沈積層，以製造一多層導線結構。這些步驟不可避免地會附帶有退火步驟。因此，在形成由碳族材料所組成的絕緣層後，其必須避免由退火步驟執行所產生的諸如剝離與交互擴散等各種缺陷形成於絕緣層與沈積在絕緣層上的其他層間，諸

五、發明說明(4)

如上述之被平坦化的層與耐高溫金屬層。若產生諸如剝離與交互擴散等缺陷，則半導體裝置將無法正常運作，而降低可靠度及良率。

然而，若組成碳族材料的絕緣層被加熱至大約 400°C ，則氣體將由絕緣層釋出。該氣體將破壞絕緣層與二氧化矽層或沈積在絕緣層上之其他層間的黏著性，而於多層導線結構中形成層剝離。因此，必須減少絕緣層的氣體釋出量，以避免在絕緣層形成後所執行的退火步驟中產生層剝離。

為避免在退火步驟中產生層剝離，必須減少退火中之絕緣層的氣體釋出量。若由碳族材料所組成的絕緣層在絕緣層沈積後被進行退火（但在沈積層於絕緣層上之前），則由絕緣層所釋出的氣體將自多層導線結構中釋出。因此，其將得以避免沈積於絕緣層上的層被剝離，即使這些層在退火中亦然。

在傳統方法中，由碳族材料所組成的絕緣層係於真空氣氛或諸如氮氣與氫氣等鈍氣氣氛中進行退火步驟。雖然該傳統方法使其得以減少在後續步驟中所釋出的氣體量，但其所伴隨的問題為絕緣層的介電常數係較退火步驟之前為高。亦即，由碳族材料所組成之絕緣層的微小介電常數係與製程能力不相同。

例如，日本未審查專利公報第 8-195565 號已提出一種製造多層導線結構的方法，其包含有的步驟為形成一導線層於基板上，施加光敏聚合物於該導線層上，將該光

五、發明說明(5)

敏聚合物烘乾，以圖案將光敏聚合物曝光，將光敏聚合物顯影以形成介層孔於光敏聚合物中，將光敏聚合物交聯以形成一中間絕緣層，以及形成一上導線層於絕緣層上。

日本未審查專利公報第8-264648號以提出包含有一由含氟非晶質碳所組成之中間絕緣層、一電極、一導線層以及一夾合於中間絕緣層與導線層間之緩衝層的一半導體裝置。該緩衝層可避免氣體在退火步驟中由中間絕緣層釋出。

日本未審查專利公報第9-237837號以提出一種製造多層導線結構的方法，其所包含有的步驟為形成一第一導線層於基板上，刻劃該第一導線層，形成光敏聚合物層於該被刻劃的第一導線層上，將光敏聚合物曝光，將光敏聚合物顯影以形成介層孔於光敏聚合物中，將光敏聚合物交聯以形成一中間絕緣層，以及形成一第二導線層於絕緣層上。

然而，並無任何上述的公報可克服前述之絕緣層的介電常數大於退火步驟前的問題。

發明之概述

鑑於上述問題，本發明之一目的係為提供一種製造半導體裝置的方法，該方法可減少在碳族材料所組成的絕緣層中所釋出的氣體並避免沈積在絕緣層上的層被剝離，而未增加介電常數。

其係提供一種製造包含有由碳族材料所組成之絕緣層

五、發明說明 (b)

的半導體裝置的方法，該方法所包含有的步驟為 (a) 沈積一由碳族材料所組成的絕緣層，(b) 釋出絕緣層的揮發性組成以及 (c) 沈積一層於絕緣層上。

其更提供一種製造包含有由碳族材料所組成之絕緣層的半導體裝置的方法，該方法所包含有的步驟為 (a) 沈積一由碳族材料所組成的絕緣層以及 (b) 將絕緣層在相當於或大於絕緣層沈積溫度的第一溫度之氫氣氣氛中進行退火。

其又提供一種製造具有多層結構並包含有由碳族材料所組成之中間絕緣層的半導體裝置的方法，該方法所包含有的步驟為 (a) 沈積一絕緣層於下導線層上，該絕緣層係由碳族材料組成，(b) 將絕緣層在相當於或大於絕緣層沈積溫度的第一溫度之氫氣氣氛中進行退火以及 (c) 形成一上導線層於該絕緣層上。

在根據本發明之該方法中，包含於由碳族材料所組成之絕緣層中的揮發性組成將在沈積層於絕緣層上之前被釋出。其次，沈積諸如二氧化矽層等其他層於絕緣層上。揮發性組成的釋出係以諸如退火方式達成。例如，藉由在沈積絕緣層的溫度進行退火，則當絕緣層形成時，殘留在絕緣層中的揮發性組成將被釋出。

上述退火的關鍵在於該退火係於氫氣氣氛中執行。若退火像傳統方法一樣在鈍氣氣氛中執行，則由絕緣層所釋出之部分的原子團將陷入絕緣層中。此舉將造成絕緣層的介電常數會因執行退火後之陷入的原子團的取向而

五、發明說明(7)

增加。

另一方面，根據本發明，一由碳族材料所組成的絕緣層係於氫氣氣氛中退火。此舉將促成退火所產生的自由原子團與氫反應，並釋出絕緣層。因此，本發明使其得以減少退火所釋出的氣體量並移除絕緣層中的原子團殘留物，而避免絕緣層中的介電常數增加。

藉由本發明所獲得的上述優點係詳細說明如下。

當由碳族材料所組成的絕緣層被加熱時，包含在該絕緣層中的組成將隨絕緣層溫度的增加而漸漸釋出。在由碳族材料所組成的絕緣層中，碳原子通常會形成 sp^2 與 sp^3 混成軌域，而與其他碳原子鍵結。在該絕緣層中，其係形成一碳-碳鍵結網路。該網路被稱為交聯，並提昇絕緣層的抗熱性。

包含在絕緣層中的氫及氟原子將藉由形成 C-H 鍵與 C-F 鍵而破壞碳原子的交聯。因此，該包含有較高濃度之氫和 / 或 氟的絕緣層將具有較小的抗熱性。

在呈現於絕緣層內的耦合原子團中，具有一碳-碳鍵結(耦合原子團將藉此連接至絕緣層)的耦合原子團以及所殘留之以諸如氫與氟等輕元素做終結的碳鍵結係在相當於或大於大約 200°C 的溫度釋出。

因此，為減少絕緣層所釋出之氣體量，所需做的事為將上述耦合原子團加熱，而使與絕緣層的鍵結變弱，而由絕緣層釋出。其次，諸如二氧化矽層等其他層可被沈積於該絕緣層上。因此，其係得以避免氣體在退火步驟

五、發明說明(8)

中由絕緣層中釋出，其可避免沈積在絕緣層上之層的剝離。

然而，雖然在退火步驟中由絕緣層所去吸附之部分原子團並未釋出絕緣層外，但其將陷入絕緣層中。因此，本發明之退火係於氫氣氣氛中執行。所以，陷於絕緣層中的這些自由原子團將與氫原子反應，而使其由絕緣層釋出。因此，其係得以避免因被捕捉之自由原子團的取向所產生的極化，並減少由絕緣層所釋出之氣體量，而未增加絕緣層的介電常數。

圖式之簡單說明

第 1 圖係為根據本發明所製造之多層導線的橫截面圖。

第 2 圖係為說明平行板式電漿輔助化學氣相沈積設備的示意圖。

第 3 圖係為說明退火設備的示意圖。

第 4 圖係為表示氣體如何在沈積後立即由含氫非晶質碳層去吸附的光譜圖。

第 5 圖係為表示氣體如何在退火後由含氫非晶質碳層去吸附的光譜圖。

第 6 圖係為表示退火前後之非晶質碳層的介電常數的圖式。

第 7A 至 7F 圖係說明用於形成穿經含氫非晶質碳層的介層孔以及用鋁差塞填充該介層孔的步驟。

第 8 圖係為包含有含氫非晶質碳層的多層導線結構以及填充介層孔之鎢插塞的橫截面圖。

五、發明說明(9)

第 9A 至 9G 圖係說明用於形成導線於含氫非晶質碳層的凹槽部份中的步驟。

第 10 圖係為說明螺旋式電漿輔助化學氣相沈積設備的示意圖。

第 11 圖係為表示氣體如何在沈積後立即由含氟非晶質碳層去吸附的光譜圖。

第 12 圖係為表示氣體如何在退火後由含氟非晶質碳層去吸附的光譜圖。

第 13 圖係為包含有含氟非晶質碳層的多層導線結構以及填充介層孔之鋁插塞的晶截面圖。

第 14 圖係為包含有含氟非晶質碳層的多層導線結構以及填充介層孔之鎢插塞的橫截面圖。

第 15 圖係為具有導線於含氫非晶質碳層之凹槽中的橫截面圖。

第 16 圖係為說明用於沈積由對苯二甲聚體所組成之層的熱化學氣相沈積設備的示意圖。

第 17 圖係為表示氣體如何在沈積後立即由對苯二甲聚體層去吸附的光譜。

第 18 圖係為表示氣體如何在退火後立即由對苯二甲聚體層去吸附的光譜。

較佳實施例之說明

在第一個實施例中，絕緣層係由含氫非晶質碳所組成。該含氫非晶質碳層係以電漿輔助化學氣相沈積法 (PECVD) 沈積。

五、發明說明(一〇)

第1圖係為第一個實施例之半導體裝置的橫截面圖。

所舉例的半導體裝置組成包含一基板101，根據傳統方法所形成於基板101上的鋁導線層102，夾和鋁導線層102於其中的氮化鈦層106，覆蓋鋁導線層102而以後續提及的含氫非晶質碳層103提昇黏著性的一第一覆蓋層105a，形成於該第一覆蓋層105a上以填充形成在鋁導線層102間之間隙的一含氫非晶質碳層103，完全形成於含氫非晶質碳103上的一第二覆蓋層105b，以及形成於該第二覆蓋層105b上的一上層104。

在製造前述第1圖所舉例之半導體裝置的製程中，該半導體裝置係於含氫非晶質碳103形成後以及第二覆蓋層105b形成在含氫非晶質碳層103前於氫氣氣氛中退火。

執行退火的溫度係設定於250至450℃間，且最好為400℃。

在氫氣氣氛中退火可避免上層104因沈積上層104後的退火而剝離，並可進一步避免含氫非晶質碳103的介電常數增加。

以下將詳細說明第一個實施例的範例。

(第一個範例)

在第一個範例中，沈積一作為上層104之二氧化矽於以PECVD形成之含氫非晶質碳層103上。

使用諸如電晶體之裝置已被形成於其上的矽基板作為基板101。夾合於氮化鈦層106間的鋁導線層102係形成於矽基板101上。鋁導線層102具有0.6微米的高度及0.5

五、發明說明 (11)

微米的寬度。鋁導線層 102 之間彼此間隔 0.3 微米至 1 微米。將鋁導線層 102 夾合的氮化鈦層 106 具有 50nm 的厚度。

首先，一個第一二氧化矽層係以大約 50nm 的厚度沈積於鋁導線層 102 已形成在其上的矽基板 101 上。該第一個二氧化矽層在其表面為富矽。所形成的第一個二氧化矽層相當於第一覆蓋層 105a。

第一個二氧化矽層的沈積係以如第 2 圖所述的平行板式 PCVD 設備。

第 2 圖所述的 PCVD 設備的組成包含有一具有排氣孔 206 的真空室 204，容納於真空室 204 中並彼此面對的上下電極 202 與 203，一電連接至上電極 202 以供給高頻功率至上電極 202 的高頻功率源，以及一用以將製程氣體導入真空室 204 中的進氣孔 207。一範例晶圓 201 係固定於上電極 202 的下表面。

第一二氧化矽層的沈積係以下列條件進行。

製程氣體： SiH_4 與 O_2

SiH_4 流速：10 sccm

O_2 流速：20 sccm

沈積壓力：10 mTorr

藉由在沈積末期將 SiH_4 流速減少至 10 sccm，第一二氧化矽層的表面將為富矽。所形成之第一二氧化矽層的富矽表面將提升第一二氧化矽層與後續形成之含氫非晶質碳層 103 間的黏著性。

沈積第一二氧化矽層用的設備並非僅限於上述的平行

五、發明說明 (12)

板式 CVD。任何可變換第一二氧化矽層之組成的設備皆可用於沈積該第一二氧化矽層。例如，其可使用高密度電漿輔助 CVD 設備，諸如電子迴旋加速器共振 (ECR) 型 CVD 設備，螺旋波式 CVD 設備，以及一誘導耦合式 CVD 設備，或熱 CVD 設備。

其次，沈積含氫非晶質碳層 103 於該第一二氧化矽或第一覆蓋層 105a 上。在第一個範例中，含氫非晶質碳層 103 係使用 CH_4 作為製程氣體而沈積。製作含氫非晶質碳層 103 的設備係與用以沈積第一二氧化矽層的平行板式 PCVD 設備相同。含氫非晶質碳層 103 可以相似於沈積第一二氧化矽層用的 ECR 型 CVD 設備、螺旋波式 CVD 設備或誘導耦合式 CVD 設備沈積之。

在第 2 圖所述之平行板式 PCVD 設備中，範例晶圓 201 係置於高頻功率源 205 供給高頻至其之上電極 202 的下表面上。知本技藝所熟知，自行偏壓係施加於高頻施加於其上的電極上，而離子係以自行偏壓在所形成的層中被加速。

在含氫非晶質碳層的狀況中，層中所含的氫係為離子射線所減少，而層中的交聯數 (亦即碳-碳耦合數) 將增加。這些交聯或碳-碳耦合將組成層的架構。因此，以自行偏壓功率施加於其上之電極構件所形成的非晶質碳層具有高抗熱性，故其為所欲的中間絕緣層。

在第一個範例中的含氫非晶質碳層 103 係以下列條件沈積。

五、發明說明()

CH₄ 流速 : 100 sccm

Ar 流速 : 10 sccm

沈積壓力 : 10 mTorr

自行偏壓 : -200V

以上述條件所製的含氫非晶質碳層 103 具有 3.5 的介電常數。含氫非晶質碳層 103 將覆蓋形成在鋁導線層 102 間の間隔，其中該間隔為 0.3 微米而鋁導線層 102 具有 0.6 微米的高度。亦即，含氫非晶質碳層 103 將覆蓋具有縱橫比為 2 的鋁導線層 102。

其次，將該半導體裝置進行退火，以將氣體由含氫非晶質碳層 103 釋出。第 3 圖係說明用於將該半導體裝置退火的設備。

所舉例的設備包含有一加工室 306、一設置於加工室 306 中的晶座 303、一連接至加工室 306 的渦輪分子幫浦以及一連接至加工室 306 的乾式幫浦 305。

加工室 306 具有一氣體輸入孔，氫氣將藉此導入加工室 306。在一大氣壓力下的氫氣中執行退火。

將複數個基板 301 安置於晶座 301。藉由操作渦輪分子幫浦 304 及乾式幫浦 305，在 10^{-3} Torr 或更低的真空度下於加工室 306 中執行退火。

第一個範例中的退火條件如下。

壓力 : 大氣壓力

氣氛 : 氫氣氣氛

溫度 : 400°C

五、發明說明 (14)

時間：1小時

製作三個範例以為比較。第一個範例係於氮氣氣氛中製作。第二個範例係於真空中製作。第三個範例係為無退火者。

在退火後，將2微米厚的一第二二氧化矽層沈積在含氫非晶質碳層103上。該第二二氧化矽層係以相似於第一二氧化矽層的方式形成。亦即，該第二二氧化矽層與含氫非晶質碳層103間的界面為富矽。所形成的富矽層與第二二氧化矽層係相當於第1圖所舉例之第一個實施例中的第二覆蓋層105b與上層104。

為確認上述的半導體裝置能否忍受後續執行的退火，其將進行測試。在該測試中，半導體裝置係於400°C的真空中退火一小時，以及確認層是否剝離。

在未進行退火的第三個範例中，第二二氧化矽層104在測試中會產生剝離。該第二二氧化矽層104在含氫非晶質碳層103的界面會產生剝離。在第二二氧化矽層104與含氫非晶質碳層103間的界面會產生氣泡。

為檢視氣泡形成的原因，含氫非晶質碳層103之釋出氣體的光譜係以升溫去吸附製程量測。在此，升溫去吸附製程係為當範例以固定升溫速率加熱時，在真空中由範例釋出之氣體的分壓係以質譜儀量測。

第4圖係說明以上述升溫去吸附製程所獲得的氣體光譜。在第4圖中，縱軸標示釋出氣體的分壓，而橫軸則標釋出範例溫度。

五、發明說明(15)

由第4圖得知，被認為是 CH_3 、 CH_2 與 CH 的氣體在 150°C 開始釋出，且該氣體釋出在大約 200°C 時會達峰值。隨著範例溫度的進一步增加，氣體在大約 450°C 時再度明顯地被釋出。然而，該第二個峰值意指含氫非晶質碳層103開始分解。因此，造成第二二氧化矽層104剝離的氣體釋出在大約 200°C 時會到達峰值。

以升溫去吸附製程所得的光譜將反應出以質譜儀分解所產生的氣體。例如，當 CH_3 去吸附時， CH_3 將在質譜儀的離子化腔室中分解為 CH_2 與 CH ，而 CH_2 與 CH 亦為質譜儀所偵測。然而，由第4圖得知，至少一種這些碳氫氣體係由含氫非晶質碳層103去吸附。因此，該第二二氧化矽層104在 400°C 剝離的原因被認為是諸如上述範例中之 CH_2 與 CH 等在質譜儀中分解所產生的氣體將破壞第二二氧化矽層與含氫非晶質碳層103間之界面的黏著性。

其次，在氮氣氣氛中執行退火的第一個範例將被確認該第二二氧化矽層104是否剝離。其並未發現在第一個範例中之第二二氧化矽層104剝離的現象。

第5圖係說明以上述升溫去吸附製程所得的氣體光譜。由第5圖得知，在未經退火之第三個範例中所發現之在大約 200°C 的氣體釋出並未被發現，而僅在 400°C 或更高的溫度被發現。

然而，第一個範例將伴隨著介電常數的增加。

第6圖係為表示退火前後之非晶質碳層的介電常數如何變化的圖式。如第6圖所示，在氮氣氣氛中退火的含

五、發明說明 (16)

氫非晶質碳層在退火前具有 3.5 的介電常數，但在退火後卻具有 3.8 的介電常數。諸如退火可抑制氣體釋出但介電常數卻會增加等結果在經過諸如氫氣氣氛等鈍氣氣氛或真空氣氛中執行退火的範例係為常見的（第二個範例）。

相對於上述第一至第三個參考範例，在根據本發明之氫氣氣氛中退火的範例，該第二二氧化矽層 104 並未於退火步驟中剝離，且含氫非晶質碳層 103 的介電常數並未增加。亦即，以上述升溫去吸附製程所獲得之在氫氣氣氛中退火的範例的氣體光譜係與第 5 圖的氣體光譜相同。在大約 200°C 的氣體釋出峰值並未被發現。

此外，如第 6 圖所述，根據本發明之範例在退火後的介電常數係由退火前的約 3.5 降低至約 3.2。該結果係為含氫非晶質碳層 103 所欲，因為具有低介電常數的中間絕緣層係為重要的。

雖然在第一範例中執行退火的條件被設定在 400°C 維持一小時，但該條件係為可變的。然而，在退火溫度方面，退火溫度相當於或大於 200°C 係為所欲，最好為 250°C，以在大約 200°C 可抑制氣體釋出的峰值。

此外，因為含氫非晶質碳層 103 在大約 450°C 開始分解，所以退火溫度的上限必須低於 450°C。退火時間係取決於退火溫度，而在較高的退火溫度耗時較短。

在第一個範例中， CH_4 氣體係被選擇為用於沈積含氫非晶質碳層 103 的製程氣體。然而，應注意牠是，諸如

五、發明說明(17)

C_2H_6 , C_3H_8 , C_2H_4 , C_2H_2 , C_6H_6 。甲苯及二甲苯等其他碳氫氣體亦可被選擇為沈積含氫非晶質碳層 103 用。由上述氣體所製的含氫非晶質碳層 103 將提供與由 CH_4 製成的含氫非晶質碳層 103 相同的優點。

雖然，在第一個範例中，第 1 圖所述的上層 104 係為以 PCVD 法所形成的第二二氧化矽層，但組成該上層 104 的材料以及製作該上層 104 的方法並未限定於第一個範例中所說明者。例如，以濺鍍所沈積的薄鋁、薄銅層、鈦層、薄氮化鈦層、鉭層、氮化鉭層、鈷層、鎢層、矽層、矽化鈦層、矽化鎢層或矽化鈷層。沈積在含氫非晶質碳層 103 上之包含有一種上述層之多層導線結構將提供與第一個範例者相同的優點。

(第二個範例)

在第二個範例中，根據本發明所沈積之非晶質碳層將有介層孔伴隨著形成，且各介層孔係以插塞電極填充，以製作多層導線結構中之上下導線層間的電連接。

第 7A 至 7F 圖係表示用於製作插塞電極的各步驟。

首先，如第 7A 圖所示，鋁導線層 702 係形成於矽基板 701 上，而鋁導線層 702 係夾合於氮化鈦層 706 間。其次，鋁導線層 702 及矽基板 701 係以第一二氧化矽層 705a 覆蓋。其次，沈積一含氫非晶質碳層 703 於第一二氧化矽層 705a 上，故鋁導線層 702 間の間隔係以含氫非晶質碳層 703 填充。

其次，在 $400^\circ C$ 的氫氣氣氛中退火一小時，以減少釋

五、發明說明(18)

出的氣體量及其介電常數。其次，沈積一第二二氧化矽層705b於含氫非晶質碳層703上。其次，沈積2微米的一二氧化矽層704於該第二二氧化矽層705b上。致此所執行的步驟係與第一個範例相同。

其次，以化學機械研磨(CMP)將二氧化矽層704平坦化。其次，施加一光阻層707於二氧化矽層704上，接著使用 CHF_3 氣體將二氧化矽層704進行乾式蝕刻，以形成介層孔708，如第7B圖所示。將二氧化矽層704進行乾式蝕刻，而使介層孔708具有一在二氧化矽層704厚度內的深度。

其次，如第7C圖所示，光阻層704係以灰化法移除。

其次，該二氧化矽層704，一作為第二覆蓋層之第二二氧化矽層705b以及含氫非晶質碳層703係再度被乾式蝕刻，直至介層孔到達下鋁導線層702為止。該乾式蝕刻係使用 CHF_3 與 O_2 氣體並以二氧化矽層704作為硬式單幕而執行。因此，如第7D圖所示，其將形成穿經二氧化矽層704的介層孔708，第二二氧化矽層705b以及含氫非晶質碳層703，並達到鋁導線層702。

其次，在 200°C 的基板溫度將一個氮化鈦層710沈積在介層孔708內緣。其次，在 200°C 的溫度以CVD法將介層孔708用鋁插塞709填充，如第7E圖所示。

其次，如第7F圖，用濺鍍法以一個氮化鈦層706，一個鋁導線層702及一個氮化鈦層706的順序將其沈積在二氧化矽層704上，並將其刻劃成上導線層。

五、發明說明(19)

因此，其係完成雙層導線結構，其上下鋁導線層702係彼此電連接。在雙層導線結構的製造中，並未發現諸如含氫非晶質碳層703與二氧化矽層704間的層剝離以及有害的孔洞等缺陷，即使在該結構進行退火後亦然。

第8圖係說明第7圖之雙層導線結構的變形。第8圖的雙層導線結構與第7圖的雙層導線結構僅差別於鋁插塞709以鎢插塞807代換。在第8圖所述的雙層導線結構中，並未發現諸如含氫非晶質碳層803與二氧化矽層804間的層剝離以及有害的孔洞等缺陷，即使在該結構進行退火後亦然，其相似於第7圖的雙層導線結構。

使用 WF_6 及 SiH_4 氣體作為製程氣體而於 $400^\circ C$ 的基板溫度沈積鎢插塞807。因此，若多層導線結構事先在氫氣氣氛中進行退火，則在約等於含氫非晶質碳層804分解點的 $400^\circ C$ 的退火，其發現並未產生任何缺陷。

雖然在第一與第二範例中所說明者為雙層導線結構，但藉由重複執行第7A至7F圖所述之上述步驟，則三層或多層導線結構亦可被製造。

(第三個範例)

在第三個範例中，具有凹槽約合氫非晶質碳層係被形成，且該凹槽係以金屬層填充，並隨後在該表面上研磨以形成導線於凹槽中。

第9A至9G圖係說明一種形成導線結構的方法的各步驟。

首先，如第9A圖所示，一個厚度為 $50nm$ 約二氧化矽層902係沈積於基板901上。其次，厚度為 $600nm$ 的含氫非

五、發明說明(一)

晶質碳層 903 係沈積於二氧化矽層 902 上。其次，含氫非晶質碳層 903 係於 400°C 的氫氣氣氛中退火一小時。其次，厚度為 100nm 的一個二氧化矽層 904 係沈積於含氫非晶質碳層 904 上。

其次，如第 9B 圖所示，一光阻層 905 係施加於二氧化矽層 904 上，並隨後刻劃成所欲的圖案。其次，以經刻劃的光阻層 905 作為罩幕而蝕刻二氧化矽層 904。

其次，移除光阻層 905。其次，如第 9C 圖所示，形成具有凹槽 906 的二氧化矽層 904。

其次，以二氧化矽層 904 作為硬式罩幕，蝕刻含氫非晶質碳層 903。蝕刻二氧化矽層 904，而其凹槽或溝渠 906 並未到達二氧化矽層 902。其次，如第 9D 圖所示，形成穿經二氧化矽層 904 與含氫非晶質碳層 903 的溝渠 906。各溝渠具有 0.6 微米的深度及 0.5 微米的寬度。

其次，如第 9E 圖所示，以濺鍍法將 50nm 厚的一氮化鉍層 907 沈積在溝渠 906 內壁。

其次，如第 9F 圖所示，將銅 908 沈積於在第 9E 圖之步驟中所形成的產物上，而使溝渠 906 為銅所填充。

其次，如第 9G 圖所示，將銅層 908 以 CMP 法部份移除，而使銅層 908 僅殘留於溝渠 906 中。其次，將該產物在 400°C 的真空氣氛中進行一小時的最終退火。

即使在最終退火中，其仍未發現剝離的二氧化矽層 904。

至此，藉由在沈積層於含氫非晶質碳層 903 之前執行

五、發明說明 (1)

退火，則其可提昇含氫非晶質碳層 903 的抗熱性。特別是，其係得以藉由在氫氣氣氛中執行退火而減少含氫非晶質碳層 903 的介電常數。

含氫非晶質碳層 903 中的自旋密度係由電子自旋共振 (ESR) 鑑識。其發現若含氫非晶質碳層 903 在氫氣氣氛中進行退火，則層中的自旋密度將減少；但若含氫非晶質碳層 903 在鈍氣氣氛中進行退火，則層中的自旋密度將增加。

此外，在氫氣氣氛中進行退火後所殘留在含氫非晶質碳層 903 中的氫數量係以氫前進散射製程量測。其發現在退火後並無氫殘留於含氫非晶質碳層 903。

因此，其認為在氫氣氣氛中退火所獲得之自旋密度的減少並非由以氫原子終結之在含氫非晶質碳層 903 中的非鍵結端所引起，而由陷在含氫非晶質碳層 903 中的自由原子團被移除所引起。

另一方面，其認為藉由在其他氣體中進行退火所形成的自旋密度增加係為殘留在含氫非晶質碳層 903 中的自由原子團所引起。因此，其係得以藉由在氫氣中退火所產生的自由原子團取向而去除極化現象，並減少含氫非晶質碳層 903 的介電常數。

該結果係普遍存在於下述的第二至第四個實施例。

(第二個實施例)

在第二個實施例中，其係使用含氟非晶質碳層作為中間絕緣層，而導線層間間隔係以其填充。當含氟非晶

五、發明說明 (22)

質碳層當被使用為中間絕緣層時，藉由將含氟非晶質碳層在氫氣中進行退火，其係得以避免沈積在含氟非晶質碳層上之層的剝離，更可避免含氟非晶質碳層的介電常數的增加。

以下將說明第四至第六個範例，以作為第二個實施例的詳細範例。

(第四個範例)

根據第四個範例的多層導線結構具有與第1圖所述之第一個實施例相同的結構，除了第四個實施例包含一個取代含氫非晶質碳層103的含氟非晶質碳層以外。

以下將說明一種製造根據第四個範例之多層導線結構的方法的步驟。

首先，形成一下鋁導線層於諸如電晶體等裝置被製造於其上的基板上。該下鋁導線層係夾合於氮化鈦層間。其次，該下鋁導線層及基板係完全以上表面為富矽的二氧化矽層覆蓋。至此所執行的步驟係與第一個實施例的步驟相同。

其次，沈積一含氟非晶質碳層於二氧化矽層上。該含氟非晶質碳層係以第10圖所述的螺旋式PCVD設備的方式沈積。

第10圖所述之螺旋式PCVD設備的組成包含有一真空室1009、一置於真空室1009頂端的石英鐘形罩1002、一環繞在鐘形罩1002周圍的天線1003、一環置於鐘形罩1002周圍的電磁鐵1004、一用以供給高頻功率至天線1003的

五、發明說明 (2)

高頻功率源 1001、用以供給磁場至真空室 1009 的永久磁鐵 1005 以及置於真空室 1009 中的晶座 1007。

真空室 1009 具有一氣體輸出孔 1006，製程氣體將藉此而導入真空室 1009 中。晶圓 1008 係置於晶座 1007 上。

製程氣體係使用 C_4F_8 或包含有 C_4F_8 與 CH_4 或 H_2 的混合氣體。在僅使用 C_4F_8 氣體時， C_4F_8 氣體的流速係設定於 155 sccm；而在使用 C_4F_8 與 CH_4 氣體的混合氣體時， C_4F_8 與 CH_4 氣體的流速係分別設定於 50 sccm 與 50 sccm。基板溫度係設定於 $100^\circ C$ ，而釋出功率被設定為 2kW。此外，一個 30W 的偏壓係施加於基板上，以提昇含氟非晶質碳層對於形成在下鋁導線層間之間隔的覆蓋。

為提昇含氟非晶質碳層與第一及第二覆蓋層間的黏著性，沈積壓力或 CH_4 氣體流速對 C_4F_8 氣體流速的比例 (C_4F_8 / CH_4) 在沈積含氟非晶質碳層的起始及最終階段係為相異的，因而局部地減少在含氟非晶質碳層與第一及第二覆蓋層間之界面上的含氟非晶質碳層的氟含量。

含氟非晶質碳層係以上述第四個範例的條件沈積。當僅使用 C_4F_8 氣體作為製程氣體時，所沈積的含氟非晶質碳層具有 2.3 的介電常數；而當使用 C_4F_8 與 CH_4 的混合氣體作為製程氣體時，其介電常數為 2.5。當僅使用 C_4F_8 氣體作為製程氣體時，含氟非晶質碳層係由碳與氟所組成；而當使用 C_4F_8 與 CH_4 的混合氣體作為製程氣體時，含氟非晶質碳層係由碳、氟與氫所組成。

五、發明說明(24)

用於沈積含氟非晶質碳層的設備並非僅限於第10圖所述的設備。例如，其可使用其他CVD設備，諸如平行板式、誘發性耦合式以及ECR式。

此外，其可使用除了 C_4F_8 以外的製程氣體。例如，其可使用諸如 CF_4 ， C_2F_6 ， C_3H_8 與 C_6F_6 等氟化碳氣體，以及諸如氟化甲苯與氟化二甲苯等芳香族氟化碳氣體或者其他氟化碳氣體。

在沈積含氟非晶質碳層後，接著將含氟非晶質碳層於氫氣氣氛中進行退火。用於將含氟非晶質碳層進行退火的設備係與第3圖所述之第一個範例中的設備相同。此外，退火條件亦與第一個範例中的退火條件相同。亦即，在氫氣氣氛中的退火係於下列條件中執行。

壓力：大氣壓力

溫度：400°C

時間：一小時

相似於第一個範例，其亦製作二個參考範例。在第一個參考範例中，一含氟非晶質碳層係於氫氣氣氛中進行退火，而在第二個參考範例中，一含氟非晶質碳層並未進行退火。

在氫氣氣氛中退火後，接著一個二氧化矽層係沈積於含氟非晶質碳層上，相似於第一個範例。二氧化矽層與含氟非晶質碳層間的界面係為富矽，以提昇其間的黏著性。

其次，根據第四個範例與參考範例的多層導線結構係

五、發明說明 (5)

於 400°C 的真空中退火一小時。其結果如下。

在含氟非晶質碳層未經退火的第二個參考範例中，其係發現沈積在含氟非晶質碳層上的二氧化矽層將剝離，而與甲烷氣體是否添加在沈積含氟非晶質碳層用的製程氣體中無關。

第 11 圖係說明以上述第二個參考範例中之含氟非晶質碳層的升溫分解製程所獲得的氣體光譜，其中該層係僅使用 C_4F_8 氣體形成而未添加 CH_4 氣體。

相似於第一個範例，由含氟非晶質碳層釋出氣體係於大約 200°C 被觀察到。在此，釋出的氣體為 CF_3 ， CF_2 與 CF 。其亦發現當甲烷氣體與 C_4F_8 氣體一道被使用為製程氣體時， HF 氣體亦與 CF_3 ， CF_2 與 CF 一道釋出。其亦發現由含氟非晶質碳層所釋出的氣體量係較由含氫非晶質碳層所釋出的氣體量為大。

含氟非晶質碳層的氣體釋出量在大約 450°C 時明顯增加的原因在於含氟非晶質碳層在該溫度開始分解。

在含氟非晶質碳層於氮氣氣氛中退火的第一個參考範例中，沈積在含氟非晶質碳層上的二氧化矽層並未發現剝離現象，而與甲烷氣體是否添加在沈積含氟非晶質碳層用的製程氣體中無關。

第 12 圖係說明以上述第一個參考範例中之含氟非晶質碳層的升溫分解製程所獲得的氣體光譜。

如第 12 圖所示，在 200°C 並未觀察到氣體釋出（在第二個範例中有被觀察到）。僅在 400°C 或更高的溫度才觀察

五、發明說明 (> 6)

到氣體釋出。此舉意味著若將含氟非晶質碳層於氮氣氣氛中退火以釋出氣體，則沈積在含氟非晶質碳層上的層於後續步驟中並不會剝離。

然而，第一個參考範例所伴隨的問題為含氟非晶質碳層的介電常數的增加。如第6圖所示，僅使用 C_4F_8 所形成的含氟非晶質碳層在沈積後之當時具有2.3的介電常數，但在退火後的介電常數為2.8。當使用甲烷氣體及 C_4F_8 氣體作為製程氣體時，在氮氣氣氛中退火後之含氟非晶質碳層的介電常數將由2.5增加到3.0。

富含氟非晶質碳層在諸如氮氣氣氛等鈍氣氣氛、諸如 CF_4 、 C_2F_6 與 C_4F_8 等氟化碳氣體氣氛或真空中退火時，方可獲得相同的結果。

相對於上述參考範例，沈積在含氟非晶質碳層上的二氧化矽層並未在退火步驟中剝離，而根據第四個範例之含氟非晶質碳層的介電常數並未增加。亦即，以上述第四個範例之升溫分解製程所獲得的氣體光譜係與第12圖所示的氣體光譜相同。在約 $200^{\circ}C$ 的氣體釋出峰值並未被觀察到。

此外，當僅使用 C_4F_8 氣體作為製程氣體時，含氟非晶質碳層的介電常數將由退火前的2.3降至2.1。相似地，當使用 C_4F_8 與 CH_4 氣體作為製程氣體時，該介電常數將由退火前的2.5降至退火後的2.3。介電常數減少的結果對於做為中間絕緣層之含氟非晶質碳層係為所欲。

雖然在第四個範例中之於氮氣氣氛中執行退火的條件

五、發明說明(一)

被設定於在400℃的大氣壓力下一小時，但該條件係為可變換的。然而，在退火溫度方面，退火溫度相當於或大於200℃係為所欲，最好為250℃，以在大約200℃可抑制氣體釋出的峰值。

此外，因為含氫非晶質碳層103在大約450℃開始分解，所以退火溫度的上限必須低於450℃。退火時間係取決於退火溫度，而在較高的退火溫度耗時較短。

雖然，在第四個範例中，以PCVD法所沈積於含氟非晶質碳層上的層為一個二氧化矽層，但組成該層的材料以及製作該層的方法並未限定於第四個範例中所說明者。例如，該層可為以PCVD所沈積的氮化矽層、以濺鍍所沈積的薄鋁、薄銅層、鈦層、薄氮化鈦層、鉭層、氮化鉭層、鈷層、鎢層、矽層、矽化鈦層、矽化鎢層或矽化鈷層。沈積在含氟非晶質碳層上之包含有一種上述層之多層導線結構將提供與第一個範例者相同的優點。

(第五個範例)

在第五個範例中，根據本發明所沈積之含氟非晶質碳層將有介層孔伴隨著形成，且各介層孔係以插塞電極填充，以製作多層導線結構中之上下導線層間的電連接。

第13圖係為根據第五個範例之多層導線結構的橫截面圖。根據第五個範例之多層導線結構係與根據第二個範例之多層導線結構相異，其差異在於製作上下導線層間之電隔離的絕緣層係由含氟非晶質碳層所組成。

首先，鋁導線層1302係形成於矽基板1301上，而鋁導

五、發明說明 (58)

線層 1302 係夾合於氮化鈦層 1306 間。其次，鋁導線層 1302 及矽基板 1301 係以第一二氧化矽層 1305a 覆蓋。其次，沈積一含氟非晶質碳層 1303 於第一二氧化矽層 1305a 上，故鋁導線層 1302 間的時間係以含氟非晶質碳層 1303 填充。

其次，在 400°C 的氫氣氣氛中退火一小時，以減少釋出的氣體量及其介電常數。其次，沈積一第二二氧化矽層 1305b 於含氟非晶質碳層 1303 上。其次，沈積 2 微米的一二氧化矽層 1304 於該第二覆蓋層 1305b 上。致此所執行的步驟係與第四個範例相同。

其次，以化學機械研磨 (CMP) 將二氧化矽層 1304 平坦化。其次，施加一光阻層 (未示) 於二氧化矽層 1304 上，將二氧化矽層 1304 進行乾式蝕刻，以形成介層孔 1308。將二氧化矽層 1304 進行乾式蝕刻，而使介層孔 1308 不會達到二氧化矽層 1304 的底部。

在光阻層移除後，該二氧化矽層 1304，一第二覆蓋層 1305b 與含氟非晶質碳層 1303 將再度被乾式蝕刻，直至介層孔到達下鋁導線層 1302。該乾式蝕刻係以二氧化矽層 1304 作為硬式罩幕而使用 CHF_3 與 O_2 執行。因此，所形成的介層孔 1308 將穿經二氧化矽層 1304，第二覆蓋層 1305b 及含氟非晶質碳層 1303，並到達鋁導線層 1302。

其次，將一個氮化鈦層 1309 沈積在介層孔 1308 內緣。其次，以 CVD 法將介層孔 1308 用鋁插塞 1307 填充。

其次，用濺鍍法以一個氮化鈦層 1306，一個上鋁導線

五、發明說明(29)

層 1302 及一個氮化鈦層 1306 的順序將其沈積在二氧化矽層 1304 上，並將其刻劃以形成所欲的圖案。

因此，其係完成雙層導線結構，其上下鋁導線層 1302 係彼此電連接。在雙層導線結構的製造中，並未發現諸如含氟非晶質碳層 1303 與二氧化矽層 1304 間的層剝離以及有害的孔洞等缺陷，即使在該結構進行退火後亦然。

第 14 圖係說明第 13 圖之雙層導線結構的變形。第 14 圖的雙層導線結構與第 13 圖的雙層導線結構僅差別於鋁插塞 1307 以鎢插塞 1407 代換。在第 14 圖所述的雙層導線結構中，並未發現諸如含氟非晶質碳層與沈積於其上之二氧化矽層間的層剝離以及有害的孔洞等缺陷，即使在該結構進行退火後亦然，其相似於第 13 圖的雙層導線結構。

使用 WF_6 及 SiH_4 氣體作為製程氣體而於 $400^\circ C$ 的基板溫度沈積鎢插塞 1407。因此，若多層導線結構事先在氫氣氣氛中進行退火，則在約等於含氟非晶質碳層分解點的 $400^\circ C$ 的退火，其發現並未產生任何缺陷。

雖然在第五個範例中所說明者為雙層導線結構，但藉由重複上述步驟，則三層或多層導線結構亦可被製造。

(第六個範例)

在第六個範例中將形成具有凹槽約含氟非晶質碳層，而該凹槽係以金屬層填充，並於後續研磨其表面以形成導線於凹槽中。

第 15 圖係為根據第六個範例之多層導線結構的橫截面圖。

五、發明說明 (20)

首先，沈積 50nm 厚度的一個二氧化矽層於基板 1501 上。其次，沈積一個 600nm 厚的含氟非晶質碳層 1503 於該二氧化矽層 1502 上。其次，將含氟非晶質碳層 1503 於 400°C 的氫氣氣氛中退火一小時。其次，沈積一個 100nm 厚的二氧化矽層 1504 於含氟非晶質碳層 1503 上。

其次，以與上述第二個範例相同的方法形成穿經二氧化矽層 1504 與含氟非晶質碳層 1503 的凹槽。各溝渠 1506 具有 0.6 微米的深度及 0.5 微米的寬度。

其次，以濺鍍法沈積一個 50nm 厚的氮化坦層 1505 於溝渠 1506 內壁。

其次，沈積銅 1506 於其上，而將溝渠 1506 以銅 1506 填充。

其次，以 CMP 將銅層 1506 部份移除，而使銅層 1506 僅殘留於溝渠 1506 中。其次，將產品在 400°C 的真空中進行一小時的最終退火。

並未發現二氧化矽層 1504 剝離，即使在該結構進行最終退火後亦然。

(第三個實施例)

在第三個實施例中，用於電隔離上下導線層的絕緣層係由對苯二甲聚體所組成。對苯二甲聚體層係使用具有苯環的對苯二甲聚體氣體作為製程氣體而以熱 CVD 法聚合。

藉著將該由碳族材料所組成並以熱 CVD 法所形成的層在氫氣中退火，其係得以避免氣體在後續步驟中由層釋

五、發明說明(21)

出，且更避免層剝離及介電常數減少。

以下將說明第七個範例，以作為第三個實施例的詳細範例。

(第七個範例)

根據第七個範例之多層導線結構具有與第1圖所示之多層導線結構相同的結構，除了中間絕緣層105由對苯二甲聚體組成以外。製造根據第七個範例之多層導線結構的方法係與根據第一個範例之多層導線結構的方法相同，除了形成由對苯二甲聚體所組成之中間絕緣層的步驟以外。

以下將說明形成由對苯二甲聚體所組成之中間絕緣層的方法。

第16圖係為舉例說明沈積由對苯二甲聚體所組成之中間絕緣層的設備。所舉例之設備包含有一具備氣體輸入孔1603的真空腔室1606、一放置基板1601的支撐座1602、一連接至真空腔室1606的渦輪分子幫浦1604、一連接至真空腔室1606的乾式幫浦1605、一來源鋼筒1607以及將由來源鋼筒1607所供給的對苯二甲聚體加熱並將經加熱的對苯二甲聚體穿經氣體輸入孔1603供給至真空室1606的一加熱室1608。

第16圖所示的設備係操作如下。

首先，對苯二甲聚體係由來源鋼筒1607供給至維持在700℃的加熱室1608。在加熱室1608中，對苯二甲聚體係被加熱而活化，以形成原子團。其次，所形成的原子

五、發明說明 (22)

團將穿經氣體輸入孔 1603 而進入真空室 1606 並沈積於基板 1601 上。

因此，其將形成由對苯二甲聚體所組成的絕緣層。根據第七個範例所沈積之由對苯二甲聚體所組成的絕緣層在沈積後之當時具有 2.6 的介電常數。該絕緣層係於其他層沈積於絕緣層上之前於氫氣氣氛中進行退火。在氫氣氣氛中的退火係於 400°C 的真空中執行一小時。

額外製作二個參考範例。在第一個參考範例中，退火係於氮氣氣氛中執行。在第二個參考範例中，絕緣層並未進行退火。

根據第七個範例之絕緣層與二個參考範例係被測試沈積在絕緣層上的層是否在 400°C 的真空中加熱時會剝離。

在絕緣層未被退火的第二個參考範例中，沈積在絕緣層上的二氧化矽層並不會剝離。

第 17 圖係說明藉由上述升溫分解製程之根據第二個參考範例的絕緣層所獲得的氣體光譜。由第 17 圖得知，氣體在約 150°C 時開始釋出，且在約 200°C 時該氣體釋出到達峰值，與第一個範例相似。因為由對苯二甲聚體所組成的絕緣層在約 450°C 時開始分解，所以釋出氣體的量在約 450°C 時明顯地增加。

在絕緣層於氮氣氣氛中退火的第一個參考範例中，沈積在絕緣層上之二氧化矽層的剝離並未被觀察到，其與添加甲烷氣體作為製程氣體無關。

第 18 圖係說明藉由上述升溫分解製程之根據第一個參

五、發明說明(ㄣ)

考範例的絕緣層所獲得的氣體光譜。由第18圖得知，氣體釋出在約200℃時並未被發現(該釋出在經退火的第二個參考範例中被發現)，而僅於400℃或更高的溫度被發現。

所以，由此得知在後續步驟之層剝離可藉由將絕緣層置於氬氣氣氛中退火以將氣體釋出絕緣層外而被避免。

然而，第一個參考範例將伴隨著介電常數增加的問題。已在氬氣氣氛中退火的絕緣層在退火前具有2.6的介電常數，但在退火後則具有3.0的介電常數。諸如氣體釋出可被抑制但介電常數可藉由退火而增加的結果係通常發生於退火在諸如氬氣等鈍氣氣氛或真空氣氛中執行的狀況中(第二個參考範例)

相對於上述的參考範例，沈積在絕緣層上的一個二氧化矽層並未在退火步驟中剝離，且該絕緣層的介電常數並未在第七個範例中增加。亦即，以上述升溫分解製程之第七個範例所獲得的氣體光譜係與第18圖所述的氣體光譜相同。在約200℃的氣體釋出峰值並未被觀察到。

此外，絕緣層的介電常數將由退火前的2.6下降至退火後的2.3。介電常數減少的結果對於根據第七個範例的絕緣層係為所欲，因為中間絕緣層通常被要求具有儘可能小的介電常數。

雖然在本範例中之用於執行在氬氣氣氛中退火的條件係被設定於400℃的一大氣壓下一小時，但該條件係為可變的。然而，在退火溫度方面，退火溫度相當於或大於

五、發明說明 (24)

200°C 係為所欲，最好為 250°C，以抑制在約 200°C 被觀察到的氣體釋出峰值。

此外，因為由對苯二甲聚體所組成的絕緣層在約 450°C 開始分解，所以退火溫度的上限必須低於 450°C。退火溫度的時間係取決於退火溫度，而在較高的退火溫度下的退火時間較短。

其係形成由 α ， α ， α' ， α' -四氟對苯二甲聚體取代對苯二甲聚體所組成的中間絕緣層，以作為上述第七個範例的變形。作為變形的中間絕緣層將提供與第七個範例相同的優點。

上述第七個範例係為一實施例，其中由對苯二甲聚體所組成的中間絕緣層係沈積在一個第一導線層上，而由相異於對苯二甲聚體的材料所組成的一個第一絕緣層係沈積在該中間絕緣層上。其已發現以第七個範例所獲得的相同優點可由下列結構獲得，其中一個第二導線層係沈積在第一絕緣層上、由對苯二甲聚體所組成的一個第二中間絕緣層係沈積在該第二導線層上以及由相異於對苯二甲聚體之材料所組成的一個第二絕緣層係沈積在該第二中間絕緣層上。

為熟習本技藝之人士所瞭解地是，藉由重複執行第七個範例的步驟所獲得的三層或多層導線結構可提供相同的優點。

其亦已發現諸如有害的孔洞等缺陷可於具有介層孔之由對苯二甲聚體所組成的中間絕緣層的結構中被避免，

五、發明說明 (25)

其係以插塞電極填充以製作上下導線層間的電連接。

此外，在由對苯二甲聚體組成之具有凹槽之中間絕緣層的結構中，其中銅導線係被形成於該凹槽中，藉由事先將中間絕緣層退火並於後續形成具有凹槽的中間絕緣層，則沈積在中間絕緣層上的層可避免被剝離。

(第四個實施例)

在第四個實施例中，中間絕緣層係由聚亞醯胺所組成。該芳香族的聚亞醯胺層係藉由以旋塗法沈積聚亞醯胺的預製體並將該預製體退火而形成。藉由在沈積層於中間絕緣層之前，將由聚亞醯胺所組成的中間絕緣層在氫氣中進行退火，則其可避免在後續步驟中之為氣體釋出所產生的層剝離以及中間絕緣層介電常數的減少。

以下將說明第八個範例，以作為第四個實施例的詳細範例。

(第八個範例)

根據第八個範例的多層導線結構與第1圖所示的多層導線結構的差異僅在於中間絕緣層105係由聚亞醯胺所組成。此外，一種根據第八個範例之製造多層導線結構的方法係與第一個範例中所述的方法相同，除了形成聚亞醯胺層的步驟以外。

以下將說明形成聚亞醯胺層的步驟。

在第八個範例中，該聚亞醯胺層係由苯均四酸(PMDA)及4,4'-雙氨基雙苯基酯(DDE)所組成。包含有這些材料之混合物的聚亞醯胺預製體係以旋塗法施加於基板上，

五、發明說明 (26)

接著在 100°C 的氮氣氣氛中進行一小時以及在 350°C 的氮氣氣氛中進行一小時的退火，以沈積一芳香族聚亞醯胺於基板上。

在沈積後之當時，所形成的聚亞醯胺具有 3.2 的介電常數。

在沈積層於聚亞醯胺前，該聚亞醯胺層將被進行退火。該聚亞醯胺層係於 400°C 的真空中進行一小時的退火。額外製作二個參考範例。在第一個參考範例中，聚亞醯胺的退火係於氮氣氣氛中執行；而在第二個參考範例中，所沈積的聚亞醯胺層並未進行退火。

在製造包含有根據第八個範例與第一及第二個參考範例所製之聚亞醯胺層的多層導線結構後，該多層導線結構將被測試，以得知在 400°C 的真空中退火時，沈積在聚亞醯胺層上的層是否剝離。

其係發現在第二個參考範例中，沈積在聚亞醯胺上的層將剝離。檢視藉由上述升溫分解製程所獲得之第二個參考範例的氣體光譜， CH_3 的分解係被觀察到，其被認為是由聚亞醯胺或非反應性分子的分解所引起。

用於將聚亞醯胺預製體施加於基板上的溶劑在用以沈積聚亞醯胺層之 350°C 的退火中皆會揮發。因此，該溶劑於在真空中所執行的測試退火並未被觀察到。

其係發現在第一個參考範例中，沈積在聚亞醯胺層上的層並未剝離。檢視由第一個參考範例所獲得的氣體光譜，在約 200°C 的氣體釋出峰值並未被觀察到，而僅有

五、發明說明(2)

在 400°C 之由聚亞醯胺層分解所引起的氣體釋出被觀察到。此舉意味著，若該聚亞醯胺層於氮氣氣氛中進行退火，而使氣體釋出，則沈積在聚亞醯胺上的層在後續步驟中並不會剝離。

然而，該第一個參考範例所伴隨的問題為聚亞醯胺層的介電常數增加。該聚亞醯胺層在退火前的介電常數為 3.2，但在退火後的介電常數則增加為 3.5。當該聚亞醯胺層於諸如氮氣之鈍氣氣氛或真空中退火時亦可獲得相同的結果。

相對於上述的參考範例，沈積在聚亞醯胺層上的層在退火步驟中並未剝離，而聚亞醯胺層的介電常數並未根據第八個範例而增加。亦即，藉由升溫分解製程所獲得之第八個參考範例的氣體光譜係與第 12 圖所示的氣體光譜相同。在約 200°C 的氣體釋出峰值並未被觀察到。

此外，聚亞醯胺層的介電常數係由退火前的 3.2 下降至退火後的 3.0。對於被使用為中間絕緣層的聚亞醯胺層而言，介電常數的減少係為所欲。

在第八個範例中，一個二氧化矽層係被沈積在該聚亞醯胺層上，以作為如第 1 圖所示的上層 104。然而，組成該上層的材料以及製作該上層的方法並非僅限於第八個範例中所述的。例如，該上層可為以 PCVD 法沈積而形成的氮化矽層、以濺鍍所沈積的薄鋁、薄銅層、鈦層、薄氮化鈦層、鉭層、氮化鉭層、鈷層、鎢層、矽層、矽化鈦層、矽化鎢層或矽化鈷層。沈積在聚亞醯胺層上之

五、發明說明(→f)

包含有一種上述層之多層導線結構將提供與第八個範例者相同的優點。

中間絕緣層膜係可以其他用以取代聚亞醯胺的材料製成。例如，其可為從起源於十氟基聯苯基和伸苯基二醇，1,3-二乙烯-1,1,3,3-四甲基雙矽烷氧-雙苯并環丁烯(DVS-雙BCB)，全氟環丁烯(PECB)或聚四氟乙烯(PTFE)製成之苯并環丁烯(BCB)中選定之氟化聚芳基醯類。

上述第八個範例係為一實施例，其中由聚亞醯胺所組成的中間絕緣層係沈積在第一導線層上，而由相異於聚亞醯胺的材料所組成的第一絕緣層係沈積在該中間絕緣層上。其係發現以第八個範例所獲得的相同優點可由一個第二導線層沈積在該第一絕緣層上、一個由聚亞醯胺所組成的第二中間絕緣層係沈積在該第二導線層上以及一個由相異於聚亞醯胺的材料所組成的第二絕緣層沈積在該第二中間絕緣層上的結構所獲得。

為熟習本技藝之人士所瞭解地是，藉由重複第八個範例的步驟所獲得之三層或多層導線結構將可提供相同的優點。

其亦發現諸如有害的孔洞等缺陷可於由聚亞醯胺所組成之具有介層孔的中間絕緣層的結構中被避免，其中該介層孔係以插塞電極填充而使上下導線層間形成電連接。

此外，在具有凹槽之由聚亞醯胺所組成的中間絕緣層的結構中，其中銅導線係形成該凹槽中，一個沈積在中

五、發明說明(29)

間絕緣層上的層可避免在進一步的中間層退火及形成具有凹槽的中間絕緣層中被剝離。

在上述的範例與實施例中，中間絕緣層係於一大氣壓的純氫氣氣氛中被退火。然而，應注意地是，中間絕緣層被退火的氣氛並不僅限於該純氫氣氣氛。

例如，中間絕緣層可於減壓的純氫氣氣氛中退火，在該狀況下，氫氣的部份分壓可等於或大於 1×10^{-3} Torr。鈍氣可被添加於氣氛中以作為取代物。當中間絕緣層於氫氣與鈍氣氣氛中退火所獲得的優點係與當中間絕緣層於氫氣氣氛中退火所獲得的優點相同。重要地是，退火溫度必須具有氫氣的部份分壓。

雖然本發明已以較佳實施例與範例做說明，但本發明使其得以避免沈積在中間絕緣層上的層因沈積層於中間絕緣層上之前將該中間絕緣層於氫氣氣氛中退火而於後續步驟中被剝離。

此外，中間絕緣層的介電常數可藉由將層置於氫氣氣氛中退火而減少。

五、發明說明(40)

符號之說明

- 101.....基板
- 102.....鋁導線層
- 103.....含氫非晶質碳層
- 104.....上層
- 105a.....第一覆蓋層
- 105b.....第二覆蓋層
- 106.....氮化鈦層
- 201.....晶圓
- 202.....上電極
- 203.....下電極
- 204.....真空室
- 205.....高頻功率源
- 206.....氣體輸出孔
- 207.....氣體輸入孔
- 301.....基板
- 303.....晶座
- 304.....渦輪分子幫浦
- 305.....乾式幫浦
- 306.....加工室
- 701.....矽基板
- 702.....鋁導線層
- 703.....含氫非晶質碳層
- 704.....鋁導線層

五、發明說明(41)

- 705a.....第一個二氧化矽層
- 705b.....第二個二氧化矽層
- 706.....氮化鈦層
- 707.....光阻層
- 708.....介層孔
- 709.....鋁插塞
- 710.....鈦
- 803.....含氫非晶質碳層
- 804.....二氧化矽層
- 807.....鎢插塞
- 901.....基板
- 902.....二氧化矽層
- 903.....含氫非晶質碳層
- 904.....二氧化矽層
- 905.....光阻層
- 906.....凹槽
- 907.....氮化鉭層
- 908.....銅
- 1001.....高頻功率源
- 1002.....石英鐘罩
- 1003.....天線
- 1004.....電磁鐵
- 1005.....永久磁鐵
- 1006.....氣體輸入孔

五、發明說明(42)

- 1007.....晶座
- 1008.....晶圓
- 1009.....真空室
- 1301.....矽基板
- 1302.....鋁導線層
- 1303.....含氟非晶質碳層
- 1304.....二氧化矽層
- 1305a.....第一覆蓋層
- 1305b.....第二覆蓋層
- 1306.....氮化鈦層
- 1307.....鋁插塞
- 1308.....介層孔
- 1309.....氮化鈦層
- 1407.....鎢插塞
- 1501.....基板
- 1502.....二氧化矽層
- 1503.....含氟非晶質碳層
- 1504.....二氧化矽層
- 1505.....氮化鉭層
- 1506.....溝渠
- 1601.....基板
- 1602.....晶座
- 1603.....氣體輸入孔
- 1604.....渦輪分子幫浦

四、中文發明摘要(發明之名稱：)

製造半導體裝置的方法

其係提供一種製造具有多層結構並包含有由碳族材料所組成之中間絕緣層的半導體裝置的方法，該方法所包含有的步驟為：(a)沈積一絕緣層於下導線層上，該絕緣層係由碳族材料組成；(b)將絕緣層在相當於或大於絕緣層沈積溫度的第一溫度之氫氣氣氛中進行退火；以及(c)形成一上導線層於該絕緣層上。該方法將抑制氣體由絕緣層釋出且未增加介電常數，並可避免所沈積之在絕緣層上的層被剝離。

英文發明摘要(發明之名稱：METHOD OF FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE)

There is provided a method of fabricating a semiconductor device having a multi-layered structure and including an interlayer insulating film composed of carbon family material, the method including the steps of (a) depositing an insulating film on a lower wiring layer, the insulating film being composed of carbon family material, (b) annealing the insulating film in hydrogen atmosphere at a first temperature equal to or greater than a temperature at which the insulating film has been deposited, and (c) forming an upper wiring layer on the insulating film. The method suppresses gas from being discharged out of an insulating film without an increase in dielectric constant, and prevents deposited films on the insulating film from being peeled off.

五、發明說明(47)

1605.....乾式幫淵

1606.....真空室

1607.....來源鋼筒

1608.....加熱室

(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

1. 一種製造半導體裝置的方法，該半導體裝置含有由碳族材料所組成之絕緣層，該方法所包含有的步驟為：
 - (a) 沈積一由碳族材料所組成的絕緣層；
 - (b) 釋出絕緣層的揮發性組成；以及
 - (c) 沈積一層於絕緣層上。
2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該絕緣層係以電漿輔助化學氣相沈積法、熱化學氣相沈積法與旋塗法其中之一種方法沈積之。
3. 如申請專利範圍第1或2項之方法，其中該絕緣層係由含氫非晶質碳所組成。
4. 如申請專利範圍第3項之方法，其更包含有的步驟為在該含氫絕緣層與其他層間的界面周圍局部地減少氫濃度。
5. 如申請專利範圍第1或2項之方法，其中該絕緣層係由含氟非晶質碳所組成。
6. 如申請專利範圍第5項之方法，其更包含有的步驟為在該含氫絕緣層與其他層間的界面周圍局部地減少氟濃度。
7. 如申請專利範圍第1或2項之方法，其中該絕緣層係由對苯二甲聚體或聚亞醯胺所組成。
8. 一種製造包含有由碳族材料所組成之絕緣層的半導體裝置的方法，該方法所包含有的步驟為：
 - (a) 沈積一由碳族材料所組成的絕緣層；以及
 - (b) 將絕緣層在相當於或大於絕緣層沈積溫度的第

六、申請專利範圍

- 一溫度之氫氣氣氛中進行退火。
- 9.如申請專利範圍第8項之方法，其中該絕緣層係以電漿輔助化學氣相沈積法、熱化學氣相沈積法與旋塗法其中之一種方法沈積之。
- 10.如申請專利範圍第8項之方法，其中該絕緣層係由含氫非晶質碳所組成。
- 11.如申請專利範圍第10項之方法，其更包含有的步驟為在該含氫絕緣層與其他層間的界面周圍局部地減少氫濃度。
- 12.如申請專利範圍第8項之方法，其中該絕緣層係由含氟非晶質碳所組成。
- 13.如申請專利範圍第12項之方法，其更包含有的步驟為在該含氫絕緣層與其他層間的界面周圍局部地減少氟濃度。
- 14.如申請專利範圍第8項之方法，其中該絕緣層係由對苯二甲聚體或聚亞醯胺所組成。
- 15.如申請專利範圍第8,9,10,11,12,13或14項之方法，其中該氫氣氣氛的壓力係等於或大於 1×10^{-3} Torr。
- 16.如申請專利範圍第8,9,10,11,12,13或14項之方法，其中該氫氣氣氛包含鈍氣。
- 17.如申請專利範圍第8,9,10,11,12,13或14項之方法，其中該第一個溫度係等於或大於 200°C ，並等於或小於該絕緣層分解的第二個溫度。
- 18.如申請專利範圍第8,9,10,11,12,13或14項之方法，

六、申請專利範圍

其中該第一個溫度係等於或大於 200°C ，並等於或小於 450°C 。

19. 一種製造具有多層結構並包含有由碳族材料所組成之中間絕緣層的半導體裝置的方法，該方法所包含有的步驟為：

(a) 沈積一絕緣層於下導線層上，該絕緣層係由碳族材料組成；(b) 將絕緣層在相當於或大於絕緣層沈積溫度的第一溫度之氫氣氣氛中進行退火；以及

(c) 形成一上導線層於該絕緣層上。

20. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該絕緣層係以電漿輔助化學氣相沈積法、熱化學氣相沈積法與旋塗法其中之一種方法沈積之。

21. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該絕緣層係由含氫非晶質碳所組成。

22. 如申請專利範圍第21項之方法，其更包含有的步驟為在該含氫絕緣層與其他層間的界面周圍局部地減少氫濃度。

23. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該絕緣層係由含氟非晶質碳所組成。

24. 如申請專利範圍第23項之方法，其更包含有的步驟為在該含氫絕緣層與其他層間的界面周圍局部地減少氟濃度。

25. 如申請專利範圍第19, 20, 21, 22, 23或24項之方法，其中該絕緣層係由對苯二甲聚體或聚亞醯胺所組成。

六、申請專利範圍

26. 如申請專利範圍第19, 20, 21, 22, 23或24項之方法,

其中該氫氣氣氛的壓力係等於或大於 1×10^{-3} Torr。

27. 如申請專利範圍第19, 20, 21, 22, 23或24項之方法,

其中該氫氣氣氛包含鈍氣。

28. 如申請專利範圍第19, 20, 21, 22, 23或24項之方法,

其中該第一個溫度係等於或大於 200°C , 並等於或小於該絕緣層分解的第二個溫度。

29. 如申請專利範圍第19, 20, 21, 22, 23或24項之方法,

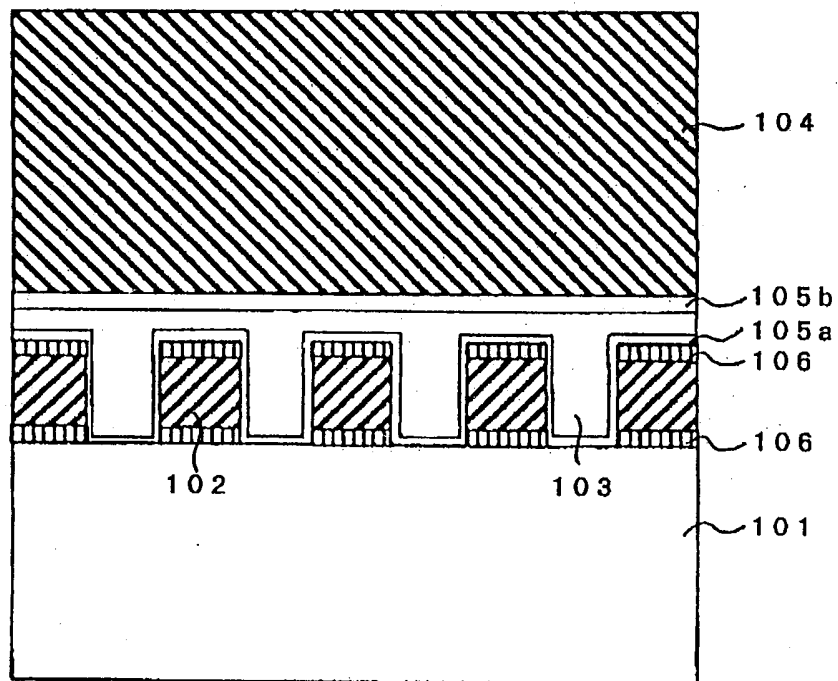
其中該第一個溫度係等於或大於 200°C , 並等於或小於 450°C 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

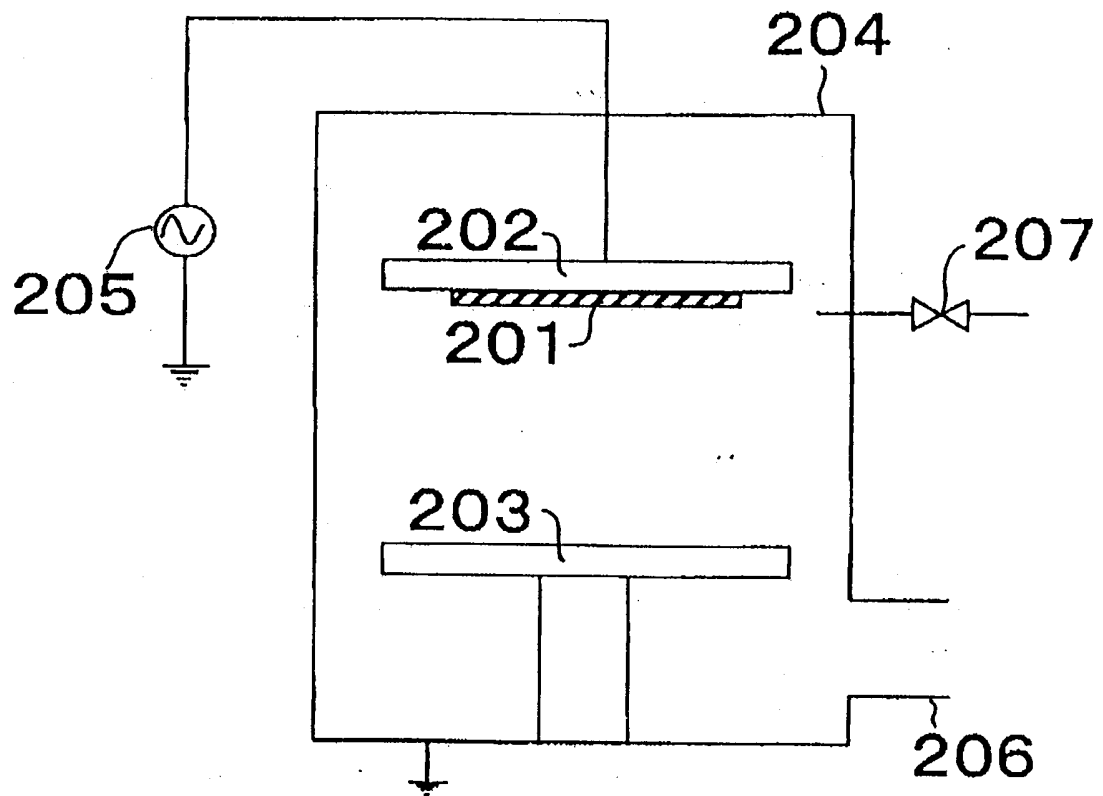
裝

訂

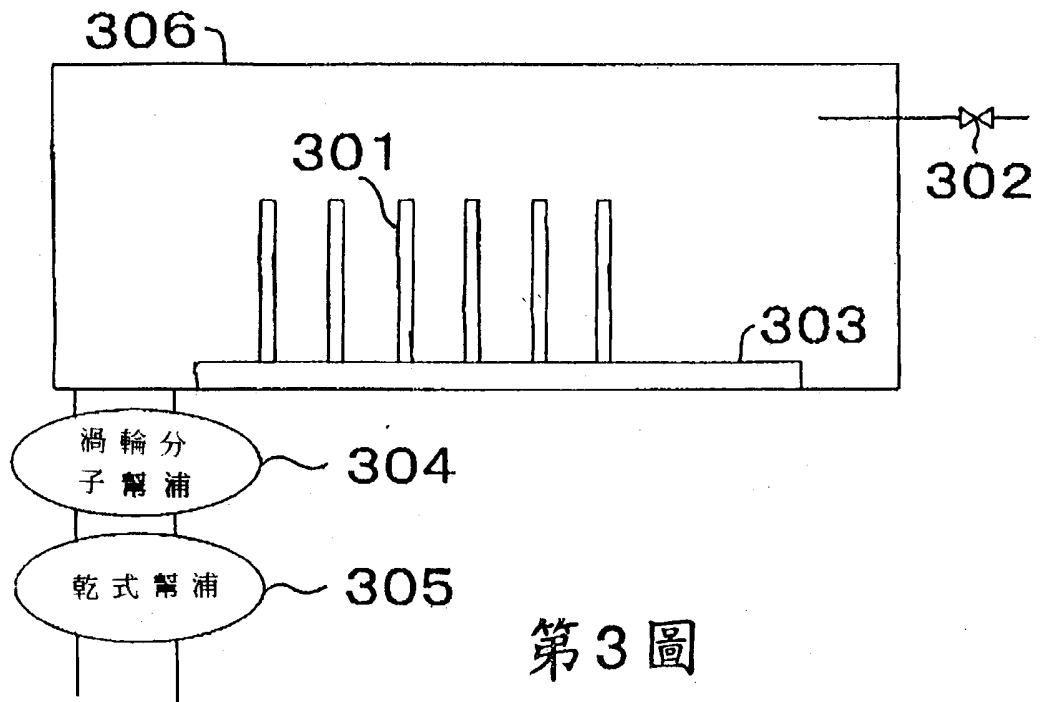
線



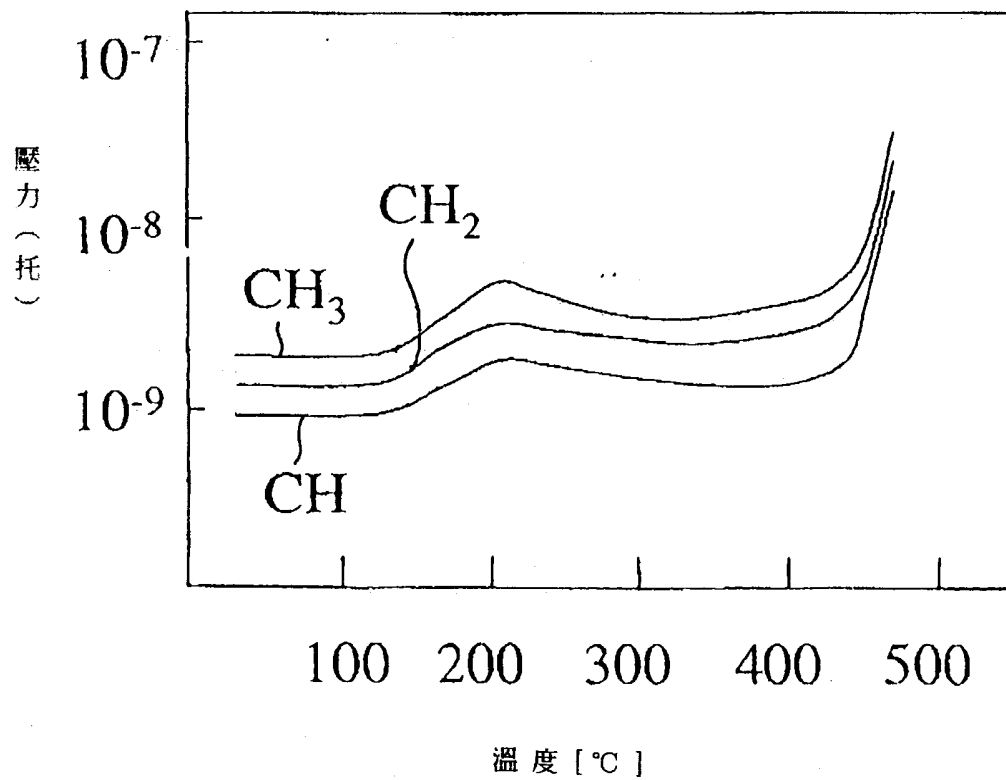
第1圖



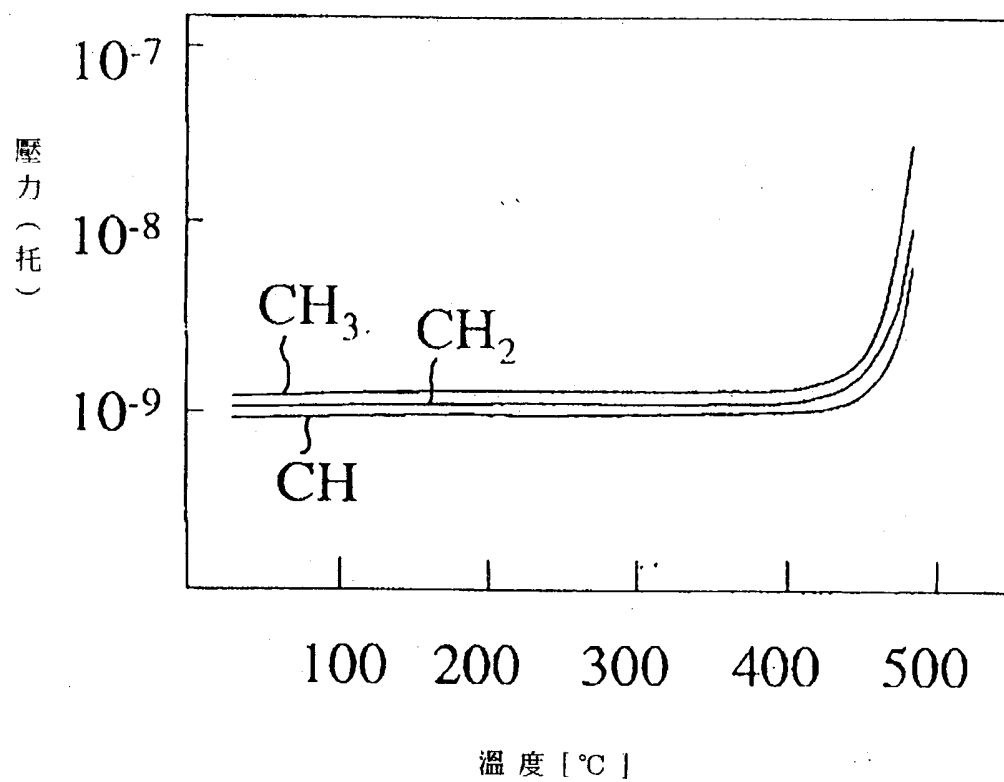
第2圖



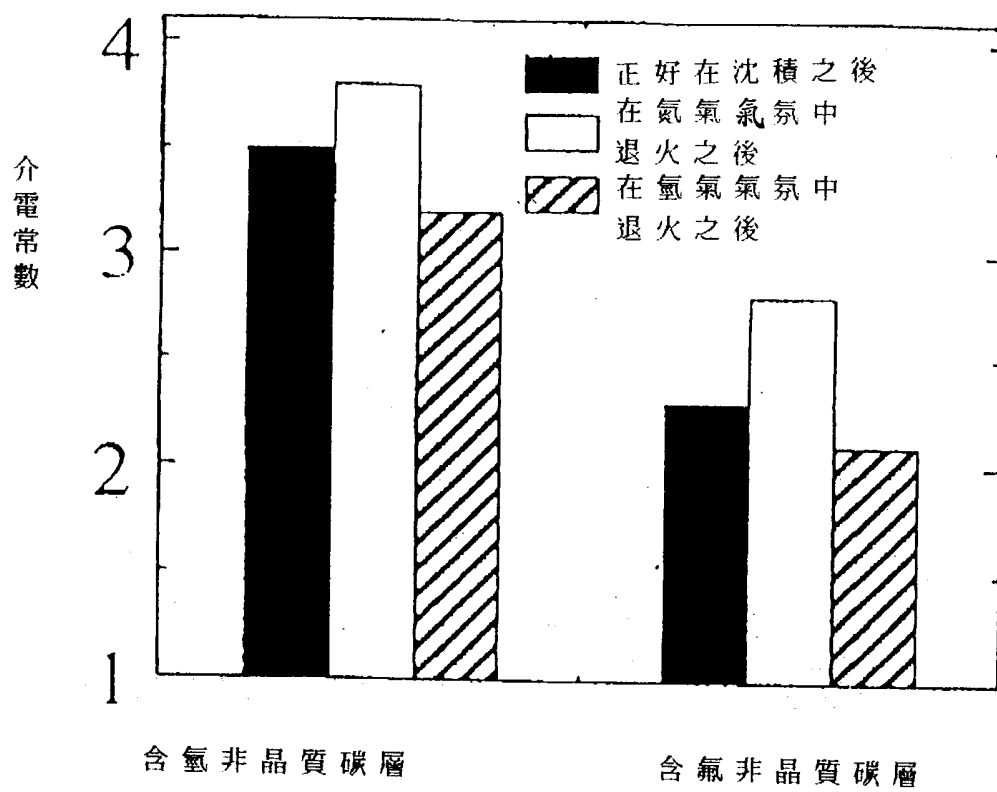
第3圖



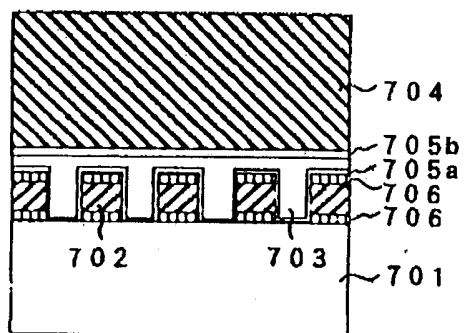
第4圖



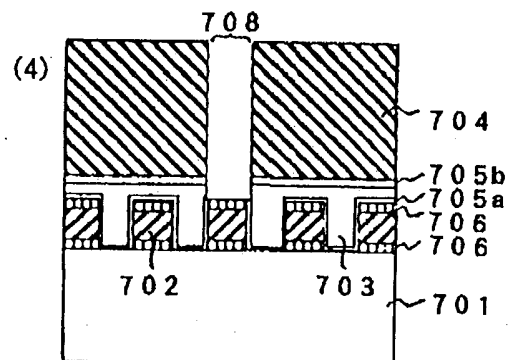
第5圖



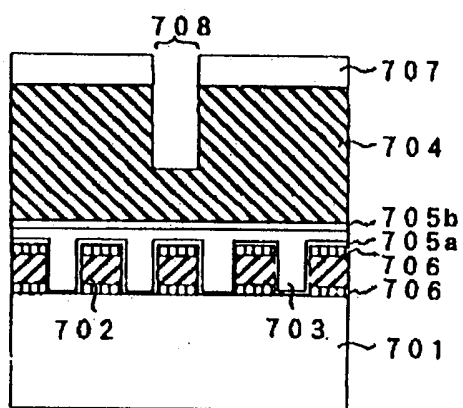
第6圖



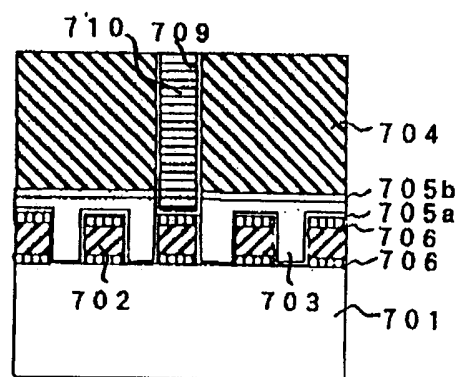
第 7A 圖



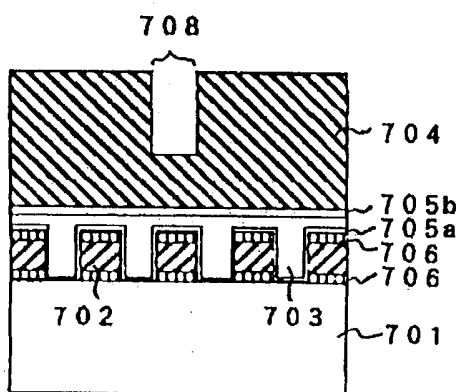
第 7D 圖



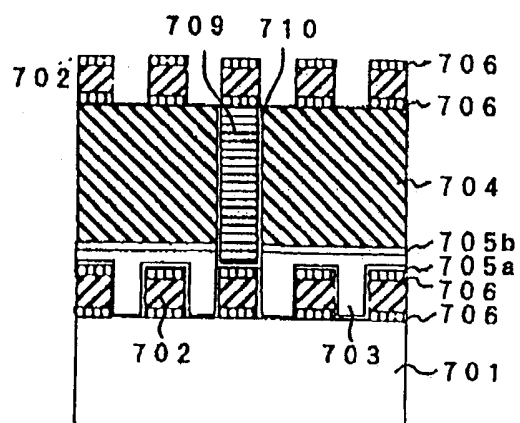
第 7B 圖



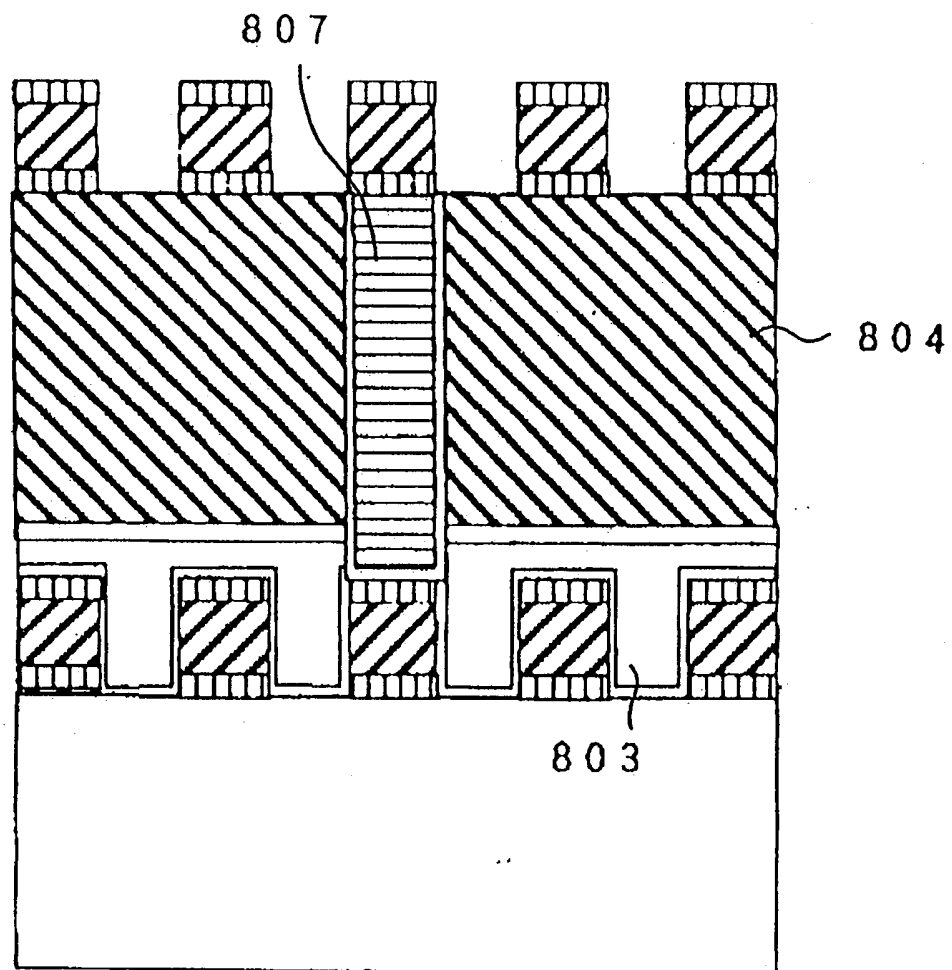
第 7E 圖



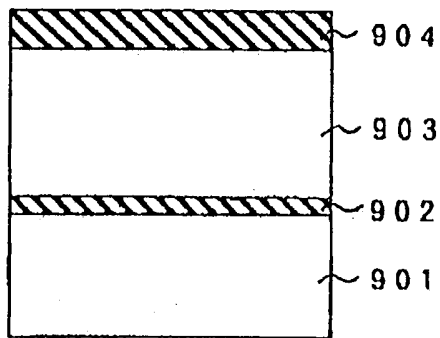
第 7C 圖



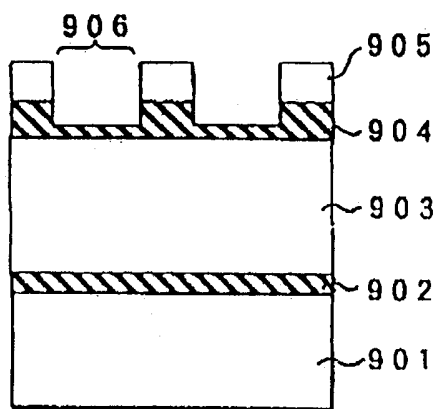
第 7F 圖



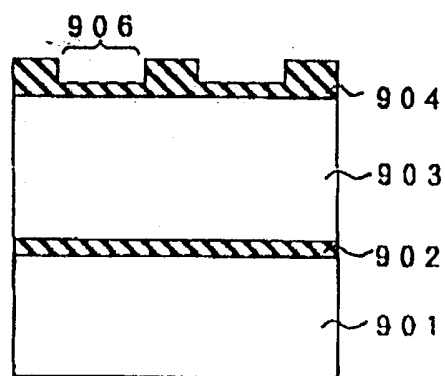
第8圖



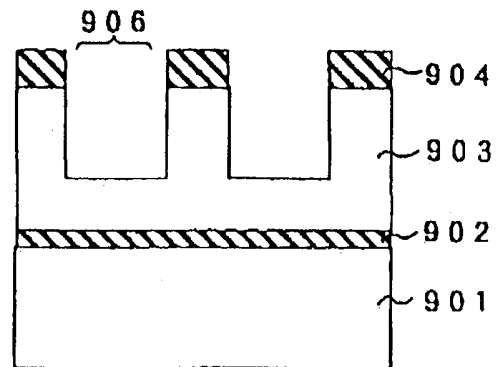
第 9A 圖



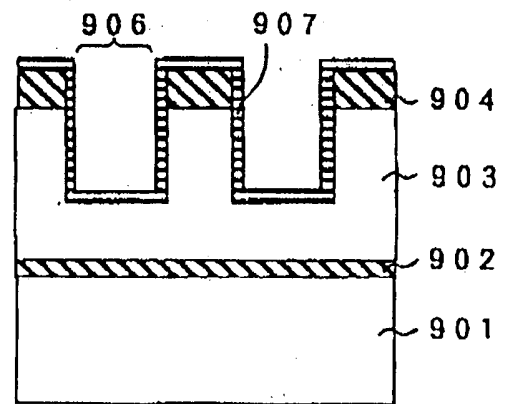
第 9B 圖



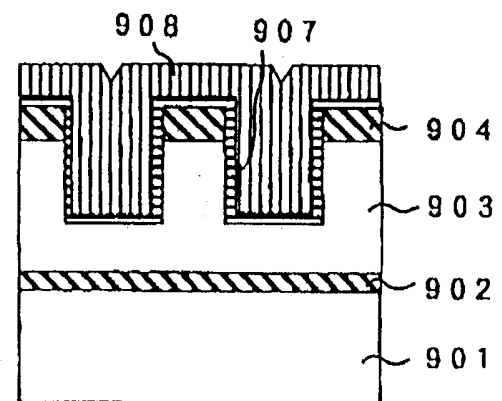
第 9C 圖



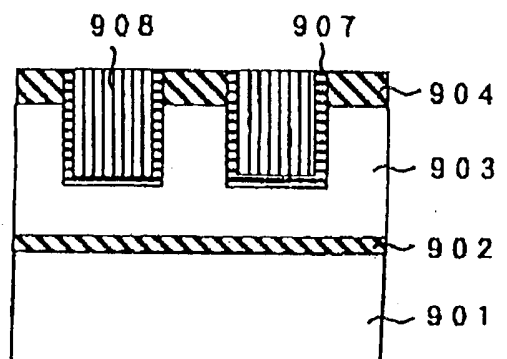
第 9D 圖



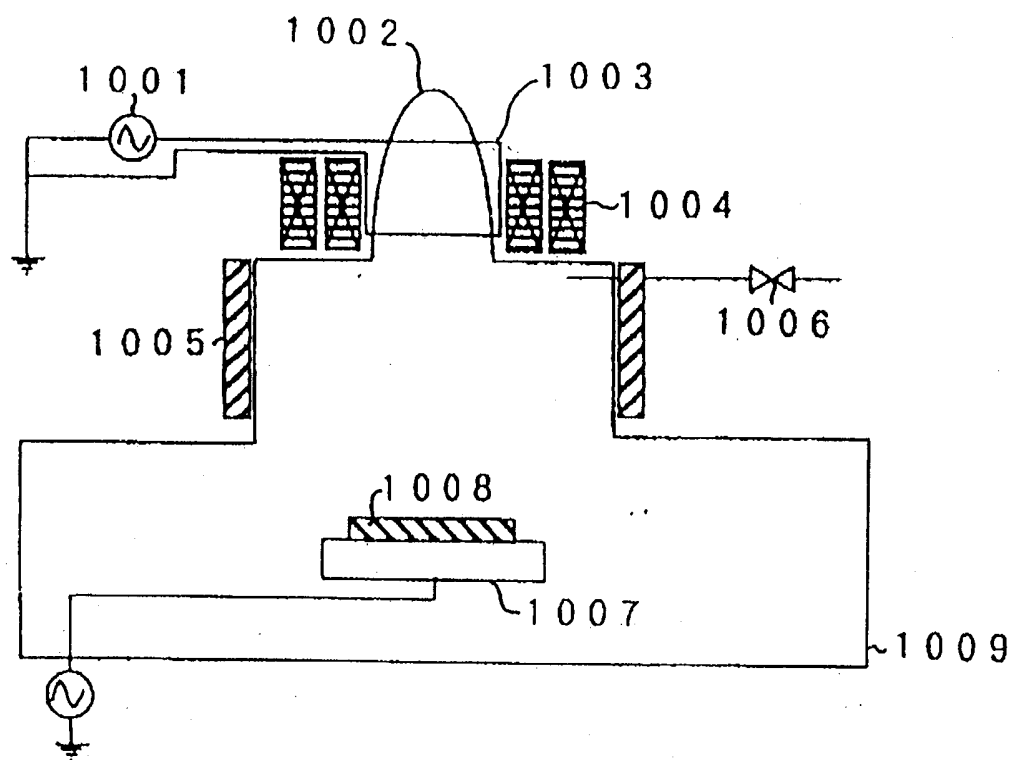
第 9E 圖



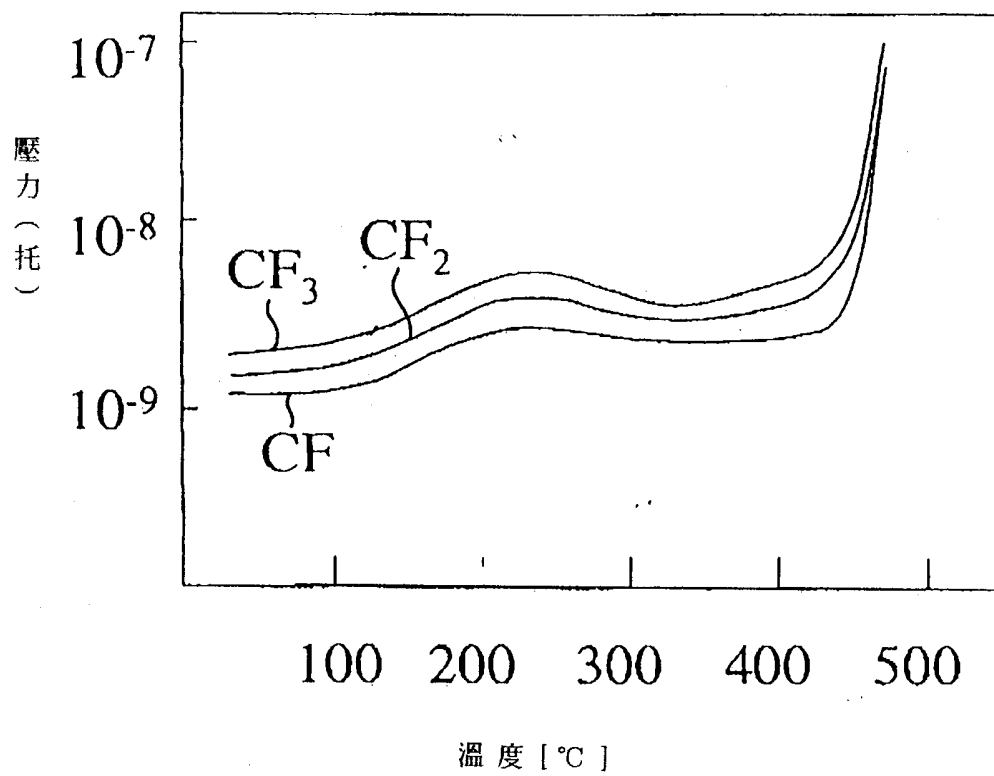
第 9F 圖



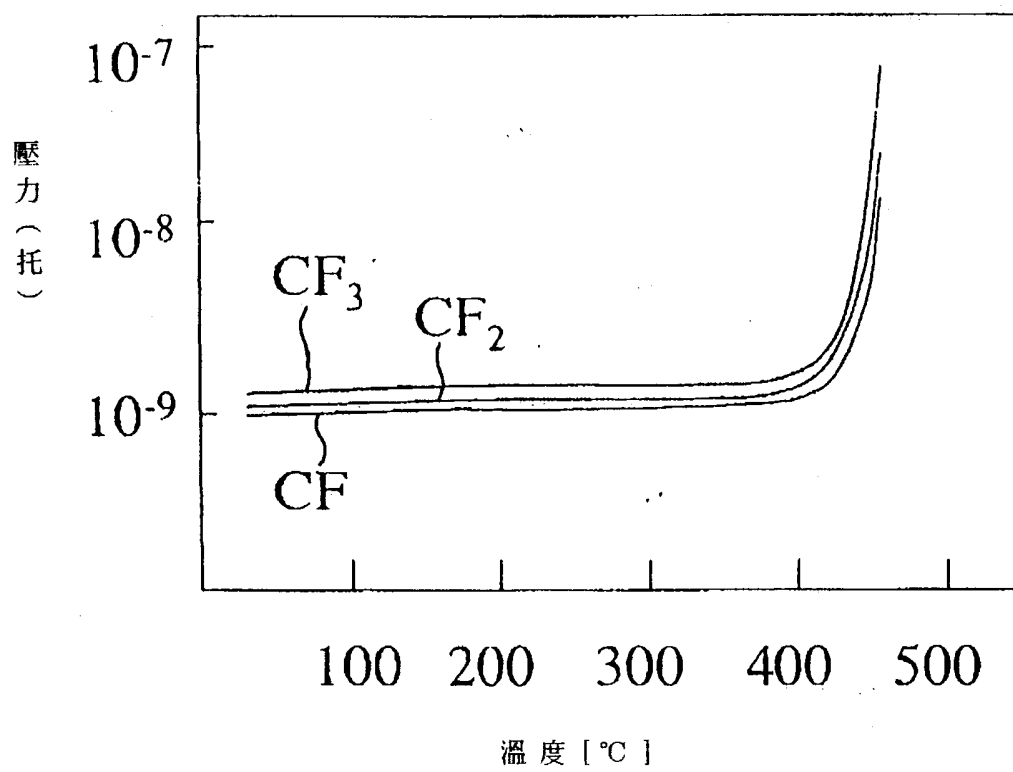
第 9G 圖



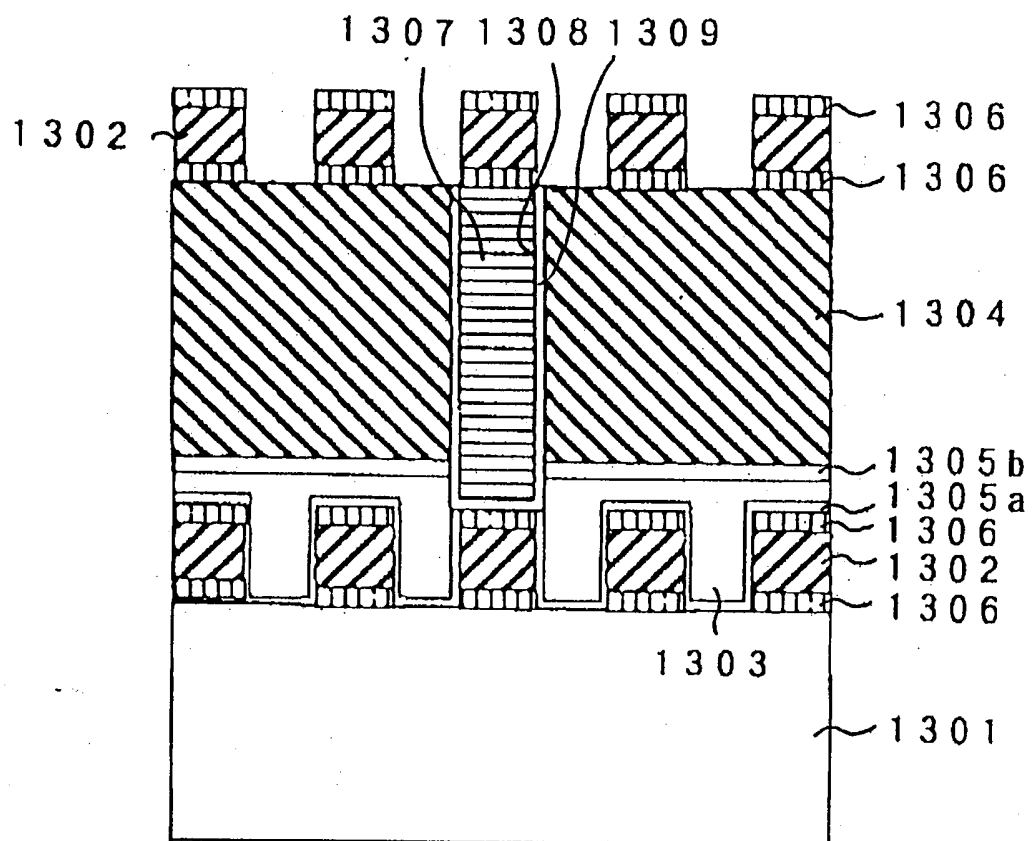
第10圖



第11圖

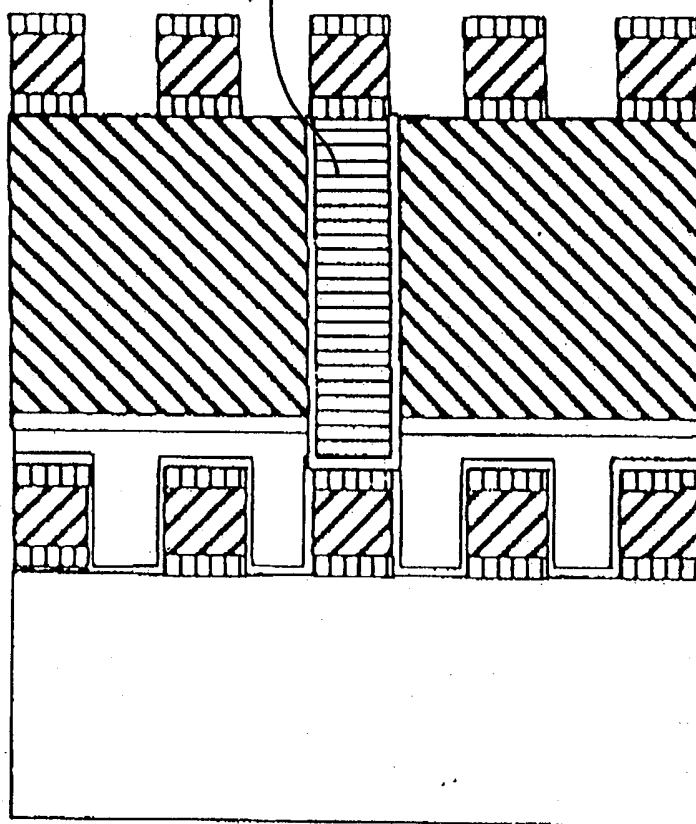


第12圖

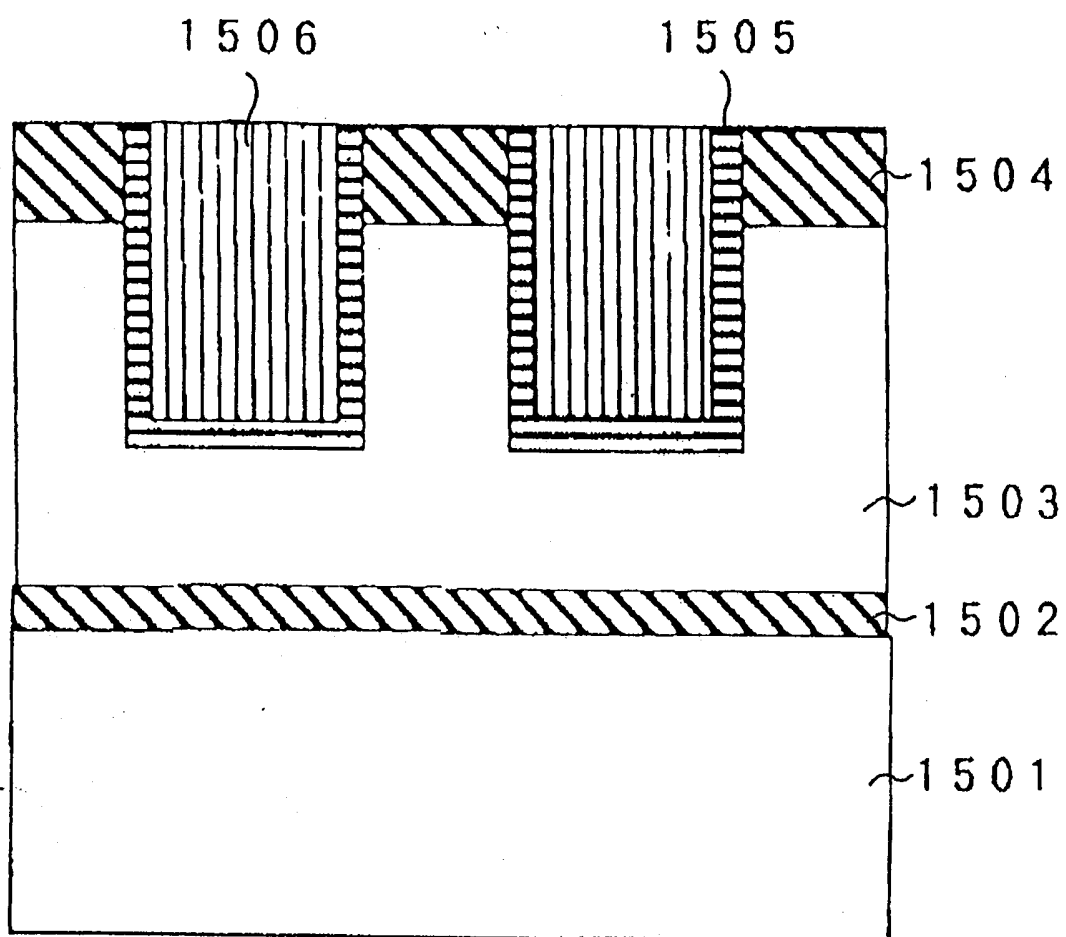


第13圖

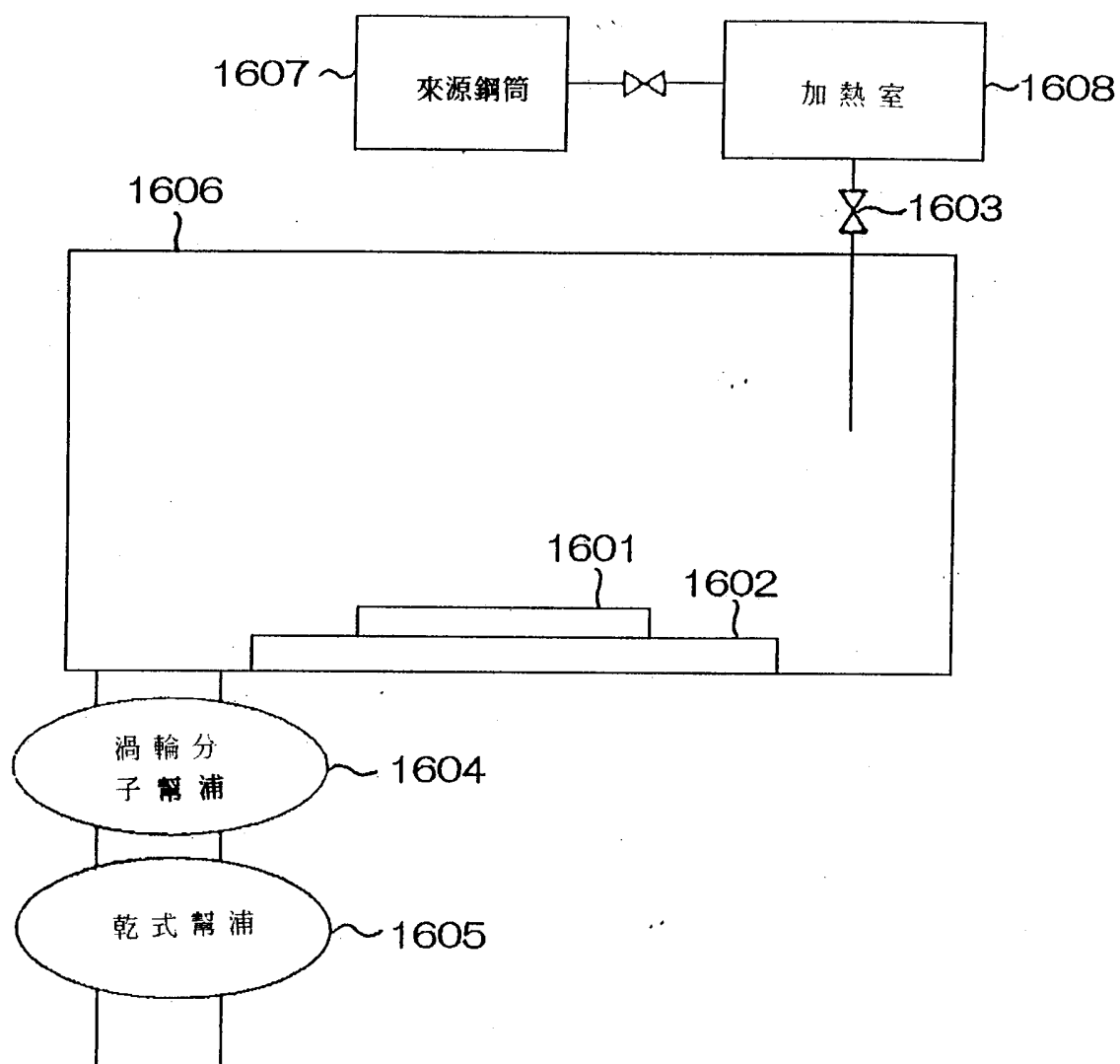
1 4 0 7



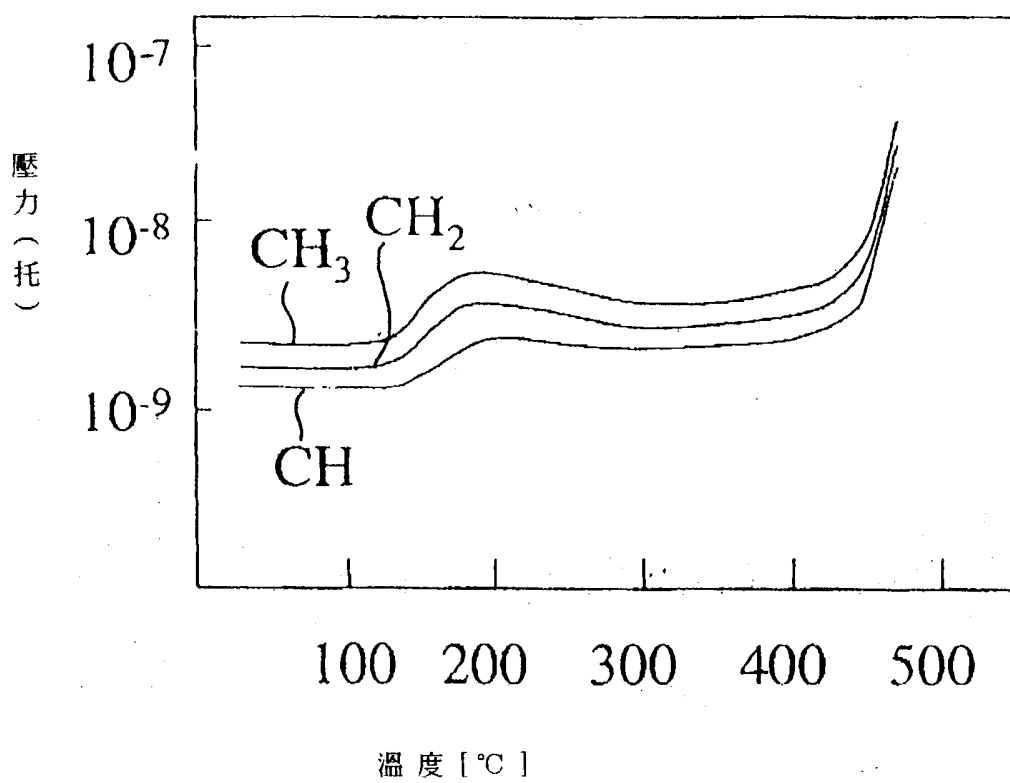
第14圖



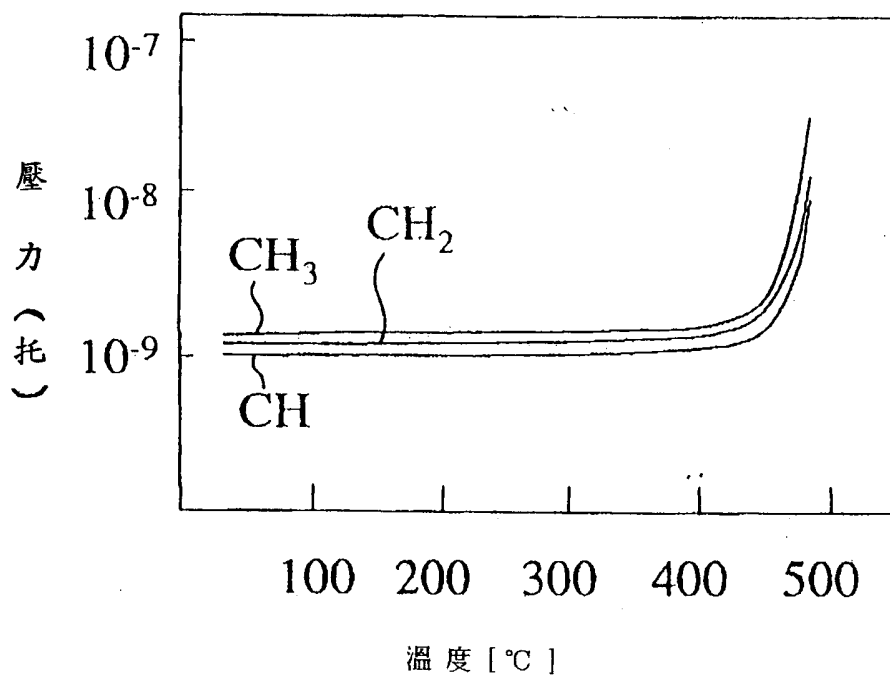
第15圖



第16圖



第17圖



第18圖