


公告本

申請日期: 91. 8. 29	案號: 91119748
類別: H01L 21/31	21/314


(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書		565892
一、 發明名稱	中文	絕緣膜之形成方法及形成系統
	英文	METHOD AND SYSTEM FOR FORMING INSULATING FILMS
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 村川 惠美
	姓名 (英文)	1. Murakawa, Shigemi
	國籍	1. 日本
	住、居所	1. 107-8481 日本國東京都港區赤坂五丁目3番6號TBS放送中心 東京威力科創股份有限公司內(c/o TOKYO ELECTRON LIMITED 3-6 Akasaka 5-chome, Minato-ku, Tokyo 107-8481 Japan)
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 東京威力科創股份有限公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. TOKYO ELECTRON LIMITED
	國籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國東京都港區赤坂五丁目3番6號 (3-6, Akasaka 5-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan)
	代表人 姓名 (中文)	1. 東 哲郎 (Azuma, Tetsuo)
	代表人 姓名 (英文)	1. Azuma, Tetsuo
		

申請日期：	案號：
類別：	

(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	姓名 (中文)	2. 熊井 壽和
	姓名 (英文)	2. Kumai, Toshikazu
	國籍	2. 日本
	住、居所	2. 107-8481 日本國東京都港區赤坂五丁目3番6號TBS放送中心 東京威力科創股份有限公司內(c/o TOKYO ELECTRON LIMITED 3-6 Akasaka 5-chome, Minato-ku, Tokyo 107-8481 Japan)
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
	代表人 姓名 (英文)	
		

申請日期：	案號：
類別：	

(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	姓名 (中文)	3. 中西 敏雄
	姓名 (英文)	3. Nakanishi, Toshio
	國籍	3. 日本
	住、居所	3. 660-0891 日本國兵庫縣尼崎市扶桑町1-8東京威力科創股份有限公司內(c/o TOKYO ELECTRON LIMITED 1-8 Fuso-cho, Amagasaki City, Hyogo 660-0891 Japan)
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
	代表人 姓名 (英文)	



本案已向

國(地區)申請專利

日本 JP

申請日期

案號

主張優先權

2001/08/29 特願2001-260179

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

【發明領域】

本發明係關於一種高信賴性的絕緣膜之形成方法及形成系統。

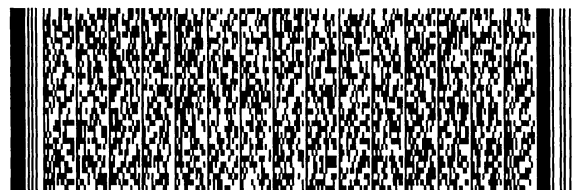
【習知技術】

隨著半導體積體電路之高積體化、高微細化，組裝於半導體積體電路之絕緣閘型場效電晶體 (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor: MISFET) 逐漸朝向微細化。隨著微細化，現在之MISFET閘絕緣膜的厚度，已要求數nm左右之極薄的厚度。

一般而言，閘絕緣膜使用藉由矽基板之熱氧化所形成的矽氧化膜 (SiO_2 膜)。但是，一旦將矽氧化膜薄化至數nm左右，將導致漏 (通道) 電流之增加、從閘電極 (多晶矽等) 而來之不純物的穿透等問題。

為了抑制通道電流之增加等，研發於矽氧化膜 (或矽氮化膜、矽氧氮化膜) 薄膜上，層積比介電常數較矽氧化膜為高之薄膜 (高介電常數膜) 的層積閘絕緣膜。藉由使用層積閘絕緣膜，一方面能確保閘絕緣膜之某種程度上的物性厚度，也能夠降低並維持有效氧化膜換算膜厚 (EOT)。於本發明，定義有效氧化膜換算膜厚係將比電容率 ϵ_{SiO_2} 實際膜厚 t 之膜厚換算成比電容率 ϵ_{SiO_2} 之矽氧化膜厚度的數值， $\text{EOT} = (\epsilon_{\text{SiO}_2} / \epsilon) \cdot t$ 。

使用矽氮化膜 (SiN 膜) 作為高介電常數膜之層積閘絕緣膜的形成方法，已揭示於日本公開專利公報第 2000-294550 號公報。藉由於該公報揭示的方法所形成的



五、發明說明 (2)

係由利用具備軸線細縫天線 (RLSA) 的電漿處理裝置，直接氧氮化膜 (或是氧化膜、氮化膜) 所形成的厚度1nm以下，與利用CVD而於該氧氮化膜上形成2nm左右之SiN膜所構成的。

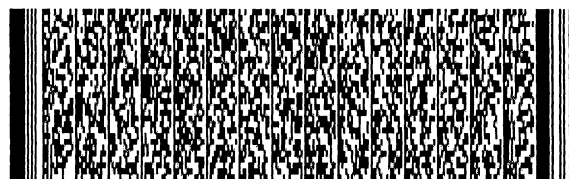
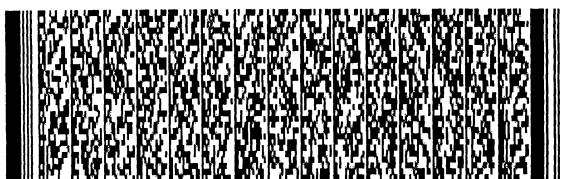
當使用RLSA型電漿處理裝置的情形，與利用CVD形成的情形作一較，未鍵結鍵較少而形成更高品質的薄膜。另外，使用RLSA型電漿處理裝置的膜形成處理，因為於較低溫 (250~450℃) 下進行，相較於其他的電漿處理，減低了膜表面之損壞。如此的話，利用RLSA型電漿處理裝置所形成的薄膜為高品質的，因而，不需要於1000℃左右之高溫的退火處理，也能防止雜質之擴散等。

於本發明之該層積閘絕緣膜係使用SiN膜作為高介電常數膜。SiN膜之比介電常數為8左右，因而，SiN膜之EOT僅為實際膜厚之0.5 ($=4/8$) 倍左右。因此，應該因應於微細化之要求，一方面確保夠厚的物性薄膜，為了得到夠薄的EOT，使用SiN膜之情形，則有其限制。

因此，比介電常數更高的無機系絕緣膜，例如，使用氧化鋁 (比介電常數為11)、氧化鋯 (比介電常數為24)、氧化鈣 (比介電常數為25) 等，能夠得到更薄的EOT層積閘絕緣膜。例如，使用比介電常數為24之氧化鋯的情形，便可以得到實際膜厚之0.17 ($=4/24$) 倍左右的EOT。

【發明所欲解決之問題】

如上所述，藉由使用無機系之高介電常數膜，可以得



五、發明說明 (3)

到具備需求之介電常數的閘絕緣膜。但是，於矽氧化膜上，一旦直接形成無機系之高介電常數膜，矽氧化膜與無機系膜將發生反應。藉此，整個層積閘絕緣膜之EOT將增大。

另外，一般而言，該無機系之高介電常數膜，例如利用CVD，長成作為前驅物之如乙氧基金屬般的有機金屬的薄膜。因此，成膜後之高介電常數膜，便含有數%之碳。一旦含碳量增高，將增大漏電流等，使得信賴性降低。

如此的話，習用技術製造夠厚的物性厚度之同時，能實現夠薄的EOT且信賴性高的閘絕緣膜是困難的。

有鑑於該狀況，本發明之目的在於提供一種可以製造信賴性高的絕緣膜之絕緣膜形成方法及形成系統。

【解決問題之方法】

為了達成該目的，有關本發明第1觀點之絕緣膜的形成方法，其具備：

於矽基板之表面區域，形成矽氧化膜之氧化膜形成製程；

於該矽氧化膜之表面區域，形成矽氮化膜之氮化膜形成製程；

於該矽氮化膜上，形成介電常數較矽氧化膜為高之薄膜的製程；

其特徵為：

該氧化膜形成製程係具備於含氧的氣體之中，將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微



五、發明說明 (4)

波而產生的電漿之中，而於該矽基板之表面區域，形成矽氧化膜的製程；及

該氮化膜形成製程係具備於含氮的氣體之中，將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，而於該矽氧化膜之表面區域，形成矽氮化膜的製程。

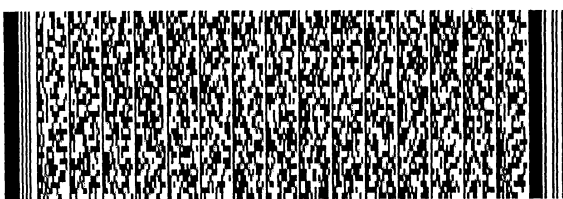
於該構造，最好該氧化膜形成製程包含於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將於該矽基板上既存的氧化膜予以改質的製程。

於該構造，最好該氧化膜形成製程具備曝露該矽基板表面的製程；及

於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板所露出的表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將於該矽基板之表面區域予以氧化的製程。

於該構造，最好該氮化膜形成製程包含於含氮的氣體之中，藉由將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將已於該矽氧化膜之表面區域予以氮化的製程。

於該構造，該介電常數膜係以金屬為主成分所構成的，也可以更具備於含氮的氣體之中，藉由將該介電常數膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將該介電常數膜予以改質的介電常數膜改質製程。



五、發明說明 (5)

另外，於該構造，例如，該介電常數膜改質製程係藉由含有該氧之氣體的電漿以去除該介電常數膜中之碳。

於該構造，例如，於該氧化膜形成製程，形成厚度1~20nm的該矽氧化膜；於該氮化膜形成製程，形成厚度0.5~6nm的該矽氮化膜。

於該構造，最好該氣體組成含有氫。

於該構造，例如，該絕緣膜係構成絕緣閘型場效電晶體之閘絕緣膜。

為了達成該目的，有關本發明第2觀點之絕緣膜的形成系統，其具備：

於矽基板之表面區域，形成矽氧化膜之氧化膜形成單元；

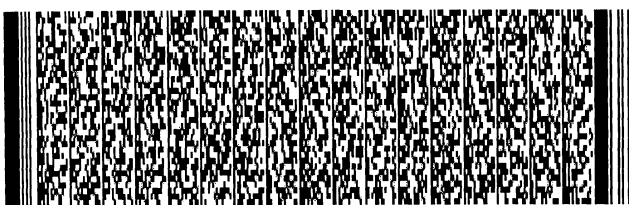
於該矽氧化膜之表面區域，形成矽氮化膜之氮化膜形成單元；

於該矽氮化膜上，形成介電常數較矽氧化膜為高之薄膜的介電常數薄膜形成單元；

其特徵為：

該氧化膜形成單元係於含氧的氣體之中，將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，而於該矽基板之表面區域形成矽氧化膜；及

該氮化膜形成單元係於含氮的氣體之中，將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，而於該矽氧化膜之表面區域，形成矽



五、發明說明 (6)

氮化膜。

於該構造，最好該氧化膜形成單元於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將於該矽基板上既存的氧化膜予以改質。

於該構造，最好該氧化膜形成單元曝露該矽基板表面而於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板所露出的表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將該矽基板之表面區域予以氧化。

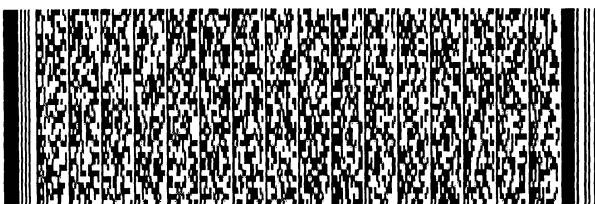
於該構造，最好該氮化膜形成單元包含於含氮的氣體之中，藉由將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將該矽氧化膜之表面區域予以氮化。

於該構造，該介電常數膜係以金屬為主成分所構成的，也可以更具備於含氧的氣體之中，藉由將該介電常數膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，將該介電常數膜之表面予以改質的介電常數膜改質單元。

另外，於該構造，該介電常數膜改質單元係藉由含有該氧之氣體的電漿去除該介電常數膜中之碳。

於該構造，例如，於該氧化膜形成單元，該矽氧化膜形成厚度1~20nm；該矽氮化膜於該氮化膜形成單元，形成厚度0.5~6nm。

於該構造，最好該氣體組成含有氫。



五、發明說明 (7)

於該構造，例如，該絕緣膜係構成絕緣閘型場效電晶體之閘絕緣膜。

【較佳實施例之詳細說明】

以下，針對有關於本實施態樣之絕緣膜的形成方法，茲將參照附隨的圖示予以說明。

利用本實施態樣所形成的絕緣膜，構成顯示於圖1的絕緣閘型場效電晶體 (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor: MISFET)。

如圖1所示，MISFET100具備：於N型矽基板101之表面區域所設置的P型汲極區域102與源極區域103；於被汲極區域102與源極區域103所包夾的矽基板101之表面區域 (通道區域) 上所設置的閘絕緣膜104；及於閘絕緣膜104上所設置的閘電極105。汲極區域102與源極區域103分別連接於構成MISFET100之汲極電極與源極電極。還有，矽基板101、汲極區域102與源極區域103，也可以分別為相反的導電型。

於被汲極區域102與源極區域103所包夾的矽基板101上，隔著閘絕緣膜104，設置閘電極105。閘電極105係由多晶矽 (p-Si) 所構成的。閘電極105構成MISFET100，於施加閘電壓之際，於閘絕緣膜104下方之矽基板101表面形成通道 (ch) 藉以連接源極—汲極之間。

閘絕緣膜104係由矽氧化膜 (SiO_2 膜) 106、矽氮化膜 (SiN 膜) 107與高介電常數膜108所構成的。

矽氧化膜106係設置於矽基板101之表面區域 (通道ch



五、發明說明 (8)

) 上。矽氧化膜106係利用具有後述之軸線細縫天線 (RLSA) 的電漿處理裝置，藉由矽基板101表面區域的氧化處理所形成的。例如，矽氧化膜106形成厚度0.5~14nm。

矽氮化膜107係層積於矽氧化膜106而予以設置的。矽氮化膜107係利用RLSA型電漿處理裝置，藉由矽氧化膜106的氮化處理所形成的。例如，設置厚度0.5~6nm的矽氮化膜107。

高介電常數膜108係被矽氮化膜107與閘電極105包夾而予以設置的。高介電常數膜108係由 Al_2O_3 、 $HfSiO_2$ 、 Ta_2O_5 、 $ZrSiO_2$ 、 HfO_2 、 ZrO_2 等無機(金屬)系材料所構成的。高介電常數膜108係利用CVD (Chemical Vapor Deposition)，例如形成厚度1~20nm。本發明中所謂的高介電常數膜係指具有被介電常數較矽氧化膜(4左右)為高的介電常數薄膜。

接著，針對該閘絕緣膜104的形成方法，茲將參照附隨的圖示予以說明。

於圖2，顯示有關本實施態樣之閘絕緣膜之形成系統10的構造。如圖2所示，閘絕緣膜之形成系統10係由晶周平台11與處理平台12所構成的。

晶周平台11具備晶周放置台13與第1搬運室14。於晶周放置台13，放置可收納既定片數晶圓的晶周C。於晶周放置台13，放置已收納未處理之晶圓的晶周C，另一方面，收納處理後晶圓之晶周C則自放置台13予以搬出。



五、發明說明 (9)

於第1搬運室14，配置具有機械手臂的第1搬運裝置15。第1搬運裝置15係將收納於晶周C的晶圓搬到處理平台12側，另一方面，從處理平台12側搬出處理後之晶圓並收納於晶周C。第1搬運室14的內部係藉由潔淨空氣之向下流動而保持潔淨。

處理平台12係由第2搬運室16、承載鎖定單元17a與17b、蝕刻單元18、氧化處理單元19、氮化處理單元20、CVD單元21、退火單元22及備用單元23所構成的。

於略成八角形之第2搬運室16的周圍，隔著閘閥24而使各單元相連接。亦即，處理平台12構成簇擁型之系統。第2搬運室16具備排氣裝置等，便可以予以減壓。另外，藉由閘閥24予以隔離的各單元17~23具備個別的排氣裝置，於其內部便可以形成與第2搬運室16分離的環境。

於第2搬運室16的中央，設置第2搬運裝置25。第2搬運裝置25具備機械手臂，進行於各單元17~23間晶圓的搬運。

承載鎖定單元17a與17b係連接於晶周平台11之第1搬運室14。承載鎖定單元17a具有搬到處理平台12之晶圓搬入用埠的功能，承載鎖定單元17b則具有晶圓搬出用埠的功能。第1搬運裝置15係將收納於晶周放置台13之晶周C的晶圓搬入承載鎖定單元17a內部。另外，第1搬運裝置15係從承載鎖定單元17b，搬出處理後之晶圓而收納於晶周C。

於蝕刻單元18，去除晶圓（以下，稱為晶圓W）表面所形成的自然氧化膜（矽氧化膜）。於圖3，顯示蝕刻單



五、發明說明 (10)

元18之剖面構造。

如圖3所示，蝕刻單元18具備腔體26與電漿形成管27。

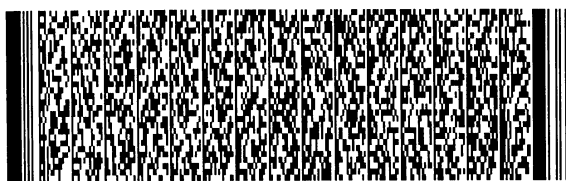
腔體26係由鋁等構成的，約略形成圓筒形狀。於腔體26之內部，裝設放置晶圓W之放置台28。放置台28係安裝於腔體26之底面，例如，利用石英製支柱29予以支撐。

於腔體26之下方，配置為了將放置台28與腔體26內部加熱至既定的溫度，配置鹵素燈泡等加熱燈泡30。於腔體26與加熱燈泡30之間，配置由石英等所形成的透視窗31。於腔體26之底部，形成照射口32，透視窗31之側緣氣密式黏著於照射口32之周圍。藉此，從加熱燈泡30所放射的熱輻射將通過透視窗31、照射口32，而照射腔體26內部（放置台28之裏面）。

於腔體26底部之支柱29的周圍，裝設排氣口33。排氣口33連接於具備真空幫浦等的排氣管線。藉由排氣管線，腔體26內部設定為既定的壓力。

於腔體26之側壁，設置與放置台28大致相同高度的搬運出入口34。搬運出入口34係隔著閘閥24而連接於第2搬運室16。於打開閘閥24之際，透過搬運出入口34進行晶圓W之搬出或搬入。

電漿形成管27係由石英等所組成且構成管狀。電漿形成管27係貫穿腔體26之上方而予以裝設的。於電漿形成管27之上面裝設氣體導入口35，氣體導入口35係隔著質量流調節器36、37而連接於氮氣源38及氫氣源39。藉此，由氮



五、發明說明 (11)

(N_2) 與氫 (H_2) 所形成的混合氣體從氣體導入口35導入電漿形成管27內。於本實施態樣，例如混合氣體以氮/氫 = 100 sccm / 10 sccm 的流量進行供應。

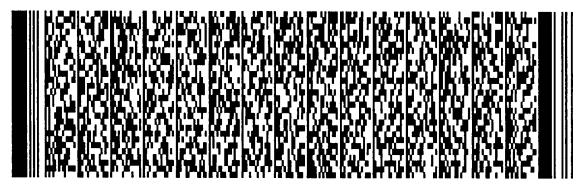
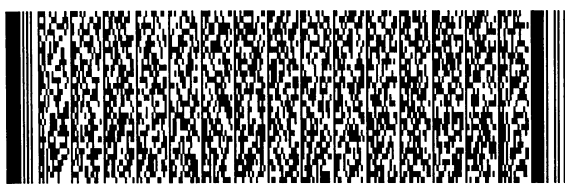
於電漿形成管27的上面，裝設電漿形成部40。電漿形成部40具備微波產生源41、矩形導波管42與Evenson型導波管43。

例如，微波產生源41產生2.45GHz之微波。從微波產生源41傳來的微波，透過矩形導波管42及Evenson型導波管43而供應至電漿形成管27內。於電漿形成管27之內部，導入從氣體導入口35所供應之氮與氫的混合氣體，所供應的微波活化混合氣體。藉此，從電漿形成管27之上方向下，形成氣體電漿之向下流動。

於電漿形成管27之下面，裝設流出口44。於流出口44裝設連通流出口44且由向下方擴散成傘形或圓錐形之石英等所形成的覆蓋構件45。藉由覆蓋構件45，從流出口44流出的氣體經由擴散而供應至腔體26內部。

於流出口44的正下方，配置具備許多氣孔46的環狀噴頭47。噴頭47係透過貫穿腔體26壁的連通管48與具備連通管48之質量流調節器49，而連接至三氟化氮 (NF_3) 氣體源頭50。

從噴頭47供應 NF_3 氣體， NF_3 氣體係供應至由氮與氫所形成的混合氣體電漿向下流動之中。於本實施態樣，例如， NF_3 係以30 sccm 流量予以供應。於電漿中，氮與氫係處於自由基等活性化狀態， NF_3 分子係藉由與該等自由基



五、發明說明 (12)

等之碰撞而予以活化，經解離而生成氟自由基等。供應至晶圓W上的氣體係處於包含氮自由基、氫自由基、氟自由基等電漿狀態。

如該方式所形成的電漿，一旦與晶圓W之表面接觸，於晶圓W之表面將形成含Si、N、H、F與O的薄膜（此處不詳以詳細解釋）。一旦將晶圓W加熱至100℃以上，該薄膜易經由昇華而從晶圓W的表面予以去除。如上所述，晶圓W表面之自然氧化膜（ SiO_2 膜）藉由電漿的向下流動而予以去除。

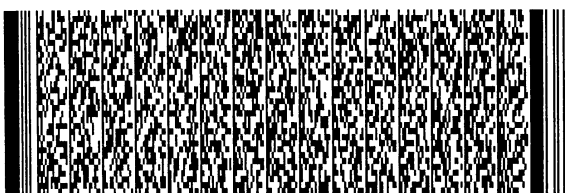
另外，於去除自然氧化膜（ SiO_2 膜）的矽基板表面，雖然大多存在矽的未鍵結鍵，該等未鍵結鍵與電漿中的氫（自由基）鍵結。藉此，基板表面為安定化的。

氧化處理單元19為軸線細縫天線（Radial Line Slot Antenna: RLSA）型之電漿處理裝置。氧化處理單元19係利用微波能量而使處理氣體的電漿產生，藉由該電漿氧化矽基板101之表面，形成矽氧化膜106。

於圖4，顯示氧化處理單元19之剖面構造。如圖4所示，氧化處理單元19具備略成圓筒形之腔體51。腔體51係由鋁等構成的。

於腔體51內部之中央，配置為被處理物的半導體晶圓（以下，稱為晶圓W）的放置台52。於放置台52，內藏未以圖示的溫度調節部，藉由溫度調節部，加熱晶圓W至既定溫度，例如，室溫 $\sim 600^\circ\text{C}$ 。

於腔體51之側壁，裝設與放置台52之上面大致相同高



五、發明說明 (13)

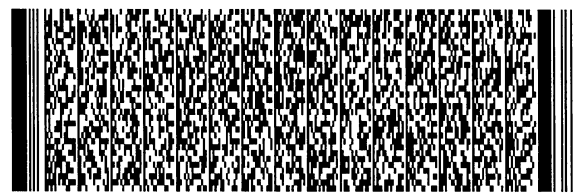
度的搬運出入口53。搬運出入口53係隔著閘閥24而連接於第2搬運室16。於打開閘閥24之際，透過搬運出入口53進行晶圓W之搬出或搬入。

排氣管54之一端連接於腔體51之底部，另一端連接於真空幫浦等排氣裝置55。藉由排氣裝置55等，將腔體51內部設定為既定之壓力，例如，4.0Pa~0.13kPa（30mTorr~1Torr）。

於腔體51之側緣上方，裝設氣體供應管56。氣體供應管56連接至氧氣（ O_2 ）源57、氫氣（ H_2 ）源58與氬氣（Ar）源59。氣體供應管56係均等地配置於沿著腔體51側壁之周圍方向，例如，均等地配置16處。藉由如此般之配置，從氣體供應管56所供應的氣體將均等地供應至放置台52上之晶圓W的上方。

於腔體51上面，設置開口60。於開口60之內側，裝設窗61。窗61係由透過性材料，例如，石英、 SiO_2 系玻璃、 Si_3N_4 、NaCl、KCl、LiF、 CaF_2 、 BaF_2 、 Al_2O_3 、AlN、MgO等無機物，或是聚乙烯、聚酯、聚碳酸酯、纖維素乙酸酯、聚丙烯、聚氯化乙烯、聚氯化亞乙烯、聚苯乙烯、聚醯胺、聚亞醯胺等有機物之薄膜、片材所構成的。

例如，於窗61上裝設軸線細縫天線（以下，稱為RLSA）62。於RLSA62上裝設連接高頻電源部63的導波路徑64。導波路徑64係由下端連接於RLSA62的扁平圓形導波管65；一端連接於圓形導波管65上面的圓筒型導波管66；連接於圓筒型導波管66上面的同軸導波轉換器67；與一端垂直連



五、發明說明 (14)

接於同軸導波轉換器67側面而另一端連接於高頻電源部63的矩形導波管68所構成的。RLSA62與導波路徑64係由銅板構成的。

於圓筒型導波管66之內部，配置同軸導波管69。同軸導波管69係由利用導電性材料作成的軸構件所構成的，同軸導波管69的一端連接於RLSA62上面的約略中央，另一端同軸狀連接於圓筒型導波管66的上面。

圖5係顯示RLSA62的平面圖。如圖5所示，RLSA62係於表面上具備於同心圓上設置複數個縫隙62a。各縫隙62a為略成方形之貫穿溝，鄰接的縫隙62a彼此間相互垂直而形成略成T的文字般排列。縫隙62a的長度與排列間隔係視利用高頻電源部63所產生的高頻波長而定。

例如，高頻電源部63以500W~5Kw的功率產生2.45GHz的微波。從高頻電源部63所產生的微波係以矩形模式傳送至矩形導波管68內。更利用同軸導波轉換器67，將微波由矩形模式轉換成圓形模式，而以圓形模式傳送至圓筒型導波管66。再利用導波管65以放大的狀態傳送微波，而從RLSA62之縫隙62a予以放射。被放射的微波則透過窗61導入腔體51。

腔體51內係設定為既定之真空壓力，例如以Ar/O₂/H₂=10:1:1，將Ar、O₂與H₂的混合氣體，從氣體供應管56供給至腔體51內。藉由穿透窗61的微波，高頻能量傳達至腔體51內的混合氣體而產生高頻電漿。此時，因為從RLSA62的複數個縫隙62a放射微波而生成高密度之電漿。



五、發明說明 (15)

於本實施態樣，利用RLSA62所形成的電漿中之活性種，具有 $0.7 \sim 2\text{eV}$ 左右的電子溫度。如此方式，若利用RLSA62，則生成活性較為穩定的電漿活性種。

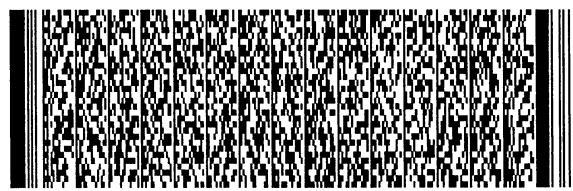
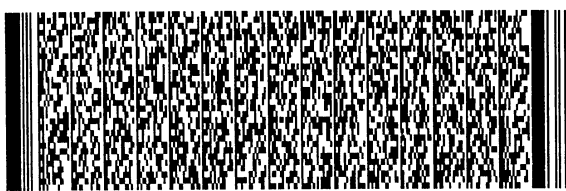
藉由曝露於所生成的高密度電漿，進行晶圓W表面之氧化。亦即，生成的電漿中之Ar自由基將於晶圓W表面之矽基板表面起作用並給與能量，切斷Si彼此間的鍵結。再者，氧(O)自由基將與Si形成Si-O鍵結。以如此般之方式，矽基板之表面將被氧化，例如，於表面形成 $1 \sim 20\text{nm}$ 的矽氧化膜。

此時，由 H_2 產生的H自由基與Si之未鍵結鍵產生鍵結，使形成的矽氧化膜予以安定化而改善膜質。

氮化處理單元20係與氧化處理單元19同樣之RLSA型電漿處理裝置。於氮化處理單元20，將利用氧化處理單元19所形成的矽氧化膜106表面的一部分予以氮化而形成矽氮化膜107。

氮化處理單元20具有與圖3所示的氧化處理單元19大致相同的構造。與氧化處理單元19不同之點為使用氮氣(N_2)取代氧氣(O_2)。氮化處理上，使用Ar、 N_2 與 H_2 的混合氣體，例如， $\text{Ar}/\text{N}_2/\text{H}_2 = 10 : 1 : 1$ 的比例。還有，最好用於取代氧的氣體是含氮的氣體，也可以使用 NH_3 、 N_2O 、 NO 、 NO_2 等。

利用氮化處理單元20之電漿處理上，於晶圓W表面所形成的矽氧化膜(SiO_2 膜)係藉由已活化之Ar自由基的作用，將Si-O鍵結予以。進一步地，由氮系氣體所生成的



五、發明說明 (16)

氮 (N) 自由基，藉由與已解離的該Si鍵結而生成Si-N鍵結。以如此般之方式，氮化表面之矽氧化膜的一部分，形成0.5~6nm的矽氮化膜 (SiN) 107。

CVD單元21係實施氮化處理，於形成SiN膜107的晶圓W之表面上，形成高介電常數膜108，於本實施態樣為氧化鉭 (Ta_2O_5)。於圖6，顯示CVD單元21之剖面構造。

如圖6所示，CVD單元21具備略成圓筒形的腔體70。例如，腔體70係由鋁所構成的。於腔體70之內部中央，裝設為了保存晶圓W的電納71。

於電納71的上面，裝設與電納71相向且具有複數個氣體供應口72之噴頭73。處理氣體供應管線連接於噴頭73。處理氣體供應管線上配置氣體供應源74。

形成 Ta_2O_5 膜之本實施例，處理氣體係由加熱至例如100~200°C之已氣化的有機鉭氣體，例如，五乙氧基鉭氣體 ($Ta(OC_2H_5)_5$)；含氧化性氣體及水分的氮氣；及作為載體氣體之不活性氣體，例如，氫氣所組成的。該等之處理氣體係於將進行處理之前，或是預先混合後導入噴頭73，從氣體供應口72供應至整個晶圓W之表面。

於電納71之周圍，配置具備複數個擋板孔75之緩衝板76。從噴頭73供應至腔體70內的氣體係透過擋板孔75而流向下方。於腔體70之下面，裝設複數個排氣埠77。排氣埠77連接於緩衝槽78。藉由緩衝槽78，將氣體供應至腔體70內，一旦被貯存，藉此，腔體70內可以得到均一性的壓力。



五、發明說明 (17)

另外，緩衝槽78連接排氣管線。排氣管線具備真空幫浦等，將腔體70內設定為既定的壓力，例如，0.13kPa (1Torr)。

於電納71的下方，隔著由石英所構成的窗79而配置加熱室80。於加熱室80中，設置鹵素燈泡等加熱燈泡81。藉由加熱隔著加熱燈泡81之窗79，電納71 (及腔體70內部) 設定為既定溫度，例如300~600℃。

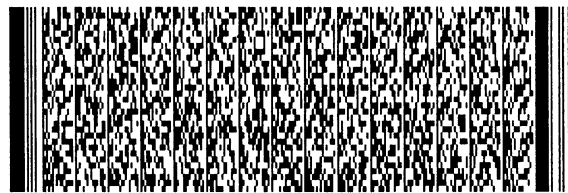
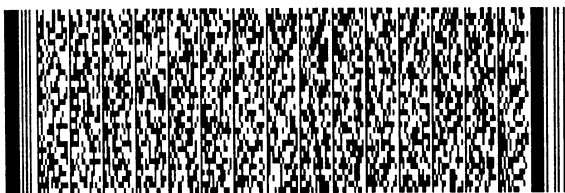
於腔體70之側壁，裝設與電納71大致相同高度的搬運出入口82。搬運出入口82係隔著閘閥24而連接於第2搬運室16。於打開閘閥24之際，藉由第2搬運裝置25進行晶圓W之搬出或搬入。

於該構造之CVD單元21，例如，進行10分鐘左右之CVD處理，利用氮化處理單元20，於已成膜的SiN膜107上，例如，形成1~20nm之高介電常數膜 (Ta₂O₅膜) 108。

退火單元22具有與氧化處理單元19大致相同的構造。於退火單元22，利用CVD單元21進行成膜的高介電常數膜 (金屬系絕緣膜) 108的退火 (改質)。亦即，使金屬系絕緣膜108中所含的前驅物 (乙氧基金屬) 本身的碳 (C) 與氧電漿進行反應，而以CO、CO₂等予以去除。藉此，可以得到含碳量少且降低漏電流等之高品質的高介電常數膜108。

還有，於退火單元22所使用的處理氣體，也可以減少氧氣比例等，而與氧化處理單元19的氣體混合比例不同。

備用單元23為可適用於熱處理單元等之其他處理單元



五、發明說明 (18)

的泛用單元。另外，為了提昇整個閘絕緣膜之形成系統10的產能，也可以裝設上述的各單元17~22。再者，備用單元23的數目，並不受限於一個，也可以裝設複數個。

以下，針對使用該構造之閘絕緣膜104之形成系統10的絕緣膜104之形成方法，茲將參照附隨的圖2予以說明。

首先，準備已形成汲極區域102與源極區域103的晶圓W。該等之晶圓W係以既定之片數，例如每25片收納於一晶周C中，而放置於晶周平台11之晶周放置台13上。

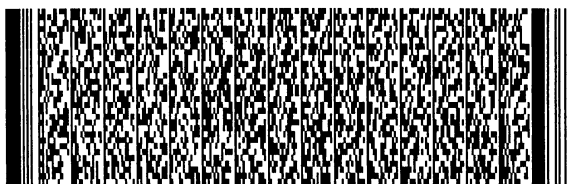
第1搬運裝置15係取出晶周C內的晶圓W，放置於承載鎖定單元17a內。之後，將承載鎖定單元17a內予以鎖定，設定為與第2搬運室16大致相同的壓力。之後，打開閘閥24，第2搬運裝置25將從承載鎖定單元17a取出晶圓W。

第2搬運裝置25係將晶圓W搬入蝕刻單元18而放置於放置台28。之後，關閉閘閥24，蝕刻單元18之內部設定為既定的壓力。

於蝕刻單元18，進行使用由 N_2 、 H_2 與 NF_3 所形成的電漿氣體之向下流動的蝕刻。藉此，於晶圓W表面所形成的自然氧化膜(SiO_2 膜)將被去除。另外，於晶圓W表面的矽(Si)之未鍵結鍵，同時與氫(H)鍵結而形成安定的薄膜。

蝕刻處理之後，蝕刻單元18之內部，設定為與第2搬運室16大致相同的壓力。接著，打開閘閥24，利用第2搬運裝置25將晶圓W從蝕刻單元18予以搬出。

接著，將晶圓W搬送至氧化處理單元19。第2搬運裝置



五、發明說明 (19)

25 係放置於氧化處理單元19內的放置台52上。之後，關閉閘閥24，氧化單元19之內部設定為既定的壓力。

於氧化處理單元19，利用RLSA型電漿處理裝置，進行矽基板101之表面氧化處理。藉此，例如於矽基板101之表面，形成1~20nm的矽氧化膜。

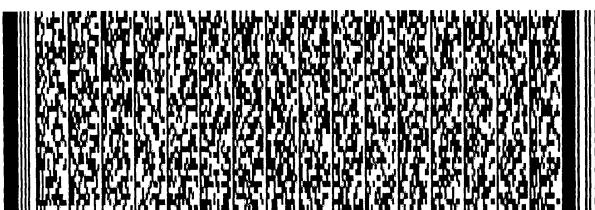
氧化處理後，氧化處理單元19之內部設定為與第2搬運室16大致相同的壓力。接著，打開閘閥24，利用第2搬運裝置25，從氧化處理單元19將晶圓W予以搬出。接著，第2搬運裝置25將晶圓W搬入氮化處理單元20之內部。搬入晶圓W後，關閉閘閥24，氮化處理單元20之內部設定為既定的壓力。

於氮化處理單元20，利用RLSA型電漿處理裝置，進行矽基板101之表面氮化處理。藉此將矽氧化膜表面予以氮化。例如，藉此於矽氧化膜之一部分，形成0.5~6nm的矽氮化膜107。

氮化處理後，氮化處理單元20之內部設定為與第2搬運室16大致相同的壓力。接著，打開閘閥24，利用第2搬運裝置25，從氮化處理單元20將晶圓W予以搬出。接著，第2搬運裝置25將晶圓W搬入CVD單元21之內部。搬入晶圓W後，關閉閘閥24，CVD單元21之內部設定為既定的壓力。

於CVD單元21，利用CVD法，於矽氮化膜107上形成高介電常數膜108，例如氧化鈮膜。例如，高介電常數膜108形成厚度1~20nm。

CVD處理後，CVD單元21之內部設定為與第2搬運室16



五、發明說明 (20)

大致相同的壓力。接著，打開閘閥24，利用第2搬運裝置25，從CVD單元21將晶圓W予以搬出。接著，第2搬運裝置25將晶圓W搬入退火單元22之內部。搬入晶圓W後，關閉閘閥24，退火單元22之內部設定為既定的壓力。

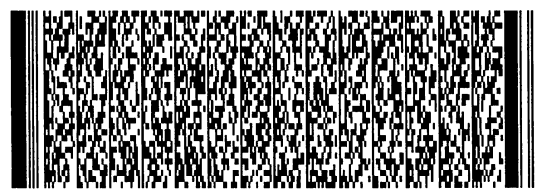
於退火單元22，利用RLSA型電漿處理裝置，進行晶圓W之退火處理。亦即，將低能量的氧氣電漿進一步施予高介電常數膜108而去除膜中的碳(C)。

退火處理後，退火單元22之內部設定為與第2搬運室16大致相同的壓力。接著，打開閘閥24，利用第2搬運裝置25，從退火單元22將晶圓W予以搬出。接著，第2搬運裝置25將晶圓W搬入承載鎖定單元17b。搬入晶圓W後，關閉閘閥24，承載鎖定單元17b之內部設定為與第1反作用室大致相同的壓力。

接著，第1搬運裝置15從承載鎖定單元17b將晶圓W予以搬出，收納於晶周放置台13上之晶周C。利用以上之製程，結束由矽氧化膜106、矽氮化膜107與高介電常數膜108所構成的閘絕緣膜104之形成製程。

本發明並不限於該實施態樣，也可以為各式各樣的變形、應用。以下，針對可適用於本發明之該實施態樣之變形態樣予以說明。

該實施態樣的蝕刻單元18的構造為一實施例，只要是能夠有效去除於晶圓W表面所形成的自然氧化膜(SiO_2 膜)之構造，任意之構造均是可行的。另外，CVD單元21之構造亦為一實施例，只要能夠於SiN膜上形成氧化鈮膜的



五、發明說明 (21)

的構造，任意之構造均是可行的。另外，也適合於氧化鈮以外之高介電常數膜成膜的構造。

於該實施態樣，裝設蝕刻單元18以去除晶圓W表面的自然氧化膜。但是，若不裝設蝕刻單元18，也可以利用氧化處理單元19，將低品質的矽氧化膜（自然氧化膜）直接改質成高品質之矽氧化膜106的構造。

於該實施態樣，氧化膜形成處理、氮化膜形成處理與退火處理，分別利用氧化處理單元19、氮化處理單元20與退火單元22進行處理。但是，也可以統一氣體供應系統等而以相同的單元進行處理。當然，從產量、安全性的觀點而言，最好以個別之單元進行處理。

於該實施態樣，使用於氧化處理單元19、氮化處理單元20與退火單元22的RLSA62及導波路徑64，設定為由銅板構成的。於本實施態樣，構成RLSA62及導波路徑64的材料係為了抑制微波之傳輸損耗，能夠適當地採用高導電率的Al、Cu、Ag/Cu電鍍的不銹鋼等。

另外，向環狀導波路徑64之導入口的方向，若於環狀導波路徑64內之微波傳輸空間，能夠有效地導入微波的方向的話，也可以於平行於H面T分岔或連線導入般的H面而能夠導入微波的方向，或是於垂直於E面T分岔般的H面而能夠導入微波的方向。另外，最好微波進行方向之縫隙間隔是管內波長的 $1/2$ 或 $1/4$ 。

再者，使用2.45GHz波長之微波以產生高密度電漿。但是，並不受限於該波長，能夠由0.8~20GHz之範圍內予



五、發明說明 (22)

以適當地選擇。

另外，使用於氧化、氮化等的氣體，並不受限於該實施態樣的氣體。例如，也可以使用Xe、Ne、Kr、He等其他的稀有氣體取代Ar。但是，除了抑制膜表面之損壞之外，為了有效切斷SiO₂鍵結則最好採用Ar。

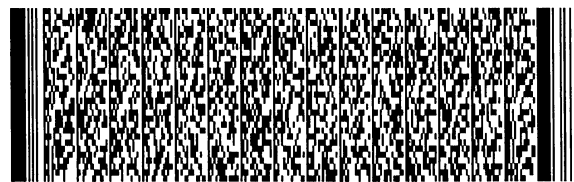
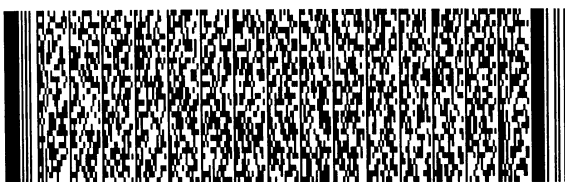
另外，氮化方面，除了N₂之外，也可以使用NH₃、N₂O、NO、NO₂等含氮的氣體。

另外，該混合氣體的混合比也不受限於該(Ar/N₂(O₂)/H₂=10:1:1)，例如，也可以使N₂(O₂)、H₂的存在比，分別於0.05~5之範圍內變化。再者，關於晶片溫度、反應壓力等反應條件，也不受限於該實施態樣者，若是可以形成高品質的SiN膜，任何的反應條件也是可以的。

於該實施態樣，雖然於退火單元22，使用RLSA型電漿處理裝置去除高介電常數膜中的碳，也可以省略退火單元22。當然，具備退火單元22之構造者，不消說可以形成高品質的薄膜。

於該實施態樣，雖然層積間絕緣膜104之最下層薄膜為矽氧化膜106，也可以是矽氮化膜、矽氧氮化膜等矽系薄膜。於此情形下，也可以改變於氧化處理單元19所使用的氣體種類。例如，若為矽氮化膜(SiN)則使用氮氣取代氧氣，若為氧氮化膜(SiON)，則可以為進一步添加氮氣的組成。

於該實施態樣，也可以使用無機(金屬)系膜作為高



五、發明說明 (23)

介電常數膜108。但是，也可以使用藉由CVD等由長成SiC、SiN等所形成的其他薄膜。於此情形下，利用RLSA電漿所形成的SiN膜係能夠發揮防止來自於閘電極（多晶矽）不純物穿透矽基板側薄膜的功能。

於該實施態樣，MISFET100之閘電極105係由多晶矽所構成的。但是，並不限於多晶矽，也可以由矽一鍺予以構成。

於該實施態樣，形成MISFET100之閘絕緣膜104。但是，並不限於此種情形，也可以將本發明適用於快閃記憶體等其他元件之絕緣膜的形成。

【發明之效果】

如以上之說明，若根據本發明則可以提供一種信賴性



圖式簡單說明

圖1係顯示有關本發明實施態樣之開絕緣膜構造的圖形。

圖2係顯示有關本發明實施態樣之開絕緣膜形成系統構造的圖形。

圖3係顯示有關本發明實施態樣之蝕刻單元構造的圖形。

圖4係顯示有關本發明實施態樣之氧化處理單元構造的圖形。

圖5係顯示有關本發明實施態樣之RLSA的表面圖。

圖6係顯示有關本發明實施態樣之CVD單元構造的圖形。

[符號說明]

10：絕緣膜之形成系統

11：晶周平台

12：處理平台

13：晶周放置台

14：第1搬運室

15：第1搬運裝置

16：第2搬運室

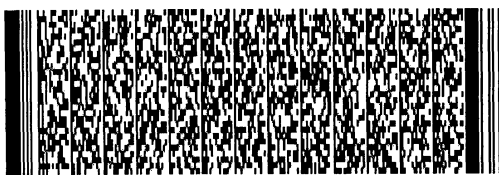
17：承載鎖定單元

18：蝕刻單元

19：氧化處理單元

20：氮化處理單元

21：CVD單元



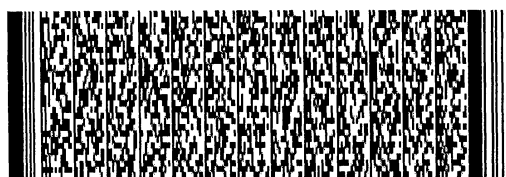
圖式簡單說明

- 22 : 退火單元
- 23 : 備用單元
- 25 : 第2搬運裝置
- 26 : 腔體
- 27 : 電漿形成管
- 28 : 放置台
- 29 : 支柱
- 30 : 加熱燈泡
- 31 : 透視窗
- 32 : 照射口
- 33 : 排氣口
- 34 : 搬運出入口
- 35 : 氣體導入口
- 36、37 : 質量流調節器
- 38 : 氮氣源
- 39 : 氫氣源
- 40 : 電漿形成部
- 41 : 微波產生源
- 42 : 矩形導波管
- 43 : Evenson型導波管
- 44 : 流出口
- 45 : 覆蓋構件
- 46 : 氣孔
- 47 : 噴頭



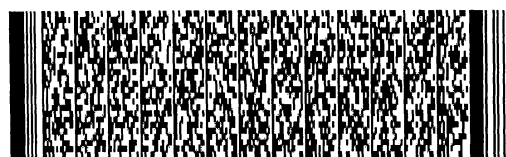
圖式簡單說明

- 48 : 連通管
- 49 : 質量流調節器
- 50 : 氣體源頭
- 51 : 腔體
- 52 : 放置台
- 53 : 搬運出入口
- 54 : 排氣管
- 55 : 排氣裝置
- 56 : 氣體供應管
- 57 : 氧氣 (O_2) 源
- 58 : 氫氣 (H_2) 源
- 59 : 氬氣 (Ar) 源
- 60 : 開口
- 61 : 窗
- 62 : RLSA
- 62a : 縫隙
- 63 : 高頻電源部
- 64 : 導波路徑
- 65 : 導波管
- 66 : 圓筒型導波管
- 67 : 同軸導波轉換器
- 68 : 矩形導波管
- 69 : 同軸導波管
- 70 : 腔體



圖式簡單說明

- 71 : 電納
- 72 : 氣體供應口
- 73 : 噴頭
- 74 : 氣體供應源
- 75 : 擋板孔
- 76 : 緩衝板
- 77 : 排氣埠
- 78 : 緩衝槽
- 79 : 窗
- 80 : 加熱室
- 81 : 加熱燈泡
- 82 : 搬運出入口
- 100 : MISFET
- 101 : 矽基板
- 102 : 汲極區域102
- 103 : 源極區域
- 104 : 閘絕緣膜
- 105 : 閘電極
- 106 : 矽氧化膜
- 107 : 矽氮化膜
- 108 : 高介電常數膜

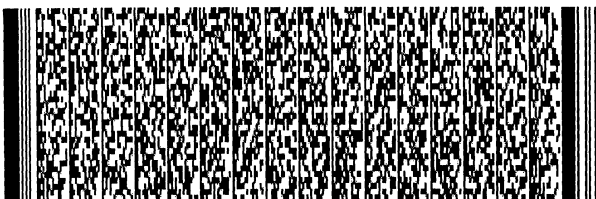


四、中文發明摘要 (發明之名稱：絕緣膜之形成方法及形成系統)

本發明旨在提供一種信賴性高的絕緣膜之形成方法及形成系統。由矽氧化膜106、矽氮化膜107與高介電常數膜108構成MISFET100之閘絕緣膜104。其中，矽氧化膜106與矽氮化膜107係藉由使用軸線細縫天線的微波電漿處理所形成的。

英文發明摘要 (發明之名稱：METHOD AND SYSTEM FOR FORMING INSULATING FILMS)

This invention provides a highly reliable method and system for forming insulating films. A gate insulating film 104 of a MISFET100 is composed of a silicon oxide film 106, a silicon nitride film 107, and a high dielectric constant film 108. The silicon oxide film 106 and the silicon nitride film 107 are formed by a microwave plasma processing using a radial line slot antenna.



六、申請專利範圍

1. 一種絕緣膜的形成方法，其具備：

氧化膜形成製程，於矽基板之表面區域形成矽氧化膜；

氮化膜形成製程，於該矽氧化膜之表面區域形成矽氮化膜；及

高介電常數薄膜形成製程，於該矽氮化膜上形成介電常數較矽氧化膜為高之薄膜；

其特徵為：

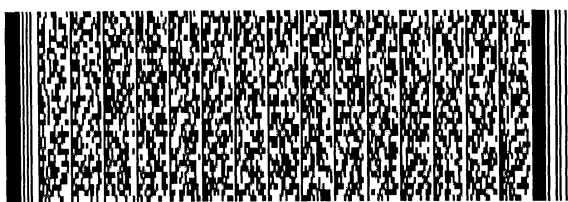
該氧化膜形成製程係具備於含氧的氣體之中，將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而於該矽基板之表面區域形成矽氧化膜的製程；且

該氮化膜形成製程係具備於含氮的氣體之中，將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而於該矽氧化膜之表面區域形成矽氮化膜的製程。

2. 如申請專利範圍第1項之絕緣膜的形成方法，其中，

該氧化膜形成製程係包含於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而將於該矽基板上既存的氧化膜予以改質的製程。

3. 如申請專利範圍第1或2項之絕緣膜的形成方法，其



六、申請專利範圍

中，該氧化膜形成製程係具備：

曝露該矽基板表面的製程；及

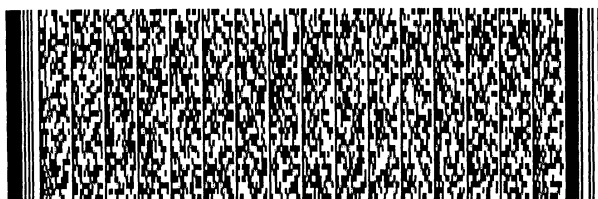
於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板所露出的表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而將該矽基板之表面區域予以氧化的製程。

4. 如申請專利範圍第1或2項之絕緣膜的形成方法，其中，該氮化膜形成製程係包含於含氮的氣體之中，藉由將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，將該矽氧化膜之表面區域予以氮化的製程。

5. 如申請專利範圍第1或2項之絕緣膜的形成方法，其中，該介電常數膜係以金屬為主成分所構成的，更具備介電常數膜改質製程，於含氧的氣體中，藉由將該介電常數膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而將該介電常數膜予以改質。

6. 如申請專利範圍第5項之絕緣膜的形成方法，其中，該介電常數膜改質製程係藉由含有該氧之氣體的電漿去除該介電常數膜中之碳。

7. 如申請專利範圍第1或2項之絕緣膜的形成方法，其中，於該氧化膜形成製程，形成厚度1~20nm的該矽氧化



六、申請專利範圍

膜；於該氮化膜形成製程，形成厚度0.5~6nm的該矽氮化膜。

8. 如申請專利範圍第1或2項之絕緣膜的形成方法，其中，該氣體組成含有氫。

9. 如申請專利範圍第1或2項之絕緣膜的形成方法，其中，該絕緣膜係構成絕緣閘型場效電晶體之閘絕緣膜。

10. 一種絕緣膜的形成系統，具備：

氧化膜形成單元，於矽基板之表面區域形成矽氧化膜；

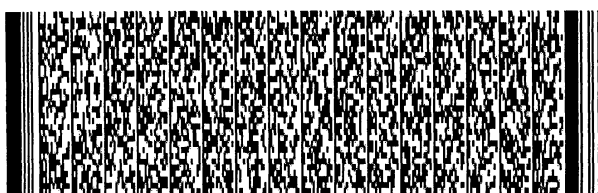
氮化膜形成單元，於該矽氧化膜之表面區域形成矽氮化膜；

高介電常數薄膜形成單元，於該矽氮化膜上形成介電常數較矽氧化膜為高之薄膜；

其特徵為：

該氧化膜形成單元係於含氧的氣體之中，將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，而於該矽基板之表面區域形成矽氧化膜；及

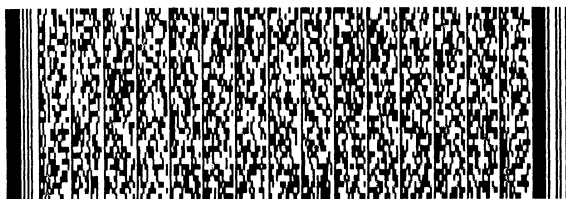
該氮化膜形成單元係於含氮的氣體之中，將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線經由照射微波而產生的電漿之中，而於該矽氧化膜之表面區域，形成矽



六、申請專利範圍

氮化膜。

11. 如申請專利範圍第10項之絕緣膜的形成系統，其中，該氧化膜形成單元係於含氧的氣體中，藉由將該矽基板表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而將於該矽基板上既存的氧化膜予以改質。
12. 如申請專利範圍第10或11項之絕緣膜的形成系統，其中，該氧化膜形成單元係使該矽基板表面曝露，於含氧的氣體之中，藉由將該矽基板所露出的表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，將該矽基板之表面區域予以氧化。
13. 如申請專利範圍第10或11項之絕緣膜的形成系統，其中，該氮化膜形成單元係於含氮的氣體之中，藉由將該矽氧化膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，將該矽氧化膜之表面區域予以氮化。
14. 如申請專利範圍第10或11項之絕緣膜的形成系統，其中，該介電常數膜係以金屬為主成分所構成的，更具備介電常數膜改質單元，於含氧的氣體之中，藉由將該介電常數膜表面曝露於從具有複數個縫隙之平面天線照射微波以產生的電漿中，而將該介電常數膜予以改質。



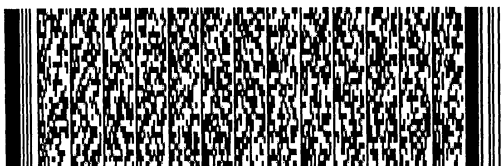
六、申請專利範圍

15. 如申請專利範圍第14項之絕緣膜的形成系統，其中，該介電常數膜改質單元係藉由含有該氧之氣體的电漿去除該介電常數膜中之碳。

16. 如申請專利範圍第10或11項之絕緣膜的形成系統，其中，於該氧化膜形成單元，該矽氧化膜形成厚度1~20nm；該矽氮化膜於該氮化膜形成單元，形成厚度0.5~6nm。

17. 如申請專利範圍第10或11項之絕緣膜的形成系統，其中，該氣體組成含有氫。

18. 如申請專利範圍第10或11項之絕緣膜的形成系統，其中，該絕緣膜構成絕緣閘型場效電晶體之閘絕緣膜。



圖式

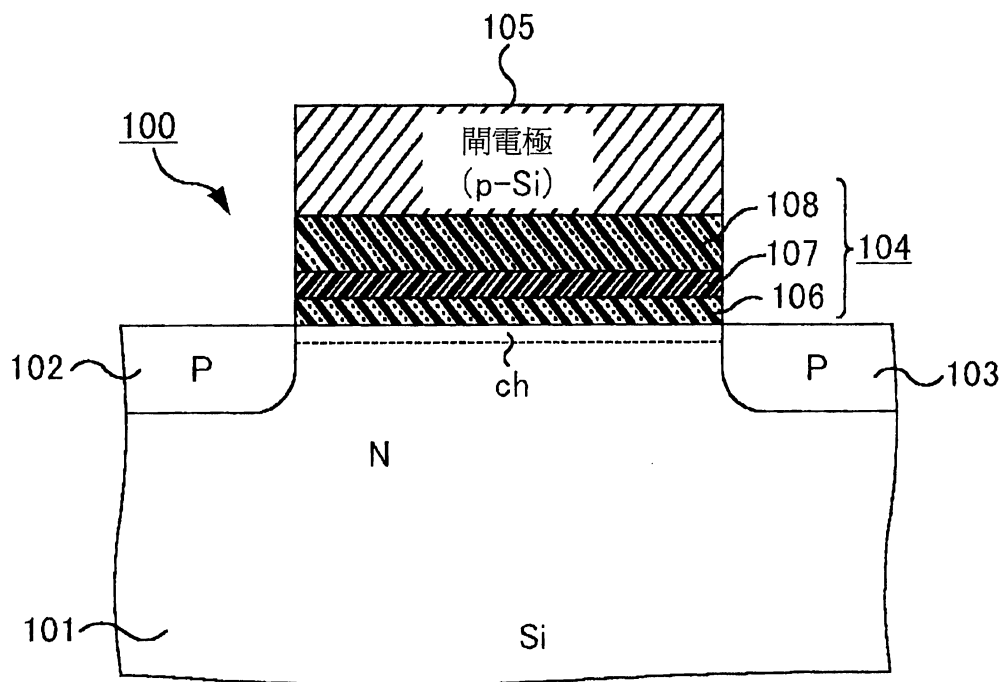


圖 1

圖式

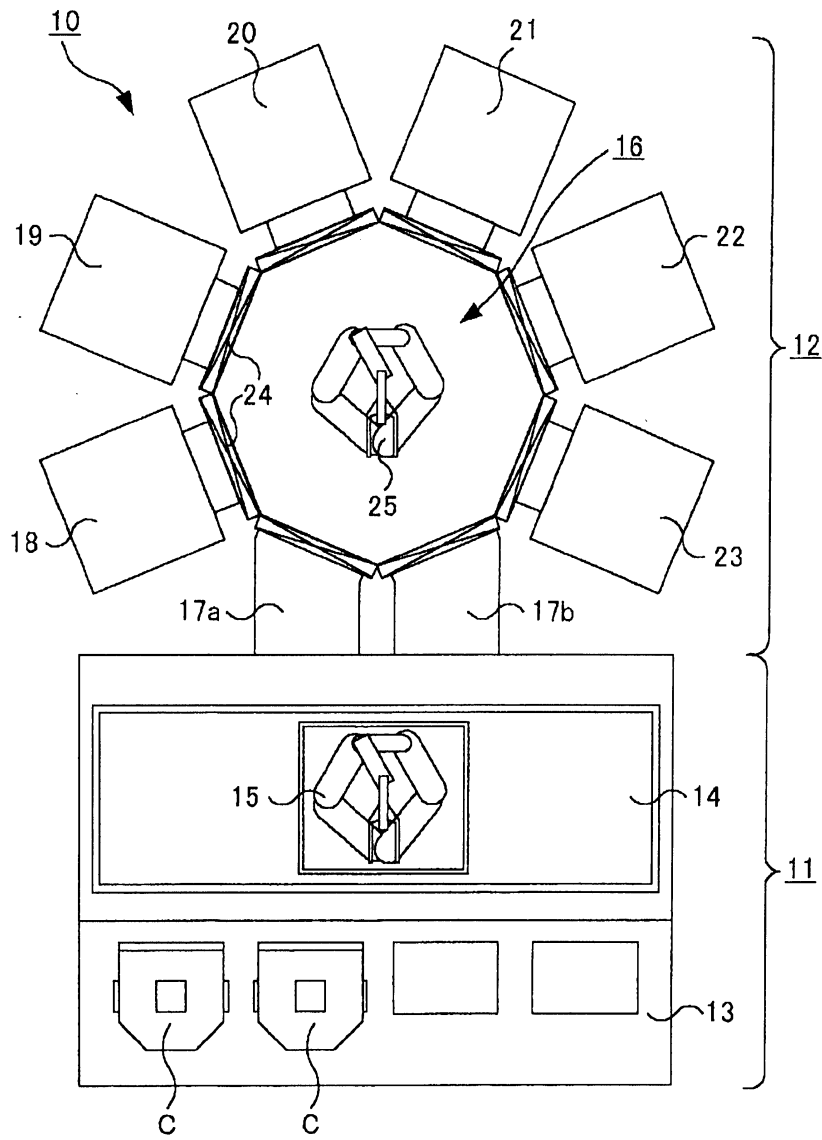


圖 2

圖式

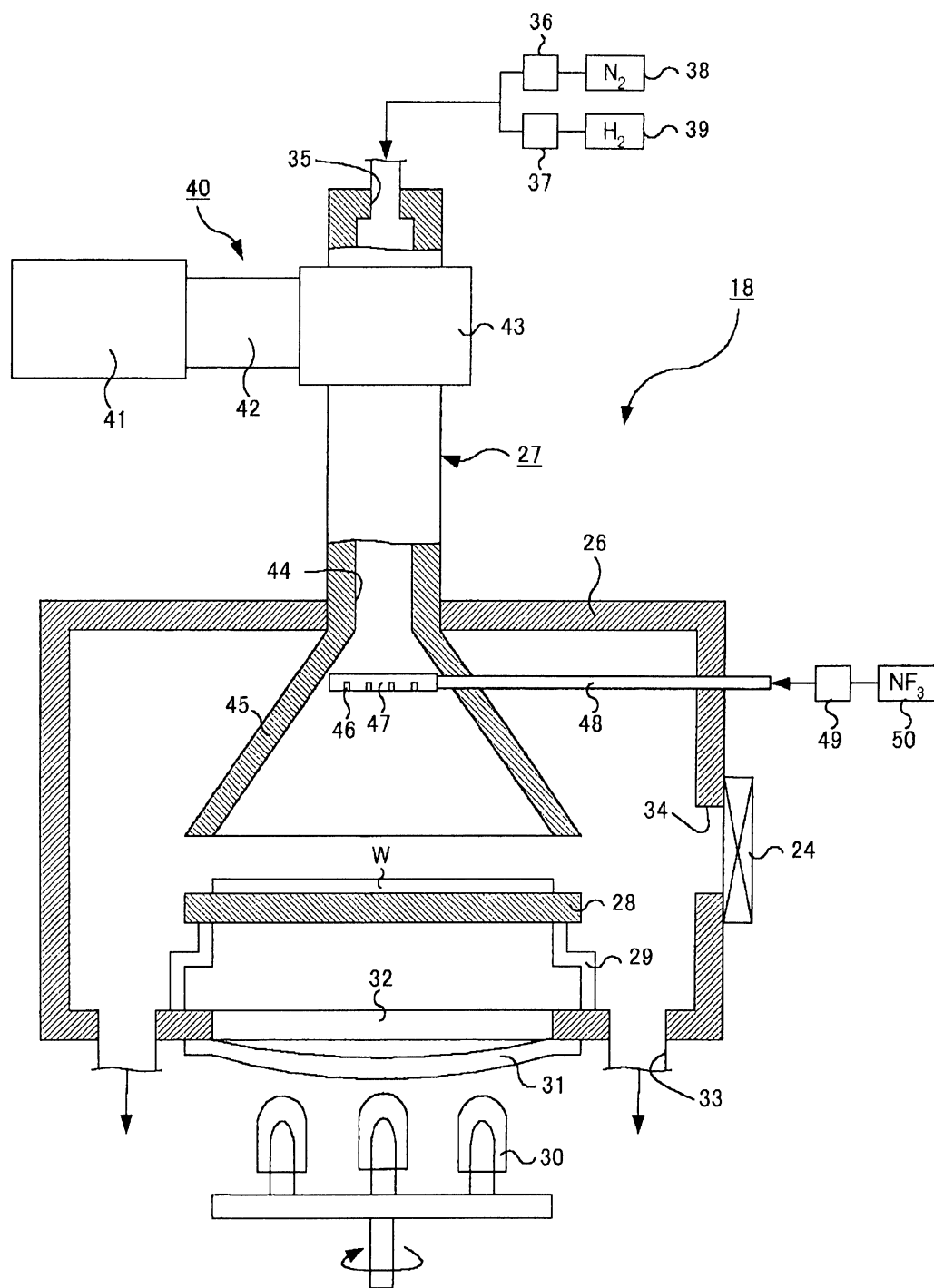


圖 3

圖式

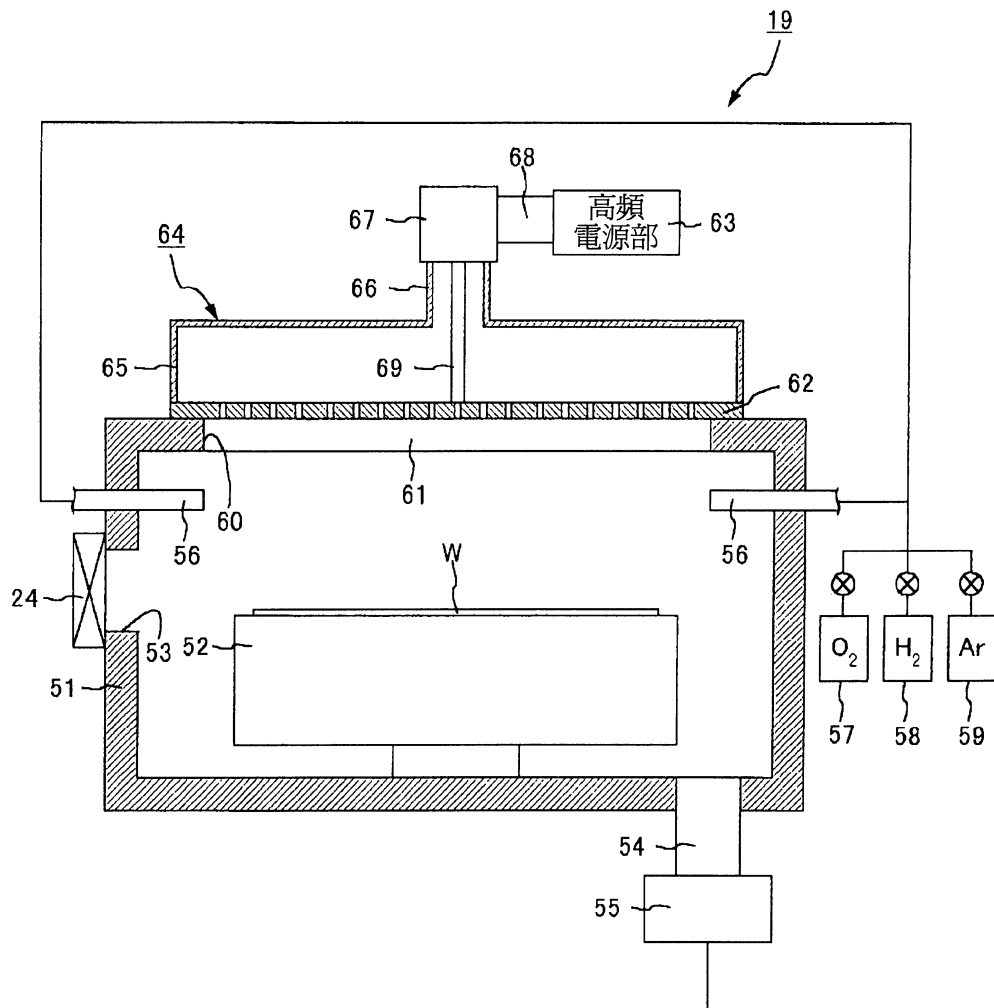


圖 4

圖式

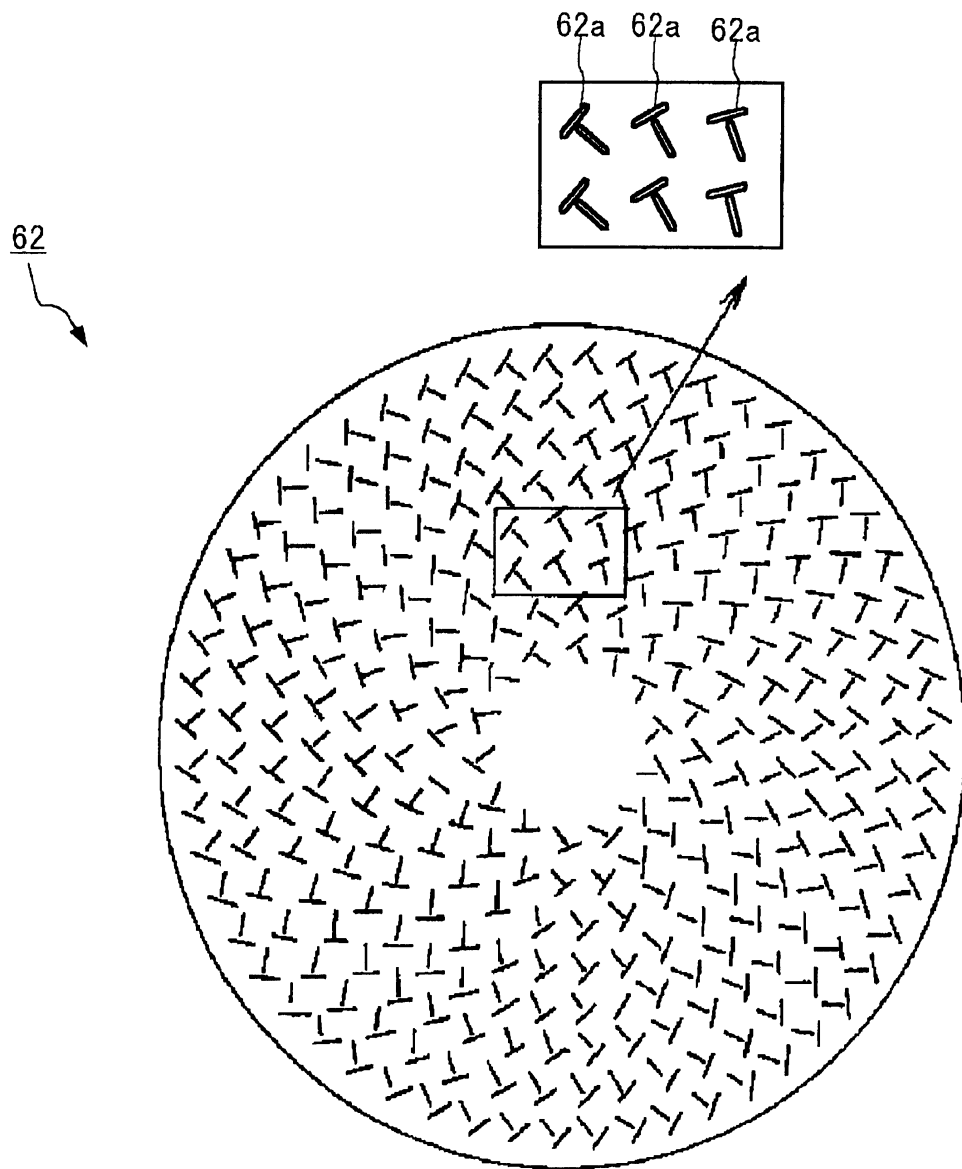


圖 5

圖式

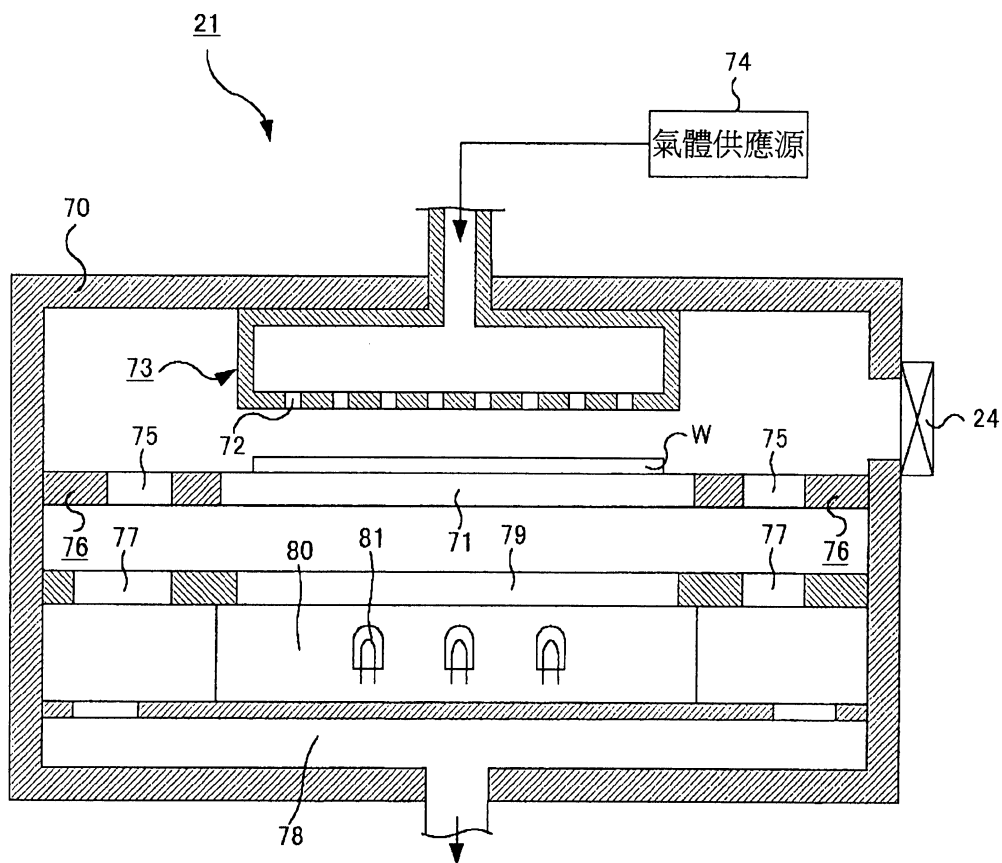


圖 6