



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201419414 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：102130031

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 22 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/31 (2006.01)*

(30)優先權：2012/08/23	日本	2012-184298
2012/11/16	日本	2012-252467
2013/05/01	日本	2013-096456

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

日本

國立大學法人東北大學 (日本) TOHOKU UNIVERSITY (JP)

日本

(72)發明人：菊地良幸 KIKUCHI, YOSHIYUKI (JP)；寒川誠二 SAMUKAWA, SEIJI (JP)

(74)代理人：林秋琴；陳彥希；何愛文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：10 共 41 頁

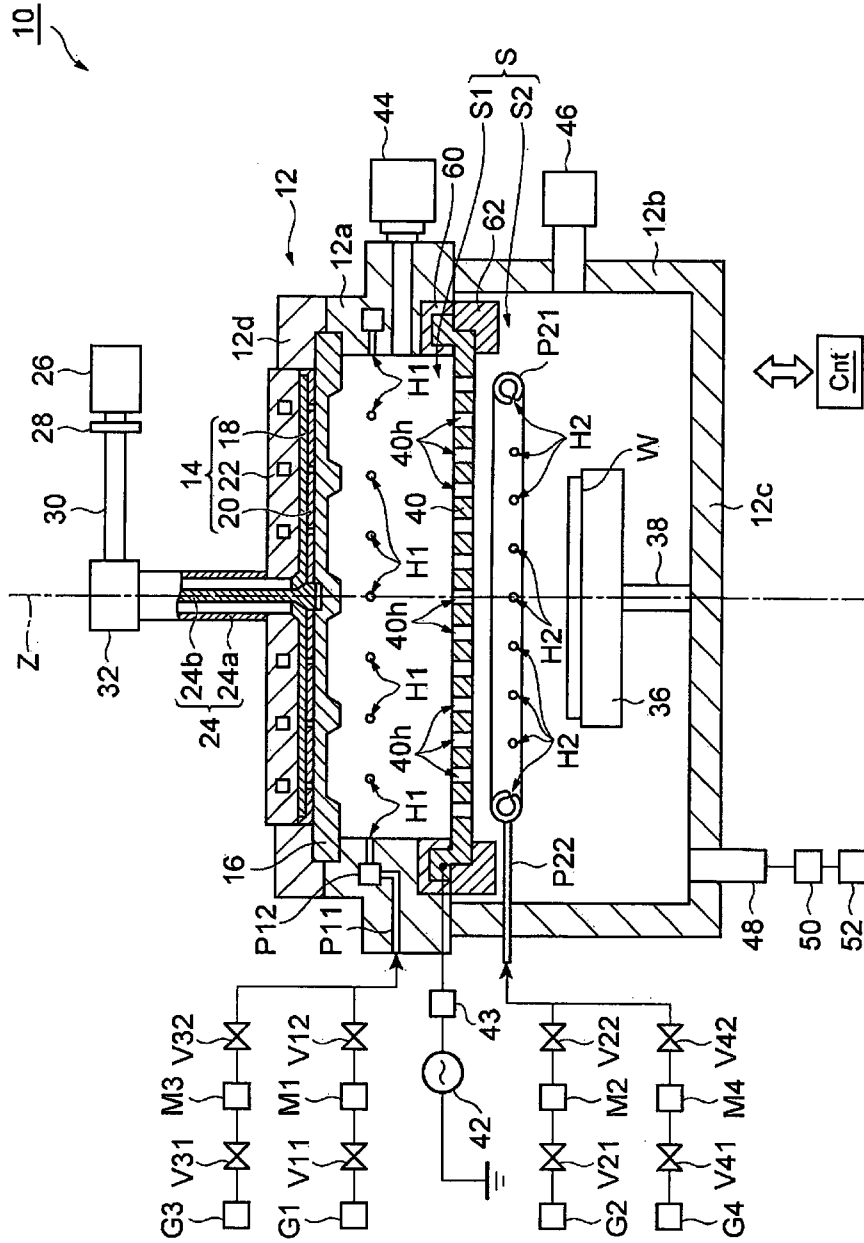
(54)名稱

成膜裝置、形成低介電係數膜之方法、S i C O 膜、以及金屬鑲嵌配線構造

(57)摘要

在一實施形態之成膜裝置中，處理容器的隔成空間包含電漿產生室與該電漿產生室下方之處理室。第 1 氣體供應系統對電漿產生室供應稀有氣體。介電體窗係以封住電漿產生室之方式設置。天線係經由介電體窗而對電漿產生室供應微波。第 2 氣體供應系統對處理室供應前驅體氣體。遮蔽部被設置在電漿產生室與處理室之間，具有用以連通電漿產生室與處理室之複數個開口且具有相對於紫外線之遮蔽性。在該成膜裝置中，電漿產生室的壓力係設定成處理室之壓力的 4 倍以上，且前驅體氣體從處理室朝電漿產生室之擴散度係設定在 0.01 以下。

圖 1



10：成膜裝置

12：處理容器

14：天線

16：介電體窗

18：介電體板

20：槽孔板

22：冷卻夾套

24：同軸導波管

26：微波產生器

28：諧調器

30：導波管

32：模式轉換器

36：載置台

40：遮蔽部

40h：開口

42：偏壓電源

44：壓力計

46：壓力計

48：排氣管

50：壓力調整器

52：減壓泵

Cnt：控制部

G1：氣體源(稀有氣體)

G2：氣體源(前驅體氣體)

H1：噴射口

H2：噴射口

M1：質流控制器

M2：質流控制器

V11：閥件

V12：閥件

V21：閥件

V22：閥件



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201419414 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：102130031

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 22 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/31 (2006.01)*

(30)優先權：2012/08/23	日本	2012-184298
2012/11/16	日本	2012-252467
2013/05/01	日本	2013-096456

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

日本

國立大學法人東北大學 (日本) TOHOKU UNIVERSITY (JP)

日本

(72)發明人：菊地良幸 KIKUCHI, YOSHIYUKI (JP)；寒川誠二 SAMUKAWA, SEIJI (JP)

(74)代理人：林秋琴；陳彥希；何愛文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：10 共 41 頁

(54)名稱

成膜裝置、形成低介電係數膜之方法、S i C O 膜、以及金屬鑲嵌配線構造

(57)摘要

在一實施形態之成膜裝置中，處理容器的隔成空間包含電漿產生室與該電漿產生室下方之處理室。第 1 氣體供應系統對電漿產生室供應稀有氣體。介電體窗係以封住電漿產生室之方式設置。天線係經由介電體窗而對電漿產生室供應微波。第 2 氣體供應系統對處理室供應前驅體氣體。遮蔽部被設置在電漿產生室與處理室之間，具有用以連通電漿產生室與處理室之複數個開口且具有相對於紫外線之遮蔽性。在該成膜裝置中，電漿產生室的壓力係設定成處理室之壓力的 4 倍以上，且前驅體氣體從處理室朝電漿產生室之擴散度係設定在 0.01 以下。

發明摘要

※ 申請案號：102130031

※ 申請日：102. 8. 22

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

1-(PIL21/31) (2006.01)

成膜裝置、形成低介電係數膜之方法、SiCO 膜、以及金屬鑲嵌配線構造

【中文】

在一實施形態之成膜裝置中，處理容器的隔成空間包含電漿產生室與該電漿產生室下方之處理室。第 1 氣體供應系統對電漿產生室供應稀有氣體。介電體窗係以封住電漿產生室之方式設置。天線係經由介電體窗而對電漿產生室供應微波。第 2 氣體供應系統對處理室供應前驅體氣體。遮蔽部被設置在電漿產生室與處理室之間，具有用以連通電漿產生室與處理室之複數個開口且具有相對於紫外線之遮蔽性。在該成膜裝置中，電漿產生室的壓力係設定成處理室之壓力的 4 倍以上，且前驅體氣體從處理室朝電漿產生室之擴散度係設定在 0.01 以下。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	成膜裝置
12	處理容器
14	天線
16	介電體窗
18	介電體板
20	槽孔板
22	冷卻夾套
24	同軸導波管
26	微波產生器
28	諧調器
30	導波管
32	模式轉換器
36	載置台
40	遮蔽部
40h	開口
42	偏壓電源
44、46	壓力計
48	排氣管
50	壓力調整器
52	減壓泵
G1	氣體源(稀有氣體)
H1	噴射口
M1	質流控制器
V11、V12	閥件
G2	氣體源(前驅體氣體)
H2	噴射口
M2	質流控制器

201419414

V21、V22 閥件

Cnt 控制部

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

成膜裝置、形成低介電係數膜之方法、SiCO 膜、以及金屬鑲嵌配線構造

【技術領域】

本發明之實施形態，係有關成膜裝置、低介電率膜之形成方法、SiCO 膜、及鑲嵌構造。

【先前技術】

在半導體元件中，有使用在層間絕緣膜內形成配線之所謂鑲嵌構造。近年來，隨著半導體元件之高集成密度化與高速動作化，為了降低配線間的電容而有進行低介電率膜(Low-k 膜)之研究。

欲形成該種 Low-k 膜，方法之一，有對於前驅體氣體照射中性粒子束之技術被提案。該技術中，係將用以激發稀有氣體之電漿之電漿產生室與用以供應前驅體氣體之處理室分離，將形成有複數個開口以供連通電漿產生室與處理室之遮蔽部，設置在電漿產生室與處理室之間。遮蔽部可遮蔽在電漿產生室所產生之紫外線，而對於通過開口之離子供應電子以使離子中性化。在該技術中，係將被遮蔽部中性化之粒子(亦即中性粒子)照射至前驅體氣體，以由前驅體氣體之分子中之甲氧基中分離出甲基。藉此，使得從前驅體氣體所產生之分子在被處理基體上聚合，而形成低介電率膜，即 SiCO 膜。相關之技術，例如專利文獻 1 所載。具體而言，在專利文獻 1 所載之成膜方法中，係使用感應耦合型之電漿源而在電漿產生室激發電漿。

先前技術文獻

專利文獻 1：日本特開 2009-290026 號公報

【發明內容】

本案發明者，係進行將專利文獻 1 所載之技術運用在具有更大直徑之

被處理基體之研究。在該研究中，本案發明者發現，感應耦合型之電漿源，會隨著被處理基體之大口徑化而可能伴隨各種問題。

例如，隨著被處理基體之大口徑化而使遮蔽部的面積變大，使遮蔽部的開口數亦變多，其結果，造成遮蔽部的電導變大，從處理室往電漿產生室之前驅體氣體的擴散趨於容易。為了解決此問題，必需增大電漿產生室與處理室之間的壓力差，但其結果將造成電漿產生室的壓力變高。一旦電漿產生室的壓力變高，在感應耦合型之電漿源會產生電子溫度高的電漿，中性粒子亦具有大的能量，而使前驅體氣體有過度解離情況。另一方面，若降低電漿產生室的壓力，則會增加朝電漿產生室之前驅體氣體的擴散量，而使前驅體氣體過度解離。根據該種現象而能推測得知，在習知的技術中，膜的低介電率化有其極限。

因此，本技術領域中，咸期待著即使在更大直徑之被處理基體上亦能形成低介電率膜之成膜裝置，以及形成低介電率膜的方法。

本發明之一觀點之成膜裝置，具備處理容器、載置台、第 1 氣體供應系統、介電體窗、天線、第 2 氣體供應系統、遮蔽部、及排氣裝置。處理容器的隔成空間中，包含電漿產生室與在該電漿產生室下方之處理室。載置台係供載置被處理基體者，其被設置在處理室內。第 1 氣體供應系統對電漿產生室供應稀有氣體。介電體窗係以封住電漿產生室的方式而設置。天線係經由介電體窗而對電漿產生室供應微波。一形態中的天線，可為輻線槽孔天線。第 2 氣體供應系統對處理室供應前驅體氣體。遮蔽部係設在電漿產生室與處理室之間，具有用以連通電漿產生室與處理室之複數個開口，且具有相對於紫外線之遮蔽性。排氣裝置與處理室連接。該成膜裝置中，電漿產生室之壓力被設定為處理室之壓力的 4 倍以上，且前驅體氣體從處理室朝電漿產生室之擴散度被設定在 0.01 以下。此處之擴散度係定義成：當朝向處理室之前驅體氣體的流量增加 1sccm 時，電漿產生室之壓力以帕斯卡為單位之增加量。擴散度之設定例如可藉由調整前驅體氣體的流量、稀有氣體的流量、及排氣裝置之排氣量而設定之。

在該成膜裝置中，係將電漿產生室的壓力設定成處理室之壓力的 4 倍以上，且前驅體氣體從處理室朝電漿產生室之擴散度被設定 0.01 以下，藉此，可降低前驅體氣體朝電漿產生室的擴散。又，在該成膜裝置中，係使

用微波作為電漿的激發源。微波與感應耦合型之電漿源有別，在低壓區域至高壓區域之廣泛的壓力帶皆能產生高密度及低電子溫度之電漿。因此，通過遮蔽部的粒子，具有能抑制前驅體氣體之過度解離的能量。因此，藉由該成膜裝置，即使在更大直徑之被處理基體上亦可形成低介電率膜。又，根據此成膜裝置，可形成低介電率及高折射率(亦即高密度)的膜。

一形態中的遮蔽部，可具有 40cm 以上的直徑。根據具有該直徑之遮蔽部，例如，可使通過遮蔽部的粒子較均勻的照射在直徑約 30cm 之被處理基體。

一形態中，遮蔽部亦可對於從電漿產生室朝處理室之離子供應電子。在該形態中，遮蔽部除了可供遮蔽紫外線，亦能使離子中性化。

一形態中，成膜裝置可進一步具備與遮蔽部連接之偏壓電源。該偏壓電源，係對於該遮蔽部施加偏壓電力以將電漿產生室所產生的離子引入遮蔽部。依照該形態，藉由對遮蔽部施加偏壓電力，能進一步縮小低介電率膜的比介電率。其要因可推測為，藉由施加於遮蔽部之偏壓電力而使通過遮蔽部之粒子被照射於前驅體氣體，因而使低介電率膜之聚合體的鏈長變長，造成該聚合體之配向性更為下降。

一形態中的第 1 氣體供應系統，亦可將稀有氣體連同氫氣供應至電漿產生室。依照該形態，可進一步縮小低介電率膜的比介電率，且能改善低介電率膜的洩漏電流特性。其要因可推測為，藉由供應至處理室的氫，使得聚合體的鏈長更長，且能因為氫的供應而減少懸鍵。

一形態中的第 2 氣體供應系統，亦可將前驅體氣體連同甲苯氣體供應至處理室。在此形態中，低介電率膜之側鏈之至少一部分被苯基所置換。其結果，使得低介電率膜之比介電率及極化率更小。

本發明之另一觀點，係有關在處理容器內之處理室所設被處理基體上形成低介電率膜的方法。該方法包含:(a)在該處理容器內之位於該處理室上方之電漿產生室，使用微波以產生稀有氣體之電漿；(b)從該電漿產生室經由遮蔽部朝該處理室供應粒子，該遮蔽部係設置在該電漿產生室與該處理室之間，具有連通該電漿產生室與該處理室之複數個開口且具有相對於紫外線之遮蔽性；(c)對該處理室供應前驅體氣體；且，

(d)該電漿產生室之壓力，係設定成該處理室之壓力的 4 倍以上，且該前驅體氣體從該處理室朝該電漿產生室之擴散度係設定在 0.01 以下。依照該方法，即使在更大直徑之被處理基體上亦可形成低介電率膜。又，依照該方法，可形成低介電率且高折射率(亦即高密度)的膜。

一形態中的微波，係由輻線槽孔天線所供應。又，一形態中的遮蔽部，可具有 40cm 以上的直徑。又，一形態中的遮蔽部，亦可對於從電漿產生室朝處理室之離子供應電子。

一形態中，亦可對該遮蔽部供應偏壓電力，以將電漿產生室所產生之離子引入遮蔽部。依照該形態，可進一步縮小低介電率膜的比介電率。又，一形態中，亦可將稀有氣體連同氫氣供應至電漿產生室。依照該形態，可進一步縮小低介電率膜之比介電率，且能改善低介電率膜的洩漏電流特性。

又，一形態中，亦可將前驅體氣體連同甲苯氣體供應至處理室。依照該形態，可進一步縮小低介電率膜之比介電率及極化率。

又，本發明之另一觀點係有關 SiCO 膜。該 SiCO 膜的特徵在於：比介電率小於 2.7 且折射率大於 1.5。該 SiCO 膜具有低的比介電率，並具有高的折射率，亦即具有高密度，而有良好的耐濕性。因此，該 SiCO 膜適用於作為鑲嵌配線構造中的蓋層。該 SiCO 膜，亦適用於作為鑲嵌配線構造之層間絕緣膜。

又，本發明之另一觀點之 SiCO 膜，係由包含 Si 原子、O 原子、C 原子、及 H 原子之聚合體所構成者，藉傅利葉轉換紅外分光法分析該 SiCO 膜所得之頻譜之信號中，當波數 1010cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1050cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1075cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號、及波數 1140cm^{-1} 附近所見之信號之信號面積的總和為 100%時，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號的面積比為 25%以上。

上述複數個波數附近所見之信號，分別表示具有相異之鍵結角之矽氧烷鍵結之信號，在其等信號中之波數 1108cm^{-1} 附近所見的信號，係表示鍵結角約 150° 之矽氧烷鍵結之信號。在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號之面積比為 25%以上時，SiCO 膜中包含更多數能提高該直鏈構造之對稱性之矽氧烷鍵結。因此，該 SiCO 膜具有低的比介電率。

一形態之 SiCO 膜中，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號之面積比為 40% 以上，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號之半高寬為 35 以下。根據該形態，SiCO 膜具有更低的比介電率。

如上述，根據本發明之各種觀點及實施形態，提供了即使在大直徑之被處理基體上亦可形成低介電率膜之成膜裝置及方法。又，提供了使用該裝置及方法以製得之低介電率及高折射率之 SiCO 膜，及以該 SiCO 膜作為蓋層之鑲嵌構造。

【圖式簡單說明】

圖 1 係一實施形態之成膜裝置之概略截面圖。

圖 2 係槽孔板之一例之俯視圖。

圖 3 係供說明一實施形態之低介電率膜之形成方法之圖。

圖 4 係供說明一實施形態之低介電率膜之形成方法之圖。

圖 5 係以一實施形態之低介電率膜之形成方法所製造之線狀構造之示意圖。

圖 6 係可含於低介電率膜內之網狀構造及籠狀構造之示意圖。

圖 7 係具有一實施形態之鑲嵌配線構造之半導體元件之圖。

圖 8 係表示實驗例 1~4 及比較例 1~30 之膜之比介電率及折射率之圖。

圖 9 係表示壓力比與擴散度之關係之圖。

圖 10 係對實驗例 6 之 SiCO 膜施以傅利葉轉換紅外分光法而得到的頻譜圖。

【實施方式】

以下，參照圖式以詳述各種實施形態。再者，對於各圖式中相同或相當的部分，係賦與同一符號。

首先說明一實施形態之成膜裝置。圖 1 係一實施形態之成膜裝置之概略的截面圖。圖 1 所示之成膜裝置 10，具備有處理容器 12。處理容器 12 係朝軸線 Z 之延伸方向(以下稱為「軸線 Z 方向」)而延伸之大致筒形狀的容器，在其內部有隔成空間 S。該空間 S 包含電漿產生室 S1、及設置在該電漿產生室 S1 之下方之處理室 S2。

一實施形態中的處理容器 12，包含第 1 側壁 12a、第 2 側壁 12b、底部 12c、及上部 12d。構成其等處理容器 12 之構件係與接地電位連接。

第 1 側壁 12a 具有朝軸線 Z 方向延伸之大致筒形狀，而隔成電漿產生室 S1。在第 1 側壁 12a 中形成了氣體流路 P11 及 P12。氣體流路 P11 係從第 1 側壁 12a 的外面延伸，連接於氣體流路 P12。氣體流路 P12 係在第 1 側壁 12a 內大致呈環狀的延伸於軸線 Z 中心。氣體流路 P12 連接著用以將氣體噴射至電漿產生室 S1 之複數個噴射口 H1。

又，氣體流路 P11 係透過閥件 V11、質流控制器 M1、及閥件 V12 而與氣體源 G1 連接。氣體源 G1 係稀有氣體之氣體源，在一實施形態中係 Ar 氣體之氣體源。其等氣體源 G1、閥件 V11、質流控制器 M1、閥件 V12、氣體流路 P11 及 P12，以及噴射口 H1，構成了一實施形態中之第 1 氣體供應系統。該第 1 氣體供應系統，在質流控制器 M1 中控制來自氣體源 G1 之稀有氣體的流量，將流量控制後之稀有氣體供應至電漿產生室 S1。

又，在氣體流路 P11 中，亦可透過閥件 V31、質流控制器 M3、及閥件 V32 而與氣體源 G3 連接。氣體源 G3 係氫氣(H_2 氣體)之氣體源。來自氣體源 G3 之氫氣之流量，藉由質流控制器 M3 的控制，將流量控制後之氫氣供應至電漿產生室 S1。在此情形，氣體源 G3、閥件 V31、質流控制器 M3、及閥件 V32，可與上述的氣體源 G1、閥件 V11、質流控制器 M1、閥件 V12、氣體流路 P11 及 P12、及噴射口 H1，共同構成第 1 氣體供應系統。

又，第 1 側壁 12a 之上端設有上部 12d。上部 12d 中設有開口，在該開口內設有天線 14。又，在天線 14 的正下方，以封住電漿產生室 S1 之方式而設有介電體窗 16。

天線 14 透過介電體窗 16 將微波供應至電漿產生室 S1。一實施形態中的天線 14 係輻射槽孔天線。該天線 14 包含介電體板 18 及槽孔板 20。介電體板 18 係供縮短微波之波長，呈大致圓盤形狀。介電體板 18 係由例如石英或鋁所構成。介電體板 18 被挾於槽孔板 20 與冷卻夾套 22 之金屬製的下面之間。因此，天線 14 係由介電體板 18、槽孔板 20、及冷卻夾套 22 之下面所構成。

槽孔板 20 係形成有複數個槽孔對之大致圓盤狀之金屬板。圖 2 係槽孔板之一例之俯視圖。在槽孔板 20 中形成有複數個槽孔對 20a。複數個槽孔

對 20a 在徑向以既定之間隔而設置，且在圓周方向以既定之間隔而設置。複數個槽孔對 20a 之每一者，包含二個槽孔 20b 及 20c。槽孔 20b 與槽孔 20c 延伸於彼此成交叉或正交之方向上。

成膜裝置 10 進一步具備同軸導波管 24、微波產生器 26、諧調器 28、導波管 30、及模式轉換器 32。微波產生器 26 可供產生例如 2.45GHz 頻率之微波。微波產生器 26 透過諧調器 28、導波管 30、及模式轉換器 32，而連接於同軸導波管 24 的上部。同軸導波管 24 係沿著其中心軸線(即軸線 Z)而延伸。同軸導波管 24 包含外側導體 24a 及內側導體 24b。外側導體 24a 係呈延伸於軸線 Z 中心之筒形狀。在外側導體 24a 的下端，可與具有導電性表面之冷卻夾套 22 之上部成電性連接。內側導體 24b 係設置在外側導體 24a 的內側。內側導體 24b 係呈沿軸線 Z 延伸之大致圓柱形狀。內側導體 24b 之下端與天線 14 之槽孔板 20 連接。

在該成膜裝置 10 中，由微波產生器 26 所產生的微波，通過同軸導波管 24，被傳遞至介電體板 18，從槽孔板 20 之槽孔被施加於介電體窗 16。

介電體窗 16 呈大致圓盤形狀，由例如石英或鋁所構成。介電體窗 16 係設置在槽孔板 20 的正下方。介電體窗 16 能讓來自天線 14 之微波穿透，將該微波導入電漿產生室 S1。藉此，在介電體窗 16 之正下方產生電場，在電漿產生室 S1 中產生稀有氣體之電漿。又，對於電漿產生室 S1 有供應稀有氣體與氬氣之情形時，亦會產生氬氣之電漿。

在上述之第 1 側壁 12a 的下方，以連續於該第 1 側壁 12a 之方式而有第 2 側壁 12b 的延伸。第 2 側壁 12b 呈延伸於軸線 Z 方向之大致圓筒形狀，而隔成處理室 S2。成膜裝置 10 在該處理室 S2 內進一步具備載置台 36。載置台 36 在其上面可供支撐被處理基體 W。一實施形態中的載置台 36 係由從處理容器 12 之底部 12c 朝軸線 Z 方向延伸之支撐體 38 所支撐。該載置台 36 可具有靜電夾頭之類的吸附保持機構、與冷卻元件連接之冷媒流路、以及加熱器之類的溫度控制機構。

又，在處理室 S2 內，在載置台 36 之上方設有在軸線 Z 中心呈環狀延伸之管 P21。該管 P21 中，形成有用以對處理室 S2 噴射氣體之複數個噴射口 H2。管 P21 中，連接著貫通第 2 側壁 12b 而延伸至處理容器 12 之外部為止之管 P22。在該管 P22 中，透過閥件 V21、質流控制器 M2、及閥件

V22 而與氣體源 G2 連接。氣體源 G2 係前驅體氣體之氣體源，一實施形態中，係供應 1,3-二甲氧四甲基二矽氧烷(DMOTMDS)氣體。其等氣體源 G2、閥件 V21、質流控制器 M2、閥件 V22、管 P21 及 P22、以及噴射口 H2，構成了一實施形態之第 2 氣體供應系統。該第 2 氣體供應系統係在質流控制器 M2 控制來自氣體源 G2 之前驅體氣體之流量，將流量控制後之前驅體氣體供應至處理室 S2。再者，由第 2 氣體供應系統供應至處理室 S2 之前驅體氣體，適用者可例舉為在氣體分子構造中具 SiO、具有甲基之所有氣體(MTMOS、Di-iso-propyl-dimethoxysilane、Isobutyl-dimethyl-methoxysilane 等)；在氣體分子構造具有圓環構造之所有氣體(Dimethoxy-silacyclohexane、Dimethyl-silacyclohexane、5-Slaspriro [4,4] nonane 等)；在氣體分子構造中具有苯環或 5 圓環等不易被電漿毀損之構造之各氣體(Dicyclopentyl-dimethoxysilane 等)。

又，在氣體流路 P22 中，亦可透過閥件 V41、質流控制器 M4、及閥件 V42 而與氣體源 G4 連接。氣體源 G4 為甲苯氣體之氣體源。來自氣體源 G4 之甲苯氣體之流量，係藉由質流控制器 M4 之控制，將流量控制後之甲苯氣體供應至處理室 S2。在此情形，氣體源 G4、閥件 V41、質流控制器 M4、及閥件 V42，可與上述之氣體源 G2、閥件 V21、質流控制器 M2、閥件 V22、氣體流路 P21 及 P22、及噴射口 H2，共同構成一實施形態之第 2 氣體供應系統。

成膜裝置 10 中，在電漿產生室 S1 與處理室 S2 之間設有遮蔽部 40。遮蔽部 40 係大致呈圓盤狀之構件，在該遮蔽部 40 中，形成有可連通電漿產生室 S1 與處理室 S2 之複數個開口 40h。

遮蔽部 40 由例如第 1 側壁 12a 所支撐。一實施形態中的遮蔽部 40 被夾於絕緣性構件 60 與絕緣性構件 62 之間，透過其等絕緣性構件 60、62，而被第 1 側壁 12a 所支撐。因此，一實施形態中的遮蔽部 40 與第 1 側壁 12a 成電性分離。在該遮蔽部 40 中，亦可連接於用以將偏壓電力施加至該遮蔽部 40 之偏壓電源 42。偏壓電源 42 可為能產生高頻偏壓電力之電源。在本實施形態中之偏壓電源 42，為了將電漿產生室 S1 中所產生之離子引入遮蔽部 40，而將高頻偏壓電力供應至遮蔽部 40。在此情形，在偏壓電源 42 與遮蔽部 40 之間設有匹配器 43，其具有用以匹配偏壓電源 42 之輸出阻抗與

負荷側(亦即遮蔽部 40 之側)之阻抗之匹配電路。再者，偏壓電源 42 亦可為直流電源，亦可將直流之偏壓電力施加至遮蔽部 40。

遮蔽部 40 具有相對於電漿產生室 S1 所產生之紫外線之遮蔽性。亦即，遮蔽部 40 可由不透過紫外線之材料所構成。又，一實施形態中的遮蔽部 40，在當電漿產生室 S1 所產生之離子邊被隔成開口 40h 之內壁面所反射、邊通過該開口 40h 時，對該離子供應電子。藉此，遮蔽部 40 將離子予以中性化，將中性化後之離子(亦即中性粒子)釋放至處理室 S2。一實施形態中的遮蔽部 40 係由石墨所構成。再者，在其他實施形態中，遮蔽部 40 亦可由鋁製之構件、或表面經陽極氧化處理、或在表面設置氧化釷膜之鋁製的構件所構成。

又，對遮蔽部 40 施加偏壓電力之情形時，在電漿產生室 S1 所產生之離子，朝著遮蔽部 40 而被加速。其結果，提高了通過遮蔽部 40 之粒子的速度。

在一實施形態中的遮蔽部 40，具有 10mm 之厚度、40cm 之直徑。遮蔽部 40 之直徑，係由接於電漿產生室 S1 之面的直徑所定義。又，在一實施形態中，遮蔽部 40 之開口 40h 具有 1mm 的直徑。又，一實施形態中，遮蔽部 40 之開口率係 10%。遮蔽部 40 之開口率係被定義成相對於接於電漿產生室 S1 之面的面積，開口 40h 所占的面積比率。再者，開口率亦可在 5%~10%之範圍。

成膜裝置 10 中，具備有直徑為 40cm 以上之遮蔽部 40，藉此，可在 8 吋以上之被處理基體 W 形成膜。具有如此大之直徑之遮蔽部 40 有大的電導。具體而言，遮蔽部 40 之電導 C，以下式定義之。

$$C=1/4 \times v \times A \dots (1)$$

在式(1)中，v 為分子之平均速度，A 以下式定義之。

$$A=\pi \times 1/4 \times D^2 \times B \dots (2)$$

在式(2)中，D 為遮蔽部 40 的直徑，B 為開口率。由式(1)及式(2)可了解，為了在大口徑之直徑之被處理基體 W 成膜，若是加大遮蔽部 40 之直徑，則遮蔽部 40 之電導會受到半徑平方所影響而變大。因此，成膜裝置 10 中，必需要有對策能抑制供應至處理室 S2 之前驅體氣體經由遮蔽部 40 而擴散至電漿產生室 S1。

因此，成膜裝置 10 中，係將電漿產生室 S1 之壓力設定成處理室 S2 之壓力的 4 倍以上，亦即將壓力比設定成 4 以上，且擴散度設定成 0.01 以下。此處之擴散度係定義成，當供應至處理室 S2 之前驅體氣體的流量增加 1sccm 時，電漿產生室 S1 之壓力以帕斯卡為單位時的增加量。該擴散度，係將稀有氣體供應至電漿產生室 S1，增加供應至處理室 S2 之前驅體氣體之流量，將前驅體氣體的流量與電漿產生室之壓力上昇量之關係繪成圖表，由該圖表之分布傾向而求得。擴散度係部分相關於壓力比，但亦相關於遮蔽部 40 之電導、稀有氣體之流量、及前驅體氣體的流量等。

一實施形態中的成膜裝置 10，具有用以測定電漿產生室 S1 之壓力之壓力計 44，以及用以測定處理室 S2 之壓力之壓力計 46。又，在該成膜裝置 10 中，在底部 12c 中與處理室 S2 連接之排氣管 48 處係連接著壓力調整器 50 及減壓泵 52。其等壓力調整器 50 及減壓泵 52 構成了排氣裝置。在該成膜裝置 10 中，能根據壓力計 44 及 46 所測得之壓力，藉質流控制器 M1 來調整稀有氣體的流量，藉質流控制器 M2 來調整前驅體氣體的流量，再者，可藉壓力調整器 50 來調整排氣量。藉此，可將成膜裝置 10 設定成上述之壓力比及擴散度。

如圖 1 所示，一實施形態中的成膜裝置 10，進一步具備控制部 Cnt。控制部 Cnt，可為能程式化之電腦裝置之類的控制器。控制部 Cnt 能根據於處理選單之程式來控制成膜裝置 10 的各部。例如，控制部 Cnt 對閥件 V11、V12 送出控制信號，能控制稀有氣體之供應及停止供應；對質流控制器 M1 送出控制信號，可控制稀有氣體的流量。又，控制部 Cnt 對閥件 V31、V32 送出控制信號，可控制氫氣之供應及停止供應；對質流控制器 M3 送出控制信號，可控制氫氣的流量。又，控制部 Cnt 對閥件 V21、V22 送出控制信號，可控制前驅體氣體之供應及停止供應；對質流控制器 M2 送出控制信號，可控制前驅體氣體的流量。又，控制部 Cnt 對閥件 V41、V42 送出控制信號，可控制甲苯氣體之供應及停止供應；對質流控制器 M4 送出控制信號，可控制甲苯氣體之流量。又，控制部 Cnt 對壓力調整器 50 送出控制信號，可控制排氣量。再者，控制部 Cnt 對微波產生器 26 送出控制信號，可控制微波之功率；對偏壓電源 42 送出控制信號，可控制對於遮蔽部 40 之偏壓電力的供應及停止供應；再者，可控制偏壓電力(例如 RF 電力)的功率。

以下說明使用成膜裝置 10 之低介電率膜的成膜原理，以及一實施形態之低介電率膜之形成方法。在此方法中，係對於遮蔽室 40 之上方之電漿產生室 S1 供應稀有氣體，對該電漿產生室 S1 供應微波。藉此，如圖 3 所示，在電漿產生室 S1 中產生了稀有氣體之電漿 PL。在圖 3 中，顯示作為稀有氣體之氬氣的電漿 PL。在該電漿 PL 中，產生了氬離子、電子、及紫外線的光子。圖中的氬離子以圈示之「Ar⁺」表示，電子以圈示之「e」表示，光子以圈示之「P」表示。

電漿 PL 中的電子，經遮蔽部 40 的反射而回到電漿產生室 S1。又，光子被遮蔽部 40 所遮蔽。另一方面，氬離子在遮蔽部 40 之開口 40h 之途中與隔成該開口 40h 之內壁面接觸，以從遮蔽部 40 接收電子。藉此，在氬離子被中性化之後，作為中性粒子而被釋放至處理室 S2。再者，圖中氬之中性粒子，以圈示之「Ar」表示。

同時，對處理室 S2 供應前驅體氣體。此時，在本方法中，為了要減少從處理室 S2 朝電漿產生室 S1 之前驅體氣體的擴散，而將壓力比設成 4 以上，且將擴散度設成 0.01 以下。因此，本方法中，可降低前驅體氣體朝電漿產生室 S1 之擴散量，可抑制前驅體氣體被過度解離。

又，如圖 4 所示，在處理室 S2，對於作為前驅體氣體之 DMOTMDS 氣體照射氬的中性粒子。如上述，本方法中，係藉由一實施形態之輻線槽孔天線所供應的微波，在電漿產生室 S1 中激發稀有氣體之電漿。微波有別於感應耦合型之電漿源，從低壓區域至高壓區域之廣泛的壓力帶皆可產生高密度且低溫之電漿。因此，通過遮蔽部之粒子具有可抑制前驅體氣體之過度解離之能量。該粒子若被照射至作為前驅體氣體之 DMOTMDS 氣體，則甲氧基之 O-CH₃ 鍵結會被切斷，從 DMOTMDS 脫離與氧鍵結之甲基。藉此，從前驅體氣體產生之分子在被處理基體 W 上聚合，而在被處理基體 W 上形成圖 5 所示之具線狀構造之膜。在圖 5 所示之線狀構造中，甲基相對矽原子成對稱之結合。因此，線狀構造具有高的分子對稱性。又，上述構造的結果，配向極化被消除，使圖 5 所示構造成為具有低的比介電率 k。再者，圖 5 所示構造係藉重疊而成膜，因此可得到高密度的膜。再者，使用成膜裝置 10 之成膜，亦可控制載置台 36 的溫度而將被處理基體 W 之溫度設定在 100℃ 以下(例如-50℃ 之類的溫度)來進行。因此，該膜之形成時，能

邊抑制被處理基體 W 所包含之元件的溫度帶來的傷害、邊進行成膜。

此處，藉習知的 PE-CVD 法所產生的低介電率膜中，肇因於該製造方法而使前驅體氣體過度解離的結果，形成了以圖 6(a)所示籠狀構造作為主體的膜。亦即，在習知方式，係將氧化矽為主體的膜作為多孔質的膜，藉此而謀求低介電率化。另一方面，在一實施形態之低介電率膜之形成方法中，在膜的低介電率化的同時，可達成膜的高密度化。然而，在具有圖 5 所示構造的膜中，並無構造間的鏈結，因而膜的強度可能會變低。此處，亦可調整製程之條件，使得圖 6(a)所示的籠狀構造或圖 6(b)所示網狀構造被包含成為膜的一部分。

在其他實施形態之低介電率膜的形成方法中，亦可對遮蔽部 40 供應偏壓電力。該偏壓電力可為高頻偏壓電力，亦可為直流之偏壓電力。藉此形態之方法，可使低介電率膜之比介電率更小。藉此形態之方法能使比介電率更小的主要原因，可推測如下。亦即，藉由施加於遮蔽部 40 之偏壓電力，使通過遮蔽部 40 的粒子加速。一旦經偏壓電力加速之粒子被照射於 DMOTMDS，會促進源自 DMOTMDS 之分子的聚合，其結果使得低介電率膜中之聚合體的鏈長變長，而使該聚合體之配向性更低。推測低介電率膜之比介電率將因此而更小。

在另一實施形態之低介電率膜之形成方法中，除了對遮蔽部 40 供應偏壓電力，亦可將稀有氣體連同氫氣供應至電漿產生室 S1。藉此形態之方法，可更一步減少低介電率膜的比介電率，且能改善低介電率膜的洩漏電流特性。藉此形態之方法而能帶來比介電率的進一步減少與洩漏電流特性的改善，其主要原因可推測如下。亦即，一旦通過遮蔽部 40 之氫(例如氫自由基)被照射至 DMOTMDS，則會促進矽醇耦合聚合，使得低介電率膜中之聚合體的聚合度更高，聚合鏈的長度更長。又，藉由氫的供應，減少了聚合體之懸鍵。推測藉此可使低介電率膜之比介電率更小，且能改善低介電率膜之洩漏電流特性。再者，亦可取代氫氣，而將水、乙醇、甲醇之類的 H 或 OH 供應至前驅體氣體，而使用可促進矽醇耦合聚合之氣體。

在其他實施形態之低介電率膜之形成方法中，亦可將前驅體氣體連同甲苯氣體供應至處理室 S2。藉此實施形態之方法，前驅體氣體之側鏈被置換成苯基。例如，當前驅體氣體為 DMOTMDS 之情形時，與 DMOTMDS

之矽鍵結之甲基被置換成苯基。藉此，可進一步減少低介電率膜之比介電率及極化率。

以上，係說明成膜裝置 10 及可使用該成膜裝置 10 之低介電率膜之形成方法，根據同裝置及同方法，可製造比介電率小於 2.7，且折射率大於 1.5 之 SiCO 膜。在一實施形態中的 SiCO 膜，係由包含 Si 原子、O 原子、C 原子、及 H 原子之聚合體所構成。例如，SiCO 膜可具有下述構造：在其直鏈構造包含矽氧烷鍵，甲基以構成矽氧烷結合之 Si 原子作為大致鍵結對象。

又，一實施形態中，藉由對遮蔽部 40 施加偏壓電力，亦可製造比介電率 2.3 以下的 SiCO 膜。該種 SiCO 膜中，該 SiCO 膜以傅利葉轉換紅外分光法進行分析而得到之頻譜信號中，當在波數 1010cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1050cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1075cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號、及波數 1140cm^{-1} 附近所見之信號之信號面積的總和為 100%時，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號的面積比為 25%以上。此處，其等波數之信號之信號面積，係對於作為對象之波數附近之頻譜進行高斯擬合，而求出擬合後之高斯信號的面積。

在波數 1010cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1050cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1075cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號、以及在波數 1140cm^{-1} 附近所見之信號，分別表示彼此有不同之鍵結角之矽氧烷鍵結之信號。其等信號中，波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號，表示鍵結角約 150° 之矽氧烷鍵結之信號。再者，該鍵結角在例如約 $147^\circ \sim 154^\circ$ 之範圍。上述之矽氧烷鍵結，能提高 SiCO 膜中之直鏈構造的對稱性而降低比介電率。藉此，當表示矽氧烷鍵結之信號中之波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號的面積比在 25%以上時，該 SiCO 膜成為具有低的比介電率之 SiCO 膜。

一實施形態中，係藉由對遮蔽部 40 供應偏壓電力，且對於電漿產生室 S1 供應稀有氣體以及氫氣，而可製得比介電率 2.15 以下之 SiCO 膜。在該 SiCO 膜中，相對於上述之信號面積之總和，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號的面積比為 40%以上，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號之半高寬為 35 以下。此處，信號之半高寬的取得，係對於作為對象之波數附近之頻譜進行高斯擬合，求出擬合後之高斯信號之半高寬而得之。在該 SiCO 膜中，能提高直鏈構造之對稱性之矽氧烷鍵結將變得更多。因此，該 SiCO 膜成為具有

更低比介電率之 SiCO 膜。

以上說明之各種實施形態之 SiCO 膜，具有低的比介電率，且具有高的折射率，亦即具有高密度，而有良好的耐濕性。因此，該 SiCO 膜，適用於作為鑲嵌配線構造中的蓋膜及/或層間絕緣膜。

以下說明一實施形態之鑲嵌配線構造。圖 7 係具備鑲嵌配線構造之半導體元件之圖。圖 7 所示之半導體元件 100，具備了形成於基板 Sub 上之 MOS 電晶體 102 及 104 之類的元件。又，半導體元件 100 具備有透過接點 106 而與其等元件成電性連接之鑲嵌配線構造 DW。

鑲嵌配線構造 DW 具有依序重疊了蓋層 110、層間絕緣膜 112、阻蝕層 114、及層間絕緣膜 116 的構造。層間絕緣膜 116 中設有槽渠 120，該槽渠 120 設有由銅等金屬材料所形成之配線。又，在層間絕緣膜 112 中形成有通孔 122，用以使形成於上層之層間絕緣膜 116 之配線與形成於下層之層間絕緣膜 116 之配線相互連接，在該通孔 122 中有埋入銅等金屬材料。如圖 7 所示，蓋層 110 係設置在層間絕緣膜 116 的上面。對於蓋層 110，除了為降低配線間電容而要求低的比介電率，亦要求具耐濕性。如上述，根據成膜裝置 10 及可使用該成膜裝置 10 之低介電率膜之形成方法，可得到比介電率小於 2.7 之 SiCO 膜。又，該 SiCO 膜具有小於 1.5 之折射率，亦即具有高密度，因而具有良好的耐濕性。因此，該 SiCO 膜適用於作為蓋層 110。再者，該 SiCO 膜亦可用於層間絕緣膜 112 及 116。

以上，雖已說明各種實施形態，但其並不侷限於上述實施形態而可構成各種之變形態樣。例如，供應至處理室 S2 之前驅體氣體，亦可為 OMCTS(八甲基環四矽氧烷： $[(CH_3)_2SiO]_4$)。又，在電漿產生室 S1 亦可取代氫氣，而使用 H_2O 、 CH_3OH 、 C_2H_5OH 、TMAH(氫氧化四甲銨)、及 NH_3 中之至少一種所構成之添加氣體。再者，添加氣體亦可供應至處理室 S2。

以下，說明使用成膜裝置 10 之實驗例及比較例。

(實驗例 1~4 及比較例 1~29)

首先，使用成膜裝置 10，藉由下述表 1 所示之實驗例 1~4 及比較例 1~20 的條件，在直徑 200mm 之被處理基體 W 上形成低介電率膜。再者，實驗例 1~4 之低介電率膜的 formed 中，係將被處理基體 W 之溫度設定成 $-50^\circ C$ 。又，在使用感應耦合型之電漿源的方面，其使用有別於成膜裝置 10 之成膜裝置

並藉由表 1 所示之比較例 21~29 的條件，來形成低介電率膜。在實驗例 1~4 及比較例 1~29 中，遮蔽部 40 係使用具有 40cm 之直徑、10mm 的厚度、使 1mm 之直徑之開口有 10%開口率之石墨製的遮蔽部。再者，表 1 中的 MODE 欄之「CW」，表示連續的對於感應耦合型之電漿源之線圈施加高頻(RF)電力。又 MODE 欄之「TM A/B」表示對於感應耦合型之電漿源之線圈所施加之 RF 電力有時間調變情況，係重複著對於線圈停止施加 RF 電力達 A 秒後施加 B 秒之循環。

又，使用水銀探針，以測量各實驗例及比較例所得到之低介電率膜之比介電率 k，藉由 N and K 法來測量折射率。將各實驗例及比較例所得到之低介電率膜之比介電率 k 及折射率 RI，示於表 1 右側之 2 列。又，將各實驗例及比較例所得之低介電率膜之比介電率k及折射率RI之關係示於圖 8。在圖 8 中，橫軸表示折射率 RI，縱軸表示比介電率 k。再者，在圖 8 中，有示出以多孔質的膜而謀求低介電率化之膜的折射率 RI 及比介電率 k，作為比較例 30 以供參考。

如表 1 及圖 8 所示，在使用感應耦合型之電漿源之比較例 21~29 的低介電率膜中，比介電率無法在 2.8 以下，又，折射率也以 1.44 為極限。又，比較例 1~20 之低介電率膜，係在壓力比小於 4 之條件下形成，無法兼顧同時有小於 2.7 之比介電率與大於 1.5 之折射率。另一方面，在壓力比為 4 以上之條件下使用成膜裝置 10 之實驗例 1、3、及 4 中，在直徑 200mm 之被處理基體 W 上之低介電率膜，可以兼顧同時有小於 2.7 之比介電率膜與大於 1.5 的折射率。

表 1

	壓力比	處理室 壓力 [Pa]	電漿 產生室 壓力 [Pa]	微波 功率 [W]	微波 頻率 [GHz]	MODE	Ar 氣體 流量 [sccm]	DMOTMDS 流量 [sccm]	比介電率 k	折射率 RI
實驗例 1	4.7	0.6	2.8	3260	2.45		100	25	2.54	1.53
實驗例 2	5.4	1.0	5.4	3260	2.45		100	25	2.77	1.42
實驗例 3	6.2	1.6	9.5	3260	2.45		500	25	2.62	1.52
實驗例 4	6.9	0.3	2.1	3260	2.45		100	25	2.50	1.52
比較例 1	1.0	27.5	28.6	3260	2.45		100	25	3.02	1.45
比較例 2	1.0	27.5	28.6	1630	2.45		100	25	3.34	1.43
比較例 3	1.0	27.5	28.6	4000	2.45		100	25	3.37	1.42
比較例 4	1.0	27.5	28.6	3260	2.45		100	15	4.12	1.41
比較例 5	1.1	77.5	81.9	3260	2.45		500	25	4.22	1.39
比較例 6	1.1	19.8	21.0	3260	2.45		100	25	3.30	1.42

比較例 7	1.1	80.5	86.9	3260	2.45		500	15	3.19	1.47
比較例 8	1.1	80.5	86.9	3260	2.45		400	15	3.22	1.47
比較例 9	1.1	80.5	86.9	3260	2.45		500	25	3.22	1.43
比較例 10	1.1	80.5	86.9	3260	2.45		500	20	3.23	1.46
比較例 11	1.3	12.7	17.0	3260	2.45		300	25	3.37	1.43
比較例 12	1.3	12.7	17.0	3260	2.45		300	25	4.05	1.41
比較例 13	1.5	13.0	18.9	3260	2.45		300	25	2.92	1.52
比較例 14	2.3	1.3	2.9	3260	2.45		100	25	3.29	1.40
比較例 15	3.5	1.7	6.0	3260	2.45		200	25	2.42	1.42
比較例 16	3.5	15.0	55.0	3260	2.45		500	25	2.92	1.47
比較例 17	3.5	12.0	44.0	3260	2.45		500	25	3.06	1.50
比較例 18	3.5	3.1	10.9	3260	2.45		500	25	3.16	1.44
比較例 19	3.7	9.0	33.0	3260	2.45		500	25	2.91	1.51
比較例 20	3.7	6.0	22.0	3260	2.45		500	25	2.93	1.47
	壓力比	處理室 壓力 [Pa]	電漿 產生室 壓力 [Pa]	RF 電力 功率 [W]	RF 電力 頻率 [MHz]	MODE	Ar 氣體 流量 [sccm]	DMOTMDS 流量 [sccm]	比介電率 k	折射率 RI
比較例 21	3.3	1.8	6.0	1500	13.56	TM 100/200	250	25	2.87	1.44
比較例 22	4.0	1.0	4.0	1000	13.56	TM 50/200	300	25	2.84	1.44
比較例 23	5.2	0.5	2.6	500	13.56	CW	330	25	2.82	1.44
比較例 24	4.0	1.0	4.0	1000	13.56	TM 100/200	300	25	2.88	1.44
比較例 25	4.0	1.0	4.0	1500	13.56	TM 50/200	300	25	2.97	1.44
比較例 26	5.2	0.5	2.6	1500	13.56	CW	330	25	2.90	1.44
比較例 27	5.2	0.7	3.6	500	13.56	TM 100/200	330	25	2.82	1.44
比較例 28	4.0	1.0	4.0	1500	13.56	TM 50/200	300	25	2.81	1.44
比較例 29	2.6	1.8	4.7	1000	13.56	CW	250	25	2.79	1.44

又，將實驗例 1、及比較例 3、15、及 30 之低介電率膜中之 Si(矽)、C(碳)、及 O(氧)的濃度，藉 XPS(X 射線光電子分光)來測定，將其等低介電率膜之密度藉 XRR(X 射線反射率法)來求得。其結果如表 2 所示。

表 2

	Si 濃度 [atm%]	C 濃度 [atm%]	O 濃度 [atm%]	C/Si 濃度比	O/Si 濃度比	密度 (g/cm ³)
實驗例 1	15.31	60.41	24.29	3.9	1.6	2.22
比較例 3	18.96	54.74	26.3	2.9	1.4	1.75
比較例 15	20.8	52.95	26.97	2.5	1.3	1.9
比較例 30	24.9	19	55.8	0.8	2.2	1.35

如表 2 所示，在實驗例 1 之低介電率膜中，相較於比較例 3、15、及 30 之低介電率膜，碳的濃度較高，在實驗例 1 之製程條件中，經確認從 DMOTMDS 沒有甲基過度分離的情形。又，從表 2 所示之低介電率膜之 C 與 Si 之濃度比，及 O 與 Si 之濃度比亦可推測得知，在實驗例 1 所形成者，包含以圖 5 所示線狀構造為主的膜。再者，經確認，實驗例 1 之低介電率膜的密度，較比較例 3、15、及 30 之低介電率膜的密度要大得多。

接著，變更成膜裝置 10 之壓力比，以求取壓力比與擴散度的關係。此實驗的遮蔽部 40 同樣使用具有 40cm 之直徑、10mm 之厚度、使 1mm 之直徑之開口具有 10%開口率之石墨製的遮蔽部。本實驗所求出之壓力比與擴散度的關係如圖 9 所示。如圖 9 所示者，成膜裝置 10 中，壓力比為 4 以上的情形時，擴散度在 0.01 以下。然而，壓力比在 2 左右亦有擴散度在 0.01 以下之情形。因此，經確認，成膜裝置 10 中，為了在大口徑化之被處理基體 W 形成低的比介電率與高折射率的膜，必需將擴散度設定在 0.01 以下，且將壓力比設定在 4 以上。

(實驗例 5~6 及比較例 31~32)

在實驗例 5~6 及比較例 31~32 中，係藉由下述之表 3 所示的條件，在直徑 200mm 之被處理基體 W 上，形成低介電率膜。再者，在實驗例 5~6 之低介電率膜的 formed 中，係將被處理基體 W 的溫度設定成 -50℃。更具體而言，實驗例 5 中係使用成膜裝置 10 對於電漿產生室 S1 僅供應 Ar 氣體，對遮蔽部 40 供應高頻偏壓電力。又，在實驗例 6 中係使用成膜裝置 10 對於電漿產生室 S1 供應 Ar 氣體及 H₂ 氣體，對遮蔽部 40 供應高頻偏壓電力。又，在比較例 31 中係使用成膜裝置 10 對於電漿產生室 S1 供應 Ar 氣體及 O₂ 氣體，對遮蔽部 40 供應高頻偏壓電力。又，在比較例 32 中係使用成膜裝置 10 對於電漿產生室 S1 供應 Ar 氣體及 MTMOS(Methyltrimethoxysilane：甲基三甲氧基矽烷)氣體，對遮蔽部 40 供應高頻偏壓電力。再者，在實驗例 5~6 及比較例 31~32 中的遮蔽部 40 係使用具有 40cm 之直徑、10mm 之厚度、使 1mm 直徑之開口有 10%開口率之石墨製的遮蔽部。

表 3

	壓力比	處理室 壓力 [Pa]	電漿生成室 壓力 [Pa]	微波功率 [W]	微波頻率 [GHz]	偏壓電力 (W)	偏壓電力 (kHz)	Ar 氣體 流量 [sccm]	H ₂ 氣體 流量 [sccm]	DMOTMDS 流量 [sccm]
實驗例 5	7.7	0.3	2.3	3260	2.45	150	150	100		25
實驗例 6	7.7	0.3	2.3	3260	2.45	150	150	90	10	25
比較例 31	壓力比	處理室 壓力 [Pa]	電漿生成室 壓力 [Pa]	微波功率 [W]	微波頻率 [GHz]	偏壓電力 (W)	偏壓電力 (kHz)	Ar 氣體 流量 [sccm]	O ₂ 氣體 流量 [sccm]	DMOTMDS 流量 [sccm]
								95	5	25
比較例 32	壓力比	處理室 壓力 [Pa]	電漿生成室 壓力 [Pa]	微波功率 [W]	微波頻率 [GHz]	偏壓電力 (W)	偏壓電力 (kHz)	Ar 氣體 流量 [sccm]	MTMOS 氣體 流量 [sccm]	DMOTMDS 流量 [sccm]
								95	5	25

又，測量在各實驗例及比較例所得到之低介電率膜的沉積速度、比介電率、及洩漏電流。其結果如以下之表 4 所示。

表 4

	沉積速度 (nm/min)	比介電率	洩漏電流 (A/cm ²)
實驗例 5	0.6	2.3	1×10^{-7}
實驗例 6	0.8	2.15	$<1\times10^{-8}$
比較例 31	1.4	3.6	5×10^{-8}
比較例 32	0.6	3.34	1×10^{-7}

如表 4 所示，經確認，在實驗例 5 中，藉由將偏壓電力供應至遮蔽部 40，可將低介電率膜之比介電率減少至更小的數值，具體而言係減少至 2.3。又，經確認，在實驗例 6 中，除了將偏壓電力供應至遮蔽部 40，亦對電漿產生室供應 Ar 氣體與 H₂ 氣體，藉此，相較於在實驗例 5 所作成之低介電率膜之比介電率及洩漏電流，所形成之低介電率膜會具有更小數值之比介電率及洩漏電流。另一方面，在比較例 31 及 32 中，若是隨同 Ar 氣體供應至電漿產生室 S1 的並非 H₂ 氣體而是 O₂ 氣體或 MTMOS 氣體，則所形成之低介電率膜的比介電率，將會較實驗例 5 之低介電率膜之比介電率增大。

又，將實驗例 1、5、及 6 中作成的低介電率膜在真空中從室溫以每分鐘 10℃的昇溫速度加熱至 400℃止，以測定因其等低介電膜的加熱而造成之膜厚的減少率。該測定之結果，實驗例 1、5 及 6 之低介電率膜之膜厚的減少率為 23%、32%、及 5%。從該情況可以確認，對遮蔽部 40 供應偏壓電力，且對電漿產生室供應 Ar 氣體與 H₂ 氣體，藉此而可提昇低介電率膜的耐熱性，亦即可提高聚合性。

(實驗例 7)

在實驗例 7，係以 30sccm 的流量將甲苯氣體供應至處理室 S2，在直徑 200mm 之 10 片被處理基體 W 上形成低介電率膜。再者，在實驗例 7 之低介電率膜的形成中，係將被處理基體 W 之溫度設定成-50℃。實驗例 7 的其他條件，與實驗例 5 相同。

接著，對於經實驗例 7 的處理而在 10 片被處理基體 W 上形成之低介電率膜，求出其比介電率之平均值及極化率之平均值。經實驗例 7 的處理而在 10 片被處理基體 W 上形成之低介電率膜，其比介電率的平均值及極化率的平均值分別為 2.24 及 0.2。又，亦算出以實驗例 1~4 及比較例 1~29

的處理所形成之低介電率膜的極化率。此處之極化率，能以(比介電率-折射率)之平方來算出。在根據該極化率算式而算出以實驗例 1~4 及比較例 1~29 之處理而形成之低介電率膜之極化率時，在其等低介電率膜中具有最小極化率之低介電率膜，係以實驗例 4 之處理所形成之低介電率膜，其極化率約 1.0。由此情況可以確認，將前驅體氣體連同甲苯氣體供應至處理室 S2，可進一步縮小低介電率膜之比介電率及極化率。

(實驗例 4~6 之低介電率膜之傅利葉轉換紅外分光法之評量)

以傅利葉轉換紅外分光法，對於實驗例 4~6 所作成之低介電率膜、亦即 SiCO 膜進行分析。又，對於各實驗例，根據傅利葉轉換紅外分光法所得之頻譜，求取波數 1010cm⁻¹ 附近所見之信號、波數 1050cm⁻¹ 附近所見之信號、波數 1075cm⁻¹ 附近所見之信號、波數 1108cm⁻¹ 附近所見之信號、及波數 1140cm⁻¹ 附近所見之信號之各自的信號面積，求出當其等信號面積之總和為 100%時，在波數 1108cm⁻¹ 附近所見之信號的面積比(%)。再者，信號面積之取得，係對於作為對象之波數附近之頻譜進行高斯擬合，求出擬合後之高斯信號的面積。

再者，對於實驗例 4~6 之 SiCO 膜的各者，根據傅利葉轉換紅外分光法所得到的頻譜，求出波數 1108cm⁻¹ 附近所見之信號之半高寬。信號之半高寬的求取，係對於作為對象之波數附近之頻譜進行高斯擬合，以求出擬合後之高斯信號的半高寬。

對於實驗例 4~6 之低介電率膜的各者，將波數 1010cm⁻¹ 附近所見之信號、波數 1050cm⁻¹ 附近所見之信號、波數 1075cm⁻¹ 附近所見之信號、波數 1108cm⁻¹ 附近所見之信號、及波數 1140cm⁻¹ 附近所見之信號的面積比示於表 5。又，對於實驗例 4~6 之低介電率膜的各者，將波數 1108cm⁻¹ 附近所見之信號的半高寬示於表 6。

表 5

	比介電率	波數(cm ⁻¹)				
		1010	1050	1075	1108	1140
實驗例 4	2.5	14.0%	0.0%	51.1%	4.0%	30.9%
實驗例 5	2.3	0.0%	34.9%	0.0%	25.1%	39.9%
實驗例 6	2.15	0.0%	44.1%	1.8%	40.9%	13.2%

表 6

	比介電率	波數 1108(cm^{-1}) 信號之半高寬
實驗例 4	2.5	40
實驗例 5	2.3	60
實驗例 6	2.15	35

如表 5 所示，在實驗例 5 及 6 之 SiCO 膜中，波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號之面積比約在 25%以上，可確認含有多數可提高直鏈構造之對稱性之矽氧烷鍵結。又，實驗例 6 之 SiCO 膜中，波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號的面積比約在 40%以上，可確認包含更多能提高直鏈構造之對稱性之矽氧烷鍵結。此處，對於實驗例 6 之 SiCO 膜使用傅利葉轉換紅外分光法以取得頻譜，而示於圖 10。如圖 10 所示，在實驗例 6 之 SiCO 膜中，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號有尖銳之峰值存在，如表 5 及表 6 所示，在波數 1108cm^{-1} 附近所見之信號之半高寬為 35 以下。由此情況可以確認，實驗例 6 的 SiCO 膜中，包含了更多能提高直鏈構造之對稱性之矽氧烷鍵結，且矽氧烷鍵結之鍵結角的不一致性更少。

【符號說明】

- 10 成膜裝置
- 12 處理容器
- 14 天線
- 16 介電體窗
- 18 介電體板
- 20 槽孔板
- 22 冷卻夾套
- 24 同軸導波管
- 26 微波產生器
- 28 諧調器
- 30 導波管
- 32 模式轉換器
- 36 載置台
- 40 遮蔽部

40h	開口
42	偏壓電源
44、46	壓力計
48	排氣管
50	壓力調整器
52	減壓泵
G1	氣體源(稀有氣體)
H1	噴射口
M1	質流控制器
V11、V12	閥件
G2	氣體源(前驅體氣體)
H2	噴射口
M2	質流控制器
V21、V22	閥件
Cnt	控制部
100	半導體元件
DW	鑲嵌配線構造
102	電晶體
110	蓋層
112	層間絕緣膜
114	阻蝕層
116	層間絕緣膜
120	槽渠
122	通孔

【生物材料寄存】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種成膜裝置，具備：
處理容器，其在隔成空間中包含電漿產生室與該電漿產生室之下方之處理室；
載置台，係設置在該處理室；
第 1 氣體供應系統，用以將稀有氣體供應至該電漿產生室；
介電體窗，係以封住該電漿產生室之方式設置；
天線，用以透過該介電體窗對該電漿產生室供應微波；
第 2 氣體供應系統，用以將前驅體氣體供應至該處理室；
遮蔽部，係設置在該電漿產生室與該處理室之間，具有連通該電漿產生室與該處理室之複數個開口，且具有相對於紫外線之遮蔽性；及
排氣裝置，其連接於該處理室；
該電漿產生室之壓力，係設定成該處理室之壓力的 4 倍以上，且該前驅體氣體從處理室至該電漿產生室的擴散度係設定在 0.01 以下；此處之該擴散度係定義成：當朝該處理室之該前驅體氣體的流量增加 1sccm 時，該電漿產生室之壓力以帕斯卡為單位之增加量。
2. 如申請專利範圍第 1 項之成膜裝置，係進一步具備偏壓電源，該偏壓電源連接於該遮蔽部，用以將偏壓電力施加至該遮蔽部以將該電漿產生室所產生之離子引入該遮蔽部。
3. 如申請專利範圍第 2 項之成膜裝置，其中該第 1 氣體供應系統，係對該電漿產生室供應該稀有氣體與氬氣。
4. 如申請專利範圍第 1~3 項中任一項之成膜裝置，其中該第 2 氣體供應系統，係對該處理室供應該前驅體氣體與甲苯氣體。
5. 如申請專利範圍第 1~4 項中任一項之成膜裝置，其中該天線係輻線槽孔天線。
6. 如申請專利範圍第 1~5 項中任一項之成膜裝置，其中該遮蔽部具有 40cm 以上的直徑。
7. 如申請專利範圍第 1~6 項中任一項之成膜裝置，其中該遮蔽部係對於從該電漿產生室移向該處理室之離子供應電子。

8. 一種方法，用以於處理容器內之處理室所設之被處理基體上形成低介電率膜，其包含：
在該處理容器內之設置於該處理室上方之電漿產生室，使用微波以產生稀有氣體之電漿；
從該電漿產生室經由遮蔽部朝該處理室供應粒子，該遮蔽部係設置在該電漿產生室與該處理室之間，具有連通該電漿產生室與該處理室之複數個開口且具有相對於紫外線之遮蔽性；及
對該處理室供應前驅體氣體；
其中，該電漿產生室之壓力，係設定成該處理室之壓力的 4 倍以上，且該前驅體氣體從該處理室朝該電漿產生室之擴散度係設定在 0.01 以下；此處之擴散度係定義成：當朝該處理室之該前驅體氣體的流量增加 1sccm 時，該電漿產生室之壓力以帕斯卡為單位之增加量。
9. 如申請專利範圍第 8 項之方法，其中，係將偏壓電力施加至該遮蔽部，以將該電漿產生室所產生之離子引入該遮蔽部。
10. 如申請專利範圍第 9 項之方法，其中，對於該電漿產生室係供應該稀有氣體與氬氣。
11. 如申請專利範圍第 8~10 項中任一項之方法，其中，對於該處理室供應該前驅體氣體與甲苯氣體。
12. 如申請專利範圍第 8~11 項中任一項之方法，其中，該微波係由輻線槽孔天線所供應。
13. 如申請專利範圍第 8~12 項中任一項之方法，其中，該遮蔽部具有 40cm 以上的直徑。
14. 如申請專利範圍第 8~13 項中任一項之方法，其中該遮蔽部係對於從該電漿產生室移向該處理室之離子供應電子。
15. 一種 SiCO 膜，其比介電率小於 2.7，且折射率大於 1.5。
16. 一種鑲嵌配線構造，係以如申請專利範圍第 15 項之 SiCO 膜作為蓋層。
17. 一種 SiCO 膜，其係由包含 Si 原子、O 原子、C 原子、及 H 原子之聚合體所構成；
藉傅利葉轉換紅外分光法分析該 SiCO 膜所得之頻譜之信號中，當波數 1010cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1050cm^{-1} 附近所見之信號、波數

1075 cm^{-1} 附近所見之信號、波數 1108 cm^{-1} 附近所見之信號、及波數 1140 cm^{-1} 附近所見之信號之信號面積的總和為 100%時，在波數 1108 cm^{-1} 附近所見之信號的面積比為 25%以上。

18. 如申請專利範圍第 17 項之 SiCO 膜，其中，在該波數 1108 cm^{-1} 附近所見之信號的面積比為 40%以上，在波數 1108 cm^{-1} 附近所見之信號之半高寬為 35 以下。

圖式

圖 1

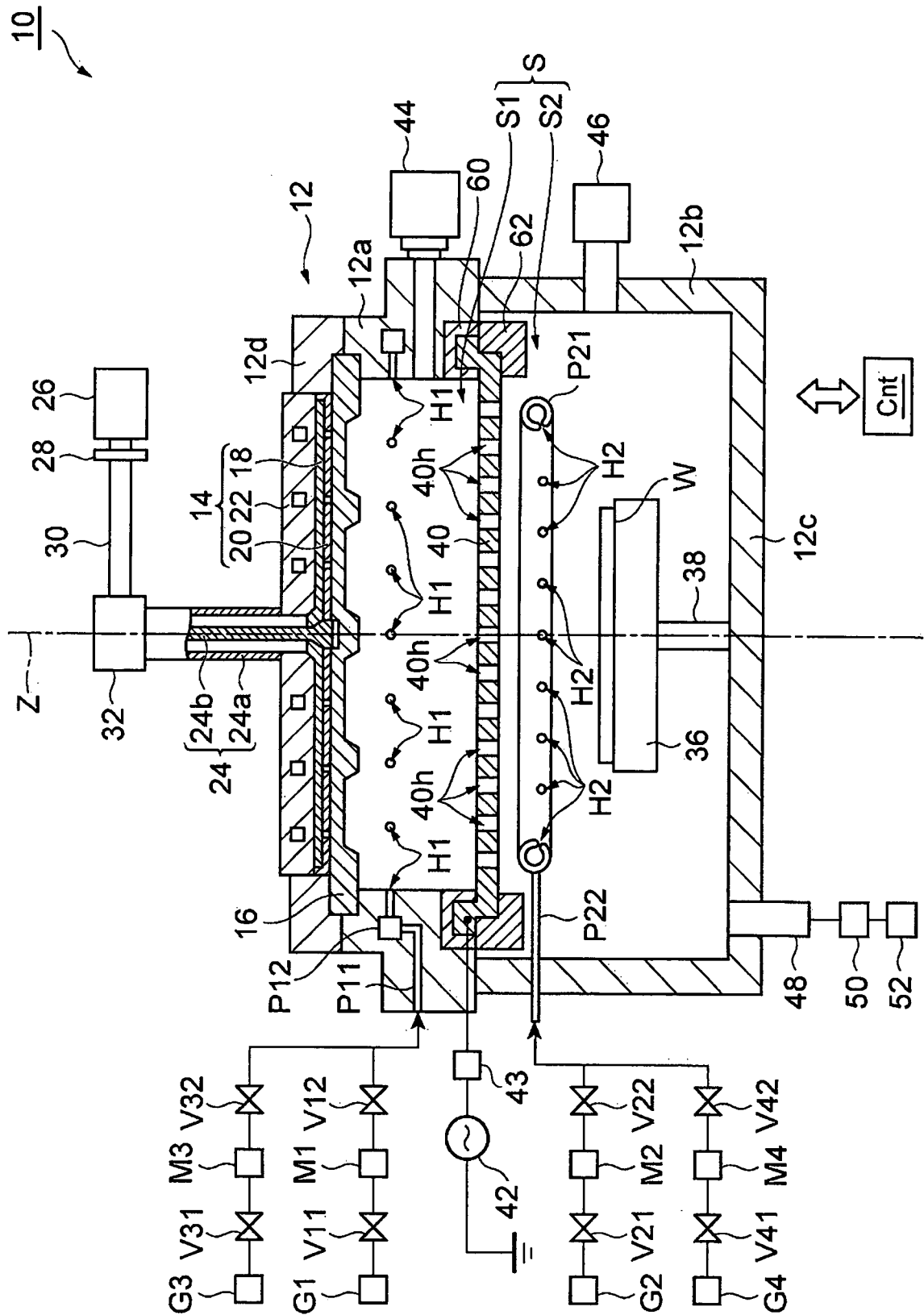


圖 2

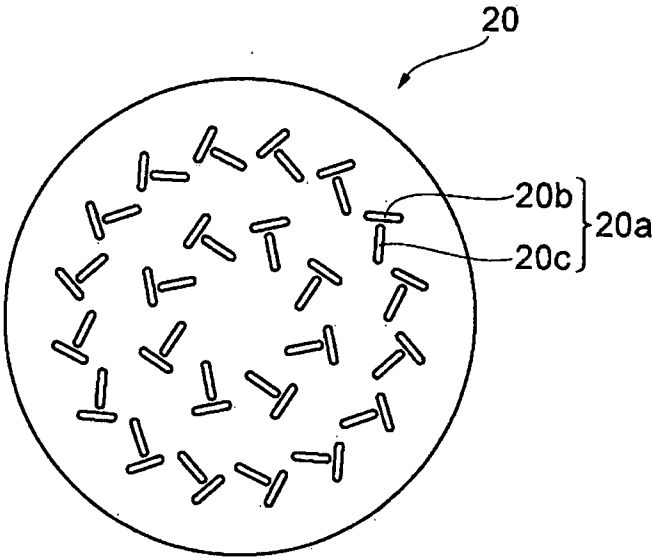


圖 3

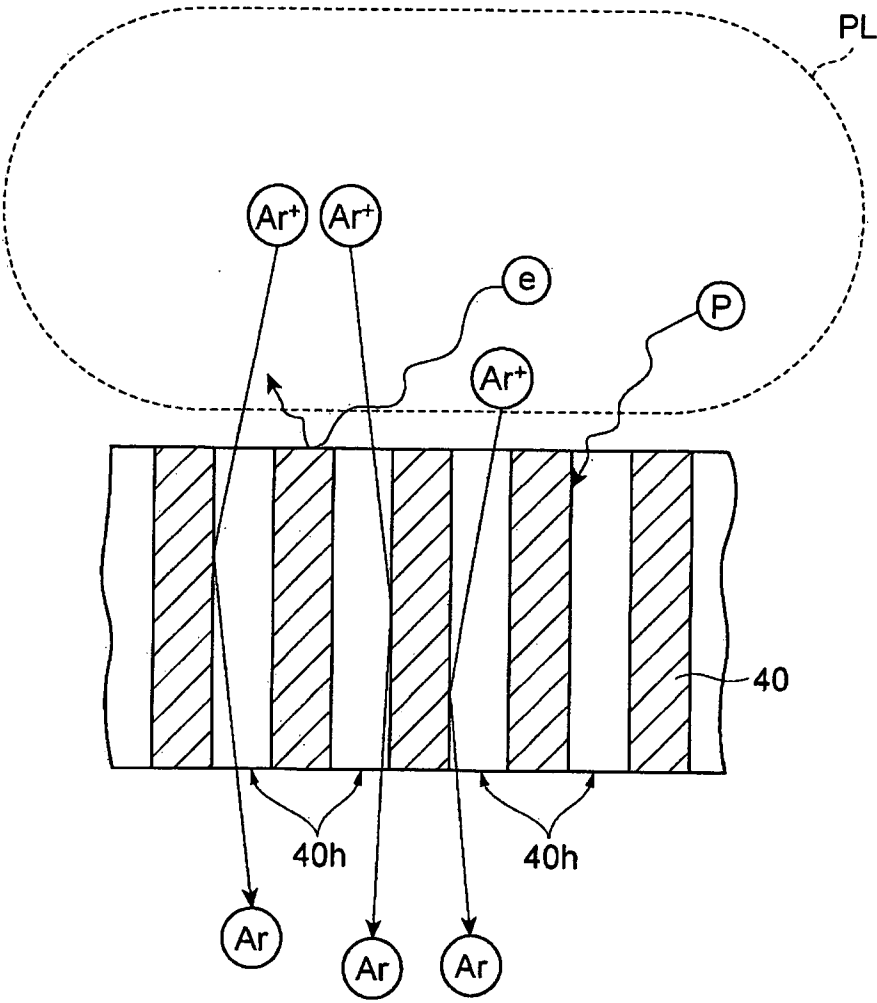


圖 4

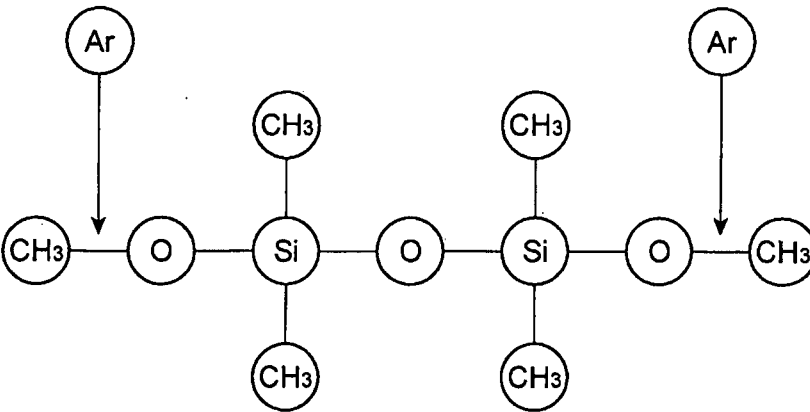


圖 5

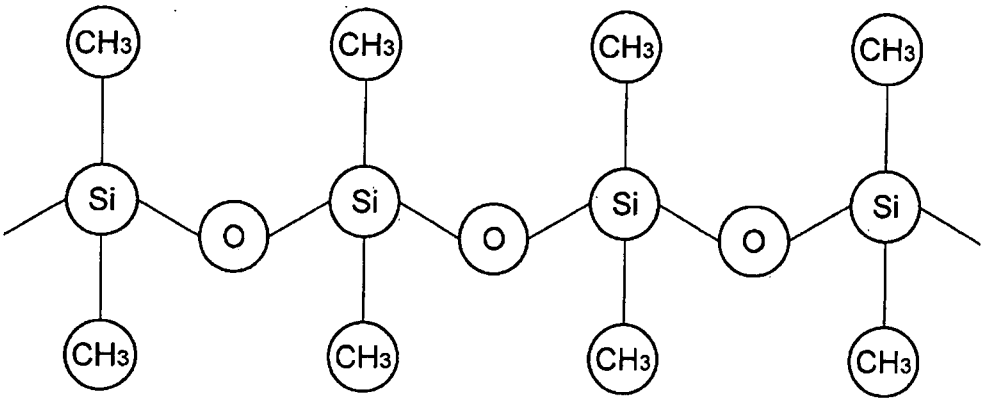


圖 6

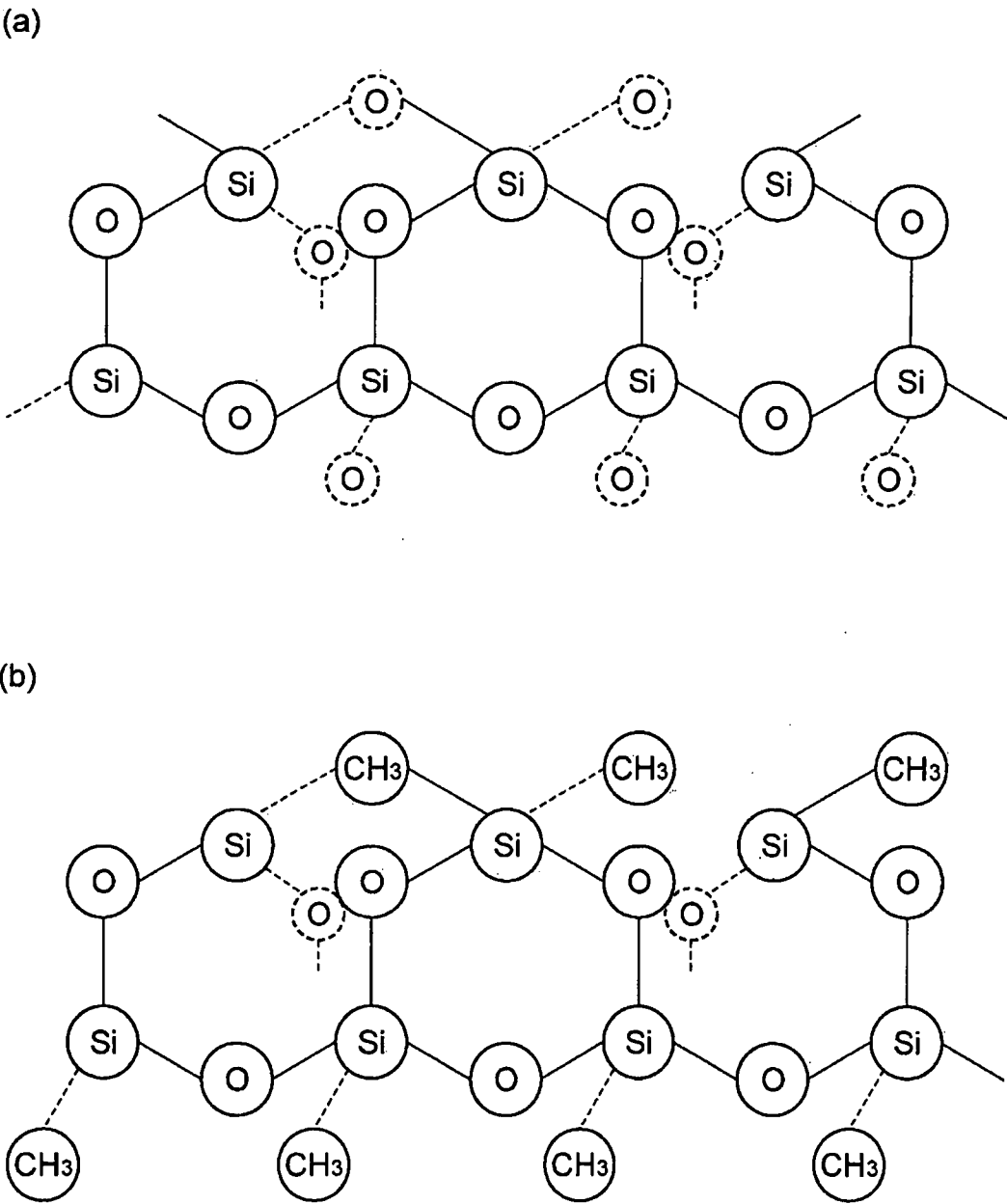


圖 7

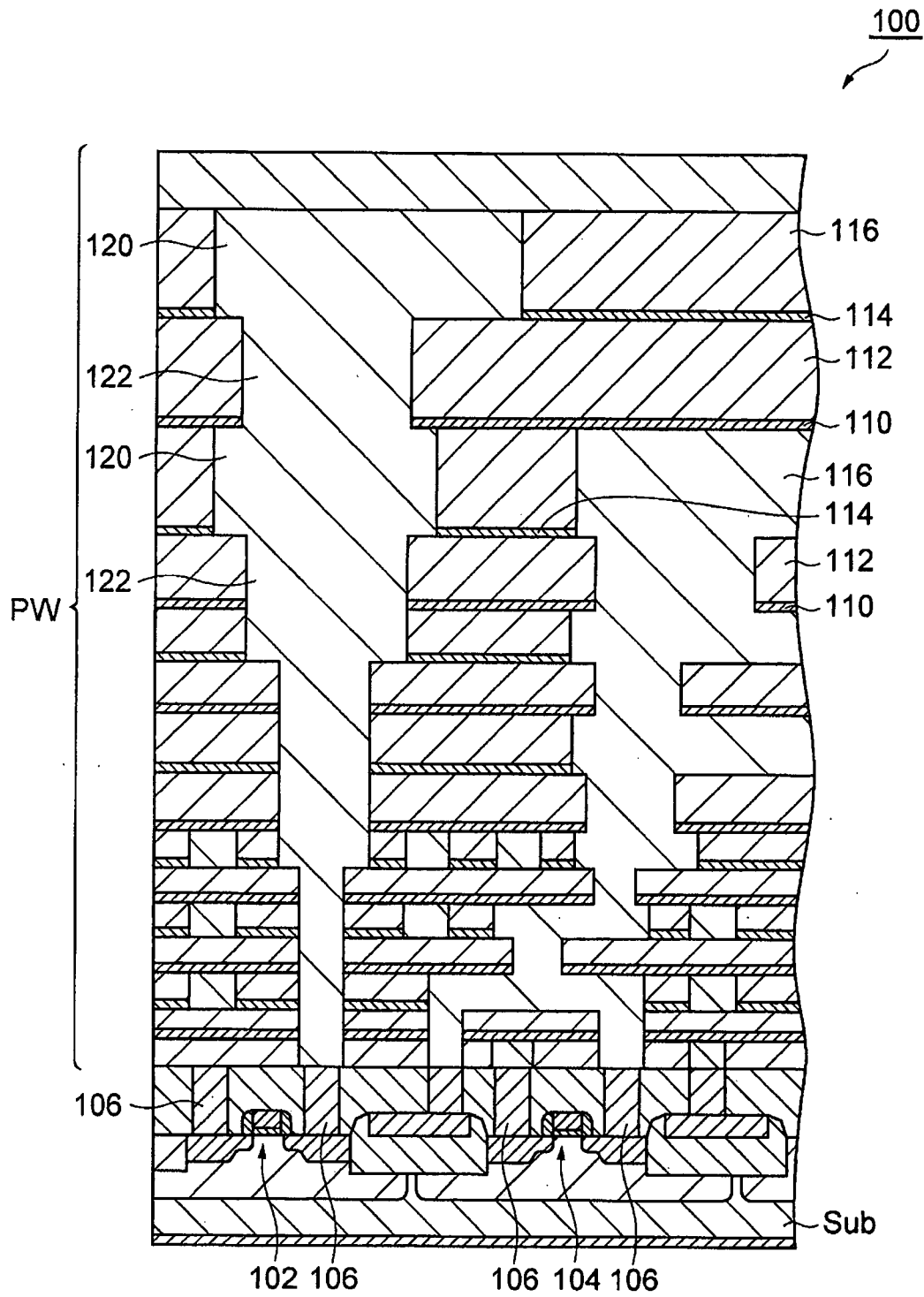


圖 8

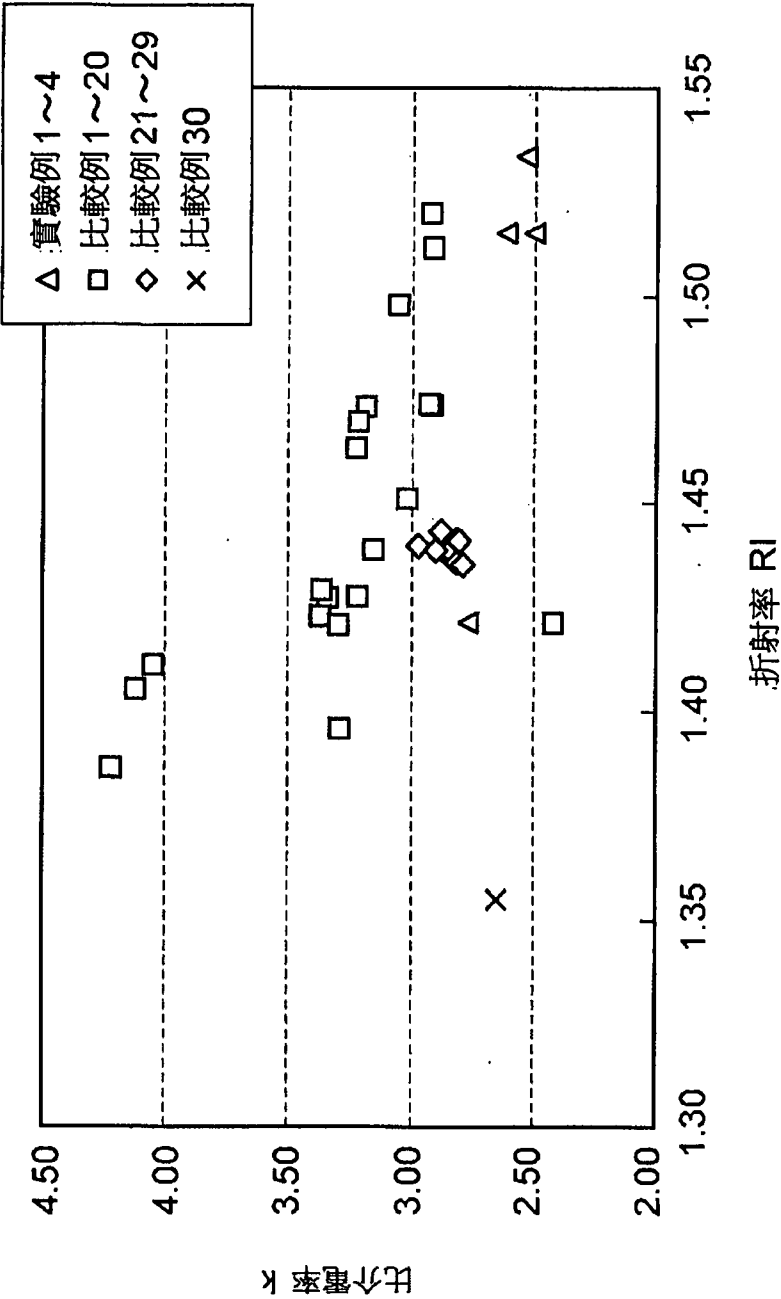


圖 9

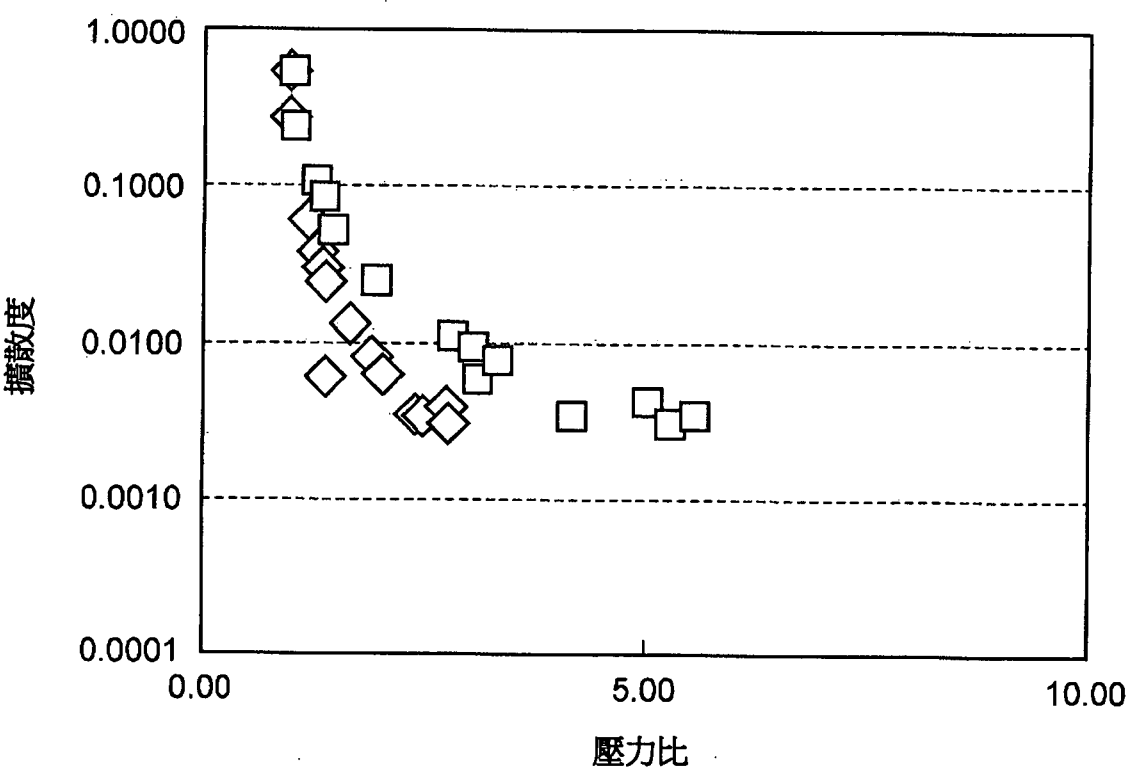


圖 10

