

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97102948

※申請日期：97.1.25

※IPC 分類：H01L 21/312 (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

半導體裝置之製造方法

MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE

二、申請人：(共 2 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

1. 日商東芝股份有限公司
KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA
2. 日商新力股份有限公司
SONY CORPORATION

代表人：(中文/英文)

1. 西田 厚聰
NISHIDA, ATSUTOSHI
2. 中鉢 良治
CHUBACHI, RYOJI

住居所或營業所地址：(中文/英文)

1. 日本國東京都港區芝浦1丁目1番1號
1-1, SHIBAURA 1-CHOME, MINATO-KU, TOKYO 105-8001,
JAPAN
2. 日本國東京都港區港南1丁目7番1號
1-7-1 KONAN, MINATO-KU, TOKYO, 108-0075, JAPAN

國籍：(中文/英文)

1. 日本 JAPAN
2. 日本 JAPAN

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 增田 秀顯
MASUDA, HIDEAKI
2. 宮島 秀史
MIYAJIMA, HIDESHI
3. 島山 努
SHIMAYAMA, TSUTOMU

國 籍：(中文/英文)

1. 日本 JAPAN
2. 日本 JAPAN
3. 日本 JAPAN

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2007年01月26日；特願2007-016778

2.

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於一種半導體裝置之製造方法。

【先前技術】

重要的係減少導線之間的電容，即降低絕緣膜之介電常數，以便提高半導體裝置之操作速度。有機矽氧烷膜廣泛地用作具有低介電常數的絕緣膜，但提出使用一在膜內具有細空隙的多孔絕緣膜以進一步降低介電常數(例如參考日本專利申請KOHYO公開案第2004-509468號)。

然而，由於多孔絕緣膜之膜密度較低，在乾式蝕刻時蝕刻氣體容易地滲入膜內。當使用多孔有機矽氧烷膜作為多孔絕緣膜時，會出現一問題，即蝕刻氣體會打斷膜內的Si-O鍵與Si-CH₃鍵，故會劣化膜品質。多孔有機矽氧烷膜之吸濕性會由於膜品質之劣化而增加，且此會引起半導體裝置之特性劣化。

因而，提出多孔有機矽氧烷膜作為具有低介電常數的絕緣膜，但傳統上難以獲得高品質之多孔有機矽氧烷膜。

【發明內容】

依據本發明之第一態樣，提供一種半導體裝置之製造方法，其包含：在半導體基板上形成多孔有機矽氧烷膜，其包含成孔劑成分，該成孔劑成分具有碳作為主要成分；形成上側絕緣膜，其具有膜密度與膜組成物之至少一者不同於該多孔有機矽氧烷膜上的多孔有機矽氧烷膜；及施加電子束與紫外線之至少一者至該多孔有機矽氧烷膜與上側絕

112上。接著，藉由提供於下側電極112內的加熱機制來加熱晶圓110至大約250°C。

此後，引入包含甲基二乙氧基矽烷、 α -萜品烯、 O_2 及He的混合氣體於室111內。甲基二乙氧基矽烷係用於形成該基質成分之氣體而 α -萜品烯係用於形成該成孔劑成分之氣體。供應高頻功率至下側電極112與上側電極113以產生電漿，同時保持室111內的壓力恆定。因此，在晶圓110之表面上形成一有機矽氧烷膜21a。此時，由該電漿來聚合化包含於混合氣體內的 α -萜品烯以形成一有機聚合物。該有機聚合物係成孔劑並均勻地吸入有機矽氧烷膜21a內。

作為用於形成該基質成分之有機矽氣體，可使用二甲基矽烷、三甲基矽烷、四甲基矽烷、二甲苯基矽烷、三甲基矽基乙炔、一甲基二乙氧基矽烷、二甲基二乙氧基矽烷、四甲基環四矽氧烷與八甲基環四矽氧烷之至少一者。

此外，作為用於形成該成孔劑成分之氣體，可使用甲烷、乙烯、丙烯、 α -萜品烯、 γ -萜品烯與檸檬烯之至少一者。

接著，如圖2所示，施加電子束或紫外線至有機矽氧烷膜21a以移除成孔劑成分之部分。由此，可獲得一多孔有機矽氧烷膜21b，其具有一含矽、氧及碳作為一主要成分之基質成分與一包含碳作為一主要成分之成孔劑成分。即，可獲得具有大量空隙的有機矽氧烷膜21b。下面具體解釋用於形成多孔有機矽氧烷膜21b之方法。在本具體實施例中，解釋其中施加電子束至有機矽氧烷膜21a的一情

況。

圖7係示意性顯示用於形成多孔有機矽氧烷膜21b之一電子束施加設備之結構之一圖式。一參考符號120表示具有圖1或2所示結構的一晶圓，121表示一室，122表示具有一加熱機制的一晶圓台而123表示一電子束發射單元。

首先，將晶圓120載入室121內並將晶圓120放置於晶圓台122上。藉由提供於晶圓台122內的加熱機制來加熱晶圓120至大約350°C。接著，引入Ar氣體至室121內。從電子束發射單元123施加電子束至晶圓120，同時使室121內的壓力保持恆定。因此，從有機矽氧烷膜21a中移除成孔劑成分之部分並可獲得一多孔有機矽氧烷膜21b。即，藉由移除該成孔劑成分來形成空隙並可獲得多孔有機矽氧烷膜21b。此外，由於僅從有機矽氧烷膜21a中移除成孔劑成分之部分，故該成孔劑成分仍保留於多孔有機矽氧烷膜21b內。

如上所述，在本具體實施例中，成孔劑成分之部分仍保留於多孔有機矽氧烷膜21b內。為了如此在多孔有機矽氧烷膜21b內留下成孔劑成分之部分，調整圖1之有機矽氧烷膜21a之膜形成條件與圖2所示電子束之施加的條件。有機矽氧烷膜21a之膜形成條件包括膜形成氣體之類型、膜形成氣體之流速、高頻功率、晶圓之加熱溫度等。電子束之施加的條件包括施加電子之劑量、施加電子之劑量速率、施加電子之加速電壓、晶圓之加熱溫度等。在本具體實施例中，藉由在電子束施加時設定晶圓加熱溫度至大約

350°C，在多孔有機矽氧烷膜21b內留下成孔劑成分之部分。當執行施加紫外線而非電子束之操作時，藉由調整紫外線之施加的條件，在多孔有機矽氧烷膜21b內留下成孔劑成分之部分。紫外線之施加的條件包括紫外線之光數量、紫外線之光強度、紫外線之波長頻譜分佈、晶圓之加熱溫度等。

圖8係顯示在圖2中施加電子束之後成孔劑成分之剩餘數量的一圖式。明確而言，顯示在施加電子束之後所獲得的多孔有機矽氧烷膜之FT-IR頻譜。在本具體實施例中，在施加電子束時晶圓加熱溫度係設定在大約350°C而在比較範例中施加電子束時晶圓加熱溫度係設定在大約400°C。如圖8所示，在此具體實施例中，使在成孔劑所引起的一在波數2800至3200 cm^{-1} 附近部分內的峰值區較大。在此情況下，本具體實施例之多孔有機矽氧烷膜之相對介電常數係大約2.40而比較範例之多孔有機矽氧烷膜之相對介電常數係大約2.35。

接著，如圖3所示，在多孔有機矽氧烷膜21b上形成一有機矽氧烷膜22作為一上側絕緣膜，其膜密度係不同於多孔有機矽氧烷膜21b之膜密度。較佳的係有機矽氧烷膜22之膜密度係高於多孔有機矽氧烷膜21b之膜密度。有機矽氧烷膜22包含一基質成分，其具有矽、氧及碳作為一主要成分，但其可能包含或可能不包含一成孔劑成分。此外，較佳的係有機矽氧烷膜22之膜密度係高於圖1之步驟內所形成的有機矽氧烷膜21a之膜密度。

較佳的係，使有機矽氧烷膜22薄於多孔有機矽氧烷膜21b。例如，有機矽氧烷膜22之厚度係設定至多孔有機矽氧烷膜21b之厚度之大約1/10。

有機矽氧烷膜22係藉由該PE-CVD方法所形成。用於形成有機矽氧烷膜22之反應設備(PE-CVD設備)之結構係與圖6所示之反應設備之結構相同。在圖1之步驟內所述的有機矽氧烷氣體可用作用於形成一基質成分的有機矽氧烷氣體。而且，在圖1之步驟內所述之成孔劑成分形成氣體可用作用於形成一成孔劑成分的氣體。在本具體實施例中，有機矽氧烷膜22係藉由包含甲基二乙氧矽烷、 O_2 及He之混合氣體來形成。

接著，如圖4所示，施加電子束或紫外線至多孔有機矽氧烷膜21b與有機矽氧烷膜(上側絕緣膜)22。由此，將多孔有機矽氧烷膜21b修改成一多孔有機矽氧烷膜21c。

由於在向多孔有機矽氧烷膜21b施加電子束或紫外線時在其上形成具有高密度之有機矽氧烷膜22，故有機矽氧烷膜22用作一覆蓋膜。因此，可藉由有機矽氧烷膜22的存在來抑制移除多孔有機矽氧烷膜21b內所包含之成孔劑成分。由此，可在多孔有機矽氧烷膜21b內加速成孔劑成分的聚合反應。明確而言，該等成孔劑成分之相互聚合反應以及該成孔劑成分與該基質成分之聚合反應係藉由施加電子束或紫外線來加以加速。由於如此引起聚合反應，可防止多孔有機矽氧烷膜21c之膜品質在稍後執行的乾式蝕刻步驟中劣化。由此，可防止多孔有機矽氧烷膜21c之吸濕

性增加之問題的出現且可有效地防止半導體裝置之特性劣化。

在本具體實施例中，晶圓加熱溫度係設定至大約 400°C 且藉由使用圖7所示的一電子束施加設備來施加電子束至多孔有機矽氧烷膜21b與有機矽氧烷膜22。較佳的係設定晶圓加熱溫度(多孔有機矽氧烷膜21b與有機矽氧烷膜22之加熱溫度)等於或高於 300°C 。

圖9係顯示施加圖4之電子束之後所獲得之一成孔劑成分之剩餘數量的一圖式。明確而言，圖9係顯示在施加電子束之後一多孔有機矽氧烷膜之FT-IR頻譜的一圖式。在本具體實施例中，形成有機矽氧烷膜22，但在比較範例中不形成有機矽氧烷膜22。如圖9所示，在本具體實施例中，在施加電子束之後幾乎不會發生由成孔劑所引起的一在波數 2800 至 3200 cm^{-1} 附近部分內的峰值區減少。此係因為藉由有機矽氧烷膜22有效地抑制從多孔有機矽氧烷膜21b中移除成孔劑成分。

較佳的係，在圖4之步驟中施加電子束或紫外線之後設定有機矽氧烷膜22之膜密度高於多孔有機矽氧烷膜21c之膜密度。明確而言，較佳的係在圖4步驟之後設定有機矽氧烷膜22之膜密度為高於或等於 1.2 g/cm^3 。此外，較佳的係在圖4步驟之後設定多孔有機矽氧烷膜21c之相對介電常數為低於或等於2.50。

接著，如圖5所示，藉由一乾式蝕刻程序來處理防止擴散膜14、多孔有機矽氧烷膜21c與有機矽氧烷膜22，以在

其內形成一通孔與佈線溝渠。由於已描述原因，在該乾式蝕刻步驟中防止多孔有機矽氧烷膜21c之膜品質劣化。在此之後，填充銅於該通孔與佈線溝渠內以形成一通孔插塞24與銅導線25。此外，在有機矽氧烷膜22與銅導線25上形成一SiC膜作為一防止擴散膜26。

評估如此形成的半導體裝置，但無法觀察到通孔插塞24之電阻上升與應力遷移所引起的電性特性劣化。此係因為藉由使用上述方法形成具有極佳品質的多孔有機矽氧烷膜21c。

如上述，在本具體實施例中，在圖4之步驟內施加電子束或紫外線時，有機矽氧烷膜22用作為一覆蓋膜。因此，可抑制從多孔有機矽氧烷膜21b中移除成孔劑成分並在多孔有機矽氧烷膜21b內加速成孔劑成分的聚合反應。由此，可有效地防止乾式蝕刻步驟等中多孔有機矽氧烷膜21c之膜品質劣化。此外，由於大量空隙存在於多孔有機矽氧烷膜21c內，故可保持多孔有機矽氧烷膜21c之介電常數較低。因此，依據本具體實施例，可獲得極佳品質的多孔有機矽氧烷膜21c並可形成具有高可靠度且極佳特性的一半導體裝置。

在上述具體實施例中，有機矽氧烷膜21a與有機矽氧烷膜22係藉由使用該PE-CVD方法來形成，但有機矽氧烷膜21a與有機矽氧烷膜22可藉由使用一塗佈方法來形成。例如，當藉由使用該塗佈方法來形成有機矽氧烷膜21a時，可塗佈一溶液，其包含一具有矽、氧及碳作為一主要成分

之基質成分形成聚合物與一具有碳作為一主要成分之成孔劑成分形成聚合物。此外，可塗佈一溶液，其包含一基質成分形成聚合物，該基質成分形成聚合物使用一具有碳作為一主要成分之成孔劑成分作為一取代基(一具有矽、氧及碳作為一主要成分之基質成分形成聚合物)。當藉由使用該塗佈方法如此形成有機矽氧烷膜21a與有機矽氧烷膜22時，可獲得與上述具體實施例相同的效果。

在上述具體實施例中，膜密度不同於多孔有機矽氧烷膜21b的有機矽氧烷膜係用作形成於多孔有機矽氧烷膜21b上的上側絕緣膜22，但一具有一膜組成物不同於多孔有機矽氧烷膜21b之絕緣膜可用作上側絕緣膜22。例如，作為上側絕緣膜22，可使用一無機矽氧烷膜(無機矽氧烷膜)、SiC膜、SiCN膜或聚伸芳基膜。而且，在此情況下，由於上側絕緣膜22用作一覆蓋膜，故可防止從多孔有機矽氧烷膜21b移除成孔劑成分並可獲得與上述具體實施例相同的效果。

此外，在上述具體實施例中，可在圖2之步驟中形成多孔有機矽氧烷膜21b之後引入一成孔劑成分於多孔有機矽氧烷膜21b內。例如，曝露多孔有機矽氧烷膜21b之表面於包含該成孔劑成分之氣體氣氛下，以便從氣體氣氛引入該成孔劑成分於多孔有機矽氧烷膜21b內。或者，一包含一成孔劑成分之溶液可塗佈於多孔有機矽氧烷膜21b之表面上，以便從該溶液引入該成孔劑成分於該多孔有機矽氧烷膜21b內。

當引入該成孔劑成分於多孔有機矽氧烷膜21b時，可施加下列製造方法。在上述具體實施例中，在圖2之步驟中形成多孔有機矽氧烷膜21b時移除有機矽氧烷膜21a內的成孔劑成分之部分。然而，還較佳的係實質上移除有機矽氧烷膜21a內的整個成孔劑成分，且接著在圖2之步驟中形成多孔有機矽氧烷膜21b時引入該成孔劑成分於多孔有機矽氧烷膜21b內。

即，當使用用於引入該成孔劑成分於多孔有機矽氧烷膜21b之方法時，可引入一成孔劑成分於具有至少一基質成分的一初步多孔有機矽氧烷膜內。在此情況下，一成孔劑成分可包含或不包含於初步多孔有機矽氧烷膜內。因而，當使用用於引入該成孔劑成分於多孔有機矽氧烷膜21b內時，可獲得與上述具體實施例相同的效果。

此外，上述具體實施例之方法可應用於一種用於形成圖10所示佈線結構之方法。在圖10所示結構中，在有機矽氧烷膜22上形成一有機絕緣膜(額外絕緣膜)28。一通孔插塞24係形成於在防止擴散膜14、多孔有機矽氧烷膜21c與有機矽氧烷膜22內所提供的一通孔內且一銅導線25係形成於在有機絕緣膜28內所提供的一佈線溝渠內。一SiC膜係在銅導線25與有機絕緣膜28上形成為一防止擴散膜29。使用此結構，可在有機矽氧烷膜22形成之後及在有機絕緣膜28形成之前執行施加電子束或紫外線用於引起該成孔劑成分之聚合反應。然而，可在已形成有機絕緣膜28之後施加電子束或紫外線。因而，在已形成有機絕緣膜28之後施加電

子束或紫外線時，可獲得與上述具體實施例中所述相同的效果。

習知此項技術者將會容易地明白額外優點及修改。因此，本發明就其更廣泛態樣而言並不限於本文中所示及所述的特定細節及代表性具體實施例。據此，可進行各種修改而不脫離由隨附申請專利範圍及其等效內容所定義之一般創新概念的精神或範疇。

【圖式簡單說明】

圖1至5係示意性顯示依據本發明之一具體實施例之一半導體裝置之製造步驟的斷面圖。

圖6係示意性顯示用於形成有機矽氧烷膜之一反應設備之結構的一圖式。

圖7係示意性顯示用於形成一多孔有機矽氧烷膜之一電子束施加設備之結構的一圖式。

圖8係顯示一成孔劑成分之剩餘數量的一圖式。

圖9係顯示一成孔劑成分之剩餘數量的一圖式。

圖10係示意性顯示依據本發明之具體實施例之一修改之一半導體裝置之結構的一斷面圖。

【主要元件符號說明】

11	下面區域
12	層間絕緣膜
13	銅導線
14	防止擴散膜
21a	多孔有機矽氧烷膜

21b	多孔有機矽氧烷膜
21c	多孔有機矽氧烷膜
22	上側絕緣膜/有機矽氧烷膜
24	通孔插塞
25	銅導線
26	防止擴散膜
28	有機絕緣膜(額外絕緣膜)
29	防止擴散膜
110	晶圓
111	室
112	下側電極
113	上側電極
120	晶圓
121	室
122	晶圓台
123	電子束發射單元

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種半導體裝置之製造方法，其包括：在一半導體基板上形成多孔有機矽氧烷膜(21b)，其包含具有碳作為主要成分之成孔劑成分；在該多孔有機矽氧烷膜上形成上側絕緣膜(22)，其具有膜密度與膜組成物之至少一者不同於該多孔有機矽氧烷膜者；及施加電子束與紫外線之至少一者至該多孔有機矽氧烷膜與上側絕緣膜，以在該多孔有機矽氧烷膜內引起該成孔劑成分之聚合反應。

六、英文發明摘要：

A manufacturing method of a semiconductor device, includes forming a porous organo-siloxane film (21b) containing a porogen component having carbon as a main component above a semiconductor substrate, forming an upper-side insulating film (22) having at least one of film density and film composition different from that of the porous organo-siloxane film on the porous organo-siloxane film, and applying at least one of an electron beam and an ultraviolet ray to the porous organo-siloxane film and upper-side insulating film to cause polymerization reaction of the porogen component in the porous organo-siloxane film.

十一、圖式：

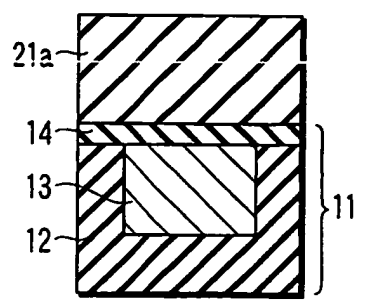


圖 1

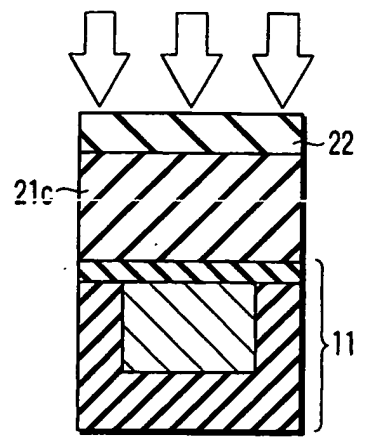


圖 4

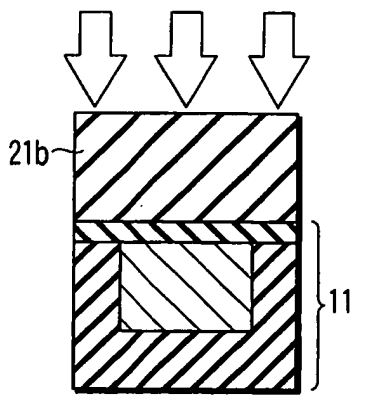


圖 2

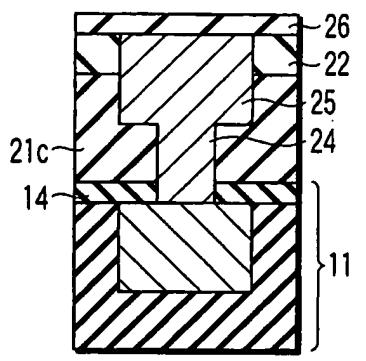


圖 5

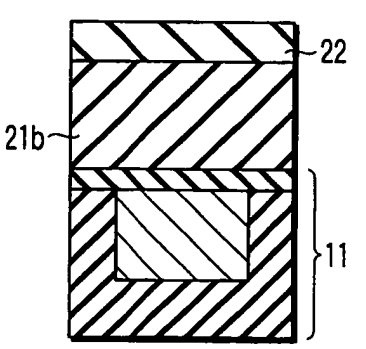


圖 3

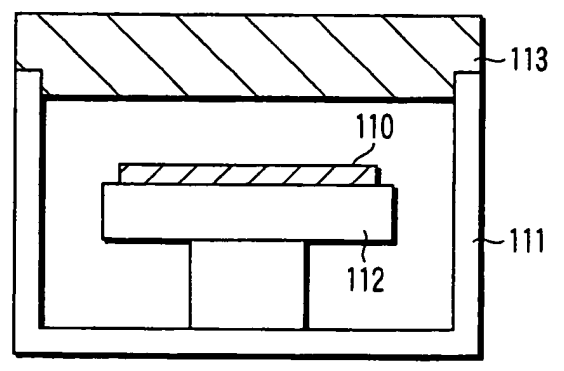


圖 6

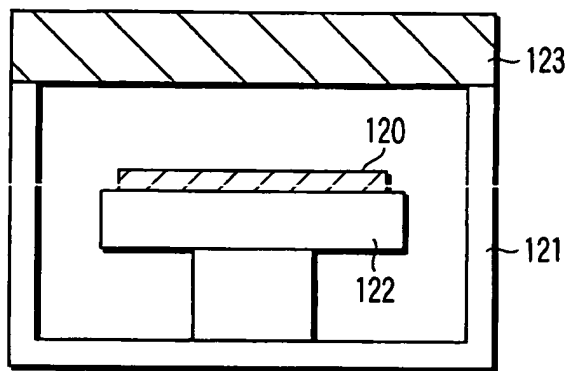


圖 7

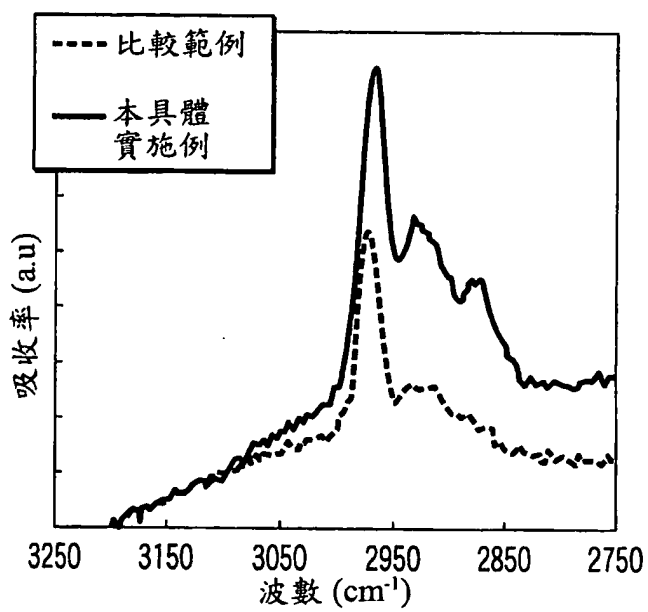


圖 8

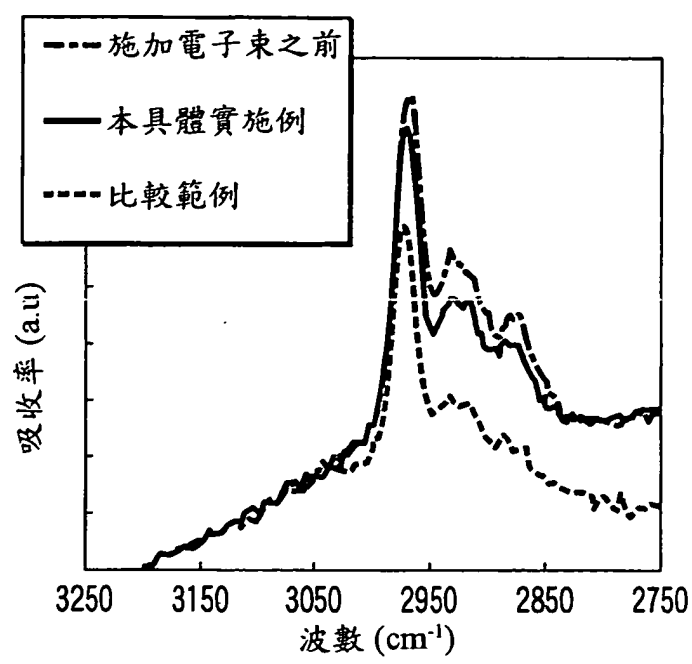


圖 9

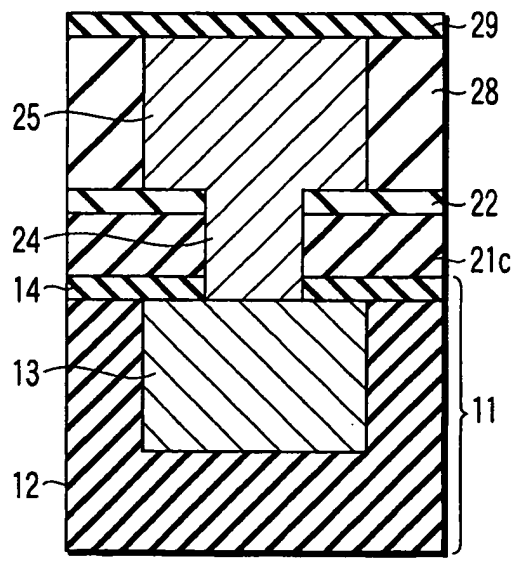


圖 10

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11	下面區域
21b	多孔有機矽氧烷膜
22	上側絕緣膜/有機矽氧烷膜

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

101年3月13日修正替換頁

緣膜以在該多孔有機矽氧烷膜內引起該成孔劑成分之聚合反應。

【實施方式】

現將參考附圖來說明本發明的一具體實施例。

圖1至5係示意性顯示依據本發明之一具體實施例之一半導體裝置之製造步驟的斷面圖。

首先，如圖1所示，形成一下面區域11，其包括一層間絕緣膜12、銅導線13與防止擴散膜14。防止擴散膜14係用以防止銅在銅導線13內擴散並由(例如)一SiC膜形成。儘管圖式中未顯示，但其上形成諸如MIS電晶體之半導體元件的一半導體基板存在於下面區域11下。

接著，在下面區域11上形成一有機矽氧烷膜21a，其具有一包含矽、氧及碳作為一主要成分的基質成分與一包含碳作為一主要成分的成孔劑成分。有機矽氧烷膜21a係藉由使用一PE-CVD(電漿增強化學氣相沈積)方法來加以形成，該方法使用有機矽氣體(有機矽烷氣體)以形成一基質成分與含烴氣體作為一主要成分以形成一成孔劑成分。接著，具體解釋用於形成有機矽氧烷膜21a之方法。

圖6係示意性顯示用於形成有機矽氧烷膜21a之一反應設備(PE-CVD設備)之結構之一圖式。一參考符號110表示具有圖1所示下面區域11的一晶圓，111表示一室，112表示一具有一加熱機制之下側電極而113表示一上側電極。

首先，將晶圓110載入室111內，在該室內可能維持一10 Torr或更小的高度真空狀態下並將晶圓110放置於下側電極

十、申請專利範圍：

1. 一種半導體裝置之製造方法，其包括：

在半導體基板上形成多孔有機矽氧烷膜，其包含具有碳作為主要成分之成孔劑成分；

在該多孔有機矽氧烷膜上形成上側絕緣膜，其膜密度與膜組成物中之至少一者不同於該多孔有機矽氧烷膜；
以及

施加電子束與紫外線中之至少一者至該多孔有機矽氧烷膜與上側絕緣膜以在該多孔有機矽氧烷膜內引起該成孔劑成分之聚合反應。

2. 如請求項1之方法，其中形成該多孔有機矽氧烷膜包含：

形成有機矽氧烷膜，其包含具有矽、氧及碳作為主要成分的基質成分與具有碳作為主要成分的該成孔劑成分；以及

從該有機矽氧烷膜中移除該成孔劑成分之部分。

3. 如請求項2之方法，其中該成孔劑成分之該部分係藉由施加電子束與紫外線中之至少一者至該有機矽氧烷膜來加以移除。

4. 如請求項2之方法，其中該有機矽氧烷膜係藉由使用CVD方法與塗佈方法中之一者來形成。

5. 如請求項1之方法，其中形成該多孔有機矽氧烷膜包含：

形成初步多孔有機矽氧烷膜，其包含具有矽、氧及碳

10年3月13日修正替換頁

作為主要成分之基質成分；以及

將具有碳作為主要成分的該成孔劑成分引入至該初步多孔有機矽氧烷膜內。

6. 如請求項5之方法，其中將該成孔劑成分引入至該初步多孔有機矽氧烷膜內包含：將該初步多孔有機矽氧烷膜之表面曝露於包含該成孔劑成分的氣體氣氛下。
7. 如請求項5之方法，其中將該成孔劑成分引入至該初步多孔有機矽氧烷膜內包含：在該初步多孔有機矽氧烷膜之表面上塗佈包含該成孔劑成分的溶液。
8. 如請求項1之方法，其中該上側絕緣膜係藉由使用CVD方法與塗佈方法中之一者來形成。
9. 如請求項1之方法，其中在該多孔有機矽氧烷膜上形成該上側絕緣膜包含：在該多孔有機矽氧烷膜上形成膜密度高於該多孔有機矽氧烷膜之膜密度的該上側絕緣膜。
10. 如請求項1之方法，其中在施加該電子束與該紫外線中之至少一者之後的該上側絕緣膜之膜密度，係高於在施加該電子束與該紫外線中之至少一者之後的該多孔有機矽氧烷膜之膜密度。
11. 如請求項1之方法，其中該上側絕緣膜係由有機矽氧烷膜所形成。
12. 如請求項1之方法，其中該上側絕緣膜係由有機矽氧烷膜所形成，該有機矽氧烷膜的膜密度係設定為在施加該電子束與該紫外線中之至少一者之後不低於 1.2 g/cm^3 。
13. 如請求項1之方法，其中該上側絕緣膜係由無機矽氧烷

10年3月13日修正替換頁

膜、SiC膜、SiCN膜與聚伸芳基膜中之一者形成。

14. 如請求項1之方法，其中在施加該電子束與該紫外線中之至少一者之後的該多孔有機矽氧烷膜之相對介電常數係不大於2.50。
15. 如請求項1之方法，其中該上側絕緣膜係形成為薄於該多孔有機矽氧烷膜。
16. 如請求項1之方法，其中在施加該電子束與該紫外線中之至少一者時，該上側絕緣膜抑制該成孔劑成分使其不從該多孔有機矽氧烷膜中被移除。
17. 如請求項1之方法，其中該聚合反應包含：在該多孔有機矽氧烷膜內所包含之該等成孔劑成分之聚合反應與在該多孔有機矽氧烷膜內所包含之具有基質成分的該成孔劑成分之聚合反應中之至少一者。
18. 如請求項1之方法，其中在施加該電子束與該紫外線中之至少一者時，加熱該多孔有機矽氧烷膜與該上側絕緣膜。
19. 如請求項1之方法，其進一步包括對已施加該電子束與該紫外線中之至少一者的該多孔有機矽氧烷膜與該上側絕緣膜進行乾式蝕刻。
20. 如請求項1之方法，其進一步包括在該上側絕緣膜上形成額外絕緣膜，
其中在形成該額外絕緣膜之後執行施加該電子束與該紫外線中之至少一者。