

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97103750

※申請日期：97年01月31日

※IPC分類：C23C 16/24 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 利用電漿化學氣相沈積法的矽系薄膜之形成方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 日新電機股份有限公司
(英) NISSIN ELECTRIC CO., LTD.

代表人：(中) 1. 天野嘉一

(英) 1. AMANO, YOSHIKAZU

地 址：(中) 日本國京都府京都市右京區梅津高畝町四七番地

(英) 47, Umezu Takase-Cho, Ukyo-Ku, Kyoto-Shi, Kyoto 615-8686
Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 加藤健治
(英) KATO, KENJI

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 高橋英治
(英) TAKAHASHI, EIJI

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2006/11/09 ; 2006-303676 ☒ 無主張優先權

2. P C T / 日本 ; 2007/10/29 ; PCT/JP2007/070994 ☒ 無主張優先權

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97103750

※申請日期：97年01月31日

※IPC分類：C23C16/24 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 利用電漿化學氣相沈積法的矽系薄膜之形成方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 日新電機股份有限公司
(英) NISSIN ELECTRIC CO., LTD.

代表人：(中) 1. 天野嘉一

(英) 1. AMANO, YOSHIKAZU

地 址：(中) 日本國京都府京都市右京區梅津高畝町四七番地

(英) 47, Umezu Takase-Cho, Ukyo-Ku, Kyoto-Shi, Kyoto 615-8686
Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 加藤健治
(英) KATO, KENJI

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 高橋英治
(英) TAKAHASHI, EIJI

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2006/11/09 ; 2006-303676 ☒ 無主張優先權

2. P C T / 日本 ; 2007/10/29 ; PCT/JP2007/070994 ☒ 無主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於利用電漿化學氣相沈積(CVD)法之矽系薄膜，尤其多晶系薄膜之形成方法。

【先前技術】

以往，被設置於液晶顯示裝置中之畫素的 TFT(薄膜電晶體)開關材料，或是各種積體電路、太陽電池等之製作，採用矽系薄膜(代表性為矽薄膜)。

矽薄膜以藉由使用矽烷系反應氣體之電漿 CVD 法形成之情形為多，此時該薄膜幾乎為非晶矽薄膜。

非晶矽薄膜可以形成比較低溫的被成膜基板，可以在藉由使用平行平板型電極之高頻放電(頻率 13.56MHz)的材料氣體之電漿下容易形成大面積。藉此，至今廣泛利用於液晶顯示裝置之畫素用開關裝置、太陽電池等。

但是，對於如此之非晶矽膜於利用矽膜之太陽電池中無法使發電效率更佳提升，於利用矽膜之半導體裝置中無法使回應速度等之特性更提升。因此，研究出利用結晶性矽薄膜(例如多晶矽薄膜)(參照例如日本特開 2001-313257 號公報)。

就以多晶矽薄膜般之結晶性矽薄膜之形成方法而言，將被成膜基板之溫度維持在 600℃～700℃ 以上之溫度，藉由低壓電漿 CVD、熱 CVD 等之 CVD 法或真空蒸鍍法、濺鍍蒸鍍法等之 PVD 法，形成膜之方法(參照例如日本特

開平 5-234919 號公報、日本特開平 11-54432 號公報)、各種 CVD 法或 PVD 法，在比較低溫下，形成非晶矽薄膜之後，施予 800℃ 左右以上之熱處理或是長時間在 600℃ 左右實施之熱處理的方法(例如參照日本特開平 5-218368 號公報)。

再者，所知的也有對非晶矽膜施予雷射退火而使該膜結晶化之方法(例如，日本特開平 8-124852 號公報、日本特開 2005-197656 號公報、日本特開 2004-253646 號公報)。

另外，近年來，隨著膜形成對象基板之大型化，作為可以在寬廣範圍安定形成電漿之手法，以自電感耦合天線對電漿化對象氣體施加高頻電力而生成電感耦合型電漿，並在該電漿下形成膜之技術也受到注目(參照例如日本特開 2004-228354 號公報)。

[專利文獻 1]日本特開 2001-313257 號公報

[專利文獻 2]日本特開平 5-234919 號公報

[專利文獻 3]日本特開平 11-54432 號公報

[專利文獻 4]日本特開平 5-218368 號公報

[專利文獻 5]日本特開平 8-124852 號公報

[專利文獻 6]日本特開 2005-197656 號公報

[專利文獻 7]日本特開 2004-253646 號公報

[專利文獻 8]日本特開 2004-228354 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

但是，該些中將基板暴露於高溫之方法，基板必須採用能夠耐高溫之高價基板，要在例如便宜之低熔點玻璃基板(耐熱溫度 500℃ 以下)形成結晶性矽薄膜則有困難，因此，有多晶矽薄膜般之結晶性矽薄膜之製造成本變高之問題。

再者，當藉由雷射退火法之時，在低溫下雖然可以取得結晶性矽薄膜，但是由於必須要有雷射照射工程，或照射相當高的能量密度之雷射光等，故此時結晶性矽薄膜之製造成本也變高。

並且，針對藉由可考慮用於在大面積基板上形成膜之電感耦合型電漿而形成矽薄膜，還無法說已充分確立其形成方法。

在此，本發明是以提供可以在比較低溫下便宜形成生產性佳，且結晶化度高之多晶矽系薄膜的利用電漿 CVD 法的矽系薄膜之形成方法作為第一課題。

再者，本發明是以提供可以解決上述第 1 課題並且可以形成缺陷少之良質多晶系薄膜的利用電漿 CVD 法之矽系薄膜之形成方法作為第 2 課題。

[用以解決課題之手段]

當依據本發明者之研究時，欲將多晶矽系薄膜當作半導體膜利用於 TFT(薄膜電晶體)開關之製作，或是各種積體電路、太陽電池等之製作時，為了提升該些開關等之性

能，該膜在藉由雷射拉曼(Raman)散亂分光法評估膜中矽之結晶性中，因結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 之比 (I_c/I_a = 結晶化度)高者為佳，具體而言，該結晶化度以 8 以上為佳，10 以上為更佳。結晶化度 (I_c/I_a) = 10 是矽成分之結晶化程度接近於 100%。

本發明者精心研究形成如此結晶化度 8 以上之多晶矽系薄膜時發現

(1) 於形成可以利用電漿 CVD 法，若進一步說即是可以利用將含有矽原子之成膜原料氣體及稀釋此之稀釋氣體導入至成膜室內，以高頻激勵使該導入氣體電漿化，在該電漿下於配置在該成膜室內的被成膜基板上形成矽系薄膜之電漿 CVD 法，藉由該電漿 CVD 法可以在比較低溫下生產性佳形成膜，例如可在耐熱溫度 500°C 以下之低價的低熔點玻璃基板(代表性為無鹼玻璃基板)上形成膜，僅此可以便宜形成膜，以及

(2) 藉由該電漿 CVD 法成膜時之成膜室內壓自 $0.0095\text{Pa} \sim 64\text{Pa}$ 之範圍選擇決定為佳，

(3) 自 $0 \sim 1200$ 之範圍選擇決定成膜時導入至上述成膜室內之上述稀釋氣體之導入流量 $M_d[\text{sccm}]$ 對上述成膜原料氣體之導入流量 $M_s[\text{sccm}]$ 之比 (M_d/M_s) 為佳 ($M_d/M_s = 0$ 為不使用稀釋氣體之時)，

(4) 自 $0.0024\text{W}/\text{cm}^3 \sim 11\text{W}/\text{cm}^3$ 之範圍選擇決定成膜時之高頻電力密度為佳，

(5) 將成膜時之電漿電位維持於 25V 以下，將成膜時之電漿中之電子密度為維持 1×10^{10} 個/cm³ 以上為佳，

(6) 滿足上述諸條件可以形成結晶化度 8 以上之多晶矽系薄膜。

成膜時之成膜室內壓自 0.0095Pa ~ 64Pa 之範圍選擇決定為佳之理由是當低於 0.0095Pa 時，電漿成為不安定，膜形成速度下降，於極端之時則有難以維持電漿點燈，當以 64Pa 高時，則有矽之結晶性下降，難以形成結晶化 (I_c/I_a) ≥ 8 之多晶矽系薄膜。

將上述稀釋氣體之導入流量 Md[sccm]對上述成膜原料氣體之導入流量 Ms[sccm]之比 (M_d/M_s)，設定在 0 ~ 1200 範圍之理由，是當比 (M_d/M_s) 超過 1200 時，矽之結晶性下降，結晶化度 (I_c/I_a) ≥ 8 之多晶矽系薄膜之形成變得困難，並且膜形成速度也下降之故。

成膜時之高頻電力密度自 $0.0024 \text{ W/cm}^3 \sim 11 \text{ W/cm}^3$ 之範圍選擇決定之理由是當小於 0.0024 W/cm^3 時，有電漿成為不安定，膜形成速度下降，於極端之時則以難以維持電漿之點燈，當大於 11 W/cm^3 之時，矽之結晶性下降，難以形成結晶化度 (I_c/I_a) ≥ 8 之多晶矽系薄膜，膜形成速度下降之故。

在此，「高頻電力密度 [W/cm^3]」是指將投入高頻電力 (W) 除以電漿生成空間 (通常成膜室) 之體積 (cm^3) 者。

再者，將成膜時之電漿電位維持於 25V 以下之理由，是當高於 25V 時，容易阻礙矽之結晶化，難以形成

結晶化度 (I_c/I_a) ≥ 8 之多晶矽系薄膜之故。

但是，當變得太低時，因難以維持電漿，故雖然不限定於此，若大概設為 10V 即可。

再者，將成膜時之電漿中之電子密度維持於 1×10^{10} 個 / cm^3 以上為佳之理由，是當電子密度小於 1×10^{10} 個 / cm^3 時，有助於膜形成之離子密度也下降，矽之結晶化度下降，膜形成速度下降，難以形成結晶化度 (I_c/I_a) ≥ 8 之多晶矽系薄膜之故。

但是，當過大時，因受到膜及被成膜基板飛來之離子等之荷電粒子容易損傷，故若考慮達成結晶化度 (I_c/I_a) ≥ 8 時，雖然不一定限定於此，但若大概設為 1.0×10^{12} 個 / cm^3 左右以下即可。

並且，電漿電位之增減是影響電漿中之電子密度之增減。有電漿電位若變高，電子密度也變大之傾向，也有電漿電位變低，電子密度則變小之傾向。依此，該些兩者必須考慮達成結晶化度 (I_c/I_a) ≥ 8 而予以選擇決定。

如此之電漿電位之電子密度可以藉由控制施加之高頻電力之大小(換言之為高頻電力密度)、高頻之頻率、成膜壓等中之至少一個來調整)。

根據以上之見解，本發明因解決上述第 1 課題，提供一種利用電漿化學氣相沈積法的矽系薄膜之形成方法，將含有矽原子之成膜原料氣體及稀釋氣體中之至少該成膜原料氣體導入至成膜室內，以高頻激勵使該導入氣體電漿化，在該電漿下於配置在該成膜室內的被成膜基板上形成

矽系薄膜，自 $0.0095\text{Pa} \sim 64\text{Pa}$ 之範圍選擇決定成膜時之成膜室內壓，自 $0 \sim 1200$ 之範圍選擇決定成膜時導入至上述成膜室內之上述稀釋氣體之導入流量 $M_d[\text{sccm}]$ 對上述成膜原料氣體之導入流量 $M_s[\text{sccm}]$ 之比 (M_d/M_s)，自 $0.0024\text{W}/\text{cm}^3 \sim 11\text{W}/\text{cm}^3$ 之範圍選擇決定成膜時之高頻電力密度，並且將成膜時之電漿電位維持於 25V 以下，將成膜時之電漿中之電子密度為維持 1×10^{10} 個 $/\text{cm}^3$ 以上而形成膜，並且，上述所選擇決定之成膜時的成膜室內壓、成膜原料氣體和稀釋氣體之導入流量比 (M_d/M_s)，及高頻電力密度，以及上述應維持之電漿電位及電漿中之電子密度之組合，作為在藉由雷射拉曼 (laser Raman) 散射分光法評估膜中矽的結晶性評價中，取得該膜中之因結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 之比 ($I_c/I_a = \text{結晶化度}$) 成為 8 以上之多晶矽系薄膜的組合而形成膜，依此形成多晶矽系薄膜。

本發明所涉及之矽系薄膜之形成方法中，為了有效利用氣體電漿化而所投入之高頻電力而在成膜室內形成高密度電漿，再者，為了在寬廣範圍安定形成電漿而形成盡可能均勻之膜，即使藉由自設置在該成膜室內之電感耦合天線對該導入氣體施加高頻電力，執行藉由朝上述成膜室內導入的導入氣體的高頻激勵所產生之電漿化亦可。

如此一來，設置於電感耦合型天線成膜室內時，以電氣絕緣性材料被覆該天線為佳。藉由以電氣絕緣材料被覆

天線，可以抑制因自我偏壓天線被來自電漿之荷電粒子濺鍍，來自天線之濺鍍粒子混入至欲形成之膜中。

如此之絕緣性材料，可以例示藉由石英玻璃或天線之陽極氧化處理所產生之材料。

無論何者，皆可以藉由本發明所涉及之膜形成方法形成之多晶矽系薄膜，雖然可以舉出由矽所構成之多晶矽薄膜，但是其他可以例示含有鍺(例如含有 10 原子%以下之鍺)之多晶矽系薄膜，或含有碳(例如含有 10 原子%以下之碳)之多晶矽系薄膜。

無論何者，皆可以採用波數 480^{-1}cm 的拉曼散射強度，當作因上述非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 。再者，採用在波數 520^{-1}cm 或在其附近的拉曼散射峰值強度，當作因上述結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 。

於形成多晶矽薄膜之時，可以舉出四氫化矽(SiH_4)氣體、二矽乙烷(Si_2H_6)氣體等之矽烷系氣體當作含有上述矽原子之原料氣體，於使用稀釋氣體時，可以舉例氫氣體以作為該稀釋氣體。

於形成含有鍺之多晶矽系薄膜之時，若採用也含有鍺原子之氣體，當作含有上述矽原子之成膜原料氣體即可。

作為如此之成膜原料氣體之具體例，可以例示於四氫化矽(SiH_4)氣體、二矽乙烷(Si_2H_6)氣體等之矽烷混合含有鍺之氣體(例如鍺烷(GeH_4)氣體、四氟化鍺(GeF_4)氣體)之氣體。

此時於使用稀釋氣體之時，可以使用例如氫氣體當作該稀釋氣體。

於形成含有碳之多晶系薄膜之時，若採用也含有碳原子之氣體當作含有上述矽原子之成膜原料即可。

作為如此之成膜原料氣體之具體例，可以例示四氫化矽(SiH_4)氣體、二矽烷(Si_2H_6)氣體等之矽烷混合含有碳之氣體(例如甲烷(CH_4)氣體、四氟化碳(CF_4)氣體)之氣體。

於此時，於使用稀釋氣體時，該稀釋氣體可以使用例如氫氣體。

但是，多晶矽薄膜以其表面由氧或氮等中執行終端處理為佳。在此，「藉由氧或氮等之終端處理」是指在多晶矽系薄膜表面氧或氮結合，產生(Si-O)結合、(Si-N)結合或是(Si-O-N)結合等。

如此之終端處理所產生之氧或氮之結合，是即使在終端處理前之結晶性矽薄膜表面，例如有懸空鍵般之缺陷，亦如補助此發揮功能，結晶性矽薄膜全體形成實質上抑制缺陷之良質膜狀態。施有如此終端處理之結晶性矽薄膜於當作電子裝置之材料被利用之時，提升該裝置所求之特性。例如，當作 TFT 材料使用之時，可以提升 TFT 中之電子移動度，或降低 OFF 電流。再者，即使在長時間使用 TFT，亦提升電壓電流特性難變化等之信賴性。

在此，為解決上述第 2 課題。

在上述本發明所涉及之矽系薄膜之形成方法中，於形成上述多晶矽系薄膜之後，在對自含有氧氣體及含有氮氣

體所選出之至少一種終端處理用氣體施加高頻電力而產生之終端處理用電漿下，終端處理該多晶系薄膜表面。

如此之終端處理若無故障，於多晶性矽系薄膜形成後，即使將終端處理用氣體導入置相同成膜室內，對該氣體施加高頻電力，使產生終端處理用電漿，在該電漿下，終端處理多晶矽薄膜表面亦可。

再者，即使準備自成膜室獨立之終端處理室，在該終端處理室中，實施終端處理工程亦可。

再者，即使在成膜室中於形成多晶矽系薄膜之後，將形成有該多晶矽系薄膜之基板搬入至連設於該成膜室(直接性或經具有物品搬運機械臂之搬運室間接性)之終端處理室，在該終端處理室實施終端處理亦可。

在如此終端處理室中之終端處理中，即使針對對終端處理用氣體施加高頻電力之高頻放電電極，當作產生上述般之感應耦合電漿之天線亦可。

作為終端處理用氣體，如上述般使用含氧氣體或是(及)含氮氣體，可以例示氧氣體或氧化氮(N_2O)氣體當作含有氧氣體，可以例示氮氣體或氨(NH_3)氣體以當作含氮氣體。

[發明之效果]

當藉由如此所說明之本發明時，則提供在比較低溫下可以低價形成生產性佳且結晶化度高之多晶矽系薄膜的利用電漿 CVD 法之矽系薄膜形成方法。

再者，當藉由本發明時，則可以提供具有如此優點之矽系薄膜之形成方法，即是可以形成缺陷少良質之多晶矽系薄膜的利用電漿 CVD 法之矽系薄膜形成方法。

【實施方式】

針對以下本發明之實施形態參照圖面予以說明。

第 1 圖表示可以使用於本發明所涉及之矽系薄膜(多晶矽系薄膜)之形成方法之實施的薄膜形成裝置 1 之 1 例之構成的概略。

第 1 圖之薄膜形成裝置具備有成膜室 1，在成膜室 1 內之下部設置有保持被成膜基板 S 之支持器 2。在支持器 2 內藏有可以加熱保持於此之基板 S 之加熱器 21。

在成膜室 1 內上部之與支持器 2 對向之區域配置有電感耦合型天線 3。天線 3 為倒立門形狀，其兩端部 31、32 貫通設置在成膜室 1 之頂棚壁 11 之絕緣性構件 111 而延伸至成膜室外。成膜室 1 內中之天線 3 之橫方向寬度為 w ，縱方向長度為 h 。

於伸出至成膜室外之天線端部 31，經匹配箱 41 連接有輸出可變之高頻電源 4。另一方天線端埠 32 則被接地。

再者，於成膜室 1 經排氣量調整閥(在本例中為電導閥)51 而連接排氣泵 5。並且，經氣體導入管 61 連接有成膜原料氣體供給部 6，並且經氣體導入管 71 而連接有稀釋氣體供給部 7。並且，經氣體導入管 81 連接有終端處

理用氣體供給部 8。在氣體供給部 6、7 及 8 之各個包含用以調整導入至成膜室內之氣體導入量的質量流量控制器或氣體源等。

支持器 2 經成膜室 1 成為接地電位。

再者，對於成膜室 1 設置有利用蘭牟爾探針 (Langmuir probe) 之電漿診斷裝置 10 及壓力計 100。電漿診斷裝置 10 可以根據被插入至成膜室 1 內之蘭牟爾探針 10a 和以該探針所取得之電漿資訊求出電漿電位及電漿中之電子密度。成膜室內壓力可以藉由壓力計 100 測量。

當藉由以上所說明之薄膜形成裝置時，例如下述般，可以形成多晶矽系薄膜，並且對該膜執行終端。

首先，在成膜室 1 內之支持器 2 上保持被成膜基板 S，因應所需以加熱器 21 加熱該基板，使排氣泵 5 運轉而將成膜室內壓力排氣至低於成膜時之壓力。接著，自成膜原料氣體供給部 6 將含有矽原子之成膜原料氣體導入至成膜室 1 內，或是自氣體供給部 6 導入含有矽原子之成膜原料氣體，並且自稀釋氣體供給部 7 導入稀釋氣體，利用電導閥 51 將成膜室內壓力調整成成膜時壓力，並且自可變高頻電源 4 經匹配箱 41 將高頻電力供給至天線 3。

如此一來，自該天線施加高頻電力至成膜室內，依此該氣體被高頻激勵而產生電感耦合電漿，在該電漿下，於基板 S 上形成矽系薄膜。

在該膜形成中，從 $0.0095\text{Pa} \sim 64\text{Pa}$ 之範圍選擇決定成膜時之成膜室內壓，從 $0 \sim 1200$ 之範圍選擇決定成膜時

導入至上述成膜室 1 內之上述稀釋氣體之導入流量 $Md[sccm]$ 對上述成膜原料氣體之導入流量 $Ms[sccm]$ 之比 (Md/Ms) ，自 $0.0024 W/cm^3 \sim 11 W/cm^3$ 之範圍選擇決定成膜時之高頻電力密度，並且將成膜時之電漿電位維持於 25V 以下，將成膜時之電漿中之電子密度為維持 1×10^{10} 個 $/cm^3$ 以上而形成膜。

並且，上述被選擇決定之成膜時之成膜室內壓、成膜原料氣體和稀釋氣體之導入流量比 (Md/Ms) 及高頻電力密度以及上述應被維持之電漿電位及電漿中之電子密度之組合，作為在藉由雷射拉曼 (laser Raman) 散射分光法評估膜中矽的結晶性評估中，取得因結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 之比 $(I_c/I_a = \text{結晶化度})$ 成為 8 以上，更佳為 10 以上之多晶矽系薄膜之多晶矽系薄膜的組合而形成膜。

依此在基板 S 上形成多晶矽系薄膜。

成膜室內之壓力雖然也影響至氣體導引量，但是將氣體導引量予以一定化之後，和以電導閥 51 調整為簡單。成膜室內壓可以由壓力計 100 把握。

對成膜室導入之各氣體導引量的調整及導引量比 (Md/Ms) 之調整可以藉由上述各氣體供給部之質量流量控制器而執行。

高頻電力密度之調整可以藉由高頻電源 4 之輸出調整而執行。

電漿電位及電子密度可以藉由上述電漿診斷裝置 10

把握。

在其膜形成中，結晶化度(I_c/I_a)達成 8 以上，更佳為 10 以上之成膜時之成膜室壓力、氣體導入量比(M_d/M_s)、高頻電力密度、電漿電位及電子密度雖然各由上述範圍決定，但是其方法可以舉出例如針對成膜室壓力、氣體導入量比(M_d/M_s)及高頻電力密度，在上述電漿診斷裝置 10 中，為可以確認出電漿電位為 25V 以下及電子密度為 1×10^{10} 個/cm³ 以上之範圍時之成膜內壓、氣體導入量比(M_d/M_s)及高頻電力密度，選擇決定各個在上述範圍內之情形。

或者，針對結晶化度(I_c/I_a)達成 8 以上，更佳為 10 以上之成膜時之成膜室內壓力、氣體導入量比(M_d/M_s)、高頻電力密度、電漿電位及電子密度之組合，可以藉由實驗等求出，即使自其組合群選擇決定成膜室內壓力、氣體導入量比(M_d/M_s)、高頻電力密度、電漿電位及電子密度亦可。

如此一來，即使形成以結晶化度為 8 以上之矽作為主成分之多晶矽系薄膜後，對該膜施予終端處理亦可。

例如，停止自氣體供給部 6(或是 6、7)導入氣體至室 1 內，停止自電源 4 對天線 3 施加電力，另外，連續執行排氣泵 5 之運轉而自成膜室 1 內僅可能排出殘存氣體。

之後，將基板溫度維持 250℃～400℃之範圍，並且以 50sccm～500sccm 之範圍自終端處理氣體供給部 8 將終端處理氣體之例如氧氣體或是氮氣體導入至膜室 1 內，並

且將成膜室內設定成終端處理用之壓力(0.1Pa~10Pa 左右之範圍之壓力 0，並且自高頻電源 4 經匹配箱 41 將終端處理用高頻電力(例如 13.56MHz、0.5kW~3kW 左右之電力)施加至天線 3 而將終端處理用氣體予以電漿化，並且在該電漿下，以特定之處理時間(例如 0.5 分~10 分左右)，對基板 S 上之多晶矽系薄膜表面施予終端處理，藉此使該多晶矽系薄膜成為良質薄膜。

如此當將利用氧或氮被終端處理之多晶矽系薄膜當作例如 TFT 用之半導體膜使用時，作為 TFT 電氣特性之電子移動度較無終端處理之時更上一層，再者 OFF 電流降低。

並且，即使即使於藉由含氧氣體之終端處理前或後施予藉由含氮氣體之終端處理亦可。

接著，針對以形成有多晶矽薄膜之實驗例當作多晶矽薄膜予以說明。

於實驗前，準備下述者以當作電感耦合型天線 3，於實驗中使用天線中之任一者。

天線	A	B	C	D	E	F
橫方向寬 w	140mm	120mm	50mm	50mm	50mm	50mm
縱方向長度 h	110mm	70mm	80mm	65mm	55mm	50mm

所形成之膜之矽的結晶化度之評估藉由使用 He-Ne 雷射(波長 632.8nm)之雷射拉曼散射分光法執行，在膜中矽

之結晶性評估中，以因結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 之比 ($I_c/I_a = \text{結晶化度}$) 執行。

再者，在此採用在波數 480^{-1}cm 的拉曼散射強度，當作因上述非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a ，採用在波數 520^{-1}cm 或在其附近的拉曼散射峰值強度，當作因上述結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 。

即使在任一實驗中，膜形成室使當作基板 S 之無鹼玻璃基板保持支持器 2，以加熱器 21 將該基板之溫度設為 400°C ，使用四氫化矽 (SiH_4) 氣體，使用稀釋氣體之時，使用氫氣體 (H_2) 以當作該氣體，以排氣泵 5 自該成膜室 1 排氣將該室內壓設為 10^{-5}Pa 級，之後如同各實驗藉由對該室內導入氣體、對天線 3 施加頻率 13.56MHz 之高頻電力及電漿點燈，在無鹼玻璃基板上形成矽薄膜。

將所使用之天線設為上述天線 C，將氫氣體之導入流量 (M_d) 設為 20sccm 之一定，並且將四氫化矽氣體之導入流量 (M_s) 設為 2sccm 之一定，因此，將導入流量比 (M_d/M_s) 設為一定值 10，又將投入之高頻電力之密度設為 $0.01\text{W}/\text{cm}^3$ 之一定，將使成膜室內壓變化之參考實驗例 1、實驗例 2~6 及參考實驗例 7~8 總結表示於下述表 1。

再者，將所形成之矽薄膜之結晶化度 (I_c/I_a) 之測量結果和成膜時之成膜室內壓之關係表示於第 2 圖。

表 1

	參考 實驗例 1	實驗例 2	實驗例 3	實驗例 4	實驗例 5	實驗例 6	參考 實驗例 7	參考 實驗例 8
成膜時壓力	0.0013Pa	0.013Pa	0.13Pa	1.3Pa	13Pa	60Pa	130Pa	650Pa
稀釋氣體流量	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm
原料氣體流量	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm
稀釋氣體流量和原料 氣體流量之比率	10	10	10	10	10	10	10	10
高頻電力密度	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³	0.01W/ cm ³
電漿電位	無法測量	27V	22V	19V	15V	14V	13V	12V
電子密度	無法測量	7.1×10 ¹⁰ 個/cm ³	5.7×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	3.0×10 ¹⁰ 個/cm ³	2.6×10 ¹⁰ 個/cm ³	1.9×10 ¹⁰ 個/cm ³	1.2×10 ¹⁰ 個/cm ³
天線種類	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C

在實施例 2~6 中，形成有結晶化成結晶化度為 8 以上之矽薄膜。

但是，在參考實驗例 1 中，不點燈電漿，無法形成矽薄膜。該是因成膜壓過低，維持電漿點燈之充分氣體分子不存在於室 1 內之故。

在實驗例 6 及參考實驗例 7、8 中。 I_c/I_a 逐漸下降，並且在參考實驗例 7、8 中，雖然 I_c/I_a 加大下降，但是該由於成膜壓力變高，抑制於矽結晶化擔任重要任務之原子狀氫基生長之故。

在實驗例 3、2 中，雖然不管壓力變低，表示 I_c/I_a 下降之傾向，該因具有原子狀氫基之生長被促進但也增加與結晶化促進作用同時平行前進之化學蝕刻性之損傷作用的傾向之故。再者，同時由於電漿電位上昇，來自電漿之損傷作用也增加之故。

由第 2 圖可知若將成膜時之成膜室內內壓設為 $0.0095\text{Pa} \sim 64\text{Pa}$ 左右之範圍時，則可以達成 I_c/I_a 。再者，若將成膜時之成膜室內壓設為 $0.048\text{Pa} \sim 32\text{Pa}$ 左右之範圍，則可以達成更佳 $I_c/I_a \geq 10$ 。

接著，將所使用之天線設為上述天線 C，將成膜時之壓力設為 1.3Pa 之一定，將所投入之高頻電力之密度設為 $0.01\text{W}/\text{cm}^3$ 之一定，使氣體導入流量比 (M_d/M_s) 予以變化之實驗例 9~13 及參考實驗例 14 總結表示於下述表 2。

將所形成之矽薄膜之結晶化度 (I_c/I_a) 之測量結果和成膜時之氣體導入流量比 (M_d/M_s) 之關係表示於第 3 圖。

[表 2]

	實驗例 9	實驗例 10	實驗例 11 (= 實施例 4)	實驗例 5	實驗例 6	參考 實驗例 7
成膜時壓力	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa
稀釋氣體流量	無	H ₂ 1sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 200sccm	H ₂ 2000sccm	H ₂ 10000sccm
原料氣體流量	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm
稀釋氣體流量和原料 氣體流量之比率	0 (無稀釋氣體)	1	10	100	1000	5000
高頻電力密度	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³
電漿電位	18V	18V	19V	20V	19V	19V
電子密度	4.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.6×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.5×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.3×10 ¹⁰ 個/cm ³
天線種類	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C

在實驗例 9～13 中形成結晶化成結晶化度 8 以上之矽薄膜。

實驗例 9、10、12 和 I_c/I_a 增加是因越增加氫氣體導入流量，越增加原子狀氫基，促進結晶化之故。實驗例 13、參考實驗例 14 和 I_c/I_a 越下降，在參考實驗例 14 中 I_c/I_a 顯著下降，該是因具有原子狀氫基增加但也增加與結晶化促進作用同時平行前進之化學蝕刻性之損傷作用的傾向之故。

並且，部採用稀釋氣體之實驗例 9 中，結晶化度變高是因四氫化矽氣體被分解，其結果氫(H)被供給，成為原子狀氫基之故。

由第 3 圖可知若將成膜時之氣體導入量比(M_d/M_s)設為 0～1200 級之範圍時，則可以達成 $I_c/I_a \geq 8$ 。再者，若將成膜時之氣體導入量比(M_d/M_s)設為 0～450 左右之範圍時，則可以達成更佳 $I_c/I_a \geq 10$ 。

接著，將所使用之天線設為上述天線 C，將成膜時之壓力設為 1.3Pa 之一定，將所投入之高頻電力之密度設為 20sccm 之一定，並且將四氫化矽氣體之導入量(M_s)設為 2sccm 之一定，因此，將導入流量比(M_d/M_s)設為一定值 10，將參考實驗例總結於實驗例 21 表示於下述表 3。

再者，將所形成之矽薄膜之結晶化度(I_c/I_a)之測量結果和成膜時之高頻電力密度表示於第 4 圖。

[表 3]

	參考 實驗例 15	參考 實驗例 16	實驗例 17 (=實施例 4)	實驗例 18	實驗例 19	實驗例 20	參考 實驗例 21
成膜時壓力	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	13Pa	1.3Pa	1.3Pa
稀釋氣體流量	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm
原料氣體流量	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm
稀釋氣體流量和原料氣體流量之比率	10	10	10	10	10	10	10
高頻電力密度	0.0001W/cm ³	0.001W/cm ³	0.01W/cm ³	0.1W/cm ³	1W/cm ³	10W/cm ³	20W/cm ³
電漿電位	無法測量	22V	19V	18V	17V	17V	15V
電子密度	無法測量	3.2×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	6.0×10 ¹⁰ 個/cm ³	7.3×10 ¹⁰ 個/cm ³	8.5×10 ¹⁰ 個/cm ³	9.7×10 ¹⁰ 個/cm ³
天線種類	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C	天線 C

在實施例 17~20 中，形成結晶化成結晶化度 8 以上之矽薄膜。

在參考實施例 15 中，不點燈電漿，無法形成矽薄膜。該是因高頻電力密度過低，故無法將氣體予以電漿化。

參考實驗例 16、實驗例 17、18 和 I_c/I_a 增加是因越增加高頻電力密度，氣體之分解(電漿化)則越前進，促進原子狀氫基之生成之故。

雖然實驗例 19、20、參考實驗例 21 和 I_c/I_a 下降，在參考實驗例 21 中， I_c/I_a 明顯下降，該是因具有雖然原子狀氫基增加但也增加與結晶化促進作用同時平行前進之化學蝕刻性之損傷作用的傾向之故。

由第 4 圖可知若將成膜時之高頻電力密度設為 $0.0024\text{W/cm}^3 \sim 11\text{W/cm}^3$ 左右之範圍時，則可以達成 $I_c/I_a \geq 8$ 。再者，若將成膜時之高頻電力密度設為 $0.0045\text{W/cm}^3 \sim 4.1\text{W/cm}^3$ 左右之範圍時，則可以達成 $I_c/I_a \geq 10$ 。

接著，將成膜時之壓力設為 1.3Pa 之一定，將氫氣體之導入量(M_d)設為 20sccm 之一定時，並且將四氫化矽氣體之導入量(M_s)設為 2sccm 之一定，因此，將導入流量比(M_d/M_s)設為一定值 10，將所投入高頻電力密度設為 0.01W/cm^3 之一定，各種改變所使用之天線，將使電漿電位及電子密度予以變化之參考實驗例 22~23、實驗例 24~25 及參考實驗例 26~27 總結表示於下述表 4。

再者，將所形成之矽薄膜之結晶化度(I_c/I_a)之測量結果和成膜時之高電漿電位之關係表示於第 5 圖，將結晶化度(I_c/I_a)之測量結果和成膜時之電子電度表示於第 6 圖。

[表 4]

	參考 實驗例 22	參考 實驗例 23	實驗例 24 (= 實驗例 4)	實驗例 25	實驗例 26	實驗例 27
成膜時壓力	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	1.3Pa	13Pa	1.3Pa
稀釋氣體流量	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm	H ₂ 20sccm
原料氣體流量	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm	SiH ₄ 2sccm
稀釋氣體流量和原料 氣體流量之比率	10	10	10	10	10	10
高頻電力密度	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³	0.01W/cm ³
電漿電位	55V	34V	19V	11V	8V	不安定
電子密度	5.3×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.8×10 ¹⁰ 個/cm ³	4.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	1.3×10 ¹⁰ 個/cm ³	3.4×10 ¹⁰ 個/cm ³	不安定
天線種類	天線 A	天線 B	天線 C	天線 D	天線 E	天線 F

在實驗例 24、25 中形成結晶化成結晶化度 8 以上之矽薄膜。

但是，在參考實驗例 26 中，在基板上無堆積可評估之矽薄膜。該是因爲電漿密度(電子密度)實質上下降至不可能形成薄膜的程度之故。

在參考實驗例 27 中，電漿成爲點燈或不點燈之不安定狀態，無法形成矽薄膜。該是因爲電漿電位過於下降，其結果難以維持電漿本身。

在參考實驗例 22、23 中，由於來自電漿之損傷， I_c/I_a 顯著下降。

從第 5 圖可知藉由將成膜時之電漿電位設定在 25V 以下之範圍，可以達成 $I_c/I_a \geq 8$ 。再者，若將成膜時之電漿電位設定在 23V 左右以下之範圍，更佳可以達成 $I_c/I_a \geq 10$ 。

無論何者針對電子密度之下限如先前所述以 1×10^{10} 個/cm³ 左右以上爲佳。

針對以上說明之實驗例中，在達成 $I_c/I_a \geq 10$ 之實驗例 3~5、9~12、17~19、24~25 之各個中所形成之多晶矽薄膜，施予終端處理之實驗例 28、29 予以說明。

即使在實驗例 28、29 之任一者中，使多晶矽薄膜之基板 S 保持於支撐器 2，自高頻電源 4 晶匹配箱 41 對天線 3 施加高頻電力。使用天線種類爲在實驗例 3~5、9~12、17~19、24~25 中之多晶矽薄膜形成中各所使用之天線種。再者，以終端處理用供給部 8 而言，使用可以供

給氧氣體或是但氣體者。

實驗例 28(被氧終端處理之多晶矽薄膜的形成)

基板溫度：400℃

氧氣體導入量：13.56MHz 1kW

終端處理壓：0.67Pa

處理時間：1分

實驗例 29(被氮終端處理之多晶矽薄膜的形成)

基板溫度：400℃

氧氣體導入量：200sccm

終端處理壓：0.67Pa

處理時間：5分

當將如此利用氧或氮被執行終端處理之多晶矽系薄膜當作 TFT 用之半導體膜使用時，較無實施終端處理之時更提升當作 TFT 電特性之電子移動度，再者降低斷開(OFF)電流。

雖然以上之說明中之終端處理將成膜室 1 當作終端處理室利用，但是即使另外設置終端處理室，在此施予終端處理亦可。例如，即使在成膜室 1 中形成多晶性矽系薄膜之後，將形成有該多晶性矽系薄膜之基板 S 搬入至連設於成膜室 1(直接或晶具有物品搬運機械手臂等間接性)，在該終端處理室實施終端處理亦可。

以上，雖然針對多晶矽薄膜之形成例予以說明，但是本發明亦可適用於以含鍺之矽為主成分之多晶矽系薄膜，

或以含碳之矽為主成分之多晶矽薄膜之形成。

以下針對此薄膜形成之實驗例予以記述。

實驗例 30(含鍺之多晶矽系薄膜之形成)

基板：無鹼玻璃基板

基板溫度：400℃

成膜原料氣體：SiH₄(2sccm)及 GeH₄(0.02sccm)

稀釋氣體：氫氣體 20sccm

氣體導入流量比 H₂/(SiH₄+GeH₄)：9.9

成膜壓：1.3Pa

高頻電力密度：0.01W/cm³

電漿電位：19V

電子密度：4.5×10¹⁰個/cm³

天線種類：C

實驗例 31(含碳之多晶矽系薄膜之形成)

基板：無鹼氣體基板

基板溫度：400℃

成膜原料氣體：SiH₄(2sccm)及 CH₄(0.02sccm)

稀釋氣體：氫氣體 20sccm

氣體導入流量比 H₂/(SiH₄)：9.9

成膜壓：1.3Pa

高頻電力密度：0.01 W/cm³

電漿密度：4.4×10¹⁰個/cm³

天線種：C

當藉由實驗例 30 時，膜中之銻含有量為略 1atm%(1 原子%)。然後，在藉由雷射拉曼散射分光法的膜中矽之結晶化評估中，確認出因結晶化矽成分所引起之波數 520^{-1}cm 或是在其附近之拉曼散射封值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之波數 480^{-1}cm 中之拉曼散射強度 I_a 之比(I_c/I_a)為 12.3 之多晶矽系薄膜。

當藉由實驗例 31 時，膜中之含碳量略 1atm%[1 原子%]。然後，在膜中矽之結晶化度評估中，確認出因結晶化矽成分所引起之波數 520^{-1}cm 或是在其附近之拉曼散射封值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之波數 480^{-1}cm 中之拉曼散射強度 I_a 之比(I_c/I_a)為 12.4 之多晶矽系薄膜。

再者，以與上述實施例 28、29 相同之條件對在實驗例 30、31 中所形成之膜施予終端處理，當作 TFT 用之半導體膜使用時，較不執行終端處理之時更提升當作 TFT 電氣特性之電子移動度，再者降低斷開電流。

[產業上之利用可行性]

本發明可以利用於在被成膜基板上形成當作 TFT(薄膜電晶體)開關之材料，或是於各種積體電路、太陽電池等之製作時可以作為半導體膜利用的多晶矽系薄膜。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為可以使用於本發明之多晶矽系薄膜之形成方法使用之薄膜形成裝置之 1 例的圖式。

第 2 圖爲表示所形成之膜之結晶化度 (I_c/I_a) 和成膜時之氣體導入流量比之關係圖。

第 3 圖表示所形成之膜之結晶化度 (I_c/I_a) 和成膜時之氣體導入流量比之關係圖。

第 4 圖爲表示所形成之膜之結晶度度 (I_c/I_a) 和成膜時之高頻電力密度之關係圖。

第 5 圖爲表示所形成之膜之結晶度度 (I_c/I_a) 和成膜時之電漿電位之關係圖。

【主要元件符號說明】

1：成膜室

11：成膜室 1 之頂棚壁

111：設置於天井壁 11 之電氣絕緣性構件

2：基板支持器

21：加熱器

3：電感耦合型天線

31、32：天線 3 之端部

4：高頻電源

41：匹配箱

5：排氣泵

51：電導閥

6：成膜原料氣體供給部

7：稀釋氣體供給部

8：終端處理用氣體供給部

10 : 電漿診斷裝置

10a : 蘭牟爾探針 (Langmuir probe)

10b : 電漿診斷部

100 : 壓力計

五、中文發明摘要

發明之名稱：利用電漿化學氣相沈積法的矽系薄膜之形成方法

在藉由高頻激勵之電漿 CVD 法的矽系薄膜形成方法中，在較低溫下便宜形成結晶化高之多晶矽薄膜。

其解決手段為自 $0.0095\text{Pa} \sim 64\text{Pa}$ 之範圍選擇決定成膜時之氣體壓，自 $0 \sim 1200$ 之範圍選擇決定成膜時導入至上述成膜室內之上述稀釋氣體之導入流量 $M_d[\text{sccm}]$ 對上述成膜原料氣體之導入流量 $M_s[\text{sccm}]$ 之比 (M_d/M_s)，自 $0.0024\text{W}/\text{cm}^3 \sim 11\text{W}/\text{cm}^3$ 之範圍選擇決定成膜時之高頻電力密度，並且將成膜時之電漿電位維持於 25V 以下，將成膜時之電漿中之電子密度為維持 1×10^{10} 個 $/\text{cm}^3$ 以上而形成膜，並且，將該些壓力之組合，作為在藉由雷射拉曼 (laser Raman) 散射分光法評估膜中矽的結晶性評估中，取得該膜中之因結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 之比 ($I_c/I_a = \text{結晶化度}$) 成為 8 以上之多晶矽系薄膜的組合而形成膜，依此形成多晶矽系薄膜。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

十、申請專利範圍

1.一種利用電漿化學氣相沈積法的矽系薄膜之形成方法，將含有矽原子之成膜原料氣體及稀釋氣體中之至少該成膜原料氣體導入至成膜室內，以高頻激勵使該導入氣體電漿化，在該電漿下於配置在該成膜室內的被成膜基板上形成矽系薄膜，其特徵為：

自 $0.0095\text{Pa} \sim 64\text{Pa}$ 之範圍選擇決定成膜時之成膜室內壓，自 $0 \sim 1200$ 之範圍選擇決定成膜時導入至上述成膜室內之上述稀釋氣體之導入流量 $M_d[\text{sccm}]$ 對上述成膜原料氣體之導入流量 $M_s[\text{sccm}]$ 之比 (M_d/M_s)，自 $0.0024\text{W}/\text{cm}^3 \sim 11\text{W}/\text{cm}^3$ 之範圍選擇決定成膜時之高頻電力密度，並且將成膜時之電漿電位維持於 25V 以下，將成膜時之電漿中之電子密度為維持 1×10^{10} 個 $/\text{cm}^3$ 以上而形成膜，

並且，上述所選擇決定之成膜時的成膜室內壓、成膜原料氣體和稀釋氣體之導入流量比 (M_d/M_s)，及高頻電力密度，以及上述應維持之電漿電位及電漿中之電子密度之組合，作為在藉由雷射拉曼 (laser Raman) 散射分光法評估膜中矽的結晶性評價中，取得該膜中之因結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 對因非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a 之比 ($I_c/I_a = \text{結晶化度}$) 成為 8 以上之多晶矽系薄膜的組合而形成膜，依此形成多晶矽系薄膜。

2.如申請專利範圍第 1 項所記載之矽系薄膜之形成方法，其中，藉由自設置在該成膜室內之電感耦合天線對該

導入氣體施加高頻電力，執行藉由朝上述成膜室內導入的導入氣體的高頻激勵所產生之電漿化。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項所記載之矽系薄膜之形成方法，其中，採用在波數 480^{-1}cm 的拉曼散射強度，當作因上述非晶矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_a ，採用在波數 520^{-1}cm 或在其附近的拉曼散射峰值強度，當作因上述結晶化矽成分所引起之拉曼散射峰值強度 I_c 。

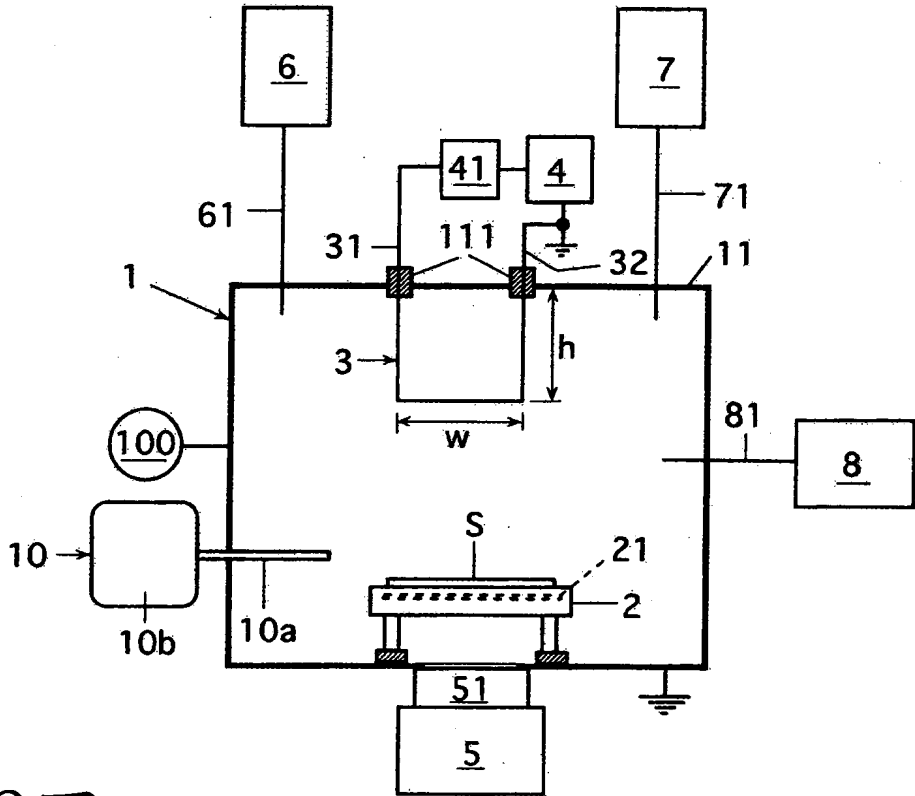
4.如申請專利範圍第 1、2 或 3 項所記載之矽系薄膜之形成方法，其中，採用也含有鍺原子之氣體，當作含有上述矽原子之成膜原料氣體，形成含有鍺之多晶矽系薄膜。

5.如申請專利範圍第 1、2 或 3 項所記載之矽系薄膜之形成方法，其中，採用含有碳原子之氣體，當作含有上述矽原子之成膜原料氣體，形成含有碳之多晶矽系薄膜。

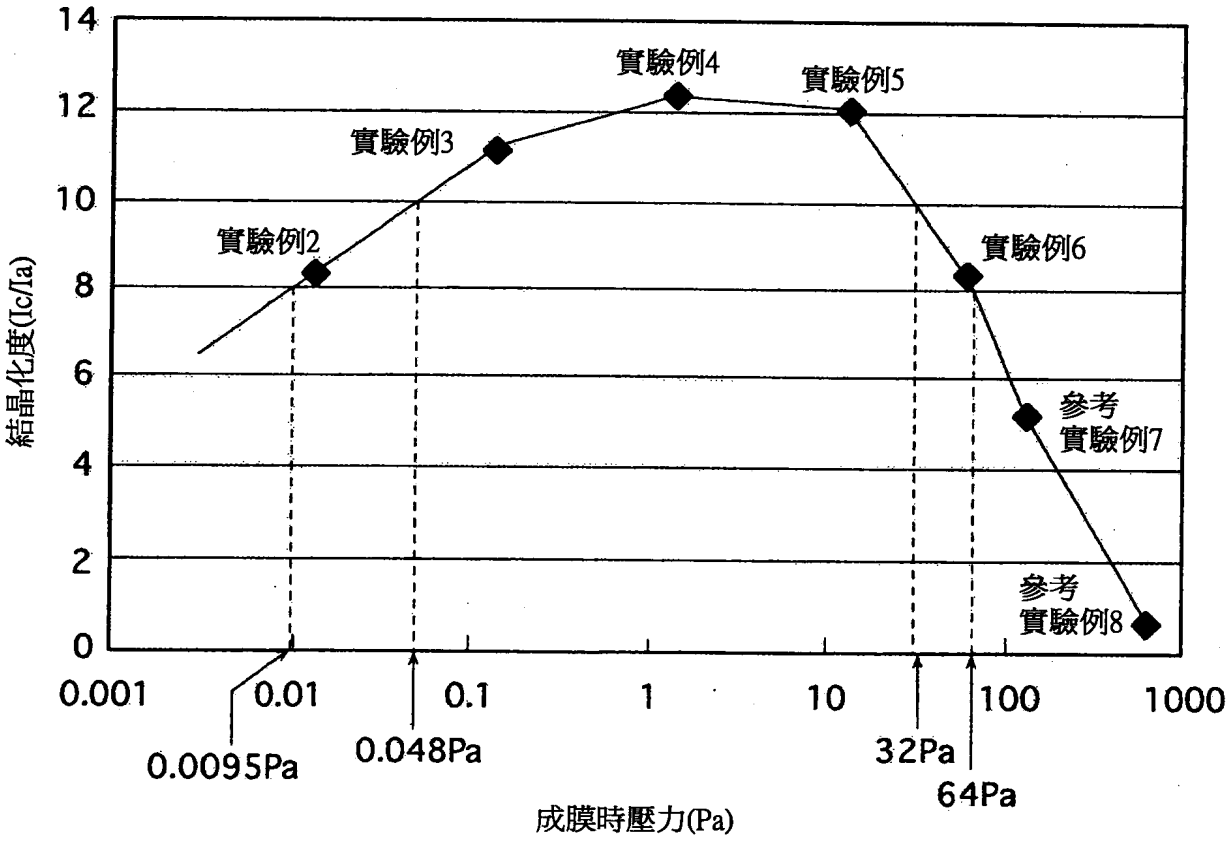
6.如申請專利範圍第 1 至 5 項中之任一項所記載之矽系薄膜之形成方法，其中，於形成上述多晶矽系薄膜之後，在對自含有氧氣體及含有氮氣體所選出之至少一種終端處理用氣體施加高頻電力而產生之終端處理用電漿下，終端處理該多晶系薄膜表面。

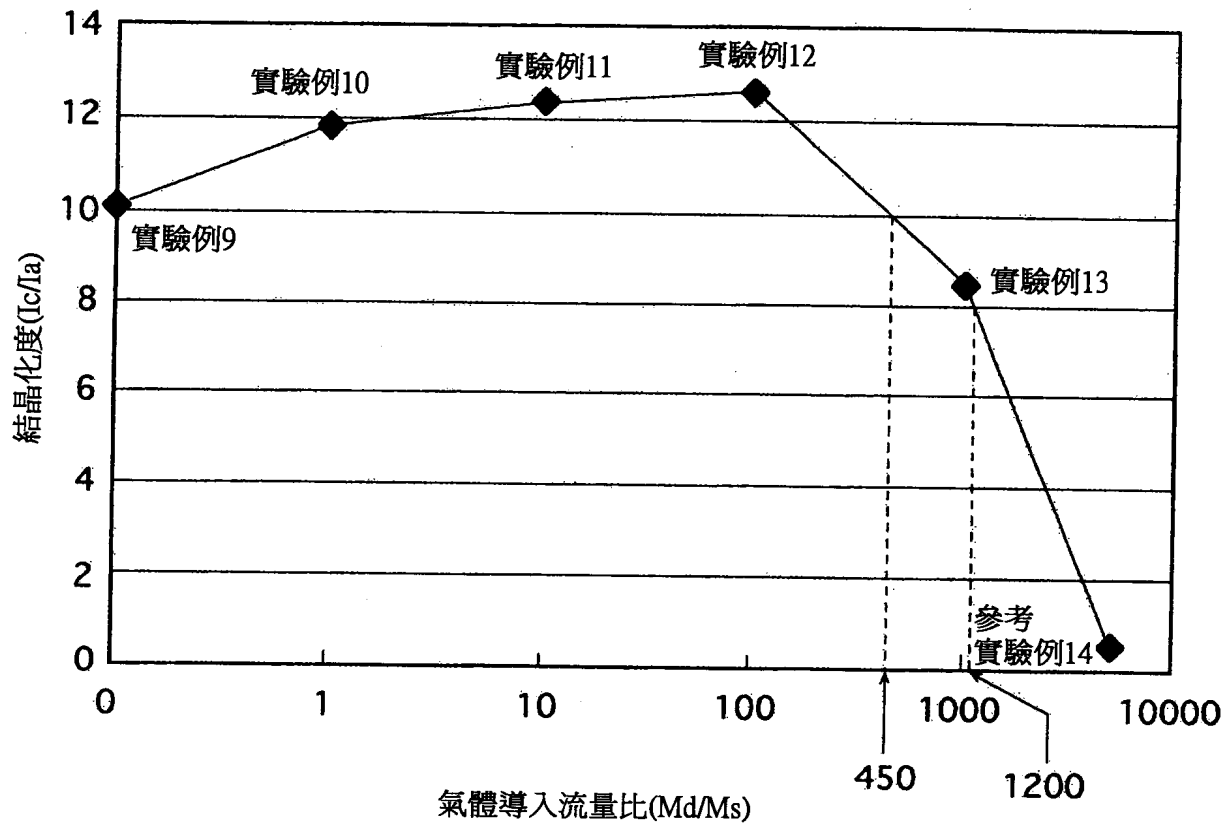
7.如申請專利範圍第 6 項所記載之矽系薄膜之形成方法，其中，在上述成膜室中形成上述多晶矽系薄膜之後，將形成有該多晶矽系薄膜之上述基板搬入至連設於該成膜室之終端處理室，在該終端處理室實施上述終端處理。

第1圖

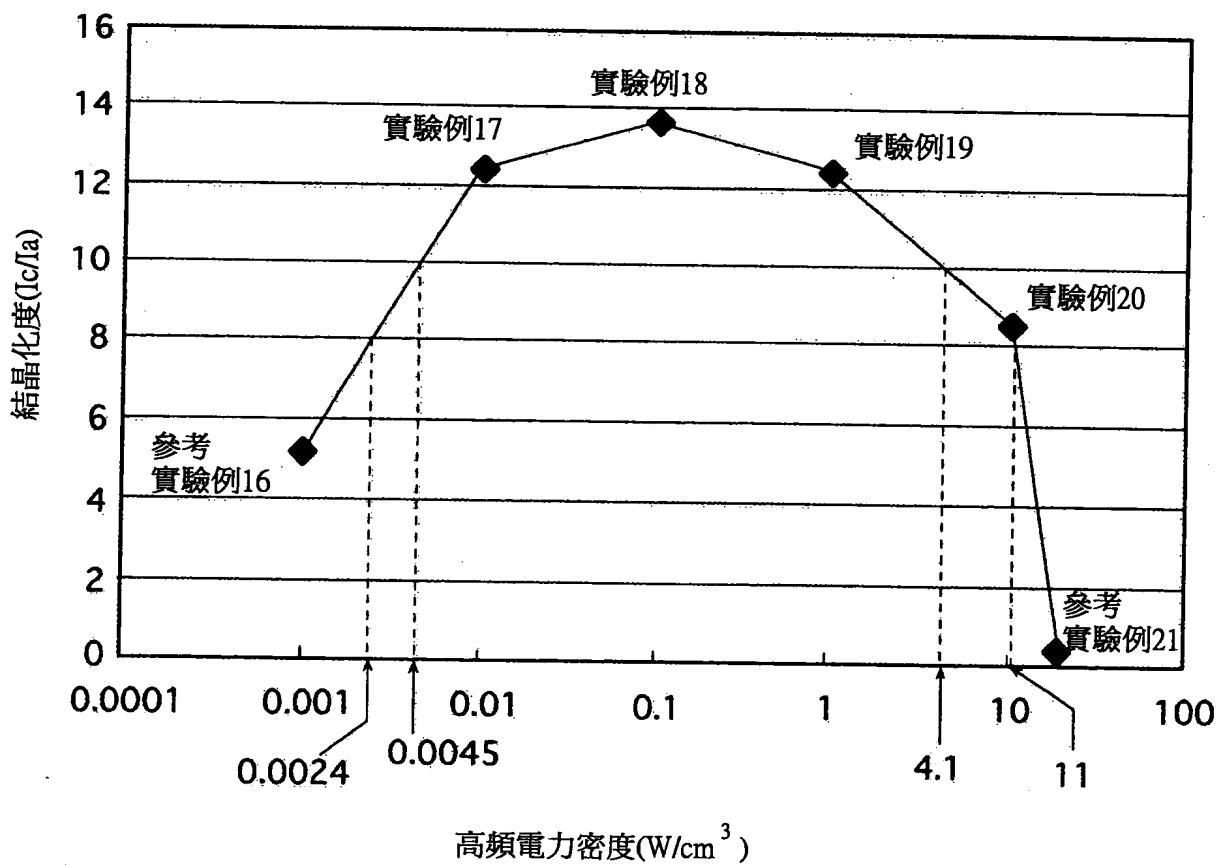


第2圖

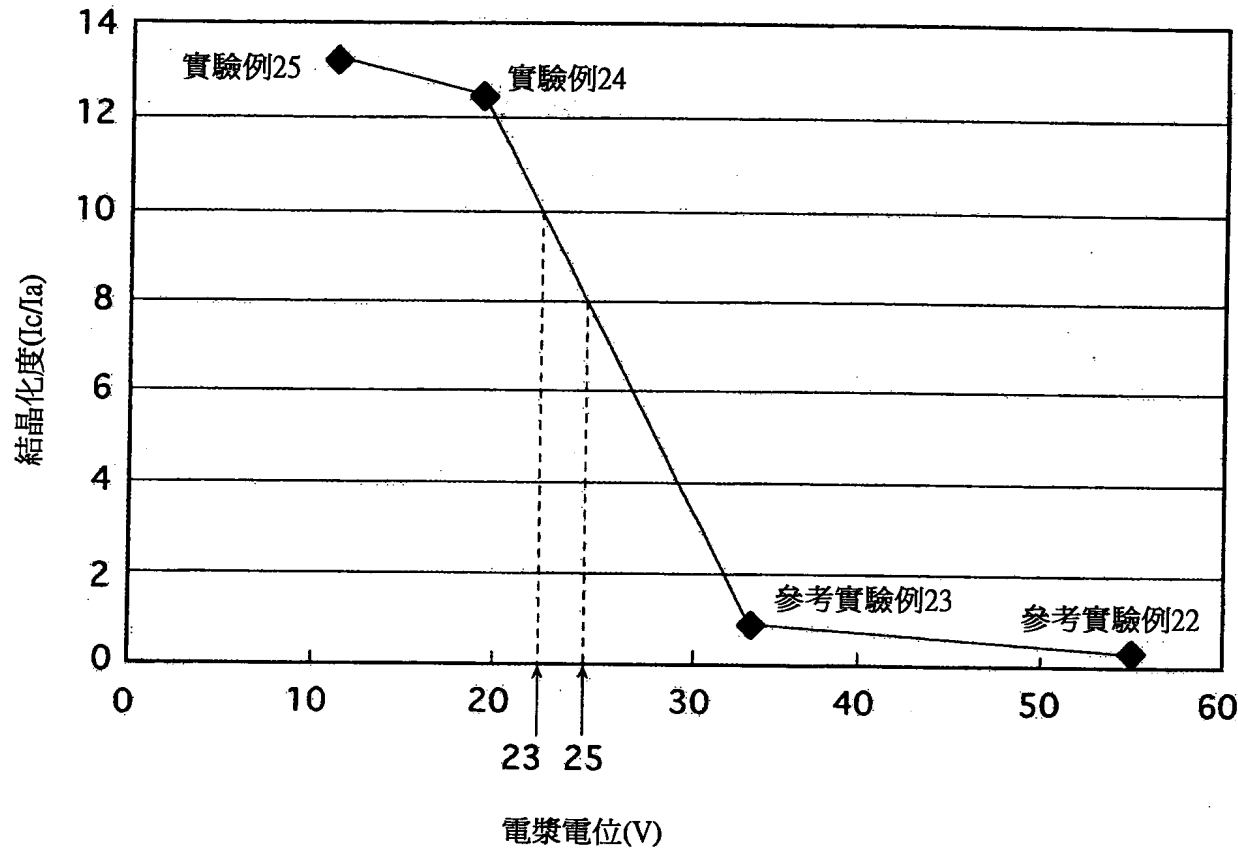




第4圖



第5圖



七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (1) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 1：成膜室，11：成膜室 1 之頂棚壁，
- 111：設置於天井壁 11 之電氣絕緣性構件，
- 2：基板支持器，21：加熱器，
- 3：電感耦合型天線，
- 31、32：天線 3 之端部，
- 4：高頻電源，41：匹配箱，5：排氣泵，
- 51：電導閥，6：成膜原料氣體供給部，
- 61、71、81：氣體導入管，
- 7：稀釋氣體供給部，
- 8：終端處理用氣體供給部，
- 10：電漿診斷裝置，
- 10a：蘭牟爾探針(Langmuir probe)，
- 10b：電漿診斷部，100：壓力計。

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