

發明專利說明書 200416856

(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：92137121

※申請日期：92年12月26日

※IPC分類：

H01L 21/302
C35B 4/00
C35C 16/50

壹、發明名稱：

(中) 電漿蝕刻有機系材料膜之方法及裝置

(外) 有機系材料膜をプラズマエッチングするための方法および装置

貳、申請人：(共 2 人)

1. 姓名：(中) 東京威力科創股份有限公司

(英) TOKYO ELECTRON LIMITED

代表人：(中) 1. 佐藤潔

(英)

地 址：(中) 日本國東京都港區赤坂五丁目三番六號

(英)

國籍：(中英) 日本 JAPAN

2. 姓名：(中) 東芝股份有限公司

(英) KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA

代表人：(中) 1. 岡村正

(英)

地 址：(中) 日本國東京都港區芝浦一丁目一番一號

(英)

國籍：(中英) 日本 JAPAN

參、發明人：(共 4 人)

1. 姓名：(中) 本田昌伸

(英) HONDA, MASANOBU

地 址：(中) 日本國山梨縣韮崎市藤井町北下條二三八一番地之一東京威力科創
A T 股份有限公司內

(英) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1東京
エレクトロン A T 株式会社內

2. 姓名：(中) 松山昇一郎

(英) MATSUYAMA, SHOICHIRO

地 址：(中) 日本國山梨縣韮崎市藤井町北下條二三八一番地之一東京威力科創

A T 股份有限公司內
(英) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京
エレクトロン A T 株式会社內

3. 姓 名 : (中) 永關一也
(英) NAGASEKI, KAZUYA
地 址 : (中) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条 二三八一 番地之一 東京威力科創
A T 股份有限公司內
(英) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京
エレクトロン A T 株式会社內

4. 姓 名 : (中) 林久貴
(英) HAYASHI, HISATAKA
地 址 : (中) 日本国東京都港区芝浦一丁目一番一號 株式会社東芝 知的財産
部內
(英)

肆、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 ; 2002/12/27 ; 2002-380558 ☒ 有主張優先權

A T 股份有限公司內
(英) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京
エレクトロン A T 株式会社內

3. 姓 名 : (中) 永關一也
(英) NAGASEKI, KAZUYA
地 址 : (中) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条 二三八一 番地之一 東京威力科創
A T 股份有限公司內
(英) 日本国山梨県韮崎市藤井町北下条 2 3 8 1 番地の 1 東京
エレクトロン A T 株式会社內

4. 姓 名 : (中) 林久貴
(英) HAYASHI, HISATAKA
地 址 : (中) 日本国東京都港区芝浦一丁目一番一號 株式会社東芝 知的財産
部內
(英)

肆、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 ; 2002/12/27 ; 2002-380558 ☒ 有主張優先權

(1)

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於電漿蝕刻形成在半導體晶圓等之基板上的低介電係數膜（low-k 膜）等之有機系材料膜之方法及裝置。

【先前技術】

在半導體裝置的配線工程中，於配線層間形成有層間絕緣膜，爲了使配線層導通而蝕刻層間絕緣膜。近來，由於半導體裝置的更高速化之要求，此層間絕緣膜被要求更低介電係數之膜，此種低介電係數膜逐漸使用有機系材料膜。

此種有機系材料膜的蝕刻，係藉由以氧化矽等之無機系材料膜爲遮罩進行電漿蝕刻而進行。具體爲如日本專利特開 2001-60582 號公報或特開 2001-118825 號公報所記載般，是處理在處理容器內設置上下相對之一對的平行平板電極之電漿蝕刻裝置。而且，在平行平板電極的一方之下部電極（支持電極）載置半導體晶圓（以下，單記載爲晶圓），對此支持電極供給頻率 13.56MHz 之高頻電力。另外，供應給處理容器內之處理器體則使用 N_2 、 H_2 、Ar 等。

但是，在以上述之習知蝕刻條件來電漿處理有機系材料膜時，存在有以下的問題：即爲了獲得高蝕刻率，一提高電漿密度時，電極的自我偏壓電壓也同時提高，由於被

(2)

引入之離子，作為遮罩等而與有機系材料膜鄰接設置的無機系材料膜急速減少。因此，有機系材料膜對於無機系材料膜之蝕刻選擇比降低，無法兼顧高蝕刻率和高蝕刻選擇比。

另外，為了防止此種急速減少以高選擇比蝕刻有機系材料膜，如去除蝕刻作用強的（濺鍍作用強的）Ar（氬）氣體之原子氣體而使用分子性之單一氣體或混合氣體時，則電子密度（電漿密度）會因應電場強度分布，在基板的中央高、在端部低，均勻性極度差。因此，所獲得之蝕刻的均勻性也不得不差。特別是晶圓大型化為300mm時，此種電子密度（電漿密度）的不均勻變得更為顯著。

【發明內容】

本發明係有鑑於此種情形而完成，目的在於提供：在蝕刻有機系材料膜時，對於鄰接的無機系材料膜之選擇性高，且電子密度或電漿密度的均勻性高以進行蝕刻之電漿蝕刻方法及裝置。

如依據本發明人等之檢討結果，發現：相對於有機系材料膜的蝕刻由電漿密度所支配，離子能量的貢獻小，但是，在無機系材料膜之蝕刻中，電漿密度和離子能量之兩方都必要；基於此，為了不降低有機系材料膜的蝕刻率而提高對於無機系材料膜之蝕刻選擇比，則需要不降低電漿密度且降低離子能量。在此情形下，電漿的離子能量可以蝕刻時的電極之自我偏壓電壓而間接地予以掌握。因此，

(3)

爲了不降低蝕刻率且以高蝕刻選擇比來蝕刻有機系材料膜，結論爲需要不降低電漿密度而以低偏壓條件進行蝕刻。依據本發明人等之進一步檢討結果，如施加在電極的高頻電力之頻率高，知道可不降低電漿密度而形成自我偏壓電壓小的狀態。

另外，如此電漿形成用的高頻電力之頻率如高至 40MHz 以上，則電極的自我偏壓電壓小之故，即使將 Ar 之類的原子氣體當成處理器體使用，蝕刻無機系材料膜之能力也不太高，藉由使用如 Ar 般之以低能量電離之氣體、電離剖面積小之氣體，可使電子密度即電漿密度均勻化。

因此，如依據本發明之第 1 局面，是提供一種使用平行平板型之電漿蝕刻裝置，以電漿蝕刻基板上的有機系材料膜之方法，其特徵爲：設形成電漿之高頻電力的頻率在 40MHz 以上，使用含由基底狀態之電離能量或由準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積爲 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體之處理氣體，以電漿蝕刻上述有機系材料膜。

如依據此方法，藉由使形成電漿之高頻電力的頻率在 40MHz 以上，高於習知，可一面確保有機系材料膜之蝕刻所必要的電漿密度，一面實現低的自我偏壓電壓，可對於無機系材料膜以高蝕刻選擇比來蝕刻有機系材料膜。另外，藉由使用含以 Ar、Xe、Kr 爲代表之由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電

(4)

離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體的處理氣體，可不降低電漿密度（電子密度）而大幅改善其分布。即由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體容易電離故，藉由添加其，可促進處理氣體的電離。藉此，即使在電場強度低的基板端部附近，也可以充分使處理氣體電離，變成處理氣體整體可均勻電離，結果為電子密度即電漿密度變得均勻。

此方法具體可使用具備：被供應有上述處理氣體之處理容器；和設置在此處理容器內而用於支持上述基板之支持電極；和以此支持電極及與其對向之對向基板所構成的平行平板電極之電漿蝕刻裝置來進行。在此情形下，藉由在支持電極施加形成電漿之（頻率 40MHz 以上的）高頻電力，可在支持電極之自我偏壓電壓低的狀態下，進行對於無機系材料膜之損傷小的蝕刻。另外，支持電極的自我偏壓電壓的絕對值如在 500V 以下之範圍，則對於支持電極可施加對基板之離子引入的頻率 $500 \text{kHz} \sim 27 \text{MHz}$ 之高頻電力。藉此，在對無機系材料膜之損傷小的範圍內，也可以引入離子而提高蝕刻性。

另外，在將形成電漿之（頻率 40MHz 以上的）高頻電力施加於對向電極（非支持電極）時，則需要將對於基板之離子引入的（頻率 $500 \text{kHz} \sim 27 \text{MHz}$ 的）高頻電力施加於支持電極。在此情形下，為了使對於無機系材料膜之損傷變小，也需要使支持電極的自我偏壓電壓的絕對值在

(5)

500V 以下。

上述由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體，以使用 Ar、Xe、Kr 之其一為佳。特別是 Ar，存在有準穩定狀態，由該狀態以約 4eV 可轉變為電離狀態，最大電離剖面積也大，且在這些當中，由於便宜，最為有效。Xe、Kr 也存在有準穩定狀態，可由該狀態以比較低能量轉變為電離狀態，最大電離剖面積也大。具體為可使用包含 Ar 和 N_2 和 H_2 之處理氣體，或包含 Ar 和 NH_3 之處理氣體。

上述電漿形成用之高頻電力的頻率，雖如在 40MHz 以上即可，但是以使用 100MHz 為適當。

由以下理由，最好上述平行平板電極的支持電極和對向電極間的距離（電極間距離）在 40mm 以下。即依據帕申法則（Paschen's law），開始放電電壓 V_s 在氣體壓力 p 和電極間距離 d 之積 pd 為某值時，取用極小值（帕申最小值）。而且，採用帕申最小值之 pd 值是高頻電力的頻率愈大時會愈小。因此，如本發明般，在高頻電力的頻率比較大時，為了使開始放電電壓 V_s 小，容易放電，使之維持穩定，如氣體壓力 p 為一定時，則需要使電極間距離 d 變小。因此，在本發明中，最好設電極間距離為 40mm 以下。另外，藉由設電極間距離在 40mm 以下，可使處理容器內的氣體之殘留時間變短。藉此，反應產生物可有效率由處理容器內排出，也可獲得降低蝕刻停止之效

(6)

果。

由同樣觀點，如依據本發明之第 2 局面，係提供一種電漿蝕刻基板上的有機系材料膜之裝置，其特徵為：具備有，收容上述基板之處理容器；和設置在上述處理容器內，用於支持上述基板之支持電極；和以此支持電極以及與其對向之對向電極所構成的平行平板電極；和對上述處理容器內供給處理氣體之處理器體供給系統；和排氣上述處理容器內之排氣系統；和對於上述支持電極供給形成電漿之高頻電力之第 1 高頻電源，上述第 1 高頻電源為供給頻率 40MHz 以上的高頻電力，上述處理氣體供給系統係供給含由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體之處理氣體。

如依據本發明之第 2 局面，進而提供一種電漿蝕刻基板上的有機系材料膜之裝置，其特徵為：具備有，收容上述基板之處理容器；和設置在上述處理容器內，用於支持上述基板之支持電極；和以此支持電極以及與其對向之對向電極所構成的平行平板電極；和對上述處理容器內供給處理氣體之處理氣體供給系統；和排氣上述處理容器內之排氣系統；和對於上述對向電極供給形成電漿之高頻電力之第 1 高頻電源；和對於上述支持電極供給離子引入之高頻電力之第 2 高頻電源，上述第 1 高頻電源為供給頻率 40MHz 以上的高頻電力，上述第 2 高頻電源為供給頻率 500kHz ~ 27MHz 之高頻電力，使得上述支持電極的自我

(7)

偏壓電壓的絕對值變成 500V 以下，上述處理氣體供給系統係供給含由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體之處理氣體。

【實施方式】

以下，參考所附圖面說明本發明之實施形態。

第 1 圖係顯示本發明之實施所使用的電漿蝕刻裝置之剖面圖。此蝕刻裝置係具有：構成爲具氣密性，形狀爲略圓筒狀，壁部例如表面經過氧化處理之鋁製的處理容器 1。此處理容器 1 被接地。

在此處理容器 1 內設置有水平支持基板之晶圓 W，且作用爲支持電極（下部電極）之支持工作台 2。工作台 2 係例如由表面經過氧化處理的鋁構成，介由絕緣構件 4 而由處理容器 1 的低壁突出的支持部 3 上所支持。另外，在工作台 2 之上方的外圍設置有以導電性材料或絕緣性材料形成的聚焦環 5。在晶圓的直徑爲 300mm ϕ 時，此聚焦環 5 係採用 340~380mm ϕ 之直徑。在聚焦環 5 的外側設置有擋板 14。另外，在工作台 2 和處理容器 1 之底壁間形成有空洞部 7。

在工作台 2 的表面上設置有靜電吸附晶圓 W 之靜電夾頭 6。此靜電夾頭 6 係在與絕緣體 6b 之間存在有電極 6a 而構成，在電極 6a 連接直流電源 13。而且，藉由在電極 6a 施加來自直流電源 13 之電壓，例如，半導體晶圓 W

(8)

藉由庫倫力而被吸附。

在工作台 2 內設置有冷媒流路 8a，在此冷媒流路 8a 連接冷媒配管 8b，藉由冷媒控制裝置 8，適當的冷媒透過此冷媒配管 8b 而被供應給冷媒流路 8a 而循環其中。藉此，工作台 2 可控制為適當溫度。另外，在靜電夾頭 6 的表面和晶圓 W 的背面之間設置有供給熱傳導用之導熱氣體，例如 He 氣體之導熱氣體配管 9a，導熱氣體透過此導熱氣體配管 9a 而由導熱氣體供給裝置 9 供應給晶圓 W 背面。藉此，即使處理容器 1 內被排氣而保持為真空，也可使循環在冷媒流路 8a 之冷媒的冷熱有效率地傳達給晶圓 W，可提高晶圓 W 的溫度控制性。

在工作台 2 的幾乎中央處連接有供給高頻電力的供電線 12，在此供電線 12 連接有匹配器 11 以及高頻電源 10。所定頻率之高頻電力由高頻電源 10 而供應給工作台 2。

另一方面，設置有與作用為支持電極之工作台 2 相對、且相互平行之淋浴頭 16，此淋浴頭 16 係介由處理容器而被接地。因此，淋浴頭 16 作用為對向電極（上部電極），與工作台 2 一起構成一對的平行平板電極。

基於以下理由，最好將這些工作台（支持電極）2 和淋浴頭（對向電極）16 間的距離（電極間距離）設定在 40mm 以下。即依據帕申法則（Paschen's law），開始放電電壓 V_s 在氣體壓力 p 和電極間距離 d 之積 pd 為某值時，取用極小值（帕申最小值）。而且，採用帕申最小值

(9)

之 pd 值是高頻電力的頻率愈大時會愈小。因此，如本實施形態般，在高頻電力的頻率比較大時，爲了使開始放電電壓 V_s 小，容易放電，使之維持穩定，如氣體壓力 p 爲一定，則需要使電極間距離 d 變小。另外，藉由設電極間距離在 40mm 以下，可使處理容器 1 內的氣體之殘留時間變短。藉此，反應產生物可有效率地由處理容器 1 內被排除，也可獲得降低蝕刻停止之效果。

上述淋浴頭 16 係被嵌入處理容器 1 的上壁部份。此淋浴頭 16 具有：淋浴頭本體 16a，和可更換地設置在其下面的電極板 18。設置有貫穿淋浴頭本體 16a 之下部以及電極板 18 之多數的氣體吐出孔 17，在淋浴頭本體 16a 的上部具有氣體導入部 16b，在內部形成有空間 16c。在氣體導入部 16b 連接有氣體供給配管 15a，在此氣體供給配管 15a 的另一端連接有供給蝕刻用處理氣體之處理氣體供給裝置 15。

蝕刻之處理氣體係使用在 N_2 、 H_2 、 O_2 、 CO 、 NH_3 、 C_xH_y (但是， x 、 y 爲自然數) 等之分子性氣體添加電離促進氣體之氣體。此處所謂「電離促進氣體」，是由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積爲 $2 \times 10^{16}\text{cm}^2$ 以上之氣體。藉由添加此種電離促進氣體，可在不降低電漿密度（電子密度）下，大幅改善其之分布。

此種電離促進氣體以 Ar 、 Xe 、 Kr 爲適當。其中以 Ar 特別合適。 Ar 由基底狀態之電離能量爲 15.8eV ，雖與 N_2

(10)

或 H_2 等之分子性氣體無大差別，但是 Ar 其有可保持 5 秒鐘程度之準穩定狀態係存在於由基底狀態起 11.55eV 、 11.72eV 之能階的部份，由該準穩定狀態可以約 4eV 轉換為電離狀態。另外，如第 3 圖所示般，Ar 的最大電離面積為 $3 \times 10^{16}\text{cm}^2$ 之程度，比 N_2 或 H_2 等分子性氣體大。因此，藉由在處理氣體添加 Ar，可顯著促進處理氣體的電離。Xe、Kr 也存在有準穩定狀態，可以比較低的能量轉換為電離狀態，而且，如第 4 圖所示般，最大電離剖面積比 Ar 大。即使在相同的稀有氣體中，He 或 Ne 如第 4 圖所示般，最大電離剖面積小。而且，He、Ne 電離能量大。例如，在 He 中，由基底狀態之電離能量為 24.6eV 。

上述分子性氣體可舉： N_2 和 H_2 之組合、 NH_3 、這些與 O_2 的組合、 N_2 和 O_2 的組合、 CH_4 或者 C_2H_6 與 O_2 的組合等。其中，以 N_2 和 H_2 的組合以及 NH_3 為佳。因此，處理氣體的組合中，以 Ar 和 N_2 和 H_2 的組合、Ar 和 NH_3 的組合為佳。對於處理氣體中的分子性氣體的電離促進氣體的流量比，已在 0.5 以上的範圍為佳。

此種處理氣體係由處理氣體供給裝置 15 透過氣體供給配管 15a、氣體導入部 16b 而到達淋浴頭本體 16a 內的空間 16c，由氣體吐出孔 17 而被吐出，提供形成在晶圓 W 之膜的蝕刻用。

在處理容器 1 的底壁連接有排氣管 19，在此排氣管 19 連接有含真空泵等之排氣裝置 20。而且，藉由使排氣裝置 20 的真空泵動作，可將處理容器 1 內減壓製特定的

(11)

真空度爲止。另一方面，在處理容器 1 的側壁上側設置有開關晶圓 W 的搬入搬出口 23 之閘門閥 24。

另一方面，在處理容器 1 的搬入搬出口 23 之上下配置有同心圓狀可環繞處理容器 1 之 2 個環型磁鐵 21a、21b，以便在工作台 2 和淋浴頭 16 間的處理空間之周圍形成磁場。此環型磁鐵 21a、21b 係設置爲藉由未圖示出的旋轉機構而可旋轉。

環型磁鐵 21a、21b 係如第 2 圖之水平剖面圖所示般，由永久磁鐵形成之多數片段磁鐵 22 在藉由未圖示出的支持構件所支持之狀態下配置呈環狀而構成。在此例中，係 16 個片段磁鐵 22 以多極狀態配置呈環狀（同心圓狀）。即在環型磁鐵 21a、21b 中，相鄰的多數片段磁鐵 22 彼此的磁極方向配置爲相互相反，因此，磁力線如圖示般，形成在相鄰之片段磁鐵 22 間，只在處理空間的周圍部形成 $0.02 \sim 0.2\text{T}$ ($200 \sim 2000\text{Gauss}$ (高斯))、更好爲 $0.03 \sim 0.045\text{T}$ ($300 \sim 450\text{Gauss}$) 之磁場，晶圓配置部份實質上爲無磁場狀態。如此限定磁場強度，原因在於磁場如太強，會成爲洩漏磁場之原因，如太弱，無法獲得電漿封閉效果。但是，適當的磁場強度也依據裝置構造等不同故，其範圍會因裝置而不同。

另外，在處理空間的周圍部形成此種磁場時，期望聚焦環 5 上的磁場強度在 0.001T (10Gauss) 以上。藉此，可在聚焦環上使產生電子的漂移運動 ($E \times B$ 漂移)，晶圓周圍部的電漿密度提高，電漿密度可被均勻化。另一方

(12)

面，由防止晶圓 W 的昇壓損傷的觀點而言，晶圓 W 存在部份之磁場強度期望在 $0.001\text{T}(10\text{Gauss})$ 以下。

所謂晶圓配置部份實質上無磁場狀態，不單是指磁場完全不存在的情形，也包含：在晶圓配置部份不形成對蝕刻處理造成影響之磁場，實質上，對晶圓處理不造成影響之磁場的存在。

藉由此種多極狀態的環型磁鐵而形成磁場時，雖有對應處理容器 1 之壁部的磁極部份（例如，第 2 圖之 P 所示的部份）局部性被削除之現象的虞慮，但是藉由未圖示出的旋轉機構而使環型磁鐵 21a、21b 沿著處理容器的圓周方向旋轉，可避免磁極局部地抵接處理容器壁，得以防止處理容器壁被局部地削除。

上述各片段磁鐵 22 係藉由未圖示出的片段磁鐵旋轉機構而以垂直方向的軸為中心可旋轉自如地構成。如此，藉由使片段磁鐵 22 旋轉，實質上可在形成多極磁場之狀態和沒有形成多極磁場之狀態間切換。依據條件，存在有多極磁場有效作用於晶圓處理時、沒有作用時之故，如此，藉由可切換形成多極磁場狀態和不形成狀態，可因應條件可選擇適當的狀態。

磁場狀態可因應片段磁鐵的配置而改變故，藉由使片段磁鐵的配置做種種改變，可形成各種磁場強度外形。因此，最好配置片段磁鐵以便能獲得必要的磁場強度外形。

另外，片段磁鐵的數目並不受限於此例。另外，其剖面形狀也不受限於此例之長方形，可採用圓形、正方形、

(13)

梯形等任意形狀。構成片段磁鐵 22 的磁鐵材料也不特別限制，例如，可以使用稀土類磁鐵、鐵系磁鐵、鋁鎳鈷合金磁鐵等周知的磁鐵材料。

爲了調整電漿密度以及離子引入作用，也可使電漿產生用高頻電力和因入電漿中的離子之高頻電力重疊。具體爲如第 5 圖所示般，在電漿產生用高頻電源 10 之外，將離子引入用高頻電源連接於匹配器 11，使彼等重疊。在此情形下，離子引入用高頻電源 26 以頻率 $500\text{kHz} \sim 27\text{MHz}$ 爲佳。藉此，可控制離子能量進一步提高有機系材料膜的蝕刻率。在此情形下，由離子引入用高頻電源 26 之高頻電力的供給，是設作爲支持電極的工作台 2 的自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值在 500V 以下而進行。更好爲 V_{dc} 的絕對值在 200V 以下。

另外，也可以如第 6 圖所示般，介由匹配器 11' 在對向電極之淋浴頭 16 連接電漿形成用高頻電源 10'，介由匹配器 11 在支持電極之工作台 2 只連接離子引入用高頻電源 26。在此情形下，如不對工作台 2 施加偏壓，則無法進行蝕刻故，離子引入用高頻電源 26 爲必須。在此情形下，由此離子引入用高頻電源 26 之高頻電力的供給，是使作爲支持電極之工作台 2 的自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值成爲 500V 以下來進行。更好爲 V_{dc} 的絕對值在 200V 以下。

另外，高頻電源 10、匹配器 11、直流電源 13、處理氣體供給裝置 15、冷媒控制裝置 8、導熱氣體供給裝置

(14)

9、排氣裝置 20 等係藉由控制部 25 所控制。

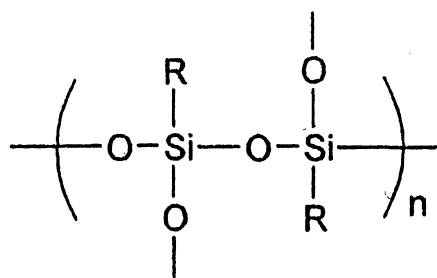
接著，說明藉由如此構成之電漿蝕刻裝置，以無機系材料為遮罩來蝕刻有機系材料膜之低介電係數膜（low-k 膜）時的處理動作。

如第 7a 圖所示般，蝕刻前的晶圓 W 係在矽基板 41 上形成 low-k 膜之有機系材料膜 42 以作為層間絕緣層，在其上形成特定圖案的無機系材料膜 43 以作為硬遮罩，進而在其上形成 BARC 層 44，在其上形成特定圖案之光阻膜 45 而構成。

無機系材料膜 43 係以被當成一般的硬遮罩使用之材料所構成，其適當例可舉：矽氧化物、矽氮化物、矽氧氮化物。

蝕刻對象膜之有機系材料膜 42 是如上述般，被當成層間絕緣膜之 low-k 膜，介電係數比起習知的層間絕緣膜之矽氧化物小很多。此種有機系材料系 low-k 膜例如：苯並環丁烯（BCB）或 Dow Chemical 公司製造的 SiLK（商品名）或 FLARE（商品名）等之聚芳基醚樹脂（PAE）、methyl silsesquioxane（MSQ）等有機聚矽氧烷樹脂等。此處，所謂有機聚矽氧烷係指如以下所示般，在矽氧化膜的耦合構造中具有包含了含 C、H 之官能基的構造者。在以下所示構造中，R 係甲基、乙基、丙基等之烷基或者其之衍生物，或者苯基等之芳基或者其之衍生物。

(15)



關於此種構造的晶圓 W，首先，以光阻層 45 為遮罩而蝕刻 BARC 層 44 以及無機系材料膜 43，做成第 7b 圖所示構造。此時，光阻層 45 由於蝕刻厚度稍有減少。

接著，以光阻層 45 以及無機系材料膜 43 為遮罩，對此種構造之晶圓 W 的有機系材料膜 42 進行蝕刻。此時，打開第 1 圖之裝置的閘門閥 24，以搬運手臂將第 7b 圖構造之晶圓 W 搬入處理容器 1 內，載置於工作台 2 上以後，退開搬運手臂，關閉閘門閥 24，藉由排氣裝置 20 的真空泵而透過排氣管 19 將處理容器 1 內排氣為特定真空度。

之後，由處理氣體供給裝置 15 在處理容器 1 內以特定流量比導入如上述之特定的分子性氣體和電離促進氣體以作為處理氣體。例如，分別以 180mL/min、180mL/min、360mL/min 之流量導入 N₂ 以及 H₂ 以及 Ar，使處理容器 1 內維持在特定壓力，例如 1.33~133.3Pa(10~1000mTorr)程度。如此在保持為特定壓力之狀態下，由高頻電源 10 對工作台 2 供給頻率 40MHz 以上，例如 100MHz 之高頻電力。此時，由直流電源 13 對靜電夾頭 6 之電極 6a 施加特定電壓，晶圓 W 例如藉由庫倫力而被吸附著。

(16)

如此，藉由對支持電極之工作台 2 施加高頻電力，在對向電極之淋浴頭 16 和支持電極之工作台 2 間的處理空間形成了高頻電場，藉此，被供應給處理空間之處理氣體電漿化，有機系材料膜 42 由於該電漿而被蝕刻。在蝕刻時，光阻層 45 為作用為遮罩直到中途，但是蝕刻中，光阻層 45 以及 BARC 層 44 被蝕刻而消滅，之後，只以無機系材料膜 43 為遮罩而繼續有機系材料膜 42 的蝕刻。

在此蝕刻時，藉由多極狀態之環型磁鐵 21a、21b，在處理空間的周圍形成如第 2 圖所示之磁場，得以發揮電漿封閉效果，如本實施形態般，即使在電漿容易產生不均勻之高頻電力的情形，也可使晶圓 W 的蝕刻率均勻性。另外，依據膜的不同，也有此種磁場之效果不存在之情形，但是，在該情形下，使片段磁鐵 22 旋轉，以便在處理空間的周圍實質上不形成磁場以進行處理即可。

在形成了上述磁場時，藉由設置在工作台 2 上的晶圓 W 周圍之導電性或者絕緣性之聚焦環 5，可進一步提高電漿處理的均勻化效果。即聚焦環 5 在以矽或 SiC 等導電性材料形成時，至聚焦環區域都作用為支持電極故，電漿形成區域廣伸至聚焦環 5 上，晶圓 W 周圍之電漿處理被促進，得以提升蝕刻率的均勻性。另外，在聚焦環 5 為石英等絕緣性材料時，在聚焦環 5 和電漿中的電子或離子間不進行電荷的收授故，可增加封閉電漿的作用，能提升蝕刻率的均勻性。

在此種蝕刻中，有機系材料的蝕刻係以電漿密度具有

(17)

支配性，離子能量的貢獻小，相對於此，無機系材料的蝕刻中，電漿密度和離子能量之兩者都需要。因此，在以此種無機系材料膜 43 為遮罩而蝕刻有機系材料膜 42 時，為了不降低有機系材料膜 42 的蝕刻率，而提高對於無機系材料膜 43 之蝕刻選擇比以進行蝕刻，需要不降低電漿密度，且使離子能量低。即不降低有機系材料的蝕刻之具有支配性的電漿密度，而使無機系材料之蝕刻所必要的離子能量低的話，則即使含有如 Ar 之原子氣體，也可選擇性地以高蝕刻率只蝕刻有機系材料膜 42。此處，電漿的離子能量可以蝕刻時的電極之自我偏壓電壓而間接地加以掌握故，為了不降低有機系材料膜 42 的蝕刻率而以高蝕刻選擇比進行蝕刻，結果變成需要不降低電漿密度而使自我偏壓電壓降低以進行蝕刻。具體為，一面將電漿密度維持在 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 之程度，一面使自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值維持在 500V 以下。

第 8 圖係以橫軸表自我偏壓電壓 V_{dc} ，縱軸表電漿密度，顯示高頻電力的頻率 40MHz、100MHz 之這些的關係圖，顯示作為電漿氣體係使用評估用之 Ar 的結果。另外，在各頻率中，藉由使施加的高頻功率改變，以使電漿密度 N_e 以及自我偏壓電壓 V_{dc} 的值改變。即各頻率都是施加之高頻功率愈大，電漿密度 N_e 以及自我偏壓電壓 V_{dc} 也愈大。另外，電漿密度係以微波干涉儀來測量。如此第 8 圖所示般，在高頻電力的頻率為 40MHz 時，在有機系材料膜可實現實用之蝕刻率的電漿密度 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$

(18)

中，自我偏壓電壓 V_{dc} 係顯示低至 300V，在頻率為 100MHz 時，在電漿密度 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 中，自我偏壓電壓 V_{dc} 進一步低至 100V 以下。因此，如使電漿形成用之高頻電力的頻率在 40MHz 以上，則可在有機系材料膜的蝕刻為實用之電漿密度 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 附近， V_{dc} 在 500V 以下，可進行對無機系材料膜 43 之損傷小的蝕刻。如第 8 圖所示般，電漿形成用之高頻電力的頻率愈提高，伴隨電漿密度的提高，自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值之上升變小故，雖然頻率愈高愈好，但是，如超過 150MHz，則電漿的均勻性有降低的傾向，所以最好在 150MHz 以下。實用上，最好在 100MHz 程度。另外，自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值愈低愈好，最好在 200V 以下。

如第 5 圖所示般，為了調整電漿密度以及離子引入作用，雖可使電漿產生用的高頻電力和引入電漿中的離子之高頻電力重疊，但是，在該情形下，要調整其頻率和功率以使支持電極之工作台 2 的自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值在 500V 以下，更好在 200V 以下。另外，如第 6 圖所示般，可在對向電極之之淋浴頭 16 施加電漿形成用之 40MHz 以上的高頻電力，在該情形下，雖需要對支持電極之工作台 2 施加引入離子之高頻電力，但是，此時也要調整其頻率和功率以使支持電極之工作台 2 的自我偏壓電壓 V_{dc} 的絕對值在 500V 以下，更好在 200V 以下。

如此，電漿形成用之高頻電力的頻率變高而成為 40MHz 以上時，自我偏壓電壓的絕對值在 500V 以下故，

(19)

即使使用如 Ar 般之蝕刻作用大的原子氣體作為處理氣體，其之能量小，蝕刻無機系材料膜 43 的能力也不高。藉由使用以 Ar 為代表之電離促進氣體，即以低能量電離，最大電離剖面積大的氣體，可使電子密度，即電漿密度均勻化。在本實施形態中，如上述般，添加以 Ar、Xe、Kr 為代表之由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上之電離促進氣體故，處理氣體變得容易電離，即使在電場強度低的基板端部附近部份也可以充分使處理氣體電離，整體被均勻電離的結果，電子密度，即電漿密度變得均勻。

說明確認此事之實驗結果。第 9a 以及第 9b 圖係顯示各氣體之電漿密度（電子密度）的均勻性圖。此處，設處理容器內壓力為 4Pa、晶圓周圍之磁場為 0.003T(30Gauss)，以 100MHz 對支持電極施加 2400W 以及 1200W 之高頻電力，求得 300mm 晶圓之直徑方向的位置和電漿密度的關係。由第 9a 以及第 9b 圖，知道在 H_2 、 N_2 、 O_2 之分子性氣體或 He 中，電漿密度的均勻性極為差，相對於此，電離促進氣體之 Ar 卻是幾乎很均勻。

第 10 圖係顯示使用通常被用為處理器體之 N_2/H_2 時之 300mm 晶圓的直徑方向之位置和電漿密度（電子密度）之關係圖。此處，設處理容器內壓力為 4Pa、晶圓周圍磁場為 0.03T(300Gauss)、 N_2 流量為 180mL/min、 H_2 流量為 180mL/min，以 100MHz 對支持電極施加 600W、

(20)

1200W、2400W 之高頻電力。由此圖，知道在 N_2/H_2 中，任何一個晶圓其中心部的電漿密度都高，成為不均勻之分布。

第 11 圖係顯示處理器體使用 N_2/H_2 時，以及進而添加 Ar 時之 300mm 晶圓的直徑方向之位置和電漿密度的關係圖。此處，設處理容器內壓力為 4Pa、晶圓周圍磁場為 0.03T(300Gauss)、 N_2 流量為 180mL/min、 H_2 流量為 180mL/min，Ar 流量為 0、200、400mL/min，以 100MHz 對支持電極施加 2400W 之高頻電力。由此圖，知道藉由在 N_2/H_2 添加 Ar，可大幅改善電漿密度的均勻性。

第 12 圖係顯示使用通常被用為處理器體之 N_2/H_2 時，以及進而添加 Ar 時之 300mm 晶圓的直徑方向之位置和電漿密度的關係圖。此處，設處理容器內壓力為 4Pa、晶圓周圍磁場為 0.03T(300Gauss)、 NH_3 流量為 240mL/min、Ar 流量為 0、240mL/min，以 100MHz 對支持電極施加 2400W 之高頻電力。由此圖，知道藉由在 NH_3 添加 Ar，可大幅改善電漿密度的均勻性。

接著，說明實際以無機系材料膜為遮罩來蝕刻有機材料膜的情形。

此處，以 300mm 晶圓，有機材料膜使用 Dow Chemical 公司製造的 SiLK(商品名)，無機系材料膜使用 SiO_2 之情形，設處理容器內壓力為 4Pa、晶圓周圍磁場為 0.03T(300Gauss)，以 N_2 流量為 180mL/min、 H_2 流量為 180mL/min 為基礎，使 Ar 流量變化為 0、360、

(21)

720mL/min，以 100MHz 對支持電極施加 2400W 之高頻電力而進行蝕刻。第 13 圖係顯示此時之晶圓直徑方向的有機系材料膜以及無機系材料膜的蝕刻率。另外，晶圓之直徑方向係使用正交的 2 方向（x 方向、y 方向）。由此圖，知道藉由添加 Ar，蝕刻率的均勻性也獲得提升。

第 14 圖係就上述蝕刻實驗，以 Ar 流量為橫軸，以晶圓直徑方向的蝕刻均勻性以及平均蝕刻率為縱軸，予以顯示這些的關係圖。如此圖所示般，藉由 Ar 添加，確認到不降低蝕刻率下，蝕刻率的均勻性獲得提升。另外，確認到 Ar 流量增加愈多，均勻性變得更好。

第 15a 圖以及第 15b 圖係就上述蝕刻實驗，顯示 Ar 流量與對於 SiLK 之 SiO_2 之蝕刻選擇比（SiLK/ SiO_2 ，以下，單單記為蝕刻選擇比）的關係。特別是第 15a 圖，為顯示 Ar 流量 0mL/min、360mL/min、720mL/min 時，對於晶圓直徑方向之位置的蝕刻選擇比。另外，第 15b 係以中心和邊緣 5mm 之位置顯示 Ar 流量和蝕刻選擇比之關係。如這些圖所示般，藉由 Ar 添加，沒有見到蝕刻選擇比的降低，確認到藉由 Ar 添加，選擇比提升，作用於往遮罩消失減少之方向。

另外，本發明不受限於上述實施形態，可做各種變更。

例如，在上述實施形態中，作為磁場形成手段雖使用將多數的片段磁鐵配置在處理容器的周圍成為環狀之多極狀態的環型磁鐵，但是，只要於處理空間的周圍形成磁場

(22)

可封閉電漿的話，並不受限於此。另外，此種電漿封閉用的周圍磁場也非必要，也可在磁場不存在之狀態下進行蝕刻。另外，也可對處理空間施加水平磁場，在正交電磁場中進行電漿蝕刻。

另外，在上述實施形態中，作為有機系材料膜雖使用 low-k 膜，但是，並不受限於此，也可以使用多層光阻所使用的有機系材料膜等其他膜。

另外，作為電離促進氣體，雖以 Ar 為中心做說明，其他舉 Xe、Kr 為例，但是，只要是由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上之氣體，則不受限於此。

另外，在上述實施形態中，雖顯示以無機系材料膜為遮罩以蝕刻有機系材料膜的情形，但是，本發明並不受限於此，對於無機系材料膜需要選擇性地蝕刻有機系材料膜之情形都可以使用。例如，也可在去除當成蝕刻形成在 Si 晶圓等基板上之 SiO_2 等無機材料膜時的遮罩使用之光阻的灰化使用本發明。即灰化並非極力蝕刻基底之無機系材料膜，而是需要選擇性、有效率地去除有機系材料膜之光阻膜故，藉由將本發明使用於灰化，可以獲得良好的灰化特性。

另外，在上述實施形態中，作為基板雖顯示使用半導體晶圓的情形，但是，並不受限於此，在形成於其他基板上之有機系材料膜的電漿蝕刻也可以使用本發明。

(23)

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示依據本發明之電漿蝕刻裝置的一實施形態剖面圖。

第 2 圖係模型形式配置在第 1 圖之裝置的處理容器周圍之環型磁鐵的水平剖面圖。

第 3 圖係顯示各種氣體之電子能量和電離剖面積的關係圖。

第 4 圖係顯示稀有氣體之電子能量和電離剖面積的關係圖。

第 5 圖係部份地顯示將電漿產生用高頻電源和離子引入用高頻電源連接在支持電極之支持工作台之電漿處理裝置的概略剖面圖。

第 6 圖係部份地顯示將電漿產生用高頻電源連接在對向電極之淋浴頭，將離子引入用高頻電源連接在支持電極之支持工作台之電漿處理裝置的概略剖面圖。

第 7a 圖及第 7b 圖係顯示使用本發明之電漿蝕刻之晶圓的構造例剖面圖。

第 8 圖係顯示在氬氣電漿中，高頻電力的頻率為 40MHz、100MHz 之自我偏壓電壓 V_{dc} 和電漿密度 N_e 的關係圖。

第 9a 圖及第 9b 圖係顯示各氣體之電漿密度（電子密度）的均勻性圖。

第 10 圖係顯示使用通常被使用作為處理氣體之 N_2/H_2 時，300mm 晶圓之直徑方向的位置和電漿密度（電

(24)

子密度)的關係圖。

第 11 圖係顯示在使用 N_2/H_2 作為處理氣體時，以及進而添加 Ar 時，300mm 晶圓之直徑方向的位置和電漿密度(電子密度)的關係圖。

第 12 圖係顯示在使用通常被使用作為處理氣體之 NH_3 時，和進而添加 Ar 時，300mm 晶圓之直徑方向的位置和電漿密度(電子密度)的關係圖。

第 13 圖係顯示實際上將無機系材料膜當成遮罩而蝕刻有機材料膜時，處理氣體中的 Ar 氣體流量和晶圓直徑方向之有機系材料膜以及無機系材料膜的蝕刻率之關係圖。

第 14 圖係顯示 Ar 流量和晶圓直徑方向的蝕刻均勻性之關係，以及 Ar 流量和平均蝕刻率之關係圖。

第 15a 圖及第 15b 圖係顯示 Ar 流量和對於 SiLK 之 SiO_2 的蝕刻選擇比的關係圖。

主要元件對照表

- 1 處理容器
- 2 工作台
- 3 支持部
- 4 絕緣構件
- 5 聚焦環
- 6 靜電夾頭
- 6a 電極

(25)

6b 絕緣體

7 空洞部

8 冷媒控制裝置

8a 冷媒流路

8b 冷媒配管

9 導熱氣體供給裝置

9a 導熱氣體配管

10 高頻電源

11 匹配器

12 供電線

13 直流電源

14 擋板

15 處理氣體供給裝置

16 淋浴頭

16a 淋浴頭本體

16b 氣體導入部

16c 空間

17 氣體吐出孔

18 電極板

19 排氣管

20 排氣裝置

21a、21b 環型磁鐵

22 片段磁鐵

伍、中文發明摘要

發明之名稱：電漿蝕刻有機系材料膜之方法及裝置

在處理容器（1）內配置有：構成平行平板電極之支持電極（2）和對向電極（16）。使形成有機系材料膜之基板（W）由支持電極（2）所支持。對於此支持電極（2）施加形成電漿之頻率 40MHz 以上的高頻電力，以在支持電極（2）和對向電極（16）之間形成高頻電場。在處理容器（1）內供給處理氣體，藉由高頻電場以形成處理氣體之電漿。藉此電漿，並以無機系材料膜為遮罩來蝕刻基板（W）上之有機系材料膜。處理氣體例如係含 Ar 等之由基底狀態之電離能量或由準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的電離促進氣體。

陸、英文發明摘要

發明之名稱：

(1)

拾、申請專利範圍

1．一種電漿蝕刻有機系材料膜之方法，是針對使用平行平板型之電漿蝕刻裝置，以電漿蝕刻基板上的有機系材料膜之方法，其特徵為：

設形成電漿之高頻電力的頻率在 40MHz 以上，使用含由基底狀態之電離能量或由準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體之處理氣體，以電漿蝕刻上述有機系材料膜。

2．如申請專利範圍第 1 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，使用具備：被供應有上述處理氣體之處理容器；和設置在此處理容器內而用於支持上述基板之支持電極；和以此支持電極及與其對向之對向基板所構成的平行平板電極之電漿蝕刻裝置，而且，

對於上述支持電極施加形成上述電漿之高頻電力。

3．如申請專利範圍第 2 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，對於上述支持電極進一步施加離子引入用之頻率 500kHz～27MHz 的高頻電力，且使上述支持電極的自我偏壓電壓的絕對值變成 500V 以下。

4．如申請專利範圍第 1 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，使用具備：被供應有上述處理氣體之處理容器；和設置在此處理容器內而用於支持上述基板之支持電極；和以此支持電極及與其對向之對向基板所構成的平行平板電極之電漿蝕刻裝置，而且，

對於上述對向電極施加形成上述電漿之高頻電力，

(2)

對於上述支持電極施加離子引入用之頻率 500kHz~27MHz 的高頻電力，且使上述支持電極的自我偏壓電壓的絕對值變成 500V 以下。

5．如申請專利範圍第 3 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，上述處理氣體，係包含：Ar 和 N₂ 和 H₂。

6．如申請專利範圍第 3 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，上述處理氣體，係包含：Ar 和 NH₃。

7．如申請專利範圍第 3 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，形成上述電漿之高頻電力的頻率為 100MHz。

8．如申請專利範圍第 3 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之方法，其中，上述平行平板電極的上述支持電極和上述對向電極間的距離在 40mm 以下。

9．一種電漿蝕刻有機系材料膜之裝置，是用於電漿蝕刻基板上的有機系材料膜，其特徵為：具備有，

收容上述基板之處理容器；

和設置在上述處理容器內，用於支持上述基板之支持電極；

和以此支持電極以及與其對向之對向電極所構成的平行平板電極；

和對上述處理容器內供給處理氣體之處理器體供給系統；

(3)

和排氣上述處理容器內之排氣系統；

和對於上述支持電極供給形成電漿之高頻電力之第 1 高頻電源，

上述第 1 高頻電源為供給頻率 40MHz 以上的高頻電力，

上述處理氣體供給系統係供給含由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體之處理氣體。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之裝置，其中，另外具備：對於上述支持電極施加離子引入用之頻率 500kHz~27MHz 的高頻電力，且使上述支持電極的自我偏壓電壓的絕對值變成 500V 以下。

11. 一種電漿蝕刻有機系材料膜之裝置，是用於電漿蝕刻基板上的有機系材料膜，其特徵為：具備有，

收容上述基板之處理容器；

和以設置在上述處理容器內，用於支持上述基板之支持電極，和與此支持電極對向之對向電極所構成的平行平板電極；

和對上述處理容器內供給處理氣體之處理器體供給系統；

和排氣上述處理容器內之排氣系統；

和對於上述對向電極供給形成電漿之高頻電力之第 1 高頻電源；

和對於上述支持電極供給離子引入之高頻電力之第 2

(4)

高頻電源，

上述第 1 高頻電源為供給頻率 40MHz 以上的高頻電力，

上述第 2 高頻電源係供給頻率 500kHz~27MHz 的高頻電力，且使上述支持電極的自我偏壓電壓的絕對值變成 500V 以下，

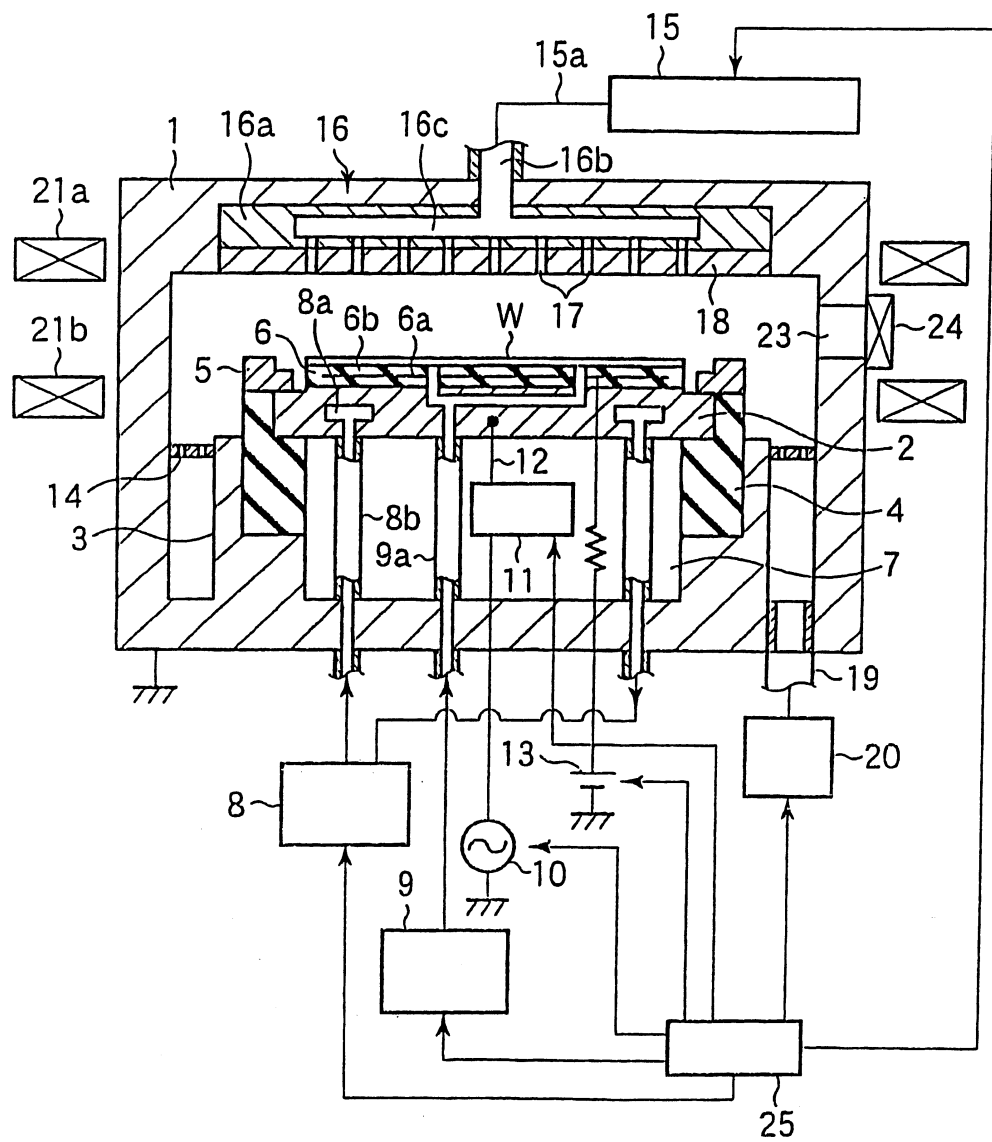
上述處理氣體供給系統係供給含由基底狀態之電離能量或準穩定狀態之電離能量在 10eV 以下，且最大電離剖面積為 $2 \times 10^{16} \text{cm}^2$ 以上的氣體之處理氣體。

12. 如申請專利範圍第 10 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之裝置，其中，供給上述第 1 高頻電源之高頻電力的頻率為 100MHz。

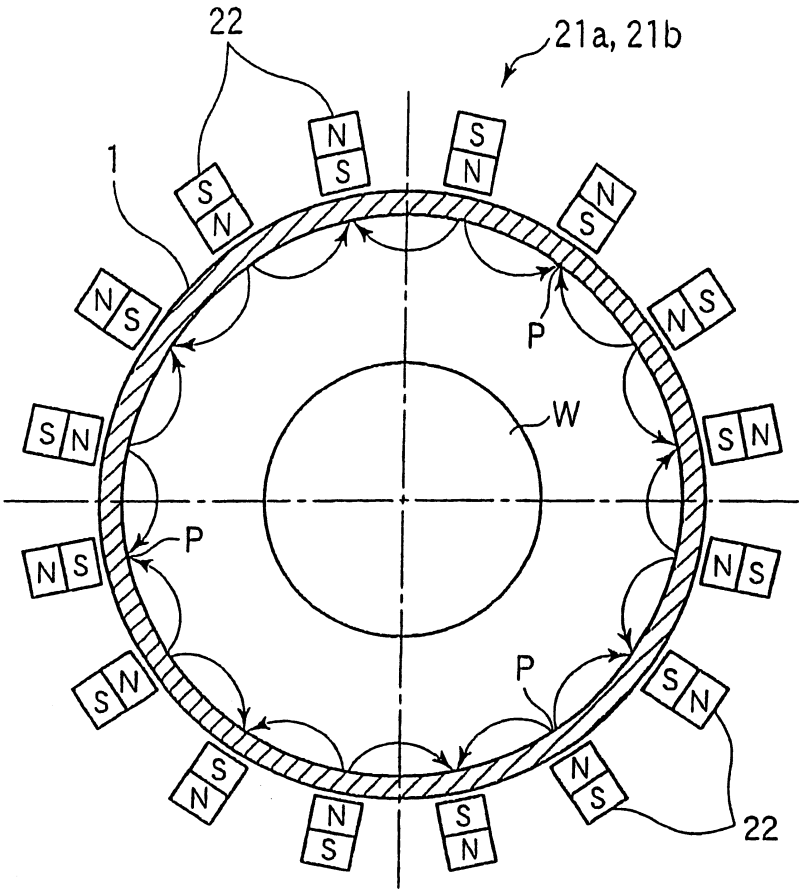
13. 如申請專利範圍第 10 項所述之電漿蝕刻有機系材料膜之裝置，其中，上述平行平板電極的上述支持電極和上述對向電極間的距離在 40mm 以下。

pr/3712/ 751328

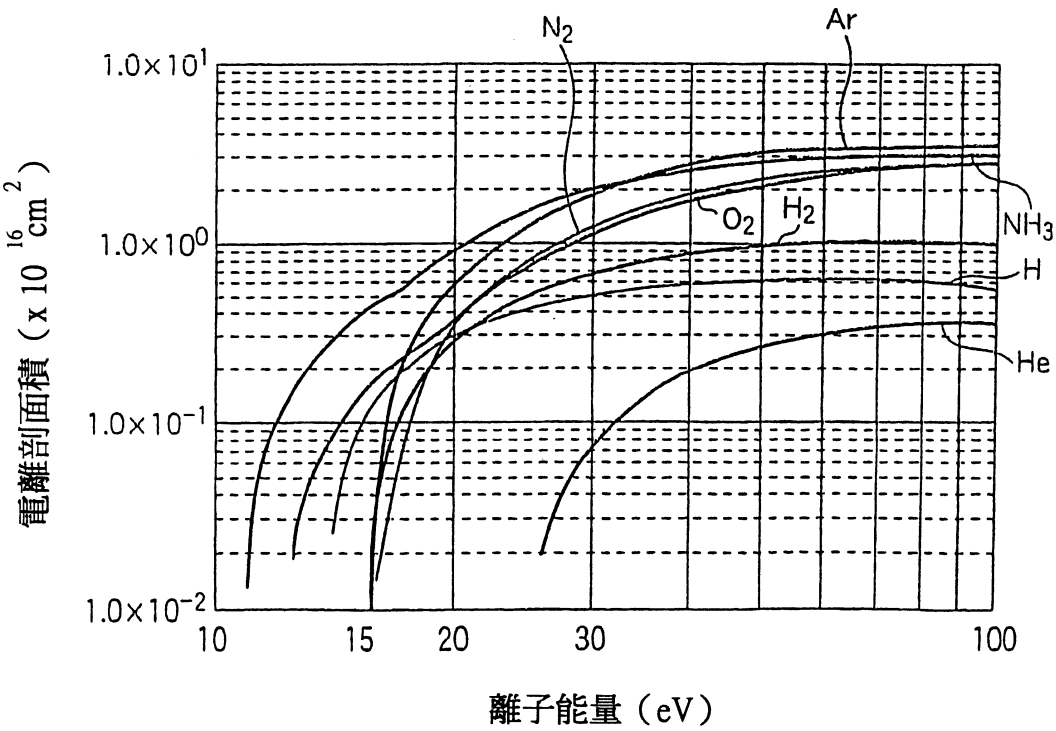
第1圖



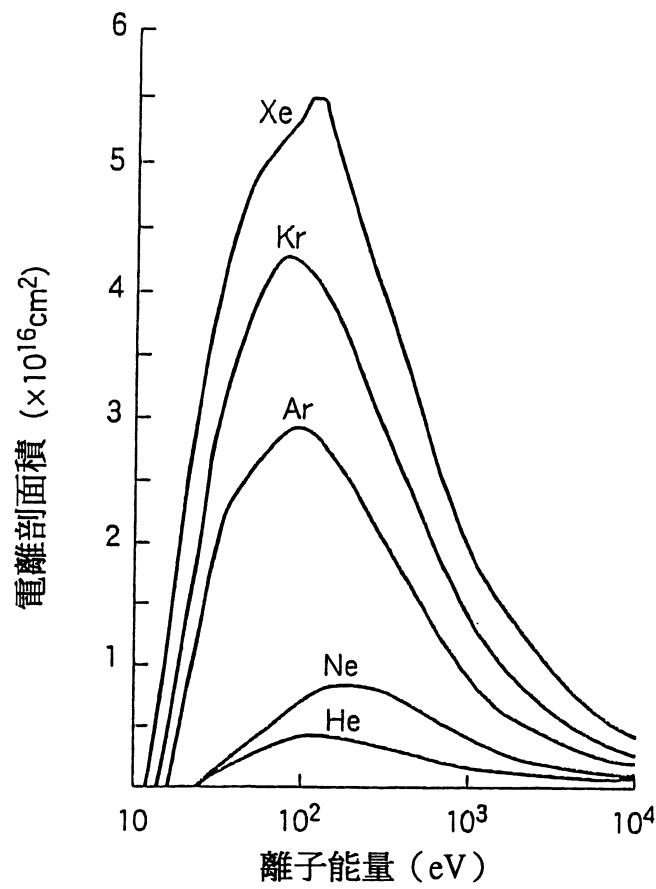
第2圖



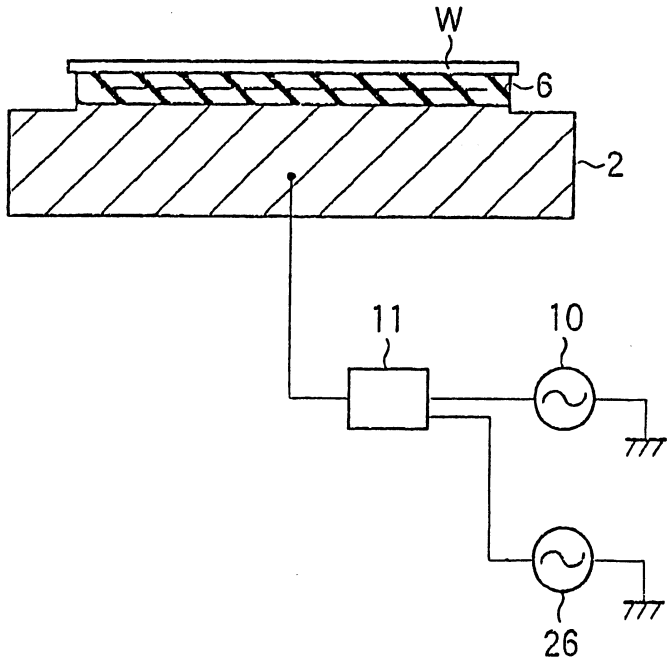
第3圖



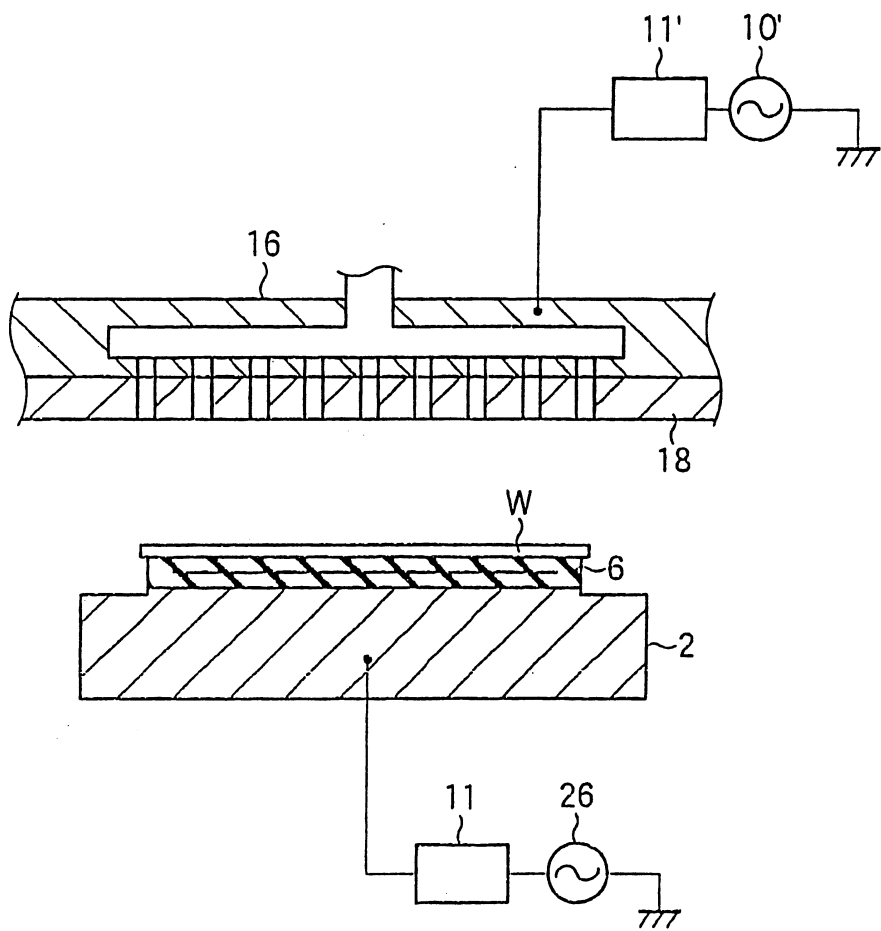
第4圖



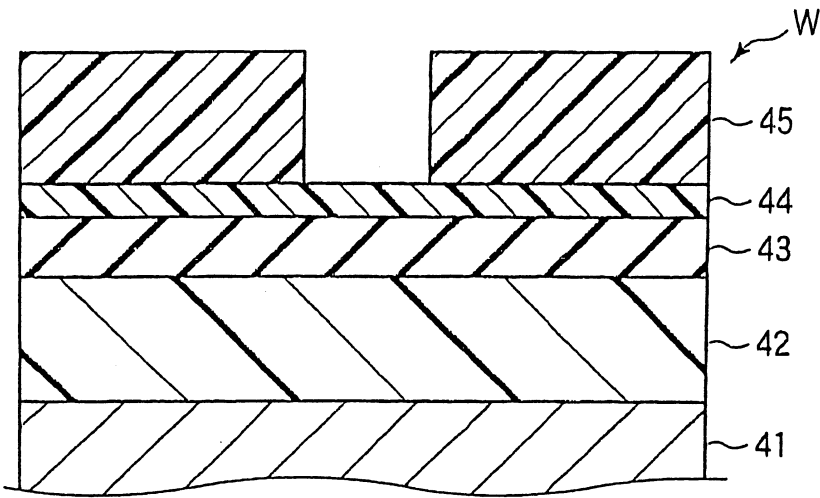
第5圖



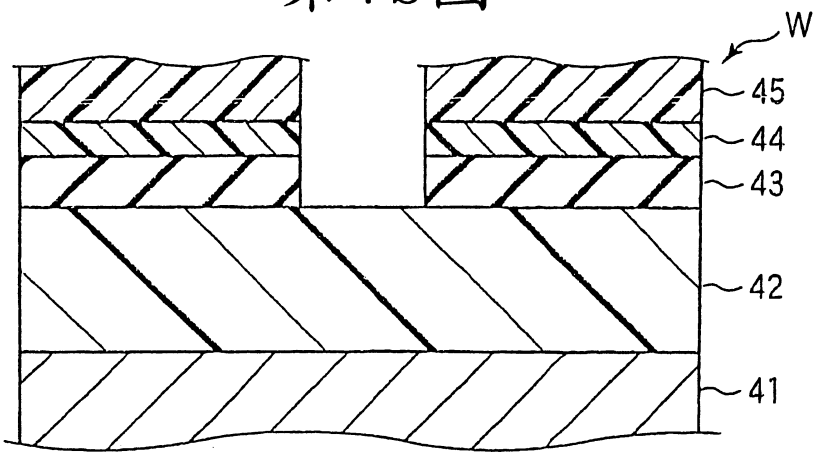
第6圖



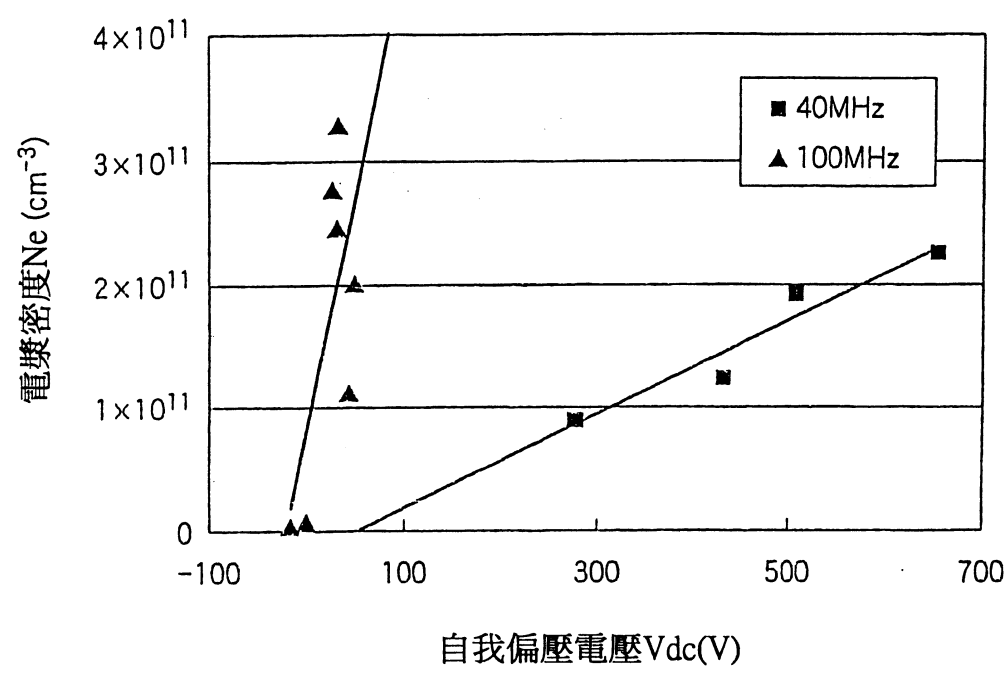
第7a圖



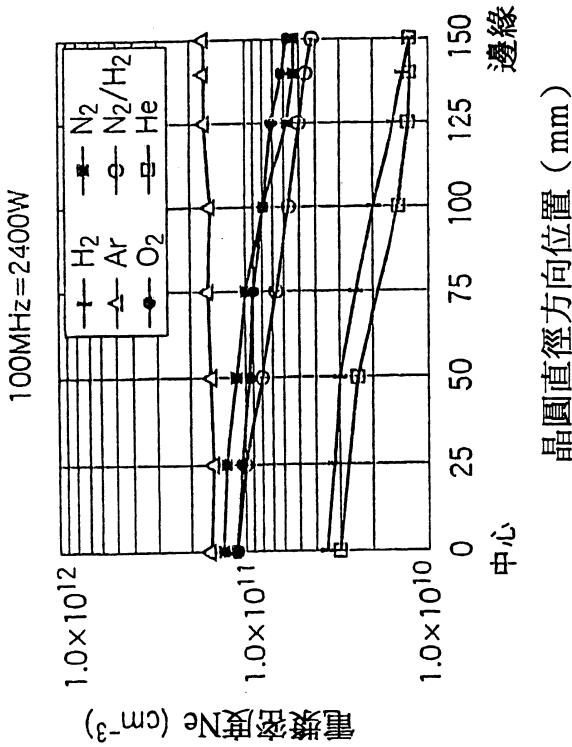
第7b圖



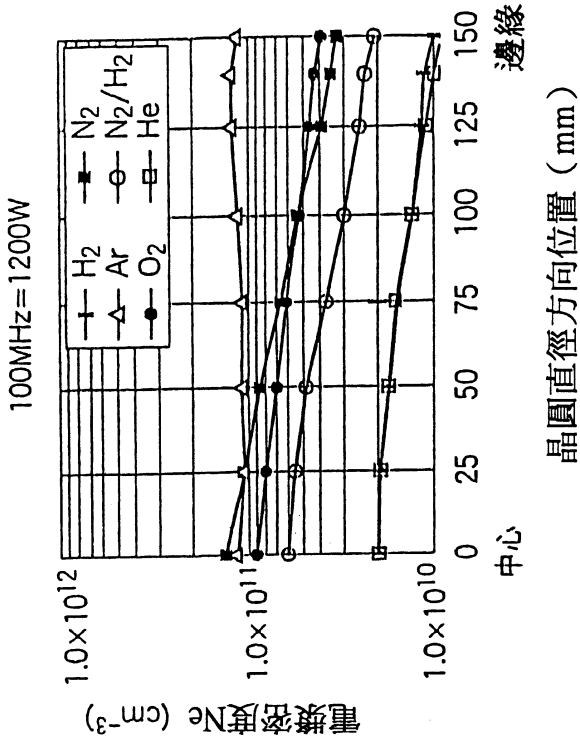
第8圖



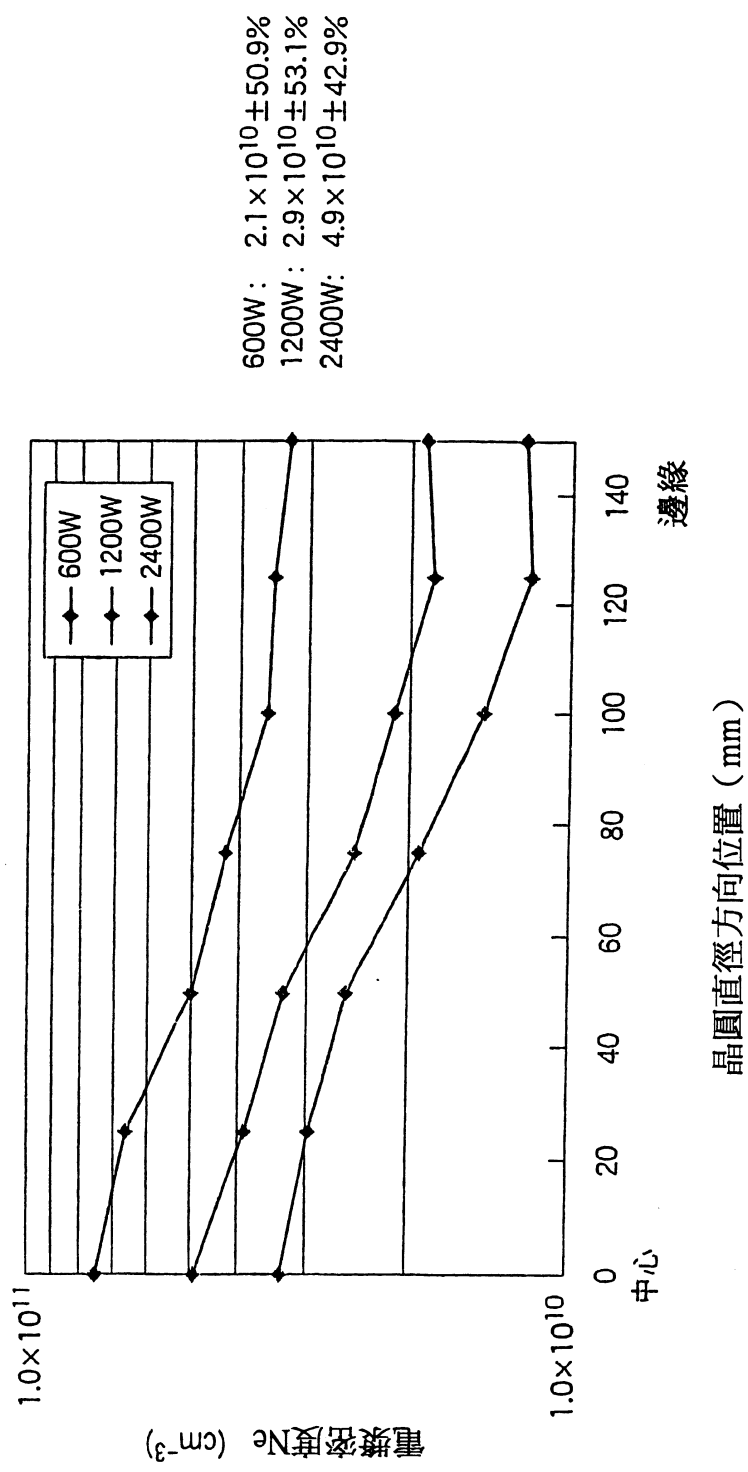
第9a圖



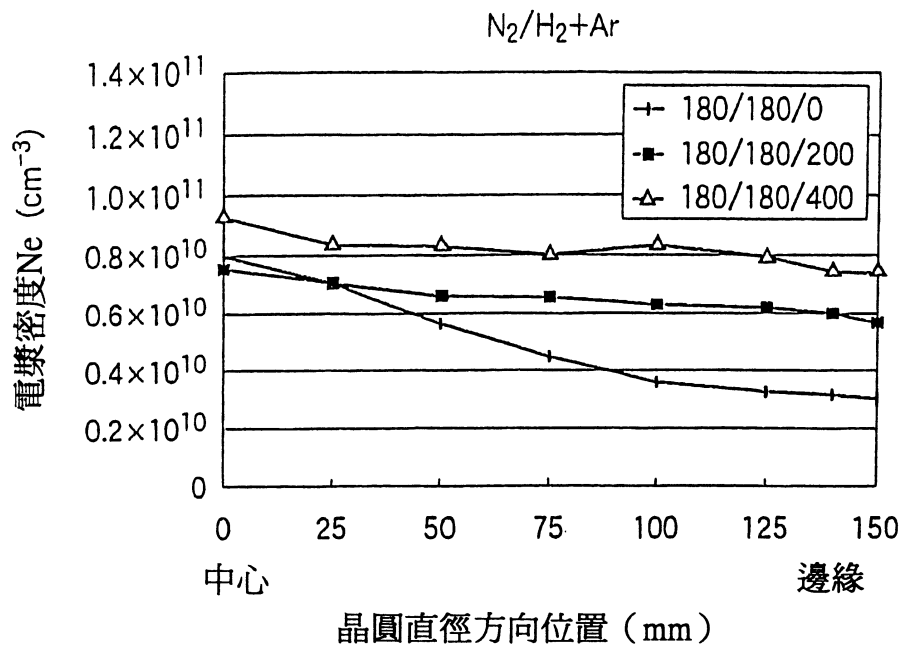
第9b圖



第10圖

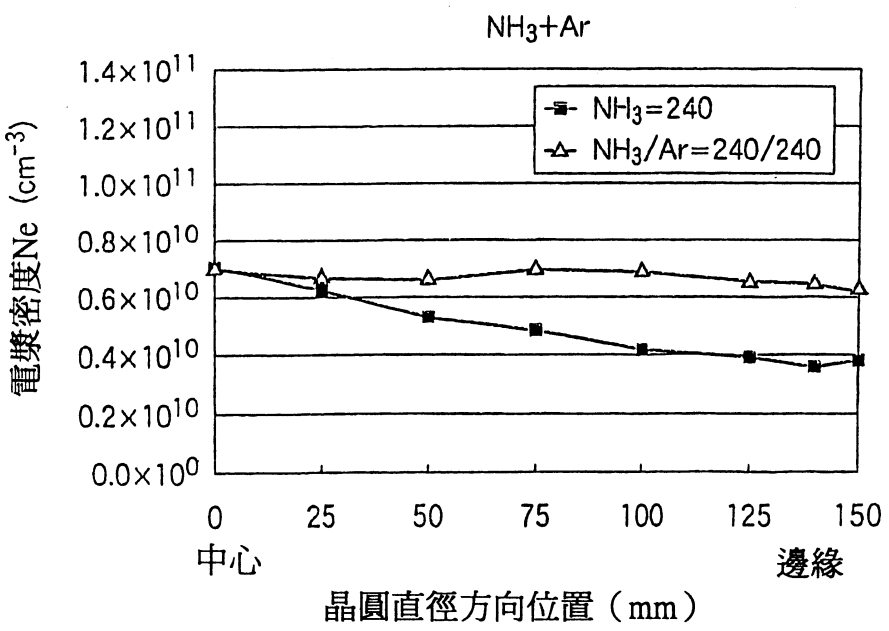


第11圖



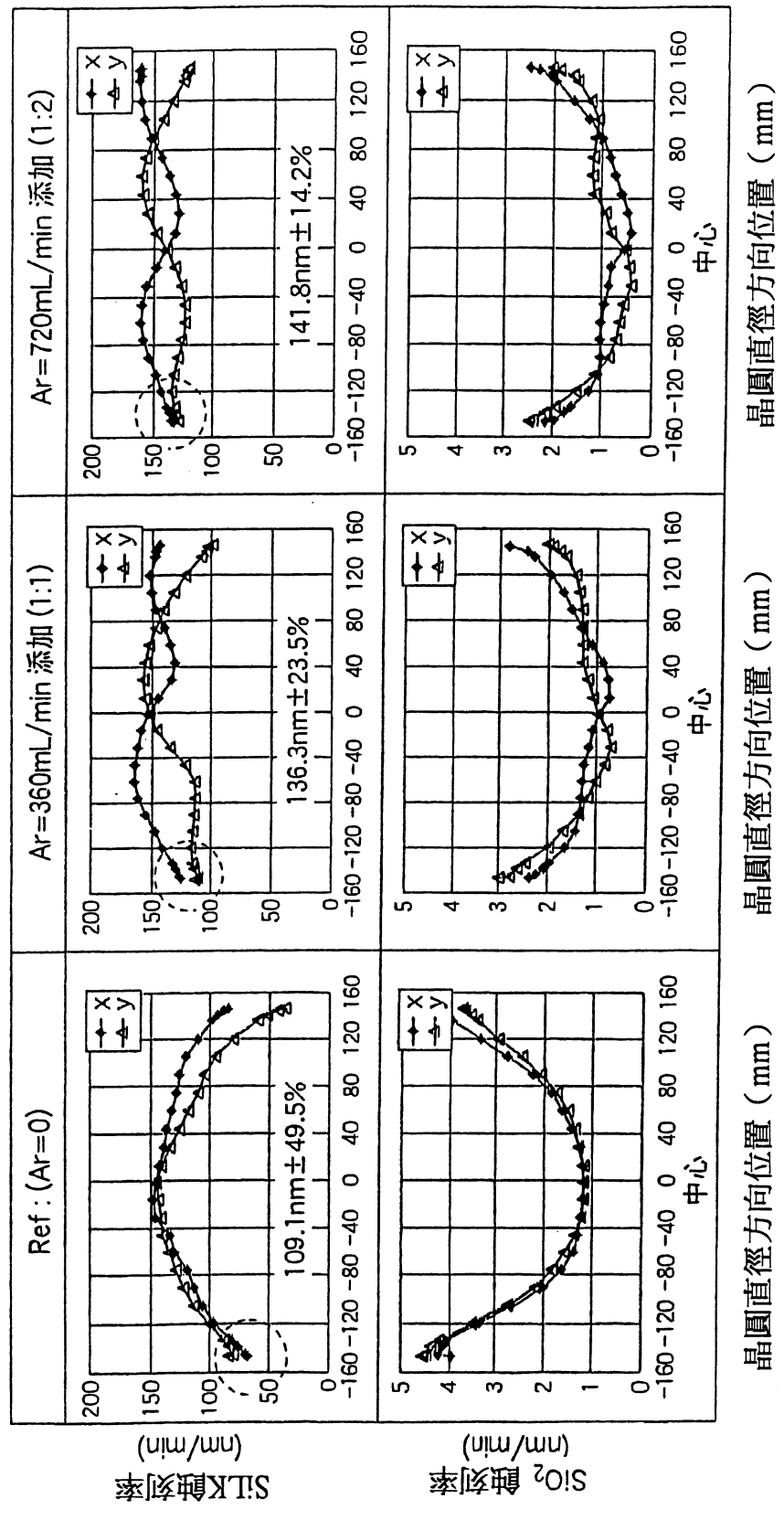
Ar=0 : $4.8 \times 10^{10} \pm 50.0\%$
Ar=200 : $6.5 \times 10^{10} \pm 13.6\%$
Ar=400 : $8.2 \times 10^{10} \pm 11.3\%$

第12圖



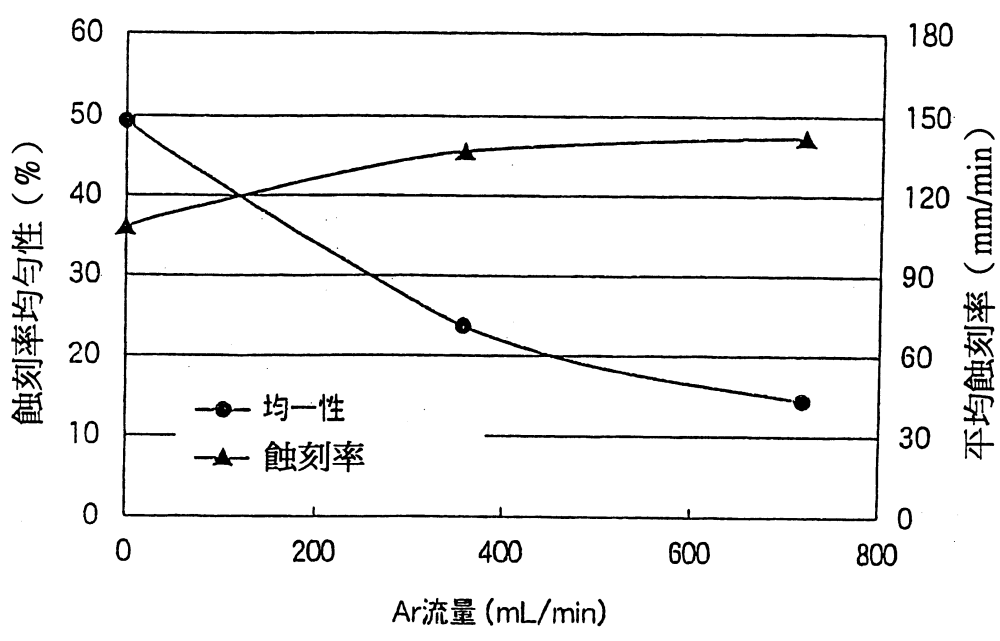
Ar=0 : $4.9 \times 10^{10} \pm 35.2\%$
Ar=240 : $6.8 \times 10^{10} \pm 5.7\%$

第13圖

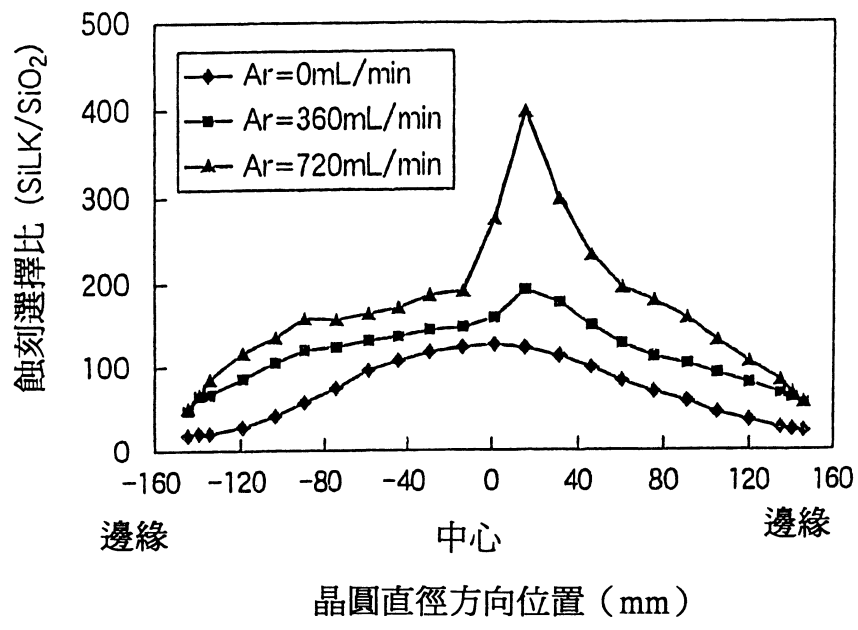


晶圓直徑方向位置 (mm) 晶圓直徑方向位置 (mm) 晶圓直徑方向位置 (mm)

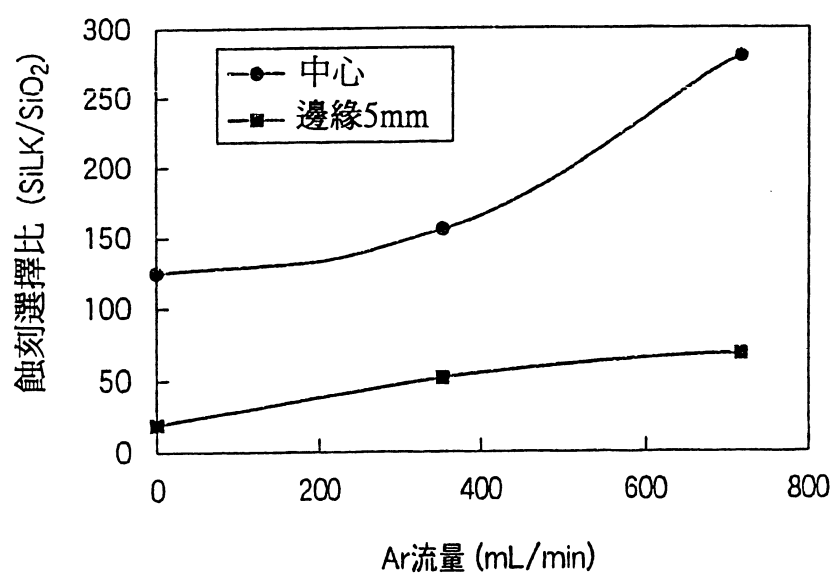
第14圖



第15a圖



第15b圖



柒、(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：處理容器，2：工作台，3：支持部，4：絕緣構件，5：聚焦環，6：靜電夾頭 6a：電極，6b：絕緣體，7：空洞部，8：冷媒控制裝置，8a：冷媒流路，8b：冷媒配管，9：導熱氣體供給裝置，9a：導熱氣體配管，10：高頻電源，11：匹配器，12：供電線，13：直流電源，14：擋板，15：處理氣體供給裝置，15a：氣體供給配管，16：淋浴頭，16a：淋浴頭本體，16b：氣體導入部，16c：空間，17：氣體吐出孔，18：電極板，19：排氣管，20：排氣裝置，21a、21b：環型磁鐵，23：搬入搬出口，24：閘門閥，25：控制部，W：晶圓

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：