I380361

（此處由本局於收文時黏貼條碼）

766570

公告本

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：96123352

※申請日期：96年06月27日　　※IPC分類：H01L 21/3065

(2006.01)

一、發明名稱：

(中) 基板之電漿處理裝置及電漿處理方法

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1.姓　名：(中) 東芝股份有限公司
(英) KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA
代表人：(中) 1.西田厚聰
(英) 1.NISHIDA, ATSUTOSHI
地　址：(中) 日本國東京都港區芝浦一丁目一番一號
(英) 1-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8001, Japan
國籍：(中英) 日本　　JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1.姓　名：(中) 宇井明生
(英) UI, AKIO
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　　；2006/08/31；2006-237012 ☑有主張優先權

2.日本　　；2007/02/06；2007-026867 ☑有主張優先權

I380361

（此處由本局於收文時黏貼條碼）

766570

公告本

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：96123352

※申請日期：96年06月27日　　※IPC分類：H01L 21/3065

(2006.01)

一、發明名稱：

(中) 基板之電漿處理裝置及電漿處理方法

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1.姓　名：(中) 東芝股份有限公司
(英) KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA
代表人：(中) 1.西田厚聰
(英) 1.NISHIDA, ATSUTOSHI
地　址：(中) 日本國東京都港區芝浦一丁目一番一號
(英) 1-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo 105-8001, Japan
國籍：(中英) 日本　　JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1.姓　名：(中) 宇井明生
(英) UI, AKIO
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　　；2006/08/31；2006-237012 ☑有主張優先權

2.日本　　；2007/02/06；2007-026867 ☑有主張優先權

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明，係有關於：在真空處理室中，將 RF 電極與對向電極以相互對向的方式來作配置，並經由於此些之間所產生之電漿，來對被保持於前述 RF 電極上的基板進行加工的所謂平行平板型電漿處理裝置，及其電漿處理方法。

【先前技術】

在對半導體晶圓等之基板進行配線等的工程時，係有必要對前述基板施加細微的加工處理，因此，於先前技術中，利用有電漿之處理裝置係頻繁地被使用。

在先前之電漿處理裝置中，係在預先被排氣爲特定真空度之真空處理室中，將高頻（RF）電極與對向電極以相互對向的方式來配置，並在 RF 電極之與對向電極相對向的主面上，保持應進行處理的基板，而構成所謂的平行平板型的電漿處理裝置。從前述氣體導入管，係如箭頭所示，將用以產生電漿以及經由此而用以對基板進行加工的氣體，導入至處理室中，同時，使用未圖示之真空幫浦，而從排氣口來對處理室內進行真空排氣。

接下來，從 13.56MHz 之商業用 RF 電源，經由整合器來對 RF 電極施加 RF（電壓），藉由此，而在 RF 電極以及對向電極之間產生電漿。

此時，電漿中之正離子，係經由在 RF 電極上所產生

之負的自己偏差電位 Vdc，而成爲以高速射入至 RF 電極上之基板。其結果，利用此時之基板射入能量，而誘導基板上之表面反應，並進行反應式離子蝕刻（RIE）、CVD（Chenical Vapor Deposition）、濺鍍、離子植入等的電漿基板處理。特別是，從對基板加工的觀點而言，主要係使用 RIE。故而，以下係特別以使用有 RIE 之基板處理爲中心而詳述之。

在上述一般之電漿處理裝置中，由於在 RF 功率增大的同時 Vdc（平均之基板射入能量）係亦增大，因此用調整處理速率、加工形狀，主要係進行以 RF 功率所致之 Vdc 的調整。又，對於 Vdc 所依存之壓力或是電極形狀，亦可作一部份的調整。

然而，如上述一般而在裝置內產生的電漿內之離子能量，係被分割爲低能量側峰值與高能量側峰值的 2 者，該能量寬幅，係依存於電漿產生條件，而成爲數 10～數 100[eV]。故而，就算是在將 Vdc 調整爲最適合於基板處理的能量之情況中，在射入於基板的離子中，係亦成爲存在有能量過高之離子（高能量側峰值）與能量過低的離子（低能量側峰值）。

故而，例如在 RIE 中，當以相當於高能量側峰值之能量的離子而實施了基板處理的情況時，會有誘發出削邊（去邊）而使加工形狀惡化的傾向。另一方面，當以相當於低能量側峰值之能量的離子而實施了基板處理的情況時，會有會有成爲表面反應臨界值以下而完全無助於基板之處

(3)

理，或是伴隨有向異性劣化（離子射入角度因熱速度而擴散）而使加工形狀惡化的傾向。

在最近的半導體製程中，爲了對應於日益縮小的半導體裝置、各種之膜、負荷膜的 RIE，而對加工形狀精緻地作控制，係成爲有必要對離子能量之狹帶域化（實現較小之△E）與平均能量值進行最適化調整（Vdc 之最適化）。

爲了將離子能量狹帶域化，係被檢討有 RF 頻率之高頻化（日本特開平 2003-234331 號公報）或是脈衝電漿化（J. Appl. Phys. Vol86 No2 643（2000））。

又，電漿之產生雖可大略分別爲感應結合型與容量結合型，但是從加工形狀之精密控制的觀點而言，爲了抑制副反應，係以縮小電漿體積並減小滯留時間爲有效，從此觀點而言，相較於體積較大之感應結合型電漿，係以容量結合型之平行平板型電漿較爲有利。

又，爲了提昇 Vdc 與電漿密度之控制性的目的，亦係考案有：在平行平板之電極導入 2 個的頻率相異之 RF，並以高頻率（例如 100MHz）之 RF 來控制電漿密度，並以低頻率（例如 3MHz）之 RF 來控制 Vdc 的方法（日本特開平 2003-234331 公報）。此時，除了高頻用電源以及高頻用整合器之外，亦設置低頻用電源以及低頻用整合器，並設置爲使上述之高頻 RF 以及低頻 RF 相對於 RF 電極而重疊。

另一方面，從清淨製程、安定製程的觀點而言，對向

電極係以成爲接地電位爲有利。若是對對向電極施加 RF，則藉由在對向電極面所產生之 Vdc，對向電極係會被腐蝕，而成爲粉塵源、使製程不安定化之源頭。故而，2 個的 RF 亦有重疊於被設置有基板之 RF 電極的情形。

[專利文獻 1] 日本特開平 2003-234331 號公報

[非專利文獻 1] G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073 (2004)

[非專利文獻 2] J. Appl. Phys. Vol86 No2 643 (2000)

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

爲了將離子能量狹帶域化而檢討之高頻化技術，由於成爲不會追隨於離子之電場，因此在△E 之狹帶域化上的效果係爲大，但是，其能量（Vdc）係變小。例如，在 100MHz、2.5kW（300mm 晶座、50mTorr、Ar 電漿）的狀況下，Vdc 之絕對值，係成爲氧化膜與氮化膜之臨界值（約 70eV）以下，而使反應速率極端的變慢，而脫離實用範圍。

另一方面，若是使 RF 功率變大，而使平均能量變大，則在進行 RF 功率所致之調整時，由於 Vdc 係成爲幾乎比例於△E，因此能量之狹帶域化效果係變小。進而，爲了以 100MHz 來達成 Vdc100V，係成爲需要約爲 7kW 之較大的 RF 功率，而成爲難以從市售之高頻電源的輸出上限（5～10kW）來調整爲足夠大小的離子能量。亦即是，

RF 高頻化技術，即使是能對應於表面反應能量臨界值小的電漿處理，在臨界值能量較大（70eV 以上）的電漿處理中，係難以進行 Vdc 之調整，而會在對應上產生困難。

又，在 2 個頻率的 RF 重疊中，由於起因於低頻之離子能量寬幅△E 係爲大，因此係無法期望狹帶域化。

另一方面，脈衝技術，由於係藉由週期的 DC 電位而對離子能量作更爲直接的控制，因此在能量之狹帶域化以及能量值之調整上係爲有利，但是，由於施加電壓的急遽變化、電壓 OFF 時之電漿密度降低、再度施加電壓時之大電流，故而電漿會變得不安定。特別是，當絕緣物係存在於基板表面之電漿處理的情況時，所積存之表面電荷係難以在一個週期之間的時間內逃脫，而使電漿成爲不安定，並導致電漿的消滅。又，由於間歇的大電流之流入，亦會產生對裝置之電性上的損害。故而，在產生安定的平行平板型脈衝電漿上，係有困難。

本發明，係有鑑於上述之問題而進行者，其目的，係在於提供一種：在於真空處理室中，將 RF 電極與對向電極以相互對向的方式來作配置，並經由於此些之間所產生之電漿，來對被保持於前述 RF 電極上的基板進行加工的所謂平行平板型電漿處理裝置中，具備有適合於前述基板之加工的離子能量，並進而將該離子能量寬幅變小，而能將加工形狀精緻地作控制的基板之電漿處理裝置、及電漿處理方法。

[用以解決課題之手段]

爲了達成上述目的，本發明之其中一種形態，係有關於一種基板之電漿處理裝置，其特徵爲，具備有：可將內部保持爲真空之處理室；和被配置於前述處理室內，並以在主面上保持應處理之基板的方式而被構成之 RF 電極；和在前述處理室中，以與前述 RF 電極相對向的方式而被配置之對向電極；和用以對前述 RF 電極施加特定頻率之 RF 電壓的 RF 電壓施加手段；和用以對於前述 RF 電極，以與前述 RF 電壓重疊的方式而施加特定的脈衝電壓之脈衝電壓施加手段。

又，本發明之其中一種形態，係有關於一種基板之電漿處理方法，其特徵爲，具備有：在內部被保持爲真空之處理室內的 RF 電極與相對向於前述 RF 電極相之對向電極之間，於前述 RF 電極之主面上保持應處理之基板的工程；和對前述 RF 電極施加特定頻率之 RF 電壓的工程；和對於前述 RF 電極，以與前述 RF 電壓重疊的方式而施加特定之脈衝電壓的工程。

在本發明之上述形態中，並不僅是對 RF 電極施加 RF 電壓，而亦施加（重疊）有脈衝電壓。故而，經由對前述脈衝電壓之脈衝幅 t1 或反覆時間 t2，並進而對脈衝電壓值 Vpulse 進行各種之控制，將如先前一般之離子能量之低能量側峰值與高能量側峰值作比較，成爲能夠將其偏移至不會對基板加工產生影響之極低的能量範圍或是使前述低能量側峰值與前述高能量側峰值成爲極爲接近。

(7)

前者的情況時，特別是經由僅將離子能量之高能量側峰值設定在最適當的能量範圍內，而能夠僅使用相當於此高能量側峰值之能量的離子來進行基板之處理（加工）。亦即是，若是在利用此高能量側峰值原本所具有的狹帶域化特性的同時，進行前述之能量範圍的最適化，則成爲能夠將基板之加工形狀精緻地作控制（第1加工方法）。

在後者之情況時，由於低能量側峰值與前述高能量側峰值係成爲極爲接近，因此能將此些看作爲一體化之能量峰值。亦即是，藉由低能量側峰值與前述高能量側峰值成爲極爲接近的存在，能夠將此些作爲一體化而狹帶域化之單一的能量峰值來處理。故而，若是進行此被單一化之能量峰值的能量範圍之最適化，以及前述低能量側峰值及前述高能量側峰值之接近程度、亦即是前述之被單一化的能量峰值之狹帶域化程度的最適化，則能夠利用具備有相當於前述被單一化之能量峰值的能量之離子，來將基板之加工形狀精緻地作加工（第2加工方法）。

[發明之效果]

如以上所說明一般，若藉由本發明，則係可提供一種：在於真空處理室中，將RF電極與對向電極以相互對向的方式來作配置，並經由於此些之間所產生之電漿，來對被保持於前述RF電極上的基板進行加工的所謂平行平板型電漿處理裝置中，具備有適合於前述基板之加工的離子能量，並進而將該離子能量寬幅變小，而能將加工形狀精

緻地作控制的基板之電漿處理裝置、及電漿處理方法。

【實施方式】

以下，針對本發明之基板之電漿處理裝置以及電漿處理方法，根據用以實施發明之最佳形態來作詳細說明。

在本發明之其中一例中，從前述 RF 電壓施加手段而施加至前述 RF 電極的前述 RF 電壓之頻率（$\omega rf/2\pi$），係爲 50MHz 以上，前述脈衝電壓施加手段，係具備有用以至少對前述脈衝電壓之脈衝幅 t1(s)以及脈衝電壓值 Vpulse(V)進行控制的控制機構，藉由此控制機構，以前述脈衝幅 t1 成爲 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 係爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2N_0/\varepsilon_0Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$））、脈衝電壓值 Vpulse 成爲 $|Vp\text{-}p| < |Vpulse|$（Vp-p 係爲前述 RF 電壓之電壓值）的方式來作控制。藉由此，能夠以簡易且良好之狀態下來實施前述之第 1 加工方法。

又，在本發明之其中一例中，從前述 RF 電壓施加手段而施加至前述 RF 電極的前述 RF 電壓之頻率（$\omega rf/2\pi$），係爲 50MHz 以上，前述脈衝電壓施加手段，係具備有用以至少對前述脈衝電壓之脈衝幅 t1(s)以及反覆時間 t2(s)進行控制的控制機構，藉由此控制機構，以使前述脈衝幅 t1 以及前述反覆時間 t2 成爲 $2\pi/\omega rf < t1 < t2 < 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 係爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2N_0/\varepsilon_0Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、

N_0：電漿密度（個/m^3））的方式來作控制。藉由此，能夠以簡易且良好之狀態下來實施前述之第 2 加工方法。

另外，在上述之任一例中，均將從前述 RF 電壓施加手段而施加至前述 RF 電極的前述 RF 電壓之頻率（ω rf/2π）設爲 50MHz 以上的原因，係爲了將起因於 RF 電壓之平均的基板射入能量 Vdc 設定爲不會對基板處理造成影響的足夠低的值之故。換言之，在本發明之上述形態中，對於 RF 電極而恆常施加 RF 電壓的原因，係爲了有效率的產生電漿，以及爲了當在基板上堆積有絕緣性之膜的情況時亦能有效率的產生電漿，並以此電漿來實現基板之加工的緣故。

故而，在本發明之上述形態中，基板處理係成爲主要經由被重疊於 RF 電壓之脈衝電壓而被實行。

又，隨著 RF 電壓之頻率的增大，被射入至基板之離子能量的低能量側峰值以及高能量側峰值間的離子能量幅 Δ Ei 係減少。故而，藉由使 RF 電壓之頻率增大，特別是將其設爲 50MHz 以上，能夠如上述一般，使前述低能量側峰值與前述高能量側峰值極爲接近，並看作爲被狹帶域化之單一的能量峰值，在利用具有相當於此被單一化之能量峰值的能量之離子來進行基板加工時係爲有利。

另外，在本發明中，上述脈衝電壓係可設爲負的脈衝電壓。一般而言，在經由 RF 電壓之施加而產生電漿的情況時，被施加有前述 RF 電壓之 RF 電極，由於自偏壓（self bias）之原理，會成爲負電位。故而，前述 RF 電極

近旁之正離子會受到偏移至負電位側之週期性的電壓（RF電壓）之影響，並將此RF電壓作爲加速電壓，而與基板衝突，並進行前述基板之加工等的處理。從此種觀點來看，若是使前述脈衝電壓成爲正電壓，則會成爲將前述RF電壓部分的抵消，而成爲無法對於前述正離子形成良好的加速電壓。

故而，藉由將上述脈衝電壓設爲負的脈衝電壓，能夠迴避上述之問題。

另外，前述RF電壓施加手段，係可包含有用以在使前述RF電壓透過的同時，將前述脈衝電壓遮斷的高通濾波器。藉由此，能夠防止前述脈衝電壓係流入前述RF電壓施加手段而使其動作特性劣化，或是使動作本身成爲無法進行。

又，在本發明之其中一例中，係具備有：至少用以對前述處理室內之存在於前述RF電極與前述對向電極之間的離子之能量狀態進行監測的離子能量檢測手段。此時，舉例而言，當因應於製程之進行狀況又或是製程之切換，而被要求有對射入前述基板之離子能量以及其離子能量幅中之任一作變化的情況時，係可在對前述RF電壓之頻率$\omega rf/2\pi$以及電壓值Vp-p，還有前述脈衝電壓之脈衝幅t1、反覆時間t2以及脈衝電壓值Vpulse的至少一個作變更的同時，伴隨於該變更而對上述之能量狀態依序作監測。

亦即是，由於係成爲能夠立即地得知因上述RF電壓的頻率$\omega rf/2\pi$等之參數變更所致的離子之能量狀態變化

，因此成爲能夠適當地實施前述參數之變更，並迅速的形成所期望的離子能量狀態。

另外，在本發明中之所謂的「RF 電壓施加手段」，係如同對同業者而言可理所當然想到的，可包含有 RF 產生器（generator）以及電感整合器。又，因應於需要，亦可適宜地包含有放大器。

進而，在本發明中之所謂的「脈衝施加手段」，係除了對同業者而言可理所當然想到的脈衝產生器（generator）之外，亦可適宜地包含有放大器以及低通濾波器。

亦參考以上所說明之本發明的追加特徵，而一面將本發明之基板之電漿處理裝置以及方法與其他之基板之電漿處理裝置以及方法作對比，一面作說明。

（使用有基板之電漿處理裝置的比較例）

圖 1，係爲將先前之基板的電漿處理裝置之比較例中的構成作概略展示之圖。

在圖 1 所示之電漿處理裝置 10 中，係在預先被排氣爲特定真空度之真空處理室 11 內，將高頻（RF）電極 12 與對向電極 13 以相互對向的方式來配置，並在 RF 電極 12 之與對向電極 13 相對向的主面上，保持應進行處理的基板 S，而構成所謂的平行平板型的電漿處理裝置。其係採用：從氣體導入管 14，如箭頭所示一般，將用以產生電漿以及經由此而用以對基板 S 進行加工的氣體，導入至處理室 11 中，同時，使用未圖示之真空幫浦，而從排氣

口 15 來對處理室 11 內進行真空排氣的構成。此時，處理室 11 內之壓力例如係爲 1Pa 左右。

接下來，從 13.56MHz 之商業用 RF 電源 17，經由整合器 16 來對 RF 電極 12 施加 RF（電壓），藉由此，而在 RF 電極 12 以及對向電極 13 之間產生電漿 P。

此時，電漿 P 中之正離子，係經由在 RF 電極 12 上所產生之負的自偏差電位 Vdc，而成爲以高速射入至 RF 電極 12 上之基板 S。其結果，利用此時之基板射入能量，而誘導基板 S 上之表面反應，並進行反應式離子蝕刻（RIE）、CVD（Chenical Vapor Deposition）、濺鍍、離子植入等的電漿基板處理。特別是，從對基板加工的觀點而言，主要係使用 RIE。故而，以下係特別以使用有 RIE 之基板處理爲中心而詳述之。

在圖 1 所示一般之電漿處理裝置中，係如圖 2 所示，由於在 RF 功率增大的同時 Vdc（平均之基板射入能量）係亦增大，因此爲了調整處理速率、加工形狀，主要係進行以 RF 功率所致之 Vdc 的調整。又，對於 Vdc 所依存之壓力或是電極形狀，亦可作一部份的調整。

圖 3、圖 4，係爲將 3MHz、Vrf＝160V、50mTorr、電極間 30mm、晶圓尺寸 300mm 的平行平板型 Ar 電漿，以連續體模式電漿模擬器（G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073 (2004)）而模擬後的結果。又，圖 5，係爲展示對於基板 S 之合適的離子能量之分布狀態的圖。

如圖 3 所示，由於 RF 電極電位係週期性的變動，因

此離子之射入基板的能量亦爲週期性的變動。但是，由於係有因離子質量所致之對電位的追隨延遲，因此離子能量係以較 Vrf 爲小的振幅 Vrf'來作時間變動。離子能量，正確來說應係成爲 Vdc 與電漿位能 Vp 之和，但是由於 Vp 之值以及時間變化相對而言係爲較小，因此在說明以及圖 3 中係省略之。故而，對基板 S 之射入能量，藉由將圖 3 所示之圖表作時間積分，會成爲如圖 4 所示一般之分布。

由圖 4 可明顯得知，如圖 1 所示一般而在裝置內產生的電漿內之離子能量，係被分割爲低能量側峰值與高能量側峰值的 2 者，該能量寬幅△E，係依存於電漿產生條件，而成爲數 10～數 100[eV]。故而，就算是在將 Vdc 調整爲最適合於基板處理的能量之情況中，如圖 5 所示，在射入於基板的離子中，係亦成爲存在有能量過高之離子（高能量側峰值）與能量過低的離子（低能量側峰值）。

故而，例如在 RIE 中，當以相當於高能量側峰值之能量的離子而實施了基板處理的情況時，會有誘發出削邊（去邊）而使加工形狀惡化的傾向。另一方面，當以相當於低能量側峰值之能量的離子而實施了基板處理的情況時，會有會有成爲表面反應臨界值以下而完全無助於基板之處理，或是伴隨有向異性劣化（離子射入角度因熱速度而擴散）而使加工形狀惡化的傾向。

（使用有本發明之基板之電漿處理裝置的具體例）

圖 6，係爲將本發明之基板的電漿處理裝置的具體例

中之構成作概略展示之圖。圖 7，係爲將使用有圖 6 所示之裝置時的被施加於 RF 電極之電壓的重疊波形作概略展示者。另外，關於在使用有上述電漿處理裝置的情況中之電漿處理方法，主要係以 RIE 爲中心而作敘述。

如圖 6 所示，在本例中之電漿處理裝置 20 中，係在預先被排氣爲特定真空度之真空處理室 21 內，將高頻（RF）電極 22 與對向電極 23 以相互對向的方式來配置，並在 RF 電極 22 之與對向電極 23 相對向的主面上，保持應進行處理的基板 S，而構成所謂的平行平板型的電漿處理裝置。其係採用：從氣體導入管 24，如箭頭所示一般，將用以產生電漿以及經由此而用以對基板 S 進行加工的氣體，導入至處理室 21 中，同時，使用未圖示之真空幫浦，而從排氣口 25 來對處理室 21 內進行真空排氣的構成。

作爲前述氣體，除了 Ar、Kr、Xe、N_2、O_2、CO、H_2 等的氣體之外，亦可適宜使用 SF_6、CF_4、C_2F_6、C_4F_8、C_5F_8、C_4F_6、Cl_2、HBr、SiH_4、SiF_4 等的製程氣體。又，處理室 21 內之壓力，雖係可因應於對於基板 S 之加工速度或是使用之氣體種類等而適宜作設定，但是例如係可保持在數 Pa 左右。

接下來，在從 RF 電源 27 經由整合器 26 而對 RF 電極 22 施加 RF（電壓）的同時，從脈衝電源 29 經由低通濾波器 28 而相同地對 RF 電極 22 施加脈衝電壓。如此一來，在 RF 電極 22，係如圖 7 所示一般，RF 電壓與脈衝

電壓係成爲以被重疊的狀態而被施加。藉由此，在 RF 電極 22 以及對向電極 23 之間係成爲產生有電漿 P，此電漿 P 中之正離子，係經由 RF 電極 22 上之負電壓（平均能量係爲 Vdc）而被加速，並高速射入基板 S，而成爲對基板 S 施加加工處理。

另外，在 RF 電源 27 內以及脈衝電源 29 內，係可因應於需要，而內藏用以將從此些之電源所發出的 RF 電壓以及脈衝電壓作放大的放大器。

另外，上述脈衝電壓係以設爲負的脈衝電壓爲理想。如上述一般，電漿 P 中之正離子，係經由在 RF 電極 22 上所產生之負電壓，而成爲以高速射入至 RF 電極 22 上之基板 S，並對基板 S 進行加工處理。又，於圖 7 中雖並未特別展示，但是如圖 3 所示一般，被施加於 RF 電極 22 之 RF 電壓，係因爲上述之自偏差電位，而成爲主要在負的電壓值區域變化。故而，若是使前述脈衝電壓成爲正電壓，則會成爲將前述 RF 電壓部分的抵消，而成爲無法對於前述正離子形成良好的加速電壓。

故而，藉由將上述脈衝電壓設爲負的脈衝電壓，能夠迴避上述之問題。

圖 8，係爲展示使用於圖 6 所示之本例的電漿處理裝置來施加 RF 時的 Vdc（射入離子平均能量）之 RF 頻率依存性的圖表，圖 9，係爲展示離子能量幅 Δ Ei（eV）之對射入離子平均能量 Vdc 的依存性之圖表。另外，基本上，圖 8 所示之圖表，係爲和圖 2 所示之圖表相同。

如同由圖 8 可明顯得知一般，隨著被施加於 RF 電極之 RF 電壓的頻率之增大，射入離子平均能量 Vdc 係爲減少，特別是當 RF 功率爲 2.2W/cm^2 左右以下的情況時，若是 RF 頻率超過 50MHz，則係成爲不會對基板處理造成影響的臨界值之約 50eV 以下。又，就算是在超過 2.2W/cm^2 一般的 RF 功率下，Vdc 之對於 RF 頻率的依存性亦係變爲極小。故而，可以得知：藉由將施加於 RF 電極 22 之 RF 頻率設爲 50MHz 以上，RF 電壓係不會對基板處理造成影響，而僅有（負的）脈衝電壓之控制會對基板處理造成影響。

換言之，由於係成爲僅以（負的）脈衝電壓之控制即可對基板處理之狀態作調整，因此能將對於基板處理之操作簡易化，並能將其操作性大幅提昇。

故而，在本例中，特別對於 RF 電極 22 而恆常施加 RF 電壓的原因，主要係爲了有效率的產生電漿，以及爲了當在基板 S 上堆積有絕緣性之膜的情況時亦能有效率的產生電漿，並以此電漿來實現基板 S 之加工爲主要目的。

又，如圖 9 所示一般，對於相同之 Vdc，隨著 RF 電壓之頻率的增大，如圖 4 所示，被射入至基板之離子能量的低能量側峰值以及高能量側峰值間的離子能量幅 ΔEi 係減少。故而，使 RF 電壓之頻率增大，特別是將其設爲 50MHz 以上的理由，係如下述所詳述一般，使前述低能量側峰值與前述高能量側峰值極爲接近，並看作爲被狹帶域化之單一的能量峰值，在利用具有相當於此被單一化之

能量峰值的能量之離子來進行基板加工時係爲有利之故。

藉由未圖示之例如內藏於脈衝電源 29 內的特定之控制機構，將從脈衝電源 29 所產生之脈衝電壓的脈衝幅 t1(s)以及脈衝電壓值 Vpulse(V)，以設爲 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 係爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2N_0/\varepsilon_0 Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$）），脈衝電壓值 Vpulse 設爲 $|Vp\text{-}p| < |Vpulse|$（Vp-p 係爲前述 RF 電壓之電壓值）的方式來作控制。

此時，由於相對於脈衝電壓離子係成爲可以追隨，因此在將該離子能量作時間積分，並得到如圖 4 所示一般之圖表的情況時，低能量側峰值，係成爲偏移至不會對處理造成影響之及爲低的能量區域。故而，經由僅將離子能量之高能量側峰值設定在最適當的能量範圍內，而成爲能夠僅使用相當於此高能量側峰值之能量的離子來進行基板之處理（加工）。亦即是，若是在利用此高能量側峰值原本所具有的狹帶域化特性的同時，進行前述之能量範圍的最適化，則成爲能夠將基板之加工形狀精緻地作控制（第 1 加工方法）。

另外，高能量側峰值之能量值，係成爲經由脈衝電壓之電壓直 Vpulse 而被控制。

進而，使用未圖示之例如內藏於脈衝電源 29 內的特定之控制機構，將從脈衝電源 29 所產生之脈衝電壓的脈衝幅 t1(s)以及反覆時間 t2(s)，以成爲 $2\pi/\omega rf < t1 < t2$

$< 2\pi /(\omega p/5)$（ωp係爲電漿離子角頻率，$\omega p = (e^2 N_0/\varepsilon_0 Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$））的方式來作控制。

此時，由於相對於脈衝電壓離子係成爲無法追隨，因此在將該離子能量作時間積分，並得到如圖 4 所示一般之圖表的情況時，低能量側峰值係成爲極爲接近於前述高能量側峰值，而能將此些看作爲一體化之能量峰值。亦即是，藉由低能量側峰值與前述高能量側峰值成爲極爲接近的存在，能夠將此些作爲一體化而狹帶域化之單一的能量峰值來處理。

故而，若是進行此被單一化之能量峰值的能量範圍之最適化，以及前述低能量側峰值及前述高能量側峰值之接近程度、亦即是前述之被單一化的能量峰值之狹帶域化程度的最適化，則能夠利用具備有相當於前述被單一化之能量峰值的能量之離子，來將基板之加工形狀精緻地作加工（第 2 加工方法）。另外，上述之單一化能量峰值的能量值，係經由對脈衝電壓之電壓值 Vpulse 以及／又或是負載（Duty）比作控制，而能適宜地作調整。

又，當考慮電漿蝕刻時，例如在矽之蝕刻中，在製程剛開始時，爲了將自然氧化膜除去，係需要約 200eV 左右的較大之離子能量，而在接下來之蝕刻階段中，係期望 100eV 左右之較小的離子能量，在氧化膜等之阻擋層露出時之最後階段中，從精密加工之觀點而言，則係以藉由

70eV 左右之更爲小的離子能量來作蝕刻爲理想。在此些中所需要之離子能量，係可藉由將本發明中之負脈衝的脈衝幅 t1 或反覆時間 t2、或者是負脈衝電壓 Vpulse 的至少一個作變更，而在製程變更之同時，對離子能量作控制、切換。

進而，在施加脈衝電壓時，在脈衝電源中，係成爲實行週期性的充電、放電。因此，係無法使頻率大過充電所需之時間的限制。又，將 Duty 比設爲 0.5 以上係爲困難。於此種情況，係具備 2 個以上的脈衝電源，同時將此些以觸發器（trigger）來連接，並藉由將其相位相互偏移而使其重疊，而能得到在單一脈衝電源中所無法得到的高頻率以及 Duty 比爲 0.5 以上之脈衝電壓。

進而，藉由對從 2 個以上的脈衝電源而來之電壓 Vpulse 作變更，能夠形成 Vpulse 週期性相異之階梯狀的脈衝電壓。

又，圖 10 以及圖 11，係爲展示圖 6 所示之電漿處理裝置的變形例之構成圖。圖 10 中所示之電漿處理裝置，係在 RF 電極 22 與 RF 電源 27 之間設置有高通濾波器 31，此點係與圖 6 所示之電漿處理裝置相異，圖 11 中所示之電漿處理裝置，係在 RF 電極 22 內設置有離子能量監測器 32，此點係與圖 6 所示之電漿處理裝置相異。另外，從此種觀點而言，在圖 6、圖 10 以及圖 11 中所示之電漿處理裝置，對於相同之構成要素，係使用相同之參考數字而作表示。

在圖 140 所示之電漿處理裝置 20 中，經由高通濾波器 31，成爲可以在使從 RF 電源 27 而來之 RF 電壓透過的同時，將從脈衝電源 29 而來之脈衝電壓遮斷。故而，能夠防止前述脈衝電壓流入 RF 電源 27 內，而使其動作特性劣化，或是使動作本身成爲無法進行。

又，在圖 11 所示之電漿處理裝置 20 中，藉由離子能量監測器 32，成爲能夠至少對射入至 RF 電極 22 之離子的能量狀態作監測。故而，當因應於製程之進行狀況又或是製程之切換，而被要求有對電漿中之例如射入前述基板之離子能量以及其離子能量幅中之任一作變化的情況時，係可在對前述 RF 電壓之頻率 $\omega rf/2\pi$ 以及電壓值 Vp-p，還有前述脈衝電壓之脈衝幅 t1、反覆時間 t2 以及脈衝電壓值 Vpulse 的至少一個作變更的同時，伴隨於該變更而對上述之能量狀態依序作監測。

[實施例]

以下，藉由實施例來對本發明作具體說明，但是，不用說，本發明係並不被限定爲以下之內容。另外，以下所示之具體的結果，係全部爲根據特定之模擬者。

（實施例 1）

在本實施例中，係針對使用圖 6 所示之電漿處理裝置之時的具體之動作特性作了調查。

最初，將 C_4F_8 氣體以及氧氣體導入至處理室 21 內，

並將其壓力保持在 2～200mTorr。接下來，對於 RF 電極 22，從 RF 電源 27 而施加 100MHz、電壓 Vp-p＝80V 的 RF 電壓，同時，從脈衝電源 29 而施加 10MHz、Vpulse ＝-500V 的負電壓脈衝，並使其相互重疊。在電漿密度 N_0 ＝5×10^{16}[個/m^3]之 CF 離子的情況時，由於(ω p/5)/2π 係成爲約 1.7MHz，因此相對於脈衝電壓之脈衝幅 t1（s）以及反覆時間 t2(s)，係滿足 2π /ω rf＜t1＜t2＜2π /(ω p/5)，而在 DC 脈衝電壓中亦成爲離子無法追隨之區域。

故而，如圖 12、圖 13 所示一般，藉由 DC 負脈衝重疊施加，相較於雙頻率（Dual）重疊施加，其離子能量分布係狹帶域化。特別是，藉由 Duty 比（＝t1/t2）係變小，離子能量分布係更爲狹帶域化。亦即是，藉由變更 Duty 比，係成爲能夠對幾乎比例於 Duty 比之平均能量進行控制、變更。又，離子之平均能量，係亦可藉由對脈衝負電壓 Vpulse、或是藉由將其與 Duty 比一同作變更，而對平均能量作控制。

（實施例 2）

在本實施例中，亦係針對使用圖 6 所示之電漿處理裝置之時的具體之動作特性作了調查。

在本實施例中，係從 RF 電源 27 而施加 100MHz、電壓 Vp-p＝80V 的 RF 電壓，同時，從脈衝電源 29 而施加 1MHz、Vpulse＝-250V 的負電壓脈衝，並使其相互重疊。另外，關於其他條件，係和實施例 1 爲相同。

在本實施例中，由於係滿足脈衝幅 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$，因此相對於脈衝電壓，離子係可追隨。故而，如圖 14 所示一般，低能量側峰值與高能量側峰值，係成爲相互隔著較大的離子能量幅而存在。另外，如圖 14 所示，藉由使負電壓脈衝之 Duty 比（＝t1/t2）增大，能夠維持前述離子能量幅，並保持著相互之能量位置，而使高能量側峰值之分布狀態增大。

另外，高能量側峰值之能量值，係可經由負脈衝電壓之電壓值 Vpulse 而被控制。

在本實施例中，由於高能量側峰值之能量幅係爲 8[eV]而係極爲狹窄，因此藉由使用此種能量之離子來進行基板處理，成爲能夠進行精緻的加工。

以上，雖係將本發明根據上述之具體例而作了詳細說明，但是本發明係並非爲被限定於上述具體例者，只要是在不脫離本發明之範圍的限定下，可進行各種之變形或變更。

例如，在上述具體例中，雖係針對相對於以 RIE 爲中心之基板加工的電漿處理裝置以及方法作了說明，但是，對於其他之處理裝置以及方法，係亦可作適宜之使用。

【圖式簡單說明】

[圖 1]對基板的電漿處理裝置（比較例）之其中一例中的構成作概略展示之圖。

[圖 2]展示使用有圖 1 所示之裝置時的 RF 功率與 Vdc

（平均之基板射入能量）間之關係的圖表。

[圖 3]將以 50mTorr 之 Ar 氣體壓、電極間 30mm、而對尺寸 300mm 的晶圓，使用 3MHz、Vrf＝160V 之 R 而進行了加工時之平行平板型 Ar 電漿，以連續體模式電漿模擬器（G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073 (2004)）而模擬後的結果。

[圖 4]同樣的，將以 50mTorr 之 Ar 氣體壓、電極間 30mm、而對尺寸 300mm 的晶圓，使用 3MHz、Vrf＝160V 之 R 而進行了加工時之平行平板型 Ar 電漿，以連續體模式電漿模擬器（G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073 (2004)）而模擬後的結果。

[圖 5]展示對於基板 S 之合適的離子能量之分布狀態的圖表。

[圖 6]將本發明之基板的電漿處理裝置的其中一例中之構成作概略展示之圖。

[圖 7]將使用有圖 6 所示之裝置時的被施加於 RF 電極之電壓的重疊波形作概略展示者。

[圖 8]展示使用有圖 6 所示之本例的電漿處理裝置時的 Vdc（平均之基板射入能量）之 RF 頻率依存性的圖表。

[圖 9]展示離子能量幅 Δ Ei(eV)之對射入離子平均能量 Vdc 依存性的圖表。

[圖 10]展示圖 6 所示之電漿處理裝置的變形例之構成圖。

[圖 11]同樣的，展示圖 6 所示之電漿處理裝置的變形例之構成圖。

[圖 12]展示在實施例中之離子能量的分布狀態之圖表。

[圖 13]展示在實施例中之脈衝電壓的 Duty 比與平均離子能量 Vdc 的關係之圖表。

[圖 14]同樣的，展示在實施例中之離子能量的分布狀態之圖表。

【主要元件符號說明】

10、20：（基板之）電漿處理裝置

11、21：處理室

12、22：RF 電極

13、23：對向電極

14、24：氣體導入管

15、25：排氣口

16、26：整合器

17、27：RF 電源

28：低通濾波器

29：脈衝電源

31：高通濾波器

32：離子能量監測器

S：基板

P：電漿

五、中文發明摘要

發明名稱：基板之電漿處理裝置及電漿處理方法

[課題]提供一種：在平行平板行電漿處理裝置中，具備有適合於基板之加工的離子能量，並進而將其能量幅縮小，而能對加工形狀作精緻之控制的基板之電漿處理裝置及電漿處理方法。

[解決方法]藉由：可將內部保持爲真空之處理室；和被配置於前述處理室內，並以在主面上保持應處理之基板的方式而被構成之 RF 電極；和在前述處理室中，以與前述 RF 電極相對向的方式而被配置之對向電極；和用以對前述 RF 電極施加特定頻率之 RF 電壓的 RF 電壓施加手段；和用以對於前述 RF 電極，以與前述 RF 電壓重疊的方式而施加特定的脈衝電壓之脈衝電壓施加手段，來構成作爲目的之基板之電漿處理裝置。

六、英文發明摘要

發明名稱：

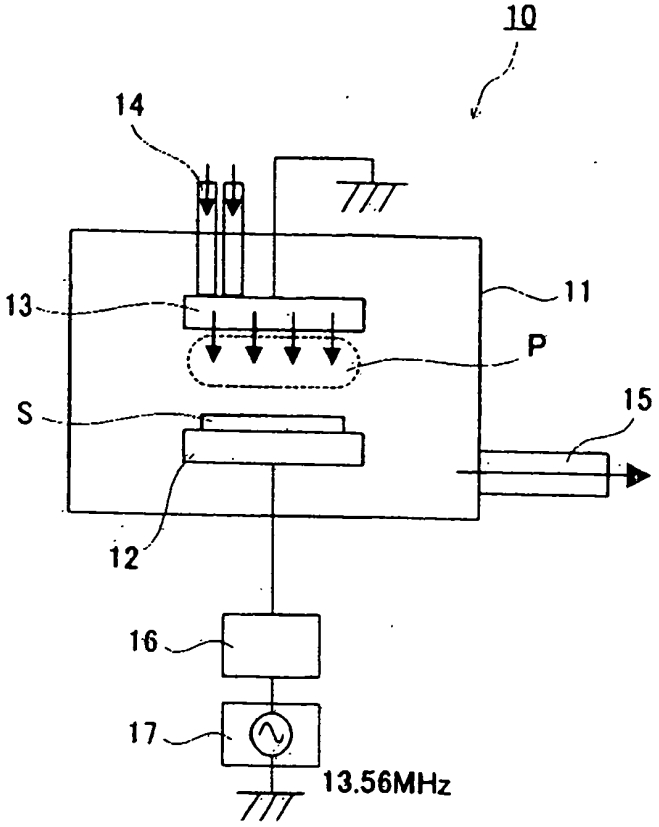

10
14
13
11
P
S
15
12
16
17
13.56MHz

圖1

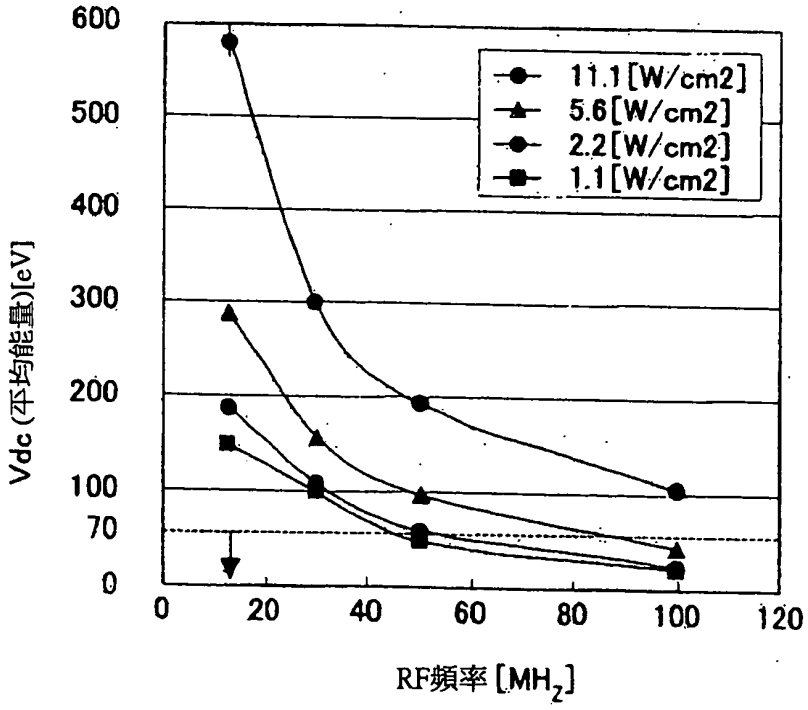

600
500
400
300
200
100
70
0
Vdc (平均能量)[eV]
0
20
40
60
80
100
120
RF頻率 [MHz]
11.1[W/cm2]
5.6[W/cm2]
2.2[W/cm2]
1.1[W/cm2]

圖2

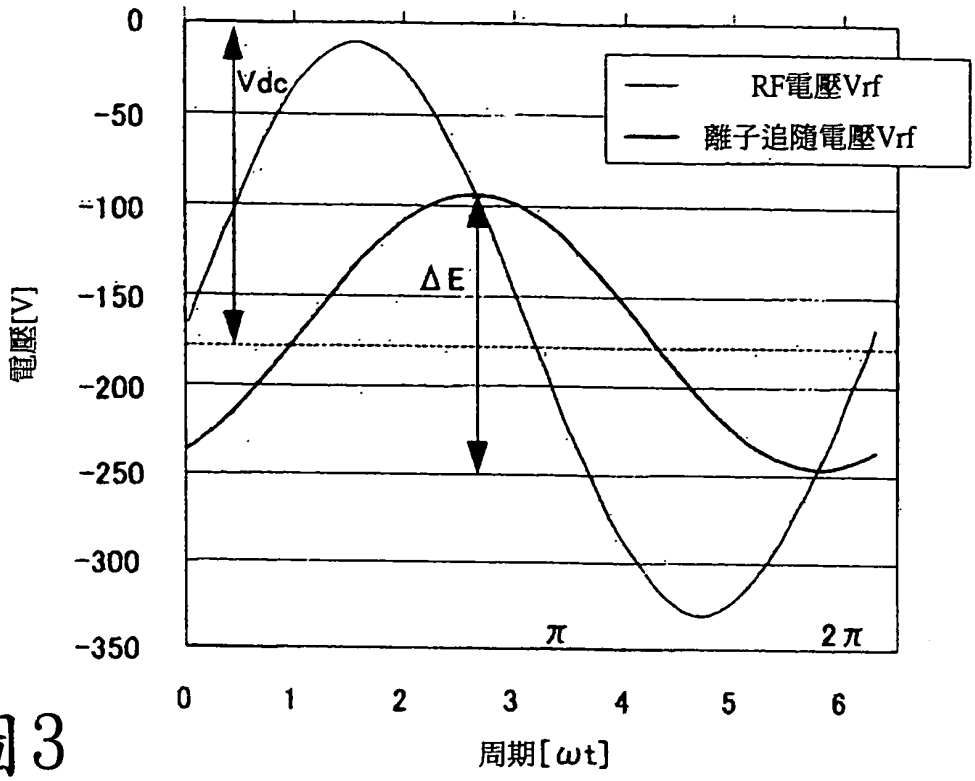

0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-350
電壓[V]
Vdc
ΔE
RF電壓Vrf
離子追隨電壓Vrf
π
2π
0
1
2
3
4
5
6
周期[ωt]

圖3

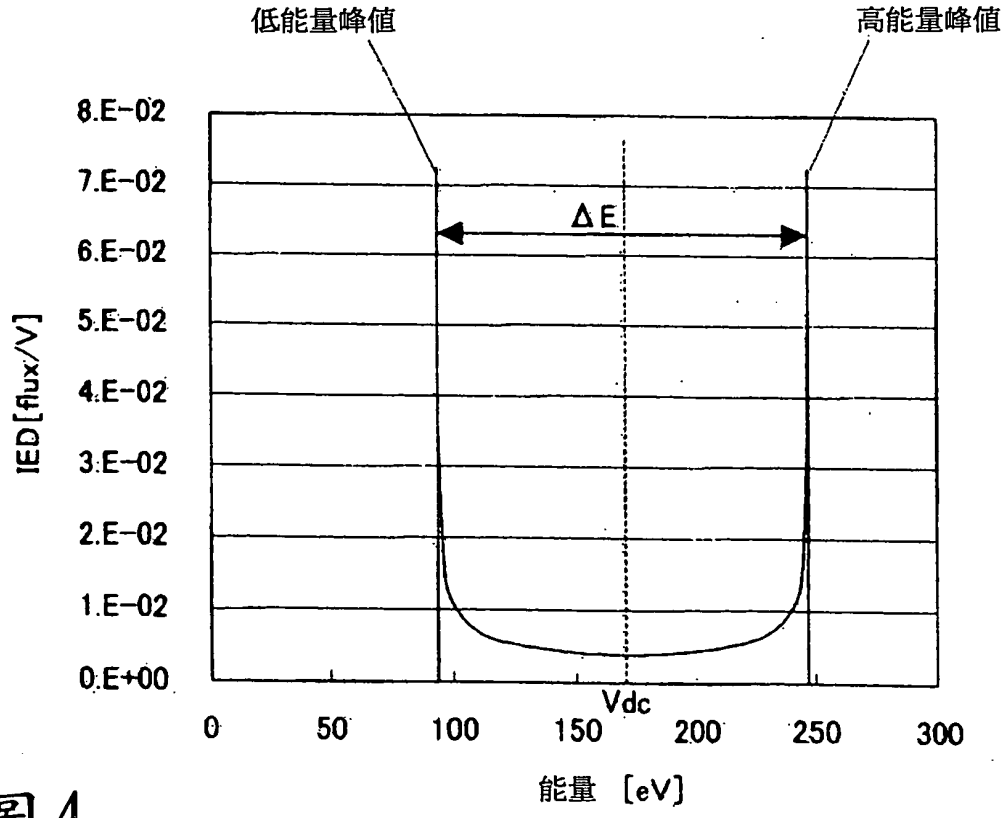

低能量峰值
高能量峰值
8.E-02
7.E-02
6.E-02
5.E-02
4.E-02
3.E-02
2.E-02
1.E-02
0.E+00
IED[flux/V]
ΔE
Vdc
0
50
100
150
200
250
300
能量 [eV]

圖4

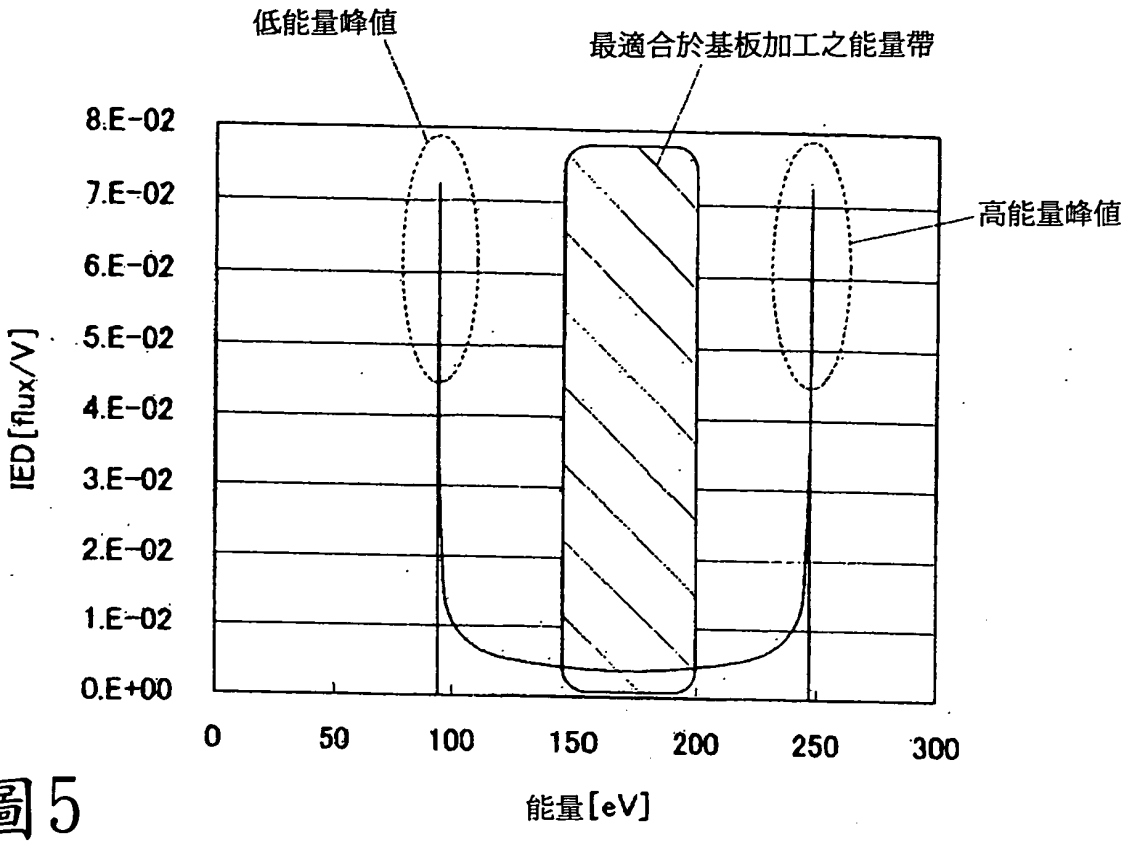

低能量峰值
最適合於基板加工之能量帶
高能量峰值
8.E-02
7.E-02
6.E-02
5.E-02
4.E-02
3.E-02
2.E-02
1.E-02
0.E+00
IED[flux/V]
0
50
100
150
200
250
300
能量[eV]

圖5

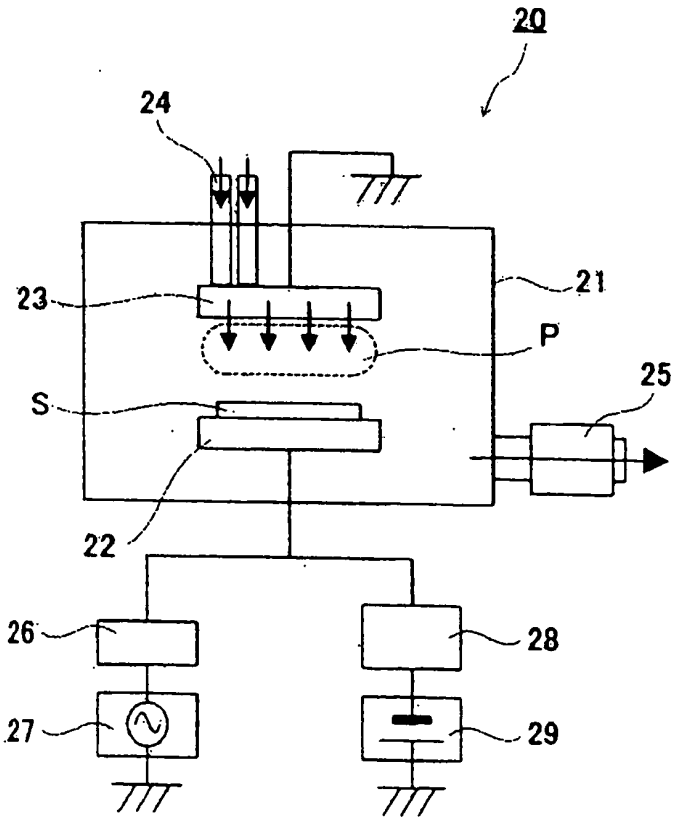

20
24
21
23
P
25
S
22
26
28
27
29

圖6

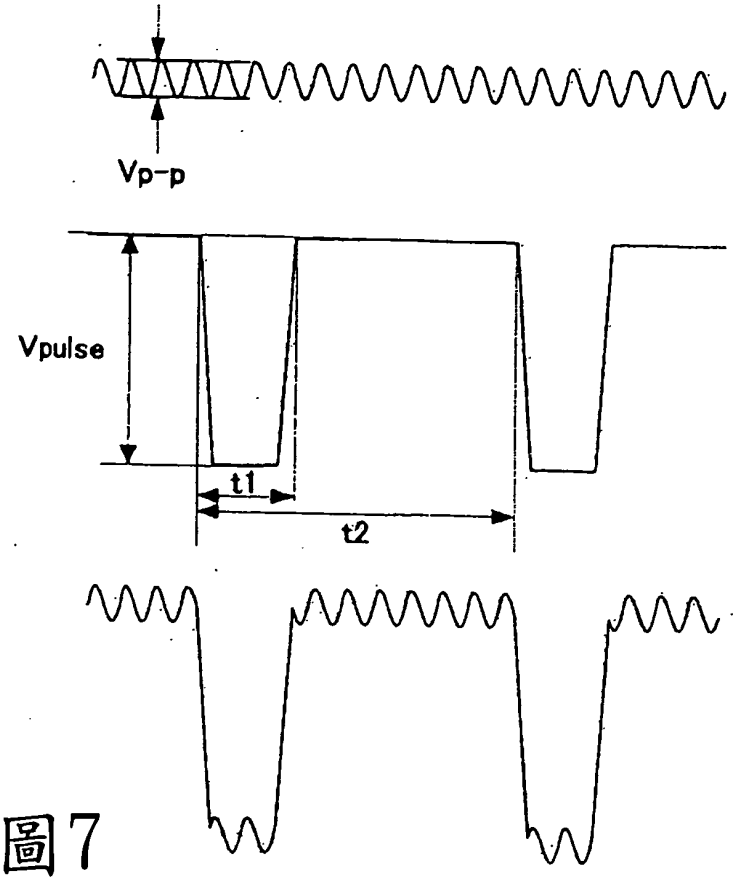

Vp-p
Vpulse
t1
t2

圖7

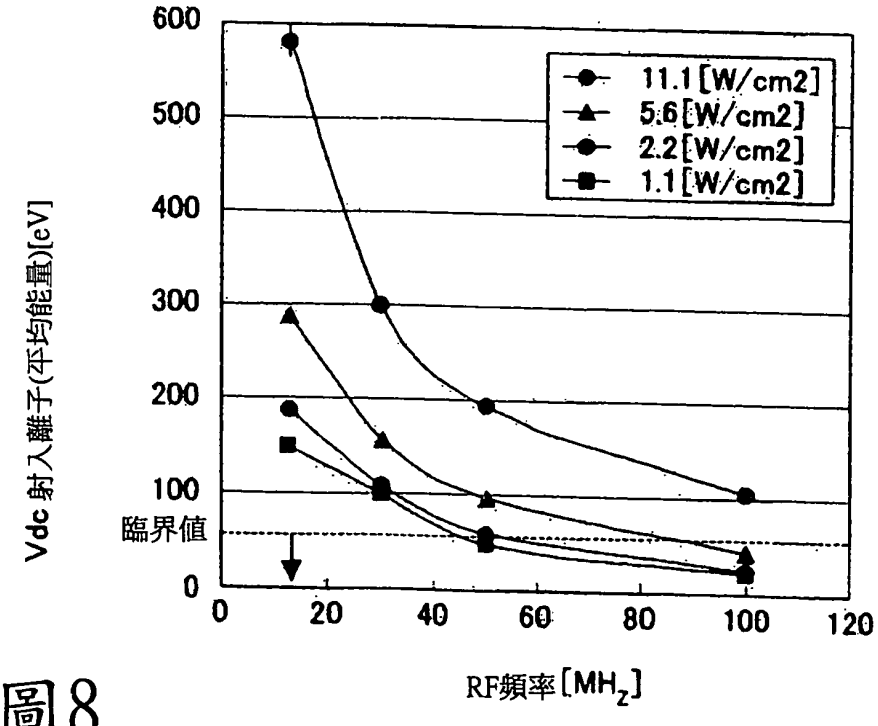

600
500
400
300
200
100
臨界值
0
0
20
40
60
80
100
120
11.1[W/cm2]
5.6[W/cm2]
2.2[W/cm2]
1.1[W/cm2]
Vdc 射入離子(平均能量)[eV]
RF頻率[MHz]

圖8

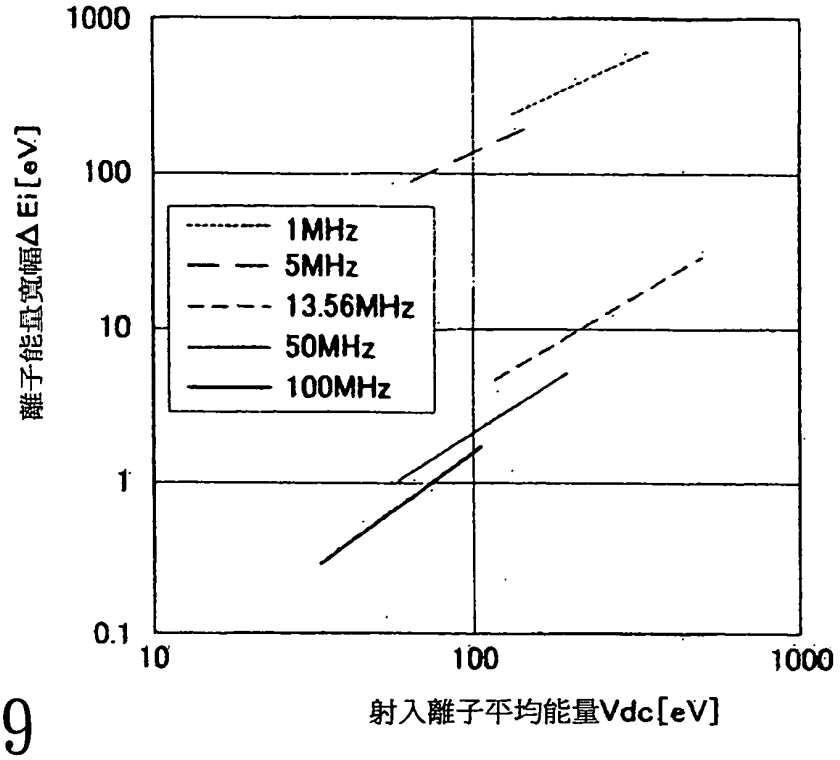

1000
100
10
1
0.1
10
100
1000
離子能量寬幅ΔEi[eV]
射入離子平均能量Vdc[eV]
1MHz
5MHz
13.56MHz
50MHz
100MHz

圖9

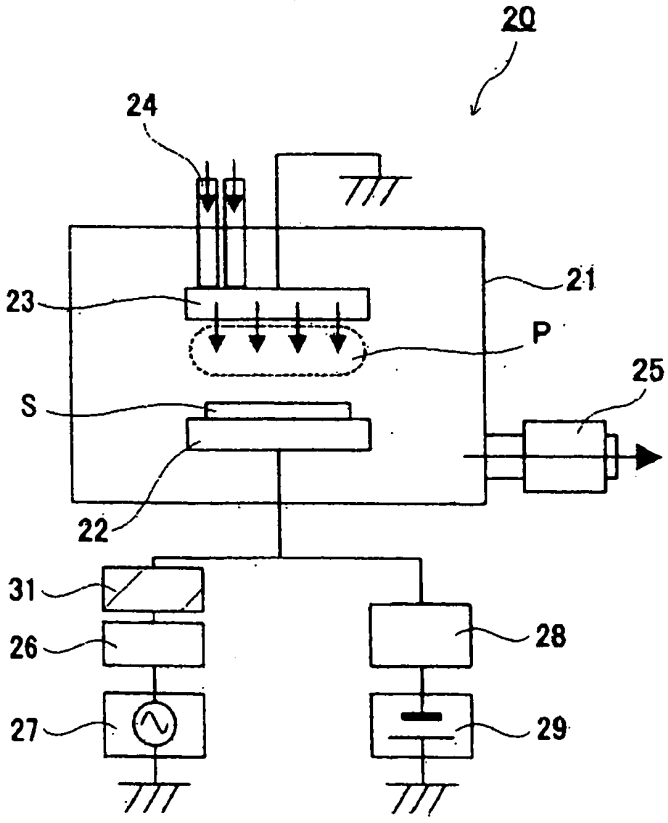

20
24
21
23
P
25
S
22
31
26
28
27
29

圖10

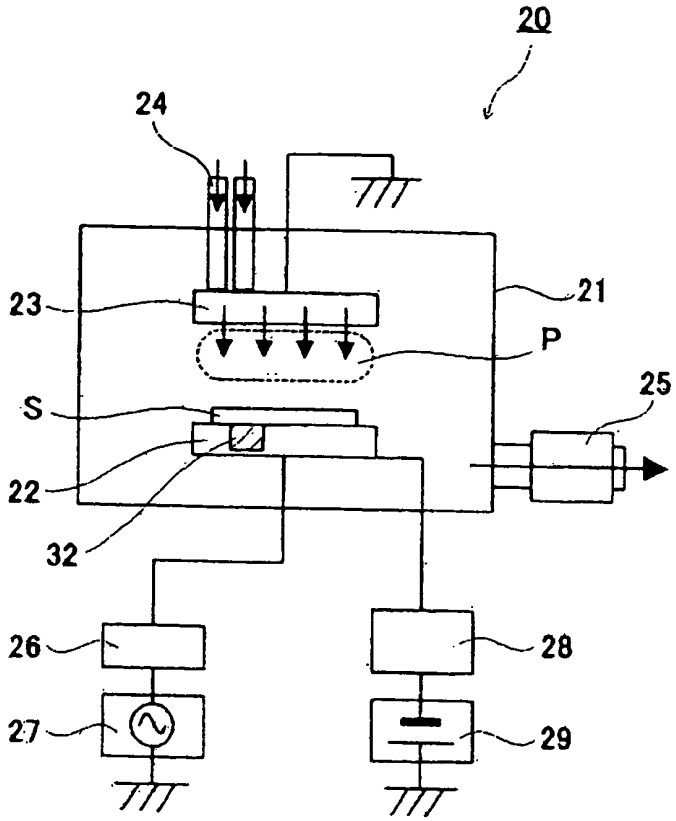

20
24
23
21
P
25
S
22
32
26
28
27
29

圖11

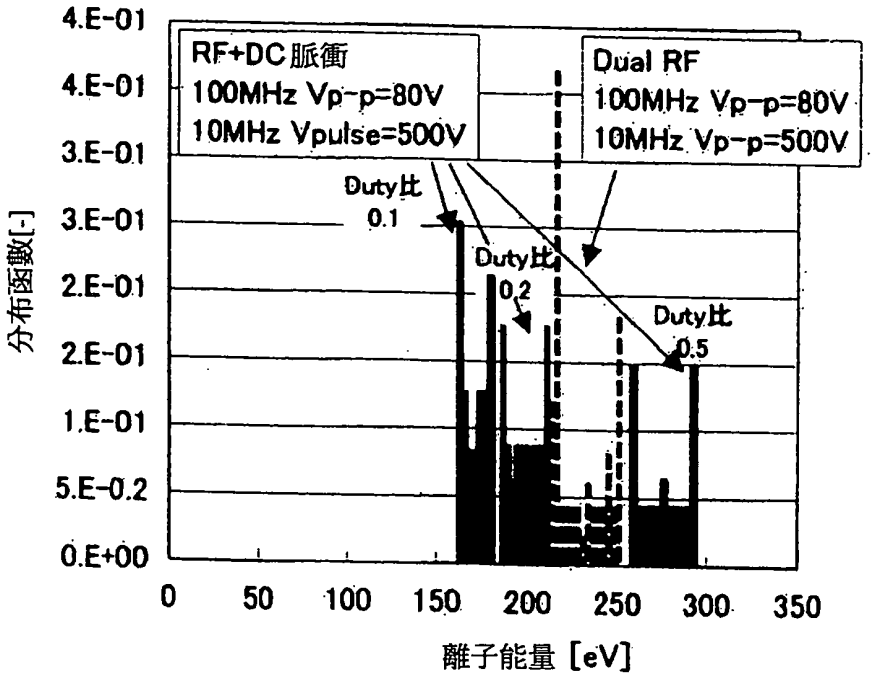

4.E-01
4.E-01
3.E-01
3.E-01
2.E-01
2.E-01
1.E-01
5.E-02
0.E+00
分布函數[-]
RF+DC脈衝
100MHz Vp-p=80V
10MHz Vpulse=500V
Dual RF
100MHz Vp-p=80V
10MHz Vp-p=500V
Duty比
0.1
Duty比
0.2
Duty比
0.5
0
50
100
150
200
250
300
350
離子能量 [eV]

圖12

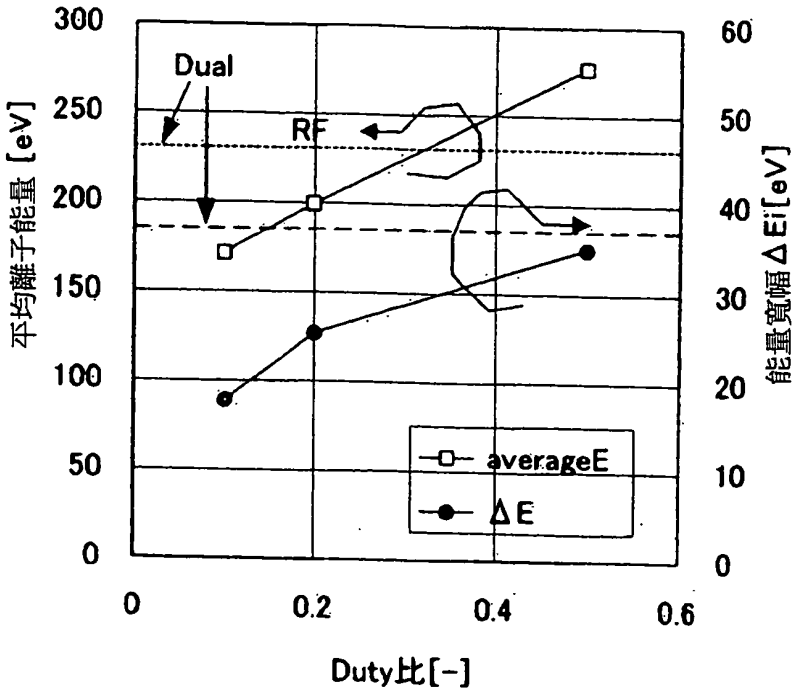
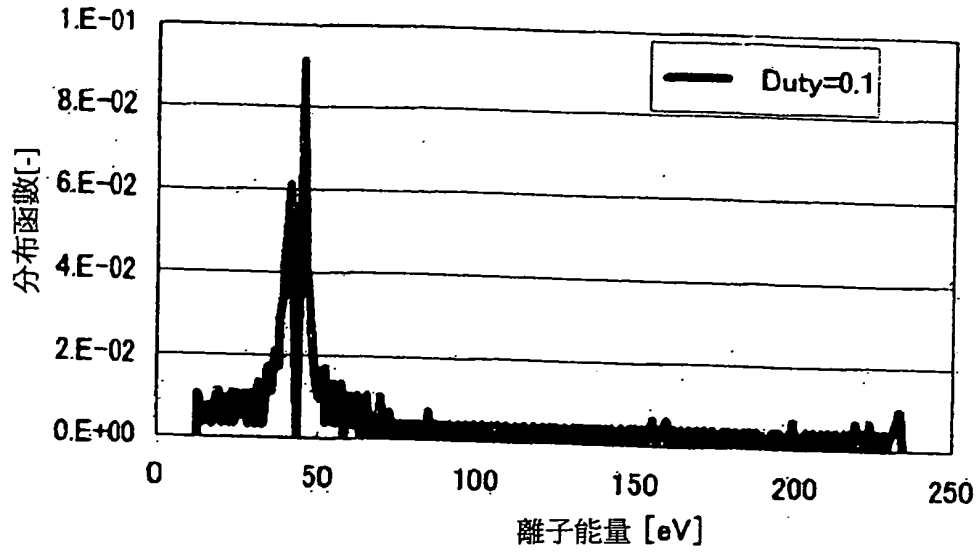
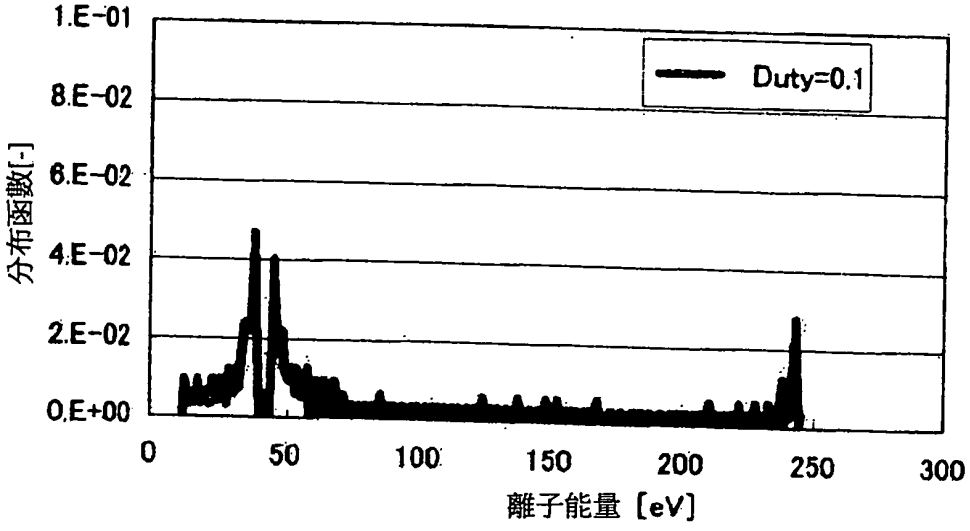

300
250
200
150
100
50
0
60
50
40
30
20
10
0
Dual
RF
averageE
ΔE
0
0.2
0.4
0.6
平均離子能量 [eV]
能量寬幅 ΔEi[eV]
Duty比[-]

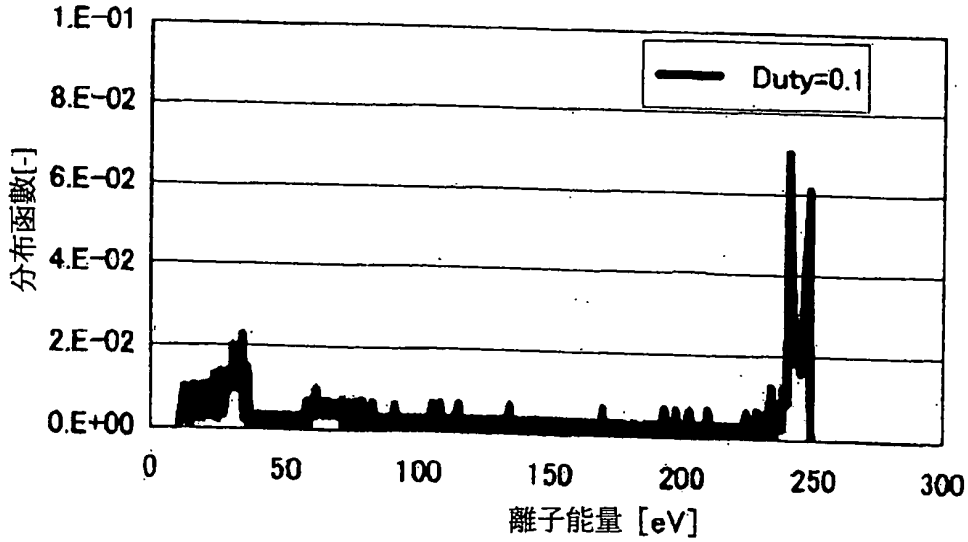
圖13


1.E-01
8.E-02
6.E-02
4.E-02
2.E-02
0.E+00
分布函數[-]
Duty=0.1
0
50
100
150
200
250
離子能量 [eV]

(a)


1.E-01
8.E-02
6.E-02
4.E-02
2.E-02
0.E+00
分布函數[-]
Duty=0.1
0
50
100
150
200
250
300
離子能量 [eV]

(b)


1.E-01
8.E-02
6.E-02
4.E-02
2.E-02
0.E+00
分布函數[-]
Duty=0.1
0
50
100
150
200
250
300
離子能量 [eV]

(c)

圖14

七、指定代表圖：

（一）、本案指定代表圖為：第（ 6 ）圖

（二）、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

20：（基板之）電漿處理裝置
21：處理室
22：RF 電極
23：對向電極
24：氣體導入管
25：排氣口
26：整合器
27：RF 電源
28：低通濾波器
29：脈衝電源
S：基板
P：電漿

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

第096123352號專利申請案中文申請專利範圍修正本

民國 101 年 5 月 18 日修正

十、申請專利範圍

1. 一種基板之電漿處理裝置，其特徵爲，具備有：

可將內部保持爲真空之處理室；和

被配置於前述處理室內，並以在主面上保持應處理之基板的方式而被構成之 RF 電極；和

在前述處理室中，以與前述 RF 電極相對向的方式而被配置之對向電極；和

用以對前述 RF 電極施加 50MHz 以上的特定頻率之 RF 電壓的 RF 電壓施加手段；和

用以對於前述 RF 電極，以與前述 RF 電壓重疊的方式而施加特定之負的脈衝電壓之脈衝電壓施加手段，

前述脈衝電壓施加手段，係具備有用以至少對前述脈衝電壓之脈衝幅 t1(s)以及脈衝電壓值 Vpulse(V)進行控制的控制機構，藉由此控制機構，以使前述脈衝幅 t1 成爲 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 係爲電漿離子角頻率，$\omega p = (e^2 N_0/\varepsilon_0 Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$））， 脈衝電壓值 Vpulse 成爲 $|Vp\text{-}p| < |Vpulse|$（Vp-p 係爲前述 RF 電壓之電壓值）的方式來作控制。

2. 一種基板之電漿處理裝置，其特徵爲，具備有：

可將內部保持爲真空之處理室；和

被配置於前述處理室內，並以在主面上保持應處理之

基板的方式而被構成之RF電極；和

在前述處理室中，以與前述RF電極相對向的方式而被配置之對向電極；和

用以對前述RF電極施加50MHz以上的特定頻率之RF電壓的RF電壓施加手段；和

用以對於前述RF電極，以與前述RF電壓重疊的方式而施加特定之負的脈衝電壓之脈衝電壓施加手段，

前述脈衝電壓施加手段，係具備有用以至少對前述脈衝電壓之脈衝幅t1(s)以及反覆時間t2(s)進行控制的控制機構，藉由此控制機構，以使前述脈衝幅t1以及前述反覆時間t2成爲$2\pi/\omega rf < t1 < t2 < 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$係爲電漿離子角頻率，$\omega p = (e^2N_0/\varepsilon_0Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$））的方式來作控制。

3. 如申請專利範圍第1項或第2項所記載之基板之電漿處理裝置，其中，前述基板之電漿處理裝置，係對被形成於前述基板上之氧化矽膜以及氮化矽膜的至少其中一方進行電漿蝕刻。

4. 如申請專利範圍第1項或第2項所記載之基板之電漿處理裝置，其中，前述RF電壓施加手段，係包含有：用以在使前述RF電壓透過的同時，將前述脈衝電壓遮斷的高通濾波器。

5. 如申請專利範圍第1項或第2項所記載之基板之電漿處理裝置，其中，係具備有：至少用以對前述處理室

內之存在於前述 RF 電極與前述對向電極之間的離子之能量狀態進行監測的離子能量檢測手段。

6. 一種基板之電漿處理方法，其特徵爲，具備有：

在內部被保持爲真空之處理室內的 RF 電極與相對向於前述 RF 電極之對向電極之間，於前述 RF 電極之主面上保持應處理之基板的工程；和

對前述 RF 電極施加 50MHz 以上的特定頻率之 RF 電壓的工程；和

對於前述 RF 電極，以與前述 RF 電壓重疊的方式而施加特定之負的脈衝電壓的工程；和

對於前述脈衝電壓之脈衝幅 t1(s)以及脈衝電壓值 Vpulse(V)，將前述脈衝幅 t1 設爲 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 係爲電漿離子角頻率，$\omega p = (e^2 N_0/\varepsilon_0 Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$））， 脈衝電壓值 Vpulse 設爲 $|Vp\text{-}p| < |Vpulse|$（Vp-p 係爲前述 RF 電壓之電壓值）的工程，

將射入至前述基板之離子能量的高能量側峰值，設定爲適合於前述基板之加工的能量值。

7. 一種基板之電漿處理方法，其特徵爲，具備有：

在內部被保持爲真空之處理室內的 RF 電極與相對向於前述 RF 電極之對向電極之間，於前述 RF 電極之主面上保持應處理之基板的工程；和

對前述 RF 電極施加 50MHz 以上的特定頻率之 RF 電壓的工程；和

對於前述 RF 電極，以與前述 RF 電壓重疊的方式而施加特定之負的脈衝電壓的工程；和

對於前述脈電壓之脈衝幅 t1(s)以及前述反覆時間 t2(s)，將前述脈衝幅 t1 以及前述反覆時間 t2，設爲 $2\pi/\omega rf < t1 < t2 < 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 係爲電漿離子角頻率，$\omega p = (e^2N_0/\varepsilon_0Mi)^{1/2}$，e：電荷量、$\varepsilon_0$：真空介電率、Mi：離子質量（kg）、$N_0$：電漿密度（個/$m^3$））的工程，

將射入至前述基板之平均的離子能量，設定爲適合於前述基板之加工的能量值。

8. 如申請專利範圍第6項或第7項所記載之基板之電漿處理方法，其中，係具備有：對前述RF電壓之頻率 $\omega rf/2\pi$ 以及電壓值 Vp－p，還有前述脈衝電壓之脈衝幅t1、反覆時間t2以及脈衝電壓值Vpulse的至少一個作變更，並因應於製程之進行狀況又或是製程之切換，而使射入至前述基板之離子能量以及其離子能量寬幅之至少一方作變化的工程。