200845183

768423

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：96148062

※申請日期：96 年 12 月 14 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, Japan
國籍：（中英）日本　　JAPAN

三、發明人：(共 5 人)

1.姓　名：（中）宇井明生
（英）UI, AKIO
國　籍：（中）日本
（英）JAPAN

2.姓　名：（中）市川尚志
（英）ICHIKAWA, TAKASHI
國　籍：（中）日本
（英）JAPAN

3.姓　名：（中）玉置直樹
（英）TAMAOKI, NAOKI
國　籍：（中）日本
（英）JAPAN

4.姓　名：（中）林久貴
（英）HAYASHI, HISATAKA
國　籍：（中）日本

（英）JAPAN

5.姓　名：（中）小島章弘
（英）KOJIMA, AKIHIRO
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　；2007/03/27；2007-082014 ☑有主張優先權

（英）JAPAN

5.姓　名：（中）小島章弘
（英）KOJIMA, AKIHIRO
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　；2007/03/27；2007-082014 ☑有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關在真空處理室內，RF 電極和對向電極係以彼此對向的方式配置，且藉由生成於這兩者之間的電漿，將保持於上述 RF 電極上的基板予以加工之所謂的平行平板型電漿處理裝置及其電漿處理方法。

【先前技術】

對半導體晶圓等的基板進行配線等時，必須對上述基板實施微細的加工處理，所以，以往係頻繁地採用使用電漿的處理裝置。

習知的電漿處理裝置中，在被排氣至特定真空度的真空處理室內，高頻（RF）電極和對向電極係以彼此對向的方式配置，在 RF 電極與對向電極對向的主面上，保持有應處理之基板，而構成所謂的平行平板型電漿處理裝置。經由上述氣體導入管，將電漿生成及藉此應供給至基板的加工之氣體，如箭號所示般地導入處理室內，並且使用沒有顯示圖的真空泵，從排氣口將處理室內進行真空排氣而構成。

繼之，藉由從 13.56MHz 的商業用 RF 電源，經由匹配器將 RF（電壓）施加於 RF 電極，可在 RF 電極及對向電極間產生電漿。

此時，電漿中的正離子係藉由產生於 RF 電極上之負的自給偏壓電位（self-bias potential）Vdc，而以高速

入射至 RF 電極上的基板。結果，利用此時的基板入射能量，誘發基板上的表面反應，進行反應性離子蝕刻（RIE）、CVD（Chemical Vapor Deposition）、濺鍍、離子植入等的電漿基板處理。尤其，從加工基板的觀點來看，主要係使用 RIE。因此，以下，特別以使用 RIE 的基板處理爲中心，加以詳細闡述。

在上述的電漿處理裝置中，在 RF 功率增大的同時，Vdc（平均的基板入射能量）也隨之增大，所以爲了進行處理速度調整、加工形狀調整，主要進行 RF 功率所致之 Vdc 的調整。此外，即便是 Vdc 所依存的壓力或電極形狀，也可進行部分調整。

然而，以上述方式生成於裝置內之電漿內的離子能量，可分割成低能量側峰值與高能量側峰值之兩個峰值，其能量寬度（energy width）△E 依據電漿產生條件而成爲數 10～數 100〔eV〕。因此，即便將 Vdc 調整成最適合於基板處理的能量時，基板入射之離子也存在有能量過高的離子（高能量側峰值）與過低的離子（低能量側峰值）。

因此，例如在 RIE 中，用相當於高能量側峰值之能量的離子，來實施基板處理時，會有誘發加工破裂（邊緣破裂）而使加工形狀惡化的傾向。另一方面，用相當於低能量側峰值之能量的離子，來實施基板處理時，會有在表面反應臨界值以下對基板處理完全沒有幫助，或者伴隨異向性劣化（離子入射角度因熱速度而變廣）而使加工形狀惡化的傾向。

最近的半導體製程中，爲了因應逐漸縮小的半導體裝置・各種膜・複合體的 RIE，且精緻地控制加工形狀，必須進行離子能量的窄頻帶化（小△E 的實現）與平均能量值的最適當調整（Vdc 的最適當化）。

爲了進行離子能量的窄頻帶化，而檢討 RF 頻率的高頻化（日本特開平 2003-234331 號公報）或脈衝電漿化（J. Appl. Phys. Vol86 No2 643（2000））。

此外，電漿生成可大致區分成感應耦合型與電容耦合型，然而，從加工形狀之精緻控制的觀點來看，將電漿體積縮小以縮短滯留時間，對於抑制副反應是有效的，依據此觀點，與體積較大的感應耦合型電漿相比較，電容耦合型的平行平板型電漿比較有利。

也有提案爲了使 Vdc 與電漿密度的控制性提升，而將兩個不同頻率的 RF 導入平行平板的電極，用高頻率（例如 100MHz）的 RF 獨立控制電漿密度，用低頻率（例如 3MHz）的 RF 獨立控制 Vdc 的方法（日本特開平 2003-234331 號公報）。此時，除了高頻用電源及高頻用匹配器外，另有設置低頻用電源及低頻用匹配器，使得上述高頻 RF 與低頻 RF 可重疊於 RF 電極。

另一方面，從乾淨製程、製程穩定的觀點來看，對向電極爲接地電位是有利的。若在對向電極施加 RF 時，對向電極會因在對向電極面生成的 Vdc 而腐蝕，變成灰塵的來源，使製程成爲不穩定的來源。因此，有時也會有兩個 RF 被重疊於設有基板之 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. Vo186 No2 643（2000）

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

爲進行離子能量窄頻帶化而檢討的高頻化技術，會變成離子無法追隨電場，所以△E 之窄頻帶化的效果很大，但是能量（Vdc）會變小。例如，在 100MHz、2.5kW（300mm 接收容器、50mTorr、Ar 電漿）中，Vdc 的絕對值成爲氧化膜或氮化膜的臨界值（約 70eV）以下，速度變得極緩慢，超過實用範圍。

另一方面，若將 RF 功率變大以使平均能量變大時，則進行 RF 功率所致之調整時，Vdc 與△E 大致呈比例，所以能量的窄頻帶化效果變小。再者，爲了以 100MHz 達成 Vdc100V，必須有 7kW 之大的 RF 功率，從市售之高頻電源的輸出上限（5～10kW）來看，難以調整成足夠大的離子能量。也就是說，即便 RF 高頻化技術可因應表面反應能量臨界值較小的電漿處理，在臨界值能量較大（70eV 以上）的電漿處理，Vdc 調整也難以進行，而難以對應。

再者，在雙頻 RF 重疊中，低頻率所產生的離子能量寬度△E 很大，無法期望窄頻帶化。

另一方面，脈衝技術係藉由周期性 DC 電位更直接地控制離子能量，故有利於能量的窄頻帶化及能量值的調整，但是，因爲急速的施加電壓變化、電壓 OFF 時的電漿密度降低、再施加電壓時之大電流的原因，電漿會變得不穩定。尤其進行絕緣物位於基板表面的電漿處理時，所積存的表面電荷難以在 1 周期之間散逸，電漿變得不穩定，以至於電漿消失。又，由於間歇性的大電流流入，對裝置的電性破壞也會產生。因此，難以生成穩定的平行平板型脈衝電漿。

本發明係有鑑於上述問題而開發者，其目的在於提供一種在真空處理室內，RF 電極與對向電極係以彼此對向的方式配置，且藉由生成於這兩者之間的電漿，將保持於上述 RF 電極上的基板予以加工之所謂的平行平板型電漿處理裝置中，具有適合於上述基板之加工的離子能量，更且可使該離子能量寬度縮小，俾可精緻地控制加工形狀之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，本發明之一態樣係關於基板的電漿處理裝置，其特徵爲：具有：內部可保持真空的處理室；以配置於上述處理室內，且在主面上保持應處理之基板的方式構成的 RF 電極；以在上述處理室內，與上述 RF 電極對向的方式配置的對向電極；用以對上述 RF 電極施加特定頻率的 RF 電壓之 RF 電壓施加手段；和

用以對上述 RF 電極施加特定的脈衝電壓，使之與上述 RF 電壓重疊的脈衝電壓施加手段，並且，上述脈衝電壓施加手段具有設定調整上述脈衝電壓之上述施加的時機（timing），且不施加上述脈衝電壓之休止時間的控制機構。

又，本發明之一態樣係關於基板之電漿處理方法，其特徵爲具有：於內部保持真空的處理室內，在 RF 電極與對向於上述 RF 電極的對向電極之間，在上述 RF 電極的主面上保持應處理的基板之步驟；對上述 RF 電極施加特定頻率的 RF 電壓之步驟；對上述 RF 電極施加特定的脈衝電壓，使之與上述 RF 電壓重疊之步驟；和設置調整上述脈衝電壓之施加的時機，且不施加上述脈衝電壓之休止時間的步驟。

本發明的上述態樣中，對於 RF 電極，不僅施加 RF 電壓，也進一步施加（重疊）脈衝電壓。因此，藉由控制各種上述脈衝電壓的脈衝寬度 t1 或重複時間 t2、再加上脈衝電壓值 Vpulse，可使習知之離子能量的低能量側峰值相較於高能量側峰值，移位（shift）至對基板加工沒有幫助之極低的能量範圍，或使上述低能量側峰值與高能量側峰值極爲接近。

前者的情況爲，尤其藉由僅將離子能量的高能量側峰值設定在最合適的能量範圍內，可僅使用相當於該高能量側峰值之能量的離子，來進行基板的處理（加工）。也就是說，只要利用該高能量側峰值本來具有的窄頻帶化特性

，並且進行上述之能量範圍的最適當化的話，即可精緻地控制基板的加工形狀。

由於沒有將上述脈衝電壓連續地施加，而是經由特定的休止時間來施加，故可抑制上述基板之加工部位的帶電，尤其是底面帶正電，也可抑制上述離子的入射因上述加工部位的帶電所產生之庫侖力的影響而偏向，使得上述離子無法大致垂直地入射至上述加工部位而導致加工形狀的劣化，且不會損及上述基板之加工形狀的精緻。再者，也可抑制伴隨上述帶電等所產生之以上述基板之上述加工部位爲基點的絕緣破壞等（第 1 加工方法）。

後者的情況爲，由於低能量側峰值與上述高能量側峰值變得極接近，故可視爲將兩者一體化的能量峰值。也就是說，藉由使低能量側峰值與上述高能量側峰值極接近地存在，可當作具有將兩者一次窄頻帶化之能量寬度的單一能量峰值來處理。因此，只要進行該單一化之能量峰值之能量範圍的最適當化，以及上述低能量側峰值及上述高能量側峰值之接近程度（即上述單一化之能量峰值之窄頻帶化程度）的最適當化的話，即可利用具有相當於上述單一化之能量峰值之能量的離子，精緻地控制基板的加工形狀。

此外，由於沒有將上述脈衝電壓連續地施加，而是經由特定的休止時間來施加，故可抑制上述基板之加工部位的帶電，尤其是底面帶正電，也可抑制上述離子的入射因上述加工部位的帶電所產生之庫侖力的影響而偏向，使得

上述離子無法大致垂直地入射至上述加工部位而導致加工形狀的劣化，且不會損及上述基板之加工形狀的精緻。再者，也可抑制伴隨上述帶電等所導致之以上述基板之上述加工部位爲基點的絕緣破壞等（第2加工方法）。

〔發明之功效〕

如上述說明，根據本發明，可提供一種在真空處理室內，RF電極與對向電極係以彼此對向的方式配置，且藉由生成於這兩者之間的電漿，將保持於上述RF電極上的基板進行加工之所謂的平行平板型電漿處理裝置中，具有適合於上述基板的加工之離子能量，更且使其離子能量寬度縮小，俾可精緻地控制加工形狀的基板之電漿處理裝置及電漿處理方法。

【實施方式】

以下，參照用以實施發明的最佳型態，詳細說明本發明之基板的電漿處理裝置及電漿處理方法。

本發明的一例中，從上述RF電壓施加手段施加至上述RF電極之上述RF電壓的頻率（$\omega rf/2\pi$）爲50MHz以上，且上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構至少控制上述脈衝電壓的脈衝寬度t1（s）及脈衝電壓值Vpulse（V），以藉由該控制機構使上述脈衝寬度t1成爲$t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2No/\varepsilon oMi)^{1/2}$、e：電子電荷、$\varepsilon o$：真空介電常數、Mi：離子質量（kg）、

No：電漿密度（個/m^3）），且脈衝電壓值 Vpulse 成爲 |Vp-p|<|Vpulse|（Vp-p 爲上述 RF 電壓的電壓值）的方式進行控制。依此方式，可以簡易且良好的狀態實施上述第 1 加工方法。

又，本發明的一例中，從上述 RF 電壓施加手段施加至上述 RF 電極之上述 RF 電壓的頻率（$\omega rf/2\pi$）爲 50MHz 以上，且上述脈衝電壓施加手段之上述控制機構至少控制上述脈衝電壓的脈衝寬度 t1（s）及重複時間 t2（s），以藉由該控制機構使上述脈衝寬度 t1 及上述重複時間 t2 成爲 $2\pi/\omega rf<t1<t2<2\pi/(\omega p/5)$（$\omega p$ 爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2No/\varepsilon oMi)^{1/2}$、e：電子電荷、$\varepsilon o$：真空介電常數、Mi：離子質量（kg）、No：電漿密度（個/m^3））的方式進行控制。依此方式，可以簡易且良好的狀態實施上述第 2 加工方法。

此外，上述任一者的例子中，將從上述 RF 電壓施加手段施加至上述 RF 電極之上述 RF 電壓的頻率（$\omega rf/2\pi$）設爲 50MHz 以上，是因爲將 RF 電壓所致之平均的基板入射能量 Vdc 設成不會對基板處理造成影響之十分低的值的緣故。換言之，本發明的上述態樣中，經常對 RF 電極施加 RF 電壓，係因爲可以良好的效率生成電漿，以及即便在基板上沉積有絕緣性的膜時也可以良好的效率生成電漿，且用該電漿來實現基板之加工等的緣故。

因此，本發明的上述態樣中，基板處理主要是藉由重疊於 RF 電壓的脈衝電壓來進行。

隨著 RF 電壓的頻率增大，入射至基板之離子能量的低能量側峰值及高能量側峰值間的離子能量寬度△Ei 會減少。因此，藉由使 RF 電壓的頻率增大，尤其是設成 50MHz 以上，使上述之上述低能量側峰值與上述高能量側峰值極爲接近，形成窄頻帶化而視爲單一的能量峰值，使用與該單一化之能量峰值相當的能量之離子來進行基板加工時是有利的。

本發明中，上述脈衝電壓可設成負的脈衝電壓。一般來說，藉由 RF 電壓的施加生成電漿時，被施加上述 RF 電壓的 RF 電極會因自給偏壓（self-bias）的原理而成爲負電位。因此，上述 RF 電極附近的正離子受到移位（shift）至負電位側之周期性電壓（RF 電壓）的影響，以該 RF 電壓作爲加速電壓而撞擊基板，進行上述基板之加工等的處理。依據該觀點，若將上述脈衝電壓設爲正電壓的話，則會將上述 RF 電壓部分地消除，變成無法對上述正離子形成良好的加速電壓。

因此，藉由將上述脈衝電壓設成負的脈衝電壓，可避免上述的不良情形。

又，本發明的一例中，係以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝電壓的連續施加脈衝數 n1 成爲 $n1<\varepsilon o\varepsilon s/(ZeNivbt1)\times(Vmax/d)$（εo 爲真空的介電常數、εs 爲加工之溝渠底部的比介電常數、Z 爲離子價數、vb 爲波姆速度且 $vb=(kTi/Mi)^{1/2}$、t1 爲脈衝施加時間（s）、d 爲底部絕緣體膜厚、Vmax/d 爲絕緣耐壓）的

方式進行控制。依此方式，可有效地抑制上述基板之加工部位中尤其是來自底部的絕緣破壞。

再者，本發明的一例中，係以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝電壓的施加時間 t1 成爲 $t1<\varepsilon o\varepsilon s/(ZeNivb)\times(Vmax/d)$（εo 爲真空的介電常數、εs 爲加工之溝渠底部的比介電常數、Z 爲離子價數、vb 爲波姆速度且 $vb=(kTi/Mi)^{1/2}$、d 爲底部絕緣體膜厚、Vmax/d 爲絕緣耐壓）的方式進行控制。依此方式，可有效地抑制上述基板之加工部位中尤其是來自底部的絕緣破壞。

上述關係式係藉由以下的方式導出。各式子所使用的文字係與上述關係式的附項中記載者相同。

首先，基板的加工部位，尤其是底部帶電的電荷量，可以

$$Q=S\times ZeNivb(t1\times ni)$$（S：加工部位之底部的面積）

來表示，上述加工部位的靜電容量，可以

$$C=\varepsilon o\varepsilon s\times S/d$$

來表示。因此，施加於此時之加工部位底部的電壓 V，可以

$$V=Q/C=ZeNivb(t1\times ni)\times d/\varepsilon o\varepsilon s$$

來表示。結果，以上述加工部位的底部不會被絕緣破壞的方式將可施加之電壓的最大值設成 Vmax 時，必須滿足 Vmax＞V 的關係，所以著眼於可施加上述關係式的脈衝電壓，以其脈衝數 n1 及脈衝施加時間 t1 來整理時，可獲得上述的關係式。

又，本發明的一例中，係以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝電壓的電壓值 Vpulse（V）成爲（vtherm/vdc）$^{1/2}$ ≦ 0.5L1/L2（離子的熱速度 vtherm 爲 vtherm=（8kTi/ π Mi）/2、vdc=（2eZxVpulse/Mi）$^{1/2}$、L1 爲加工的溝渠寬度、L2 爲溝渠深度）的方式進行控制。藉由滿足此種必要條件，變成上述電漿中的離子，相對於上述基板的加工部位（溝：trench），可在不會撞擊其側壁的情況下，到達其底部。因此，可使上述基板的加工效率提升。

更且，本發明的一例中，係以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝連續施加後的休止時間 t3 成爲 n1×t1 ≦ t3 的方式進行控制。此時，相較於上述脈衝電壓的施加時間，係將之後的休止時間變長，故可有效地抑制上述之基板之加工部位的帶電。

又，上述基板的電漿處理裝置可具有蝕刻終點檢側及基底變化檢測手段之至少一者，依此，可變更脈衝施加時間 t1、脈衝休止時間 t3、及脈衝電壓 Vpulse 之至少一者

。藉此方式，由於可將基板的加工狀況立即反映於加工條件，故可精緻且有效率地進行上述基板的加工。

此外，本發明的「RF 電壓施加手段」可包含同行者當然可想到的 RF 產生器（RF generator）及阻抗匹配器。再者，可依需要適當地包含放大器。

更且，本發明之「脈衝施加手段」除了同行者當然可想到的脈衝產生器外，也可適當地包含放大器及低通濾波器。

根據以上之本發明的追加特徵，一邊將本發明之基板的電漿處理裝置及方法與其他基板的電漿處理裝置及方法對照，一邊加以說明。

（使用基板之電漿處理裝置的比較例）

第 1 圖係概略地表示習知之基板的電漿處理裝置的比較例之構成的圖。

第 1 圖所示之基板的電漿處理裝置 10 中，在事先被排氣至特定真空度的真空處理室 11 內，高頻（RF）電極 12 與對向電極 13 係以彼此對向的方式配置，且在 RF 電極 12 與對向電極 13 對向的主面上，保持有應處理之基板 S，而構成所謂的平行平板型電漿處理裝置。從氣體導入管 14 將電漿生成及藉此應供給至基板 S 之加工的氣體，如箭號所示般地導入處理室 11 內，並且使用沒有顯示圖的真空泵，從排氣口 15 將處理室 11 內加以真空排氣而構成。此時，處理室 11 內的壓力爲大約 1Pa 左右。

繼之，從 13.56MHz 的商業用 RF 電源 17 經由匹配器 16 將 RF（電壓）施加於 RF 電極 12，藉以在 RF 電極 12 及對向電極 13 間產生電漿 P。

此時，電漿 P 中的正離子係藉由產生於 RF 電極 12 上之負的自給偏壓電位 Vdc，而以高速入射至 RF 電極 12 上的基板 S。結果，利用此時的基板入射能量，誘發基板 S 上的表面反應，進行反應性離子蝕刻（RIE）、CVD（Chemical Vapor Deposition）、濺鍍、離子植入等的電漿基板處理。尤其，從加工基板的觀點來看，主要係使用 RIE。因此，以下，特別以使用 RIE 的基板處理爲中心，加以詳細闡述。

第 1 圖所示的電漿處理裝置中，如第 2 圖所示，隨著 RF 功率增大，Vdc（平均的基板入射能量）也跟著增大，所以爲了進行處理速度調整、加工形狀調整，主要係進行 RF 功率所致之 Vdc 的調整。此外，即便是 Vdc 所依存的壓力或電極形狀，也可進行部分調整。

第 3 圖、第 4 圖係表示利用連續體模式電漿模擬器（G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073（2004））來模擬 3MHz、Vrf=160V、50mTorr、電極間 30mm、300mm 晶圓尺寸之平行平板型 Ar 電漿的結果。又，第 5 圖係表示適用於基板 S 之離子能量的分布狀態之圖形。

如第 3 圖所示，由於 RF 電極電位係周期性的變動，故離子的基板入射能量也會周期性的變動。然而，由於離子質量會導致延遲電位追隨，故離子能量會以小於 Vrf 的

振幅 Vrf' 產生時間變動。離子能量正確地成爲 Vdc 與電漿電位（plasma potential）Vp 的和，但是，由於 Vp 的值及時間變化相對較小，故在說明及第 3 圖中加以省略。所以，對基板 S 的入射能量，係藉由將第 3 圖所示的圖形進行時間積分，成爲第 4 圖所示的分布。

從第 4 圖清楚地知悉，生成於第 1 圖所示之裝置內之電漿內的離子能量，被分割成低能量側峰值與高能量側峰值之兩個峰值，其能量寬度 ΔE 係依據電漿產生條件而成爲數 10～數 100〔eV〕。因此，即使將 Vdc 調整成最合適於基板處理的能量時，也會變成如第 5 圖所示那樣基板入射之離子存在有能量過高的離子（高能量側峰值）與過低的離子（低能量側峰值）。

因此，在例如 RIE 中，用相當於高能量側峰值之能量的離子，實施基板處理時，會有誘發加工破裂（邊緣破裂）而使加工形狀惡化的傾向。另一方面，用相當於低能量側峰值之能量的離子來實施基板處理時，會有在表面反應臨界值以下對基板處理完全沒有幫助，或者伴隨異向性劣化（離子入射角度因熱速度而變廣）而使加工形狀惡化的傾向。

（使用本發明之基板的電漿處理裝置之具體例）

第 6 圖係概略地表示本發明之基板之電漿處理裝置的具體例之構成的圖。第 7 圖係概略地表示使用第 6 圖所示之裝置時施加於 RF 電極之電壓的重疊波形。此外，使用

上述電漿處理裝置時的電漿處理方法，主要係以 RIE 爲中心來闡述。

如第 6 圖所示，本例子之基板的電漿處理裝置 20 中，係在事先被排氣至特定真空度的真空處理室 21 內，高頻（RF）電極 22 與對向電極 23 係以彼此對向的方式配置，且在 RF 電極 22 與對向電極 23 對向的主面上，保持有應處理之基板 S，而構成所謂的平行平板型電漿處理裝置。從氣體導入管 24 將電漿生成及藉此應供給至基板 S 之加工的氣體如箭號所示般地導入處理室 21 內，並且使用沒有顯示圖的真空泵，從排氣口 25 將處理室 21 內加以真空排氣而構成。

就上述氣體而言，除了 Ar、Kr、Xe、N_2、O_2、CO、H_2 等的氣體外，可適當地使用 SF_6 或 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。此外，處理室 21 內的壓力雖可因應對基板 S 的加工速度或所使用之氣體的種類等適當地設定，然而可保持在例如數 Pa 左右。

繼之，從 RF 電源 27 經由匹配器 26 將 RF（電壓）施加於 RF 電極 22，並且從脈衝電源 29 經由低通濾波器 28 同樣地將脈衝電壓施加於 RF 電極 22。於是，在 RF 電極 22 上，如第 7 圖所示那樣變成在 RF 電壓與脈衝電壓重疊的狀態被施加的狀態。因此，在 RF 電極 22 及對向電極 23 間生成電漿 P，該電漿 P 中的正離子會藉由 RF 電極 22 上的負電壓（平均能量爲 Vdc）加速而以高速入射至基板

S，對基板 S 實施加工處理。

在 RF 電源 27 內及脈衝電源 29 內，可依需要內設用以將從此等電源產生的 RF 電壓及脈衝電壓加以放大的放大器。

上述脈衝電壓係以設成負的脈衝電壓爲佳。如上所述，電漿 P 中的正離子係藉由產生於 RF 電極 22 上的負電壓，以高速入射至 RF 電極 22 上的基板 S，而將基板 S 實施加工處理。此外，第 7 圖中雖然沒有特別顯示，然而亦如第 3 圖所示那樣，施加於 RF 電極 22 的 RF 電壓係藉由上述自給偏壓電位，主要在負的電壓值區域變化。因此，若將上述脈衝電壓設成正電壓的話，則會將上述 RF 電壓部分地消除，變成無法對上述正離子形成良好的加速電壓。

因此，藉由將上述脈衝電壓設成負的脈衝電壓，可避免上述的不良情形。

第 8 圖係表示使用第 6 圖所示之本例子的電漿處理裝置施加 RF 時之 Vdc（入射離子平均能量）的 RF 頻率依存性之圖形，第 9 圖係表示離子能量寬度 ΔEi（eV）之入射離子平均能量 Vdc 依存性的圖形。基本上，第 8 圖所示的圖形與第 2 圖所示的圖形是相同的。

從第 8 圖清楚地獲知，隨著施加於 RF 電極 22 之 RF 電壓的頻率增大，入射離子平均能量 Vdc 會減少，尤其是當 RF 功率爲 2.2W/cm^2 左右以下，RF 頻率超過 50MHz 時，會變成不會對基板處理造成影響的臨界值之大約 50eV 以下。再者，即使在超過 2.2W/cm^2 的 RF 功率中，Vdc 的

RF 頻率依存性也變得極小。因此，得知藉由將施加於 RF 電極 22 的 RF 頻率設成 50MHz 以上，RF 電壓即不會對基板處理造成影響，只有（負的）脈衝電壓的控制會對基板處理造成影響。

換言之，只要利用（負的）脈衝電壓的控制即可調整基板處理的狀態，所以可將基板處理的操作簡單化，且可使其操作性大幅提升。

因此，本例子中，特別對 RF 電極 22 經常施加 RF 電壓的主要目的是，可以良好的效率生成電漿，以及即使基板 S 上沉積有絕緣性的膜時也可以良好的效率生成電漿，並利用該電漿來實現基板 S 的加工等。

又，如第 9 圖所示，對於相同的 Vdc，隨著 RF 電壓的頻率增大，第 4 圖所示之入射至基板之離子能量的低能量側峰值及高能量側峰值間的離子能量寬度 Δ Ei 會減少。因此，使 RF 電壓的頻率增大，尤其設成 50MHz 以上，使以下詳述之上述低能量側峰值與上述高能量側峰值極爲接近，形成窄頻帶化而視爲單一的能量峰值，使用與該單一化之能量峰值相當的能量之離子來進行基板加工時是有利的。

使用沒有顯示圖且內設於例如脈衝電源 29 內的特定控制機構，以將從脈衝電源 29 生成之脈衝電壓的脈衝寬度 t1（s）及脈衝電壓值 Vpuls2（V）設成 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$（ωp 爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2No/\varepsilon oMi)^{1/2}$、e：電子電荷、εo：真空介電常數、Mi：離子質量（kg）、No：

電漿密度（個/m^3）），且脈衝電壓值 Vpulse 成爲 | Vp-p | < | Vpulse | （Vp-p 爲上述 RF 電壓的電壓值）的方式進行控制。

此時，由於離子可追隨脈衝電壓，故將其離子能量按時間來積分，而獲得如第 4 圖所示的圖形時，低能量側峰值變成移位（shift）至不會對處理造成影響之極低的能量區域。因此，藉由僅將高能量側峰值設定在最合適的能量範圍內，變成可僅使用該高能量側峰值來進行基板的處理（加工）。也就是說，只要利用該高能量側峰值本來就具有的窄頻帶化特性，並且進行上述之能量範圍的最適當化時，即可精緻地控制基板的加工形狀（第 1 加工方法）。

此外，高能量側峰值的能量值可藉由脈衝電壓的電壓值 Vpulse 來控制。

更且，使用沒有顯示圖且內設於例如脈衝電源 29 內的特定控制機構，以使從脈衝電源 29 生成之脈衝電壓的寬度 t1 及重複時間 t2（s）成爲 $2\pi/\omega rf<t1<t2<2\pi/(\omega p/5)$（ωp 爲電漿離子角頻率，$\omega p=(e^2No/\varepsilon oMi)^{1/2}$、e：電子電荷、εo：真空介電常數、Mi：離子質量（kg）、No：電漿密度（個/m^3））的方式進行控制。

此時，離子變成無法追隨脈衝電壓，故將其離子能量按時間來積分，而獲得如第 4 圖所示的圖形時，低能量側峰值與上述高能量側峰值變得極接近，可視爲將兩者一體化的能量峰值。也就是說，由於低能量側峰值與上述高能量側峰值係極接近地存在，所以可當作具有將兩者一次窄

頻帶化的能量寬度之單一能量峰值來處理。

因此，只要進行該被單一化之能量峰值之能量範圍的最適當化，以及上述低能量側峰值及上述高能量側峰值之接近程度（即上述單一化之能量峰值之窄頻帶化程度）的最適當化時，即可利用上述被單一化的能量峰值來精緻地控制基板的加工形狀（第 2 加工方法）。也就是說，上述單一化能量峰值的能量值，可藉由控制脈衝電壓的電壓值 Vpulse 及/或 Duty 比，進行適當地調整。

另一方面，若在上述第 1 加工方法及第 2 加工方法的任一者中，連續地施加脈衝電壓（及 RF 電壓）以實施連續的加工時，則基板 S 的加工部位，即，加工之形成途中的溝（trench），尤其是底部會變成帶正電。結果，會有入射至溝內的離子等受到上述帶電所產生之庫侖力的作用而偏向，變成無法到達上述溝的底部，尤其變成難以進行縱橫尺寸比（aspect ratio）較高的溝加工之情形。再者，當上述溝底部帶電的電荷量增大時，會有以上述溝底部爲基點之絕緣破壞產生的情形。

根據此觀點，將基板 S 加工以形成上述溝時，係以將上述脈衝電壓施加特定時間後，休止上述脈衝電壓的施加爲佳。依此方式，可有效地抑制上述溝底部的帶電，且可去除上述各種問題。

第 10 圖係概念地表示進行基板 S 的加工時，設置脈衝電壓休止期間時相對於時間之電壓施加外觀（profile）的圖形，第 11 圖係概念地表示此時之加工途中之溝內帶

電的樣子之圖形。此外，任一圖中，（a）係表示沒有設置休止時間而連續地施加脈衝電壓的情形，（b）係表示一邊設置休止時間，一邊施加脈衝電壓的情形。

如第 10 圖（b）所示，本發明係在上述第 1 加工方法及第 2 加工方法之任一者中，在施加特定時間的脈衝電壓後，設定相對於脈衝電壓施加的休止時間。於是，如第 11 圖（b）所示，當脈衝電壓正在施加中，加工途中之溝底部的帶電量係呈大致線形地增大，然而，一旦休止上述脈衝電壓的施加時，其帶電量便急速地減少。此乃因帶電的正電荷通過基板而擴散，被中和所致。因此，可有效地抑制加工途中之溝底部的帶電，且可抑制上述加工精度的劣化及絕緣破壞等。

另一方面，如第 10 圖（a）所示，若沒有設置休止時間而連續地施加脈衝電壓時，則會變成如第 11 圖（a）所示那樣，加工途中之溝底部的帶電量呈大致線形地增大。因此，會有加工途中之溝底部的帶電量增大，供作爲加工的離子無法到達上述溝底部，難以進行精緻的加工，並且也會產生絕緣破壞的情形。

爲了有效地防止以位於加工途中的溝爲基點的絕緣破壞，可藉由設置於脈衝電源 29 內的上述控制機構，以上述脈衝電壓的連續施加脈衝數 n1 成爲 $n1<\varepsilon o \varepsilon s/(ZeNivbt1) \times (Vmax/d)$（εo 爲真空的介電常數、εs 爲加工之溝渠底部的比介電常數、Z 爲離子價數、vb 爲波姆速度且 $vb=(kTi/Mi)^{1/2}$、t1 爲脈衝施加時間（s）、d 爲底

部絕緣體膜厚、Vmax/d 爲絕緣耐壓）的方式進行控制。同樣地，以上述脈衝電壓的施加時間 t1 成爲 t1<εoεs/（ZeNivb）x（Vmax/d）（εo 爲真空的介電常數、εs 爲加工之溝渠底部的比介電常數、Z 爲離子價數、vb 爲波姆速度且 vb=（kTi/Mi）$^{1/2}$、d 爲底部絕緣體膜厚、Vmax/d 爲絕緣耐壓）的方式進行控制。

上述關係式係考慮不會產生絕緣破壞的最大電壓 Vmax（V<Vmax），而獲得從上述溝底部帶電的電荷量產生的電壓 V，其導出過程係如上所述。

又，爲了使有助於加工的離子不會撞擊加工途中之溝的側面，而到達其底部，使其加工效率提升，並且促進精緻的加工，故以上述脈衝電壓的電壓值 Vpulse（V）成爲（vtherm/vdc）$^{1/2}$≦0.5L_1/L_2（離子的熱速度 vtherm 爲 vtherm=（8kTi/πMi）/2、vdc=（2eZxVpulse/Mi）$^{1/2}$、L1 爲加工的溝渠寬度、L2 爲溝渠深度）的方式進行控制。此關係式係依據第 12 圖所示的溝形狀而導出者。

再者，以脈衝連續施加後的休止時間 t3 成爲 n_1x t1≦t3 的方式進行控制爲佳。此時，相較於上述脈衝電壓的施加時間，由於可使之後的休止時間變長，故可有效地抑制上述基板之加工部位的帶電。

此外，考慮電漿蝕刻時，例如在矽的蝕刻中，製程開始時，爲了去除自然氧化模，必須有 200eV 左右之大的離子能量，在下一個蝕刻階段，期望是 100eV 左右之比較小的離子能量，而在氧化膜等的擋止件（stopper）產生的最

後階段，以 70eV 左右之更小的離子能量來進行蝕刻，就精密加工的觀點而言是比較理想的。其中所需要的離子能量，係可變更本發明之負脈衝的脈衝寬度 t1 或重複時間 t2、或負脈衝電壓 Vpulse 之至少一者以進行製程的變更，並且可將離子能量加以控制、切換。

再者，施加脈衝電壓時，變成可在脈衝電源中實行周期性的充電、放電。因此，在充電所需要的時間以上，無法將頻率變大。又，難以將 Duty 比設成 0.5 以上。此時，準備兩個以上的脈衝電源，並且利用觸發器（trigger）將兩者連接，使彼此的相位偏移而重疊，結果，可獲得單一的脈衝電源無法獲得之高頻率及/或 Duty 比爲 0.5 以上的脈衝電壓。

再者，藉由變更來自兩個以上之脈衝電源的電壓 Vpulse，可形成 Vpulse 周期性不同的階梯狀脈衝電壓。

第 13 圖係表示第 6 圖所示之電漿處理裝置的變形例之構成圖。第 13 圖所示的電漿處理裝置，係在 RF 電極 22 內設有蝕刻終點檢測監視器或基底變化檢測監視器 32。藉此構成，依據基板 S 的加工狀況，可適當地變更脈衝施加時間 t1、脈衝休止時間 t3、及脈衝電壓 Vpulse 的至少一者，所以可精緻且有效率地進行基板 S 的加工。

藉由上述監視器監視基板 S 的電阻值等，可獲知基板 S 的加工狀態。

〔實施例〕

以下，利用實施例具體地說明本發明，然而，本發明當然不限定於以下的內容。以下所示之具體的結果，全部係依據特定的模擬。

（實施例 1）

本實施例中，係調查使用第 6 圖所示之電漿處理裝置時之具體的動作特性。

首先，將 C_4F_8 氣體及氧氣導入處理室 21 內，將其壓力保持在 2～200mTorr。繼之，針對 RF 電極 22，從 RF 電源 27 施加 100MHz、電壓 Vp-p=80V 的 RF 電壓，並且從脈衝電源 29 施加 10MHz、Vpulse=-500V 的負電壓脈衝，使彼此重疊。爲電漿密度 $No=5\times10^{16}$〔個/m^3〕的 CF 離子時，（ωp/5）/2π 成爲大約 1.7MHz，故相對於脈衝電壓的脈衝寬度 t1（s）及重複時間 t2（s），滿足 $2\pi/\omega rf<t1<t2<2\pi/(\omega p/5)$，成爲即便是 DC 脈衝電壓離子也無法追隨的區域。

因此，如第 14 圖、第 15 圖所示，藉由 DC 負脈衝重疊施加，與雙頻（Dual）重疊施加相比較，離子能量分布形成窄頻帶化。尤其，藉由使 Duty 比（=t1/t2）變小，離子能量分布可進一步窄頻帶化。也就是說，藉由變更脈衝 Duty 比，可進行大致按照 Duty 比的比例之平均能量的控制、變更。離子的平均能量也可爲配合脈衝負電壓 Vpulse 或 Duty 比變更所致之平均能量控制。

加工途中之溝底部的電壓爲大約 50V 左右。一般來說

，當上述電壓超過約 200V 時，會產生絕緣破壞，所以利用上述方式抑制電壓，可進行精緻的溝加工，而不會產生上述絕緣破壞。

（實施例 2）

本實施例中，亦調查使用第 6 圖所示之電漿處理裝置時之具體的動作特性。

本實施例中，從 RF 電源 27 施加 100MHz、電壓 Vp-p=80V 的 RF 電壓，並且從脈衝電源 29 施加 1MHz、Vpulse=-250V 的負電壓脈衝，使彼此重疊。其他條件係與實施例 1 同樣。

本實施例中，由於滿足脈衝寬度 $t1 \geqq 2\pi/(\omega p/5)$，故離子可追隨脈衝電壓。因此，如第 16 圖所示，低能量側峰值與高能量側峰值成爲彼此經由大的離子能量寬度而存在。此外，如第 16 圖所示，藉由將負電壓脈衝的 Duty 比（=t1/t2）變大，可維持上述離子能量寬度，可在保持彼此的能量位置的情況下，使高能量側峰值的分布狀態增大。

此外，高能量側峰值的能量值可用負脈衝電壓的電壓值 Vpulse 來控制。

本實施例中，高能量側峰值的能量寬度爲極窄的 8〔eV〕，故藉由進行使用此種能量之離子的基板處理，可進行精緻的加工。

再者，加工途中之溝底部的電壓爲大約 50V 左右。一

般來說，當上述電壓超過約 200V 時，會產生絕緣破壞，故利用上述方式抑制電壓，可進行精緻的溝加工，而不會產生上述絕緣破壞。

以上，係依據上述具體例，詳細說明本發明，但是本發明並不限定於上述具體例，只要不逸離本發明的範疇，則可進行所有的變形或變更。

例如，上述具體例中，係說明以 RIF 爲中心相對於基板加工的電漿處理裝置及方法，然而也可適當地使用於其他的處理裝置及方法。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係概略地表示基板之電漿處理裝置（比較例）的一例之構成的圖。

第 2 圖係表示使用第 1 圖所示之裝置時之 RF 功率與 Vdc（平均的基板入射能量）的關係之圖形。

第 3 圖係表示利用連續體模式電漿模擬器（G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073（2004））, 模擬以 50mTorr 的 Ar 氣體壓力，使用 3MHz、Vrf=160V 的 RF，來加工電極間 30mm、300mm 晶圓時之平行平板型 Ar 電漿的結果。

第 4 圖係同樣表示利用連續體模式電漿模擬器（G. Chen, L. L. Raja, J. Appl. Phys. 96, 6073（2004））, 模擬以 50mTorr 的 Ar 氣體壓力，使用 3MHz、Vrf=160V 的 RF，來加工電極間 30mm、300mm 晶圓時之平行平板型 Ar

電漿的結果。

第5圖係表示適用於基板S之離子能量的分布狀態之圖形（graph）。

第6圖係概略地表示本發明之基板之電漿處理裝置的一例之構成的圖。

第7圖係概略地表示使用第6圖所示之裝置時，施加於RF電極之電壓的重疊波形。

第8圖係表示使用第6圖所示之本例子的電漿處理裝置時，Vdc（入射離子平均能量）的RF頻率依存性之圖形。

第9圖係表示離子能量寬度△Ei（eV）之入射離子平均能量Vdc依存性的圖形。

第10圖係概念地表示進行基板的加工時，設置脈衝電壓休止期間時相對於時間的電壓施加外觀（profile）之圖形（graph）。

第11圖係概念地表示對應於第10圖的電壓施加外觀之加工途中之構內的帶電樣子之圖形。

第12圖係概念地表示加工途中之溝形狀的圖。

第13圖係表示第6圖所示之電漿處理裝置的變形例之構成圖。

第14圖係表示實施例之離子能量的分布狀態之圖形。

第15圖係表示實施例之脈衝電壓的Duty比與平均離子能量Vdc的關係之圖形。

第 16 圖係同樣地表示實施例之離子能量的分布狀態之圖形。

【主要元件符號說明】

10、20：（基板的）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：匹配器

17、27：RF 電源

28：低通濾波器（low pass filter）

29：脈衝電源

32：蝕刻終點檢測監視器或基底變化檢測監視器

S：基板

P：電漿

五、中文發明摘要

發明之名稱：基板之電漿處理裝置及電漿處理方法

本發明之課題爲，提供一種在平行平板型電漿處理裝置中，具有適合於基板之加工的離子能量，更且可使該離子能量寬度縮小，俾可精緻地控制加工形狀之基板之電漿處理裝置及電漿處理方法。

本發明之解決手段爲一種電漿處理裝置，係由具有：內部可保持真空的處理室；以配置於其內部，且在主面上保持應處理之基板的方式構成的RF電極，及以與該RF電極對向的方式配置的對向電極；用以對上述RF電極施加特定頻率的RF電壓之RF電壓施加手段；和用以對上述RF電極施加特定的脈衝電壓，使之與上述RF電壓重疊的脈衝電壓施加手段所構成。上述脈衝電壓施加手段具有設定調整上述脈衝電壓之上述施加的時機（timing），且不施加上述脈衝電壓之休止時間的控制機構。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

十、申請專利範圍

1.一種基板之電漿處理裝置，其特徵爲：

具有：

內部可保持真空的處理室；

以配置於上述處理室內，且在主面上保持應處理之基板的方式構成的 RF 電極；

以在上述處理室內，與上述 RF 電極對向的方式配置的對向電極；

用以對上述 RF 電極施加特定頻率的 RF 電壓之 RF 電壓施加手段；和

用以對上述 RF 電極施加特定的脈衝電壓，使之與上述 RF 電壓重疊的脈衝電壓施加手段，

上述脈衝電壓施加手段具有設定調整上述脈衝電壓之上述施加的時機（timing），且不施加上述脈衝電壓之休止時間的控制機構。

2.如申請專利範圍第 1 項之基板之電漿處理裝置，其中，從上述脈衝電壓施加手段施加於上述 RF 電極的上述脈衝電壓係負的脈衝電壓。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項之基板之電漿處理裝置，其中，從上述 RF 電壓施加手段施加於上述 RF 電極之上述 RF 電壓的頻率（$\omega rf/2\pi$）爲 50MHz 以上，

上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構至少控制上述脈衝電壓的脈衝寬度 t1（s）及脈衝電壓值 Vpulse（V），且以藉由該控制機構，使上述脈衝寬度 t1 成爲 $t1 \geqq 2\pi/$

（ωp/5）（ωp 爲電漿離子角頻率，ωp=（$e^2No/\varepsilon oMi$）$^{1/2}$、e：電子基本量、εo：真空介電常數、Mi：離子質量（kg）、No：電漿密度（個/m^3）），且脈衝電壓值 Vpulse 成爲 | Vp-p | < | Vpulse |（Vp-p 爲上述 RF 電壓的電壓值）的方式進行控制。

4.如申請專利範圍第 1 或 2 項之基板之電漿處理裝置，其中，從上述 RF 電壓施加手段施加於上述 RF 電極之上述 RF 電壓的頻率（ωrf/2π）爲 50MHz 以上，

上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構至少控制上述脈衝電壓的脈衝寬度 t1（s）及重複時間 t2（s），且以藉由該控制機構，使上述脈衝寬度 t1 及上述重複時間 t2 成爲 2π/ωrf<t1<t2<2π/（ωp/5）（ωp 爲電漿離子角頻率，ωp=（$e^2No/\varepsilon oMi$）$^{1/2}$、e：電子基本量、εo：真空介電常數、Mi：離子質量（kg）、No：電漿密度（個/m^3））的方式進行控制。

5.如申請專利範圍第 1 或 2 項之基板之電漿處理裝置，其中，以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝電壓的連續施加脈衝數 n1 成爲 n1<εoεs/（ZeNivbt1）x（Vmax/d）（εo 爲真空的介電常數、εs 爲加工之溝渠底部的比介電常數、Z 爲離子價數、vb 爲波姆速度且 vb=（kTi/Mi）$^{1/2}$、t1 爲脈衝施加時間（s）、d 爲底部絕緣體膜厚、Vmax/d 爲絕緣耐壓）的方式進行控制。

6.如申請專利範圍第 1 或 2 項之基板之電漿處理裝置，其中，以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，

使上述脈衝電壓的施加時間 t1 成爲 $t1<\varepsilon o\varepsilon s/(ZeNivb)x(Vmax/d)$（εo 爲真空的介電常數、εs 爲加工之溝渠底部的比介電常數、Z 爲離子價數、vb 爲波姆速度且 $vb=(kTi/Mi)^{1/2}$、d 爲底部絕緣體膜厚、Vmax/d 爲絕緣耐壓）的方式進行控制。

7.如申請專利範圍第 1 或 2 項之基板之電漿處理裝置，其中，以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝電壓的電壓值 Vpulse（V）成爲 $(vtherm/vdc)^{1/2} \leqq 0.5\ L1/L2$（離子的熱速度 vtherm 爲 $vtherm=(8kTi/\pi Mi)/2$、$vdc=(2eZxVpulse/Mi)^{1/2}$、L1 爲加工的溝渠寬度、L2 爲溝渠深度）的方式進行控制。

8.如申請專利範圍第 5 項之基板之電漿處理裝置，其中，以藉由上述脈衝電壓施加手段的上述控制機構，使上述脈衝連續施加後的休止時間 t3 成爲 $n1\times t1 \leqq t3$ 的方式進行控制。

9.如申請專利範圍第 1 或 2 項之基板之電漿處理裝置，其中，具有蝕刻終點檢測及基底變化檢測手段之至少一者，

且藉由上述檢測手段，變更脈衝施加時間 t1、脈衝休止時間 t3、及脈衝電壓 Vpulse 之至少一者。

10.一種基板之電漿處理方法，其特徵爲具有：

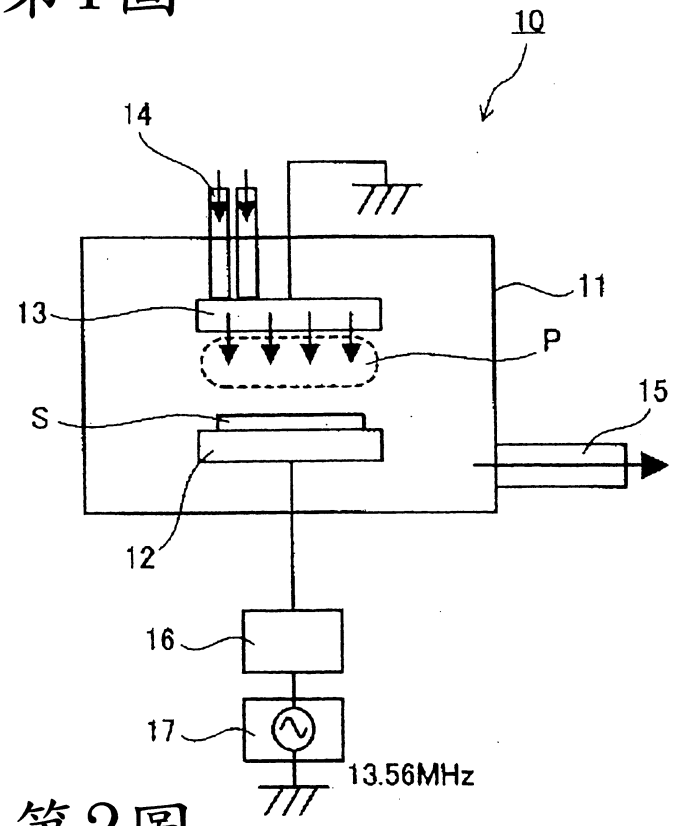
於內部保持真空的處理室內，在 RF 電極與對向於上述 RF 電極的對向電極之間，在上述 RF 電極的主面上保持應處理之基板的步驟；

對上述RF電極施加特定頻率的RF電壓之步驟；

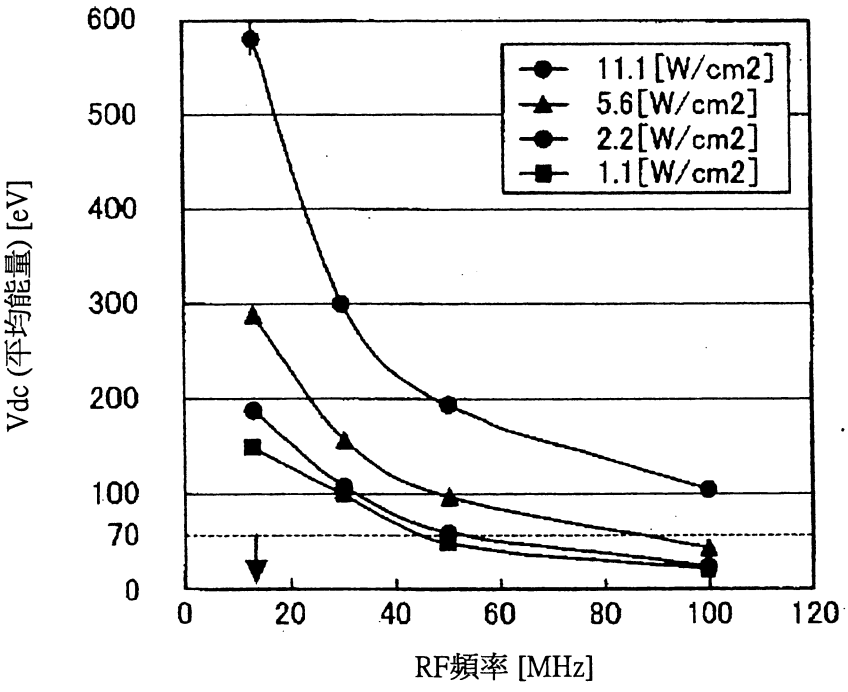
對上述RF電極施加特定的脈衝電壓，使之與上述RF電壓重疊之步驟；和

設置調整上述脈衝電壓之施加的時機（timing），且不施加上述脈衝電壓之休止時間的步驟。

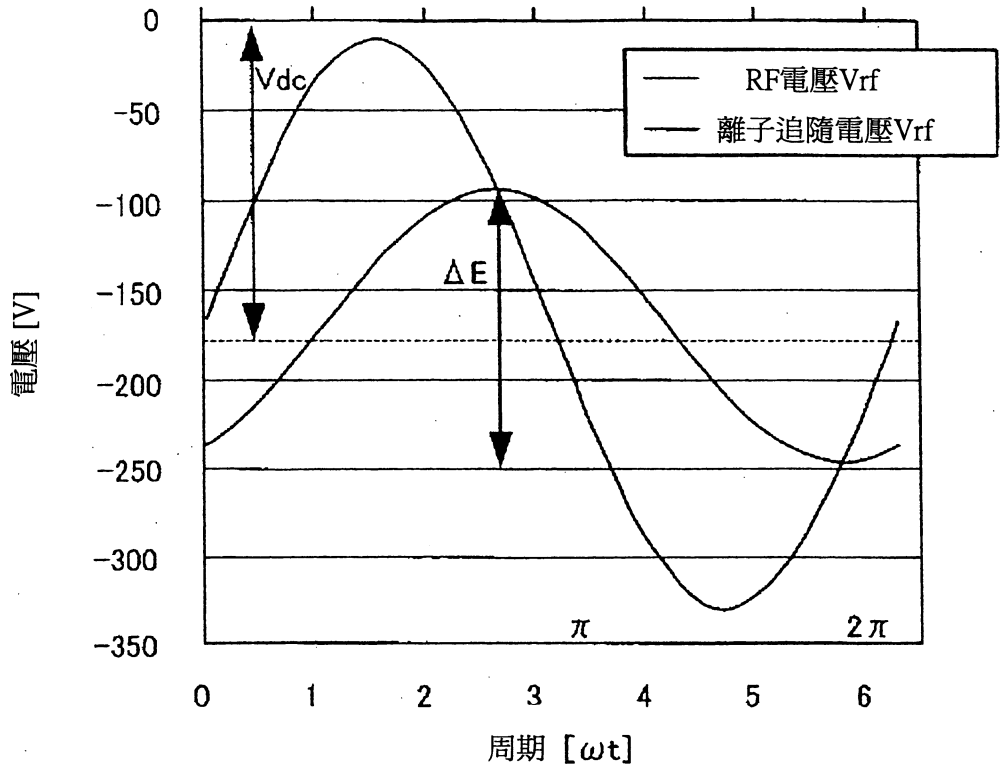
第1圖


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

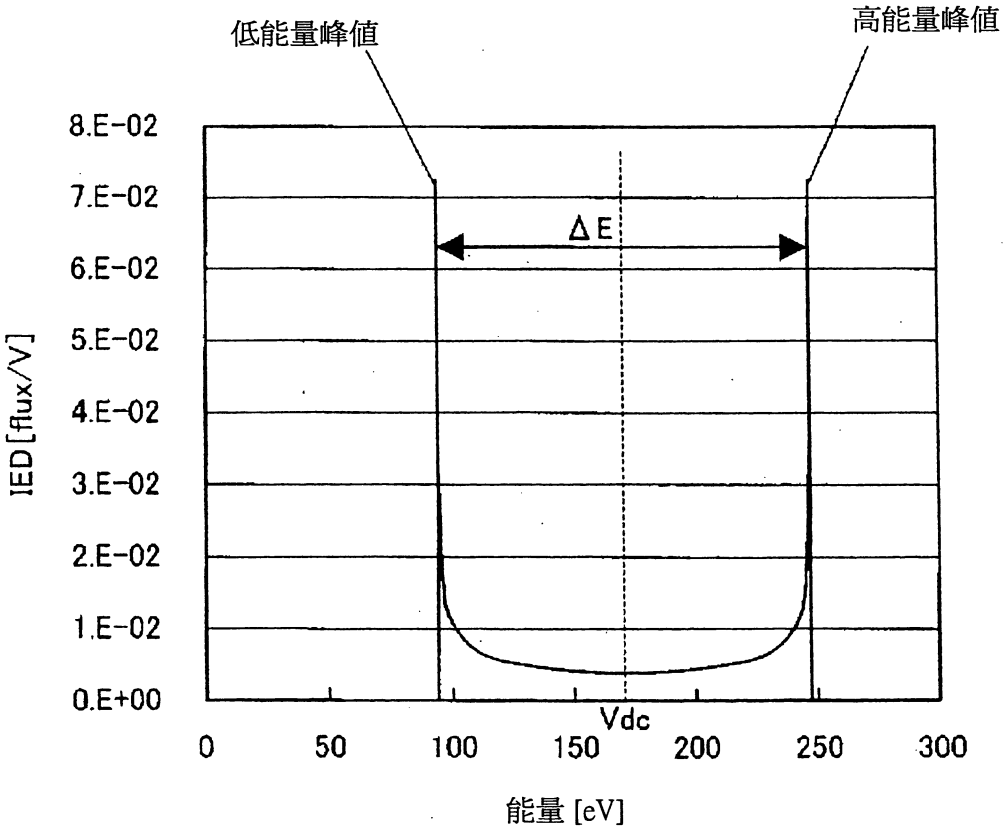
第2圖


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

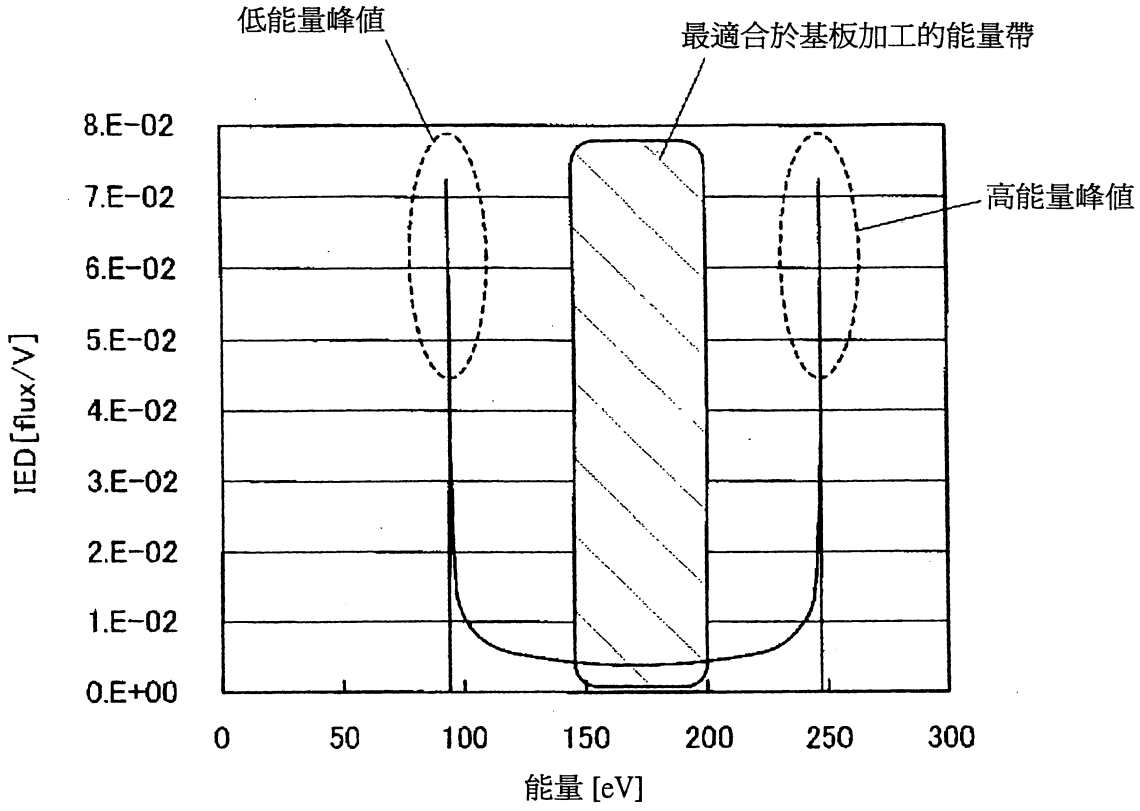
第3圖


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

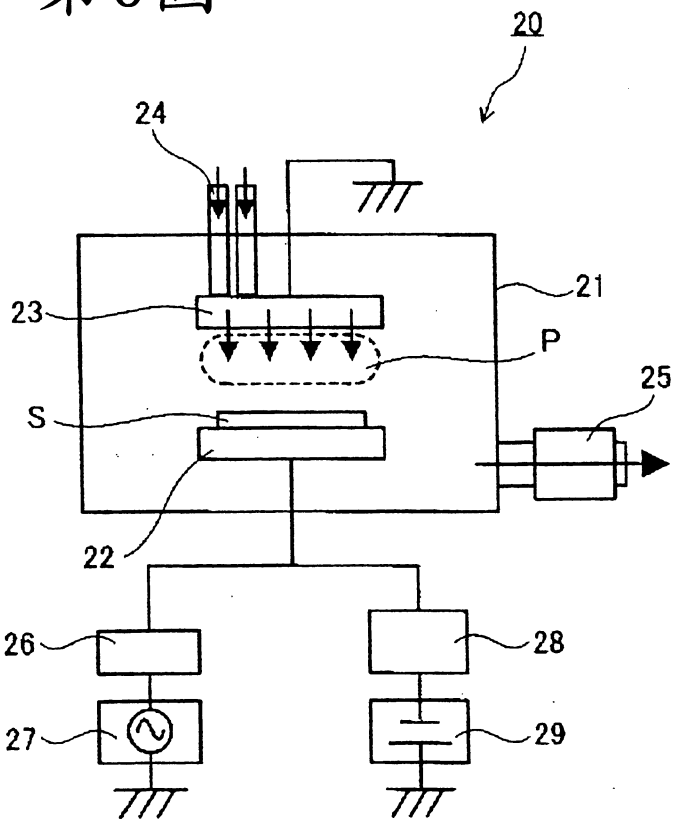
第4圖


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
ΔE
Vdc
0
50
100
150
200
250
300
IED[flux/V]
能量 [eV]

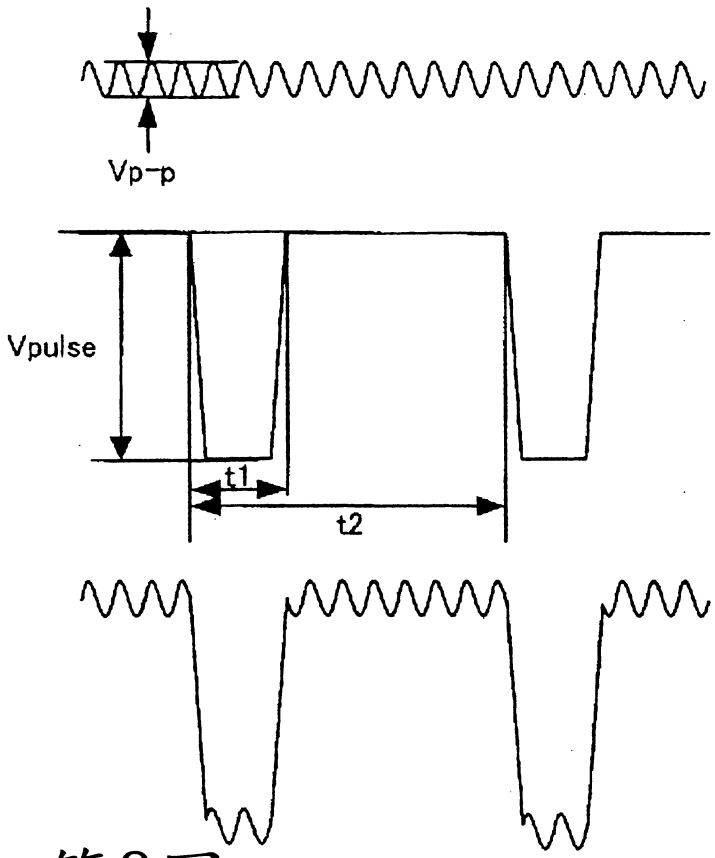
第5圖


低能量峰值
最適合於基板加工的能量帶
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]

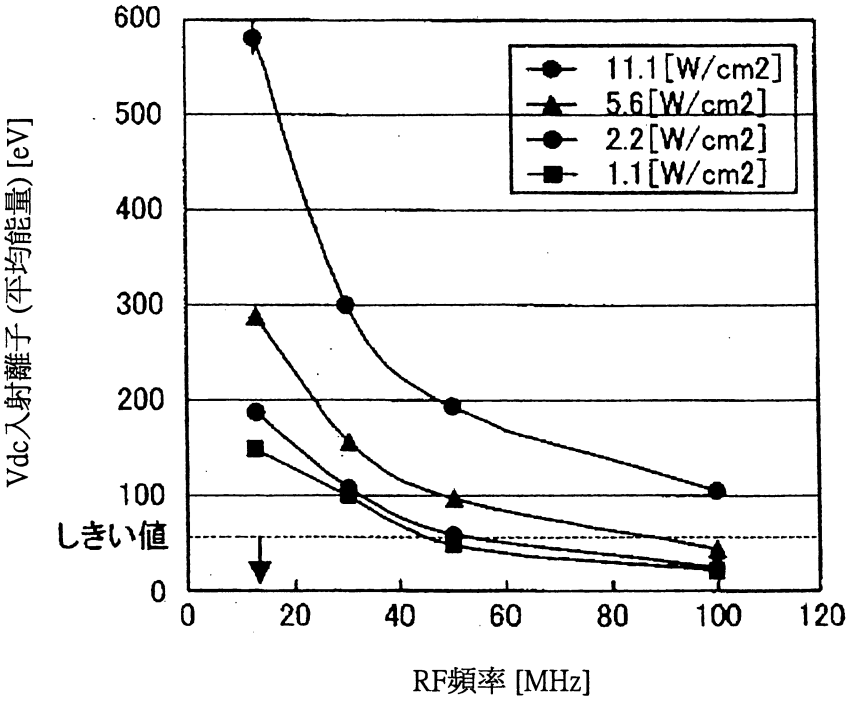
第6圖


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

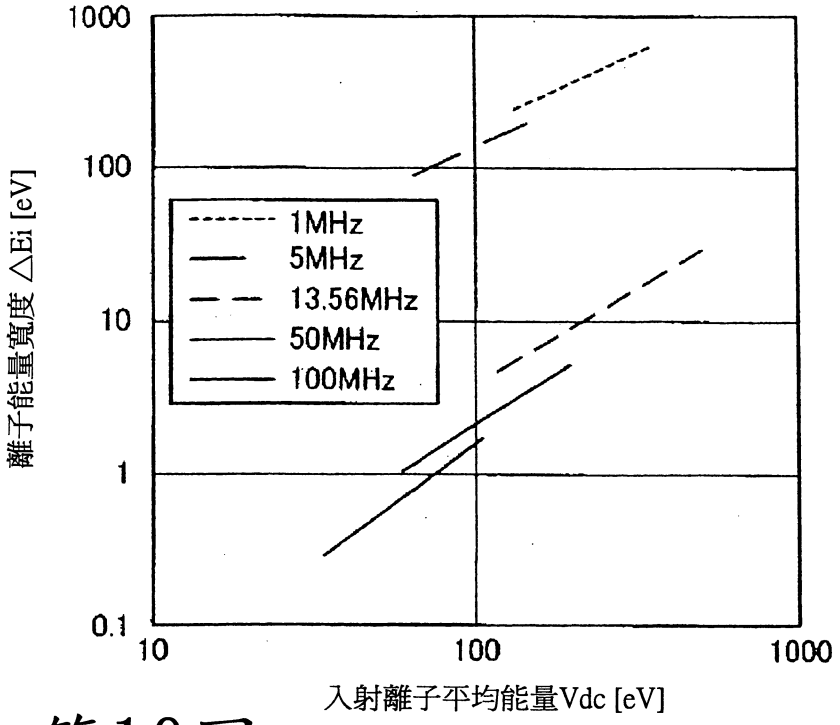
第7圖


Vp-p
Vpulse
t1
t2

第8圖


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

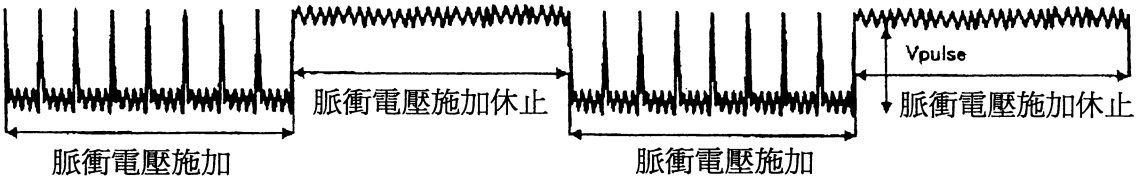
第9圖



第10圖

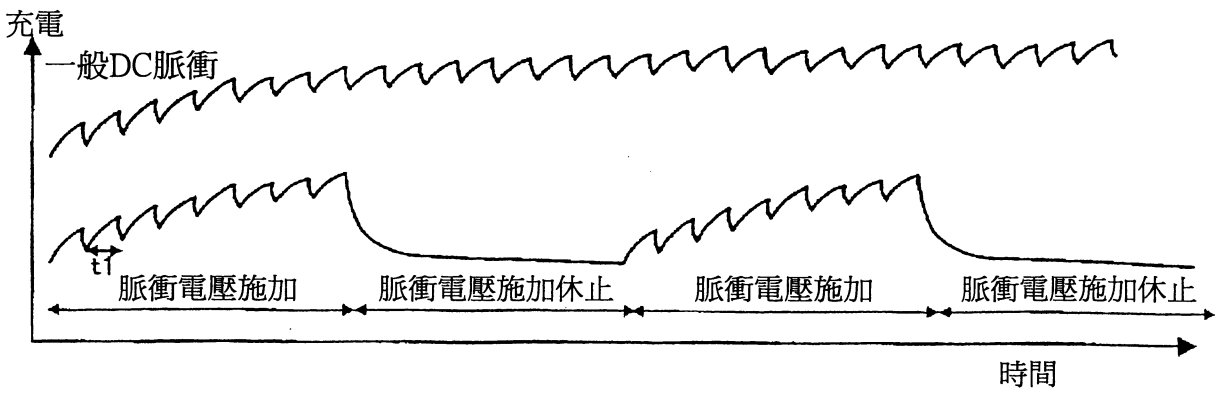


(a)

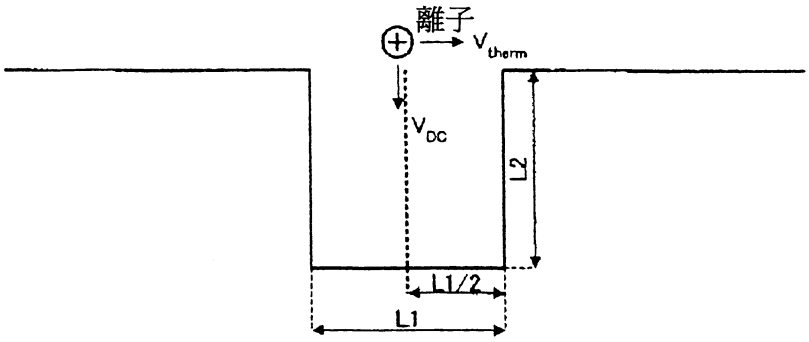


(b)

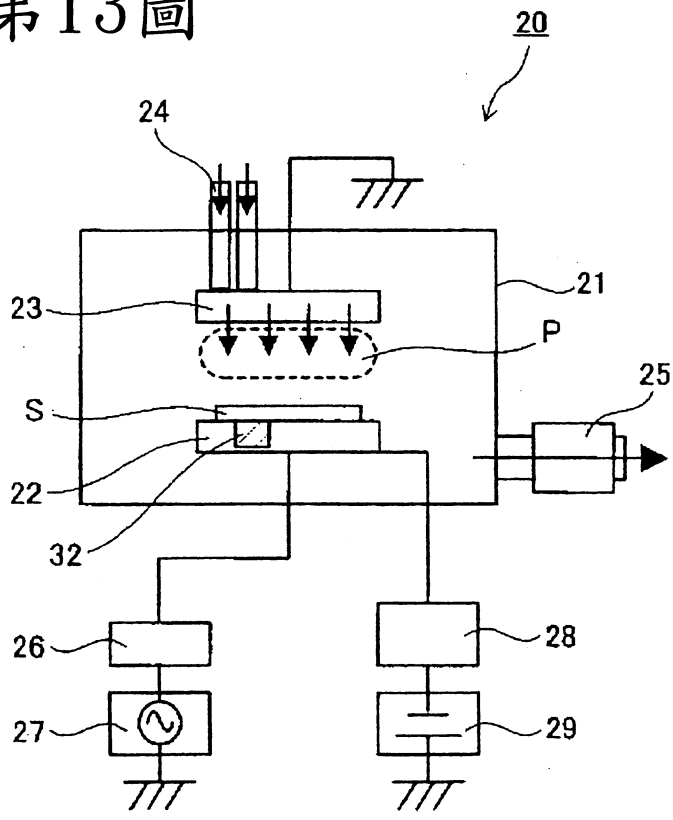
第11圖



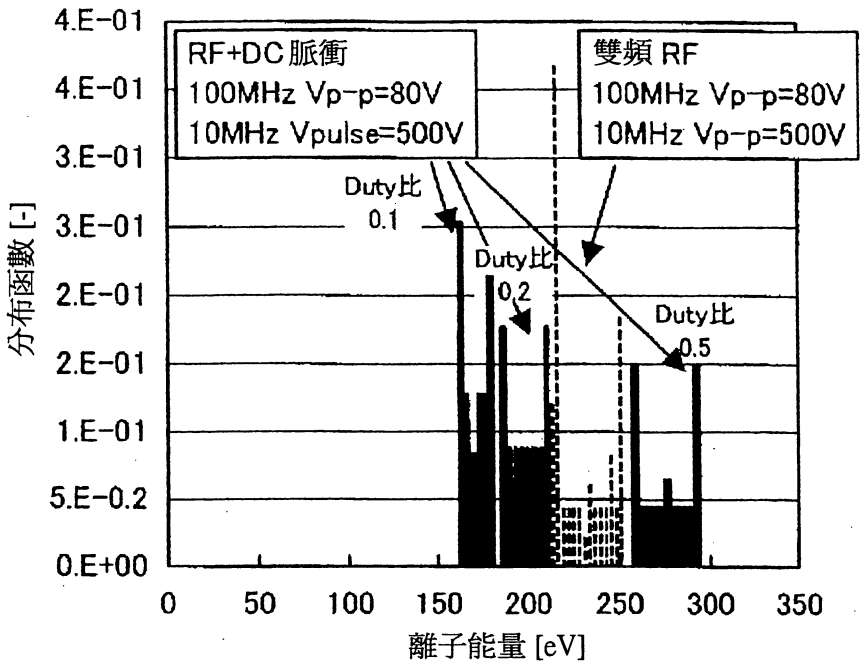
第12圖



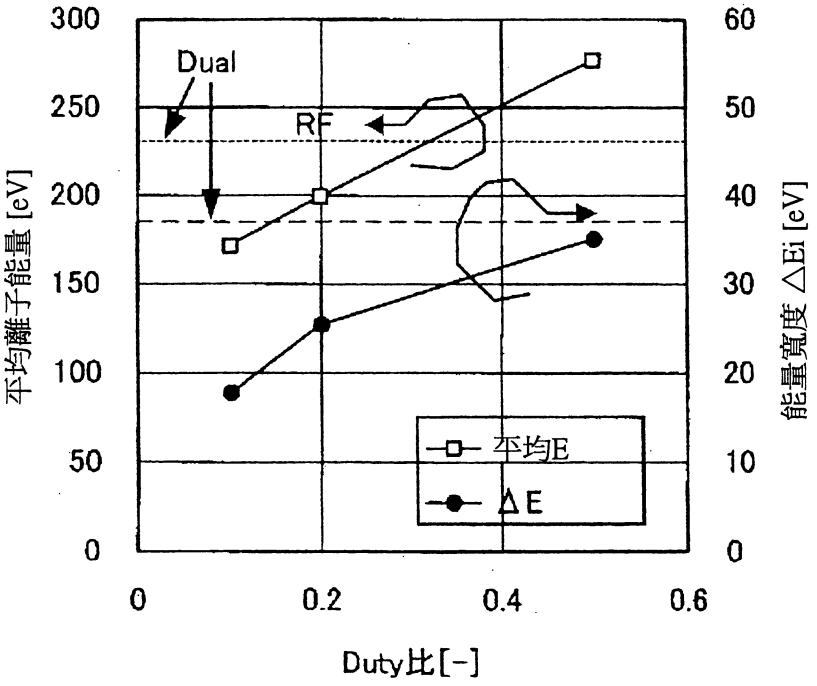
第13圖



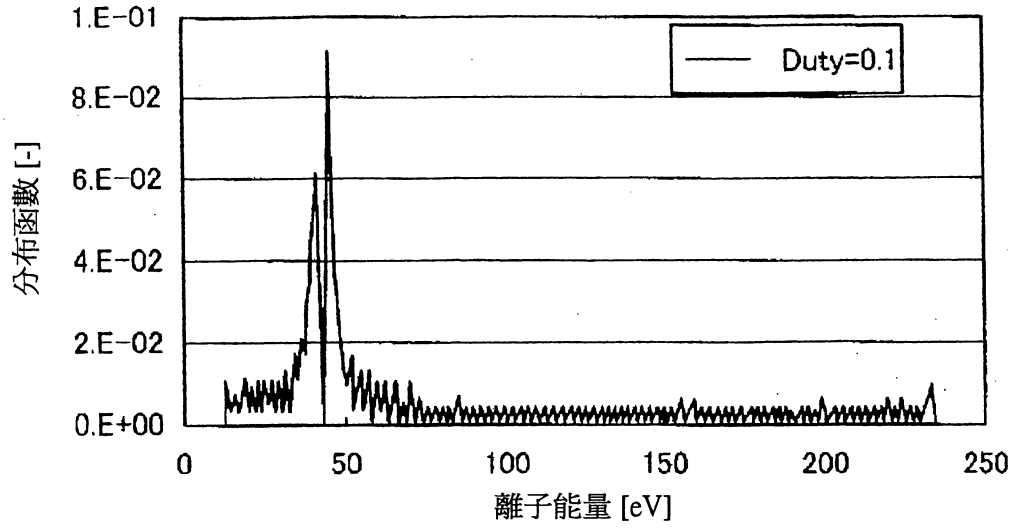
第14圖


RF+DC脈衝
100MHz Vp-p=80V
10MHz Vpulse=500V
雙頻 RF
100MHz Vp-p=80V
10MHz Vp-p=500V
Duty比 0.1
Duty比 0.2
Duty比 0.5
分布函數 [-]
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
0
50
100
150
200
250
300
350
離子能量 [eV]

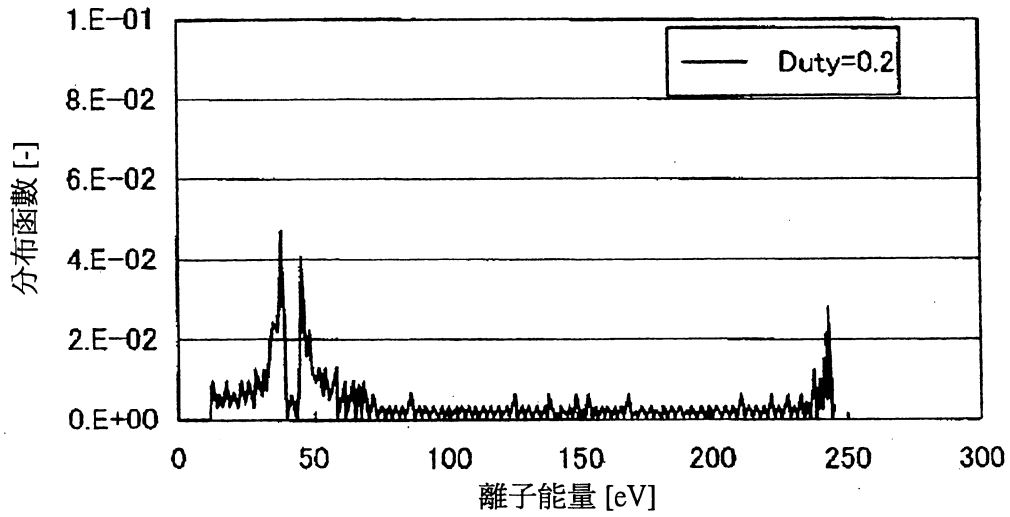
第15圖


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

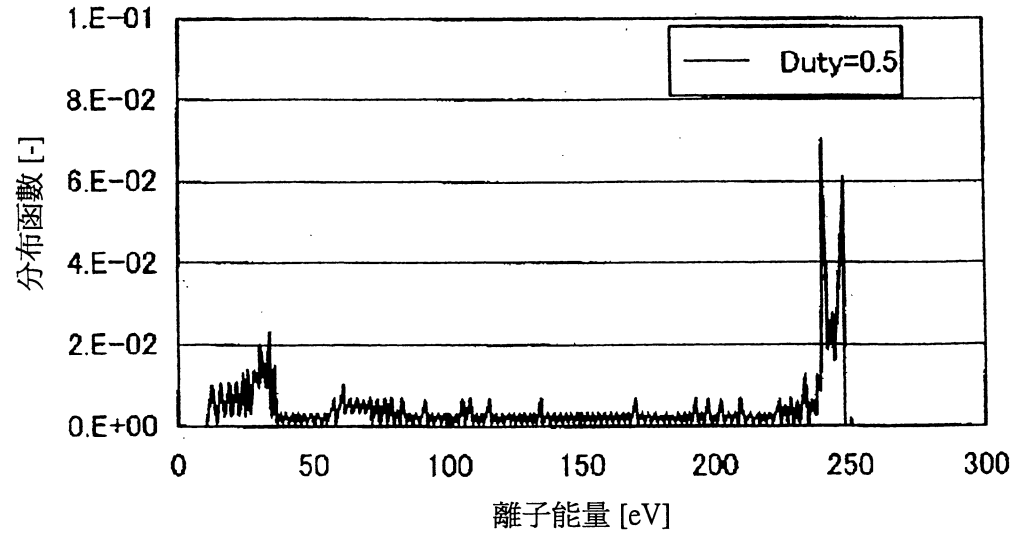
第16圖


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=0.2
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=0.5
0
50
100
150
200
250
300
離子能量 [eV]

(c)

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：基板的電漿處理裝置
21：處理室
22：RF電極
23：對向電極
24：氣體導入管
25：排氣口
26：匹配器
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：