



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I496514 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 11 日

(21)申請案號：098110758

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 31 日

(51)Int. Cl. : *H05H1/46 (2006.01)**H01L21/3065(2006.01)*

(30)優先權：2008/03/31 日本

2008-089888

(71)申請人：東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)  
日本

(72)發明人：輿水地鹽 KOSHIMIZU, CHISHIO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 355812

CN 1694228A

JP 8-96992A

JP 10-321601A

US 2003/0079983A1

US 2003/0196601A1

審查人員：林家正

申請專利範圍項數：35 項 圖式數：17 共 72 頁

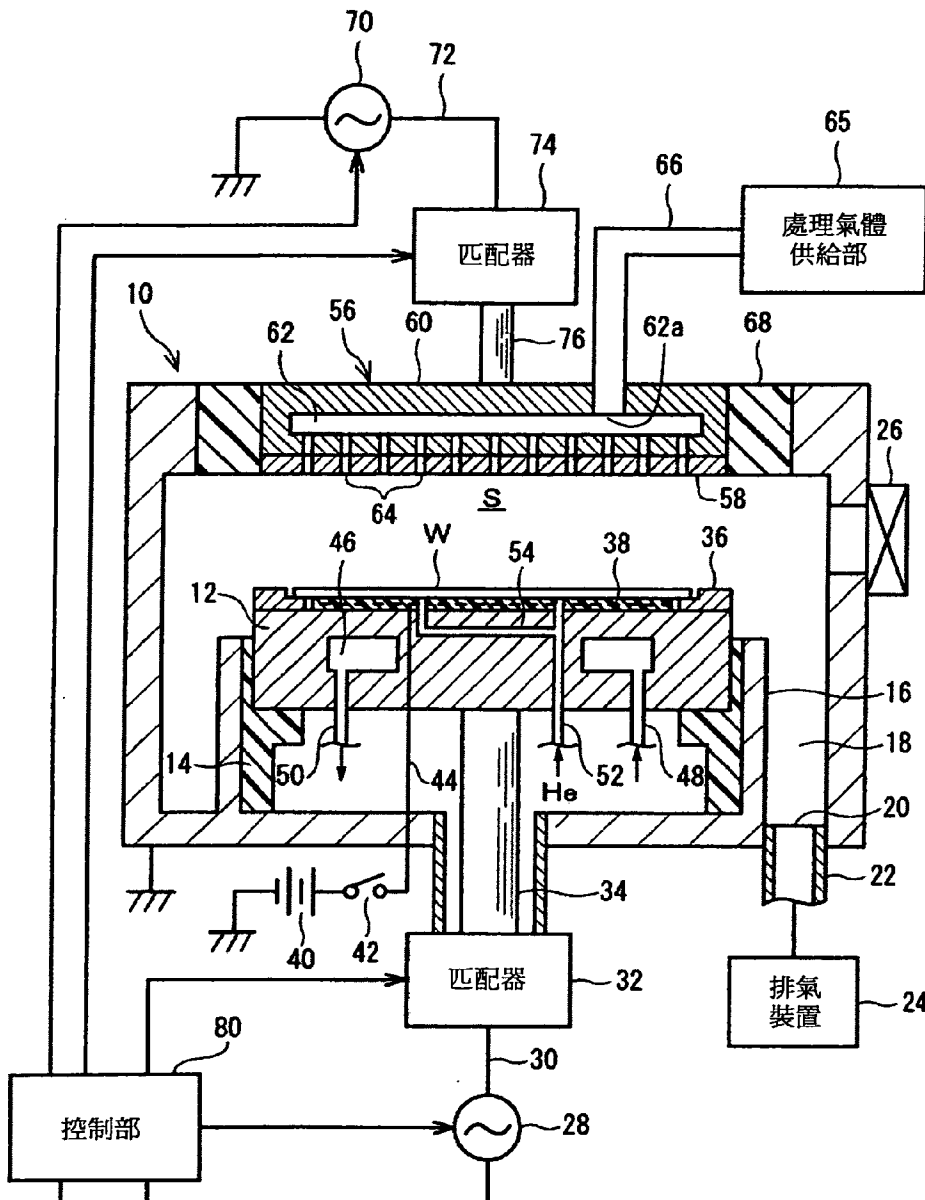
(54)名稱

電漿處理裝置及電漿處理方法以及電腦可讀取之記憶媒體

(57)摘要

於週期性地調變使用於電漿處理之高頻的功率的方式中，使電漿阻抗的變動或對高頻電源的反射盡可能地少，保證製程的穩定性、再現性及高頻電源的安全保護。於此電漿處理裝置中，不單以因應製程的特性來將偏壓控制用高頻(LF)的功率予以脈衝調變，與 LF 功率的脈衝調變同步地，其之頻率(LF 頻率)也予以脈衝調變。即於 LF 功率和 LF 頻率之間，係具有：在 1 週期內，LF 功率維持 H 位準之設定值  $P_A$  的期間  $T_A$  之間，LF 頻率也維持 H 位準的設定值  $F_A$ ，LF 功率維持 L 位準的設定值  $P_B$  的期間  $T_B$  之間，LF 頻率也維持 L 位準的設定值  $F_B$  之同步關係。

第1圖



- 10 . . . 腔體(處理容器)
- 12 . . . 感應器(下部電極)
- 14 . . . 絕緣性筒狀支撐部
- 16 . . . 筒狀內壁部
- 18 . . . 排氣路徑
- 20 . . . 排氣口
- 22 . . . 排氣管
- 24 . . . 排氣裝置
- 26 . . . 閘門閥
- 28 . . . (偏壓控制用)高頻電源
- 30 . . . RF 電纜
- 32 . . . 下部匹配器
- 34 . . . 下部供電棒
- 36 . . . 聚焦環
- 38 . . . 靜電夾頭
- 40 . . . 直流電源
- 42 . . . 開關
- 44 . . . 高壓線
- 46 . . . 冷媒室
- 48 . . . 配管
- 50 . . . 配管
- 52 . . . 氣體供給管
- 54 . . . 氣體通路
- 56 . . . 上部電極(淋浴頭)
- 58 . . . 電極板
- 60 . . . 電極支撐體
- 62 . . . 氣體室
- 62a . . . 氣體導入口
- 64 . . . 氣體吐出孔
- 65 . . . 處理氣體供給部
- 66 . . . 氣體供給管
- 68 . . . 絕緣體

- 70 . . . (電漿產生  
用)高頻電源
- 72 . . . 上部匹配電  
路
- 74 . . . 匹配器
- 76 . . . 上部供電棒
- 80 . . . 控制部

# 發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98110758

※申請日：98年03月31日

※IPC分類： $H_{05H}^{1/46}$  (2006.01)  
 $H_{01L}^{2/3c65}$  (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

電漿處理裝置及電漿處理方法以及電腦可讀取之記憶媒體

## 二、中文發明摘要：

本發明之課題：於週期性地調變使用於電漿處理之高頻的功率的方式中，使電漿阻抗的變動或對高頻電源的反射盡可能地少，保證製程的穩定性、再現性及高頻電源的安全保護。

解決手段：於此電漿處理裝置中，不單以因應製程的特性來將偏壓控制用高頻(LF)的功率予以脈衝調變，與LF功率的脈衝調變同步地，其之頻率(LF頻率)也予以脈衝調變。即於LF功率和LF頻率之間，係具有：在1週期內，LF功率維持H位準之設定值 $P_A$ 的期間 $T_A$ 之間，LF頻率也維持H位準的設定值 $F_A$ ，LF功率維持L位準的設定值 $P_B$ 的期間 $T_B$ 之間，LF頻率也維持L位準的設定值 $F_B$ 之同步關係。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第( 1 )圖。

(二)、本代表圖之元件符號簡單說明：

10：腔體（處理容器）	12：感應器（下部電極）
14：絕緣性筒狀支撐部	16：筒狀內壁部
18：排氣路徑	20：排氣口
22：排氣管	24：排氣裝置
26：閘門閥	28：（偏壓控制用）高頻電源
30：RF電纜	32：下部匹配器
34：下部供電棒	36：聚焦環
38：靜電夾頭	40：直流電源
42：開關	44：高壓線
46：冷媒室	48：配管
50：配管	52：氣體供給管
54：氣體通路	56：上部電極（淋浴頭）
58：電極板	60：電極支撐體
62：氣體室	62a：氣體導入口
64：氣體吐出孔	65：處理氣體供給部
66：氣體供給管	68：絕緣體
70：（電漿產生用）高頻電源	
72：上部匹配電路	74：匹配器
76：上部供電棒	80：控制部

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於對被處理基板施以電漿處理之技術，特別是關於週期性地調變使用於電漿處理之高頻的功率之方式的電漿處理裝置及電漿處理方法。

### 【先前技術】

於半導體裝置或 FPD ( Flat Panel Display : 平面面板顯示器 ) 的製造製程中之蝕刻、沈積、氧化、濺鍍等之處理中，爲了於比較低溫使處理氣體進行良好的反應，電漿被廣爲使用。

近年來，製造製程之設計規範日益微細化，特別是在電漿蝕刻中，被要求更高的尺寸精度，更高地要求對於蝕刻中之光罩或基底的選擇比及面內均一性。因此，朝向腔體內的製程區域之低壓力化、低離子能量化，於電漿產生 ( 高頻放電 ) 上，逐漸使用 40MHz 以上之比以往格外高的頻率之高頻。另外，爲了更精細地控制從電漿引入基板的離子之能量 ( 偏壓 ) ，也經常對載置基板的電極施加比較低的頻率 ( 通常 13.56MHz 以下 ) 的高頻。

但是，如前述般，基於低壓力化及低離子能量化之進展，以往不成爲問題之充電損傷的影響變成無法予以忽視。即在離子能量高之以往的裝置中，即使電漿電位在面內有差異，雖不會產生大的問題，但更低壓而使得離子能量變低時，電漿電位之面內不均勻，會產生容易引起基於閘

極氧化膜的電荷蓄積所引起的破壞，即充電損傷的問題。

關於此問題，於專利文獻 1 中，揭示有：設置電流路徑矯正手段，將於基於施加於晶圓之高頻偏壓所致的高頻電流路徑中，晶圓的外周附近中之電流路徑部分矯正為朝向對向電極的晶圓對向面；或設置使從高頻偏壓至所見到的接地為止之阻抗在晶圓面內成為略均一之阻抗調整手段。藉此，於施加了高頻偏壓時所產生的自我偏壓之晶圓面內的均一性提高，可以抑制巨觀損傷。

但是專利文獻 1 所記載的技術，存在有需要設置電流路徑矯正手段或阻抗調整手段，裝置構成變得複雜化，或對於電漿處理的面內均一性，不一定充分等之問題。

另外，於電漿製程中，於晶圓面內，基於離子與電子的平衡崩潰所引起的局部性電場，引起閘極氧化膜之充電，以至於絕緣破壞之型態的充電損傷也極為麻煩。例如，於電漿蝕刻中，對於晶圓的主面，離子垂直射入，電子從斜向射入，局部性地電荷平衡崩潰，誘發充電之處，容易隨機地發生。此種充電損傷，不單與自我偏壓的面內不均一性有關，也與蝕刻型態的輪廓等有關，發生之處所不定，在專利文獻 1 所記載的技術中，無法有效地解除。

[專利文獻 1] 日本專利特開 2001-185542 號公報

### 【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

於防止如前述之充電損傷方面，以能率 (duty) 可以

改變之 H 位準 / L 位準或 ON/OFF 的脈衝來調變使用於電漿產生的高頻之功率之方式，係屬有效。

但是，如前述般，以脈衝調變使用於電漿處理之高頻的功率之方式，高頻的功率因脈衝頻率而週期性地變化，電漿或離子鞘的阻抗週期性地變動，匹配器的自動匹配功能無法追從此，存在有導致處理容器內的電漿產生、分布特性或離子能量的變動，無法取得製程的再現性，或基於反射波，高頻電源導致過熱或故障等課題，難於適用於量產裝置。

本發明係有鑑於此種以往技術的問題點所完成者，目的在於提供：週期性地調變使用於電漿處理之高頻的頻率之方式中，使電漿或離子鞘的阻抗的變動或對高頻電源的反射盡可能地少，保證製程的穩定性、再現性及高頻電源的安全保護之實用性高的電漿處理裝置、電漿處理方法及電腦可讀取之記憶媒體。

#### [解決課題之手段]

爲了達成前述目的，本發明的第 1 觀點中之電漿處理裝置，係具有：可以真空排氣之處理容器；及於前述處理容器內支撐被處理基板之第 1 電極；及於前述處理容器內，對被設定於前述第 1 電極上的處理空間供給處理氣體之處理氣體供給部；及於前述處理容器內，激發前述處理氣體來產生電漿之電漿激發部；及爲了將前述電漿中的離子引入前述被處理基板，對前述第 1 電極施加第 1 高頻之第

1 高頻供電部；及以特定週期來調變前述第 1 高頻的功率之第 1 高頻功率調變部；及實質上與前述第 1 高頻的功率調變同步來調變前述第 1 高頻的頻率之第 1 頻率調變部。

於前述之裝置構成中，第 1 高頻功率調變部以特定週期調變將電漿中的離子引入基板用之第 1 高頻的功率，時間性地控制射入被處理基板之離子的能量，另一方面，第 1 頻率調變部係藉由實質地與第 1 高頻的功率調變同步來調變第 1 高頻的頻率，去除伴隨功率調變之鞘容量的變動，控制電漿阻抗的變動或來自電漿的反射，可以謀求製程的穩定性、再現性。

於本發明之合適的一實施型態中，第 1 高頻功率調變部，係將 1 週期分割為第 1、第 2、第 3 及第 4 狀態，使前述第 1 高頻的功率在前述第 1 狀態中維持第 1 功率設定值，於第 2 狀態中，從第 1 功率設定值轉換為比其還高的第 2 功率設定值，於第 3 狀態中，維持第 2 功率設定值，於第 4 狀態中，從第 2 功率設定值轉換為第 1 功率設定值，如此地控制第 1 高頻的功率。另一方面，第 1 頻率調變部，係使第 1 高頻的頻率於第 1 狀態中，維持第 1 頻率設定值，於第 2 狀態中，從第 1 頻率設定值轉換為比其還高的第 2 頻率設定值，於第 3 狀態中，維持第 2 頻率設定值，於第 4 狀態中，從第 2 頻率設定值轉換為第 1 頻率設定值，如此地控制第 1 高頻的頻率。藉由使於第 1 高頻的功率與頻率之間維持如前述的同步關係，即使是為了獲得所期望的製程特性或製程性能而任意地設定第 1 高頻的功率

調變，藉由頻率調變，可以有效地補償（抑制）伴隨功率調變之電漿阻抗的變動或反射。

另外，於合適之一實施型態中，第 1 高頻供電部，係具有：產生第 1 高頻的第 1 高頻電源；及包含：含有被電性連接於此第 1 高頻電源的輸出端子與第 1 電極之間的可變電抗元件之匹配電路、及用以測定含有此匹配電路的負載阻抗之感測器、及以響應此感測器的輸出訊號，使負載阻抗與基準阻抗成爲一致的方式來改變可變電抗元件之控制器之匹配器；及於第 1 狀態或第 3 狀態之其中一種狀態中，以使阻抗得以匹配之方式來控制匹配器之匹配控制部。另外，具備：測定從第 1 電極側朝第 1 高頻電源傳播於傳送線路上之反射波的功率之反射波測定部。

於第 3 狀態中取得阻抗匹配之情形時，匹配控制部只在被設定於第 3 狀態中的特定期間之間，將感測器之輸出訊號回饋至控制器爲佳。在此情形時，第 1 頻率調變部，係於第 1 狀態中選定第 1 頻率設定值，使得藉由反射波測定部所獲得的反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值。

於第 1 狀態中取得阻抗匹配之情形時，匹配控制部只在被設定於第 1 狀態中的特定期間之間，將感測器之輸出訊號回饋至控制器爲佳。在此情形時，第 1 頻率調變部，係於第 3 狀態中選定第 3 頻率設定值，使得藉由反射波測定部所獲得的反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值。

關於第 2 狀態，以於第 2 狀態中，藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值的方式，第 1 高頻功率調變部使第 1 高頻的功率以特定的上升特性從第 1 功率設定值轉換爲第 2 功率設定值之同時，第 1 頻率調變部使第 1 高頻的頻率以特定的上升特性從第 1 頻率設定值轉換爲第 2 頻率設定值。

關於第 4 狀態，以於第 4 狀態中，藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值的方式，第 1 高頻功率調變部使第 1 高頻的功率以特定的下降特性從第 2 功率設定值轉換爲第 1 功率設定值之同時，第 1 頻率調變部使第 1 高頻的頻率以特定的下降特性從第 2 頻率設定值轉換爲第 1 頻率設定值。

於別的合適之一型態中，第 1 高頻功率調變部係依據於第 1 狀態中藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值（以移動平均值爲佳），以在後續的第 1 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成爲一致之方式，來補正第 1 功率設定值。另外，第 1 高頻功率調變部係依據於第 3 狀態中藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值（以移動平均值爲佳），以在後續的第 3 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成爲一致之方式，來補正第 2 功率設定值。

於合適之一型態中，電漿激發部係具有：於處理容器內，與第 1 電極平行地面對配置之第 2 電極；及將適合於產生處理氣體的電漿之頻率的第 2 高頻施加於第 2 電極之

第 2 高頻供電部。別的合適之一型態中之電漿激發部，係具有：於處理容器內，與第 1 電極平行地面對配置之第 2 電極；及將適合於產生處理氣體的電漿之頻率的第 2 高頻施加於第 1 電極之第 2 高頻供電部。在此情形時，具備第 2 頻率調變部，可以實質上與第 1 高頻的功率調變同步來調變第 2 高頻的頻率。或者具備第 2 高頻功率調變部，實質上與第 1 高頻的功率調變同步來調變第 2 高頻的功率亦可。

本發明之第 2 觀點中之電漿處理裝置，係具有：可以真空排氣之處理容器；及對前述處理容器內供給處理氣體之處理氣體供給部；及爲了於前述處理容器內，激發前述處理氣體來產生電漿，對配置於前述處理容器之中或附近的第 1 電極或天線施加第 1 高頻之第 1 高頻供電部；及以特定的週期來調變前述第 1 高頻的功率之第 1 高頻功率調變部；及實質上與前述第 1 高頻的功率調變同步來調變前述第 1 高頻的頻率之第 1 頻率調變部。

於前述之裝置構成中，第 1 高頻功率調變部係以特定的週期來調變有助於電漿產生的第 1 高頻的功率，爲了謀求充電損傷之防止，時間性地控制電漿密度，另一方面，第 1 頻率調變部係藉由實質地與第 1 高頻的功率調變同步來調變第 1 高頻的頻率，去除伴隨功率調變之電漿容量的變動，抑制電漿阻抗的變動或來自電漿的反射，可以謀求製程的穩定性、再現性。

於本發明之合適的一實施型態中，第 1 高頻功率調變

部，係將 1 週期分割為第 1、第 2、第 3 及第 4 狀態，使第 1 高頻的功率在第 1 狀態中維持第 1 功率設定值，於第 2 狀態中，從第 1 功率設定值轉換為比其還高的第 2 功率設定值，於第 3 狀態中，維持第 2 功率設定值，於第 4 狀態中，從第 2 功率設定值轉換為第 1 功率設定值，如此地控制第 1 高頻的功率。另一方面，第 1 頻率調變部，係使第 1 高頻的頻率於第 1 狀態中，維持第 1 頻率設定值，於第 2 狀態中，從第 1 頻率設定值轉換為比其還低的第 2 頻率設定值，於第 3 狀態中，維持第 2 頻率設定值，於第 4 狀態中，從第 2 頻率設定值轉換為第 1 頻率設定值，如此地控制第 1 高頻的頻率。藉由於第 1 高頻的功率與頻率之間具有如前述之同步關係，即使是為了獲得所期望的製程特性或製程性能而任意地設定第 1 高頻的功率調變，藉由頻率調變，可以有效地補償（抑制）伴隨功率調變之電漿阻抗的變動或反射。

另外，於合適之一實施型態中，第 1 高頻供電部係具有：產生第 1 高頻的第 1 高頻電源；及包含：含有被電性連接於此第 1 高頻電源的輸出端子與第 1 電極之間的可變電抗元件之匹配電路、及用以測定含有此匹配電路的負載阻抗之感測器、及以響應此感測器的輸出訊號，使負載阻抗與基準阻抗成為一致的方式來改變可變電抗元件之控制器之匹配器；及於第 1 狀態或第 3 狀態之其中一種狀態中，以使阻抗得以匹配之方式來控制匹配器之匹配控制部。具備：測定從第 1 電極側朝第 1 高頻電源傳播於傳送線路

上之反射波的功率之反射波測定部。

於第 3 狀態中取得阻抗的匹配之情形時，匹配控制部係只在被設定於第 3 狀態中的特定期間之間，將感測器之輸出訊號回饋至控制器。在此情形時，第 1 頻率調變部，係於第 1 狀態中選定第 1 頻率設定值，使得藉由反射波測定部所獲得的反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值。

於第 1 狀態中取得阻抗匹配的情形時，匹配控制部係只在被設定於第 1 狀態中的特定期間之間，將感測器之輸出訊號回饋至控制器。在此情形時，第 1 頻率調變部，係於第 3 狀態中選定第 3 頻率設定值，使得藉由反射波測定部所獲得的反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值。

關於第 2 狀態，以於第 2 狀態中，藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值的方式，第 1 高頻功率調變部使第 1 高頻的功率以特定的上升特性從第 1 功率設定值轉換爲第 2 功率設定值之同時，第 1 頻率調變部使第 1 高頻的頻率以特定的下降特性從第 1 頻率設定值轉換爲第 2 頻率設定值。

關於第 4 狀態，以於第 4 狀態中，藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值成爲最小值或其附近之值的方式，第 1 高頻功率調變部使第 1 高頻的功率以特定的下降特性從第 2 功率設定值轉換爲第 1 功率設定值之同時，第 1 頻率調變部使第 1 高頻的頻率以特定的上升特性從第

2 頻率設定值轉換為第 1 頻率設定值。

於別的合適之一型態中，第 1 高頻功率調變部係依據於第 1 狀態中藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值（以移動平均值為佳），以在後續的第 1 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成為一致之方式，來補正第 1 功率設定值。另外，第 1 高頻功率調變部係依據於第 3 狀態中藉由反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值（以移動平均值為佳），以在後續的第 3 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成為一致之方式，來補正第 2 功率設定值。

於合適之一型態中，被施加電漿產生用之第 1 高頻的第 1 電極，係於處理容器內支撐被處理基板。於別的合適之一型態中，被施加電漿產生用的第 1 高頻之第 1 電極，係與於處理容器內支撐被處理基板之第 2 電極平行地面對。在此情形時，為了從電漿將離子引入基板，亦可將來自第 2 高頻供電部之第 2 高頻施加於第 1 電極。

本發明之第 1 觀點中之電漿處理方法，係以一定週期來調變施加於設置在可以真空排氣的處理容器之中或其附近之電極或天線的高頻之功率之電漿處理方法，與前述高頻的功率調變實質上同步來調變前述高頻的頻率。

於前述電漿處理方法中，以特定的週期來調變第 1 高頻的功率，且時間性地控制電漿密度或離子能量，另一方面，藉由實質地與第 1 高頻的功率調變同步來調變第 1 高頻的頻率，去除伴隨功率調變之電漿容量的變動，抑制電

漿阻抗的變動或來自電漿的反射，可以謀求製程的穩定性、再現性。

於本發明之合適的一型態中，於 1 週期內，至少 2 階段地使高頻的功率及頻率可以同時改變。

另外，本發明中之電腦可讀取之記憶媒體，係記憶有在電腦上動作的控制程式之電腦記憶媒體，前述控制程式，係於執行時，以本發明之電漿處理方法被進行之方式，來控制電漿處理裝置。

#### [發明效果]

如依據本發明之電漿處理裝置或電漿處理方法或電腦可讀取之記憶媒體，藉由如前述之構成及作用，即使是為了獲得所期望的製程特性而週期性地調變使用於電漿處理之高頻的功率，也可以盡可能地使電漿或離子鞘之阻抗變動或對於高頻電源之反射變少，可以保證製程的穩定性、再現性及高頻電源的安全保護。

#### 【實施方式】

以下，參照所附圖面來說明本發明之合適的實施型態。

第 1 圖係表示本發明之一實施型態中之電漿處理裝置的構造。此電漿處理裝置係構成爲電容耦合型之平行平板電漿蝕刻裝置，例如具有：鋁或不銹鋼等之金屬製的圓筒型腔體（處理容器）10。腔體 10 係被安全地接地。

於腔體 10 內水平地配置有載置作為被處理基板之例如半導體晶圓 W 之圓板狀的感應器 12 來作為下部電極。此感應器 12 例如係由鋁所形成，藉由從腔體 10 的底部朝垂直上方延伸之例如陶瓷製的絕緣性筒狀支撐部 14 被非接地的支撐著。沿著此筒狀支撐部 14 的外周，於從腔體 10 的底部朝垂直上方延伸的導電性的筒狀內壁部 16 與腔體 10 的側壁之間形成有環狀的排氣路徑 18，於此排氣路徑 18 的底部設置有排氣口 20。於此排氣口 20 介由排氣管 22 連接有排氣裝置 24。排氣裝置 24 係具有渦輪分子泵等之真空泵，可以將腔體 10 內的處理空間減壓至所期望的真空度。於腔體 10 的側壁安裝有開關半導體晶圓 W 的搬入、出口的閘門閥 26。

於感應器 12 係介由 RF 電纜 30、下部匹配器 32 及下部供電棒 34 而電性地連接有高頻電源 28。高頻電源 28 係輸出具有適合於控制被引入感應器 12 上的半導體晶圓 W 之離子的能量之頻率（通常 13.56MHz 以下）的偏壓控制用之高頻（LF）。此實施型態之高頻電源 28 係在控制部 80 的控制下，不單可以脈衝調變（AM 調變）偏壓控制用高頻（LF）的功率，其之頻率也可以脈衝調變（FM 調變）。RF 纜線 30 例如係由同軸電纜所形成。

如後述般，於下部匹配器 32 收容有在高頻電源 28 側的阻抗與負載（電極、電漿、腔體）側之阻抗之間取得匹配之匹配電路之同時，也具備：自動匹配用之 RF 感測器、步進電動機、控制器等。

一般而言，於電漿處理裝置中，對被配置於處理容器之中或附近的電極或天線施加高頻的高頻供電部，不單輸出高頻的高頻電源，也具備：於負載側（電極、電漿、腔體）之阻抗與高頻電源側之阻抗之間取得匹配（matching）的匹配器。高頻電源通常被設計成爲  $50\ \Omega$  的純阻抗輸出，匹配器內的阻抗被設定或調節成含匹配器之負載側的阻抗也成爲  $50\ \Omega$ 。此種之匹配器係於匹配電路內包含 1 個或複數個可變電抗元件（可變電容器、可變電感線圈等），藉由步進電動機等來選擇可變範圍內之各步階位置或位置，可改變調整匹配器內的阻抗或負載阻抗。於電漿處理中，依據壓力變動等，電漿、阻抗一改變時，匹配器的自動匹配功能產生動作，可改變調整彼等可變電抗元件的阻抗、位置，自動地補正負載阻抗以和匹配點（ $50\ \Omega$ ）一致。

感應器 12 係具有比半導體晶圓 W 大一些的直徑或口徑。於感應器 12 的上面載置有處理對象之半導體晶圓 W，於該半導體晶圓 W 之周圍安裝有聚焦環 36。此聚焦環係因應半導體晶圓 W 之被蝕刻材，例如以 Si、SiC、C、SiO<sub>2</sub> 中之其中一種的材質所構成。

於感應器 12 的上面設置有晶圓吸附用之靜電夾頭 38。此靜電夾頭 38 係於膜狀或板狀的介電質中夾住薄片狀或網目狀的導電體者，一體地形成或一體地固定於感應器 12 的上面，被配置於腔體 10 之外的直流電源 40 係介由開關 42 及高壓線 44 而電性地連接於該導電體。藉由從直

流電源 40 所施加的直流電壓，以庫倫力將半導體晶圓 W 吸附保持於靜電夾頭 38 上。

於感應器 12 的內部例如設置有延伸於圓周方向之環狀的冷媒室 46。藉由冷凍單元（未圖示出）透過配管 48、50 而對此冷媒室 46 循環供給特定溫度的冷媒，例如冷卻水。藉由冷媒的溫度，可以控制靜電夾頭 38 上的半導體晶圓 W 之溫度。進而爲了進一步調高晶圓溫度的精度，來自傳熱氣體供給部（未圖示出）之傳熱氣體，例如 He 氣體透過氣體供給管 52 及感應器 12 內部的氣體通路 54 被供給至靜電夾頭 38 與半導體晶圓 W 之間。

於腔體 10 之頂部設置有與感應器 12 平行地面對而兼爲上部電極之淋浴頭 56。淋浴頭 56 係具有：面對感應器 12 之電極板 58、及將此電極板 58 可從其背後（上）裝卸地支撐之電極支撐體 60，於此電極支撐體 60 的內部設置氣體室 62，將從此氣體室 62 貫穿至感應器 12 側之多數的氣體吐出孔 64 形成於電極支撐體 60 及電極板 58。電極板 58 與感應器 12 之間的空間 S，係成爲電漿產生空間或處理空間。於設置於氣體室 62 的上部之氣體導入口 62a 連接有來自處理氣體供給部 65 之氣體供給管 66。電極板 58 例如係由 Si、SiC 或 C 所形成，電極支撐體 60 例如係由被鋁陽極處理之鋁所形成。

淋浴頭 56 與腔體 10 之上面開口緣部之間，例如氣密地塞有由氧化鋁所形成之環狀的絕緣體 68。淋浴頭 56 係電性地非接地安裝於腔體 10，別的高頻電源 70 係介由

RF 電纜 72、上部匹配器 74 及上部供電棒 76 而電性地連接於淋浴頭 56。高頻電源 70 係以無調變，即一定功率及一定頻率輸出具有適合於高頻放電，即電漿產生之頻率（以 40MHz 以上為佳）之高頻（HF）。RF 電纜 72 例如係由同軸電纜所形成。於匹配器 74 收容有在高頻電源 70 側的阻抗與負載（電極、電漿、腔體）側之阻抗之間取得匹配之匹配電路之同時，也具備：自動匹配用之 RF 感測器、步進電動機、控制器等。

控制部 80 係如後述般，包含微電腦及各種介面，依據儲存於外部記憶體或內部記憶體之軟體（程式）及處理程序資訊，來控制此電漿蝕刻裝置內的各部，例如排氣裝置排氣裝置 24，高頻電源 28、70、下部匹配器 32、74、直流電源開關 42、冷凍單元（未圖示出）、傳熱氣體供給部（未圖示出）及處理氣體供給部 65 等之各個的動作及裝置整體的動作（順序）。

於此電漿蝕刻裝置中，為了進行蝕刻，首先將閘門閥 26 設為開狀態，將加工對象之半導體晶圓 W 搬入腔體 10 內，載置於靜電夾頭 38 之上。然後，從處理氣體供給部 65 以特定的流量將蝕刻氣體（一般為混合氣體）導入腔體 10 內，藉由排氣裝置 24 將腔體 10 內的壓力排放為設定值。進而，藉由高頻電源 70 而透過上部匹配器 74 將電漿產生用之高頻（HF）施加於上部電極 56 之同時，從高頻電源 28 透過下部匹配器 32 而將偏壓控制用之高頻（LF）施加於感應器 12。另外，藉由直流電源 40 將直流電壓

施加於靜電夾頭 38，把半導體晶圓 W 固定於靜電夾頭 38 上。藉由淋浴頭 56 所被吐出的蝕刻氣體於兩電極 12、56 間，藉由高頻放電而電漿化，藉由以此電漿所產生的活性基或離子，半導體晶圓 W 的表面之被加工膜被蝕刻為所期望的圖案。

此電容耦合型電漿蝕刻裝置，係介由對上部電極（淋浴頭）56 施加適合於電漿產生之比較高的頻率（40MHz 以上）的高頻（HF），將電漿以合適的解離狀態下予以高密度化，即使是在更低壓的條件下，也可以形成高密度電漿。與此同時，藉由對感應器 12 施加適合於離子引入之比較低的頻率（13.56MHz 以下）的高頻（LF），更精細地控制離子能量，可以提高異方性蝕刻的加工精度。

進而，藉由控制部 80 的控制，於高頻電源 28 中，以能率可變之 H 位準/L 位準或 ON/OFF 之脈衝來調變偏壓控制用高頻（LF）的功率，時間性地控制射入半導體晶圓 W 之離子的能量，可以使選擇性等之加工特性進一步提升。

第 2 圖係表示此實施型態中之脈衝調變方式的基本手法。於此實施型態中，不單以因應製程之一定的頻率（例如 10kHz）及能率（例如 50%）來脈衝調變偏壓控制用高頻（LF）的功率，也與 LF 功率的脈衝調變同步來脈衝調變其頻率（LF 頻率）。即於 LF 功率與 LF 頻率之間，於 1 週期內，係具有：LF 功率維持 H 位準的設定值  $P_A$ （例如 500W）之期間  $T_A$  之間，LF 頻率也維持 H 位準的設定

值  $F_A$  (例如 13.56MHz) , LF 功率維持 L 位準之設定值  $P_B$  (例如 100W) 之期間  $T_B$  之間, LF 頻率也維持 L 位準之設定值  $F_B$  (例如 12.05MHz) 之同步關係。此處, LF 頻率的 H 位準/L 位準, 係指 2 個不同的頻率設定值間的相對之高低關係, H 位準係相對高者之頻率設定值, L 位準係相對低者之頻率設定值。

另外, 於第 2 圖中, 雖於完全相同的時序 (同一相位、同一能率) 來進行 LF 功率之脈衝調變與 LF 頻率的脈衝調變, 但是實際上, 也可以在 LF 功率或 LF 頻率變化之時序 (相位、能率) 上, 於時間軸上予以錯開。但是脈衝調變之頻率需要於 LF 功率和 LF 頻率上使其同步或一致。

於感應器 12 施加偏壓控制用之高頻 (LF) 的情形時, LF 功率與形成於感應器 12 上之離子鞘的厚度 (下部鞘厚度) 之間存在有一定的比例關係, LF 功率取用 H 位準的一定值  $P_A$  時, 下部鞘厚度也成為 H 位準之某值  $D_A$ , LF 功率取用 L 位準之一定值  $P_B$  時, 下部鞘厚度也成為 L 位準之某值  $D_B$ 。此處, 下部鞘的厚度愈大, 該鞘容量 (電容) 愈小, 下部鞘的厚度愈小, 鞘容量愈大。

在此實施型態中, 於控制部 80 之控制下, 下部匹配器 32 係動作使 H 位準期間  $T_A$  中之負載側的阻抗與高頻電源 28 側之阻抗匹配, 且忽視 (不檢測) L 位準期間  $T_B$  中之負載阻抗。如此一來, 於 H 位準期間  $T_A$  中, 下部鞘厚度為 H 位準的值  $D_A$ , 從阻抗取得匹配的狀態一移往 L

位準期間  $T_B$  時，下部鞘厚度從 H 位準的值  $D_A$  變成 L 位準的值  $D_B$  而已（即下部鞘容量增加的量而已）而從共振點偏離，阻抗變成無法匹配。因此，爲了使 L 位準期間  $T_B$  中之該種阻抗匹配偏離盡可能變少，以下部鞘厚度的減少，即刪減鞘容量（電容）的增加的方式，使 LH 頻率降低至比 H 位準時的基準頻率  $F_A$  低適當量之 L 位準的值  $F_B$  爲止。

如此，於此實施型態的脈衝調變方式中，H 位準期間  $T_A$  中，係藉由下部匹配器 32 的自動匹配功能，於高頻電源 28 和負載之間取得阻抗匹配，L 位準期間  $T_B$  中，以下部匹配器 32 不響應負載阻抗，高頻電源 28 適當降低 LF 頻率之手法來補正阻抗匹配的偏差。因此，藉由 LF 功率在 H 位準與 L 位準之間週期性地改變，即使下部鞘的容量週期性地變動，電漿阻抗或負載阻抗不會急遽變動，下部匹配器 32 的自動匹配不會有引起追逐（*hunting*）之虞，可以有效地抑制從電漿負載朝高頻電源 28 之反射。

第 3 圖係更詳細地表示此實施型態之脈衝調變方式中之 LF 功率與 LF 頻率之間的同步關係。如圖所示般，脈衝調變之 1 週期係被分割爲 4 個狀態，即第 1 狀態  $T_B$ 、第 2 狀態  $T_C$ 、第 3 狀態  $T_A$  及第 4 狀態  $T_D$ 。此處，第 1 狀態  $T_B$  係對應前述 L 位準期間，第 3 狀態  $T_A$  係對應前述 H 位準期間。第 2 狀態  $T_C$  係使 LF 功率及 LF 頻率分別從 L 位準之設定值  $P_B$ 、 $F_B$  轉換爲 H 位準之設定值  $P_A$ 、 $F_A$  之期間。第 4 狀態  $T_D$  係使 LF 功率及 LF 頻率分別從 H 位準之

設定值  $P_A$ 、 $F_A$  轉換為  $L$  位準之設定值  $P_B$ 、 $F_B$  之期間。

如前述般，第 3 狀態  $T_A$  之期間中，藉由下部匹配器 32 之自動匹配而取得阻抗匹配，從負載之電漿反彈回高頻電源 28 之 LF 反射波的功率非常地低 ( $J_A$ )。第 1 狀態  $T_B$  之期間中，如前述般，藉由 LF 頻率之脈衝調變，阻抗匹配之偏差也被補正，LF 反射功率也被抑制為相當低的位準  $J_R$ 。但是，第 2 狀態  $T_C$  及第 4 狀態  $T_D$  之期間中，自動匹配之功能或其補償功能實質上並不動作，會產生脈衝狀的 LF 反射功率。

下部匹配器 32 感應到該種第 2 狀態  $T_C$  及第 4 狀態  $T_D$  中之 LF 反射功率的變動時，自動匹配的穩定性、精度降低，第 3 狀態  $T_A$  中之 LF 反射功率增大，乃至第 1 狀態  $T_B$  中之 LF 反射功率也增大。

於此實施型態中，控制部 80 係通過高頻電源 28 來控制脈衝調變之時間性特性（頻率、能率、相位等）之一切，也全部管理依序且重複切換第 1~第 4 狀態之時序。進而，控制部 80 也控制下部匹配器 32 感應負載阻抗之週期或期間，如第 3 圖所示般，於第 3 狀態  $T_A$  中，不及於第 2 狀態  $T_C$  的終端或第 4 狀態  $T_D$  的起始端之時序，設定匹配器感應期間  $T_M$ 。

第 4 圖係表示此實施型態中之高頻電源 28 及下部匹配器 32 的構成。高頻電源 28 係具備：振盪輸出頻率可變的正弦波之振盪器 82、及以可變的放大率來放大藉由此振盪器 82 而被輸出的正弦波之功率的功率放大器 84。控

制部 80 係通過振盪器 82 來進行 LF 頻率的脈衝調變或可變控制，通過功率放大器 84 來進行 LF 功率的脈衝調變或可變控制。

下部匹配器 32 係具有：至少包含 1 個可變電抗元件之匹配電路 90、及可以個別地控制此匹配電路 90 的各可變電抗元件的阻抗・位置用之控制器 92、及具有測定包含匹配電路 90 的負載阻抗之功能的 RF 感測器 94。

於圖示之例子中，匹配電路 90 係以由 2 個可變電容器  $C_1$ 、 $C_2$  及 1 各阻抗線圈  $L_1$  所形成的 T 形電路來構成，控制器 92 係通過步進電動機 96、98 來可變地控制可變電容器  $C_1$ 、 $C_2$  之阻抗・位置。RF 感測器 94 例如具有個別檢測該設置位置中之傳送線路上的 RF 電壓及 RF 電流之電壓感測器及電流感測器，從電壓測定值及電流測定值以複數表示負載阻抗的測定值。控制器 92 例如係由微電腦所構成，藉由 RF 感測器 94 透過閘電路 100 接受負載阻抗的測定值，從控制器 80 接受各種的設定值或指令。

閘電路 100 係於控制部 80 的控制下，於脈衝調變之各週期中只被設定於第 3 狀態  $T_A$  內之匹配器感應期間  $T_M$ （第 3 圖）之間，將 RF 感測器 94 之輸出訊號（負載阻抗測定值）給予控制器 92。藉此，控制器 92 只於第 3 狀態  $T_A$  內之匹配器感應期間  $T_M$  中輸入 RF 感測器 94 之輸出訊號，以負載阻抗測定值和基準阻抗或匹配點（通常  $50\Omega$ ）一致之方式，通過步進電動機 96、98 而可變地控制可變電容器  $C_1$ 、 $C_2$  之阻抗・位置。

於此實施型態中，於高頻電源 28 的輸出端子也具備接收從負載側傳播於傳送線路上之反射波來測定反射波的功率之反射波測定電路 102。如後述般，控制部 80 係依據從反射波測定電路 102 所接受之反射功率測定值，來進行脈衝調變之各狀態中之各種參數的選擇。

如前述般，於此實施型態中之 LF 頻率的脈衝調變中，於第 1 狀態  $T_B$  中，將 LF 頻率降低至比第 3 狀態  $T_A$  時之 H 位準的基準頻率  $F_A$  適當地低之 L 位準的值  $F_B$ 。

第 5 圖係表示爲了決定 L 位準之頻率設定值  $F_B$ ，於控制部 80 所被執行的程式之步驟。此流程也可以於系統的啓動開始後，如前述般，藉由控制部 80 及下部匹配器 32 之自動匹配穩定後才被執行。

首先，藉由起始化取得所需要的參數及設定值（步驟  $S_1$ ）。然後，從前週期之第 4 狀態  $T_D$  一切換爲現在週期之第 1 狀態  $T_B'$  後（步驟  $S_2$ ），通過功率放大器 84 將 LF 功率控制爲 L 位準之設定值  $P_B$  之同時，通過振盪器 82 將 LF 頻率控制爲 L 位準之暫訂頻率設定值  $F_{B(1)}$ （步驟  $S_3$ ）。然後，於被設定於該第 1 狀態  $T_B$  中之 LF 功率設定期間，反射波測定電路 102 檢測 LF 反射功率來求得測定值（實效值或平均值） $J_{B(1)}$ ，控制部 80 於記憶體上使 LF 反射功率測定值  $J_{B(1)}$  對應暫訂設定值  $F_{B(1)}$ 。

於各每一週期，將第 1 狀態  $T_B$  之暫訂頻率設定值  $F_{B(n)}$  如第 6 圖所示般以一定的步階寬予以減少，或如第 7 圖所示般，以一定的步階寬予以增加，將 LF 反射功率測

定值  $J_{B(n)}$  對應暫訂頻率設定值  $F_{B(n)}$  並予以記錄，將此一連串的处理重複特定次數（步驟  $S_2 \sim S_6$ ）。另外，於第 6 及第 7 圖中，省略第 2 狀態  $T_C$  及第 4 狀態  $T_D$ 。

然後，將測定值資料例如如第 8 圖所示般予以曲線化，算出對應藉由最小自乘法所求得之 LF 反射功率的最小值  $J_{Bm}$  或其附近之值的 LF 頻率，將其當成第 1 狀態  $T_B$  中之 L 位準的頻率設定值  $F_B$ （步驟  $S_7$ ）。

另外，代替於各每一週期將第 1 狀態  $T_B$  之暫訂頻率設定值以一定的步階寬予以減少或增加，如第 9 圖所示般，橫跨複數個週期，於第 1 狀態  $T_B$  中，將 LF 頻率以一定的上升率或減少率予以連續地掃過之手法亦屬可能。

另外，代替使用如前述之流程（第 5 圖），以過去的資料及製程條件（例如 HF/LF 功率、壓力、氣體種類等）為基礎，來推算下部鞘厚度，從以下部鞘厚度為變數之特定的運算式來選擇或決定第 1 狀態  $T_B$  中之 L 位準的頻率設定值  $F_B$  亦可。在此情形時，可以以藉由反射波測定電路 102 所獲得之 LF 反射功率測定值為基礎，來進行頻率設定值  $F_B$  的驗證或再選擇。

第 10 圖係表示為了決定於第 2 狀態  $T_C$  中，使 LF 功率及 LF 頻率分別從 L 位準轉換為 H 位準之特性（上升特性），於控制部 80 所被執行之程式的步驟。第 11 圖係表示此流程的作用。此流程也可以藉由如前述之手法，確定關於第 3 狀態  $T_A$  及第 1 狀態  $T_B$  之各種參數的設定值，將兩狀態  $T_B$ 、 $T_A$  中之 LF 反射功率抑制在低位準  $J_B$ 、 $J_A$  使

其穩定後才被執行。

首先，藉由起始化取得所需要的參數及設定值（步驟  $S_{10}$ ）。然後，從第 1 狀態  $T_B$  切換為第 2 狀態  $T_C$  後（步驟  $S_{11}$ ），通過功率放大器 84 及振盪器 82，將 LF 頻率個別上升至暫訂之轉換特性  $P_{(n)}$ 、 $F_{(n)}$ （步驟  $S_{12}$ ）。此處，暫訂之轉換特性  $P_{(n)}$ 、 $F_{(n)}$  係個別獨立地被設定，如第 11 圖所示般，將轉換（上升）之開始時間  $t_{ps}$ 、 $t_{fs}$  及結束時間  $t_{pe}$ 、 $t_{fe}$ 、轉換變化函數等當成參數。轉換變化函數並不限定為斜率一定之直線 PL、FL，也可以是對數函數之曲線 PE、FE 或 N 次函數（ $N \geq 2$ ）或指數函數之曲線 PN、FN 等。

然後，於第 2 狀態  $T_C$  之期間中，反射波測定電路 102 測定 LF 反射功率，控制部 80 將該測定值和現在時間點之 LF 反射功率測定值的最小值比較（步驟  $S_{13}$ ），藉由該比較將小者當成 LF 反射功率測定值之新的最小值（步驟  $S_{14}$ ）。另外，於第 1 次時，該時間點之最小測定值並不存在，無條件地將第 1 次之測定值當成最小值。LF 反射功率之測定值可以脈衝波形的峰值、平均值或積分值來求得。

各每一週期地適當或依序變更 LF 功率及 LF 頻率之暫訂轉換特性  $P_{(n)}$ 、 $F_{(n)}$ ，特定次數重複前述之第 2 狀態  $T_C$  中之 LF 反射功率的測定、比較、最小值更新等之一連串的处理（步驟  $S_{11} \sim S_{16}$ ）。其結果逐次被更新，將最後剩餘之 LF 反射功率測定值之最小值對照資料庫，確認是

否為適當之值或容許範圍內之值（步驟 S<sub>17</sub> ~ S<sub>18</sub>），如屬適當，將獲得該 LF 反射功率測定值時之暫訂的轉換特性 P<sub>(n)</sub>、F<sub>(n)</sub> 設定為正規的轉換特性（步驟 S<sub>19</sub>）。藉由對於資料庫之對照（步驟 S<sub>17</sub>），此次所獲得之 LF 反射功率測定值的最小值不是適當者之情形時，適當地變更起始化中之各種參數或設定值，由最初重新進行前述流程（步驟 S<sub>17</sub> ~ S<sub>10</sub>）。

雖省略詳細的說明，於第 4 狀態 T<sub>D</sub> 中，將 LF 功率及 LF 頻率個別從 H 位準轉換為 L 位準之特性（下降特性），也可以藉由與前述的流程（第 10 圖）相同的步驟來決定。

接著，說明於此實施型態之脈衝調變中，為了進一步提升蝕刻製程的穩定性、再現性，來控制 LF 功率之手法。

如前述般，於此實施型態中，在 L 位準之第 1 狀態 T<sub>B</sub> 時，藉由 LF 頻率的脈衝調變，於 H 位準之第 3 狀態 T<sub>A</sub> 時，藉由下部匹配器 32 的自動匹配，使從電漿負載對高頻電源 28 之 LF 反射功率盡可能地減少。但是，該種 LF 反射功率雖然少，實際上由於其存在，被供給至負載之功率，即負載功率如比設定值或目標值還少時，離子能量非所期望地降低。另外，LF 反射功率變動過後，基於其影響，負載功率如也變動，則離子能量也變動。如此，成為製程穩定性、再現性下降的原因。

此實施型態之電漿蝕刻裝置，也具備補償該種 LF 反

射功率之存在或變動的功能。第 12 圖係表示此實施型態中爲了控制 LF 功率，以控制部 80 所執行的程式之步驟。第 13 圖係表示此 LF 功率控制法的作用之一例。

首先，藉由起始化取入所需要的參數及設定值（步驟 S<sub>20</sub>）。然後，從前一週期的第 4 狀態 T<sub>D</sub> 切換爲現在週期的第 1 狀態 T<sub>B</sub> 後（步驟 S<sub>21</sub>），通過功率放大器 84 將 LF 功率控制爲現在週期用之設定值 P<sub>B</sub>（步驟 S<sub>22</sub>）。然後，於設定在該第 1 狀態 T<sub>B</sub> 中之 LF 功率測定期間，反射波測定電路 102 檢測 LF 反射功率，求得測定值（實效值或平均值）J<sub>n</sub>，控制部 80 取入該 LF 反射功率測定值 J<sub>n</sub>（步驟 S<sub>23</sub>）。

接著，控制部 80 從下面公式（1）求得第 1 狀態 T<sub>B</sub> 中之下一週期用的 LF 功率設定值 P<sub>B</sub>（步驟 S<sub>24</sub>）。

$$P_B = P_{MB} + J_{-n} \quad \dots (1)$$

此處，P<sub>MB</sub> 係於第 1 狀態 T<sub>B</sub> 中應供給至負載之負載功率的目標值，J<sub>-n</sub> 是現在週期之時間點中之 LF 反射功率測定值 J<sub>n</sub> 的移動平均值。

接著，於現在週期中，從第 2 狀態 T<sub>C</sub> 切換爲第 3 狀態 T<sub>A</sub> 後（步驟 S<sub>25</sub>），通過功率放大器 84 將 LF 功率控制爲現在週期用之設定值 P<sub>A</sub>（步驟 S<sub>26</sub>）。然後，於設定在該第 3 狀態 T<sub>A</sub> 中之 LF 功率測定期間，反射波測定電路 102 檢測 LF 反射功率，求得測定值（實效值或平均值）

$J_m$ ，控制部 80 取入該 LF 反射功率測定值  $J_m$ （步驟 S<sub>27</sub>）。

接著，控制部 80 從下面公式（2）求得第 3 狀態 T<sub>A</sub> 中之下一週期用之 LF 功率設定值 P<sub>A</sub>（步驟 S<sub>28</sub>）。

$$P_A = P_{MA} + J_{\sim m} \quad \dots (2)$$

此處，P<sub>MA</sub> 是第 3 狀態 T<sub>A</sub> 中，應供給至負載之負載功率的目標值， $J_{\sim m}$  是現在週期之時間點中之 LF 反射功率測定值  $J_m$  的移動平均值。

於脈衝調變之各每一週期，藉由重複前述一連串的處理（步驟 S<sub>21</sub>～S<sub>28</sub>），如第 13 圖所示般，於第 1 狀態 T<sub>B</sub> 及第 3 狀態 T<sub>A</sub> 中，於應供給至負載之負載功率加上 LF 反射功率及其變動部分（移動平均值）之 LF 功率藉由高頻電源 28 被輸出。藉此，LF 反射功率及其變動部分被刪除，如設定般（目標值）之負載功率被穩定地供給至電漿負載。如此，可以進一步提升製程的穩定性、再現性。另外，補償如前述之 LF 反射功率及其變動部分的功能，也可以只針對第 1 狀態 T<sub>B</sub> 或第 3 狀態 T<sub>A</sub> 之其一來進行。

第 14 圖係表示本發明之第 2 實施型態中之電漿處理裝置的構成。圖中，對於與前述第 1 實施型態之裝置（第 1 圖）構成或功能為共通的部分，賦予相同的符號。

此電漿處理裝置係構成爲對感應器（下部電極）12 同時施加電漿產生用之高頻與偏壓控制用之高頻的陰極耦

合方式（下部 2 頻率施加方式）之電容耦合型電漿蝕刻裝置。更詳細而言，係產生偏壓控制用之高頻（LF）的高頻電源 28 介由匹配器 32 而電性地連接於感應器 12，且產生電漿產生用之高頻（HF）的高頻電源 128 也介由匹配器 104 而電性地連接於感應器 12。上部電極（淋浴頭）56 係以直接方式被安裝於腔體 10，通過腔體 10 而被電性地接地。

於此電漿蝕刻裝置中，控制部 80 係針對偏壓控制用之高頻（LF）通過高頻電源 28 及下部匹配器 32 進行與前述同樣的二重脈衝調變，即 LF 功率之脈衝調變及與此同步之 LF 頻率的脈衝調變。

另一方面，如進行該種 LF 脈衝調變時，下部鞘厚度週期性地變化，由於其之影響，從感應器 12 所見到之 HF 的電漿阻抗也週期性地變化，基於此，從電漿彈回高頻電源 128 之 HF 反射功率增大。H 反射功率的增大帶來電漿之密度或其分佈特性的降低，也成為高頻電源 128 之故障的原因。

因此，在此實施型態中，使與 LF 的脈衝調變同步而 HF 的功率及/或頻率也可以脈衝調變地構成。即雖然省略圖示，以能與高頻電源 28 同樣地頻率可變的振盪器及振幅可變的功率放大器來構成高頻電源 128，控制部 80 通過該振盪器來進行 HF 頻率的脈衝調變及可變控制，通過該功率放大器來進行 HF 功率的脈衝調變及可變控制。另外，在匹配器 104 內之 RF 感測器與控制器之間設置有開

電路，在控制部 80 之控制下，該閘電路只於特定的匹配器感應期間中將 RF 感測器的輸出訊號送至控制器。進而，也於高頻電源 128 的輸出端子設置檢測從負載側傳播於傳送線路上而至之 HF 反射波的功率之反射波測定電路（未圖示出），控制部 80 依據藉由該反射波測定電路所接受之反射功率測定值，進行關於 HF 的脈衝調變之各種參數的選擇或控制。

另外，如第 1 圖之裝置般，於將電漿產生用的高頻（HF）施加於上部電極 56 之上下部 2 頻率施加方式中，控制部 80 通過高頻電源 70 及匹配器 74，與此實施型態相同地，使與 LF 之脈衝調變同步來脈衝調變 HF 的功率及／或頻率來構成亦可。

第 15 圖係表示本發明之第 3 實施型態中之電漿處理裝置的構成。圖中，對於與前述第 1 實施型態或前述第 2 實施型態的裝置（第 1 圖、第 14 圖）構成或功能上共通的部分，賦予相同的符號。

此電漿處理裝置構成爲對感應器（下部電極）12 施加電漿產生用之高頻的陰極耦合方式之電容耦合型電漿蝕刻裝置。

於此電漿蝕刻裝置中，藉由高頻電源 128 來輸出 40MHz 以上的高頻，如使電漿密度提高時，低離子能量化，即半導體晶圓 W 上的鞘電位變小（低偏壓化），如此，基於低偏壓化和以往相比更向前進展，逐漸無法忽視充電損傷（絕緣破壞）的影響。充電損傷係在從電漿流入

半導體晶圓 W ( 閘電極 ) 的電荷量超過某一臨界值時所產生。此流入電荷量係與晶圓 W 面內中之鞘電位的相對差異有相關。

於使用以往之低頻率的電漿蝕刻裝置中，鞘電位大至數百伏特，即使於電漿中的電位 ( 電漿電位 ) 產生面內不均勻時，鞘電位的變化在晶圓面內相對地小，流入半導體晶圓 W 的閘電極之電荷量就不會超過臨界值。

但是，在像此實施型態之高密度電漿中，鞘電位小至數十伏特，電漿電位產生面內不均勻的情形之鞘電位的變化相對地變大，容易產生對於閘電極之大量的電子流入，容易產生和基板表面連續地被暴露於電漿的時間長度有關的充電損傷。

另外，於電漿製程中，起因於電漿電位之面內不均勻性或電路圖案之輪廓等之關係，局部性地離子與電子之平衡崩潰，會於基板上的絕緣膜 ( 例如閘極氧化膜 ) 產生充電。對於發生了充電之絕緣膜會施加和蓄積電荷量成比例的電位梯度或電場。此種充電的狀態累積增大而超過某臨界值時，絕緣膜在該處損傷或破壞。

於此實施型態中，以對於閘電極之流入電荷量不超過臨界值之方式，或基於充電序基於絕緣膜之電荷量不超過臨界值之方式，使得電漿產生狀態與電漿不產生狀態 ( 不產生電漿的狀態 ) 以特定週期交互地重複。即將連續之電漿產生的時間設為流入電荷量或充電電荷量不超過臨界值之程度的短時間，之後，做出不產生電漿的狀態，使其斷

續地重複。於電漿產生狀態之期間中，即使是於晶圓 W 上的任意處所產生過份的流入電荷或充電，於電漿不產生狀態之期間中，使多餘的電荷或蓄積電荷分散於周圍使恢復中和性，得以阻止流入電荷或蓄積電荷之累積增大，能有效地防止絕緣膜之損傷。藉此，可以大為改善電漿製程的可靠性。

於電漿蝕刻中，交互地重複電漿產生狀態與電漿不產生狀態，因此，在此實施型態中，以電漿產生用之高頻（HF）具有產生電漿之 H 位準的振幅或波高值（即實效之功率）之 H 位準的期間，和電漿產生用之高頻（HF）具有不產生電漿之 L 位準的振幅或波高值（即不具有實效之功率）的 L 位準之期間，係以特定的週期交互地重複之方式，控制部 80 控制高頻電源 128 及匹配器 104。

第 16 圖係表示此實施型態中之脈衝調變方式的基本手法。於此實施型態中，與 HF 功率的脈衝調變同步，該頻率（HF 頻率）也脈衝調變。更詳細而言，於 HF 功率與 HF 頻率之間，在 1 週期內，保有：HF 功率維持 H 位準的設定值  $P_A$ （例如 500W）之期間  $T_A$  之間，HF 頻率維持 L 位準的設定值  $F_B$ （例如基準之 60MHz），HF 功率維持 L 位準之設定值  $P_B$ （例如 100W）之期間  $T_B$  之間，HF 頻率維持 H 位準的設定值  $F_A$ （例如 62.45MHz）之同步關係。在此情形時，HF 頻率的 H 位準/L 位準為意指 2 個不同的頻率設定值間之相對的高低關係，H 位準係相對地高的一方之頻率設定值，L 位準係相對地低的一方的頻率設

定值。

於電容耦合型中，在上部電極與下部電極之間，比起無電漿時，以有電漿時之電漿容量比較大，電漿密度愈高時，電漿容量愈大。即比起沒有 HF 的施加實，有施加時之電漿容量比較大，HF 的功率愈高，電漿容量愈大。

因此，與 HF 功率的脈衝調變同步，藉由對 HF 頻率施加反相位之脈衝調變，伴隨 HF 功率之脈衝調變，以頻率的可變控制來抵銷電漿容量週期性地變化，可以抑制電漿阻抗之急遽地變動。

因此，於此實施型態之脈衝調變方式中，HF 功率之 H 位準期間  $T_A$  中，藉由匹配器 104 的自動匹配功能，高頻電源 128 與負載之間取得阻抗匹配，HF 功率之 H 位準期間  $T_B$  中，匹配器 104 不響應負載阻抗，代之以高頻電源 128 適當地提高 HF 頻率之手法，可以補正阻抗匹配的偏差。因此，藉由 HF 功率在 H 位準與 H 位準之間週期性地變化，電漿容量即使週期性地變動，不會有電漿阻抗乃至負載阻抗的急遽性變動，匹配器 104 的自動匹配不會有引起追逐之虞，能有效地抑制從負載（特別是電漿）側朝高頻電源 102 之反射。

另外，於如前述之第 2 實施型態的下部 2 頻率施加方式之電漿蝕刻裝置（第 14 圖）中，對於電漿產生用之高頻（HF），也可以施加與前述第 3 實施型態同樣的脈衝調變。

另外，雖然省略圖示，但是在將電漿產生用的高頻（

HF) 施加於上部電極之陽極耦合方式的電漿處理裝置中，將與前述第 3 實施型態同樣的脈衝調變施加於 HF 亦可。

以上，雖針對本發明之合適的一實施型態來說明，但是，本發明絕非被限定於前述實施型態者，可以有種種之變形可能性。

例如在前述之實施型態中，於被施以脈衝調變的高頻之功率維持 H 位準的設定值之期間（功率 H 位準之期間） $T_A$  內，設定匹配器感應期間，於功率 H 位準之期間  $T_A$  中取得阻抗匹配。但是，在能率小的情形時，即在 1 週期內功率 H 位準的期間  $T_A$  所佔比例小，功率 L 位準之期間  $T_B$  所佔比例大的情形時，於功率 L 位準之期間  $T_B$  內設定匹配器感應期間，於功率 L 位準之期間  $T_B$  中取得阻抗匹配亦可。

第 17 圖係表示爲了進行前述實施型態中之電漿蝕刻方法，控制前述電漿處理裝置（第 1 圖、第 14 圖、第 15 圖）之各部的控制及整體的程序之控制部 80 的構成例子。

此構成例之控制部 80 係具有：介由匯流排 150 而被連接的處理器（CPU）152、記憶體（RAM）154、程式儲存裝置（HDD）156、軟碟機或光碟機等之碟片驅動器（DRV）158、鍵盤或滑鼠等之輸入裝置（KEY）160、顯示裝置（DIS）162、網路介面（COM）164、及周邊介面（I/F）166。

處理器 (CPU) 152 係從連接於碟片驅動器 (DRV) 158 之 FD 或光碟等之記憶媒體 168 讀取所需要的程式碼，並儲存於 HDD156。或是也可以從網路介由網路介面 164 下載所需要的程式。然後，處理器 (CPU) 152 將各階段或各場面所需要的程式碼從 HDD156 展開於工作記憶體 (RAM) 154 上來執行各步驟，進行所需要的運算處理，且介由周邊介面 166 來控制裝置內的各部 (特別是排氣裝置 24、高頻電源 28、70、128、匹配器 32、74、104、處理氣體供給部 65 等)。用以實施在前述實施型態所說明的電漿蝕刻方法之程式，係全部在此電腦系統中被執行。

前述實施型態係關於在腔體內藉由平行平板電極間的高頻放電來產生電漿之電容耦合型電漿處理裝置。但是，本發明也可以適用於在腔體的上部或周圍配置天線，於感應磁場之下產生電漿的感應接合行電漿處理裝置，或使用微波的功率來產生電漿之微波電漿處理裝置等。

本發明並不限定於電漿蝕刻裝置，也可以適用於：電漿 CVD、電漿氧化、電漿氮化、濺鍍等之其他的電漿處理裝置。另外，本發明中之被處理基板並不限定於半導體晶圓，也可以是：平面顯示器用之各種基板、光罩、CD 基板、印刷基板等。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 圖係表示本發明之第 1 實施型態中之電容耦合型

電漿蝕刻裝置的構成縱剖面圖。

第 2 圖係說明第 1 實施型態中之脈衝調變方式的基本手法之波形圖。

第 3 圖係表示第 1 實施型態之脈衝調變方式中之 LF 功率與 LF 頻率之間的同步關係之波形圖。

第 4 圖係表示第 1 實施型態中之偏壓控制用之高頻電源及匹配器的構成圖。

第 5 圖係表示第 1 實施型態中決定 L 位準的頻率設定值之程式的程序流程圖。

第 6 圖係說明在第 5 圖之流程所使用的一手法之波形圖。

第 7 圖係說明在第 5 圖之流程所使用的一手法之波形圖。

第 8 圖係說明在第 5 圖之流程將測定值資料予以曲線化之手法圖。

第 9 圖係說明在第 5 圖之流程所使用的變形例之手法的波形圖。

第 10 圖係表示決定 LF 功率/頻率的上升特性之程式的程序流程圖。

第 11 圖係表示第 10 圖的流程之作用的波形圖。

第 12 圖係表示控制 LF 功率之程式的程序流程圖。

第 13 圖係表示第 12 圖之流程的作用之波形圖。

第 14 圖係表示第 2 實施型態中之電漿蝕刻裝置的構成縱剖面圖。

第 15 圖係表示第 3 實施型態中之電漿蝕刻裝置的構成之縱剖面圖。

第 16 圖係說明第 3 實施型態中之脈衝調變方式的基本手法之波形圖。

第 17 圖係表示實施型態中之控制部的構成例之區塊圖。

#### 【主要元件符號說明】

- 10：腔體（處理容器）
- 12：感應器（下部電極）
- 14：絕緣性筒狀支撐部
- 16：筒狀內壁部
- 18：排氣路徑
- 20：排氣口
- 22：排氣管
- 24：排氣裝置
- 28：（偏壓控制用）高頻電源
- 30：RF 電纜
- 32：下部匹配器
- 34：下部供電棒
- 36：聚焦環
- 38：靜電夾頭
- 40：直流電源
- 42：開關

- 44 : 高壓線
- 46 : 冷媒室
- 48 : 配管
- 50 : 配管
- 52 : 氣體供給管
- 54 : 氣體通路
- 56 : 上部電極 ( 淋浴頭 )
- 58 : 電極板
- 60 : 電極支撐體
- 62 : 氣體室
- 62a : 氣體導入口
- 64 : 氣體吐出孔
- 65 : 處理氣體供給部
- 66 : 氣體供給管
- 68 : 絕緣體
- 70 : ( 電漿產生用 ) 高頻電源
- 72 : 上部匹配電路
- 74 : 匹配器
- 80 : 控制部
- 82 : 振盪器
- 84 : 功率放大器
- 90 : 匹配電路
- 92 : 控制器
- 94 : RF 感測器

107年2月26日 修正頁(本)  
封裝

100 : 開 電 路

102 : ( 電 漿 產 生 用 ) 高 頻 電 源

104 : 匹 配 器

空白頁

**七、申請專利範圍：**

1. 一種電漿處理裝置，其特徵為具有：

可以真空排氣之處理容器；及

在前述處理容器內支撐被處理基板之第 1 電極；及

在前述處理容器內，對被設定於前述第 1 電極上的處理空間供給處理氣體之處理氣體供給部；及

在前述處理容器內，激發前述處理氣體來產生電漿之電漿激發部；及

為了從前述電漿將離子引入前述被處理基板，對前述第 1 電極施加第 1 高頻之第 1 高頻供電部；及

第 1 高頻功率調變部，以在調變頻率的 1 週期內包含維持第 1 功率設定值的第 1 期間與維持比前述第 1 功率設定值更高的第 2 功率設定值的第 2 期間的方式，把前述第 1 高頻的功率以特定的調變頻率進行脈衝調變；及

第 1 高頻頻率調變部，係同步於對前述第 1 高頻的功率之前述脈衝調變，在前述第 1 期間維持第 1 頻率設定值，在前述第 2 期間維持比前述第 1 頻率設定值更高的第 2 頻率設定值的方式，把前述第 1 高頻的頻率以相同的前述調變頻率進行脈衝調變。

2. 如申請專利範圍第 1 項所記載之電漿處理裝置，其中前述電漿激發部，係具有：

在前述處理容器內，與前述第 1 電極平行地面對配置之第 2 電極；及

將適合於產生前述處理氣體的電漿之頻率的第 2 高頻

施加於前述第 2 電極之第 2 高頻供電部。

3. 如申請專利範圍第 1 項所記載之電漿處理裝置，其中前述電漿激發部，係具有：

在前述處理容器內，與前述第 1 電極平行地面對配置之第 2 電極；及

將適合於產生前述處理氣體的電漿之頻率的第 2 高頻施加於前述第 1 電極之第 2 高頻供電部。

4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所記載之電漿處理裝置，其中具有：同步於對前述第 1 高頻的功率之前述脈衝調變，在前述第 1 期間維持第 3 頻率設定值，在前述第 2 期間維持與前述第 3 頻率設定值不同的第 4 頻率設定值的方式，使前述第 2 高頻的頻率以前述調變頻率進行脈衝調變的第 2 高頻頻率調變部。

5. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所記載之電漿處理裝置，其中具有：同步於對前述第 1 高頻的功率之前述脈衝調變，在前述第 1 期間維持第 3 功率設定值，在前述第 2 期間維持與前述第 3 功率設定值不同的第 4 功率設定值的方式，使前述第 2 高頻的功率以前述調變頻率進行脈衝調變的第 2 高頻功率調變部。

6. 如申請專利範圍第 1~3 項之任一項之電漿處理裝置，其中前述第 1 高頻功率調變部，將前述調變頻率之 1 週期分割為第 1、第 2、第 3 及第 4 狀態，前述第 1 高頻的功率以在對應於前述第 1 期間的前述第 1 狀態中維持前述第 1 功率設定值，在前述第 2 狀態從前述第 1 功率設定

值轉換為前述第 2 功率設定值，在對應於前述第 2 期間的前述第 3 狀態中維持前述第 2 功率設定值，在前述第 4 狀態從前述第 2 功率設定值轉換為前述第 1 功率設定值的方式控制前述第 1 高頻的功率，

前述第 1 高頻頻率調變部，以前述第 1 高頻的頻率，在前述第 1 狀態維持前述第 1 頻率設定值，在前述第 2 狀態從前述第 1 頻率設定值轉換為前述第 2 頻率設定值，在前述第 3 狀態維持前述第 2 頻率設定值，在前述第 4 狀態從前述第 2 頻率設定值轉換為前述第 1 頻率設定值的方式來控制前述第 1 高頻的頻率。

7. 如申請專利範圍第 6 項所記載之電漿處理裝置，其中前述第 1 高頻供電部，係具有：

產生前述第 1 高頻的第 1 高頻電源；及

包含：含有被電性連接於前述第 1 高頻電源的輸出端子與前述第 1 電極之間的可變電抗元件之匹配電路、及用以測定含有前述匹配電路的負載阻抗之感測器、及以響應前述感測器的輸出訊號，使前述負載阻抗與基準阻抗成為一致的方式來改變前述可變電抗元件之控制器之匹配器；及

於前述第 1 狀態或前述第 3 狀態之其中一種狀態中，以使阻抗得以匹配之方式來控制前述匹配器之匹配控制部。

8. 如申請專利範圍第 7 項所記載之電漿處理裝置，其中具有：測定從前述第 1 電極側朝前述第 1 高頻電源傳

播往返於傳送線路上之反射波的功率之反射波測定部。

9. 如申請專利範圍第 8 項所記載之電漿處理裝置，其中前述匹配控制部，係只在被設定於前述第 3 狀態中的特定期間之間，將前述感測器之輸出訊號回饋至前述控制器。

10. 如申請專利範圍第 8 項所記載之電漿處理裝置，其中前述匹配控制部，係只於被設定在前述第 1 狀態中的特定期間之間，使前述感測器的輸出訊號回饋至前述控制器。

11. 如申請專利範圍第 8 項所記載之電漿處理裝置，其中，以於前述第 2 狀態中，由前述反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值成爲最小值的方式，前述第 1 高頻功率調變部使前述第 1 高頻的功率以特定的上升特性從前述第 1 功率設定值轉換爲前述第 2 功率設定值之同時，前述第 1 高頻頻率調變部使前述第 1 高頻的頻率以特定的上升特性從前述第 1 頻率設定值轉換爲前述第 2 頻率設定值。

12. 如申請專利範圍第 8 項所記載之電漿處理裝置，其中，以於前述第 4 狀態中，由前述反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值成爲最小值的方式，前述第 1 高頻功率調變部使前述第 1 高頻的功率以特定的下降特性從前述第 2 功率設定值轉換爲前述第 1 功率設定值之同時，前述第 1 高頻頻率調變部使前述第 1 高頻的頻率以特定的下降特性從前述第 2 頻率設定值轉換爲前述第 1 頻率設定

值。

13. 如申請專利範圍第 8 項所記載之電漿處理裝置，其中，其中前述第 1 高頻功率調變部，係依據於前述第 1 狀態中由前述反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值，以在後續的前述第 1 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成爲一致之方式，來補正前述第 1 功率設定值。

14. 如申請專利範圍第 8 項所記載之電漿處理裝置，其中，其中前述第 1 高頻功率調變部，係依據於前述第 3 狀態中由前述反射波測定部所獲得之反射波功率的測定值，以在後續的前述第 3 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成爲一致之方式，來補正前述第 2 功率設定值。

15. 如申請專利範圍第 9 項所記載之電漿處理裝置，其中前述第 1 高頻頻率調變部，係於前述第 1 狀態中選定前述第 1 頻率設定值，使得由前述反射波測定部所獲得的反射波功率的測定值成爲最小值。

16. 如申請專利範圍第 10 項所記載之電漿處理裝置，其中前述第 1 高頻頻率調變部，係於前述第 3 狀態中選定前述第 2 頻率設定值，使得由前述反射波測定部所獲得的反射波功率的測定值成爲最小值。

17. 如申請專利範圍第 15 項所記載之電漿處理裝置，其中，由前述反射波測定部，前述反射波功率的測定值被當成移動平均值提供。

18. 一種電漿處理裝置，其特徵爲具有：  
可以真空排氣之處理容器；及

對前述處理容器內供給處理氣體之處理氣體供給部；  
及

爲了在前述處理容器內，激發前述處理氣體來產生電漿，對配置於前述處理容器之中或附近的第 1 電極或天線施加第 1 高頻之第 1 高頻供電部；及

在調變頻率的 1 週期內包含維持第 1 功率設定值的第 1 期間以及維持比前述第 1 功率設定值更高的第 2 功率設定值的第 2 期間的方式，以特定的調變頻率來脈衝調變前述第 1 高頻的功率之第 1 高頻功率調變部；及

同步於對前述第 1 高頻的功率之前述脈衝調變在前述第 1 期間維持第 1 頻率設定值，在前述第 2 期間維持比前述第 1 頻率設定值更低的第 2 頻率設定值的方式，以同樣的前述調變頻率脈衝調變前述第 1 高頻的頻率之第 1 高頻頻率調變部。

19. 如申請專利範圍第 18 項所記載之電漿處理裝置，其中，在前述處理容器內，前述第 1 電極支撐被處理基板。

20. 如申請專利範圍第 18 項所記載之電漿處理裝置，其中，在前述處理容器內，前述第 1 電極係與支撐被處理基板之第 2 電極平行面對。

21. 如申請專利範圍第 19 項所記載之電漿處理裝置，其中，爲了由前述電漿對前述基板引入離子而對前述第 1 電極施加第 2 高頻之第 2 高頻供電部。

22. 如申請專利範圍第 20 項所記載之電漿處理裝

置，其中，爲了由前述電漿對前述基板引入離子而對前述第 2 電極施加第 2 高頻之第 2 高頻供電部。

23. 一種電漿處理方法，係在可以真空排氣的處理容器內使爲了把離子由電漿引入被載置於第 1 電極上的被處理基板而對前述第 1 電極施加的第 1 高頻的功率，以包含在調變頻率的 1 週期內維持於第 1 功率設定值的第 1 期間以及維持在比前述第 1 功率設定值更高的第 2 功率設定值的第 2 期間的方式，以特定的調變頻率進行脈衝調變之電漿處理方法，其特徵爲：

同步於對前述第 1 高頻的功率之前述脈衝調變，以在前述第 1 期間維持第 1 頻率設定值，在前述第 2 期間維持於比前述第 1 頻率設定值更高的第 2 頻率設定值的方式，以前述調變頻率來脈衝調變前述第 1 高頻的頻率。

24. 一種電漿處理方法，係使在可真空排氣的處理容器內爲了激發處理氣體產生電漿而對配置於前述處理容器中或者附近的第 1 電極或天線施加的第 1 高頻的功率，以在調變頻率的 1 週期內包含維持第 1 功率設定值的第 1 期間以及維持比前述第 1 功率設定值更高的第 2 功率設定值的第 2 期間的方式，以特定的調變頻率進行脈衝調變之電漿處理方法，其特徵爲：

同步於對前述第 1 高頻的功率之前述脈衝調變，以在前述第 1 期間維持第 1 頻率設定值，在前述第 2 期間維持於比前述第 1 頻率設定值更低的第 2 頻率設定值的方式，以相同的前述調變頻率來脈衝調變前述第 1 高頻的頻率：

25. 如申請專利範圍第 23 或 24 項所記載之電漿處理方法，其中

在前述調變頻率的 1 週期內，使前述第 1 高頻的功率及頻率至少於 2 階段同時可變。

26. 如申請專利範圍第 23 或 24 項所記載之電漿處理方法，其中

將前述調變頻率的 1 週期分割為第 1、第 2、第 3 及第 4 狀態，

控制前述第 1 高頻的功率，使得在對應於前述第 1 期間的前述第 1 狀態中維持第 1 功率設定值，在前述第 2 狀態從前述第 1 功率設定值轉換為第 2 功率設定值，在對應於前述第 2 期間的前述第 3 狀態中維持前述第 2 功率設定值，在前述第 4 狀態從前述第 2 功率設定值轉換為前述第 1 功率設定值，

控制前述第 1 高頻的頻率，使得在前述第 1 狀態維持前述第 1 頻率設定值，在前述第 2 狀態從前述第 1 頻率設定值轉換為前述第 2 頻率設定值，在前述第 3 狀態維持前述第 2 頻率設定值，在前述第 4 狀態從前述第 2 頻率設定值轉換為前述第 1 頻率設定值。

27. 如申請專利範圍第 26 項所記載之電漿處理方法，其中，於前述第 1 狀態及前述第 3 狀態之中的一方，使包含前述電漿之負載側的阻抗與產生前述第 1 高頻的第 1 高頻電源側之阻抗匹配。

28. 如申請專利範圍第 27 項所記載之電漿處理方

法，其中，只於被設定於前述第 1 狀態及前述第 3 狀態之中的一方之特定期間之間，測定負載阻抗，以使前述負載阻抗的測定值和基準阻抗一致的方式，來改變被電性連接於前述第 1 高頻電源的輸出端子與前述第 1 電極之間的匹配電路內的可變電抗元件。

29. 如申請專利範圍第 28 項所記載之電漿處理方法，其中，於前述第 1 狀態及前述第 3 狀態之中的另一方，測定從前述第 1 電極側朝前述第 1 高頻電源傳播往返於傳送線路上之反射波的功率，於後續的該狀態中，選定前述第 1 頻率設定值，使得前述反射波功率的測定值成爲最小值。

30. 如申請專利範圍第 27 項所記載之電漿處理方法，其中，於前述第 2 狀態中，測定從前述第 1 電極側朝前述第 1 高頻電源傳播往返於傳送線路上之反射波的功率，於後續的前述第 2 狀態中，以使前述反射波功率的測定值成爲最小值的方式，將前述第 1 高頻的功率從前述第 1 功率設定值以特定的上升特性轉換爲前述第 2 功率設定值之同時，將前述第 1 高頻的頻率從前述第 1 頻率設定值以特定的上升特性或下降特性轉換爲前述第 2 頻率設定值。

31. 如申請專利範圍第 27 項所記載之電漿處理方法，其中，於前述第 4 狀態中，測定從前述第 1 電極側朝前述第 1 高頻電源傳播往返於傳送線路上之反射波的功率，於後續的前述第 4 狀態中，以使前述反射波功率的測

定值成爲最小值的方式，將前述第 1 高頻的功率從前述第 2 功率設定值以特定的下降特性轉換爲前述第 1 功率設定值之同時，將前述第 1 高頻的頻率從前述第 2 頻率設定值以特定的下降特性或上升特性轉換爲前述第 1 頻率設定值。

32. 如申請專利範圍第 27 項所記載之電漿處理方法，其中，於前述第 1 狀態中，測定從前述第 1 電極側朝前述第 1 高頻電源傳播往返於傳送線路上之反射波的功率，依據前述反射波功率的測定值，補正前述第 1 功率設定值，使得於後續的前述第 1 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成爲一致。

33. 如申請專利範圍第 27 項所記載之電漿處理方法，其中，於前述第 3 狀態中，測定從前述第 1 電極側朝前述第 1 高頻電源傳播往返於傳送線路上之反射波的功率，依據前述反射波功率的測定值，補正前述第 2 功率設定值，使得於後續的前述第 3 狀態中被供給至負載之負載功率與目標值成爲一致。

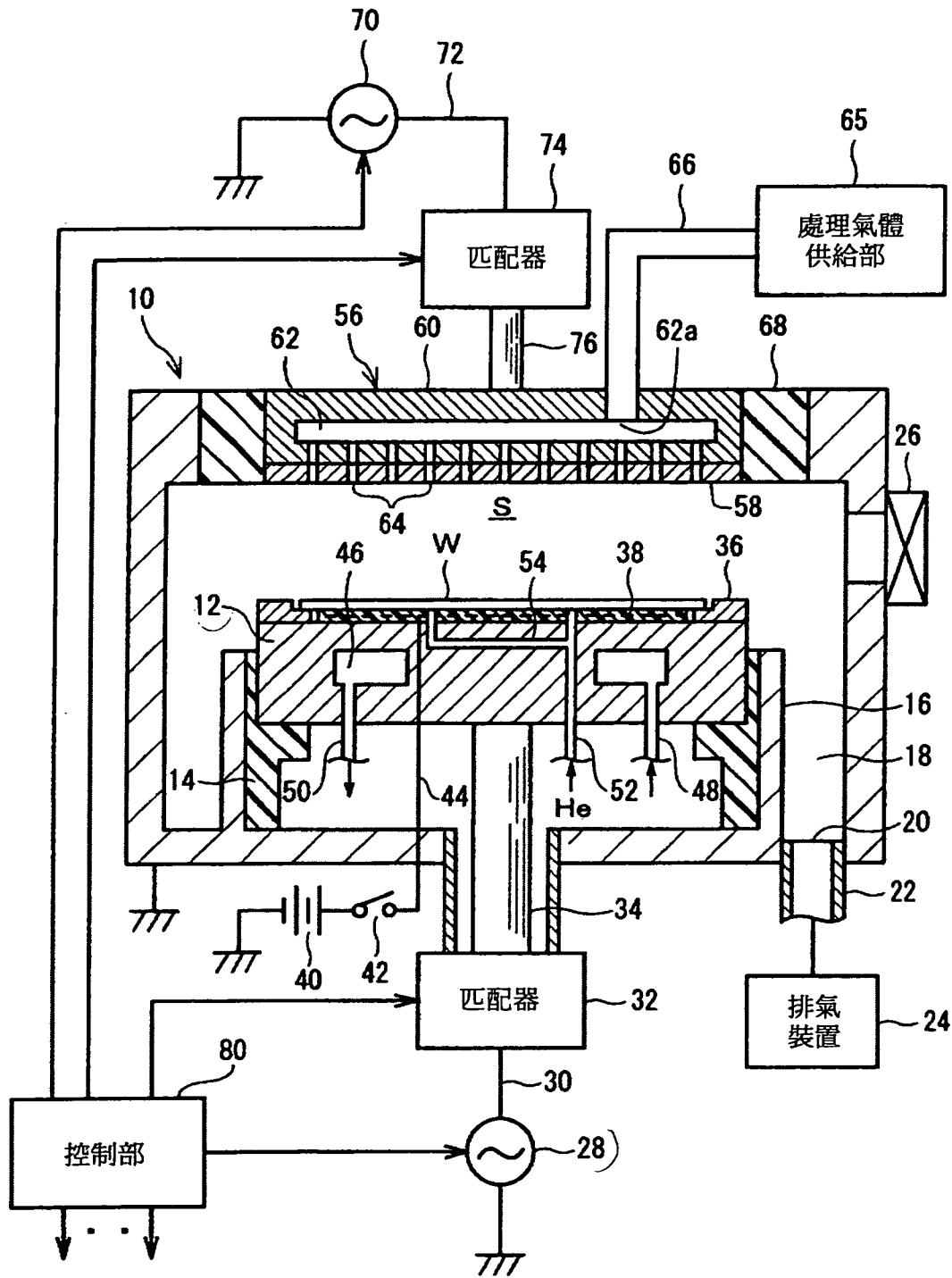
34. 如申請專利範圍第 32 項所記載之電漿處理方法，其中，將前述反射波功率的測定值當成移動平均值來求得。

35. 一種電腦可讀取之記憶媒體，係記憶有在電腦上動作的控制程式之電腦記憶媒體，其特徵爲：

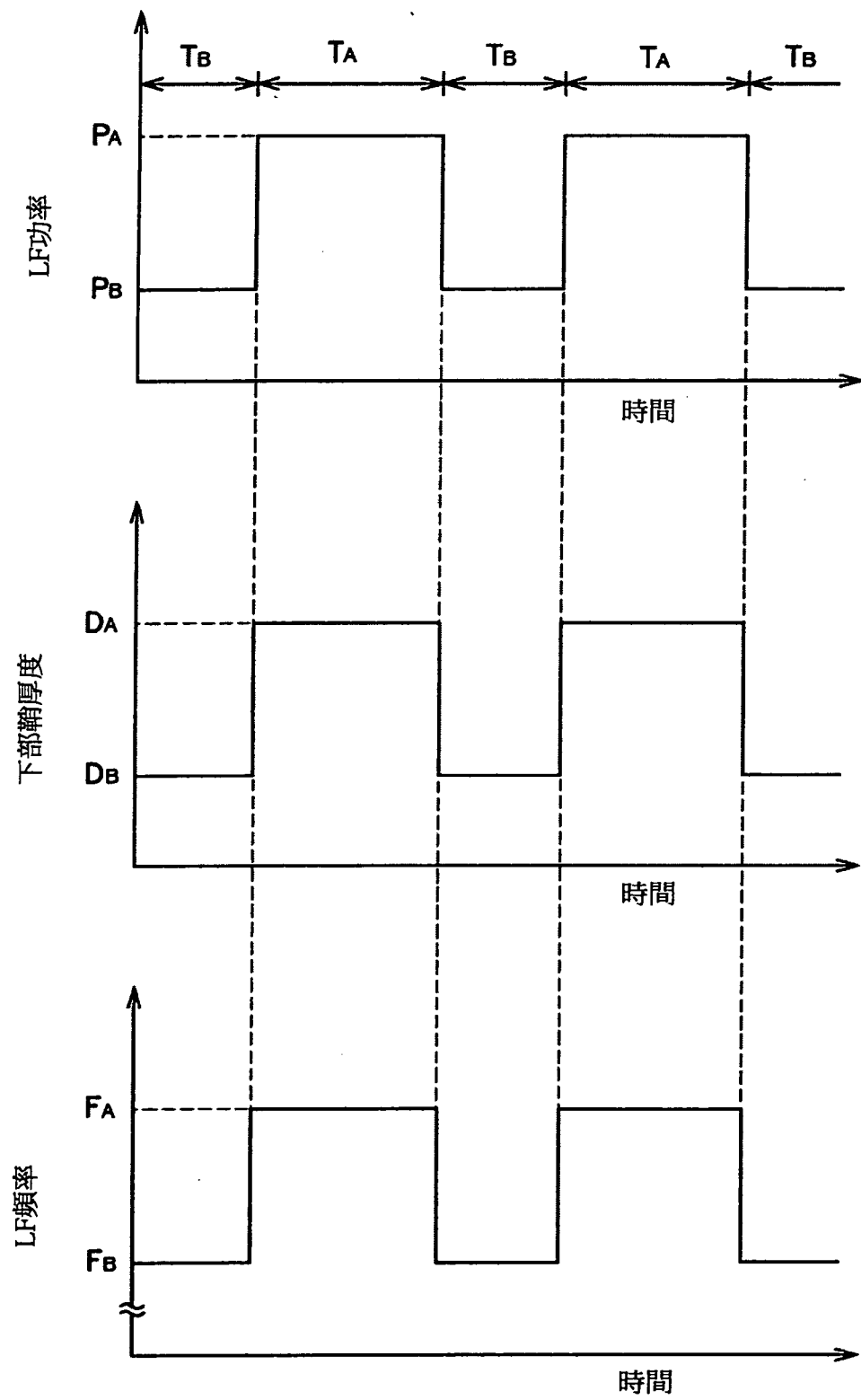
前述控制程式，係於執行時，以申請專利範圍第 23～34 之任一項所記載之電漿處理方法被進行之方式，來控制

電漿處理裝置。

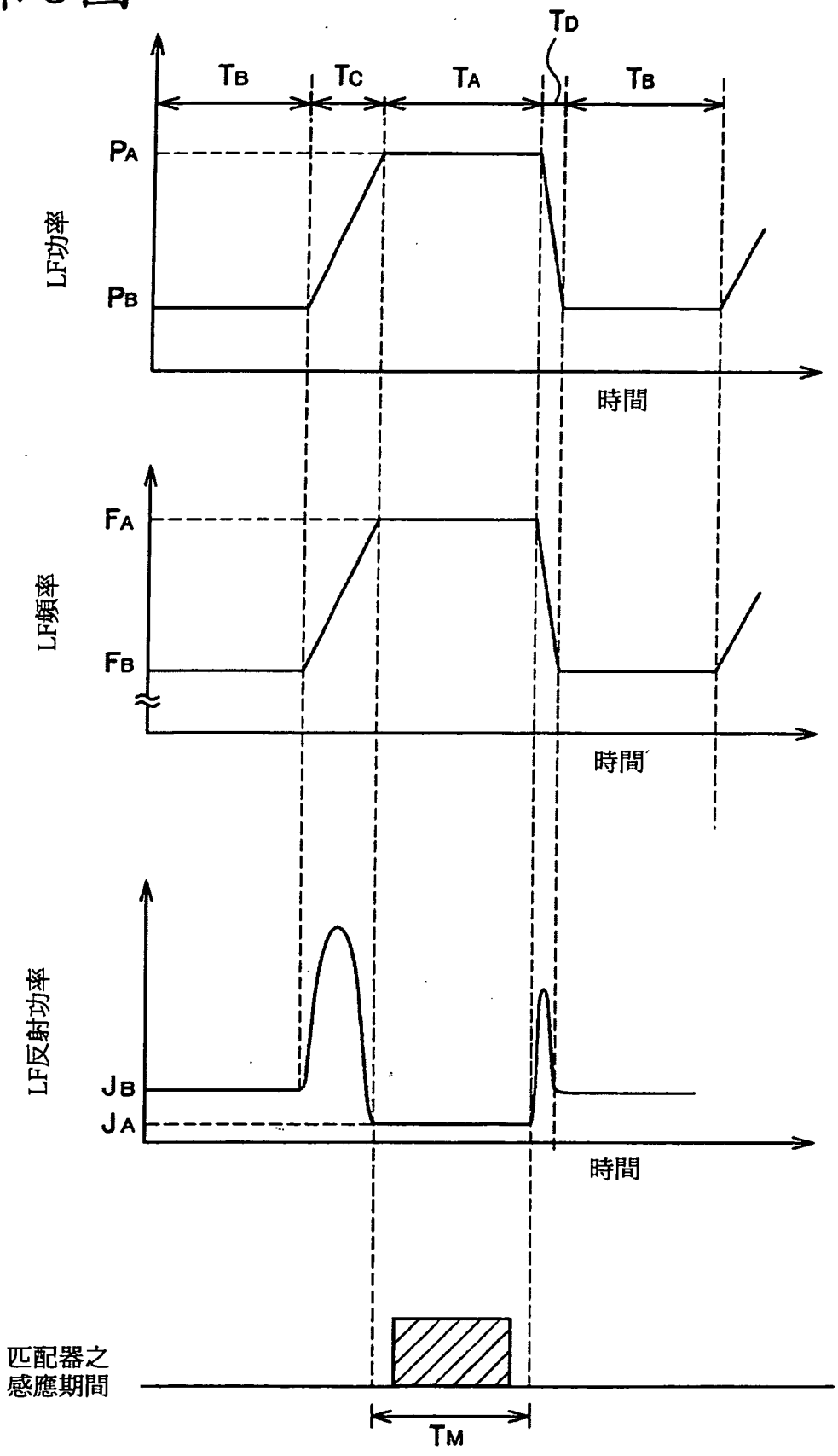
第1圖



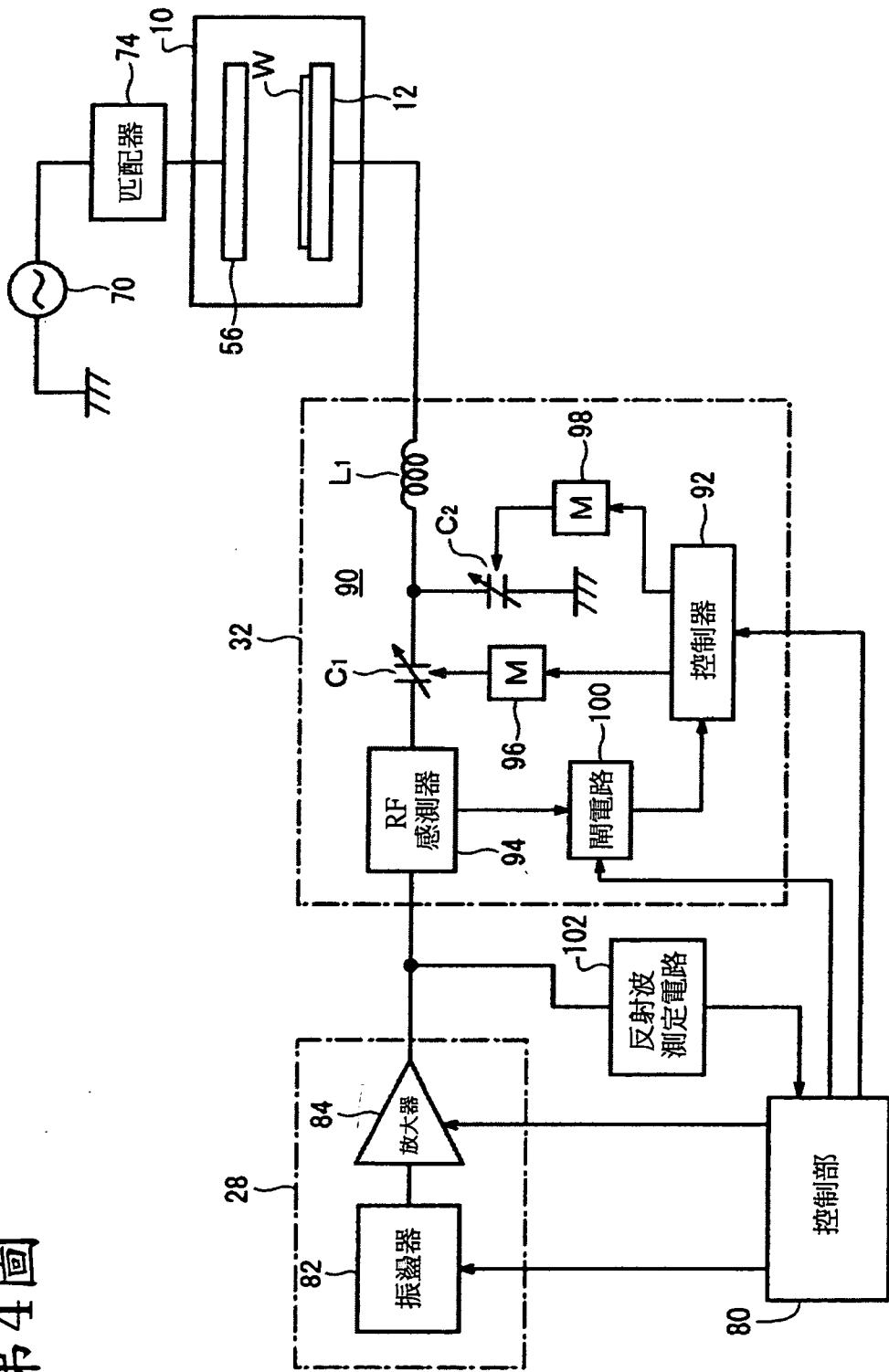
# 第2圖



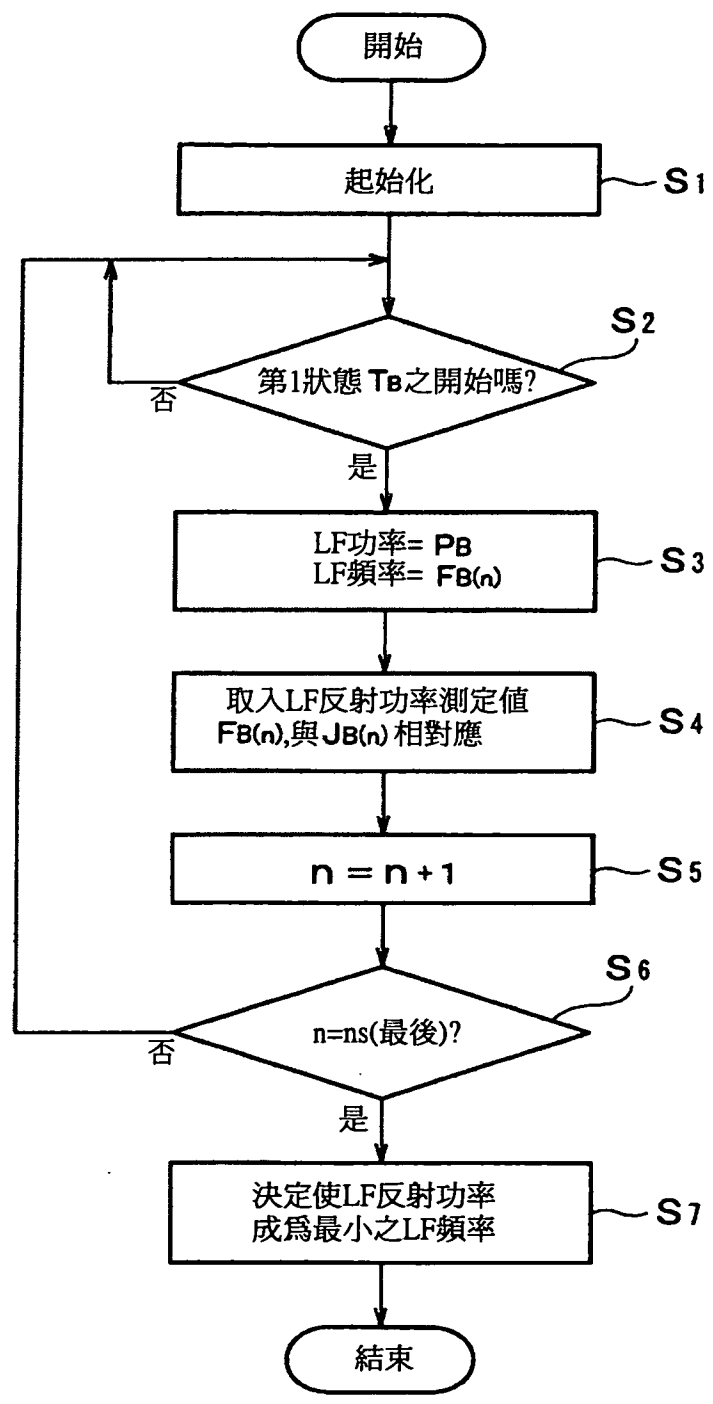
# 第3圖



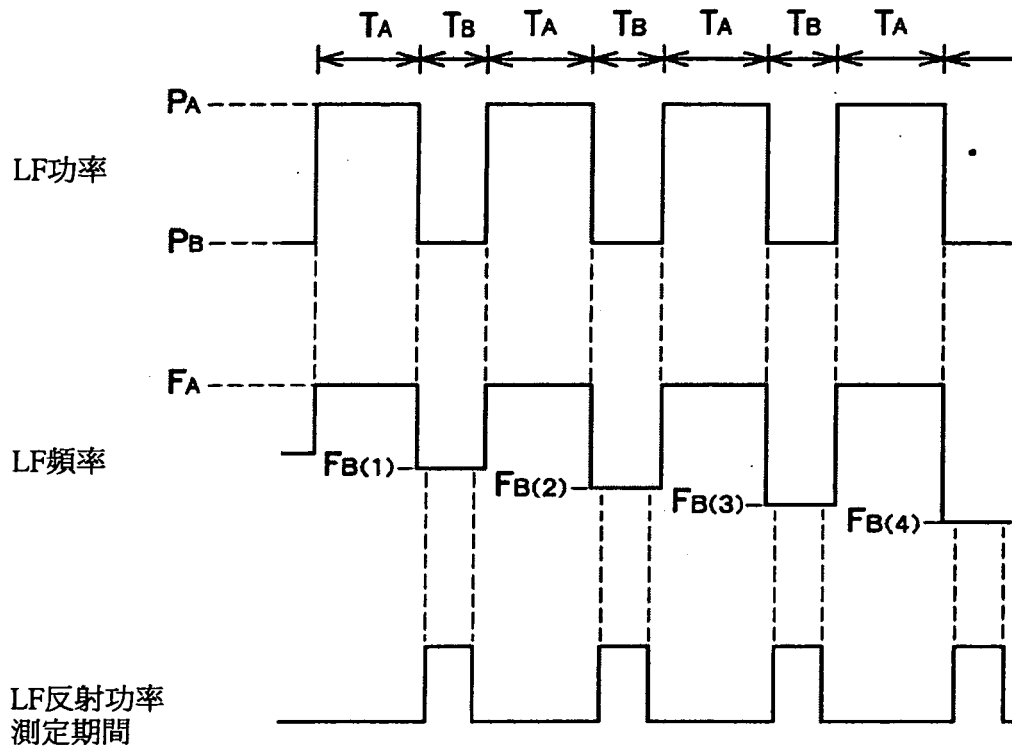
第4圖



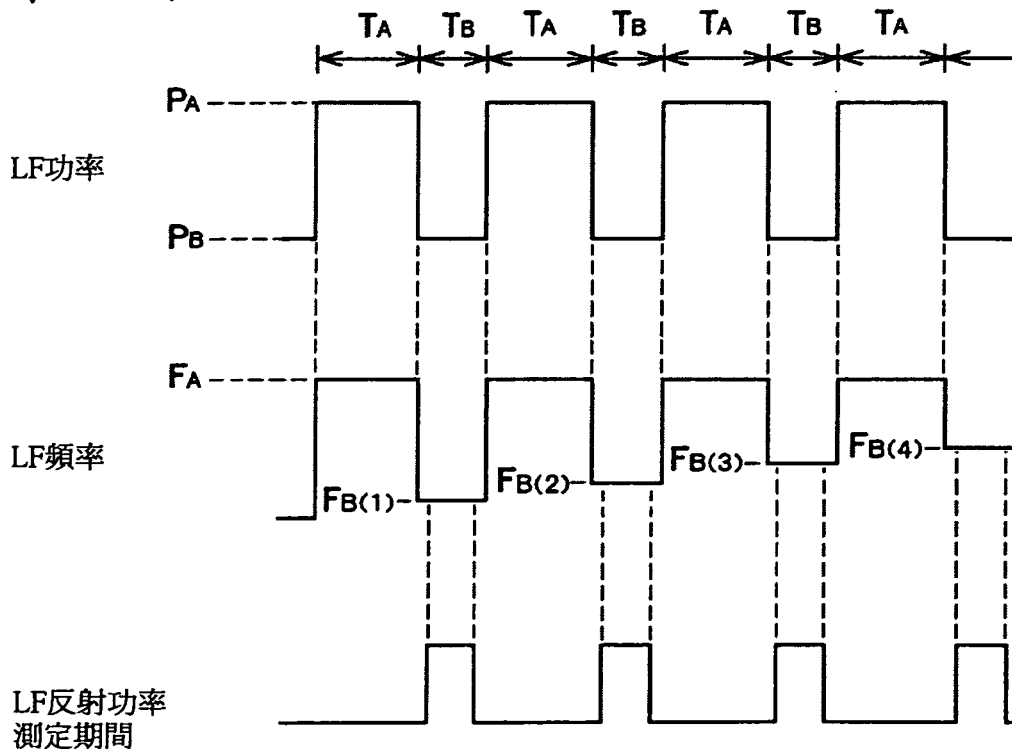
第5圖



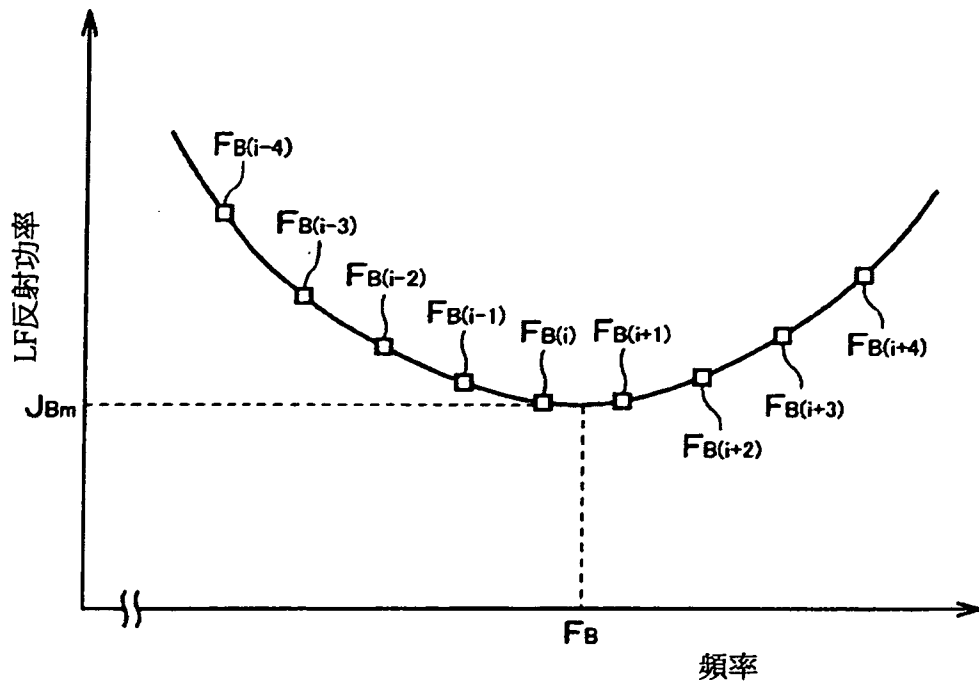
第6圖



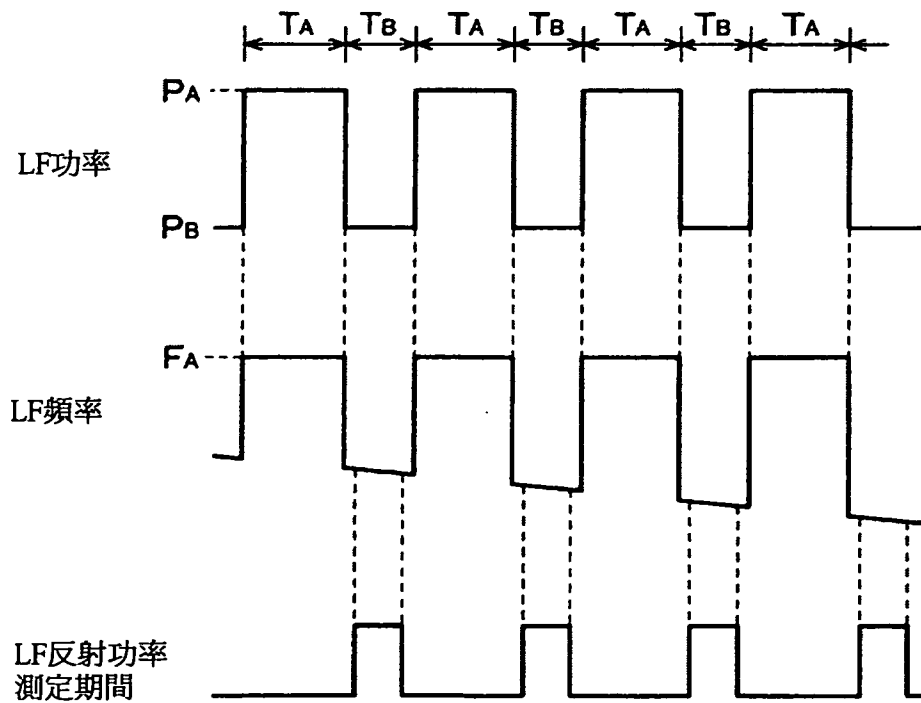
第7圖



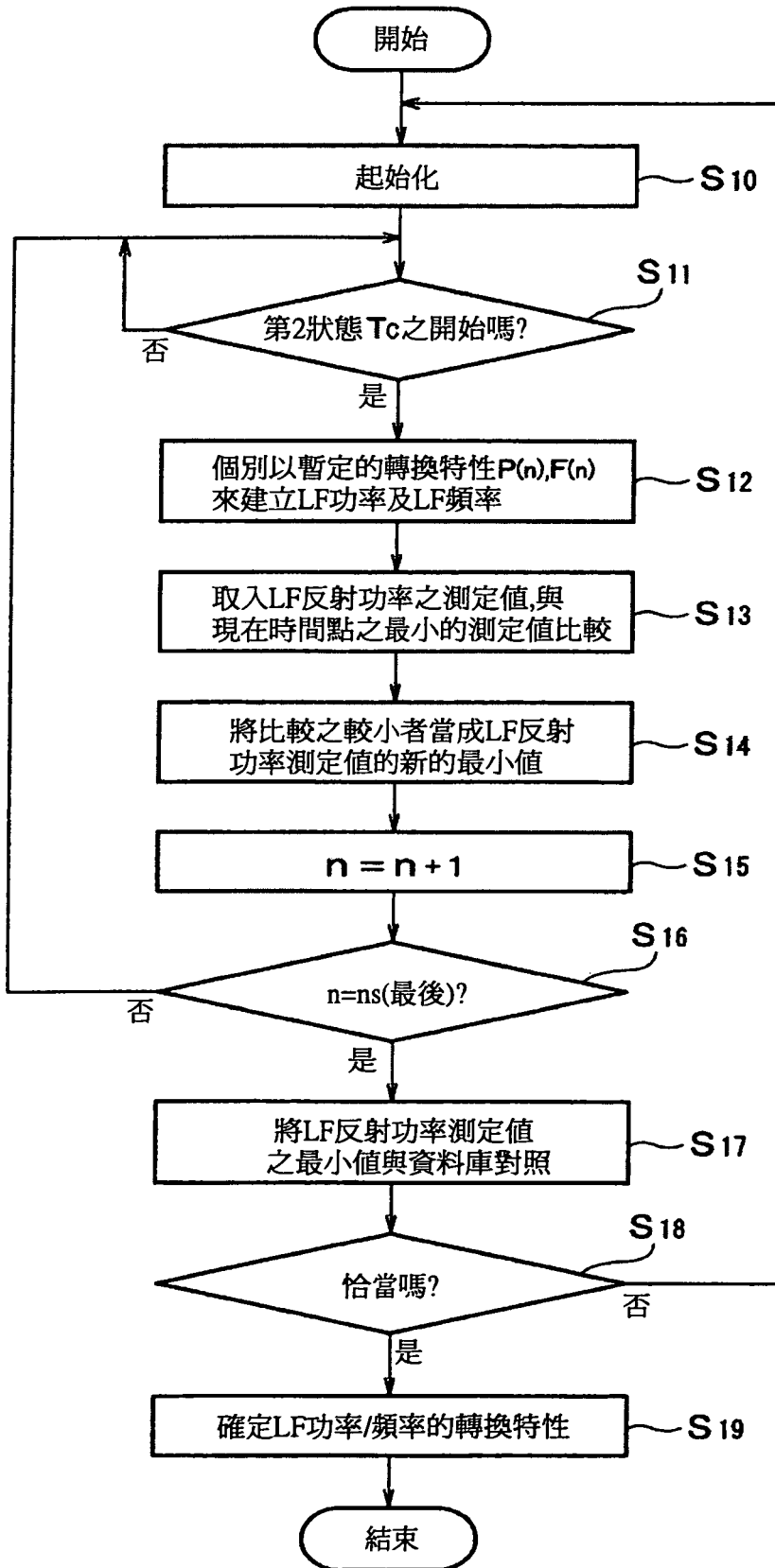
第8圖



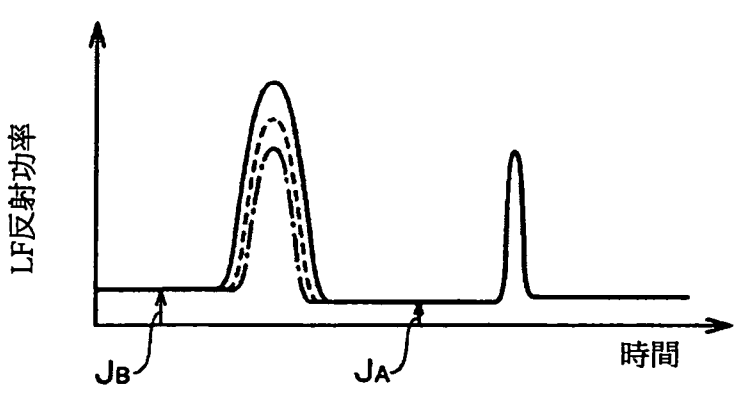
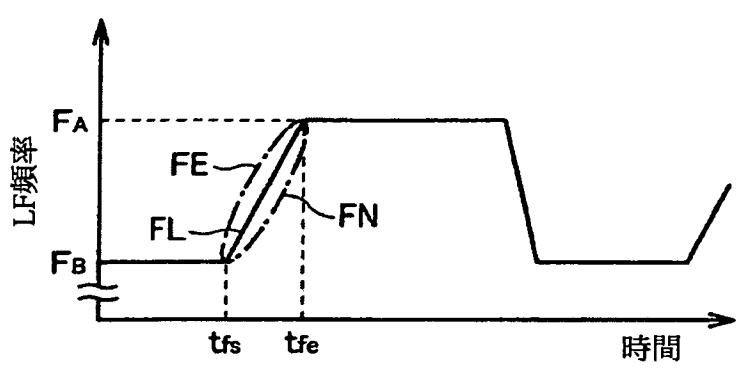
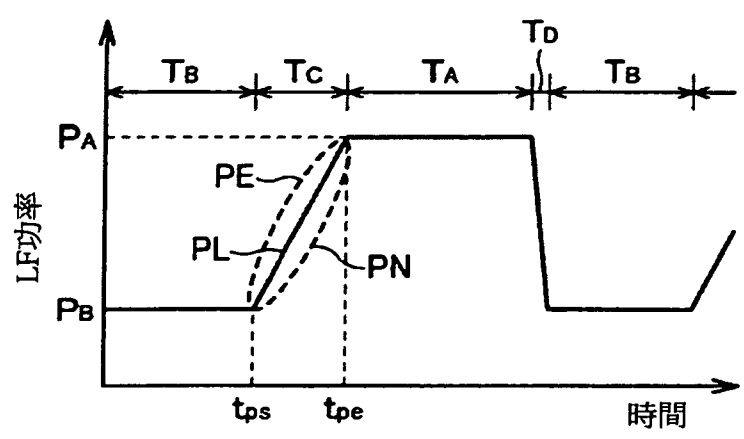
第9圖



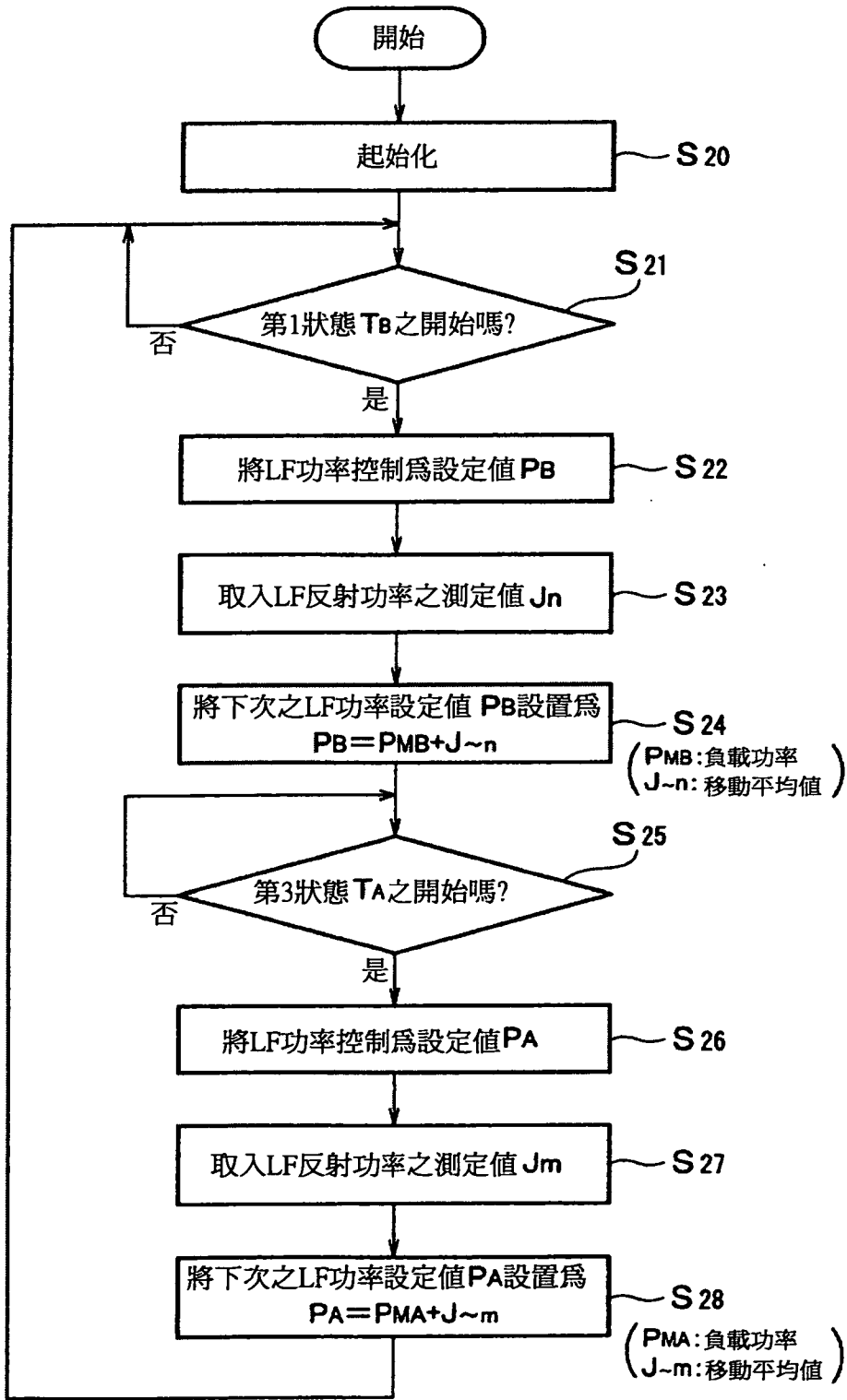
第10圖



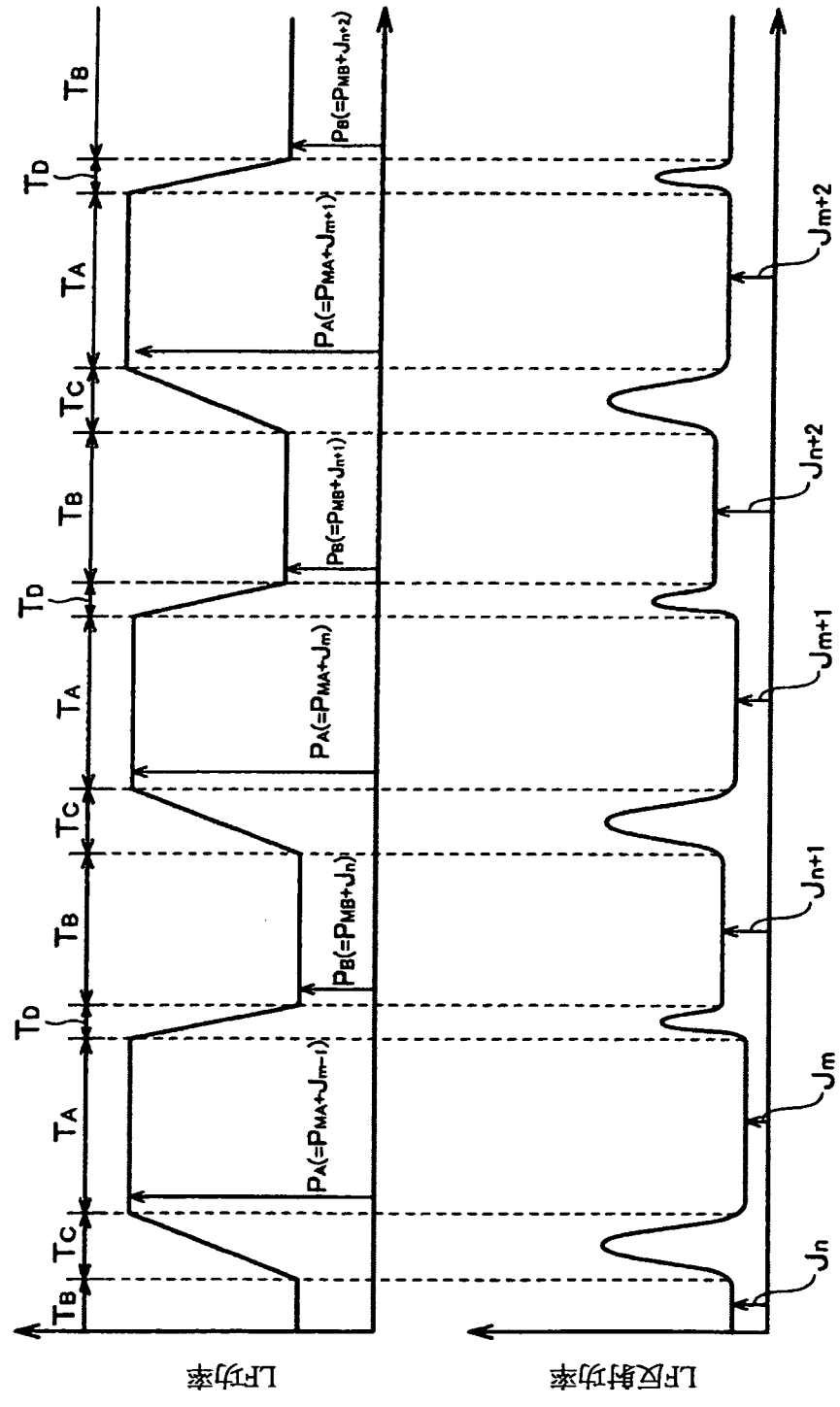
# 第11圖



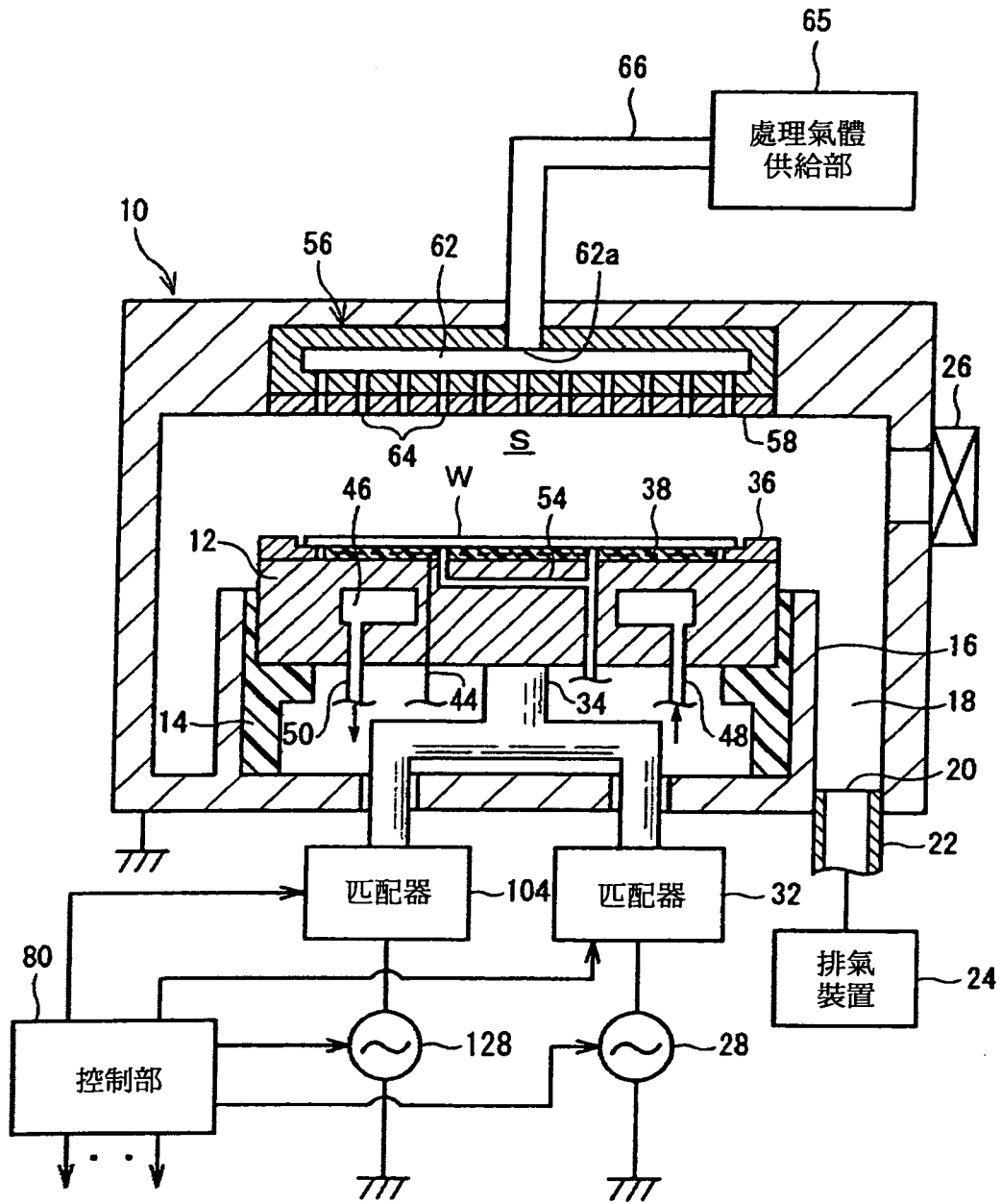
第12圖



第13圖

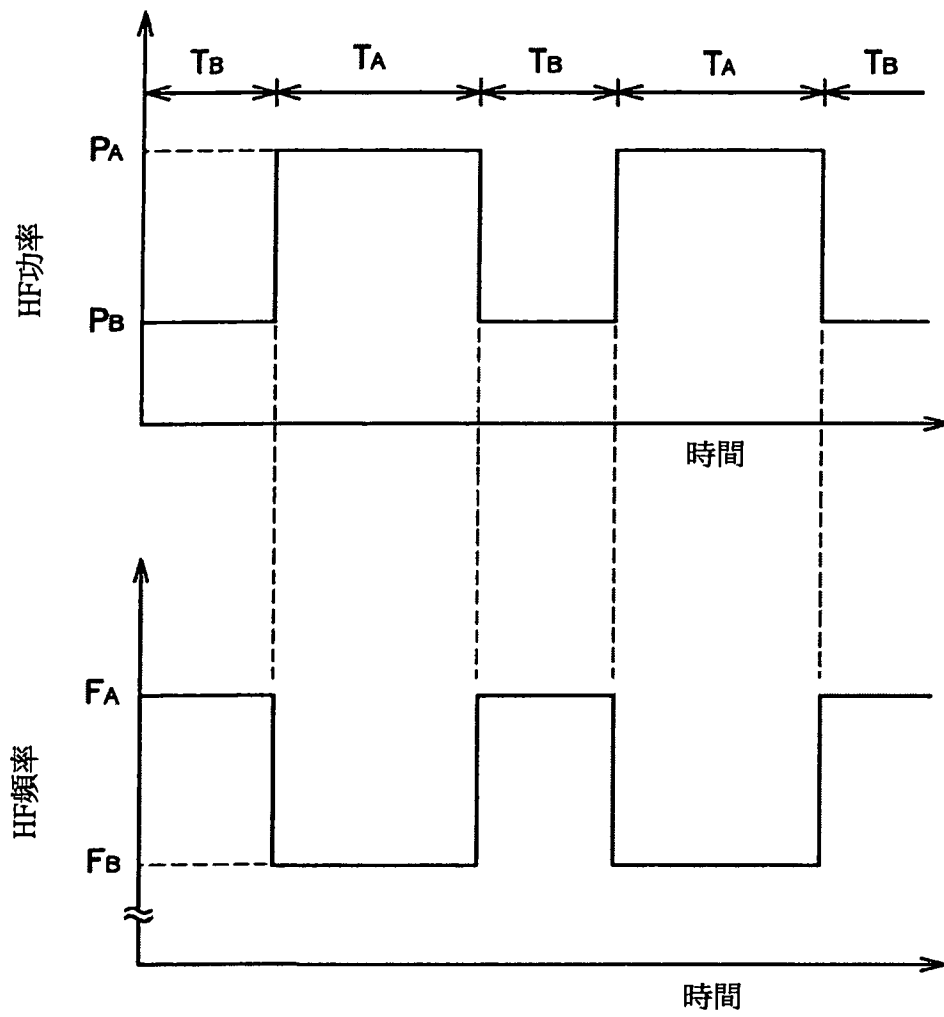


第14圖





第16圖



第17圖

