



(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 I880421 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 04 月 11 日

(21)申請案號：112141660

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 13 日

(51)Int. Cl. : H01L21/3065(2006.01)

H01J37/32 (2006.01)

H05H1/46 (2006.01)

(30)優先權：2018/06/22 日本

2018-119344

2019/06/05 日本

2019-105708

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司(日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本(72)發明人：興水地鹽 KOSHIMIZU, CHISHIO (JP)；平野太一 HIRANO, TAICHI (JP)；早坂
徹 HAYASAKA, TORU (JP)；久保田紳治 KUBOTA, SHINJI (JP)；丸山幸兒
MARUYAMA, KOJI (JP)；道菅隆 DOKAN, TAKASHI (JP)

(74)代理人：周良吉；周良謀

(56)參考文獻：

US 2016/0247666A1

US 2017/0162399A1

US 2018/0096822A1

審查人員：孫建文

申請專利範圍項數：26 項 圖式數：22 共 79 頁

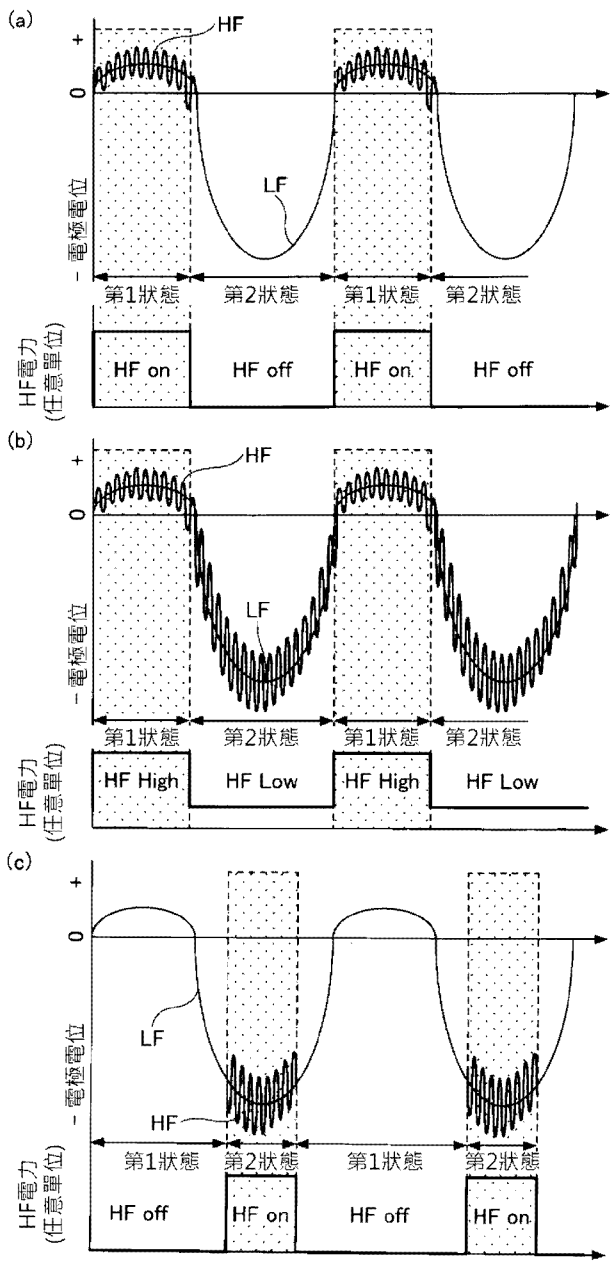
(54)名稱

電漿處理裝置、控制方法、處理器及非暫時性電腦可讀記錄媒體

(57)摘要

本發明之目的在於控制自由基與離子的量與質。為了達成上述目的，本發明提供一種具有載置被處理體的第 1 電極的電漿處理裝置的控制方法，其特徵為包含：對該第 1 電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟；該源功率，具有第 1 狀態與第 2 狀態；該控制方法更包含：第 1 控制步驟，其以與表示在該偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個的基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加該第 1 狀態與該第 2 狀態。

指定代表圖：



符號簡單說明：

HF:源功率的頻率(高頻)

High:高位準

LF:偏壓功率的頻率(低頻)

Low:低位準

off:切斷

on:導通

HF Power:HF 電力

圖 4



I880421

【發明摘要】

【中文發明名稱】 電漿處理裝置、控制方法、處理器及非暫時性電腦可讀
記錄媒體

【中文】

本發明之目的在於控制自由基與離子的量與質。為了達成上述目的，本發明提供一種具有載置被處理體的第1電極的電漿處理裝置的控制方法，其特徵為包含：對該第1電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟；該源功率，具有第1狀態與第2狀態；該控制方法更包含：第1控制步驟，其以與表示在該偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個的基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加該第1狀態與該第2狀態。

【指定代表圖】 圖4（a）～（c）

【代表圖之符號簡單說明】

HF:源功率的頻率(高頻)

High:高位準

LF:偏壓功率的頻率(低頻)

Low:低位準

off:切斷

on:導通

HF Power:HF電力

【特徵化學式】 無

第 1 頁，共 1 頁(發明摘要)

【發明說明書】

【中文發明名稱】 電漿處理裝置、控制方法、處理器及非暫時性電腦可讀
記錄媒體

【技術領域】

【0001】

本案係關於一種控制方法以及電漿處理裝置。

【先前技術】

【0002】

在蝕刻時，令所施加的離子吸引用的高頻電力與電漿產生用的高頻電力的導通（ON）、切斷（OFF）同步，以令離子到達多晶矽層上，進而令多晶矽層的蝕刻率均一的技術，已為吾人所習知（參照例如專利文獻1）。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0003】

[專利文獻1]日本特開平10－64915號公報

【發明內容】

[發明所欲解決的問題]

【0004】

在專利文獻1中，對處理容器內施加電漿產生用的高頻電力（亦即源功率）以及離子吸引用的高頻電力（亦即偏壓功率）這2個頻率相異的高頻電力以控制蝕刻率。

【0005】

本案提供一種控制自由基與離子的量與質的技術。

[解決問題的手段]

【0006】

若本案所揭示的一實施態樣，則提供出一種具有載置被處理體的第1電極的電漿處理裝置的控制方法，其特徵為包含：對該第1電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟；該源功率，具有第1狀態與第2狀態；該控制方法更包含：第1控制步驟，其以與表示該偏壓功率的高頻的周期的同步信號或在該偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個的基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加該第1狀態與該第2狀態。

[發明的功效]

【0007】

若根據本發明一實施態樣，便可控制自由基與離子的量與質。

【圖式簡單說明】**【0008】**

[圖1]係表示一實施態樣之電漿處理裝置的一例的圖式。

[圖2A]係表示一實施態樣之控制部的構造的一例的圖式。

[圖2B] (a) ~ (b) 係表示一實施態樣之以供電系統所附的感測器的相位信號進行控制時，或以與偏壓功率的高頻的周期同步的信號進行控制時的圖式。

[圖3]係表示一實施態樣之對應LF的一周期內的相位的HF的供給時序的一例的圖式。

[圖4] (a) ~ (c) 係表示一實施態樣之對應LF的一周期內的相位的HF的供給時序的一例的圖式。

[圖5]係表示一實施態樣之LF的一周期內的相位與電漿密度Ne以及自偏壓Vdc的關係的一例的圖式。

[圖6]係表示一實施態樣之反射波功率的一例的圖式。

[圖7]係表示一實施態樣之反射波功率的一例的圖式。

[圖8] (a) ~ (b) 係用來說明一實施態樣的變化實施例1的控制方法的圖式。

[圖9] (a) ~ (b) 係用來說明一實施態樣的變化實施例2的控制方法的圖式。

[圖10] (a) ~ (b) 係用來說明一實施態樣的變化實施例3的控制方法的圖式。

[圖11] (a) ~ (b) 係用來說明一實施態樣的變化實施例4的控制方法的圖式。

[圖12]係表示一實施態樣之IMD（交互調變失真）的一例的圖式。

[圖13A]係表示一實施態樣的變化實施例5-1的控制方法的時序圖。

[圖13B]係表示一實施態樣的變化實施例5-2的控制方法的時序圖。

[圖13C]係表示一實施態樣的變化實施例5-3的控制方法的時序圖。

[圖13D]係表示一實施態樣的變化實施例5-4的控制方法的時序圖。

[圖14]係表示一實施態樣的變化實施例6的控制方法的時序圖。

[圖15A]係表示一實施態樣的變化實施例7-1的控制方法的時序圖。

[圖15B]係表示一實施態樣的變化實施例7-2的控制方法的時序圖。

[圖15C]係表示一實施態樣的變化實施例7-3的控制方法的時序圖。

[圖15D]係表示一實施態樣的變化實施例7-4的控制方法的時序圖。

[圖16] (a) ~ (b) 係表示一實施態樣之源功率的反射波功率的一例的圖式。

[圖17]係用來說明一實施態樣的變化實施例8的控制方法的時序圖。

[圖18]係用來說明一實施態樣的變化實施例9的控制方法的時序圖。

[圖19]係用來說明一實施態樣的變化實施例10的控制方法的時序圖。

[圖20]係用來說明一實施態樣的變化實施例11的控制方法的時序圖。

[圖21]係表示一實施態樣的變化實施例12的控制方法的時序圖。

[圖22]係表示一實施態樣的變化實施例13的控制方法的時序圖。

【實施方式】

【0009】

茲針對用以實施本發明的態樣參照圖式進行說明。另外，在本說明書以及圖式中，針對實質上相同的構造，會附上相同的符號，並省略重複說明。

【0010】

以下，將源功率的頻率（高頻）亦稱為「HF」（High Frequency），將源功率亦稱為「HF電力」。另外，將比源功率的頻率更低的頻率的偏壓功率的頻率（高頻）亦稱為「LF」（Low Frequency），將偏壓功率亦稱為「LF電力」。

【0011】

〔前言〕

若對處理容器內施加電漿產生用的高頻電力（亦即源功率）與離子吸引用的高頻電力（亦即偏壓功率）這2個頻率相異的高頻電力，有時IMD（Intermodulation distortion，交互調變失真）會作為反射波功率而發生。

【0012】

IMD，不僅會發生匹配不良，為了反射耐性，且為了電漿的維持，變成會需要可置入比本來必要的高頻電力更大的電力的電容的高頻電源。因此，以往為了減少IMD的發生，會實行令使用於高頻電源的供電線的同軸纜線的纜線長度最佳化的步驟。

【0013】

然而，IMD，發生於HF電力的基本波及／或高諧波與LF電力的基本波及／或高諧波的和或差的頻率。因此，在令同軸纜線的纜線長度最佳化的方法中，即便可令特定的頻率的高頻電力的反射波功率減少，仍無法消除IMD所包含的從HF電力以及LF電力的基本波及／或高諧波的和或差所產生的其他頻率的反射波功率。

【0014】

另外，吾人認為，LF電力的頻率越低，越會在接近HF電力的基本波的頻率發生IMD，故應盡可能提高LF電力的頻率，以抑制在接近HF電力的基本波的頻率發生IMD。然而，近年來，尤其在高深寬比的蝕刻處理中，降低LF電力的頻率其程序結果較佳。亦即，欲將高深寬比的孔洞蝕刻得越深，其蝕刻率會越低，故係以令LF電力的頻率為更低的頻率且提高功率的方式實行。藉此，便可在高深寬比的蝕刻步驟中提高蝕刻率。然而，在該程序條件下，IMD會更進一步增加，故近年來的LF電力的高功率且低頻率化導致高頻電力的反射波功率提高。尤其，當對同一電極施加LF電力與HF電力時，高頻電力的反射波功率會增大。

【0015】

例如，圖12，係表示對已施加了LF電力的電極施加既定頻率的HF電力時所發生的反射波功率的一例。IMD的強度以與LF的Vpp（Peak to Peak，峰到峰）的相位同步的方式周期性地變化。例如，在圖12的例子中，在LF的電位為正的最大值附近，IMD大致為0W，亦即處於並未發生反射的狀態。另外，在LF的電位為負的範圍，IMD比較低。當LF的電位超過正的最大值之後往負值前進時，發生最大的反射波功率，IMD為最大。

【0016】

於是，本案發明人提出一種考慮IMD的發生時序以對應LF的相位的方式抑制IMD的發生的控制方法，以及實行該控制方法的電漿處理裝置。再者，本案發明人提出一種控制LF以及HF此等相異的2個頻率的高頻電力以控制自由基與離子的量與質的控制方法。

【0017】

〔電漿處理裝置的整體構造〕

首先，針對一實施態樣之電漿處理裝置1的一例，一邊參照圖1一邊進行說明。圖1，係表示一實施態樣之電漿處理裝置的一例的圖式。

【0018】

一實施態樣之電漿處理裝置1，係電容耦合型的平行平板電漿處理裝置，例如具有由表面經過陽極氧化處理的鋁所構成的圓筒狀的處理容器10。處理容器10接地。

【0019】

於處理容器10的底部，隔著由陶瓷等所構成的絕緣板12配置了圓柱狀的支持台14，在該支持台14之上例如設置了由鋁所構成的載置台16。載置台16構成下部電極，在其上隔著靜電夾頭18載置著被處理體（例如晶圓W）。

【0020】

於載置台16的頂面，設置了以靜電力吸附、保持晶圓W的靜電夾頭18。靜電夾頭18，具有以一對絕緣層或絕緣片夾住由導電膜所構成的電極20的構造。電極20與直流電源22連接。直流電源22所輸出的直流電壓，施加於電極20。利用其所產生的庫侖力等的靜電力將晶圓W吸附、保持於靜電夾頭18。

【0021】

在載置台16上，於晶圓W的周圍，例如配置了由矽所構成的導電性的邊緣環24。邊緣環24亦稱為聚焦環。於載置台16以及支持台14的側面，例如設置了由石英所構成的圓筒狀的內壁構件26。

【0022】

在支持台14的內部，例如設置了環狀的冷媒室28。從設置在外部的冷卻單元透過配管30a、30b將既定溫度的冷媒（例如冷卻水）循環供給到冷媒室28，利用冷媒的溫度控制載置台16上的晶圓W的處理溫度。另外，冷媒，係配管30a、30b所循環供給的溫度調整用媒體的一例，溫度調整用媒體，除了冷卻載置台16以及晶圓W之外，有時也會用來加熱。

【0023】

再者，來自導熱氣體供給機構的導熱氣體，例如He氣，透過氣體供給管線32供給到靜電夾頭18的頂面與晶圓W的背面之間。

【0024】

在載置台16的上方，以與載置台16互相對向的方式平行地設置了上部電極34。上部電極34與下部電極之間的空間成為電漿處理空間。上部電極34，形成與載置台16上的晶圓W互相對向並與電漿處理空間互相接觸的面，亦即對向面。

【0025】

上部電極34，在處理容器10的上部被絕緣性的遮蔽構件42所支持。上部電極34包含：構成與載置台16互相對向的面且具有複數個氣體吐出孔37的電極板36；以及以隨意裝卸的方式支持該電極板36並由導電性材料（例如表面經過陽極氧化處理的鋁）所構成的電極支持體38。電極板36，例如亦可由矽或SiC所形成。在電極支持體38的內部，設置了氣體擴散室40，複數個氣體通流孔41從該氣體擴散室40往下方延伸並與氣體吐出孔37連通。

【0026】

於電極支持體38形成了將處理氣體引導至氣體擴散室40的氣體導入口62，該氣體導入口62與氣體供給管64連接，氣體供給管64與處理氣體供給源66連接。於氣體供給管64，從上游側開始依序設置了質量流量控制器（MFC）68以及開閉閥70。然後，從處理氣體供給源66供給蝕刻用的處理氣體。處理氣體，從氣體供給管64流到氣體擴散室40，經由氣體通流孔41從氣體吐出孔37淋浴狀地吐出到電漿處理空間。如是，上部電極34發揮作為用來供給處理氣體的噴淋頭的功能。

【0027】

上部電極34，與可變直流電源50連接，來自可變直流電源50的直流電壓施加於上部電極34。可變直流電源50的極性以及電流、電壓，還有令電流或電壓為導通（ON）、切斷（OFF）的電子開關的控制，由控制部200所控制。

【0028】

載置台16，透過供電棒47以及匹配器46與第1高頻電源48連接。第1高頻電源48，對載置台16施加LF電力。藉此，離子被吸引到載置台16上的晶圓W。第1高頻電源48，輸出200kHz～13.56MHz的範圍內的頻率的LF電力。匹配器46令第1高頻電源48的內部阻抗與負載阻抗互相匹配。

【0029】

載置台16，透過供電棒89以及匹配器88與第2高頻電源90連接。第2高頻電源90，對載置台16施加HF電力。HF的頻率，比LF的頻率更高，從第2高頻電源90輸出13.56MHz以上的頻率的HF電力。例如，相對於400kHz的LF電力，可輸出頻率較高的100MHz的HF電力。匹配器88，令第2高頻電源90的內部阻抗與負載阻抗互相匹配。載置台16，亦可與令既定高頻接地用的濾波器94連接。另外，亦可將第2高頻電源90所供給的HF電力，施加於上部電極34。

【0030】

於處理容器10的底部設置了排氣口80，該排氣口80透過排氣管82與排氣裝置84連接。排氣裝置84，具有渦輪分子泵等的真空泵，可將處理容器10內部減壓至吾人所期望的真空度。另外，於處理容器10的側壁設置了晶圓W的搬入搬出口85，該搬入搬出口85可由閘閥86開啟或關閉。另外，沿著處理容器10的內壁以隨意裝卸的方式設置了用來防止蝕刻副產物（沉積物）附著於處理容器10的沉積物擋板11。亦即，沉積物擋板11構成處理容器的壁部。另外，沉積物擋板11，亦設置於內壁構件26的外周圍。在處理容器10的底部的處理容器的壁側的沉積物擋板11與內壁構件26側的沉積物擋板11之間設置了排氣板83。可使用對鋁材被覆了 Y_2O_3 等陶瓷的構件，作為沉積物擋板11以及排氣板83。

【0031】

當欲在該等構造的電漿處理裝置1中實行蝕刻處理時，首先，令閘閥86處於開啟狀態，經由搬入搬出口85將作為蝕刻對象的晶圓W搬入到處理容器10內，並載置在載置台16上。然後，從處理氣體供給源66將蝕刻用的處理氣體以既定的流量供給到氣體擴散室40，並經由氣體通流孔41以及氣體吐出孔37供給到處理容器10內。另外，利用排氣裝置84將處理容器10內的氣體排出，令其中的壓力成為例如在0.1～150Pa的範圍內的設定值。在此，作為處理氣體，可採用以往使用的各種氣體，例如可採用 C_4F_8 氣體等的含有鹵素元素的氣體為較佳的態樣。再者，亦可含有Ar氣或 O_2 氣體等其他的氣體。

【0032】

在像這樣將蝕刻氣體導入到處理容器10內的狀態下，從第2高頻電源90對載置台16施加HF電力。另外，從第1高頻電源48對載置台16施加LF電力。另外，從可變直流電源50對上部電極34施加直流電壓。另外，從直流電源22對電極20施加直流電壓，將晶圓W吸附保持於載置台16。

【0033】

從上部電極34的氣體吐出孔37所吐出的處理氣體，主要被HF電力解離以及電離而產生電漿。晶圓W的被處理面因為電漿中的自由基或離子而受到蝕刻。另外，藉由對載置台16施加LF電力，便可控制電漿中的離子，以擴大能夠蝕刻出高深寬比之孔洞等的電漿控制餘裕。

【0034】

於電漿處理裝置1，設置了控制裝置整體動作的控制部200。控制部200，依照儲存於ROM（Read Only Memory，唯讀記憶體）以及RAM（Random Access Memory，隨機存取記憶體）等記憶體的配方，實行蝕刻等吾人所期望的電漿處理。在配方中，設定了相對於程序條件的裝置控制資訊，亦即程序時間、壓力（氣體的排氣）、高頻電力或電壓、各種氣體流量、處理容器內溫度（上部電極溫度、處理容器的側壁溫度、晶圓W溫度、靜電夾頭溫度等）、從冷卻器所輸出的冷媒的溫度等。另外，表示該等程式或處理條件的配方，亦可記憶於硬碟或半導體記憶體。另外，配方，亦可在被收納於CD-ROM、DVD等的可攜式的電腦可讀取記錄媒體的狀態下將其設置於既定位置並讀取之。

【0035】

亦可以令HF的電力的導通（ON）、切斷（OFF）或高位準（High）、低位準（Low），與偏壓功率的高頻的周期的同步信號或在偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個的一周期內的相位同步的方式，進行控制。例如，控制部200，亦可以令HF的電力的導通（ON）、切斷（OFF）或高位準（High）、低位準（Low）與LF的電壓或電流的一周期內的相位同步的方式，進行控制。藉此，便可控制離子與自由基的量與質。另外，可減少IMD的發生。

【0036】

偏壓功率的供電系統，係指第1高頻電源48→匹配器46→供電棒47→載置台16→（電漿）→上部電極34→（地面）。在偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個，係指在從第1高頻電源48經由匹配器46的內部以及供電棒47到達載置台16的部分與上部電極34所測定到的電壓、電流或電磁場。

【0037】

另外，亦將與偏壓功率的高頻的周期同步的信號的狀態，或在偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個，稱為「基準電氣狀態」。HF電力（源功率），係以「與基準電氣狀態的一周期內的相位同步並以後述的第1狀態與第2狀態交互地施加」的方式受到控制。

【0038】

其中，當以在偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個為「基準電氣狀態」時，基準電氣狀態，宜為在從載置台16到經由供電棒47所連接的匹配器內部的其中任一個構件所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個。

【0039】

關於在偏壓功率的供電系統測定基準電氣狀態的方法，可列舉出於偏壓功率的供電系統的其中任一個零件的附近設置電壓探針、電流探針、BZ探針（測量感應磁場的探針）以測量各零件的電壓、電流或感應磁場的方法，作為一例。

【0040】

例如，圖2B（a），係以在偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個為「基準電氣狀態」時的一例。例如在圖2B（a）中，處理器100，從安裝於供電系統的VI探針等的感測器輸入HF的電壓或電流、LF的電壓或電流、HF的相位信號或LF的相位信號的其中任一個。處理器100，與表示所

輸入的HF的電壓或電流、LF的電壓或電流、HF的相位信號或LF的相位信號的其中任一個的基準電氣狀態的一周期內的相位同步，以第1狀態與第2狀態交互地施加源功率。

【0041】

處理器100，亦可不根據來自感測器的信號而產生與從第1高頻電源48所輸出的偏壓功率的高頻的周期同步的信號。此時，可以該信號的狀態為基準電氣狀態。另外，可省略在偏壓功率的供電系統測定基準電氣狀態的步驟。例如在圖2B(b)中，處理器100，從第1高頻電源48輸入關於LF的相位信號（小電力波形）或偏壓功率的資訊的信號，並根據該輸入信號產生與偏壓功率的高頻的周期同步的信號。處理器100，將所產生的信號輸出到第2高頻電源90。第2高頻電源90，根據該信號以第1狀態與第2狀態交互地施加源功率。

【0042】

另外，處理器100，亦可不根據來自第1高頻電源48的信號而產生與偏壓功率的高頻的周期同步的信號。此時，處理器100，產生具有例如圖3的LF所示的周期的信號，同時產生與該信號同步的例如圖3的HF所示的導通（ON）、切斷（OFF）信號。處理器100，將所產生的信號輸出到第1高頻電源48以及第2高頻電源90。第1高頻電源48，根據該信號輸出偏壓功率。第2高頻電源90，根據該信號以第1狀態與第2狀態交互地施加源功率。

【0043】

另外，載置台16，係載置晶圓W的第1電極的一例。上部電極，係與第1電極互相對向的第2電極的一例。第1高頻電源48，係對第1電極供給LF電力的偏壓電源的一例。第2高頻電源90，係對第1電極或第2電極供給比LF電力更高頻率的HF電力的源電源的一例。控制部200，係控制偏壓電源以及源電源的制御部的一例。亦將施加偏壓功率的下部電極（載置台16）的電位稱為電極電位。

【0044】

〔控制部的構造〕

針對控制部200的具體構造，參照圖2A進行說明。控制部200，具有：處理器100、信號產生電路102、方向性耦合器105、108、反射檢出器111，以及示波器112。

【0045】

於第1高頻電源48的供電線，在第1高頻電源48與匹配器46之間連接了方向性耦合器105。於第2高頻電源90的供電線，在第2高頻電源90與匹配器88之間連接了方向性耦合器108。

【0046】

方向性耦合器105，將LF的行進波功率（Pf）的一部分賦與示波器112。另外，方向性耦合器108，將HF的行進波功率以及反射波功率的一部分賦與示波器112。

【0047】

在一實施態樣中，示波器112所顯示的LF的頻率，例如為400kHz，HF的頻率，例如為100MHz。藉此，在示波器112，可觀察到LF的行進波功率的波形，與HF的行進波功率的波形以及HF的反射波功率的波形。

【0048】

另外，方向性耦合器108，將HF的反射波的一定比例分離，賦與反射檢出器111。反射檢出器111，例如，由頻譜分析儀、功率計等所構成，測量何等波長的IMD（Intermodulation distortion，交互調變失真）發生到何種程度或係何種程度的反射波功率。IMD，係指對應對電漿處理裝置1的上部電極或下部電極施加HF電力（在一實施態樣中為下部電極）並對下部電極施加LF電力所產生的LF的

基本波及／或高諧波與HF的基本波及／或高諧波的和或差的頻率所產生的來自電漿側的反射波功率。

【0049】

方向性耦合器105，將LF的行進波功率的一部分賦與處理器100。處理器100，作成與LF的行進波功率同步的HF用的同步信號。例如，處理器100，亦可與LF的行進波的正的時序同步作成HF用的同步信號。另外，亦可取代方向性耦合器105，而將用VI探針等的感測器所檢出的LF的波形，賦與處理器100。

【0050】

處理器100，將所作成的同步信號賦與信號產生電路102。信號產生電路102，根據被賦與的同步信號產生與LF的行進波功率同步的控制信號，並將其賦與第2高頻電源90以及第1高頻電源48。

【0051】

控制信號的產生方法，有以下2種。當第1高頻電源48為一般電源時，方向性耦合器105將第1高頻電源48所輸出的LF的電壓或電流的一部分取出作為波形，輸入處理器100。然而，並非僅限於此，處理器100，亦可從第1高頻電源48直接輸入LF的電力等的一部分。處理器100，根據所輸入的波形的信號作成具有任意的延遲與任意的振幅的導通（ON）信號，並發送到信號產生電路102。導通（ON）信號，為同步信號的一例。

【0052】

信號產生電路102，在導通（ON）信號的期間，為了令HF的電力產生，對第2高頻電源90發送指令信號。指令信號，因應第2高頻電源90的輸入態樣，在導通（ON）信號的期間，使用令HF的電力產生的控制信號或導通（ON）信號本身。

【0053】

當第1高頻電源48為將LF的電力、電壓或電流增幅的放大器時，亦可不使用來自方向性耦合器105的信號，而係信號產生電路102將第1高頻電源48所輸出的LF的電力等的一部分取出作為波形，並根據該波形的信號作成具有任意的延遲與任意的振幅的導通（ON）信號。信號產生電路102，將該波形的信號以及導通（ON）信號發送到第2高頻電源90。

【0054】

然而，以上的控制信號的產生方法僅為一例，不限於此。只要可根據所賦與的同步信號產生以與基準電氣狀態的一周期內的相位（LF的電壓或電流的一周期內的相位、電極電位等）同步交互地施加HF的電力的導通（ON）、切斷（OFF）或高位準（High）、低位準（Low）的方式進行控制的控制信號，便不限於圖2A所示的控制部200的電路，而可使用其他的硬體或軟體。

【0055】

第1高頻電源48的放大器，將400kHz的LF的調變信號的振幅（amplitude modulation，AM，振幅調變）增幅，供給到下部電極。第2高頻電源90的放大器，將100MHz的HF的調變信號的振幅增幅，供給到下部電極。

【0056】

圖3，係表示LF的電壓或電流的波形與對應LF的電壓或電流為正的時序所施加的HF的電壓或電流的一例的圖式。當從下方算起第2個波形所示的電極電位為正時，HF的電壓或電流被控制為正值[導通（ON）]。當電極電位為負時，HF的電壓或電流被控制成0[切斷（OFF）]。基本上，LF的電壓或電流決定電極電位，故在LF的電壓或電流為負的時序，HF的電壓或電流為切斷（OFF）；在LF的電壓或電流為正的時序，HF的電壓或電流為導通（ON）。

【0057】

處理器100，亦可作成於包含電極電位為正的時序在內的時間帶控制HF的電力的同步信號。然而，處理器100，不限於此，亦可作成於包含電極電位最深度為負的時序在內的短暫時間控制HF的電力的同步信號。

【0058】

〔 HF的電力的供給時序 〕

接著，針對一實施態樣之HF的電力的供給時序，一邊參照圖4一邊進行說明。圖4，係表示一實施態樣之HF的電力的供給時序的一例的圖式。

【0059】

圖4 (a) ~ (c) 的縱軸，係表示電極的電位。電極的電位與晶圓的電位大致相同。電極的電位係LF以及HF的電壓重疊時的電位。在此，LF的頻率為400kHz的LF電壓的 V_{pp} ，比HF的頻率為100MHz的HF電壓的 V_{pp} 更大得多。因此，基本上，LF的電壓決定電極電位，並以HF的電壓的 V_{pp} 的幅度（振幅）振動。

【0060】

關於電極上的鞘層，基本上亦依照LF的電壓而決定鞘層的厚度。LF的電壓為負時的電極電位，因為所謂的自偏壓電壓 V_{dc} ，比LF的電壓為正時的電極電位更深地為負。當電極電位相對於接地電位位於正電位時很接近電漿電位，故高速的一部分的電子可能會流入電極，當相對於接地電位位於負電位時離子會流入。

【0061】

電極因為阻隔電容器（在一實施態樣中為匹配器）而從地面浮接，故流入電極的電子不會流到地面。因此，電極的表面相對於電漿在位於正電位的周期（半循環）電子流入電極並逐漸累積。然而，因為所累積的電子的關係電極的表面帶負電而相對於電漿產生負的偏壓。因為該負的偏壓，離子會流入電極的表面。因此，於電極的表面形成鞘層。

【0062】

最終，電極的表面接近電漿電位，此時所流入的電子與因為負的偏壓而常態性流入的離子取得平衡時的電極的電位的DC分量為自偏壓電壓Vdc。

【0063】

圖3，將對應LF的相位的電極電位、對應LF的相位的電漿電位、鞘層厚度以及阻抗Z以示意方式表示。電漿電位，比處理容器10內的最高電位更高一些。因此，電漿電位，在電極電位為正時比電極電位更高一些，在電極電位為負時若處理容器10的壁面的電位為0，則比壁面的電位0更高一些。

【0064】

因為自偏壓電壓Vdc的關係在LF的電壓為負時電極電位會深度地為負，此時，由於鞘層的厚度與電壓成正比，故在電極電位為負時係對電極施加很大的電壓，鞘層的厚度會變厚。相對於此，在電極電位為正時，相較於在電極電位為負時，係對電極施加較小的電壓，故鞘層的厚度會變薄。

【0065】

在一實施態樣中，會對載置台16（下部電極）施加LF電力與HF電力，故圖4所示的電極電位為下部電極的電位。對應LF的相位載置台16上的鞘層的厚度存在大致平坦的較薄狀態的時序與鞘層較厚的狀態的時序。因此，若將鞘層假定為電容，則在鞘層較薄時電容的電容量會變大，且因為阻抗 $Z = 1/\omega C$ ，故鞘層的阻抗Z會降低。亦即，當電極電位為正時，鞘層較薄，故阻抗Z較低，且大致為一定。另一方面，當電極電位為負時，鞘層較厚，故阻抗Z較高，且變化較大。再者，阻抗Z，係由LF的電壓大致決定。根據以上所述，HF電力的阻抗匹配的難度會提高。尤其，當電極電位為負時，亦即當LF的電壓為負時，阻抗較高且變化較大，故HF電力的阻抗匹配的難度會提高。

【0066】

對於該等阻抗 Z 的變動，實行相對於HF電力的阻抗匹配的匹配器88，雖可利用馬達的運作追隨到最大為1Hz左右的頻率，惟若為其以上的頻率，則欲追隨並取得匹配會變得很困難，而會變成與因為LF的相位而時刻地變化的阻抗的其中一個時序匹配。在該狀態下，匹配器88，無法在所匹配的一個時序以外的其他相位取得匹配，故IMD的反射波功率較大。

【0067】

於是，在一實施態樣中，如圖4（a）以及圖4（b）所示的，當電極電位為正時將HF的電力控制成導通（ON）或高位準（High），當電極電位為負時將HF的電力控制成切斷（OFF）或低位準（Low）。

【0068】

在一實施態樣中，當電極電位為正時，阻抗 Z 大致為一定，故在該時序若供給HF的電力便容易取得匹配。因此，在該時序將HF電力控制成導通（ON）或高位準（High）。另一方面，當電極電位為負時，阻抗較高且變化較大，故在該時序即使供給HF的電力也難以取得匹配。因此，在該時序將HF電力的供給控制成切斷（OFF）或低位準（Low）。藉此，便可減少IMD的發生。

【0069】

如圖4（b）所示的，將HF的電力控制成高位準（High）或低位準（Low）的態樣，由於在電極電位為負的時序並未將HF的電力控制成切斷（OFF）而係將其保持在低位準（Low），故相較於將HF的電力控制成導通（ON）或切斷（OFF）的態樣而言，更可抑制電漿密度的減少。另外，藉由令在電極電位為負的時序所施加的HF的電力，比在電極電位為正的時序所施加的HF的電力更小，便可抑制IMD的發生。

【0070】

然而，與電極電位為正的時序一致令HF的電力為導通(ON)或高位準(High)的控制方法僅為一例，不限於此。亦可在基準電氣狀態的相位的至少一部分為正時，將HF的電力控制成導通(ON)或高位準(High)。另外，亦可在基準電氣狀態的相位的至少一部分為負時，將HF的電力控制成導通(ON)或高位準(High)。換言之，HF電力(源功率)具有第1狀態與比第1狀態更小的第2狀態；第1狀態的期間，亦可包含基準電氣狀態的相位為峰值的時序在內。此時的峰值，可為正的峰值，亦可為負的峰值。另外，第1狀態的期間，亦可包含基準電氣狀態的相位的至少一部分為正的時序在內。另外，第1狀態的期間，亦可包含基準電氣狀態的相位的至少一部分為負的時序在內。另外，HF的電力，除了與基準電氣狀態的相位為正的時序一致的矩形波之外，亦可施加包含上升的緩升波形或下降的緩降波形的至少其中任一種在內的大略矩形波。另外，HF的電力，亦可在從基準電氣狀態的相位為正的時序往後偏移既定時間的時序或往前偏移既定時間的時序的至少其中任一個時序施加。

【0071】

關於令HF的電力從基準電氣狀態的相位為正的時序偏移既定時間的控制方法的適用例可列舉出以下的態樣。若僅在基準電氣狀態的相位為正時施加HF的電力，則離子能量會減小。根據蝕刻種類的不同，有時吾人會期望離子能量更大的程序。在此情況下，施加HF的電力，直到LF的基準電氣狀態由正轉負且可獲得吾人所期望的大小的離子能量的時序為止。藉此，便可實現離子能量較大的程序。

【0072】

另外，亦可以基準電氣狀態的相位為正的時序為基準，以令HF的電力供給縮短或拉長既定時間的方式調整供給HF的電力的時間帶。例如，HF的電力的供給，除了基準電氣狀態的相位為正的時序之外，更可在其前與後加上既定時間。

【0073】

亦可在基準電氣狀態的相位為負的時序供給HF的電力。然而，在基準電氣狀態的相位為負的時序阻抗較高，且會隨著時間而變化。因此，此時，在基準電氣狀態的相位為負的時序，宜在更短的時間帶將HF的電力控制成導通（ON）。例如宜用具有閘極功能或延遲功能的電路調整施加HF的電力的時序或時間帶。亦可用以「事先測量基準電氣狀態的一周期中的反射強度，並根據測量結果，在LF的電力的反射較少的時序施加HF的電力」的方式具有自動調整功能的電路，進行控制。

【0074】

例如，亦可如圖4（c）所示的，在電極電位為負的時序，於包含電極的自偏壓Vdc為最大負值的時間在內的短暫時間帶，令HF的電力為導通（ON）或高位準（High），並在其以外的時間帶令HF的電力為切斷（OFF）或低位準（Low）。另外，亦可事前檢出反射波功率，並依照其大小，在反射波功率較多的時間帶令HF的電力為切斷（OFF）或低位準（Low），並在反射波功率較少的時間帶令HF的電力為導通（ON）或高位準（High）。藉由在圖4（c）所示的包含電極電位為最大負值的時間在內的時間帶短時間施加HF的電力，便可在HARC（High Aspect Ratio Contact，高深寬比接觸）等特定的蝕刻中，實現較強的離子注入。藉此，便可實現提高蝕刻速度或優化蝕刻形狀之目的。

【0075】

如以上所說明的，根據一實施態樣之電漿處理裝置1的控制方法，與基準電氣狀態的一周期內的相位同步，控制HF的電力的導通（ON）、切斷（OFF）或高位準（High）、低位準（Low）。藉此，便可減少IMD的發生。另外，可控制離子能量，並控制自由基與離子的量與質。

【0076】

另外，如圖3以及圖4(a)～圖4(c)所例示的，將HF的電力控制成導通(ON)或高位準(High)的狀態，為第1狀態的一例；將HF的電力控制成切斷(OFF)或低位準(Low)的狀態，為第2狀態的一例。

【0077】

在一實施態樣之電漿處理裝置1的控制方法中，包含第1控制步驟，其以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加第1狀態與第2狀態。第2狀態只要比第1狀態更小即可，第2狀態的電力可為0，亦可為0以外且比第1狀態更小的值。

【0078】

〔功效的一例〕

接著，針對以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式控制HF的電力的導通(ON)、切斷(OFF)或高位準(High)、低位準(Low)的功效的一例，參照圖5～圖7進行說明。圖5的折線圖，係表示一實施態樣之LF的相位、電漿密度Ne以及自偏壓的絕對值 $|V_{dc}|$ 的關係的一例的圖式。圖6以及圖7，係表示一實施態樣之反射波功率的一例的圖式。

【0079】

圖5的折線圖，係對基準電氣狀態的一周期，以該一周期的約40%的時間帶，改變相位並周期性地施加、測量HF的電力的實測結果，於折線圖的左邊的縱軸表示電漿密度Ne(cm^{-3})，於右邊的縱軸表示自偏壓的絕對值 $|V_{dc}|$ (V)。當對電漿處理裝置1的下部電極重疊地施加HF的電力與LF的電力時，在LF的周期，下部電極的鞘層會發生變動，其結果，阻抗Z會發生變化，電漿密度Ne以及自偏壓Vdc會發生變動。

【0080】

當在電極電位為正的時序令HF的電力為導通（ON），且在電極電位為負的時序令HF的電力為切斷（OFF）時（參照圖5的左上圖），如圖5的下方的折線圖的區域a所示的，電漿密度Ne會升高，故可提高電漿產生效率。另外，在區域a中，自偏壓的絕對值 $|V_{dc}|$ 會降低，故可有效地抑制IMD的發生。

【0081】

另外，當在電極電位為正的時序令HF的電力為切斷（OFF），且在包含電極電位為最大負值的時點在內的短暫時間，令HF的電力為導通（ON）時（參照圖5的右上圖），如圖5的下方的折線圖的區域b所示的，電漿密度Ne為中等程度～高等程度，電漿產生效率在中等程度以上。這是因為，在電極電位為負時對電極施加了很大的電壓，鞘層的厚度較厚，令HF的電力為導通（ON）時的HF的電場減弱，故電漿的產生效率降低的關係。

【0082】

另外，在區域b中，自偏壓的絕對值 $|V_{dc}|$ 升高，故可將離子能量單色化（亦即離子能量一致）的離子吸引到晶圓W。尤其，可在高深寬比的程序中，將單色化的高能量離子吸引到晶圓W。此時，IMD的發生機率雖提高，惟藉由在下部電極的電位為最大負值的短暫時間內施加HF的電力，相較於平常施加HF的電力的態樣而言，整體來說仍可減少IMD的發生。

【0083】

以上，根據一實施態樣之電漿處理裝置1，例如藉由以電極電位為正的時序為基準將HF的電力控制成導通（ON）或高位準（High），便可減少IMD的發生。另外，關於「在電極電位為負的時序鞘層增厚，會導致電漿產生效率降低」此等問題，藉由在電極電位的正的時序施加HF的電力，便可提高電漿產生效率。

【0084】

另外，藉由在電極電位最深度地為負的時序於短暫時間內施加HF的電力，便可將單色化的高能量離子吸引到晶圓W。

【0085】

例如，圖6的左邊的上下的折線圖以及圖6的右邊的（a）以及（b）的畫面的波形，係表示控制部200的反射檢出器111的檢出結果以及示波器112的顯示結果的一例。左邊的下側的折線圖，係表示LF的一周期的 V_{pp} 與 V_{dc} 。 V_{dc} 越深度地為負，鞘層越厚，施加HF的電力時的電漿產生效率便降低。上側的折線圖，係表示相對於LF的一周期的 V_{pp} 與 V_{dc} 的HF的行進波功率（ P_f ）與反射波功率（ P_r ）。

【0086】

圖6的（a）的示波器112的顯示波形的一例，顯示出在區域c所示的LF的相位為 180° 時所測定到的LF的行進波功率的波形A，以及晶圓上的高頻電力的振幅B（亦即LF電力與HF電力的合計值）。另外，HF的行進波功率的波形以C表示，HF的反射波功率的波形以D表示。另外，圖6的（b）的示波器112的顯示波形的一例，顯示出在區域d所示的LF的相位為 0° （ $=360^\circ$ ）時所測定到的LF的行進波功率的波形A、晶圓上的高頻電力的振幅B、HF的行進波功率的波形C，以及HF的反射波功率的波形D。

【0087】

由此可知，在區域d，相較於在區域c，反射波功率較小。因此，可知與「以包含LF的相位為 0° 在內的方式與偏壓功率的高頻的周期同步的信號」，或「在偏壓功率的供電系統所測定到的基準電氣狀態的一周期內的相位」同步，以令HF的電力為第1狀態[例如導通（ON）或高位準（High）狀態]與第2狀態[例如切斷（OFF）或低位準（Low）狀態]的方式交互地施加，便可抑制IMD的發生。例如，如上所述的，藉由配合電極電位為正的時序令HF的電力為第1狀態，並配

合電極電位為負的時序令HF的電力為第2狀態，便可對應自偏壓的絕對值 $|V_{dc}|$ 實行控制、抑制IMD、提高電漿產生效率。另外，藉由依照電極電位在任意的時序將HF的電力控制成第1狀態與第2狀態，便可利用電漿密度 N_e 較高的區域與自偏壓的絕對值 $|V_{dc}|$ 較大的區域將高能量離子吸引到晶圓W。另外，此時，藉由將HF的電力施加成脈衝狀，整體而言可減少IMD的發生。

【0088】

圖7，係表示LF V_{pp} 、LF $|V_{dc}|$ 、HF的行進波功率（Pf）、HF的反射波功率（Pr）的一例。根據該圖，HF的反射波功率（Pr），在LF的電壓的一周期的相位中最大變化約為5倍（約10W～約50W）。根據以上所述，藉由以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式控制HF的電力，便有可令IMD減少至1／5左右的可能性存在。另外，針對LF V_{pp} 、LF $|V_{dc}|$ 亦同，可知藉由以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式控制HF的電力，便可令其在相對於最小值最大變成約1.6倍的範圍內變化。

【0089】

〔變化實施例〕

接著，針對一實施態樣的變化實施例1～變化實施例4的控制方法，參照圖8～圖11進行說明。圖8，係用來說明一實施態樣的變化實施例1的控制方法的圖式。圖9，係用來說明一實施態樣的變化實施例2的控制方法的圖式。圖10，係用來說明一實施態樣的變化實施例3的控制方法的圖式。圖11，係用來說明一實施態樣的變化實施例4的控制方法的圖式。

【0090】

（變化實施例1）

在上述所說明的實施態樣中，若與基準電氣狀態的一周期內的相位同步，對HF的電力進行脈衝調變（參照圖3的HF AM調變），則需要以與LF的頻率相同的頻率進行脈衝調變的HF電源，有時成本會提高。

【0091】

因此，在變化實施例1的電漿處理裝置1中，如圖8（a）所示的，於第1高頻電源48以及第2高頻電源90所連接的供電線或下部電極，安裝了構成分支線路的附加電路250。附加電路250，其線圈252以及可變電容251與下部電極所連接的供電棒串聯連接，可變電容251，與處理容器10連接而接地。

【0092】

利用附加電路250令處理容器10側的阻抗相對於電漿側的負載阻抗的比例看起來比較大，藉此，相較於並無附加電路250的態樣而言，即使阻抗發生變化，仍可利用附加電路250緩和合計了附加電路250以及處理容器10側的阻抗的阻抗Z的大幅變化。例如，如圖8（b）所示的，利用附加電路250，令合計的阻抗Z的變化減小，藉此，便可在以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式施加HF的電力時，更進一步抑制IMD的發生。另外，僅安裝附加電路250，便可簡單且廉價地構建出抑制IMD的機構。另外，附加電路250，若插入供電棒的分支後的第2高頻電源90側，HF電力便不易受到LF電力的影響，故為較佳的態樣。若在第1高頻電源48與第2高頻電源90之間設置濾波器，HF電力便更不易受到LF電力的影響，可令合計的阻抗Z的變動減小，故可更進一步抑制IMD的發生。附加電路250，亦可具有線圈、電容或二極體的至少其中任一個元件。

【0093】

（變化實施例2）

於變化實施例2的電漿處理裝置1，如圖9（a）所示的，於第1高頻電源48以及第2高頻電源90所連接的供電線或下部電極，安裝了阻抗變化電路300。阻抗

變化電路300，發揮「以電漿側的負載阻抗與阻抗變化電路300的阻抗的合成阻抗為固定的方式令阻抗變化」的功能。或者，阻抗變化電路300，以抑制從匹配器88所觀察到的阻抗變化的方式，依照LF的相位而令阻抗改變。藉此，便可抑制反射波功率，進而減少IMD的發生。阻抗變化電路300，依照LF的相位（或阻抗）、LF的V_{dc}或反射波功率等，令阻抗在基準電氣狀態的一周期內變化，藉此抑制IMD。

【0094】

吾人可列舉出「電容設置成陣列狀並以電子開關切換電容連接」的構造，作為阻抗變化電路300的一例。控制部200，實行電子開關的控制，令阻抗變化電路300的阻抗變化。

【0095】

控制部200，例如，如圖9（b）所示的，以令電漿側的負載阻抗與阻抗變化電路300的阻抗的合計阻抗Z的變化減小的方式，切換阻抗變化電路300的電容的連接。藉此，便可在以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式施加HF的電力時，令阻抗匹配良好，而更進一步抑制IMD的發生。

【0096】

阻抗變化電路300，亦可插入匹配器88的內部，而與匹配器88形成一體。阻抗變化電路300，若插入供電棒的分支後的第2高頻電源90側，HF電力便不易受到LF電力的影響，故為較佳的態樣。若在第1高頻電源48與第2高頻電源90之間設置濾波器，HF電力便更不易受到LF電力的影響，可令合計的阻抗Z的變動減小，故可更進一步抑制IMD的發生。

【0097】

（變化實施例3）

在變化實施例3中，如圖10（a）所示的，在處理容器10的上部設置了電磁石350。電磁石350的位置，不限於圖10（a）的位置，只要是處理容器10的一部分即可，例如亦可在處理容器10的內部。控制部200，藉由依照基準電氣狀態的相位（或阻抗）、LF的相位、施加偏壓功率的電極電位、LF Vdc或HF的反射波功率等控制電磁石350的強弱，而令磁場的特性變化。例如，如圖10（b）所示的，在鞘層變厚的LF Vdc為負時增強磁場，在鞘層變薄的LF Vdc為正時減弱或消除磁場，以縮小阻抗Z的變化。藉此，便可更進一步抑制IMD的發生。另外，電磁石350，可使用多極電磁石或固定磁石，其為令磁場產生的磁場產生部的一例。變化實施例3所示的電磁石350的控制，亦可與變化實施例1的附加電路250或變化實施例2的阻抗變化電路300的控制併用。

【0098】

（變化實施例4）

若鞘層的厚度改變，則外觀上的靜電容量改變，HF的共振頻率發生變化。匹配器88，將處理容器10內的電感（例如供電棒等）以及電導（例如鞘層等）的全部的L分量與C分量合計，並以HF的頻率共振，以此方式發揮功能，取得匹配。

【0099】

因此，當鞘層的厚度改變時C分量會改變，故原本匹配器88若不對應鞘層的厚度的變化所導致的C分量的變化再度取得匹配的話，反射波功率就會變大。然而，匹配器88，變動可變電容需要1秒左右，故有時會無法追隨鞘層的厚度的變化而正確地取得匹配。

【0100】

於是，在變化實施例4中，控制部200，令HF的頻率變化「鞘層厚度的變化所導致的C分量的變化量」。亦即，根據 f （供給頻率） $\propto 1/\sqrt{LC}$ 的供給頻率的算式，依照鞘層的厚度量的C分量的變化而令HF的頻率 f 改變。

【0101】

例如，將電極上的鞘層的電容假定為 C ，若電容 C 依照鞘層的厚度的變化變為4倍，則會令HF的頻率變為約2倍。藉此，便可形成依照鞘層的厚度的變化而大致取得匹配的狀態。

【0102】

另外，當電容 C 依照鞘層的厚度的變化而變化成10倍時，會令HF的頻率變化約3.3倍。藉此，便可形成依照鞘層的厚度的變化而大致取得匹配的狀態。亦即，在變化實施例4中，如圖11（a）所示的，以與對應LF的電壓的一周期的變化的鞘層的厚度的變化匹配的方式，令HF的頻率根據上述共振頻率的算式變化。藉此，形成依照鞘層的厚度的變化而大致取得匹配的狀態，故可縮小HF的反射波功率，並可抑制IMD的發生。另外，在變化實施例4中，第2高頻電源90，使用可改變HF的頻率的頻率可變電源。另外，變化實施例4所示的控制，亦可與變化實施例1的附加電路250、變化實施例2的阻抗變化電路300或變化實施例3的電磁石350的至少其中任一個併用。

【0103】

另外，亦可對上述實施態樣以及上述變化實施例的全部例子，根據LF的相位、電極電位、供電系統的電位、 V_{dc} 、電極的鞘層的厚度、電漿的發光、HF電力的反射強度等的其中任一個根元信號、測量信號，實行具有閘極功能或延遲功能的電路的偏移時間或延遲幅度的調整。

【0104】

另外，亦可取代控制以與LF的電壓的一周期內的相位同步的方式施加HF的電力的時序，如圖11（b）所示的，施加對應LF的電壓的峰值的脈衝狀（以下亦稱為「LF脈衝」）的功率，並依照LF脈衝而控制施加HF的電力的時序。亦即，亦可令對應例如400kHz的LF的LF脈衝為導通（ON）、切斷（OFF）並施加之，然後因應於此將HF的電力控制成脈衝狀（HF脈衝）。亦可施加對應基準電氣狀態的相位的峰值的LF脈衝的功率，並依照LF脈衝而控制施加HF的電力的時序。

【0105】

如以上所說明的，IMD對應LF的電力其發生的強度有所不同。因此，若根據上述實施態樣以及上述各變化實施例的電漿處理裝置1的控制方法，藉由選擇HF的反射波功率較低的時序，並在該時序施加HF的電力，便可減少IMD的發生。藉由減少IMD的發生，便可達到令程序或電漿處理裝置1的穩定性提高，甚至令裝置成本降低之目的。再者，可控制電漿密度或自偏壓Vdc等。

【0106】

然而，當施加HF的電力的時間減少時，會有HF的電力的絕對量減少、電漿密度Ne降低之虞。因此，亦可分別於包含基準電氣狀態在一周期內2次到達峰值的時點在內的2個時序施加LF的電力以及HF電力。此外，可自由地改變HF電力的施加的控制方法。另外，HF電力的施加，不限於下部電極，亦可為上部電極。

【0107】

〔控制方法〕

如以上所說明的，一實施態樣之平行平板型的電漿處理裝置1的控制方法，包含：對載置晶圓W的下部電極供給偏壓功率的步驟；以及藉由對下部電極或上部電極施加具有比偏壓功率更高的頻率的源功率以將其供給到電漿處理空間的步驟。在該控制方法中，源功率，具有第1狀態與第2狀態；且更包含：第1控制步驟，其以與表示偏壓功率的高頻的周期的同步信號或在偏壓功率的供電系

統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個的基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加第1狀態與第2狀態。

【0108】

上述控制方法，利用平行平板型的電漿處理裝置以外的電漿處理裝置亦可實行。平行平板型的電漿處理裝置以外的電漿處理裝置的控制方法，包含：對下部電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟。在該控制方法中亦同，其源功率，具有第1狀態與第2狀態，並包含以與基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式交互地施加第1狀態與第2狀態的第1控制步驟。

【0109】

〔變化實施例5-1～5-4〕

接著，針對一實施態樣的變化實施例5-1～5-4的電漿處理裝置1的控制方法進行說明。在變化實施例5-1～5-4中，實行令源功率及／或偏壓功率間歇性地停止的控制。圖13A～圖13D，係表示一實施態樣的變化實施例5-1～5-4的控制方法的時序圖。

【0110】

在圖13A的變化實施例5-1中，除了第1控制步驟之外，更包含令源功率以與利用LF電壓顯示出一例的基準電氣狀態的周期相互獨立的周期間歇性地停止的第2控制步驟。第1控制步驟與第2控制步驟重複實行。

【0111】

在變化實施例5-1中，LF電壓，在第1控制步驟以及第2控制步驟中以相同周期施加之。另一方面，源功率，在第1控制步驟中將第1狀態與第2狀態交互地重複1次以上，在第2控制步驟中則係在第1控制步驟之間間歇性地停止。

【0112】

在第1控制步驟以及第2控制步驟中，LF的頻率，例如亦可為0.1Hz～100Hz。另外，源功率的Duty比[＝第4狀態／（第3狀態＋第4狀態）]，只要在1%～90%的範圍內即可。

【0113】

與第1控制步驟中的基準電氣狀態的周期同步的源功率的狀態，為第3狀態的一例。與第2控制步驟中的基準電氣狀態的周期相互獨立的源功率的狀態，為與第3狀態相異的第4狀態的一例。

【0114】

圖13B的變化實施例5－2的控制方法，除了與變化實施例5－1相同的第1控制步驟之外，更包含令偏壓功率以與HF的電壓或電流的周期相互獨立的周期間歇性地停止的第3控制步驟。第3控制步驟中的偏壓功率的狀態，為第4狀態的一例。

【0115】

在變化實施例5－2中，重複實行第1控制步驟與第3控制步驟。在變化實施例5－2中，第3控制步驟中的源功率，以與第1控制步驟相同的周期重複第1狀態與第2狀態。

【0116】

另外，在第1控制步驟中，LF的頻率，例如亦可為0.1Hz～100Hz。另外，偏壓功率的Duty比[＝第4狀態／（第3狀態＋第4狀態）]，只要在1%～90%的範圍內即可。

【0117】

圖13C的變化實施例5－3的控制方法，除了與變化實施例5－1相同的第1控制步驟之外，會實行變化實施例5－1的第2控制步驟的源功率的控制與變化實施

例5－2的第3控制步驟的偏壓功率的控制。亦即，令變化實施例5－3中的源功率以及偏壓功率二者間歇性地停止的狀態，為第4狀態的一例。

【0118】

令偏壓功率間歇性地停止的周期與令源功率間歇性地停止的周期亦可同步。此時，令源功率以及偏壓功率間歇性地停止的周期，可如圖13C所示的一致，亦可如圖13D所示的源功率比偏壓功率更往後偏移，或者亦可源功率比偏壓功率更往前偏移。源功率的停止時間可比偏壓功率的停止時間更長，亦可更短。

【0119】

〔變化實施例5－1～5－4的控制方法的功效〕

如以上所說明的，在變化實施例5－1～變化實施例5－4的控制方法中，可控制自由基與離子的質與量。具體而言，當令HF為切斷（OFF）時電漿中的離子大致消滅，惟自由基壽命較長，故在某種程度的時間內不會被消滅而會存在。因此，例如在令HF為切斷（OFF）的期間，可令自由基均勻地擴散。另外，在將HF控制成切斷（OFF）或低位準（Low）的期間，可改變電漿中的離子與自由基的比例。藉此，便可控制自由基與離子的量。

【0120】

另外，當氣體的解離進行時，會因應解離的進行而產生自由基。例如， C_4F_8 氣體，以 $C_4F_8 \rightarrow C_4F_7^* \rightarrow \dots \rightarrow CF_2$ 進行解離，會因應解離的程度產生相異的自由基（ $C_4F_7^*$ 等）。離子能量或反應時間為解離進行的參數。因此，控制偏壓功率或源功率的施加時序或施加時間，以控制離子能量及／或反應時間，並促進適合程序的自由基產生，便可控制自由基與離子的質。

【0121】

另外，在偏壓功率為切斷（OFF）的期間，由於離子能量減少，故蝕刻並未進行，可將堆積於孔洞等的底部的副產物除去到孔洞外，並堆積在遮罩上。另

外，在偏壓功率為切斷（OFF）的期間，可令自由基附著於晶圓W上的圖案表面。藉此，附著在遮罩上的自由基可保護遮罩，令遮罩選擇比提高。藉此，便可促進蝕刻，提高蝕刻率，同時令蝕刻形狀良好。

【0122】

以上係說明令源功率間歇性地停止時的功效的一例，惟並非僅限於此。例如，有時利用偏壓功率亦可產生電漿，有時令偏壓功率間歇性地停止也可獲得相同的功效。亦即，藉由令偏壓功率間歇性地停止，便可控制自由基與離子的質與量。藉此，便可提高蝕刻率，同時令蝕刻形狀良好。

【0123】

另外，在圖13A～圖13D中，在第3狀態中，係在LF Vdc深度地為負的時序，令源功率為導通（ON），惟並非僅限於此，亦可在LF Vdc為正的時序或其他的時序，令源功率為導通（ON）。另外，亦可取代令源功率周期性地為導通（ON）、切斷（OFF），而周期性地將其控制成高位準（High）、低位準（Low）。

【0124】

〔變化實施例6〕

接著，針對一實施態樣的變化實施例6的控制方法，參照圖14進行說明。圖14，係表示一實施態樣的變化實施例6的控制方法的時序圖。

【0125】

例如，在變化實施例6的控制方法中，如圖14所示的LF脈衝施加於載置台16。LF脈衝的正的值，與LF電壓的正的峰值一致；LF脈衝的負的值，與LF電壓的負的峰值一致。

【0126】

此時，在變化實施例6的控制方法中，係以與LF脈衝的一周期內的相位同步的方式交互地施加HF的第1狀態與第2狀態。藉此，亦可控制自由基與離子的量與質。

【0127】

具體而言，亦可在LF脈衝為正的期間的一部分或全部將源功率控制成切斷（OFF）或低位準（Low），並在LF脈衝為負的期間的一部分或全部將源功率控制成導通（ON）或高位準（High）。藉此，LF脈衝便二元化，因應於此，源功率也被控制成二元化，故控制變容易。另外，圖14，係對應將圖13A的LF電壓脈衝化的LF脈衝而控制圖13A所示的HF的狀態，惟並非僅限於此。例如，亦可對應將圖13B～圖13D的LF電壓脈衝化的LF脈衝而控制圖13B～圖13D所示的HF的狀態。

【0128】

〔變化實施例7－1～變化實施例7－4〕

接著，針對一實施態樣的變化實施例7－1～變化實施例7－4的控制方法，參照圖15A～圖15D進行說明。圖15A，係表示一實施態樣的變化實施例7－1的控制方法的時序圖。圖15B，係表示一實施態樣的變化實施例7－2的控制方法的時序圖。圖15C，係表示一實施態樣的變化實施例7－3的控制方法的時序圖。圖15D，係表示一實施態樣的變化實施例7－4的控制方法的時序圖。

【0129】

在圖15A以及圖15B所示的變化實施例7－1、變化實施例7－2的控制方法中，在第1控制步驟中，與以LF電壓或電極電位作為一例的基準電氣狀態的一周期內的相位同步，交互地施加源功率的第1狀態與第2狀態。在變化實施例7－1中，與電極電位的負的時序同步，源功率的第1狀態階段性地具有2個以上的狀態。另外，在變化實施例7－2中，與電極電位的負的時序同步，源功率的第1狀

態圓滑地具有2個以上的狀態。然而，源功率的第1狀態，亦可與電極電位的正的時序同步。

【0130】

在圖15C以及圖15D所示的變化實施例7－3、變化實施例7－4的控制方法中，除了第1控制步驟之外更包含第2控制步驟，在第1控制步驟中，與以LF電壓作為一例的基準電氣狀態的一周期內的相位同步，交互地施加源功率的第1狀態與第2狀態。在變化實施例7－3中，與電極電位的正的時序同步，源功率的第1狀態階段性地具有2個以上的狀態。另外，在變化實施例7－4中，與電極電位的正的時序同步，源功率的第1狀態圓滑地具有2個以上的狀態。然而，源功率的第1狀態，亦可與電極電位的負的時序同步。

【0131】

在變化實施例7－1～變化實施例7－4中，藉由將第1狀態中的源功率控制成複數個數值，便可精度更良好地控制自由基與離子的量與質。另外，除了圖15C以及圖15D所示的第1控制步驟之外，亦可取代圖15C以及圖15D的第2控制步驟，而包含圖13B所示的第3控制步驟，亦可包含圖13C以及圖13D所示的第2以及第3控制步驟。

【0132】

在一實施態樣的變化實施例3的控制方法中，依照基準電氣狀態的相位（或阻抗）、LF的相位、施加偏壓功率的電極電位、LF Vdc或HF的反射波功率等，而控制電磁石350的強弱。藉此，便可縮小從匹配器46、88所觀察到的阻抗的變化，以抑制IMD的發生。另外，在一實施態樣的變化實施例4的控制方法中，令HF的頻率變化「鞘層厚度的變化所導致的C分量的變化量」。亦即，根據 f （供給頻率） $\propto 1/\sqrt{LC}$ 的供給頻率的算式，依照鞘層的厚度量的C分量的變化，而令HF的頻率 f 改變。藉此，形成依照鞘層的厚度的變化而大致取得匹配的狀態，故

可縮小HF的反射波功率，並可抑制IMD的發生。另外，在變化實施例4中，第2高頻電源90，係使用可改變HF的頻率的頻率可變電源。

【0133】

頻率可變電源，在負載阻抗為固定時，連續地改變頻率，以盡量縮小源功率的反射波功率的方式進行控制。然而，當以與LF的電壓或電流的一周期內的相位同步的方式控制源功率時，在LF的電壓或電流的一周期內HF的負載會周期性地大幅變動。因此，第2高頻電源90，必須以與對應一周期內的LF的相位周期性地大幅變動的鞘層厚度（更宜為對應鞘層厚度的阻抗）對應的方式令頻率變化。

【0134】

例如，圖16，係表示一實施態樣的HF的反射波功率（HF-Pr）的一例的圖式。HF的反射波功率，因氣體種類或LF的相位而改變。例如，圖16（a），係表示將氬氣供給到處理容器10內，施加了500W的HF的行進波功率（HF-Pf）（參照A），並施加了1000W的LF功率時的HF的反射波功率（參照B）的一例。圖16（b），係表示將SF₆氣體供給到處理容器10內，施加了500W的HF的行進波功率（參照A），並施加了1000W的LF功率時的HF的反射波功率（參照B）的一例。另外，C係表示搭載在載置台16上的晶圓的電位。晶圓的電位，與LF的頻率為例如400kHz時的LF電壓的V_{pp}大致相等，加上HF的頻率為例如100MHz時的HF的電壓的V_{pp}的幅度（振幅），以二者的電位振動。

【0135】

若觀察圖16（a）以及（b）的B，可知在供給氬氣的態樣與供給SF₆氣體的態樣中，相對於LF的一周期內的相位的HF的反射波功率的顯現態樣有所不同。

【0136】

由於第2高頻電源90決定最佳頻率需要時間，故依照HF的反射波功率的顯現態樣的差異而將第2高頻電源90所輸出的HF的輸出波數即時地改變成最佳頻率並不現實。例如，通常的頻率可變電源，最高可在1kHz～10kHz實行變動頻率並測量反射波功率的作業。另一方面，例如對400kHz的LF，將一周期作10分割，則變成4MHz，為了更在分割內令波長位移10次，則必須以40MHz改變波長，並與其同步即時地決定HF的反射量以及頻率的變化方向。該作業，以通常的頻率可變電源的動作頻率會來不及，並不現實。

【0137】

於是，在一實施態樣的變化實施例8～變化實施例11的控制方法中，當以與基準電氣狀態的一周期內的相位（在本變化實施例中為LF的相位）同步的方式控制HF的反射波功率時，在將LF的一周期分割的各相位求出HF的反射較少的頻率，將HF的反射波功率抑制在最小限度內。在變化實施例8～變化實施例11中，LF的各相位，係顯示出將LF的一周期最低作10分割時的各相位。然而，LF的一周期的分割數，不限於此，亦可為10分割～100分割的其中任一個。LF的一周期的相位的分割數較多者，控制的精度較高，可令HF的反射波功率更小。變化實施例8～變化實施例11的控制，由處理器100實行。

【0138】

〔變化實施例8〕

首先，參照圖17，針對一實施態樣的變化實施例8的控制方法進行說明。圖17，係用來說明一實施態樣的變化實施例8的控制方法的時序圖。在一實施態樣的變化實施例8的控制方法中，以與將LF的一周期分割成複數個的各相位同步的方式改變HF的頻率。然後，監測此時的HF的反射波功率，根據監測結果，以在各相位HF的反射波功率減少的方式，控制第2高頻電源90的HF的頻率。然後，在程序前、程序中等每經過既定時間便實施發現該第2高頻電源90所輸出的HF

的新頻率的序列（sequence），並根據其結果決定第2高頻電源90所控制的HF的頻率。

【0139】

圖17的橫軸表示時間，左邊的縱軸表示HF的行進波功率（ $HF-P_f$ ）以及反射波功率（ $HF-P_r$ ），右邊的縱軸表示晶圓電位。

【0140】

在圖17的第1次的周期中，顯示出在LF的最初的一周期內（C的第1周期）將第2高頻電源90所控制的頻率設定成初期頻率時的HF的反射波功率（參照B）。初期頻率為任意值，例如設定成一個基本頻率（例如40MHz）。

【0141】

在圖17的第2次的周期中，在LF的第2個的一周期內（C的第2周期）將第2高頻電源90所控制的頻率從初期頻率改變成另一頻率。然而，在第2次中，並未於LF的一周期的相位中的對應分割數的每個相位令頻率上升下降，而係設定成令頻率增加或減少其中任一個，並取得反射量的相位相依結果。在圖17的第2次的例子中，係顯示出令頻率（第2次頻率）上升的例子，惟亦可為下降。

【0142】

其結果，可知圖17的實線B所示的HF的第2次反射波功率，相較於虛線B所示的HF的第1次反射波功率，依照相位的不同，反射有減少的部分與增加的部分。在圖17中，存在「當LF為正的相位時HF的反射波功率減少，當LF為負的相位時HF的反射波功率增加」的時間帶。然而，此時的反射波功率僅係例示而已，不限於此。

【0143】

在圖17的第3次的周期中，在LF的第3個的一周期內第2高頻電源90所控制的頻率的變動方向以及變動量，係根據前次的每個相位的HF的反射波功率的增減

而決定之。圖17所示的第3次頻率，係所決定的變動方向以及變動量的一例。另外，此時的反射波功率僅係例示而已，不限於此。

【0144】

第2高頻電源90所一度控制的頻率的變動量以及最初的變動方向（第3次頻率的箭號的方向）亦可根據過去的資料決定之。亦可將根據過去的資料所控制的頻率的變動量、最初的變動方向預先設定於配方，並根據配方進行控制。過去的資料，可為前次的HF的反射波功率，亦可為上上次的HF的反射波功率，亦可為前次以及其以前的HF的反射波功率。例如，亦可根據前次的反射波功率的狀態，以於將LF的一周期分割的每個相位的各相位中的HF的反射波功率減少的方式，決定將下一LF的一周期分割的每個相位的頻率的變動方向以及變動量。亦可除了前次的反射波功率的狀態之外（或者取代前次的反射波功率的狀態而），更根據前次之前的過去的反射波功率的狀態，決定變動方向以及變動量。

【0145】

第3次的第2高頻電源90所控制的頻率係往反射減少方向變動，在此時的控制時序中，例如將LF的一周期作10分割時，係以將LF的一周期作10分割的時間間隔改變頻率。

【0146】

第4次以後，第2高頻電源90，根據第3次的資料或在其以前事先所得到的資料，以最佳頻率令HF振盪。第2高頻電源90所控制的頻率，藉由在容許頻率的範圍內，重複預定的指定次數，或重複到HF的反射波功率成為預定的指定量為止，便可在LF的一周期的各相位限縮出HF的反射波功率較小的頻率。

【0147】

在一實施態樣的變化實施例8的控制方法中，係在指定的時序實行以上所說明的序列。藉此，便可盡量縮小因為LF的相位或氣體種類而變化的HF的反射波

功率。另外，關於指定的時序，例如可列舉出將LF的一周期作 n ($n \geq 10$) 分割時的時間間隔的同步脈衝周期、配方內所指定的時間、預定的時間間隔等。

【0148】

〔變化實施例9〕

接著，參照圖18，針對一實施態樣的變化實施例9的控制方法進行說明。圖18，係用來說明一實施態樣的變化實施例9的控制方法的時序圖。在一實施態樣的變化實施例9的控制方法中，與變化實施例8同樣，第2高頻電源90以與LF的一周期內的各相位同步的方式控制HF的頻率，此外，第2高頻電源90亦控制所輸出的源功率的值。

【0149】

例如，如圖18所示的，在B所示的HF的反射波功率較小的B1附近的時間帶，第2高頻電源90，控制HF的頻率（參照圖17），且令D所示的HF功率（源功率）的輸出如D1所示的增大。相反地，在HF的反射波功率較大的B2的時間帶，第2高頻電源90，改變HF的頻率，且令源功率的輸出如D2所示的減小。

【0150】

在一實施態樣的變化實施例9的控制方法中，可盡量縮小因為LF的相位或氣體種類而變化的HF的反射波功率，且藉由在HF的反射波功率較小時提高源功率，可抑制電漿密度的減少。另外，亦可：若LF為正的相位，便在第1源功率～第2源功率的範圍內控制源功率；若LF為負的相位，便在第3源功率～第4源功率的範圍內控制源功率。第1源功率～第2源功率的範圍與第3源功率～第4源功率的範圍可為相異的範圍，亦可為相同的範圍，亦可其中一方的範圍被另一方的範圍所包含，亦可在一部分重疊。

【0151】

〔變化實施例10〕

接著，參照圖19，針對一實施態樣的變化實施例10的控制方法進行說明。

圖19，係用來說明一實施態樣的變化實施例10的控制方法的時序圖。

【0152】

於圖19的橫軸，顯示出LF的一周期與RF脈衝的一周期的一例。RF脈衝的一周期可為0.1~100kHz，亦可比其更長，亦可更短，惟設定成比LF的一周期更長的時間帶。在一實施態樣的變化實施例10的控制方法中，第2高頻電源90，例如亦可以頻率因應將RF脈衝的一周期的相位分割成複數個的各相位的方式控制HF的頻率。亦可因應將RF脈衝的一周期的相位分割成複數個的各相位而控制HF的頻率與源功率。

【0153】

尤其，在RF脈衝的導通（ON）以及切斷（OFF）之後，電漿密度Ne的變化以及電極電位的變化較大，HF的反射波功率容易發生與RF脈衝的平常時刻相異的變化。因此，如圖19所示的，在令每一周期的RF脈衝為導通（ON）的時刻V之後LF的上升需要時間，鞘層厚度較薄（亦即鞘層的電容較大）。因此，在令RF脈衝為導通（ON）的時刻V之後，第2高頻電源90，將HF的頻率控制成很高（參照E）。

【0154】

另外，在圖19中，於RF脈衝的後半的時間，偏壓功率為切斷（OFF）（參照C1）。此時，HF的反射波功率，如B3所示的接近0而為固定。亦即，在偏壓功率為切斷（OFF）、源功率為導通（ON）的時序，由於偏壓功率為切斷（OFF），故鞘層的阻抗經常為固定。因此，HF的反射波功率為固定。因此，在偏壓功率為切斷（OFF）的期間，以HF的反射波功率為最小限度的方式決定頻率，第2高頻電源90，輸出所決定的頻率的源功率。

【0155】

在偏壓功率為切斷（OFF）的期間，源功率可控制成切斷（OFF），亦可控制成導通（ON）。例如，亦可在如圖19的C1所示的偏壓功率為切斷（OFF）的期間，前半將HF的頻率設定成E1的頻率，且將源功率控制成高位準（High）[或導通（ON）]，後半將HF的頻率改變成E2的頻率，且將源功率控制成低位準（Low）[或切斷（OFF）]。另外，令源功率以及偏壓功率間歇性地停止的周期，可為一致，亦可源功率比偏壓功率更往後偏移，亦可源功率比偏壓功率更往前偏移。源功率的停止時間，可比偏壓功率的停止時間更長，亦可更短。

【0156】

另外，變化實施例8～變化實施例10的控制方法，係由圖2A的處理器100實行，其透過信號產生電路102將控制HF的頻率以及HF的功率的控制信號送到第2高頻電源90。第2高頻電源90，依照控制信號，改變所輸出的HF的頻率或功率。

【0157】

〔變化實施例11〕

接著，參照圖20，針對一實施態樣的變化實施例11的控制方法進行說明。圖20，係用來說明一實施態樣的變化實施例11的控制方法的時序圖。

【0158】

如在變化實施例10中所說明的，在令RF脈衝為導通（ON）之後LF的上升需要時間，鞘層厚較薄（亦即鞘層的電容較大）。因此，在RF脈衝的上升過程中，電漿密度Ne大幅變化，阻抗的變動較大。

【0159】

因此，在變化實施例11的控制方法中，第2高頻電源90，在LF的一周期中的RF脈衝的上升的時序，亦即，在圖20的E3時振盪發出複數個頻率的合成波。圖2A的反射檢出器111，檢出相對於複數個頻率的HF的反射波功率。所檢出的每個頻率的HF的反射波功率，被送到處理器100。

【0160】

例如，第2高頻電源90，在可令頻率增幅至35MHz～45MHz的情況下，會振盪發出41、42、43、44、45MHz這5個頻率的合成波。其中，反射檢出器111，分別檢出相對於5個頻率的源功率的反射波功率，並送到處理器100。處理器100，從其中選出反射波功率最小的頻率。

【0161】

例如，亦可在反射波功率最小的頻率為41MHz時，在下一LF的一周期中於RF脈衝的上升的時序，將頻率決定為41MHz，作為從第2高頻電源90所輸出的HF的頻率。另外，亦可在圖20的E4，例如以前次反射波功率最小的41MHz的頻率為中心，輸出39、40、41、42、43MHz這5個頻率的源功率。

【0162】

藉此，便可令第2高頻電源90所輸出的HF的頻率，最快地到達HF的反射波功率最小的目標頻率。其結果，可令第2高頻電源90所輸出的源功率更快地具有HF的反射波功率較小的頻率，可更快地將電漿點燃。

【0163】

另外，處理器100在實行變化實施例11的控制方法時，根據對應圖2A的反射檢出器111所檢出的複數個頻率的HF的反射波功率，透過信號產生電路102將控制HF的頻率的控制信號送到第2高頻電源90。

【0164】

然而，並非僅限於此，第2高頻電源90，亦可具有上述處理器100的功能。此時，對應反射檢出器111所檢出的複數個頻率的HF的反射波功率，從反射檢出器111直接送到第2高頻電源90。

【0165】

此時，便可實現第2高頻電源90作為具有發揮處理器100的功能的控制部的可變頻率電源的態樣。亦即，此時，可變頻率電源所具有的控制部，從反射檢出器111取得分別對應複數個HF的頻率的HF的反射波功率，並根據所取得的HF的反射波功率，選出反射波功率最小的頻率。然後，控制部，決定從可變頻率電源輸出所選擇的頻率的源功率。可變頻率電源，改變成源功率的頻率已決定的頻率，並以既定的功率輸出。藉此，第2高頻電源90，不用處理器100以及信號產生電路102，便可控制所輸出的HF的頻率以及源功率。藉此，第2高頻電源90，不用處理器100便可實行變化實施例8～變化實施例11的控制方法。

【0166】

在變化實施例11的控制方法中，係使用由複數個頻率所合成的高頻，惟在變化實施例8～10的控制方法中，亦可使用由複數個頻率所合成的高頻。另外，亦可包含在變化實施例8～10的控制方法中自由地改變複數個頻率的高頻的混合比率以將其最佳化的序列。

【0167】

在以上所說明的變化實施例8～變化實施例11的控制方法中，提供一種具有載置被處理體的第1電極的電漿處理裝置的控制方法，其特徵為包含：對該第1電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟；該源功率，具有第1狀態與第2狀態；該控制方法更包含：第1控制步驟，其對應將表示該偏壓功率的高頻的周期的同步信號或在該偏壓功率的供電系統所測定到的電壓、電流或電磁場的其中任一個的基準電氣狀態的一周期內的相位分割成複數個時的各相位，而將該第1狀態與該第2狀態控制成2以上的頻率。

【0168】

〔變化實施例12〕

在變化實施例12中，HF的電壓的第1狀態，係取重複2個以上的電壓值的脈衝狀的電壓值。在圖21的例子中，HF的電壓的第1狀態，重複正的電壓值與0的電壓值。然而，並非僅限於此，亦可重複3個電壓值等，亦即重複2個以上的電壓值。

【0169】**〔變化實施例13〕**

偏壓功率，可為正弦波形或脈衝波形的功率，亦可為裁剪波形的功率。亦即，偏壓的電壓或電流，可為正弦波形，亦可為LF脈衝波形，亦可為圖22所示的裁剪波形。裁剪波形，可在圖22所示的HF為第2狀態時調變偏壓的功率，亦可在第1狀態時調變偏壓的功率。

【0170】

另外，同樣地，當HF的第1狀態取2個以上的電壓值時，HF的波形，除了圖15A～圖15D、圖21所示的波形之外，亦可為圖22所示的裁剪波形。

【0171】

本次所揭示的一實施態樣之電漿處理裝置以及控制方法，所有的特徵點應被認為僅係例示而已，而並非限制條件。上述的實施態樣，在不超出所附之請求範圍以及其發明要旨的範圍內，可用各種態樣作出變化以及改良。上述複數個實施態樣所記載的事項，在不互相矛盾的範圍內亦可取用其他的構造。另外，上述複數個實施態樣所記載的事項，在不互相矛盾的範圍內可互相組合。

【0172】

本案所揭示的電漿處理裝置，亦可適用於電容耦合電漿（Capacitively Coupled Plasma，CCP）、電感耦合電漿（Inductively Coupled Plasma，ICP）、輻射線槽孔天線（Radial Line Slot Antenna，RLSA）、電子迴旋共振電漿（Electron

Cyclotron Resonance Plasma, ECR)、螺旋微波電漿(Helicon Wave Plasma, HWP)等任一類型。

【0173】

例如，一種具有載置被處理體的第1電極以及與該第1電極互相對向的第2電極的電漿處理裝置的控制方法，其特徵為包含：對該第1電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟；該源功率，具有第1狀態與第2狀態；該控制方法亦可更包含：第1控制步驟，其以與該基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加該第1狀態與該第2狀態。

【0174】

一種具有載置被處理體的第1電極的電漿處理裝置的控制方法，其特徵為包含：對該第1電極供給偏壓功率的步驟；以及對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟；該源功率，具有第1狀態與第2狀態；該控制方法亦可更包含：第1控制步驟，其以與該基準電氣狀態的一周期內的相位同步的方式，交互地施加該第1狀態與該第2狀態。

【0175】

對電漿處理空間供給具有比該偏壓功率更高的頻率的源功率的步驟，亦可藉由將用來產生電漿的電漿產生源係微波源、高頻電源等的源功率，供給到電漿處理空間而實行之。

【0176】

在本說明書中，係列舉晶圓W作為被處理體的一例而進行說明。然而，基板，不限於此，亦可為用於LCD(Liquid Crystal Display, 液晶顯示器)、FPD(Flat Panel Display, 平板顯示器)的各種基板、CD基板、印刷基板等。

【符號說明】

【0177】

- 1:電漿處理裝置
- 10:處理容器
- 11:沉積物擋板
- 12:絕緣板
- 14:支持台
- 16:載置台(下部電極)
- 18:靜電夾頭
- 20:電極
- 22:直流電源
- 24:邊緣環
- 26:內壁構件
- 28:冷媒室
- 30a,30b:配管
- 32:氣體供給管線
- 34:上部電極
- 36:電極板
- 37:氣體吐出孔
- 38:電極支持體
- 40:氣體擴散室
- 41:氣體通流孔
- 42:遮蔽構件
- 46:匹配器

47:供電棒
48:第1高頻電源
50:可變直流電源
62:氣體導入口
64:氣體供給管
66:處理氣體供給源
68:質量流量控制器
70:開閉閥
80:排氣口
82:排氣管
83:排氣板
84:排氣裝置
85:搬入搬出口
86:閘閥
88:匹配器
89:供電棒
90:第2高頻電源
94:濾波器
100:處理器
102:信號產生電路
105,108:方向性耦合器
111:反射檢出器
112:示波器
200:控制部

250:附加電路

251:可變電容

252:線圈

300:阻抗變化電路

350:電磁石

A,B,B1~B3,C,C1,D,D1,D2,E,E1~E4:波形

a,b,c,d:區域

AM:振幅調變

C:分量

C:電容

center:中心

freq.:頻率

He:氦氣

HF:源功率的頻率(高頻)

High:高位準

IMD:交互調變失真

LF:偏壓功率的頻率(低頻)

Low:低位準

N:磁極

Ne:電漿密度

off,Off,OFF:切斷

on,On:導通

Pf:行進波功率

Plasma:電漿

Potential: 電位

Power: 功率(電力)

Pr: 反射波功率

S: 磁極

Time: 時間

Vdc: 自偏壓(自偏壓電壓)

Vpp: 電壓

W, Wafer: 晶圓

Z: 阻抗

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種電漿處理裝置，包含：

載置台；

第1高頻電源，供給以第1頻率振動之偏壓波形，該偏壓波形之循環持續預定之期間，且該偏壓波形被施加於該載置台；

第2高頻電源，供給以高於該第1頻率之第2頻率振動之源極波形，在該偏壓波形之該循環之期間，該第2高頻電源建構以變化該源極波形的該第2頻率；以及，

控制部，控制該第2高頻電源，以在該偏壓波形之該循環之期間控制該源極波形之功率位準。

【請求項2】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該第1高頻電源係在0.1kHz～13.56MHz之範圍內供給該偏壓波形。

【請求項3】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該第1高頻電源係低頻RF電源。

【請求項4】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該第1高頻電源，將該偏壓波形作為至少複數之連續的循環之定期波形進行供給。

【請求項5】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，控制該第2高頻電源，以在該循環之第1部分之期間，使該源極波形之該功率位準從第1位準上升至第2位準。

【請求項6】

如請求項5所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，控制該第2高頻電源，以在該循環之第2部分之期間，使該源極波形之該功率位準從該第2位準下降至第3位準；

該循環之該第1部分，係在該循環之第2部分之前到來。

【請求項7】

如請求項5所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第1部分之期間增加該第2頻率。

【請求項8】

如請求項5所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第1部分之期間減少該第2頻率。

【請求項9】

如請求項6所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第2部分之期間增加該第2頻率。

【請求項10】

如請求項6所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第2部分之期間減少該第2頻率。

【請求項11】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，控制該第2高頻電源，以在該循環之第1部分之期間，使該源極波形之該功率位準從第1位準下降至第2位準。

【請求項12】

如請求項11所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，控制該第2高頻電源，以在該循環之第2部分之期間，使該源極波形之該功率位準從該第2位準上升至第3位準；

該循環之該第1部分，係在該循環之該第2部分之前到來。

【請求項13】

如請求項11所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第1部分之期間減少該第2頻率。

【請求項14】

如請求項11所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第1部分之期間增加該第2頻率。

【請求項15】

如請求項12所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第2部分之期間減少該第2頻率。

【請求項16】

如請求項12所述之電漿處理裝置，其中，

該第2高頻電源，在該循環之該第2部分之期間增加該第2頻率。

【請求項17】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該偏壓波形及該源極波形，分別經由該控制部供給至電極。

【請求項18】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該第2頻率係至少13.56MHz。

【請求項19】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該第2頻率係未滿100MHz。

【請求項20】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，將透過該第2高頻電源供給至該載置台之該源極波形之該功率位準限制為500W為止。

【請求項21】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，將透過該第1高頻電源供給至該載置台之該偏壓波形之功率位準限制為1000W為止。

【請求項22】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該控制部，藉由向該載置台施加該源極波形而在該電漿處理裝置內生成電漿，並藉由向該載置台施加該偏壓波形而將離子向配置在該電漿處理裝置內之基板引入。

【請求項23】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該載置台包含於電極，該源極波形被施加於該電極。

【請求項24】

一種控制方法，係用於電漿處理裝置；

該控制方法中，

透過第1高頻電源供給以第1頻率振動之偏壓波形，該偏壓波形之循環持續預定之期間，且該偏壓波形被施加於載置台；

透過第2高頻電源供給以高於該第1頻率之第2頻率振動之源極波形，在該偏壓波形之該循環之期間，該第2高頻電源建構以變化該源極波形的該第2頻率；

控制該第2高頻電源，以在該偏壓波形之該循環之期間控制該源極波形之功率位準。

【請求項25】

一種處理器，係用於電漿處理裝置；

該處理器係連接於記憶體；

該處理器，透過第1高頻電源供給以第1頻率振動之偏壓波形，該偏壓波形之循環持續預定之期間，且該偏壓波形被施加於載置台；

該處理器，透過第2高頻電源供給以高於該第1頻率之第2頻率振動之源極波形，在該偏壓波形之該循環之期間，該第2高頻電源建構以變化該源極波形的該第2頻率；

該處理器，控制該第2高頻電源，以在該偏壓波形之該循環之期間控制該源極波形之功率位準。

【請求項26】

一種非暫時性電腦可讀記錄媒體，保存了用以使電腦執行用於電漿處理裝置之製程之程式；

該製程中，

透過第1高頻電源供給以第1頻率振動之偏壓波形，該偏壓波形之循環持續預定之期間，且該偏壓波形被施加於載置台；

透過第2高頻電源供給以高於該第1頻率之第2頻率振動之源極波形，在該偏壓波形之該循環之期間，該第2高頻電源建構以變化該源極波形的該第2頻率；

控制該第2高頻電源，以在該偏壓波形之該循環之期間控制該源極波形之功率位準。

【發明圖式】

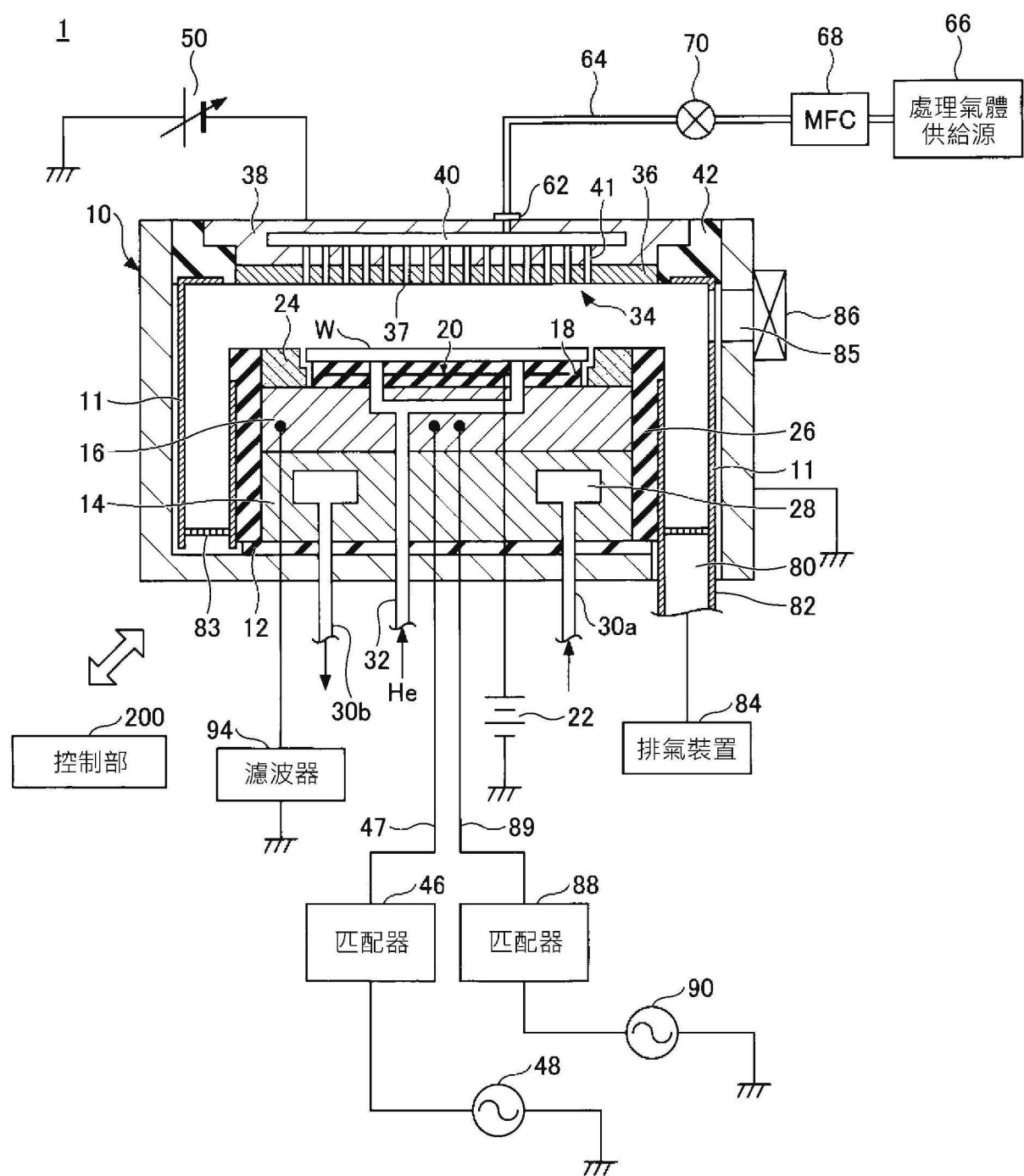


圖 1

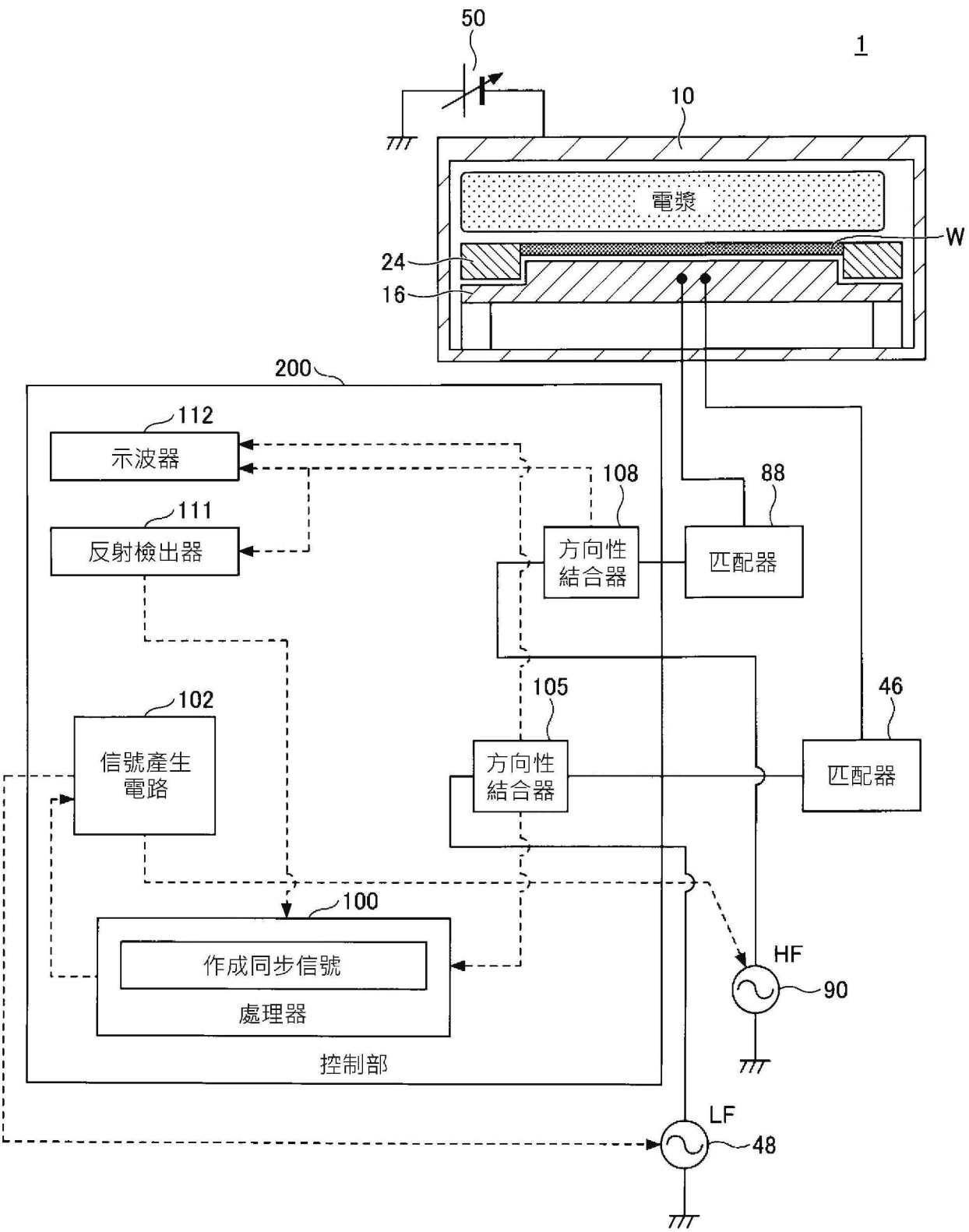


圖 2A

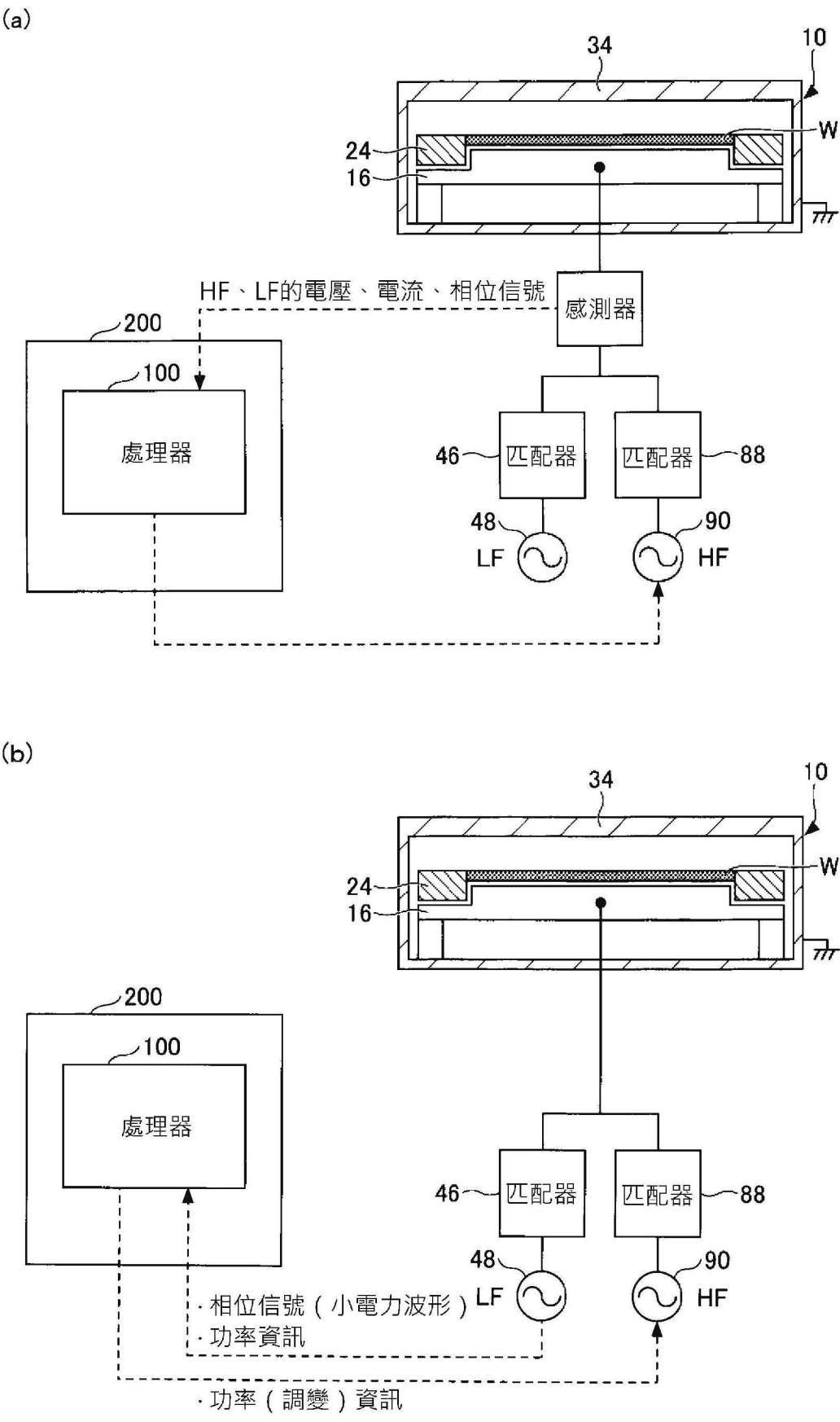


圖 2B

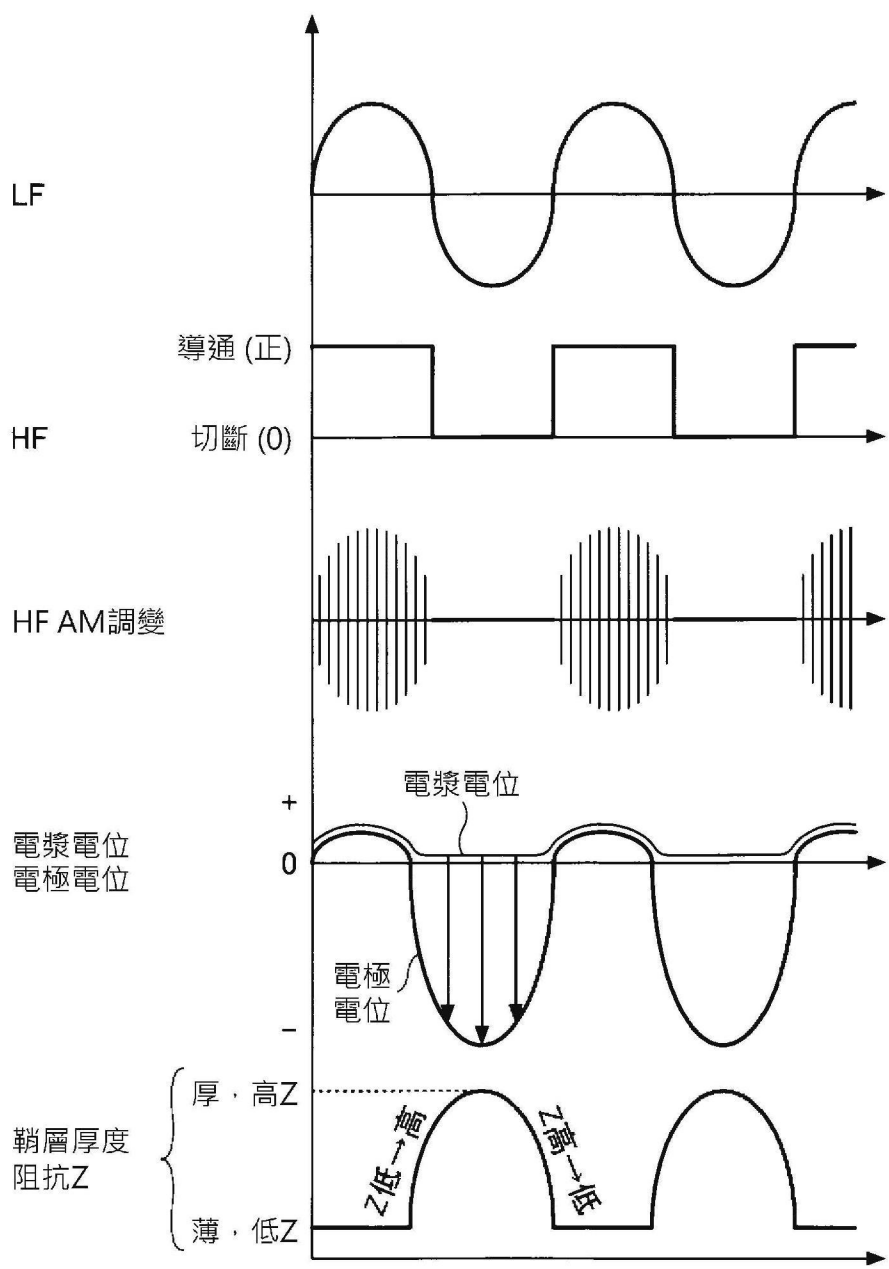


圖 3

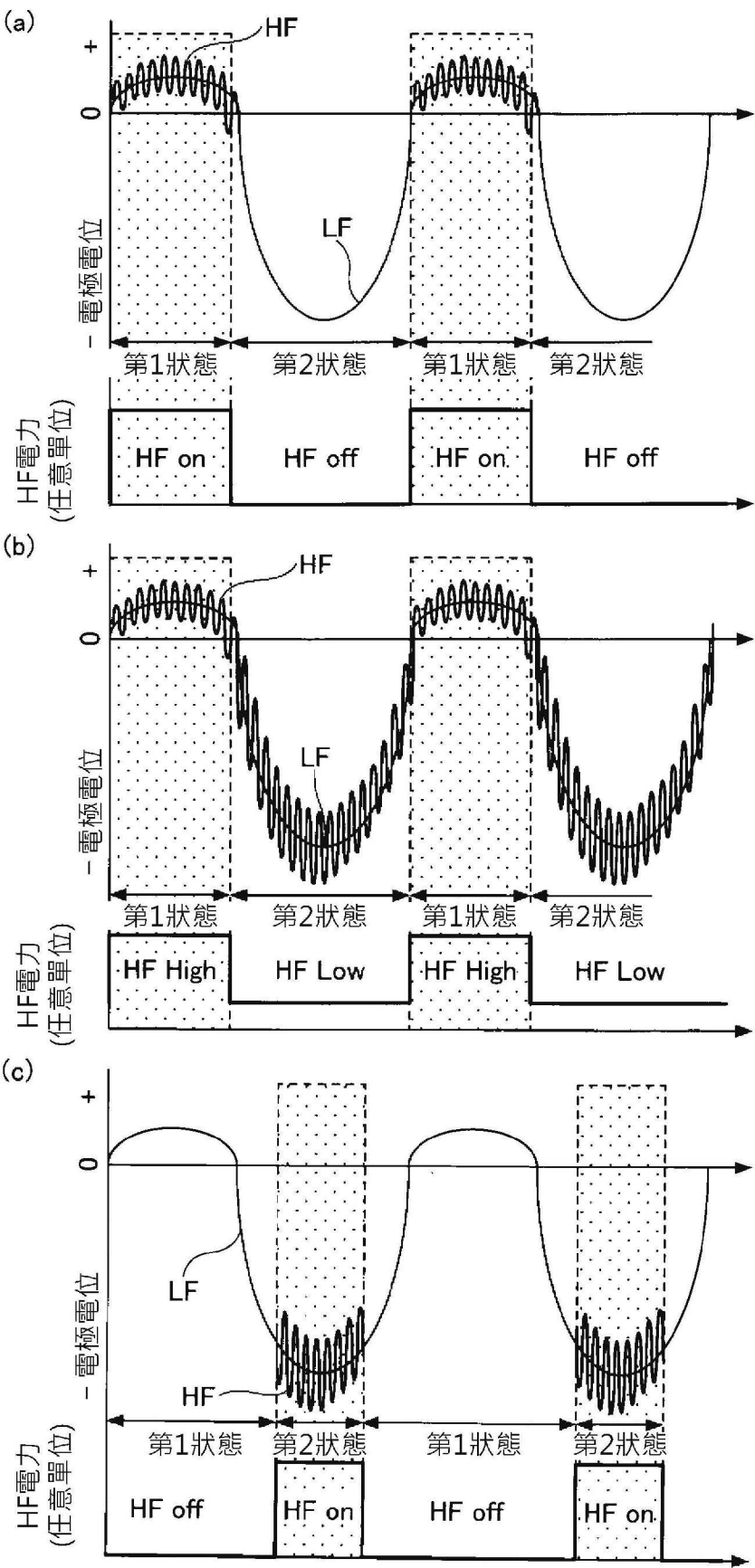


圖 4

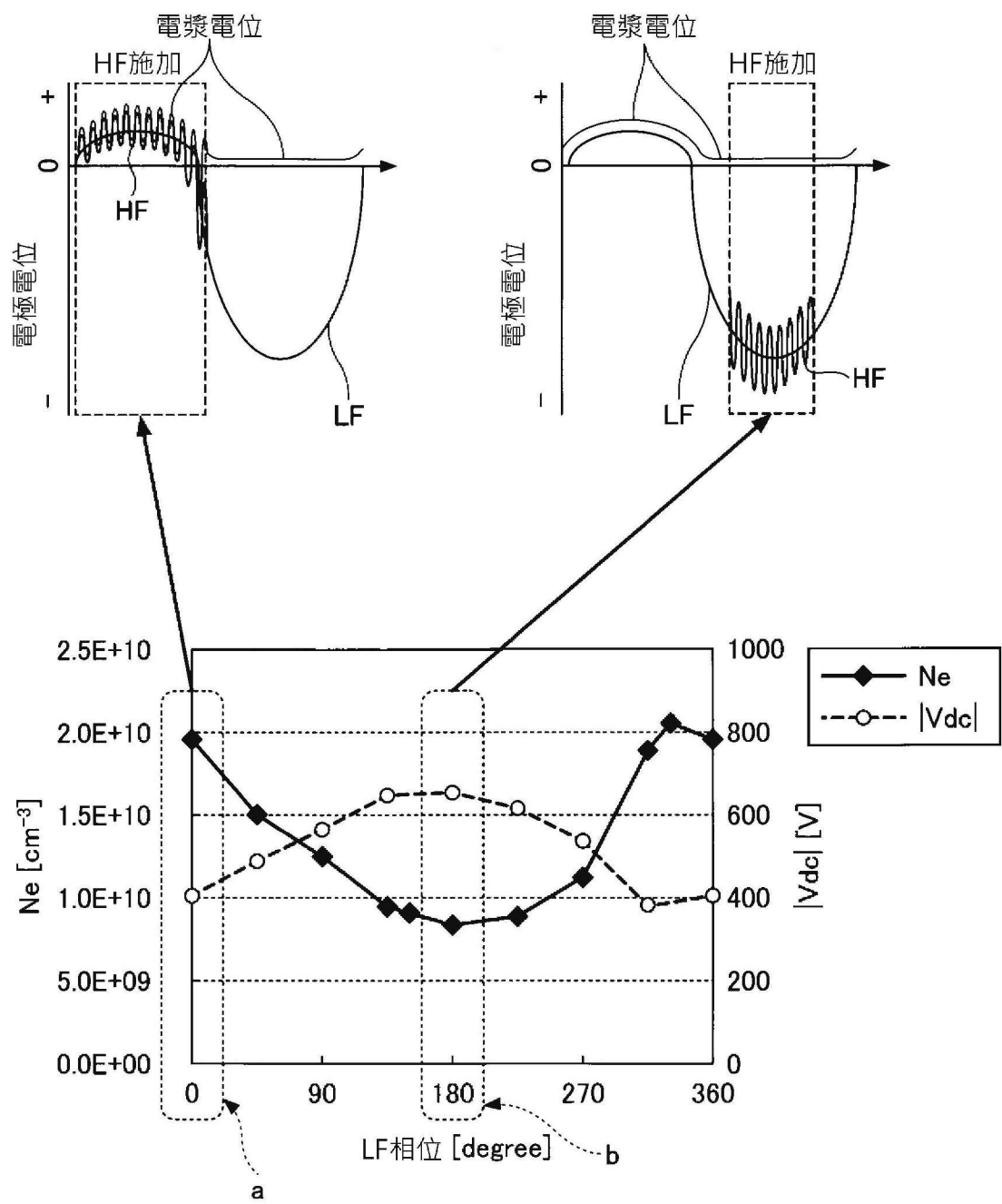


圖 5

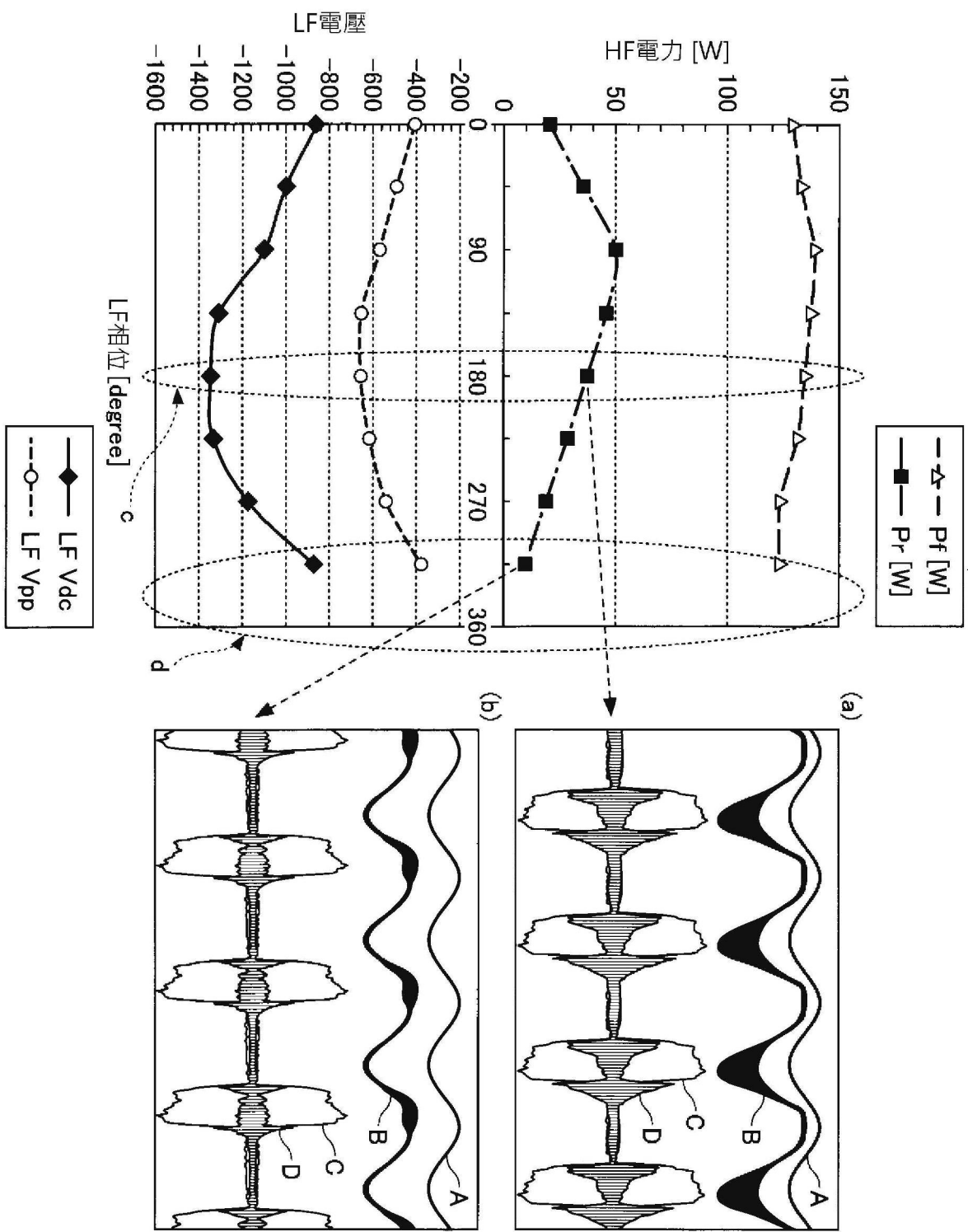


圖 6

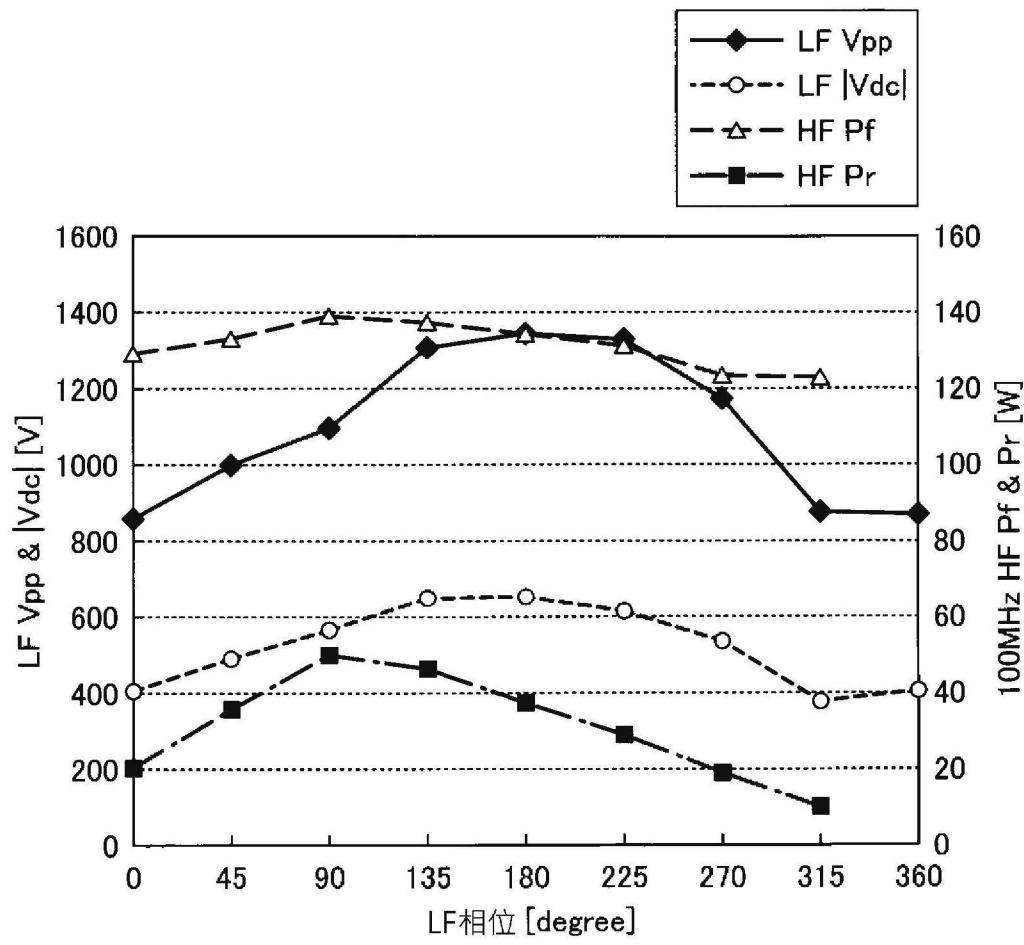


圖 7

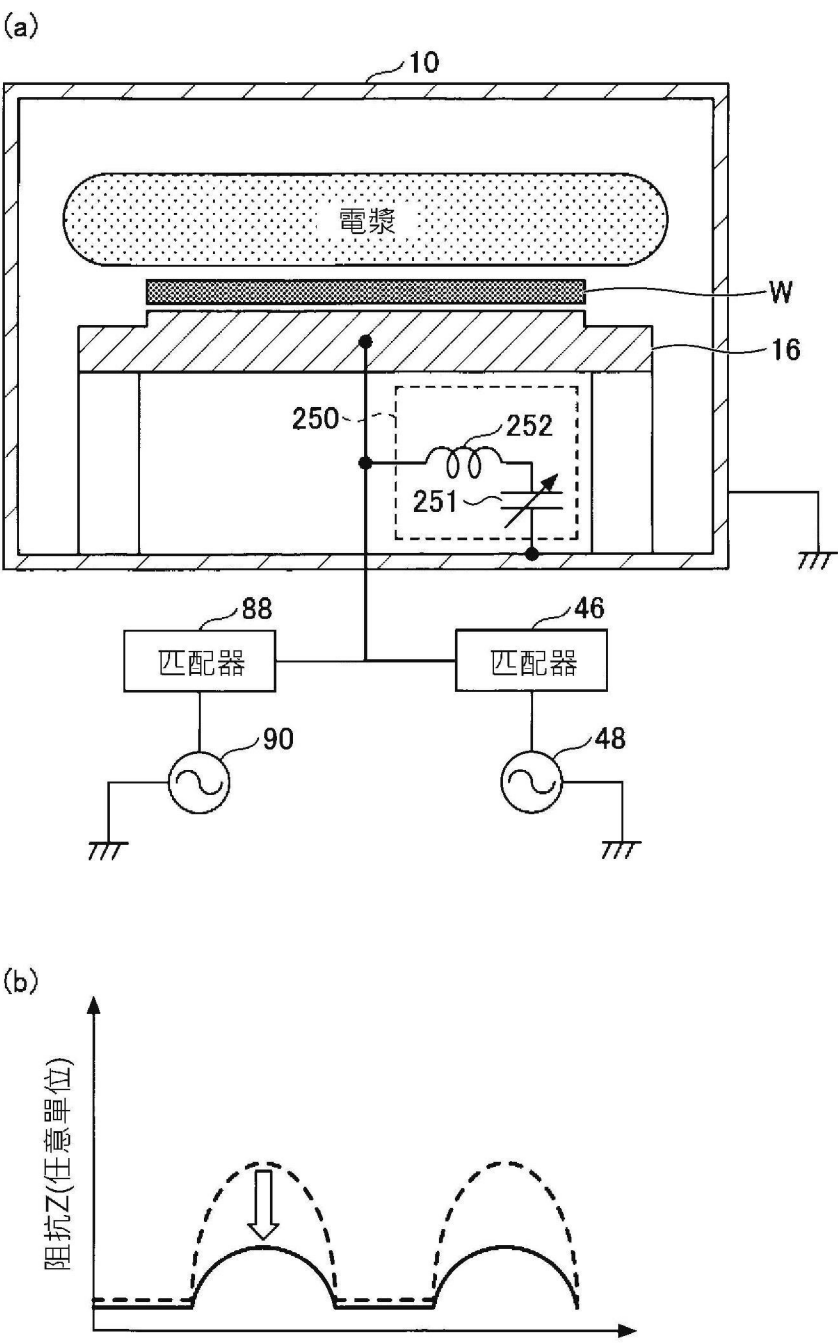


圖 8

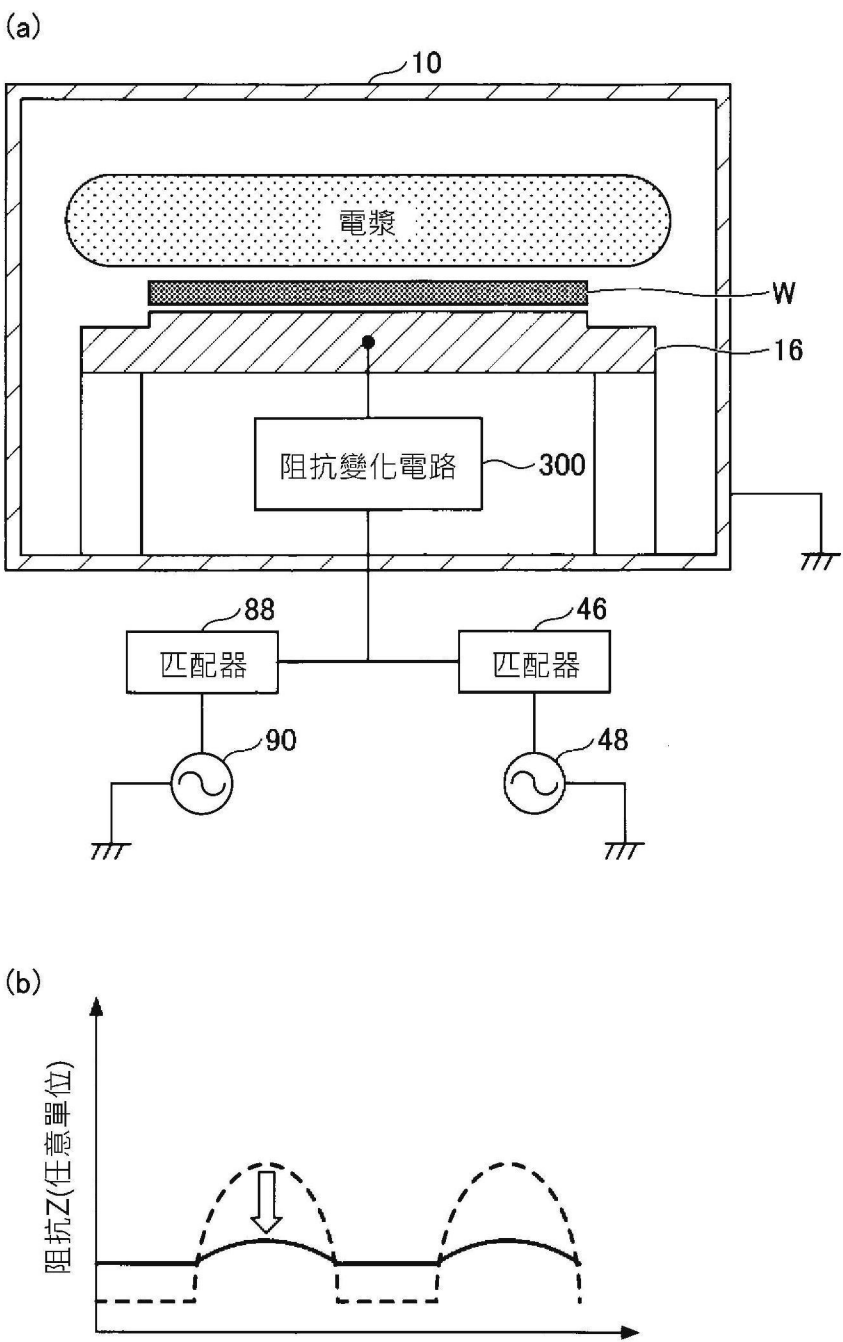


圖 9

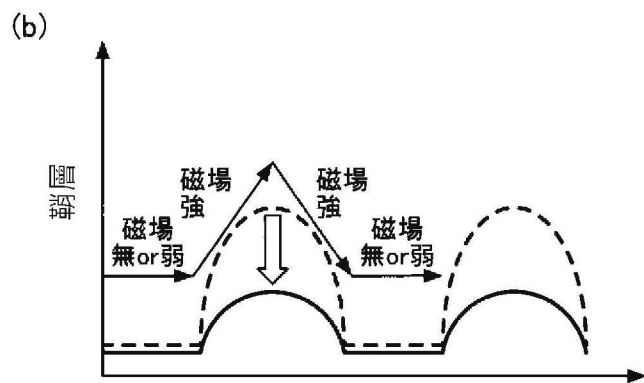
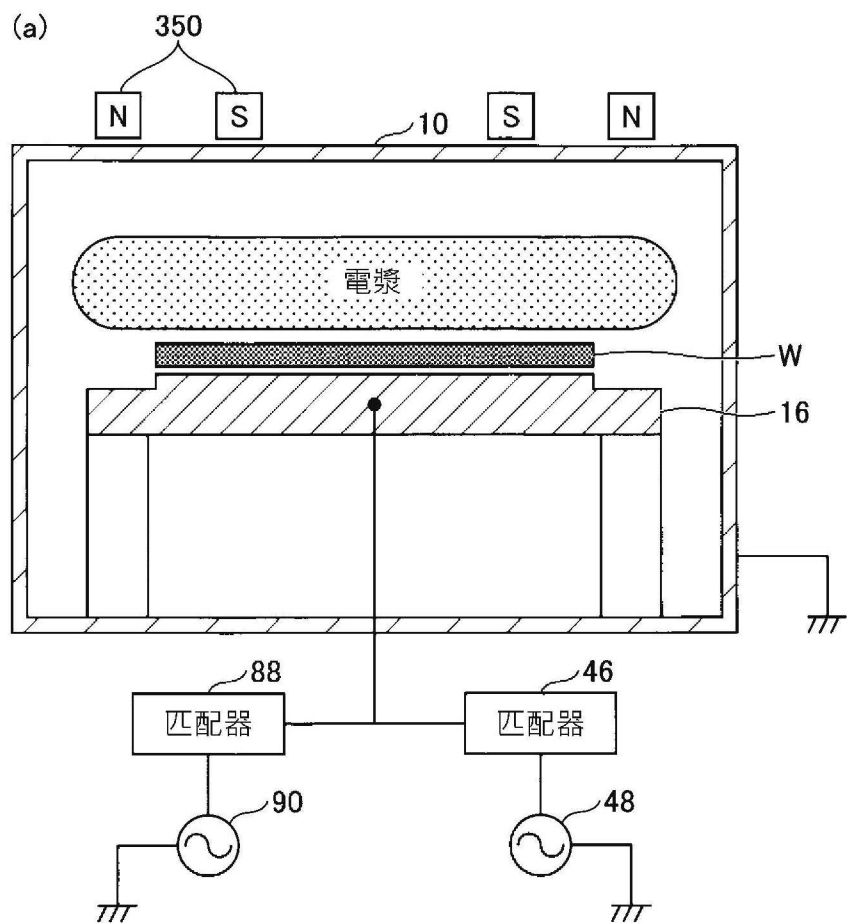


圖 10

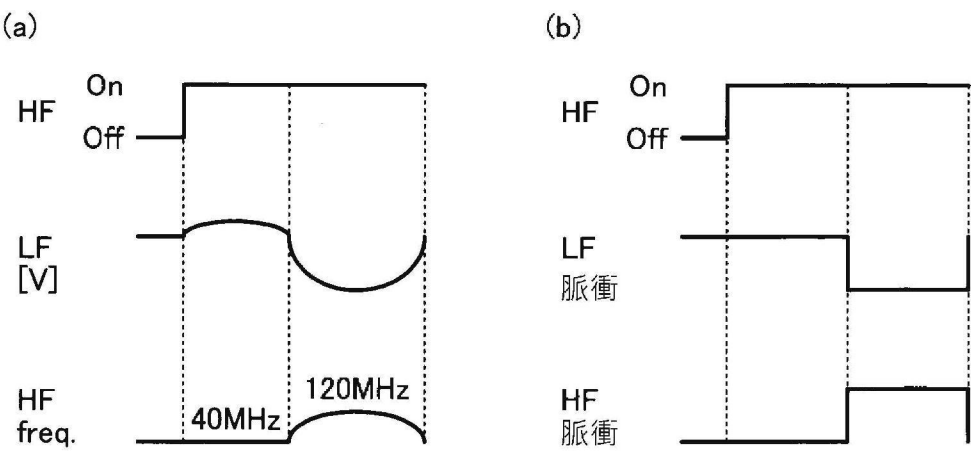


圖 11

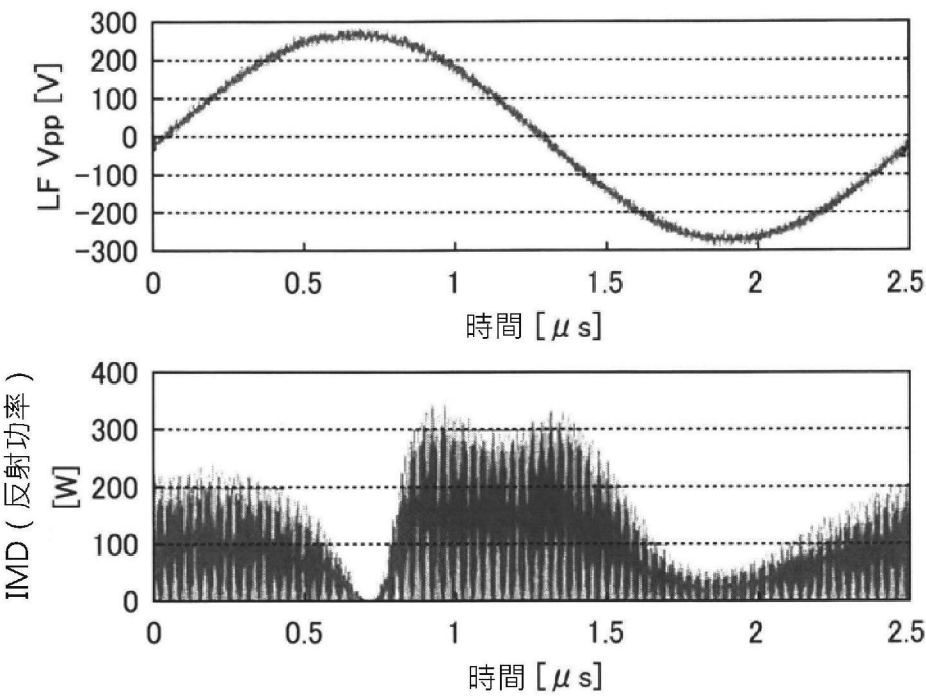


圖 12

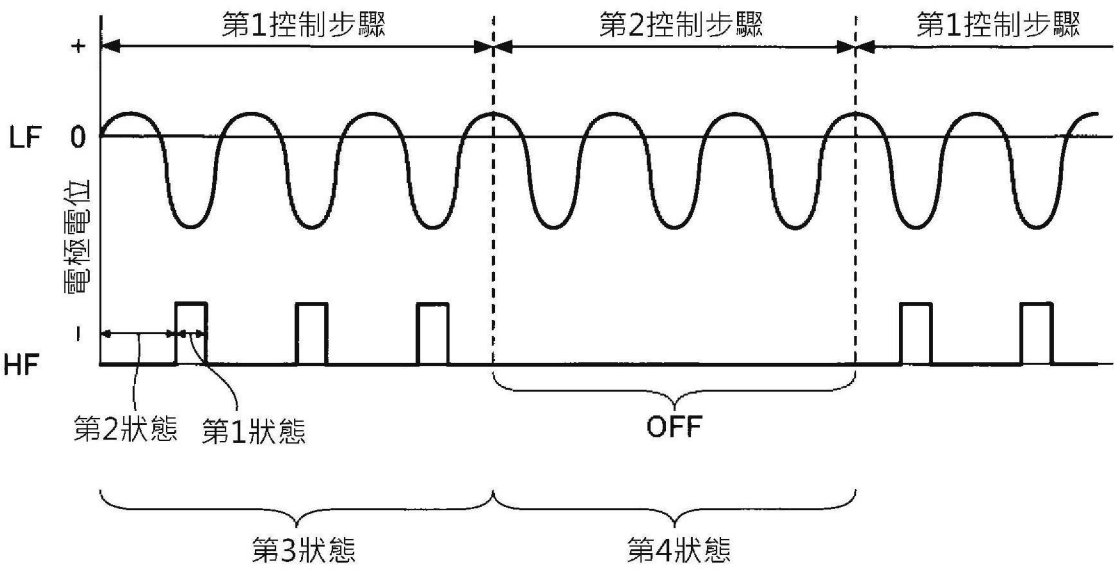


圖 13A

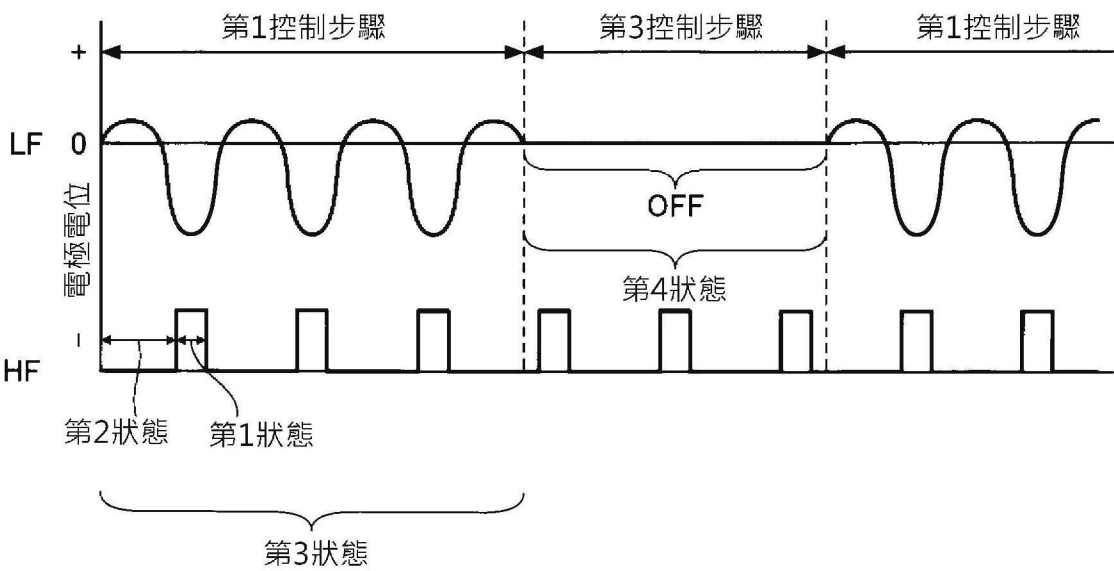


圖 13B

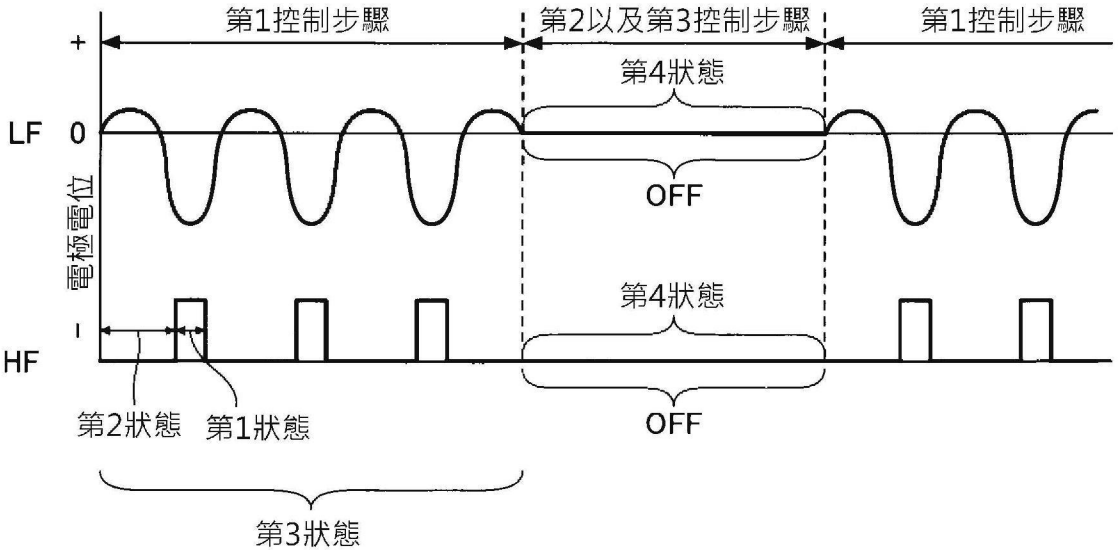


圖 13C

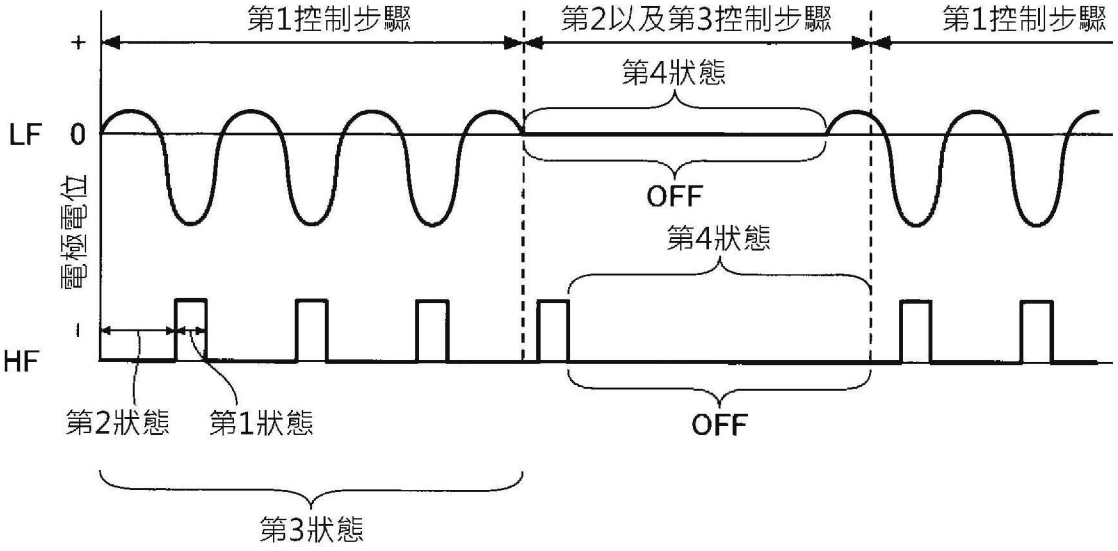


圖 13D

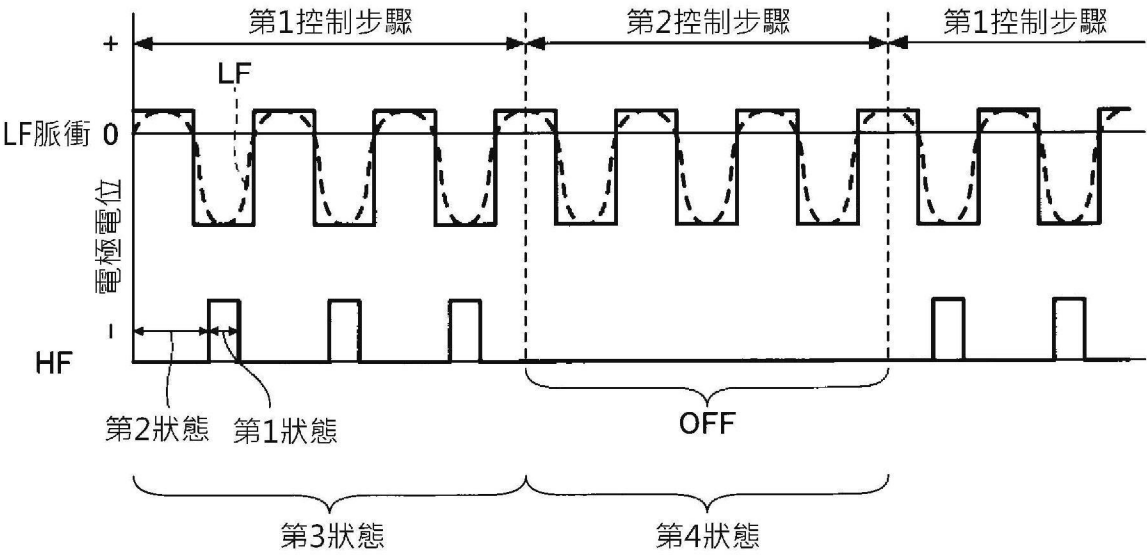


圖 14

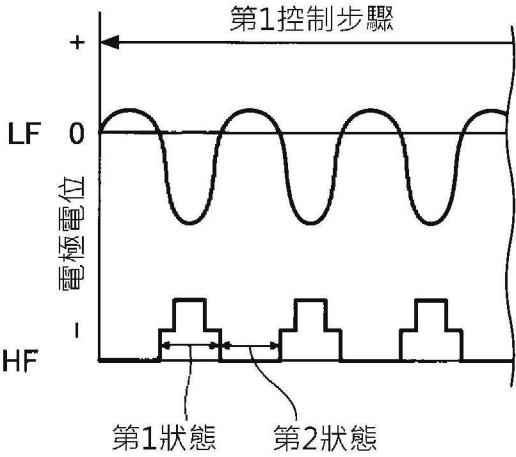


圖 15A

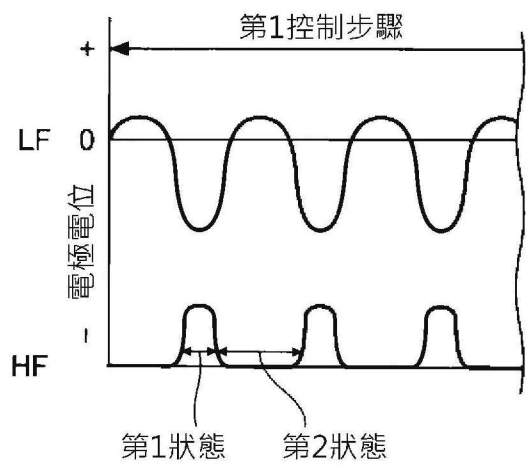


圖 15B

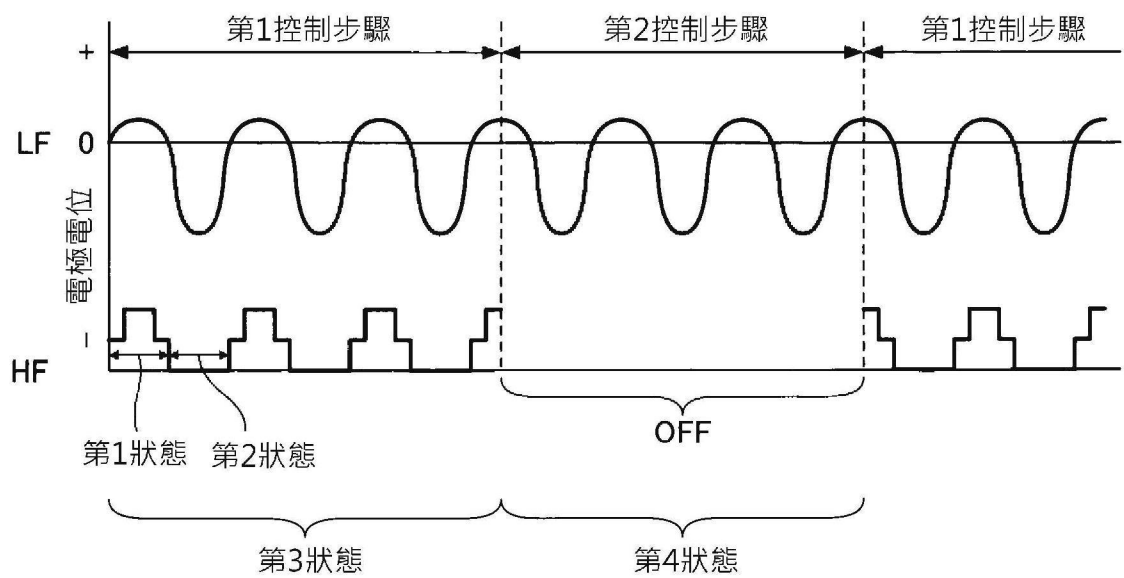


圖 15C

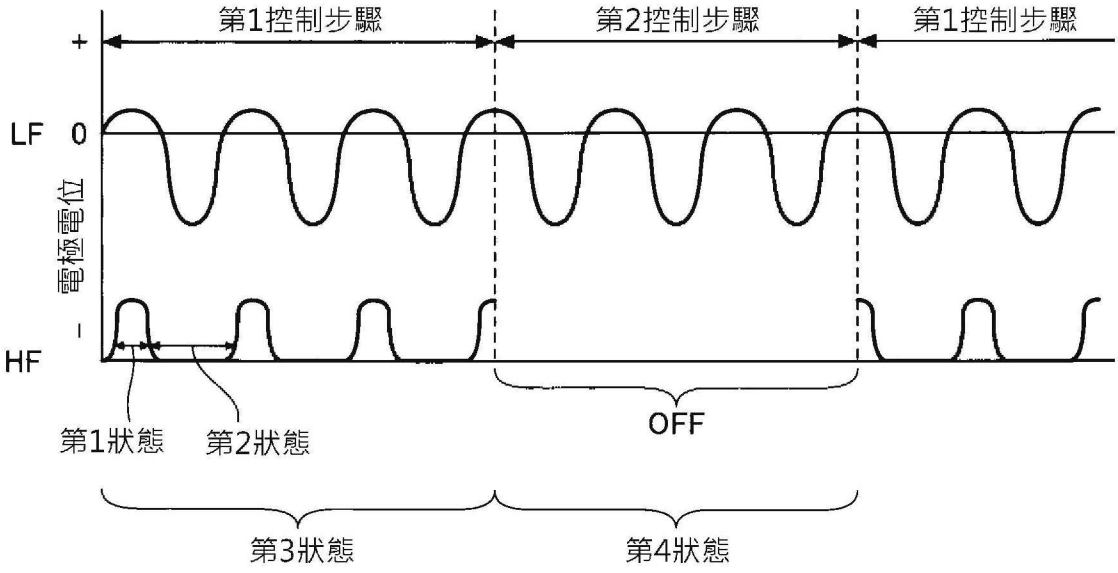


圖 15D

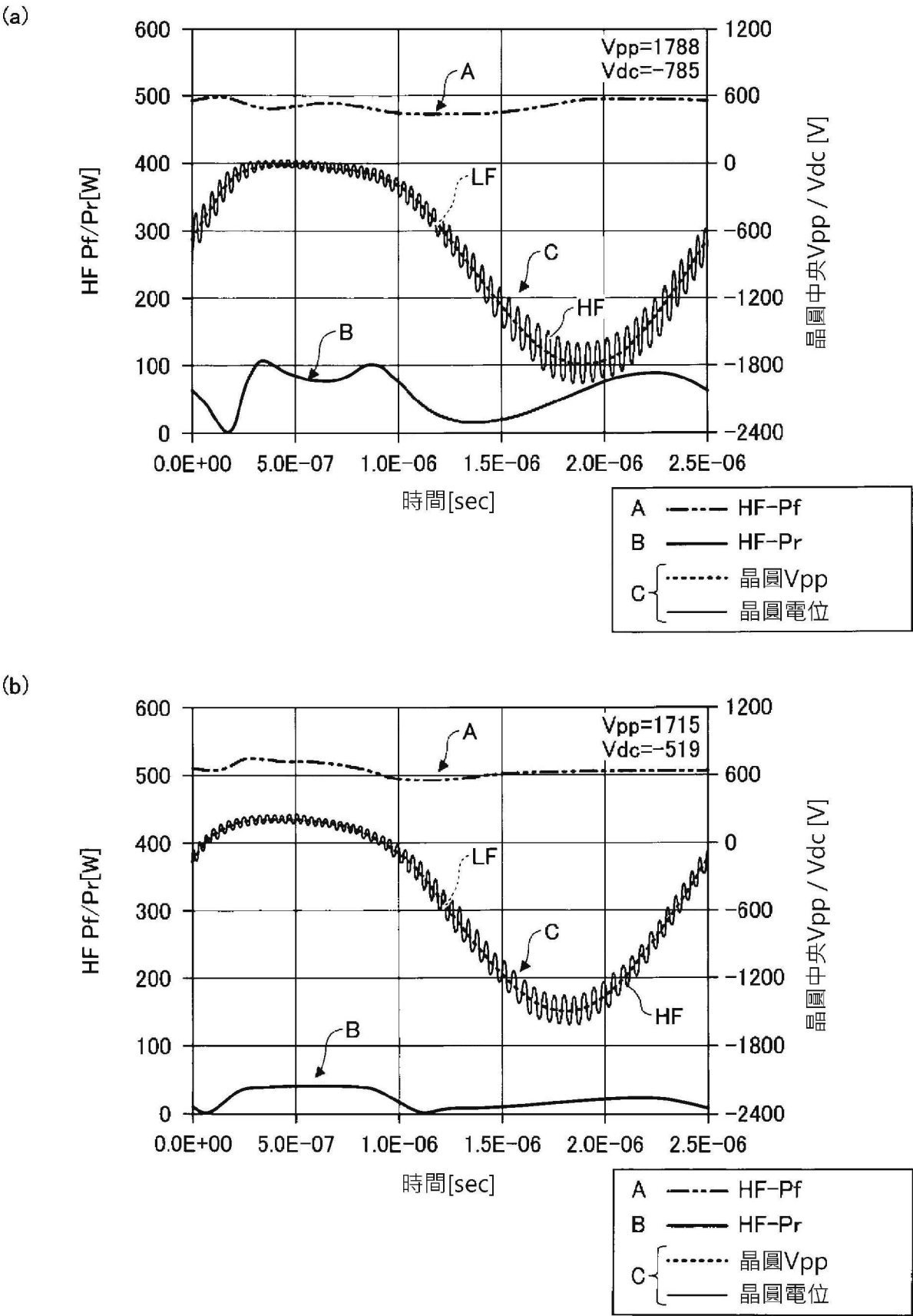


圖 16

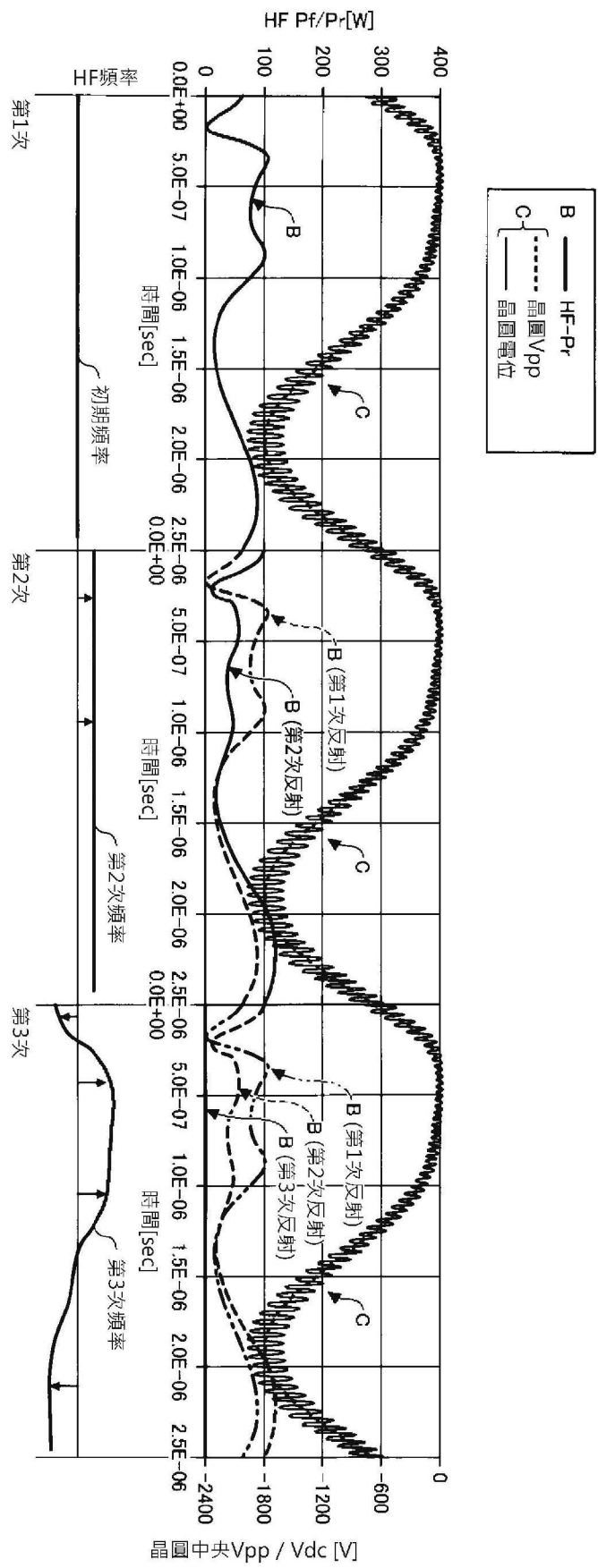


圖 17

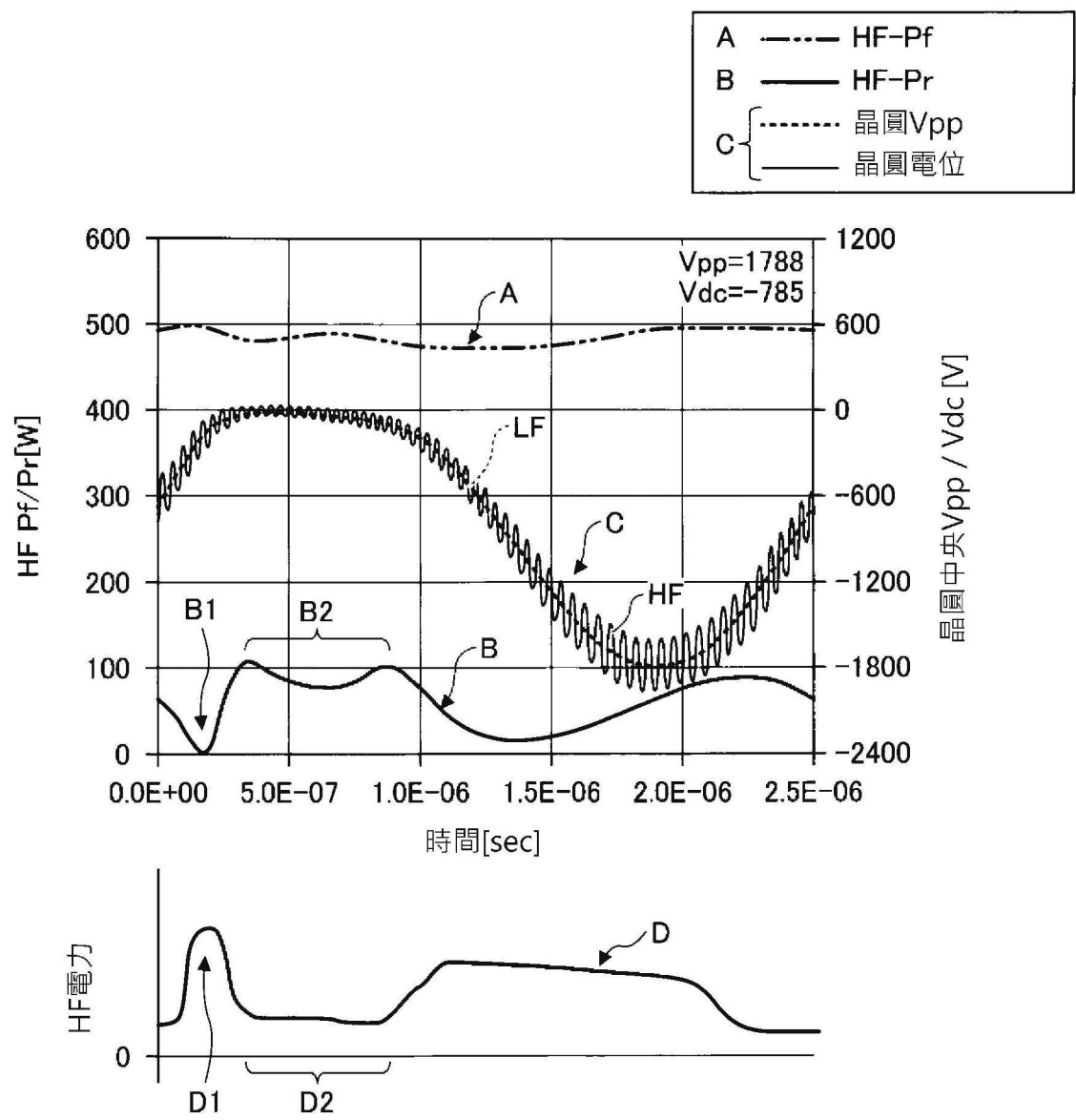


圖 18

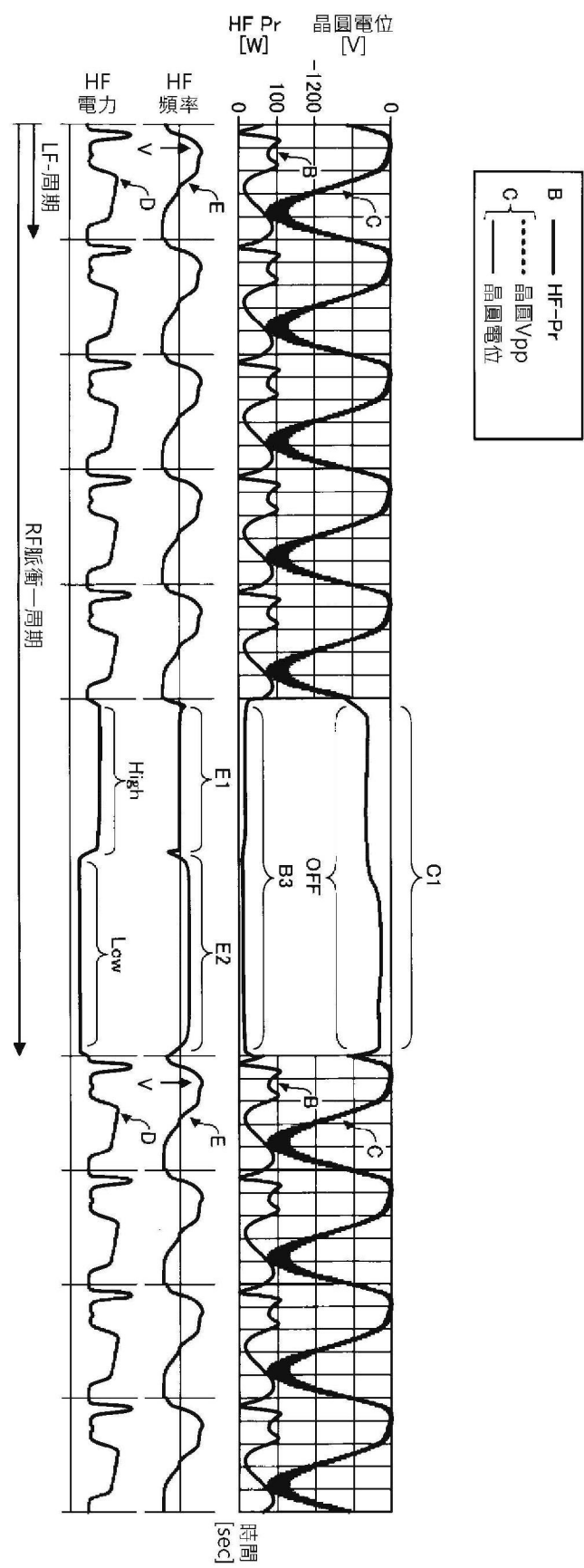


圖 19

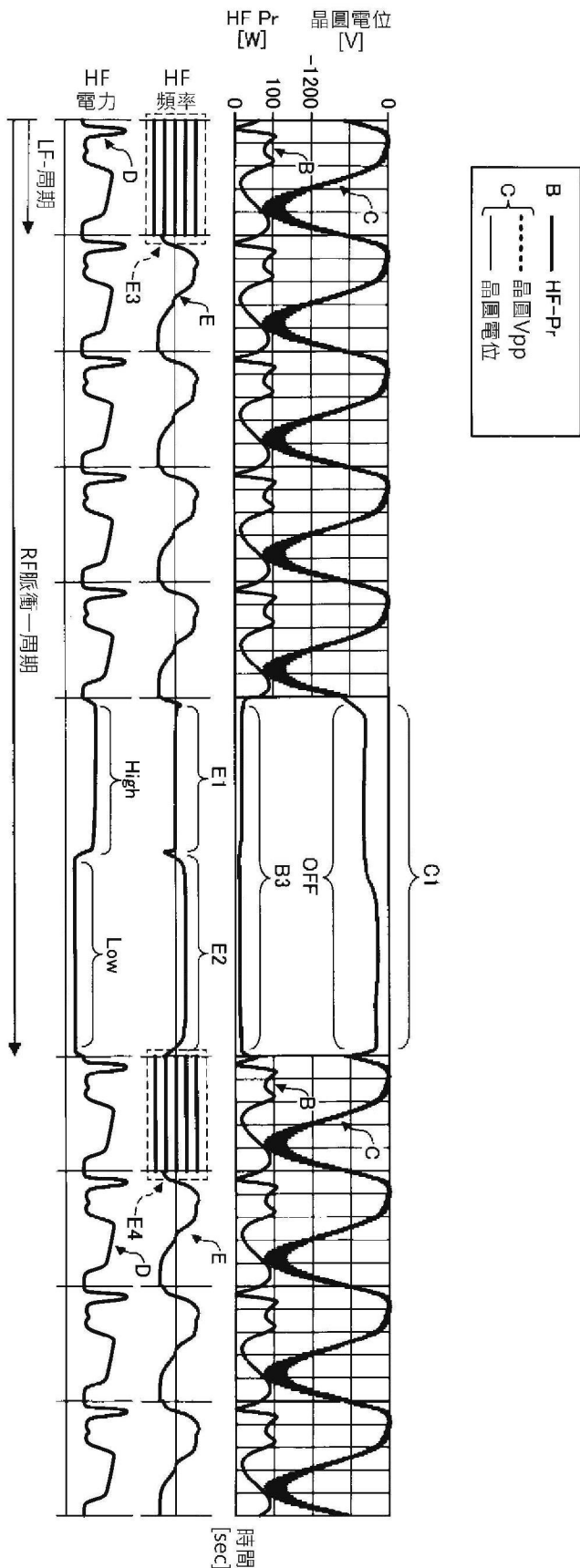


圖 20

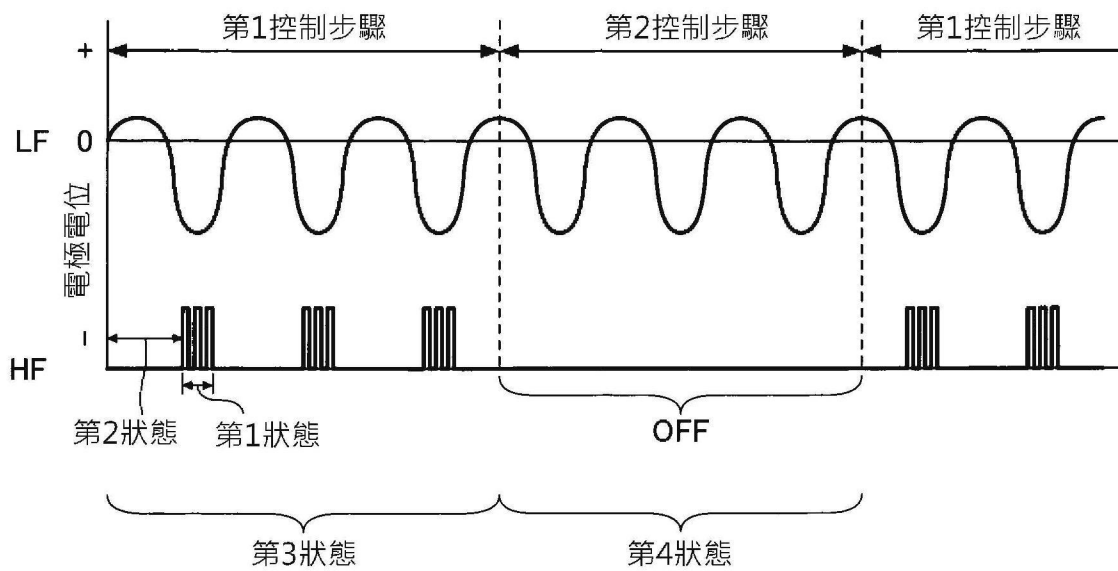


圖 21

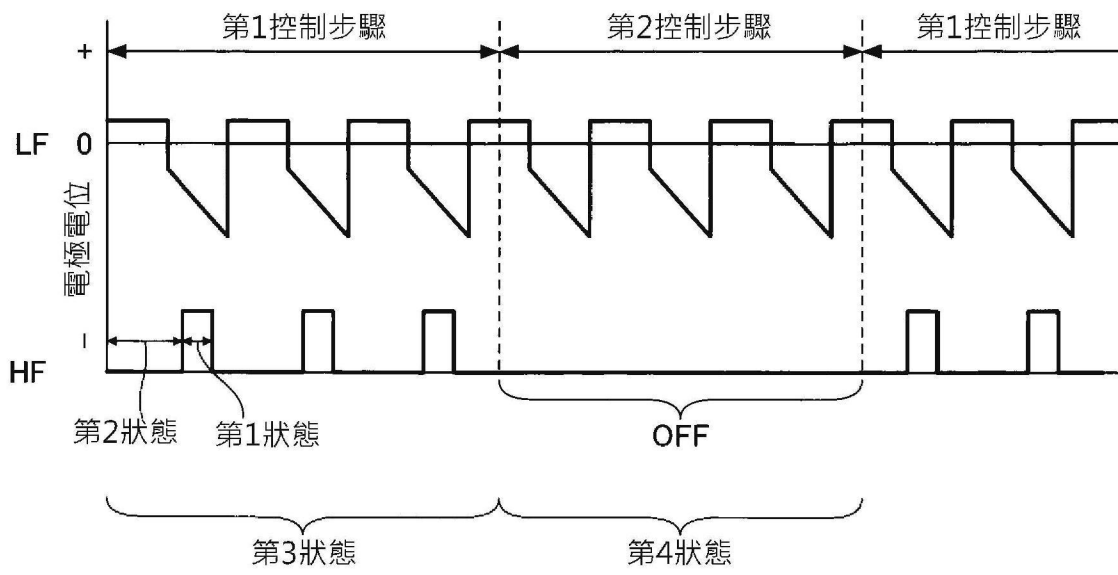


圖 22