



(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 I752063 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：106124679

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 24 日

(51)Int. Cl. : H01J37/32 (2006.01)

H01L21/3065(2006.01)

H01L21/67 (2006.01)

H01L21/687 (2006.01)

(30)優先權：2016/07/25 美國

62/366,567

2017/06/28 美國

15/636,519

(71)申請人：美商蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：瑪瑞卡塔諾 艾力西 MARAKHTANOV, ALEXEI (US)；柯札維奇 菲力克斯 KOZAKEVICH, FELIX (US)；克拉吉 麥可 C KELLOGG, MICHAEL C. (US)；霍藍德 約翰 派翠克 HOLLAND, JOHN PATRICK (US)；陳 志剛 CHEN, ZHIGANG (US)；露千西 肯尼斯 LUCCHESI, KENNETH (US)；趙林 ZHAO, LIN (CN)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW 201626426A

CN 103681194A

US 2010/0015357A1

US 2013/0240482A1

US 2016/0148786A1

審查人員：張嘉德

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：17 共 89 頁

(54)名稱

藉由使主射頻產生器與邊緣射頻產生器同步以達成與電漿腔室內之邊緣區域有關的預定因子之系統及方法

(57)摘要

描述用以達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法及系統。該等方法其中一者包含：將一 RF 信號提供至該電漿腔室中的一主電極。該 RF 信號係基於一第一 RF 產生器之操作頻率而產生。該方法更包含將另一 RF 信號提供至該電漿腔室中的一邊緣電極。該另一 RF 信號係基於該第一 RF 產生器之操作頻率而產生。該方法包含接收一變數的一第一測量結果、接收該變數的一第二測量結果、及基於該第一測量結果及該第二測量結果而修改該另一 RF 信號的一相位。該方法包含改變與一第二 RF 產生器有關的一變數的一強度以達成該預定因子。

Systems and methods for achieving a pre-determined factor associated with the edge region within the plasma chamber is described. One of the methods includes providing an RF signal to a main electrode within the plasma chamber. The RF signal is generated based on a frequency of operation of a first RF generator. The method further includes providing another RF signal to an edge electrode within the plasma chamber. The other RF signal is generated based on the frequency of operation of the first RF generator. The method includes receiving a first measurement of a variable, receiving a second measurement of the variable, and modifying a phase of the other RF signal based on the first measurement and the second measurement. The

指定代表圖：

102 · · · 邊緣區域

113 • • • IMC

120 · · · 基板

124 · · · RF 傳輸線

1000 · · · 系統

1004 . . . 點

1008 . . . 輸出端

1010 · · · 輸出端

1012 · · · 從屬 RF
產生器

1014 · · · 主 RF 產生器

1016 · · · 邊緣電極

1018 · · · RF 產生器

1020 · · · 變數感測器

1022 · · · 變數感測器

1030 · · · 傳輸纜線

1032 · · · 傳輸纜線

1034 · · · RF 纜線

1036 · · · RF 纜線

1038 · · · 輸入端

1040 · · · 輸入端

1042 · · · 輸入端

1044 · · · 輸入端

1046 · · · RF 纜線

1048 · · · RF 纜線

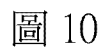


圖 10

I752063

TW I752063 B

1050 . . . 傳輸纜線



I752063

【發明摘要】

【中文發明名稱】藉由使主射頻產生器與邊緣射頻產生器同步以達成與電漿腔室內之邊緣區域有關的預定因子之系統及方法

【英文發明名稱】 SYSTEMS AND METHODS FOR ACHIEVING A PRE-DETERMINED FACTOR ASSOCIATED WITH AN EDGE REGION WITHIN A PLASMA CHAMBER BY SYNCHRONIZING MAIN AND EDGE RF GENERATORS

【中文】

描述用以達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法及系統。該等方法其中一者包含：將一RF信號提供至該電漿腔室中的一主電極。該RF信號係基於一第一RF產生器之操作頻率而產生。該方法更包含將另一RF信號提供至該電漿腔室中的一邊緣電極。該另一RF信號係基於該第一RF產生器之操作頻率而產生。該方法包含接收一變數的一第一測量結果、接收該變數的一第二測量結果、及基於該第一測量結果及該第二測量結果而修改該另一RF信號的一相位。該方法包含改變與一第二RF產生器有關的一變數的一強度以達成該預定因子。

【英文】

Systems and methods for achieving a pre-determined factor associated with the edge region within the plasma chamber is described. One of the methods includes providing an RF signal to a main electrode within the plasma chamber. The RF signal is generated based on a frequency of operation of a first RF generator. The method

further includes providing another RF signal to an edge electrode within the plasma chamber. The other RF signal is generated based on the frequency of operation of the first RF generator. The method includes receiving a first measurement of a variable, receiving a second measurement of the variable, and modifying a phase of the other RF signal based on the first measurement and the second measurement. The method includes changing a magnitude of a variable associated with a second RF generator to achieve the pre-determined factor.

【指定代表圖】 圖10

【代表圖之符號簡單說明】

102 邊緣區域

108 IMC

113 IMC

114 卡盤

120 基板

122 RF 傳輸線

124 RF 傳輸線

132 中心區域

1000 系統

1002 RF 產生器

1004 點

1006 點

1008 輸出端

1010 輸出端

1012 從屬 RF 產生器

1014 主 RF 產生器

1016 邊緣電極

1018 RF 產生器

1020 變數感測器

1022 變數感測器

1030 傳輸纜線

1032 傳輸纜線

1034 RF 纜線

1036 RF 纜線

1038 輸入端

1040 輸入端

1042 輸入端

1044 輸入端

1046 RF 纜線

1048 RF 纜線

1050 傳輸纜線

【發明說明書】

【中文發明名稱】藉由使主射頻產生器與邊緣射頻產生器同步以達成與電漿腔室內之邊緣區域有關的預定因子之系統及方法

【英文發明名稱】 SYSTEMS AND METHODS FOR ACHIEVING A PRE-DETERMINED FACTOR ASSOCIATED WITH AN EDGE REGION WITHIN A PLASMA CHAMBER BY SYNCHRONIZING MAIN AND EDGE RF GENERATORS

【技術領域】

【0001】 本實施例係關於藉由使主射頻(RF)產生器與邊緣RF產生器同步以達成與電漿腔室內之邊緣區域有關的預定因子之系統及方法。

【先前技術】

【0002】 電漿系統係用以控制電漿處理。電漿系統包含多個射頻(RF)來源、阻抗匹配器、及電漿反應器。工作件係置於電漿腔室中，且電漿係於電漿腔室內產生以處理工作件。

【0003】 以相似或均勻的方式來處理工作件是重要的。為了以相似或均勻的方式處理工作件，對與電漿反應器有關的各種參數進行控制。如一範例，於工作件之處理期間內控制離子通量的方向性是重要的。在方向性上的控制有助於提高蝕刻率及達成工作件之特徵部的一定深寬比。

【0004】 在以均勻的方式處理工作件的情況下，同時保持電漿腔室的各種元件之使用壽命是重要的。在施加RF功率至一些元件的情況下，元件耗損更快且無法持續其使用壽命。此外，由於這樣的耗損，元件對離子通量的方向性造成不利地影響，而這對在工作件處理上的均勻性產生不利地影響。

【0005】 此外，目前的介電蝕刻工具具有固定的邊緣硬體。例如，電漿反應器之下電極延伸部的高度、或下電極延伸部的材料、或上電極與下電極之間的間隙係最佳化以在工作件邊緣對其進行處理。固定的邊緣硬體無法容許在工作件邊緣處理上的彈性。

【0006】 在此背景下本發明產生。

【發明內容】

【0007】 本揭露內容之實施例提供了藉由使用耦合環內的電極來控制電漿腔室的邊緣區域中的離子之方向性、及藉由使主射頻(RF)產生器與邊緣RF產生器同步化以達成與電漿腔室內的邊緣區域有關之預定因子的設備、方法、及電腦程式。吾人應理解本發明可以許多方式加以達成，例如處理、設備、系統、硬體、方法、或電腦可讀媒介。以下描述幾個實施例。

【0008】 由於在晶圓受蝕刻的輪廓角度(profile angle)或傾斜度與蝕刻率之間的取舍，在晶圓的邊緣滿足處理規格是困難的。蝕刻率係取決於晶圓邊緣的離子通量、及用以處理晶圓的一或更多處理氣體之化學性質(例如，混合、類型等)。在邊緣處到達晶圓的離子通量隨著進入電漿鞘層之離子通量、及在邊緣之電漿鞘層的形狀而變化。離子聚焦效應係隨著在晶圓上方的晶圓電漿鞘層厚度與邊緣環(其對超出晶圓邊緣外的電漿鞘層進行控制)上方的邊緣環電漿鞘層厚度上的差異而變化。保持超出晶圓邊緣外的均勻電漿密度、及使晶圓電漿鞘層與邊緣環電漿鞘層之間的差異最小化以提高蝕刻率及使輪廓角度保持為約90度(例如，在89.5度與90.5度之間、在89度與91度之間等)為重要的。此外，吾人期望控制邊緣環的耗損，使得邊緣環能夠達到其使用壽命(例如，大於500小時等)。

【0009】 在一些實施例中，提供用以獨立控制與邊緣環有關之電漿參數的控制鈕(knob)。該控制鈕係藉由將有供應功率之電極嵌入至耦合環中、並提供RF功率至該電極、或經由一可變阻抗RF濾波器將該電極連接至接地端而設置。RF功率之提供有時稱為向電極提供主動功率，且經由可變阻抗將電極連接至接地端的耦合有時稱為向電極提供被動功率。沒有對上電極步階位置、邊緣環高度及形狀、邊緣環連接材料等進行最佳化來控制電漿參數。然而，在一些實施例中，在對電極提供主動或被動功率之外，亦控制上電極步階位置、邊緣環高度及形狀、及/或邊緣環材料以控制電漿參數。

【0010】 在各樣的實施例中，描述用以改善在晶圓邊緣之性能的一電容耦合RF供應功率邊緣環。藉由改變連接至邊緣環的主動或被動功率之量，從而控制在邊緣區域的電漿密度、在邊緣區域之電漿的鞘層均勻性、在邊緣區域之電漿的蝕速率均勻性、及在邊緣區域中晶圓受蝕刻的傾斜度。沒有直接將RF或直流(DC)功率提供至邊緣環。將功率加以電容耦合至邊緣環降低了(例如，消除等)邊緣環材料與用以將功率直接傳遞至邊緣環的RF饋送零件之間發生任何電弧的機會。

【0011】 在一些實施例中，描述一種控制電漿腔室內之邊緣區域的離子通量之方向性的系統。該系統包含：一射頻(RF)產生器，用以產生一RF信號；一阻抗匹配電路，連接至該RF產生器用以接收該RF信號以產生一修改後RF信號；及電漿腔室。該電漿腔室包含：邊緣環；及耦合環，該耦合環係位於該邊緣環下方且連接至該阻抗匹配電路以接收該修改後RF信號。該耦合環包含電極，該電極於該電極與該邊緣環之間產生一電容以在接收到該修改後RF信號時控制離子通量之方向性。

【0012】 在各樣的實施例中，描述一種控制電漿腔室內之邊緣區域的離子通量之方向性的系統。該系統包含：一第一RF濾波器，用以輸出一第一濾波後

RF信號；一第二RF濾波器，連接至該第一RF濾波器用以接收該第一濾波後RF信號以輸出一第二濾波後RF信號；及一電漿腔室。該電漿腔室包含：邊緣環；及耦合環，該耦合環係位於該邊緣環下方且連接至該第二RF濾波器。該耦合環包含電極，該電極係用以接收該第二濾波後RF信號而進一步於該電極與該邊緣環之間產生一電容以在接收到該第二濾波後RF信號時控制離子通量之方向性。

【0013】 在一些實施例中，描述一種控制電漿腔室內之邊緣區域的離子通量之方向性的系統。該系統包含：一RF濾波器，用以輸出一濾波後RF信號；及一電漿腔室。該電漿腔室包含：邊緣環；及耦合環，該耦合環係位於該邊緣環下方且連接至該RF濾波器以接收該濾波後RF信號。該耦合環包含電極，該電極於該電極與該邊緣環之間產生一電容以於接收到該濾波後RF信號後控制離子通量之方向性。

【0014】 在一些實施例中，提供了可調式邊緣電漿鞘層(TES, tunable edge plasma sheath)的控制方案。在晶圓及晶圓邊緣上方的電漿鞘層係由各別的RF產生器(例如，主RF產生器、及從屬RF產生器等)所驅動。藉由電壓拾取器(例如，電壓感測器等)監測每一鞘層電壓的強度、及晶圓與邊緣RF鞘層之間的相位角，並調整該強度以在晶圓邊緣達成處理結果(例如，一或更多因子等)。

【0015】 在一些實施例中，描述了在晶圓邊緣之RF電漿鞘層的控制。相同RF頻率的二個產生器(例如，主RF產生器、及從屬RF產生器等)將RF功率獨立地施加至晶圓、及電容耦合的邊緣環。RF電壓及相位係於主RF匹配器及邊緣環RF匹配器之輸出端測量，並饋送至從屬產生器。接著將二個產生器之頻率調整為相同的值並鎖定。之後，對該等RF電壓的二電壓波形之間的相位角進行調整並鎖定。最後，將從屬電壓輸出值設定成與在晶圓邊緣的處理結果相對應之特定值。藉由調整鎖相的邊緣RF電漿鞘層，可在晶圓邊緣達成一預定表現(例如，0度之邊緣傾斜、預定角度之邊緣傾斜等)。在幾個實施例中，頻率係在調整二個

電壓波形之間的相位角之後進行調整。在一些實施例中，RF電壓及相位係在調整頻率之後測量。

【0016】 在各樣的實施例中，從屬RF產生器與主RF產生器鎖定頻率。接著，將從屬RF產生器開啟(例如，提供功率、進行操作、供應RF信號等)。之後，基於預定義之設定而達成自動化相位及電壓控制。

【0017】 在一些實施例中，從屬RF產生器針對每一狀態(例如，狀態S1及S2等)執行頻率鎖定、及相位與電壓控制。

【0018】 在一些實施例中，描述了一種達成與電漿腔室中之邊緣區域有關的預定因子之方法。該方法包含經由一第一阻抗匹配電路將一RF信號提供至該電漿腔室中的一主電極。該RF信號係基於一第一RF產生器之操作頻率而產生。該方法更包含經由一第二阻抗匹配電路將另一RF信號提供至該電漿腔室中的一邊緣電極。該另一RF信號係基於該第一RF產生器之操作頻率而產生。該方法更包含接收與該第一阻抗匹配電路之輸出端有關的一變數的一第一測量結果、接收與該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數的一第二測量結果、及基於該第一測量結果及該第二測量結果而修改該另一RF信號的一相位。該方法包含改變與一第二RF產生器有關的一變數的一強度以達成該預定因子。

【0019】 在各樣的實施例中，描述了一種達成與邊緣區域有關的預定因子之系統。該系統包含：一電漿腔室，該電漿腔室具有一主電極及一邊緣電極；一第一阻抗匹配電路，該第一阻抗匹配電路連接至該主電極；一第二阻抗匹配電路，該第二阻抗匹配電路連接至該邊緣電極；及一第一RF產生器，該第一RF產生器連接至該第一阻抗匹配電路以經由該第一阻抗匹配電路將一RF信號提供至該主電極。該RF信號係基於該第一RF產生器之操作頻率而產生。該系統包含一第二RF產生器，該第二RF產生器連接至該第二阻抗匹配電路以經由該第二阻抗匹配電路將另一RF信號提供至該邊緣電極。該另一RF信號係基於該第一RF產

生器之操作頻率而產生。該第二RF產生器接收與該第一阻抗匹配電路之輸出端有關的一變數的一第一測量結果。該第二RF產生器接收與該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數的一第二測量結果。該第二RF產生器基於該第一測量結果、及該第二測量結果而修改該另一RF信號的一相位。該第二RF產生器改變與該第二RF產生器有關的一變數的一強度以達成該預定因子。

【0020】 在幾個實施例中，描述了一種非暫態電腦可讀媒體，其包含用以達成與一電漿腔室中的一邊緣區域有關的一預定因子之複數程式指令，其中該等程式指令係由一電腦系統的一或更多處理器執行而使該一或更多處理器執行複數操作。該等操作包含經由一第一阻抗匹配電路將一RF信號提供至該電漿腔室中的一主電極。該RF信號係基於一第一RF產生器之操作頻率而產生。該等操作更包含經由一第二阻抗匹配電路將另一RF信號提供至該電漿腔室中的一邊緣電極。該另一RF信號係基於該第一RF產生器之操作頻率而產生。該等操作包含接收與該第一阻抗匹配電路之輸出端有關的一變數的一第一測量結果、接收與該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數的一第二測量結果、及基於該第一測量結果及該第二測量結果而修改該另一RF信號的一相位。該等操作包含改變與一第二RF產生器有關的一變數的一強度以達成該預定因子。

【0021】 本文中所述之系統及實施例的一些優點包含達成約90度的輪廓角度。改變供應至耦合環(其連接至邊緣環)內之電極的主動或被動功率量以達成90度的輪廓角度。測量離子通量，並根據測量結果而控制離子通量。藉由對連接至耦合環內之電極的主動功率來源或被動功率來源加以控制，以改變在電極與邊緣環之間的電容而控制離子通量。改變電容以達到約90度的輪廓角度。該電容係用以控制邊緣環的電壓，以進一步控制邊緣區域之蝕刻晶圓的蝕刻率。邊緣環的電壓係與邊緣環相較於接地端之阻抗成正比。該輪廓角度有助於達成

小於一預定量(例如，小於3%、小於2%、小於4%等)之邊緣輪廓(例如，頂部CD、弓部CD等)均勻性。

【0022】 此外，本文中所述之系統及方法的其他優點包含藉由改變邊緣環電壓而延長邊緣環的使用壽命。一旦邊緣環耗損(例如，高度降低等)，則電漿鞘層被彎曲且離子通量變得聚焦在晶圓邊緣上。因此，邊緣傾斜度變得超出規格中所定義的範圍。調整邊緣環電壓產生了更均勻的電漿鞘層，並使晶圓邊緣處理參數回到規格中所定義的範圍。藉由將電極設置在耦合環中(而不是邊緣環)而增加了邊緣環的使用壽命。

【0023】 本文中所描述之系統及方法的更多優點包含了邊緣環上的RF電壓係由從屬RF產生器獨立地控制，該從屬RF產生器係以與施加功率至晶圓的主RF產生器相似(例如，相同)之RF頻率進行操作且與主RF產生器所供應之主RF功率同相以避免在晶圓邊緣的蝕刻圖案的任何變形。以相似之RF頻率施加同相的RF電壓促成在晶圓的邊緣達成一因子(例如，傾斜等)，且同時不會影響在電漿腔室之中心區域的電漿鞘層(例如，僅對其具有最小影響等)。

【0024】 從以下配合隨附圖式所做出之詳細描述，將更清楚本發明的其他態樣。

【圖式簡單說明】

【0025】 參考以下配合隨圖式所做的詳細描述可最好地理解本發明。

【0026】 圖1為一電漿系統之實施例的圖式，用以繪示藉由使用耦合環而控制電漿腔室之邊緣區域中的離子之方向性

【0027】 圖2A為一系統之實施例的圖式，用以繪示經由射頻(RF)濾波器將耦合環中的電極連接至阻抗匹配電路(IMC)並對電極提供主動功率。

【0028】 圖2B為一系統之實施例的圖式，用以繪示向嵌入在耦合環內之電極提供被動功率。

【0029】 圖3A為一系統之實施例的圖式，用以繪示使用離子通量來調諧x百萬赫茲(MHz) RF產生器、或x1千赫茲(kHz) RF產生器所供應的功率而控制邊緣區域內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域中之離子通量的方向性。

【0030】 圖3B為一系統之實施例的圖式，用以繪示使用離子通量來調諧RF濾波器進行而控制邊緣區域內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域中之離子通量的方向性。

【0031】 圖3C為一系統之實施例的圖式，用以繪示使用直流(DC)偏壓來調諧x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器所供應的功率而控制邊緣區域內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域內之離子通量的方向性

【0032】 圖3D為一系統之實施例的圖式，用以繪示使用DC偏壓電壓來調諧RF濾波器而控制邊緣區域內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域中之離子通量的方向性。

【0033】 圖4A為一網狀電極之實施例的圖式，該網狀電極係嵌入在耦合環內之電極的範例。

【0034】 圖4B為一環狀電極之實施例的圖式，該環狀電極為電極之另一範例。

【0035】 圖5為一電漿腔室之實施例的圖式，用以繪示饋送環的一部分、及該部分與功率銷之間的連接。

【0036】 圖6為一電漿腔室的一部分之實施例的圖式，用以繪示電極相對於電漿腔室之其餘元件的位置。

【0037】 圖7為一系統之實施例的圖式，用以繪示連接至RF棒的饋送環。

【0038】 圖8A為一曲線圖之實施例，用以繪示隨著在供應至電極的功率量上之改變而在電漿腔室內處理之晶圓的正規化蝕刻率上的變化。

【0039】 圖8B為電漿腔室之一部分的圖式，用以繪示隨著在供應至電極的功率量上之改變而在離子通量的方向性上之變化。

【0040】 圖9A為一曲線圖之實施例，用以繪示隨著在RF濾波器的電容上之改變而在蝕刻基板之蝕刻率上的變化。

【0041】 圖9B為一曲線圖之實施例，該曲線圖繪製了邊緣環的尖峰電壓對圖9A之被動RF濾波器的電容之曲線。

【0042】 圖10為一系統之實施例的圖式，用以繪示主RF產生器與從屬RF產生器之間的同步化。

【0043】 圖11為一系統之實施例的圖式，用以繪示當主RF產生器及從屬RF產生器皆以連續波形模式運作時在主RF產生器與從屬RF產生器之間的頻率鎖定及相位鎖定。

【0044】 圖12為一表格之實施例的圖式，用以繪示因子與欲藉由從屬RF產生器修改之RF信號的變數之間的對應關係。

【0045】 圖13為一系統之實施例的圖式，用以繪示當主RF產生器及從屬RF產生器以狀態轉換模式運作時在主RF產生器與從屬RF產生器之間的頻率鎖定、及相位鎖定

【0046】 圖14為一時序圖之實施例的圖式，用以繪示圖13之主RF產生器及圖13之從屬RF產生器所產生之RF信號、及電晶體對電晶體邏輯(TTL)信號的多個狀態。

【0047】 圖15為一表格之實施例的圖式，用以繪示在狀態S1及S2的因子、與狀態S1及S2的應由圖13之從屬RF產生器1012B修改之RF信號的變數之間的對應關係。

【0048】 圖16A為一曲線圖之實施例的圖式，用以繪示在與一阻抗匹配電路之輸出端有關的變數、及與另一阻抗匹配電路之輸出端有關的變數之相位上的差異。

【0049】 圖16B為一曲線圖之實施例的圖式，用以繪示在與該等阻抗匹配電路之輸出端有關的變數之相位上的差異之減少。

【0050】 圖16C為一曲線圖之實施例的圖式，用以繪示用於達成一因子之在電壓波形之強度上的變化。

【0051】 圖17A為一曲線圖之實施例的圖示，用以繪示於處理1期間在電漿腔室的邊緣區域中之電漿鞘層的傾斜係藉由控制圖10之從屬RF產生器所產生的RF信號之變數的強度而加以控制。

【0052】 圖17B為一曲線圖之實施例的圖示，用以繪示於處理2期間在邊緣區域中之電漿鞘層的傾斜係藉由控制圖10之從屬RF產生器所產生的RF信號之變數的強度而加以控制。

【實施方式】

【0053】 以下實施例描述了藉由使用耦合環內之電極而控制電漿腔室的邊緣區域中之離子方向性、及藉由使主射頻(RF)產生器與邊緣RF產生器同步化以達成與電漿腔室內之邊緣區域有關的預定因子之系統及方法。顯而易見的，本發明可被實行而無須其內部分或全部這些特定細節。在其他情況下，為了不對本發明造成不必要地混淆，眾所周知的程序步驟則沒有被詳述。

【0054】 圖1為電漿系統100之實施例的圖式，用以繪示藉由使用耦合環112而控制電漿腔室104的邊緣區域102中之離子的方向性。電漿系統100包含x百萬赫茲(MHz)RF產生器、z MHz RF產生器、x1千赫茲(kHz)RF產生器、阻抗匹配電路(IMC)108、另一IMC 113、及電漿腔室104。電漿腔室104包含邊緣環110、

耦合環112、及卡盤114(例如，靜電卡盤(ESC))等。邊緣環110執行許多功能，其中包含將基板120定位在卡盤114上、及遮蔽電漿腔室104下方未被基板120保護的元件不受電漿腔室104中形成之電漿的離子所損傷。卡盤114(例如，下電極等)係由金屬所製成，例如陽極處理鋁、鋁合金等。

【0055】 耦合環112位於邊緣環110下方且連接至邊緣環110。耦合環112係由電絕緣材料製成，例如介電質材料、陶瓷、玻璃、複聚合物、鋁氧化物等。邊緣環110將電漿限制在基板120上方的區域，及/或保護卡盤114免於受電漿造成的侵蝕。邊緣環110係由一或更多材料製成，例如晶體矽、多晶矽、矽碳化物、石英、鋁氧化物、鋁氮化物、矽氮化物等。邊緣環110及耦合環112皆係位於卡盤114旁邊。基板120的邊緣係置於邊緣環110的上方，且邊緣環110的邊緣係位於邊緣區域102中。如一範例，邊緣區域102自邊緣環110而沿著從卡盤114之邊緣的卡盤114的半徑延伸10公厘至15公厘的預定距離。電漿腔室104具有連接至接地的腔室壁115。

【0056】 x MHz RF產生器經由RF纜線126、IMC 108、及RF傳輸線122連接至耦合環112。此外， $x1$ kHz RF產生器、及 z MHz RF產生器經由IMC 113及另一RF傳輸線124連接至卡盤114。RF傳輸線包含了RF棒及圍繞RF棒的絕緣套管。 $x1$ kHz RF產生器經由RF纜線128連接至IMC 113，且 z MHz RF產生器經由RF纜線130連接至IMC 113。 $x1$ kHz RF產生器之範例包含了具有400 kHz的操作頻率之產生器、具有在360 kHz與440 kHz之間的操作頻率之產生器等。 x MHz RF產生器之範例包含了具有2 MHz的操作頻率之產生器、具有27 MHz的操作頻率之產生器等。 z MHz RF產生器之範例包含了具有27 MHz的操作頻率之產生器、具有60 MHz的操作頻率之產生器等。

【0057】 $x1$ kHz RF產生器產生RF信號並將RF信號發送至IMC 113。相似地， z MHz RF產生器產生RF信號並將RF信號發送至IMC 113。IMC 113對連接

至IMC 113之輸出端的一負載(例如，RF傳輸線124、電漿腔室104等)之阻抗與連接至IMC 113之輸入端的一來源(例如，RF纜線128、RF纜線130、x1 kHz RF產生器、及z MHz RF產生器等)之阻抗進行匹配，以在其輸出端提供一修改後RF信號。相似地，IMC 108對連接至IMC 108之輸出端的一負載(例如，電漿腔室104、RF傳輸線122等)之阻抗與連接至IMC 108之輸入端的一來源(例如，x MHz RF產生器、RF纜線126等)之阻抗進行匹配，以在其輸出端提供一修改後RF信號。

【0058】 在IMC 113之輸出端的修改後RF信號係發送至卡盤114以修改電漿腔室104中位於電漿腔室104之中心區域132的電漿之阻抗(例如，以產生及維持電漿等)。中心區域132係與邊緣區域102相鄰且被邊緣區域102所圍繞。中心區域從邊緣區域102的一端經由卡盤114的中心延伸至邊緣區域102的相反端。此外，在IMC108之輸出端的修改後RF信號係發送至耦合環112，以修改電漿腔室104的邊緣區域102內之離子的方向性及電漿的阻抗。電漿係於一或更多處理氣體(例如含氧氣體、含氟氣體等)經由上電極121供應至電漿腔室104的中心區域132時加以產生或維持。

【0059】 上電極121面對卡盤114，且一間隙係形成於上電極121與卡盤114之間。上電極 121係位於電漿腔室104內且由導電材料所製成。電漿腔室104內的電漿係用以處理基板120。例如，電漿係用以蝕刻基板120、用以將材料沉積在基板120上、用以清潔基板120等。

【0060】 在一些實施例中，電漿腔室104包含額外的零件，例如圍繞上電極121的上電極延伸部、在上電極121與上電極延伸部之間的介電環、位於上電極121及邊緣環110的邊緣旁邊以圍繞電漿腔室104內之間隙的限制環等。

【0061】 在各樣的實施例中，x MHz RF產生器產生的RF信號係與x1 kHz RF產生器產生的RF信號、及z MHz RF產生器產生的RF信號同步化。例如，當x MHz RF產生器所產生的RF信號從低狀態脈衝至高狀態時，x1 kHz RF產生器所

產生的RF信號從低狀態脈衝至高狀態，且由 z MHz RF產生器所產生的RF信號從低狀態脈衝至高狀態。如另一範例，當 x MHz RF產生器所產生的RF信號從高狀態脈衝至低狀態時， $x1$ kHz RF產生器所產生的RF信號從高狀態脈衝至低狀態，且 z MHz RF產生器所產生的RF信號從高狀態脈衝至低狀態。相較於RF信號的低狀態，RF信號的高狀態具有RF信號之功率的較高位準(例如，均方根值、峰至峰振幅等)。

【0062】 在一些實施例中， x MHz RF產生器產生的RF信號係未與 $x1$ kHz RF產生器產生的RF信號同步化，或未與 z MHz RF產生器產生的RF信號同步化，或未與 $x1$ kHz RF產生器產生的RF信號同步化且未與 z MHz RF產生器產生的RF信號同步化。

【0063】 圖2A為系統200之實施例的圖式，用以繪示經由RF濾波器208將耦合環112中的電極202連接至IMC108並對電極202提供主動功率。RF濾波器208降低到達 $x1$ kHz RF產生器或 x MHz RF產生器(其係經由IMC 108連接至RF濾波器208)之RF電流的量，以防止RF電流之RF功率對 $x1$ kHz RF產生器或 x MHz RF產生器、及任何在IMC108與電極202之間的RF傳輸系統之元件造成任何損傷。如一範例，RF濾波器208包含一或更多電容器、或一或更多電感器、或電容器與電感器之組合。RF電流係由電漿腔室206中的電漿產生。

【0064】 系統200包含電漿腔室206，其為電漿腔室104(圖1)之範例。系統200更包含 x MHz RF產生器或 $x1$ kHz RF產生器、IMC108、及RF濾波器208。 x MHz RF產生器或 $x1$ kHz RF產生器係經由RF纜線126連接至IMC 108，該IMC 108經由RF傳輸線122連接至RF濾波器208。RF濾波器208係經由功率銷204連接至電極202。電極202係嵌入在耦合環112中。例如，電極202的任何部分皆未暴露在耦合環112外。如另一範例，電極202係嵌入在耦合環112中以更靠近耦合環112的上表面212(相較於耦合環112的下表面214)。上表面212係與邊緣環110相鄰，且

下表面214係與電漿腔室206的絕緣體環216相鄰。絕緣體環216係位於耦合環112下方且由電絕緣材料(例如，石英等)製成。

【0065】 功率銷204包含同軸纜線220、及套管222。套管222覆蓋同軸纜線220以使同軸纜線220與圍繞同軸纜線220的電場絕緣。套管222係由電絕緣體材料製成，例如塑膠、玻璃、塑膠及玻璃之組合等。功率銷204連接至電極202且經由饋送環502連接至RF傳輸線，該RF傳輸線連接至RF濾波器208。如一範例，饋送環502係由導電金屬(例如，鋁、銅等)所製成。功率銷204的一部分係位於絕緣體環216、設施板224旁邊，且功率銷204的其餘部分係被耦合環112所圍繞。設施板224係由金屬(例如，鋁等)所製成。

【0066】 設施板224位於卡盤114下方且連接至RF傳輸線124。多個接地環226(其係由例如鋁等金屬所製成)圍繞絕緣體環228的一部份及絕緣體環216，並連接至接地端。絕緣體環228係由絕緣材料(例如，石英等)所製成並保護邊緣環110免於與直流(DC)功率連接。

【0067】 電漿腔室206更包含面向卡盤114的上電極121。間隙232係形成於上電極121與卡盤114之間。電漿係形成於間隙232中用於處理基板120。堆疊多個限制環238以圍繞間隙232及上電極121的一部分。藉由一馬達機構開啟或關閉限制環238以控制間隙232內的壓力，及/或控制從間隙232流出至位於電漿腔室206下方的一或更多真空泵浦的電漿之量。覆蓋環241(例如，石英覆蓋環等)係覆蓋在接地環226之頂部上以保護接地環226不受到電漿之RF功率影響。

【0068】 x MHz RF產生器或 x 1 kHz RF產生器供應一RF信號至IMC 108。IMC 108對一負載(例如，RF傳輸線122、RF濾波器208、及電漿腔室206)之阻抗與一來源(例如，RF纜線126、及 x MHz RF產生器或 x 1 kHz RF產生器等)之阻抗進行匹配以產生一修改後RF信號。該修改後RF信號通過RF傳輸線122、RF濾波器208、饋送環502、及功率銷204至電極202。藉由電極202接收該修改後RF信號

改變了邊緣區域102中的電漿之阻抗，而邊緣區域102的一部分係位於間隙232內。在阻抗上的改變係用以改變邊緣區域102內之離子通量的方向性，以控制邊緣區域102內之基板120的電漿處理(例如，蝕刻、沉積、清潔等)。

【0069】 在一實施例中，系統200不包含RF濾波器208，且IMC 108係經由RF傳輸線122連接至饋送環502。

【0070】 圖2B為系統250之實施例的圖式，用以繪示對嵌入在耦合環112內之電極202提供被動功率控制。除了系統250包含RF濾波器207(其連接至接地端，且在其輸出端經由RF纜線254連接至RF濾波器208)之外，系統250係與系統200相同。RF濾波器207包含一或更多電容器、或一或更多電感器、或電容器與電感器之組合。例如，RF濾波器207包含了與電感器並聯的電容器。如另一範例，RF濾波器207包含電容器。如另一範例，RF濾波器207包含與電感器串聯的電容器。在一實施例中，RF濾波器207的一或更多電容器為可變式的，且RF濾波器207的一或更多電感器為可變式的。

【0071】 RF濾波器207對從邊緣區域102中之電漿接收到的RF信號提供了到接地端的阻抗路徑。RF信號係從邊緣區域102中的電漿產生，並經由邊緣環110、及在電極202與邊緣環110之間的電容而流動至電極202，而該電極202輸出一RF信號。來自電極202的RF信號通過功率銷204及饋送環502至RF濾波器208。RF濾波器208將RF信號內的任何DC功率濾除以輸出一濾波後RF信號。該濾波後RF信號通過RF纜線254及RF濾波器207至接地端。RF濾波器207的電容、或電感、或電容與電感之組合決定了流動至接地端的濾波後RF信號之量，該濾波後RF信號係用以修改邊緣區域102內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域102中之離子通量的方向性。

【0072】 在各樣的實施例中，RF濾波器207對從邊緣區域102內之電漿接收到的RF信號的一部分進行濾波，以經由RF傳輸線254將一濾波後信號輸出至

RF濾波器208。RF信號的該部分流動至連接至RF濾波器207的接地端。RF濾波器208經由RF傳輸線254所接收的濾波後信號係藉由RF濾波器208進行濾波以移除DC功率，以輸出一濾波後信號至功率銷204的同軸纜線220。經由同軸纜線220將該濾波後信號提供至電極202，以改變電極202與邊緣環110之間的電容。該電容係改變用以改變邊緣區域102內的電漿之阻抗。

【0073】 在一些實施例中，不包含RF濾波器208，且RF濾波器207係經由RF傳輸線254連接至功率銷204。

【0074】 圖3A為系統300之實施例的圖式，用以繪示對x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器所供應的功率進行調諧而控制邊緣區域102內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域102中之離子通量的方向性。除了系統300更包含平面離子通量探針302、測量感測器304、及主機電腦系統306之外，系統300係與圖2A之系統200相同。平面離子通量探針之範例為蘭摩爾探針(Langmuir probe)。主機電腦系統306之範例包含電腦、平板電腦、智慧型手機等。測量感測器304之範例包含複數電壓感測器(complex voltage sensor)、或複數電流感測器(complex current sensor)。

【0075】 平面離子通量探針302係經由上電極121中的開口而插入，且離子通量探針302的導電部分(例如矽等)與上電極121之間具有間隔物。平面離子通量探針302具有一部分(例如，圓柱形部分、多邊形部分等)，該部分具有暴露於與邊緣區域102有關之電漿的一表面。平面離子通量探針302藉由RF纜線308連接至測量感測器304，該測量感測器304經由傳輸纜線310(例如，串列傳輸纜線、並列傳輸纜線、通用串列匯流排(USB)纜線等)而連接至主機電腦系統306。主機電腦系統306經由傳輸纜線312(例如，串列傳輸纜線、並列傳輸纜線、USB纜線等)連接至x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器。串列傳輸纜線係用以將數據串列傳

輸(例如，一次一位元等)。並列傳輸纜線係用以將數據並列傳輸(例如，一次多個位元等)。

【0076】 平面離子通量探針302測量與邊緣區域102有關的電漿之離子通量(例如，離子通量探針302的每單位表面積之離子流量、離子通量探針302之每單位表面積的電流量等)以產生一RF信號。該RF信號通過RF纜線308至測量感測器304，該測量感測器304測量該RF信號的複數電壓或複數電流。測量感測器304經由傳輸纜線310將測得之複數電壓或測得之複數電流作為數據輸出至主機電腦系統306。主機電腦系統306包含處理器及記憶體元件。處理器之範例包含中央處理單元(CPU)、控制器、特定應用積體電路(ASIC)、或可程式化邏輯元件(PLD)等。記憶體元件之範例包含唯讀記憶體(ROM)、隨機存取記憶體(RAM)、硬碟、揮發性記憶體、非揮發性記憶體、儲存磁碟冗餘陣列、閃存記憶體等。

【0077】 主機電腦系統306的處理器基於測得之複數電壓或測得之複數電流而判定應由連接至IMC 108的x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器提供的功率量。例如，在一預定複數電壓或一預定複數電流與x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器所供應的功率之間的一對應關係(例如，一對一關係、關聯性、映射關係等)係儲存於連接至處理器的記憶體元件中。該預定複數電壓或該預定複數電流係與欲在邊緣區域102內產生的一離子通量預定量相對應(例如，與該離子通量預定量具有一對一的關係、映射至該預定量等)，且該關係儲存於主機電腦系統306的記憶體元件中。處理器根據測得之複數電流而判定該測得之複數電流與應達成之該預定複數電流不匹配、或不在應達成之該預定複數電流的一預定範圍內。處理器基於在預定複數電流與應由x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器供應的功率量之間的對應關係而判定該功率量。處理器產生一控制信號，該控制信號向x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器指示了x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器應供應該功率量。

【0078】 在一實施例中，處理器根據測得之複數電壓判定該測得之複數電壓與應達成之該預定複數電壓不匹配、或不在應達成之該預定複數電壓的一預定範圍內。處理器基於在該預定複數電壓與應由x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器供應的功率量之間的對應關係而判定該功率量。處理器產生一控制信號，該控制信號向x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器指示了x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器應供應該功率量。

【0079】 一旦接收到該功率量，x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器產生具有該功率量的一RF信號，並經由RF纜線126而將該RF信號供應至IMC 108。IMC 108對連接至IMC 108之負載的阻抗與連接至IMC 108之來源的阻抗進行匹配，以從由x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器接收到的RF信號產生一修改後RF信號。該修改後RF信號係經由RF濾波器208、連接至RF濾波器208的饋送環502、及同軸纜線220而提供至電極202。電極202與邊緣環110的下表面之間的電容於電極202接收到該修改後RF信號時改變，以改變邊緣區域102內之電漿的阻抗而進一步修改邊緣區域102內之離子通量的方向。

【0080】 圖3B為系統320之實施例的圖式，用以繪示對RF濾波器207進行調諧而控制邊緣區域102內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域102中之離子通量的方向性。除了系統320包含平面離子通量探針302、測量感測器304、主機電腦系統306、電源供應器328、及馬達322(例如，直流馬達、交流(AC)馬達等)之外，來源系統320係與系統250(圖2B)相同。電源供應器328之範例包含AC電源供應器或DC電源供應器。電源供應器328係經由傳輸纜線324連接至主機電腦系統306。此外，馬達322係經由纜線330連接至電源供應器328，且經由連接機構326連接至RF濾波器207。連接機構326之範例包含一或更多桿、一或更多齒輪、或其組合。連接機構326係連接至RF濾波器207的電路元件(例如，電感器、電容器等)以改變電路元件之參數(例如，電容、電感等)。例如，連接機構326旋轉以改

變在RF濾波器207的一電容器的二平行板之間的面積、及/或該等板之間的距離。如另一範例，連接機構326使被RF濾波器207之電感器的線圈所圍繞的芯移位以改變電感器的電感。

【0081】 處理器根據測量感測器304所測得之複數電流判定該測得之複數電流與應達成之該預定複數電流不匹配、或不在應達成之該預定複數電流的預定範圍內。處理器基於在該預定複數電流、應由電源供應器328供應的功率量(例如，DC功率、AC功率等)、與RF濾波器207待達成的預定電容之間的對應關係而判定該功率量。處理器產生一控制信號，該控制信號向電源供應器328指示了電源供應器328應提供該功率量以達成RF濾波器207的該預定電容。

【0082】 在一實施例中，處理器根據測得之複數電壓而判定該測得之複數電壓與應達成之該預定複數電壓不匹配、或不在應達成之該預定複數電壓的預定範圍內。處理器基於在該預定複數電壓、欲達成的RF濾波器207之預定電容、與應由電源供應器328供應的功率量之間的對應關係而判定該功率量。處理器產生一控制信號，該控制信號向電源供應器328指示了電源供應器328應提供該功率量。

【0083】 該控制信號係經由傳輸纜線324發送至電源供應器328。一旦接收到該功率量，電源供應器328產生該功率量並經由纜線330而將其供應至馬達322。馬達322的定子接收該功率量以產生一電場，該電場使馬達322的轉子旋轉。轉子之旋轉使連接機構326旋轉而改變RF濾波器207之參數以達成該預定電容。在參數(例如，電容等)上的變化改變了經由RF濾波器207流動至接地端(其連接到RF濾波器207)的RF功率量，以進一步改變電極202與邊緣環110之間的電容。電極202與邊緣環110之間的電容係透過RF纜線254、RF濾波器208、連接至RF濾波器208的饋送環502、及同軸纜線220而加以改變。在電容上的變化改變了從RF濾波器207經由RF傳輸線254流動至RF濾波器208的濾波後信號之功率量。

在功率量上的變化改變了邊緣區域102內之電漿的阻抗，以進一步修改邊緣區域102內之離子通量的方向性。

【0084】 圖3C為系統350之實施例的圖式，用以繪示使用DC偏壓來調諧x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器所供應的功率以控制邊緣區域102內之電漿的阻抗而進一步控制邊緣區域102內之離子通量的方向性。除了系統350包含測量感測器354及DC偏壓探針352來代替平面離子通量探針302(圖3A))及測量感測器304(圖3A)之外，系統350係與系統300(圖3A)相同。測量感測器354之範例為DC偏壓電壓感測器。

【0085】 DC偏壓感測器352的一部分經由邊緣環110中的開口延伸至邊緣環110中，且DC偏壓感測器352的其餘部分經由絕緣體環228中的開口延伸至絕緣體環228中。DC偏壓感測器352係經由纜線356連接至測量感測器354。測量感測器354提供了由邊緣環110之RF功率產生的一DC偏壓(例如，DC偏壓電壓等)之測量結果。邊緣環110的RF功率係基於邊緣區域102內之電漿的RF功率。測量感測器354係經由傳輸纜線310連接至主機電腦系統306。

【0086】 DC偏壓探針352感測邊緣環110的DC偏壓電壓以產生一電信號，且該DC偏壓電壓係由邊緣區域102中之電漿的RF功率所誘發。該電信號係經由纜線356發送至測量感測器354，該測量感測器354基於該電信號而測量該DC偏壓電壓。所測得之DC偏壓電壓量係作為數據而從測量感測器354經由傳輸纜線310發送至主機電腦系統306。

【0087】 主機電腦系統306之處理器基於該測得之DC偏壓電壓而判定應由連接至IMC 108之x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器供應的一功率量。例如，在DC偏壓電壓與x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器所供應的功率量之間的一對應關係(例如，一對一關係、關聯性、映射關係等)係儲存於連接至處理器的記憶體元件中。主機電腦系統306之處理器根據測得之DC偏壓電壓而判定該測

得之DC偏壓電壓與應達成之預定DC偏壓電壓不匹配、或不在應達成之預定DC偏壓電壓的一預定範圍內。處理器基於在預定DC偏壓電壓與應由x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器供應的功率量之間的對應關係而判定該功率量。處理器產生一控制信號，該控制信號向x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器指示了x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器應供應該功率量。

【0088】 一旦接收到該功率量，x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器產生具有該功率量的一RF信號，並經由RF纜線126而將該RF信號供應至IMC 108。IMC 108對連接至IMC 108之負載的阻抗與連接至IMC 108之來源的阻抗進行匹配，以從由x MHz RF產生器或x1 kHz RF產生器接收到的RF信號產生一修改後RF信號。該修改後RF信號係經由RF濾波器208、連接至RF濾波器208的饋送環502、及同軸纜線220而提供至電極202。電極202與邊緣環110之間的電容於電極202接收該修改後RF信號時改變，以改變邊緣區域102內之電漿的阻抗而進一步修改邊緣區域102內之離子通量的方向。

【0089】 圖3D為系統370之實施例的圖式，用以繪示使用DC偏壓電壓來調諧RF濾波器207而控制邊緣區域102內之電漿的阻抗以進一步控制邊緣區域102中之離子通量的方向性。除了系統370包含測量感測器354及DC偏壓探針352來代替平面離子通量探針302(圖3B)及測量感測器304(圖3B)之外，系統370係與系統320(圖3B)相同。如上面參照圖3C所解釋，測量感測器354經由傳輸纜線310將測得之DC偏壓電壓輸出至主機電腦系統306。

【0090】 主機電腦系統306的處理器基於測得之DC偏壓電壓而判定應由電源供應器328供應之功率量。例如，在DC偏壓電壓與電源供應器328所供應的功率量之間的一對應關係(例如，一對一關係、關聯性、映射關係等)係儲存於連接至處理器的記憶體元件中。主機電腦系統306的處理器根據測得之DC偏壓電壓而判定該測得之DC偏壓電壓與應達成之預定DC偏壓電壓不匹配、或不在應達成

之預定DC偏壓電壓的一預定範圍內。處理器基於在預定DC偏壓電壓與應由電源供應器328供應的功率量之間的對應關係而判定該功率量。處理器產生一控制信號，該控制信號向電源供應器328指示了應由電源供應器328供應之功率量。

【0091】 該控制信號係經由傳輸纜線324發送至電源供應器328。如上面參照圖3B所述，一旦接收到該功率量，電源供應器328產生該功率量並經由纜線330而將其供應至馬達322，而馬達322旋轉以改變RF濾波器207之參數，且在參數上的變化改變了電極202與邊緣環110之間的電容。電極202與邊緣環110之間的電容係加以改變，以改變邊緣區域102內之電漿的阻抗而以進一步改變邊緣區域102內之離子通量的方向性。

【0092】 在一些實施例中，電流(例如，複數電流等)或電壓(例如，DC偏壓電壓、複數電壓等)在此係稱為變數。

【0093】 圖4A為網狀電極402之實施例的圖式，該網狀電極402係嵌入在耦合環112(圖1)內。網狀電極402包含導線的多個交叉以形成一網狀結構，且為電極202(圖2A)之範例。網狀電極402係由金屬(例如，鋁、銅等)所製成。

【0094】 圖4B為環狀電極404之實施例的圖式，該環狀電極404為電極202(圖2A)之範例。環狀電極404在結構上為管狀的，或在結構上為平坦的(例如，板狀等)。環狀電極404係由金屬(例如，鋁、銅等)所製成。

【0095】 圖5為電漿腔室500之實施例的圖式，用以繪示饋送環502的一部分、及該部分與功率銷204之間的連接。電漿腔室500為電漿腔室104(圖1)之範例。饋送環502於一端部506連接至RF傳輸線122(圖1)的RF棒504，且於相反的一端部508連接至功率銷204的同軸纜線220。電漿腔室500包含RF傳輸線124(圖1)的RF棒510。RF棒510係位於RF筒512內，該RF筒512於其底部部分被另一RF筒514所圍繞。

【0096】 從IMC 108經由RF傳輸線122發送的修改後RF信號係經由RF傳輸線122的RF棒504及端部506而發送至饋送環502。修改後RF信號的一部分係從端部506經由端部508、及同軸纜線220傳輸至嵌入在耦合環112內的電極202，以提供在電極202與邊緣環110之間的電容耦合。

【0097】 在對電極202提供被動功率的一些實施例中，RF棒504係屬於RF傳輸線254，而不是RF傳輸線122(圖1)。RF傳輸線254將RF濾波器207連接至RF濾波器208(圖2B)。

【0098】 在各樣的實施例中，RF濾波器208連接至RF傳輸線254的RF棒504並連接至饋送環502。例如，在被動RF功率從連接至RF濾波器207的接地端流向電極202的實施例中，RF濾波器208之輸入端係連接至RF棒504，且RF濾波器208之輸出端係連接至饋送環502。如另一範例，在來自邊緣區域102的被動RF功率係流動至連接至RF濾波器207的接地端之實施例中，RF濾波器208之輸入端係連接至饋送環502，且RF濾波器208之輸出端係連接至RF棒504。如另一範例，RF濾波器208係連接至臂部716之端部506且連接至RF棒504。

【0099】 在使用主動功率之實施例中，RF濾波器208之輸入端係連接至RF棒504，RF棒504進一步連接至IMC 108(圖2A)，且RF濾波器208之輸出端連接至饋送環502。

【0100】 圖6為電漿腔室的一部分650之實施例的圖式，用以繪示電極202相對於電漿腔室之其餘元件的位置，該電漿腔室為電漿腔室104(圖1)之範例。部分650包含電漿腔室的絕緣體環652。絕緣體環652圍繞絕緣體環604的一部分，且絕緣體環652的一部分係位於絕緣體環604的下方。絕緣體環604係位於另一絕緣體環654的下方。

【0101】 絕緣體環654係與耦合環112相鄰，且係在圍繞邊緣環110的絕緣體環612的下方。耦合環112係與卡盤114相鄰。邊緣環110係覆蓋在耦合環112之

部分608的頂部上。耦合環112的部分608係作為電極202與邊緣環110之下表面之間的介電質，使得電容耦合係建立於電極202與邊緣環110之間。部分608在邊緣環110與耦合環112的其餘部分606之間建立一介電質。絕緣體環612係被可動式接地環614圍繞，該可動式接地環614連接至接地端。可動式接地環614係位於固定式接地環616的頂部上，該固定式接地環616亦連接至接地端。

【0102】 絕緣體環654於其內側為與卡盤114、設施板224、及耦合環112相鄰，且於其外側與固定式接地環616相鄰。此外，絕緣體環604係位於設施板224的下方，該設施板224支撐著卡盤114。固定式接地環616係圍繞著絕緣體環654並與其相鄰，且位於絕緣體環652的頂部上。

【0103】 限制環238(圖2A及2B)包含了限制環部分656及限制環水平部分658(例如，開有槽口的環等)。上電極121係由上電極延伸部660所圍繞。

【0104】 形成於上電極121與卡盤114之間間隙232係由上電極121、上電極延伸部660、限制環部分656、限制環水平部分658、絕緣體環612、邊緣環110、及卡盤114所圍繞。

【0105】 耦合環112係由邊緣環110、絕緣體環654、及卡盤114所圍繞。例如，耦合環112係與卡盤114、邊緣環110、及絕緣體環654相鄰。如另一範例，邊緣環110係位於電極202嵌入其中的耦合環112之頂部上，卡盤114係與耦合環112的內側相鄰，且絕緣體環654係與耦合環112的外側相鄰。同軸纜線220通過絕緣體環604及絕緣體環654而連接至位於耦合環112之部分606中的電極202。

【0106】 圖7為系統700之實施例的圖式，用以繪示連接至RF棒504的饋送環502。饋送環502包含連接至多個臂部710、712、714、及716的圓形部分708。圓形部分708為平的，或為環狀的。臂部716在端部506連接至RF棒504，且在相反的端部718連接至圓形部分708。例如，臂部716係於端部506透過裝配機構(例如，螺釘、螺栓、夾具、螺母、或其組合等)而裝配至RF棒504。相似地，臂部

710於端部720連接至功率銷702。例如，臂部710於端部720透過裝配機構而裝配至功率銷702。功率銷702在結構及功能上與功率銷204相同。例如，功率銷702包含同軸纜線及圍繞該同軸纜線之至少一部分的套管。臂部710於相反的端部722連接至圓形部分708。

【0107】 此外，臂部712於端部724連接至功率銷704，功率銷704在結構及功能上與功率銷204相同。例如，功率銷704包含同軸纜線及圍繞該同軸纜線之至少一部分的套管。如一範例，臂部712於端部724透過裝配機構而裝配至功率銷704。臂部712在相反的端部726連接至圓形部分708。

【0108】 此外，臂部714在端部508連接至功率銷204。臂部714在相反的端部728連接至圓形部分708。臂部710從圓形部分708延伸以連接至功率銷702的同軸纜線，臂部712從圓形部分708延伸以連接至功率銷704的同軸纜線，且臂部714從圓形部分708延伸以連接至功率銷204的同軸纜線220。功率銷702(例如，功率銷702的同軸纜線等)係於點730連接至嵌入在耦合環112中的電極202。此外，功率銷704(例如，功率銷704的同軸纜線等)於點732連接至電極202，且功率銷204(例如，同軸纜線220等)於點734連接至電極202。

【0109】 經由RF棒504及阻抗匹配電路108(圖1)接收到的修改後RF信號係經由臂部716而發送至圓形部分708，並分配在臂部710、712、及714之間。修改後RF信號的一部分功率通過臂部710及功率銷702(例如，功率銷702的同軸纜線等)至電極202，修改後RF信號的另一部分功率通過臂部712及功率銷704(例如，功率銷704的同軸纜線等)至電極202，且功率的再另一部分通過臂部714及功率銷204(例如，同軸纜線220等)至電極202。

【0110】 在一些實施例中，饋送環502包含從圓形部分708延伸以連接到耦合環112內之電極202的任何其它數量之臂部(例如，二、一、四、五等)。

【0111】 在各樣的實施例中，代替圓形部分708，使用另一形狀(例如，橢圓形、多邊形等)的部分。

【0112】 圖8A為曲線圖800之實施例，用以繪示隨著在供應至電極202(圖2A)的功率量上之改變而在電漿腔室104內處理之晶圓的正規化蝕刻率上的變化。該晶圓為基板120之範例(圖1)。曲線圖800係繪製，當從x1 kHz及z MHz RF產生器經由IMC 113(圖1)對電漿腔室104(圖1)的卡盤114提供RF功率且從x MHz RF產生器經由IMC 108(圖1)對電極202提供RF功率時的正規化蝕刻率對晶圓半徑之曲線。

【0113】 曲線圖800包含三個曲線 802、804、及806。曲線802係於x MHz RF產生器的一RF功率量P1經由IMC 108供應至電極202時產生。曲線804係於x MHz RF產生器的一RF功率量P2經由IMC 108供應至電極202時產生，且曲線806係於x MHz RF產生器的一RF功率量P3經由IMC 108供應至電極202時產生。功率P3係大於功率P2，功率P2係大於功率P1。

【0114】 圖8B為電漿腔室104(圖1)之一部分的圖式，用以繪示隨著在供應至電極202的功率量上之改變而在離子通量之方向性上的變化。當功率量P1係供應至電極202時，離子通量810的方向性812a係使得離子並非被垂直地引導向基板120，而是以負的角度- θ (相對於與耦合環112之直徑垂直的90度離子入射角)被引導。角度 θ 係相對於與耦合環112之直徑垂直的垂直軸而測量。這提高了邊緣區域102中蝕刻基板120的蝕刻率。

【0115】 此外，當功率量P2係供應至電極202時，離子通量810的方向性812b係使得離子被垂直地引導(例如， $\theta = 0$)。相較於功率P1，功率P2使得邊緣環110的電壓提高。這降低了邊緣區域102中蝕刻基板120的蝕刻率(相較於提供功率量P1時)。蝕刻率係降低以在邊緣區域102達成均勻的蝕刻率，及在邊緣區域102

達成平坦的電漿鞘層。例如，晶圓上方與邊緣環110上方之電漿鞘層的水平之間幾乎或沒有差距。

【0116】 此外，當功率量P3係供應至電極202時，離子通量810的方向性812c使得離子並非被垂直地引導向基板120，而是以正的角度 θ 被引導。這降低了邊緣區域102中蝕刻基板120的蝕刻率(相較於提供功率量P2時)。藉由控制供應至電極202之功率量，離子通量810之方向性係透過功率銷204(圖2A)及電極202而加以控制。

【0117】 在一些實施例中，代替提高電極202供應之功率，提高RF濾波器207(圖2B)的電容之量以使角度 θ 從負值改變為零而進一步改變為正值，以控制離子通量810之方向性。

【0118】 圖9A為曲線圖900之實施例，用以繪示隨著在RF濾波器207(圖2B)之電容上的改變而在蝕刻基板120(圖1)之蝕刻率上的變化。曲線圖900針對RF濾波器207之各種電容值繪製了正規化蝕刻率對晶圓半徑之曲線。隨著RF濾波器207的電容提高，在邊緣區域102(圖1)的晶圓之蝕刻率降低以達成在蝕刻率上的更高均勻性。

【0119】 圖9B為曲線圖902之實施例，該曲線圖902繪製了邊緣環110(圖1)的尖峰電壓對RF濾波器207(圖2B)的電容之曲線。隨著RF濾波器207的電容提高，邊緣環110的尖峰電壓提高以將離子通量810(圖8B)之方向性從負 θ 改變至零而至正 θ 。

【0120】 圖10為系統1000之實施例的圖式，用以繪示主RF產生器1014與從屬RF產生器1012之間的同步化。系統1000包含主RF產生器1014、從屬RF產生器1012、IMC 108、IMC 113、RF產生器1002、另一RF產生器1018、變數感測器1020、變數感測器1022、卡盤114、及邊緣電極1016。邊緣電極1016之範例為耦合環112或邊緣環110(圖1)、或其組合等。例如，邊緣電極1016包含了在耦合

環112頂部上之邊緣環110的堆疊。在一些實施例中，當邊緣電極1016包含該堆疊時，在本文中將邊緣電極1016稱為邊緣電極堆疊。邊緣電極1016圍繞卡盤114，用以控制形成於邊緣區域102內的電漿鞘層。在本文中有時將卡盤114被稱為主電極。變數感測器1020、及變數感測器1022每一者之範例包含了複數電壓感測器、或複數功率感測器、或複數電流感測器、或複數電壓及電流感測器、或複數阻抗感測器。

【0121】 在供應功率至卡盤114之RF產生器的操作頻率之中，主RF產生器1014具有最低的操作頻率且因此為一低頻(LF)產生器。例如，主RF產生器1014所產生的RF信號之頻率係較RF產生器1002(其亦經由IMC 108供應RF信號至卡盤114)之頻率更低。舉例說明，主RF產生器1014具有x1 kHz之操作頻率，且RF產生器1002具有x MHz、或y MHz、或z MHz之操作頻率。如另一範例，主RF產生器1014具有x MHz之操作頻率，且RF產生器1002具有y MHz或z MHz之操作頻率。當x MHz頻率為2 MHz且z MHz頻率為60 MHz時，y MHz頻率的範例為27 MHz。相似地，在供應功率至邊緣電極1016之RF產生器的操作頻率之中，從屬RF產生器1012具有最低的操作頻率且因此為一低頻(LF)產生器。例如，從屬RF產生器1012所產生的RF信號之頻率係較RF產生器1018(其亦經由IMC 113供應RF信號至邊緣電極1016)之頻率更低。舉例說明，從屬RF產生器1012具有x1 kHz之操作頻率，且RF產生器1018具有x MHz、或y MHz、或z MHz之操作頻率。如另一範例，從屬RF產生器1012具有x MHz之操作頻率，且RF產生器1018具有y MHz或z MHz之操作頻率。

【0122】 主RF產生器1014、及RF產生器1002係連接至IMC 108的輸入端1038及1040，且IMC 108的輸出端1008係經由RF傳輸線124連接至卡盤114。例如，主RF產生器1014係經由RF纜線1036連接至IMC 108的輸入端1040，且RF產生器1002係經由RF纜線1034連接至IMC 108的輸入端1038。相似地，從屬RF產

生器1012、及RF產生器1018係連接至IMC 113的輸入端1042及1044，且IMC 113的輸出端1010係經由RF傳輸線122連接至邊緣電極1016。例如，從屬RF產生器1012係經由RF纜線1046連接至IMC 113的輸入端1042，且RF產生器1018係經由RF纜線1048連接至IMC 113的輸入端1044。變數感測器1020係連接在RF傳輸線124上的點1004，且變數感測器1022係連接在RF傳輸線122上的點1006。變數感測器1020係經由傳輸纜線1030連接至從屬RF產生器1012，且變數感測器1022係經由傳輸纜線1032連接至從屬RF產生器1012。主RF產生器1014係經由傳輸纜線1050連接至從屬RF產生器1012。

【0123】 RF產生器1002、及主RF產生器1014產生RF信號。主RF產生器1014所產生的RF信號具有在主RF產生器1014之操作頻率的一預設限制內(例如，與該操作頻率相同、在該操作頻率之預先儲存的限制內等)的頻率。主RF產生器1014所產生的RF信號係經由RF纜線1036、及輸入端1040而供應至IMC 108。相似地，RF產生器1002所產生的RF信號係經由RF纜線1034、及輸入端1038而供應至IMC 108。IMC 108對連接至IMC 108之輸出端1008的一負載(例如，傳輸線124、及卡盤114等)之阻抗、與連接至IMC 108之輸入端1038及1040的一來源(例如，RF纜線1034及1036、及RF產生器1002及1014等)之阻抗進行匹配以產生一修改後RF信號。在用以產生或維持電漿的一或更多處理氣體在電漿腔室104(圖1)內之情況下，該修改後RF信號係經由RF傳輸線124而供應至卡盤114。

【0124】 主RF產生器1014經由傳輸纜線1050將主RF產生器1014之操作頻率提供至從屬RF產生器1012。從屬RF產生器1012接收主RF產生器1014之操作頻率並判定產生一RF信號，該RF信號具有在主RF產生器1014之操作頻率的一預定範圍內(例如，與該操作頻率相同、在該操作頻率之預先儲存的頻率範圍內等)的頻率。例如，從屬RF產生器1012接收主RF產生器1014的操作頻率，並將從屬RF產生器1012的操作頻率修改為在主RF產生器1014之操作頻率的預定範圍內。

【0125】 RF產生器1018、及從屬RF產生器1012產生RF信號。從屬RF產生器1012所產生的RF信號具有在該預定範圍內之頻率，且係經由RF纜線1046及輸入端1042供應至IMC 113。相似地，RF產生器1018所產生的RF信號係經由RF纜線1048及輸入端1044供應至IMC 113。IMC 113對連接至IMC 113之輸出端1010的一負載(例如，RF傳輸線122、及邊緣電極1016等)之阻抗、與連接至IMC 113之輸入端1042及1044的一來源(例如，RF纜線1046及1048、及RF產生器1012及1018等)之阻抗進行匹配以產生一修改後RF信號。該修改後RF信號係經由RF傳輸線122供應至邊緣電極1016用以控制電漿腔室104(圖1)之邊緣區域102內的電漿鞘層。

【0126】 一旦(例如，在...之後、等)從屬RF產生器1012產生RF信號且該修改後RF信號經由RF傳輸線122發送至邊緣電極1016，則變數感測器1022測量與IMC 113之輸出端1010有關(例如，係於輸出端1010測量、係在RF傳輸線122上的一點測量等)之變數(例如，複數功率、複數電壓、複數電流、複數阻抗等)的值，並經由傳輸纜線1032將該值提供至從屬RF產生器1012。吾人應注意，一複數變數包含了該複數變數的強度(例如，振幅等)、及該複數變數的相位。此外，在主RF產生器1014產生RF信號且修改後RF信號經由RF傳輸線124發送至卡盤114之後，變數感測器1020測量與輸出端1008有關(例如，係在IMC 108的輸出端1008測量、係在RF傳輸線124上的一點測量等)之變數的值，並經由傳輸纜線1030將該值提供至從屬RF產生器1012。

【0127】 從屬RF產生器1012對變數感測器1022所測量之變數的值中的相位、與變數感測器1020所測量之變數的值中的相位進行比較。回應於該比較，從屬RF產生器1012對從屬RF產生器1012所產生之RF信號的相位進行修改，使得變數感測器1022所測量之變數的值中的相位係在變數感測器1020所測量之變數的值中的相位之一預設範圍內(例如，與變數感測器1020所測量之變數的值中的

相位相同、在變數感測器1020所測量之變數的值中的相位之預先儲存的相位範圍內等)。舉例說明，基於該比較，從屬RF產生器1012改變從屬RF產生器1012所產生之RF信號的相位，使得該RF信號的相位係在變數感測器1020所測量的變數之值中的相位之預設範圍內。

【0128】 一旦從屬RF產生器1012將從屬RF產生器1012之操作頻率修改為在主RF產生器1014之操作頻率的預定範圍內並改變從屬RF產生器1012產生之RF信號的相位而使得該RF信號之相位係在變數感測器1020所測量之變數的相位之預設範圍內，則從屬RF產生器1012判定RF信號的一變數(例如，複數功率，複數電壓，複數電流等)之強度。例如，在使從屬RF產生器1012之操作頻率與主RF產生器1014之操作頻率相匹配、且欲藉由從屬RF產生器1012修改之RF信號的相位係調整為使得與IMC 113的輸出端1010有關之變數的相位係和與IMC 108的輸出端1008有關之變數的相位匹配之後，從屬RF產生器1012取用在從屬RF產生器1012中之記憶體內的一因子以判定欲藉由從屬RF產生器1012修改之RF信號的變數的一強度。該因子之範例包含了邊緣區域102中的電漿鞘層之傾斜、邊緣電極1016之晶圓直流(DC)偏壓、或在基板120的頂部表面之圓接觸區的橢圓率、蝕刻基板120之蝕刻率、在基板120上沉積材料之沉積速率等。

【0129】 吾人應注意，如一範例，從屬RF產生器1012產生的RF信號之變數的強度和與輸出端1008及1010有關之變數為不同類型的。舉例說明，當與輸出端1008及1010有關的變數為電壓時，從屬RF產生器1012所產生的RF信號之變數的強度為功率振幅。如另一範例，當與輸出端1008及1010有關的變數為功率時，從屬RF產生器1012所產生的RF信號之變數的強度為電壓振幅。如另一範例，從屬RF產生器1012產生的RF信號之變數的強度和與輸出端1008及1010有關之變數為相同類型的。舉例說明，當與輸出端1008及1010有關的變數為功率時，從屬RF產生器1012所產生的RF信號之變數的強度為功率振幅。

【0130】 從屬RF產生器1012施加變數的該強度，以產生由從屬RF產生器1012經由RF纜線1046及IMC 113的輸入端1042而提供的RF信號。此外，RF產生器1018產生一RF信號，並經由RF纜線1048及輸入端1044而將該RF信號提供至IMC 113。IMC 113對連接至IMC 113之輸出端1010的負載之阻抗、與連接至IMC 113之輸入端1042及1044的來源之阻抗進行匹配以產生一修改後RF信號。該修改後RF信號係經由RF傳輸線122發送至邊緣電極1016用以控制與邊緣區域102之電漿鞘層有關的因子。

【0131】 在各樣的實施例中，變數感測器1020係連接至輸出端1008，且變數感測器1022係連接至輸出端1010。在一些實施例中，變數感測器1020係於輸出端1008與卡盤114之間連接在RF傳輸線124上的任何點。相似地，在幾個實施例中，變數感測器1022係於輸出端1010與邊緣電極1016之間連接在RF傳輸線122上的任何點。

【0132】 在一些實施例中，系統1000不包含RF產生器1002、及/或RF產生器1018。在各樣的實施例中，系統1000包含連接至IMC 108的任何數量(例如，三個、等)之具有不同操作頻率的RF產生器、及/或連接至IMC 113的任何數量(例如，三個、等)之具有不同操作頻率的RF產生器。

【0133】 在幾個實施例中，取代嵌入在耦合環112內，電極202(圖2A)係嵌入在邊緣環110內且以與上述類似之方式(例如，經由RF濾波器208、及功率銷204(圖2A))連接至RF傳輸線122。

【0134】 在一些實施例中，取代使用邊緣電極1016，卡盤114係分成兩個電極(例如，中央下電極、及周邊下電極等)。中央下電極係連接至RF傳輸線124，且周邊下電極係連接至RF傳輸線122。電極202(圖2A)係嵌入至該周邊下電極內，且電極202係以與上述類似之方式(例如，經由RF濾波器208及功率銷204(圖2A)等)連接至RF傳輸線122。

【0135】 在各樣的實施例中，上電極延伸部660(圖6)取代邊緣電極1016連接至RF傳輸線122，且上電極121(圖6)取代卡盤114連接至RF傳輸線124。在這些實施例中，電極202(圖2A)係嵌入在上電極延伸部660內，且電極202係以與上述類似的方式(例如，經由RF濾波器208、及功率銷204(圖2A)等)連接至RF傳輸線122。

【0136】 在一些實施例中，取代使用上電極延伸部660，將上電極121分成兩個電極(例如，中央上電極及周邊上電極等)。中央上電極係連接至RF傳輸線124，且周邊上電極係連接至RF傳輸線122。電極202(圖2A)係嵌入至外圍上電極中，且電極202係以與上述類似的方式(例如，藉由RF濾波器208、及功率銷204(圖2A)等)連接至RF傳輸線122。

【0137】 在各樣的實施例中，在供應功率至卡盤114之RF產生器的操作頻率之中，主RF產生器1014具有中等的操作頻率且因此為一中頻(MF)產生器。例如，主RF產生器1014具有y MHz之操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x MHz頻率、及z MHz頻率。如另一範例，主RF產生器1014具有y MHz之操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及z MHz頻率。如另一範例，主RF產生器1014具有x MHz之操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及z MHz頻率。如再另一範例，主RF產生器1014具有x MHz的操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及y MHz頻率。如再另一範例，主RF產生器1014之操作頻率係在向卡盤114供應功率的其它RF產生器的複數操作頻率之間。

【0138】 在各樣的實施例中，在供應功率至卡盤114之RF產生器的操作頻率之中，主RF產生器1014具有最高的操作頻率且因此為一高頻(HF)產生器。例如，主RF產生器1014具有z MHz之操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x MHz頻率、及y MHz頻率。如另一範例，主RF產生器1014具有z MHz

之操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及y MHz頻率。如另一範例，主RF產生器1014具有z MHz之操作頻率，且向卡盤114供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及xMHz頻率。如再另一範例，主RF產生器1014之操作頻率係大於向卡盤114供應功率的其它RF產生器之操作頻率。

【0139】 相似地，在供應功率至邊緣電極1016之RF產生器的操作頻率之間，從屬RF產生器1012有中等的操作頻率且因此為一中頻(MF)產生器。例如，從屬RF產生器1012具有y MHz之操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x MHz頻率、及z MHz頻率。如另一範例，從屬RF產生器1012具有y MHz之操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及z MHz頻率。如另一範例，從屬RF產生器1012具有x MHz之操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及yMHz頻率。如再另一範例，從屬RF產生器1012具有x MHz的操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及z MHz頻率。如再另一範例，從屬RF產生器1012之操作頻率係在向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器的複數操作頻率之間。

【0140】 在各樣的實施例中，在供應功率至邊緣電極1016之RF產生器的操作頻率之間，從屬RF產生器1012具有最高的操作頻率且因此為一高頻(HF)產生器。例如，從屬RF產生器1012具有z MHz之操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x MHz頻率、及y MHz頻率。如另一範例，從屬RF產生器1012具有z MHz之操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及y MHz頻率。如另一範例，從屬RF產生器1012具有z MHz之操作頻率，且向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器具有x1 kHz頻率、及xMHz頻率。如再另一範例，從屬RF產生器1012之操作頻率係大於向邊緣電極1016供應功率的其它RF產生器之操作頻率。

【0141】 在一些實施例中，在將從屬RF產生器1012之操作頻率調整至在主RF產生器1014之操作頻率的預定範圍內之前，對與輸出端1008及1010有關之變數的相位進行調整。在各樣的實施例中，與輸出端1008及1010有關之變數的相位係與將從屬RF產生器1012之操作頻率調整至在主RF產生器1014之操作頻率的預定範圍內同時地(例如，於相同的時間、於相同的時脈週期內等)進行調整。

【0142】 圖11為系統1100之實施例的圖式，用以繪示當主RF產生器1014A及從屬RF產生器1012A皆以連續波形模式運作時在主RF產生器1014A與從屬RF產生器1012A之間的頻率鎖定及相位鎖定。主RF產生器1014A為主RF產生器1014(圖10)之範例，且從屬RF產生器1012A為從屬RF產生器1012之範例(圖10)。如一範例，在連續波形模式中，RF產生器產生具有一功率位準(例如，RF信號的最大振幅、RF信號強度的均方根值、RF信號的包絡(envelope)等)的一RF信號，該功率位準係在二個功率位準的一預定義範圍內。連續波形模式中的RF信號具有一個狀態(例如，狀態S1、或狀態S2等)且不具有多個狀態(於以下進一步描述)。

【0143】 系統1100包含主RF產生器1014A、從屬RF產生器1012A、IMC 108、IMC 113、及主機電腦系統306。主RF產生器1014A包含數位信號處理器(DSP) 1102、驅動器1104、及RF電源供應器1106。本文中所述之RF電源供應器為功率來源。DSP 1102係經由導體(例如，導線、纜線等)連接至驅動器1104，且驅動器1104係經由導體連接至RF電源供應器1106。主機電腦系統306係經由傳輸纜線1108連接至DSP 1102。驅動器之範例包含一或更多電晶體。

【0144】 從屬RF產生器1012A包含DSP 1114，驅動器1116及RF電源供應器1118。DSP 1114經由導體連接至驅動器1116，且驅動器1116經由導體連接至RF電源供應器1118。主機電腦系統 306經由傳輸纜線1110連接至DSP 1114。

【0145】 DSP 1102經由傳輸纜線1108從主機電腦系統306接收應由主RF產生器1014A產生之RF信號的頻率及功率。DSP 1102將一控制信號發送至驅動

器1104以指示RF信號之功率及頻率。驅動器1104基於從控制信號接收到的功率及頻率(例如，具有該功率及頻率等)而驅動(例如，產生等)一驅動信號(例如，一電流信號等)，並將該電流信號提供至RF電源供應器1106。RF電源供應器1106產生經由RF纜線1036提供至IMC 108之輸入端1040的RF信號。該RF信號具有從控制信號接收到的頻率及功率。

【0146】 DSP 1102經由傳輸纜線1050將DSP 1102產生之RF信號的頻率提供至從屬RF產生器1012A的DSP 1114。從屬RF產生器1012A的DSP 1114從DSP 1102接收該頻率並判定產生一控制信號，該控制信號指示了在從DSP 1102接收之該頻率的預定範圍內的一頻率。此外，DSP 1114經由傳輸纜線1110而從主機電腦系統306之處理器接收欲由從屬RF產生器1012A產生之RF信號的功率。DSP 1114將一控制信號發送至驅動器1116以指示該RF信號之功率(其係從主機電腦系統306接收)、及頻率(在其係在該預定範圍內)。驅動器1116基於從該控制信號接收到的功率及頻率(例如，具有該功率及頻率等)而驅動(例如，產生等)一驅動信號(例如，一電流信號等)，並將該電流信號提供至RF電源供應器1118。RF電源供應器1118產生具有從主機電腦系統306接收之功率、及從DSP 1114接收之頻率的RF信號。該RF信號係由RF電源供應器1118經由RF纜線1046供應至IMC 113以產生經由RF傳輸線122傳輸的修改後信號。

【0147】 此外，一旦基於從屬RF產生器1012A所產生之RF信號而產生了經由RF傳輸線122供應的修改後RF信號，則DSP 1114經由傳輸纜線1030接收與輸出端1008有關之變數、並經由傳輸纜線1032接收與輸出端1010有關之變數。與輸出端1008有關之變數包含了與輸出端1008有關之變數的相位，且與輸出端1010有關之變數包含了與輸出端1010有關之變數的相位。DSP 1114對與輸出端1010有關之變數的相位、和與輸出端1008有關之變數的相位進行比較，以判定該等相位是否在彼此的預設範圍內。一旦判定該等相位不在彼此的預設範圍

內，則DSP 1114判定欲藉由從屬RF產生器1012A修改之RF信號的相位，使得與輸出端1010有關之變數的相位係在從與輸出端1008有關之變數的相位的預設範圍內。例如，DSP 1114判定從屬RF產生器1012A應輸出RF信號的一時間(例如，時脈週期等)，使得該RF信號之相位係在與輸出端1008有關之變數的相位之預設範圍內。DSP 1114於發送至至驅動器1116的控制信號內指示了欲藉由從屬RF產生器1012A修改之RF信號的相位。例如，DSP 1114判定於該時間發送控制信號至驅動器1116，俾使與輸出端1010有關之變數的相位係在與輸出端1008有關之變數的相位之預設範圍內。

【0148】 此外，一旦DSP 1114判定了在從DSP 1102接收到之頻率的該預定範圍內之頻率、及在該預設範圍內的RF信號之相位，則DSP 1114判定該RF信號之變數的強度以達成該因子。例如，於判定了在從DSP 1102接收到之頻率的該預定範圍內之頻率、及在該預設範圍內的RF信號之相位之後，DSP 1114從儲存在記憶體1112中的表格1200(參照圖12)取用欲藉由從屬RF產生器1012A修改之RF信號的變數(例如，複數功率、複數電壓等)之強度，並於欲發送至驅動器1116的控制信號內指示該強度。DSP 1114判定與該因子之值相對應(例如，與該因子之值具有一對一關係、係連結至該因子之值、係映射至該因子之值等)之變數的強度。

【0149】 於該時間，DSP 1114將控制信號發送至驅動器1116，該控制信號指示了在從DSP 1102接收到之頻率的預定範圍內之頻率、及欲藉由從屬RF產生器1012A修改之RF信號的變數之強度。此外，於該時間，驅動器1116基於從DSP 1114接收的頻率、及從DSP 1114接收之控制信號內所指示的變數之強度(例如，具有該頻率及變數之該強度等)而產生一驅動信號，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1118。此外，於該時間，RF電源供應器1118在接收到來自驅動器1116的驅動信號之後產生具有該頻率(其係在該預定範圍內)、及該強度(其係基

於該因子而判定)的RF信號，並經由RF纜線1046將該RF信號發送至IMC 113之輸入端1042。

【0150】 在一些實施例中，一鎖相迴路(PLL，phase-locked loop，例如連接至振盪器的相位偵測器等)係與輸出端1008及1010相聯繫，以判定在經由RF傳輸線122及124傳輸之該等修改後RF信號之間的相位差。例如，相位偵測器之輸入端係連接至輸出端1008及輸出端1010。如另一範例，相位偵測器的一輸入端係連接至RF傳輸線122上的任何點，且相位偵測器的另一輸入端係連接至RF傳輸線124上的任何點。相位偵測器之輸出端係連接至PLL之振盪器，且PLL之振盪器的輸出端係連接至DSP 1114。PLL之相位偵測器判定在通過RF傳輸線122之修改後RF信號、與通過RF傳輸線124之修改後RF信號的相位之間的差異並發送一信號至PLL之振盪器，俾使PLL之振盪器產生一信號以達成在與輸出端1008有關之變數、和與輸出端1010有關之變數的複數相位之間的預設範圍。振盪器所產生的信號係提供至判定信號之相位的DSP 1114。

【0151】 在一些實施例中，一RF產生器的驅動器為該RF產生器之RF電源供應器的一部分。例如，驅動器1104為RF電源供應器1106的一部分。如另一範例，驅動器1116為RF電源供應器1118的一部分。

【0152】 圖12為表格1200之實施例的圖式，用以繪示因子與欲藉由從屬RF產生器1012A(圖11)修改之RF信號的變數之間的對應關係。表格1200包含了在該因子的各種值(例如FTR1、FTR2、FTR3等)、與欲藉由從屬RF產生器1012A修改之RF信號的變數的值(例如VR1、VR2、VR3等)之間的對應關係。例如，值FTR1係對應於值VR1(例如，單獨地與值VR1相關聯)，值FTR2係對應於值VR2，且值FTR3係對應於值VR3。值VR1、VR2、及VR3其中每一者為欲藉由RF電源供應器1118修改之RF信號的變數(例如，複數功率、複數電壓、複數電流等)的一強度。

【0153】 圖13為系統1300之實施例的圖式，用以繪示當主RF產生器1014B及從屬RF產生器1012B皆以狀態轉換模式運作時在主RF產生器1014B與從屬RF產生器1012B之間的頻率鎖定、及相位鎖定。在狀態轉換模式中，每一RF產生器在多個狀態之間(例如，在狀態S1與狀態S2之間、在三種狀態S1、S2、及S3之間、在任何其他數量的狀態之間等)進行轉換。在狀態S1期間，每一RF產生器產生具有在狀態S2期間之RF信號的功率位準之預定義範圍外的功率位準之RF信號。主RF產生器1014B為主RF產生器1014(圖10)之範例，從屬RF產生器1012B為從屬RF產生器1012之範例(圖10)。

【0154】 主RF產生器1014B包含DSP 1102，用於狀態S1的功率控制器1302、用於狀態S2的功率控制器1304、用於狀態S1的自動頻率調諧器(AFT，auto frequency tuner) 1306、及用於狀態S2的AFT 1308。DSP 1102係連接至功率控制器1302及1304、及AFT 1306及1308。此外，功率控制器1302及1304、及AFT 1306及1308係連接至驅動器1104。

【0155】 相似地，從屬RF產生器1012B包含DSP 1114，用於狀態S1的功率控制器1310、用於狀態S2的功率控制器1312、用於狀態S1的AFT 1314、及用於狀態S2的AFT 1316。DSP 1114係連接至功率控制器1310及1312、及AFT 1314及1316。此外，功率控制器1310及1312、及AFT 1314及1316係連接至驅動器1116。

【0156】 DSP 1102經由傳輸纜線1108從主機電腦系統306的一時脈來源(例如，時脈來源、數位振盪器、數位脈衝產生器、處理器)接收一電晶體對電晶體邏輯(TTL)信號(例如，時脈信號等)，且DSP 1114經由傳輸纜線1110從主機電腦系統306之時脈來源接收該TTL信號。該TTL信號於狀態S1及S2之間(例如，邏輯位準高及低、邏輯位準0及1等)進行轉換。

【0157】 DSP 1102接收TTL信號並對TTL信號之狀態S1及S2進行區分。DSP 1102亦經由傳輸纜線1108從主機電腦系統306的處理器接收狀態S1的功率

位準、狀態S2的功率位準、狀態S1的頻率、及狀態S2的頻率。如一範例，狀態S1期間RF產生器產生的RF信號之頻率係與狀態S2期間RF產生器產生的RF信號之頻率不同。如另一範例，狀態S1期間RF產生器產生的RF信號之頻率係與狀態S2期間RF產生器產生的RF信號之頻率相同。當TTL信號處於狀態S1時，DSP 1102發送一信號至功率控制器1302指示應由主RF產生器1014B產生之RF信號的功率位準，並發送一信號至AFT 1306指示應由主RF產生器1014B產生之RF信號的頻率。功率控制器1302發送一控制信號至驅動器1104指示從DSP 1102接收到的功率位準，且AFT 1306發送一控制信號至驅動器1104指示從DSP 1102接收到的頻率。

【0158】 驅動器1104產生具有狀態S1之該頻率、及狀態S1之該功率位準的驅動信號(例如，電流信號等)，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1106。一旦於狀態S1期間接收到驅動信號，則RF電源供應器1106產生具有狀態S1之該頻率、及狀態S1之該功率位準的RF信號。

【0159】 相似地，當TTL信號處於狀態S2時，DSP 1102發送一信號至功率控制器1304指示應由主RF產生器1014B產生之RF信號的功率位準，並發送一信號至AFT 1308指示應由主RF產生器1014B產生之RF信號的頻率。功率控制器1304發送一控制信號至驅動器1104指示從DSP 1102接收到的功率位準，且AFT 1308發送一控制信號至驅動器1104指示從DSP 1102接收到的頻率。

【0160】 驅動器1104產生具有狀態S2之該頻率、及狀態S2之該功率位準的驅動信號，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1106。一旦於狀態S2期間接收到驅動信號，則RF電源供應器1106產生具有狀態S2之該頻率、及狀態S2之該功率位準的RF信號。

【0161】 在狀態S1期間，DSP 1102經由傳輸纜線1050將DSP 1102所產生的RF信號的狀態S1之頻率提供至從屬RF產生器1012B的DSP 1114。從屬RF產生

器1012B的DSP 1114從DSP 1102接收狀態S1之頻率並判定產生一信號，該信號指示了狀態S1的一頻率，該頻率係在從DSP 1102接收的狀態S1之頻率的狀態S1之預定範圍內。指示了狀態S1之頻率(其在該預定範圍內)的信號係從DSP 1114提供至AFT 1314。

【0162】 此外，DSP 1114接收TTL信號並對TTL信號之狀態S1及S2進行區分。DSP 1114亦經由傳輸纜線1110從主機電腦系統306的處理器接收狀態S1的功率位準、及狀態S2的功率位準。當TTL信號係處於狀態S1時，DSP 1114發送一信號至功率控制器1310指示應由從屬RF產生器1012B產生之RF信號的功率位準，並發送一信號至AFT 1314指示應由從屬RF產生器1012B產生之RF信號的頻率。應產生之RF信號的狀態S1之頻率係在從DSP 1102接收到的狀態S1之頻率的預定範圍內。功率控制器1310發送一控制信號至驅動器1116指示從DSP 1114接收到的功率位準，且AFT 1314發送一控制信號至驅動器1116指示從DSP 1114接收到的頻率。

【0163】 驅動器1116基於從DSP 1114接收之狀態S1的頻率、及狀態S1的功率位準(例如，具有該頻率及該功率等)而產生一驅動信號(例如，電流信號等)，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1118。一旦於狀態S1期間接收到該驅動信號，則RF電源供應器1118產生具有狀態S1之該頻率、及狀態S1之該功率位準的RF信號。

【0164】 此外，於狀態S1期間，一旦基於從屬RF產生器1012B產生之RF信號而產生了經由RF傳輸線122發送的修改後RF信號，則DSP 1114經由傳輸纜線1030接收與輸出端1008有關之狀態S1的變數、並經由傳輸纜線1032接收與輸出端1010有關之狀態S1的變數。與狀態S1的輸出端1008有關之狀態S1的變數包含了與輸出端1008有關之變數的相位，且與輸出端1010有關之狀態S1的變數包含了與輸出端1010有關之變數的相位。在狀態S1期間，DSP 1114對與輸出端1010

有關之狀態S1的變數之相位、和與輸出端1008有關之狀態S1的變數之相位進行比較，以判定該等相位對狀態S1而言是否在彼此的預設範圍內。此外，在狀態S1中，一旦判定狀態S1之該等相位彼此之間不在狀態S1之預設範圍內，則DSP 1114判定欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S1之相位，使得與輸出端1010有關之變數的狀態S1之相位係在與輸出端1008有關之變數的狀態S1之相位的狀態S1之預設範圍內。例如，DSP 1114判定從屬RF產生器1012B應輸出RF信號的一時間(例如，時脈週期等)，使得該RF信號之狀態S1的相位係在與輸出端1008有關之變數的狀態S1之相位的狀態S1之預設範圍內。在狀態S1期間，DSP 1114於該時間發送信號至AFT 1314、及功率控制器1310。一旦於該時間從DSP 1114接收到信號，則AFT 1314產生一控制信號並將其發送至驅動器1116，該控制信號指示了從DSP 1114所接收到的狀態S1之頻率。AFT 1314從DSP 1114所接收之頻率係在從DSP 1102接收到的狀態S1之頻率的狀態S1之預定範圍內。

【0165】 此外，在狀態S1期間，一旦DSP 1114判定了狀態S1之頻率(其在從DSP 1102接收到的狀態S1之頻率的狀態S1之預定範圍內)、及欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S1之相位，則DSP 1114判定RF信號之變數的狀態S1之強度以為狀態S1達成該因子。例如，在判定了狀態S1之頻率(其在從DSP 1102接收到的狀態S1之頻率的狀態S1之預定範圍內)、及欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S1之相位之後，DSP 1114從儲存在記憶體元件1112中的表格1500(參見圖15)取用欲藉由從屬RF產生器1012B修改的RF信號之變數(例如，複數功率、複數電壓等)的狀態S1之強度，並於一信號內指示該強度。DSP 1114於該時間將指示了變數之強度的該信號發送至功率控制器1310，一旦接收到該信號，則功率控制器1310產生指示了狀態S1之強度的一控制信號，並將該控制信號發送至驅動器1116。

【0166】 在狀態S1期間，驅動器1116於狀態S1之該時間產生一驅動信號(其具有從AFT 1314接收到之信號內所指示的狀態S1之頻率，且具有從功率控制器1310接收到的狀態S1之變數的強度)，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1118。在狀態S1期間，一旦從驅動器1116接收到驅動信號，則RF電源供應器1118於該時間產生RF信號(其具有狀態S1之該頻率、及狀態S1之變數的該強度)，並經由RF纜線1046將該RF信號發送至IMC 113的輸入端1042。

【0167】 此外，在狀態S2期間，DSP 1102經由傳輸纜線1050將DSP 1102產生之RF信號的狀態S2之頻率提供至從屬RF產生器1012B的DSP 1114。如一範例，狀態S2之頻率係不同於(例如，小於、大於等)狀態S1之頻率。如另一範例，狀態S2之頻率係與狀態S1之頻率相同。從屬RF產生器1012B的DSP 1114從DSP 1102接收狀態S2之頻率並判定產生一信號，該信號指示了狀態S2的一頻率，該頻率係在從DSP 1102接收的狀態S2之頻率的狀態S2之預定範圍內。吾人應注意，如一範例，狀態S2之預定範圍係不同於(例如，小於、大於等)狀態S1之預定範圍。如另一範例，狀態S2之預定範圍係與狀態S1之預定範圍相同。

【0168】 當TTL信號係處於狀態S2時，DSP 1114發送一信號至功率控制器1312指示應由從屬RF產生器1012B產生之RF信號的功率位準(其係由主機電腦系統306接收)，並發送一信號至AFT 1316指示應由從屬RF產生器1012B產生之RF信號的狀態S2之頻率。狀態S2之頻率係在從DSP 1102接收到的狀態S2之頻率的預定範圍內。功率控制器1312發送一控制信號至驅動器1116指示從DSP 1114接收到的功率位準，且AFT 1316發送一控制信號至驅動器1116指示從DSP 1114接收到的頻率。

【0169】 驅動器1116產生具有狀態S2之該頻率、及狀態S2之該功率位準的驅動信號，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1118。一旦於狀態S2期間接

收到驅動信號，則RF電源供應器1118產生具有狀態S2之該頻率、及狀態S2之該功率位準的RF信號。

【0170】 此外，一旦基於從屬RF產生器1012B所產生的RF信號(其具有在狀態S2之預定範圍內的頻率)而產生了經由RF傳輸線122傳輸的修改後RF信號，則DSP 1114經由傳輸纜線1030接收與輸出端1008有關的狀態S2之變數、並經由傳輸纜線1032接收與輸出端1010有關之狀態S2的變數。與輸出端1008有關的狀態S2之變數包含了與輸出端1008有關之變數的相位，且與輸出端1010有關之狀態S2的變數包含了與輸出端1010有關之變數的相位。如一範例，與狀態S2的輸出端1008有關之變數的相位係不同於(例如，小於、大於等)與狀態S1的輸出端1008有關之變數的相位。如另一範例，與狀態S2的輸出端1008有關之變數的相位係和與狀態S1的輸出端1008有關之變數的相位相同。如一範例，與狀態S2的輸出端1010有關之變數的相位係不同於(例如，小於、大於等)與狀態S1的輸出端1010有關之變數的相位。如另一範例，與狀態S2的輸出端1010有關之變數的相位係和與狀態S1的輸出端1010有關之變數的相位相同。

【0171】 在狀態S2期間，DSP 1114對與輸出端1010有關之狀態S2的變數之相位、和與輸出端1008有關之狀態S2的變數之相位進行比較，以判定該等相位對狀態S2而言是否在彼此的預設範圍內。吾人應注意，如一範例，狀態S2之預設範圍係不同於(例如，小於、大於等)狀態S1之預設範圍。如另一範例，狀態S2之預設範圍係與狀態S1之預設範圍相同。此外，在狀態S2中，一旦判定狀態S2之該等相位彼此之間不在狀態S2之預設範圍內，則DSP 1114判定從屬RF產生器1012B所產生的RF信號之狀態S2的一相位，使得與輸出端1010有關之變數的狀態S2之相位係在與輸出端1008有關之變數的狀態S2之相位的狀態S2之預設範圍內。例如，DSP 1114判定從屬RF產生器1012B應輸出RF信號的一時間(例如，時脈週期等)，使得該RF信號之狀態S2的相位係在與輸出端1008有關之變數的狀

態S2之相位的狀態S2之預設範圍內。在狀態S2期間，DSP 1114於該時間發送狀態S2之信號至AFT 1316、及功率控制器1312。一旦於該時間從DSP 1114接收到信號，則AFT 1316產生一控制信號並將其發送至驅動器1116，該控制信號指示了從DSP 1114所接收到的狀態S2之頻率。AFT 1316從DSP 1114所接收之頻率係在從DSP 1102接收到的狀態S2之頻率的狀態S2之預定範圍內。

【0172】 此外，在狀態S2期間，一旦DSP 1114判定了狀態S2之頻率(其在從DSP 1102接收到的狀態S2之頻率的狀態S2之預定範圍內)、及欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S2之相位(其在狀態S2之預設範圍內)，則DSP 1114判定RF信號之變數的狀態S2之強度以為狀態S2達成該因子。例如，在判定了狀態S2之頻率(其在從DSP 1102接收到的狀態S2之頻率的狀態S2之預定範圍內)、及欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S2之相位之後，DSP 1114從儲存在記憶體元件1112中的表格1500取用欲藉由從屬RF產生器1012B修改的RF信號之變數(例如，複數功率、複數電壓等)的狀態S2之強度，並於一信號內指示該強度。DSP 1114於該時間將該信號發送至功率控制器1312，一旦接收到該信號，則功率控制器1312產生指示了狀態S2之強度的一控制信號，並將該控制信號發送至驅動器1116。

【0173】 驅動器1116於狀態S2之該時間產生一驅動信號(其具有從AFT 1316接收到之信號中所指示的狀態S2之頻率，且具有從功率控制器1312接收到的狀態S2之變數的強度)，並將該驅動信號提供至RF電源供應器1118。在狀態S2期間，一旦從驅動器1116接收到驅動信號，則RF電源供應器1118於狀態S2之該時間產生RF信號(其具有狀態S2之頻率、及狀態S2之強度)，並經由RF纜線1046將該RF信號發送至IMC 113的輸入端1042。

【0174】 在一些實施例中，PLL係與輸出端1008及1010相聯繫，以判定於狀態S1期間在經由RF傳輸線122及124傳輸之該等修改後RF信號之間的相位

差。於狀態S1期間，PLL之相位偵測器判定在通過RF傳輸線122之修改後RF信號、與通過RF傳輸線124之修改後RF信號的相位之間的差異並發送一信號至PLL之振盪器，俾使該振盪器產生一信號以達成在與輸出端1008有關之變數、和與輸出端1010有關之變數的相位之間的預設範圍。該振盪器所產生之信號係於狀態S1期間提供至判定信號之相位的DSP 1114。

【0175】 相似地，在各樣的實施例中，PLL係與輸出端1008及1010相聯繫，以判定於狀態S2期間在經由RF傳輸線122及124傳輸之該等修改後RF信號之間的相位差。如一範例，於狀態S2期間經由RF傳輸線122及124傳輸之該等修改後信號之間的相位差係不同於(例如，小於、大於等)狀態S1期間之該等修改後信號之間的相位差。如另一範例，於狀態S2期間經由RF傳輸線122及124傳輸之該等修改後信號之間的相位差係與狀態S1期間之該等修改後信號之間的相位差相同。此外，於狀態S2期間，PLL之相位偵測器判定在通過RF傳輸線122之修改後RF信號、與通過RF傳輸線124之修改後RF信號的相位之間的差異並發送一信號至PLL之振盪器，俾使該振盪器產生一信號以達成在與輸出端1008有關之變數、和與輸出端1010有關之變數的相位之間的預設範圍。該振盪器所產生之信號係於狀態S2期間提供至判定信號之相位的DSP 1114。

【0176】 在一些實施例中，取代TTL信號係從主機電腦系統306供應至從屬RF產生器1012B，TTL信號係由DSP 1102從主機電腦系統306的時脈來源接收，且DSP 1102經由傳輸纜線1050將該TTL信號發送至DSP 1114以使從屬RF產生器1012B之操作與主RF產生器1014B之操作同步化。

【0177】 圖14為一時序圖之實施例的圖式，用以繪示主RF產生器1014B(圖13)所產生之RF信號1402、從屬RF產生器1012B(圖13)所產生之RF信號1404、及TTL信號1406的多個狀態。曲線圖1408繪製了TTL信號1406的邏輯位準(例如，0及1、低及高等)對時間t之曲線。一邏輯位準係對應於狀態S1，且另一

邏輯位準係對應於狀態S2。此外，曲線圖1410繪製了主RF產生器1014B為狀態S1及S2所產生之RF信號1402的功率位準對時間t之曲線，且曲線圖1412繪製了從屬RF產生器1012B為狀態S1及S2所產生之RF信號1404的功率位準對時間t之曲線。

【0178】 如曲線圖1410所示，RF信號1402於狀態S1期間的功率位準為P1，且RF信號1402的功率位準於狀態S2期間為0。此外，如曲線圖1412中所示，RF信號1404的功率位準於狀態S1期間為P2，且RF信號1404的功率位準於狀態S2期間為0。如一範例，功率位準P1係等於功率位準P2。如另一範例，功率位準P1係不同於(例如，大於、小於等)功率位準P2。RF信號1402、及RF信號1404其中每一者與TTL信號1406同步而以周期性方式於狀態S1與S2之間轉換。例如，在TTL信號1406的半個負載循環期間，RF信號1402具有功率位準P1，且在TTL信號1406的剩餘半個負載循環期間，RF信號1402具有功率位準零。如另一範例，在TTL信號1406的半個負載循環期間，RF信號1404具有功率位準P2，且在TTL信號1406的剩餘半個負載循環期間，RF信號1404具有功率位準零。負載循環之其他範例包含了負載循環為40%、負載循環為30%、負載循環為70%、負載循環為60%等。

【0179】 在各樣的實施例中，狀態S1期間之RF信號1402的頻率係不同於(例如，小於、大於等)狀態S1期間之RF信號1404的頻率。如另一範例，狀態S1期間之RF信號1402的頻率係與狀態S1期間之RF信號1404的頻率相同。

【0180】 在幾個實施例中，狀態S2期間之RF信號1402的頻率係不同於(例如，小於、大於等)狀態S2期間之RF信號1404的頻率。如另一範例，狀態S2期間之RF信號1402的頻率係與狀態S2期間之RF信號1404的頻率相同。

【0181】 在一些實施例中，RF信號1402的功率位準在狀態S1期間為P1，且RF信號1402的功率位準在狀態S2期間為P3，其中P3係小於P1且大於零。在各

樣的實施例中，RF信號1404的功率位準在狀態S1期間為P2，且RF信號1404的功率位準在狀態S2期間為P4，其中P4係小於P2且大於零。

【0182】 圖15為表格1500之實施例的圖式，用以繪示狀態S1及S2之因子的值、與狀態S1及S2之欲藉由從屬RF產生器1012B(圖13)修改的RF信號之變數的強度之間的一對應關係。表格1500包含了狀態S1之因子的各樣的值(例如，FTRS11、FTRS12等)、與狀態S1期間欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S1之變數的值(例如，VRS11、VRS12等)之間的一對應關係。例如，對於狀態S1而言，值FTRS11係對應於值VRS11(例如，單獨地與值VRS11相關聯、映射至值VRS11、連結至值VRS11等)，且值FTRS12係對應於值VRS12。值VRS11及VRS12其中每一者為狀態S1期間欲藉由RF電源供應器1118修改之RF信號的變數(例如，複數功率、複數電壓、複數電流等)的一強度。

【0183】 此外，表格1500包含了狀態S2期間之因子的各樣的值(例如，FTRS21、FTRS22等)、與狀態S2期間欲藉由從屬RF產生器1012B修改之RF信號的狀態S2之變數的值(例如，VRS21、VRS22等)之間的一對應關係。例如，對於狀態S2而言，值FTRS21係對應於值VRS21，且值FTRS22係對應於值VRS22。值VRS21及VRS22其中每一者為狀態S2期間欲藉由RF電源供應器1118修改之RF信號的變數(例如，複數功率、複數電壓、複數電流等)的一強度。

【0184】 圖16A為曲線圖1600之實施例的圖式，用以繪示在與輸出端1008(圖10)有關之變數、及與輸出端1010(圖10)有關之變數的相位上之差異(相位偏移)。曲線圖1600繪製了電壓V對時間t的曲線。曲線圖1600包含了變數感測器1020(圖10)所測量之電壓波形的曲線1602、及變數感測器1022(圖10)所測量之電壓波形的曲線1604。在從屬RF產生器1012(圖10)調整與輸出端1008及1010有關之變數的相位之前，電壓波形1602與1604之間存在著相位偏移。

【0185】 圖16B為曲線圖1606之實施例的圖式，用以繪示在與輸出端1008(圖10)有關之變數、及與輸出端1010(圖10)有關之變數的相位上之差異的減少。曲線圖1606繪製了電壓V對時間t的曲線。曲線圖1606包含了變數感測器1020(圖10)所測量之電壓波形的曲線1602、及變數感測器1022(圖10)所測量之電壓波形的曲線1604。在從屬RF產生器1012(圖10)調整與輸出端1008及1010有關之變數的相位之後，電壓波形1602與電壓波形1604之間的相位偏移減少(例如，不再存在、減少至零、減少至預設範圍內等)。

【0186】 圖16C為曲線圖1608之實施例的圖式，用以繪示用來達成該因子之在電壓波形1604的強度上之變化(例如，增加、減小等)。曲線圖1608繪製了電壓對時間的曲線。在電壓波形1604之強度上的改變係於從屬RF產生器1012所產生之RF信號的變數之強度上的變化達成時達成。

【0187】 圖17A為曲線圖1700之實施例的圖示，用以繪示於處理1期間在邊緣區域102(圖10)中之電漿鞘層的傾斜係藉由控制從屬RF產生器1012所產生之RF信號的變數之強度而加以控制。此外，當使從屬RF產生器1012產生之RF信號的變數之強度改變以達成該因子時，對中心區域132(圖10)中的電漿鞘層僅造成很小或無之影響。當從屬RF產生器1012(圖10)所產生的RF信號之相位係在主RF產生器1014(圖10)所產生的RF信號之相位的預設範圍內，及/或從屬RF產生器1012所產生的RF信號之頻率係在主RF產生器1014所產生的RF信號之頻率的預定範圍內時，達成了此很小或無之影響。曲線圖1700包含曲線1702、曲線1704、及曲線1706，並繪製了傾斜角度(以度來測量)對基板120(圖10)之半徑(以公厘(mm)測量)的曲線。如圖所示，當從屬RF產生器1012將一第一功率強度量施加至邊緣電極1016時，在邊緣區域102中存在著電漿鞘層的向外傾斜。此外，當從屬RF產生器1012將一第二功率強度量施加至邊緣電極1016時，在邊緣區域102中之電漿鞘層的向外傾斜係減少成在邊緣區域102中之電漿鞘層的實質上平坦之傾

斜。此外，當從屬RF產生器1012將一第三功率強度量施加至邊緣電極1016時，實質上平坦之傾斜改變為在邊緣區域102中之電漿鞘層的向內傾斜。第一功率強度係大於第二功率強度，第二功率強度係大於第三功率強度。

【0188】 圖17B為曲線圖1708之實施例的圖示，用以繪示於處理2期間內邊緣區域102(圖10)中之電漿鞘層的傾斜係藉由控制從屬RF產生器1012所產生之RF信號的變數之強度而加以控制。曲線1708包含曲線1710、曲線1712、及曲線1714，並繪製了傾斜角度對基板120之半徑(圖10)的曲線。如圖所示，當從屬RF產生器1012將一第四功率強度量施加至邊緣電極1016時，在邊緣區域102中存在著電漿鞘層的向外傾斜。此外，當從屬RF產生器1012將一第五功率強度量施加至邊緣電極1016時，在邊緣區域102中之電漿鞘層的向外傾斜減少。此外，當從屬RF產生器1012將一第六功率強度量施加至邊緣電極1016時，曲線1712中所示之傾斜改變為邊緣區域102中之電漿鞘層的向內傾斜。第四功率強度係大於第五功率強度，第五功率強度係大於第六功率強度。

【0189】 在一些實施例中，處理2之配方的至少一部分(例如，電漿腔室104(圖1)內的壓力、或電漿腔室104內的溫度、或上電極121(圖1)與卡盤114(圖1)之間的間隙、或處理氣體的類型、或處理氣體的量、或處理氣體的流率、或邊緣電極1016(圖10)的高度、或邊緣電極1016的材料、或電漿從電漿腔室104的排出速率、或其二或更多者之組合等)係與處理期間1期間之配方的該部分不同。

【0190】 吾人應注意，在上述一些實施例中，將RF信號供應至卡盤114並將上電極121接地。在各樣的實施例中，將RF信號供應至上電極121並將卡盤114接地。

【0191】 在一些實施例中，電極202及耦合環112其中每一者係分割為複數區段。電極202的每一區段係獨立地提供來自一或更多RF產生器的RF功率。

【0192】 本文中所述之實施例可以各樣的電腦系統結構來實施，其中包括了手持硬體單元、微處理器系統、基於微處理器或可程式化之消費電子產品、微電腦、大型電腦、及類似裝置。本文中所述之實施例亦可在分散式計算環境中實施，其中任務係透過電腦網路連線之遠端處理硬體單元而執行。

【0193】 在一些實行例中，控制器為系統的一部分，其可為上述範例的一部分。系統包含了半導體處理設備，半導體處理設備包含一或更多處理工具、一或更多腔室、用於處理的一或更多平臺、及/或特定處理元件(基板基座、氣流系統等)。系統係與電子設備整合，以於在半導體晶圓或基板處理之前、期間、及之後控制系統的操作。電子設備可稱作為「控制器」，其可控制系統之各種元件或子部分。依據系統的處理需求及/或類型，控制器可加以編程以控制本文中所揭露的任何製程，其中包含：處理氣體的輸送、溫度設定(例如，加熱及/或冷卻)、壓力設定、真空設定、功率設定、RF產生器設定、RF匹配電路設定、頻率設定、流率設定、流體輸送設定、位置及操作設定、出入工具、及其他轉移工具、及/或與系統連接或介接的負載鎖室之基板轉移。

【0194】 廣義而言，在各樣的實施例中，控制器係定義為電子設備，其具有各種不同的積體電路、邏輯、記憶體、及/或軟體，其接收指令、發布指令、控制操作、啟用清潔操作、啟用終點量測等。積體電路可包含儲存程式指令之韌體形式的晶片、數位信號處理器(DSP)、定義為特殊應用積體電路(ASIC)的晶片、可程式化邏輯裝置(PLD)、一或更多微處理器、或執行程式指令(例如軟體)的微控制器。程式指令為以各種個別設定(或程式檔案)的形式而通訊至控制器的指令，該等設定定義了用以在半導體晶圓上或對半導體晶圓實行製程的操作參數。在一些實施例中，該等操作參數為由製程工程師定義之配方的部分，以在一或多個層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、及/或晶圓的晶粒之製造期間內完成一或多個處理步驟。

【0195】 在一些實行例中，控制器為電腦的一部分或連接至電腦，該電腦係與系統整合、連接至系統、以其他方式網路連至系統、或其組合。舉例而言，控制器可為在「雲端」或工廠主機電腦系統的整體或部分，其可允許基板處理的遠端存取。該電腦可允許針對系統的遠端存取以監測製造操作的當前進度、檢查過往製造操作的歷史、檢查來自複數個製造操作的趨勢或性能度量、改變目前處理的參數、設定目前操作之後的處理步驟、或開始新的處理。

【0196】 在一些實施例中，遠端電腦(例如伺服器)可透過網路提供製程配方給系統，該網路可包含區域網路或網際網路。遠端電腦可包含使用者介面，其允許參數及/或設定的輸入或編程，這些參數及/或設定係接著從遠端電腦被傳遞至系統。在一些範例中，控制器接收設定形式的指令以對晶圓進行處理。吾人應理解設定係專門用於將於晶圓上執行之製程的類型、及控制器與其介接或對其進行控制之工具的類型。因此，如上面所述，控制器可為分散式的，例如藉由包含一或多個分散的控制器，其由網路連在一起且朝共同的目的作業(例如完成本文中所述之製程)。一個用於此等目的之分散式控制器之範例包含腔室上的一或多個積體電路，連通位於遠端(例如在平台級或作為遠端電腦的一部分)的一或多個積體電路，其結合以控制腔室中的製程。

【0197】 在各樣的實施例中，不受限制地，系統包含電漿蝕刻腔室、沉積腔室、旋轉-潤洗腔室、金屬電鍍腔室、清潔腔室、斜邊蝕刻腔室、物理氣相沉積(PVD)腔室、化學氣相沉積(CVD)腔室、原子層沉積(ALD)腔室、原子層蝕刻(ALE)腔室、離子植入腔室、軌道腔室、及任何可關聯或使用於半導體晶圓的製造及/或生產中之其他的半導體處理系統。

【0198】 吾人更應注意，雖然上述操作的描述係參照平行板電漿腔室，例如電容耦合電漿腔室等，但是在一些實施例中，上述的操作適用於其他類型的電漿腔室，例如一包括感應耦合電漿(ICP)反應器、變壓耦合電漿(TCP)反應器、

導體工具、介電工具的電漿腔室、一包括電子迴旋共振(ECR)反應器的電漿腔室等。例如，一或更多RF產生器係連接至ICP電漿腔室內的電感器。電感器之形狀的範例包含螺線管、圓頂狀線圈、扁平狀線圈等。

【0199】 如上面所述，依據將由工具執行的處理步驟，控制器可與下述通訊：一或更多其他工具電路或模組、其他工具元件、群組工具、其他工具介面、毗鄰工具、相鄰工具、位於工廠各處的工具、主電腦、另一個控制器、或用於材料傳送的工具，該等用於材料傳送的工具將晶圓的容器攜帶進出半導體生產工廠內的工具位置及/或裝載埠。

【0200】 在了解上面的實施例後，吾人應理解該等實施例其中一些使用了各種不同電腦所實行的操作，其中操作涉及儲存在電腦系統中的資料。這些電腦實行操作係對物理量進行操縱的操作。

【0201】 該等實施例其中一些亦關於用以執行這些操作的硬體單元或設備。該等設備係特別為特殊用途電腦而建構。當被定義為特殊用途電腦時，該電腦在仍可執行特殊用途的同時，亦可執行非特殊用途部分之其他處理、程式執行、或例行程序。

【0202】 在一些實施例中，本文中所述之操作係由一電腦執行，其中該電腦係被一或更多儲存在電腦記憶體或透過網路所得到的電腦程式選擇性地啟動或配置。當透過電腦網路得到資料時，該資料係藉由電腦網路上的其他電腦來處理，例如，雲端的計算資源。

【0203】 本文中所述的一或更多實施例亦可被製作為非暫態的電腦可讀媒體上的電腦可讀代碼。該非暫態的電腦可讀媒體係可儲存資料的任何資料儲存硬體單元(例如，記憶體裝置等)，其中該資料儲存硬體單元之後可被電腦系統讀取。非暫態的電腦可讀媒體的範例包括硬碟、網路附接儲存器(NAS)、ROM、RAM、光碟唯讀記憶體(CD-ROMs)、可錄式光碟(CD-Rs)、可覆寫式光碟

(CD-RWs)、磁帶、及其他光學與非光學資料儲存硬體單元。在一些實施例中，非暫態的電腦可讀媒體包含電腦可讀的有形媒體，其中該電腦可讀的有形媒體係透過連接網路的電腦系統加以散佈，俾使電腦可讀代碼被以散佈的方式儲存及執行。

【0204】 雖然以特定順序描述上述一些方法操作，但吾人應理解在各樣的實施例中，可在方法操作之間執行其他庶務操作，或可調整方法操作使得其在略為不同之時間發生，或可將其分散在系統中，該系統允許方法操作發生在不同的區間、或以與上述不同的順序執行。

【0205】 吾人更應注意，在一些實施例中，可將任何上述實施例的一或更多特徵與任何其他實施例的一或更多特徵結合而不超出本揭露內容中描述之各樣實施例所述之範圍。

【0206】 雖然為了清楚理解的目的已對前述的實施例進行詳細地描述，顯而易見的，仍可在隨附申請專利範圍的範圍內實行某些改變及修改。因此，本發明之實施例應被認為是說明性的而非限制性的，且本發明之實施例不受限於本文中所提供的細節，而是可在隨附申請專利範圍的範圍及均等物內加以修改。

【符號說明】

【0207】

100 電漿系統

102 邊緣區域

104 電漿腔室

108 IMC

110 邊緣環

112 耦合環

113 IMC
114 卡盤
115 腔室壁
120 基板
121 上電極
122 RF 傳輸線
124 RF 傳輸線
126 RF 纜線
128 RF 纜線
130 RF 纜線
132 中心區域
200 系統
202 電極
204 功率銷
206 電漿腔室
207 RF 濾波器
208 RF 濾波器
212 上表面
214 下表面
216 絕緣體環
220 同軸纜線
222 套管
224 設施板
226 接地環

228 絕緣體環

232 間隙

238 限制環

241 覆蓋環

250 系統

254 RF 纜線（RF 傳輸線）

300 系統

302 離子通量探針

304 測量感測器

306 主機電腦系統

308 RF 纜線

310 傳輸纜線

312 傳輸纜線

320 系統

322 馬達

324 傳輸纜線

326 連接機構

328 電源供應器

330 纜線

350 系統

352 DC 偏壓探針（感測器）

354 測量感測器

356 纜線

370 系統

402 網狀電極
404 環狀電極
500 電漿腔室
502 饋送環
504 RF 棒
506 端部
508 端部
510 RF 棒
512 RF 筒
514 RF 筒
604 絕緣體環
606 部分
608 部分
612 絕緣體環
614 可動式接地環
616 固定式接地環
650 部分
652 絕緣體環
654 絕緣體環
656 限制環部分
658 限制環水平部分
660 上電極延伸部
700 系統
702 功率銷

704 功率銷

708 圓形部分

710 臂部

712 臂部

714 臂部

716 臂部

718 端部

720 端部

722 端部

724 端部

726 端部

728 端部

730 點

732 點

734 點

800 曲線圖

802 曲線

804 曲線

806 曲線

810 離子通量

812a 方向性

812b 方向性

812c 方向性

900 曲線圖

902 曲線圖

1000 系統

1002 RF 產生器

1004 點

1006 點

1008 輸出端

1010 輸出端

1012 從屬 RF 產生器

1012A 從屬 RF 產生器

1012B 從屬 RF 產生器

1014 主 RF 產生器

1014A 主 RF 產生器

1014B 主 RF 產生器

1016 邊緣電極

1018 RF 產生器

1020 變數感測器

1022 變數感測器

1030 傳輸纜線

1032 傳輸纜線

1034 RF 纜線

1036 RF 纜線

1038 輸入端

1040 輸入端

1042 輸入端

1044 輸入端
1046 RF 纜線
1048 RF 纜線
1050 傳輸纜線
1100 系統
1102 數位信號處理器(DSP)
1104 驅動器
1106 RF 電源供應器
1108 傳輸纜線
1110 傳輸纜線
1112 記憶體
1114 數位信號處理器(DSP)
1116 驅動器
1118 RF 電源供應器
1200 表格
1300 系統
1302 功率控制器
1304 功率控制器
1306 自動頻率調諧器(AFT)
1308 自動頻率調諧器(AFT)
1310 功率控制器
1312 功率控制器
1314 自動頻率調諧器(AFT)
1316 自動頻率調諧器(AFT)

1402 RF 信號

1404 RF 信號

1406 TTL 信號

1408 曲線圖

1410 曲線圖

1412 曲線圖

1600 曲線圖

1602 曲線

1604 曲線

1606 曲線圖

1608 曲線圖

1500 表格

1700 曲線圖

1702 曲線

1704 曲線

1706 曲線

1708 曲線圖

1710 曲線

1712 曲線

1714 曲線

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，包含：

經由一第一阻抗匹配電路將一射頻(RF)信號提供至該電漿腔室中的一主電極，其中該RF信號係基於一第一RF產生器之操作頻率而產生；

經由一第二阻抗匹配電路將另一RF信號提供至該電漿腔室中的一邊緣電極，其中該另一RF信號係基於該第一RF產生器之操作頻率而產生；

接收與該第一阻抗匹配電路之輸出端有關的一變數的一第一測量結果；

接收與該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數的一第二測量結果；

基於該第一測量結果、及該第二測量結果而修改該另一RF信號的一相位；及

改變與一第二RF產生器有關的一變數的一強度以達成該預定因子。

【第2項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該改變該強度之步驟係於該另一RF信號產生之後，且於該另一RF信號的該相位受到修改之後執行。

【第3項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該修改該另一RF信號的該相位之步驟包含修改該相位以達成該第一測量結果的一相位，該第一測量結果的該相位係在該第二測量結果的一相位的一預設範圍內。

【第4項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中與該第二RF產生器有關的該變數係不同於與該第一阻抗匹配電路、及該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數。

【第5項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該接收該第一測量結果之步驟包含從該第一阻抗匹配電路

之輸出端接收該第一測量結果，其中該接收該第二測量結果之步驟包含從該第二阻抗匹配電路之輸出端接收該第二測量結果。

【第6項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該主電極係用以支撐一基板以在該電漿腔室中的一中心區域處理該基板，且該邊緣電極係用以在該邊緣區域處理該基板。

【第7項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該主電極為一卡盤，且該邊緣電極為一邊緣環或一耦合環。

【第8項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該主電極為一上電極，且該邊緣電極為一上電極延伸部。

【第9項】如申請專利範圍第1項之達成與電漿腔室中的邊緣區域有關之預定因子的方法，其中該第二RF產生器係控制為具有在該第一RF產生器之操作頻率的一預定範圍內的操作頻率。

【第10項】一種電漿處理系統，包含：

一電漿腔室，具有一主電極及一邊緣電極；

一第一阻抗匹配電路，連接至該主電極；

一第二阻抗匹配電路，連接至該邊緣電極；

一第一射頻(RF)產生器，連接至該第一阻抗匹配電路以將一第一RF信號提供至該第一阻抗匹配電路，其中該第一RF信號係基於該第一RF產生器之操作頻率而產生；及

一第二RF產生器，連接至該第二阻抗匹配電路以將一第二RF信號提供至該第二阻抗匹配電路，其中該第二RF信號係基於該第一RF產生器之該操作頻率而產生。

【第11項】如申請專利範圍第10項之電漿處理系統，

其中該第二RF產生器係建構成接收與該第一阻抗匹配電路之輸出端有關的一變數的一第一測量結果，

其中該第二RF產生器係建構成接收與該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數的一第二測量結果，

其中該第二RF產生器係建構成基於該第一測量結果、及該第二測量結果而修改該第二RF信號的一相位，及

其中該第二RF產生器係建構成改變與該第二RF產生器有關的一變數的一強度以達成一預定因子。

【第12項】 如申請專利範圍第11項之電漿處理系統，其中該強度係於該第二RF信號產生之後且於該第二RF信號的該相位受到修改之後加以改變。

【第13項】 如申請專利範圍第11項之電漿處理系統，其中該第一測量結果係從該第一阻抗匹配電路之該輸出端接收，其中該第二測量結果係從該第二阻抗匹配電路之該輸出端接收。

【第14項】 如申請專利範圍第11項之電漿處理系統，其中該第二RF產生器係建構成修改該第二RF信號的該相位以達成該第一測量結果的一相位，該第一測量結果的該相位係在該第二測量結果的一相位的一預設範圍內。

【第15項】 如申請專利範圍第11項之電漿處理系統，其中與該第二RF產生器有關的該變數係不同於與該第一阻抗匹配電路及該第二阻抗匹配電路之該等輸出端有關的該變數。

【第16項】 如申請專利範圍第10項之電漿處理系統，其中該第二RF產生器係控制成具有在該第一RF產生器之該操作頻率的一預定範圍內的操作頻率。

【第17項】 如申請專利範圍第10項之電漿處理系統，其中該主電極係用以支撐一基板以在該電漿腔室中的一中心區域處理該基板，且該邊緣電極係用以在該邊緣區域處理該基板。

【第18項】如申請專利範圍第10項之電漿處理系統，其中該主電極為一卡盤，且該邊緣電極為一邊緣環或一耦合環。

【第19項】如申請專利範圍第10項之電漿處理系統，其中該主電極為一上電極，且該邊緣電極為一上電極延伸部。

【第20項】如申請專利範圍第10項之電漿處理系統，其中該邊緣電極圍繞該主電極。

【第21項】一種射頻(RF)產生器，包含：

一電源供應器，建構成基於另一RF產生器之操作頻率而產生一RF信號，其中該電源供應器係建構成經由一第一阻抗匹配電路而連接至一邊緣電極，其中該另一RF產生器係建構成經由一第二阻抗匹配電路而連接至一主電極；

一處理器，與該電源供應器介接，

其中該處理器係建構成接收與該第一阻抗匹配電路之輸出端有關的一變數的一第一測量結果，

其中該處理器係建構成接收與該第二阻抗匹配電路之輸出端有關的該變數的一第二測量結果，

其中該處理器係建構成基於該第一測量結果、及該第二測量結果而修改該RF信號的一相位。

【第22項】如申請專利範圍第21項之射頻(RF)產生器，更包含一驅動器，該驅動器係連接至該電源供應器及至該處理器，其中該處理器係建構成將一控制信號發送至該驅動器，其中該驅動器係建構成在接收到該控制信號之後產生一電流信號，其中該電源供應器係建構成回應於接收該電流信號而產生該RF信號。

【第23項】如申請專利範圍第21項之射頻(RF)產生器，其中該處理器係建構成改變與該電源供應器有關的一變數的一強度以達成一預定因子。

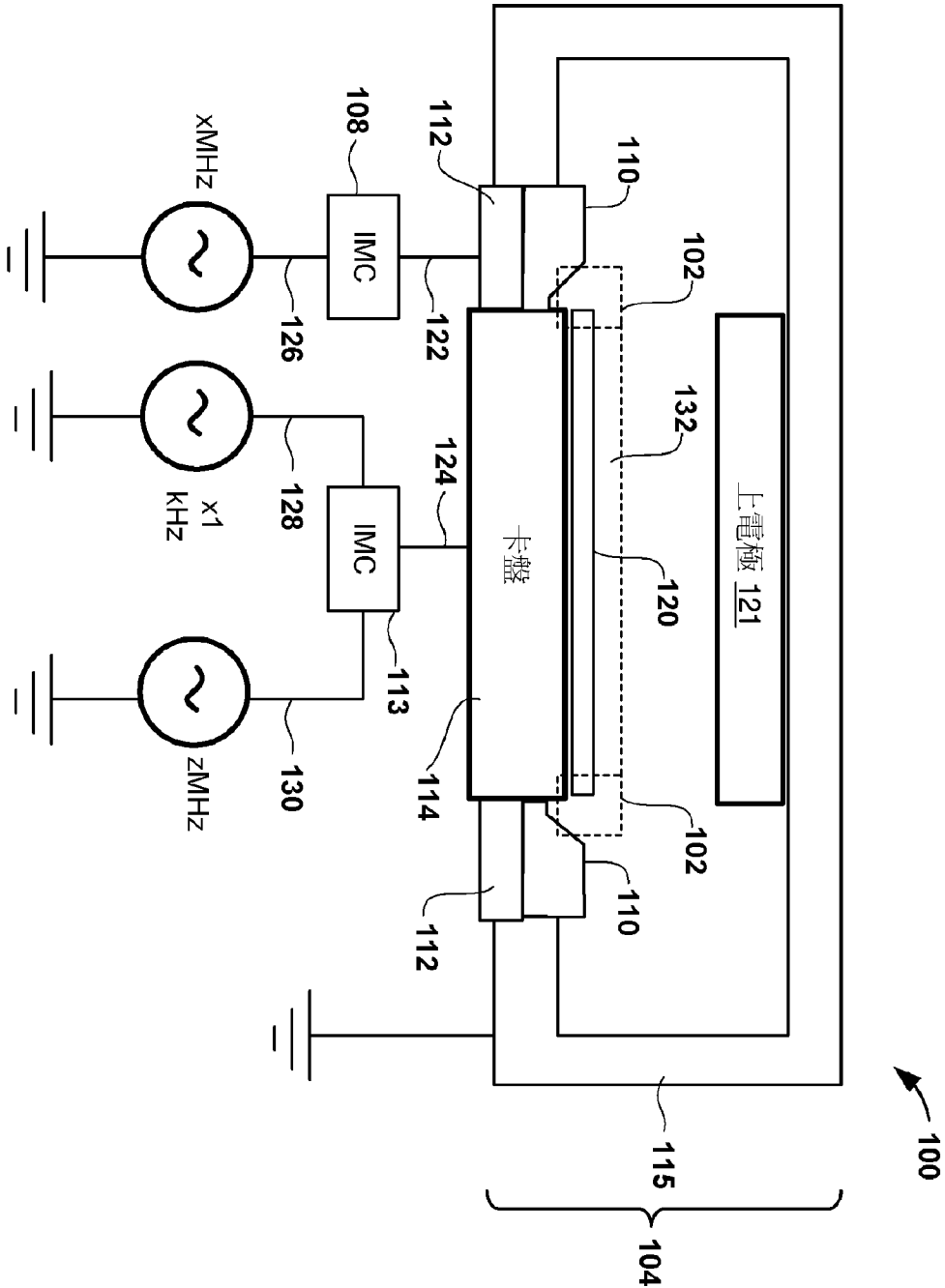


圖 1



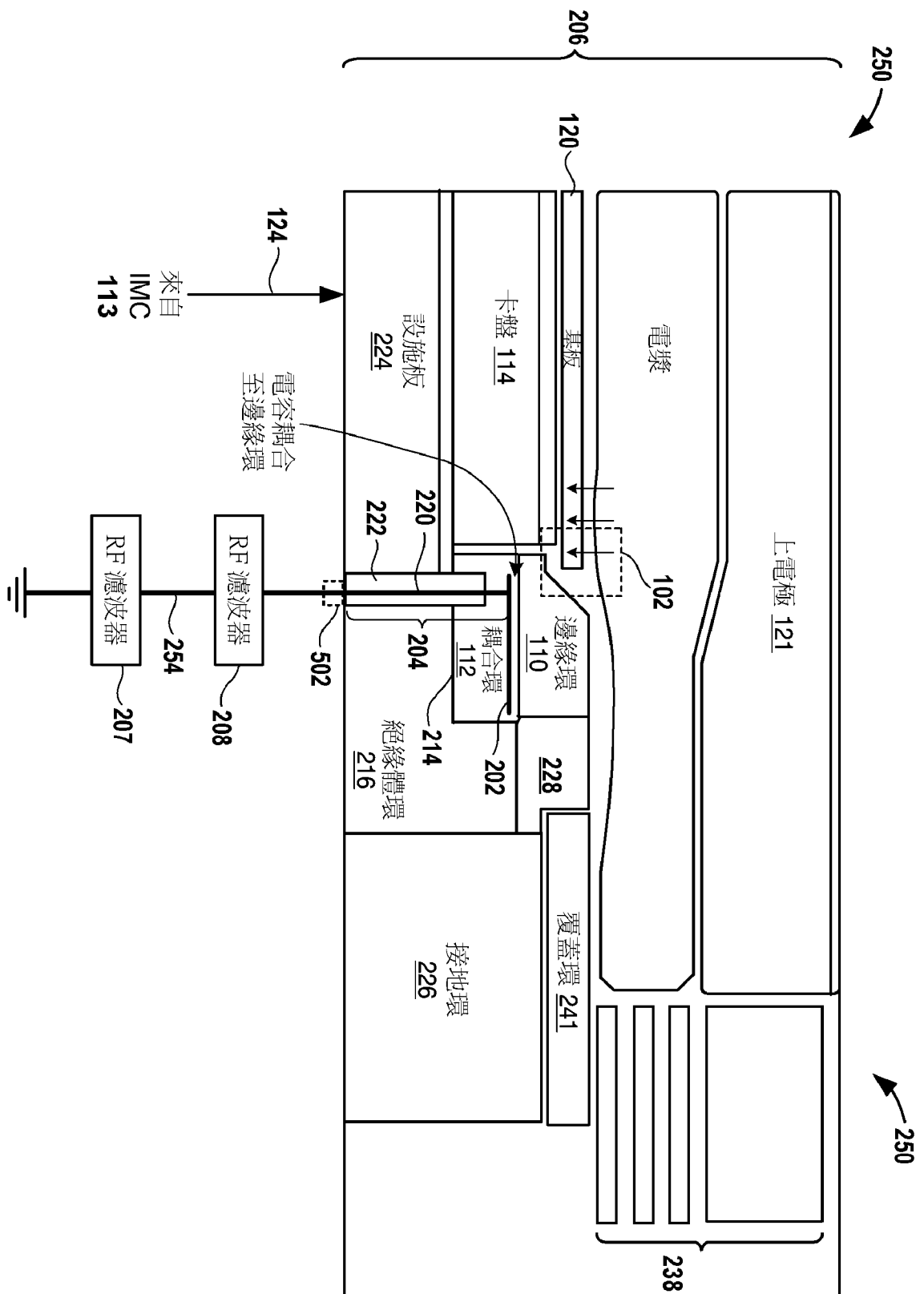


圖 2B

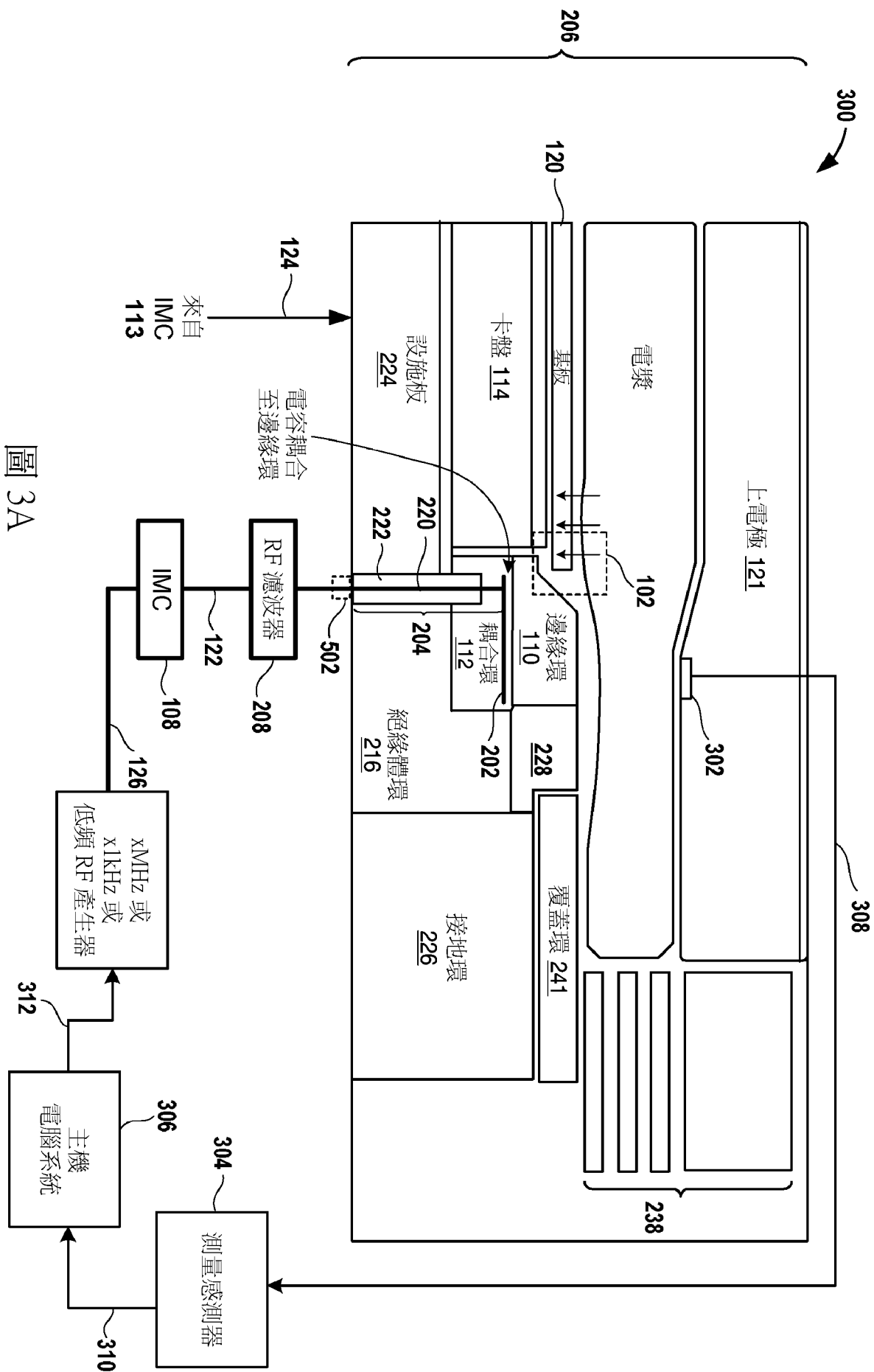
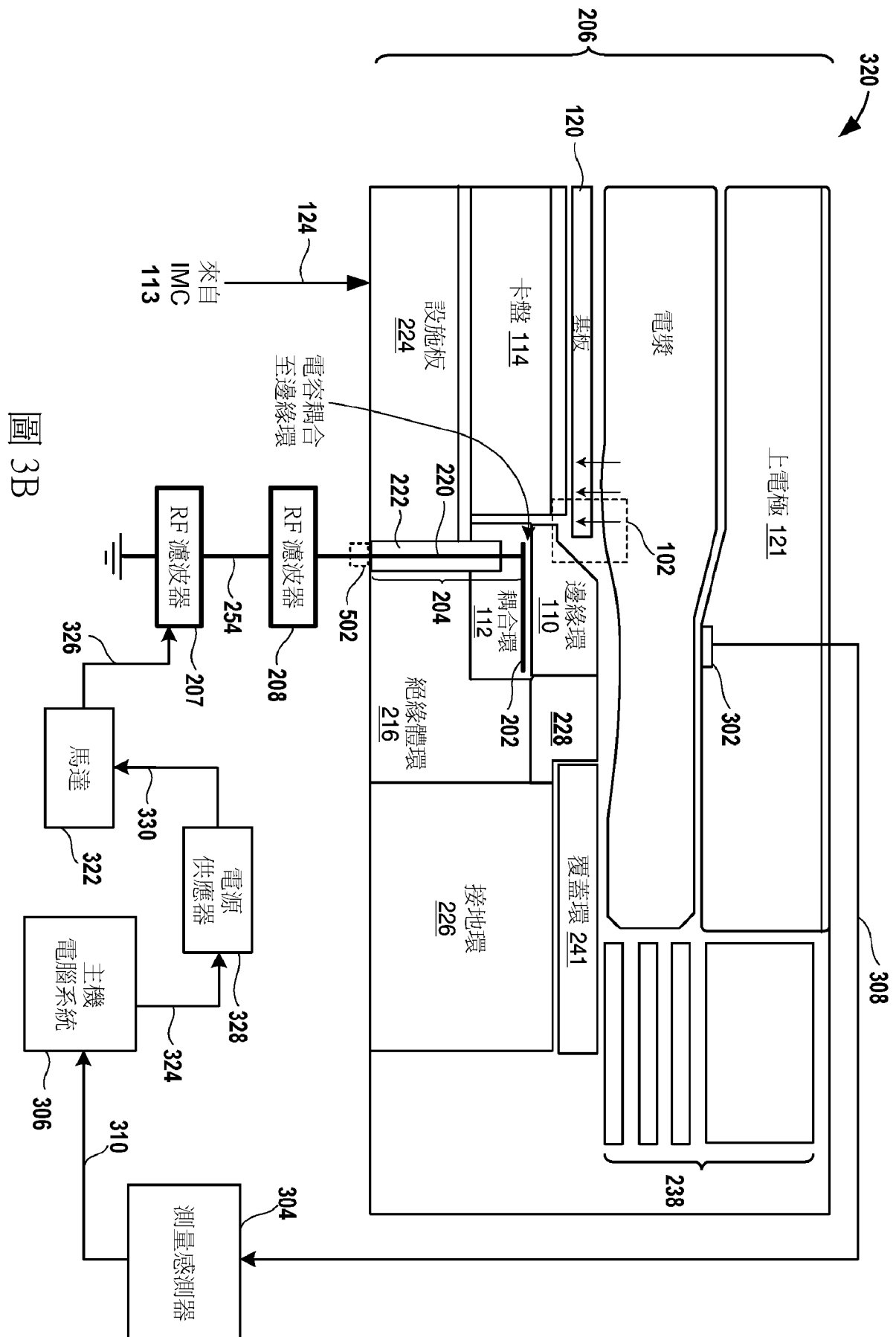


圖 3A



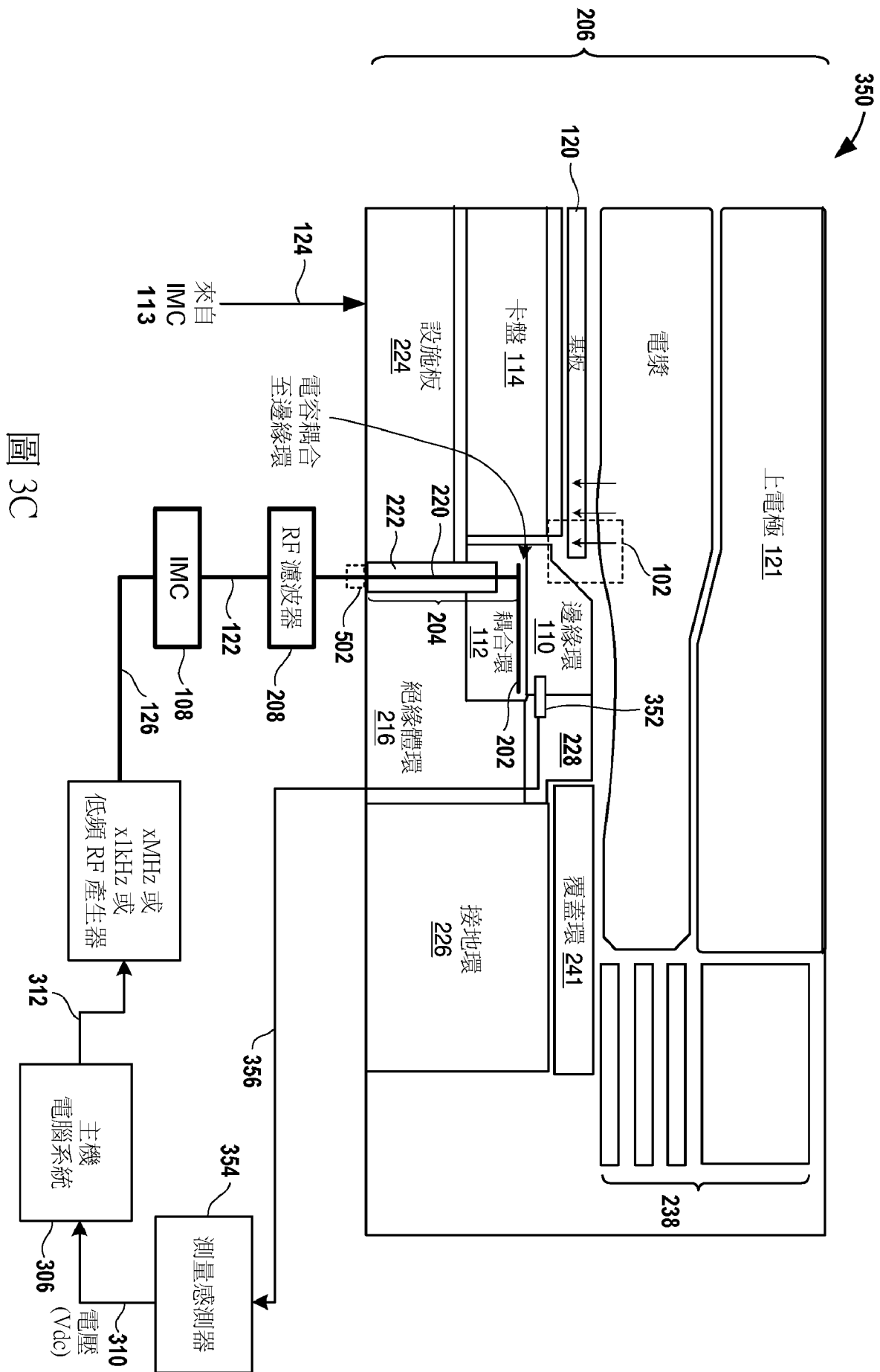


圖 3C

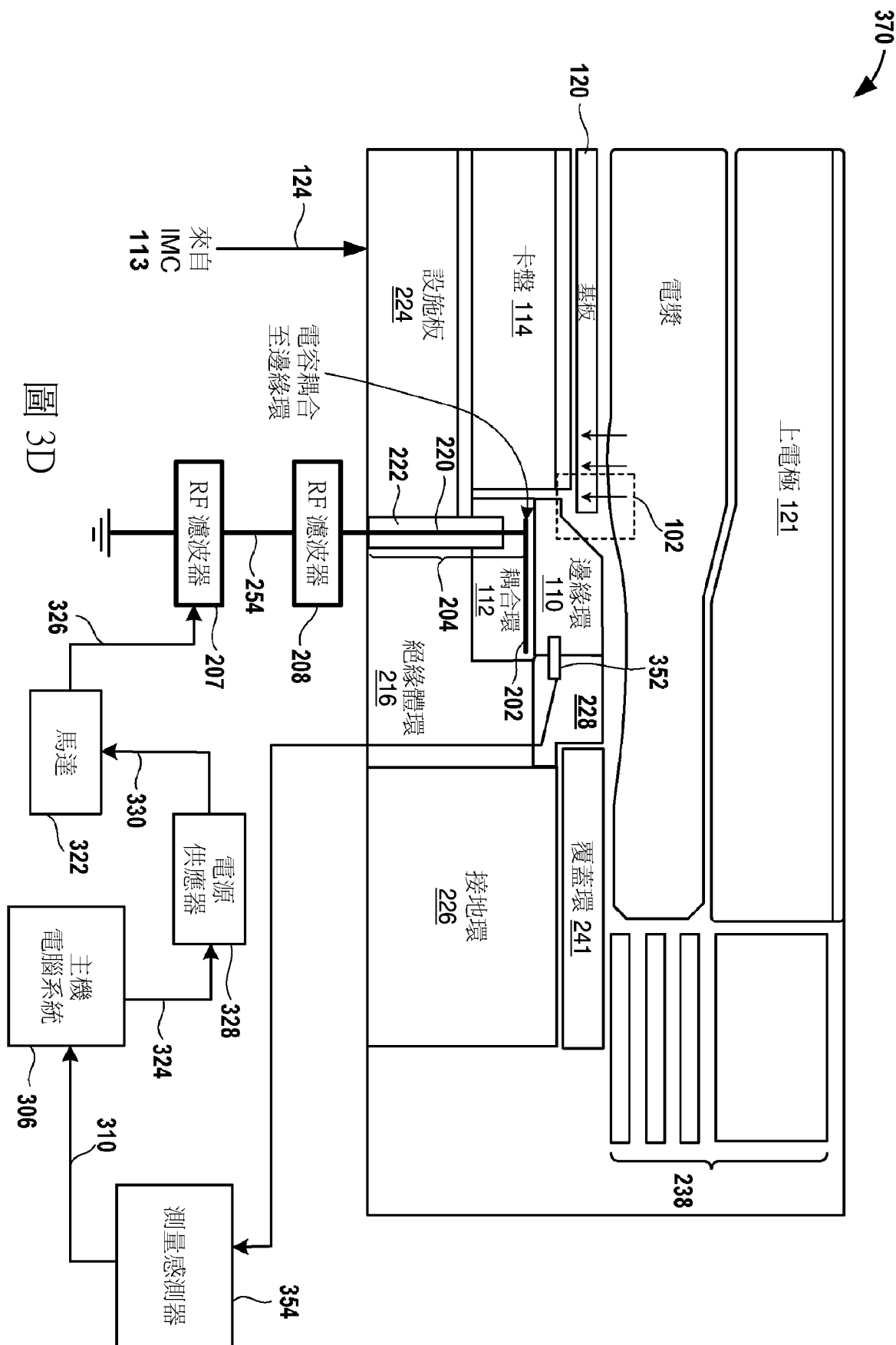
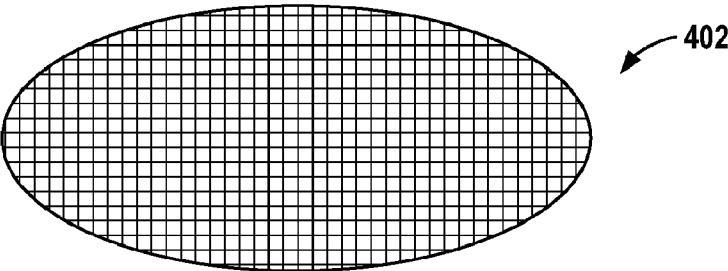
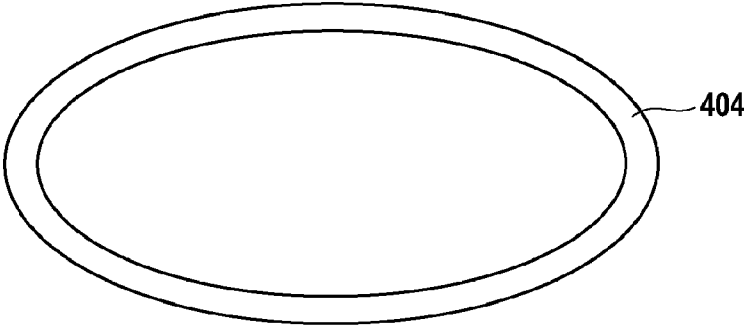


圖 3D



(在耦合環中的網狀電極)

圖 4A



(在耦合環中的環狀電極)

圖 4B

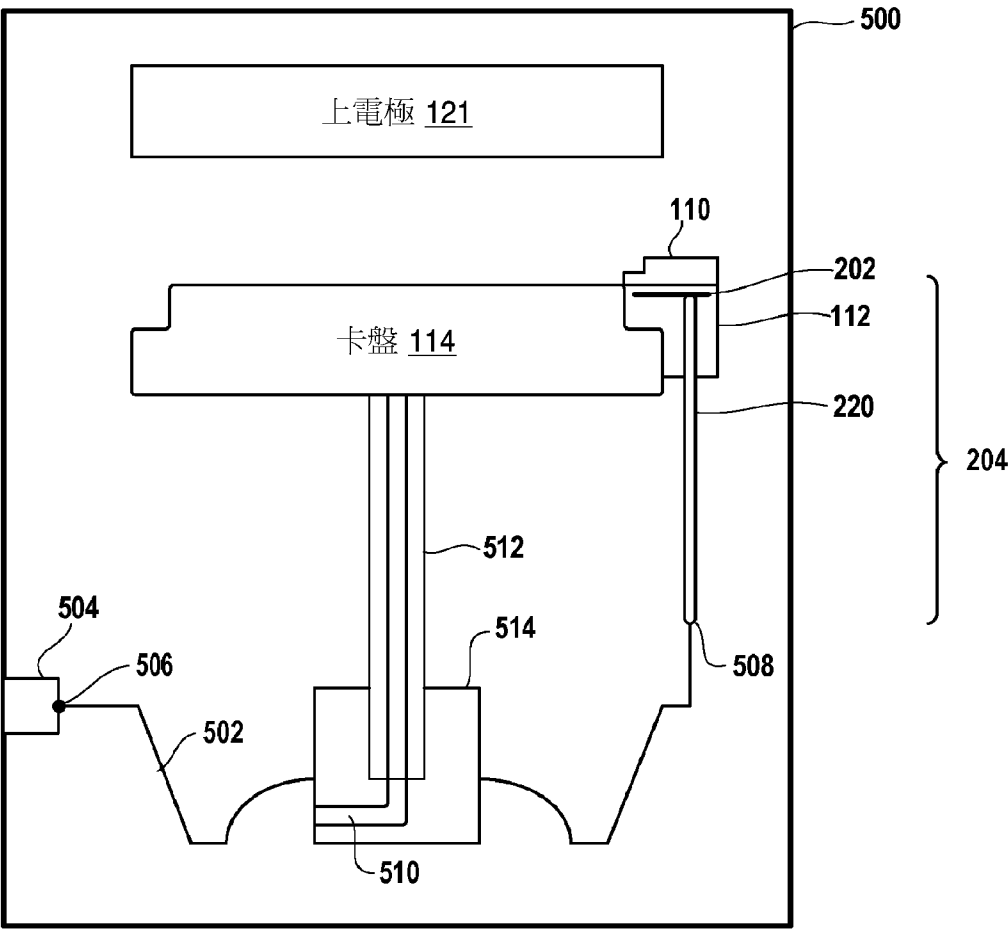


圖 5

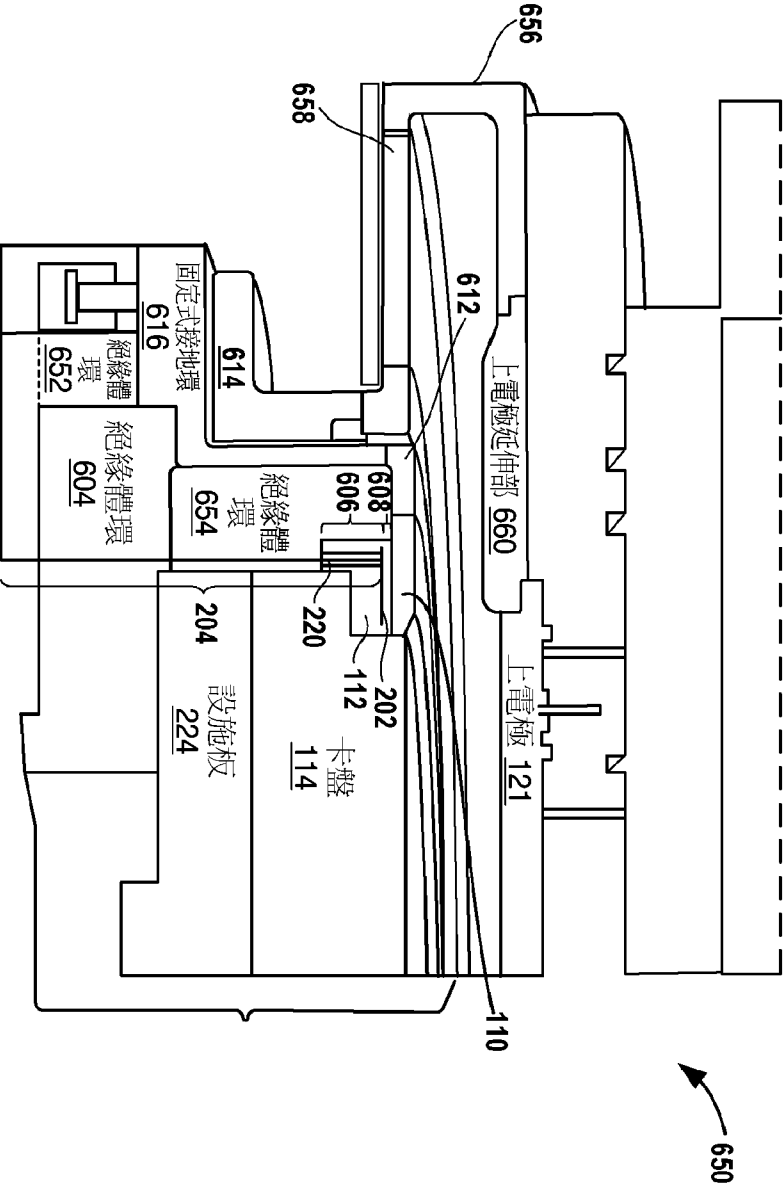


圖 6

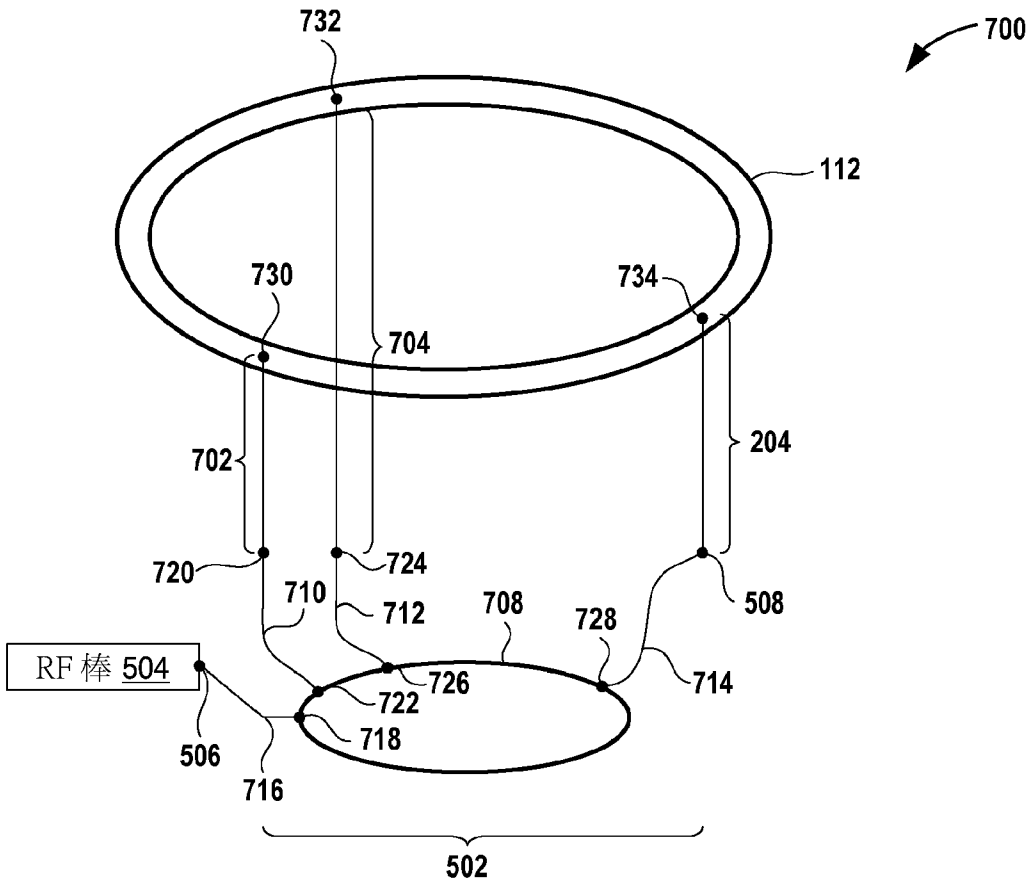


圖 7

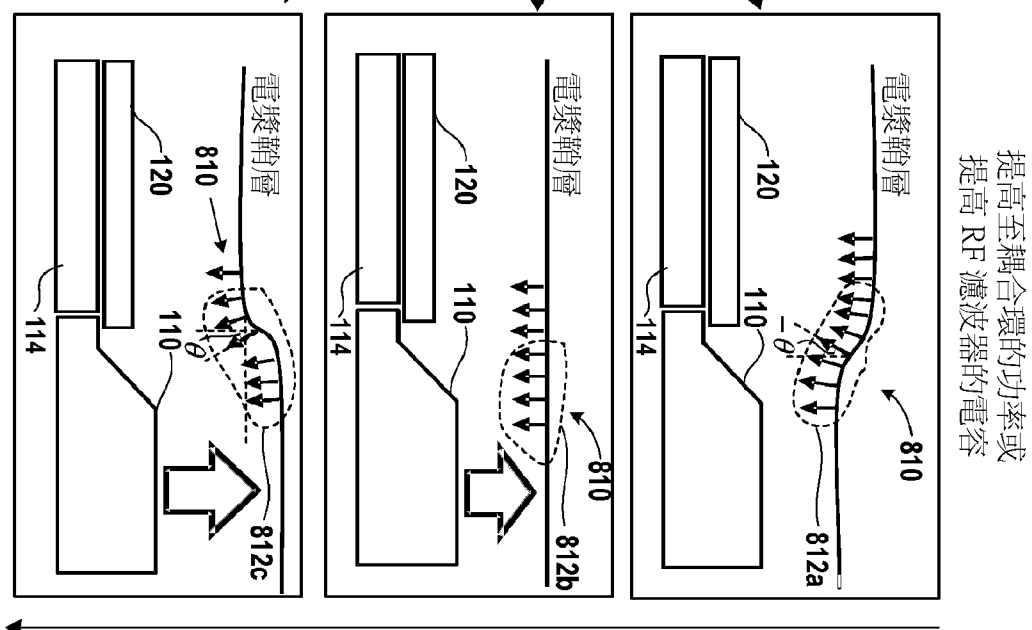
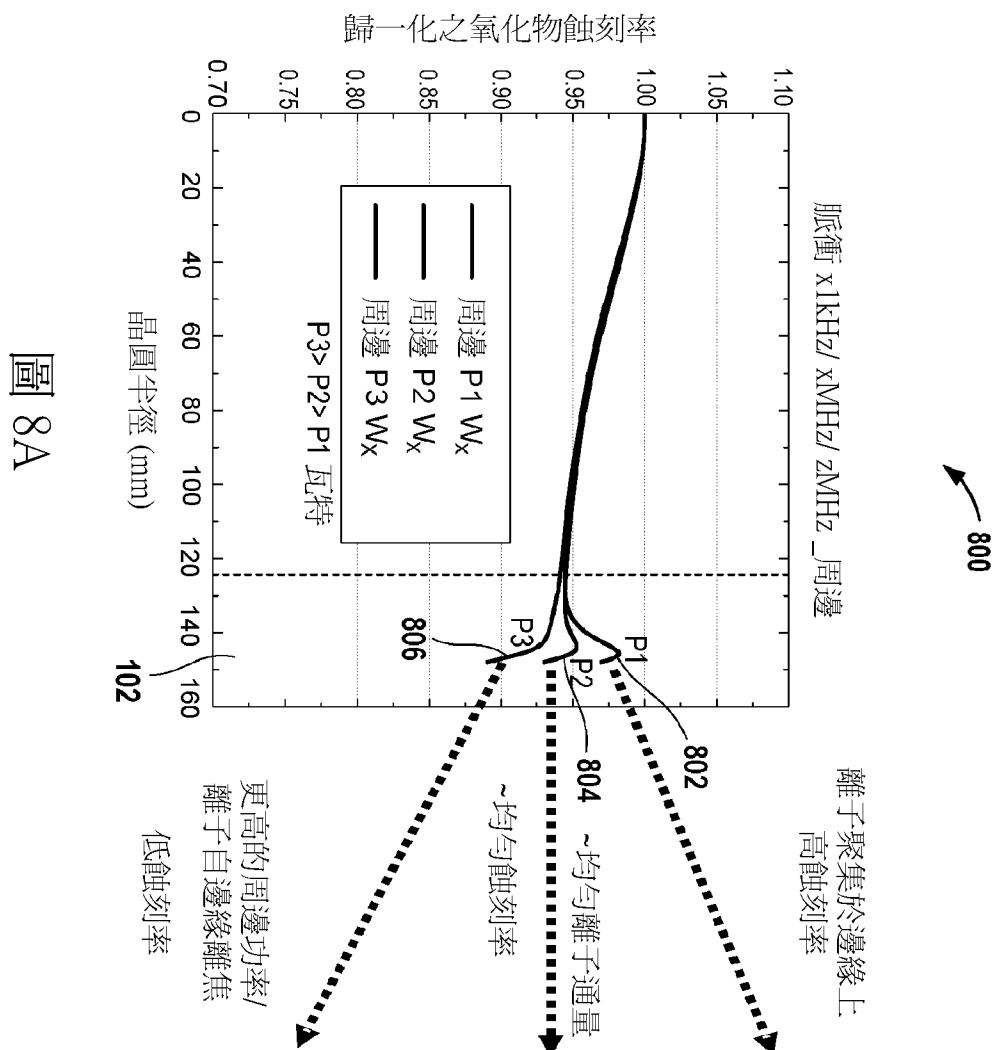


圖 8B

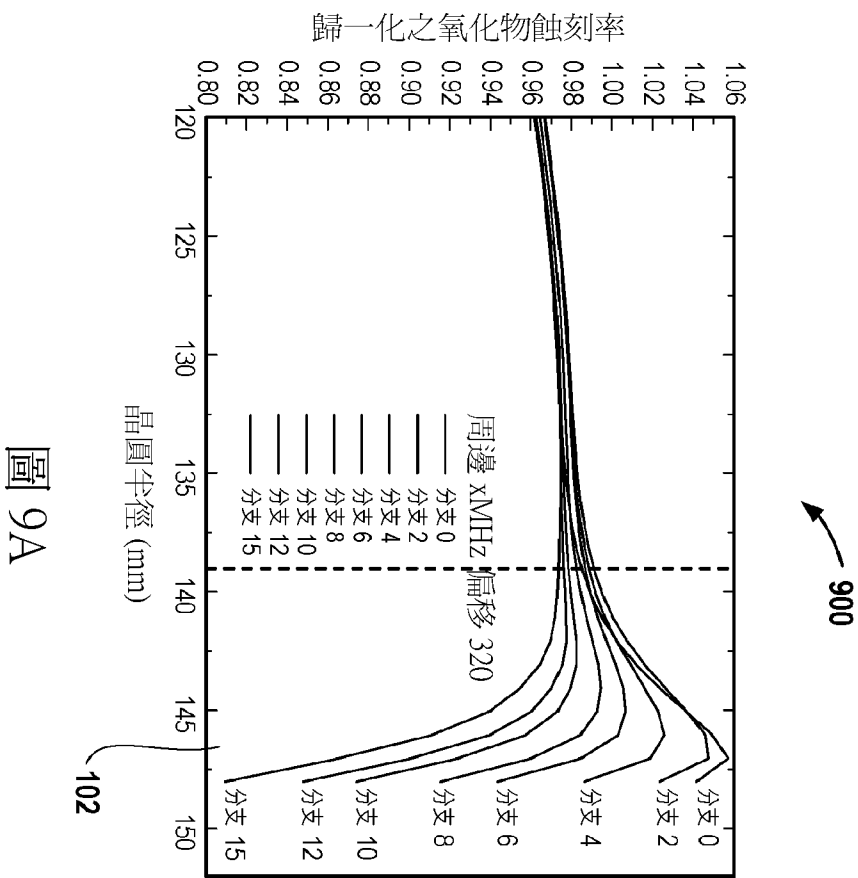


圖 9A

(在電容上的提高使得從
底部施加至電漿的電壓提高)

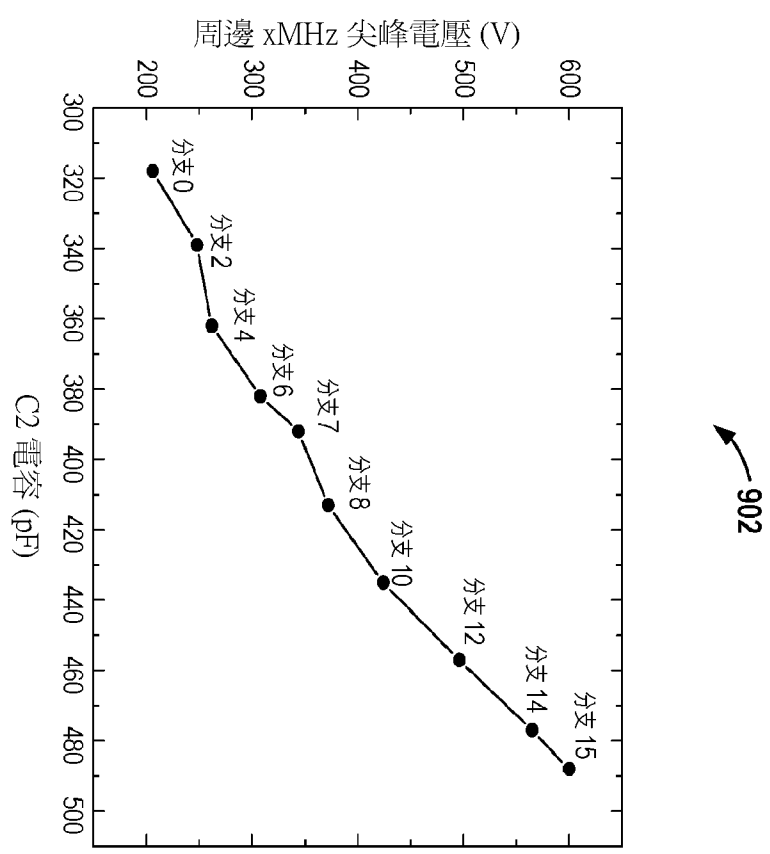


圖 9B

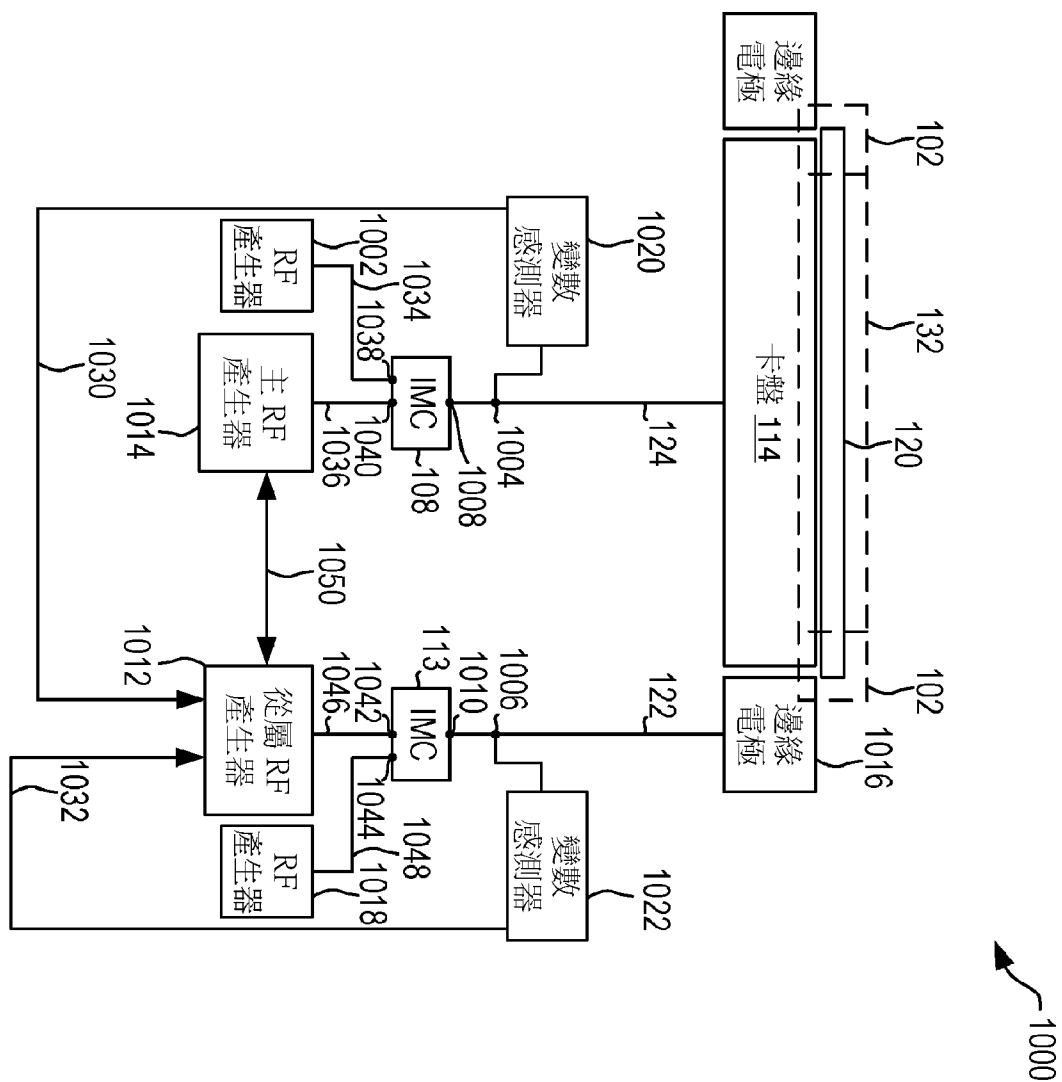


圖 10

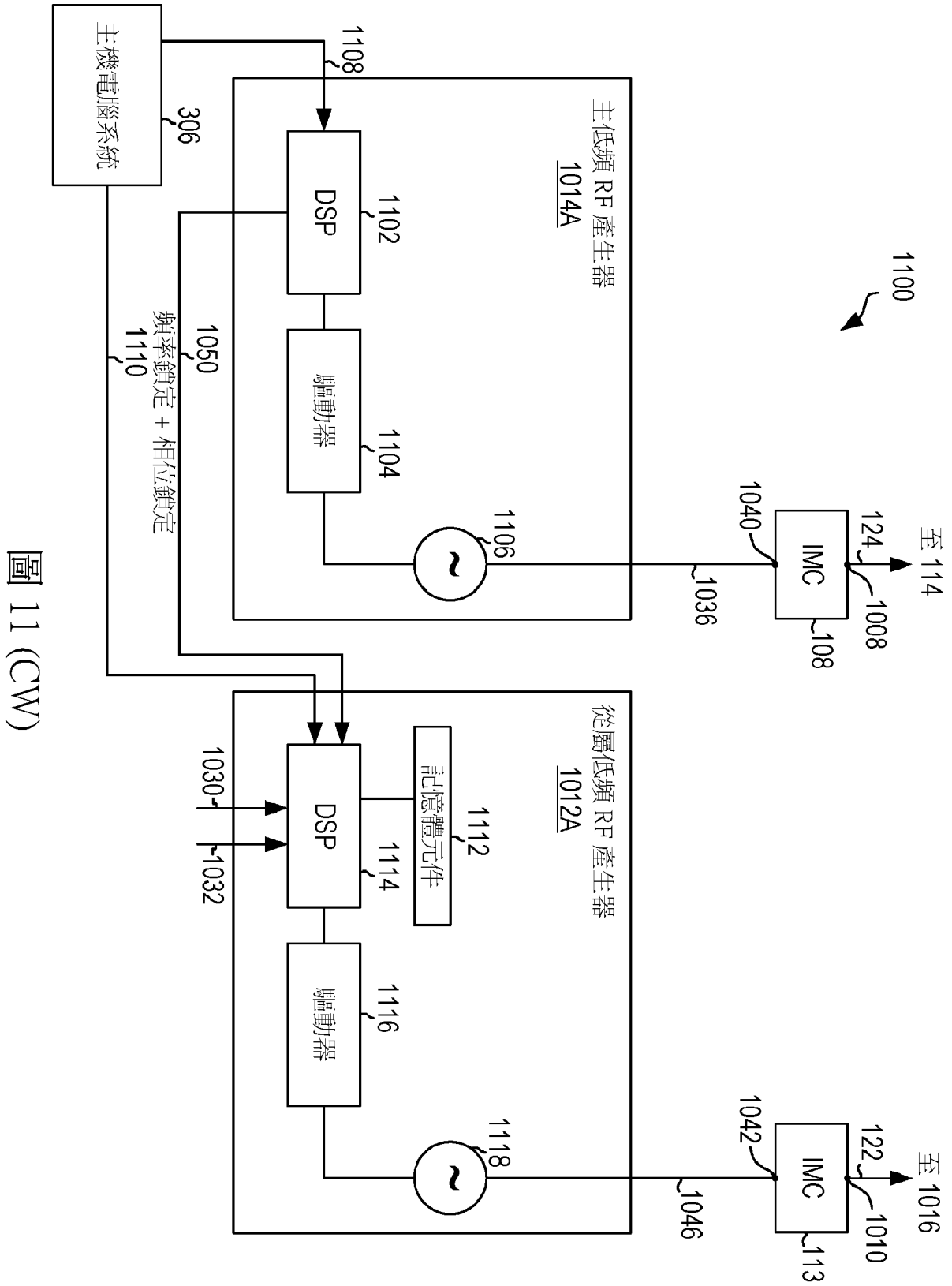


圖 11 (CW)

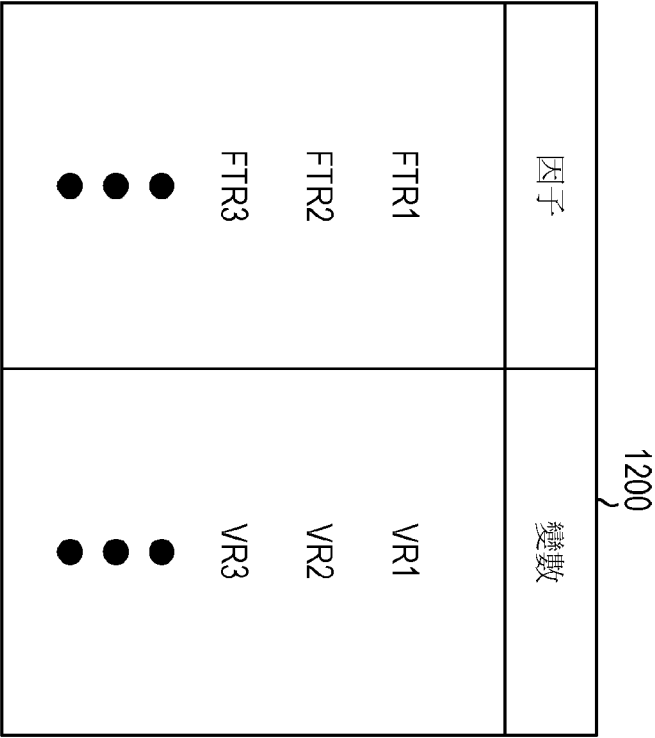


圖 12

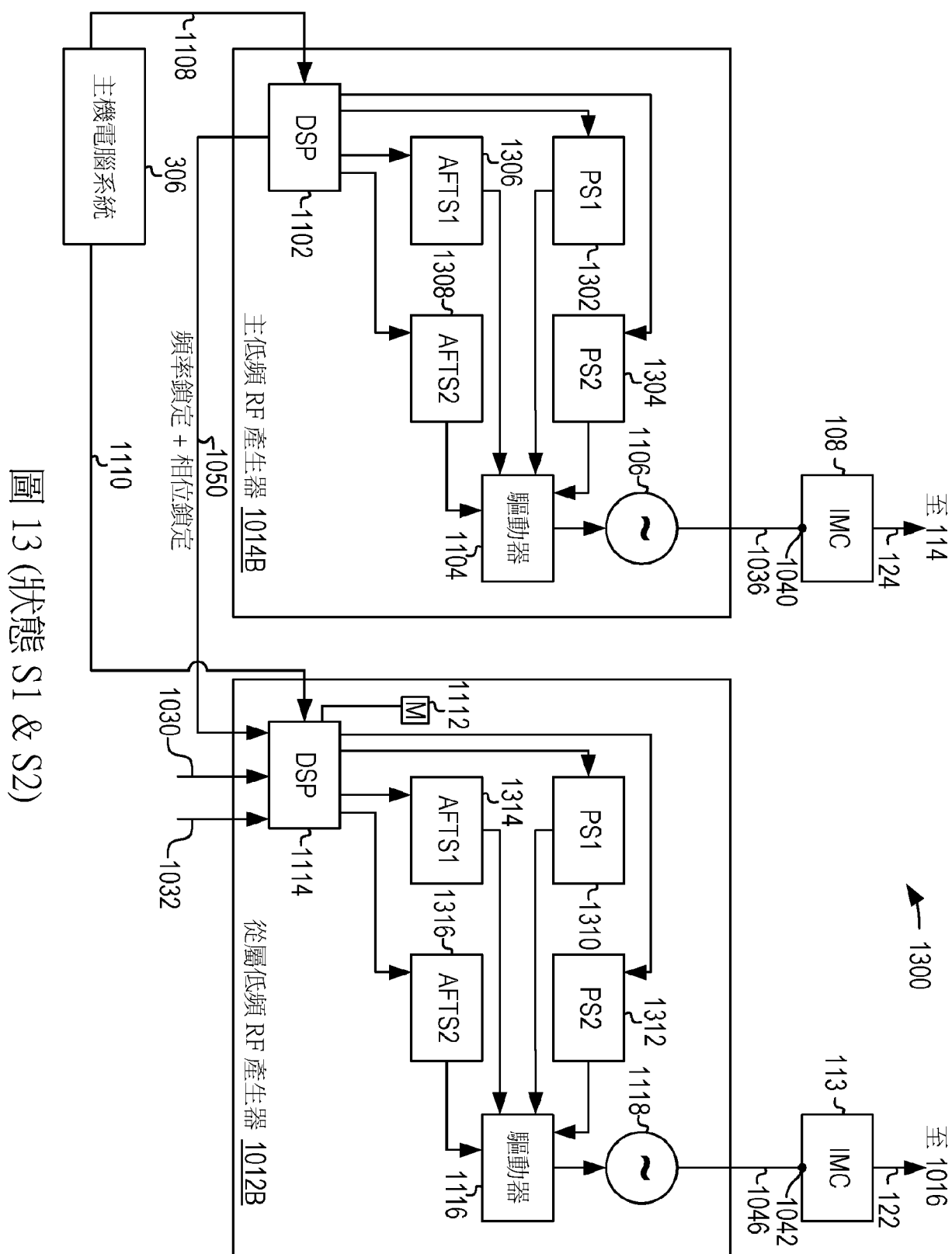
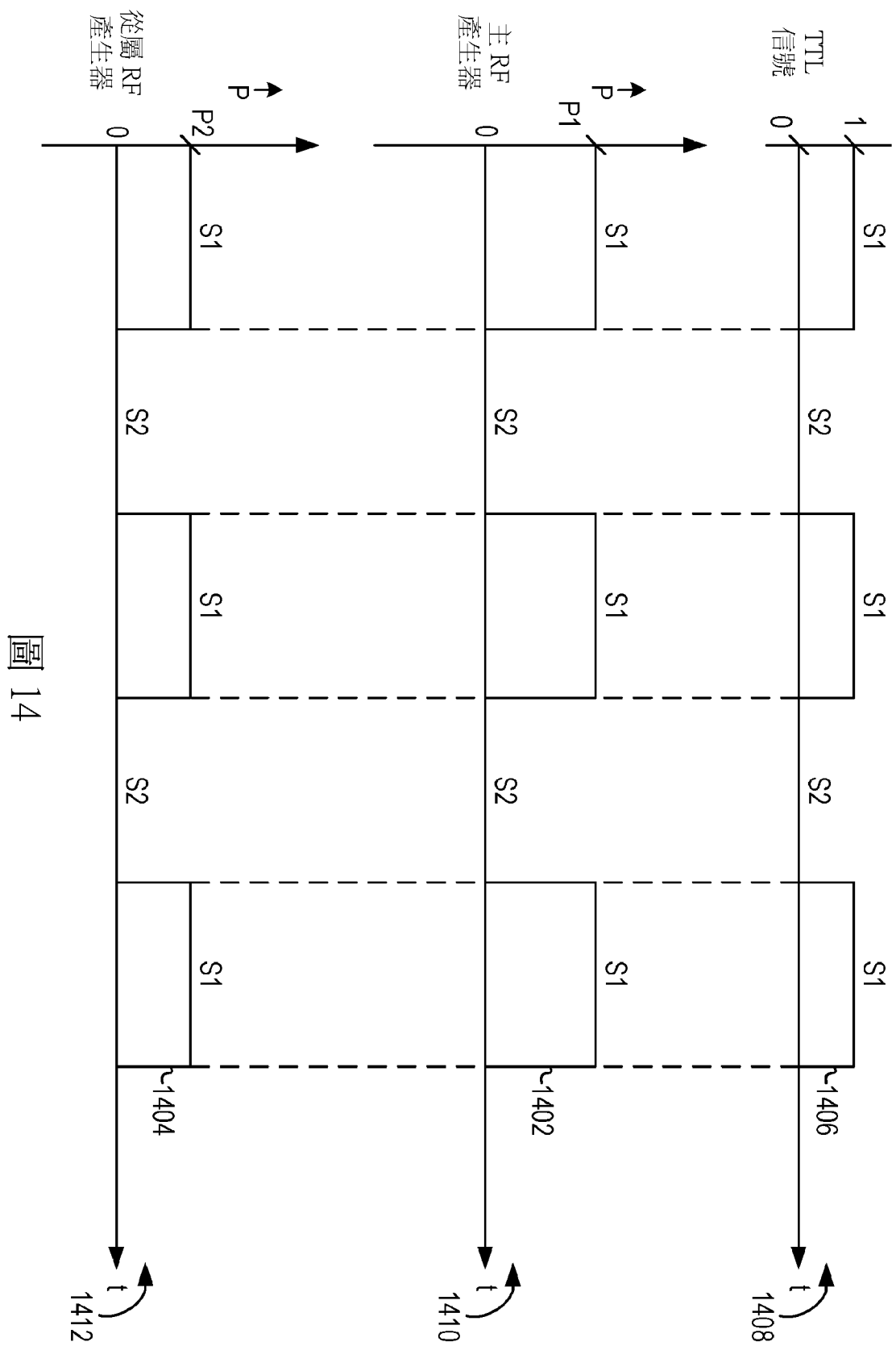


圖 13 (狀態 S1 & S2)



1500		
狀態	因子	變數
S1	FTRS11	VRS11
	FTRS12 •••	VRS12 •••
S2	FTRS21	VRS21
	FTRS22 •••	VRS22 •••

圖 15

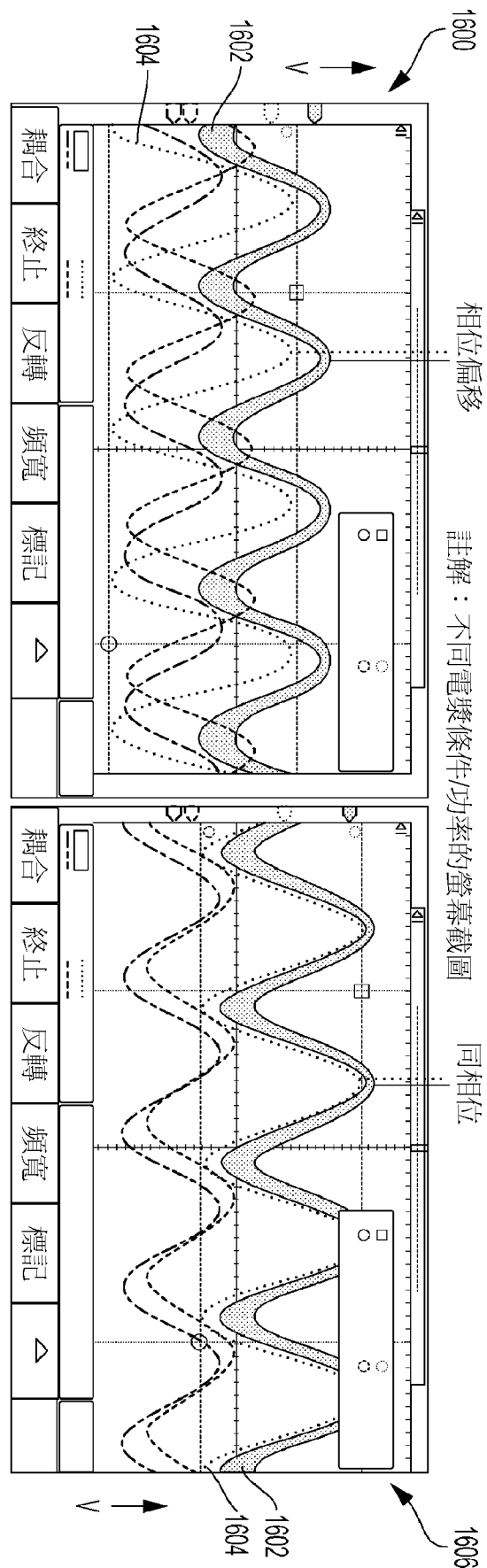


圖 16A

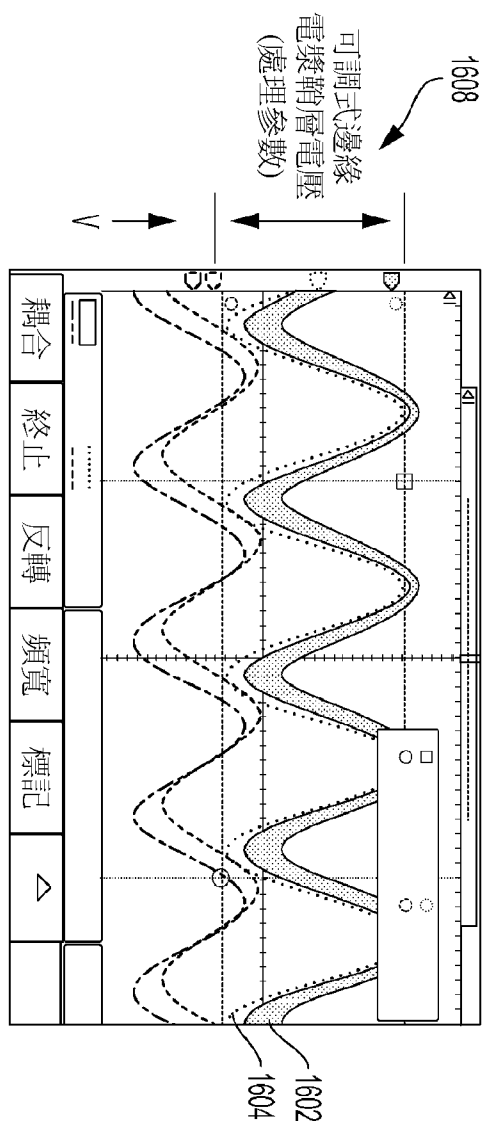
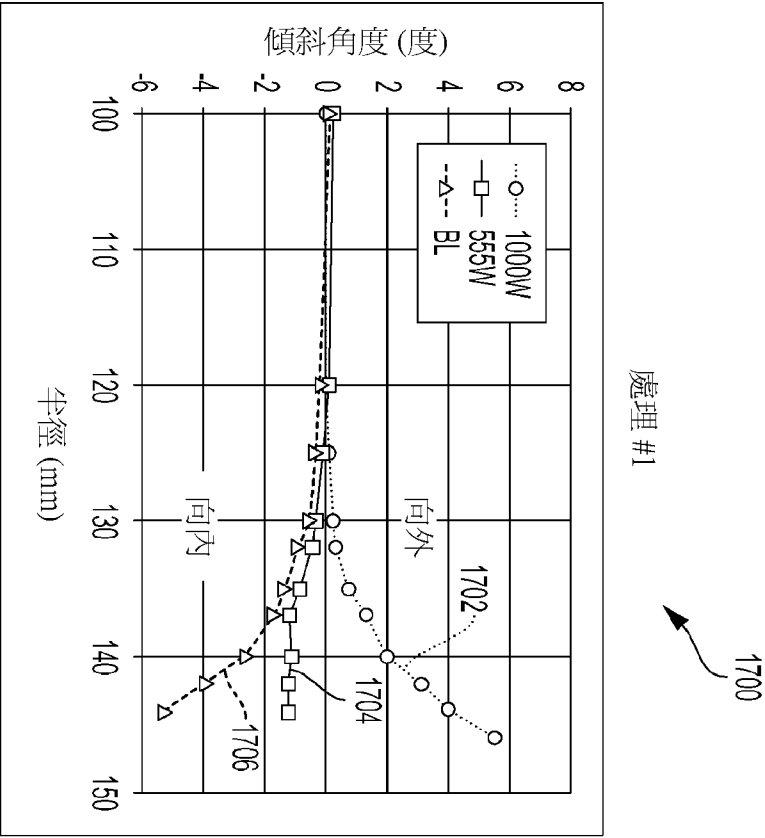
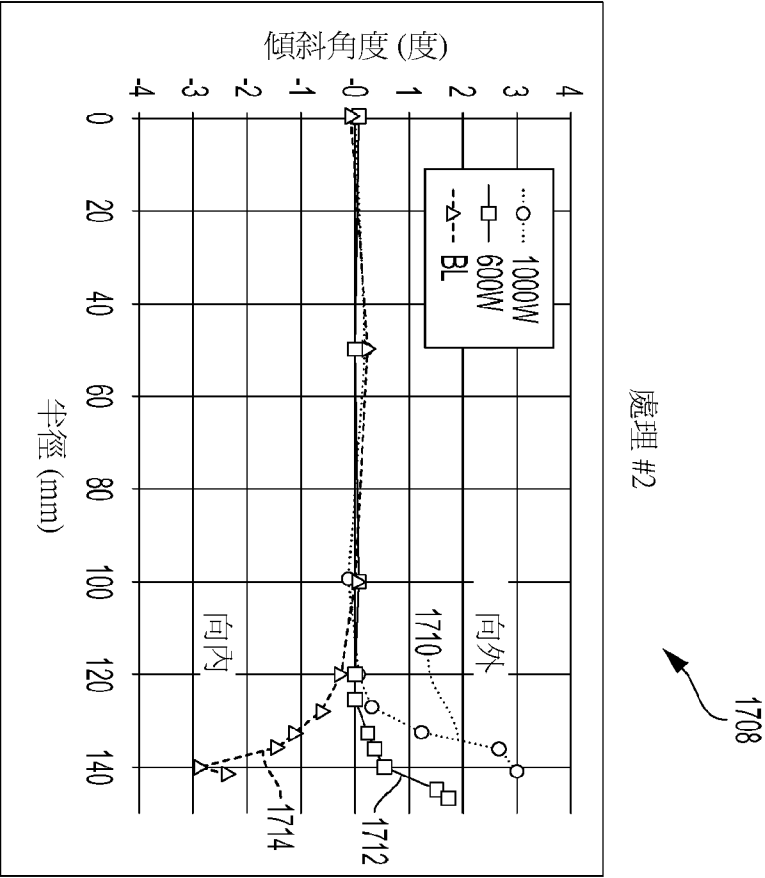


圖 16C



- BL 係向內傾斜
- 500W 抑制傾斜，向內
- 1000W 翻轉傾斜，向外

圖 17A



- BL 係向內傾斜
- 600W 翻轉傾斜
- 1000W 進一步使傾斜翻轉

圖 17B