I757423

(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 I757423 B**

(45)公告日： 中華民國 111 (2022) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：107104923 (22)申請日： 中華民國 107 (2018) 年 02 月 12 日

(51)Int. Cl.： ***H05H1/46*** ***(2006.01)*** ***H05H1/02*** ***(2006.01)***

(30)優先權：2017/02/22 美國 62/462,300

2018/01/23 美國 15/878,222

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

美國

(72)發明人：麥可卻斯尼 瓊 MCCHESNEY, JON (US)；派特森 亞歷山大 PATERSON, ALEXANDER (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW	201347615A	TW	201505489A
US	2014/0097908A1	US	2016/0189932A1
US	2016/0307736A1		

審查人員：劉漢胤

申請專利範圍項數：30 項 圖式數：6 共 72 頁

(54)名稱

調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法

(57)摘要

揭露調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法。方法包含判斷阻抗匹配電路之一或多個參數的值俾以針對多狀態減少反射功率。此類反射功率之減少能增加耦合至阻抗匹配電路之射頻產生器的壽命並同時使用多狀態處理基板。

Systems and methods for tuning to reduce reflected power in multiple states are described. The methods include determining values of one or more parameters of an impedance matching circuit so that reflected power is reduced for multiple states. Such a reduction in the reflected power increases a life of a radio frequency generator coupled to the impedance matching circuit while simultaneously processing a substrate using the multiple states.

指定代表圖：

符號簡單說明：

400・・・方法

402・・・操作

404・・・操作

406・・・操作

408・・・操作

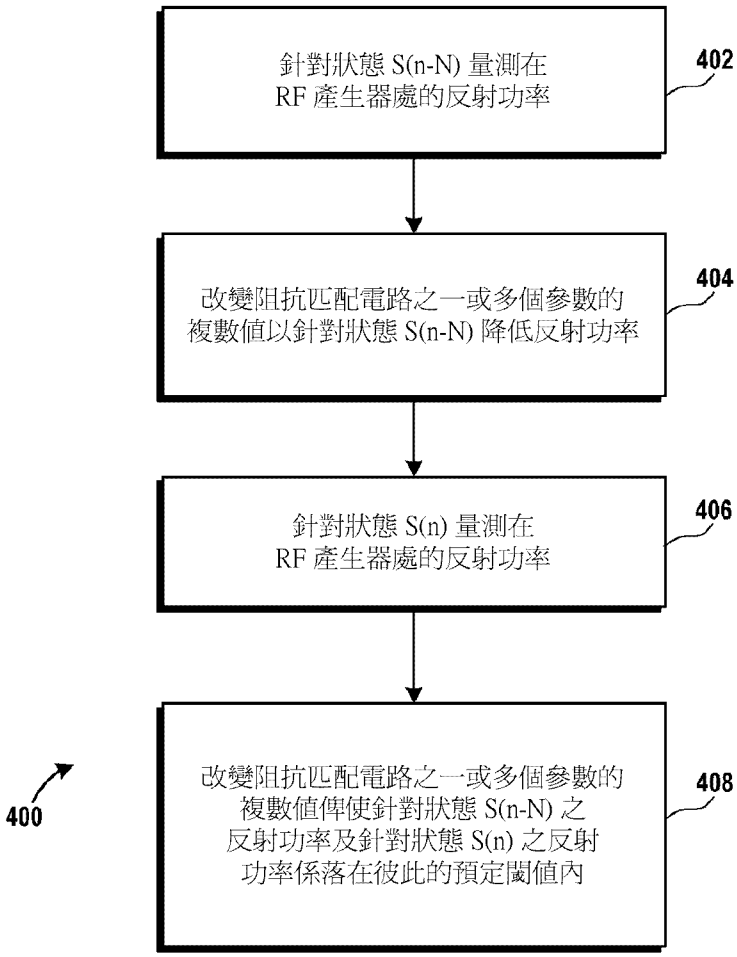


圖 4

專利案號：107104923

公告本

I757423

【發明摘要】

【中文發明名稱】調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法

【英文發明名稱】 SYSTEMS AND METHODS FOR TUNING TO REDUCE REFLECTED POWER IN MULTIPLE STATES

【中文】揭露調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法。方法包含判斷阻抗匹配電路之一或多個參數的值俾以針對多狀態減少反射功率。此類反射功率之減少能增加耦合至阻抗匹配電路之射頻產生器的壽命並同時使用多狀態處理基板。

【英文】Systems and methods for tuning to reduce reflected power in multiple states are described. The methods include determining values of one or more parameters of an impedance matching circuit so that reflected power is reduced for multiple states. Such a reduction in the reflected power increases a life of a radio frequency generator coupled to the impedance matching circuit while simultaneously processing a substrate using the multiple states.

【指定代表圖】　　圖4

【代表圖之符號簡單說明】

400 方法

402 操作

404 操作

406 操作

408 操作

【發明說明書】

【中文發明名稱】調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法

【英文發明名稱】 SYSTEMS AND METHODS FOR TUNING TO REDUCE REFLECTED POWER IN MULTIPLE STATES

【技術領域】

【0001】本發明之實施例係關於調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法。

【先前技術】

【0002】一般而言，電漿設備包含射頻產生器、阻抗匹配網路、及電漿室。射頻產生器藉由阻抗匹配網路將功率供給至電漿室。當供給功率時，亦將一或多種氣體提供至電漿室以在電漿室內產生電漿。電漿係用於在電漿室中之晶圓上進行的各種清理操作以及其他操作。

【0003】 然而，當供給功率時，電漿之功率反射回 RF 產生器。此反射功率在源與負載之間的傳輸線上累積駐波，此駐波可導致 RF 產生器輸出驅動的破壞。

【0004】本文中所揭露的實施例係於此背景下產生。

【發明內容】

【0005】本發明之實施例提供調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法。應明白，本發明之實施例可以多種方式實施如處理、設備、系統、裝置、或電腦可讀媒體上的方法。下面將說明數個實施例。

【0006】在半導體電漿處理期間，以介於 1 赫茲至 50 千赫茲之間的頻率脈動所供給的射頻(RF)功率。使用經調節的匹配網路將 RF 功率耦合至電漿以確保 RF 產生器與電漿之間的有效率耦合。在連續波(CW)或單位準脈動期間，固定匹配網路。然而，在某些情況中使用兩或更多位準之脈動，其中使用兩或更多匹配網路位置如電容器值、電感值等。匹配網路使用變數反應性元件如電容器及電感。此些變數反應性元件具有機械部件，相對於多位準脈動，機械部件移動緩慢。機械部件的緩慢反應使其難以跟上多位準脈動的多位準功率位準。藉著在功率位準之間使用頻率調節可部分緩和其影響。然而，單用頻率調節無法涵蓋廣泛發散的功率位準。本發明之方法及系統說明如何最佳化匹配網路位置以最大化多位準脈動之處理期間的匹配效率。改善匹配效率並減少朝向 RF 產生器反射的功率。減少朝向 RF 產生器反射的平均反射 RF 功率以允許較寬的操作空間。

【0007】在某些實施例中，說明一種調節以減少多狀態中之反射功率的方法。此方法包含以一 RF 產生器藉由一阻抗匹配電路在一數位脈動訊號的一第一狀態期間將功率供給至一電漿室。該方法更包含量測該第一狀態期間在該 RF 產生器之一輸出處反射之功率的一量。該方法包含以該 RF 產生器藉由該阻抗匹配電路在該數位脈動訊號的一第二狀態期間將功率供給至該電漿室。該方法亦包含量測該第二狀態期間在該 RF 產生器之該輸出處反射之功率的一量。該方法包含控制該阻抗匹配電路的一參數以將在該第一狀態期間量測到之功率的該量降低至一最小值並將在該第二狀態期間量測到之功率的該量降低至一最小值。

【0008】在各種實施例中，說明一種調節以減少多狀態中之反射功率的系統。該系統包含用以在一數位脈動訊號之一第一狀態期間供給功率的一 RF 產生器。系統更包含藉由一 RF 纜線耦合至該 RF 產生器的一阻抗匹配電路及藉由一 RF 傳輸線耦合至該阻抗匹配電路的一電漿室。該系統包含耦合至該 RF 產生器

之一輸出的一感測器。該感測器係用以量測該第一狀態期間在該 RF 產生器之該輸出處反射之功率的一量。該 RF 產生器係用以藉由該阻抗匹配電路在該數位脈動訊號的一第二狀態期間將功率供給至該電漿室。該感測器係用以量測該第二狀態期間在該 RF 產生器之該輸出處反射之功率的一量。該系統包含耦合至該阻抗匹配電路以控制該阻抗匹配電路之一參數的一處理器。該參數係受到控制以將在該第一狀態期間量測到之功率的該量降低至一最小值並將在該第二狀態期間量測到之功率的該量降低至一最小值。

【0009】在各種實施例中，一種儲存程序以使電腦執行上述之方法的非瞬變電腦可讀媒體。該方法包含以一 RF 產生器藉由一阻抗匹配電路在一數位脈動訊號的一第一狀態期間將功率供給至一電漿室。該方法更包含接收該第一狀態期間在該 RF 產生器之一輸出處反射之功率之一量的一量測值。該方法包含以該 RF 產生器藉由該阻抗匹配電路在該數位脈動訊號的一第二狀態期間將功率供給至該電漿室。該方法包含接收該第二狀態期間在該 RF 產生器之該輸出處反射之功率之一量的一量測值。該方法包含控制該阻抗匹配電路的一參數以將在該第一狀態期間量測到之功率的該量降低至一最小值並將在該第二狀態期間量測到之功率的該量降低至一最小值。

【0010】文中的某些優點說明調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法。例如，相對於針對串聯電路具有值 C 及/或分流電路具有值 D 時針對狀態 S0、S1、S2、及 S3 中之任一者朝向 RF 產生器反射的功率，減少當阻抗匹配電路之串聯電路具有值 A 及/或阻抗匹配電路之分流電路具有值 B 時針對複數狀態 S0、S1、S2、S3 等朝向 RF 產生器反射的功率。針對多狀態之反射功率的此類減少可增加功率朝向其反射之 RF 產生器的壽命。又，使用多狀態在基板上進行各種操作。例如，在多狀態中的一狀態期間在基板上沉積材料如氧化物並在多狀態中的另一狀態期間蝕刻基板或材料。又例如，在多狀態中的一狀態期間在基板

上進行沉積操作並在多狀態中的另一狀態期間清理基板。又更例如，在多狀態中的一狀態期間在基板上進行沉積操作、在多狀態中的另一狀態期間清理基板、並在多狀態中的更另一狀態期間在基板上進行蝕刻操作。當阻抗匹配電路具有值 A 與 B 時，利用多狀態之功率減少，可在基板上進行各種操作並同時保護 RF 產生器的元件。

【0011】 又，利用針對狀態 S0、S1、S2、S3 等降低反射功率可改善阻抗匹配電路的效率。當阻抗匹配電路之串聯電路具有值 A 及/或阻抗匹配電路之分流電路具有值 B 時，阻抗匹配電路能將更高量的功率供給至電漿室。供給更高量的功率對於 RF 產生器所供給的低幅 RF 訊號而言是很重要的。

【0012】 自下列參考附圖之詳細說明當更明白其他態樣。

【圖式簡單說明】

【0013】 參考下面參考附圖的說明將最佳地瞭解本發明之實施例。

【0014】 圖 1A 顯示系統之一實施例圖，其例示判斷串聯電路之一參數及分流電路之一參數以針對複數狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 x 兆赫(MHz)射頻(RF)產生器反射之功率。

【0015】 圖 1B 顯示系統之一實施例圖，其例示針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 x MHz RF 產生器反射之功率及減少朝向 y MHz RF 產生器反射之功率。

【0016】 圖 1C 顯示系統之一實施例圖，其例示針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 x MHz RF 產生器反射之功率、減少朝向 y MHz RF 產生器反射之功率、及減少朝向 z MHz RF 產生器反射之功率。

【0017】 圖 2A 例示 RF 產生器所供給之數位脈動訊號之圖及 RF 訊號之圖的一實施例，其例示 RF 訊號的兩狀態。

【0018】 圖 2B 為一實施例圖，其例示具有三狀態之 RF 訊號。

【0019】 圖 2C 為一實施例圖，其例示具有四狀態之 RF 訊號。

【0020】 圖 3A 顯示系統之一實施例圖，其例示在狀態 S(n-N)至 S(n)期間控制阻抗匹配電路的串聯電路與分流電路。

【0021】 圖 3B 顯示系統之一實施例圖，其例示在狀態 S(n-N)至 S(n)期間控制串聯電路與分流電路。

【0022】 圖 3C 顯示系統之一實施例圖，其例示阻抗匹配電路包含任何數目之串聯電路及任何數目之分流電路。

【0023】 圖 3D 顯示系統之一實施例圖，其例示具有 L 網路形式的阻抗匹配電路。

【0024】 圖 3E 顯示系統之一實施例圖，其例示具有 Π 網路形式的阻抗匹配電路。

【0025】圖 3F 顯示系統之一實施例圖，其例示阻抗匹配電路為包含兩個 L 網路的 Π 網路。

【0026】 圖 4 為方法之一實施例圖，其例示判斷阻抗匹配電路之一或多個參數的值致針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 RF 產生器反射之功率。

【0027】 圖 5A 為方法之一實施例圖，此方法係用以判斷阻抗匹配電路之串聯電路之電容 Cseries 及阻抗匹配電路之分流電路之電容 Cshunt 以針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在 RF 產生器之輸出處之反射功率。

【0028】 圖 5B 為一實施例圖，其例示施行調節以減少狀態 S(n-N)至 S(n)中之反射功率之方法的技術優點。

【0029】 圖 6 為機器學習網路的一實施例圖，機器學習網路判斷使狀態 S(n-N)至 S(n)之一變數之值為最小值之一或多個參數的值。

【實施方式】

【0030】下面的實施例說明調節以減少多狀態中之反射功率的系統及方法。應明白，本發明之實施例可在缺乏部分或所有此些特定細節的情況下實施。在其他情況中，不詳細說明習知的處理操作以不必要地模糊本發明之實施例。

【0031】圖 1A 為系統 100 之一實施例圖，其例示判斷串聯電路 102 之一參數及分流電路 104 之一參數以減少朝向 x 兆赫(MHz)射頻(RF)產生器反射之功率。系統 100 包含 x 兆赫 RF 產生器、阻抗匹配電路(IMC)106、 電漿室 108、主機 111、馬達 M1、馬達 M2、驅動器(DRVR)D1、及驅動器 D2。

【0032】x 兆赫 RF 產生器的一實例為 2 MHz RF 產生器。阻抗匹配電路 106 包含一或多個串聯電路如串聯電路 102 及一或多個分流電路如分流電路 104。複數分流電路之每一分流電路的輸出係耦合至地如零電位、非零之參考電位等。每一分流電路或每一串聯電路包含一或多個電元件如一或多個電容器、或一或多個電阻器、或一或多個電感、或一或多個電容器與一或多個電阻器的組合、或一或多個電容器與一或多個電感的組合、或一或多個電阻器與一或多個電感的組合、或一或多個電容器與一或多個電阻器與一或多個電感的組合。一或多個電元件中的某些者係以串聯方式或並聯方式彼此耦合。串聯電路 102 的一端係耦合至阻抗匹配電路 106 的輸入 132，串聯電路 102 的另一端係耦合至阻抗匹配電路 106 的輸出 134。又，分流電路 104 的一端係耦合至串聯電路 102 與阻抗匹配電路 106 的輸出 134，分流電路 104 的另一端係耦合至地。

【0033】電漿室 108 包含其上放置了基板 112 的夾頭 110 如靜電夾頭(ESC)、上電極 114、及其他部件(未顯示) 如圍繞上電極 114 的上介電環、圍繞上介電環的上電極延伸件、圍繞夾頭 110 之下電極的下介電環、圍繞下介電環的下電極延伸件、上電漿排除區(PEZ)環、下 PEZ 環等。基板 112 的實例包含其上製造有或欲製造積體電路的晶圓。上電極 114 與夾頭 110 的每一者係由金屬如鋁、鋁合金、銅、銅與鋁之組合等所製成。

【0034】 主機 111 的實例包含桌上型電腦、筆電、平板、智慧型手機等。主機 111 包含一或多個處理器如處理器 116 及一或多個記憶體裝置如記憶體裝置 118。文中所用之處理器為特殊應用積體電路(ASIC)、或可程式化邏輯裝置、或微處理器、或中央處理單元(CPU)。又，文中所用之記憶體裝置為隨機存取記憶體(RAM)、唯讀記憶體(ROM)、或 RAM 與 ROM 的組合。文中所述之馬達的實例包含將電能轉換為機械能的電機器。例如，馬達包含定子與轉子。當電流供給至定子的捲繞部件時，轉子旋轉以將電能轉換為機械能。文中所述之驅動器的實例包含在自處理器 116 接收到控制訊號時可產生電流訊號的一或多個電晶體。

【0035】 x 兆赫 RF 產生器係藉由 RF 纜線 126 耦合至阻抗匹配電路 106。又，阻抗匹配電路 106 係藉由 RF 傳輸線 128 耦合至夾頭 110。RF 傳輸線 128 為 RF 柱如通道。在 RF 柱的中空內有絕緣體與 RF 棒。RF 棒被絕緣體圍繞而絕緣體被 RF 柱圍繞。

【0036】x 兆赫 RF 產生器包含控制系統 120、感測器 122、及 RF 電源 124。文中所述之控制系統的實例包含一或多個功率控制器、或一或多個自動頻率調節器(AFT)、或一或多個功率控制器與一或多個自動頻率調節器的組合。控制系統更包含數位訊號處理器(DSP)，數位訊號處理器(DSP)係耦合至一或多個功率控制器與一或多個自動頻率調節器。文中所述之感測器的實例包含功率感測器、或複數電壓與電流感測器。文中所述之 RF 電源的實例包含彼此耦合的驅動器與 RF 振盪器。在自驅動器接收到電流訊號時，RF 振盪器產生射頻振盪訊號如正弦 RF 訊號。

【0037】 文中所述之感測器係藉由數據纜線如耦合至處理器 116，數據纜線例如是串列傳輸纜線、平行傳輸纜線、或通用串列匯流排(USB)纜線等。類似地，文中所述之控制系統如控制系統之 DSP 係藉由數據纜線耦合至處理器 116。

文中所述之馬達係藉由一或多個連接機構耦合至串聯電路或分流電路，一或多個連接機構例如是一或多個棒、一或多個棒與一或多個齒輪的組合等。

【0038】 處理器 116 產生數位脈動訊號 130 並將數位脈動訊號 130 提供至控制系統 120。數位脈動訊號 130 具有兩或更多狀態如狀態 S(n-N)至 a 狀態 S(n)，其中 n 為等於或大於 1 的整數、N 為整數且等於或大於 1、且 n 係大於 N。例如，當 S(n)為 S2 時，S(n-N)為 S1。又例如，當 S(n)為 S3、S(n-N)為 S1，且在兩狀態 S1 與 S3 之間有一中間狀態 S2。

【0039】控制系統 120 如 DSP 接收數位脈動訊號 130 並基於數位脈動訊號 130 的邏輯位準判斷數位脈動訊號 130 是否具有狀態 S(n-N)或狀態 S(n)。例如，狀態 S(n-N)具有邏輯位準 0 而狀態 S(n)具有邏輯位準 1。又例如，狀態 S0 具有邏輯位準 L1、狀態 S1 具有邏輯位準 L2、狀態 S2 具有邏輯位準 L3、而狀態 S3 具有邏輯位準 L4。邏輯位準 L4 係高於邏輯位準 L3，邏輯位準 L3 係高於邏輯位準 L2。邏輯位準 L2 係高於邏輯位準 L1。

【0040】 在判斷出數位脈動訊號 130 的狀態為 S(n-N)時，控制系統 120 識別狀態 S(n-N)之功率位準及狀態 S(n-N)之頻率位準並將功率位準與頻率位準提供至 RF 電源 124。例如，狀態 S(n-N)之複數功率控制器中的一者在接收到來自控制系統 120 之數位訊號處理器的指示指示數位脈動訊號 130 的狀態為 S(n-N)時，識別狀態 S(n-N)的功率位準並將功率位準提供至 RF 電源 124。又，在此實例中，狀態 S(n-N)之複數自動頻率調節器中的一者在接收到來自控制系統 120 之數位訊號處理器的指示指示數位脈動訊號 130 的狀態為 S(n-N)時，識別狀態 S(n-N)的頻率位準並將頻率位準提供至 RF 電源 124。例如，控制系統 120 自處理器 116 接收狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準。在接收到狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準時，RF 電源 124 產生具有狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準的

RF 訊號並藉由輸出 136 與 RF 纜線 126 將狀態 S(n-N)的 RF 訊號供給至阻抗匹配電路 106。輸出 136 為 x MHz RF 產生器的輸出。

【0041】 類似地，在判斷出數位脈動訊號 130 的狀態為 S(n)時，控制系統 120 識別狀態 S(n)之功率位準及狀態 S(n)之頻率位準並將功率位準與頻率位準提供至 RF 電源 124。例如，狀態 S(n)之複數功率控制器中的一者在接收到來自控制系統 120 之數位訊號處理器的指示指示數位脈動訊號 130 的狀態為 S(n)時，識別狀態 S(n)的功率位準並將功率位準提供至 RF 電源 124。又，在此實例中，狀態 S(n)之複數自動頻率調節器中的一者在接收到來自控制系統 120 之數位訊號處理器的指示指示數位脈動訊號 130 的狀態為 S(n)時，識別狀態 S(n)的頻率位準並將頻率位準提供至 RF 電源 124。例如，控制系統 120 自處理器 116 接收狀態 S(n)的功率位準與頻率位準。在接收到狀態 S(n)的功率位準與頻率位準時，RF 電源 124 產生具有狀態 S(n)之功率位準與頻率位準的 RF 訊號並藉由 RF 纜線 126 將狀態 S(n)的 RF 訊號發送至阻抗匹配電路 106。

【0042】 當阻抗匹配電路 106 自 x MHz RF 產生器接收狀態 S(n-N)的 RF 訊號時，阻抗匹配電路 106 匹配負載如耦合至阻抗匹配電路 106 之輸出 134 之 RF 傳輸線 128 與電漿室 108 的阻抗與源如耦合至阻抗匹配電路 106 之輸入 132 之 RF 纜線 126 與 x 兆赫 RF 產生器的阻抗。阻抗匹配電路 106 匹配阻抗以產生狀態 S(n-N)之經修改的 RF 訊號，狀態 S(n-N)之經修改的 RF 訊號係自阻抗匹配電路 106 藉由輸出 134 與 RF 傳輸線 128 而提供至夾頭 110。

【0043】 類似地，當阻抗匹配電路 106 自 x MHz RF 產生器接收狀態 S(n)的 RF 訊號時，阻抗匹配電路 106 匹配耦合至阻抗匹配電路 106 之輸出 134 之負載的阻抗與耦合至阻抗匹配電路 106 之輸入 132 之源的阻抗。阻抗匹配電路 106 匹配阻抗以產生狀態 S(n)之經修改的 RF 訊號，狀態 S(n)之經修改的 RF 訊號係自阻抗匹配電路 106 藉由 RF 傳輸線 128 而提供至夾頭 110。

【0044】當將經修改的 RF 訊號供給至夾頭 110 時，將一或多種處理基板 112 用的處理氣體供給至電漿室 108。處理氣體的實例包含含氧氣體及含氟氣體。含氟氣體的實例包含四氟甲烷(CF_4)、六氟化硫(SF_6)、六氟乙烷(C_2F_6)等。當將經修改的 RF 訊號供給至夾頭 110 且經由如上電極 114 中的一或多個孔洞將一或多種處理氣體供給至電漿室 108 時，電漿在電漿室 108 內擊發且電漿被用於處理基板 112。處理基板 112 的實例包含為了在基板 112 上製造一或多個電路晶片而蝕刻基板 112、在基板 112 上方沉積材料如氧化層、金屬層、銅層等、濺射基板 112、清理基板 112 等。

【0045】在狀態 S(n-N)期間，耦合至 x MHz RF 產生器之輸出 136 的感測器 122 感測一變數如複數電壓與電流、複數功率、複數反射功率等的複數值。反射功率為自電漿室 108 之電漿藉由 RF 傳輸線 128、阻抗匹配電路 106、及 RF 纜線 126 朝向 x MHz RF 產生器之輸出 136 反射的功率。類似地，在狀態 S(n)期間，感測器 122 感測變數的複數值。

【0046】在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到之變數的複數值係連續地自感測器 122 藉由數據纜線提供至處理器 116，狀態 S(n-N)至 S(n)期間例如是狀態 S(n-N)至 S(n)的複數發生、狀態 S(n-N)與 S(n)中的複數循環、狀態 S(n-N)與 S(n)中的複數瞬間等。處理器 116 自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到之變數判斷阻抗匹配電路 106 之一或多個電元件之一或多個參數的複數值，直到相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之一狀態所減少的反射功率但不相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之另一(多個)狀態所減少的反射功率，同時減少狀態 S(n-N)至 S(n)之反射功率。例如，判斷一或多個參數的值俾使針對所有狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 136 處所反射之功率的量係低於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之任一狀態在輸出 136 處反射之功率的量。更進一步例示，當串聯電路 102 之電容值的值為 C1 且分流電路 104 之電容值之值為 C2 時，在狀態 S1 期間朝向輸出 136 反射之功率的量

為 Pr1。然而，當針對狀態 S2 使用相同 C1 與 C2 值時，在狀態 S2 期間朝向輸出 136 反射之功率的量為 Pr2，Pr2 係實質上高於 Pr1。使用相同 C1 與 C2 值係由於一或多個電元件如電容器、電感等的物理限制即電元件之值的變化無法如狀態 S(n-N)至 S(n)中的變化快速。元件為阻抗匹配電路 106 的元件。當自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到的變數判斷出阻抗匹配電路 106 之一或多個電元件之一或多個參數的複數值如串聯電路 102 之參數之值 C3 及分流電路 104 之參數之值 C4 俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)同時減少反射功率時，反射功率為 Pr3 的量。值 Pr3 係低於值 Pr2 但係高於值 Pr1。在某些實施例中，值 Pr3 係等於或低於值 Pr1。參數的實例包含電感與電容值。

【0047】 又例如，當串聯電路 102 之電容值之值為 C1 且當分流電路 104 之電容值之值為 C2 時，在狀態 S1 期間朝向輸出 136 反射之功率的量為 Pr1。值 Pr1 為針對狀態 S1 的最小值，下面將更進一步說明。又，當串聯電路 102 之電容值之值為 C5 且當分流電路 104 之電容值之值為 C6 時，在狀態 S2 期間朝向輸出 136 反射之功率的量為 Pr4。值 Pr4 為針對狀態 S2 之最小值，下面將更進一步說明。對於狀態 S1 與 S2 而言，使用值 C1 與 C5 的平均值作為串聯電路 102 的電容值。又，對於狀態 S1 與 S2 而言，使用值 C2 與 C6 的平均值作為分流電路 104 的電容值。對於值 C1 與 C5 的平均值與值 C2 與 C6 的平均值而言，針對狀態 S1 與 S2 減少朝向 x MHz RF 產生器反射之功率。

【0048】 又更例如，當自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到的變數判斷出阻抗匹配電路 106 之一或多個參數的複數值如串聯電路 102 之參數之值 C3 及分流電路 104 之參數之值 C4 俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)同時減少反射功率時，反射功率為針對狀態 S(n-N)之量 Pr3 及針對狀態 S(n)之量 Pr4。值 Pr3 為狀態 S(n-N)之反射功率之複數值中針對狀態 S(n-N)的一最小值。當在狀態 S(n-N)期間變化 x MHz RF 產生器之頻率及/或 x MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號之功率時，達到

狀態 S(n-N)之反射功率的值。值 Pr4 為狀態 S(n)之反射功率之複數值中針對狀態 S(n)的一最小值。當在狀態 S(n)期間變化 x MHz RF 產生器之頻率及/或 x MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號之功率時，達到狀態 S(n)之反射功率的值。在各種實施例中，狀態 S(n-N)之最小值係落在狀態 S(n)之最小值的一預定閾值內。在某些實施例中，狀態 S(n-N)之最小值係落在狀態 S(n)之最小值的一預定閾值內且兩最小值係低於反射功率的一預定位準。在某些實施例中，在文中可互換使用預定位準與預定限值。值 Pr2 係高於預定位準且值 Pr1 係低於預定位準。

【0049】 在狀態 S(n-N)至 S(n)期間，處理器 116 發送且連續發送控制訊號至驅動器 D1 指示針對狀態 S(n-N)至 S(n)之參數的值直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在輸出 136 處的反射功率為止。在接收到控制訊號時，馬達 M1 旋轉以藉由將馬達耦合至串聯電路 102 的一或多個連接機構改變串聯電路 102 之參數的值。類似地，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間，處理器 116 發送且連續發送控制訊號至驅動器 D2 指示針對狀態 S(n-N)至 S(n)之參數的值直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在輸出 136 處的反射功率為止。在接收到控制訊號時，馬達 M2 旋轉以藉由將馬達 M2 耦合至分流電路 104 的一或多個連接機構改變分流電路 104 之參數的值。

【0050】 在輸出 136 處之反射功率的降低增加 x MHz RF 產生器的壽命。反射功率造成 x MHz RF 產生器之控制系統 120、RF 電源 124 等的損害。針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 136 處之反射功率的降低會降低 x MHz RF 產生器之元件受到損害的機率而延長元件的壽命。

【0051】 在某些實施例中，使用 y 兆赫 RF 產生器或 z 兆赫 RF 產生器取代 x 兆赫 RF 產生器。y 兆赫 RF 產生器的一實例為 27 MHz RF 產生器而 z 兆赫 RF 產生器的一實例為 60 MHz RF 產生器。在各種實施例中，使用一 kHz RF 產生器如 400 kHz RF 產生器取代 x 兆赫 RF 產生器。

【0052】在各種實施例中，使用數位時脈源產生數位脈動訊號 130 取代以處理器 116 產生數位脈動訊號 130。數位時脈源係位於主機 111 內部或外部。

【0053】在數位脈動訊號 130 具有多於兩狀態的某些實施例中，使用多個時脈源產生數位脈動訊號 130。例如，例如藉由加總電路、藉由處理器 116 等加總來自複數時脈源的時脈訊號以產生具有多於兩狀態的數位脈動訊號 130。時脈訊號係彼此不同相位。

【0054】在各種實施例中，控制訊號係發送以控制串聯電路 102 但不控制分流電路 104 直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少輸出 136 處之反射功率為止。在各種實施例中，控制訊號係發送以控制分流電路 104 但不控制串聯電路 102 直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少輸出 136 處之反射功率為止。

【0055】在某些實施例中，文中所述的感測器係耦合至 RF 產生器之輸出且位於 RF 產生器的外部。

【0056】在數個實施例中，在文中互換使用複數最小值與最小值。

【0057】圖 1B 為系統 150 之一實施例圖，系統 150 係用以例示針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 x MHz RF 產生器與 y MHz RF 產生器反射之反射功率。系統 150 包含 x MHz RF 產生器、y MHz RF 產生器、主機 111、阻抗匹配電路 152、電漿室 108、馬達 M1 與 M2、驅動器 D1 與 D2、馬達 M3、馬達 M4、驅動器 D3、及驅動器 D4。阻抗匹配電路 152 包含彼此耦合的串聯電路 166 與分流電路 168。阻抗匹配電路 152 亦包含串聯電路 102 與分流電路 104。

【0058】y MHz RF 產生器的輸出 158 係藉由 RF 纜線 162 耦合至阻抗匹配電路 152 的輸入 160。y MHz RF 產生器包含控制系統 153、RF 電源 154、及感測器 156。感測器 156 係耦合至 y MHz RF 產生器的輸出 158。又，感測器 156 係藉由數據纜線耦合至處理器 116 且處理器 116 係藉由數據纜線耦合至控制系統 153。

【0059】 處理器 116 係耦合至驅動器 D3，驅動器 D3 係耦合至馬達 M3。馬達 M3 係藉由一或多個連接機構而耦合至串聯電路 166。又，處理器 116 係耦合至驅動器 D4，驅動器 D4 係耦合至馬達 M4。馬達 M4 係藉由一或多個連接機構而耦合至分流電路 168。

【0060】 串聯電路 166 之一端係耦合至輸入 160 而串聯電路 166 之另一端係耦合至輸出 134。又，分流電路 168 之一端係耦合至串聯電路 166 與阻抗匹配電路 152 的輸出 134 且分流電路 168 之係耦合至地。

【0061】 處理器 116 藉由數據纜線發送數位脈動訊號 130 至 y MHz RF 產生器之控制系統 153。在接收到數位脈動訊號 130 時，控制系統 153 提供狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準至 RF 電源 154 的方式為上述 x MHz RF 產生器的控制系統 120 提供狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準至 x MHz RF 產生器之 RF 電源 124 的方式。RF 電源 154 產生具有狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準的 RF 訊號的方式為 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 產生其具有狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準的 RF 訊號的方式。RF 電源 154 藉由 RF 纜線 162 將 RF 訊號供給至阻抗匹配電路 152 的輸入 160。

【0062】類似地，在接收到數位脈動訊號 130 時控制系統 153 提供狀態 S(n)的功率位準與頻率位準至 RF 電源 154 的方式為上述 x MHz RF 產生器的控制系統 120 提供狀態 S(n)的功率位準與頻率位準 至 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 的方式 。RF 電源 154 產生具有狀態 S(n)之功率位準與頻率位準之 RF 訊號的方式為 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 產生其具有狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準的 RF 訊號的方式。RF 電源 154 藉由 RF 纜線 162 將 RF 訊號供給至阻抗匹配電路 152 的輸入 160。

【0063】 當阻抗匹配電路 152 除了自 x MHz RF 產生器接收狀態 S(n-N)的 RF 訊號亦自 y MHz RF 產生器接收狀態 S(n-N)的 RF 訊號時，阻抗匹配電路 152

匹配負載如耦合至阻抗匹配電路 152 之輸出 134 之 RF 傳輸線 128 與電漿室 108 的阻抗與源如耦合至阻抗匹配電路 152 之輸入 132 與 160 之 RF 纜線 126、x 兆赫 RF 產生器、RF 纜線 162、及 y MHz RF 產生器的阻抗。阻抗匹配電路 152 匹配阻抗且亦組合如加總在狀態 S(n-N)期間藉由阻抗匹配電路 152 之分支電路 165 與分支電路 170 傳送之 RF 訊號以產生狀態 S(n-N)之經修改的 RF 訊號，狀態 S(n-N)之經修改的 RF 訊號係藉由輸出 134 與 RF 傳輸線 128 而提供至夾頭 110。電路 165 包含串聯電路 102 與分流電路 104。

【0064】 類似地，當阻抗匹配電路 152 除了自 x MHz RF 產生器接收狀態 S(n)的 RF 訊號亦自 y MHz RF 產生器接收狀態 S(n)的 RF 訊號時，阻抗匹配電路 152 匹配耦合至阻抗匹配電路 152 之輸出 134 之負載的阻抗與耦合至阻抗匹配電路 152 之輸入 132 與 160 之源的阻抗。阻抗匹配電路 152 匹配阻抗且亦組合如加總在狀態 S(n)期間藉由阻抗匹配電路 152 之分支電路 165 與分支電路 170 傳送之 RF 訊號以產生狀態 S(n)之經修改的 RF 訊號，狀態 S(n)之經修改的 RF 訊號係藉由輸出 134 與 RF 傳輸線 128 而提供至夾頭 110。當除了一或多處理氣體外尚藉由 RF 傳輸線 128 自阻抗匹配電路 152 接收經修改之 RF 訊號時，處理基板 112。

【0065】 在狀態 S(n-N)期間，耦合至 y MHz RF 產生器之輸出 158 的感測器 156 感測在輸出 158 處之變數如反射功率的複數值。反射功率為藉由 RF 傳輸線 128、分支電路 170(包含串聯電路 166 與分流電路 168)、及 RF 纜線 162 自電漿室 108 之電漿朝向 y MHz RF 產生器之輸出 158 反射的功率。類似地，在狀態 S(n)期間，感測器 156 感測朝向 y MHz RF 產生器之輸出 158 反射之變數的複數值。

【0066】 在狀態 S(n-N)至 S(n)期間如狀態 S(n-N)至 S(n)之複數發生期間感測到之變數的複數值係藉由數據纜線自感測器 156 連續地提供至處理器 116。處理器 116 自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到之變數判斷阻抗匹配電路 152 之一

或多個電元件之一或多個參數的複數值，直到相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之一狀態在輸出 158 處所減少的反射功率但不相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之另一(多個)狀態所減少的反射功率，同時減少針對狀態 S(n-N)至 S(n)在 y MHz RF 產生器之輸出 158 處的反射功率。例如，判斷一或多個參數的值俾使針對所有狀態 S(n-N)至 S(n)在 y MHz RF 產生器之輸出 158 處所反射之功率的量係低於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之任一狀態在輸出 158 處反射之功率的量。更進一步例示，當串聯電路 166 之電容值的值為 CA 且分流電路 168 之電容值之值為 CB 時，在狀態 S1 期間朝向 y MHz RF 產生器之輸出 158 反射之功率的量為 PrA。然而，當針對狀態 S2 使用相同 CA 與 CB 值時，在狀態 S2 期間朝向輸出 158 反射之功率的量為 PrB，PrB 係實質上高於 PrA。當自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到的變數判斷出阻抗匹配電路 152 之一或多個電元件之一或多個參數的複數值如串聯電路 166 之參數之值 CC 及分流電路 168 之參數之值 CD 俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)同時減少輸出 158 處的反射功率時，反射功率為量 PrC。值 PrC 係低於值 PrB 但係高於值 PrA。在某些實施例中，值 PrC 係等於或低於值 PrA。

【0067】 又例如，當自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到的變數判斷出阻抗匹配電路 152 之一或多個參數的複數值如串聯電路 166 之參數之值 CC 及分流電路 168 之參數之值 CD 俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)同時減少反射功率時，反射功率為針對狀態 S(n-N)之量 PrD 及針對狀態 S(n)之量 PrE。值 PrD 為狀態 S(n-N)之反射功率之複數值中針對狀態 S(n-N)的一最小值。當在狀態 S(n-N)期間變化 y MHz RF 產生器之頻率及/或 y MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號之功率時，達到狀態 S(n-N)之反射功率的值。值 PrD 為狀態 S(n)之反射功率之複數值中針對狀態 S(n)的一最小值。當在狀態 S(n)期間變化 y MHz RF 產生器之頻率及/或 y MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號之功率時，達到狀態 S(n)之反射功率的值。在各種實施例中，狀態 S(n-N)之最小值係落在狀態 S(n)之最小值的一預定閾值內。在

某些實施例中，狀態 S(n-N)之最小值係落在狀態 S(n)之最小值的一預定閾值內且兩最小值係低於反射功率的一預定位準。值 PrB 係高於預定位準且值 PrA 係低於預定位準。

【0068】 在狀態 S(n-N)至 S(n)期間，處理器 116 發送且連續發送控制訊號至驅動器 D3 指示針對狀態 S(n-N)至 S(n)之參數的值直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在 y MHz RF 產生器之輸出 158 處的反射功率為止。在接收到控制訊號時，馬達 M3 旋轉以藉由將馬達耦合至串聯電路 166 的一或多個連接機構改變串聯電路 166 之參數的值。類似地，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間，處理器 116 發送且連續發送控制訊號至驅動器 D4 指示針對狀態 S(n-N)至 S(n)之參數的值直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在輸出 158 處的反射功率為止。在接收到控制訊號時，馬達 M4 旋轉以藉由將馬達 M4 耦合至分流電路 168 的一或多個連接機構改變分流電路 168 之參數的值。輸出 158 處之反射功率的降低亦增加 y MHz RF 產生器之壽命。

【0069】 在某些實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)將輸出 158 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。例如，輸出 158 處的值 PrC 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr3 起算的一預定範圍內。

【0070】 在各種實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)將輸出 158 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。此外，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電

路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到輸出 136 處的反射功率及輸出 158 處的反射功率係低於預定限值。例如，輸出 158 處的值 PrC 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr3 起算的一預定範圍內且值 PrC 與 Pr3 係低於反射功率的預定限值。預定範圍與預定限值係儲存在處理器 116 接取用的記憶體裝置 118 中。

【0071】 在數個實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)將輸出 158 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。又，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n)將輸出 158 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。例如，在輸出 158 處的值 PrD 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr4 起算的一預定範圍內且在輸出 158 的值 PrE 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr5 起算的一預定範圍內。

【0072】 在各種實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)在輸出 158 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。又，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n)在輸出 158 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。此

外，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、及分流電路 168 中之一或多者之一或多個參數的值，直到輸出 136 處的反射功率及輸出 158 處的反射功率係低於預定限值。例如，在輸出 158 處的值 PrD 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr4 起算的一預定範圍內且值 PrD 與 Pr4 係低於反射功率的預定限值。又，在輸出 158 處的值 PrE 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr5 起算的一預定範圍內且值 PrE 與 Pr5 係低於反射功率的預定限值。

【0073】 圖 1C 為系統 180 之一實施例圖，其例示針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 x MHz RF 產生器、y MHz RF 產生器、及 z MHz RF 產生器的反射功率。系統 180 包含 x MHz RF 產生器、y MHz RF 產生器、z MHz RF 產生器、主機 111、阻抗匹配電路 182、電漿室 108、馬達 M1 至 M4、驅動器 D1 至 D4、馬達 M5、馬達 M6、驅動器 D5、及驅動器 D6。阻抗匹配電路 182 包含彼此耦合的串聯電路 196 及分流電路 198。

【0074】 z MHz RF 產生器的輸出 184 係藉由 RF 纜線 188 耦合至阻抗匹配電路 182 的輸入 186。z MHz RF 產生器包含控制系統 190、RF 電源 192、及感測器 194。感測器 194 係耦合至 z MHz RF 產生器的輸出 184。又，感測器 194 係藉由數據纜線耦合至處理器 116 且處理器 116 係藉由數據纜線耦合至控制系統 190。

【0075】 處理器 116 係耦合至驅動器 D5，驅動器 D5 係耦合至馬達 M5。馬達 M5 係藉由一或多個連接機構而耦合至串聯電路 196。又，處理器 116 係耦合至驅動器 D6，驅動器 D6 係耦合至馬達 M6。馬達 M6 係藉由一或多個連接機構而耦合至分流電路 198。

【0076】 阻抗匹配電路 182 包含串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 164、分流電路 166、串聯電路 196、及分流電路 198。串聯電路 196 的一端係耦合至輸入 186 且串聯電路 196 的另一端係耦合至輸出 134。又，分流電路 198 的

一端係耦合至串聯電路 196 與阻抗匹配電路 182 的輸出 134 且分流電路 198 的另一端係耦合至地。

【0077】 處理器 116 藉由數據纜線發送數位脈動訊號 130 至 z MHz RF 產生器之控制系統 190。在接收到數位脈動訊號 130 時，控制系統 190 提供狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準至 RF 電源 192 的方式為上述 x MHz RF 產生器的控制系統 120 提供狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準至 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 的方式。RF 電源 192 產生具有狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準的 RF 訊號為 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 產生其具有狀態 S(n-N)之功率位準與頻率位準的 RF 訊號的方式。RF 電源 192 藉由 RF 纜線 188 將 RF 訊號供給至阻抗匹配電路 182 的輸入 186。

【0078】 類似地，在接收到數位脈動訊號 130 時，控制系統 190 提供狀態 S(n)的功率位準與頻率位準至 RF 電源 192 的方式為 x MHz RF 產生器的控制系統 120 提供狀態 S(n)的功率位準與頻率位準至 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 的方式。RF 電源 192 產生具有狀態 S(n)之功率位準與頻率位準之 RF 訊號的方式為 x MHz RF 產生器的 RF 電源 124 產生其具有狀態 S(n)的功率位準與頻率位準之 RF 訊號的方式。RF 電源 192 藉由 RF 纜線 162 將 RF 訊號供給至阻抗匹配電路 182 的輸入 186。

【0079】當阻抗匹配電路 182 除了自 x 與 y MHz RF 產生器接收狀態 S(n-N)的 RF 訊號亦自 z MHz RF 產生器接收狀態 S(n-N)的 RF 訊號時，阻抗匹配電路 182 匹配負載如耦合至阻抗匹配電路 182 的輸出 134 之 RF 傳輸線 128 與電漿室 108 的阻抗與源如耦合至阻抗匹配電路 182 的輸入 132、160、及 186 之 RF 纜線 126、x 兆赫 RF 產生器、RF 纜線 162、y MHz RF 產生器、RF 纜線 188、及 z MHz RF 產生器的阻抗。阻抗匹配電路 182 匹配阻抗且亦組合藉由分支電路 165 (圖 1B)、170、及 199 發送之 RF 訊號以產生狀態 S(n-N)之經修改的 RF 訊號。狀態

S(n-N)之經修改的RF訊號係自阻抗匹配電路182藉由輸出134與RF傳輸線128而提供至夾頭110。分支電路199包含串聯電路196與分流電路198。

【0080】類似地，當阻抗匹配電路182除了自x與y MHz RF產生器接收狀態S(n)的RF訊號亦自z MHz RF產生器接收狀態S(n)的RF訊號時，阻抗匹配電路182匹配耦合至阻抗匹配電路182的輸出134之負載的阻抗與耦合至阻抗匹配電路182之輸入132、160、及186之源的阻抗。阻抗匹配電路182阻抗且亦組合藉由分支電路165 (圖1B)、170、及199發送之RF訊號以產生狀態S(n)之經修改的RF訊號。狀態S(n)之經修改的RF訊號係自阻抗匹配電路182藉由RF傳輸線128而提供至夾頭110。當除了一或多處理氣體外尚藉由RF傳輸線128自阻抗匹配電路182接收經修改之RF訊號時，處理基板112。

【0081】在狀態S(n-N)期間，耦合至z MHz RF產生器之輸出184的感測器194感測在輸出184處之變數如反射功率的複數值。反射功率為藉由RF傳輸線128、阻抗匹配電路182的分支電路199、及RF纜線188自電漿室108之電漿朝向z MHz RF產生器之輸出184反射的功率。類似地，在狀態S(n)期間，感測器194感測朝向z MHz RF產生器之輸出184反射之變數的複數值。

【0082】在狀態S(n-N)至S(n)期間如狀態S(n-N)至S(n)之複數發生期間感測到之變數的複數值係藉由數據纜線自感測器194連續地提供至處理器116。處理器116自在狀態S(n-N)至S(n)期間所感測到之變數判斷阻抗匹配電路182之一或多個電元件之一或多個參數的複數值，直到相較於針對狀態S(n-N)至S(n)中之一狀態在輸出184處所減少的反射功率但不相較於針對狀態S(n-N)至S(n)中之另一(多個)狀態所減少的反射功率，同時減少針對狀態S(n-N)至S(n)在輸出184處的反射功率。例如，判斷一或多個參數的值俾使針對所有狀態S(n-N)至S(n)在輸出184處所反射之功率的量係低於針對狀態S(n-N)至S(n)中之任一狀態在輸出184處反射之功率的量但不低於針對狀態S(n-N)至S(n)中之剩餘狀態在

輸出 184 處反射之功率的量。更進一步例示，當串聯電路 196 之電容值的值為 Ca 且分流電路 198 之電容值之值為 Cb 時，在狀態 S1 期間朝向輸出 184 反射之功率的量為 Pra。然而，當針對狀態 S2 使用相同 Ca 與 Cb 值時，在狀態 S2 期間朝向輸出 184 反射之功率的量為 Prb，Prb 係實質上高於 Pra。當自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到的變數判斷出阻抗匹配電路 182 之一或多個電元件之一或多個參數的複數值如串聯電路 196 之參數之值 Cc 及分流電路 198 之參數之值 Cd 俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)同時減少輸出 184 處的反射功率時，反射功率為量 Prc。值 Prc 係低於值 Prb 但係高於值 Pra。在某些實施例中，值 Prc 係等於或低於值 Pra。

【0083】 又例如，當自在狀態 S(n-N)至 S(n)期間所感測到的變數判斷出阻抗匹配電路 182 之一或多個參數的複數值如串聯電路 196 之參數之值 Cc 及分流電路 198 之參數之值 Cd 俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)同時減少反射功率時，反射功率為針對狀態 S(n-N)之量 Prd 及針對狀態 S(n)之量 Pre。值 Prd 為狀態 S(n-N)之反射功率之複數值中針對狀態 S(n-N)的一最小值。當在狀態 S(n-N)期間變化 z MHz RF 產生器之頻率及/或 z MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號之功率時，達到狀態 S(n-N)之反射功率的值。值 Prd 為狀態 S(n)之反射功率之複數值中針對狀態 S(n)最小值。當在狀態 S(n)期間變化 z MHz RF 產生器之頻率及/或 z MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號之功率時，達到狀態 S(n)之反射功率的值。在各種實施例中，狀態 S(n-N)之最小值係落在狀態 S(n)之最小值的一預定閾值內。在某些實施例中，狀態 S(n-N)之最小值係落在狀態 S(n)之最小值的一預定閾值內且兩最小值係低於反射功率的一預定位準。值 Prb 係高於預定位準且值 Pra 係低於預定位準。

【0084】 在狀態 S(n-N)至 S(n)期間，處理器 116 發送且連續發送控制訊號至驅動器 D5 指示針對狀態 S(n-N)至 S(n)之參數的值直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)

減少在 z MHz RF 產生器之輸出 184 處的反射功率為止。在接收到控制訊號時，馬達 M5 旋轉以藉由將馬達 M5 耦合至串聯電路 196 的一或多個連接機構改變串聯電路 196 之參數的值。類似地，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間，處理器 116 發送且連續發送控制訊號至驅動器 D6 指示針對狀態 S(n-N)至 S(n)之參數的值直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在輸出 184 處的反射功率為止。在接收到控制訊號時，馬達 M6 旋轉以藉由將馬達 M6 耦合至分流電路 198 的一或多個連接機構改變分流電路 198 之參數的值。輸出 184 處之反射功率的降低亦增加 z MHz RF 產生器的壽命。

【0085】 在某些實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)將輸出 184 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準及自針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 158 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。例如，輸出 184 處之值 Prc 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr3 及自輸出 158 處的反射功率之值 PrC 起算的一預定範圍。

【0086】 在各種實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)至 S(n)將輸出 184 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準及自針對狀態 S(n-N)至 S(n)在輸出 158 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。此外，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到輸出 136 處的反射功率、

輸出 158 處的反射功率、及輸出 184 處的反射功率係低於預定限值。例如，輸出 158 處的值 PrC 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr3 及自輸出 184 處之值 Prc 起算的預定範圍，且值 PrC、Pr3、及 Prc 係低於反射功率的預定限值。

【0087】 在某些實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)將輸出 184 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準及自針對狀態 S(n-N)在輸出 158 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。又，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n)將輸出 184 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準及自針對狀態 S(n)在輸出 158 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。例如，輸出 184 處的值 Prd 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr4 及自輸出 158 處之反射功率之值 PrD 起算的預定範圍內。又，輸出 184 處的值 Pre 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr5 及自輸出 158 處之反射功率之值 PrE 起算的預定範圍內。

【0088】 在各種實施例中，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n-N)將輸出 184 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n-N)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準及自針對狀態 S(n-N)在輸出 158 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。又，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一

或多者之一或多個參數的值，直到針對狀態 S(n)將輸出 184 處的反射功率減少至落在一預定範圍內的一位準，此預定範圍係自針對狀態 S(n)在輸出 136 處之反射功率所降低至的一位準及自針對狀態 S(n)在輸出 158 處之反射功率所降低至的一位準起算的預定範圍。此外，處理器 116 同時控制串聯電路 102、分流電路 104、串聯電路 166、分流電路 168、串聯電路 196、及分流電路 198 中之一或多者之一或多個參數的值，直到輸出 136 處的反射功率、輸出 158 處的反射功率、及輸出 184 處的反射功率係低於預定限值。例如，輸出 184 的值 Prd 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr4 及自輸出 158 處之反射功率之值 PrD 起算的預定範圍。又，輸出 184 處的值 Pre 係落在自輸出 136 處之反射功率之值 Pr5 及自輸出 158 處之反射功率之值 PrE 起算的預定範圍。所有值 Prd、Pr4、PrD、Pre、Pr5、及 PrE 係低於預定限值。

【0089】 在某些實施例中，文中所述之阻抗匹配電路的每一電路元件如電感、電容器等係電控制。例如，不使用馬達控制電路元件。

【0090】 圖 2A 例示數位脈動訊號 206 之圖 202 及圖 204 的一實施例，其例示 RF 產生器如 x MHz RF 產生器、或 y MHz RF 產生器、或 z MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號 208 的一實施例。數位脈動訊號 206 為數位脈動訊號 130(圖 1A-1C)的一實例。圖 202 繪示邏輯位準對時間的作圖。又，圖 204 繪示 RF 訊號 208 之功率位準對時間的作圖。例如，RF 訊號的功率位準為 RF 訊號之包脈線如零至峰值之振幅。又例如，RF 訊號之功率位準為 RF 訊號之振幅的均方根值。

【0091】 在狀態 S0 期間，當數位脈動訊號 206 之邏輯位準為零時，RF 訊號 208 的功率位準為 P1，P1 為零或正值。又，在狀態 S1 期間，當數位脈動訊號 206 之邏輯位準為 1 時，RF 訊號 208 的功率位準為 P2。功率位準 P2 係高於功率位準 P1。又，在數位脈動訊號 206 自狀態 S0 轉變為狀態 S1 的時間處，RF 訊號 208 自功率位準 P1 轉變為功率位準 P2。在數位脈動訊號 206 自狀態 S1 轉

變至狀態 S0 的時間處，RF 訊號 208 自功率位準 P2 轉變為功率位準 P1。是以，數位脈動訊號 206 係與 RF 訊號 208 同步。

【0092】 應注意，數位脈動訊號 206 的狀態 S0 發生一時脈週期的時間期間 t1。又，數位脈動訊號 206 的狀態 S1 發生一時脈週期的時間期間 t2。

【0093】 圖 2B 為圖 210 的一實施例，其例示具有三狀態 S0、S1、及 S2 的 RF 訊號 212。RF 訊號 212 為 x MHz RF 產生器、或 y MHz RF 產生器、或 z MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號的一實例。在狀態 S0 期間，RF 訊號 212 具有功率位準 P1。又，在狀態 S1 期間，RF 訊號 212 具有功率位準 P3。又，在狀態 S2 期間，RF 訊號 212 具有功率位準 P2。功率位準 P3 係低於功率位準 P2 但係高於功率位準 P1。在數位脈動訊號 130 (圖 1A-1C)自狀態 S0 轉變為狀態 S1 的時間處，RF 訊號 212 自功率位準 P1 轉變為功率位準 P3。又，在數位脈動訊號 130 自狀態 S1 轉變至狀態 S2 的時間處，RF 訊號 212 自功率位準 P3 轉變至功率位準 P2。又，在數位脈動訊號 130 自狀態 S2 轉變回狀態 S0 的時間處，RF 訊號 212 自功率位準 P2 轉變回功率位準 P1。RF 訊號 212 的狀態 S0 至 S2 發生於時脈週期期間，且為時間期間 t1 與 t2 的總和。

【0094】 圖 2C 為圖 214 的一實施例，其例示具有四狀態 S0、S1、S2、及 S3 的 RF 訊號 216。RF 訊號 216 為 x MHz RF 產生器、或 y MHz RF 產生器、或 z MHz RF 產生器所供給之 RF 訊號的一實例。在狀態 S0 期間，RF 訊號 216 具有功率位準 P1。又，在狀態 S1 期間，RF 訊號 216 具有功率位準 P2。又，在狀態 S2 期間，RF 訊號 216 具有功率位準 P3。在狀態 S3 期間，RF 訊號 216 具有功率位準 P4。功率位準 P4 係低於功率位準 P3 但係高於功率位準 P1。在數位脈動訊號 130(圖 1A-1C)自狀態 S0 轉變至狀態 S1 的時間處，RF 訊號 216 自功率位準 P1 轉變至功率位準 P2。又，在數位脈動訊號 130 自狀態 S1 轉變至狀態 S2 的時間處，RF 訊號 216 自功率位準 P2 轉變至功率位準 P3。又，在數位脈動訊

號 130 自狀態 S2 轉變至狀態 S3 的時間處，RF 訊號 216 自功率位準 P3 轉變至功率位準 P4。又，在數位脈動訊號 130 自狀態 S3 轉變回狀態 S0 的時間處，RF 訊號 216 自功率位準 P4 轉變回功率位準 P1。RF 訊號 216 的狀態 S0 至 S3 在時脈週期期間發生且為時間期間 t1 與 t2 的總和。

【0095】 圖 3A 為系統 300 之一實施例圖，其例示在狀態 S(n-N)至 S(n)期間控制串聯電路 306 與分流電路 308。串聯電路 306 為串聯電路 102、166、或 196 (圖 1C)的一實例。又，分流電路 308 為分流電路 104、168、或 198 (圖 1C)的一實例。系統 300 包含 RF 產生器 302 如 x MHz RF 產生器、或 y MHz RF 產生器、或 z MHz RF 產生器。RF 產生器 302 具有輸出 370，輸出 370 為輸出 136、或輸出 158、或輸出 184(圖 1C)的一實例。又，系統 300 包含阻抗匹配電路 304，阻抗匹配電路 304 為阻抗匹配電路 106(圖 1)、或分支電路 170(圖 1B)、或分支電路 199(圖 1C)的一實例。

【0096】 RF 產生器 302 係藉由 RF 纜線 310 耦合至阻抗匹配電路 304，RF 纜線 310 為 RF 纜線 126、或 RF 纜線 162、或 RF 纜線 188(圖 1C)的一實例。阻抗匹配電路 304 的輸出 134 係藉由 RF 傳輸線 128 耦合至電漿室 108。

【0097】 系統 300 更包含馬達 312 及馬達 314。馬達 312 為馬達 M1、或馬達 M3、或馬達 M5(圖 1C)的一實例。又，馬達 314 為馬達 M2、或馬達 M4、或馬達 M6(圖 1C)的一實例。

【0098】 串聯電路 306 係藉由阻抗匹配電路 304 的輸入 316 耦合至 RF 纜線 310。輸入 316 為輸入 132、或輸入 160、或輸入 186(圖 1C)的一實例。串聯電路包含與電容器 C1 串聯的電感 L1，電容器 C1 為變數。電感 L1 的一端係耦合至輸入 316 且電感 L1 的另一端係耦合至電容器 C1。分流電路 308 包含與電容器 C2 串聯的電感 L2，電容器 C2 亦為變數。電感 L2 的一端係耦合至輸出 134，

輸出 134 係耦合至電容器 C1 的一端。又，電感 L2 的另一端係耦合至電容器 C2，電容器 C2 在其另一端係耦合至地 。電感 L1 與 L2 非為變數且為固定的。

【0099】 馬達 312 係藉由一或多個連接機構而耦合至電容器 C1 且旋轉以改變電容器 C1 之平行板之間的距離或面積。例如，電容器之板相對於彼此移動如旋轉以改變板之間的距離或面積。距離或面積的變化會改變如增加或減少電容器之電容值。類似地，馬達 314 係藉由一或多個連接機構而耦合至電容器 C2 且旋轉以改變電容器 C2 之平行板之間的距離或面積。

【0100】 圖 3B 為系統 320 之一實施例圖，其例示在狀態 S(n-N)至 S(n)期間控制串聯電路 324 與分流電路 326。串聯電路 324 為串聯電路 102、166、或 196(圖 1C)的一實例。又，分流電路 326 為分流電路 104、168、或 198(圖 1C)的一實例。系統 320 包含 RF 產生器 302。又，系統 320 包含阻抗匹配電路 322，阻抗匹配電路 322 為阻抗匹配電路 106(圖 1)、或分支電路 170(圖 1B)、或分支電路 199(圖 1C)的一實例。

【0101】 系統 320 更包含馬達 312、馬達 314、馬達 328、及馬達 330。馬達 328 為馬達 M1、或馬達 M3、或馬達 M5(圖 1C)的一實例。又，馬達 330 為馬達 M2、或馬達 M4、或馬達 M6(圖 1C)的一實例。

【0102】 系統 320 更包含馬達 312、馬達 314、馬達 328、及馬達 330。馬達 328 為馬達 M1、或馬達 M3、或馬達 M5(圖 1C)的一實例。又，馬達 330 為馬達 M2、或馬達 M4、或馬達 M6(圖 1C)之一實例。

【0103】 串聯電路 324 係藉由阻抗匹配電路 322 之輸出 332 耦合至 RF 纜線 310。輸入 332 為輸入 132、或輸入 160、或輸入 186(圖 1C)的一實例。串聯電路包含與電容器 C1 串聯的電感 L3。電感 L3 之一端係耦合至輸入 332 且另一端係耦合至電容器 C1。分流電路 326 包含與電容器 C2 串聯的電感 L4。電感 L4

的一端係耦合至輸出 134 及電容器 C1 的一端。又，電感 L4 之另一端係耦合至電容器 C2，電容器 C2 在其另一端係耦合至地。電感 L3 與 L4 為變數。

【0104】馬達 328 係藉由一或多個連接機構而耦合至電感 L3 並旋轉以改變電感 L3 之核心與電感 L3 之線圈之間的重疊面積。例如，受到電感之線圈圍繞之電感的核心係相對於線圈位移以改變電感的電感值。重疊面積的變化會例如增加或減少電感的電感值。類似地，馬達 330 係藉由一或多個連接機構而耦合至電感 L4 並旋轉以改變電感 L4 之核心與電感 L4 之線圈之間的重疊面積。

【0105】在某些實施例中，電感 L1 與 L2 係受到控制以改變電感的電感值而非電容器 C1 與 C2，在阻抗匹配電路 322 中使用固定電容器。在各種實施例中，控制電容器 C1、電容器 C2、電感 L1、及電感 L2 中的一或多者以針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少輸出 370 處的反射功率。

【0106】圖 3C 為系統 350 之一實施例圖，其例示阻抗匹配電路 352 包含任何數目之串聯電路及任何數目之分流電路。系統 350 包含 RF 產生器 302、阻抗匹配電路 352、電漿室 108、馬達 312 與 314、馬達 362、及馬達 364。

【0107】RF 產生器 302 係藉由 RF 纜線 310 而耦合至阻抗匹配電路 352 的輸入 366。阻抗匹配電路 352 包含串聯電路 354、分流電路 356、另一串聯電路 358、及另一分流電路 360。串聯電路 354 的一端係耦合至輸入 366 而串聯電路 354 的另一端係耦合至分流電路 356 的一端。又，串聯電路 354 的另一端係耦合至串聯電路 358 的一端。分流電路 356 的另一端係耦合至地。又，串聯電路 358 的另一端係耦合分流電路 360 的至一端並耦合至阻抗匹配電路 352 的輸出 134。分流電路 360 的另一端係耦合至地。

【0108】馬達 312 係藉由一或多個連接機構而耦合至串聯電路 354. 又，馬達 314 係藉由一或多個連接機構而耦合至分流電路 356。又，馬達 362 係藉由一

或多個連接機構而耦合至串聯電路 358。馬達 364 係藉由一或多個連接機構而耦合至分流電路 360。

【0109】在自連接至馬達 312、314、362、及 364 之驅動器(未顯示)接收到電流訊號時，馬達 312 操作以改變串聯電路 354 的參數、馬達 314 操作以改變分流電路 356 的參數、馬達 362 操作以改變串聯電路 358 的參數、及馬達 364 操作以改變分流電路 360 的參數。針對狀態 S(n-N)至 S(n)控制電路 354、356、358、及 360 的參數俾使，相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之一狀態所減少之反射功率但不相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之另一(多)狀態所減少之反射功率，針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少 RF 產生器 302 之輸出 370 處的反射功率。

【0110】在某些實施例中，阻抗匹配電路 352 包含比圖 3C 中所示更多數目的串聯電路及比圖 3C 中所示更多數目的分流電路。例如，分流電路 360 耦合至串聯電路 358 的一端係耦合至另一串聯電路(未顯示)，此另一串聯電路(未顯示)係耦合至另一分流電路(未顯示)的一端。分流電路(未顯示)的一端耦合至輸出 134。另一分流電路(未顯示)的另一端係耦合至地。

【0111】圖 3D 為系統 380 之一實施例圖，其例示具有 L 網路形式的阻抗匹配電路 382。阻抗匹配電路 382 包含電感 X1 與電容器 X2。應注意，文中所述的 X 代表電路元件如電感、電容器等的電抗。例如，X1 為電感 X1 的電抗且 X2 為電容器 X2 的電抗。電感 X1 為變數或固定的。類似地，電容器 X2 為變數或固定的。電容器 X2 的一端係耦合至地且電容器 X2 的一端係耦合至電感 X1 的一端且耦合至阻抗匹配電路 382 的輸入 384。電感 X1 的另一端係耦合至阻抗匹配電路 382 的輸出 134。

【0112】應注意，阻抗匹配電路 382 係用以取代文中所述的任何其他阻抗匹配電路。例如，阻抗匹配電路 382 係用以取代阻抗匹配電路 106、或分支電路

170、或分支電路 199(圖 1C)。阻抗匹配電路 382 具有輸入 384，輸入 384 為輸入 132、輸入 160、或輸入 186(圖 1C)的一實例。

【0113】 應注意，RF 電源係顯示於圖 3B 中且顯示 RF 電源係耦合至電阻器 Rs，電阻器 Rs 為耦合至輸入 384 之源的電阻。又，電阻器 Rp 係顯示於圖 3B 中。電阻器 Rp 具有耦合至輸出 134 之負載的電阻。

【0114】 圖 3E 為系統 386 之一實施例圖，其例示具有 Π 網路形式的阻抗匹配電路 388。阻抗匹配電路 386 包含電感 X2、電容器 X3、及電容器 X4。電感 X2 為變數或固定的。類似地，電容器 X3 與 X4 中的每一者皆為變數或固定的。電容器 X3 的一端係耦合至地且電容器 X3 的另一端係耦合至電感 X2 的一端及耦合至阻抗匹配電路 388 的輸入 390。又，電感 X2 的另一端係耦合至電容器 X4 的一端且電容器 X4 的另一端係耦合至地。電感 X2 的另一端係耦合至阻抗匹配電路 388 之輸出 134。又，電阻器 RI 係顯示於圖 3C 中。電阻器 RI 具有耦合至輸出 134 之負載的電阻。

【0115】 圖 3F 為阻抗匹配電路 392 之一實施例圖，其為 Π 網路。Π 網路係由兩個 L 網路所代表。阻抗匹配電路 392 包含電感 X21、電容器 X3、電阻器 Rx、另一電感 X22、及電容器 X4。電感 X21 與 X22 中的每一者皆為變數或固定的。類似地，電容器 X3 與 X4 中的每一者皆為變數或固定的。電容器 X3 之一端係耦合至地且 of 電容器 X3 之另一端係耦合至電感 X21 之一端且耦合至阻抗匹配電路 392 的輸入 394。又，電感 X21 之另一端係耦合至電阻器 Rx 的一端且電阻器 Rx 之另一端係耦合至地。又，電感 X21 的另一端係耦合至電感 X22 之一端且電感 X22 之另一端係耦合至電容器 X4 之一端。電容器 X4 之另一端係耦合至地。電感 X22 之另一端及電容器 X4 之一端係耦合至阻抗匹配電路 392 的輸出 134。

【0116】 應注意，阻抗匹配電路 388 係用以取代任何文中所述的阻抗匹配電路。例如，阻抗匹配電路 388 係用以取代阻抗匹配電路 106、或分支電路 170、或分支電路 199(圖 1C)。

【0117】 圖 4 為方法 400 之一實施例圖，其例示判斷一或多個參數之複數值使針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少朝向 RF 產生器反射之功率。方法 400 包含操作 402，針對狀態 S(n-N)量測在 RF 產生器之輸出處之反射功率。例如，在 RF 產生器所產生之 RF 訊號具有狀態 S(n-N)的時間期間，量測在 RF 產生器之輸出處的反射功率。RF 產生器之感測器如耦合至 RF 產生器之輸出的感測器量測反射功率。感測器係位於 RF 產生器內部或外部。感測器將在狀態 S(n-N)量測到之反射功率的複數值提供至處理器 116(圖 1C)。

【0118】 又，在方法 400 的操作 404 中，處理器 116 在狀態 S(n-N)期間改變藉由 RF 纜線耦合至 RF 產生器之阻抗匹配電路之一或多個參數如電感、電容等的複數值，俾以減少在 RF 產生器之輸出處的反射功率。例如，當在狀態 S(n-N)期間量測到的反射功率為 PRF1 時，阻抗匹配電路之一或多個參數的值為 CV1 與 CV2。又，當阻抗匹配電路之一或多個參數之值自 CV1 改變至 CV3 及自 CV2 改變至 CV4 時，在狀態 S(n-N)期間量測到的反射功率減少至 PRF2，PRF2 係低於值 PRF1。

【0119】 在方法 400 的操作 406 中，在狀態 S(n)期間量測在 RF 產生器之輸出處的反射功率。例如，在 RF 產生器所產生之 RF 訊號具有狀態 S(n)的時間期間，感測器量測在 RF 產生器之輸出處的反射功率。感測器將在狀態 S(n)期間量測到之反射功率的複數值提供至處理器 116。

【0120】 在方法 400 的操作 408 中，處理器 116 在狀態 S(n)期間改變阻抗匹配電路之一或多個參數的值，俾以針對兩狀態 S(n)與 S(n-N)減少在 RF 產生器之輸出處所量測到的反射功率。例如，當在狀態 S(n)期間阻抗之一或多個參數

之值係受到處理器控制而自 CV3 改變至 CV5 及自 CV4 改變至 CV6 時，反射功率減少至 PRF3，PRF3 係低於值 PRF1。值 PRF3 係高於值 PRF2。又例如，值 PRF3 係等於或低於值 PRF2。例如，值 PRF2 與 PRF3 係落在彼此的預設閾值內。預設閾值係儲存在處理器 116 接取用之記憶體裝置 118(圖 1C)中。又更例如，值 PRF2 與 PRF3 兩者係低於預定位準且係落在彼此的預設閾值內。預設位準係儲存在處理器 116 接取用之記憶體裝置 118 中。值 PRF1 係高於預定位準。在操作 408 後，針對狀態 S(n-N)至 S(n)將阻抗匹配電路之一或多個參數的值維持在 CV5 與 CV6。

【0121】在某些實施例中，在操作 408 後，當 RF 產生器所產生之 RF 訊號的功率及/或頻率改變時，處理器 116 調整如增加或減少值 CV5 與 CV6 以更進一步減少在狀態 S(n-N)至 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處的反射功率。

【0122】應注意，在各種實施例中，當文中所述的阻抗匹配電路包含複數欲決定之參數值俾以針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少耦合至阻抗匹配電路之 RF 產生器之輸出處的反射功率時，處理器 116 應用多變數分析方法判斷參數值。例如，處理器 116 應用多變數分析方法判斷阻抗匹配電路之串聯電路與分流電路之複數電容及/或電感值，俾使針對狀態 S(n-N)至 S(n)之在 RF 產生器之輸出處之反射功率的最小值係低於預定位準且針對狀態 S(n-N)之在 RF 產生器之輸出處之反射功率的最小值係落在針對狀態 S(n) 之在 RF 產生器之輸出處之反射功率的最小值的預設閾值內。

【0123】在數個實施例中，視經網路如在人腦上模型化的電腦系統、在人腦上模型化之複數電腦的網路判斷文中所述之阻抗匹配電路之參數之一或多個值與文中所述之耦合至阻抗匹配電路之 RF 產生器之輸出處之反射功率之間的關係。例如，神經網路應用迴歸分析以基於被輸入至神經網路之一或多個參數的複數值以及針對狀態 S(n-N)至 S(n)之反射功率的複數值判斷關係。例如，將

一或多個參數的複數值為神經網路之輸入節點處的複數輸入而針對狀態 S(n-N)至 S(n)的反射功率為神經網路之輸出節點處的複數輸出。應用迴歸分析判斷輸入與輸出之間的關係。接著處理器 116 或神經網路在基板 112(圖 1A-1C)的處理期間應用上述關係以判斷能針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在 RF 產生器之輸出處之反射功率之一或多個參數的複數值。

【0124】 圖 5A 為用以判斷文中所述之阻抗匹配電路之串聯電路之電容 Cseries 與阻抗匹配電路之分流電路之電容 Cshunt 以針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在文中所述之 RF 產生器之輸出處之反射功率的方法的圖。在某些實施例中，阻抗匹配電路之串聯電路之電容為串聯電路之複數電容器的組合。例如，串聯電路之電容為在串聯電路中以串聯方式彼此耦合之電容器之電容值的乘積除以電容值的總和。又例如，阻抗匹配電路之串聯電路之電容為串聯電路中以平行方式彼此耦合之電容器之電容值的總和。類似地，阻抗匹配電路之分流電路的電容為分流電路之複數電容器的組合。

【0125】 線 502 具有電容 Cseries 的複數值而另一線 504 具有電容 Cshunt 的複數值。當電容 Cseries 之值係自值 CS1 增加且電容 Cshunt 之值係自值 CSH1 增加時，量測在狀態 S(n-1)與 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值並將其繪製於圖 506 中。圖 506 繪示在 RF 產生器之輸出處之反射功率對時間的作圖。在狀態 S(n-N)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 510A、值 512A 等係顯示於圖 508A 中且在狀態 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 510B、值 512B 等係顯示於圖 508B 中。例如，當電容 Cseries 為 CS(-2)且電容 Cshunt 為 CSH(-2)時量測反射功率的值 510A 與 510B。又，當電容 Cseries 為 CS(-3)且電容 Cshunt 為 CSH(-3)時量測反射功率的值 512A 與 512B。如圖 504 中所示，在在狀態 S(n-N)至 S(n)期間 RF 產生器之輸出處之反射功率的

值係大於預定位準，因此並未針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少 RF 產生器之輸出處之反射功率。

【0126】 又，當電容 Cseries 之值係自值 CS1 增加且電容 Cshunt 之值係自值 CSH1 增加時，量測在狀態 S(n-1)與 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值並將其繪製於圖 514 中。圖 514 繪示在 RF 產生器之輸出處之反射功率對時間的作圖。在狀態 S(n-N)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 518A、值 520A、值 522A 等係顯示於圖 516A 中且在狀態 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 518B、值 520B、值 522B 等係顯示於圖 516B 中。例如，當電容 Cseries 為 CS(-2)且電容 Cshunt 為 CSH(2)時量測反射功率的值 518A 與 518B。又，當電容 Cseries 為 CS(-3)且電容 Cshunt 為 CSH(3)時量測反射功率的值 520A 與 520B。又，當電容 Cseries 為 CS(-4)且電容 Cshunt 為 CSH(4)時量測反射功率的值 522A 與 522B。如圖 514 中所示，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的值 522A 與 522B 係低於預定位準。又，值 522A 與 522B 係落在彼此的預設閾值內。例如，值 522A 為圖 516A 的一絕對最小值而值 522B 為圖 516B 的一絕對最小值。在各種實施例中，值 522A 為圖 516A 的一局部最小值而值 522B 為圖 516B 的一局部最小值。局部最小值為量測反射功率之一預設時間期間如介於時間 t1 與 t2 之間之期間內反射功率的一最小值。相對地，一絕對最小值為量測反射功率之整個時間期間如介於時間 t1 與 t3 之間之期間內反射功率的一最小值。電容值 CS(-4)與 CSH(4)致使下列結果的電容值：相較於針對狀態 S(n-N)至 S(n)中之一狀態減少反射功率但不相較於狀態 S(n-N)至 S(n)中之其他一(多)狀態減少反射功率，針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少在 RF 產生器之輸出處之反射功率。

【0127】 又，當電容 Cseries 之值係自值 CS1 增加且電容 Cshunt 之值係自值 CSH1 增加時，量測在狀態 S(n-1)與 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功

率的複數值並將其繪製於圖 524 中。圖 524 繪示在 RF 產生器之輸出處之反射功率對時間的作圖。在狀態 S(n-N)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 528A、值 530A 等係顯示於圖 526A 中且在狀態 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 528B、值 530B 等係顯示於圖 526B 中。例如，當電容 Cseries 為 CS(2)且電容 Cshunt 為 CSH(-2)時量測反射功率之值 526A 與 526B。又，當電容 Cseries 為 CS(3)且電容 Cshunt 為 CSH(-3)時量測反射功率之值 530A 與 530B。如圖 524 中所示，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的值係大於預定位準。

【0128】 又，當電容 Cseries 之值係自值 CS1 增加且電容 Cshunt 之值係自值 CSH1 增加時，量測在狀態 S(n-1)與 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值並將其繪製於圖 524 中。圖 524 繪示在 RF 產生器之輸出處之反射功率對時間的作圖。在狀態 S(n-N)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 528A、值 530A 等係顯示於圖 526A 中且在狀態 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 528B、值 530B 等係顯示於圖 526B 中。例如，當電容 Cseries 為 CS(2)且電容 Cshunt 為 CSH(-2)時量測反射功率之值 528A 與 528B。又，當電容 Cseries 為 CS(3)且電容 Cshunt 為 CSH(-3)時量測反射功率之值 530A 與 530B。如圖 524 中所示，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的值係大於預定位準，因此在 RF 產生器之輸出處之反射功率並未針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少。

【0129】 當電容 Cseries 之值係自值 CS1 增加且電容 Cshunt 之值係自值 CSH1 增加時，量測在狀態 S(n-1)與 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值並將其繪製於圖 532 中。圖 532 繪示在 RF 產生器之輸出處之反射功率對時間的作圖。在狀態 S(n-N)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的複數值如值 536A、值 538A 等係顯示於圖 534A 中且在狀態 S(n)期間在 RF 產生器之輸出

處之反射功率的複數值如值 536B、值 538B 等係顯示於圖 534B 中。例如，當電容 Cseries 為 CS(2)且電容 Cshunt 為 CSH(2)時量測反射功率之值 536A 與 536B。又，當電容 Cseries 為 CS(3)且電容 Cshunt 為 CSH(3)時量測反射功率之值 538A 與 538B。如圖 532 中所示，在狀態 S(n-N)至 S(n)期間在 RF 產生器之輸出處之反射功率的值係大於預定位準，因此在 RF 產生器之輸出處之反射功率未針對狀態 S(n-N)至 S(n)減少。

【0130】 在某些實施例中，在圖 5A 所示的方法期間改變電容 Cseries 與 Cshunt 中的一者並使電容 Cseries 與 Cshunt 中的另一者維持不變。

【0131】 在各種實施例中，以同樣適用以改變阻抗匹配電路之串聯電路之電感值及阻抗匹配電路之分流電路之電感值之圖 5A 所示的方法取代修改電容 Cseries 與 Cshunt。在某些實施例中，以同樣適用以改變阻抗匹配電路之串聯電路之電容值與電感值及阻抗匹配電路之分流電路之電容值與電感值之圖 5A 所示的方法取代修改電容 Cseries 與 Cshunt。

【0132】應注意，利用圖 5A 所示的方法為為了獲得針對狀態 S(n-N)至 S(n)之反射功率之最小值的經驗程序。例如，利用圖 5A 所示的方法為多變數調整方法，其中判斷值 Cseries 與 Cshunt 以獲得兩個目標如在狀態 S(n-N)期間之反射功率的最小值及在狀態 S(n)期間之反射功率的最小值。

【0133】更應注意，值 CS(-4)至 CS(4) 係相對於彼此增加。例如，值 CS(-4)係低於值 CS(-3)，CS(-3)係低於值 CS(-2)。值 CS(-2)係低於值 CS(-1)，CS(-1)係低於值 CS(0)。值 CS(0)係低於值 CS(1)，值 CS(1)係低於值 CS(2)。值 CS(2)係低於值 CS(3)，CS(3)係低於值 CS(4)。更進一步例示，值 CS(-4)比值 CS(-3)小一單位如 0.1 皮法、0.2 皮法等，值 CS(-3)比值 CS(-2)小一單位。值 CS(-2)比值 CS(-1)小一單位，值 CS(-1)比值 CS(0)小一單位。值 CS(0)比值 CS(1)小一單位，值 CS(1)

比值 CS(2)小一單位。值 CS(2)比值 CS(3)小一單位，值 CS(3)比值 CS(4)小一單位。

【0134】類似地，更應注意，值 CSH(-4)至 CSH(4)係相對於彼此增加。例如，值 CSH(-4)係低於值 CSH(-3)，CSH(-3)係低於值 CSH(-2)。值 CSH(-2)係低於值 CSH(-1)，CSH(-1)係低於值 CSH(0)。值 CSH(0)係低於值 CSH(1)，CSH(1)係低於值 CSH(2)。值 CSH(2)係低於值 CSH(3)，CSH(3)係低於值 CSH(4)。更進一步例示，值 CSH(-4)比值 CSH(-3)小一單位如 0.1 皮法、0.2 皮法等，值 CSH(-3)比值 CSH(-2)小一單位。值 CSH(-2)比值 CSH(-1)小一單位，值 CSH(-1)比值 CSH(0)小一單位。值 CSH(0)比值 CSH(1)小一單位，值 CSH(1)比值 CSH(2)小一單位。值 CSH(2)比值 CSH(3)小一單位，值 CSH(3)比值 CSH(4)小一單位。

【0135】圖 5B 為圖 550 的一實施例圖，其例示應用調節以減少狀態 S(n-N)至 S(n)中之反射功率之方法的技術優點。圖 550 繪示反射係數對 RF 產生器之頻率。反射係數為朝向 RF 產生器反射之功率的一種量測。圖 550 包含圖 552、圖 554、圖 556、及圖 558。在某些實施例中，反射係數代表自電漿室 108(圖 1C)朝向 RF 產生器如 x MHz RF 產生器、或 y MHz RF 產生器、或 z MHz RF 產生器反射之 RF 訊號的量。例如，反射係數係等於反射功率之振幅對前饋功率之振幅的比值。前饋功率為 RF 產生器藉由阻抗匹配電路供給至電漿室 108 的功率。

【0136】圖 552 係當在 f1 MHz 之 RF 產生器之操作頻率(介於 Fmax RF 產生器之操作頻率與 Fmin RF 產生器之操作頻率之間)下反射係數為零或接近零時所繪製。又，圖 554 係當在狀態 S(n)期間使用讓狀態 S(n-N)之反射係數為最小值之參數之複數值所繪製。例如，針對狀態 S1 圖 1A 之阻抗匹配電路 106 之串聯電路 102 與分流電路 104 的電容值(圖 1A)為 CA1 與 CA2。當在狀態 S2 期間使用電容值 CA1 與 CA2 時，x MHz RF 產生器之輸出 136 處的反射係數係示於

圖 554 中。應注意，圖 554 的反射係數係高於如參考數 560 所示的預定位準。例如，圖 554 的最小值係高於預定位準 560。

【0137】當應用流程圖 400 中所示的方法、或利用圖 1A 至 1C 所示之方法、或利用下面圖 5A 或圖 6 所示的方法時，將針對狀態 S(n-N)之 RF 產生器之輸出處的反射係數繪製為 556 並將針對狀態 S(n)之 RF 產生器之輸出處的反射係數繪製為 558。例如，當串聯電路 102 之參數值為 CA3 且分流電路 104 之參數值為 CA4 時，針對狀態 S(n-N)達到圖 556 所示之反射係數且針對狀態 S(n)達到圖 558 所示之反射係數。應注意，圖 556 具有最小值如在 RF 產生器例如 x MHz RF 產生器之頻率 f2 處的一絕對最小值等且圖 558 具有最小值如在 RF 產生器之頻率 f3 處的一絕對最小值等。圖 556 與 558 之最小值係低於預定限值 560 且落在彼此的預定閾值 562 內，預定閾值 562 為反射係數之複數數值的範圍。頻率值 f2 與 f3 係介於頻率值 Fmin 與 Fmax 之間。

【0138】在某些實施例中，藉由文中所述的感測器量測前饋功率與反射功率而取代量測反射功率。感測器將前饋功率與反射功率提供至處理器 116 以計算反射係數。又，上述可應用至反射功率的任何資訊可應用至反射係數。例如，預定位準為反射係數之預定位準而取代預定位準為反射功率之預定位準。又例如，預設閾值為反射係數之預設閾值而取代預設閾值為反射功率之預設閾值。又更例如，預定範圍為反射係數之預定範圍而取代預定範圍為反射功率之預定範圍。又例如，反射功率的預定限值, 預定限值為反射係數之預定限值而取代預定限值為反射功率之預定限值。

【0139】圖 6 為機器學習網路 600 之一實施例圖，機器學習網路 600 係用以判斷使狀態 S(n-N)至 S(n)之變數之複數值為最小值之一或多個參數的複數值。機器學習網路 600 的實例包含在人腦上模型化的電腦系統、在人腦上模型化之複數電腦的網路等。藉由輸入裝置如滑鼠、鍵盤、按鈕、觸控螢幕等接收文中

所述之阻抗匹配電路之參數如 Cseries、電感等中之一者的值作為輸入並藉由機器學習網路 600 接收阻抗匹配電路之參數如 Cshunt、或另一參數如電感等的值作為另一輸入。機器學習網路 600 處理被接收作為輸入的值以計算針對狀態 S(n-N)至 S(n)之變數的值如反射功率值作為輸出。又，機器學習網路 600 判斷針對狀態 S(n-N)至 S(n)之變數的值是否為最小值。若針對狀態 S(n-N)至 S(n)之變數的值並非最小值，機器學習網路 600 進行向後傳播以改變接收到作為輸入之參數的值，然後再次判斷針對狀態 S(n-N)至 S(n)之變數的值是否為最小值。機器學習網路 600 持續來回疊代直到變數之值為最小值以找到使變數之值為最小值之一或多個參數的複數值。

【0140】本文中所述的實施例可利用各種電腦系統配置施行之，此些電腦系統配置包含手持硬體單元、微處理器系統、微處理器系或可程式化的消費電子裝置、迷你電腦、主機等。實施例亦可在分散式的計算環境中施行，在此種環境中任務係由經由網路鏈結的複數遠端處理硬體單元所執行。

【0141】在某些實施例中，控制器為系統的一部分，系統可為上述實例的一部分。此類系統包含半導體製程設備，半導體製程設備包含處理工具或複數處理工具、處理室或複數處理室、處理平臺或複數平臺、及/或特定的處理元件(晶圓座臺、氣體流動系統等)。此些系統係與一些電子裝置整合，此些電子裝置係用以在半導體晶圓或基板的處理之前、期間及之後控制系統的操作。此些電子裝置係稱為「控制器」，其可控制系統或複數系統的各種元件或子部件。取決於處理需求及/或系統類型，控制器可被程式化以控制文中所揭露的任何處理，處理包含處理氣體的輸送、溫度設定(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、位置與操作設定、晶圓傳輸進入或離開設備與連接至系統或與系統具有界面的其他傳輸設備及/或裝載互鎖機構。

【0142】概括地說，在各種實施例中，控制器可被定義為具有各種積體電路、邏輯、記憶體及/或軟體的電子裝置，其可接收指令、發佈指令、控制操作、致能清理操作、致能終點量測等。積體電路可包含儲存了程式指令之具有韌體形式的晶片、數位訊號處理器(DSP)、被定義為特殊應用積體電路(ASIC)的晶片、PLD、及/或能執行程式指令(如軟體)的一或多個微處理器或微控制器。程式指令可為與控制器通訊之具有各種獨立設定(或程式檔案)形式的指令，其定義為了在半導體晶圓上或針對半導體晶圓或對系統進行特定處理所用的操作參數。在某些實施例中，操作參數為製程工程師為了完成一或多膜層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路及/或晶圓之晶粒之製造期間的一或多個製程步驟所定義之配方的一部分。

【0143】在某些實施例中控制器為整合至系統、耦合至系統、藉由網路連接至系統、或其組合的電腦的一部分或控制器耦合至電腦。例如，控制器係位於「雲端」中或工廠主機電腦系統的全部或部分中，這允許使用者遠端接取晶圓處理。電腦致能遠端接取系統以監控製造操作的目前進展、檢視過去製造操作的歷程、自複數製造操作檢視驅勢或效能度量、改變現有處理的參數、設定處理步驟以符合現有處理、或開始一新的製程。

【0144】在某些實施例中，遠端電腦(或伺服器)可經由電腦網路對系統提供處理配方，電腦網路包含區域網路或網際網路。遠端電腦可包含使用者介面，使用者介面讓使用者能進入或程式化參數及/或設定，然後自遠端電腦與系統通訊。在某些實例中，控制器接收數據形式的指令，此些指令指定在一或多個操作期間欲進行之每一處理步驟用的複數參數。應瞭解，複數參數係特別針對欲施行之處理的類型及控制器用以交界或控制之設備的類型。因此如上所述，可分散控制器如藉著包含一或多個藉由網路互連並朝向共同目的如文中所述之處理與控制工作的離散控制器。為了此類目的的分散控制器的實例包含處理室上

的一或多個積體電路，其係與一或多個位於遠端(例如位於平臺位準處或為遠端電腦的一部分)的積體電路通訊而共同控制處理室中的處理。

【0145】不受限地，在各種實施例中，例示系統包含電漿蝕刻室或模組、沉積室或模組、旋轉沖洗室或模組、金屬鍍室或模組、清理室或模組、邊緣蝕刻室或模組、物理氣相沉積(PVD)室或模組、化學氣相沉積(CVD)室或模組、原子層沉積(ALD)室或模組、原子層蝕刻(ALE)室或模組、離子植入室或模組、軌道室或模組、及和半導體晶圓之製造相關及/或用於製造的任何其他半導體處理系統。

【0146】更應注意，在某些實施例中，雖然上述操作可應用至數種電漿室如包含感應耦合電漿(ICP)反應器的電漿室、變壓器耦合電漿室、電容耦合電漿反應器、導體設備、介電設備、包含電子迴旋共振(ECR)反應室的電漿室等。例如，一或多個 RF 產生器係耦合至 ICP 反應器內的一電感。電感形狀的實例包含螺管、圓頂形線圈、平面形線圈等。

【0147】在各種實施例中，RF 傳輸線 128(圖 1A-1C)係耦合至上電極 114 而非夾頭 110 且夾頭 110 係耦合至地。

【0148】如上所述，取決於設備所欲進行的處理步驟或複數步驟，控制器可與下列的一或多者通訊交流：其他設備電路或模組、其他設備的元件、叢集設備、其他設備的界面、相鄰設備、鄰近設備、位於工廠內的設備、主電腦、另一控制器、或半導體製造工廠中用以將晶圓容器載入與載出設備位置及/或裝載接口的材料運輸用設備。

【0149】考慮到上述實施例，應瞭解，某些實施例可進行涉及儲存在電腦系統中之數據的各種電腦施行操作。此些電腦施行操作為需要操控物理數量的操作。形成實施例之文中所述操作的任何操作對於機械操作皆為有用的。

【0150】某些實施例亦關於用以執行此些操作的硬體單元或設備。可針對專門用途的電腦專門建構設備。當一電腦被定義為專門用途之電腦時，此電腦除了能夠針對專門用途運行之外，亦可進行其他處理、程式執行或其他非屬特別用途的子程式。

【0151】在某些實施例中，操作可由選擇性活化的電腦執行或者可由儲存在電腦記憶體、快取記憶體、或自電腦網路所獲得的一或多個電腦程式所配置。當數據係自電腦網路獲得時，該數據可由電腦網路上的其他電腦如雲端計算資源所處理。

【0152】亦可將文中所述之一或多個實施例製作成非瞬變電腦可讀媒體上的電腦可讀碼。非瞬變電腦可讀媒體可以是可儲存數據且後續可被電腦系統讀取的任何數據儲存硬體單元如記憶體裝置。非瞬變電腦可讀媒體的實例包含硬碟、網路附加儲存(NAS)、ROM、RAM、光碟-ROM(CD-ROM)、可錄 CD(CD-R)、可重覆寫入之 CD(CD-RW)、磁帶及其他光學式及非光學式數據儲存硬體單元。在某些實施例中，非瞬變電腦可讀媒體可包含分散於網路耦合電腦系統的電腦可讀實質媒體，因此電腦可讀碼係以分散方式儲存及執行。

【0153】雖然上述某些方法操作係以特定順序說明之，但應瞭解，在各種實施例中，在方法操作之間可進行其他閒雜步驟或者可調整方法操作使其發生的時間略有不同，或者可將方法操作分配至允許方法操作以各種間隔進行的系統中，或者可以不同於文中所示的順序來進行方法操作。

【0154】更應注意，在不脫離本發明之各種實施例的範疇的情況下，在一實施例中，來自上述任何實施例的一或多個特徵可與來自任何其他實施例的一或多個特徵結合。

【0155】為了讓熟知此項技藝者能清楚瞭解本發明，已詳細說明了前面的實施例，應明白，在隨附之申請專利範圍的範疇內可進行某些變化與修改。因

此，此些實施例應被視為是說明性而非限制性的，且實施例並不限於文中所述的細節，在申請專利範圍的範疇與等效物內可修改實施例。

【符號說明】

【0156】

100 系統

102 串聯電路

104 分流電路

106 阻抗匹配電路(IMC)

108 電漿室

110 夾頭

111 主機

112 基板

114 上電極

116 處理器

118 記憶體裝置

120 控制系統

122 感測器

124 RF 電源

126 RF纜線

128 RF傳輸線

130 數位脈動訊號

132 輸入

134 輸出

136 輸出

150 系統

152 阻抗匹配電路

153 控制系統

154 RF 電源

156 感測器

158 輸出

160 輸入

162 RF纜線

165 分支電路

166 串聯電路

168 分流電路

170 分支電路

180 系統

182 阻抗匹配電路

184 輸出

186 輸入

188 RF纜線

190 控制系統

192 RF 電源

194 感測器

196 串聯電路

198 分流電路

199 分支電路

202 圖

204 圖

206 數位脈動訊號

208 RF訊號

210 圖

212 RF訊號

214 圖

216 RF訊號

300 系統

302 RF產生器

304 阻抗匹配電路

306 串聯電路

308 分流電路

310 RF纜線

312 馬達

314 馬達

316 輸入

320 系統

322 阻抗匹配電路

324 串聯電路

326 分流電路

328 馬達

330 馬達

350 系統

352 阻抗匹配電路

354 串聯電路

356 分流電路

358 串聯電路

360 分流電路

362 馬達

364 馬達

366 輸入

370 輸出

380 系統

382 阻抗匹配電路

384 輸入

386 系統

388 阻抗匹配電路

390 輸入

392 阻抗匹配電路

394 輸入

400 方法

402 操作

404 操作

406 操作

408 操作

502 線

504 線

506 圖

508A 圖

508B 圖

510A 值

510B 值

512A 值

512B 值

514 圖

516A 圖

516B 圖

518A 值

518B 值

520A 值

520B 值

522A 值

522B 值

524 圖

526A 圖

526B 圖

528A 值

528B 值

530A 值

530B 值

532 圖

534A 圖

534B 圖

536A 值

536B 值

538A 值

538B 值

550 圖

552 圖

554 圖

556 圖

558 圖

560 預定位準

562 預定閾值

600 機器學習網路

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種調節以減少多狀態中之反射功率的方法，包含：

以一射頻(RF)產生器藉由一阻抗匹配電路在一數位脈動訊號的一第一狀態期間將功率供給至一電漿室；

量測該第一狀態期間在該RF產生器之一輸出處反射之功率的一量；

以該RF產生器藉由該阻抗匹配電路在該數位脈動訊號的一第二狀態期間將功率供給至該電漿室；

量測該第二狀態期間在該RF產生器之該輸出處反射之功率的一量；及

控制該阻抗匹配電路的一參數，以將在該第一狀態期間及在該第二狀態期間量測到之功率的該等量降低至一第一最小值，

其中該第一狀態及該第二狀態之該第一最小值係低於該第一狀態之功率的一第二最小量，其中該第一狀態之功率的該第二最小量係當該參數具有一第一值時達到，其中該第一狀態及該第二狀態之該第一最小值係當該參數具有一第二值時達到。

【第2項】如申請專利範圍第1項之調節以減少多狀態中之反射功率的方法，其中該第一最小值係低於一預定位準。

【第3項】如申請專利範圍第1項之調節以減少多狀態中之反射功率的方法，其中該第一狀態之功率的該第二最小量係高於一預定位準，其中當該參數具有該第一值時達到該第二狀態之功率的一第三最小量，其中該第二狀態之功率的該第三最小量係低於該預定位準。

【第4項】如申請專利範圍第1項之調節以減少多狀態中之反射功率的方法，其中控制該參數包含控制該阻抗匹配電路之一電容器或一電感，其中該第一狀態及該第二狀態之該第一最小值係對應至該第一狀態與該第二狀態之該參數的一常數值。

【第5項】如申請專利範圍第1項之調節以減少多狀態中之反射功率的方法，其中該參數為該阻抗匹配電路之一串聯電路或該阻抗匹配電路之一分流電路的該參數，其中該控制該參數係由應用一機器學習處理進行。

【第6項】一種調節以減少多狀態中之反射功率的系統，包含：

一射頻(RF)產生器，係用以在一數位脈動訊號之一第一狀態期間供給功率；

一阻抗匹配電路，係藉由一RF纜線耦合至該RF產生器；

一電漿室，係藉由一RF傳輸線耦合至該阻抗匹配電路；

一感測器，係耦合至該RF產生器之一輸出，其中該感測器係用以量測該第一狀態期間在該RF產生器之該輸出處反射之功率的一量，

其中該RF產生器係用以藉由該阻抗匹配電路在該數位脈動訊號的一第二狀態期間將功率供給至該電漿室，

其中該感測器係用以量測該第二狀態期間在該RF產生器之該輸出處反射之功率的一量；及

一處理器，耦合至該阻抗匹配電路以控制該阻抗匹配電路之一參數，其中該參數係受到控制，以將在該第一狀態期間及在該第二狀態期間量測到之功率的該等量降低至一第一最小值，

其中該第一狀態及該第二狀態之該第一最小值係低於該第一狀態之功率的一第二最小量，其中該第一狀態之功率的該第二最小量係當該參數具有一第一值時達到，其中該第一狀態及該第二狀態之該第一最小值係當該參數具有一第二值時達到。

【第7項】如申請專利範圍第6項之調節以減少多狀態中之反射功率的系統，其中該第一最小值係低於一預定位準。

【第8項】如申請專利範圍第6項之調節以減少多狀態中之反射功率的系統，其中該第一狀態之功率的該第二最小量係高於一預定位準，其中當該參數具有

該第一值時達到該第二狀態之功率的一第三最小量，其中該第二狀態之功率的該第三最小量係低於該預定位準。

【第9項】如申請專利範圍第6項之調節以減少多狀態中之反射功率的系統，其中該參數為該阻抗匹配電路之一電容器或一電感的該參數。

【第10項】如申請專利範圍第6項之調節以減少多狀態中之反射功率的系統，其中該參數為該阻抗匹配電路之一串聯電路或該阻抗匹配電路之一分流電路的該參數。

【第11項】一種用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，包括：

控制該RF產生器以在複數脈動狀態之間進行脈動；及

為了集體式最佳化而控制與該RF產生器耦合之阻抗匹配電路的複數電路參數之一或更多者，以減少該複數脈動狀態朝向該RF產生器反射的功率，

其中以減少朝向該RF產生器反射的該功率的該集體式最佳化係包括該複數電路參數之該一或更多者的一或更多設定，以達成低於該複數脈動狀態的一或更多者所反射之該功率中的經最佳化減少，而有利於該集體式最佳化以減少由該複數脈動狀態之組合所反射的總集體功率。

【第12項】如申請專利範圍第11項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中在該集體式最佳化期間，當該複數脈動狀態朝向該RF產生器反射的該功率之平均量大於在該複數脈動狀態之一者期間朝向該RF產生器反射的功率量時，係達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化。

【第13項】如申請專利範圍第12項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中在該集體式最佳化期間，當朝向該RF產生器反射

的該功率之該平均量小於該複數脈動狀態之另一者朝向該RF產生器反射的功率量時，係達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化。

【第14項】如申請專利範圍第12項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中在該集體式最佳化期間，當該複數脈動狀態之其他者朝向該RF產生器反射的該功率量與功率的該平均量係落在一預定閾值範圍內時，係達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化。

【第15項】如申請專利範圍第12項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中在該集體式最佳化期間，當該複數脈動狀態之其他者朝向該RF產生器反射的該功率量與功率的該平均量係低於一預定限值時，係達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化。

【第16項】如申請專利範圍第11項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中在該集體式最佳化期間，在該複數脈動狀態之該一者期間，朝向該RF產生器反射的該功率之第一量係大於朝向該RF產生器反射的該功率之第二量，其中當將該一或更多設定修改以輸出一或更多經修改設定時係將經反射功率的該第二量進行反射，其中在該集體式最佳化期間，在該複數脈動狀態之另一者期間，朝向該RF產生器反射的功率之該第一量係小於朝向該RF產生器反射的功率之第三量，其中當將該複數電路參數之該一或更多者的該一或更多經修改設定施加至該阻抗匹配電路時，係朝向該RF產生器反射功率的該第二量及該第三量。

【第17項】如申請專利範圍第11項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中該複數脈動狀態之該組合係包括所有的該複數脈動狀態。

【第18項】如申請專利範圍第11項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中該一或更多設定係包括複數設定，其中該複數設

定係包括該阻抗匹配電路之串聯電路的電容值或電感值，以及包括該阻抗匹配電路之分流電路的電容值或電感值。

【第19項】 如申請專利範圍第11項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的方法，其中所述控制該複數電路參數之該一或更多者係包括控制一馬達以進一步修改該阻抗匹配電路之串聯電路的電容或電感、或是控制另一馬達以進一步修改該阻抗匹配電路之分流電路的電容或電感、或其組合。

【第20項】 一種用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，包括：

一處理器，配置以控制該RF產生器以在複數脈動狀態之間進行脈動，

其中該處理器係配置於為集體式最佳化而控制與該RF產生器耦合之阻抗匹配電路的複數電路參數之一或更多者，以減少該複數脈動狀態朝向該RF產生器反射的功率，

其中以減少朝向該RF產生器反射的該功率的該集體式最佳化係包括該複數電路參數之該一或更多者的一或更多設定，以達成低於該複數脈動狀態的一或更多者所反射之該功率中的經最佳化減少，而有利於該集體式最佳化以減少由該複數脈動狀態之組合所反射的總集體功率；以及

一記憶體裝置，與該處理器耦合。

【第21項】 如申請專利範圍第20項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中為了達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化，該處理器係配置以判定該複數脈動狀態朝向該RF產生器反射的該功率之平均量大於在該複數脈動狀態之一者期間朝向該RF產生器反射的功率量。

【第22項】 如申請專利範圍第21項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中為了達成該低於該功率中的經最佳化減少而有

利於該集體式最佳化，該處理器係配置以判定朝向該RF產生器反射的該功率之該平均量小於在該複數脈動狀態之另一者期間朝向該RF產生器反射的功率量。

【第23項】 如申請專利範圍第21項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中為了達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化，該處理器係配置以判定該複數脈動狀態之其他者朝向該RF產生器反射的該功率量與功率的該平均量係落在一預定閾值範圍內。

【第24項】 如申請專利範圍第21項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中為了達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化，該處理器係配置以判定該複數脈動狀態之其他者朝向該RF產生器反射的該功率量與功率的該平均量係低於一預定限值。

【第25項】 如申請專利範圍第20項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中為了達成該低於該功率中的經最佳化減少而有利於該集體式最佳化，該處理器係配置以判定在該複數脈動狀態之該一者期間朝向該RF產生器反射的該功率之第一量係大於朝向該RF產生器反射的該功率之第二量，其中為了判定將經反射功率的該第二量進行反射，該處理器係配置以控制該阻抗匹配電路以達成一或更多經修改設定，其中該處理器係配置以判定在該複數脈動狀態之另一者期間朝向該RF產生器反射的該功率之該第一量係小於朝向該RF產生器反射的功率之第三量，其中當該阻抗匹配電路已達成該一或更多經修改設定時，係朝向該RF產生器反射功率的該第二量及該第三量。

【第26項】 如申請專利範圍第20項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中該複數脈動狀態之該組合係包括所有的該複數脈動狀態。

【第27項】 如申請專利範圍第20項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中該一或更多設定係包括複數設定，其中該複數

設定係包括該阻抗匹配電路之串聯電路的電容值或電感值，以及包括該阻抗匹配電路之分流電路的電容值或電感值。

【第28項】如申請專利範圍第20項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的控制器，其中為了控制該複數電路參數之該一或更多者，該處理器係配置以控制一馬達而進一步修改該阻抗匹配電路之串聯電路的電容或電感，以及控制另一馬達而進一步修改該阻抗匹配電路之分流電路的電容或電感。

【第29項】一種用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的電漿系統，包括：

該RF產生器，配置以產生一RF訊號；

一阻抗匹配電路，耦合至該RF產生器，其中該阻抗匹配電路係配置以接收該RF訊號、以及修改該RF訊號而輸出一經修改RF訊號；

一電漿腔室，耦合至該阻抗匹配電路，其中該電漿腔室係配置以接收該經修改RF訊號而產生或維持電漿；及

一主機，耦合至該阻抗匹配電路，其中該主機係配置以：

控制該RF產生器以在複數脈動狀態之間進行脈動；及

控制該阻抗匹配電路的複數電路參數之一或更多者以達成集體式最佳化，以減少該複數脈動狀態朝向該RF產生器反射的功率，

其中以減少朝向該RF產生器反射的該功率的該集體式最佳化係包括該複數電路參數之該一或更多者的一或更多設定，以達成低於該複數脈動狀態的一或更多者所反射之該功率中的經最佳化減少，而有利於該集體式最佳化以減少由該複數脈動狀態之組合所反射的總集體功率。

【第30項】如申請專利範圍第29項之用於將朝向射頻（RF）產生器反射的功率進行最佳化的電漿系統，其中為了達成該低於該功率中的經最佳化減少而有

利於該集體式最佳化，該主機係配置以判定該複數脈動狀態朝向該RF產生器反射的該功率之平均量大於在該複數脈動狀態之其中一者期間朝向該RF產生器反射的功率量。

【發明圖式】

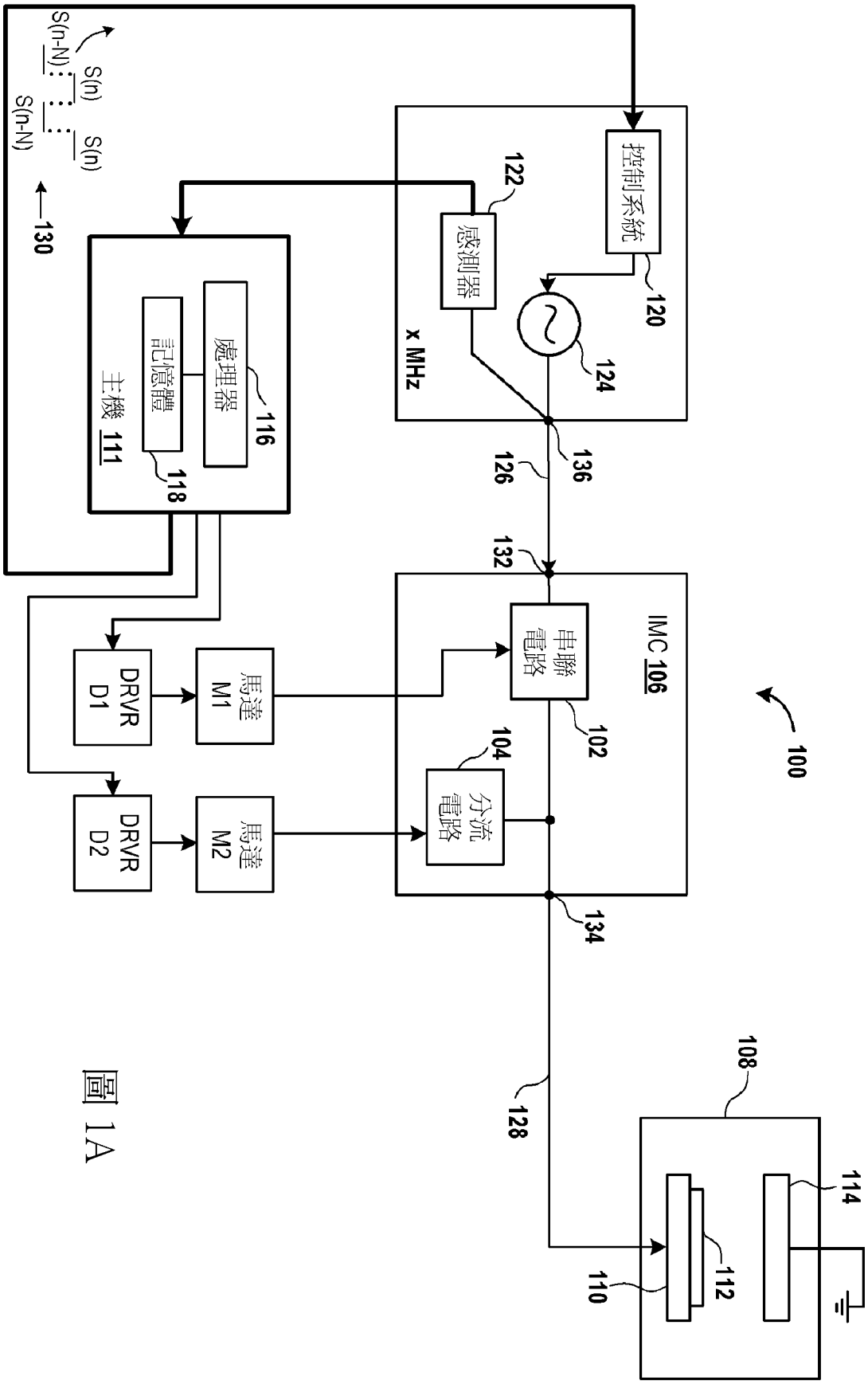

S(n-N)
S(n)
S(n)
S(n-N)
130
主機 111
處理器
116
記憶體
118
122
感測器
x MHz
控制系統
120
124
126
136
132
IMC 106
串聯電路
102
104
分流電路
DRVR D1
馬達 M1
DRVR D2
馬達 M2
134
128
108
114
112
110
100

圖 1A

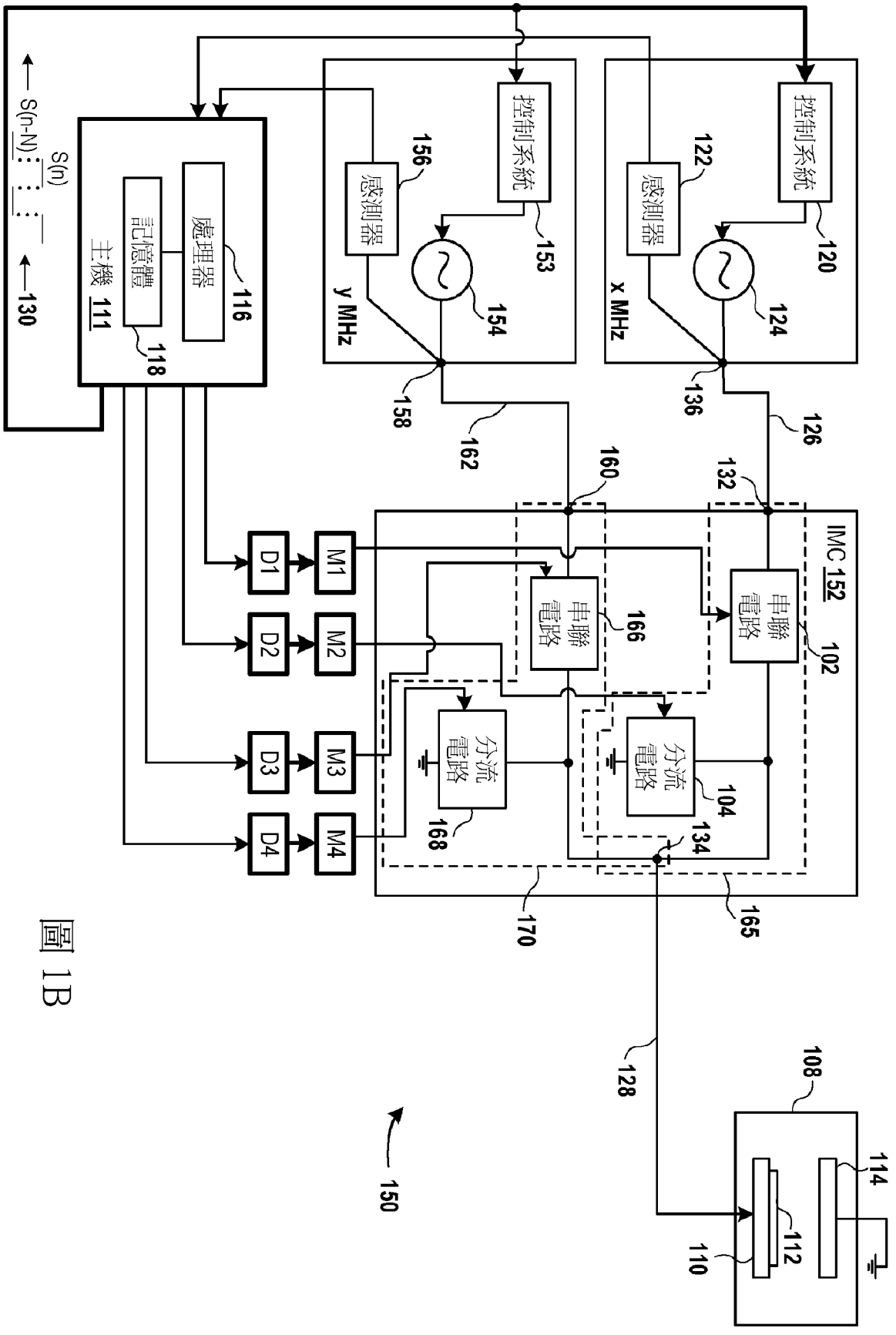

S(n)
S(n-N)
130
主機 111
記憶體
處理器
116
118
控制系統
120
感測器
122
x MHz
124
136
控制系統
153
感測器
156
y MHz
154
158
162
126
160
132
IMC 152
串聯電路
102
166
分流電路
104
134
D1
D2
D3
D4
M1
M2
M3
M4
168
170
165
128
108
114
112
110
150

圖 1B

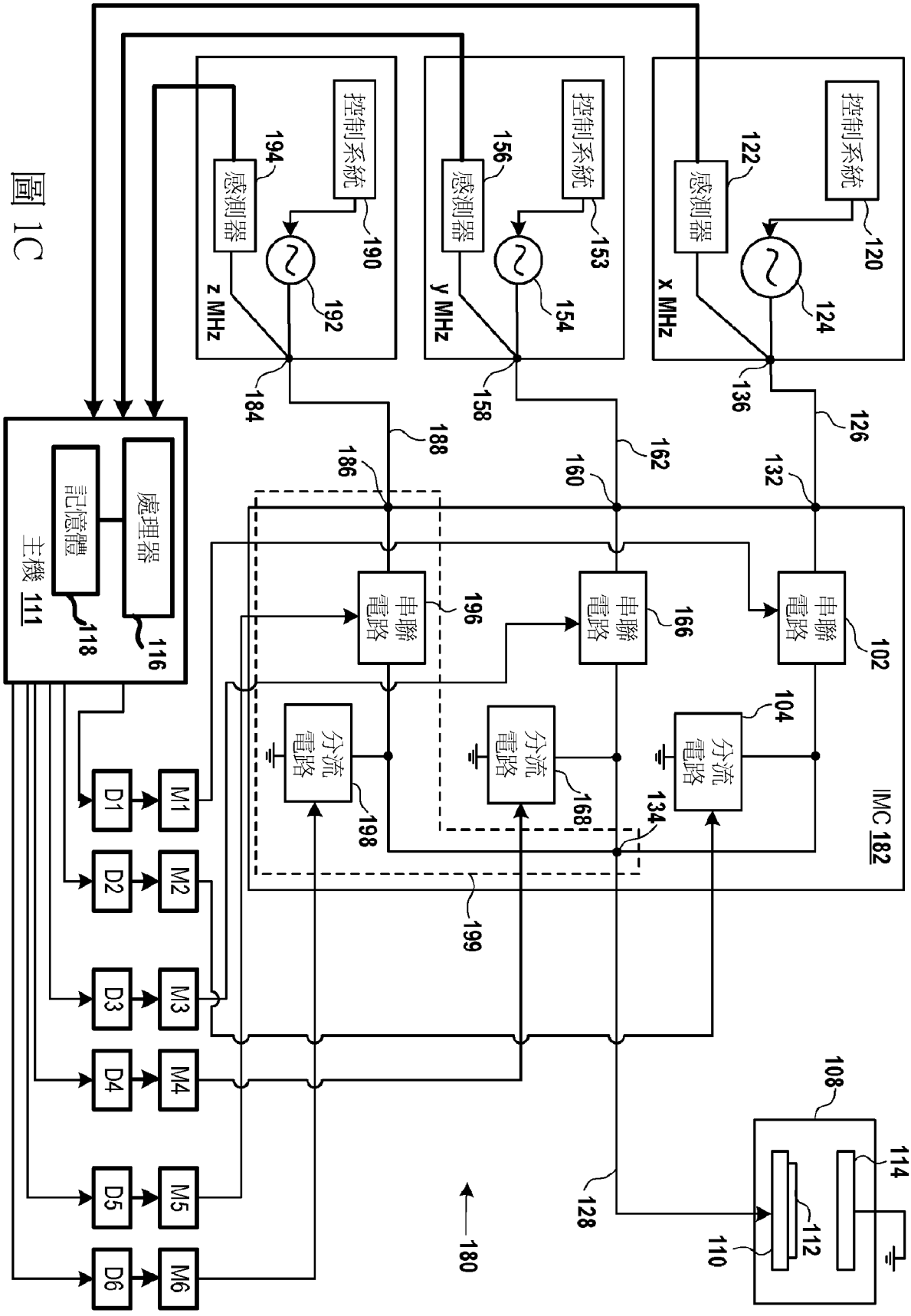

控制系統
120
感測器
122
x MHz
124
136
126
控制系統
153
感測器
156
y MHz
154
158
132
控制系統
190
感測器
194
z MHz
192
184
188
162
160
186
處理器
116
記憶體
118
主機 111
串聯電路
102
串聯電路
166
串聯電路
196
分流電路
104
分流電路
168
分流電路
198
134
IMC 182
199
D1
D2
D3
D4
D5
D6
M1
M2
M3
M4
M5
M6
180
108
114
112
110
128

圖 1C

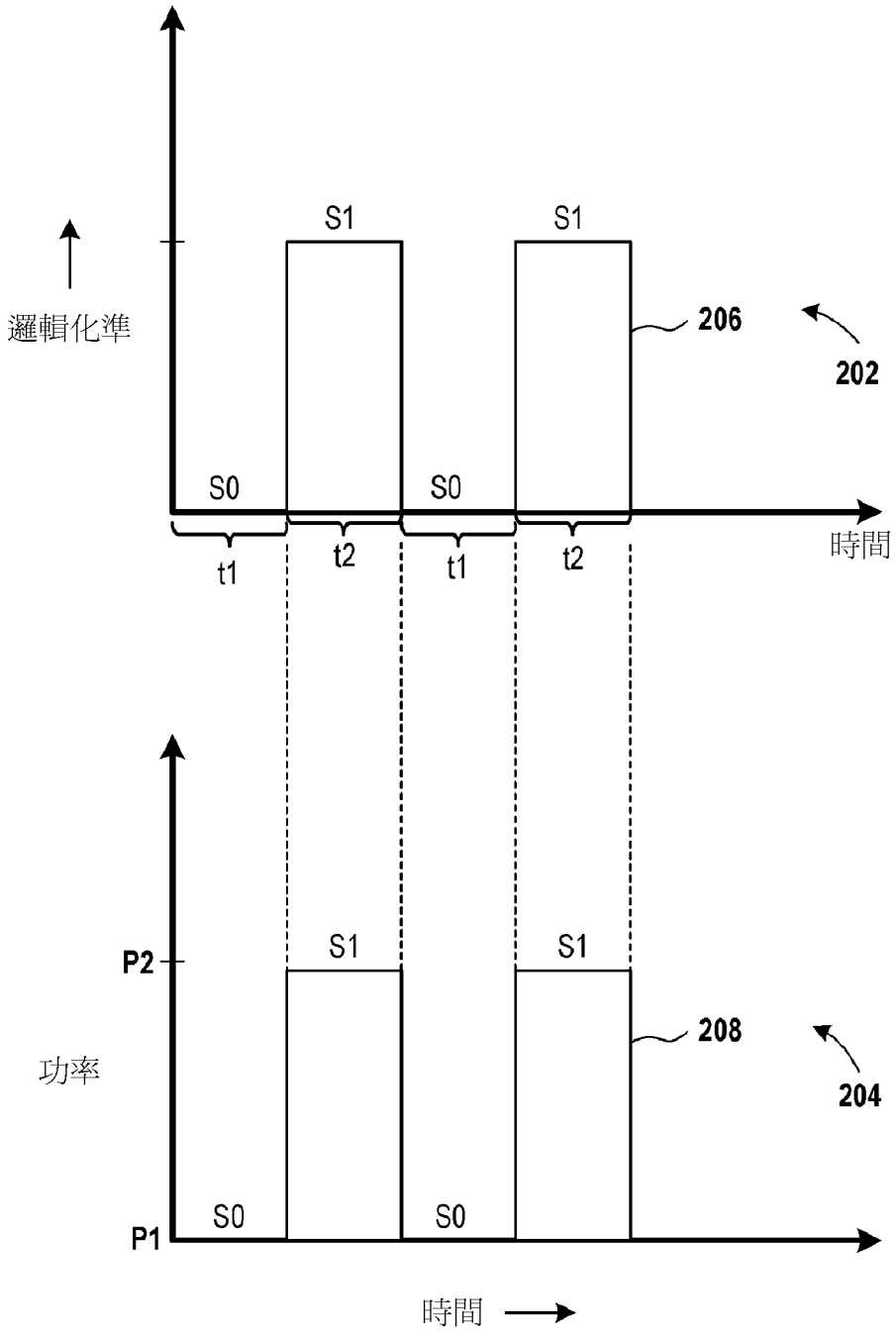

邏輯化準
S1
S1
206
202
S0
S0
t1
t2
t1
t2
時間
P2
P1
功率
S1
S1
208
204
S0
S0
時間

圖 2A

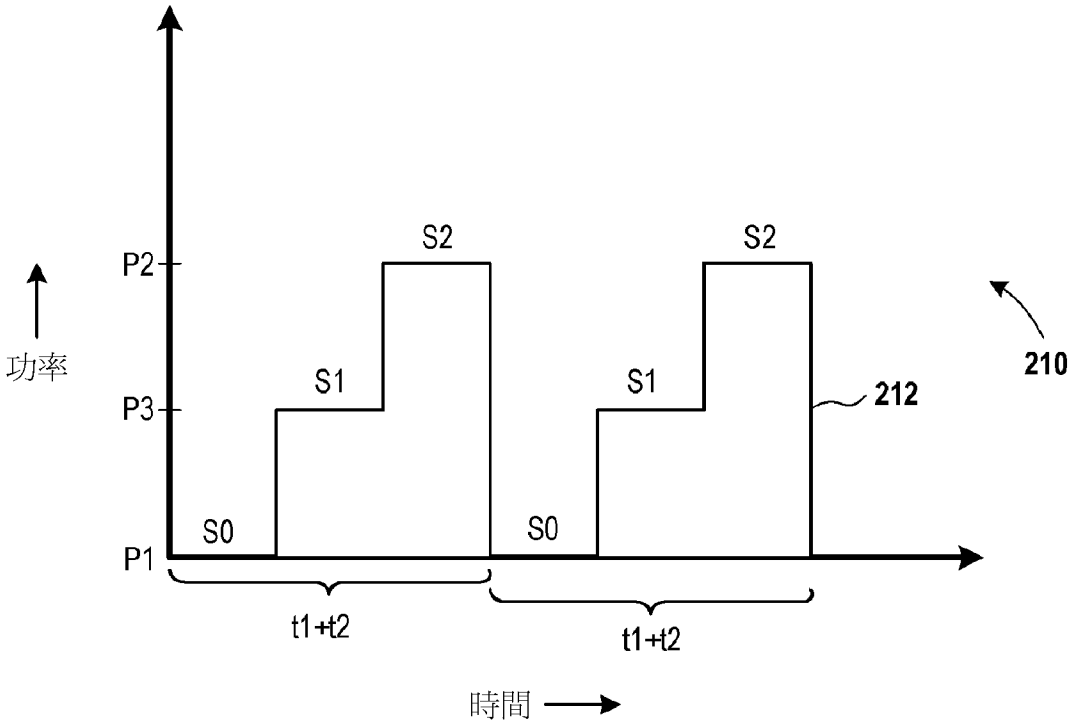

功率
P2
P3
P1
S0
S1
S2
S0
S1
S2
212
210
t1+t2
t1+t2
時間

圖 2B

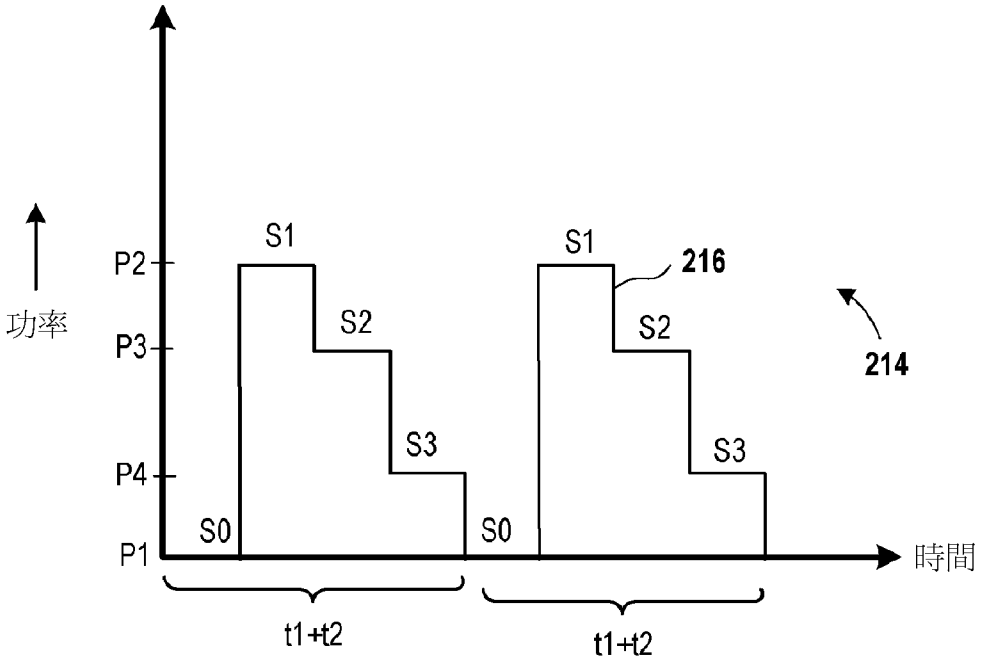

功率
P2
P3
P4
P1
S0
S1
S2
S3
S0
S1
216
S2
S3
214
t1+t2
t1+t2
時間

圖 2C

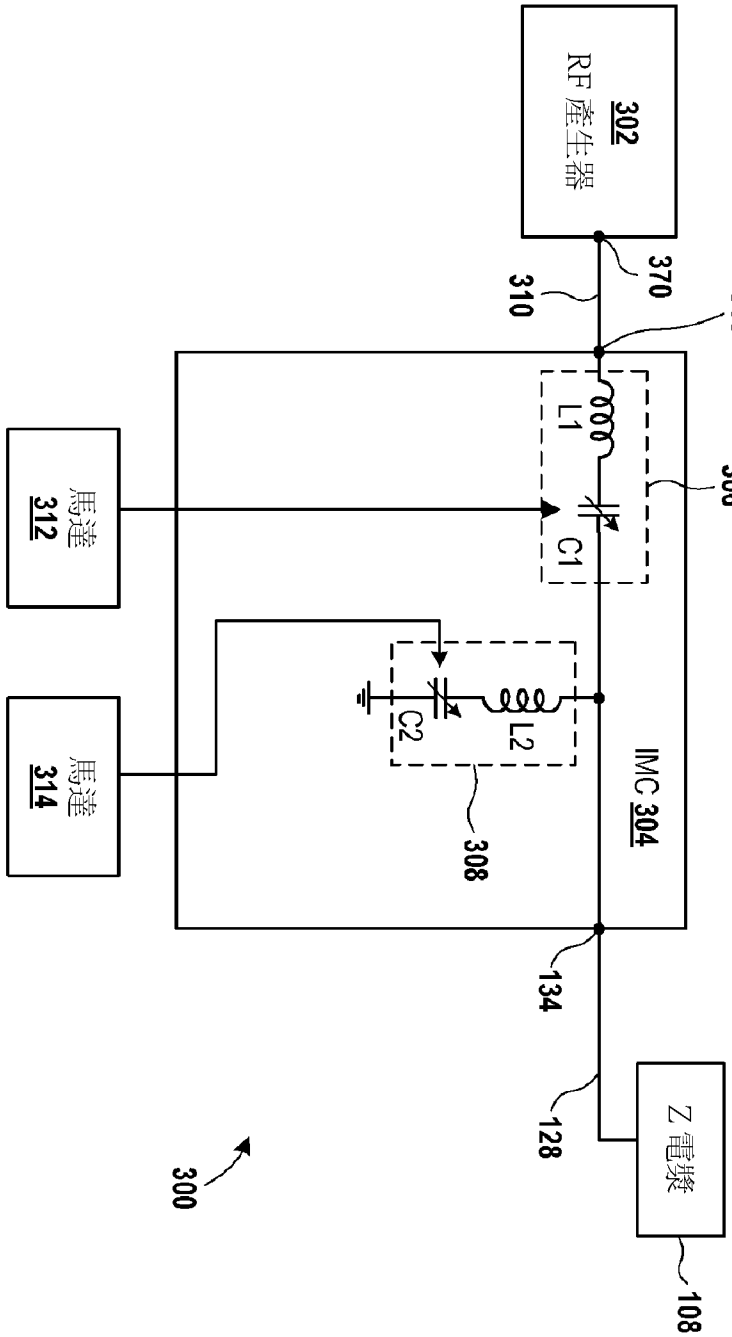

302
RF 產生器
370
310
316
L1
C1
306
馬達
312
馬達
314
C2
L2
308
IMC 304
134
128
Z 電漿
108
300

圖 3A

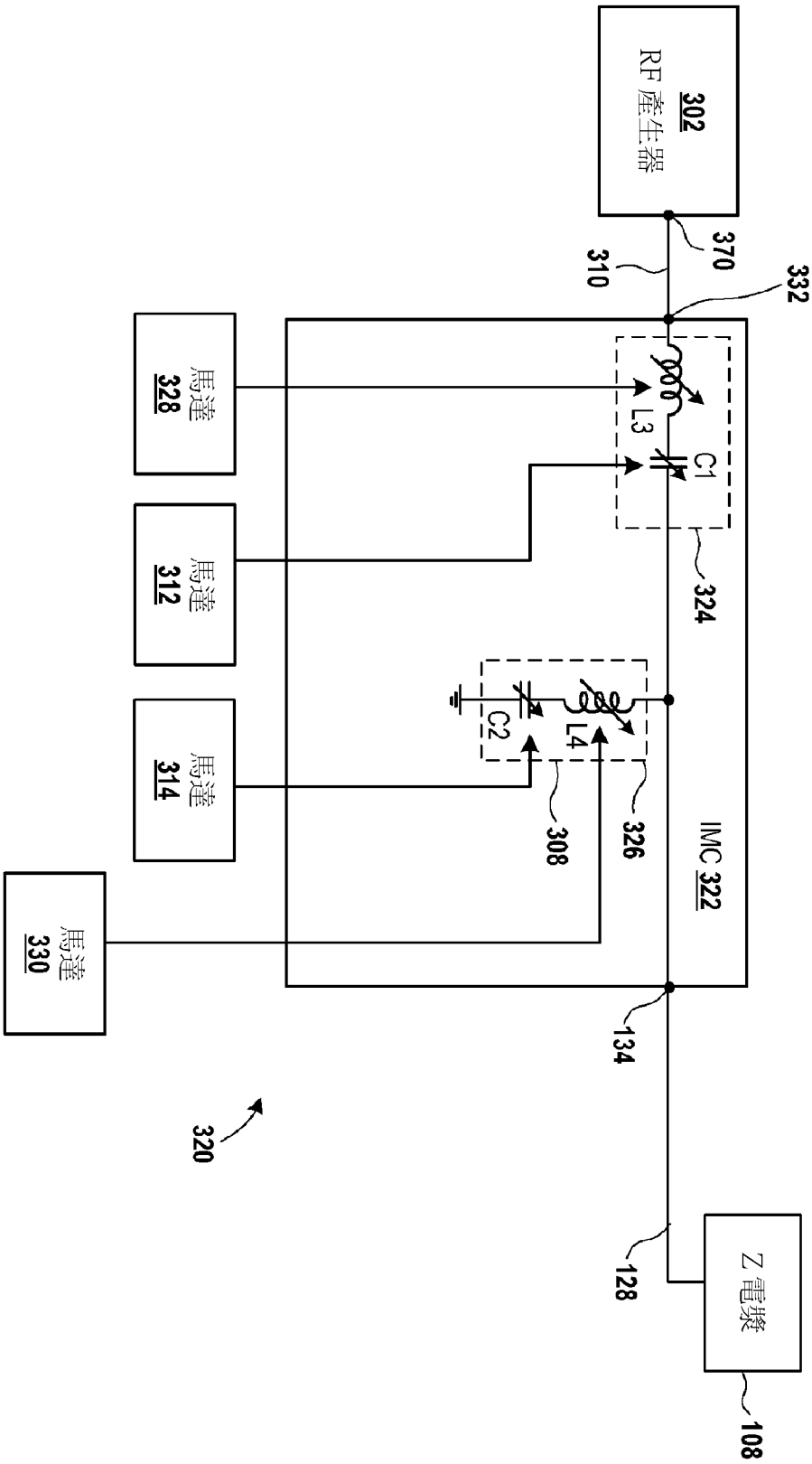

302
RF 產生器
370
310
332
馬達
328
L3
C1
馬達
312
324
C2
L4
馬達
314
308
326
IMC 322
馬達
330
134
320
128
Z 電漿
108

圖 3B

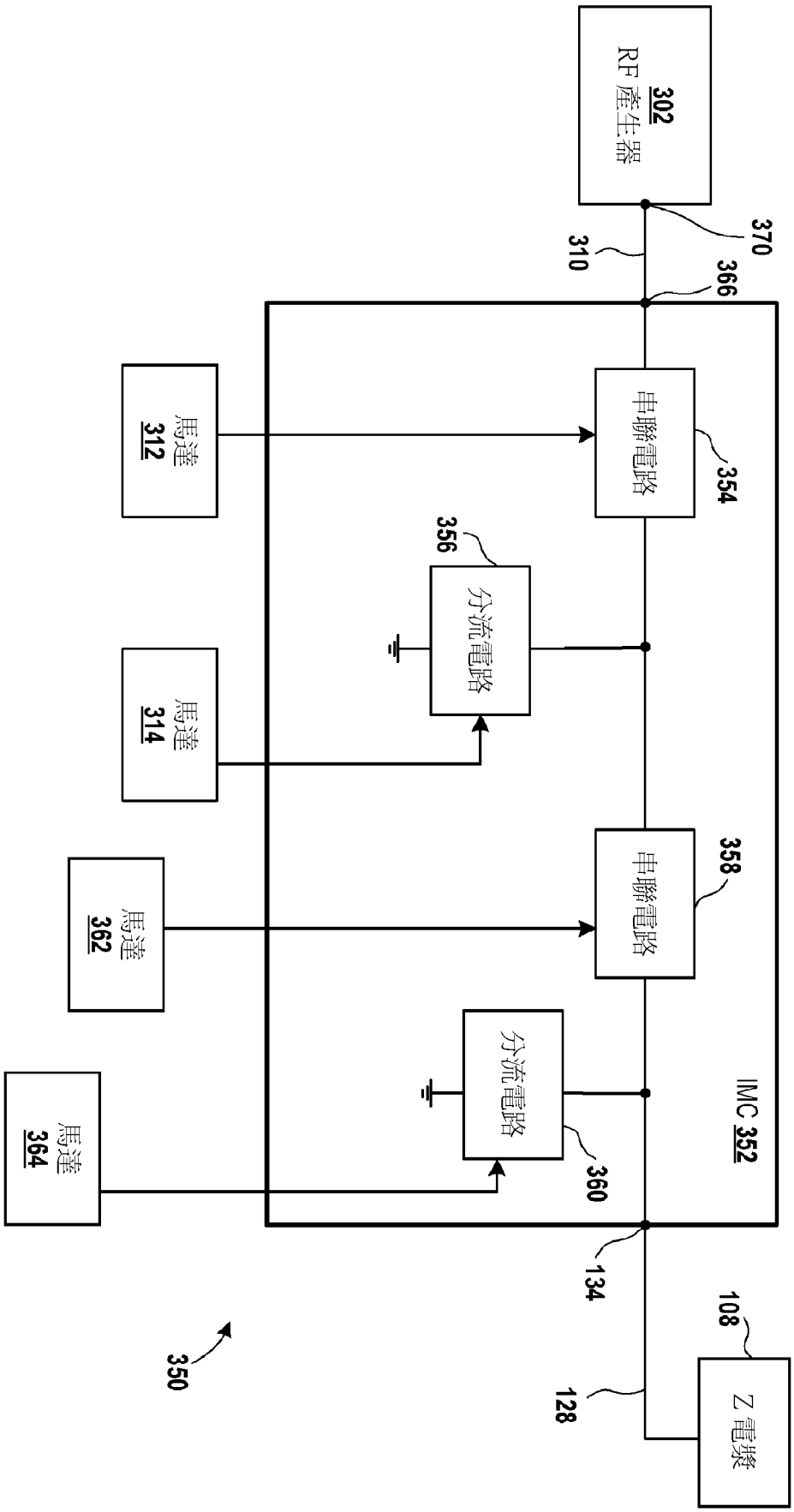

302
RF 產生器
370
310
366
馬達
312
串聯電路
354
356
分流電路
馬達
314
馬達
362
串聯電路
358
分流電路
馬達
364
360
IMC 352
134
108
Z 電漿
128
350

圖 3C

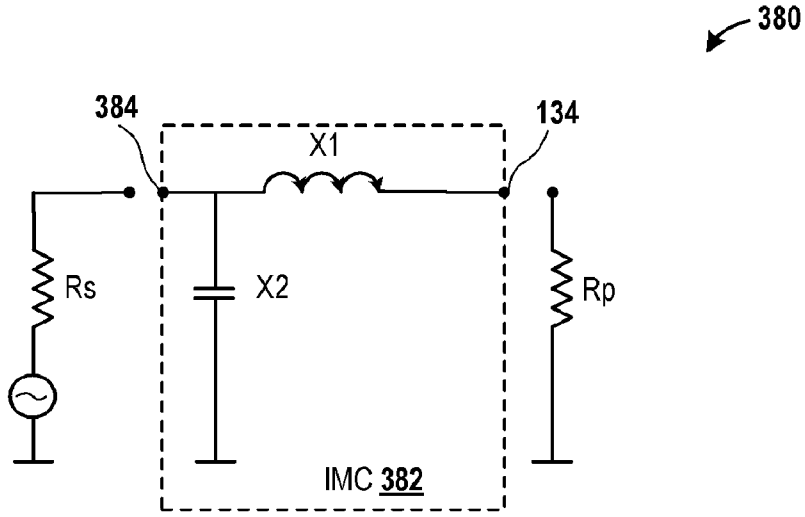

380
384
134
X1
Rs
X2
Rp
IMC 382

圖 3D

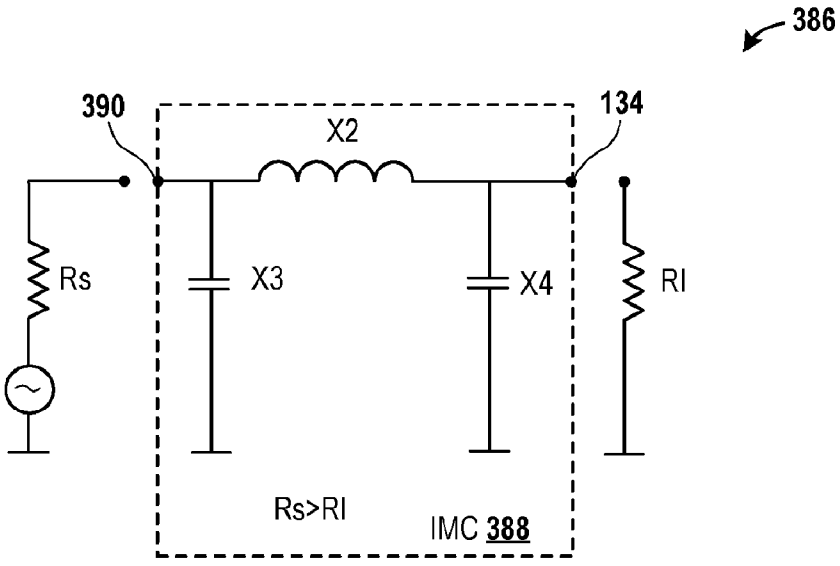

386
390
134
X2
Rs
X3
X4
Rl
Rs>Rl
IMC 388

圖 3E

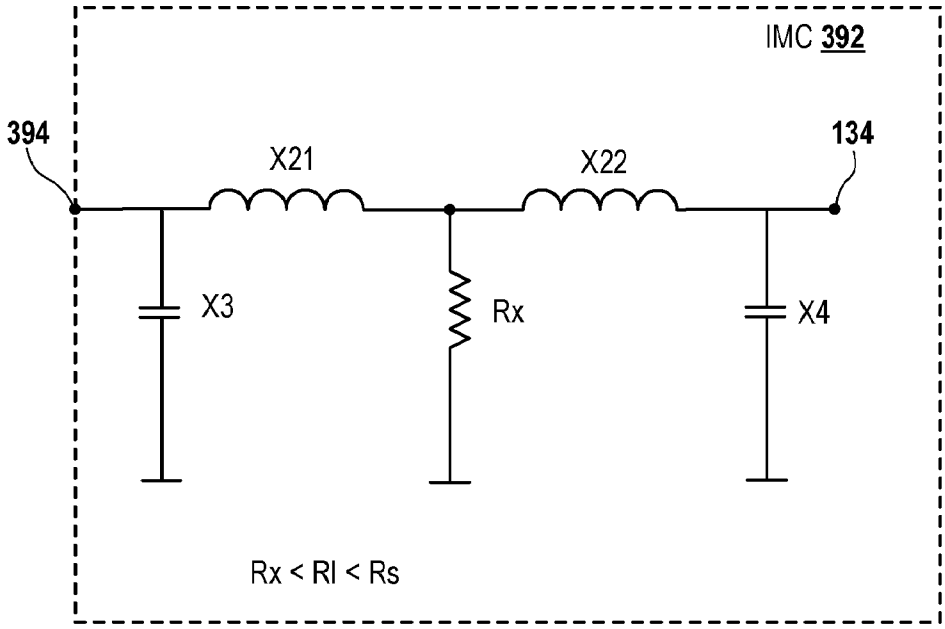


圖 3F

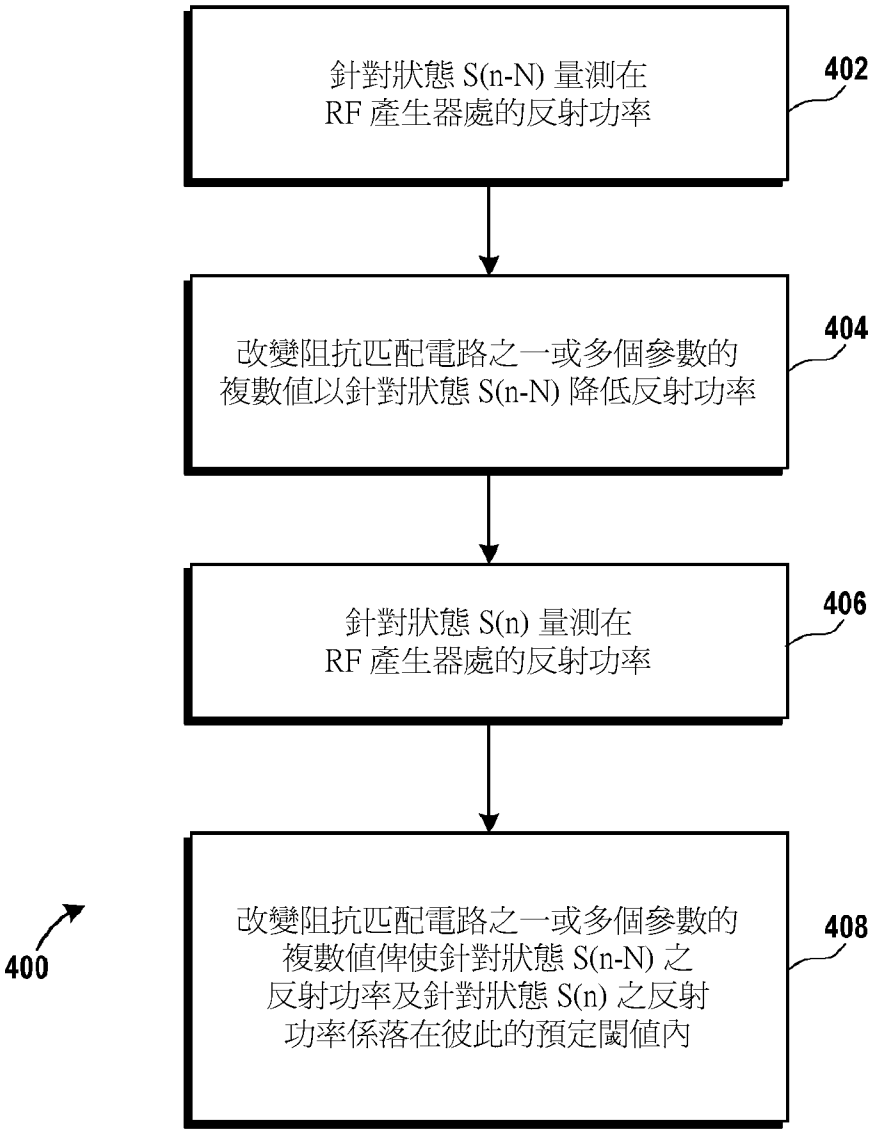

針對狀態 S(n-N) 量測在
RF 產生器處的反射功率
402
改變阻抗匹配電路之一或多個參數的
複數值以針對狀態 S(n-N) 降低反射功率
404
針對狀態 S(n) 量測在
RF 產生器處的反射功率
406
改變阻抗匹配電路之一或多個參數的
複數值俾使針對狀態 S(n-N) 之
反射功率及針對狀態 S(n) 之反射
功率係落在彼此的預定閾值內
408
400

圖 4

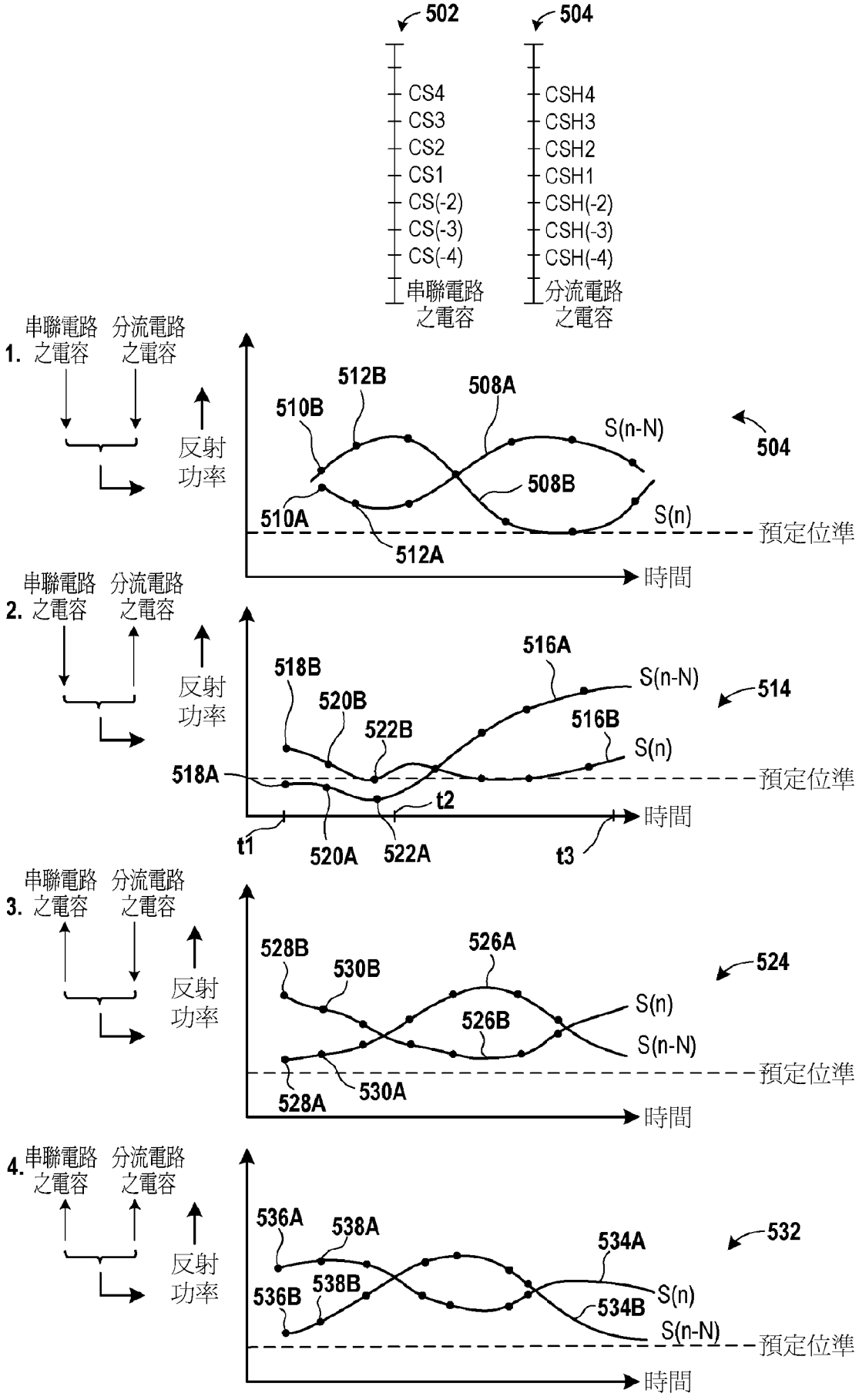

502
504
CS4
CS3
CS2
CS1
CS(-2)
CS(-3)
CS(-4)
串聯電路之電容
CSH4
CSH3
CSH2
CSH1
CSH(-2)
CSH(-3)
CSH(-4)
分流電路之電容
1. 串聯電路之電容
分流電路之電容
反射功率
510B
512B
508A
S(n-N)
504
508B
510A
S(n)
512A
預定位準
時間
2. 串聯電路之電容
分流電路之電容
反射功率
518B
516A
520B
S(n-N)
514
522B
516B
S(n)
518A
預定位準
t2
時間
t1
520A
522A
t3
3. 串聯電路之電容
分流電路之電容
反射功率
528B
526A
530B
524
S(n)
526B
S(n-N)
預定位準
528A
530A
時間
4. 串聯電路之電容
分流電路之電容
反射功率
536A
538A
534A
532
536B
538B
S(n)
534B
S(n-N)
預定位準
時間

圖 5A

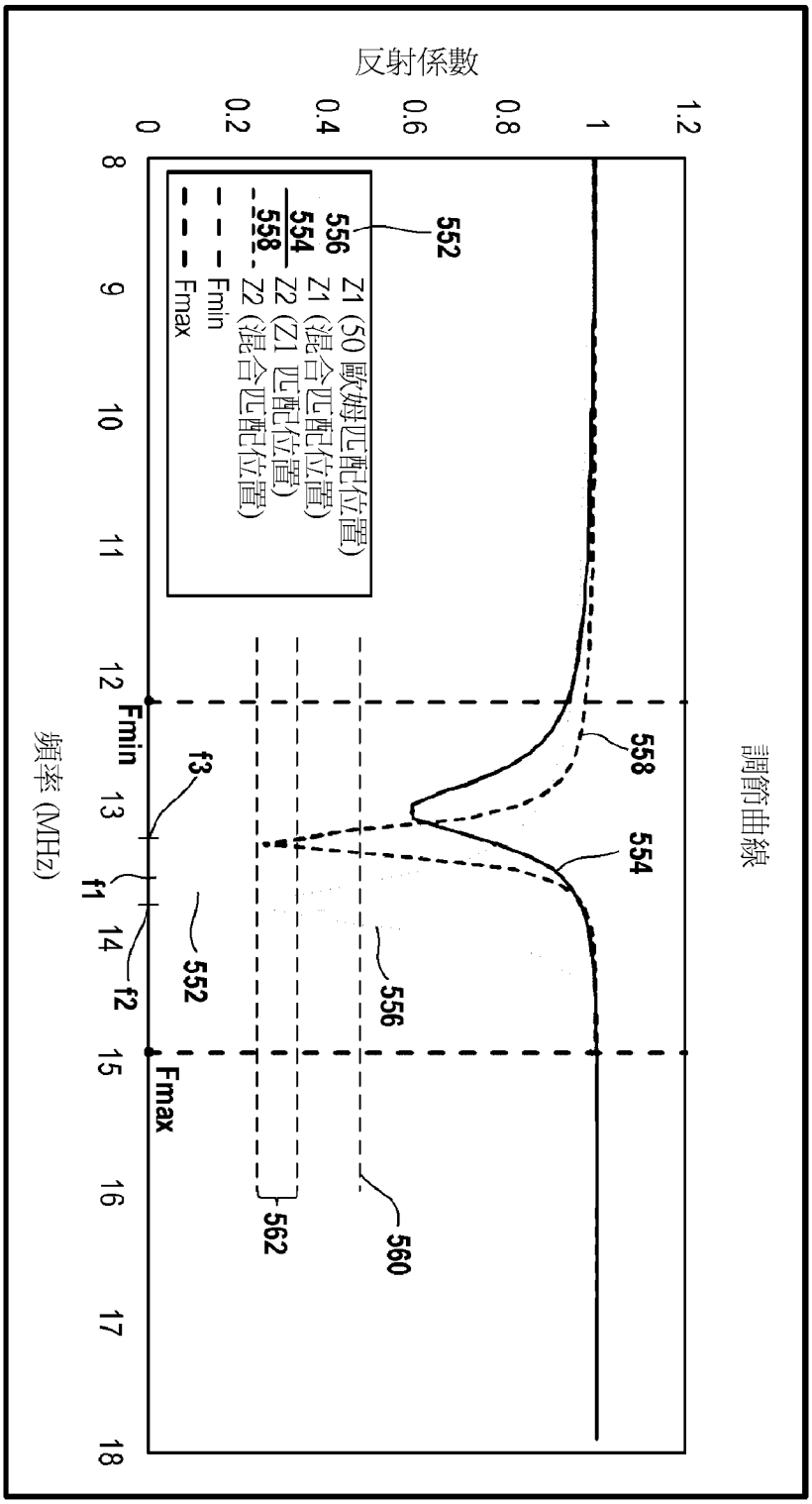

反射係數
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
頻率 (MHz)
Fmin
f3
f1
f2
Fmax
調節曲線
552
554
556
558
560
562
550
Z1 (50 歐姆匹配位置)
Z1 (混合匹配位置)
Z2 (Z1 匹配位置)
Z2 (混合匹配位置)
Fmin
Fmax

圖 5B

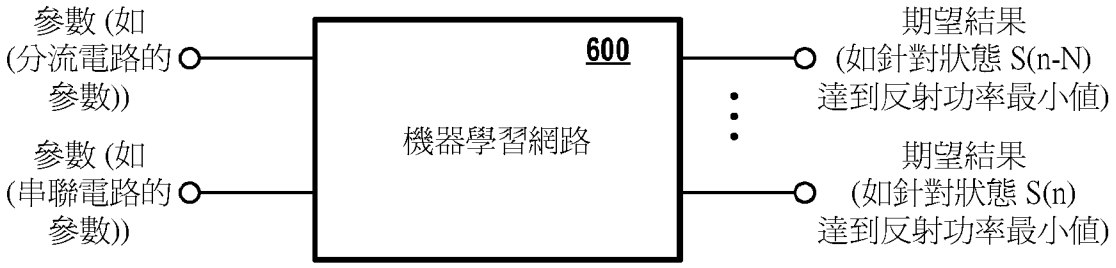

參數 (如
(分流電路的
參數))
參數 (如
(串聯電路的
參數))
600
機器學習網路
期望結果
(如針對狀態 S(n-N)
達到反射功率最小值)
期望結果
(如針對狀態 S(n)
達到反射功率最小值)

圖 6