202248750

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202248750 A

(43)公開日： 中華民國 111 (2022) 年 12 月 16 日

(21)申請案號：111108302 (22)申請日： 中華民國 111 (2022) 年 03 月 08 日

(51)Int. Cl.： *G03F1/68 (2012.01)* *H05H1/46 (2006.01)*

(30)優先權：2021/03/10 美國 63/159,391

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

(72)發明人：姜蓓蓓 JIANG, BEIBEI (CN)；奧澤爾 塔內爾 OZEL, TANER (US)；陳晨 CHEN, CHEN (CN)；皮爽 PI, SHUANG (CN)；艾嘉沃 達克什 AGARWAL, DAKSH (IN)；許 青 XU, QING (US)；黃 天樂 WONG, MERRETT (US)；穆霍帕迪耶 艾米特 MUKHOPADHYAY, AMIT (IN)

(74)代理人：許峻榮

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 58 頁

(54)名稱

遮罩臨界尺寸的控制

(57)摘要

描述一種控制遮罩層的臨界尺寸的方法。該方法包含：接收第一初級參數位準、第二初級參數位準、第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準。該方法亦包含：產生 具有該第一初級參數位準的初級信號；及將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準。該方法更包含：產生 具有該第一次級參數位準的次級射頻（RF）信號；及將該次級 RF 信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準。該方法包含將該次級 RF 信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準。

A method for controlling a critical dimension of a mask layer is described. The method includes receiving a first primary parameter level, a second primary parameter level, a first secondary parameter level, a second secondary parameter level, and a third secondary parameter level. The method also includes generating a primary signal having the first primary parameter level, and transitioning the primary signal from the first primary parameter level to the second primary parameter level. The method further includes generating a secondary radio frequency (RF) signal having the first secondary parameter level, and transitioning the secondary RF signal from the first secondary parameter level to the second secondary parameter level. The method includes transitioning the secondary RF signal from the second secondary parameter level to the third secondary parameter level.

指定代表圖：

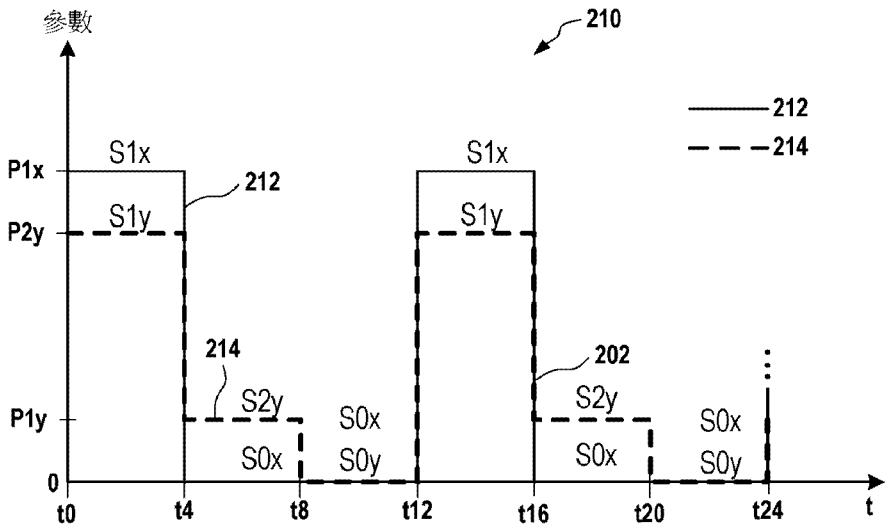

參數
210
212
214
P1x
P2y
P1y
0
S1x
S1y
S2y
S0x
S0y
202
t0
t4
t8
t12
t16
t20
t24
t

圖 2B

(Sx & Sy -實驗室)

【發明摘要】

【中文發明名稱】 遮罩臨界尺寸的控制

【英文發明名稱】 CONTROL OF MASK CD

【中文】描述一種控制遮罩層的臨界尺寸的方法。該方法包含：接收第一初級參數位準、第二初級參數位準、第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準。該方法亦包含：產生 具有該第一初級參數位準的初級信號；及將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準。該方法更包含：產生 具有該第一次級參數位準的次級射頻（RF）信號；及將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準。該方法包含將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準。

【英文】A method for controlling a critical dimension of a mask layer is described. The method includes receiving a first primary parameter level, a second primary parameter level, a first secondary parameter level, a second secondary parameter level, and a third secondary parameter level. The method also includes generating a primary signal having the first primary parameter level, and transitioning the primary signal from the first primary parameter level to the second primary parameter level. The method further includes generating a secondary radio frequency (RF) signal having the first secondary parameter level, and transitioning the secondary RF signal from the first secondary parameter level to the second secondary parameter level. The method includes transitioning the secondary RF signal from the second secondary parameter level to the third secondary parameter level.

【指定代表圖】　　圖2B

【代表圖之符號簡單說明】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 遮罩臨界尺寸的控制

【英文發明名稱】 CONTROL OF MASK CD

【技術領域】

【0001】 本案係關於用以控制遮罩層的臨界尺寸（CD）之系統及方法。

【先前技術】

【0002】 一電漿工具包括射頻（RF）產生器、匹配網路、及電漿反應器。RF產生器係通過匹配網路加以耦接到電漿反應器。將晶圓放置在電漿腔室之內進行蝕刻。

【0003】 RF產生器產生一個RF信號，該RF信號係提供給匹配網路。匹配網路減少朝向RF產生器的反射功率，並向電漿反應器提供一輸出RF信號。該輸出RF信號係用於蝕刻晶圓。然而，有時，該輸出RF信號可能會獲得與期望不同的製程結果。

【0004】 此處提供的背景描述是為了一般性地呈現本揭露內容的背景之目的。在此先前技術章節中描述之範圍內的當前列名的發明人的作品，以及在申請時不能另外適格為先前技術的說明態樣，既不明示也不隱含地承認為對抗本揭露內容的先前技術。

【發明內容】

【0005】 本揭露內容的實施例提供用於控制基板的遮罩層的臨界尺寸（CD）的系統、設備、方法、及電腦程式。應當理解，本案實施例可以以多種

方式實現，例如製程、設備、系統、裝置、或電腦可讀媒體上的方法。下面描述幾個實施例。

【0006】在一個實施例中，在高縱橫比（HAR）接觸蝕刻中，應保持足夠的製程裕度，且同時嘗試與遮罩層相比對一堆疊層選擇性地加以蝕刻。作為示例，堆疊層包括重複的氧化物層和多晶矽層，並且遮罩層具有碳。遮罩選擇性係與靠近遮罩層的聚合物種有關。此聚合物種限制一遮罩開口的尺寸，這限制了製程裕度。此處所述的方法控制遮罩蝕刻速率，同時改善選擇性與製程裕度之間的權衡折衷。

【0007】在二位準射頻（RF）脈衝的情況下，當低位準或關閉狀態係設定為足夠長時，用於將偏壓和通量二者的功率都調整至低位準或在第二位準之關閉的製程可以增加遮罩選擇性。然而，由於遮罩頂部處的較多鈍化，此製程有時會增加遮罩堵塞的風險。此低位準或關閉狀態在此處有時稱為低位準/關閉狀態。

【0008】加寬製程帽蓋裕度的化學企圖可能會惡化遮罩選擇性，最終導致來自兩位準RF脈衝之對遮罩選擇性的好處降低。使用更少聚合物來源的更精簡的化學法是加寬製程裕度和消除遮罩堵塞的有效旋鈕。然而，這種化學方式需要權衡其他參數，例如具有較大的最大臨界尺寸（CD）的較差輪廓，以及由於較差的遮罩選擇性而剩餘的較少遮罩。

【0009】此處所述的方法包括多狀態脈衝。在多狀態脈衝中，對低位準/關閉狀態添加無偏壓和低通量狀態的第三個脈衝操作。藉由添加第三脈衝操作，在顯著提高遮罩選擇性的同時，與遮罩堵塞之權衡係加以處理。

【0010】無偏壓與低通量狀態產生電漿，其可以達到遮罩頂部並去除在低位準/關閉狀態期間沉積在基板頂部和頸部區域的聚合物。在多狀態脈衝中，無偏壓與低通量狀態係實現為一第三狀態，其可以在低位準/關閉狀態之前或之後

插入，該低位準/關閉狀態是一頸部形成狀態。在各個循環期間，無偏壓與低通量狀態修整和拉直頸部，消除遮罩堵塞的累積效應，且最終加寬製程帽蓋裕度。結果，來自低位準/關閉狀態的遮罩選擇性的好處以及加寬的製程裕度的好處可以保持。提供無偏壓與低通量狀態作為去除遮罩堵塞的一種方法，並為化學選擇提供了很大的靈活性。

【0011】 在一實施例中，一種控制遮罩層的臨界尺寸的方法係加以描述。該方法包含藉由一初級產生器，接收第一初級參數位準及第二初級參數位準。該方法更包含藉由一個百萬赫RF產生器，接收第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準。該方法也包含藉由該初級產生器，產生 具有該第一初級參數位準的初級信號。該方法包含藉由該初級產生器，在一時脈循環期間，將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準。該方法更包含藉由該次級RF產生器，產生 具有該第一次級參數位準的次級RF信號。該方法亦包含藉由該次級RF產生器，在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準。該方法包含藉由該次級RF產生器，在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準。將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準的該操作，係同步於將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準的該操作而發生。該第二次級參數位準係加以產生，以控制該遮罩層的該臨界尺寸。

【0012】 在一實施例中，一種控制遮罩層的臨界尺寸的控制器係加以描述。該控制器包含一處理器及一記憶體裝置。該處理器接收第一初級參數位準、第二初級參數位準、第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準。該處理器控制一初級產生器，以產生 具有該第一初級參數位準的初級信號。該處理器控制該初級產生器，以在一時脈循環期間，將該初級信號自該第

一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準。該處理器控制一次級RF產生器，以產生 具有該第一次級參數位準的次級RF信號。該處理器控制該次級RF產生器，以在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準。該處理器更控制該次級RF產生器，以在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準。該初級信號係加以控制，以同步於該次級RF信號自該第一次級參數位準至該第二次級參數位準的轉變，自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準。並且，該第二次級參數位準係加以產生，以控制該遮罩層的該臨界尺寸。該記憶體裝置存儲該第一初級參數位準、該第二初級參數位準、該第一次級參數位準、該第二次級參數位準、及該第三次級參數位準。

【0013】 一種控制遮罩的臨界尺寸的電漿系統係加以描述。該電漿系統包含一初級產生器，其接收第一初級參數位準及第二初級參數位準。該電漿系統更包含一次級射頻（RF）產生器，其接收第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準。該初級產生器產生 具有該第一初級參數位準的初級信號。並且，該初級產生器在一時脈循環期間，將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準。該次級射頻（RF）產生器產生 具有該第一次級參數位準的次級RF信號。此外，該次級RF產生器在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準。該次級RF產生器在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準。該初級信號自該第一初級參數位準至該第二初級參數位準的轉變，係同步於該次級RF信號自該第一次級參數位準至該第二次級參數位準的轉變而進行。該第二次級參數位準係加以產生，以控制該遮罩的該臨界尺寸。該電漿系統更包含一阻抗匹配電路，與該初級產生器及該次級RF產生器耦接。該阻抗匹配電路接收該初級信號及該次級RF信號，以輸出一修改的RF信號。該電

漿系統包含一電漿腔室，與該阻抗匹配電路耦接。該電漿腔室接收該修改的RF信號，以控制該遮罩層的該臨界尺寸。

【0014】 此處描述的系統和方法的幾個優點包括減少遮罩層處的堵塞。藉由在高頻（HF）RF產生器的兩個狀態之間引入一中間狀態，遮罩層處的堵塞係加以減少。HF RF產生器所產生的HF RF信號從第一狀態轉變到第二狀態，例如該中間狀態，然後從該中間狀態轉變到第三狀態。從第一狀態到第二狀態的轉變係與低頻（LF）RF信號從第一狀態到第二狀態的轉變同步發生。藉由以這種方式脈衝低頻和高頻RF信號，遮罩層處的堵塞係加以減少。

【0015】 結合隨附圖式，從以下的實施方式章節，其他實施態樣將變得顯而易見。

【圖式簡單說明】

【0016】 參考結合隨附圖式的以下描述，可以最好地理解這些實施例。

【0017】 圖1是一系統的實施例的圖示，說明一實驗室例程，用於對由高頻（HF）射頻（RF）產生器所產生的RF信號的參數狀態的參數位準與佔空比進行判定。

【0018】 圖2A是一圖表的實施例的圖示，用於說明一時脈信號，RF信號係與該時脈信號同步。

【0019】 圖2B是一圖表的實施例，用於說明由低頻（LF）RF產生器生成的LF RF信號的一參數、以及由HF RF產生器生成的HF RF信號的一參數。

【0020】 圖2C是一圖表的實施例，用於說明LF RF信號的該參數以及HF RF信號的該參數。

【0021】 圖3A是一系統的實施例的圖示，用於說明一旦確定一額外HF配方，在處理基板期間將此額外HF配方應用到一個或多個基板。

【0022】 圖3B是桌上型電腦的實施例的示意圖，用於參數位準與佔空比的選擇。

【0023】 圖4是LF RF產生器和HF RF產生器的實施例的示圖，用以說明RF產生器的細節。

【0024】 圖5A是基板的實施例的示圖，用於說明在狀態S1y和S1x期間對基板執行的蝕刻操作的效果。

【0025】 圖5B是基板的實施例的示意圖，用於說明狀態S2y和S0x對基板的影響。

【0026】 圖5C是基板的實施例的示意圖，用以說明狀態S0y和S0x對基板的影響。

【實施方式】

【0027】 以下實施例描述了用於控制基板的遮罩層的臨界尺寸（CD）的系統和方法。顯然，可以在沒有這些特定細節其中一些或全部的情況下實施本實施例。在其他情況下，沒有詳細描述眾所周知的操作，以免不必要地混淆本實施例。

【0028】 在位準到位準之RF脈衝（其為二狀態脈衝）中，在一s0狀態中關閉偏壓與通量二者，可能會帶來更多的聚合物鈍化。此s0狀態此處有時稱為零瓦特s0狀態（0W-s0）狀態。此鈍化主要發生在遮罩頂部，可能降低遮罩蝕刻速率，並且可以增加遮罩選擇性。 由於更多的鈍化，頂部遮罩CD可能會降低，從而導致頸縮和遮罩堵塞。

【0029】 藉由化學性最佳化或調整，遮罩堵塞受到減少，但選擇性好處，例如蝕刻速率，也可能減少。例如，如果帽蓋是由遮罩階地形成以及基板頸部區域處的沉積所引起的，則化學性最佳化或調整可以降低遮罩堵塞的風險。然

而，化學性調整可能會降低選擇性的益處。化學性最佳化或調整在此處有時稱為化學方式。

【0030】 此處所述的用於控制CD的方法包括無偏壓/低通量狀態，其產生電漿，可以到達遮罩的頂部，藉由去除沉積在頂部和頸部區域中的聚合物來修整和拉直頸部區域。控制CD的方法降低了遮罩堵塞風險並加寬了製程裕度。無偏壓/低通量狀態係實現為S0x狀態與 S2y狀態的組合，這是多狀態脈衝中的第三狀態。加寬的製程裕度帶來了更好的遮罩選擇性或更好的最大CD的潛在好處。特別是，加寬的製程裕度帶來了實現0瓦特作為S0x狀態的奢侈，這顯著增加遮罩選擇性，同時保持一健康的製程裕度。因此，具有在S0x狀態中的0瓦特與作為第三狀態的無偏壓/低通量狀態的多狀態脈衝，打破了遮罩選擇性與遮罩堵塞之間的折衷。多狀態脈衝簡化了加寬製程裕度的製程，並為化學氣體的選擇增加了更多的靈活性。

【0031】 取決於S0x狀態期間遮罩堵塞的程度，可以控制多狀態脈衝中的無偏壓/低通量狀態以最小化權衡，同時保持製程裕度與遮罩選擇性二者的優勢。無偏壓/低通量狀態下的通量功率可用於控制頸部處的CD和頸部的形狀。由於頸部加寬，CD的控制可以提供蝕刻速率的增加並改善縱橫比。通量擴展因子是控制S2y狀態的例如佔空比和S0x狀態的佔空比之量的另一旋鈕。這種可調性提供了對在蝕刻速率與遮罩選擇性之間的平衡的輕易控制。

【0032】 此處所述的用於控制CD的方法提供了一種方式用以打破遮罩選擇性與遮罩堵塞的權衡。在處理遮罩堵塞的化學方式中，會發生權衡取捨，例如更差或降低的遮罩選擇性。在控制CD的方法中，由於無偏壓/低通量狀態係與零瓦特作為狀態S0x一起作為第三狀態而實施，來自狀態S0x的遮罩選擇性的好處和來自無偏壓/低通量狀態的健全遮罩的好處可以在相同的時脈循環期間加以

維持。在保持高遮罩選擇性同時之這種在遮罩堵塞去除的可控制性，為遮罩類型和遮罩厚度的選擇提供了更大的靈活性，這進一步降低了製造基板的成本。

【0033】 圖1是系統100的實施例的示意圖，說明一實驗室例程，用於對由高頻（HF）射頻（RF）產生器所產生的RF信號的參數的狀態S1y的參數位準與佔空比進行判定。參數的示例包括功率和電壓。參數位準的佔空比的示例包括維持參數位準的時間段。

【0034】 系統100包括低頻（LF）RF產生器、HF RF產生器、匹配器104、電漿腔室106、主電腦108、及電子顯微鏡110。LF RF產生器的示例是一RF產生器，其具有100千赫（kHz）、或400 kHz、或1百萬赫（MHz）、或2 MHz的低頻操作。HF RF產生器的示例是一RF產生器，具有2 MHz、13.56 MHz、27 MHz、60 MHz、或120 MHz的高頻操作。為了進一步說明，HF RF產生器具有比LF RF產生器的操作頻率更高的頻率。LF RF產生器是初級產生器的示例，且HF RF產生器是次級RF產生器的示例。

【0035】 匹配器104在此處有時稱為阻抗匹配電路或阻抗匹配網路。作為示例，匹配器104包括彼此耦接的電路組件的網路。電路組件的示例是電阻器、電感器、或電容器。

【0036】 主電腦108的示例包括桌上型電腦、膝上型電腦、平板電腦、智慧型手機、及控制器。主電腦108包括處理器112及記憶體裝置114。作為示例，處理器112可以是中央處理單元（CPU）、CPU與圖形處理單元（GPU）的組合、現場可編程閘極陣列（FPGA）、應用特定積體電路（ASIC）、可編程邏輯裝置（PLD）、或微控制器。記憶體裝置114的示例包括唯讀記憶體（ROM）及隨機存取記憶體（RAM）。處理器112係耦接到記憶體裝置114。

【0037】 電漿腔室106包括一基板支撐件116，例如靜電卡盤（ESC）。電漿腔室106還包括一上電極118，其位於基板支撐件116上方以在上電極118與基

板支撐件116之間形成間隙120。嵌入基板支撐件116內的下電極由金屬製成，例如鋁或鋁的合金。基板支撐件116由金屬和陶瓷製成，例如鋁氧化物（Al_2O_3）。上電極118由金屬製成並且耦接到一參考電位，例如地電位或負電位。電漿腔室106的一個例子是電容耦合電漿（CCP）腔室。

【0038】 例如，電子顯微鏡110使用電子束及它們類波的特性來放大基板S的圖像。為了說明，電子顯微鏡110可以分辨基板S的一百萬倍以上小的特徵。電子顯微鏡110的示例包括透射電子顯微鏡（TEM）、掃描電子顯微鏡（SEM）、及掃描透射電子顯微鏡（STEM）。如此處所用，基板的示例包括具有多個層的半導體晶圓。為了說明，此基板包括形成一積體電路的多個層，例如ASIC或PLD。處理器112係耦接到LF RF產生器、HF RF產生器、及電子顯微鏡110。

【0039】 LF RF產生器的一輸出O1係經由RF電纜RFC1耦接到匹配器104的一輸入I1。此外，匹配器104的一輸出OM經由RF傳輸線RFT耦接到基板支撐件116的下電極。RF傳輸線RFT的示例包括由RF鞘圍繞的RF電纜，具有介於RF電纜與RF鞘之間的絕緣體。

【0040】 電漿腔室106具有側壁122、頂壁124、及底壁126。側壁122位於頂壁124與底壁126之間。側壁122係與頂壁124及底壁126配合。一槽孔129延伸穿過側壁122。

【0041】 處理器112產生配方信號128並將配方信號128發送到LF RF產生器。配方信號128包括LF配方資訊，例如要由LF RF產生器所產生的RF信號130的參數的多個狀態、RF信號130的每個狀態的參數位準、狀態各者的佔空比、及RF信號130的頻率。類似地，處理器112產生配方信號132並將配方信號132發送到HF RF產生器。配方信號132包括要由HF RF產生器產生的RF信號102的參數的多個狀態、RF信號102的每個狀態的參數位準、每個狀態的佔空比、及RF信號102的頻率。

【0042】 在接收到配方信號128之後，LF RF產生器基於在配方信號128之內接收到的狀態數量的參數位準而生成RF信號130。例如，RF信號130具有兩個狀態，並且這兩個狀態其中每一個具有在配方信號128之內接收到的參數位準的對應一者。RF信號130還具有在配方信號128內接收到的頻率。此外，在接收到配方信號132之後，HF RF產生器產生具有針對在配方信號132內所接收的狀態數量之參數位準的RF信號102。例如，RF 信號102具有兩個狀態，並且每個狀態具有在配方信號132內接收到的參數位準的對應一者。RF信號130還具有在配方信號128內所接收的頻率。

【0043】 RF信號130從輸出O1通過RF電纜RFC1及輸入I1而發送到匹配器104。此外，RF信號102從輸出O2通過RF電纜RFC2及輸入I2而發送到匹配器104。

【0044】 匹配器104接收RF信號130和102，並將耦接到輸出OM的負載的阻抗與耦接到輸入I1和I2的來源的阻抗加以匹配。阻抗匹配修改RF信號130和102的阻抗以在輸出OM處輸出修改的RF信號134。負載的示例包括RF傳輸線RFT和電漿腔室106。耦接到輸入I1和I2的來源的示例包括 LF RF產生器、RF電纜RFC1、HF RF產生器、及RF電纜RFC2。經修改的RF信號134從輸出OM經由RF傳輸線RFT發送到基板支撐件116的下電極。

【0045】 當除了修改的RF信號134之外將一種或多種製程氣體供應到電漿腔室106之內的間隙120時，電漿係加以點燃或保持在間隙120之內以處理基板S。處理基板S的示例包括沉積材料在基板S上、蝕刻基板S的一層、清潔基板S、以及濺射基板S。一種或多種製程氣體的示例包括含氧氣體、含氟氣體、及其組合。為了說明，一種或多種製程氣體包括碳和氫，例如CHF_3。作為另一個例子，當碳和氫的量減少時，氫氣或三氟化氮（NF_3）氣體可以用作一種或多種製程氣體。

【0046】在處理基板S達預定時間量時，例如15分鐘或20分鐘，基板S經由槽孔129從電漿腔室106移除。作為示例，基板S需要一個小時左右完成處理。然後，將基板S放置在電子顯微鏡110之下以由一用戶異地檢查。例如，當基板S係放置在電子顯微鏡110之下時，由電子顯微鏡110生成或擷取的基板S的特徵圖像由處理器112顯示在主電腦108的顯示裝置上。顯示裝置包括液晶顯示器（LCD）、發光二極體（LED）顯示器、及電漿顯示器。主電腦108的顯示裝置係耦接到主電腦108的處理器112。

【0047】由用戶或處理器112確定基板S的遮罩層的堵塞量是否大於預定堵塞量或者遮罩層的輪廓形狀是否具有預定形狀或其組合。例如，用戶從顯示的圖像測量基板S頸部處的臨界尺寸（CD），例如寬度，以確定CD是否小於預定CD。在該示例中，用戶通過主電腦108的輸入裝置將CD提供給處理器112。此外，在該示例中，處理器112將CD存儲在記憶體裝置114之中。此外，在該示例中，當CD小於預定CD，遮罩層的堵塞量大於預定堵塞量。在該示例中，預定CD係存儲在記憶體裝置114中。此外，在該示例中，另一方面，當CD大於預定CD時，遮罩層的堵塞量小於預定堵塞量。在該示例中，CD是否大於預定CD的判定係由用戶進行。

【0048】作為另一示例，處理器112從擷取的圖像測量基板S頸部處的CD以確定CD是否小於預定CD。此外，在示例中，處理器112將CD存儲在記憶體裝置114中。此外，在示例中，當CD小於預定CD時，處理器112確定遮罩層的堵塞量大於預定的堵塞量。此外，在該示例中，另一方面，當CD大於預定CD時，處理器112確定遮罩層的堵塞量小於預定堵塞量。

【0049】作為又一示例，用戶從顯示的圖像測量基板頸部處的多個位置處的CD。在該示例中，用戶測量在頸部處的第一水平高度處的第一CD以及在頸部處的第二水平高度的第二CD。第二水平高度係低於第一水平高度。繼續該示例，

用戶通過輸入裝置將此二CD提供給處理器112。在該示例中，處理器112將兩個CD存儲在記憶體裝置114中。此外，在該示例中，當第一CD係在第一預設CD的預設範圍之外並且第二CD係在第二預設CD的預設範圍之外時，遮罩層的輪廓形狀不是預定的形狀。另一方面，在該示例中，當第一CD在第一預設CD的預設範圍之內並且第二CD在第二預設CD的預設範圍之內時，遮罩層的輪廓形狀為預定的形狀。在該示例中，第一預設CD、預設範圍、及第二預設CD係存儲在記憶體裝置114中。此外，在該示例中，第一預設CD、預設範圍、及第二預設CD定義此預定形狀。此外，在本例中，對第一CD是否在第一預設CD的預設範圍之內、以及第二CD是否在第二預設CD的預設範圍之內的判定，是由用戶或處理器112加以進行。應該注意的是，作為另一個示例，可以在頸部處超過兩個水平高度處測量CD，以供與相同數量的預設CD進行比較。

【0050】作為又一示例，處理器112從擷取的圖像測量基板頸部處的多個位置處的CD。在該示例中，處理器112測量在頸部處於第一水平高度的第一CD以及在頸部處於第二水平高度處的第二CD。在該示例中，處理器112將兩個CD存儲在記憶體裝置114中。此外，在該示例中，當第一CD在第一預設CD的預設範圍之外並且第二CD在第二預設CD的預設範圍之外時，處理器112確定遮罩層的輪廓的形狀不是預定形狀。另一方面，在該示例中，當第一CD在第一預設CD的預設範圍之內並且第二CD在第二預設CD的預設範圍之內時，處理器112確定遮罩層的輪廓的形狀係預定形狀。

【0051】在確定堵塞量大於預定堵塞量或者遮罩層的輪廓形狀不是預定形狀或者其組合時，RF信號102的配方由用戶通過輸入裝置或由處理器112加以修改以提供HF配方。例如，用戶或處理器112在RF信號102的兩個狀態之間引入一中間狀態。為了說明，當RF信號102的兩個狀態為S1y和S0y時，用戶提供關於在兩個狀態S1y與S0y之間的該中間狀態S2y的HF配方資訊。為了進一步說明，

用戶通過輸入裝置向處理器112提供中間狀態S2y的參數位準及佔空比。在進一步的描述中，剩餘資料係與配方信號132之內的資料相同。另外，在進一步的描述中，藉由引入此中間狀態，狀態S1y的佔空比係加以減小。在進一步的描述中，用戶通過輸入裝置向處理器112提供狀態S1y的佔空比以及狀態S1y的參數位準。在進一步的說明中，用戶通過輸入裝置向處理器112提供狀態S0y的參數位準。在該示例中，用戶通過輸入裝置將HF配方提供給處理器112。此外，在該示例中，處理器112將HF配方存儲在記憶體裝置114中。作為另一個示例，取代用戶，處理器112引入中間狀態並設定中間狀態S2y的參數位準和佔空比。此外，在該示例中，取代用戶，處理器112設定狀態S0y的參數位準。

【0052】 輸入裝置的示例包括滑鼠、觸控筆、鍵盤、及鍵板。此輸入裝置係耦接到主電腦108的處理器112。

【0053】 此外，在改變RF信號102的配方以提供HF配方時，用於生成RF信號130的LF配方資訊被用戶或處理器112修改以輸出LF配方。例如，用戶將RF信號130的狀態S1x的佔空比修改為等於HF配方內的狀態S1y的佔空比。同樣在示例中，用戶不修改LF配方資訊內的任何其他資料，例如參數位準。在該示例中，用戶通過輸入裝置將LF配方提供給處理器112。此外，在該示例中，處理器112將LF配方存儲在記憶體裝置114中。作為另一示例，處理器112取代用戶將RF信號130的狀態S1x的佔空比修改為等於HF配方內的狀態S1y的佔空比。同樣在該示例中，處理器112不修改LF配方資訊內的任何其他資料，例如參數位準。此外，在該示例中，處理器112將LF配方存儲在記憶體裝置114中。

【0054】 除了修改RF信號102的配方和修改RF信號130的配方之外，將基板S通過槽孔129放回基板支撐件116的頂部。在接收或生成HF配方後，處理器112基於HF配方生成配方信號136A並將配方信號136A發送到HF RF產生器。此外，

響應於接收或生成LF配方，處理器112生成配方信號137A並將配方信號137A發送到LF RF產生器。

【0055】 在接收到配方信號136A後，HF RF產生器基於HF配方生成RF信號138A。例如，RF信號138A具有三個參數位準，一個各自用於三個狀態S1y、S2y、及S0y的一者。HF RF產生器通過輸出O2和RF電纜RFC2以及輸入I2向匹配器104提供RF信號138A。

【0056】 此外，在接收到配方信號137A時，LF RF產生器基於LF配方生成RF信號139A。例如，RF信號139A的狀態S1x具有等於RF信號138A的佔空比的佔空比。LF RF產生器通過輸出O2和RF電纜RFC1以及輸入I1將RF信號139A提供給匹配器104。

【0057】 匹配器104接收RF信號138A和139A，並且將耦接到輸出OM的負載的阻抗與耦接到輸入I1和I2的來源的阻抗加以匹配。阻抗匹配 改變RF信號138A和139A的阻抗以在輸出OM處輸出修改的RF信號140A。經修改的RF信號140A從輸出OM經由RF傳輸線RFT發送到基板支撐件116的下電極。

【0058】 當除了修正的RF信號140A之外將一種或多種製程氣體提供給電漿腔室106內的間隙120時，基板S在電漿腔室106內受到進一步處理。在處理基板S達預設時間量時，例如15分鐘或20分鐘，基板S通過槽孔129從電漿腔室106中取出，然後放置在電子顯微鏡110下方，以由用戶進行異位檢查。當基板S置於電子顯微鏡110之下時，一圖像係由電子顯微鏡110捕捉或產生，並由處理器112在主電腦108的顯示裝置上顯示。

【0059】 用戶或處理器112判斷基板S的遮罩層的堵塞量是否大於預定堵塞量、或者遮罩層的形狀是否為預定形狀、或其組合。例如，用戶再次從顯示的圖像中測量基板S頸部處的CD，以確定CD是否小於預定CD，並通過輸入裝置將CD提供給處理器112。在示例中，當再次測量的CD小於用戶確定的預定CD

時，遮罩層的堵塞量大於預定堵塞量。此外，另一方面，在該示例中，當再次測量的CD大於用戶確定的預定CD時，遮罩層的堵塞量小於預定堵塞量。在該示例中，處理器112將再次測量的CD存儲在記憶體裝置114中。作為另一個示例，處理器112再次從擷取的圖像中測量基板S頸部處的CD，以確定該CD是否為小於預定的CD。在該示例中，當再次測量的CD小於處理器112確定的預定CD時，遮罩層的堵塞量大於預定堵塞量。此外，另一方面，在該示例中，當再次測量的CD大於處理器112確定的預定CD時，遮罩層的堵塞量小於預定堵塞量。在該示例中，處理器112將再次測量的CD存儲在記憶體裝置114中。

【0060】 作為另一示例，用戶從顯示的圖像中，以與之前用以確定遮罩層的形狀是否為預定形狀相同的方式，測量基板頸部處的多個位置處的CD，以確定遮罩層的形狀是否為預定形狀。作為又一示例，處理器112從擷取的圖像中測量之前在基板頸部處的多個位置處的CD，以確定遮罩層的形狀是否為預定形狀。

【0061】 在確定堵塞量大於預定堵塞量或者遮罩層的形狀不是預定形狀或者其組合時，RF信號138A的HF配方由用戶經由輸入裝置或由處理器112加以修改以提供額外的HF配方。例如，用戶修改RF信號138A的兩個狀態之間的中間狀態S2y的參數位準、或佔空比、或參數位準和佔空比兩者。為了說明，用戶增加或減少RF信號138A的中間狀態S2y的參數位準。在圖示中，剩餘資料係與用於生成配方信號136A的HF配方內的資料相同。為了進一步說明，用戶選擇中間狀態S2y的參數位準在100與1000瓦特之間。作為另一說明，用戶增加或減少RF信號138A的中間狀態S2y的佔空比。在圖示中，剩餘資料係與用於生成配方信號136A的HF配方內的資料相同。為了進一步說明，用戶將中間狀態S2y的佔空比增加到狀態S1y的佔空比的一到三倍之間。作為另一進一步的說明，用戶將中間狀態S2y的佔空比增加到等於狀態S1y的佔空比或者是狀態S1y的佔空比的三倍。作為又一進一步說明，用戶將中間狀態S2y的佔空比增加到狀態S1y的佔空

比的四到五倍之間。作為又一進一步的說明，用戶將中間狀態S2y的佔空比增加到等於狀態S1y的佔空比的四倍或等於狀態S1y的佔空比的五倍。用戶通過輸入裝置向處理器112提供額外HF配方。處理器112將此額外HF配方存儲在記憶體裝置114中。

【0062】 作為另一示例，處理器112修改在RF信號138A的兩個狀態之間的中間狀態S2y的參數位準、或佔空比、或參數位準和佔空比兩者。為了說明，處理器112增加或減少RF信號138A的中間狀態S2y的參數位準。在圖示中，剩餘資料係與用於生成配方信號136A的HF配方內的資料相同。為了進一步說明，處理器112將中間狀態S2y的參數位準設定在100與300瓦特之間。作為另一說明，處理器112增加或減少RF信號138A的中間狀態S2y的佔空比。在圖示中，剩餘資料係與用於生成配方信號136A的HF配方內的資料相同。為了進一步說明，處理器112將中間狀態S2y的佔空比增加到狀態S1y的佔空比的一到三倍之間。作為另一進一步說明，處理器112增加中間狀態S2y的佔空比以等於狀態S1y的佔空比或為狀態S1y的佔空比的三倍。作為又一進一步的說明，處理器112將中間狀態S2y的佔空比增加到狀態S1y的佔空比的四到五倍之間。作為又一進一步說明，處理器112增加中間狀態S2y的佔空比以等於狀態S1y的佔空比的四倍或等於狀態S1y的佔空比的五倍。處理器112將額外HF配方存儲在記憶體裝置114中。

【0063】 同樣在改變RF信號138A的配方以提供額外HF配方時，RF信號139A的LF配方由用戶或處理器112修改以輸出額外LF配方。例如，用戶將RF信號139A的狀態S1x的佔空比修改為等於此額外HF配方內的狀態S1y的佔空比。在該示例中，在額外LF配方內的參數位準和頻率係與用於生成RF信號139A的LF配方內的參數位準和頻率相同。此外，在示例中，用戶不會修改在LF配方之內的任何其他資料，例如參數位準。在該示例中，用戶通過輸入裝置向處理器112提供額外LF配方。在該示例中，處理器112將額外的LF配方存儲在記憶體裝置114

中。作為另一示例，處理器112將RF信號139A的狀態S1x的佔空比修改為等於在額外的HF配方之內狀態S1y的佔空比。在該示例中，在額外LF配方內的參數位準和頻率係與用於生成RF信號139A的LF配方內的參數位準和頻率相同。此外，在該示例中，處理器112不修改LF配方內的任何其他資料，例如參數位準。在該示例中，處理器112將額外LF配方存儲在記憶體裝置114中。

【0064】 除了修改RF信號138A的HF配方和修改RF信號139A的LF配方之外，將基板S通過槽孔129放回基板支撐件116的頂部。在接收到額外的HF配方後，處理器112基於此額外HF配方生成配方信號136B，並將配方信號136B發送到HF RF產生器。類似地，響應於接收到額外LF配方，處理器112基於此額外LF配方生成配方信號137B並將配方信號137B發送到LF RF產生器。

【0065】 在接收到配方信號136B時，HF RF產生器基於此額外的HF配方產生RF信號138B。 例如，對於狀態S2y，RF信號138B具有與RF信號138A的狀態S2y的參數位準不同的參數位準，例如更高的參數位準或更低的參數位準。HF RF產生器通過輸出O2和RF電纜RFC2以及輸入I2將RF信號138B提供給匹配器104。

【0066】 類似地，在接收到配方信號137B時，LF RF產生器基於此額外的LF配方生成RF信號139B。例如，RF信號139B具有狀態S1x的佔空比，並且該佔空比等於RF信號138B的狀態S1y的佔空比。LF RF產生器通過輸出O1和RF電纜RFC1以及輸入I1將RF信號139B提供給匹配器104。

【0067】 匹配器104接收RF信號138B和139B，並且將耦接到輸出OM的負載的阻抗與耦接到輸入I2的來源的阻抗加以匹配。阻抗匹配 修改RF信號138B和139B的阻抗以在輸出OM處輸出修改的RF信號140B。經修改的RF信號140B從輸出OM經由RF傳輸線RFT發送到基板支撐件116的下電極。

【0068】 當除了修改的RF信號140B之外而將一種或多種製程氣體提供給電漿腔室106內的間隙120時，基板S在電漿腔室106之內加以進一步處理。在處

理基板S達預先計算的時間量時，例如15分鐘或20分鐘，基板S通過槽孔129從電漿腔室106加以取出，然後放置在電子顯微鏡110之下，由用戶進行異位檢查。當基板S放置在電子顯微鏡110之下時，一圖像係由電子顯微鏡110加以產生或擷取，並由處理器112顯示在主電腦108的顯示裝置上。

【0069】 對基板S的遮罩層的堵塞量是否大於預定的堵塞量、或者遮罩層的輪廓形狀是否具有預定形狀、或其組合進行判斷。例如，用戶從顯示的圖像決定基板S的遮罩層的堵塞量是否大於預定的堵塞量。在該示例中，在確定堵塞量小於預定堵塞量時，用戶不修改RF信號138B的額外HF配方。此外，在該示例中，處理器112將RF信號138B的額外HF配方存儲在記憶體裝置114中。另一方面，在該示例中，在確定堵塞量不小於（例如等於或大於）預定阻塞量時，用戶進一步修改RF信號138B的額外HF配方。以這種方式，在示例中，用戶繼續修改由HF RF產生器生成的RF信號的配方，直到堵塞量小於預定堵塞量。

【0070】 作為另一示例，用戶從顯示的圖像中判斷基板S的遮罩層的輪廓的形狀是否為預定形狀。在該示例中，在確定輪廓的形狀為預定形狀時，用戶不修改RF信號138B的額外HF配方。此外，在該示例中，處理器112將RF信號138B的額外HF配方存儲在記憶體裝置114中。另一方面，在該示例中，在確定輪廓的形狀不是預定形狀時， 用戶進一步修改RF信號138B的額外HF配方。以這種方式，在示例中，用戶繼續修改由HF RF產生器生成的RF信號的配方，直到輪廓的形狀為預定形狀。

【0071】 作為又一示例，處理器112從擷取的圖像確定基板S的遮罩層的堵塞量是否大於預定堵塞量。在該示例中，在確定堵塞量小於預定堵塞量時，處理器112不修改RF信號138B的此額外HF配方。此外，在該示例中，處理器112將RF信號138B的此額外HF配方存儲在記憶體裝置114中。另一方面，在該示例中，在確定堵塞量不小於（例如等於或大於）預定阻塞量時，處理器112進一步修改

RF信號138B的額外HF配方。以這種方式，在示例中，處理器112繼續修改由HF RF產生器生成的RF信號的配方，直到堵塞量小於預定堵塞量。

【0072】 又例如，處理器112從所擷取的影像判斷基板S的遮罩層的輪廓形狀是否為預定形狀。在該示例中，在確定輪廓的形狀為預定形狀時，處理器112不修改RF信號138B的此額外HF配方。此外，在示例中，處理器112將RF信號138B的此額外HF配方存儲在記憶體裝置114中。另一方面，在示例中，在確定輪廓的形狀不是預定形狀時，處理器112進一步修改RF信號138B的此額外HF配方。以這種方式，在示例中，處理器112繼續修改由HF RF產生器生成的RF信號的配方，直到輪廓的形狀為該預定形狀。

【0073】 圖2A是圖表200的實施例的圖示，用於說明時脈信號202，RF信號，例如RF信號102、138A、138B、130、139A、及139B（圖1），係與時脈信號202同步。作為示例，時脈信號202由處理器112（圖1）生成，並發送到LF和HF RF產生器。 作為另一示例，時脈信號202由LF RF產生器的數位信號處理器（DSP）產生並且從LF RF產生器的DSP發送到HF RF產生器的DSP。LF RF產生器的DSP耦接到HF RF產生器的DSP。作為又一示例，時脈信號202由HF RF產生器的DSP生成並且從HF RF產生器的DSP發送到LF RF產生器的DSP。

【0074】 圖表200描繪了時脈信號202的邏輯位準與時間t的關係。邏輯位準，例如電壓位準，繪製在 y 軸上，且時間t繪製在x軸上。 x 軸係劃分成相等的時間間隔。例如，x軸係劃分為多個相等的介於兩個連續時間（例如時間ta和t(a+1)，）之間的時間間隔，其中a是至少等於0的整數。為了說明，x軸劃分為在時間t0與時間t1之間的第一時間間隔以及在時間t1與時間t2之間的第二時間間隔。第一時間間隔等於第二時間間隔。

【0075】 在時脈信號202的循環1期間，時脈信號202在時間t0從邏輯位準0轉變為邏輯位準1，並且從時間t0到時間t6保持在邏輯位準1。此外，在時脈信號

202的循環1期間，時脈信號202在時間t6從邏輯位準1轉變為邏輯位準0，並且從時間t6到時間t12保持在邏輯位準0。

【0076】 類似地，在時脈信號202的循環2期間，時脈信號202在時間t12從邏輯位準0轉變到邏輯位準1，並且從時間t12到時間t18保持在邏輯位準1。此外，在時脈信號202的循環2期間，時脈信號202在時間t18從邏輯位準1轉變為邏輯位準0，並從時間t18到時間t24保持在邏輯位準0。

【0077】 循環2與循環1是連續的。例如，在循環1與2之間沒有時脈信號202的其他循環。

【0078】 圖2B是圖表210的實施例，用於說明由LF RF產生器（圖1）生成的LF RF信號（例如RF信號139A或139B（圖1））的參數212，以及由HF RF產生器（圖1）生成的HF RF信號（例如RF信號138A或138B（圖1））的參數214。圖表210繪製參數與時間t的關係。參數繪製在y軸上，且時間t繪製在x軸上。參數212係繪製為實線並且參數214係繪製為虛線。

【0079】 在循環1期間，參數212在時間t0從參數位準0轉變到參數位準P1x並且從時間t0到時間t4保持在參數位準P1x。參數位準P1x是LF RF信號的狀態S1x的示例。此外，在循環1期間，在時間t4，參數212從參數位準P1x轉變到參數位準0，並且從時間t4到時間t12保持在參數位準0。LF RF信號的參數位準0是LF RF信號的狀態S0x的示例。參數位準P1x大於參數位準0。

【0080】 此外，在循環1期間，參數214在時間t0從參數位準0轉變到參數位準P2y，並且從時間t0到時間t4保持在參數位準P2y。參數位準P2y是HF RF信號的狀態S1y的示例。此外，在循環1期間，在時間t4，參數214從參數位準P2y轉變到參數位準P1y，並且從時間t4到時間t8保持在參數位準P1y。參數位準P1y低於或小於參數位準P2y。參數位準P1y是HF RF信號的狀態S2y的示例。

【0081】 與參數214從參數位準P2y到參數位準P1y的轉變同步或同調，參數212從參數位準P1x轉變到參數位準0。例如，在參數214開始從參數位準P2y轉變到參數位準P1y的相同時間t4，參數212開始從參數位準P1x轉變到參數位準0。作為另一示例，在參數214從參數位準P2y轉變到參數位準P1y的相同時間t4，參數212從參數位準P1x轉變到參數位準0。作為又一示例，在參數214從參數位準P2y轉變到參數位準P1y的相同時間段期間，參數212從參數位準P1x轉變到參數位準0。作為另一示例，與參數214從參數位準P2y到參數位準P1y的轉變同時，參數212從參數位準P1x轉變到參數位準0。

【0082】 此外，在循環1期間，參數214在時間t8從參數位準P1y轉變到參數位準0並且從時間t8到時間t12保持在參數位準0。HF RF信號的參數位準0是HF RF信號的狀態S0y的一個例子。

【0083】 在時脈信號202（圖2A）的每個循環期間，參數212週期性地重複參數位準P1x與0之間的轉變。 例如，在循環2期間，在時間t12，參數212 從參數位準0轉變到參數位準P1x，從時間t12到時間t16保持在參數位準P1x，在時間t16從參數位準P1x轉變到參數位準0，並且從時間t16到時間t24保持參數位準0。

【0084】 在時脈信號202（圖2A）的每個循環期間，參數214週期性地重複轉變於參數位準P2y、P1y、及0之間。例如，在循環2期間，在時間t12，參數214從參數位準0轉變到參數位準P2y，從時間t12到時間t16保持在參數位準P2y，在時間t16從參數位準P2y轉變到參數位準P1y，從時間t16到時間t20保持參數位準P1y，在時間t20從參數位準P1y轉變到參數位準0，並且從時間t20到時間t24保持在參數位準0。

【0085】 作為示例，RF信號的參數的參數位準是RF信號的零至峰值包絡，並且不同於RF信號的另一個參數位準。為了說明，RF信號的參數的第一參數位準包括參數的一個或多個數值，例如振幅或幅值，並且RF信號的參數的第

二參數位準包括參數的一個或多個數值，例如振幅或幅值。第一參數位準的一個或多個數值不包括第二參數位準的一個或多個數值。進一步說明，當第一參數位準大於第二參數位準時，第一參數位準的數值的最小值大於第二參數位準的數值的最大值。

【0086】 需要說明的是，在循環1期間在時間t8與t12之間的時間段期間，在基板S的遮罩層的側壁上發生沉積操作。此外，在循環1的時間t4與t8之間的時間段期間，在遮罩層的CD與遮罩層的堵塞之間發生權衡。例如，當應用參數位準P1y時，堵塞量減少並且遮罩層的CD增加。此外，在時間t0與t4之間的時間段期間，由於時間t4與t8之間發生的權衡，用於蝕刻基板S內的特徵部的蝕刻操作順暢地進行。類似地，蝕刻操作、權衡、及沈積操作在循環2期間按此順序重複。

【0087】 在一個實施例中，取代在時間t8與t12之間的時間間隔期間轉變到參數位準0，參數214轉變到不同於零的低參數位準。 例如，參數214的低參數位準在零參數位準的5-10%之內。參數214的低參數位準低於參數位準P1y。類似地，參數214在循環2期間及以後轉變為低參數位準。

【0088】 在一個實施例中，取代在時間t4與t12之間的時間間隔期間轉變到參數位準0，參數212轉變到不同於零的低參數位準。例如，參數212的低參數位準在零參數位準的5-10%之內。參數212的低參數位準低於參數位準P1x。類似地，參數212在循環2期間及以後轉變為低參數位準。

【0089】 圖2C是圖表216的實施例，用於說明LF RF信號的參數212以及由HF RF產生器（圖1）所產生的HF RF信號的參數218。圖表216繪製了參數與時間t的關係。在圖表216中，參數繪製在y軸上，且時間t繪製在x軸上。參數212繪製為實線，且參數218繪製為虛線。

【0090】 在循環1期間，參數218在時間t0從參數位準0轉變到參數位準P2y，並且從時間t0到時間t4保持在參數位準P2y。參數218的參數位準P2y是HF

RF信號的狀態S1y的一個例子。此外，在循環1期間，在時間t4，參數218從參數位準P2y轉變到參數位準0，並且從時間t4到時間t8保持在參數位準零。參數位準零是狀態S0y的一個示例。狀態S0y是HF RF信號的參數218。

【0091】參數212係與參數218從參數位準P2y到參數位準零的轉變同步或同調地從參數位準P1x轉變到參數位準零。例如，參數212係在參數218開始從參數位準P2y轉變到參數位準0的相同時間t4開始從參數位準P1x轉變到參數位準0。作為另一示例，參數212在參數218從參數位準P2y轉變到參數位準零的相同時間t4從參數位準P1x轉變到參數位準零。作為又一示例，參數212在參數218從參數位準P2y轉變到參數位準零的相同時間段期間從參數位準P1x轉變到參數位準零。作為另一示例，與參數218從參數位準P2y到參數位準零的轉變同時，參數212從參數位準P1x轉變到參數位準零。

【0092】此外，在循環1期間，參數218在時間t8從參數位準零轉變到參數位準P1y，並且從時間t8到時間t12保持在參數位準P1y。HF RF信號的參數位準P1y是HF RF信號的參數218的狀態S2y的一個例子。

【0093】在時脈信號202（圖2A）的每個循環期間，參數218週期性地重複轉變於參數位準P2y、0、及P1y之間。例如，在循環2期間，在時間t12，參數218從參數位準零轉變到參數位準P2y，從時間t12到時間t16保持在參數位準P2y，在時間t16從參數位準P2y轉變到參數位準零，從時間t16到時間t20保持參數位準零，在時間t20從參數位準零轉變到參數位準P1y，以及從時間t20到時間t24保持在參數位準P1y。

【0094】需要注意的是，在循環1期間在時間t4與t8之間的時間段期間，沉積操作發生在基板S的遮罩層的側壁上。此外，在循環1的時間t8與t12之間的時間段期間，發生遮罩層的CD與遮罩層堵塞之間的權衡。此外，在時間t0與t4之

間的時間段期間，由於時間t8與t12之間發生的權衡，蝕刻操作順暢地進行。類似地，在循環2期間，蝕刻操作、沉積操作、及此權衡以此順序重複。

【0095】 在一個實施例中，代替LF RF產生器，使用直流（DC）產生器。DC產生器產生在兩個參數位準之間脈衝的一個DC信號。例如，以與由LF RF產生器所產生的RF信號在兩個功率位準之間脈衝之相同方式，DC信號在兩個功率位準之間脈衝，例如功率位準P1x與零。DC產生器是初級產生器的另一個例子。

【0096】 在一個實施例中，取代在時間t4與t8之間的時間間隔期間轉變到參數位準零，參數218轉變到不同於零的低參數位準。例如，參數218的低參數位準在零參數位準的5-10%之內。參數218的低參數位準係低於參數位準P1y。類似地，參數218 在循環2期間及以後轉換到低參數位準。

【0097】 圖3A是系統300的實施例的示意圖，用於說明一旦確定配方信號136B的額外HF配方，在處理基板期間將此額外HF配方應用到一個或多個基板。系統300包括主機108、LF RF產生器、HF RF產生器、匹配器104、及電漿腔室106。基板S1放置在基板支撐件116上並且位於形成於上電極118與基板支撐件116之間的間隙120之內。

【0098】 處理器112將配方信號137B發送到LF RF產生器並且將配方信號136B發送到HF RF產生器。LF RF產生器存儲在配方信號137B內接收的額外LF配方。此外，HF RF產生器存儲在配方信號136B內接收到的額外HF配方。

【0099】 在發送配方信號137B和136B之後，處理器112生成觸發信號302並將觸發信號302發送到LF RF產生器和HF RF產生器。觸發信號302的一個例子是數位脈衝。為了說明，觸發信號302具有單一脈衝。

【0100】 在接收到觸發信號302時，LF RF產生器基於額外的LF配方生成RF信號137B。此外，響應於接收到觸發信號302，HF RF產生器基於額外HF配方產生RF信號138B。

【0101】 修改的RF信號140B以與上面參考圖1描述的方式相同的方式從RF信號138B和139B產生。當與一種或多種製程氣體一起提供給電漿腔室106時，修改的RF信號140B在電漿腔室106之內點燃或維持電漿。電漿處理基板S1。以類似的方式，當基板S1由另一基板替換時，經修改的RF信號140B再次在輸出OM處提供以處理另一基板。

【0102】 圖3B是桌上型電腦350的實施例的示意圖，桌上型電腦350是主電腦108（圖1）的示例。桌上型電腦350繪示額外HF配方的選擇或輸入，其包括狀態S1y的功率位準P2y、狀態S2y的功率位準P1y、及狀態S0y的功率位準零。此外，桌上型電腦350圖示了對狀態S1y的佔空比和狀態S2y的佔空比的選擇。

【0103】 桌上型電腦350包括監視器352、鍵盤354、及滑鼠356。鍵盤354和滑鼠356係耦接到監視器352。例如，鍵盤354和滑鼠356係經由無線連接而耦接到監視器352的CPU。

【0104】 在監視器352的外殼內，設置有CPU、圖形處理單元（GPU）、及記憶體裝置。CPU的一個例子是處理器112（圖1）並且記憶體裝置的一個例子是記憶體裝置114（圖1）。監視器352包括作為上述顯示裝置的一部分的顯示螢幕。

【0105】 GPU顯示一列（row）358，其具有用於接收狀態S1y、S2y、及S0y的多個功率位準的欄位362、364、及366。此外，GPU顯示另一列360，具有用於接收狀態S1y和S2y的佔空比的欄位368和370。

【0106】 用戶選擇顯示在欄位362旁邊的上/下按鈕以選擇RF信號138B（圖3A）的狀態S1y的功率位準P2y。例如，用戶選擇在輸入裝置上的一按鈕以選擇顯示在欄位362旁邊的上/下按鈕。類似地，用戶選擇顯示在欄位364旁邊的另一個上/下按鈕以選擇RF信號138B的狀態S2y的功率位準P1y並選擇顯像在欄位366旁邊的上/下按鈕以選擇RF信號138B的狀態S0y的功率位準零。為了說明，用戶

選擇功率位準P1y在100與1000瓦特之間。為了進一步說明，用戶選擇功率位準P1y為100瓦特或200瓦特或250瓦特或300瓦特。

【0107】 此外，用戶選擇在欄位368旁邊顯示的上/下按鈕以選擇狀態S1y的佔空比DC1y，並選擇在欄位370旁邊顯像的另一個上/下按鈕以選擇狀態S2y的佔空比DC2y。例如，用戶將佔空比DC2y選擇為佔空比DC1y的一到三倍。作為另一示例，用戶將佔空比DC2y選擇為等於佔空比DC1y或為佔空比DC1y的兩倍或為佔空比DC1y的三倍。

【0108】 在接收到對佔空比DC1y和DC2y的選擇時，桌上型電腦350的CPU針對RF信號138B的狀態S0y計算佔空比DC0y。例如，CPU將佔空比DC0y確定為介於100%與佔空比DC1y和DC2y之和之間的差值。佔空比DC1y和DC2y其中每一者是時脈信號202（圖2A）的一個循環的總時間段的相應百分比。例如，佔空比DC1y是總時間段的第一百分比，而佔空比DC2y是總時間段的第二百分比。佔空比DC1y、DC2y、及D0y是額外HF配方的一部分。此外，在接收到對佔空比DC1y的選擇時，桌上型電腦350的CPU將RF信號139B的狀態S1x的佔空比匹配為等於RF信號138B的佔空比DC1y。

【0109】 在一個實施例中，監視器352顯示用於在電漿腔室106（圖3A）之內處理基板的各種配方，並且其中一種配方包括額外的HF配方。用戶通過輸入裝置而選擇額外的HF配方。在接收到對額外HF配方的選擇時，桌上型電腦350的CPU生成觸發信號302（圖3A）並將觸發信號302發送到HF RF產生器以執行額外HF配方。

【0110】 圖4是LF RF產生器和HF RF產生器的實施例的示圖，以說明RF產生器的細節。LF RF產生器包括數位信號處理器（DSP）DSPx、參數控制器PS1x、參數控制器PS0x、佔空比控制器DCC1x、佔空比控制器DCC0x、頻率控制器Fx、驅動器DRVRx、及電源供應器PSx。HF RF產生器包括一個數位信號處理器

DSPy、多個參數控制器PS1y、PS2y、及PS0y，以及多個佔空比控制器 DCC1y、DCC2y、及DCC0y。HF RF產生器還包括頻率控制器Fy、驅動器DRVRy、及電源供應器PSy。頻率控制器在此處有時稱為自動頻率調諧器（AFT）。

【0111】 如此處所用，控制器的示例包括處理器和記憶體裝置。控制器的處理器係耦接到控制器的記憶體裝置。為了說明，控制器是在ASIC或PLD之內整合的微控制器或整合式控制器。如此處所使用的自動頻率調諧器的示例包括處理器和記憶體裝置。自動頻率調諧器的處理器係耦接到自動頻率調諧器的記憶體裝置。如此處所用，驅動器的示例包括一個或多個電晶體。一個或多個電晶體彼此耦接。RF電源供應器的一個示例包括電子振盪器，它是一電子電路，產生週期性的、振蕩的電子信號，例如正弦波。

【0112】 數位信號處理器DSPx係耦接到處理器112。數位信號處理器DSPx係耦接到頻率控制器Fx、佔空比控制器DCC1x和DCC0x、以及參數控制器PS1x和PS0x。LF RF產生器的每個佔空比控制器係耦接到LF RF產生器的相應參數控制器。例如，佔空比控制器DCC1x係耦接到參數控制器PS1x並且佔空比控制器DCC0x係耦接到參數控制器PS0x。控制器PS1x、PS0x、及Fx係耦接到驅動器DRVRx，驅動器DRVRx係耦接到RF電源供應器PSx。RF電源供應器PSx在輸出O1處耦接到RF電纜RFC1。佔空比控制器 DCC1x係耦接到佔空比控制器 DCC0x。

【0113】 類似地，數位信號處理器DSPy係耦接到處理器112。數位信號處理器DSPy係耦接到參數控制器PS1y、PS2y、及PS0y、佔空比控制器DCC1y、DCC2y、及DCC0y，以及頻率控制器Fy。

【0114】 每個佔空比控制器DCC1y、DC2y及DC0y係耦接到參數控制器PS1y、PS2y、及PS0y其中的對應一者。 例如，佔空比控制器DCC1y係耦接到參數控制器PS1y，佔空比控制器DCC2係耦接到參數控制器PS2y，並且佔空比控制器DCC0y係耦接到參數控制器PS0y。參數控制器PS1y、PS2y、及PS0y以及頻率

控制器Fy係耦接到驅動器DRVRy，驅動器DRVRy係耦接到RF電源供應器PSy。RF電源供應器PSy在輸出O2處耦接到RF電纜RFC2。佔空比控制器DCC1y係耦接到佔空比控制器DCC2y並且佔空比控制器DCC2y係耦接到佔空比控制器DCC0y。

【0115】處理器112將三個狀態S1y、S2y和S0y的配方資訊嵌入配方信號402之內，例如配方信號136A或136B（圖1）。例如，處理器112針對三個狀態S1y、S2y及S0y的各者分配識別符。在該示例中，三個狀態各者的識別符在此處有時稱為HF狀態識別符。此外，在該示例中，處理器112識別三個狀態S1y、S2y及S0y的配方資訊是否是狀態的參數位準、頻率、或佔空比。在該示例中，處理器112進一步在配方信號402之內包括執行狀態S1y、S2y及S0y的佔空比的順序，例如序列。為了說明，處理器112將第一HF參數識別符分配給狀態S1y的參數位準，將第一HF佔空比識別符分配給狀態S1y的佔空比，並且將HF頻率識別符分配給HF RF產生器的頻率。此外，在圖示中，處理器112將第二HF參數識別符分配給狀態S2y的參數位準並且將第二HF佔空比識別符分配給狀態S2y的佔空比。在圖示中，處理器112將第三HF參數識別符分配給狀態S0y的參數位準並且將第三HF佔空比識別符分配給狀態S0y的佔空比。此外，在圖示中，此順序包括在狀態S2y之前執行狀態S1y，狀態S2y在狀態S0y之前執行。

【0116】數位信號處理器DSPy接收配方信號402並從配方信號402中提取配方資訊。例如，數位信號處理器DSPy從三個HF狀態識別符確定配方信號402之內的配方資訊包括關於三個狀態S1y、S2y及S0y的資訊。為了說明，數位信號處理器DSPy確定配方信號402是否包括關於每個狀態S1y、S2y及S0y的參數位準、或該狀態的佔空比、或該狀態的頻率的資訊。繼續說明，數位信號處理器DSPy基於一狀態的HF參數識別符而確定配方信號402包括該狀態的參數位準。類似地，在圖示中，數位信號處理器DSPy基於一狀態的HF佔空比識別符確定配

方信號402包括該狀態的佔空比。此外，在圖示中，數位信號處理器DSPy基於用於一狀態的HF頻率識別符確定配方信號402包括用於該狀態的頻率。在圖示中，數位信號處理器 DSPy 從配方信號 402 中識別狀態S1y、S2y及S0y 的佔空比的執行順序。

【0117】 數位信號處理器DSPy將每個狀態的配方資訊發送到控制器PS1y、PS2y、PS0y、DCC1y、DCC2y、DCC0y、及Fcy其中對應一者。例如，數位信號處理器DSPy將狀態S1y的參數位準發送給參數控制器PS1y，將狀態S2y的參數位準發送給參數控制器PS2y，並將狀態S0y的參數位準發送給參數控制器PS0y。此外，在該示例中，數位信號處理器DSPy將狀態S1y的佔空比發送到佔空比控制器DCC1y，將狀態S2y的佔空比發送到佔空比控制器DCC2y，並且將狀態S0y的佔空比發送到佔空比控制器DCC0y。此外，在該示例中，數位信號處理器DSPy將三個狀態S1y、S2y及S0y的頻率發送到頻率控制器Fy。在該示例中，數位信號處理器DSPy將佔空比執行順序針對狀態S1y發送到佔空比控制器DCC1y，針對狀態S2y發送到佔空比控制器DCC2y，以及針對狀態 S0y發送到佔空比控制器 DCC0y。

【0118】 HF RF產生器內的每個控制器各自存儲從數位信號處理器DSPy接收到的配方資訊的一部分。例如，參數控制器PS1y的處理器將狀態S1y的參數位準存儲在參數控制器PS1y的記憶體裝置之內。繼續該示例，參數控制器PS2y的處理器將狀態S2y的參數位準存儲在參數控制器PS2y的記憶體裝置之內。此外，在該示例中，參數控制器PS0y的處理器將狀態S0y的參數位準存儲在參數控制器PS0y的記憶體裝置內。此外，在該示例中，佔空比控制器DCC1y的處理器將佔空比和狀態S1y的執行順序存儲在佔空比控制器DCC1y的記憶體裝置中。此外，在該示例中，佔空比控制器DCC2y的處理器將針對狀態S2y的佔空比和執行順序存儲在佔空比控制器DCC2y的記憶體裝置內。在該示例中，佔空比控制器

DCC0y的處理器將針對狀態S0y的佔空比和執行順序存儲在佔空比控制器DCC0y的記憶體裝置之內。此外，在該示例中，頻率控制器FCy的處理器將針對狀態S1y、S2y、及S0y的頻率存儲在頻率控制器FCy的記憶體裝置之內。

【0119】 響應於接收到觸發信號302，數位信號處理器DSPy，在時脈信號202（圖2）的一個循環的每個脈衝的開始處，向每個控制器DCC1y、DCC2y、DCC0y、及Fy發送指令。接收到指令後，各佔空比控制器DCC1y、DCC2y及DC0y根據執行順序向對應的參數控制器PS1y、PS2y及PS0y發送一命令，以針對佔空比內的一時間段產生一指令信號。例如，響應接收到該指令，佔空比控制器DCC1y在第一時間T1向參數控制器PS1y發送一命令，以基於針對狀態S1y的參數位準生成一指令信號，並且該指令信號係針對在狀態S1y的佔空比內的時間段TP1y而加以生成。類似地，在示例中，在接收到指令後，佔空比控制器 DCC2y等待時間段TP1y並在第二時間T2向參數控制器PS2y 發送一命令，以基於針對狀態S2y的參數位準生成一指令信號，並且此指令信號係針對在狀態S2y的佔空比內的時間段TP2y加以產生。在該示例中，此命令係加以發送到參數控制器PS2y以將HF RF信號從狀態S1y的參數位準轉變到狀態S2y的參數位準。此外，在該示例中，時間段TP1y係從佔空比控制器DCC1y發送到佔空比控制器DCC2y。此外，在該示例中，在接收到指令後，佔空比控制器DCC0y等待時間段TP2y，並在第三時間T3向參數控制器PS0y發送一命令以基於針對狀態S0y的參數位準而生成一指令信號，並且該指令信號係針對狀態S0y的佔空比之內的一時間段加以產生。在該示例中，此命令係發送到參數控制器PS0y以將HF RF信號從狀態S2y的參數位準轉變到狀態S0y的參數位準。在該示例中，時間段TP2y從佔空比控制器DCC2y發送到佔空比控制器DCC0y。在示例中，該第三時間在該第二時間之後，第二時間在第一時間之後。第二時間緊接在第一時間和時間段TP1之後，而第三時間緊接在第二時間和時間段TP2之後。

【0120】響應於從數位信號處理器DSPy接收到指令，頻率控制器FCy基於狀態S1y、S2y及S0y的頻率而產生一指令信號，並將該指令信號發送到驅動器DRVRy。從控制器PS1y、PS2y、PS0y、及FCy接收到狀態S1y、S2y、及S0y的指令信號後，驅動器DRVRy基於指令信號生成一電流信號，並將此電流信號發送到電源供應器PSy。當從驅動器DRVRy接收到電流信號時，電源供應器PSy基於電流信號產生RF信號404。RF信號404的一個例子是RF信號138A（圖1）。RF信號404的另一個例子是RF信號138B（圖1）。RF信號404在輸出O2處由電源供應器PSy提供，以供經由RF電纜RFC2傳輸。

【0121】應當注意，當具有兩種狀態而不是三種狀態的配方信號132從處理器112發送到數位信號處理器DSPy時，數位信號處理器DSPy不會將配方信號132內關於狀態S2y的資訊發送到控制器PS2y和DCC2y。沒有狀態S2y的參數位準發送到參數控制器PS2y，並且沒有狀態S2y的佔空比發送到佔空比控制器DCC2y。

【0122】處理器112將兩種狀態S1x和S0x的配方資訊嵌入配方信號403中，例如配方信號137A或137B（圖1）。例如，處理器112針對兩個狀態S1x和S0x各者分配識別符。兩個狀態S1x和S0x每一者的識別符在此處有時稱為LF狀態識別符。此外，在該示例中，處理器112識別兩個狀態S1x和S0x的配方資訊是否是一狀態的參數位準、頻率、或佔空比。在該示例中，處理器112進一步在配方信號403之內包括狀態S1x和S0x的佔空比的執行順序，例如序列。為了說明，處理器112將第一LF參數識別符分配給狀態S1x的參數位準，將第一LF佔空比識別符分配給狀態S1x的佔空比，並且將LF頻率識別符分配給LF RF產生器的頻率。此外，在圖示中，處理器112將第二LF參數識別符分配給狀態S0x的參數位準並且將第二LF佔空比識別符分配給狀態S0x的佔空比。在圖示中，此順序包括在狀態S0x之前執行狀態S1x。

【0123】數位信號處理器DSPx接收配方信號403並從配方信號403中提取配方資訊。例如，數位信號處理器DSPx從兩個LF狀態識別符確定配方信號403內的配方資訊包括關於兩種狀態S1x和S0x的資訊。在該示例中，在確定如此時，數位信號處理器DSPx確定配方信號403是否包括關於每個狀態S1x和S0x的參數位準、或該狀態的佔空比、或該狀態的頻率的資訊。繼續該示例，數位信號處理器DSPx基於一狀態的LF參數識別符確定配方信號403包括該狀態的參數位準。類似地，在示例中，數位信號處理器DSPx基於一狀態的LF佔空比識別符而確定配方信號403包括該狀態的佔空比。此外，在該示例中，數字信號處理器DSPx基於一狀態的LF頻率標識符確定配方信號403包括用於該狀態的頻率。在該示例中，數位信號處理器DSPx從配方信號403針對狀態S1x和S0x識別佔空比的執行順序。

【0124】數位信號處理器DSPx將每個狀態的配方資訊發送到控制器PS1x、PS2x、及Fx其中相應一個。例如，數位信號處理器DSPx將狀態S1x的參數位準發送給參數控制器PS1x，將狀態S0x的參數位準發送給參數控制器PS0x，將兩個狀態S1x和S0x的頻率發送給頻率控制器Fx。在該示例中，數位信號處理器DSPx發送佔空比執行順序，針對狀態S1x到佔空比控制器DCC1x，及針對狀態S0x發送到佔空比控制器DCC0x。

【0125】LF RF產生器內的每個控制器存儲從數位信號處理器DSPx接收的配方資訊的一部分。例如，參數控制器PS1x的處理器將狀態S1x的參數位準存儲在參數控制器PS1x的記憶體裝置內。繼續該示例，參數控制器PS0x的處理器將狀態S0x的參數位準存儲在參數控制器PS0x的記憶體裝置之內。此外，在該示例中，佔空比控制器DCC1x的處理器將狀態S1x的佔空比和執行順序存儲在佔空比控制器DCC1x的記憶體裝置之內。此外，在示例中，佔空比控制器DCC0x的處理器將狀態S0x的佔空比和執行順序存儲在佔空比控制器DCC0x的記憶體裝置

之內。此外，在該示例中，頻率控制器FCx的處理器將用於狀態S1x和S0x的頻率存儲在頻率控制器FCx的記憶體裝置內。

【0126】 響應於接收到觸發信號302，數位信號處理器DSPx在時脈信號202（圖2）的循環的每個脈衝開始時，向每個控制器PS1x、PS0x、DCC1x、DCC0x、及Fx發送一指令。接收到指令後，各佔空比控制器DCC1x和DCC0x根據執行順序向對應的參數控制器PS1x和PS0x發送一命令，以針對在此佔空比內的一時間段產生一指令信號。例如，響應接收到該指令，佔空比控制器DCC1x在第一時間T1向參數控制器PS1x發送一命令，以基於狀態S1x的參數位準而生成一指令信號，且該指令信號係針對在狀態S1x的佔空比內的時間段TP1y而加以生成。類似地，在該示例中，在接收到指令後，佔空比控制器DCC0x等待時間段TP1y並在第二時間T2向參數控制器 PS0x發送一命令，以基於針對狀態S0x的參數位準而生成一指令信號，並且該指令信號係針對在狀態S0x的佔空比之內的一時間段而加以產生。在該示例中，時間段TP1y從佔空比控制器DCC1y發送到佔空比控制器DCC0x。此外，在該示例中，此命令係發送到參數控制器PS0x以將LF RF信號從狀態S1x的參數位準轉變到狀態S0x的參數位準。在該示例中，當此命令在第二時間T2發送到參數控制器PS0x時，與RF信號404從狀態S1y的參數位準到狀態S2y的參數位準的轉變同步，由LF RF產生器生成的RF信號405從狀態S1x的參數位準轉變到狀態S0x的參數位準。

【0127】 響應於接收到來自數位信號處理器DSPx的指令，頻率控制器FCx基於狀態S1x和S0x的頻率而產生一指令信號，並將此指令信號發送給驅動器DRVRx。當從控制器PS1x、PS0x及FCy接收到狀態S1x和S0x的指令信號時，驅動器DRVRx基於指令信號產生一電流信號並將此電流信號發送到電源供應器PSx。當從驅動器DRVRx接收到電流信號時，電源供應器PSx基於此電流信號生

成RF信號405，例如RF信號139A或139B（圖1）。RF信號405在輸出O1處由電源供應器PSx提供，以供經由RF電纜RFC1傳輸。

【0128】在一個實施例中，將生成參數218（圖2C）。在該實施例中，響應於接收到觸發信號302，數位信號處理器DSPy在時脈信號202（圖2）的一個循環的每個脈衝的開始發送指令到控制器DCC1y、DCC0y、DCC2y、及Fy每一者。接收到指令後，各佔空比控制器DCC1y、DCC0y、DCC2y根據執行順序向對應的參數控制器PS1y、PS0y、及PS2y發送一命令，以針對在佔空比內的一時間段產生指令信號。例如，響應於接收到指令，佔空比控制器DCC1y在第一時間T1.1向參數控制器PS1y發送一命令以基於針對狀態S1y的參數位準而生成一指令信號，並且該指令信號係針對在狀態S1y的佔空比內的時間段TP1.1y加以生成。類似地，在示例中，在接收到指令後，佔空比控制器DCC0y 等待時間段TP1.1y並在第二時間T2.1向參數控制器PS0y發送一命令以基於狀態S0y的參數位準而產生一指令信號，並且該指令信號係針對在狀態S0y的佔空比內的時間段TP2.1y加以產生。在該示例中，此命令係發送到參數控制器PS0y以將HF RF信號從狀態S1y的參數位準轉變到狀態S0y的參數位準。此外，在該示例中，時間段TP1.1y係從佔空比控制器DCC1y發送到佔空比控制器DCC0y。進一步地，在該示例中，接收到指令後，佔空比控制器DCC2y等待時間段TP2.1y，並在第三時間T3.1向參數控制器PS2y發送一命令，以基於狀態S2y的參數位準而生成一指令信號，並且該指令信號係針對在狀態S2y的佔空比之內的時間段TP3.1y加以產生。在該示例中，此命令係發送到參數控制器PS2y以將HF RF信號從狀態S0y的參數位準轉變到狀態S2y的參數位準。在示例中，時間段TP2.1y從佔空比控制器DCC0y發送到佔空比控制器DCC2y。在示例中，第三時間在第二時間之後，而第二時間在第一時間之後。此外，在該示例中，第二時間緊接在第一時間和時間段TP1.1之後，而第三時間緊接在第二時間和時間段TP2.1之後。

【0129】 在一個實施例中，佔空比控制器DCC1x係耦接到佔空比控制器DCC1y。佔空比控制器DCC1x的處理器從佔空比控制器DCC1y的記憶體裝置存取狀態S1y的佔空比。在存取狀態S1y的佔空比時，佔空比控制器DCC1x的處理器確定狀態S1x的佔空比是否匹配狀態DC1y的佔空比。在確定狀態S1x和S1y的佔空比不匹配時，佔空比控制器DCC1x的處理器控制狀態S1x的佔空比以匹配狀態S1y的佔空比。另一方面，當確定狀態S1x和S1y的佔空比匹配時，佔空比控制器DCC1x的處理器不控制狀態S1x的佔空比以匹配狀態S1y的佔空比。

【0130】 圖5A是基板500的實施例的示圖，用於說明在狀態S1y和S1x期間對基板500執行的蝕刻操作的效果。基板500是基板S（圖1）或基板S1（圖3A）的示例。基板500具有堆疊層502（例如NAND堆疊）以及遮罩層504。

【0131】 遮罩層504具有輪廓503。遮罩層的輪廓的示例是遮罩層的側視圖。側視圖是說明遮罩層的形狀的二維視圖。該形狀可以包括沿y軸的高度和沿x軸的寬度。此高度在垂直方向，且此寬度在水平方向。

【0132】 遮罩層504形成在堆疊層502的頂部。作為示例，堆疊層502在其底部包括氧化物-多晶矽-氧化物-多晶矽（OPOP）層。堆疊層502還具有位於OPOP層頂部的汲極-側選擇閘極（SGD）和位於SGD層頂部的氮化物層。遮罩層504形成在氮化物層的頂部。

【0133】 鈍化層506A和506B形成在遮罩層504的側壁SW1和SW2上。例如，鈍化層506A鄰近遮罩層504的側壁SW1，且鈍化層506B鄰近遮罩層504的側壁SW2。為了說明，沒有在鈍化層506A與側壁SW1之間的層並且沒有在鈍化層506B與側壁SW2之間的層。鈍化層506A經由鈍化層506A與506B之間的間隙面對鈍化層506B。遮罩層504的側壁SW1和SW2在此處有時稱為基板500的頸部區域或頸部。鈍化層包括沉積在遮罩層504的側壁上的聚合材料。例如，鈍化層506A

和506B包括從堆疊層502的蝕刻所濺射的堆疊層502的材料，或來自製程氣體的材料，或其組合。

【0134】狀態S1y和S1x蝕刻堆疊層502並且對減少鈍化層506A和506B幾乎沒有作用。當鈍化層506A和506B沒有減少時，遮罩堵塞發生並且層506A與506B之間的水平距離508減小。例如，鈍化層506A和506B生長直到在鈍化層506A與506B之間沒有剩餘空間。水平距離508是遮罩層504的CD的示例。在應用狀態S1y和S1x期間，水平距離508是鈍化層506A與506B之間的最小距離量。

【0135】圖5B是基板500的實施例的示意圖，用於說明狀態S2y和S0x對基板500的影響。在狀態S2y和S0x同時或並行發生期間，與水平距離508（圖5A）相比，鈍化層506A與506B之間的水平距離510增加。水平距離510是遮罩層504的CD的另一個示例。在應用狀態S2y和S0x期間，水平距離510是鈍化層506A與506B之間的最小距離。遮罩層504具有輪廓505。

【0136】圖5C是基板500的實施例的示意圖，以說明狀態S0y和S0x對基板500的影響。在狀態S0y和S0x期間，在基板500上執行沉積操作。在狀態S0y和S0x發生期間，與水平距離510（圖5B）相比，鈍化層506A與506B之間的水平距離512減小。水平距離512是遮罩層504的CD的另一個示例，其具有輪廓507。在應用狀態S0y和S0x期間，水平距離512是鈍化層506A與506B之間的距離最小量。藉由引入狀態S2y和S0x，水平距離510達成，且因此遮罩層504的CD增加。狀態S2y和S0x降低了遮罩層504將由鈍化層506A和506B加以堵塞的機會。

【0137】此處描述的實施例可以用各種電腦系統配置來實施，包括手持式硬體單元、微處理器系統、基於微處理器的或可編程的消費性電子設備、小型電腦、大型電腦等等。實施例還可以在分散式計算環境中實施，其中任務藉由通過網路鏈接的遠程處理硬體單元執行。

【0138】在一些實施例中，控制器是系統的一部分，其可以是上述示例的一部分。這樣的系統包括半導體處理器材，包括一個或多個處理機台、一個或多個腔室、一個或多個用於處理的平台、及/或特定的處理組件（晶圓台座、氣流系統等等）。這些系統係與電子設備整合在一起，用於在處理半導體晶圓或基板之前、期間及之後控制它們的操作。電子設備稱為「控制器」，它可以控制一個或多個系統的各種組件或子部件。取決於製程要求和/或系統類型，控制器係加以編程以控制此處揭露的製程任一者，包括製程氣體的輸送、溫度設定（例如，加熱和/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、位置和操作設定、進出一機台和與一系統耦接或介接的其他轉移機台和/或負載鎖室之晶圓轉移。

【0139】廣義而言，在各種實施例中，控制器係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，其接收指令、發出指令、控制操作、允許清潔操作、允許終點量測等等。積體電路包含儲存程式指令之呈韌體形式的晶片、數位信號處理器（DSP）、定義為ASIC的晶片、PLD、及/或一或多個微處理器、或執行程式指令（例如軟體）的微控制器。程式指令為指令，其以各種個別設定（或程式檔案）形式與控制器通訊，定義參數、因數、變數等等用於針對一半導體晶圓或在半導體晶圓上或對一系統執行一特定製程。在一些實施例中，程式指令為由製程工程師所定義之配方的一部分，用以在一或多層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、及/或晶圓的晶元之加工期間達成一或多個處理步驟。

【0140】在一些實施例中，控制器為一電腦的一部分或耦接至電腦，該電腦係與系統整合、連接至系統、以其他方式網路連接至系統、或其組合。舉例來說，控制器係在「雲端」或晶圓廠主機電腦系統的全部或一部分，其允許針對晶圓處理的遠端存取。此電腦允許對系統的遠端存取，以監測加工操作的目

前進度、檢驗過去加工操作的歷史、自多個加工操作檢驗趨勢或效能指標，以改變目前處理的參數，以設定目前處理之後的處理步驟，或啟動新的製程。

【0141】在一些實施例中，遠端電腦（例如伺服器）將製程配方透過一網路提供給一系統，此網路包含區域網路或網際網路。遠端電腦包含一用戶介面，其允許參數及/或設定的輸入或編程，該參數及/或設定接著自該遠端電腦傳輸至系統。在一些例子中，控制器接收呈資料形式的指令，其針對一個以上操作期間所執行的處理步驟每一者而指定參數、因數、及/或變數。應理解的是，該等參數、因數、及/或變數係特定於待執行的製程之類型、以及控制器建構以介接或控制之機台的類型。因此，如上所述，控制器係分散式的，例如包含網路連接在一起且朝共同目的（例如此處所述製程和控制）而工作的一或多個離散的控制器。用於此等目的之分散式控制器的例子包含在一腔室上的一或多個積體電路，其與位於遠端的一或多個積體電路（例如位於平台級或為遠端電腦的一部分）通訊，此等積體電路組合而控制腔室中的製程。

【0142】在各種實施例中，非限制性地，應用此方法的例示系統包含電漿蝕刻腔室或模組、沉積腔室或模組、旋轉清洗腔室或模組、金屬鍍覆腔室或模組、清潔腔室或模組、斜邊蝕刻腔室或模組、物理氣相沉積（PVD）腔室或模組、化學氣相沉積（CVD）腔室或模組、原子層沉積（ALD）腔室或模組、原子層蝕刻（ALE）腔室或模組、離子植佈腔室或模組、軌道腔室或模組、及與半導體晶圓的加工和/或製造關聯的或所使用的任何其他半導體處理系統。

【0143】進一步注意，在一些實施例中，上述操作適用於幾種類型的電漿腔室，例如，包括電感耦合電漿（ICP）反應器的電漿腔室、變壓器耦合電漿腔室、導體機台、介電機台、包括電子迴旋共振（ECR）反應器的電漿腔室等等。例如，一個或多個RF產生器係耦接到ICP反應器內的電感器。電感器的形狀的示例包括螺線管、圓頂形線圈、扁平形線圈等。

【0144】如以上所提及，取決於由機台執行之一個以上製程操作，主電腦係與半導體製造工廠中之以下者其中一或更多進行通訊：其他機台電路或模組、其他機台組件、叢集機台、其他機台介面、相鄰的機台、附近的機台、遍及工廠而分布的機台、主電腦、另一控制器、或材料運輸中使用之機台，該材料運輸中使用之機台攜帶晶圓容器往返機台位置及/或裝載埠。

【0145】考慮到上述實施例，應理解的是該等實施例其中一些使用各種電腦實現操作，該等電腦實現操作涉及在電腦系統中所儲存資料。這些操作係對物理量進行物理性操作者。形成實施例部分之此處所述操作任何者係有用的機器操作。

【0146】該等實施例其中一些亦關於執行這些操作的硬體單元或設備。該設備特別建構用於特殊用途電腦。當定義為特殊用途電腦時，該電腦執行非該特殊用途一部分的其他處理、程式執行或常式，而仍能夠操作用於該特殊用途。

【0147】在若干實施例中，可藉由利用儲存於電腦記憶體、快取記憶體、或透過網路取得的一個以上電腦程式選擇性啟動或設定的電腦，處理此等操作。當資料係通過電腦網路取得，該資料可藉由電腦網路上的其他電腦（例如雲端計算資源）加以處理。

【0148】一個以上實施例亦可製作為非暫時性電腦可讀媒體上的電腦可讀碼。該非暫時性電腦可讀媒體係儲存資料的任何資料儲存硬體單元，例如記憶裝置等等，該資料之後由電腦系統讀出。非暫時性電腦可讀媒體的範例包含硬碟、網路附接儲存器（NAS）、ROM、RAM、光碟唯讀記憶體（CD-ROM）、可錄CD（CD-R）、可重寫CD（CD-RW）、磁帶、及其他光學和非光學資料儲存硬體單元。在一些實施例中，非暫時性電腦可讀媒體包含分布於網路連接電腦系統上的電腦可讀有形媒體，使得電腦可讀碼分散式地加以儲存和執行。

【0149】雖然上述的方法操作係以特定的順序描述，應理解的是，在各種實施例中，其他內務處理操作在多個操作之間加以執行，或者該等方法操作係加以調整，使得該等方法操作在些許不同的時間發生，或者可分布於一系統之中，該系統允許該等方法操作以各種時間間隔發生，或以與上述不同的順序執行。

【0150】進一步應注意的是，在一實施例中，來自上述任何實施例的一個以上特徵，在不偏離本揭露內容中所述各種實施例所述之範疇的情況下，與亦於上所述之任何其他實施例的一個以上特徵結合。

【0151】雖然前述實施例以清楚理解為目的而相當程度詳細地加以描述，顯而易見的是，在隨附申請專利範圍的範疇之內可實施某些變化和修改。因此，本實施例係視為例示性而非限制性，且該等實施例係不限定於此處所提供的細節。

【符號說明】

【0152】

I1:輸入

I2:輸入

O1:輸出

O2:輸出

OM:輸出

RFC1:RF電纜

RFC2:RF電纜

RFT:RF傳輸線

S:基板

S1:基板

100:系統

102:RF信號

104:匹配器

106:電漿腔室

108:主電腦

110:電子顯微鏡

112:處理器

114:記憶體裝置

116:基板支撐件

118:上電極

120:間隙

122:側壁

124:頂壁

126:底壁

128:配方信號

129:槽孔

130:RF信號

132:配方信號

134:RF信號

136A:配方信號

136B:配方信號

137A:配方信號

137B:配方信號

138A:RF信號

138B:RF信號

139A:RF信號

139B:RF信號

140A:RF信號

140B:RF信號

202:時脈信號

218:參數

300:系統

302:觸發信號

350:桌上型電腦

352:監視器

354:鍵盤

356:滑鼠

358:列

360:列

362, 364, 366:欄位

368, 370:欄位

402:配方信號

403:配方信號

404:RF信號

405:RF信號

500:基板

502:堆疊層

503:輪廓

504:遮罩層

505:輪廓

506A, 506B:鈍化層

507:輪廓

508:水平距離

510:水平距離

512:水平距離

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，包含：

藉由一初級產生器，接收第一初級參數位準及第二初級參數位準；

藉由一次級射頻（RF）產生器，接收第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準；

藉由該初級產生器，產生具有該第一初級參數位準的初級信號；

藉由該初級產生器，在一時脈循環期間，將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準；

藉由該次級RF產生器，產生具有該第一次級參數位準的次級RF信號；

藉由該次級RF產生器，在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準；及

藉由該次級RF產生器，在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準；

其中，將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準的該步驟，係同步於將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準的該步驟而發生，

其中，該第二次級參數位準係加以產生，以控制該遮罩層的該臨界尺寸。

【請求項2】如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中該第二次級參數位準係在100瓦特至1000瓦特之範圍。

【請求項3】如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，更包含接收該臨界尺寸的一測量值，其中該第二次級參數位準係基於該臨界尺寸的該測量值。

【請求項4】 如請求項3之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中該臨界尺寸的該測量值係小於一預定臨界尺寸，該方法包含：

在接收該臨界尺寸的該測量值係小於該預定臨界尺寸的指示之後，將第四次級參數位準修改至該第二次級參數位準。

【請求項5】 如請求項4之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，更包含：在接收該臨界尺寸的該測量值係小於該預定臨界尺寸的該指示之後，改變該第四次級參數位準的佔空比。

【請求項6】 如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中該第二次級參數位準具有該第一次級參數位準的佔空比一至三倍的佔空比。

【請求項7】 如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中該第二次級參數位準具有該第一次級參數位準的佔空比四至五倍的佔空比。

【請求項8】 如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中該臨界尺寸包含介於鄰近該遮罩層的一第一鈍化層與鄰近該遮罩層的一第二鈍化層之間的距離，其中該第一鈍化層面向該第二鈍化層。

【請求項9】 如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中，當將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準的該步驟係受到控制以在與將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準的該步驟相同的時間加以初始化之時，將該初級信號自該第一初級參數位準轉

變至該第二初級參數位準的該步驟係同步於將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準的該步驟而發生。

【請求項10】如請求項1之控制基板的遮罩層的臨界尺寸的方法，其中在該第三次級參數位準以及一第一部分的該第二初級參數位準期間，一沉積操作發生於該遮罩層之上，其中在該第二次級參數位準以及一第二部分的該第二初級參數位準期間，在該遮罩層的該臨界尺寸與堵塞之間的權衡發生，其中在該第一初級參數位準及該第一次級參數位準期間，該基板受到蝕刻。

【請求項11】一種控制遮罩層的臨界尺寸的控制器，包含：

一處理器，建構以：

接收第一初級參數位準及第二初級參數位準；

接收第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準；

控制一初級產生器，以產生具有該第一初級參數位準的初級信號；

控制該初級產生器，以在一時脈循環期間，將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準；

控制一次級射頻（RF）產生器，以產生具有該第一次級參數位準的次級RF信號；

控制該次級射頻（RF）產生器，以在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準；及

控制該次級射頻（RF）產生器，以在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準，

其中，該初級信號係加以控制，以同步於該次級RF信號自該第一次級參數位準至該第二次級參數位準的轉變，自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準，

其中，該第二次級參數位準係加以產生，以控制該遮罩層的該臨界尺寸；及

一記憶體裝置，與該處理器耦接，其中該記憶體裝置係建構以存儲該第一初級參數位準、該第二初級參數位準、該第一次級參數位準、該第二次級參數位準、及該第三次級參數位準。

【請求項12】 如請求項11之控制遮罩層的臨界尺寸的控制器，其中該第二次級參數位準係在100瓦特至1000瓦特之範圍。

【請求項13】 如請求項11之控制遮罩層的臨界尺寸的控制器，其中該處理器係建構以接收該臨界尺寸的一測量值，其中該第二次級參數位準係基於該臨界尺寸的該測量值。

【請求項14】 如請求項13之控制遮罩層的臨界尺寸的控制器，其中該臨界尺寸的該測量值係小於一預定臨界尺寸，其中該處理器係建構以：

在接收該臨界尺寸的該測量值係小於該預定臨界尺寸的指示之後，將第四次級參數位準修改至該第二次級參數位準。

【請求項15】 如請求項14之控制遮罩層的臨界尺寸的控制器，其中該處理器係建構以，在接收該臨界尺寸的該測量值係小於該預定臨界尺寸的該指示之後，改變該第四次級參數位準的佔空比。

【請求項16】 如請求項11之控制遮罩層的臨界尺寸的控制器，其中該第二次級參數位準具有該第一次級參數位準的佔空比一至三倍的佔空比。

【請求項17】 一種控制遮罩的臨界尺寸的電漿系統，包含：

一初級產生器，建構以接收第一初級參數位準及第二初級參數位準；

一次級射頻（RF）產生器，建構以接收第一次級參數位準、第二次級參數位準、及第三次級參數位準；

其中該初級產生器係建構以產生具有該第一初級參數位準的初級信號，

其中該初級產生器係建構以在一時脈循環期間，將該初級信號自該第一初級參數位準轉變至該第二初級參數位準，

其中該次級射頻（RF）產生器係建構以產生具有該第一次級參數位準的次級RF信號，

其中該次級射頻（RF）產生器係建構以在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第一次級參數位準轉變至該第二次級參數位準，

其中該次級射頻（RF）產生器係建構以在該時脈循環期間，將該次級RF信號自該第二次級參數位準轉變至該第三次級參數位準，

其中，該初級信號自該第一初級參數位準至該第二初級參數位準的轉變，係同步於該次級RF信號自該第一次級參數位準至該第二次級參數位準的轉變而進行，

其中，該第二次級參數位準係加以產生，以控制該遮罩的該臨界尺寸；

一阻抗匹配電路，與該初級產生器及該次級RF產生器耦接，其中該阻抗匹配電路係建構以接收該初級信號及該次級RF信號，以輸出一修改的RF信號；及

一電漿腔室，與該阻抗匹配電路耦接，其中該電漿腔室係建構以接收該修改的RF信號，以控制該遮罩的該臨界尺寸。

【請求項18】 如請求項17之控制遮罩的臨界尺寸的電漿系統，其中該第二次級參數位準係在100瓦特至1000瓦特之範圍。

【請求項19】 如請求項17之控制遮罩的臨界尺寸的電漿系統，更包含：一主電腦，耦接至該初級產生器及該次級RF產生器，其中該主電腦係建構以接收該臨界尺寸的一測量值，其中該第二次級參數位準係基於該臨界尺寸的該測量值。

【請求項20】 如請求項19之控制遮罩的臨界尺寸的電漿系統，更包含一主電腦，耦接至該初級產生器及該次級RF產生器，其中該臨界尺寸的該測量值係小於一預定臨界尺寸，其中該處理器係建構以：

在接收該臨界尺寸的該測量值係小於該預定臨界尺寸的指示之後，將第四次級參數位準修改至該第二次級參數位準，

其中該主電腦係建構以，在接收該臨界尺寸的該測量值係小於該預定臨界尺寸的該指示之後，改變該第四次級參數位準的佔空比。

【發明圖式】

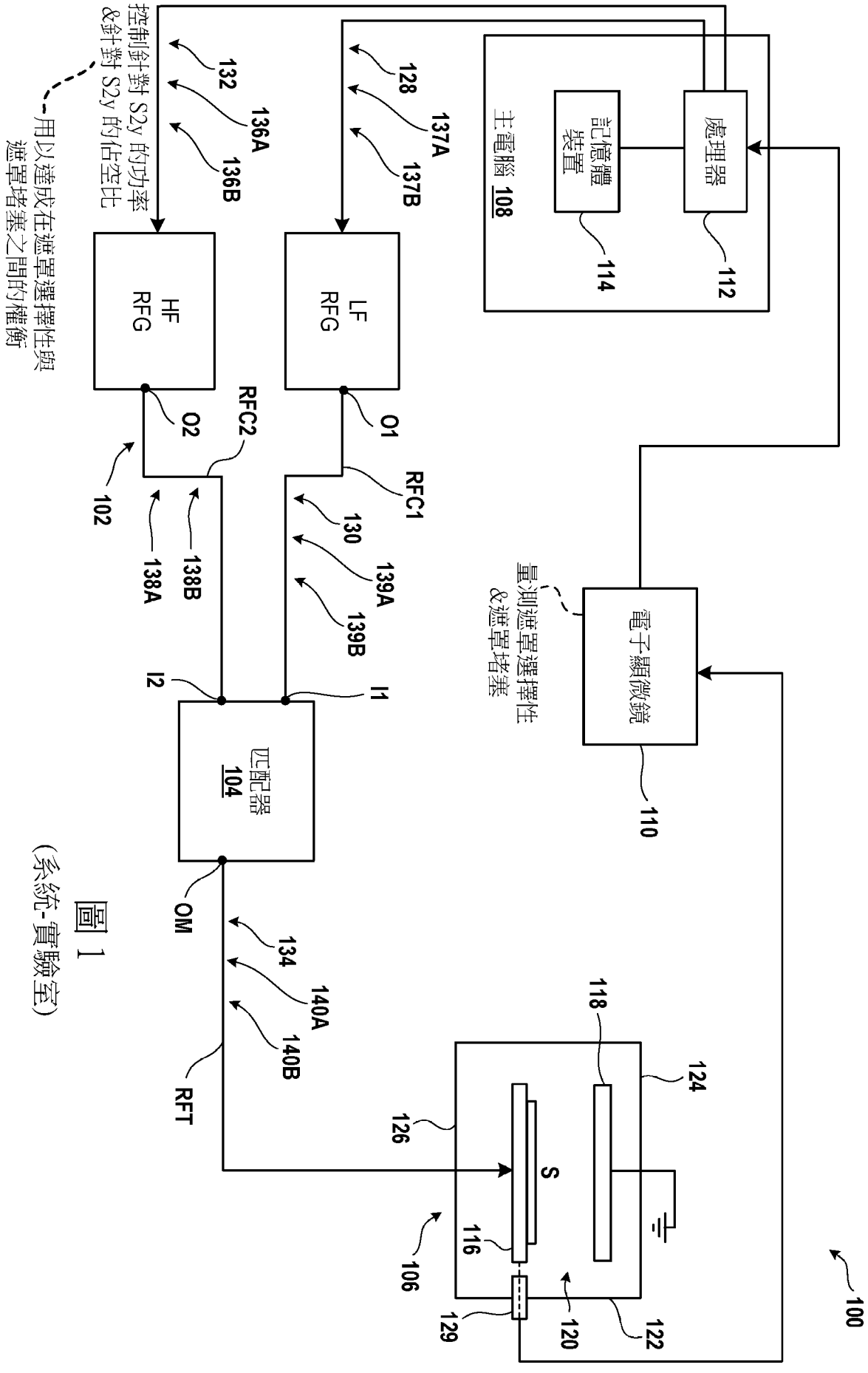


圖 1
(系統-實驗室)

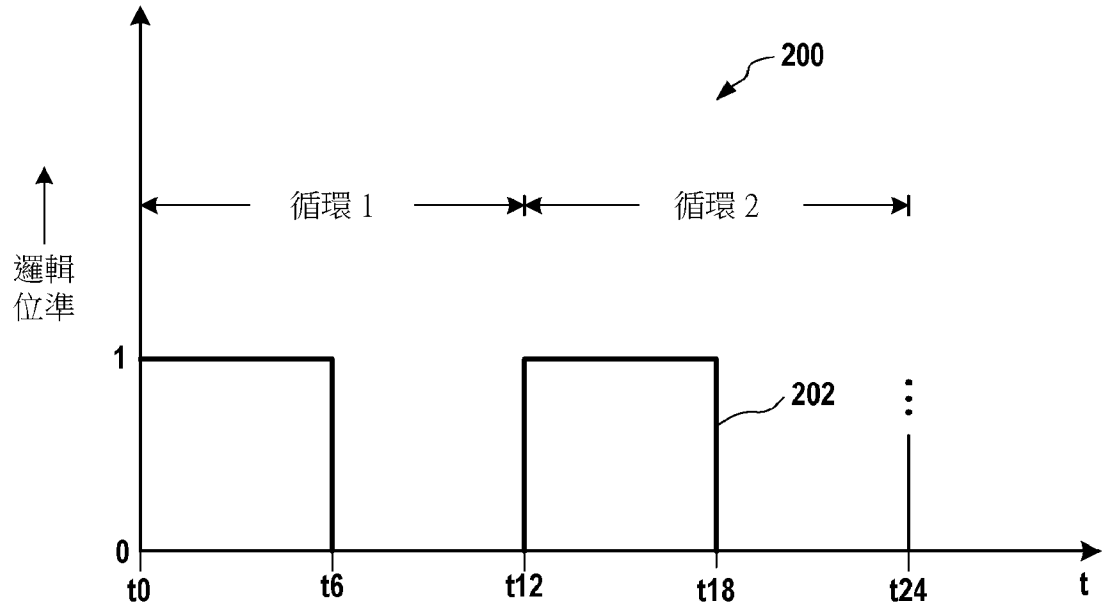


圖 2A
(時脈)

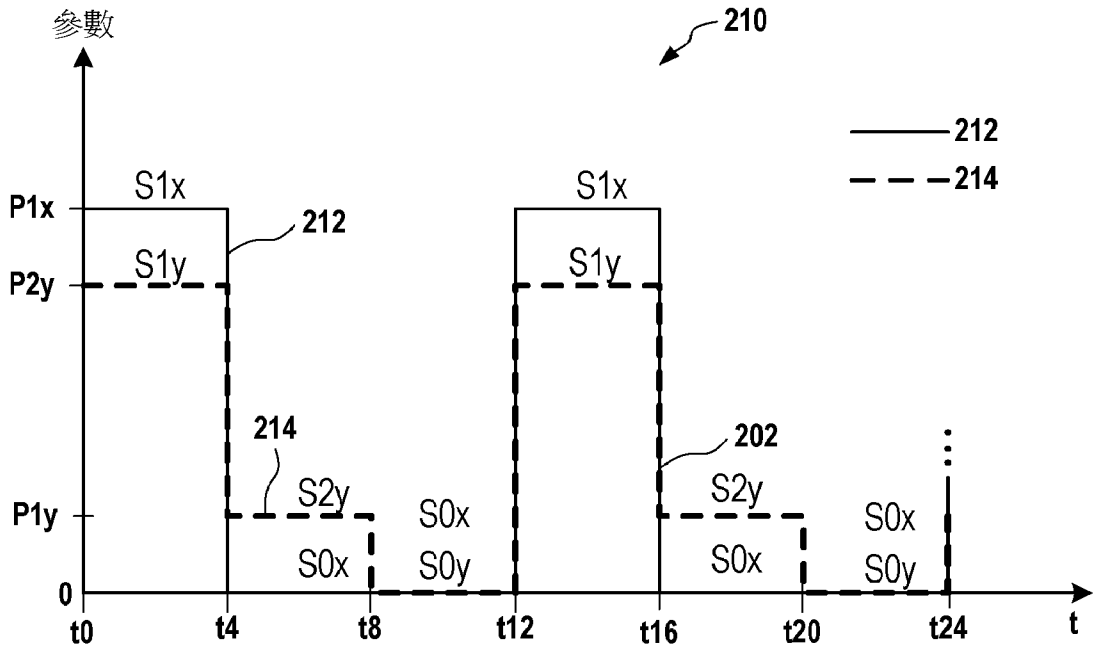


圖 2B
(Sx & Sy -實驗室)

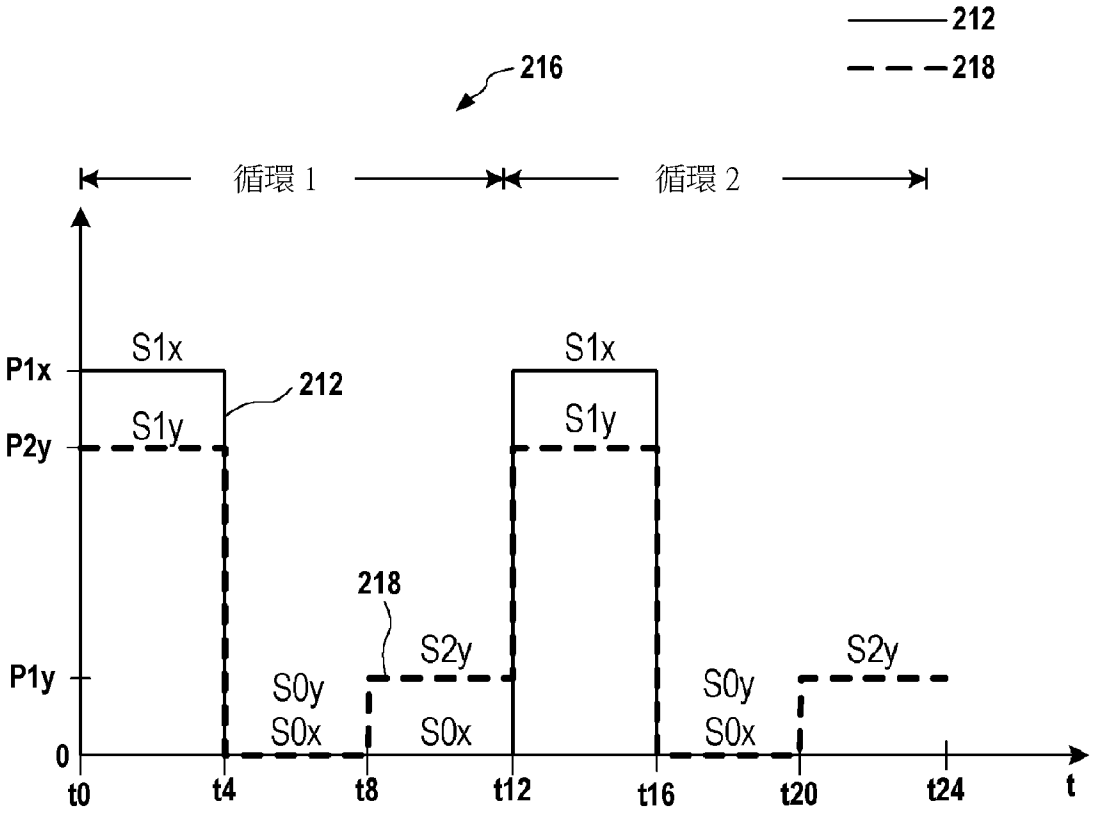


圖 2C

(S2y 接著 S0y)

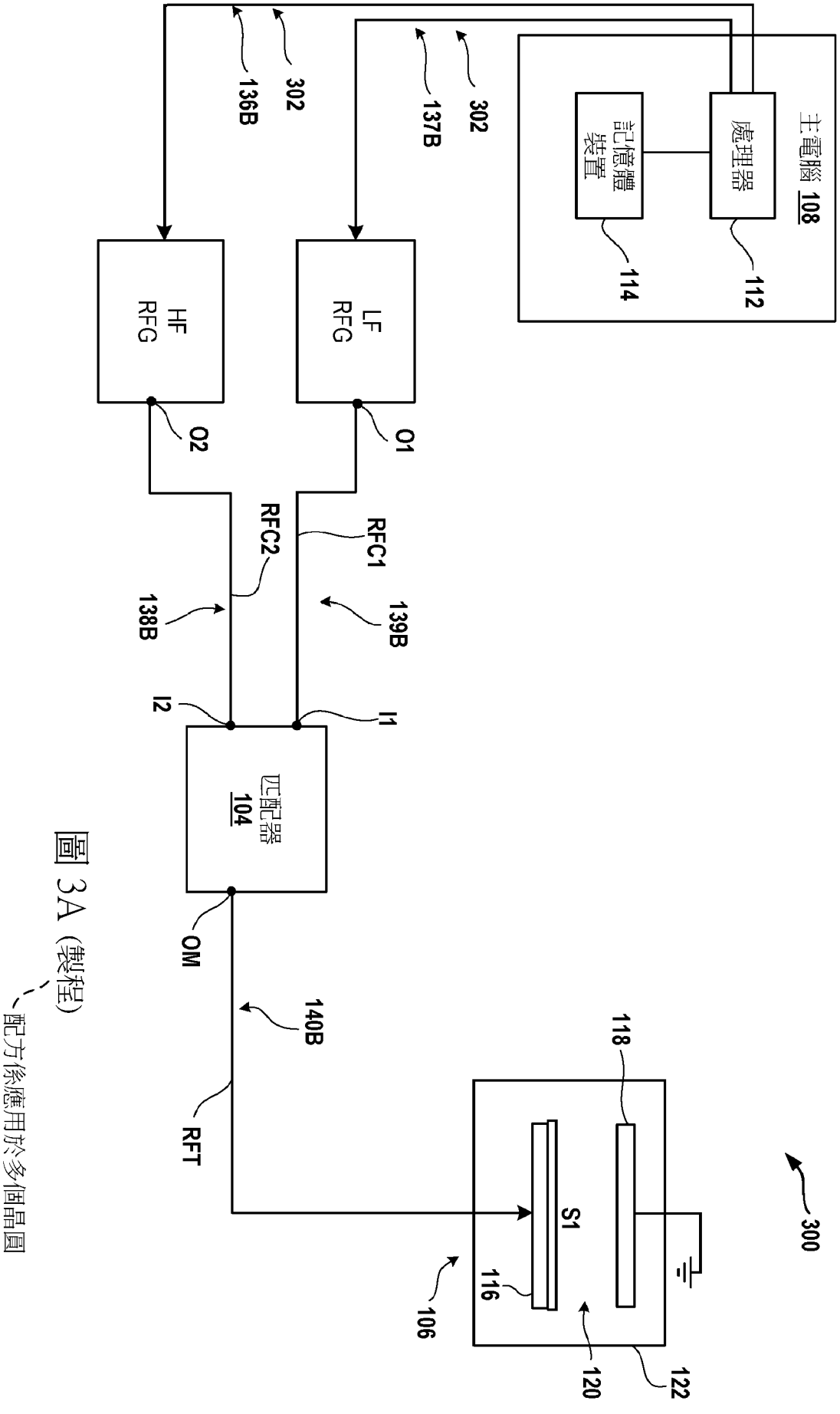


圖 3A (製程)

配方係應用於多個晶圓

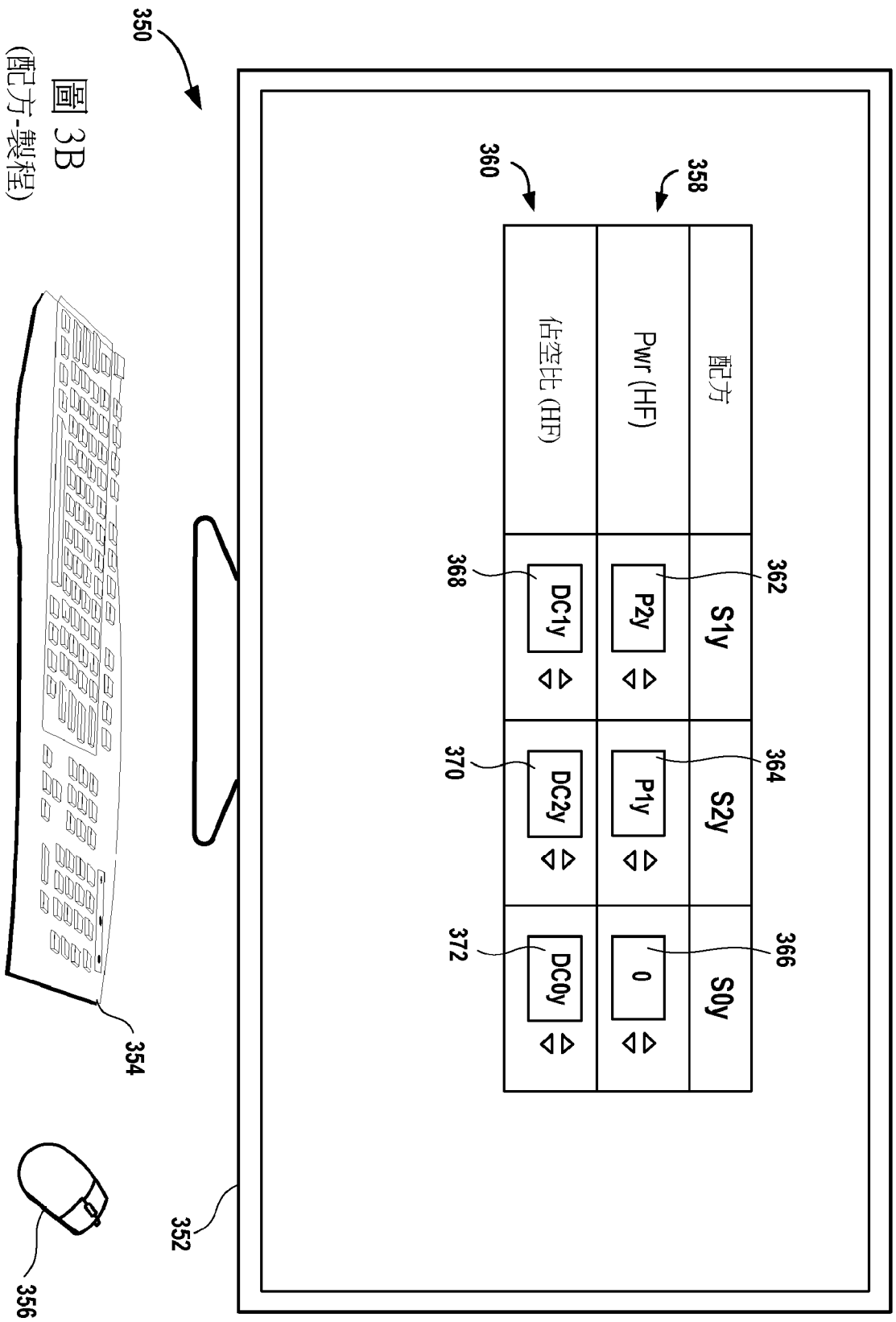

350
352
354
356
358
360
配方
Pwr (HF)
佔空比 (HF)
S1y
S2y
S0y
P2y
P1y
0
DC1y
DC2y
DC0y
362
364
366
368
370
372

圖 3B
(配方-製程)

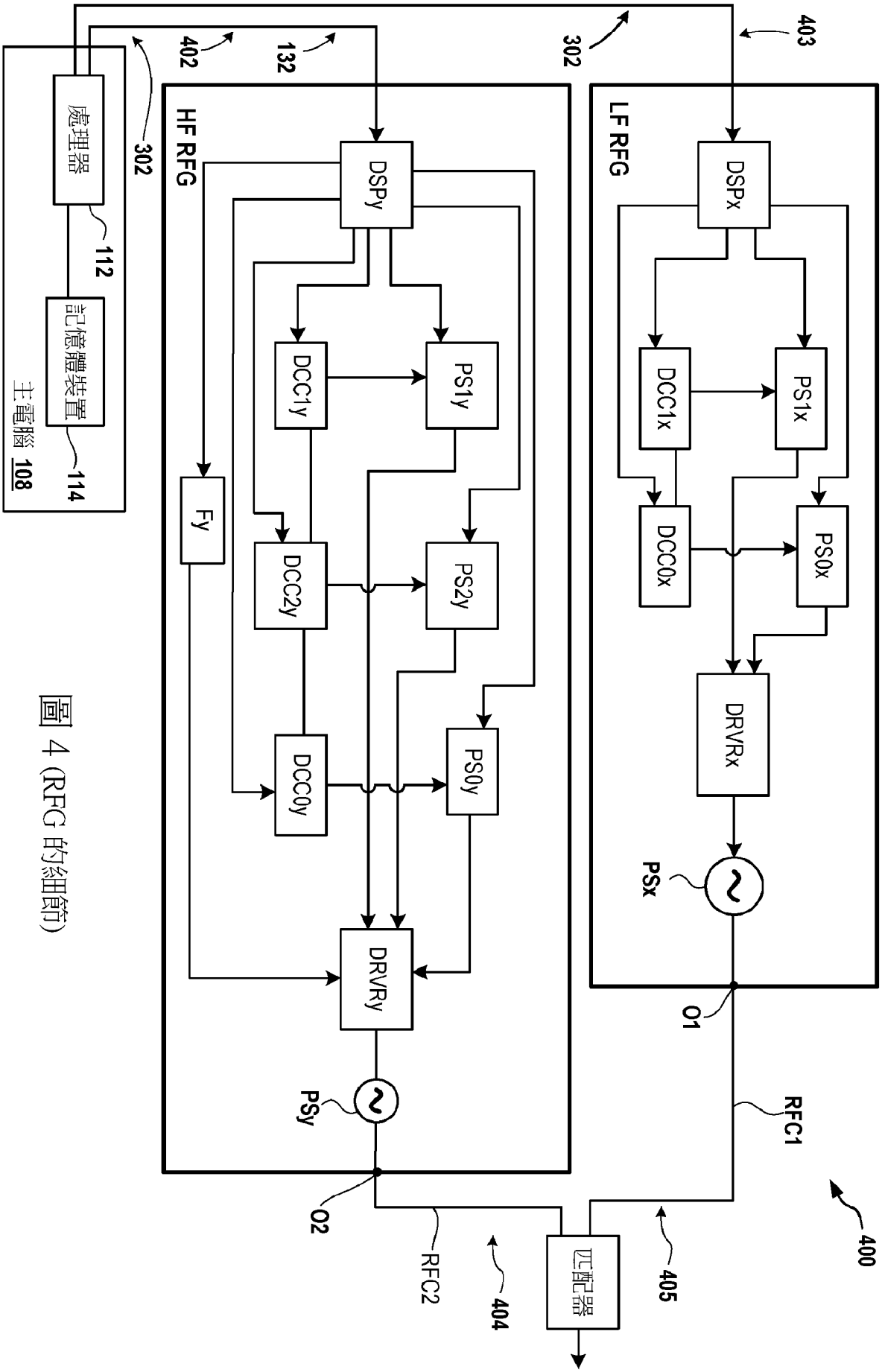

403
302
402
132
302
處理器
112
記憶體裝置
114
主電腦 108
HF RFG
DSPy
DCC1y
PS1y
Fy
DCC2y
PS2y
DCC0y
PS0y
DRVRy
PSy
O2
LF RFG
DSPx
DCC1x
PS1x
DCC0x
PS0x
DRVRx
PSx
O1
RFC1
RFC2
404
匹配器
405
400

圖 4 (RFG 的細節)

圖 5A
S1（全波）
SW
SW1
SW2
563
563A
563B
562
564
561
VAD 感測器
圖 5B
S2（全波與半波）
SW
SW1
SW2
562
564
561
VAD 感測器
圖 5C
OW SO（半波）
SW
563A
562
563B
564
561
VAD 感測器