202401490

(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 202401490 A

(43)公開日： 中華民國 113 (2024) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：112107704 (22)申請日： 中華民國 112 (2023) 年 03 月 03 日

(51)Int. Cl.： *H01J37/32 (2006.01)* *H05H1/46 (2006.01)*

(30)優先權：2022/03/07 美國 63/317,433

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

(72)發明人：包密克 蘭迪普 BHOWMICK, RANADEEP (IN)；霍藍德 約翰 HOLLAND, JOHN (US)

(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：4 共 40 頁

(54)名稱

減少狀態變遷後之反射功率的系統及方法

(57)摘要

描述一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之方法。該方法包含控制該 HF RF 產生器以將一 HF RF 訊號的一狀態劃分成複數子狀態。該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態。該方法更包含控制該 HF RF 產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值。該方法包含在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組 HF 偏移值及在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組 HF 偏移值。

A method for reducing reflected power associated with a high frequency (HF) radio frequency (RF) generator after a transition state is described. The method includes controlling the HF RF generator to divide a state of an HF RF signal into a plurality of sub-states. The plurality of sub-states include a first sub-state and a second sub-state. The method further includes controlling the HF RF generator to apply a first reference high frequency value during the first sub-state and a second reference high frequency value during the second sub-state. The method includes applying a first set of HF offset values from the first reference high frequency value during the first sub-state and applying a second set of HF offset values from the second reference high frequency value during the second sub-state.

指定代表圖：

TW 202401490 A

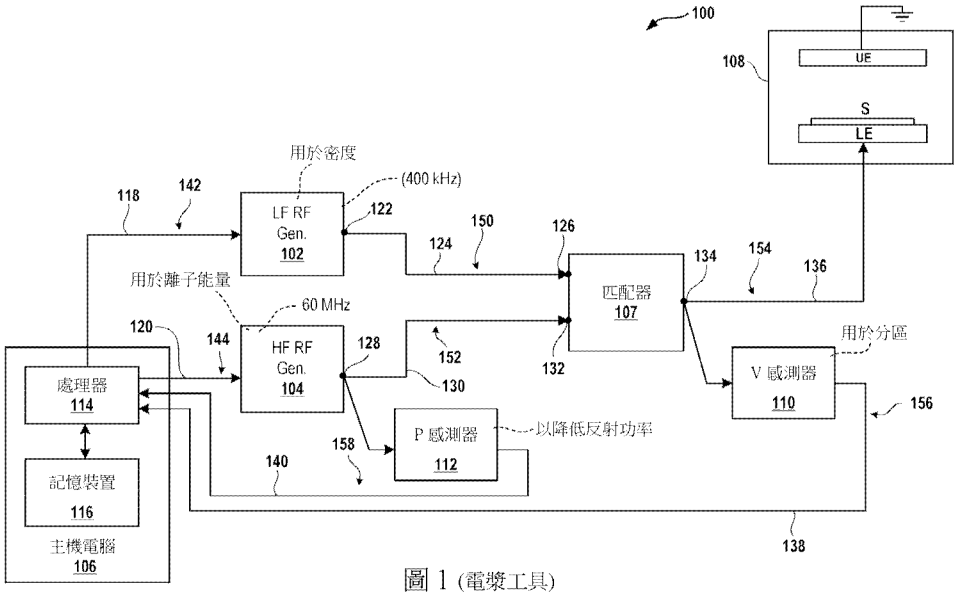


圖 1 (電漿工具)

符號簡單說明：

100:電漿系統

102:LF RF 產生器

104:HF RF 產生器

106:主機電腦

107:匹配器

108:電漿室

110:電壓(V)感測器

112:功率(P)感測器

114:處理器

116:記憶裝置

118:傳輸纜線

120:傳輸纜線

122:輸出

124:RF 纜線

126:輸入

128:輸出

130:傳輸線

132:輸入

134:輸出

136:RF 傳輸線

138:傳輸纜線

140:傳輸纜線

142:配方訊號

144:配方訊號

150:RF 訊號

152:受修改的 RF 訊號

154:受修改的 RF 訊號

156:電壓訊號

158:功率訊號

202401490

【發明摘要】

【中文發明名稱】 減少狀態變遷後之反射功率的系統及方法

【英文發明名稱】 SYSTEMS AND METHODS FOR REDUCING REFLECTED POWER AFTER A STATE TRANSITION

【中文】

描述一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之方法。該方法包含控制該HF RF產生器以將一HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態。該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態。該方法更包含控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值。該方法包含在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值及在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值。

【英文】

A method for reducing reflected power associated with a high frequency (HF) radio frequency (RF) generator after a transition state is described. The method includes controlling the HF RF generator to divide a state of an HF RF signal into a plurality of sub-states. The plurality of sub-states include a first sub-state and a second sub-state. The method further includes controlling the HF RF generator to apply a first reference high frequency value during the first sub-state and a second reference high frequency value during the second sub-state. The method includes applying a first set of HF offset values from the first reference high frequency value during the first sub-

state and applying a second set of HF offset values from the second reference high frequency value during the second sub-state.

【指定代表圖】　　圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100	電漿系統
102	LF RF 產生器
104	HF RF 產生器
106	主機電腦
107	匹配器
108	電漿室
110	電壓(V)感測器
112	功率(P)感測器
114	處理器
116	記憶裝置
118	傳輸纜線
120	傳輸纜線
122	輸出
124	RF 纜線
126	輸入
128	輸出
130	傳輸線

132	輸入
134	輸出
136	RF 傳輸線
138	傳輸纜線
140	傳輸纜線
142	配方訊號
144	配方訊號
150	RF 訊號
152	受修改的 RF 訊號
154	受修改的 RF 訊號
156	電壓訊號
158	功率訊號

【發明說明書】

【中文發明名稱】 減少狀態變遷後之反射功率的系統及方法

【英文發明名稱】 SYSTEMS AND METHODS FOR REDUCING REFLECTED POWER AFTER A STATE TRANSITION

【技術領域】

【0001】 本揭露描述的實施例關於減少狀態變遷後之反射功率的系統及方法。

【先前技術】

【0002】 此處所提供之先前技術說明係為了大體上介紹本揭露內容之背景。在此先前技術章節所敘述之範圍內之本案列名之發明人的成果、以及在申請時不適格作為先前技術之說明書的實施態樣，皆非有意地或暗示地被承認為對抗本揭露內容之先前技術。

【0003】 電漿工具包括射頻(RF)產生器、匹配器、和電漿反應器。RF產生器經由匹配器耦合到電漿反應器。半導體晶圓被放置在電漿反應器中以進行處理。RF產生器產生RF訊號，該訊號藉由匹配器供應至電漿反應器。除了RF訊號之外，處理氣體被提供至電漿反應器以處理半導體晶圓。然而，功率從電漿反應器朝HF RF產生器反射。這降低了半導體晶圓的處理效率。

【0004】 本文中所述之實施例係於此文義下所產生。

【發明內容】

【0005】本揭露的實施例提供用於減少狀態變遷後反射功率的系統和方法。應理解，本揭露之實施例可以數種方式實施，如一製程、一設備、一系統、一件硬體、或電腦可讀媒體上的一方法。下面將說明數個實施例。

【0006】在一實施例中，描述一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之方法。該方法包含控制該HF RF產生器以將一HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態。該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態。該方法更包含控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值。該方法包含在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值及在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值。

【0007】在一實施例中，描述一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之控制器。該控制器包含一處理器，其設置以：控制該HF RF產生器以將一HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態。該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態。該處理器更控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值。該處理器在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值。該處理器在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值。該控制器包含一記憶裝置，耦合至該處理器。

【0008】在一實施例中，描述一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之系統。該系統包含產生一LF RF訊號的一低頻(LF)RF產生器。該HF RF產生器產生一HF RF訊號。該系統包含一匹配器，其耦合至該LF RF產生器與該HF RF產生器。該系統包含一控制器，耦合至該LF RF產生器與該HF RF產生器。該控制器控制該HF RF產生器以將該HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態。該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態。該

控制器控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值。該控制器在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值。該控制器在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值。

【0009】 本文描述的系統和方法的若干優勢包括在狀態變遷後減少反射功率。狀態變遷在電漿阻抗中產生干擾。作為干擾的結果，在狀態變遷後立即向HF RF產生器反射更大量的功率。較大量的反射功率在本文中稱為功率突波(glitch)。為了以準確和詳細的方式減少反射功率的量，緊接在狀態變遷後的狀態被劃分成預定數量的子狀態。該劃分係針對在狀態之一段時間內發生的阻抗變化。對於每個子狀態，判定參考高頻率值和複數HF偏移以減少在狀態變遷後朝HF RF產生器反射的功率。透過將狀態劃分成預定數量的狀態並透過將參考高頻率值和HF偏移分別應用於每個子狀態，朝HF RF產生器反射的功率以準確的方式減少。例如，子狀態包括第一子狀態和第二子狀態。在範例中，透過判定第二子狀態的參考高頻率值，反射朝向HF RF產生器的功率以更準確的方式應對。

【0010】 自參考附圖之下列詳細說明將能明白若干其他態樣。

【圖式簡單說明】

【0011】 參考附圖之下列說明可瞭解本揭露之實施例。

【0012】 圖1為電漿系統之一實施例的示意圖，用於說明低頻(LF)射頻(RF)產生器和高頻(HF)RF產生器的使用。

【0013】 圖2A是說明時脈訊號的圖表。

【0014】 圖2B是說明由LF RF和HF RF產生器產生的RF訊號的多狀態脈衝之圖表。

【0015】 圖2C是說明在狀態變遷後減少功率突波的方法之圖表。

【0016】 圖3是說明由電壓(V)感測器產生電壓訊號的圖表。

【0017】 圖4是說明用於減少功率突波的方法之實施例的圖表。

【實施方式】

【0018】 下面的實施例以詳細和準確的方式描述用於減少狀態變遷後之反射功率的系統及方法。顯而易見的是，可在缺乏部分或全部此些特定細節的情況下實施本發明的實施例。在其他情況中，不再詳細說明已知的製程操作以免不必要地模糊本發明實施例。

【0019】 圖1是電漿系統100的實施例之示意圖，用於說明低頻(LF)RF產生器102和HF RF產生器104的使用。系統100包括LF RF產生器102、HF RF產生器104、主機電腦106、匹配器107、和電漿室108。電漿系統100更包括電壓(V)感測器110和功率(P)感測器112。

【0020】 作為一範例，LF RF產生器102具有400千赫茲(kHz)或2百萬赫茲(MHz)的工作頻率。此外，作為範例，HF RF產生器104具有27 MHz或60 MHz的工作頻率。主機電腦106的範例包含桌上型電腦、筆記型電腦、平板電腦、控制器、和智慧型手機。匹配器107的範例是阻抗匹配電路、或阻抗匹配器、或者匹配電路、或阻抗匹配網路。為了說明，匹配器107包括第一分支電路和第二分支電路。每個分支電路包括一或更多匹配網路元件。匹配網路元件的範例包括電容器、電感器、和電阻器。電漿室108的範例是電容耦合電漿(CCP)室。

【0021】 主機電腦106包括處理器114和記憶裝置116。處理器114的範例包括中央處理單元(CPU)、特殊應用積體電路(ASIC)、和可程式化之邏輯裝置(PLD)。記憶裝置116的範例包括唯讀記憶體和隨機存取記憶體。

【0022】 電漿室108包括下電極LE和上電極UE。在下電極LE和上電極UE之間形成間隙，並且基板S放置在下電極LE的頂表面上之間隙內以進行處理。基板S的範例包括其上製造有積體電路的半導體晶圓。

【0023】 處理器114耦合到記憶裝置116。處理器114經由傳輸纜線118耦合至LF RF產生器102並經由傳輸纜線120耦合到HF RF產生器104。傳輸纜線的範例包括以平行方式、或序列方式、或者使用通用序列匯流排(USB)協議等傳輸數據的纜線。LF RF產生器102具有經由RF纜線124耦合到匹配器107的輸入126之輸出122。類似地，HF RF產生器104具有經由RF纜線130耦合到匹配器107的輸入132之輸出128。匹配器107具有輸出134，其經由RF傳輸線136耦合到下電極LE。匹配器107的第一分支電路耦合在輸入126和輸出134之間，匹配器107的第二分支電路耦合在輸入132和輸出134之間。上電極UE耦合到接地電位。

【0024】 V感測器110經由傳輸纜線138耦合至處理器114，且P感測器112經由傳輸纜線140耦合至處理器114。V感測器110耦合至匹配器107的輸出134。此外，P感測器耦合至HF RF產生器104的輸出128。

【0025】 處理器114產生配方訊號142，其包括待由LF RF產生器102產生的RF訊號150的低頻和一或更多功率位準。作為範例，該低頻等於LF RF產生器102的工作頻率。處理器114經由傳輸纜線118將配方訊號142傳送到LF RF產生器102。此外，處理器114產生配方訊號144，其包括待由HF RF產生器104產生的RF訊號152的高頻和一或更多功率位準。作為範例，高頻等於HF RF產生

器104的工作頻率。處理器114經由傳輸纜線120將配方訊號144傳送到HF RF產生器104。

【0026】 當接收配方訊號142後，LF RF產生器102產生具有低頻和在配方訊號142內指示的一或更多功率位準的RF訊號150。LF RF產生器102經由輸出122、RF纜線124、和輸入126將RF訊號150傳送至匹配器107。類似地，當接收到配方訊號144後，HF RF產生器104產生具有高頻和在配方訊號144內指示的一或更多功率位準的RF訊號152。HF RF產生器104經由輸出128、RF纜線130、和輸入132將RF訊號150傳送至匹配器107。

【0027】 當接收RF訊號150後，匹配器107的第一分支電路將耦合到輸出134的負載之阻抗與耦合到輸入126的來源之阻抗相匹配，以將RF訊號150的阻抗修改而提供第一個受修改的RF訊號。耦合到輸出134的負載之範例包括RF傳輸線136和電漿室108。耦合到輸入126的來源之範例包括RF纜線124和LF RF產生器102。類似地，當接收RF訊號152後，匹配器107的第二分支電路將耦合到匹配器107的輸出134的負載之阻抗與耦合到匹配器107的輸入132的來源之阻抗相匹配，以將RF訊號152的阻抗修改而提供第二個受修改的RF訊號。

【0028】 匹配器107組合(例如相加)第一和第二受修改的RF訊號以在輸出134輸出受修改的RF訊號154。受修改的RF訊號154經由RF傳輸線136從輸出134傳送到下電極LE。當將諸如含氟氣體、含氧氣體、含氮氣體等一或更多處理氣體供應至下電極LE與上電極UE之間的間隙時，除了受修改的RF訊號154，電漿被觸發或保持在間隙內。電漿處理基板S。處理基板S的範例包括蝕刻基板S內的特徵部、在基板S上沉積材料、以及清潔基板S。

【0029】 在處理基板S的同時，V感測器110測量在輸出134的電壓以輸出電壓訊號156並經由傳輸纜線138將電壓訊號156傳送至處理器114。類似地，在處理基板S的同時，P感測器112測量在輸出134的功率，例如輸送功率或反射功率，以輸出功率訊號158，並經由傳輸纜線140將功率訊號158傳送至處理器114。

【0030】 在一實施例中，V感測器110耦合在RF傳輸線136上的任何點處。

【0031】 在一實施例中，P感測器112耦合在RF纜線130上的任何點處。

【0032】 圖2A是繪示時脈訊號202之圖表200的實施例。作為範例，時脈訊號202由處理器114(圖1)產生。圖表200的x軸繪示從時間t0到時間t36的時間t。圖表200的y軸繪示時脈訊號202的電壓。時脈訊號202在邏輯位準1和邏輯位準0之間週期性地變遷。邏輯位準1代表V5伏特，邏輯位準0代表V0伏特。值V5大於值V0。

【0033】 時脈訊號202在時間t0從邏輯位準0變遷到邏輯位準1，並從時間t0到時間t17維持在邏輯位準1。在時間t17，時脈訊號202從邏輯位準1變遷到邏輯位準0，並從時間t17到時間t34維持在邏輯位準0。從時間t34到時間t78重複在邏輯位準1和0之間的變遷。時脈訊號202具有從時間t0到時間t34的週期n以及從時間t34到時間t78的連續後續週期(n+1)，其中n是正整數。

【0034】 處理器114經由傳輸纜線118將時脈訊號202傳送到LF RF產生器102並經由傳輸纜線120傳送到HF RF產生器104以與時脈訊號202同步地操作產生器102和104。例如，在接收到時脈訊號202訊號之後，LF RF產生器102在週期n期間產生RF訊號150的一組狀態並在週期(n+1)期間重複該組狀態。類似地，HF RF產生器104在週期n 期間產生RF訊號152的一組狀態並且在週期(n+1)期間重複該組狀態。

【0035】圖2B是圖表210的一個實施例，用於說明RF訊號150和152(圖1)之各者的多狀態脈衝。圖表210繪示具有RF訊號150的功率位準對時間t的包脈線212和具有RF訊號152的功率位準對時間t的包脈線214。RF訊號150和152的功率位準被繪示在y軸上並且時間t被繪示在x軸上。圖表210的x軸與圖表200(圖2A)的x軸相同。圖表210的y軸具有範圍從P0到P12的功率位準。繪示在圖表210的y軸上的功率位準從P0增加到P12。作為範例，功率位準P0為零。RF訊號的包脈線之範例包括RF訊號的峰到峰幅度和RF訊號的零到峰幅度。

【0036】在週期n期間，包脈線212從時間t0到時間t4具有功率位準P12，並且在時間t4從功率位準P12變遷到功率位準P0。此外，在週期n期間，包脈線212在時間t6達到功率位準P0並從時間t6到時間t22維持在功率位準P0。在週期n期間，包脈線212在時間t22從功率位準P0變遷到功率位準P5並且在時間t23達到功率位準P5。此外，在週期n期間，包脈線212從時間t23到時間t27維持在功率位準P5，並且在時間t27從功率位準P5變遷到功率位準P8。在週期n期間，包脈線212在時間t28達到功率位準P8並且從時間t28到時間t33維持在功率位準P8。此外，在週期n期間，包脈線212在時間t33從功率位準P8變遷為功率位準P12，並在時間t34達到功率位準P12。以此方式，在時脈訊號202(圖2A)的每個週期期間，包脈線212的功率位準P12、P0、P5和P8重複。

【0037】類似地，在週期n期間，包脈線214從時間t0到時間t4具有功率位準P4並且在時間t4從功率位準P4變遷到功率位準P0。此外，在週期n期間，包脈線214在時間t6達到功率位準P0並且從時間t6到時間t22維持在功率位準P0。在週期n期間，包脈線214在時間t22從功率位準P0變遷到功率位準P2並且在時間t23達到功率位準P2。此外，在週期n期間，包脈線214從時間t23到時間t27維

持在功率位準P2，並且在時間t27從功率位準P2變遷到功率位準P1。在週期n期間，包脈線214在時間t28達到功率位準P1並且從時間t28到時間t33維持在功率位準P1。此外，在週期n期間，包脈線214在時間t33從功率位準P1變遷為功率位準P4，並在時間t34達到功率位準P4。以此方式，在時脈訊號202(圖2A)的每個週期期間，包脈線214的功率位準P4、P0、P2和P1重複。

【0038】 RF訊號的各功率位準是RF訊號的穩態。例如，功率位準P12是RF訊號150的穩態S1x、功率位準P0是RF訊號150的穩態S2x、功率位準P5是RF訊號150的穩態S3x、以及功率位準P8是RF訊號150的穩態S4x。類似地，作為另一個例子，功率位準P4是RF訊號152的穩態S1y，功率位準P0是RF訊號152的穩態S2y，功率位準P2是RF訊號152的穩態S3y，而功率位準P1是RF訊號152的穩態S4y。

【0039】 從穩態S2x到穩態S3x的變遷在與HF RF產生器104(圖1)相關聯的輸送功率中產生功率突波。例如，從穩態S2x到穩態S3x的變遷會增加高頻反射功率。高頻反射功率是從電漿室108經由RF傳輸線136、匹配器107 、和RF纜線130朝HF RF產生器104反射的功率。HF RF產生器104的輸送功率是HF RF產生器104供應的功率和高頻反射功率的差值。HF RF產生器104供應的功率是RF訊號152的功率並且該功率經由RF纜線130、匹配器107、和RF傳輸線136從HF RF產生器104供應到電漿室108。

【0040】 從穩態S2y到穩態S3y的變遷在本文中被稱為變遷狀態S23y或狀態變遷。作為範例，與穩態期間RF訊號之包脈線的功率值變化相比，在變遷狀態期間，RF訊號之包脈線的功率值變化更頻繁。作為另一範例，在穩態期間，RF訊號的功率位準之斜率基本上為零或是零。作為又一範例，在穩態期間

RF訊號之包脈線的功率值在預定範圍內並且在變遷狀態期間RF訊號之包脈線的功率值在預定範圍之外。作為另一範例，穩態S2y的功率值在第一預定範圍內，穩態S3y的功率值在第二預定範圍內，變遷狀態S23y的功率值在第一和第二預定範圍外。為了說明，變遷狀態S23y的功率值大於穩態S2y的功率值且小於穩態S3y的功率值。

【0041】 圖2C是圖表220的一個實施例，用以說明用於減少功率突波的方法。圖表220包括包脈線214對時間t。圖表220在y軸上繪製RF訊號152之包脈線214的功率位準並且在x軸上繪製時間t。處理器114識別變遷狀態S23y為具有超出預定範圍的值，例如第一預定範圍或第二預定範圍，並且進一步識別穩態S3y為緊接著變遷狀態S23y的狀態，並且具有預定範圍內的值。

【0042】 處理器114控制HF RF產生器104以將穩態S3y和變遷狀態S23y分成預定數量的子狀態，例如子狀態S3ay和子狀態S3by。例如，處理器114產生包括關於兩個子狀態S3ay和S3by的資訊的配方訊號144(圖1)，例如子狀態S3ay的第一功率位準、子狀態S3by的第二功率位準、子狀態S3ay出現的第一工作週期、以及子狀態S3by出現的第二工作週期。此外，在該範例中，關於兩個子狀態S3ay和S3by的資訊包括子狀態S3ay的第一參考高頻率值HF0和子狀態S3by的第二參考高頻率值HF0’、將應用於第一參考高頻率值的子狀態S3ay的第一組HF偏移值、以及將應用於第二參考高頻率值的子狀態S3by的第二組HF偏移值。為了說明，值HF0 不同於(例如大於或小於)值 HF0’。作為另一範例，值HF0等於值HF0’。在範例中，關於兩個子狀態S3ay和S3by的資訊包括將由HF RF產生器104施加的第一參考高頻率值HF0和第一組HF偏移值的第一工作週期。此外，在範例中，關於兩個子狀態S3ay和S3by的資訊包括將由HF RF產生

器104施加的第二參考高頻率值HF0’和第二組HF偏移值的第二工作週期。在本範例中，第一工作週期為子狀態S3ay發生的時間段，第二工作週期為子狀態S3by發生的時間段。此外，在範例中，子狀態S3ay的第一功率位準等於子狀態S3by的第二功率位準。

【0043】 此外，在範例中，處理器114自記憶裝置116存取(例如讀取)第一工作週期、第二工作週期、第一功率位準、第二功率位準、第一參考高頻率值HF0、和第一組HF偏移值、以及第二參考高頻率值HF0’和第二組HF偏移值。在範例中，第一參考高頻率值和第一組HF偏移值之間的對應關係，例如一對一關係，儲存在記憶裝置116中。此外，在範例中，第二參考高頻率值和第二組HF偏移值之間的對應關係，例如一對一關係，儲存在記憶裝置116中。

【0044】 繼續此範例，響應於接收到配方訊號144，在時脈訊號202(圖2)的每個週期n、(n+1)等的第一工作週期期間，HF RF產生器104產生具有第一參考高頻率值HF0和偏離第一參考高頻率值HF0之第一組HF偏移值的RF訊號152。此外，在範例中，響應於接收到配方訊號144，在時脈訊號202的每個週期n、(n+1)等的第二工作週期期間，HF RF產生器104產生具有第二參考高頻率值HF0’和偏離第二參考高頻率值HF0’之第二組HF偏移值的RF訊號152。在範例中，響應於接收到配方訊號144，HF RF產生器104在子狀態S3ax和S3ay期間產生具有相同功率位準的RF訊號152。

【0045】 應注意，穩態S3y和變遷狀態S23y的組合在本文中有時被稱為狀態。例如，狀態包括從穩態S2y到穩態S3y的轉變並且包括穩態S3y。作為另一範例，當從穩態S2y到穩態S3y的轉變是垂直的或基本上垂直時，該狀態包括穩態S3y和變遷狀態S23y。

【0046】工作週期的範例是時間段或時間間隔或時間窗口。為了說明，第一工作週期是100微秒，且第二工作週期是100微秒。作為另一說明，第一工作週期小於或大於第二工作週期。為了進一步說明，第一工作週期為時間t22至t24.5的時間間隔，且第二工作週期為時間t24.5至t27的時間間隔。此外，作為範例，經由耦合至處理器114的輸入裝置從用戶接收預定數量的子狀態。輸入裝置的範例包括鍵盤、輸入筆、按鍵板、和滑鼠。此外，作為範例，第一和第二工作週期是經由輸入裝置從用戶接收的。作為另一範例，第一和第二工作週期由處理器114根據經驗判定以減少朝HF RF產生器104反射的功率，並且儲存在記憶裝置116中以供處理器114存取。

【0047】此外，作為範例，第一參考高頻率值HF0和第一組HF偏移值是根據經驗判定的。為了說明，處理器114在區間0期間以複數參考高頻率值操作HF RF產生器104，此在下面進一步描述，並且針對每個參考高頻率值從P感測器112獲得高頻反射功率的值(圖1)。在圖式中，處理器114針對每個參考高頻率值從高頻反射功率的值計算統計值，例如，平均值或中位值。在圖式中，處理器114判定區間0期間的參考高頻率值中的參考高頻率值HF0是在所有高頻反射功率之統計值中高頻反射功率的統計值最小的一者。此外，在圖式中，區間0出現在時脈訊號202(圖2)的週期(n-m)期間，其中m是小於n的整數。

【0048】作為另一說明，第一組HF偏移值中的任一者是以與第一參考高頻率值HF0相同的方式根據經驗而判定的，除了第一組HF偏移值中的該任一者是針對週期(n-m)之對應的區間而判定的。為了進一步說明，處理器114在區間1期間以複數HF偏移值操作HF RF產生器104，此將在下面進一步描述，並且針對每個HF偏移值從P感測器112獲得高頻反射功率的值。此外，在進一步的圖

式中，區間1出現在時脈訊號202的週期(n-m)期間。在進一步的圖式中，每個HF偏移值是與參考高頻率值HF0相關聯的偏移，例如從參考高頻率值HF0減去或添加。在進一步的圖式中，處理器114針對每個HF偏移值從高頻反射功率的值計算統計值，例如，平均值或中位值。在進一步的圖式中，處理器114判定在區間1期間的HF偏移值中的HF偏移值之一者是在所有高頻反射功率之統計值中高頻反射功率的統計值最小的一者。在進一步的圖式中，HF偏移值中的一者作為第一組HF偏移值中的一者而被儲存在記憶裝置116中以供處理器114存取，俾以在週期n、(n+1)等之區間1期間控制HF RF產生器104。

【0049】 此外，在進一步的圖式中，第一組 HF 偏移值由處理器 114判定為與電壓訊號 156 具有反比關係或基本上反比的關係。在進一步的圖式中，電壓訊號 156 在時間 t22 和 t24.5 之間的時間段期間具有正值並且區間1至5的 HF偏移HF(-2)、HF(-3)、HF(-4)、HF(-3)、和 HF(-2)相對於參考高頻率值HF0在負方向上偏移。從參考高頻率值 HF0 中減去 HF 偏移量 HF(-2)、HF(-3)、HF(-4)、和 HF(-2)。在進一步的圖式中，電壓訊號156在時間t24.5和t27之間的時間段期間具有負值並且區間7 到 12 的 HF偏移HF(1)、HF(2)、HF(3)、HF(4)、HF(2)、和HF(1)相對於參考高頻率值 HF0 在正方向上偏移。將HF偏移HF(1)、HF(2)、HF(3)、HF(4)添加到參考高頻率值 HF0。

【0050】 此外，作為範例，第二參考高頻率值HF0’和第二組HF偏移值是根據經驗判定的。為了說明，處理器114在區間0’期間以複數參考高頻率值操作HF RF產生器104，此將在下面進一步描述，並且針對每個參考高頻率值從P感測器112獲得高頻反射功率的值。在圖式中，處理器114針對每個參考高頻率值從高頻反射功率的值計算統計值，例如，平均值或中位值。在圖式中，處理

器114判定區間0’期間的參考高頻率值中的參考高頻率值HF0’是在所有高頻反射功率之統計值中高頻反射功率的統計值最小的一者。此外，在圖式中，區間0’出現在時脈訊號202的週期(n-m)期間。

【0051】作為另一說明，第二組HF偏移值中的任一者是以與第二參考高頻率值HF0’相同的方式根據經驗而判定的，除了第二組HF偏移值中的該任一者是針對週期(n-m)之對應的區間而判定的。為了進一步說明，處理器114在區間1’期間以複數HF偏移值操作HF RF產生器104，此將在下面進一步描述，並且針對每個HF偏移值從P感測器112獲得高頻反射功率的值。在進一步的圖式中，區間1’出現在時脈訊號202的週期(n-m)期間。此外，在進一步的圖式中，每個HF偏移值都是例如從參考高頻率值HF0’減去或添加的偏移。在進一步的圖式中，處理器114針對每個HF偏移值從高頻反射功率的值計算統計值，例如，平均值或中位值。在進一步的圖式中，處理器114判定在區間1’期間的HF偏移值中的HF偏移值是在所有高頻反射功率之統計值中高頻反射功率的統計值最小的一者。在進一步的圖式中，HF偏移值中的一者作為第二組HF偏移值中的一者而被儲存在記憶裝置116中以供處理器114存取，俾以在週期n、(n+1)等之區間1’期間控制HF RF產生器104。

【0052】此外，在進一步的圖式中，第二組HF偏移值由處理器114判定為與電壓訊號156具有反比關係或基本上反比的關係。在進一步的圖式中，在區間1’至5’的HF偏移HF(-1)、HF(-2)、HF(-3)、HF(-2)、和 HF(0)相對於參考高頻率值HF0’在負方向上偏移。從參考高頻率值HF0’中減去HF偏移量 HF(-2)、HF(-3)、HF(-2)、和 HF(0)。在進一步的圖式中，在區間7’到12’的HF偏移HF(2)、HF(3)、HF(4)、HF(5)、 HF(4)、和HF(1)相對於參考高頻率值 HF0’在正方向上

偏移。將HF偏移HF(1)、HF(2)、HF(3)、HF(4)、和HF(5)添加到參考高頻率值HF0’。

【0053】在一實施例中，關於兩個子狀態S3ay和S3by的資訊包括每個子狀態的延遲(hold-off)期。例如，關於兩個子狀態的資訊包括在子狀態S3ay期間的延遲期252、子狀態S3ay期間的開口期(aperture window)258、子狀態S3by期間的延遲期254、及在子狀態S3by期間的開口期260。在範例中，延遲期252和254以及開口期258和260儲存在記憶裝置116中以供處理器114存取。此外，在範例中，用戶向處理器 114 提供命令以在延遲期252和254期間不調諧HF RF產生器104的頻率，並在開口期 258和260期間調諧頻率。為了說明，用戶經由輸入裝置向處理器114提供延遲期252的時間段。在圖式中，當接收到時間段，處理器114識別延遲期252並透過從第一工作週期的時間段減去延遲期252的時間段來計算開口期258的時間段。此外，在範例中，在延遲期期間沒有頻率調諧。此外，在該範例中，在發生變遷狀態S23y期間的時間t22和t23之間的時間段是延遲期252。在該範例中，在其期間未應用頻率調諧的時間段在本文中被稱為延遲期，且在其期間應用頻率調諧的時間段在本文中被稱為開口期。為了說明，延遲期是RF訊號的穩態的兩個開口期之間的時間段。為了進一步說明，開口期258和開口期260之間的時間間隔是延遲期254。在進一步的圖式中，開口期258與子狀態S3ay的一部分重疊並且開口期260與子狀態 S3by 的一部分重疊。在進一步的圖式中，緊跟在延遲期252之後的開口期258是時間t23和t24.5之間的時間段。在進一步的圖式中，開口期258之後緊接著是延遲期254，延遲期254是時間t24.5與時間t25.5之間的時間段。此外，在進一步的圖式中，延遲時段254之後緊接著開口期260，其是時間t25.5與時間t27之間的時間段。作為範例，頻

率調諧是HF偏移值的修正(HF偏移值是RF訊號152的頻率值)以減少反射功率或增加由P感測器112在基板S處理期間測量的輸送功率。

【0054】 在一實施例中，開口期260具有與圖2C所示不同的時間間隔，例如更小或更大的時間間隔。

【0055】 類似地，在一實施例中，開口期258具有與圖2C所示不同的時間間隔，例如更小或更大的時間間隔。

【0056】 此外，在一實施例中，延遲期252具有與圖2C所示不同的時間間隔，例如更小或更大的時間間隔。

【0057】 在一實施例中，延遲期254具有與圖2C所示不同的時間間隔，例如更小或更大的時間間隔。

【0058】 在一實施例中，子狀態的預定數量是三或四。

【0059】 圖3是圖表300的一實施例的示意圖，用於說明V感測器110(圖1)產生的電壓訊號156。圖表300繪製電壓訊號156的電壓值與時間t的關係。電壓值的範圍從-V6到V0以及從V0到V6。電壓值V0的一範例是零。電壓值V0的另一範例是負電壓值。圖表300的電壓值繪製在y軸上，而時間t繪製在x軸上。負交叉302發生在時間t24.5。在負交叉302發生期間，電壓訊號156具有負斜率並具有電壓值V0。電壓訊號156的一個週期發生在時間t22到時間t27的時間段內，並且此後使電壓訊號156的每個週期發生以週期性地重複等量的時間段。

【0060】 圖4是用於說明減少功率突波的方法之圖表400。圖表400繪製了RF訊號152的HF偏移值與時間t的關係。HF偏移值繪製在y軸上，而時間繪製在x軸上。圖表400的HF偏移值之範圍從HF(-4)到HF0以及從HF0到HF5。

【0061】處理器114判定將變遷狀態S23y和狀態S3y劃分為子狀態S3ay和S3by，並且在子狀態S3ay和S3by之各期間，施加不同參考高頻率值和偏離參考高頻率值的HF偏移值。例如，處理器114將作為子狀態S3ay發生的時間段的第一工作週期劃分成第一預定數量的區間，例如區間1和區間2至12。在此範例中，區間1至12中之各者具有相同的時間間隔。為了說明，區間1的時間間隔等於區間2的時間間隔。在範例中，區間6在本文中也被稱為區間0。繼續此範例，處理器114在配方訊號114(圖1)內產生並傳送關於子狀態S3ay的資訊，其包含區間0的時間間隔，以及在每個週期n、(n+1)等的子狀態S3ay的區間0期間施加參考高頻率值HF0的指令。此外，處理器114進一步在配方訊號144內產生並傳送關於子狀態S3ay的資訊，該資訊包含區間1到5和7到12中之各者的時間間隔，以及在每個週期n、(n+1)等中之各者的子狀態S3ay的區間1到5和7到12期間施加偏離參考高頻率值HF0的第一組HF偏移值的指令。為了說明，處理器114在指令內包括HF RF產生器104要產生RF訊號152，該RF訊號152在區間1期間具有HF偏移HF(-2)、在區間2期間具有HF偏移HF(-3)等，直到區間12期間的HF偏移HF1為止。

【0062】此外，繼續此範例，處理器114將第二工作週期(即子狀態S3by發生的時間段)劃分成第二預定數量的區間，例如區間1’和區間2’至12’。作為說明，第一預定數量的區間等於第二預定數量的區間。作為另一範例，第一預定數量的區間大於或小於第二預定數量的區間。在該範例中，區間1’至12’中之各者具有相同的時間間隔。為了說明，區間1’的時間間隔等於區間2’的時間間隔。在範例中，區間6’在本文中也被稱為區間0’。繼續此範例，處理器114在配方訊號114內產生並傳送關於子狀態S3by的資訊，其包含區間0’的時間間隔，

以及在每個週期n、(n+1)等的子狀態S3by的區間0’期間施加參考高頻率值HF0’的指令。此外，處理器114進一步在配方訊號144內產生並傳送關於子狀態S3by的資訊，該資訊包含區間1’到5’和7’到12’中之各者的時間間隔，以及在每個週期n、(n+1)等中之各者的子狀態S3by的區間1’到5’和7’到12’期間施加偏離參考高頻率值HF0’的HF偏移值的指令。為了說明，處理器114在指令內包括HF RF產生器104要產生RF訊號152，該RF訊號152在區間1’期間具有HF偏移HF(-1)、在區間2’期間具有HF偏移HF(-2)等，直到區間12’期間的HF偏移HF1為止。

【0063】 再繼續該範例，HF RF產生器104接收參考高頻率值HF0和在區間0期間產生參考高頻率值HF0的指令，並在週期n、(n+1)等的區間0之時間間隔期間產生具有參考高頻率值HF0的RF訊號152。此外，在該範例中，HF RF產生器104接收指令以施加用於區間1至5和7至12的HF偏移值以及區間1至5和7至12的時間間隔，並產生RF訊號152，該RF訊號152在區間1到5和7到12期間之相應期間具有HF偏移值的相應之一者。為了說明，HF RF產生器104接收指令以在區間1期間施加HF偏移HF(-2)，並在週期n、(n+1)等的區間1期間產生具有HF偏移(-2)的RF訊號152。

【0064】 此外，在該範例中，HF RF產生器104接收參考高頻率值HF0’和在區間0’期間產生參考高頻率值HF0’的指令，並在週期n、(n+1)等的區間0’之時間間隔期間產生具有參考高頻率值HF0’的RF訊號152。此外，在該範例中，HF RF產生器104接收指令以施加用於區間1’至5’和7’至12’的HF偏移值以及區間1’至5’和7’至12’的時間間隔，並產生RF訊號152，該RF訊號152在區間1’到5’和7’到12’期間之相應期間具有HF偏移值的相應之一者。為了說明，HF RF產生

器104接收指令以在區間1'期間施加HF偏移HF(-2)，並在區間1'期間產生具有HF偏移(-2)的RF訊號152。

【0065】 在範例中，透過在子狀態S3ax和S3ay期間施加不同的參考高頻率值和基於參考高頻率值的HF偏移值，以準確的方法減少功率突波。為了說明，在第一和第二工作週期各期間，反射朝向HF RF產生器104的功率被減少或者由HF RF產生器104輸送的功率被增加。

【0066】 依據從用戶接收的命令，在基板S的處理期間，處理器114不調諧(例如修改)在延遲期施加的HF偏移值。例如，處理器114避免修改延遲期期間的HF偏移值。在範例中，處理器114不基於P感測器112(圖1)在週期n的延遲期252期間所測量的功率而修改在週期n、(n+1)等的延遲期252期間施加的HF偏移值。為了說明，處理器114接收在時脈訊號202的週期n的延遲期252的區間1到5期間從P感測器112測量的功率值。在圖式中，處理器114將該功率值儲存在記憶裝置116中。此外，在該圖式中，處理器114不基於在週期n的區間1到5之功率值而修改要在週期(n+1)等的區間1到5期間施加的HF偏移值。在圖式中，處理器114在配方訊號144(圖1)內傳送要在週期(n+1)等期間施加的HF偏移值至HF RF產生器104，該HF偏移值如同在週期n期間施加的HF偏移值。在圖式中，當接收到HF偏移值後，HF RF產生器104在週期(n+1)等的延遲期252期間產生具有HF偏移值的RF訊號152。在圖式中，如果HF偏移值被修改，則減少在週期(n+1)等期間反射朝向HF RF產生器104的功率。此外，在圖式中，HF偏移值是要在週期n、(n+1)等的區間1到5期間施加的RF訊號152的頻率值，並且HF偏移值中之各者與延遲期252的區間1到5中之相應一者之間的對應關係，例如一

對一關係，儲存在記憶裝置116中。在圖式中，處理器114在週期n、(n+1)等的子狀態S3ay的延遲期252期間施加HF偏移值。

【0067】作為另一範例，處理器114不根據P感測器112所測量的功率而修改在延遲期254期間施加的HF偏移值。為了說明，處理器114接收在時脈訊號202的週期n的延遲期254的區間1’到5’期間從P感測器112測量的功率值。在圖式中，處理器114將該功率值儲存在記憶裝置116中。此外，在該圖式中，處理器114不基於在週期n的區間1’到5’之功率值而修改要在週期(n+1)等的區間1’到5’期間施加的HF偏移值。在圖式中，處理器114在配方訊號144(圖1)內傳送要在週期(n+1)等期間施加的HF偏移值至HF RF產生器104，該HF偏移值如同在週期n期間施加的HF偏移值。在圖式中，當接收到HF偏移值後，HF RF產生器104在週期(n+1)等的延遲期254期間產生具有HF偏移值的RF訊號152。在圖式中，如果HF偏移值被修改，則減少反射朝向HF RF產生器104的功率。此外，在圖式中，HF偏移值是要在週期n、(n+1)等的區間1’到5’期間施加的RF訊號152的頻率值，並且HF偏移值中之各者與區間1’到5’中之相應一者之間的對應關係，例如一對一關係，儲存在記憶裝置116中。在圖式中，處理器114在週期n、(n+1)等的子狀態S3by的延遲期254期間施加HF偏移值。

【0068】此外，根據從用戶接收的命令，處理器114在基板S的處理期間調諧在開口期期間施加的HF偏移值。例如，處理器114基於P感測器112所測量的功率而修改在開口期258期間施加的HF偏移值。為了說明，處理器114接收在時脈訊號202的週期n的開口期258的區間7到12期間從P感測器112測量的功率值。在圖式中，處理器114將該功率值儲存在記憶裝置116中。此外，在該圖式中，處理器114基於在週期n的區間7到12之功率值而修改要在週期(n+1)等的區

間7到12期間施加的HF偏移值。在圖式中，處理器114在配方訊號144(圖1)內傳送要在週期(n+1)等期間施加的修改過的HF偏移值至HF RF產生器104。在圖式中，當接收到HF偏移值後，HF RF產生器104在週期(n+1)等的開口期258期間產生具有修改過的HF偏移值的RF訊號152。在圖式中，如果HF偏移值被修改，則減少反射朝向HF RF產生器104的功率。此外，在圖式中， HF偏移值是要在週期(n+1)等的開口期258的區間7到12期間施加的RF訊號152的頻率值，並且HF偏移值中之各者與區間7到12中之相應一者之間的對應關係，例如一對一關係，儲存在記憶裝置116中。在圖式中，處理器114在週期 (n+1)等的子狀態S3ay的開口期258期間施加修改過的HF偏移值。

【0069】 作為另一範例，處理器114基於P感測器112所測量的功率而修改在開口期260期間施加的HF偏移值。為了說明，處理器114接收在時脈訊號202的週期n的開口期260的區間7’到12’期間從P感測器112測量的功率值。在圖式中，處理器114將該功率值儲存在記憶裝置116中。此外，在該圖式中，處理器114基於在週期n的區間7’到12’之功率值而修改要在週期(n+1)等的區間7’到12’期間施加的HF偏移值。在圖式中，處理器114在配方訊號144(圖1)內傳送要在週期(n+1)等期間施加的修改過的HF偏移值至HF RF產生器104。在圖式中，當接收到HF偏移值後，HF RF產生器104在週期(n+1)等的開口期260期間產生具有修改過的HF偏移值的RF訊號152。在圖式中，如果HF偏移值被修改，則減少反射朝向HF RF產生器104的功率。此外，在圖式中，HF偏移值是要在週期(n+1)等的區間7’到12’期間施加的RF訊號152的頻率值，並且HF偏移值中之各者與區間7’到12’中之相應一者之間的對應關係，例如一對一關係，儲存在記憶裝置

116中。在圖式中，處理器114在週期(n+1)等的子狀態S3by的開口期260期間施加修改過的HF偏移值。

【0070】在一實施例中，處理器114施加動態頻率調諧(dynamic frequency tuning，DFT)來判定儲存在記憶裝置116中的參考高頻率值HF0或HF0’。例如，在DFT中，處理器114透過旋轉史密斯圖(Smith chart)上的高頻阻抗軌跡來判定高頻率值HF0或HF0’以最小化反射朝向HF RF產生器的功率。

【0071】文中所述之實施例可利用各種電腦系統組態實施，電腦系統包含手持硬體單元、微處理器系統、微處理器系或可程式化的消費電子裝置、微電腦、主機電腦等。文中所述的實施例亦可以分散計算環境實施，在分散計算環境中任務係由經由電腦網路鏈結之複數遠端處理硬體單元進行。

【0072】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。此類系統可包含半導體製程設備，其包含一製程工具或複數製程工具、一製程室或複數製程室、一製程平臺或複數製程平臺、及/或特定的製程元件(晶圓平臺、氣體流動系統等)。此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」，其可控制系統的各種元件或子部件。取決於製程需求及/或系統類型，控制器可被程式化以控制文中所揭露的任何製程包含輸送製程氣體、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、晶圓傳輸進入及離開工具與連接至系統或與系統交界的其他傳輸設備及/或裝載互鎖機構。

【0073】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、致能清潔操作、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 ASIC、PLD 的晶片、一或多個微處理器、或能執行程式指令(如軟體)的微控制器。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進行製程所用的操作參數。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。

【0074】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，控制器可位於「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製程。控制器可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、改變現有製程的參數、設定製程步驟以符合現有製程、或開始一新的製程。

【0075】在某些實例中，遠端電腦(或伺服器)可經由電腦網路對系統提供製程配方，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，控制器接收具有處理晶圓用之設定之形式的指令。應瞭解，設定係特別針對欲在晶圓上施行之製程的類型及控制器用以交界或控制之工具的類型。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製程工作的離散控制器。為了此類目的的分散控制

器的實例為製程室上的一或多個積體電路，其係與一或多個位於遠端(例如位於平臺位準或遠端電腦的一部分)的積體電路通訊而共同控制製程室上的製程。

【0076】 不受限地，在各種實施例中，系統可包含電漿蝕刻室、沉積室、旋轉沖洗室、金屬鍍室、清潔室、邊緣蝕刻室、物理氣相沉積(PVD)室、化學氣相沉積(CVD)室、原子層沉積(ALD)室、原子層蝕刻(ALE)室、離子植入室、軌道室、及和半導體晶圓之製造相關或用於製造的任何其他半導體製程室。

【0077】 更應注意，雖然上述操作係參考平行板電漿室如電容耦合電漿室等，但在某些實施例中，上述的操作可應用至其他類型的電漿室如包含感應耦合電漿(ICP)反應器、變壓器耦合電漿(TCP)反應器、導體工具、介電工具的電漿室、包含電子迴旋共振(ECR)反應器的電漿室等。例如，x 兆赫射頻產生器、y 兆赫射頻產生器、及 z 兆赫射頻產生器係耦合至 ICP 電漿室內的電感。電感形狀的實例包含螺管、圓頂形線圈、平板形線圈等。

【0078】 如上所述，取決於工具所欲進行的製程操作，控制器可與下列的一或多者通訊交流：其他工具的電路或模組、其他工具的元件、叢集工具、其他工具的界面、相鄰工具、鄰近工具、位於工廠內的工具、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工具位置及/或裝載接口的材料運輸用工具。

【0079】 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。此些電腦施行操作需要操控物理數量。

【0080】 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，亦可進行其他製程、程式執行或其他非屬

專門用途的子程式。

【0081】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、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電端計算資源所處理。

【0082】亦可將文中所述之一或多個實施例製作成非暫態電腦可讀媒體上的電腦可讀碼。非暫態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。非暫態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儲存硬體單元。在某些實施例中，非暫態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。

【0083】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。

【0084】更應注意，在不脫離本文所述之各種實施例的範圍的情況下，在一實施例中，來自任何上述實施例的一或多個特徵可與任何其他實施例的一或多個徵特結合。

【0085】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，在隨附申請範圍的範疇與等效物內可修改此些實施例。

【符號說明】

【0086】

100	電漿系統
102	LF RF 產生器
104	HF RF 產生器
106	主機電腦
107	匹配器
108	電漿室
110	電壓(V)感測器
112	功率(P)感測器
114	處理器
116	記憶裝置
118	傳輸纜線
120	傳輸纜線
122	輸出
124	RF 纜線
126	輸入
128	輸出
130	傳輸線
132	輸入
134	輸出

136	RF 傳輸線
138	傳輸纜線
140	傳輸纜線
142	配方訊號
144	配方訊號
150	RF 訊號
152	RF 訊號
154	RF 訊號
156	電壓訊號
158	功率訊號
200	圖表
202	時脈訊號
210	圖表
212	包脈線
214	包脈線
220	圖表
252	延遲期
254	延遲期
258	開口期
260	開口期
300	圖表
302	負交叉

400 圖表

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之方法，包含：

控制該HF RF產生器以將一HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態，其中該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態；

控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值；

在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值；及

在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值。

【請求項2】如請求項1之方法，其中該狀態包括該變遷狀態和一穩定狀態，其中在該穩定狀態期間，該HF RF訊號具有在一預定範圍內的一功率位準，其中在該變遷狀態期間，該HF RF訊號具有在該預定範圍外的一功率位準。

【請求項3】如請求項1之方法，其中所述控制該HF RF產生器以將該狀態劃分成該複數子狀態包含：

提供該第一子狀態的第一工作週期和該第二子狀態的第二工作週期至該HF RF產生器；

提供要在該第一工作週期期間施加的該HF RF訊號的第一功率位準；

提供要在該第二工作週期期間施加的該HF RF訊號的第二功率位準，其中該第一功率位準等於該第二功率位準。

【請求項4】如請求項1之方法，更包含：

為該複數子狀態中之各者存取一延遲期和一開口期；及

在該開口期期間調諧該HF RF訊號之一頻率。

【請求項5】如請求項4之方法，更包含在該延遲期期間避免調諧該HF RF訊號之該頻率。

【請求項6】如請求項1之方法，其中該第一參考高頻率值不同於該第二參考高頻率值。

【請求項7】如請求項1之方法，其中該第一子狀態包括該變遷狀態和一穩定狀態的第一部分，且該第二子狀態包括該穩定狀態的第二部分。

【請求項8】一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之控制器，包含：

一處理器，設置以：

控制該HF RF產生器以將一HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態，其中該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態；

控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值；

在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值；及

在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值；及

一記憶裝置，耦合至該處理器。

【請求項9】如請求項8之控制器，其中該狀態包括該變遷狀態和一穩定狀態，其中在該穩定狀態期間，該HF RF訊號具有在一預定範圍內的一功率位準，其中在該變遷狀態期間，該HF RF訊號具有在該預定範圍外的一功率位準。

【請求項10】 如請求項8之控制器，其中為了控制該HF RF產生器以將該狀態劃分成該複數子狀態，該處理器係設置以：

提供該第一子狀態的第一工作週期和該第二子狀態的第二工作週期至該HF RF產生器；

提供要在該第一工作週期期間施加的該HF RF訊號的第一功率位準；

提供要在該第二工作週期期間施加的該HF RF訊號的第二功率位準，其中該第一功率位準等於該第二功率位準。

【請求項11】 如請求項8之控制器，其中該處理器係設置以：

為該複數子狀態中之各者存取一延遲期和一開口期；及

在該開口期期間調諧該HF RF訊號之一頻率。

【請求項12】 如請求項11之控制器，其中該處理器係設置以在該延遲期期間避免調諧該HF RF訊號之該頻率。

【請求項13】 如請求項8之控制器，其中該第一參考高頻率值不同於該第二參考高頻率值。

【請求項14】 如請求項8之控制器，其中該第一子狀態包括該變遷狀態和一穩定狀態的第一部分，且該第二子狀態包括該穩定狀態的第二部分。

【請求項15】 一種用於減少變遷狀態後與高頻(HF)射頻(RF)產生器相關的反射功率之系統，包含：

一低頻(LF)RF產生器，設置以產生一LF RF訊號：

該HF RF產生器，設置以產生一HF RF訊號；

一匹配器，耦合至該LF RF產生器與該HF RF產生器；及

一控制器，耦合至該LF RF產生器與該HF RF產生器，其中該控制器係設置以：

控制該HF RF產生器以將該HF RF訊號的一狀態劃分成複數子狀態，其中該複數子狀態包括第一子狀態和第二子狀態；

控制該HF RF產生器以在該第一子狀態期間施加第一參考高頻率值和在該第二子狀態期間施加第二參考高頻率值；

在該第一子狀態期間施加偏離該第一參考高頻率值的第一組HF偏移值；及

在該第二子狀態期間施加偏離該第二參考高頻率值的第二組HF偏移值。

【請求項16】 如請求項15之系統，其中該狀態包括該變遷狀態和一穩定狀態，其中在該穩定狀態期間，該HF RF訊號具有在一預定範圍內的一功率位準，其中在該變遷狀態期間，該HF RF訊號具有在該預定範圍外的一功率位準。

【請求項17】 如請求項15之系統，其中為了控制該HF RF產生器以將該狀態劃分成該複數子狀態，該控制器係設置以：

提供該第一子狀態的第一工作週期和該第二子狀態的第二工作週期至該HF RF產生器；

提供要在該第一工作週期期間施加的該HF RF訊號的第一功率位準；

提供要在該第二工作週期期間施加的該HF RF訊號的第二功率位準，其中該第一功率位準等於該第二功率位準。

【請求項18】 如請求項15之系統，其中該控制器係設置以：

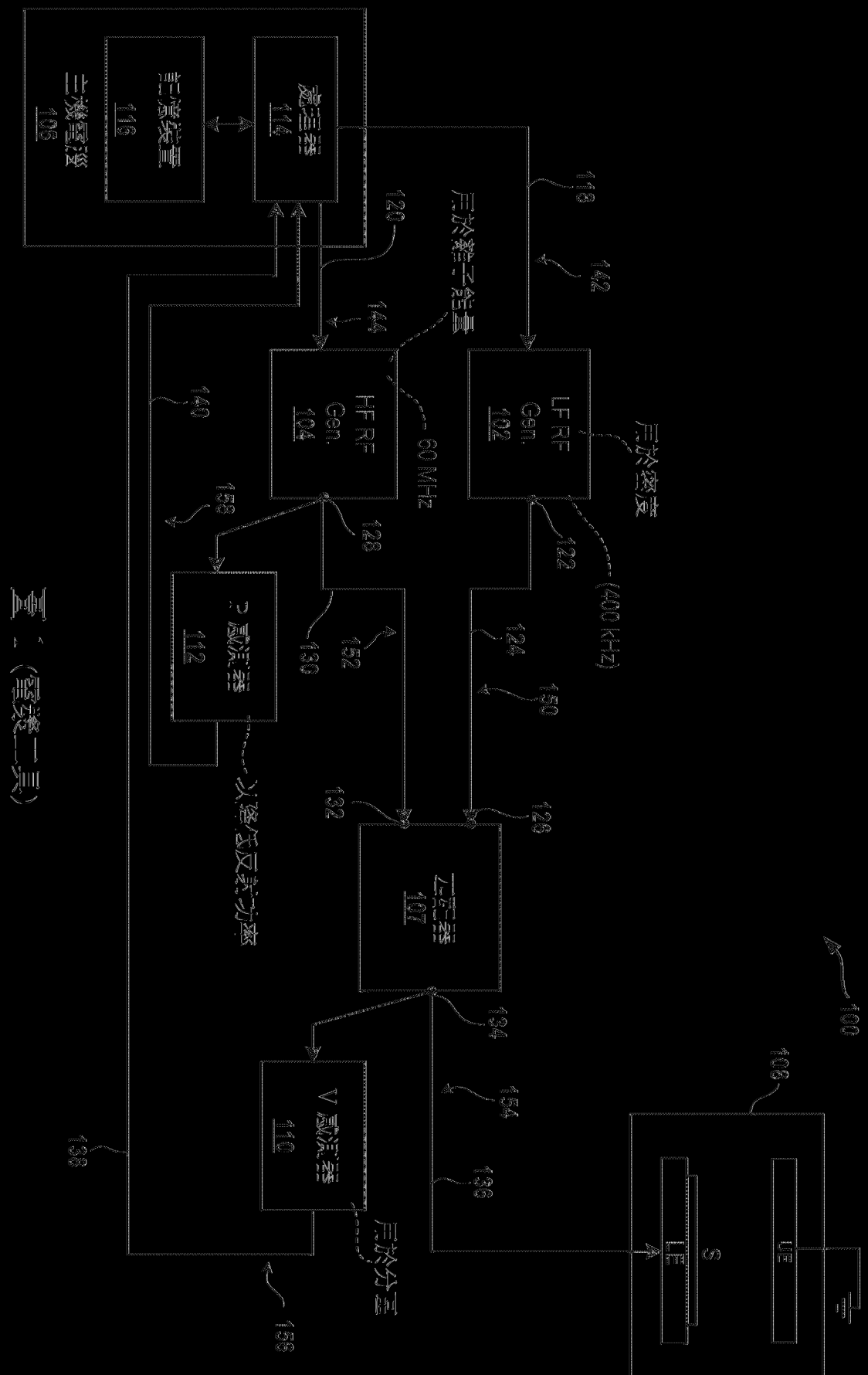
為該複數子狀態中之各者存取一延遲期和一開口期；及

在該開口期期間調諧該HF RF訊號之一頻率。

【請求項19】 如請求項18之系統，其中該控制器係設置以在該延遲期期間避免調諧該HF RF訊號之該頻率。

【請求項20】 如請求項15之系統 ，其中該第一參考高頻率值不同於該第二參考高頻率值。

【發明圖式】


無線通訊裝置 105
處理器 114
記憶體 116
收發機 117
120
118
142
144
140
LF RF 電路 102
HF RF 電路 104
60 MHz
156
126
122
(40 KHz)
124
150
152
130
3 感測器 112
光學感測器
122
126
ZigBee 電路 107
134
154
V 感測器 110
133
135
100
138
136
LED
LED
LED

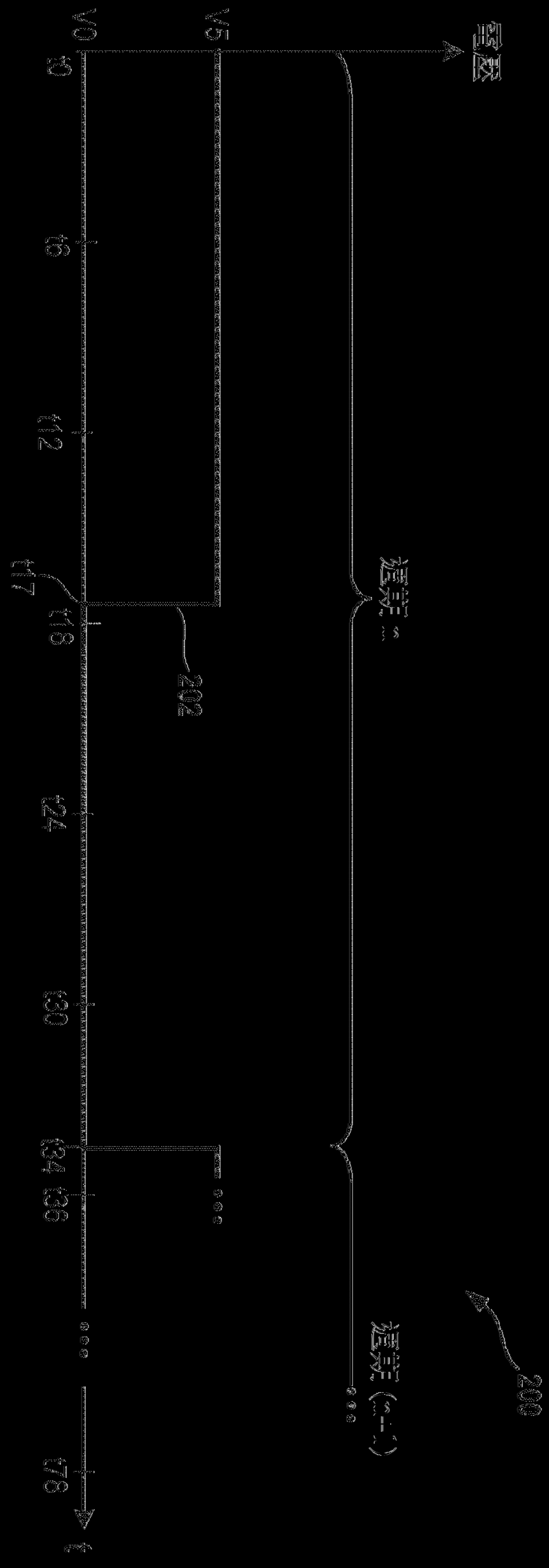


圖 2A

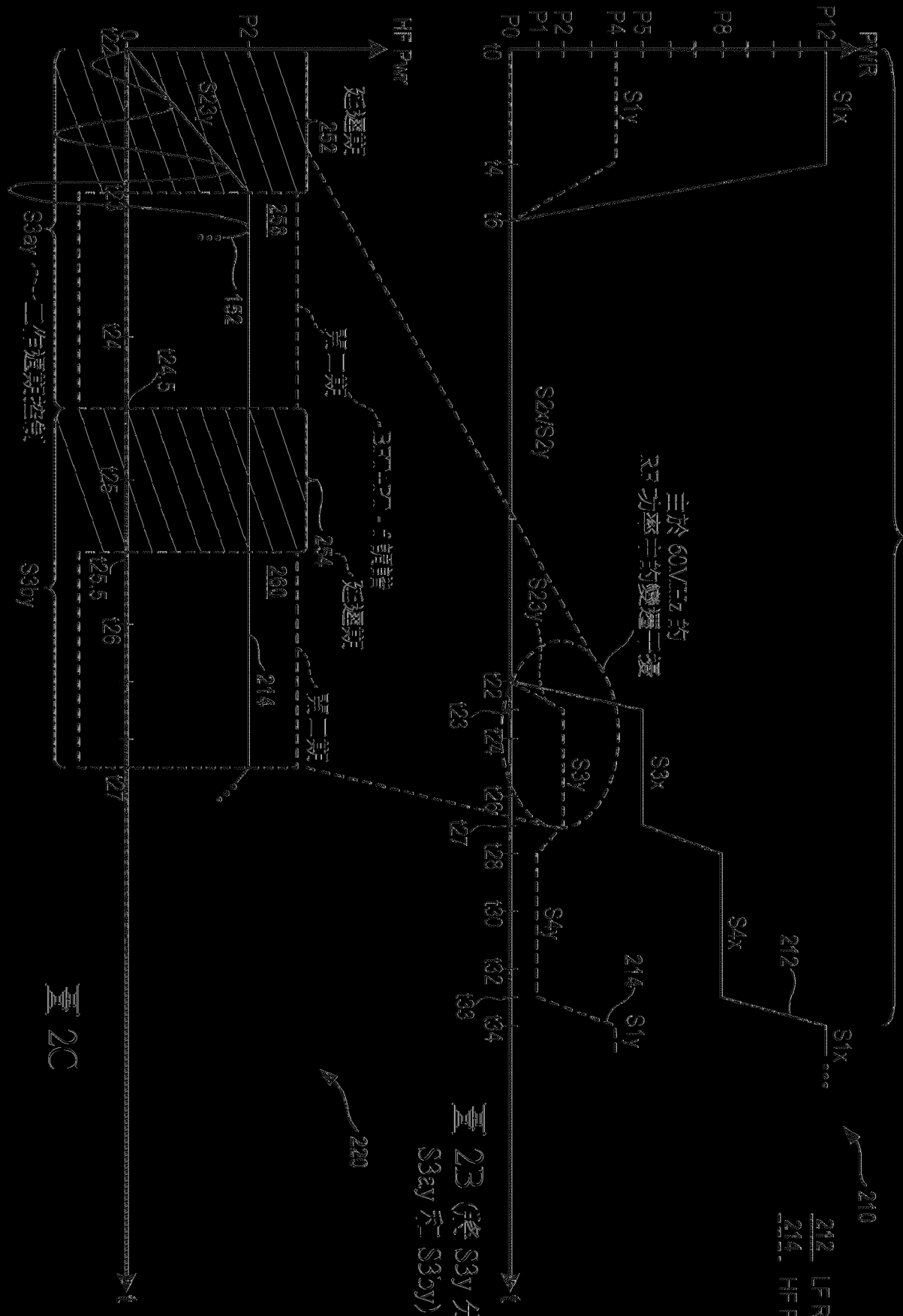


图 2C

图 2B（续 S3y 分为 S32y 和 S33y）

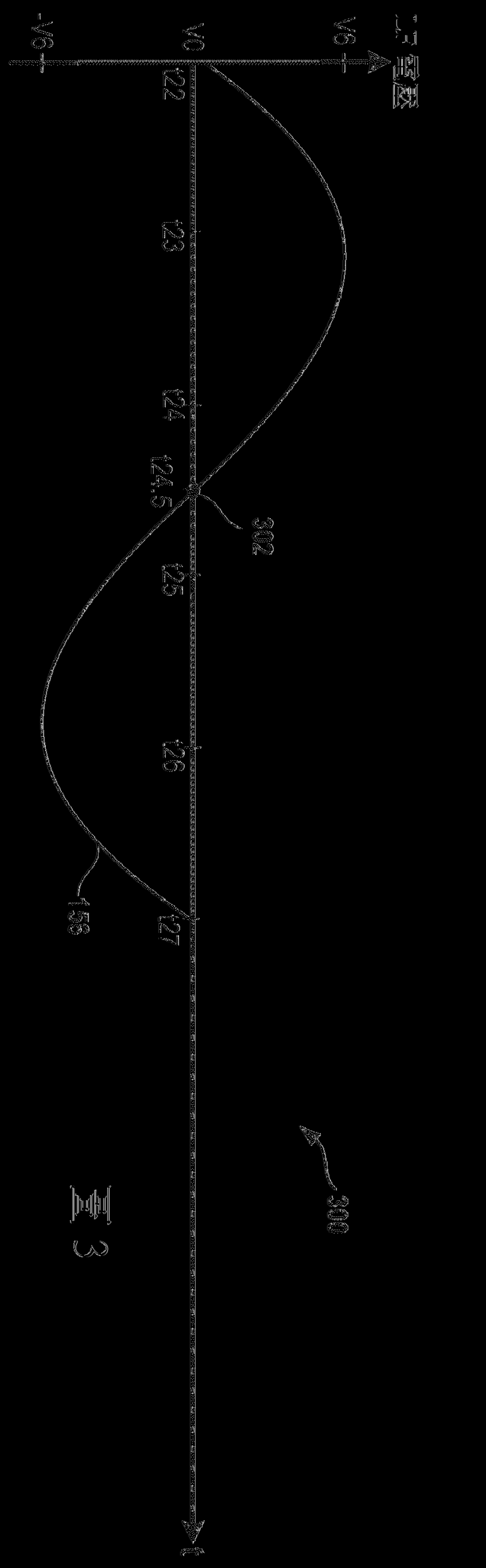

正電壓
V6
V0
-V6
t22
t23
t24
t24.5
t25
t26
t27
t
302
158
300

圖3

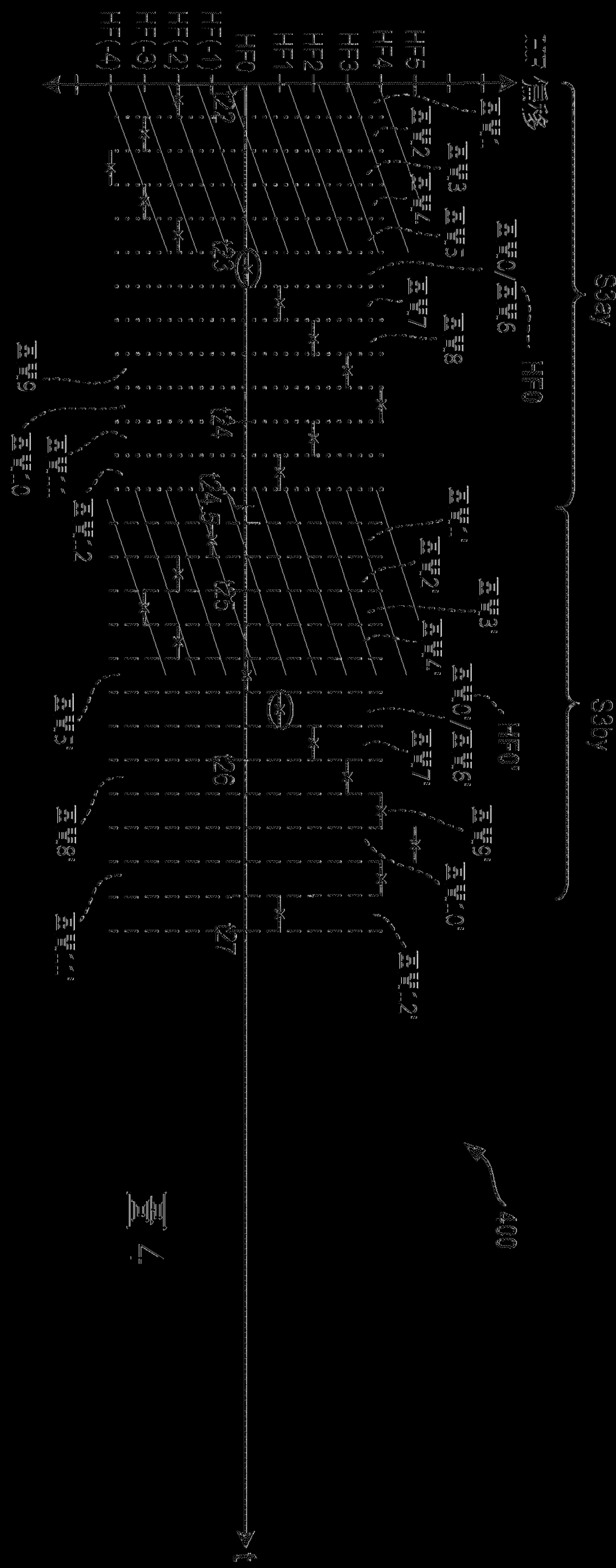

正偏移
HF5
HF4
HF3
HF2
HF1
HF0
HF(-1)
HF(-2)
HF(-3)
HF(-4)
S3ay
S3by
HF0
HF0'
t22
t23
t24
t24.5
t25
t26
t27
t
400

圖4