



(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 I623017 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：105141042

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 11 月 14 日

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

(30)優先權：2011/11/15 美國 61/560,005

2012/07/16 美國 13/550,547

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

美國

(72)發明人：凱那瑞克凱倫 賈考柏思 KANARIK, KEREN JACOBS (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW 201036496A

TW 201037852A

TW 201201275A

TW 201214502A

US 4935661

US 7166233B2

審查人員：黃是衡

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 29 頁

(54)名稱

電漿處理系統中之惰性物支配脈動

INERT-DOMINANT PULSING IN PLASMA PROCESSING SYSTEMS

(57)摘要

提供一種在處理室中處理基板的方法，該處理室具有至少一電漿產生源與用以提供處理氣體至腔室中之一氣體源。該方法包含以具有 RF 頻率之 RF 訊號來激發該電漿產生源。該方法更包含利用至少一第一氣體脈動頻率使該氣體源產生脈動，以相關於第一氣體脈動頻率使第一處理氣體在氣體脈動週期之一第一部份期間流入該腔室、且第二處理氣體在氣體脈動週期之一第二部份期間流入該腔室。第二處理氣體具有相對於第一處理氣體之反應氣體對惰性氣體比例更低的反應氣體對惰性氣體比例。第二處理氣體係藉由從第一處理氣體移除至少一部分的反應氣流所形成。

A method for processing substrate in a processing chamber, which has at least one plasma generating source and a gas source for providing process gas into the chamber, is provided. The method includes exciting the plasma generating source with an RF signal having RF frequency. The method further includes pulsing the gas source, using at least a first gas pulsing frequency, such that a first process gas is flowed into the chamber during a first portion of a gas pulsing period and a second process gas is flowed into the chamber during a second portion of the gas pulsing period, which is associated with the first gas pulsing frequency. The second process gas has a lower reactant-gas-to-inert-gas ratio relative to a reactant-gas-to-inert-gas ratio of the first process gas. The second process gas is formed by removing at least a portion of a reactant gas flow from the first process gas.

指定代表圖：

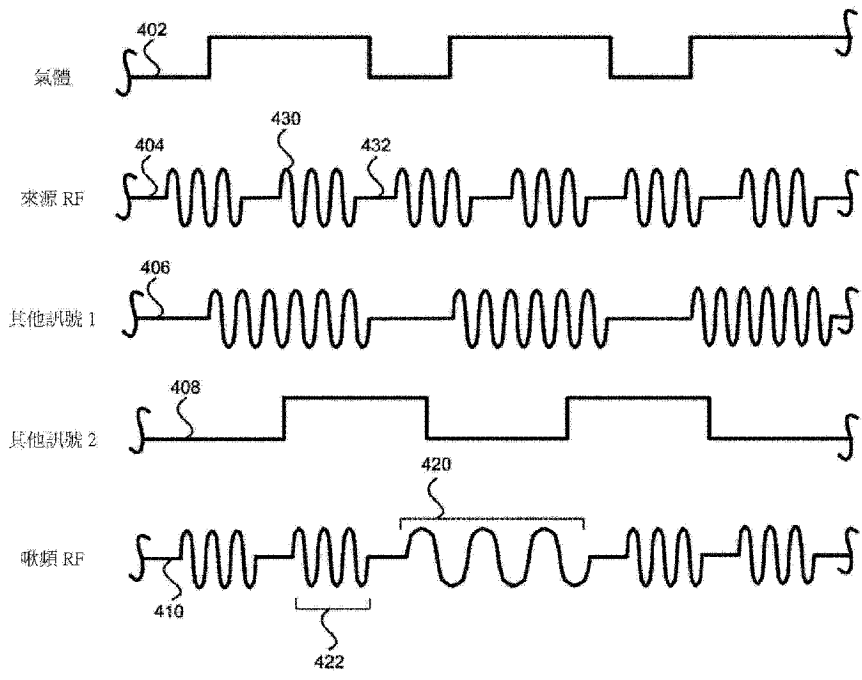


圖 4

符號簡單說明：

- 406 . . . 訊號
- 402 . . . 氣體脈動訊號
- 404 . . . 來源 RF 脈動訊號
- 408 . . . 訊號
- 410 . . . 訊號
- 420 . . . 脈動訊號
- 422 . . . 脈動訊號
- 430 . . . 來源 RF 脈動訊號
- 432 . . . 來源 RF 脈動訊號

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電漿處理系統中之惰性物支配脈動

【英文發明名稱】

INERT-DOMINANT PULSING IN PLASMA PROCESSING SYSTEMS

【技術領域】

【0001】 本申請案依35 U.S.C. §119(e) 主張2011年11月15日由 Keren Jacobs Kanarik提出申請且名為「INTER-DOMINANT PULSING IN PLASMA PROCESSING SYSTEMS」之美國專利申請案第61/560,005號的共有臨時專利申請案之優先權，其整體係併入於此作為參考。

【0002】 本發明係關於一種基板的處理方法，且尤其關於在一種在電漿處理系統的電漿處理室中處理基板的方法。

【先前技術】

【0003】 電漿處理系統早已被使用來處理基板（例如晶圓或平板或LCD面板）以形成積體電路或其它電子產品。一般的電漿處理系統可包括電容耦合電漿處理系統（CCP）或感應耦合電漿處理系統（ICP）...等。

【0004】 一般來說，電漿基板處理涉及離子和自由基（亦稱為中性自由基）的平衡。例如，在具有自由基相對於離子較多之電漿的情況下，蝕刻傾向更化學性及等向性。在具有離子相對於自由基較多之電漿的情況下，蝕刻傾向更物理性並傾向蒙受選擇性。在傳統的電漿室內，離子和自由基傾向緊密地耦合。因此，由於用以獨立地達到離子支配電漿或自由基支配電漿之控制旋鈕有限的

事實，因此處理窗口（相關於處理參數）傾向非常狹窄。

【0005】隨著電子裝置變得更小及/或更複雜，蝕刻需求(如選擇性、均勻性、高深寬比、形狀相依蝕刻…等)已增加。儘管已可藉由改變特定參數(如壓力、RF偏壓、功率…等)而在目前世代產品上執行蝕刻，但更小及/或更複雜的下一代產品需要不同的蝕刻能力。離子與自由基無法更有效地解耦且獨立地受控制的事實已限制在一些電漿處理系統中執行一些蝕刻處理以製造此等更小及/或更複雜的電子裝置，且在一些情況下使其不實際。

【0006】在先前技術中，已做出嘗試來得到電漿條件以在蝕刻期間的不同時間調變離子對自由基比例。在一習知的方法中，可使來源RF訊號產生脈動(如開或關)以在脈動循環(如脈動開啓相位)的一相位期間得到具有正常離子對中性自由基通量比例之電漿、及在脈動循環(如在脈動關閉相位期間)的另一相位期間具有較低的離子對中性自由基通量比例之電漿。已知可使來源RF訊號與偏壓RF訊號同步地產生脈動。

【0007】然而，已觀察到儘管先前技術的脈動在一定程度上已導致正常離子對中性自由基通量比例的電漿在不同的時間點之交替相位、並已開關用於一些處理的操作範圍，但仍然需要更大的操作範圍。

【發明內容】

【0008】在一實施例中，本發明係關於在電漿處理系統的電漿處理室中處理基板的一種方法，電漿處理室具有至少一電漿產生源及用於設置處理氣體至電漿處理室之內部區域中的至少一氣體源。該方法包含以具有RF頻率之RF訊號來激發該電漿產生源。該方法亦包含利用至少一第一氣體脈動頻率使該氣體源產生脈動，以相關於第一氣體脈動頻率使第一處理氣體在氣體脈動週期之一第

一部份期間流入該電漿處理室、且以相關於第一氣體脈動頻率使第二處理氣體在氣體脈動週期之一第二部份期間流入該電漿處理室。第二處理氣體具有相對於第一處理氣體之反應氣體對惰性氣體比例更低的反應氣體對惰性氣體比例，其中第二處理氣體係藉由從第一處理氣體移除至少一部分的反應氣流所形成。

【0009】在另一實施例中，本發明係關於在電漿處理系統的電漿處理室中處理基板的一種方法。電漿處理室具有至少一電漿產生源及用於設置處理氣體至電漿處理室之內部區域中的至少一氣體源。該方法包含以具有RF頻率之RF訊號來激發該電漿產生源及藉由以第一處理氣體形成第一電漿來處理基板，該第一處理氣體具有第一反應氣體對惰性氣體比例。該方法亦包含藉由以第二處理氣體形成第二電漿來處理基板，該第二處理氣體具有一第二反應氣體對惰性氣體比例，其中該第二反應氣體對惰性氣體比例在不增加反應氣體至該第一處理氣體的情況下達到、且其中該第一反應氣體對惰性氣體比例在不增加反應氣體至第二處理氣體的情況下達到。

【圖式簡單說明】

【0010】本發明係藉由例示的方式且不藉由限制方式在隨附圖式的圖形中表示，且其中相似參考號碼表示相似元件，且其中：

【0011】根據本發明的一或更多實施例，圖1顯示例示組合脈動法，其中儘管在不同的脈動頻率，但使輸入氣體(如反應氣體及/或惰性氣體)與來源RF訊號二者皆產生脈動。

【0012】根據本發明的一或更多實施例，圖2顯示另一例示組合脈動法。

【0013】根據本發明的一或更多實施例，圖3顯示再另一例示組合脈動法。

【0014】 根據本發明的一或更多實施例，圖4顯示組合脈動法的其他可能組合。

【0015】 根據本發明的一或更多實施例，圖5顯示執行組合脈動的步驟。

【0016】 根據本發明的一或更多實施例，圖6顯示執行氣體脈動的步驟。

【0017】 根據本發明之實施例，圖7A和7B顯示相關於圖6討論的氣體脈動法之不同的例示變化。

【實施方式】

【0018】 現在將參照如隨附圖所示之本發明的若干實施例來詳細地描述本發明。在以下說明中，爲了提供對本發明的完整理解而描述眾多具體細節。然而，對於熟習此技術者將顯而易見，本發明可在沒有這些具體細節之若干或全部者的情況下實施。在其他情形中，爲了不非必要地混淆本發明，因此不再詳細描述眾所周知的製程步驟及/或結構。

【0019】 以下描述各種實施例，包含方法和技術。吾人應記住，本發明亦可包含製品（article of manufacture），該製品包含電腦可讀媒體，其中儲存用於執行發明技術實施例的電腦可讀指令。該電腦可讀媒體可包含例如半導體、磁性、光磁、光學、或其他形式的用於儲存電腦可讀碼的電腦可讀媒體。此外，本發明亦可包含用於實行本發明實施例的設備。此設備可包含用以執行關於本發明之實施例的工作之電路（專用及/或可程式化）。此設備的範例包含通用型電腦及/或專用運算裝置(當加以適當程式化時)，且可包含適用關於本發明實施例之各種工作的電腦/運算裝置和專用/可程式化電路的組合。

【0020】 本發明之實施例係關於一組合脈動法，其利用第一脈動頻率使輸入氣體(例如反應氣體及/或惰性氣體)產生脈動，並在不同的第二脈動頻率使來

源射頻(RF)訊號產生脈動。儘管於此使用感應耦合電漿處理系統與一電感式RF動力源在例子中討論，吾人仍應了解本發明之實施例同樣地適用於電容耦合電漿處理系統與電容式RF功率源。

【0021】 在一或更多實施例中，輸入氣體係以較慢的脈動頻率產生脈動，且感應源RF訊號係於感應耦合電漿處理系統中以不同的較快脈動頻率產生脈動。例如，假如感應源RF訊號為13.56MHz，可以如100 Hz使感應源RF訊號產生脈動，而氣體以如1Hz的不同脈動率產生脈動。

【0022】 因此，在本例中完整的氣體脈動循環為1秒。假如該氣體脈動工作循環為70%，該氣體可在該1秒氣體脈動週期的70%開啓，且在一秒氣體脈動週期的30%關閉。由於來源RF訊號脈動率為100Hz，故完整的RF訊號脈動週期為10ms。假如RF脈動工作循環為40%，RF開啓相位(當13.56MHz訊號開啓時)為10ms RF脈動週期的40%，且RF關閉相位(當13.56MHz訊號關閉時)為10ms RF脈動週期的60%。

【0023】 在一或更多實施例中，可以兩不同頻率使感應源RF訊號產生脈動，而使氣體以其本身的氣體脈動頻率產生脈動。例如，在頻率 f_1 的開啓相位期間，不僅可在100Hz的頻率 f_1 使前述的13.56 MHz之RF訊號產生脈動，亦可利用不同、更高的頻率使其產生脈動。例如，假如RF脈動工作循環為 f_1 脈動的40%，則 f_1 的開啓相位為10ms的40%或4ms。然而，在4ms的 f_1 開啓相位期間，也可以不同、更高的頻率 f_2 (如以400Hz)使RF訊號產生脈動。

【0024】 本發明之實施例考量氣體脈動與RF脈動可為同步(亦即具有匹配的脈動訊號前緣及/或降低邊緣(lowering edge))或可為不同步。該工作循環可為不變，或可以獨立於其他脈動頻率的方式或以相依於其他脈動頻率的方式改變。

【0025】 在一或更多實施例中可使用頻率啾頻(chirping)。例如，RF訊號可以週期性或非週期性方式改變其基本頻率，以使在任何脈動週期(例如，任何RF

訊號或氣體脈動週期)之一相位或一相位的一部分期間可使用不同的頻率(例如 60 MHz對13.56 MHz)。同樣的，如有需要，該氣體脈動頻率可隨時間以週期性或非週期性方式改變。

【0026】 在一或更多實施例中，該前述氣體與來源RF脈動可利用一或更多脈動或另一參數的變異(如偏壓RF訊號的脈動、DC偏壓對電極之脈動、在不同脈動頻率的複數RF頻率脈動、改變任何參數的相位…等)結合。

【0027】 本發明之實施例的特徵與優點參照下列圖示與討論可更加了解。

【0028】 根據本發明之實施例，圖1顯示例示組合脈動法，其中儘管在不同的脈動頻率，但使輸入氣體(如反應氣體及/或惰性氣體)與來源RF訊號二者皆產生脈動。在圖1的例子中，輸入氣體102係於約2秒/脈動或2MHz的氣體脈動率(定義為 $1/T_{gp}$ ，其中 T_{gp} 為氣體脈動週期)產生脈動。

【0029】 13.56MHz的變壓耦合電漿(TCP)來源RF訊號104係於RF脈動頻率(定義為 $1/T_{rfp}$ ，其中 T_{rfp} 為RF脈動週期)產生脈動。爲了釐清此處RF脈動的觀念，該RF訊號在時間週期120期間開啓(如13.56 MHz RF訊號)，且RF訊號在時間週期122期間關閉。每一氣體脈動率與RF脈動率可具有其自有的工作循環(定義為脈動開啓時間除以總脈動週期)。任何脈動訊號的工作循環必須爲50%不爲必要條件，且工作循環可依需要爲了特定處理而改變。

【0030】 在一實施例中，氣體脈動與RF訊號脈動在相同的工作循環。在另一實施例中，氣體脈動與RF訊號脈動係在可獨立控制(且可爲不同的)的工作循環，以做最大限度的精細控制。在一或更多實施例中，氣體脈動訊號和RF脈動訊號的前緣及/或後緣可爲同步。在一或更多實施例中，氣體脈動訊號和RF脈動訊號的前緣及/或後緣可爲不同步。

【0031】 在圖2中，輸入氣體202在其自有的氣體脈動頻率產生脈動。然而，當氣體於其自有的氣體脈動頻率(定義為 $1/T_{gp}$ ，其中 T_{gp} 為氣體脈動週期)產

生脈動時，來源RF訊號204可以兩不同的頻率產生脈動。例如，RF訊號不只可在頻率 f_1 (從圖中定義為 $1/T_1$)產生脈動，亦可在 f_1 脈動開啓相位期間以不同、更高的頻率產生脈動。例如，在此 f_1 脈動的開啓相位期間，RF訊號可在不同的脈動頻率 f_2 (從圖中定義為 $1/T_2$)產生脈動。

【0032】在圖3中，輸入氣體302在其自有的氣體脈動頻率產生脈動。然而，當氣體在其自有的氣體脈動頻率產生脈動時，來源RF訊號304可以三不同的頻率產生脈動。例如，RF訊號不只可在頻率 f_1 (由圖中定義為 $1/T_1$)產生脈動，亦可在 f_1 脈動的開啓相位期間以不同、更高的頻率產生脈動。因此，在此 f_1 脈動的開啓相位期間，RF訊號可在不同的脈動頻率 f_2 (由圖中定義為 $1/T_2$)產生脈動。在 f_1 脈動的關閉相位期間，RF訊號可在不同的脈動頻率 f_3 (由圖中定義為 $1/T_3$)產生脈動。

【0033】額外地或替代地，儘管工作循環在圖1至3的例子中顯示為不變，但工作循環亦可以週期性或非週期性的方式、且獨立於或相依於脈動訊號其中一者(不論為氣體脈動訊號、RF脈動訊號或是其他)的相位而變化。再者，在工作循環中的改變可相對於脈動訊號之任一者(不論為氣體脈動訊號、RF脈動訊號或其他)的相位同步或不同步。

【0034】在一實施例中，RF脈動的工作循環在氣體脈動的開啓相位(例如，圖1中的154)期間有利地設定為一數值，且RF脈動的工作循環在氣體脈動的關閉相位(例如，圖1中的156)期間設定為另一不同數值。在一較佳的實施例中，RF脈動的工作循環在氣體脈動的開啓相位(例如，圖1中的154)期間有利地設定為一數值，且RF脈動的工作循環在氣體脈動的關閉相位(例如，圖1中的156)期間設定為一較低數值。吾人考量此種其中工作循環在氣體脈動的開啓相位期間較高、且在氣體脈動的關閉相位期間較低的RF脈動工作循環的實施例對於某些蝕刻具有優勢。吾人考量此種，其中工作循環在氣體脈動的開啓相位期間較低、

且在氣體脈動的關閉相位期間較高之RF脈動工作循環的變化對於某些蝕刻具有優勢。作為此處所使用的用語，當使訊號產生脈動時，在使訊號產生脈動的期間，工作循環不為100% (亦即，脈動與「總是開啓」為兩不同概念)。

【0035】 額外地或替代地，頻率啾頻可與脈動訊號之任何者(不論氣體脈動訊號、RF脈動訊號或其他)一起使用。頻率啾頻係於下圖4中相關於RF脈動訊號更詳細地描述。

【0036】 在一或更多實施例中，使氣體產生脈動使得在氣體脈動的開啓相位期間，反應氣體和惰性氣體(如氫、氮、氬、氦、氖…等)為配方所指定。在氣體脈動的關閉相位期間，反應氣體和惰性氣體兩者中至少一些可移除。在其他實施例中，移除至少一些反應氣體在氣體脈動的關閉相位期間並以惰性氣體取代。在有利的方面，在氣體脈動的關閉相位期間，移除至少一些反應氣體並以惰性氣體取代，以使腔室壓力保持實質上相同。

【0037】 在一或更多實施例中，在氣體脈動的關閉相位期間，流進腔室的惰性氣體對全體氣體之百分比可由約X%改變至約100%，其中X為氣體脈動的開啓相位期間所使用的惰性氣體對全體氣流的百分比。在一更佳的實施例中，流進腔室的惰性氣體對全體氣體之百分比可由約1.1X改變至約100%，其中X為氣體脈動的開啓相位期間所使用的惰性氣體對全體氣流之百分比。在一較佳的實施例中，流進腔室的惰性氣體對全體氣體之百分比可由約1.5X改變至100%，其中X為氣體脈動的開啓相位期間所使用的惰性氣體對全體氣流之百分比。

【0038】 氣體脈動率被氣體在腔室內的滯留時間限制於高端(high end，頻率上限)。此滯留時間的觀念為熟悉本技術領域者所習知，並且依腔室設計而有所改變。例如，對於電容耦合腔室而言，滯留時間通常在數十毫秒的範圍之內。在另一例子中，對於感應耦合腔室而言，滯留時間通常在數十毫秒至數百毫秒的範圍之內。

【0039】 在一或更多實施例中，氣體脈動週期可在從10毫秒至50秒之範圍內，更佳地為從50毫秒至約10秒且較佳地為從約500毫秒至約5秒。

【0040】 依據本發明之實施例，來源RF脈動週期較氣體脈動週期為低。該RF脈動頻率被RF訊號之頻率限制於高端(例如，若RF頻率為13.56 MHz，13.56MHz將確立RF脈動頻率之上限)。

【0041】 依據本發明之一或更多實施例，圖4顯示其他可能的組合。在圖4中，可使另一訊號406(如偏壓RF或任何其他週期性的參數)隨著氣體脈動訊號402與來源RF脈動訊號404(如430與432所示產生脈動)產生脈動。訊號406的脈動可與系統中任何其他訊號同步或不同步。

【0042】 額外地或替代地，可使另一訊號408(如DC偏壓或溫度或壓力或任何其他非周期性參數)隨氣體脈動訊號402和來源RF脈動訊號404產生脈動。訊號408之脈動可與系統中任何其他訊號同步或不同步。

【0043】 額外地或替代地，可使另一訊號410(如RF來源或RF偏壓或任何其他非週期性參數)隨著氣體脈動訊號402產生啾頻及脈動。例如，當訊號410產生脈動時，訊號410的頻率可相依於訊號410或其他訊號(如氣體脈動訊號)的相位、或回應源於工具控制電腦的控制訊號而改變。在圖4的例子中，參考編號422指出具有較與參考編號420相關之頻率更高頻率的區域。較低頻率420之實例可為27 MHz，且較高頻率422可為60 MHz。訊號410的脈動及/或啾頻可與系統中的任何其他訊號同步或不同步。

【0044】 根據本發明之一實施例，圖5顯示執行組合脈動的步驟。例如，圖5的步驟可在一或更多電腦的控制下經由軟體執行。該軟體可儲存於電腦可讀媒體，在一或更多實施例中包含一非過渡電腦可讀媒體。

【0045】 在步驟502中，將基板於設置電漿處理室中。在步驟504中，基板係於使RF來源與輸入氣體兩者產生脈動時受處理。步驟506中顯示選擇性的使一

或更多其他訊號(如RF偏壓或另一訊號)產生脈動。在步驟508中，當使RF來源與輸入氣體產生脈動時，可選擇性改變頻率、工作循環、氣體百分比…等。

【0046】 在一或更多實施例中，氣體產生脈動使得在循環週期性地重複的情況下，每週期有至少兩相位。其他包含RF來源訊號的參數可維持不產生脈動。在第一相位期間，反應氣體(可包含複數不同的蝕刻及/或高分子形成(polymer-forming)氣體)對惰性氣體(如氫、氮、氬、氦、氖…等之一或更多者)的比例在第一比例。在第二相位期間，反應氣體對惰性氣體的比例在與第一比例不同的第二比例。假如在第二相位期間，流進腔室之反應氣流對全體氣流的比例減少(亦即流進腔室之惰性氣流對全體氣流的比例增加)，則腔室在第二相位期間含有比第一相位中更高百分比的惰性氣體。在此狀況下產生離子支配電漿，其中電漿離子通量主要係以惰性氣體形成以執行蝕刻。

【0047】 此係不同於其中添加反應氣體以使氣體產生脈動的先前技術情形。藉由在不增加流進腔室的反應氣流下增加腔室內惰性氣體的百分比，本發明之實施例達成富含離子的電漿以改進蝕刻均勻性、方向性及/或選擇性。

【0048】 在一實施例中，比例並非藉由增加任何反應(如蝕刻劑或高分子形成)氣體進入腔室中來改變，而是藉由減少反應氣流量使得惰性氣體對反應氣體的流量百分比增加。在此實施例中，腔室壓力會在第二相位期間本質上地減少。

【0049】 額外地或替代地，反應氣體對惰性氣體的比例可藉由增加流進腔室的惰性氣流而維持流進腔室的反應氣流不變、或藉由減少反應氣流(但不藉由增加流進腔室的反應氣流)來改變。在一實施例中，使惰性氣流增加以抵銷反應氣流的減少。在此實施例中，腔室壓力在第一與第二相位期間維持實質上的相同。在另一實施例中，使惰性氣體的流量增加但不足以完全抵銷反應氣流的減少。在此實施例中，腔室壓力在第二相位期間減少。在另一實施例中，使惰性

氣流增加至多於足以抵銷反應氣流的減少。在此實施例中，腔室壓力在第二相位期間增加。

【0050】 如所述，在一或更多實施例中，在氣體脈動的第二相位期間，流進腔室的惰性氣體對全體氣體的百分比可由約X%改變至約100%，其中X為當使電漿室穩定以供處理時所表現的惰性氣體對全體氣流的百分比、或在第一相位期間所表現的惰性氣體對全體氣流的百分比。在更佳實施例中，流進腔室的惰性氣體對全體氣體的百分比可由約1.1X改變至約100%。在較佳實施例中，流進腔室的惰性氣體對全體氣體的百分比可在第二相位期間由約1.5X%改變至約100%。

【0051】 氣體脈動率被氣體在腔室中的滯留時間限制在高端(頻率上限)。如所述，例如，對於電容耦合腔室而言，殘留時間通常在數十毫秒的範圍內。在另一例子中，對於感應耦合腔室而言，殘留時間通常在數十毫秒至數百毫秒的範圍內。亦如所述，在一或更多實施例中，氣體脈動週期可在由10毫秒至50秒、更佳地在由50毫秒至約10秒、且較佳地在由約500毫秒至約5秒的範圍內。

【0052】 在一或更多實施例中，在週期性脈動的第二相位期間加入的惰性氣體可為相同的惰性氣體、或具有不同的化學成份及/或不同的組成氣體之不同的惰性氣體。額外地或替代地，氣體脈動率的工作循環可由1%改變至99%。額外地或替代地，可使氣體脈動率產生啾頻，亦即可在處理期間改變。例如，氣體脈動可以具有40%工作循環之5秒氣體脈動週期進行，接著轉換至具有相同的40%工作循環或不同的工作循環之9秒氣體脈動週期。該啾頻可根據啾頻頻率(如20秒啾頻頻率，其中每20秒可改變氣體脈動頻率)週期性的進行。

【0053】 根據一或更多本發明之實施例，圖6顯示執行氣體脈動的步驟。例如，圖6的步驟可在一或更多電腦控制下經由軟體執行。該軟體可儲存於一電腦可讀媒體，在一或更多實施例中包含一非過渡電腦可讀媒體。

【0054】在步驟602中，將基板設置於電漿處理室中。在步驟604中，一電漿產生於腔室中，並利用惰性氣流對反應氣流的底線比例加以穩定。在步驟606中，在不增加流進腔室之反應氣體的情況下於一氣體脈動相位增加惰性氣流對反應氣流的比例。在步驟608中，在不增加反應氣流進入腔室的情況下，於氣體脈動的另一相位中相對於步驟606的惰性氣流對反應氣流比例減少惰性氣流對反應氣流的比例。在不同實施例中，步驟608中之惰性氣流對反應氣流的比例可實質上與步驟604(穩定電漿步驟)中之惰性氣流對反應氣流的比例相同，或可比穩定步驟604中之惰性氣流對反應氣流的比例更高或更低。在步驟610中，當氣體藉由使前述惰性對反應氣流比週期性地以步驟606和608的比例波動而脈動時，基板受處理。

【0055】根據本發明之實施例，圖7A和7B顯示相關於圖6討論的氣體脈動法之不同例示變化。在圖7A的實例中，情形A、B、C和D代表不同的惰性氣體對反應氣體之比例。例如，在情形A中，惰性氣體(I)對反應氣體(R)的比例為3：7。例如，在情形B中，惰性氣體對反應氣體的比例為8：1。例如，在情形C中，惰性氣體對反應氣體的比例為1：9。在情形D中，流進腔室中的氣體實質上皆為惰性。儘管提出範例比值，但比例的精確值僅為說明性的；重點係該等情形相對於彼此皆具有不同的比例。

【0056】在圖7B中，在較佳的實施例中，例示脈動702可為ADAD，其中氣體脈動可在圖7A中的情形A與情形D之間週期性地波動與重複。

【0057】另一例示脈動704可為ABABAB/ADAD/ABABAB/ADAD，其中氣體脈動可週期性地在圖7A中的情形A與情形B之間、接著在圖7A中的情形A與D之間、之後回到圖7A中的情形A與B之間波動並重複。

【0058】另一例示脈動706可為ABABAB/ACAC/ABABAB/ACAC，其中氣體脈動可週期性地在圖7A中的情形A與情形B之間、接著在圖7A中的情形A與C之間、之後回到圖7A中的情形A與B間波動並重複。

【0059】另一例示脈動708可為ABABAB/CDCD/ABABAB/CDCD，其中氣體脈動可週期性地在圖7A中的情形A與情形B之間、接著在圖7A中的情形C與D之間、之後回到圖7A中的情形A與B之間波動並重複。

【0060】另一實例脈動710可為ABABAB/CDCD/ADAD/ABABAB/CDCD/ADAD其中該氣體脈動可週期性地波動在圖7A中的情形A與情形B之間、接著在圖7A中的情形C與D之間、接著在圖7A中的情形A與D之間、之後回到圖7A中的情形A與B之間波動並重複。

【0061】其他例子可包含4個相位，如ABAB/CDCD/ADAD/ACAC並重複。該複合脈動對於處理涉及如原位蝕刻然後清潔(in-situ etch-then-clean)、或多步驟蝕刻…等高度地有利。

【0062】在另一實施例中，圖6、7A和7B的氣體脈動可與供應至充能電極的RF偏壓訊號之非同步或同步脈動結合。在一例子中，當使氣體在一氣體脈動循環的相位中產生脈動至一高惰性氣體百分比或100%或接近100%惰性氣體百分比時，RF偏壓訊號產生高度脈動。當使氣體在氣體脈動循環的另一相位中產生脈動至一較低的惰性氣體百分比時，RF偏壓訊號產生低度或零脈動。在不同實施例中，相較於氣體脈動的脈動頻率，RF偏壓訊號的脈動頻率可為相同或不同。在不同實施例中，相較於氣體脈動的工作循環，RF偏壓訊號的工作循環可為相同或不同。如有需要，啉頻可與RF偏壓訊號脈動與氣體脈動之一或兩者一起使用。

【0063】在各個氣體脈動的例子中，脈動頻率、脈動數、工作循環…等可在整個蝕刻保持不變、或可依需求週期性地或非週期性地改變。

【0064】如由前文中可瞭解，本發明之實施例提供另一可擴大蝕刻處理的處理範圍之控制旋鈕。由於許多現行的電漿室已設有脈動閥或脈動質流控制器，根據圖6-7A/7B與此處的討論之氣體脈動的實施便可在不需昂貴的硬體改裝之情況下達成。更甚者，假如RF脈動需配合氣體脈動使用，許多現行的電漿室已設有可脈動式(pulse-capable)RF能量供應器。於是，可在不需昂貴的硬體改裝下經由氣體/RF能量脈動獲得較寬的處理範圍之成果。目前的工具擁有者可借助現有的蝕刻處理系統以少量的軟體升級及/或少量的硬體改變來達到改善的蝕刻。更甚者，藉由具有改進的及/或更精細的離子對自由基流量比控制，可使選擇性、一致性和逆向RIE延遲效應改善。例如，藉由相對於自由基通量增加離子通量可在一些情形中改善基板上的一層對另一層之選擇性。在具有如此改善的離子對自由基控制之情況下，原子層蝕刻(ALE, atomic layer etch)可更有效率地達成。

【0065】儘管本發明已就數個較佳實施例加以描述，仍有落入本發明範圍內之變化、置換和均等物。例如，圖中所討論的脈動技術可在任何組合之中加以結合以滿足特定處理的需求。例如，工作循環的變異可藉由利用圖示中任一者(或任一者的一部分、或多數者的結合)討論之技術來實施。同樣地，頻率啾頻可藉由利用圖示中任一者(或任一者的一部分、或多數者的結合)討論之技術及/或工作循環變異來實施。同樣地，惰性氣體置換可藉由利用圖示中任一者(或任一者的一部分、或多數者的結合)討論之技術及/或工作循環變異及/或頻率啾頻來實施。重點為儘管技術係獨立地及/或相關於特定圖示而討論，仍可將各種技術在任何組合之中加以結合以執行特定處理。

【0066】儘管此處已提供各種例子，對於本發明而言，這些範例仍意為例示性而非限制性。此外，此處之「發明名稱」和「發明內容」係為便利而提供，且不應用以解釋此處之申請專利範圍之範疇。若在此處使用用語「組(set)」，

此用語係意指具有其通常被理解的數學意義，而包含零、一、或多於一構件。
亦應注意有許多實施本發明的方法和裝置之替代方式。

【符號說明】

【0067】

- 102 輸入氣體
- 104 變壓耦合電漿來源RF訊號
- 120 時間週期
- 122 時間週期
- 154 氣體脈動的開啓階段
- 156 氣體脈動的關閉階段
- 202 輸入氣體
- 204 來源RF訊號
- 302 輸入氣體
- 304 來源RF訊號
- 402 氣體脈動訊號
- 404 來源RF脈動訊號
- 406 訊號
- 408 訊號
- 410 訊號
- 420 脈動訊號
- 422 脈動訊號
- 430 來源RF脈動訊號
- 432 來源RF脈動訊號

502 步驟

504 步驟

506 步驟

508 步驟

602 步驟

604 步驟

606 步驟

608 步驟

610 步驟

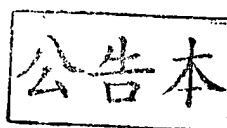
702 脈動

704 脈動

706 脈動

708 脈動

710 脈動



申請日: 101.11.14

IPC分類: H01J-037/32(2006.01)

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電漿處理系統中之惰性物支配脈動

【英文發明名稱】

INERT-DOMINANT PULSING IN PLASMA PROCESSING SYSTEMS

【中文】提供一種在處理室中處理基板的方法，該處理室具有至少一電漿產生源與用以提供處理氣體至腔室中之一氣體源。該方法包含以具有RF頻率之RF訊號來激發該電漿產生源。該方法更包含利用至少一第一氣體脈動頻率使該氣體源產生脈動，以相對於第一氣體脈動頻率使第一處理氣體在氣體脈動週期之一第一部份期間流入該腔室、且第二處理氣體在氣體脈動週期之一第二部份期間流入該腔室。第二處理氣體具有相對於第一處理氣體之反應氣體對惰性氣體比例更低的反應氣體對惰性氣體比例。第二處理氣體係藉由從第一處理氣體移除至少一部分的反應氣流所形成。

【英文】A method for processing substrate in a processing chamber, which has at least one plasma generating source and a gas source for providing process gas into the chamber, is provided. The method includes exciting the plasma generating source with an RF signal having RF frequency. The method further includes pulsing the gas source, using at least a first gas pulsing frequency, such that a first process gas is flowed into the chamber during a first portion of a gas pulsing period and a second process gas is flowed into the chamber during a second portion of the gas pulsing period, which is associated with the first gas pulsing frequency. The second process gas has a lower reactant-gas-to-inert-gas ratio relative to a reactant-gas-to-inert-gas

第1頁，共2頁(發明摘要)

ratio of the first process gas. The second process gas is formed by removing at least a portion of a reactant gas flow from the first process gas.

【指定代表圖】 圖4

【代表圖之符號簡單說明】

406 訊號

402 氣體脈動訊號

404 來源RF脈動訊號

408 訊號

410 訊號

420 脈動訊號

422 脈動訊號

430 來源RF脈動訊號

432 來源RF脈動訊號

【發明圖式】

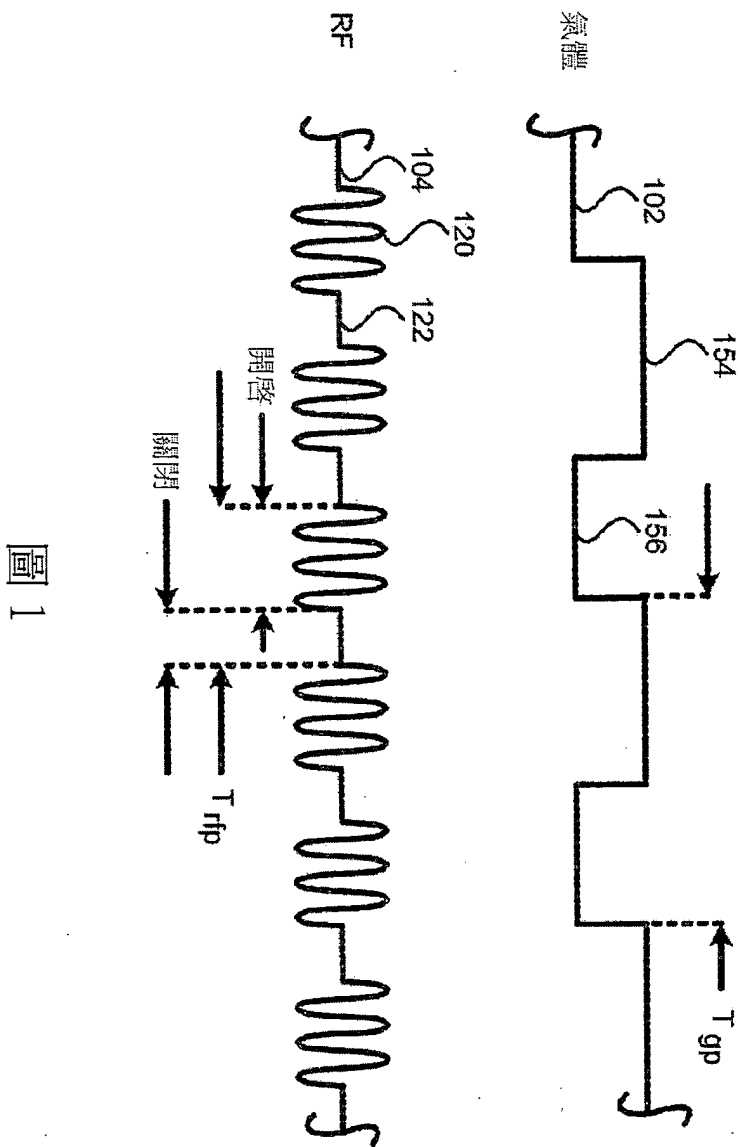
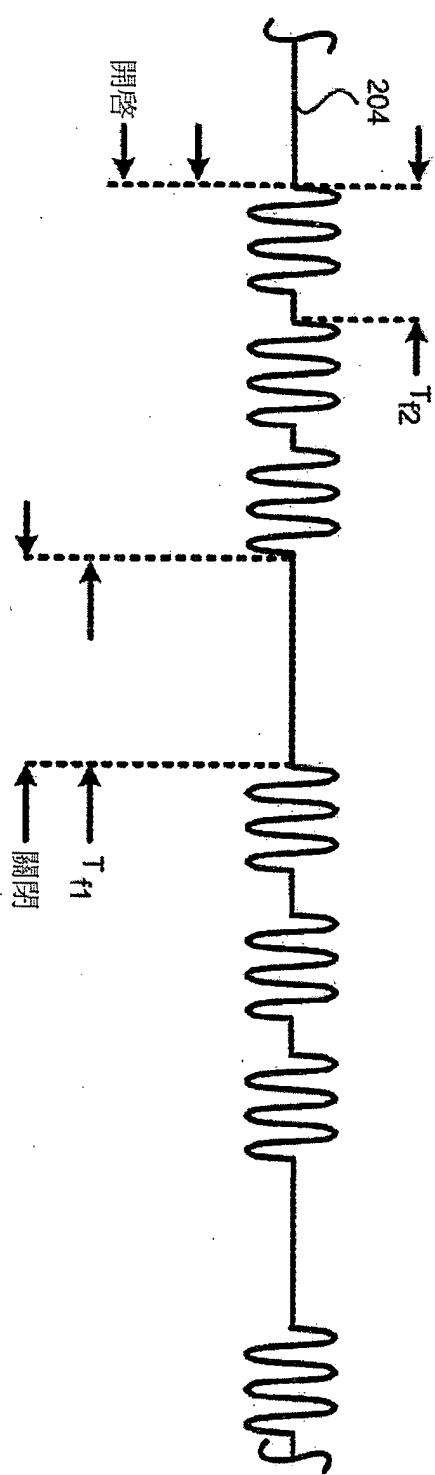


圖 1



回
2

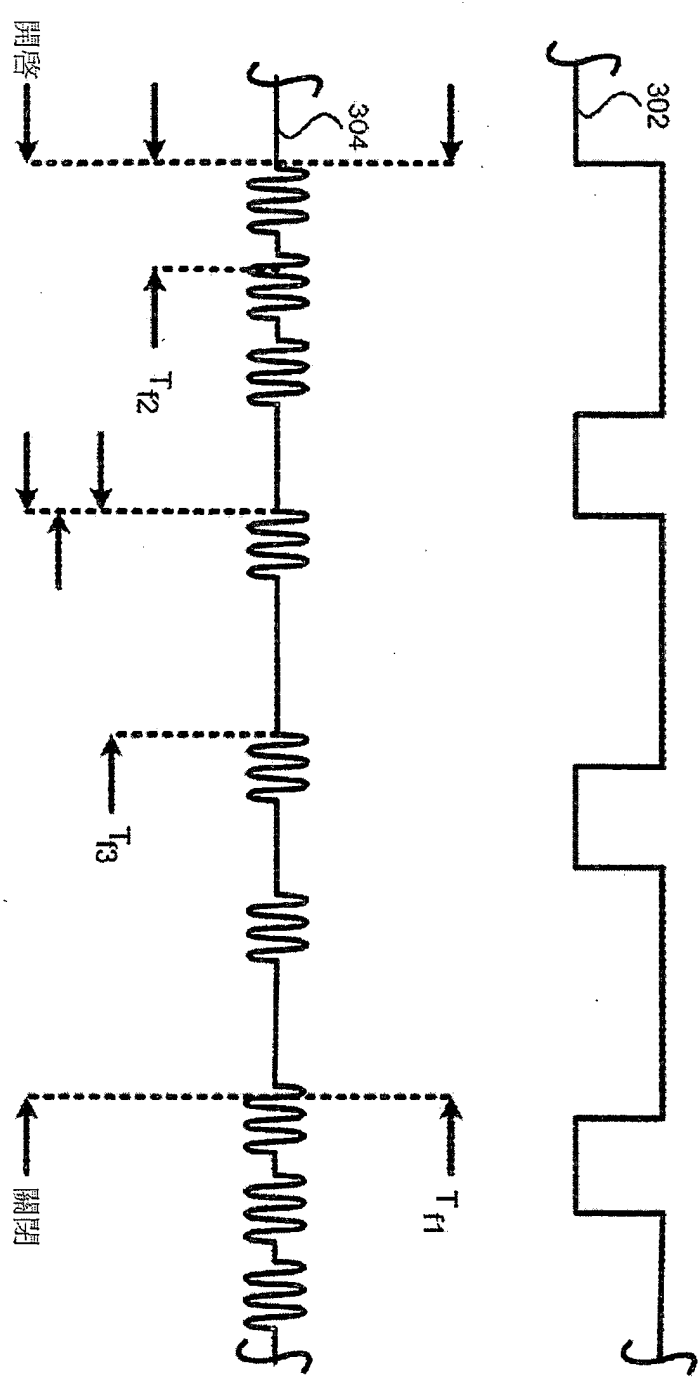


圖 3

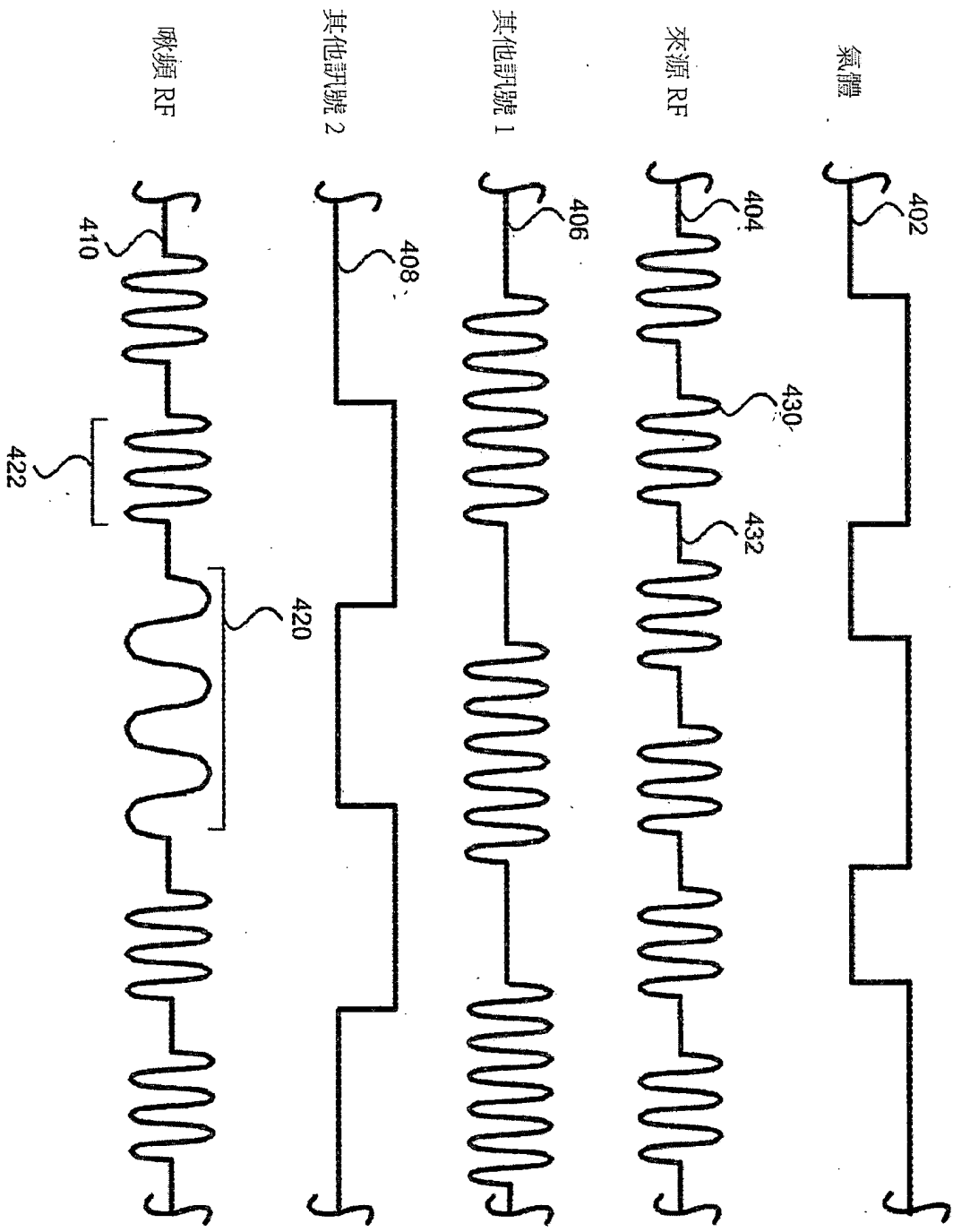


圖 4

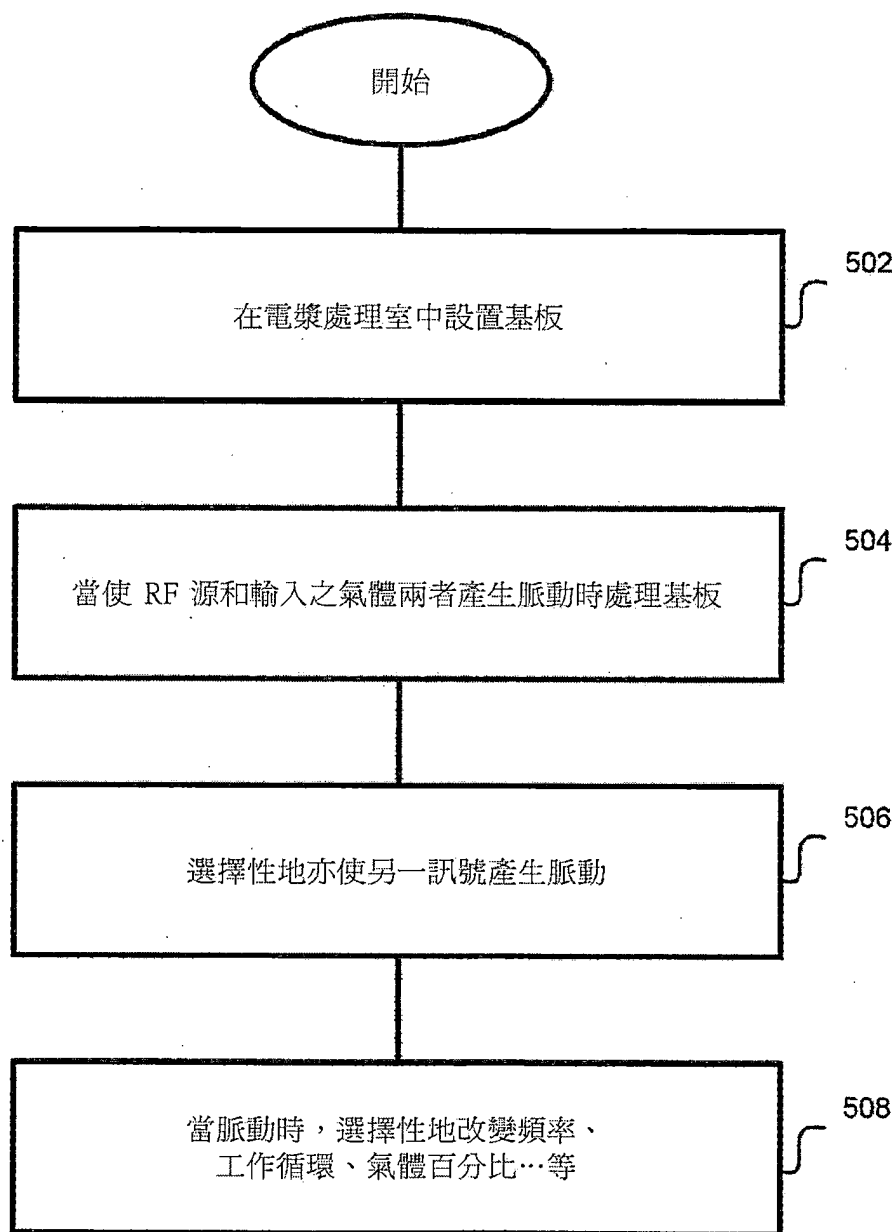


圖 5

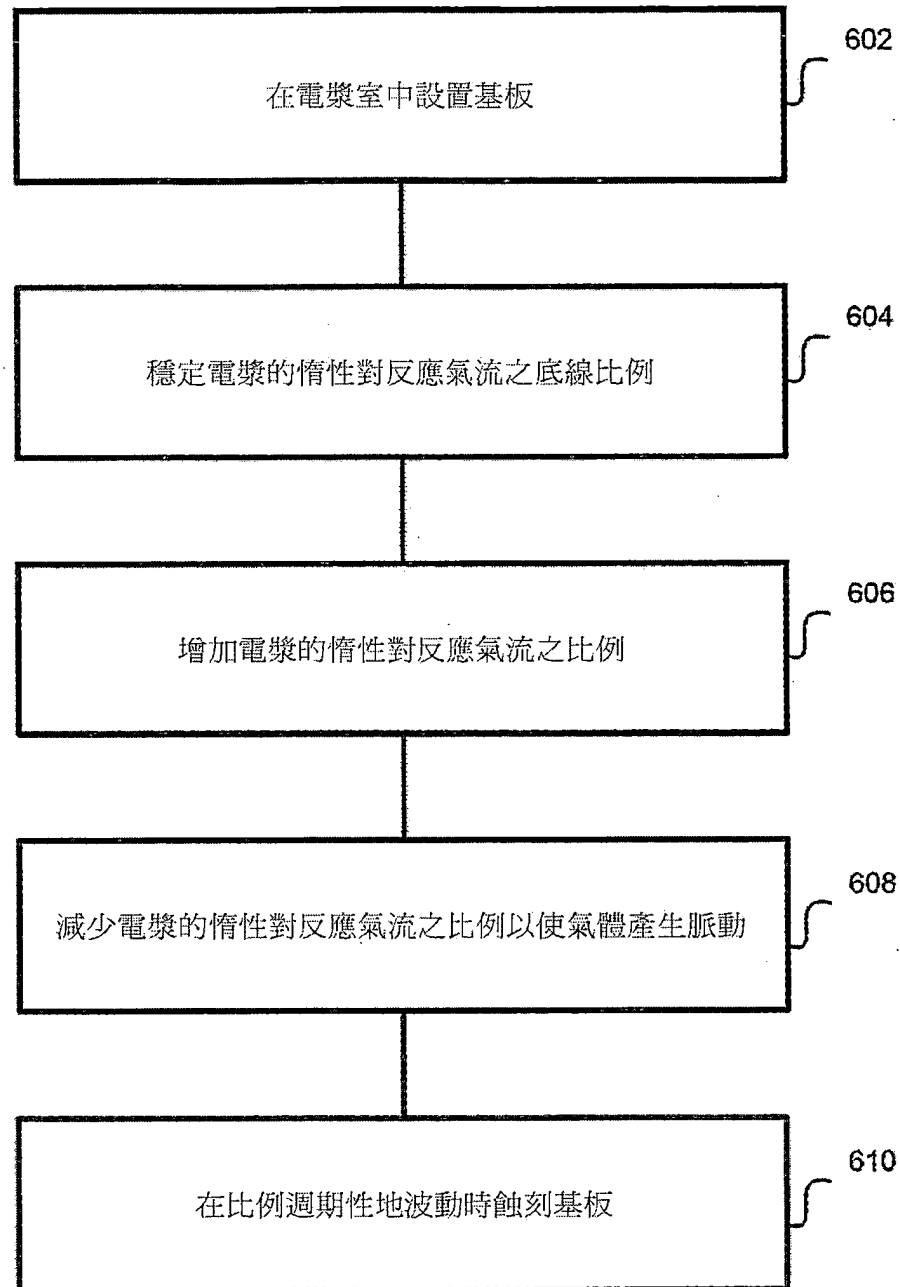


圖 6

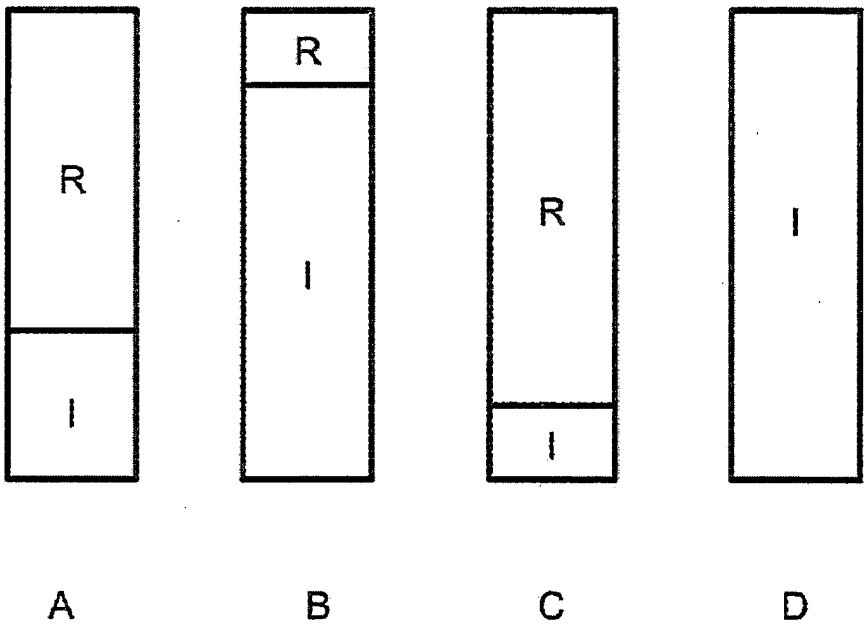


圖 7A

702 } ADAD ...

704 } ABABAB/ADAD/ABABAB/ADAD

706 } ABABAB/ACAC/ABABAB/ACAC

708 } ABABAB/CDCCD/ABABAB/CDCCD

710 } ABABAB/CDCCD/ADAD/ABABAB/CDCCD/ADAD

圖 7B

ratio of the first process gas. The second process gas is formed by removing at least a portion of a reactant gas flow from the first process gas.

【指定代表圖】 圖4

【代表圖之符號簡單說明】

406 訊號

402 氣體脈動訊號

404 來源RF脈動訊號

408 訊號

410 訊號

420 脈動訊號

422 脈動訊號

430 來源RF脈動訊號

432 來源RF脈動訊號

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，該電漿處理室具有至少一電漿產生源和至少一氣體源，該氣體源用以提供一處理氣體至該電漿處理室的一內部區域中，該方法包含提供複數循環，其中每一循環包含：

使實質上由反應氣體組成之第一氣體流入該處理室；

提供第一 RF 訊號，以將該第一氣體形成為第一電漿；

停止流入該處理室之該第一氣體；

在停止流入該第一氣體後，使第二氣體流入該處理室，其中使該電漿處理室中的該第二氣體增加而多於該第一氣體，且該第二氣體實質上係由惰性氣體組成，該惰性氣體係用以在流入該第二氣體期間取代至少一部份的該第一氣體，以使該電漿處理室的壓力實質上維持固定；

提供不同於該第一 RF 訊號的第二 RF 訊號，以將該第二氣體形成為第二電漿；

停止流入該處理室之該第二氣體；

重複流入該第一氣體的步驟、提供該第一 RF 訊號的步驟、停止流入該第一氣體的步驟、流入該第二氣體的步驟、提供該第二 RF 訊號的步驟、及停止流入該第二氣體的步驟而達到該複數循環；

其中該第一 RF 訊號的功率係不同於該第二 RF 訊號。

【第2項】如申請專利範圍第1項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，更包含：使該第一氣體所形成的電漿穩定。

【第3項】如申請專利範圍第2項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中每一循環更包含：使第三氣體流入該處理室及停止流入該處理室之該第三氣體。

第 1 頁，共 2 頁(發明申請專利範圍)

【第4項】如申請專利範圍第3項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中該第三氣體中之反應氣體對惰性氣體的比例係不同於該第一氣體中之反應氣體對惰性氣體的比例及該第二氣體中之反應氣體對惰性氣體的比例。

【第5項】如申請專利範圍第1項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中將該第一氣體與該第二氣體在該處理室中混合。

【第6項】如申請專利範圍第1項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中每一循環更包含：使第三氣體流入該處理室及停止流入該處理室之該第三氣體。

【第7項】如申請專利範圍第6項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中該第三氣體中之反應氣體對惰性氣體的比例係不同於該第一氣體及該第二氣體中之反應氣體對惰性氣體的比例。

【第8項】如申請專利範圍第1項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中該第二RF訊號具有頻率不同於該第一RF訊號的RF訊號，且其中該第一RF訊號的頻率及該第二RF訊號的頻率皆為預定。

【第9項】如申請專利範圍第8項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，其中將該第一氣體與該第二氣體在該處理室中混合。

【第10項】如申請專利範圍第1項之在電漿處理系統之電漿處理室中利用原子層蝕刻的蝕刻方法，更包含：提供一脈動偏壓。