

# 公告本

附件 2: 第

90119395  
中文說明書修正頁

號專利申請案

民國 91 年 9 月 19 日修正

申請日期	90 年 8 月 8 日
案 號	90119395
類 別	H05H 1/00

A4  
C4  
91年9月19日修正  
補充

(以上各欄由本局填註)

511397

## 發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	增進之電漿處理均勻性的方法及裝置
	英 文	Method and apparatus for improved plasma processing uniformity
二、發明 創作人	姓 名	(1) 安德瑞·密卓維克 Mitrovic, Andrej S. (2) 艾瑞克·斯特朗吉 Strang, Eric J. (3) 莫瑞·塞齊斯 Sirkis, Murray D.
	國 籍	(1) 南斯拉夫 (2) 美國 (3) 美國
	住、居所	(1) 美國亞利桑那州鳳凰城南四十八街一四四三五號 14435 S. 48th Street #1203, Phoenix, AZ 85044, U.S.A. (2) 美國亞利桑那州箱得勒西歐瑞爾路一〇八一號 1081 West Oriole Way, Chandler, Arizona 85248, U. S. A. (3) 美國亞利桑那州田佩東費蒙特路三三二號 332 East Fairmont Drive, Tempe, AZ 85282, U. S. A.
三、申請人	姓 名 (名稱)	(1) 東京威力科創有限公司 Tokyo Electron Limited
	國 籍	(1) 日本
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國東京都港區赤坂五丁目三一六 TBS Broadcast Center, 3-6, Akasaka 5-Chome, Minato-ku, Tokyo 107, Japan
	代 表 人 姓 名	(1) 寶拉·凱拉布瑞斯 Calabrese, Paula A.

裝

訂

線

91年9月19日  
補充

申請日期	90年8月8日
案號	90119395
類別	

A4  
C4

(以上各欄由本局填註)

## 發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	(4) 關標雄 Quon, Bill H. (5) 理查·帕森斯 Parsons, Richard (6) 塚本裕司 Tsukamoto, Yuji
	國 籍	(4) 美國                      (5) 美國                      (6) 日本
	住、居所	(4) 美國亞利桑那州田普東陽光路一〇二〇號 1020 East Sunburst Lane, Tempe, AZ 85284, U. S. A.  (5) 美國亞利桑那州鳳凰城北四十六街一四八五三號 14853 N. 46th St., Phoenix, AZ 85032, U.S.A.  (6) 美國亞利桑那州鳳凰城東狄瑟威洛四六二二號 4622 East Desert Willow, Phoenix, AZ 85044, U.S.A.
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6

B6

本案已向：

國(地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， 有 無主張優先權

美國 2000年8月8日 60/223,834 有主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

## 五、發明說明(1)

### 發明背景

本發明是關於一種工件之電漿製程，尤其是關於一種增進之電漿處理均勻性的方法及裝置。

離子氣體或“電漿”可使用在半導體裝置，平面顯示器以及其他諸多需要對材料進行蝕刻或沉積的處理及製造過程中。電漿可用來從製作半導體積體電路的晶圓上將材料蝕刻或移除，或者用來將材料濺鍍或沉積在半導體，導體或絕緣體的表面上。對於採用電漿技術的製程，通常是將低壓製程氣體導入內含有積體電路(IC)晶圓等工件的反應室中。在氣體分子進入室內後，利用無線電頻率能量(功率)源將低壓氣體的原子或分子離子化形成電漿。接著，電漿流過工件並與工件進行反應。而室內必須保持形成電漿所需的低壓環境，並提供處理半導體裝置所需的潔淨環境，且其結構必須用來支撐一個或多個無線電頻率能量源。

產生電漿的方法是將電子流導入低壓製程氣體中，使各個電子-氣體分子產生相互碰撞，利用碰撞所產生動能將各個氣體原子或分子離子化。基本上，電子是在射頻(RF)能量所產生的電場中加速。RF能量可以是低頻(低於550 KHz)，高頻(例如，13.56 MHz)，或微波頻率(例如，2.45GHz)。

在半導體製程中，主要的兩種蝕刻方式是，電漿蝕刻以及反應離子蝕刻(RIE)。電漿蝕刻系統基本上包含射頻能量源以及一對電極。在電極之間產生電漿，且將欲處理工件(亦即，基板或晶圓)平行放置其中一個電極上。使用來源氣體決定電漿內的化學成分並藉由這些化學成分來執行所

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(2)

需的處理。

習知反應器系統所面臨的問題是如何控制電漿以獲得均勻的蝕刻及沉積。在電漿反應器中，蝕刻或沉積的均勻性是取決於系統的整體設計，尤其是取決於RF饋送及相關控制電路的設計。

在電漿反應器系統中，電極與RF電源供應器連接，電漿反應器的發展趨勢是增加RF電源供應器的基本RF驅動頻率，從習知13.56 MHz增加至60 MHz或更高的頻率。採用此種方式可改善處理效率，但相對地增加反應器在設計上的困難度。

目前業界已經使用多段電極的方法來改善蝕刻及沉積的均勻性。參考圖1，電漿反應系統8包含具有內部12的反應室10，其中設置有分段的電極16，由數個分離的厚導體電極段18組成，各電極段具有頂面18U及底面18L。可利用適當的固定裝置將矽板或"面"(未顯示)固定在各個分段電極的底面18L，以控制因金屬電極濺射所產生的污染。電極段18利用絕緣器20隔開，並利用RF電源供應器26，經由連接至各個電極段的RF供應線30將電源供應至各個電極上。提供主控制單元36作為電極段18的電源控制。安排在RF電源供應器26以及電極段18之間的匹配網路40是用來作調整，使其與產生電漿50所需負載的匹配性最佳，以便提供電漿最佳的電能。

反應器8包含，面對分段電極16的工件支撐構件60，上方支撐晶圓等工件66。分段電極16在設計上，使得電極段

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

### 五、發明說明(3)

18的底面18L與內部區域12中的真空區域70交界。如此，使得電極段18直接接觸真空區域70內的電漿50，如前述，縱使使用矽面(未顯示)，矽電極表面附著物直接與電漿50接觸。在絕緣器20與電極段之間，以及反應室10與絕緣器20之間填入密封材料(未顯示)，以隔絕真空區域70。

電流電漿反應系統可執行約5%非均勻性的蝕刻製程。此種水準足以符合現今製程的需求，但是隨著製程要求的增加，對於非均勻性低於5%的需求將無法滿足。

有鑒於增進處理速度的要求，在電漿反應器設計上要求將基本的RF頻率從過去的13.454 MHz增加至60 MHz以上。如此可增進處理效能，但同時也增加了反應器在設計上的複雜度。反應器在設計上的另一項趨勢是具備多重電極，亦即，圖1所討論的電極段。然而，由於在電極段之間的電容性耦合以及對寄生電容及感應元件的敏感性，採用多重電極，同時增加操作頻率意味著想要傳送正確的RF電能將變得更加困難。此種效應隨著較高基頻的波長縮短更形惡化。如此增加了降低製程非均勻性的困難。

此外，現今的多段電及電漿反應器，對於每個電極皆須提供電源供應器。因此，如果有五個電極段，則必須設置五個對應的電源供應器(或互相分離的放大器)。如此導致成本及維護需求增加，提高晶圓製造成本。如果透過一種方式能夠增進此種系統的效能，相較於現有的電漿處理系統，能夠提供更高的蝕刻或沉積均勻性，則投入的成本以及增加的維護需求才值得。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(4)

## 發明概述

本發明是關於一種工件之電漿處理，尤其是關於一種增進之電漿處理均勻性的方法及裝置。

本發明是一種用來產生及控制形成在具有電漿電極及偏壓電極之電容性耦合電漿系統內的電漿之方法及其裝置，其中電漿電極具有利用RF電源供應線定義的多個區域，各個區域的尺寸依據送入的RF電源量而定。電極區域亦可利用絕緣器定義成各自分離的電極段。RF電源至各個電極區域單獨受控。尤其是，供應至各個電極之各條RF供應線的RF電源，其振幅，相位，頻率，及/或"時間差"皆可變化，因此影響電漿激發電場及電漿密度(亦即，離子密度)的空間分布。

因此，本發明第一方面是關於一種電漿處理之電子裝置。此裝置包含具有頂面及底面的單一電極。單一電極是一種電極，通常成板狀，整個電極可由單一導體或數顆導體組成，透過低阻抗的歐姆接觸做內部連接。在實際應用上，矽覆蓋物，亦即所謂的矽電極，可透過各種接著方式固定在單一電極的底面。RF多工器經由對應的數條RF供應線電性連接至多個電極頂面。單一電極具有多個對應至數條RF供應線的電極區域。這些電極區域類似分段電極的電極段，與未遭絕緣器分離的單一電極之電極區域不同。此裝置在各條RF供應線上最好設置多個匹配網路。此裝置亦可包括連接至RF多工器的控制系統，當執行RF多工作業時

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂  
線

## 五、發明說明(5)

能控制該RF多工器的操作。

本發明第二方面是關於一種電漿反應器，使處理的工件能達到極高的均勻性。此系統包括電漿室，由側壁，頂面及底面構成能夠容納電漿的內部區域。單一電極設有頂面，設在內部區域並與頂壁銜接。RF多工器透過對應的數條RF供應線電性連接至單一電極頂面的多個位置。電極包括對應至數條RF供應線的多個電極區域。且在內部區域與底壁接鄰的地方設有工件支撐構件，用來支撐工件。

本發明第三方面是提供一組決定最佳電漿製程的參數  $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*, L_i\}$ ，使經由電漿處理的工件能達到極高的均勻性。此種方法是在電漿反應室內執行，將置入該反應室內的工件頂面當作電極，作為電漿反應系統的一部分。參數定義如下： $n$ 是連接至電極頂面數個位置  $L_i$  的RF供應線的數目， $\tau_i$ 是第  $i$  條RF供應線的RF電源作用時間， $\Phi_i$ 是第  $i$  條RF供應線的相位， $P_i$ 是經由第  $i$  條RF供應線傳送至電極位置  $L_i$  處的RF電源，且  $S$  是RF電源經由RF供應線送至電極的順序。該方法包括：第一步驟，設定製程參數  $n$ ， $\tau_i$ ， $\Phi_i$ ， $P_i$ ，及  $S$  的初值，第二步驟，處理一個或多個工件時，改變一個或多個製程參數以決定最佳的製程參數組合  $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*\}$ ，使得製程的非均勻性低於預定標準。第二步驟包括的步驟有，在反應室內形成具有初始製程參數特性的第一電漿，並在預定的處理時間內處理第一工件，量測工件處理的均勻性，並拿預定的標準與工件處理均勻性作比較。如果工件處理非均勻性大於預定標準

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(6)

，則至少變更上述其中一項參數並重複上述步驟(使用第一工件或不同的工件)，直到工件處理非均勻性小於預定標準。

本發明第四方面是延續本發明第三方面，描述如何使用最佳的製程參數來處理工件。

本發明第五方面是本發明第一方面的方法，即是實現理想的處理均勻性。此種方法可藉由刻意提供某種程度的處理非均勻性，藉此評價其他處理效益。

### 圖示簡單說明

圖1.顯示習知電漿反應器系統的斷面示意圖，包括由多個電極段連接對應的RF供應器所組成的分段電極；

圖2A.顯示本發明電漿反應器系統，具有單一電極且多工RF供應線的一端連接至單一電極頂面的多個位置，且另一端連接至RF電源多工器。

圖2B.是圖2A系統元件的實施例方塊圖；

圖3.顯示圖2之本發明電漿反應器系統最佳製程參數方法的流程圖；

圖4A.顯示本發明RF電源及電極之第一變換實施例的示意圖，其中多路RF電源供應器經由多工匹配網路將電源饋送至多段電極的電極段。

圖4B.顯示本發明RF電源及電極之第二變換實施例的示意圖，其中單一RF電源供應器經由匹配網路饋送電源並使用多工器將電源分配至多段電極的電極段。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(7)

圖4C.顯示本發明RF電源及電極之第一變換實施例的示意圖，其中多路RF電源供應器經由多工匹配網路將電源饋送至單一電極；以及

圖4D.顯示本發明RF電源及電極之第二變換實施例的示意圖，其中單一RF電源供應器經由匹配網路饋送電源並使用多工器將電源分配至單一電極的電極區域 $R_i$ 。

### 符號說明

- 8 電漿反應系統
- 10 反應室
- 16 電極
- 18 電極段
- 100 電漿反應器系統
- 102 反應室
- 104 側壁
- 108 頂壁
- 112 底壁
- 12 內部區域
- 130 電漿
- 140 電極
- 140L 底面
- 140U 頂面
- 144 周圍
- 146 絕緣器

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(8)

- 150 RF電源多工器
- 152 RF電源供應器
- 154 RF電源產生器
- 156 RF供應線
- 160 匹配網路
- 170 工件支撐構件
- 176 工件
- 180 工件挾持系統
- 18L 底面
- 18U 頂面
- 190 氣體供應系統
- 194 氣體供應管線
- 20 絕緣器
- 200 真空系統
- 204 真空管線
- 210 工件支持電源供應器
- 230 主控制系統
- 240 資料庫
- 26 RF電源供應器
- 30 RF供應線
- 36 主控制單元
- 40 匹配網路
- 400 RF電源供應器
- 406 RF供應線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(9)

- 410 匹配網路
- 50 電漿
- 60 工件支撐構件
- 66 工件
- 70 真空區域
- 420 電極段
- 426 絕緣器
- 440 控制系統
- 450 多工器

### 較佳實例之詳細說明

本發明是關於一種工件的電漿處理，由其是關於一種增進之電漿處理均勻性的方法及裝置。

參考圖 2A，電漿反應器系統 100 包含反應室 102，由側壁 104，頂壁 108 以及底壁 112 構成能夠容納電漿 130 的內部區域 120。單一電極 140 設在內部區域 120 頂壁 108 附近，由頂面 140U，底面 140L 以及周圍 144 構成。電極 140 指的是“電漿電極”。絕緣器 146 設在電極周圍 144 以及側壁 104 之間，與單一電極 140 電性絕緣。系統 100 進一步包括 RF 電源多工器 150。RF 電源多工器 150 內含 RF 電源供應器 152。另一種方式是，提供外部的 RF 電源供應器(如 RF 電源供應器 154 所示)。

圖 2B. 顯示多工器 150 的配置範例，多工器的功能是将單一 RF 產生器 154 的 RF 電源依序分派給多個電極或電極區域。圖中，為了方便說明只顯示兩個電極，但實際應用上可

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(10)

採用任意數目的電極。在圖2B中，中央電腦，或控制器230，與RF電源產生器154，多工器150以及一個或多個匹配網路160做通訊。多工器150由絕緣器及誘導開關組成。絕緣器可採用HD通訊公司生產的市售產品(1 Comac Loop, Ronkonkoma, NY 11779)，該公司專攻RF，微波，光纖以及無線通訊產品。尤其是，該公司經銷並接受客戶委託訂做UHF，VHF，高功率循環器以及絕緣器。舉例，現貨有頻率範圍介於(VHF)66-88，144-225 MHz以及(FM)88-108 MHz的裝置規格。誘導開關可採用Texas Towers生產的市售產品，尤其是Ameritron RCS-8V。Ameritron RCS-8V的規格如下：頻率範圍0.5至450 MHz，操作功率30MHz，5000W，操作功率150MHz，1000W，嵌入損失 $<0.05$ 且阻抗值 $50\Omega$ 。產生器154，匹配網路160以及多工器150誘導開關皆透過電腦230加以控制，以便按照規劃需求將電源分配給不同的電極。

回過頭來參考圖2A，系統100進一步包括數條(n)RF供應線156(例如， $156_i$ ，其中 $i=1$ 到 $n$ )，一端連接至多工器150，另一端穿過頂壁108連接至電極頂面140U的不同位置 $L_i$ (例如， $L_1, L_2, \dots, L_n$ )。RF電源多工器150是一種裝置，在給定時間內將RF電源導引至一或多條RF供應線156，RF供應線156的位置 $L_i$ 定義為：在電極上，接收RF電源的區域 $R_i$ (例如， $R_1, R_2, \dots, R_n$ )。區域 $R_i$ 的大小視提供的RF電源 $P_i$ 量而定，與提供給相鄰區域的電源量有關，且基本上各個區域延伸在總電極面積除以 $n$ 的各塊區域。對於分段電極，當對單一電極段供電，表示晶圓最大的處理速率(蝕刻或沉積速率)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(11)

直接發生在該受能段。對於單一電極，雖然結果類似於僅有一條受能的RF供給至電極Li處，晶圓上的最大處理速率發生在同直徑上，與Li對稱的位置處。

系統100最好包括匹配網路160，設在RF供應線156內，介於RF電源多工器150及電極140之間。調整匹配網路160，使負載與內部區域120的電漿130達到最適合的條件，以便提供最佳的電源給電漿。

反應器系統100進一步包括工件支撐構件170，與面對分段電極140的底壁112銜接，用來支撐晶圓等工件176，並利用電漿130加以處理。

系統100亦包括工件挾持系統180，在反應室102(虛線182)內外進行工件傳送作業，用來放置工件176或將工件從工件支撐構件170上移開。另外，包括氣體供應系統190，透過氣體供應管線194與反應室102通氣，將氣體送入反應室內部120以便清洗反應室並產生電漿130。氣體供應系統190根據應用場合提供特殊的氣體。然而，對於電漿蝕刻的應用，氣體供應系統190最好包括氯氣，溴化氫，八氟環丁烷，以及其他的氟碳化合物等。對於化學氣相沉積的應用場合，氣體供應系統190最好包括矽甲烷，氨，四氯化鎢，四氯化鈦等。

電漿反應器系統100進一步包括真空系統200，透過真空管線204與反應室102相連。在系統100內，亦包括工件支持電源供應器210，連接至工件支撐構件170以提供電性偏壓，使工件支撐構件170作為底電極，亦稱做“偏壓電極”。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(12)

系統100亦包括主控制系統230，連接至各個系統，透過電子訊號對工件挾持系統180，氣體供應系統190，真空系統200，工件支持電源供應器210，以及RF電源多工器150進行控制與操作。以下，描述主控制系統230對系統100以及系統內的工件176電漿製程之控制與操作流程。

在較佳實施例中，主控制系統230是一部具備有記憶體單元MU的電腦，包括隨機存取記憶體(RAM)以及唯讀記憶體(ROM)，同時包括有搭配微處理器的中央處理單元(例如，Intel推出的PENTIUM™處理器)，以及硬碟HD，各裝置彼此透過電路相連。硬碟HD當作第二電腦可讀儲存媒體，例如，在硬碟驅動器內儲存有執行本發明控制系統230的資訊。控制系統230亦最好包括碟驅動器DD，連接至硬碟HD，記憶體單元MU以及中央處理單元CPU，其中碟驅動器可接收並讀取(甚至寫入)電腦可讀取媒體CRM，如軟碟或光碟(CD)，其內部儲存的資訊可用來指導控制系統230來執行本發明。此外，控制系統230最好具備資料取得及資料控制的能力。適用的控制系統230如德州，達拉斯，Dell公司推出的DELL PRECISION WORKSTATION 610™。

系統100亦包括資料庫240，連接(或整合)至控制系統230，用來儲存與工件176電漿製程有關的資料，同時包含預先設計好的指導程式(例如，電腦軟體)，透過控制系統230來操作系統100以進行工件處理。

### 操作方法

系統100的操作牽涉到許多製程參數，這些參數可用來

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明(13)

修正並提供最佳的RF電源給電極140，控制蝕刻或沉積速率使其能達到極高的蝕刻或沉積均勻性(亦即，非均勻性小於5%)。

這些製程參數為，提供電極140電能的n條RF供應線156，第i條RF供應線(i=1到n)的電源作用時間 $\tau_i$ ，第i條RF供應線或與其中一條選出之RF供應線相關的相位 $\Phi_i$ ，傳送給第i條RF供應線的電能 $P_i$ ，以及經由RF供應線提供電能 $P_i$ 給電極區 $R_i$ 的順序S。另一項參數設定於各條RF供應線156固定在電極140頂面140U的 $L_i(L_1, L_2, \dots, L_n)$ 位置，該參數基本上設定為定值，但在某些應用場合中可加以變動。這些製程參數構成製程參數組合 $A=\{n, \tau_i, \Phi_i, P_i, S, L_i\}$ 。在參數組合A中的任一項參數可採組合方式或採單獨方式加以變動，以達到所需的工件均勻性。另外，這些參數可根據需要提供不同的工件製程。在其中一項例子中，參數組合A具有最佳的一組參數 $A^*=\{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*, L_i\}$ 。

可根據經驗，使用以下步驟取得最佳參數組合 $A^*$ 。參考圖3流程圖300，將一件工件置於工件支撐構件170上，步驟301設定參數 $n, \tau_i, \Phi_i, P_i, S$ 以及 $L_i$ 的初值。如上所述， $L_i$ 基本上為定值，但如果有必要，例如更改其他參數無法產生滿意的製程均勻性時，則可加以變動。這些初值可根據儲存在資料庫240內、先前實驗所獲得的結果或透過電腦模型輔助加以決定。第二步驟302是根據步驟301的初值參數值以及電漿內的處理工件176種類，在內部區域120形成電漿130。電漿130具有對應製程參數初值的時變特性(例如

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明 ( 14 )

，電漿密度，能量等)。電漿特性(例如，電漿密度，能量等)會隨時間變化，尤其是由於在處理過程中，RF電源及/或其他參數隨時間變化，這些特性的空間分布會隨時間變化。舉例，剛開始，在短時間內提供能量給第一電極或電極區域，並達到具有特殊電漿特性空間分布的情況。在此時間後，緊接著在第二短時間週期內，提供具有不同電漿特性的能量給第二電極或電極區域。將這些步驟相加形成整個程序。

在第二步驟302中，利用電漿130在處理時間 $T_p$ 內對工件176進行處理。在此時間內，RF多工器150在控制系統230的控制下，在作用時間 $\tau_i \ll T_p$ 的時間內將特定量的RF電源 $P_i$ 傳送至RF供應線156。此過程在本文中稱做"RF電源多工"。此外，順序 $S$ 以及第 $n$ 條RF供應線的相位 $\Phi_i$ 亦會變化。此外，順序 $S$ 可一次僅提供電源給一處位置 $L_i$ ，或一次提供多處位置 $L_i$ 。

結果，在初始製程參數組合A下，對各條RF供應線156施加RF電源 $P_i$ ，在整個處理時間 $T_p$ 內的蝕刻或沉積分布可視為線性疊加或呈非線性蝕刻分布組合。此處，對於各條RF供應線156，作用時間 $\tau_i$ 等各個參數可相同或不同。再者，對於全部的RF供應線156，RF電源 $P_i$ 的傳送量可相等。

繼續參考圖3之流程圖300，下一個步驟303是測量工件蝕刻或沉積(亦即處理)均勻性。可使用習知的光學干涉技術達成。工件均勻性測量方式是將工件表面上之最大蝕刻深度/沉積厚度減去最小蝕刻深度/沉積厚度的值，除上大量測量

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明 ( 15 )

之蝕刻深度 / 沉積厚度平均值的平方。對於直徑約 20 公分的晶圓，理想的測量數目約為 50 到 100。將此結果視為定量之工件均勻性值  $M_u$ 。

接著，步驟 304 評估工件均勻性量測值  $M_u$  是否在可接受標準內，亦即小於某一預定的標準 (例如，臨界值)  $T_u$ 。

在一些情況下，非均勻性的程度可用來計算其他製程效應，例如工件表面之薄膜厚度變化。此種變化可藉由測量均勻性之空間變化函數  $M_u(x, y)$  與對應非均勻性曲線之預定標準空間函數  $T(x, y)$  做比較加以估算。此處，假設  $x-y$  平面位於工件處理表面上。

如果步驟 304 的結果是，工件均勻性無法接受 (亦即非均勻性大於預定標準)，則在下一步驟 305 中，根據步驟 304 的結果，至少改變一項初始製程參數  $n$ ， $\tau_i$ ， $\Phi_i$ ， $P_i$ ， $S$ ，及  $L_i$ ，嘗試取得一組最佳的製程參數  $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*, L_i\}$ 。製程參數的改變會使得具有時變特性的電漿 130 與最初形成的電漿 130 不同。在此認知下，將電漿 130 表示成第一，第二，第三等類似但不相同的組項，藉此取得一組最佳的製程參數。如上所述，可透過電腦程式的協助或對電漿蝕刻或沉積製程模型做演算來改變一組或多組製程參數組合  $A$ 。

一項求得最佳參數組合  $A^*$  的方法是在各個電極區域  $R_i$ ，將蝕刻或沉積速率做線性疊加或非線性組合，對於線性疊加的方法描述如下：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明 ( 16 )

$$PR(x, y) = (1/T_p) \sum \tau_i W_i [P_{ri}(x, y)], \quad \text{式 1}$$

其中  $PR(x, y)$  是整體製程速率， $P_{ri}$  是各個區域  $R_i$  的製程速率， $T_p$  是總處理時間 (亦即  $\tau_i$  的總合)，且  $W_i$  是權值係數。將 1 到  $n$  的值加總。權值係數  $W_i$  是上述至少一項製程參數的函數。對於線性最佳化， $W_i$  的範圍基本上介於 0.9 至 1.1 之間。此處，可根據步驟 303 測量的結果，改變一或多項參數值，取得所需的權值係數  $W_i$ 。可使用其他更複雜的電漿蝕刻製程電腦模型以協助取得最佳的製程參數組合  $A^*$ 。此外，對於熟悉相關技術之人，可採用類似方程式 1 的方法推導出非線性方程式並求解以找出最佳的一組製程參數  $A^*$ 。

此處值得注意的一點是，連接至上表面 140U 的 RF 供應線 156 數量，可小於全部致能的  $n$  條 RF 供應線。此處，假設  $n$  是致能的 RF 供應線 156 $_i$  數量。由於最佳的製程參數可允許  $n$  條 RF 供應線中的某些條失能，此數目可小於連接至電極 140 上表面 140U 之供應線總數。

重複步驟 302 至 305，直到測得的工件均勻性  $M_u$  達到可接受標準，如此，取得最佳的製程參數  $A^*$ 。一但完成步驟 301-305 的遞回動作，在步驟 306 中定義最佳製程參數  $A^*$  並記錄在資料庫 240 及 / 或記憶體單元 MU 的控制系統 230 內。接下來，在步驟 307 中，透過工件挾持系統 180 將工件 176，例如半導體晶圓，放置在工件支撐構件 170 上。接著，在步驟 308，主控制系統 230 控制最佳電漿 130 的形成，並根據步驟 306 所建立，並儲存在資料庫 240 及 / 或控制系統 230 內的一組

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明 ( 17 )

最佳的製程參數 A\* 對步驟 307 放置的工件進行處理。步驟 308 執行一或多個工件 176。如果工件 176 需要搭配一項新的電漿處理步驟以執行特殊的電漿 130 處理，則在流程圖 300 中重複執行新的電漿製程。

舉例，n 可為 5，但可介於 2 到 10 之間。基本的處理時間需要 60 秒。如果在任何時間內只有一條 RF 供應線作用，則 5 條 RF 供應線需要四次程序 S，各個程序 S 須 15 秒。如果全部的  $\tau_i$  皆相同，各  $\tau_i$  為 3 秒。如果  $\tau_i$  太短，RF 匹配網路 (s) 的需求會過大，亦即，在時間  $\tau_i$  內，有可能無法達成穩態情況。

採用 5 條供應線的例子中，可將 RF 供應配置在對稱軸上，將其他四條配置在約晶圓直徑 2/3 位置處，於圓上彼此相距 90 度的位置上。如果有兩條以上的 RF 供應線同時致能，參數  $\Phi_i$  才有意義。Pi 值幾乎相同，但也可以設定成不同值。為了提供高的產能，當透過單一條供應線將電源供應至習知電極時，Pi 值最好設成相同。

### 其他實施例

如上所述，本發明是一種將電源傳送至單一電極上不同位置的方法及裝置。如圖 4A-D，上述的製程參數最佳化以及操作方法可應用在數個不同的結構實施例中，包含具有數個電極段的多段電極。

參考圖 4A，多工 RF 電源供應器 400 透過對應的數條 RF 供應線 406 以及數個匹配網路 410，將電源送至多段電極上對應的電極段 420。電極段 420 利用絕緣器 426 加以分離。在

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

## 五、發明說明 ( 18 )

第一其他實施例中，電源供應器，匹配網路，以及電極段的數目可為2個以上。將與控制系統230類似的控制系統440程式化以便控制RF電源供應器400的操作，重複執行裝置100之RF多工器150的RF電源多路操作。

現在參考圖4B，單一RF電源供應器400經由單一匹配網路410以及多工器450，透過數條RF供應線460將電源分配到多段電極的電極段420上。電極段420的數目可為2個以上。如前述連接至系統100的控制系統230，控制系統440可採用類似的結構，在系統100操作期間控制多工器450的操作。在圖4B的系統中，可經由程式控制匹配網路410以調整各個時間多工器450的開關。

現在參考圖4C，數條RF電源供應器400透過多個匹配網路410將電源送至單一電極140，類似控制系統230的控制系統440，經由程式控制RF電源供應器400的操作，採多點方式重複執行裝置100之RF多工器150的RF電源多路操作。

現在參考圖4D，顯示除了使用單一可調整之匹配網路取代數個匹配網路外，基本上與連接至上述系統100類似的系統。在圖4D中，單一RF電源供應器400透過匹配網路410以及多工器450將電源分配至單一電極的電極區域 $R_i$ 。

在另一項實施例中，使用線圈天線擴充圖4A及4B的實施例，其中電極420可以是RF天線。

透過以上詳細的描述可顯示本發明的諸多特徵及優點，並嘗試根據本發明的精神及範疇，透過附加的申請專利範圍以涵蓋全部的特徵及其優點。此外，對於熟悉相關技

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

### 五、發明說明(19)

術之人可根據本發明輕易地做許多修正及變更，因此本發明不會受到上述範例結構以及操作的限制。再者，本發明的方法及裝置與半導體製程技術採用的方法及裝置類似，基本上很複雜，實際應用上，對於給定的應用場合，最好能憑經驗決定較適參數，或藉由電腦模擬取得最佳的製程參數。因此，所有適合的修正例以及等效實施例皆落在本發明精神及範疇內。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

四、中文發明摘要 (發明之名稱：增進之電漿處理均勻性的方法及裝置)

本專利是根據並導源於 U.S. 專利申請案號 No. 60/223,834，2000年8月8日提出，該份專利內容以參考方式併入本文中。

一種產生及控制電漿(130)的方法及裝置，在具有電漿電極(140)以及利用工件支撐構件(170)當作偏壓電極的電漿系統(100)內形成電漿，其中電漿電極利用數條 RF 電源供應線(156)定義單一或多個區域( $R_i$ )，並透過電源供應線提供 RF 電源。電極區域亦可利用絕緣器(426)分割成數個電極段(420)。定義一組最佳的電漿製程參數  $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*, L_i\}$ ，其中  $n$  是連接至電極頂面數個位置  $L_i$  的 RF 供應線的數目， $\tau_i$  是第  $i$  條 RF 供應線的 RF 電源作用時間， $\Phi_i$  是第  $i$  條 RF 供應線的相位， $P_i$  是經由第  $i$  條 RF 供應線傳送至電極位置  $L_i$  的 RF 電源，且  $S$  是 RF 電源經由 RF 供應線送至電極的順序。調整一或多項參數，使得經由電漿系統處理的工件(176)能夠達到理想的處理均勻性。

英文發明摘要 (發明之名稱：METHOD AND APPARATUS FOR IMPROVED PLASMA PROCESSING UNIFORMITY)

A method and apparatus for generating and controlling a plasma (130) formed in a capacitively coupled plasma system (100) having a plasma electrode (140) and a bias electrode in the form of a workpiece support member (170), wherein the plasma electrode is unitary and has multiple regions ( $R_i$ ) defined by a plurality of RF power feed lines (156) and the RF power delivered thereto. The electrode regions may also be defined as electrode segments (420) separated by insulators (426). A set of process parameters  $A = \{n, \tau_i, \Phi_i, P_i, S; L_i\}$  is defined, wherein  $n$  is the number of RF feed lines connected to the electrode upper surface at locations  $L_i$ ,  $\tau_i$  is the on-time of the RF power for the  $i^{\text{th}}$  RF feed line,  $\Phi_i$  is the phase of the  $i^{\text{th}}$  RF feed line relative to a select one of the other RF feed lines,  $P_i$  is the RF power delivered to the electrode through the  $i^{\text{th}}$  RF feed line at location  $L_i$ , and  $S$  is the sequencing of RF power to the electrode through the RF feed lines. One or more of these parameters are adjusted so that operation of the plasma system results in a workpiece (176) being processed with a desired amount or degree of process uniformity.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

象

91年9月9日修正  
補充

## 六、申請專利範圍

附件 1A:

第 90119395 號專利申請案

中文申請專利範圍修正本

民國 91 年 9 月 19 日修正

1. 一種使用在電漿製程之電極裝置，包括：
  - a) 單一電極；
  - b) RF電源供應器；以及
  - c) RF多工器，一端連接該RF電源供應器，另一端經由對應的RF供應線連接該單一電極上之數個位置，藉此建立對應該RF供應線的數個電極區域。
2. 如申請專利範圍第1項之裝置，進一步包括多個匹配網路，各個匹配網路分別設在各條該RF供應線上。
3. 如申請專利範圍第2項之裝置，進一步包含控制系統，透過電路控制該RF電源供應器以及該多工器之操作。
4. 一種處理工件之電漿反應系統，包括：
  - a) 電漿室，由側壁，頂壁以及底壁構成可容納電漿的內部區域；
  - b) 具有多個電極區域的單一電極，設在該內部區域中，並與該頂壁相連；
  - c) RF多工器，透過對應的數條RF供應線連接該單一電極的數個電極區域；
  - d) 對應的數條RF供應線；以及
  - e) 工件支撐構件，設在該內部區域內並與該底壁銜接，用來支撐工件。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 六、申請專利範圍

5.如申請專利範圍第4項之系統，進一步包括：

f) 連接該RF多工器的控制系統，在處理工件期間，控制該RF多工器的操作。

6.如申請專利範圍第5項之系統，進一步包括：

g) 數個匹配網路，各網路分別設在對應的一條RF供應線上。

7.如申請專利範圍第6項之系統，進一步包括：

h) 氣體供應系統，氣動連接至該反應室的內部區域，以將氣體供應至該反應室的內部區域中。

8.如申請專利範圍第7項之系統，進一步包括：

i) 工件支撐構件之RF電源供應器，連接該工件支撐構件，使該工件支撐構件產生電性偏壓。

9.如申請專利範圍第8項之系統，進一步包括：

j) 氣動連接該反應室內部區域的真空系統。

10.如申請專利範圍第9項之系統，進一步包括：

k) 工件挾持系統，與該工件支撐系統一起使用，用來將工件放置在工件支撐構件上。

11.如申請專利範圍第5項之系統，進一步包括電氣連接該控制系統的資料庫。

12.一種用於電漿製程之方法，其決定一組最佳的電漿製程參數  $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*, L_i\}$ ，使經由電漿處理的工件能達到極高的均勻性，此種方法是在電漿反應室內執行，將置入該反應室內的工件頂面當作電極，作為電漿反應系統的一部分，其中  $n$  是連接至電極頂面數個位置  $L_i$  的RF

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 六、申請專利範圍

供應線的數目， $\tau_i$ 是第*i*條RF供應線的RF電源作用時間， $\Phi_i$ 是第*i*條RF供應線的相位， $P_i$ 是經由第*i*條RF供應線傳送至電極位置 $L_i$ 的RF電源，且S是RF電源經由RF供應線送至電極的順序。該方法包括步驟：

a)設定製程參數n， $\tau_i$ ， $\Phi_i$ ， $P_i$ ，及S的初值，以及

b)處理一個或多個工件時，改變一或多項製程參數以決定最佳的一組製程參數 $A^*=\{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*\}$ ，使得處理非均勻性低於預定標準。

13.如申請專利範圍第12項之方法，其中該步驟b)包括：

i)在反應室內形成第一電漿，該電漿的特性由設定的製程參數決定，並在預定的處理時間內處理第一工件；

ii)測量工件處理均勻性；以及

iii)將工件處理均勻性與預定的標準做比較。

14.如申請專利範圍第13項之方法，其中該步驟b)進一步包含步驟：

iv)至少改變一項製程參數，使用該第一工件及其他工件重複該步驟i)至iii)，直到工件處理非均勻性小於預定標準。

15.如申請專利範圍第12項之方法，其中在該步驟a)及b)中，RF供應線的位置 $L_i$ 是製程參數A中的一項，可加以變動。

16.如申請專利範圍第12項之方法，其中利用電腦模型輔助來決定初始製程參數值。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 六、申請專利範圍

17.如申請專利範圍第12項之方法，其中該步驟b)包括使用線性模型做基礎來變動至少一項製程參數。

18.如申請專利範圍第12項之方法，其中該步驟b)包括使用非線性模型做基礎來變動至少一項製程參數。

19.如申請專利範圍第12項之方法，其中該步驟b)包括：透過RF電源多工作業，利用多工RF電源提供RF電源 $P_i$ 給多段電極上的數個電極段。

20.如申請專利範圍第19項之方法，其中該RF電源多工作業是透過與數條RF電源供應器連接的控制系統下程式命令來控制RF電源供應器的致能時序。

21.如申請專利範圍第12項之方法，其中該步驟b)包括透過RF電源多工作業，提供RF電源 $P_i$ 給單一電極。

22.如申請專利範圍第12項之方法，在該步驟b)後面，進一步包括步驟：

c)將待處理工件置入反應室；

d)使用在該步驟b)決定的一組最佳製程參數，在反應室內形成最適電漿；以及

e)利用最適電漿對工件進行處理。

23.一種用於電漿製程之方法，其決定一組最佳的電漿製程參數 $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*, L_i\}$ ，使經由電漿處理的工件能達到極高的均勻性，此種方法是在電漿反應室內執行，將置入該反應室內的工件頂面當作電極，作為電漿反應系統的一部分，其中 $n$ 是連接至電極頂面數個位置 $L_i$ 的RF供應線的數目， $\tau_i$ 是第 $i$ 條RF供應線的RF電源作用時間， $\Phi_i$

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

## 六、申請專利範圍

是第  $i$  條 RF 供應線的相位， $P_i$  是經由第  $i$  條 RF 供應線傳送至電極位置  $L_i$  的 RF 電源，且  $S$  是 RF 電源經由 RF 供應線送至電極的順序。該方法包括步驟：

c) 設定製程參數  $n$ ， $\tau_i$ ， $\Phi_i$ ， $P_i$ ，及  $S$  的初值，以及

d) 處理一個或多個工件時，改變一或多項製程參數以決定最佳的一組製程參數  $A^* = \{n^*, \tau_i^*, \Phi_i^*, P_i^*, S^*\}$ ，以達到理想的處理均勻性。

24. 如申請專利範圍第 23 項之方法，其中該步驟 b) 包括：

iv) 在反應室內形成第一電漿，該電漿的特性由設定的製程參數決定，並在預定的處理時間內處理第一工件；

v) 測量工件處理均勻性；以及

vi) 將工件處理均勻性與預定的標準做比較。

25. 如申請專利範圍第 23 項之方法，其中該步驟 b) 進一步包含步驟：

iv) 至少改變一項製程參數，使用該第一工件及其他工件重複該步驟 i) 至 iii)，直到工件處理非均勻性小於預定標準。

26. 如申請專利範圍第 23 項之方法，在該步驟 b) 後面，進一步包含步驟：

c) 將待處理工件置入反應室；

d) 使用在該步驟 b) 決定的一組最佳製程參數，在反應室內形成最適電漿；以及

e) 利用最適電漿對工件進行處理。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

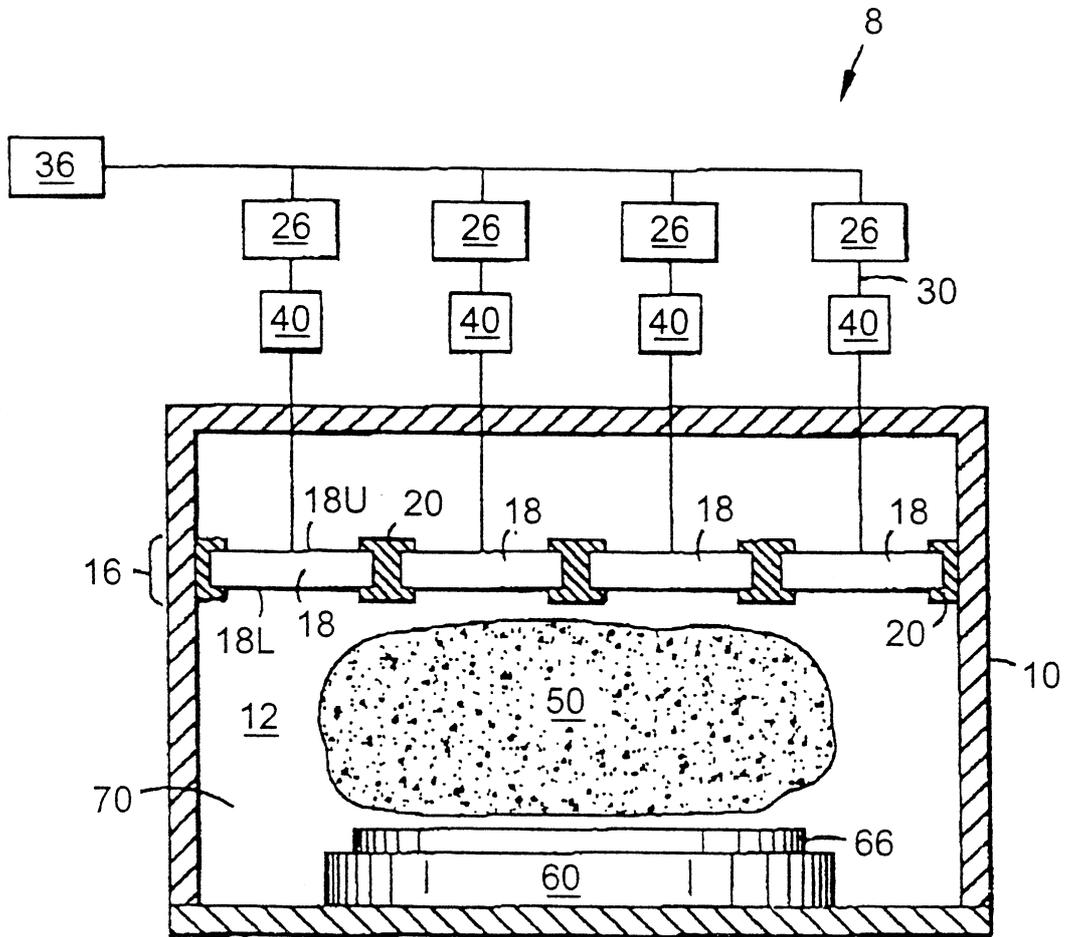


圖 1

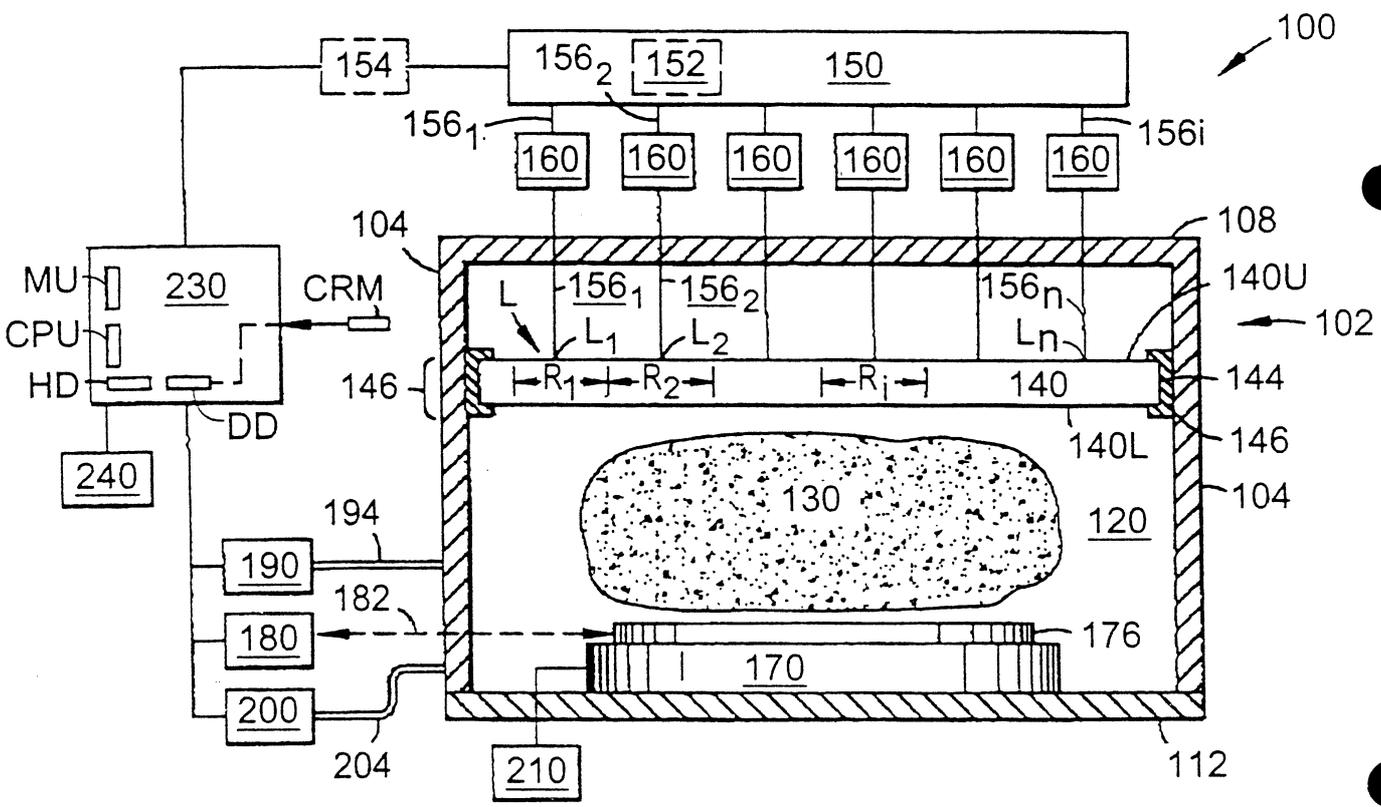


圖 2A

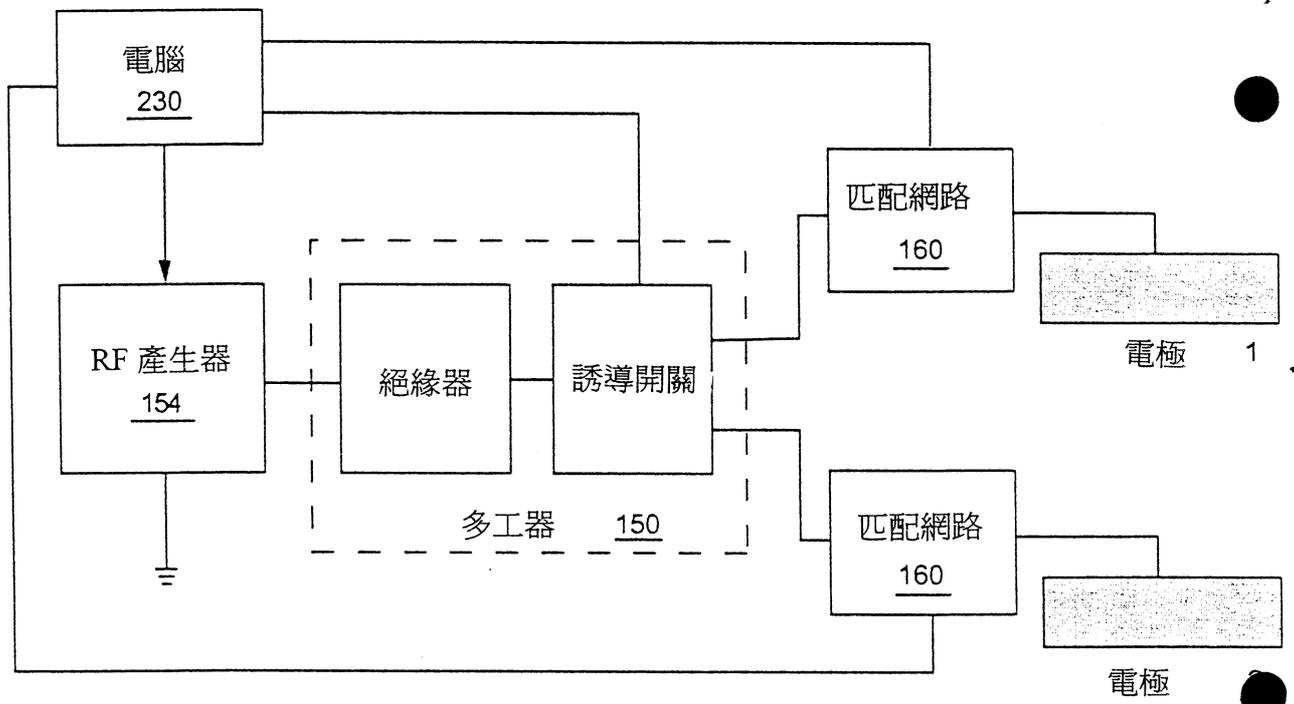


圖 2B

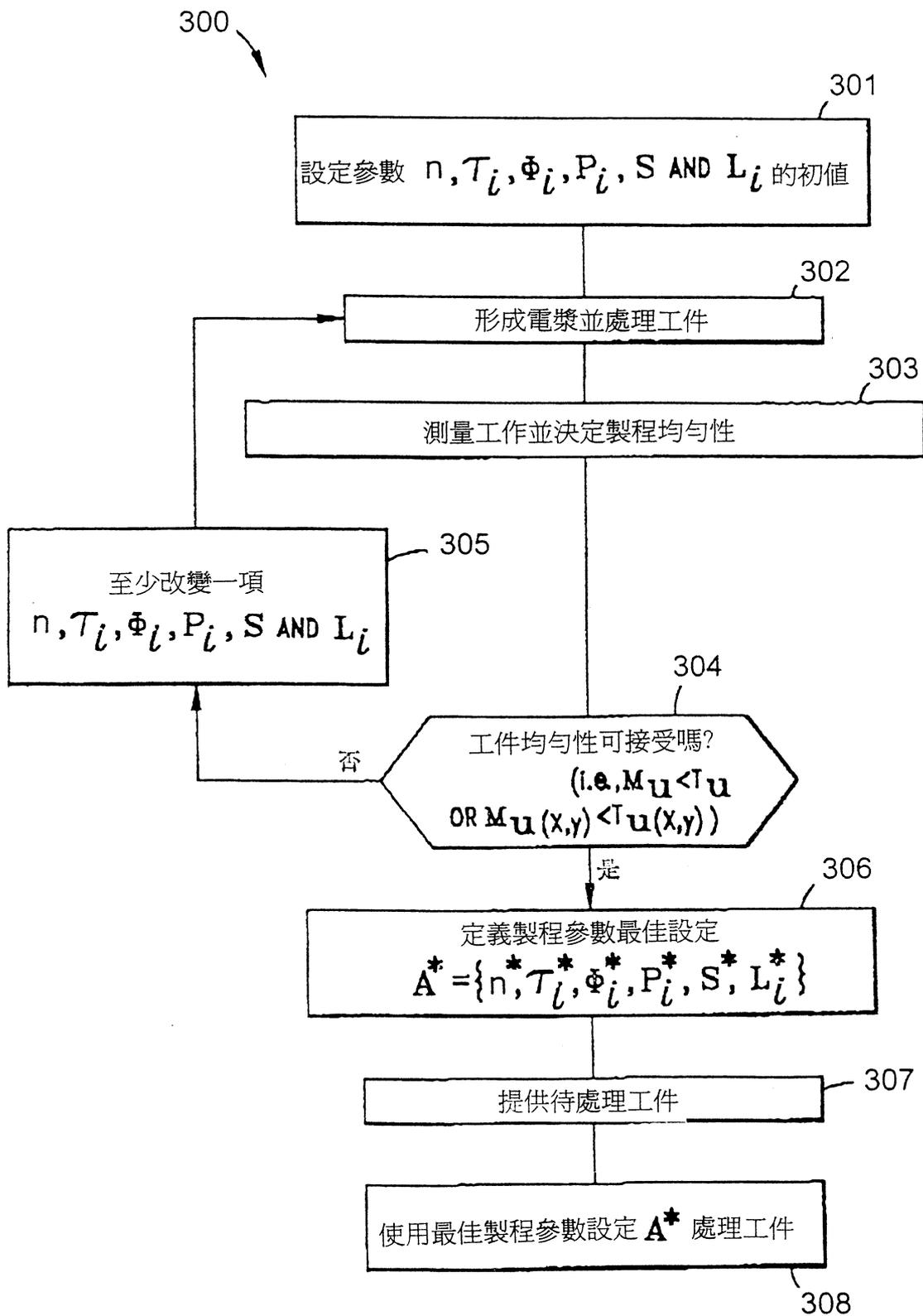


圖 3

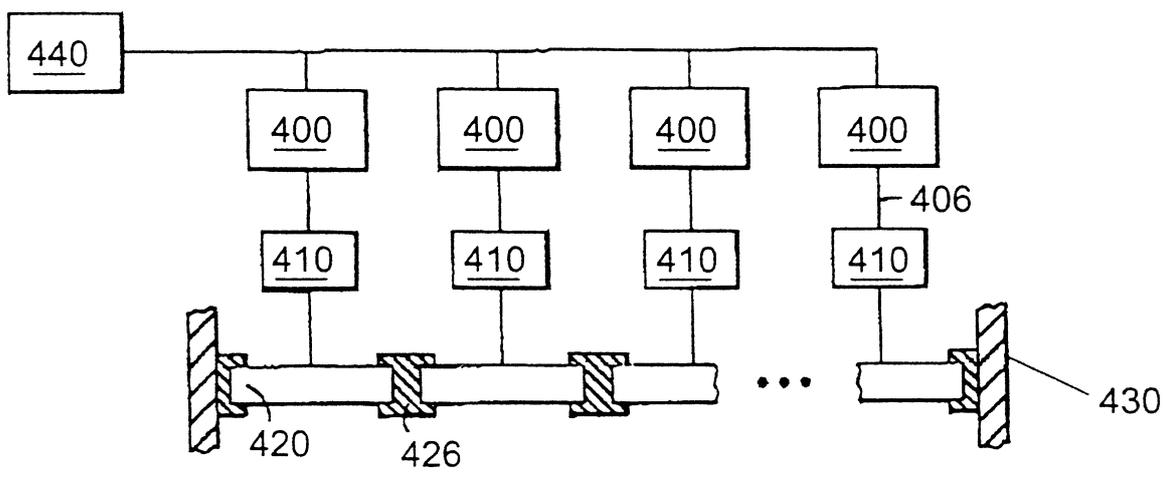


圖 4A

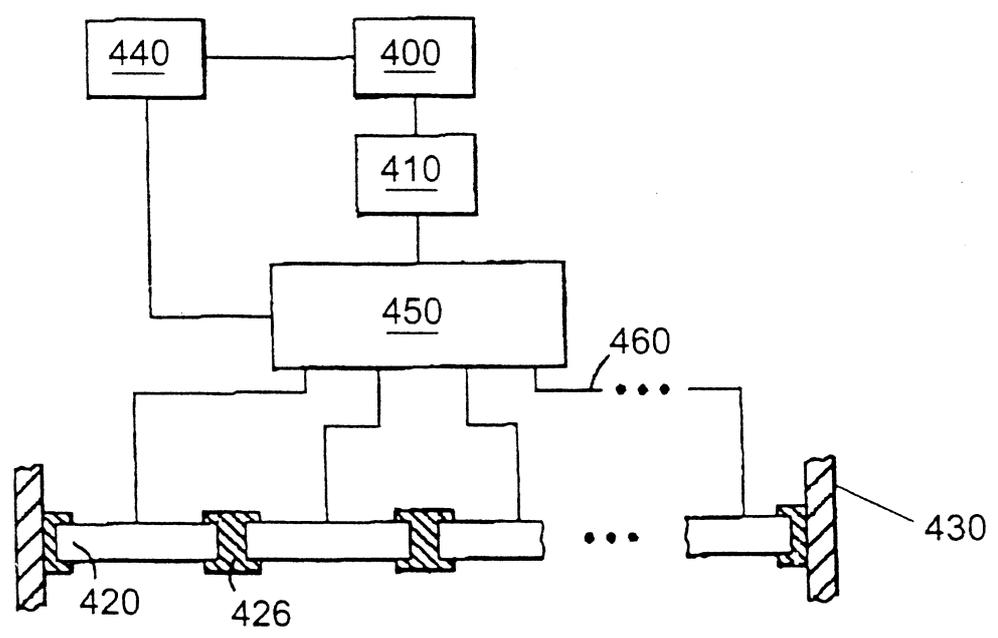


圖 4B

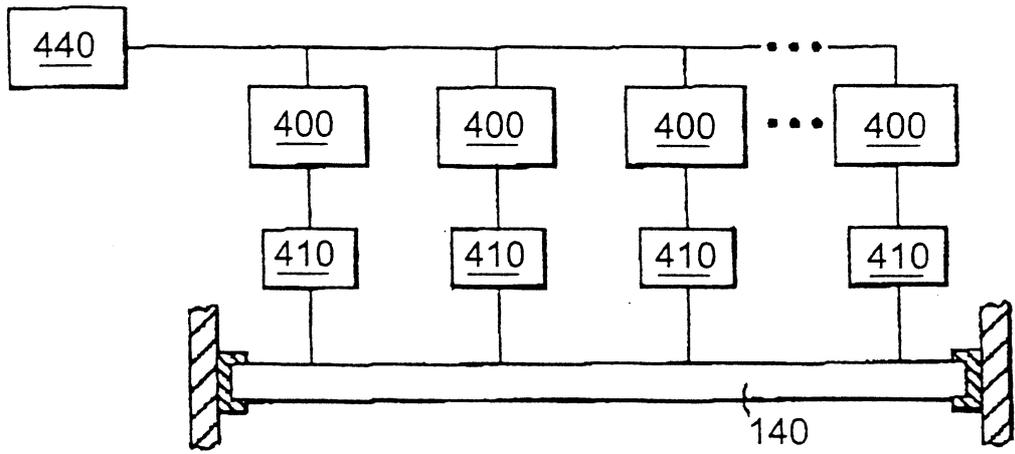


圖 4C

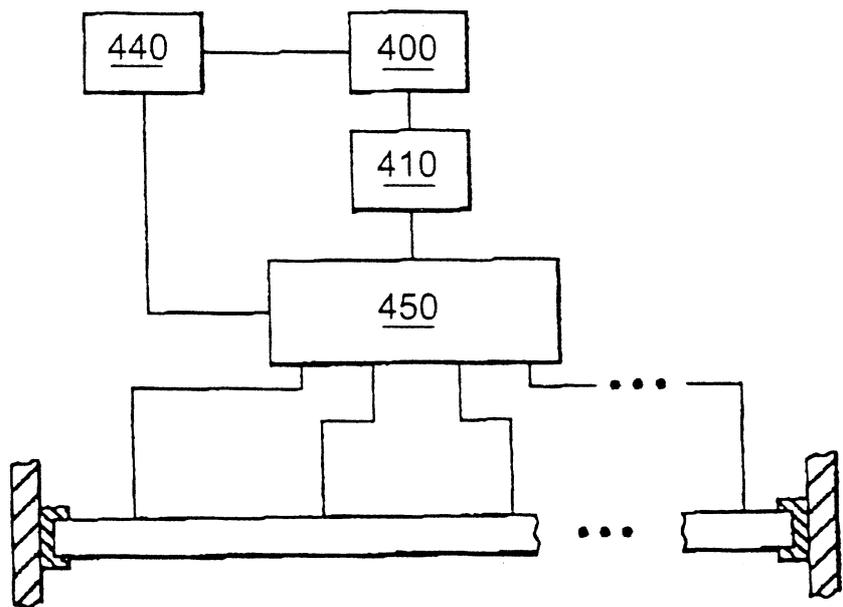


圖 4D