

公告本

申請日期	90 年 8 月 29 日
案 號	90121310
類 別	H05H 1/00, H01L 2/00

A4
C4

506234

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	用於電漿處理之可調式聚焦環
	英 文	Tunable focus ring for plasma processing
二、發明 創作人	姓 名	(1) 韋恩·李·強生 Johnson, Wayne Lee
	國 籍	(1) 美國
	住、居所	(1) 美國亞利桑那州鳳凰城南第三十二街一三六五 八號 13658 South 32nd Street, Phoenix, AZ 85044 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.

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

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 9月 18日 60/233,623 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)

本申請案是根據及源於2000年9月8日提出申請之美國臨時專利申請案60/233,623,其內容併入本文參考。

發明背景

本發明與電漿處理有關,更明確地說,與增進電漿處理之均勻性的裝置與方法有關。

在處理及製造半導體裝置、平面顯示器及其它需要蝕刻或沈積材料之產品的期間會用到離子化氣體或"電漿"。電漿用來蝕刻或去除半導體積體電路晶圓上的材料,或在半導體、導體或絕緣體面上濺射或沈積材料。典型上,產生製造或製程處理所使用之電漿的方法是將低壓的處理氣體導入處理室,包圍在工作(例如積體電路晶圓)的四周。出現在處理室內一小部分的分子及/或原子物種被來自射頻能量(功率)源離子化形成電漿。接著,電漿在工作上方流動並與工作交互作用。處理室用來保持形成電漿所需的低壓,以提供一清潔的環境供進行處理,並做為支撐一或多個射頻能源的結構。

電漿是經由電子與低壓處理氣體分子個別的碰撞將動能轉移給低壓處理氣體分子使其離子化所引發。典型上,電子例如在射頻(RF)能量所產生的電場中被加速。此RF能量可以是低頻(例如低於550KHz),高頻(例如13.65MHz)或微波頻率(例如2.45GHz)。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 2 ）

在半導體處理中兩種主要類型的乾蝕是電漿增強蝕刻與反應離子蝕刻（R I E）。電漿蝕刻系統一般包括射頻能源及複數個（典型上是一對）用於耦合功率的電極，用以形成及維持真空處理室中的電漿。電漿產生於電極之間，要被處理的工件（例如基體或晶圓）與其中一個電極平行配置。電漿中的化學物種由所使用的源氣體及所要進行的處理決定。

困擾習知技術之電漿反應器系統的問題是如何控制電漿以得到均勻的蝕刻與被覆（在後文中將這兩種處理稱為“電漿處理”）。在電漿反應器中，處理均勻性的程度是由系統的整體設計決定，且特別是R F饋送電極以及相關之控制電路的設計。為達此目的，有數種增進電漿處理的方法。增加電漿密度（為了加快電漿處理的速率）的方法之一是增加R F電源的基本R F驅動頻率，從習用的

13.56 MHz 增加到60 MHz 或更高。按此方式，成功地增進了處理性能（特別是處理速率）。不過，隨之而來的是反應器設計的複雜度與高價，以及處理的均勻性問題。能獲致高處理速率同時又能增進處理均勻性的方法之一是使用多段式電極，但這也會增加反應器設計的複雜度與成本。這類系統的例子在待審的美國專利案 60/185,069 名稱爲“Multi-zone RF electrode for field/plasma uniformity control in capacitive plasma sources.” 中有詳細的描述。

其次，較不複雜的方法是在電漿反應器的處理室中使用可調式“聚焦環”，以允許調整工件邊緣附近的電漿及

五、發明說明(3)

電漿化學，多少可以改善電漿處理的均勻性。從歷史來看，已設計完成並使用的聚焦環（位於卡盤上或工件基座上）可重複配置在卡盤上相同位置。不過，也曾發現聚焦環也會影響工件邊緣的處理。因此，如果設計得當（即材質、形狀、工件邊緣附近等），聚焦環可用來得到更均勻的處理。

不過，目前的聚焦環技術只允許對電漿處理的均勻性做總體調整。這些調整的增量傾向太大，以致無法顧及晶圓膜之堆疊成分及晶圓上要被處理之積體電路設計的細微改變。此將導致蝕刻的均勻性不當，且因此使報廢率上升。換言之，要為預先決定的處理條件或某處理條件範圍特別設計適合的聚焦環，因此，可視其為過度的限制。此外，有時需要差別的蝕刻或被覆。目前的電漿反應器只能做到橫過整個晶圓面平坦均勻地蝕刻或被覆，且即使如此也很難做到。

發明概述

本發明是控制電容或電感耦合電漿反應器中形成電漿的裝置及方法。特別是，RF功率是經由一調諧網路傳送到可調式環形聚焦環，該聚焦環包圍工件（例如晶圓）並用以控制電場及電漿密度的空間分布。聚焦環藉此減小電漿的邊緣效應並增進處理的均勻性。

因此，本發明的第一態樣是用於電漿反應器系統的聚焦環總成裝置，用以處理具有外緣與上表面的工件。該總

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (4)

成包括一聚焦環支托面，配置在工件外緣四周，一環形電極配置在聚焦環支托面的頂上。一絕緣的聚焦環配置在環形電極的頂上。第一 R F 電源電氣地連接到聚焦環電極。一調諧網路配置在第一 R F 電源與環形電極之間。

本發明的第二態樣是用於處理工件的電漿反應器系統。該系統包括一反應器處理室，具有能維持電漿的內部區域。上電極配置在靠近上壁的內部區域。工件支托構件毗鄰下壁配置，且包括具有用以支托工件之上表面的下電極，隔離區包圍下電極，以及一底座包圍著隔離區。底座具有聚焦環支托面。上電極 R F 電源電氣地連接到上電極。系統也包括如上所述的聚焦環總成裝置。較佳的系統還包括一 R F 電源電氣地連接到下電極。此 R F 電源可以與連接到環形電極的電源是同一電源，也可以是獨立的 R F 電源。此例的 R F 電源各自獨立，因此不需要調諧網路。

本發明的第三態樣是在具有反應器處理室的反應器系統中以電漿將工件處理到所要求之標準的方法，由材料 M 製成且具有側形 P 的聚焦環毗鄰工件的外緣配置，內徑 R_1 與外徑 R_0 ， R_1 與 R_0 合稱為 R。聚焦環配置的位置相對於工件上表面有一垂直距離 D。環形電極毗鄰聚焦環配置，且電氣地連接到調諧網路，調諧網路具有電感為 I 的電感器以及可變電容為 C 的可變電容器，因此，系統具有一組可變參數 $A = \{ P, R, M, I, C, D \}$ 。該方法的第一步是將參數 $A = \{ P, R, M, I, C, D \}$ 設定到初始值，接著處理一或多個工件，同時改變一或多個處理

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

參數，以決定最佳的處理參數組 $A^* = \{ P^*, R^*, M^*, I^*, C^*, D^* \}$ ，該組參數所提供的處理能在預先決定的標準之內。

本發明的第四態樣是在本發明的反應器處理室中提供一要處理的工件，接著，使用按上述方法決定的最佳處理參數組在處理室中形成最佳的電漿，在下文中將做更詳細的描述，接著以最佳的電漿處理工件。

圖式簡單說明

圖 1 A 是本發明之電漿反應器系統的橫剖面概圖，包括第一實施例的聚焦環，配置在工件的四周；

圖 1 B 是圖 1 A 之系統之工件支托構件的特寫橫剖面圖。

圖 2 A - 2 D 是具有不同形狀之橫剖面側形之不同聚焦環的平面圖 (圖 2 A) 與橫剖面圖 (圖 2 B - 2 D)。

圖 3 是圖 1 之調諧網路的電路概圖。

圖 4 A 是圖 1 之系統的部分特寫圖，顯示工件支托構件、聚焦環、調諧網路、下電極電源及匹配網路；

圖 4 B 是與圖 1 類似之本發明之電漿反應器系統第二實施例的部分特寫圖，其中有聚焦環電極及具有獨立 R F 電源與匹配網路的下電極；

圖 5 A 是與圖 1 類似之本發明之電漿反應器系統第三實施例的部分特寫圖，其中，聚焦環是可調整地配置在工件四周；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

圖 5 B 是圖 5 A 之反應器系統之可調整軸桿之較佳實施例的特寫橫剖面圖；以及

圖 6 是演譯本發明之電漿處理系統最佳參數並使用最佳參數處理工件之步驟的流程圖。

元件對照表

- 1 0 0 : 電漿反應器系統
- 1 0 4 : 處理室的側壁
- 1 0 8 : 處理室的上壁
- 1 1 2 : 處理室的下壁
- 1 2 0 : 內部區域
- 1 3 0 : 電漿
- 1 4 0 : 電極
- 1 4 0 U : 電極的上表面
- 1 4 0 L : 電極的下面
- 1 4 4 : 電極的周邊
- 1 4 6 : 絕緣體
- 1 5 0 : R F 電源
- 1 5 6 : R F 饋送線
- 1 6 0 : 匹配網路
- 1 7 0 : 工件支托構件
- 1 7 2 : 底座
- 1 7 3 : 上環形聚焦環支托面
- 1 7 4 : 絕緣區

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(7)

- 1 7 5 : 下電極
- 1 7 5 U : 下電極的上表面
- 1 7 6 : 工件
- 1 7 6 E : 工件的外緣
- 1 7 6 U : 工件的上表面
- 1 8 0 : 下電極 R F 電源
- 1 7 8 : R F 饋送線
- 1 8 2 : 匹配網路
- 2 0 0 : 環形聚焦環
- 2 1 0 : 環形電極
- 2 1 2 : 絕緣層
- 2 1 4 : 傳輸線
- 2 1 3 : 傳輸線的內部導體
- 2 2 0 : 調諧網路
- R_1 : 可變阻抗電路的有效串聯電阻
- R_2 : 可變阻抗電路的有效串聯電阻
- 2 5 0 : R F 電源
- 2 5 2 : R F 電源
- 2 5 6 : 匹配網路
- 2 5 8 : 匹配網路
- 2 8 0 : 工件搬運系統
- 2 9 0 : 氣體供應系統
- 2 9 4 : 氣體供應管線
- 3 0 0 : 真空系統

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

- 3 0 4 : 真空管線
- 3 3 0 : 主控制系統
- M U : 記憶體單元
- R A M : 隨機存取記憶體
- R O M : 唯讀記憶體
- C P U : 中央處理單元
- H D : 硬式磁碟機
- D D : 碟片驅動器
- C R M : 電腦可讀取存取媒體
- 4 0 0 : 電漿反應器系統
- 4 2 0 : 可調式軸桿
- 4 2 0 U : 軸桿的上端
- 4 2 0 L : 軸桿的下端
- 4 3 0 : 傳動裝置
- 4 4 0 : 臺座式外套
- 4 4 6 : 可調式軸桿的上端
- 4 4 4 : 可調式軸桿的上部
- 4 5 0 : 可調式軸桿的下端
- 4 4 8 : 可調式軸桿的下部
- 4 5 4 : 傳動支托臂
- 4 5 8 : 驅動軸
- 4 6 0 : 密封構件
- 4 6 2 : 周緣
- 4 6 8 : 蛇腹

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

發明詳細說明

本發明與電漿處理有關，特別是與增進電漿處理均勻性的裝置及方法有關。

現請參閱圖 1 A，電漿反應器系統 1 0 0 包括反應器處理室，處理室的側壁 1 0 4、上壁 1 0 8 及下壁 1 1 2 定義一能維持電漿 1 3 0 的內部區域 1 2 0。配置在內部區域 1 2 0 內靠近上壁 1 0 8 的是電極 1 4 0，該電極具有上表面 1 4 0 U、下面 1 4 0 L 及周邊 1 4 4。電極 1 4 0 稱為“電漿電極”。絕緣體 1 4 6 配置在電極周邊 1 4 4 與側壁 1 0 4 之間，以使電極 1 4 0 與處理室電氣地隔離。系統 1 0 0 還包括 R F 電源 1 5 0，經由 R F 饋送線 1 5 6 通過上壁 1 0 8 電氣地連接到電極 1 4 0 的上表面 1 4 0 U。在電極 1 4 0 與 R F 電源 1 5 0 間的 R F 饋送線 1 5 6 中配置匹配網路 1 6 0 較佳。經過匹配網路 1 6 0 的調整方能提供在內部區域 1 2 0 形成之電漿 1 3 0 中之負載最佳的匹配，以便將最佳的功率傳送給電漿。

現請參閱圖 1 B，反應器系統 1 0 0 還包括毗鄰下壁 1 1 2 面對電極 1 4 0 配置的工件支托構件 1 7 0。工件支托構件 1 7 0 包括具有上環形聚焦環支托面 1 7 3 的底座 1 7 2、絕緣區 1 7 4 以及具有上表面 1 7 5 U 的下電極 1 7 5，上表面 1 7 5 U 用以支托要被電漿 1 3 0 處理的工件 1 7 6（如晶圓）。工件 1 7 6 具有外緣 1 7 6 E

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (10)

及上表面 1 7 6 U。絕緣區 1 7 4 填充以絕緣材料，如陶瓷或石英，以使底座 1 7 2 與下電極 1 7 5 絕緣。下電極 R F 電源 1 8 0 經由 R F 饋送線 1 7 8 電氣地連接到下電極 1 7 5 用以偏壓下電極。在下電極 1 7 5 與 R F 電源 1 8 0 間的 R F 饋送線 1 7 8 中配置匹配網路 1 8 2 較佳。

現請繼續參閱圖 1 A 及 1 B，反應器系統 1 0 0 中也包括環形聚焦環 2 0 0，配置在工件支托構件底座 1 7 2 的頂面 1 7 3。聚焦環 2 0 0 是非導體材料製成的圓形環，包圍工件 1 7 6 但與其電氣絕緣。聚焦環 2 0 0 以石英製成爲佳，但也可以使用矽、碳化矽、礬土等，或任何很多絕緣材料或絕緣材料的合成物或半導體。聚焦環 2 0 0 的橫剖面可製造成多種側形，諸如，如圖 1 A 及 1 B 所示，其厚度隨半徑增加而增加，或圖 2 A - 2 D 其中任何一款例示性側形。或者，聚焦環的側形環繞聚焦環的整個周邊不需要均勻。此等可變側形的聚焦環可以提供不同的蝕刻與邊緣效果補償。周邊可變的聚焦環通常用來補償其它態樣之反應器設計所引起的方位角不對稱，即電場 / 電漿不對稱。

配置在面 1 7 3 與聚焦環 2 0 0 之間的是環形電極 2 1 0 與絕緣層 2 1 2，其中，絕緣層使環形電極與導體底座 1 7 2 電氣絕緣。底座 7 2 與處理室壁 1 0 4、1 0 8 及 1 1 2 連接到接地較佳。環形電極 2 1 0 經由傳輸線 2 1 4 的內部導體 2 1 3 電氣地連接到調諧網路

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

2 2 0。調諧網路 2 2 0 經由匹配網路 1 8 2 電氣地連接到下電極 R F 電源 1 8 0。結合聚焦環 2 0 0、環形電極 2 1 0、調諧網路 2 2 0、匹配網路 1 8 2 及 R F 電源 1 8 0 在系統 1 0 0 內構成聚焦環總成。

現請參閱圖 3，調諧網路 2 2 0 可以是由具有可變電容 C 的可變電容器 V 以及與可變電容器並聯之電感為 I 的電感器 L 所構成的電路。可調電容器 V 是商用的可變電容器，其電容 C 的範圍是根據下電極 R F 電源 1 8 0 施加於下電極 1 7 5 與聚焦環電極的偏壓頻率及後來的負載阻抗選擇。圖中也顯示兩個電阻器 R_1 與 R_2 ，代表可變阻抗電路的有效串聯電阻。每一組件的例示性值如下： $I \sim 60$ n H， $C \sim 0.1 \mu F$ ， $R_1 \sim 0.05$ 歐姆， $R_2 \sim 0.05$ 歐姆。

電感器 L 的電感 I 以按相同的原理選擇為佳。調諧網路 2 2 0 內之電氣組件的選擇與設計是一般的習知技術。

調諧網路 2 2 0 的調整是經由選擇 I 與 C 的值，以為特定側形的聚焦環 2 0 0、工件成分及蝕刻規格提供最佳的功率信號。較佳的調諧網路 2 2 0 設計使用以下的標準：
 (1) 橫過網路之相位角的變化，即，從電感器 L 與電容器 V 所構成之並聯電路的一側到另一側的相位差，在整個調諧範圍內都應忽略不計（小於 R F 周期的 1 - 1 0 %），以及
 (2) 調諧網路轉移給聚焦環電極 2 1 0 的功率最多等於轉移給卡盤（或下）電極 1 7 5 的功率（即 $P_{ring} \leq P_{LE}$ ）。

五、發明說明 (12)

現請同時參閱圖 4 A，在系統 1 0 0 的第一實施例中，下電極 1 7 5 與環形電極 2 1 0 是使用同一個 R F 電源 1 8 0 偏壓。在此例中，調諧網路 2 2 0 做為可變阻抗單元，分割相對的功率傳送給下電極 1 7 5 與環形電極 2 1 0，以使環形電極的功率 P_{ring} 不超過下電極的功率 P_{LE} ，即 $P_{ring} \leq P_{LE}$ 。R F 電源 1 8 0 經由匹配網路 1 8 2 與對應的負載匹配，其中，電氣的負載包括各種電氣單元，包括調諧網路 2 2 0、環形電極 2 1 0、下電極 1 7 5 及電漿 1 3 0。

可變電容器 V 實際的值視電漿的反應部分而定。環形電極上之電壓的振幅與相位相對於卡盤上的電壓，完全視電極間的耦合（特別是經由電漿的耦合）而定。在過去的經驗中曾發現，卡盤 / 電漿阻抗（即卡盤的匹配網路所“見到”的阻抗）大約 $1 + j 8 0 \Omega$ 。對實部為 1Ω 的電漿阻抗而言，環形電極上之電壓與卡盤上之電壓間的相位差可忽略不計，就範圍從 0.05 到 $0.2 \mu F$ 的電容而論，相對的電壓差在正或負 10 伏之間變化（卡盤的標稱電壓為 1500 伏）。同樣地，對實部為 10 歐姆的電漿阻抗而言，環形電極上之電壓與卡盤上之電壓間的相位差也可忽略不計，就範圍從 0.05 到 $0.2 \mu F$ 的電容而論，相對的電壓差在正或負 30 伏之間變化（卡盤的標稱電壓為 1500 伏）。最後，對實部為 100 歐姆的電漿阻抗而言，環形電極上之電壓與卡盤上之電壓間的相位差大約 45 度，就範圍從 0.05 到 $0.2 \mu F$ 的電容而論，相對

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明（ 13）

的電壓差在正或負 5 0 0 伏之間變化（卡盤的標稱電壓為 1 5 0 0 伏）。因此，偏壓環形（聚焦環）電極與卡盤電極之電壓間的相位差，幾乎完全由電極間的耦合決定，特別是經由電漿的耦合。當存在弱耦合時（即高於 1 0 0 歐姆），相位差變得極為顯著（即大至 1 8 0 度）。

現請參閱圖 4 B，圖中顯示系統 1 0 0 的第二實施例，下電極 1 7 5 與環形電極 2 1 0 個別地由各自獨立的 R F 電源 2 5 0、2 5 2 及各自的匹配網路 2 5 6、2 5 8 供電。

匹配網路 1 8 2、2 5 6、2 5 8 以習用的自動調整匹配網路為佳。此等網路典型上包括用以觀察前進及反射功率的電漿—大小偵測器（未顯示）以及匹配網路控制器（未顯示）控制阻抗的匹配。匹配網路控制器反應所量測到的前進與反射功率，命令匹配網路內連接操作複數個可變電容器的步進馬達（未顯示），經由調整相位角從組件 L 及 V 的一側移動到另一側以匹配負載的阻抗。可變電容器 V 實際的值視電漿的反應部分而定，不過，以下是相同的反應特徵。環形電極上之電壓的振幅與相位相對於卡盤上的電壓與電極間耦合極度相依，特別是經由電漿耦合。在過去的經驗中曾發現，卡盤／電漿阻抗（卡盤的匹配網路所“見到”的阻抗）大約 $1 + j 8 0 \Omega$ 。對實部為 1Ω 的電漿阻抗而言，環形電極上之電壓與卡盤上之電壓間的相位差可忽略不計，就範圍從 0 . 0 5 到 0 . 2 μF 的電容而論，相對的電壓差在正或負 1 0 伏之間變化（卡盤的標稱

五、發明說明 (14)

電壓為 1 5 0 0 伏)。同樣地，對實部為 1 0 歐姆的電漿阻抗而言，環形電極上之電壓與卡盤上之電壓間的相位差也可忽略不計，就範圍從 0 . 0 5 到 0 . 2 μ F 的電容而論，相對的電壓差在正或負 3 0 伏之間變化（卡盤的標稱電壓為 1 5 0 0 伏）。最後，對實部為 1 0 0 歐姆的電漿阻抗而言，環形電極上之電壓與卡盤上之電壓間的相位差大約 4 5 度，就範圍從 0 . 0 5 到 0 . 2 μ F 的電容而論，相對的電壓差在正或負 5 0 0 伏之間變化（卡盤的標稱電壓為 1 5 0 0 伏）。因此，偏壓環形（聚焦環）電極與卡盤電極之電壓間的相位差，幾乎完全由電極間的耦合決定，特別是經由電漿的耦合。當存在弱耦合時（即高於 1 0 0 歐姆），相位差變得極為顯著（即大至 1 8 0 度）。

除了量測匹配網路 1 8 2、2 5 6、2 5 8 之輸出處的前進及反射功率外，如圖 4 A 所示的實施例，也可以量測調諧網路 2 2 0 之輸出處的前進及反射功率。所量測到的功率可用於後續調整調諧網路 2 2 0，以便能重新分配卡盤電極的功率。前進及反射功率的量測可以使用雙向耦合器及功率錶，這些裝置及使用它們的方法都是熟悉此方面技術之人士所熟知的技術。

現請再參閱圖 1，系統 1 0 0 中也包括工件搬運系統 2 8 0，與電漿處理室 1 0 2 及工件支托構件 1 7 0 交通（見箭頭 1 8 3），用以將工件 1 7 6 放置到工件支托構件 1 7 0，或從工件支托構件 1 7 0 上取出工件 1 7 6。此外，還包括氣體供應系統 2 9 0，經由氣體供應管線

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

2 9 4 與處理室的側壁 1 0 4 氣體地連通，以將氣體供應到處理室的內部 1 2 0 以清洗處理室，並為各別的处理提供化學成分以產生電漿 1 3 0。氣體供應系統 2 9 0 所提供的氣體視應用而定。例如，在電漿蝕刻的應用中，氣體供應系統 2 9 0 提供的氣體例如是氯氣、溴化氫、octafluorocyclobutane、以及各種其它的氟碳化合物等。在化學蒸氣沈積應用中，氣體供應系統 2 9 0 提供的氣體例如是矽烷、氨、四氯化錫、四氯化鈦及類似物。

系統 1 0 0 還包括真空系統 3 0 0，經由真空管線 3 0 4 與處理室的側壁 1 0 4 氣體地連通。

系統 1 0 0 還包括主控制系統 3 3 0，它經由電氣信號控制及協調工件搬運系統 2 8 0、氣體供應系統 2 9 0、真空系統 3 0 0、R F 電源 1 5 0 及 1 8 0、調諧網路 2 2 0 的操作。因此，主控制系統 3 3 0 控制系統 1 0 0 的操作以及工件 1 7 6 在系統中的電漿處理，如以下的詳細描述。

在較佳實施例中，主控制系統 3 3 0 是電腦，具有包括隨機存取記憶體 (R A M)、唯讀記憶體 (R O M) 的記憶體單元 M U、具有微處理器 (例如 I n t e l 公司的 P E N T I U M ^{T M} 處理器) 的中央處理單元 (C P U)、硬式磁碟機 H D，所有這些都電氣地連接。硬式磁碟機 H D 做為副的電腦可讀取存取媒體，例如，硬式磁碟機可儲存控制系統 3 3 0 執行本發明所使用的指令，如下所述。較佳的控制系統 3 3 0 還包括碟片機 D D，與硬式磁碟

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

機 H D 、記憶體單元 M U 及中央處理單元 (C P U) 電氣地連接，其中，碟片機 D D 可以接受及讀取 (甚至可寫入) 電腦可讀取媒體 C R M ，如軟式磁碟片或光碟片 (C D) ，其中儲存有控制系統 3 3 0 執行本發明所使用的指令。較佳的控制系統 3 3 0 也還可具有資料獲取及控制能力。適用的控制系統 3 3 0 是電腦，如 DELL PRECISION WORKSTATION 610™，可從德州達拉斯市的 D e l l 公司獲得。

較佳的系統 1 0 0 還要包括資料庫 3 4 0 ，電氣地連接到控制系統 3 3 0 ，或與控制系統 3 3 0 結為一體，用以儲存屬於工件 1 7 6 之電漿處理的資料，且資料庫中還要包括預先決定指令組 (例如電腦軟體) 用以經由控制系統 3 3 0 操作系統 1 0 0 處理工件。

可調式聚焦環的實施例

現請參閱圖 5 A ，圖中描述系統 1 0 0 的另一實施例，它具有可調式聚焦環。圖 5 A 是電漿反應器系統 4 0 0 部分的特寫，圖中顯示系統 4 0 0 與系統 1 0 0 間的差異。系統 4 0 0 包括工件支托構件 4 1 0 ，它具有上環形支托面 1 7 3 ，但它的面不是用來支托環形電極 2 1 0 與聚焦環 2 0 0 。取而代之的是使用一或多支獨立可調整的軸桿 4 2 0 支托環形電極 2 1 0 與聚焦環 2 0 0 ，每一支軸桿具有上端 4 2 0 U 與下端 4 2 0 L ，上端 4 2 0 U 做為聚焦環的支托面。環形電極 2 1 0 支托在上端 4 2 0 U ，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明（ 17）

聚焦環 2 0 0 配置在環形電極的頂上。至少其中一支軸桿 4 2 0 的下端 4 2 0 L 操作地連接到用以升降一或多支軸桿 4 2 0（例如經由適當的齒輪系統）的傳動裝置 4 3 0（例如驅動馬達），藉以在箭頭 4 3 4 所示的方向調整聚焦環 2 0 0 與工件 1 7 6 之上表面 1 7 6 U 間的距離。軸桿 4 2 0 可以裝在中空固定的臺座式外套管 4 4 0 中，如圖中虛線所示。如有需要，軸桿 4 2 0 可以單獨地移動以使聚焦環 2 0 0 傾斜，以得要所要的處理效果。

現請參閱圖 5 B，圖中顯示可調式軸桿 4 2 0 的較佳實施例，其中，可調式軸桿包括具有上端 4 4 6 的上部 4 4 4，是由絕緣不會污染的材料製成。上端 4 4 6 用以支托環形電極 2 1 0。軸桿 4 2 0 還包括具有下端 4 5 0 的下部 4 4 8。下端 4 5 0 附接於傳動支托臂 4 5 4，與傳動裝置 4 3 0 操作地連接。臂 4 5 4 與裝置 4 3 0 間的操作連接可經由驅動軸 4 5 8 達成。

配置在上部 4 4 4 與下部 4 4 8 之間的是具有周緣 4 6 2 的密封構件 4 6 0。附接於周緣 4 6 2 與下壁 1 1 2 之間的是蛇腹 4 6 8，它包圍在軸桿 4 2 0 的下部 4 4 8 四周，當軸桿 4 2 0 在垂直方向（即 y - 方向）移動時蛇腹 4 6 8 隨其伸展與收縮。軸桿 4 2 0 的上部與下部可以是不同的軸桿接合在一起。此外，軸桿 4 2 0 與傳動支托臂 4 5 4 也可以是單一的結構。

操作方法

五、發明說明 (18)

現請參閱圖 1 與系統 1 0 0 (或圖 5 的系統 4 0 0)
，操作時，在得到控制系統 3 3 0 的命令後，按照儲存在
記憶體單元 M U 或電腦可讀取媒體 C R M 中的處理指令，
R F 電源 1 5 0 經由 R F 饋送線 1 5 6 送出 5 k W 的電力
給上電極 1 4 0 。同時，下電極 R F 電源 1 8 0 經由 R F
饋送線 1 7 8 送出 3 k W 的電力給下電極 1 7 5 。經由來
自控制系統 3 3 0 的電氣信號，氣體供應系統 2 9 0 將處
理氣體引進處理室，在 1 毫托到 1 0 托的壓力下，施加於
電極 1 4 0 及 1 7 5 的 R F 能量在兩電極間的內部區域

1 2 0 點燃並形成電漿 1 3 0 。在提供功率給電極 1 4 0
與 1 7 5 的同時，R F 電源 1 8 0 也送出 R F 功率給調諧
網路 2 2 0 ，它等於或小於送給下電極 1 7 5 的功率。調
諧網路 2 2 0 的電氣特性 (即電感器 L 的電感 I 與電容器
V 的可變電容 C) 與其餘的電路 (即匹配網路、下電極、
電漿等) 耦合，以決定下電極 1 7 5 與環形電極 2 1 0 間
的功率分配。聚焦環 2 0 0 控制工件 1 7 6 外緣或周邊部
分四周與電漿 1 3 0 相關之電場與電漿密度的空間分布。
經由經驗法或實驗設計 (D O E) 法，調諧網路 2 2 0 可
被調整並被最佳化，以減小工件處理的邊緣效應並增進處
理的均勻性。此包括調整調諧網路 2 2 0 以提供不同的電
漿處理。在本發明中，獲致所要求之均勻性 (或降低處理
的不均勻性) 的電漿處理概念包括差別處理的觀念，在該
觀念中，將所需要的均勻性量考慮成相對於一預先決定的
標準，該標準可以是單一的臨限值，或是一隨空間變化的

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五 發明說明 (19)

功能性臨限。

電漿處理參數的最佳化

系統 1 0 0 中有若干參數可以修改以使聚焦環 2 0 0 的行爲最佳化，以影響電漿處理的均勻性。這些參數包括：聚焦環 2 0 0 之橫剖面的側形 P，聚焦環 2 0 0 相對於工件 1 7 6 的內徑與外徑 $R = (R_i, R_o)$ ，製造聚焦環 2 0 0 的材料 M，電感器 L 的電感 I，可變電容器 V 的電容值 C，以及聚焦環 2 0 0 與工件上表面 1 7 6 U 間的垂直距離 D（見圖 3 A）。這些參數可使用一組處理參數表示，即， $A = \{ P, R, M, I, C, D \}$ 。A 中的任何參數都可結合在一起並一起改變，以獲致或接近所需的工件均勻性，包括差別的晶圓蝕刻。

在圖 4 B 所示的系統 1 0 0 第二實施例中，聚焦環電極 2 1 0 是由獨立的電源 2 5 2 供電，它的操作頻率可能與施加於上電極或下電極的不同。它也可以與下電極相同的頻率操作，但相位不同。RF 電源 2 5 0 與 2 5 2 是由與其電氣連接的控制系統 3 3 0 控制。

現請參閱圖 6 的流程圖 5 0 0，現將描述以經驗法使處理參數組 $A = \{ P, R, M, I, C, D \}$ 能提供最佳的電漿處理。在步驟 5 0 1，以工件搬運系統 2 8 0 將工件 1 7 6 移入處理室 1 0 4 置於下電極 1 7 5 的上表面

1 7 5 U。接下來，在步驟 5 0 2，將參數組 A 中的參數都設定成初始值。參數值的初始設定是將值設定到所要進

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (20)

行之特定電漿處理可接受的已知操作值。

接下來，在步驟 5 0 3，以真空泵系統 3 0 0 將反應器處理室 1 0 2 抽到預期能在內部區域 1 2 0 產生電漿

1 3 0 的真空，以按照所設定的初始參數準備系統 1 0 0 (或系統 4 0 0)。同時，氣體供應系統 2 9 0 在控制系統 3 3 0 的指揮下按照預先決定的混合氣體配方將氣體提供到內部空間 1 2 0。此外，R F 電源系統 1 5 0、

1 8 0 也在控制系統 3 3 0 的指揮下提供電力給各自的電極 1 4 0、1 7 5。電容耦合式電極與氣體的交互作用產生對應於處理參數的”初始”電漿 1 3 0 用來處理工件

1 7 6。在接下來的步驟 5 0 4，工件被電漿處理，在步驟 5 0 5，量測處理的均勻性。處理的均勻性是根據橫跨工件 1 7 6 各處所量測的所有資料點中最高的處理 (例如蝕刻) 速率減去最低的處理 (例如蝕刻) 速率除以兩倍的平均處理 (例如蝕刻) 速率。均勻性可使用習知的干涉技術量測。

接下來，在步驟 5 0 6，詢問處理的均勻性是否可被接受。此步驟包括將所量測的處理均勻性與預先決定的標準比較，預先決定的標準可以是臨限值 (例如小於 3%) 的形式，或是考慮所需之處理剖面的功能性臨限 (例如橫過工件的蝕刻差異)。如果處理的均勻性不被接受，接著在步驟 5 0 7，改變 P，R，M，I，C，D 中的一或多個參數。一般言之，準備系統進行下一次的測試需要將現在的工件 1 7 6 換成新的工件。按此方式，可以單獨地改

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

變每一個參數以評估它對處理的影響及敏感度。之後，也許要執行一連串的實驗以找出這些參數最佳的配置，即

$A^* = \{ P^*, R^*, M^*, I^*, C^*, D^* \}$ 。此外，在真空下的 R F 場模型也可給予設計聚焦環材料、聚焦環形狀與側形、以及傳送給環形電極及卡盤電極之相對 R F 功率時某些指導（此類模型包括 ANSYS E-M 場模型或高頻結構模擬器 (HFSS), 可從 Hewlett-Packard 公司獲得）。

因此，在步驟 5 0 7，使用經驗法或 D O E 法以朝向最佳操作參數組 $A^* = \{ P^*, R^*, M^*, I^*, C^*, D^* \}$ 輻合為目標，重新計算操作參數 P, R, M, I, C, D。D O E 實驗與真空場模型可用來建立處理之均勻性與各獨立參數間的經驗關係。這些關係可用來定義用以描述處理均勻性與支配之獨立參數間關係的一組方程式或單實數值函數，亦即順從非線性最佳化技術（用來決定函數的最小值），例如 Method of Steepest Descent 或數學理論文獻中所描述的任何適用方法。

重複步驟 5 0 3 - 5 0 5，直至輻合到最佳的操作參數組 A^* 。

如果在詢問步驟 5 0 6 認為處理的均勻性可接受，則處理繼續進行到步驟 5 0 8，在此步驟包括記錄最佳參數組 A^* （例如儲存到控制系統 3 3 0 的記憶體單元 M U），供後續處理工件時使用。

在步驟 5 0 9，當要處理工件時，使用最佳參數組 A^* 形成最佳化的電漿 1 3 0 來處理工件，以得到最佳的處

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (22)

理均勻性。

從說明書的細節中可以瞭解本發明很多特徵與優點，因此，所附申請專利範圍也包含所描述之方法的所有這類特徵與優點，且都在本發明的真正精神與範圍內。此外，由於熟悉一般技術之人士應很容易瞭解諸多的修改與變化，因此，不能將本發明限制在前文中所說明及描述的結構與操作。此外，本發明的方法與裝置，如同半導體技術所使用的相關裝置與方法，其本質極為複雜，實用上，最好是以經驗法決定操作處理參數的最適值，或進行電腦模擬，以得到某特定應用的最佳處理參數。因此，所有適合的修改及相等物，都應視為落於本發明的精神與範圍。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱用於電漿處理之可調式聚焦環)

用於電漿反應器系統(100, 400)中的聚焦環(200)及相關總成,用以處理具有外緣及上表面的工件(176)。該總成具有聚焦環支托面(173),配置在工件的四周,以及環形電極(210)配置在聚焦環支托面的頂上。絕緣聚焦環(200)配置在環形電極的頂上。在一實施例中,第一RF電源(180)電氣地連接到聚焦環電極以及配置在第一RF電源與環形電極間的調諧網路(220)。也揭示形成電漿(130)以及以最佳的方式處理工件的方法,以及完成此的電漿反應器系統。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本欄)

裝

英文發明摘要(發明之名稱:

TUNABLE FOCUS RING FOR PLASMA PROCESSING

A focus ring (200) and related assembly for a plasma reactor system (100, 400) for processing a workpiece (176) having an outer edge and an upper surface. The assembly has a focus ring support surface (173) arranged around the workpiece perimeter and a ring electrode (210) arranged atop the focus ring support surface. An insulating focus ring (200) is arranged atop the ring electrode. In one embodiment, a first RF power supply (180) is electrically connected to the focus ring electrode and a tuning network (220) is arranged between the first RF power supply and the ring electrode. Methods of forming a plasma (130) and processing a workpiece in an optimized way, as well as a plasma reactor system for accomplishing the same, are also disclosed.

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

六、申請專利範圍

附件一：第 90121310 號專利申請案

中文申請專利範圍修正本

民國 91 年 7 月 12 日修正

1 . 一種用於電漿反應器系統的聚焦環總成裝置，用以處理具有外緣及上表面的工件，包括：

- a) 環形電極；
- b) 非導體材料製成的聚焦環，配置在該環形電極的頂上且與其絕緣；
- c) 第一 R F 電源，電氣連接到該聚焦環電極；以及
- d) 調諧網路，配置在該第一 R F 電源與該與該環形電極之間。

2 . 如申請專利範圍第 1 項的裝置，其中該調諧網路包括可變電容器及電感器。

3 . 如申請專利範圍第 1 項的裝置，進一步包括一匹配網路，位於該第一 R F 電源與該調諧網路之間。

4 . 如申請專利範圍第 1 項的裝置，進一步包括一工件支托構件，具有可支托工件的下電極，一底座包圍該下電極且具有一聚焦環支托面，以及，一絕緣區介於該下電極與該底座之間，其中，該聚焦環支托面支托該環形電極。

5 . 如申請專利範圍第 4 項的裝置，其中該第一電源電氣地連接到該下電極。

6 . 如申請專利範圍第 1 項的裝置，進一步包括可調

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

六、申請專利範圍

整的軸桿，用以支托該環形電極，並操作地連接到一驅動馬達，用以移動軸桿以便改變聚焦環相對於工件上表面的位置。

7. 一種用於電漿反應器系統的聚焦環總成裝置，用以處理具有外緣及上表面的工件，包括：

a) 聚焦環支托面，配置在工件外緣四周；

其中，該聚焦環支托面是工件支托構件的一部分，具有可支托工件的下電極，一底座包圍該下電極，以及，一絕緣區介於該下電極與該底座之間，其中，該聚焦環支托面是該底座的一部分；

b) 環形電極，配置在該聚焦環支托面的頂上；

c) 非導體材料製成的聚焦環，配置在該環形電極的頂上；

d) 第一 R F 電源，電氣連接到該聚焦環電極；以及

e) 第二 R F 電源，電氣連接到該下電極。

8. 一種電漿反應器系統，用於處理具有外緣及上表面的工件，包括：

a) 反應器處理室，具有上壁、下壁及側壁，定義一能維持電漿的內部區域；

b) 上電極，配置在該內部區域靠近該上壁；

c) 工件支托構件，毗鄰該下壁配置，包括可支托工件之上表面的下電極，一絕緣區包圍下電極，以及一底座包圍絕緣區，底座具有聚焦環支托面；

d) 上電極 R F 電源，電氣地連接到該上電極；以及

(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

e) 如申請專利範圍第 4 項的聚焦環總成裝置，其中，該第一 R F 電源也電氣地連接到該下電極。

9. 如申請專利範圍第 8 項的反應器系統，進一步包括一匹配網路，配置在該上電極電源與該上電極之間。

10. 如申請專利範圍第 8 項的反應器系統，進一步包括調整機構，用以調整該聚焦環相對於工件上表面的垂直位置。

11. 如申請專利範圍第 8 項的反應器系統，進一步包括：

a) 氣體供應系統，與該內部區域氣體地連通；

b) 真空系統，與該內部區域氣體地連通；

c) 控制系統，與該上電極電源、該氣體供應系統、該真空系統、及該第一 R F 電源電氣地連接，用以控制反應器系統的操作。

12. 一種電漿反應器系統，用於處理具有外緣及上表面的工件，包括：

a) 反應器處理室，具有上壁、下壁及側壁，定義一能維持電漿的內部區域；

b) 上電極，配置在該內部區域靠近該上壁；

c) 上電極 R F 電源，電氣地連接到該上電極；以及

d) 如申請專利範圍第 7 項的聚焦環總成裝置。

13. 如申請專利範圍第 12 項的反應器系統，進一步包括一匹配網路，配置在該上電極電源與該上電極之間。

六、申請專利範圍

1 4 . 如申請專利範圍第 1 2 項的反應器系統，進一步包括調整機構，用以調整該聚焦環相對於工件上表面的垂直位置。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 2 項的反應器系統，進一步包括：

- a) 氣體供應系統，與該內部區域氣體地連通；
- b) 真空系統，與該內部區域氣體地連通；
- c) 控制系統，與該上電極 R F 電源、該氣體供應系統、該真空系統、該第一 R F 電源、以及該第二 R F 電源電氣地連接，用以控制反應器系統的操作。

1 6 . 一種以電漿將工件處理到所要求之標準的方法，該工件具有上表面與外緣，反應器系統具有反應器處理室，處理室內有毗鄰工件外緣配置的聚焦環，聚焦環是由材料 M 製成，具有側形 P，內及外徑（ R_1 與 R_0 ），聚焦環位於工件上表面上方垂直距離 D 的位置，其中，環形電極毗鄰聚焦環配置，因此，系統具有一組可變的處理參數 $A = \{ P, R, M, D \}$ ，該方法的步驟包括：

a) 將參數 $A = \{ P, R, M, D \}$ 設定到初始值；
以及

b) 處理一或多個工件，同時改變該一或多個處理參數，以決定最佳的處理參數組 $A^* = \{ P^*, R^*, M^*, D^* \}$ ，該組參數所提供的處理能在預先決定的標準之內。

1 7 . 如申請專利範圍第 1 6 項的方法，其中，該反應器系統還具有一調諧網路，將環形電極電氣地連接到

（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

R F 電源，該調諧網路具有電感為 I 的電感器以及電容為 C 的電容器，該參數組 A 中包括 I 與 C，且最佳的參數組 A * 中包括 I * 與 C *。

1 8 . 如申請專利範圍第 1 7 項的方法，其中該步驟 b) 包括以下步驟：

i) 在反應器處理室內形成第一電漿，其特性對應於該處理參數，並以預先決定的處理時間處理第一工件；

i i) 量測第一工件的處理均勻性；以及

i i i) 比較工件的處理均勻性與預先決定的標準。

1 9 . 如申請專利範圍第 1 8 項的方法，其中該步驟 b) 進一步包括以下步驟：

i v) 經由改變至少一個該處理參數以降低工件處理的不均勻性，並使用該第一工件或非該第一工件的工件其中之一重複該步驟 i) 到 i i i)，直到工件處理的不均勻性小於該預先決定的標準。

2 0 . 如申請專利範圍第 1 9 項的方法，其中該步驟 b) 進一步包括以下步驟：

v) 記錄最佳的處理參數組。

2 1 . 如申請專利範圍第 1 7 項的方法，其中在該步驟 b) 之後進一步的步驟包括：

c) 將要被處理的工件送入反應器處理室；

d) 使用該步驟 b) 所決定的最佳處理參數組在處理室中形成最佳化的電漿；以及

e) 以最佳化的電漿處理要被處理的工件。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

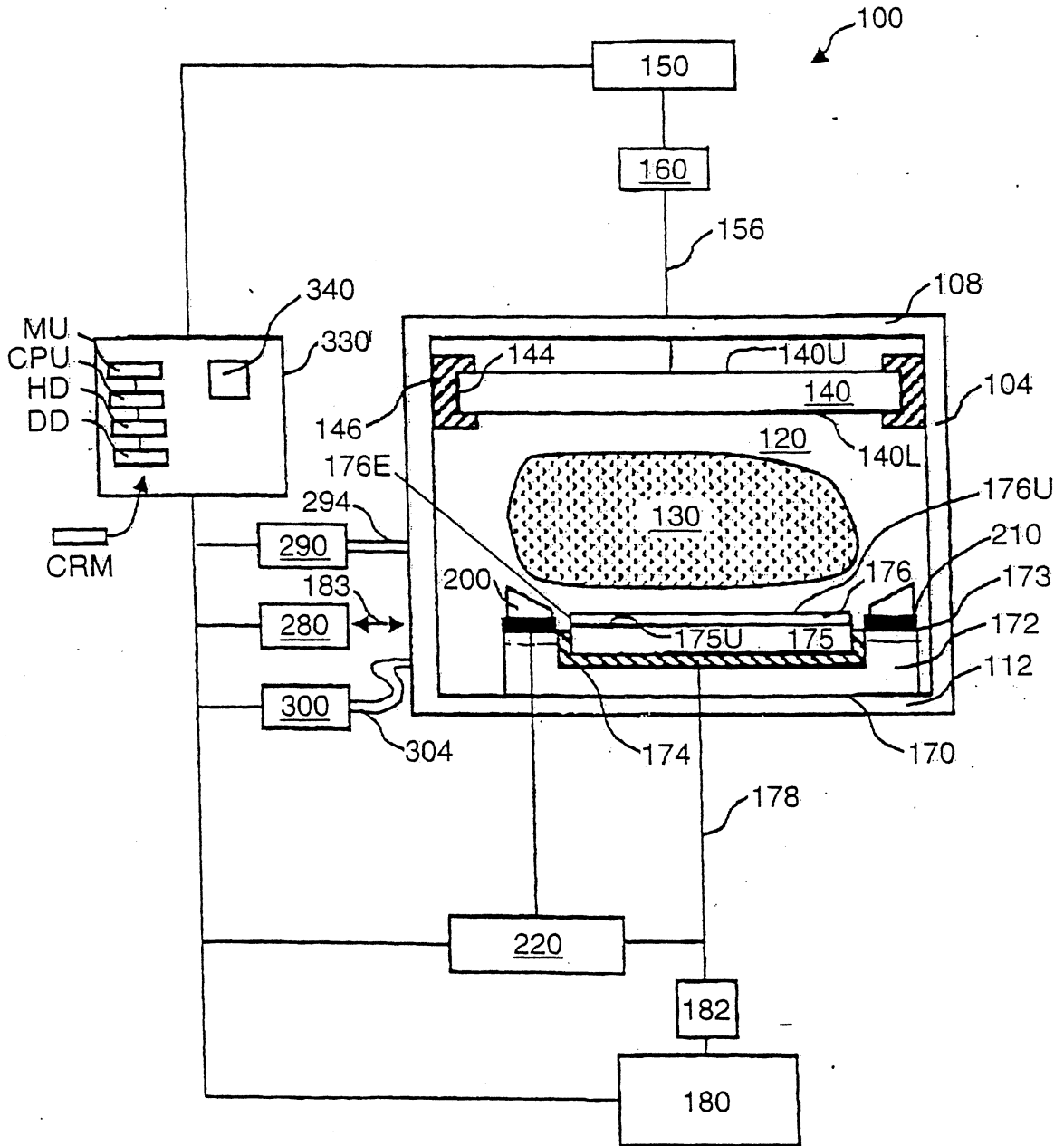


圖 1A

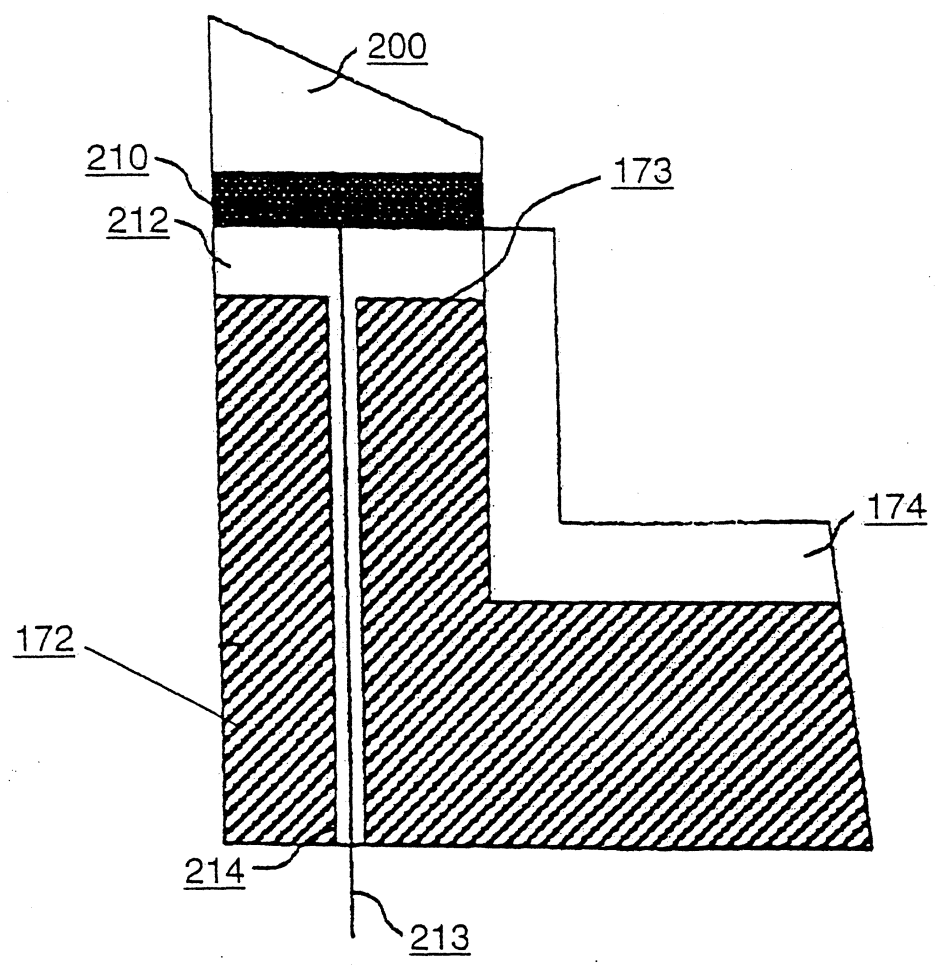


圖 1B

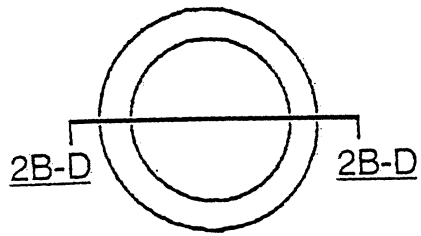


圖 2A

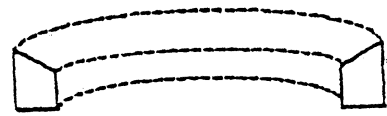


圖 2B



圖 2C

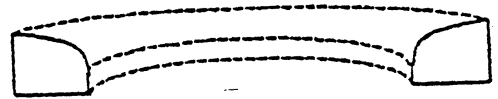


圖 2D

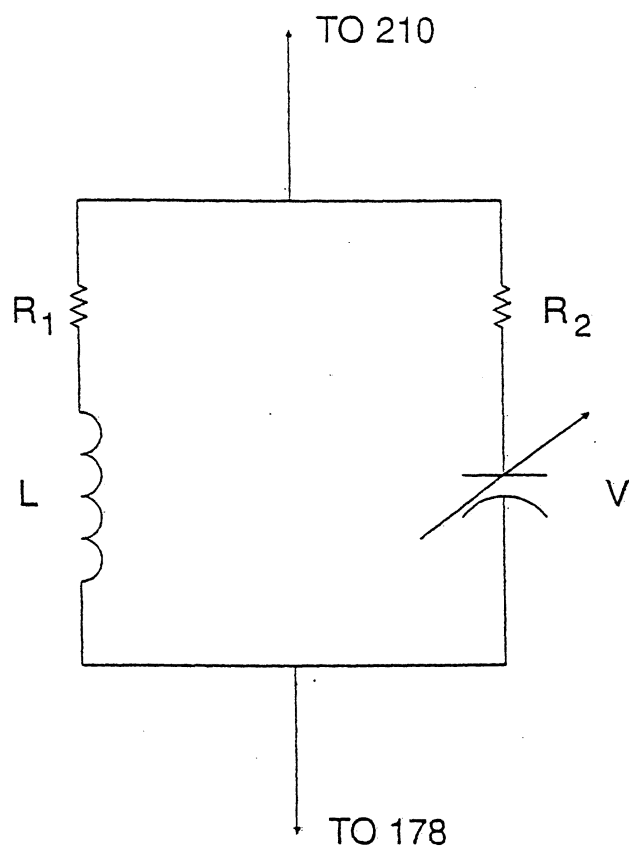


圖 3

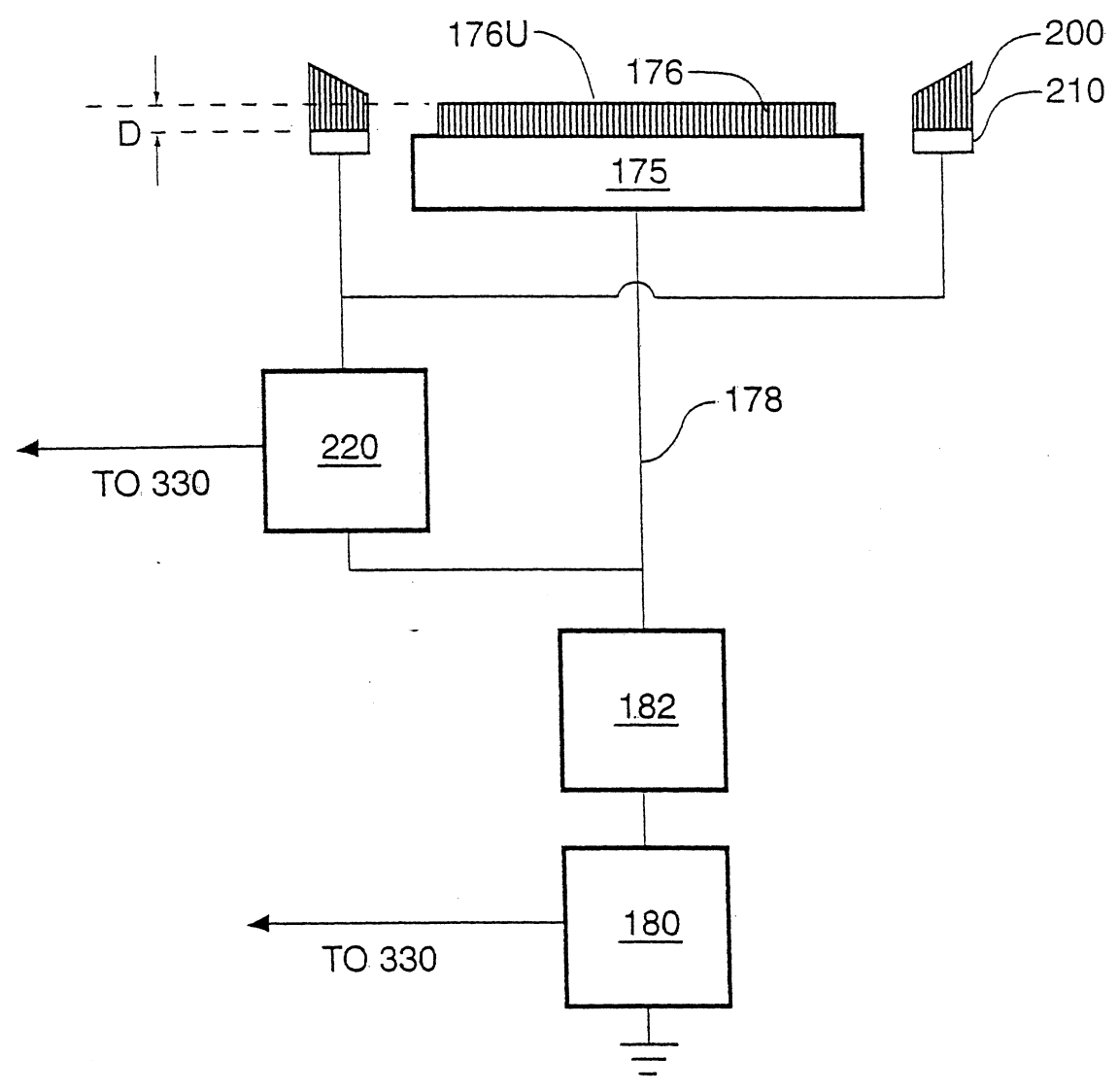


圖 4A

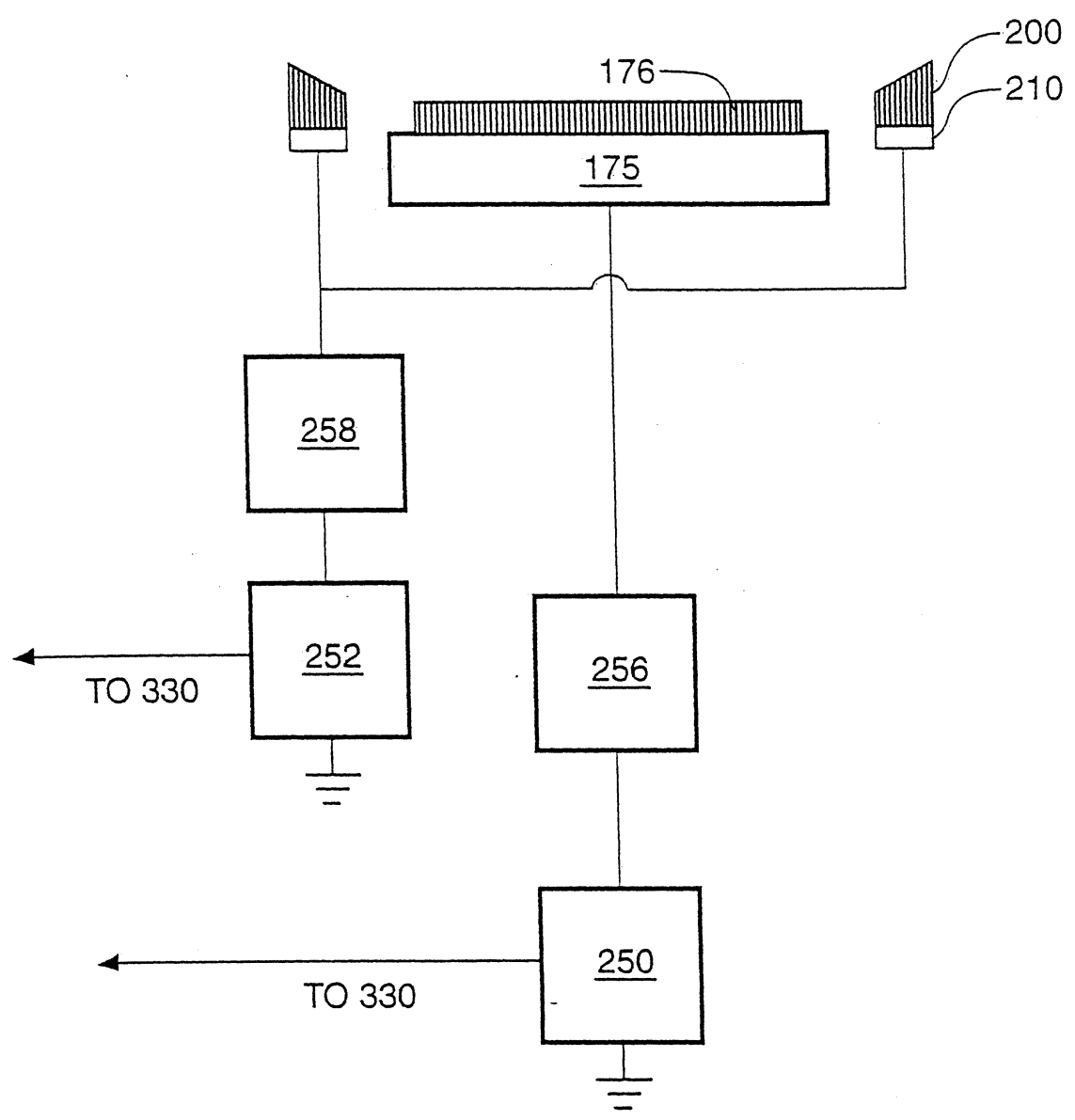


圖 4B

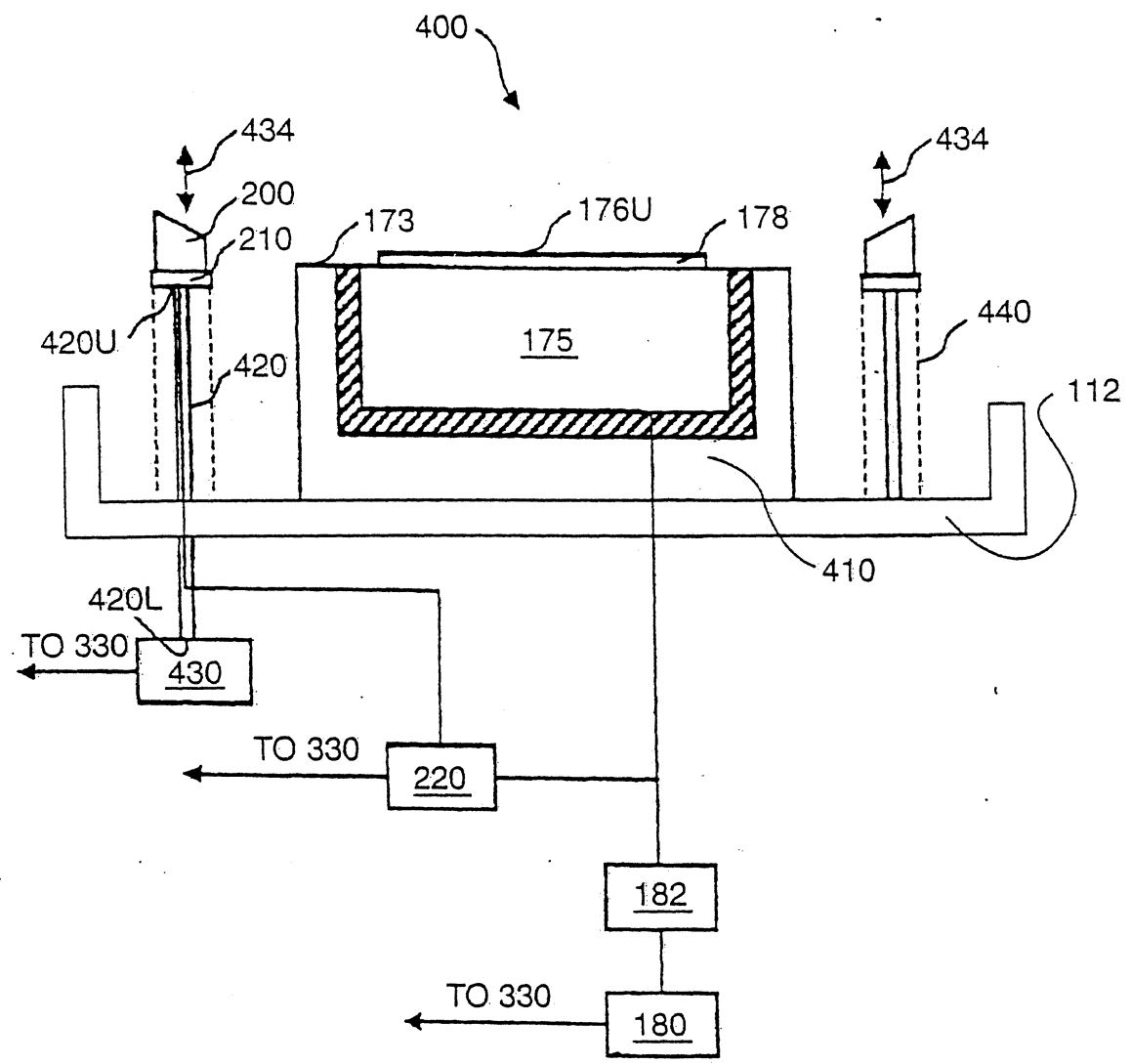
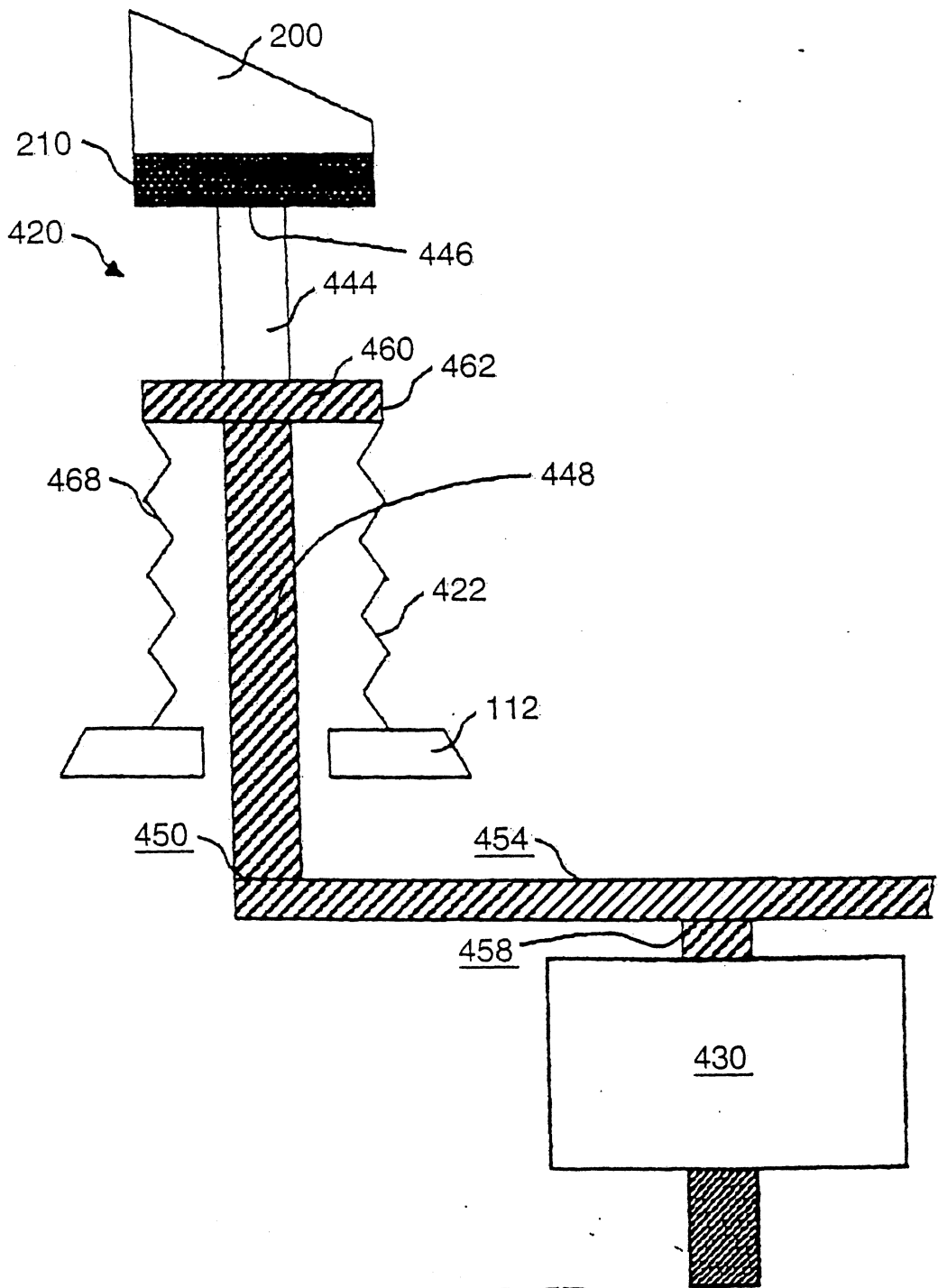


圖 5A



5B

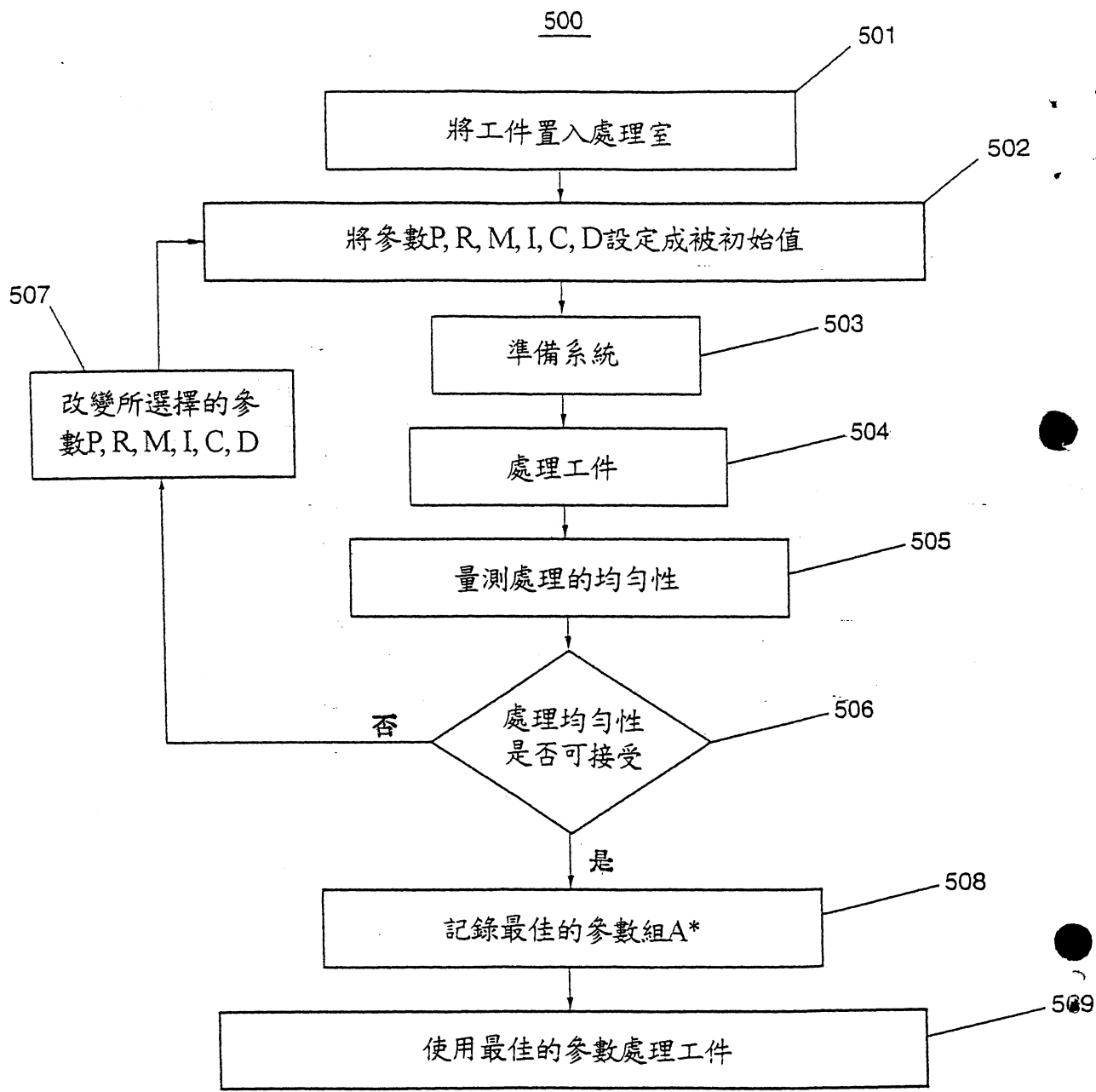


圖 6