

(此處由本局於收  
文時黏貼條碼)

102年3月13日 頁 1/1 正替換頁

# 發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：094109824

※申請日期：94 年 03 月 29 日

※IPC 分類：H05H 1/00 (2006.01)  
H01L 21/00 (2006.01)

## 一、發明名稱：

(中) 監視電漿處理系統之上/下電極的方法

(英) Method for monitoring upper/lower electrode of a plasma processing system

## 二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 泛林股份有限公司

(英) LAM RESEARCH CORPORATION

代表人：(中) 1. 傑弗瑞 布魯克斯

(英) 1. BROOKS, JEFFREY J.

地 址：(中) 美國加州·費蒙特·顧盛公園路 4 6 5 0 號

(英) 4650 Cushing Parkway, Fremont, CA 94538- 6470, USA

國籍：(中英) 美國 U.S.A.

## 三、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 席德 加伐羅恩特哈尼

(英) JAFARIAN-TEHRANI, SEYED JAFAR

國 籍：(中) 伊朗

(英) IRAN

## 四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利  主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 ; 2004/03/31 ; 10/816,211  有主張優先權

第 094109824 號

## 五、中文發明摘要

發明之名稱：監視電漿處理系統之上/下電極的方法  
一種產生電漿處理系統的簡化等效電路模型的方法，用在電漿處理系統中，電漿處理系統包含電量測裝置、下電極、上電極以及信號產生器裝置，本方法包括產生該電漿處理系統的簡化等效電路等式，包含一集合的變數，其中該電量測裝置包括第一子集的變數，該下電極包括第二子集的變數，該上電極包括第三子集的變數，該信號產生器裝置包括第四子集的變數。本方法也包括產生第一集合的信號，該第一集合的信號的各個皆以不同頻率產生，其中該信號產生器裝置連接到該電量測裝置、該下電極、以及該上電極。本方法進一步包括用該電量測裝置量測該第一集合的信號，其中為各個該集合的變數產生至少一個量測信號；且從該第一集合的信號產生簡化等效電路模型。

## 六、英文發明摘要

發明之名稱：Method for monitoring upper/lower electrode of a plasma processing system

A method of creating a simplified equivalent circuit model of a plasma processing system, including an electrical measuring device, a lower electrode, an upper electrode, and a signal generator device is described. The method includes creating a simplified equivalent circuit equation, including a set of variables, of the plasma processing system, wherein the electrical measuring device comprises a first subset of variables, the lower electrode comprises a second subset of variables, the upper electrode comprises a third subset of variables, and the signal generator device comprises a fourth subset of variables. The method also includes generating a set of signals, each of the set of signals being generated at a different frequency, wherein the signal generator device is coupled to the electrical measuring device, the lower electrode, and the upper electrode. The method further includes measuring the set of signals with the electrical measuring device, wherein at least one measured signal is generated for each of the set of variables; and, creating a simplified equivalent circuit model from the set of signals.

## 七、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(2)圖

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

202a	電源 RF 產生器
202b	偏壓 RF 產生器
204	匹配網路
206	輔助切換輸入
208	V/I 探針
210	具有 RF 饋入桿的上下電極
212	控制、自動化和參數提取程式
214	信號產生器

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

(1)

## 九、發明說明

### 【發明所屬之技術領域】

本發明主要和基板製造技術相關，特別是產生電漿處理系統的數學模型之方法及陣列。

### 【先前技術】

在基板的處理中（例如半導體基板或用在平板顯示器製造的玻璃基板），經常使用到電漿。以部分基板的處理為例，基板分成多數個晶粒或長方形區域，各別成爲一積體電路。基板接著以一系列步驟處理，其中材料選擇性移除（蝕刻）和沉積以在其上形成電元件。

在示範的電漿處理中，基板蝕刻前塗上硬化乳劑薄膜（意即光罩）。硬化乳劑的區域接著選擇性移除，造成下面一層的元件暴露出來。基板接下來放進基板支持結構上的電漿處理房室，該結構包括單極或雙極電極，稱爲卡盤或柱腳。合適蝕刻劑源接著流入房室，黏住而形成電漿以蝕刻基板的暴露區域。

參考第 1 圖，顯示電容性連接的電漿處理系統簡化圖。通常，電容性連接的電漿處理系統能以單一或兩個獨立 RF（射頻）電源組成。電源 RF 產生器 130a 所產生的電源 RF 通常用來產生電漿，以及透過電容性連接來控制電漿密度。而，偏壓 RF 產生器 130b 所產生的偏壓 RF 通常用來控制 DC 偏壓以及離子轟炸能量。進一步連接電源 RF 產生器 130a 和偏壓 RF 產生器 130b 的是匹配網路 138

(2)

，該網路企圖透過 RF 饋線 132 匹配 RF 電源的阻抗和電漿 110 的阻抗。

通常，一組適合的氣體從氣體分配系統 122 經由頂板 131 的入口流入房室 102。這些電漿處理氣體隨後可離子化而形成電漿 110，用以處理（例如：蝕刻或沉積）基板 114 的暴露區域，像是半導體基板或玻璃窗格，基板 114 也作為下電極的靜電卡盤 116 上的邊緣環 115 來定位。並且，襯墊 117 在電漿和電漿處理房室間提供熱障壁，以及幫助基板 114 上的電漿 110 最佳化。

氣體分配系統 122 通常包括壓縮的氣缸 124 a-f，含有電漿處理的氣體（例如： $C_4F_8$ 、 $C_4F_6$ 、 $CHF_3$ 、 $CH_2F_3$ 、 $CF_4$ 、 $HBr$ 、 $CH_3F$ 、 $C_2F_4$ 、 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $Ar$ 、 $Xe$ 、 $He$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$ 、 $SF_6$ 、 $BCl_3$ 、 $Cl_2$ 、 $WF_6$  等等）。氣缸 124 a-f 進一步受提供區域排氣通風的外殼 128 所保護。質量流控制器 126 a-f 通常是自含裝置（由換能器、控制閥、以及控制和信號處理電子裝置所組成），通常用在半導體工業中，來量測並調節氣體到電漿處理系統的質量流。注入器 109 經由蓮蓬頭 104（也作為上電極）導入電漿處理氣體 124 作為氣膠到房室 102 中。

通常，某些種類的冷卻系統連接到靜電卡盤 116，一旦電漿被點燃用來達到熱平衡。冷卻系統本身通常包括透過卡盤裡的腔室抽吸冷卻劑的冷器，以及在卡盤和基板之間抽吸的氦氣。除了移除所產生的熱，氦氣也讓冷卻系統快速控制散熱。也就是說，增加氦壓力隨後也增加熱轉移

(3)

率。多數電漿處理系統也被精密的電腦（包括軟體作業程式）控制。在典型作業環境下，製程參數（例如：電壓、氣流混合，氣流速率、壓力等等）通常為特殊電漿處理系統和特定配方來設定。

在普通的基板製造方法中，即所謂的雙顆粒狀花紋，介電層由填滿通孔的傳導栓塞電連接。通常，介電層中形成一個開口，通常以 TaN 或 TiN 障壁畫界線，隨後填入傳導材料（例如：鋁（Al），銅（Cu）等等），該材料允許兩組傳導圖形間的電接觸。如此建立了兩基板上的主動區域（像是源極／汲極區域）之間的電接觸。在介電層表面上的過量傳導性材料通常被化學機械拋光（CMP）移除。氮化矽的覆蓋層接著會沉積而蓋住銅。

然而，以這些及其他電漿處理，監控電漿處理經常很困難，因此防止錯誤安裝、不適當製造、或損壞的元件所產生的潛在製造缺陷。

舉例來說，藉由不經基板打擊電漿，污染物可以從電漿處理系統清除。然而，因為靜電卡盤（卡盤）不再受基板屏蔽，所以它隨後被蝕刻。最後，電漿處理系統不能足夠補償，處理配方的參數將失效。因為判定這個點何時確切到達經常不實際，所以卡盤通常在某個數量的使用時數後會更換，使用時數實際上通常只有可用生命期的一部分。因為昂貴卡盤被不必要地更換，所以這會增加生產成本；因為電漿處理系統必需離線幾個小時以更換卡盤，所以減少產量。

(4)

一種解決之道是產生電漿處理系統的簡化實驗模型以充分掌握工具的行爲。然而，產生實驗模型可能有困難。舉例來說，可以分析修改過非操作性電漿房室以提取簡化實驗參數。在另一技術中，電漿處理系統的單獨元件可以用網路分析器單獨量測。然而，因為電漿處理本身的重覆會影響到電漿處理系統元件的電性，所以就算鬆散關聯（因此預測性弱）的模型也不易得到。並且，因為網路分析器的成本可能抑制其整合到大部分電漿處理系統中，所以提取過程難以自動化。簡化實驗模型的產生只會偶一爲之而且只能透過訓練過的人員。

有鑑於此，需要產生電漿處理系統數學模型的方法和陣列。

#### 【發明內容】

在一實施例中，本發明相關於一種產生電漿處理系統的簡化等效電路模型的方法，用在電漿處理系統中，電漿處理系統包含電量測裝置、下電極、上電極以及信號產生器裝置。本方法包含產生電漿處理系統的簡化等效電路等式，包含一集合的變數，其中電量測裝置包括第一子集的變數，下電極包括第二子集的變數，上電極包括第三子集的變數，信號產生器裝置包括第四子集的變數。本方法也包含產生第一集合的信號，第一集合的信號的各個皆以不同頻率產生，其中信號產生器裝置連接到電量測裝置、下電極、以及上電極。本方法進一步包含用電量測裝置量測

(5)

第一集合的信號，其中為各個集合的變數產生至少一個量測信號；且從該集合的信號產生簡化等效電路模型。

在一實施例中，本發明相關於一種產生電漿處理系統的簡化等效電路模型的陣列，用在電漿處理系統中，電漿處理系統電包含電量測裝置、下電極、上電極以及信號產生器。陣列包含第一陣列元素，產生電漿處理系統的簡化等效電路等式，包含一集合的變數，其中電量測裝置包括第一子集的變數，下電極包括第二子集的變數，上電極包括第三子集的變數，信號產生器裝置包括第四子集的變數。陣列也包含第二陣列元素，產生第一集合的信號，各別第一集合的信號以不同頻率產生，其中信號產生器裝置連接到電量測裝置、下電極以及上電極。陣列還包括第三陣列元素，以電量測裝置量測第一集合的信號，其中為各別集合的變數產生至少一個量測信號。陣列進一步包括第四陣列元素，從第一集合的信號產生簡化等效電路模型；以及第五陣列元素，從簡化等效電路模型確定電漿處理系統的元件狀態，其中狀態是可接受狀態和不可接受狀態之一。

本發明的這些和其他特色將會配合附圖更詳細地描述在實施方式中。

### 【實施方式】

現在將參考附圖中的幾個較佳實施例來詳述本發明。在以下描述中，舉出許多特定細節以提供本發明的徹底認



(6)

知。然而，很明顯的，對於一個熟習本技藝的人士，本發明可以不透過部分或全部的特定細節來實施。在其他例子中，熟知的處理步驟和／或結構未詳細描述，以避免不必要地遮掩了本發明。

雖然不希望被理論侷限，但發明人相信簡化模型可用來判定和／或預測電漿處理系統中的潛在問題。也就是說，產生一組模型，隨後比較，以判定不正確安裝、不適當製造或損害的電漿處理系統所造成的潛在製造缺陷。

在一實施例中，可產生簡化等效電路。另一實施例中，能以實質自動化的方式提取簡化等效電路的參數。在另一實施例中，產生一組簡化等效電路模型，其中初始基本模型可當作是電漿處理系統在委託生產前的基本線，和隨後產生的模型比較以建立趨勢。在另一實施例中，新基本線在電漿處理系統濕淨後產生。在另一實施例中，基本線模型不透過電漿為電漿處理系統產生。

在另一實施例中，僅有寬帶探針、下電極以及上電極用來產生簡化等效電路。在另一實施例中，以 RF 路徑為例。在另一實施例中，簡化等效電路模型以實質自動化的方式產生。在另一實施例中，簡化等效電路模型將預測系統損耗，允許了對於電漿處理系統的損耗和電力密度吸收的實際電力平衡計算。在另一實施例中，簡化等效電路可預測諧波頻率下的整體系統頻率響應和行為。在另一實施例中，參數資料自動地被嵌入式參數提取程式找出來。

在另一實施例中，簡化等效電路可儲存在電漿處理系

(7)

統記憶體中，爲了隨後當排解硬體問題時電漿參數計算以及電漿房室比較。在另一實施例中，在作業頻率下量測房室阻抗時，將只估計支配的電元件。

在許多現代電漿處理系統中，電漿通常由施加在真空房室中兩平行電極板之間的 RF 電力（例如：上電極、下電極等等）所產生。通常稱爲電容式連接電漿，RF 電源透過產生頻率  $\omega$  的正弦電流源來激發電漿。正弦電流源再來可透過連接適合的電元件集合（例如：電阻器、電容器、電感器等等）作爲共振電路。在電漿處理系統中，簡化等效電路模型通常可包括兩組元件：電漿模型組和 RF 路徑組。

電漿模型可由描述時間相依電漿電流的一組分析關係組成。來自電漿的總電流可由一組成分（例如：離子、二次電子、電漿電子和位移電流）組成，可以用適合的方法建立模型。舉例來說，電漿可作爲變壓器電路，包括平行電阻（代表電漿的核心電力損耗）和平行電感（將磁通接到電漿）。

RF 路徑模型由一組電阻器、電容器、電感器組成，表示成微分等式的型態。通常，跨過電感器的電壓正比於經過電感器的電流的時間微分，跨過電容器的電壓正比於經過電容器的電流的積分。

以非顯而易知的方式，對特別電漿處理系統，藉由首先得到第一集合的冷量測（意即沒有實質電漿）和第二集合的熱量測（意即有實質電漿），可以產生簡化等效電路

(8)

。通常，爲了產生包括  $N$  個變數或元素的實質精確的簡化等效電路，需  $N+1$  個量測。因爲冷電漿處理系統沒有電漿（因此沒有電漿模型的值），所以簡化等效電路的初始設計實質上簡化。也就是說，需要解較少的簡化等效電路變數。並且，電漿也影響現存元件的電性，進一步讓簡化等效電路的計算更困難。

透過產生一組不同頻率的信號，對應一組函數可產生出來，該函數隨後可解出而判定函數值（例如：電阻、電容和電感等等），因此產生了簡化等效電路模型。隨後，由冷電漿處理系統導出的函數變數可用來產生等效的簡化等效電路模型給對應的熱電漿處理系統（結合電漿模型和 RF 模型）。接著產生模型可和先前產生模型相比較以有效監控電漿處理，因此防止不可接受的狀態，像是因不正確安裝、不適當製造或損害的元件所造成的潛在製造缺陷。透過量測在合適位置的電壓、電流和相位，可推論出如由下電極看進去的等效電漿阻抗。隨後電壓和電流的量測可預測在電極的電壓、電流和相位。並且，透過應用一般的能量守恆定律，在下電極和相關 RF 連接上的電能損耗，以及電漿的沉澱能量可以估計出來。

舉例來說，適合卡盤結構的電容值在一個特定範圍的。若簡化等效電路模型計算出超過範圍的電容值，則卡盤可能受到不正確的安裝，不適當製造或損壞。

本處理可進一步將  $V/I$ （電壓 / 電流）探針和信號產生器直接連接到電漿處理系統而自動化。如先前所說，網

(9)

路分析器通常為監控寬頻帶而最佳化，因此可能非常昂貴。然而，因為只產生和監控特定一組頻率，所以 V/I 探針和信號產生器的使用通常比較便宜。舉例來說 V/I 探針可透過結合箱裝到電漿處理系統中，隨後連接到小（5-20 W）寬帶 RF 產生器。透過使用適合的軟體，V/I 探針可提供電壓、電流和相位。頻率（ $\omega$ ）可由信號產生器提取以減少任何由 V/I 探針量測頻率的模稜兩可。本軟體可接著計算參數且紀錄趨勢控制的值。

然而在許多電漿處理系統中，只透過正常的 RF 傳送路徑量測基頻。隨後的實施例中，輔助輸入連接到 RF 傳送路徑以得到適合的量測而不干涉正常 RF 傳送系統的運作。舉例來說，簡單小值的饋入電容器（例如：約 5-10 pF 等等）可連接到市面上有寄生小電容的 RF 連接器（例如：少於且大約 2 pF）。在一個替換的實施例中，轉接的方式可包括真空繼電器以作為開關，該開關介於正常運作的 RF 饋入線和量測運作的寬帶產生器之間。在這個情況下，全部的量測包含基頻，都可透過輔助輸入和經繼電器中斷的 RF 傳送系統。

第 2 圖，顯示電漿處理系統的簡化圖，依據本發明實施例。如先前描述，電源 RF 產生器 202a 和偏壓 RF 產生器 202b 可連接到匹配網路 204，該網路依序透過接合箱或輔助切換輸入 206 連接到電漿房室。然而，以非顯而易知方式，信號產生器 214 也可連接到接合箱或輔助切換輸入 206。透過產生一組不同頻率的信號，信號產生器 214

(10)

產生一組等式，隨後可解出函數變數（例如：電阻器、電容器、電感器等等。）且產生簡化等效電路模型。接合箱或輔助切換輸入 206，依序連接到 V/I 探針 208，該探針可量測在具有 RF 饋入桿的上下電極 210 所產生的電流 216 和電壓 218。控制、自動化和參數提取程式 212 也可連接到信號產生器 214 和 V/I 探針 208，並且能以實質自動化的方式產生簡化等效電路。

第 3 圖顯示了第 2 圖的簡化圖，其中 V/I 探針 208 連接到輔助輸入 320 以及具有 RF 饋入桿的上下電極 210。

舉例來說，對運作在特定一組頻率（例如：2 MHz、27 MHz 等等。）的信號產生器，RF 探針可測定基頻至第五諧波頻率。如先前所述，對 N 個可在簡化等效電路解出的變數中，通常需要 N+1 個量測值（例如頻率）。愈多的資料通常將造成等效電子電路模型的行爲愈具有代表性。也就是說，最初的電路值像是電極電容、RF 饋入桿的電感和其他參數將更容易計算。並且，產生的模型可藉連接到有適合量測配備的網路分析器或阻抗分析儀而驗證。

通常，電漿處理系統的簡化等效電路模型中的電壓元件可用正弦函來代表，以型態：

$$V(t) = V_p \cos(\omega t + \theta_v) \quad (\text{等式 1})$$

其中 t 是時間， $V_p$  是電壓的尖峰值， $\theta_v$  是電壓的初始相位，且  $\omega$  是電壓源產生信號的角頻率，可表示為型態

$$\omega = 2\pi(\text{頻率}) \quad (\text{等式 2})$$

(11)

同樣地，通常在電漿處理系統的簡化等效電路模型中的電流元件，可用正弦等式的型態來代表：

$$i(t) = i_p \cos(\omega t + \theta_i) \quad (\text{等式 3})$$

其中  $t$  是時間， $i_p$  是電流的尖峰值， $\theta_i$  是電流的初始相位，且  $\omega$  是電流源產生信號的角頻率。

通常，電容式連接的電漿系統中的電壓和電流是指相位，因此可用複數數字代表。通常，當電元件串聯時，他們的阻抗相加以提供等效阻抗。對平行元件，阻抗的倒數相加以提供等效阻抗的倒數。

舉例來說，電阻器的複數阻抗通常是他的實部電阻，可表示為型態：

$$Z_R = R \quad (\text{等式 4})$$

其中  $R$  是對應模型中電阻的實部值。

同樣地，電感器的複數阻抗通常是頻率的函數，可表示為型態：

$$Z_L = j \cdot \omega \cdot L \quad (\text{等式 5})$$

其中  $j = \sqrt{-1}$  是複數數字的虛部， $\omega$  產生信號的角頻率，且  $L$  是對應模型中電感器的實數值。

電容器的複數阻抗通常是頻率的等式，可表示為型態：

$$Z_C = 1/(j \cdot \omega \cdot C) \quad (\text{等式 6})$$

其中  $j = \sqrt{-1}$ ，是複數數字的虛部， $\omega$  是產生信號的角頻率，且  $C$  是對應模型中電容器的實部值。

第 4 圖中，顯示冷電漿處理系統的簡化等效電路模型

，如第 2 圖所示，依據本發明的實施例。如先前所述，電漿處理系統本身可建立共振電路的模型，連接適合的電阻器、電容器、和電感器。本模型包括電力濾波器 404（包括電阻器 R4，電感器 L4，和電容器 C4），饋入桿 402（包括電感器 L1 和電阻器 R1），下電極 406，如此一個靜電的卡盤（包括電阻器 R2、電感器 L2 和電容器 C2）以及上電極 408（包括電阻器 R3、電感器 L3 和電容器 C3）。

電力濾波器 404 可產生阻抗 Z4，且可表示為型態：

$$Z4 = R4 + j \cdot \omega \cdot L4 + 1 / (j \cdot \omega \cdot C4) \quad (\text{等式 7})$$

下電極 406 可產生阻抗 Z2，且可表示為型態：

$$Z2 = R \cdot 2 + j \cdot \omega \cdot L2 + 1 / (j \cdot \omega \cdot C2) \quad (\text{等式 8})$$

上電極 408 可產生阻抗 Z3，且可表示為型態：

$$Z3 = R3 + j \cdot \omega \cdot L3 + 1 / (j \cdot \omega \cdot C3) \quad (\text{等式 9})$$

隨後，全部的輸入阻抗 Zin 可是 Z1、Z2、Z3 和 Z4 以適合方式結合作分母，且可表示為型態：

$$Zin = j \cdot \omega \cdot L1 + R1 + \frac{(Z4 \cdot Z2 \cdot Z3)}{(Z4 \cdot Z2 + Z4 \cdot Z3 + Z3 \cdot Z2)} \quad (\text{等式 10})$$

並且，全部的輸入阻抗 Zin 可表示為型態：

$$Zin = |V| / |I| \quad (\text{等式 11})$$

現在看到第 5 圖，依據本發明的實施例，顯示了電漿處理系統中產生數學模型的簡化方法。在步驟 502 中，預先產生包含一組變數的簡化等效電路等式，其中電量測裝

(13)

置包括第一子集的變數，下電極包括第二子集的變數，上電極包括第三子集的變數，且信號產生器裝置包括第四子集的變數。接下來，在步驟 504 中，產生一組信號，各組信號以不同頻率產生，其中信號產生裝置連接到電量測裝置，上、下電極。接下來，在步驟 506 中，以電量測裝置量測這組信號，其中至少產生一個量測信號給各組變數。最後，在步驟 508 中，產生簡化等效電路模型。

第 6 圖，顯示了第 5 圖數學模型的簡化方法，其中另外電漿性質依據本發明實施例導出。步驟 602 中，預先產生修改的簡化等效電路模型，其中實質不變參數用數值替換。不變參數（例如：阻抗）指得是電漿處理系統的元件參數（例如：RF 饋入桿、卡盤等等。）對給定電漿結構中多數基板的處理時，實質是相同的。

接下來，在步驟 604 中，以當前實質的電漿產生一組信號，各組信號在基頻產生，其中 RF 電源產生器連接到電量測裝置、下電極和上電極。接下來，在步驟 606 中，這組信號用電量測裝置量測，其中至少一個量測信號為各組基頻產生。接下來，在步驟 608 中，為了基頻和各別的諧波頻率，計算等效簡化電路模型（例如：阻抗）的電漿 RF 參數。最後，在步驟 610 中，其他電漿性質可依據基頻的 RF 電壓、電流和相位來估計而推導出保護電壓、電流和電力密度。

舉例來說，典型量測結果在  $\omega 1$ ，27.12 MHz 以極座標型態：



$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 27.12 \cdot 10^6 \quad (\text{等式 12})$$

$$Z(\omega_1) = 7.82 \quad (\text{等式 13})$$

$$\text{Deg}(\omega_1) = -88.752 \quad (\text{等式 14})$$

$\omega$  的複數變數將是：

$$Z(\omega_1) := Z(\omega_1) \cdot \cos\left(\frac{\text{Deg}(\omega_1) \cdot \pi}{180}\right) + j \cdot Z(\omega_1) \cdot \sin\left(\frac{\text{Deg}(\omega_1) \cdot \pi}{180}\right) \quad Z(\omega_1) = 0.17 - 7.818i \quad (\text{等式 15})$$

Zin 可等同於 Z (  $\omega$  ) 當頻率從  $\omega_1$  到  $\omega_{10}$ ，用來建立十個方程式而且僅十個未知數，你可透過任何程式（例如：Excel、Mathcad 等等。）解出局面上的解決之道。

舉例來說，在 Mathcad 中的典型矩陣公式以最少錯誤去解九個變數，可表示為：

$$\begin{pmatrix} \text{Cesc} \\ \text{Lesc} \\ \text{Resc} \\ \text{Ltop} \\ \text{Rtop} \\ \text{Lfil} \\ \text{Rfil} \\ \text{Lin} \\ \text{Rin} \end{pmatrix} := \text{MinErr}(\text{Re}(\text{C2}), \text{Re}(\text{L2}), \text{Re}(\text{R2}), \text{Re}(\text{L3}), \text{Re}(\text{R3}), \text{Re}(\text{L4}), \text{Re}(\text{R4}), \text{Re}(\text{L1}), \text{Re}(\text{R1}))$$

$$\text{ERR} = 1.541 \times 10^{-14} \quad (\text{等式 16})$$

在此例中兩個變數可直接量測，C3 頂層電極電容在沒有電漿的真空中而且 C4 濾波器電容有標稱值。所有變數是實數且是正數。計算值可被用作是電路模擬的輸入以預測不同情況和 Monte Carlo 分析的電路行為。

然而本發明已透過許多較佳的實施例來描述，尚有在本發明範圍中的改變、排列和等效。舉例來說，雖然本發明連接到 Lam 研究的電漿處理系統（例如：Exelan™，Exelan™ HP，Exelan™ HPT，2300™，Versys™ Star，等

(15)

等。)，其他電漿處理系統也可採用。本發明也可以用不同直徑的基板（例如：200 mm、300 mm 等等）。要注意到仍有許多本發明替代的實作方法。

本發明的好處包含產生電漿處理系統數學模型的方法和陣列。其他好處包含潛在防止不正確安裝、不適當製造或損害的元件所造成的製造缺陷。其他好處包含以實質自動化方式計算簡化等效電路模型。

已揭露示範的實施例和最佳模式，可對實施例作修改和變化，而仍然界定在申請專利範圍所定義的本發明的主題和精神之內。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 圖顯示電漿處理系統的簡化圖；

第 2 圖顯示依據本發明實施例的電漿處理系統的簡化圖；

第 3 圖顯示第 2 圖的簡化圖，其中輔助輸入連接到 V/I（電壓／電流）探針以及具有 RF 饋入桿的上下電極；

第 4 圖顯示依據本發明實施例的第 2 圖所示的冷電漿處理系統的簡化等效電路模型；

第 5 圖顯示依據本發明實施例的產生電漿處理系統數學模型的簡化方法；

第 6 圖顯示使用第 5 圖的數學模型的簡化方法，其中依據本發明實施例取得其他電漿性質。

(16)

## 【主要元件符號說明】

102	房室
104	蓮蓬頭
109	注入器
110	電漿
114	基板
115	邊緣環
116	卡盤
117	襯墊
122	氣體分配系統
124 a-f	氣缸
126 a-f	質量流控制器
128	外殼
130 a	電源 RF 產生器
130 b	偏壓 RF 產生器
131	頂板
132	RF 饋線
138	匹配網路
202 a	電源 RF 產生器
202 b	偏壓 RF 產生器
204	匹配網路
206	輔助切換輸入
208	V/I 探針
210	具有 RF 饋入桿的上下電極

(17)

- 212 控制、自動化和參數提取程式
- 214 信號產生器
- 320 輔助輸入
- 210 具有 RF 饋入桿的上下電極
- 402 桿
- 404 電力濾波器
- 406 下電極
- 408 上電極

## 十、申請專利範圍

1. 一種監視電漿處理系統之上電極和下電極的至少其中一者之方法，包括：

(a) 提供該電漿處理系統，該電漿處理系統包含至少一信號產生器，該信號產生器係可操作地耦接以將具有多個 RF 頻率之多個 RF 信號提供至 RF 饋入桿，該電漿處理系統另包含寬帶探針，用以測量在該 RF 饋入桿處之輸入阻抗，該 RF 饋入桿將該多個 RF 信號提供至該上電極和該下電極；

(b) 提供用於該電漿處理系統之等效電路，該等效電路至少包含上電極等效電路、下電極等效電路、電力濾波器等效電路、及饋入桿等效電路，

其中，該饋入桿等效電路係藉由電阻器 R1 與電感器 L1 串聯耦接來予以表示，

其中，該下電極等效電路係藉由電阻器 R2 與電感器 L2 串聯耦接，該電阻器 R2 和該電感器 L2 與電容器 C2 串聯耦接來予以表示，

其中，該上電極等效電路係藉由電阻器 R3 與電感器 L3 串聯耦接，該電阻器 R3 和該電感器 L3 與電容器 C3 串聯耦接來予以表示，

其中，該電力濾波器等效電路係藉由電阻器 R4 與電感器 L4 串聯耦接，該電阻器 R4 和該電感器 L4 與電容器 C4 串聯耦接來予以表示，並且

其中，該饋入桿等效電路、該下電極等效電路、

該上電極等效電路、和該電力濾波器等效電路的總等效輸入阻抗可藉由一組變數之第一函數來予以表示，該組變數包含輸入 RF 頻率、該電阻器 R1、該電阻器 R2、該電阻器 R3、該電阻器 R4、該電感器 L1、該電感器 L2、該電感器 L3、該電感器 L4、該電容器 C2、該電容器 C3、和該電容器 C4；

(c) 操作該電漿處理系統，使得具有該多個 RF 頻率之該多個 RF 信號被提供至該 RF 饋入桿，其中，與頻率相關之輸入阻抗係針對該多個 RF 頻率之各個 RF 頻率而從該寬帶探針來予以獲得，藉以獲得一組與頻率相關之輸入阻抗；

(d) 使用該組與頻率相關之輸入阻抗、該第一函數、和被利用而獲得該組與頻率相關之輸入阻抗的 RF 頻率值來解出該電阻器 R1、該電阻器 R2、該電阻器 R3、該電阻器 R4、該電感器 L1、該電感器 L2、該電感器 L3、該電感器 L4、該電容器 C2、該電容器 C3、和該電容器 C4 的其中一者或多者；以及

(e) 利用在該步驟 (d) 中所獲得之值和該下電極等效電路及該上電極等效電路的至少其中一者，以分別預測該下電極及該上電極的至少其中一者之行爲。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該多個 RF 頻率代表基本頻率和該等基本頻率的諧波。

3.如申請專利範圍第 2 項之方法，其中，該電漿處理系統表示電容性耦接的電漿處理系統，且該基本頻率表示 2 MHz。

4.如申請專利範圍第 2 項之方法，其中，該電漿處理系統表示電容性耦接的電漿處理系統，且該基本頻率表示 27 MHz。

5.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一函數係表示成

$$Z_{in} = j \cdot \omega \cdot L1 + R1 + \frac{(Z4 \cdot Z2 \cdot Z3)}{(Z4 \cdot Z2 + Z4 \cdot Z3 + Z3 \cdot Z2)}$$

，其中，Z2, Z3,和 Z4 為該上電極等效電路、該下電極等效電路、該電力濾波器等效電路、和該饋入桿等效電路相關於該 R1、該 R2、該 R3、該 R4、該 L2、該 L3、和該 L4 的阻抗。

6.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該電容器 C3 係在沒有電漿出現在該電漿處理系統中的情況下直接藉由測量該上電極的電容來予以測量的。

7.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該電容器 C4 被視為具有標稱值。

8.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該等步驟 (c) 至 (e) 被實施一次以產生基本線模型，並且在稍後的時間被實施以獲得後續的模型，該後續的模型被利用來藉由將該後續的模型與該基本線模型做比較以決定該上電極和該下電極的該至少其中一者之條件。

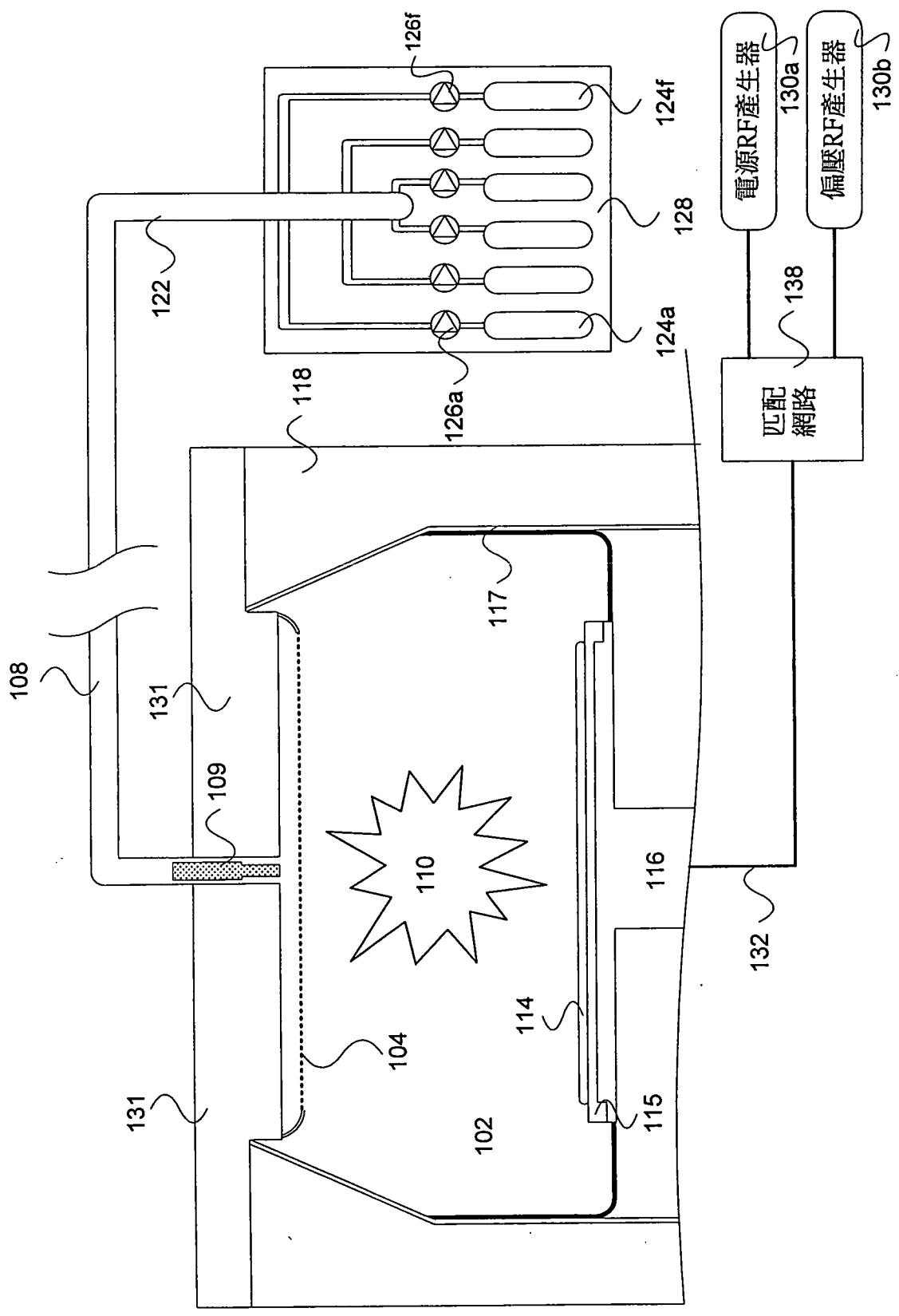
9.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該寬帶探針為 V/I 探針。



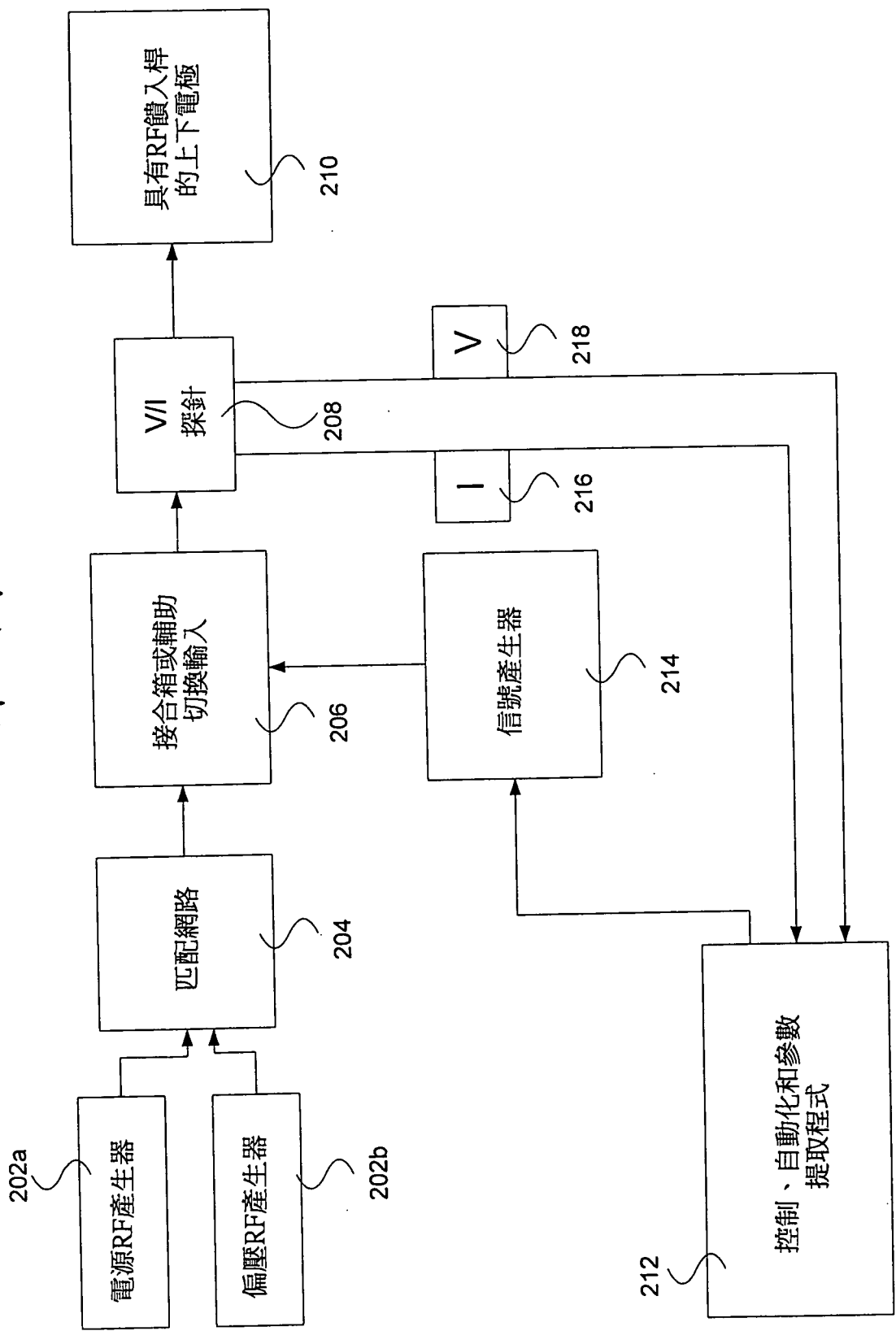
10年3月13日修正  
民國102年3月17日修正

第094109824號

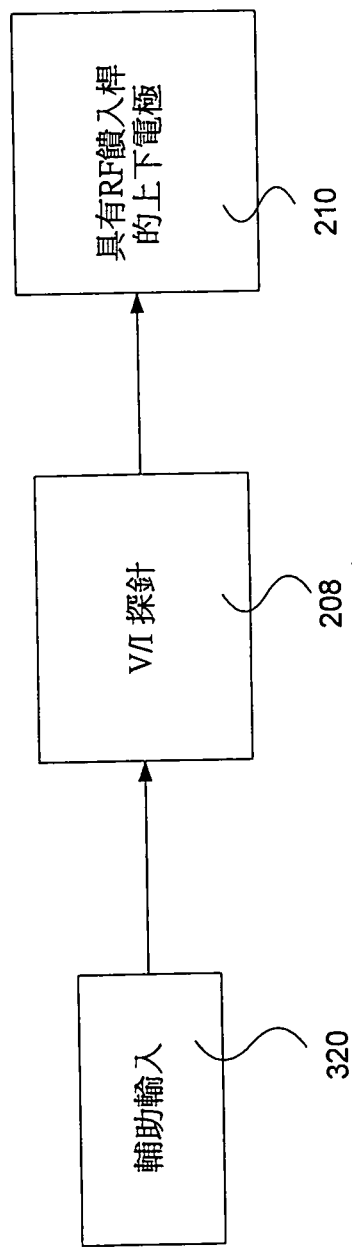
第1圖



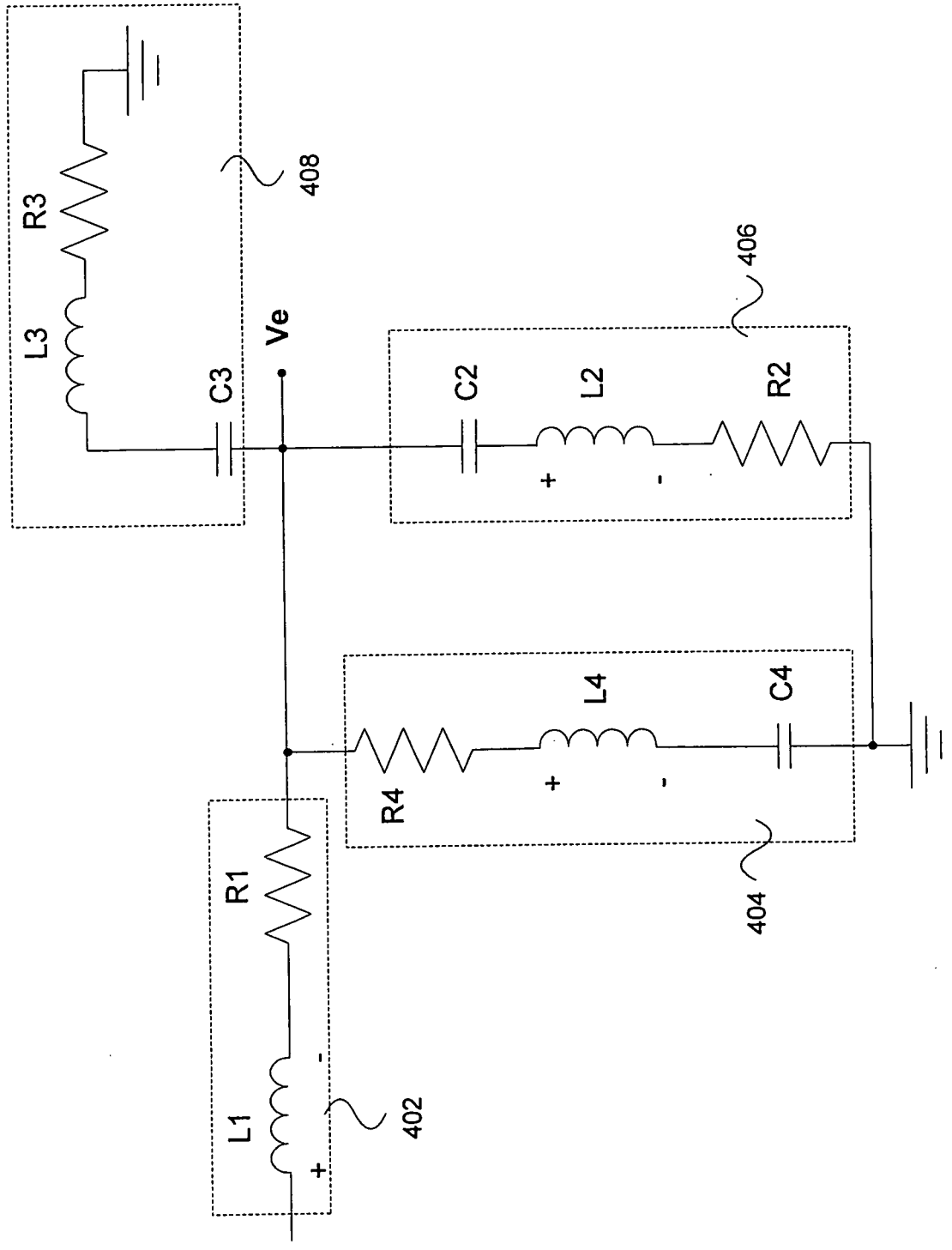
第2圖



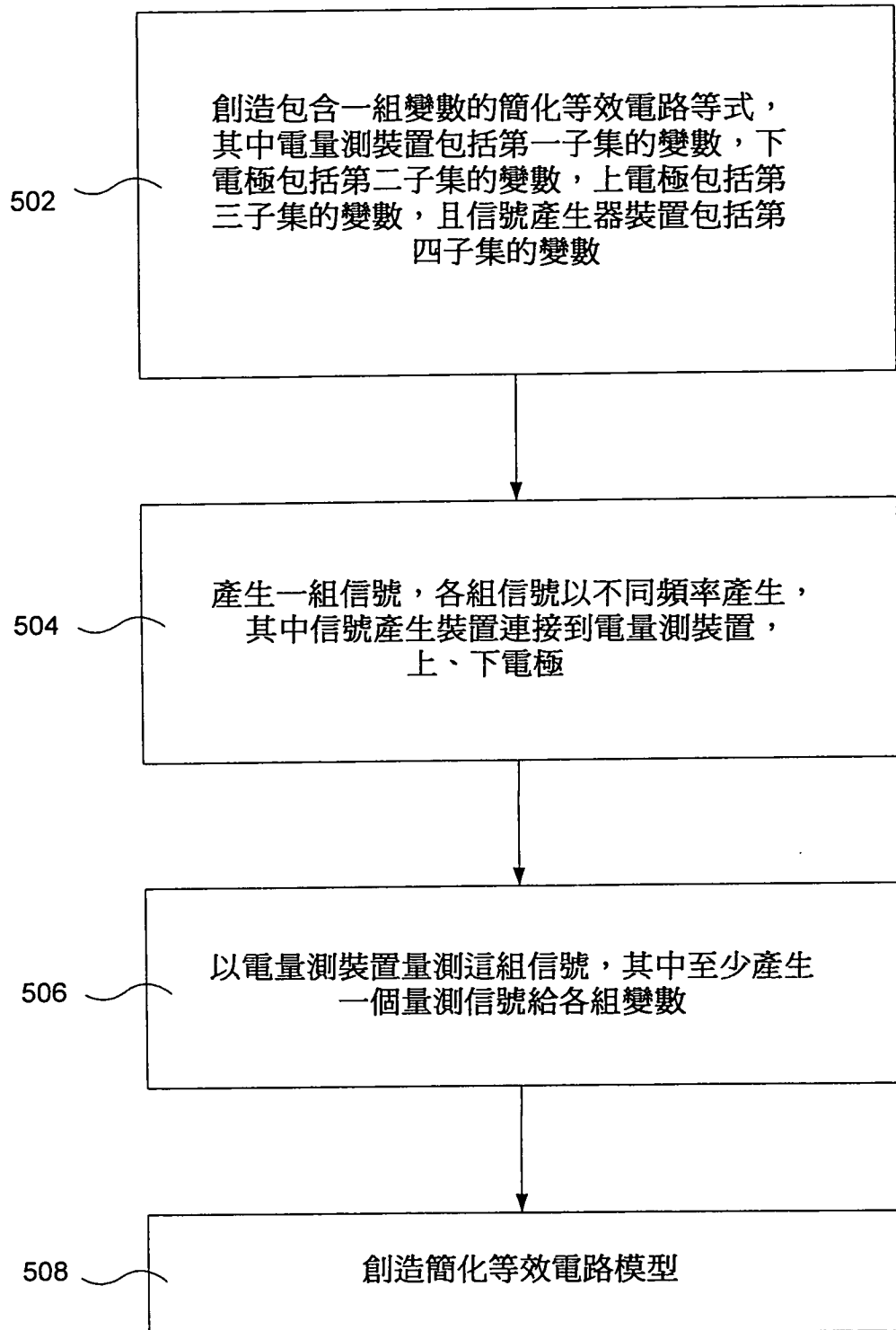
第3圖



第4圖



## 第5圖



## 第6圖

