



(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 I403219B1

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：098120732

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 06 月 19 日

(51)Int. Cl. : **H05H1/36 (2006.01)**

(30)優先權：2008/06/19 美國

12/142,062

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

(72)發明人：雷明 安德魯斯 LEMING, ANDRES (US)；庫提 安卓斯 KUTHI, ANDRAS (US)；安得森 湯瑪士 ANDERSON, THOMAS (US)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW 200522145A

TW 200608840A

US 2005/0034816A1

US 2005/0039682A1

審查人員：鄭敬偉

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：3 共 0 頁

(54)名稱

複合射頻波形用之匹配電路

MATCHING CIRCUIT FOR A COMPLEX RADIO FREQUENCY (RF) WAVEFORM

(57)摘要

茲揭露一複合波形頻率匹配裝置。在各種實施例中，該匹配裝置包括複數個彼此平行耦合的射頻產生器。該複數個射頻產生器之每一接續者係用以產生諧頻(harmonic frequency)，從而產生複合波形，該諧頻與任一產生較低頻率之射頻產生器所產生之頻率的整數倍相關。複數個頻率分離器電路與該複數個射頻產生器的輸出端相結合，且複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端。

A complex waveform frequency matching device is disclosed. In various embodiments, the matching device comprises a plurality of radio frequency generators coupled in parallel with one another. Each subsequent one of the plurality of radio frequency generators is configured to produce a harmonic frequency related by an integral multiple to a frequency produced by any lower-frequency producing radio frequency generator, thereby generating a complex waveform. A plurality of frequency splitter circuits is coupled to an output of the plurality of radio frequency generators, and each of a plurality of matching networks has an input coupled to an output of one of the plurality of frequency splitter circuits and an output configured to be coupled to a plasma chamber.

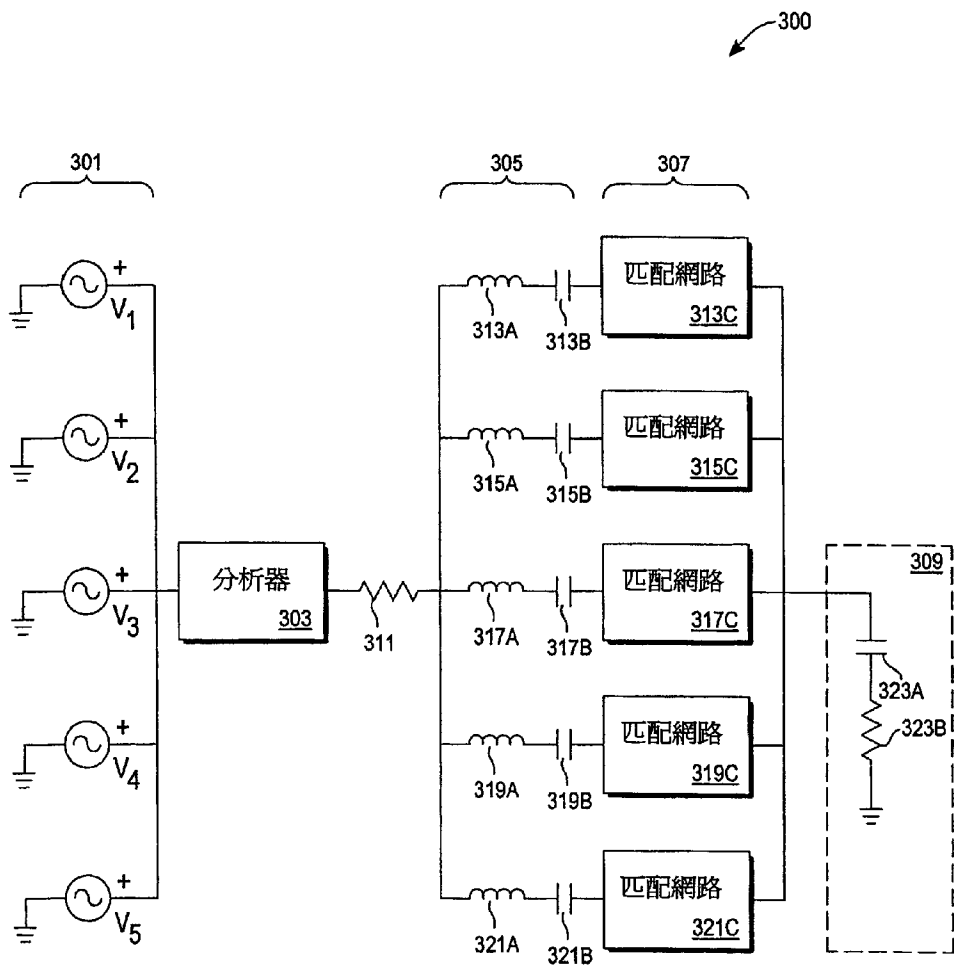


圖 3

- 300 . . . 示範性濾波器電路
- 301 . . . RF 產生器
- 303 . . . 選用的頻率分析器
- 305 . . . 頻率分離器電路
- 307 . . . 匹配網路
- 309 . . . 電漿腔室
- 311 . . . 電阻
- 313A . . . 電感器
- 313B . . . 電容器
- 315A . . . 電感器
- 315B . . . 電容器
- 317A . . . 電感器
- 317B . . . 電容器
- 319A . . . 電感器
- 319B . . . 電容器
- 321A . . . 電感器
- 321B . . . 電容器
- 323A . . . 電容性元件
- 323B . . . 電阻性元件

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98 1207 32

※申請日：98. 6. 19

※IPC 分類：H05H 1/36 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

複合射頻波形用之匹配電路

MATCHING CIRCUIT FOR A COMPLEX RADIO
FREQUENCY (RF) WAVEFORM

二、中文發明摘要：

茲揭露一複合波形頻率匹配裝置。在各種實施例中，該匹配裝置包括複數個彼此平行耦合的射頻產生器。該複數個射頻產生器之每一接續者係用以產生諧頻 (harmonic frequency)，從而產生複合波形，該諧頻與任一產生較低頻率之射頻產生器所產生之頻率的整數倍相關。複數個頻率分離器電路與該複數個射頻產生器的輸出端相結合，且複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端。

三、英文發明摘要：

A complex waveform frequency matching device is disclosed. In various embodiments, the matching device comprises a plurality of radio frequency generators coupled in parallel with one another. Each subsequent one of the plurality of radio frequency generators is configured to produce a harmonic frequency related by an integral multiple to a frequency produced by any lower-frequency producing radio frequency generator, thereby generating a complex waveform. A plurality of frequency splitter circuits is coupled to an output of the plurality of radio frequency generators, and each of a plurality of matching networks has an input coupled to an output of one of the

plurality of frequency splitter circuits and an output configured to be coupled to a plasma chamber.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

300 示範性濾波器電路

301 RF產生器

303 選用的頻率分析器

305 頻率分離器電路

307 匹配網路

309 電漿腔室

311 電阻

313A 電感器

313B 電容器

315A 電感器

315B 電容器

317A 電感器

317B 電容器

319A 電感器

319B 電容器

321A 電感器

321B 電容器

323A 電容性元件

323B 電阻性元件

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於半導體、資料儲存、平面顯示器、和類似或其它產業中所用之處理設備的領域，尤有關於使複合 RF 波形與電漿式處理設備中之電漿負載有效地耦合的系統。

【先前技術】

自從積體電路 (IC) 裝置於數十年前首次登場，半導體裝置幾何形狀 (即積體電路設計法則) 在尺寸上便一直急遽縮減。IC 通常遵守「摩耳定律 (Moore's Law)」，其意味在單一積體電路晶片上所製造的裝置數目每兩年會增加一倍。今日 IC 製造設備通常生產 65nm (0.065 μ m) 特徵尺寸的裝置，且未來的工廠將很快地生產具有更小特徵尺寸的裝置。

在大多 IC 製造設備中，部分製造過程涉及在處理設備中利用電漿以與基板 (如半導體晶圓) 反應或促進反應。射頻 (RF) 或微波功率供應產生器廣泛用於半導體及工業用電漿處理設備中，以在處理腔室中產生電漿。電漿處理係用於各種各樣的應用，包括自基板中蝕刻材料、在基板上沈積材料、清潔基板表面、與使基板表面改性。

參照圖 1，先前技藝之電漿式處理設備 100 的部份橫剖面視圖包括具有腔壁 101 的真空腔 109。至少一部分的腔壁 101 包括視窗 103，其通常由石英或相似材料形成，該等材料在電漿式處理設備 100 的操作頻率時對於射頻 (RF) 波係透明的。線圈 115 係位於真空腔 109 之外且繞著視窗 103。RF 產生器 119 經匹配網路 117 而與線圈 115 相連接。匹配網路 117 提供使 RF 產生器 119 之輸出阻抗與真空腔 109 之輸入阻抗匹配的手段。匹配網路 117 可僅包含固定元件，或可包含如可變電容器與可變電感器的元件，該等可變元件使 RF 產生器 119 的動態阻抗得以與變換中的負載情況匹配。

電漿式處理設備 100 中的 RF 產生器 119 為主要電漿產生部，

設以對真空腔 109 中的電漿供能。沉浸在該電漿中的電容式電極（未顯示）或沉浸在該電漿中的電感式線圈（未顯示）也能產生該電漿。

處理氣體自複數個進給氣體供應貯藏器 105（僅顯示一個）傳入真空腔 109 中。真空泵 107 係用以在真空腔 109 內建立適合將在電漿式處理設備 100 中執行之特定處理（如電漿蝕刻或沈積）的真空度。真空泵 107 更用以自真空腔 109 中排除處理氣體。

基板 113（如半導體晶圓）於真空腔 109 中受基板支座支撐，該基板支座通常為靜電夾頭（ESC）111。ESC111 於電漿式處理設備 100 內作為陰極，且於處理期間形成靜電位勢，以在適當的地方夾持基板 113，如此僅接觸基板 113 之背側而避免機械夾持的問題。ESC111 藉由在基板 113 與 ESC111 間感應異性電荷，從而於二物件間產生靜電吸引力而運作。如此，ESC111 與基板 113 間存有所產生的電容。於所涉及之高頻時所執行的處理期間，該電容大至使 ESC111 與基板 113 間存有 RF 電壓的微小壓降。

電漿式處理設備 100 於真空腔 109 內更包括陽極（未直接顯示，儘管該陽極通常由腔壁 101 與/或腔頂形成）。為了處理基板 113，自複數個進給氣體供應貯藏器 105 之一或多個中抽吸反應氣體至真空腔 109 中。藉由來自 RF 產生器 119 的單一正弦頻率驅動該陽極與 ESC111（作為陰極用），以激發該反應氣體成電漿。儘管常使用自 100kHz 至 2.45GHz 的單一頻率，該單一頻率通常為 13.56MHz，偶而同時使用其它單一頻率。更具體的說，通常在相對高功率的位準（如 3 仟瓦）施加正弦 RF 信號（單一頻率）予該腔內的反應氣體。該 RF 功率激發該反應氣體，於真空腔 109 內鄰近欲處理之基板 113 處產生電漿。電漿輔助反應離子處理通常用在蝕刻與化學氣相沈積處理。

最近，已使用多重正弦頻率以激發真空腔內的電漿。在這些系統中，以第一 RF 頻率驅動陰極/陽極偏壓電路，且以第二 RF 頻率驅動（鄰近該真空腔的）天線或線圈。如此，每一電路與個別且相異的 RF 功率輸送系統相結合，該 RF 功率輸送系統係由個別

RF 振盪器、前置放大器、功率放大器、傳輸線、與匹配網路構成，該等構件於高功率準位時供應獨立的正弦 RF 頻率予每一電漿激發電路。過多的振盪器與其它相關的電路係昂貴且複雜。在其它系統中，供應第一與第二頻率兩者予單一電極，但因兩頻率無法同時匹配而常受到功率輸送的衰減之苦。

假設電源與負載（即與電漿耦合的元件）的阻抗不能匹配，則反射所供應至該負載（或該負載所吸收）的功率，因此無法使功率輸送最大化。如此，控制該負載所吸收或所反射的功率量係重要的。另外，未匹配的阻抗對電源或與該電源結合的其它組件係有害的。在大多情形中，由於取決於所耦合之電漿的狀態或情況，及該電漿狀態於處理期間會變化，故無法預先判定負載阻抗（即電漿耦合元件的輸入阻抗）。因此，許多電漿處理系統利用 RF 源與電漿耦合元件間所設置的匹配網路，以使輸入及輸出阻抗匹配。利用該匹配網路而使所供應至電漿的 RF 功率量最大化，及控制偏壓功率的振幅與相位。

近來，研究指出電漿反應器中的離子能量調適有利於用在半導體晶圓處理中。產生複合射頻（RF）波形並傳送至該電漿反應器的偏壓電極，且用以在所生成之電漿中產生所欲之效果。該複合射頻波形可包括十種以上諧頻，或只有二種諧頻（基頻和第二相位偏移的諧頻）。

然而，該複合波形因諧頻的存在而難以與電漿負載匹配。上述之先前技藝的匹配系統僅能夠使單一頻率的 RF 波形與電漿腔匹配，因此不能夠為由各種頻率組成的複合波形提供適合的頻寬。再者，明顯之電漿負載的阻抗取決於輸入波形的頻率。因此，需要使該複合波形與該電漿反應器匹配的系統，以有效地使每一諧頻的阻抗與電漿產生器匹配。

【發明內容】

在示範實施例中，揭露一複合波形頻率匹配裝置。該匹配裝置包含複數個彼此並聯的射頻產生器。該複數個射頻產生器之每

一接續者係用以產生諧頻，從而產生複合波形，該諧頻與任一產生較低頻率之射頻產生器所產生之頻率的整數倍相關。複數個頻率分離器電路與該複數個射頻產生器的輸出端相結合，且複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端與與電漿腔室相結合的輸出端。

在另一示範實施例中，揭露一複合波形頻率匹配裝置。該匹配裝置包含複數個彼此並聯的射頻產生器。該複數個射頻產生器之每一接續者係用以產生諧頻，從而產生複合波形，該諧頻與任一產生較低頻率之射頻產生器所產生之頻率的整數倍相關。頻率分析器與該複數個射頻產生器的輸出端相結合，複數個頻率分離器電路與該頻率分析器的輸出端相結合，及複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端與與電漿腔室相結合的輸出端。

在另一示範實施例中，揭露一複合波形頻率匹配裝置。該匹配裝置包含用以產生該複合波形的射頻產生器、與該射頻產生器之輸出端相結合的複數個頻率分離器電路、及複數個匹配網路。複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端與與電漿腔室相結合的輸出端。

【實施方式】

本發明的各種實施例係用以使由複數個待匹配之頻率（即複合波形）組成的 RF 信號得以用最小的信號反射及伴隨之最大化的功率傳遞而與電漿腔室匹配。因此，經由在電漿反應器（其用於先進半導體處理）中使用複合波形而特別定制離子能量。

本發明因此特別適合處理具有複合波型的偏壓。例如，所特別定制的複合波型可包括脈波峰值，接著係電壓自第一位準（其低於該脈波峰值）降至第二較低電壓位準。選擇每一循環中所施加至 DC 阻擋電容器（未顯示）之複合波形與壓降的週期，以補償及實質消除處理腔內所包含之基板上的任何離子累積效應，以於電壓脈波峰值間維持該基板上實質不變的 DC 自偏壓（self-bias）。

voltage)。該基板處的複合波形具有由狹窄電壓脈波構成的循環（於此循環期間電子由電漿被吸引至基板），接著係由該 DC 阻擋電容器所維持之基板自偏壓所引起的實質不變 DC 偏壓位準。於該偏壓的每一次循環期間，單一狹窄電壓脈波峰之後接著係壓降，基板表面處之離子的離子能量分布函數具有以所選離子能量為中心的單一狹窄峰值。所施加至該 DC 阻擋電容器的每一偏壓循環可包括二狹窄電壓脈波峰值，每一者之後接著壓降，在電壓脈波峰值間的時間間隔內，選擇電壓脈波峰值的高度與脈波峰值間的壓降，以於 DC 自偏壓（其係兩個不同的實質不變 DC 位準）跟隨每一脈波的每一循環期間，在該基板處提供包含二電壓脈波的偏壓，從而在該基板處提供離子能量分布函數，其包括以所選離子能量為中心之離子通量的二峰值（在其它離子能量處實質不帶有離子通量）。

熟悉技藝者可輕易地預想到，如上述之如此複合波形係由若干同時產生的頻率構成。為了維持每一個別頻率之值的整體性，每一頻率需獨立地與電漿腔室行阻抗匹配。然而，一旦已知譜頻域（spectral frequency domain），便僅能判定適當的阻抗匹配。

參照圖 2，示範性譜頻域圖 200 指出於 400kHz 時所產生之 RF 偏壓供應信號的基頻 201（即第一諧頻）。400kHz 基頻（ f_0 ）正弦波係先前技藝之電漿系統中所用的普通 RF 輸入訊號。然而，示範性譜頻域圖 200 中的輸入複合波形（未顯示）也產生大致相等電壓值位準的第二（ f_1 ）203、第三（ f_2 ）205、第四（ f_3 ）207、及第五（ f_4 ）209 諧頻。熟悉技藝者將明白到，可隨特定處理的需要而變化電壓值位準。下文隨即參照圖 3 描述譜頻域圖 200 之重要性的示範性實體執行。

現在參照圖 3，示範性濾波器電路 300 利用一系列的濾波器，以使進來的複合波形分離成組成諧頻（constituent harmonic frequency）。每一組成諧頻接著個別與電漿負載匹配。儘管示範性濾波器電路 300 顯示一系列帶通濾波器（bandpass filter），熟悉技藝者將明白到，可自本技藝中已知的各種濾波器類型中形成具有

相似濾波能力的電路，如低通（low pass）、高通（high pass）、或凹口（notch）濾波器，該等濾波器可自本技藝中已知的各種濾波器區（如「T」區、「π」區、及其它區）中形成。

示範性濾波器電路 300 包括複數個 RF 產生器 301、選用的頻率分析器 303、複數個頻率分離器電路 305、複數個匹配網路 307、及帶有相關反應負載（其通常由電容性元件 323A 及電阻性元件 323B 組成）之電漿腔室 309 的圖示。

在特定示範實施例中，電漿腔室 309 的電容性元件 323A 之值係 100 微微法拉(pF)，且電阻性元件 323B 之值係 50 歐姆(ohm)。電容性元件的阻抗 Z_c 與電容值 C 成反比關係：

$$Z_c = \frac{1}{j\omega_0 C}$$

其中 ω_0 為進來之諧頻信號的角頻率值。由於電容性元件 323A 之值相當小，該阻抗強烈地依賴電容性元件 323A 及角頻率之值二者。如此，電漿腔室 309 的整個阻抗取決於驅動頻率。由於採用寬頻頻率，複數個匹配網路 307 中的每一者需為顯著地區別如下述之輸入與輸出側二者上的阻抗位準而調整。

複數個 RF 產生器 301 可由任何數目的個別產生器組成(儘管此示範實施例中僅顯示五個)，每一個會產生單一 RF 偏壓。可用總和裝置（summing device，未顯示，但在該技藝為已知）結合複數個 RF 產生器 301 的輸出端。另外，可用單一數位信號產生器(未顯示)取代複數個 RF 產生器 301，如在該技藝所知的高功率傅立葉信號產生器。

在特定示範實施例中，複數個 RF 產生器 301 能夠產生圖 2 的示範性譜頻域圖 200，其具有底下表 I 中所指示的頻率：

基頻	第二諧頻	第三諧頻	第四諧頻	第五諧頻
f_0	f_1	f_2	f_3	f_4
400 kHz	800 kHz	1.2 MHz	1.6 MHz	2.0 MHz

表 I

選用的頻率分析器 303 分析複合輸入波形，並產生原始輸入波形的頻域表示。選用的頻率分析器 303 因此使輸入波形分解成該複合波形的個別頻率表示或分量。

例如，方波係各種電子電路類型（其包括數位訊號處理應用）中所用的普通非正弦波。儘管該方波本身本質上為非正弦波，其實際上係由無限組正弦波的奇數階完整諧波構成。相似的，鋸齒波形係由無限組正弦波的奇數階及偶數階完整諧波二者構成。

無論輸入波形為何，選用的頻率分析器 303 能夠辨識個別頻率分量，該個別頻率分量隨同每一諧頻之個別值而產生該複合輸入波形。在特定示範實施例中，根據快速傅立葉轉換（fast Fourier transform, FFT）演算法產生選用的頻率分析器 303，其於該技藝中為單獨已知。

選用的頻率分析器 303 可用以提供前饋迴路（feed-forward loop，未顯示）予複數個匹配網路 307 中的每一者，下文述之。此外，選用的頻率分析器 303 可用以提供前饋迴路（未顯示）予複數個頻率分離器電路 305 中的每一者，和提供該複合波形之每一部分的實際組成頻率給兩電路類型，從而提供了完全調諧的電路。該前饋迴路利用主動濾波器與/或可變的電感及電容元件，以為每一電路類型提供調整。如此的主動濾波器及可變離散元件於該技藝中為單獨已知。

在每一組成頻率係已知且固定的特定示範實施例中，可不需要選用的頻率分析器 303。

電阻 311 係與複數個電感器（313A、315A、...、321A）及電容器（313B、315B、...、321B）串聯。複數個電感器（313A、315A、...、321A）及電容器（313B、315B、...、321B）之每一對在複數個頻率分離器電路 305 中，針對複數個匹配網路 307 的輸入訊號提供濾波器之一。如熟悉技藝者將明白的，可在各種組態中使用任何數目的電阻、電容器、及電感器，以產生具有相似功能的濾波分離器電路。另外，也可在特定濾波器配置中使用各種類型的傳輸線或主動濾波器（如該技藝中單獨已知的功率驅動

電容器及相似組件)。

通常利用高品質(或 high-Q)的匹配網路，以使功率傳送最大化及使自複數個 RF 產生器 301 至電漿腔室 309 之表徵的反射最小化。濾波器的品質評估 (Q-rating) 係根據該濾波器選擇或拒絕比中心頻率狹窄之頻率範圍的能力。如此，濾波器的品質評估係定義為中心頻率與-3dB 處之頻寬的比值。如此，可由下式判斷串聯之 RLC 電路的品質評估：

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

其中 R 係串聯電阻值，且 L 係串聯電感值。自該控制方程得知，根據選擇小的串聯電阻值而部分確保 high-Q 值。在示範性濾波器電路 300 的特定實施例中，選擇 0.001 歐姆的電阻 311，因此確保該匹配網路的 high-Q 值。底下的表 II 指出選擇用以與既定諧頻共振的電感及電容之值，以及 0.001 歐姆串聯電阻之品質評估值及頻寬。

共振頻率 [kHz]	共振角頻率 [rad/sec]	電感 [μH]	電容 [pF]	Q	Δ f [Hz]
400	6.29E+05	313A: 100	313B: 1580	2.52E+05	1.59
800	1.26E+06	315A: 100	315B: 396	5.03E+05	1.59
1200	1.88E+06	317A: 100	317B: 176	7.54E+05	1.59
1600	2.51E+06	319A: 100	319B: 98.8	1.01E+06	1.59
2000	3.14E+06	321A: 100	321B: 63.3	1.26E+06	1.59

表 II

持續參照圖 3，複數個匹配網路 307 可包括此處所列的各種濾波器，也可包括各種類型的主動匹配濾波器。複數個匹配網路 307 可包括各種被動濾波器類型，其包括「L」區、「T」區、「π」區、或這些區之直接或階梯式排列的任何組合。每一區類型於該技藝中為單獨已知。而且，可單獨使用主動濾波器與放大器（如可調窄頻放大器）兩者，或與離散元件以各種結合方式使用之。

本發明已於上文參照其特定實施例而述之。然而，對熟悉技藝者，明顯的是，在不脫離本發明的廣泛精神及範疇（其如隨附之請求項闡明）下，當可做各種修正及變化。

例如，特定實施例描述若干特定配置的電路類型。熟悉技藝者將明白到，可變化這些電路類型及配置，且本文所示之例僅為示範性目的，以說明 RF 偏壓匹配觀念的新穎本質。例如，熟悉技藝者將明白到，每一頻率分離器電路可與每一頻率之匹配網路的相關電路結合。此外，熟悉技藝者將進一步明白到，本文所述之技術及電路可應用於需要帶有複合驅動波形之匹配網路的任一系統。電漿腔室在半導體產業中的應用純作為範本，以幫助熟悉技藝者於描述本發明的各種實施例。

再者，半導體一詞在通篇描述中應被解釋成包括資料儲存、平面顯示器、和類似或其它產業。這些及各種其它的實施例皆在本發明的範疇內。因此，本具體說明及圖式係被視為說明性而非限制性。

【圖式簡單說明】

附圖僅說明本發明的示範實施例，且不該被視為限制其範疇。

圖 1 係先前技藝之電漿式處理腔室的部份橫剖面視圖，其帶有相關支持裝備。

圖 2 係譜頻域圖，顯示一基頻與四諧頻的相對值。

圖 3 電路的示範圖，包括複合偏壓波形用的帶通濾波器及相關匹配網路。

【主要元件符號說明】

- 100 電漿式處理設備
- 101 腔壁
- 103 視窗
- 105 進給氣體供應貯藏器
- 107 真空泵

- 109 真空腔
- 111 靜電夾頭/ESC
- 113 基板
- 115 線圈
- 117 匹配網路
- 119 RF 產生器
- 200 示範性譜頻域圖
- 201 基頻
- 203 第二諧頻
- 205 第三諧頻
- 207 第四諧頻
- 209 第五諧頻
- 300 示範性濾波器電路
- 301 RF 產生器
- 303 選用的頻率分析器
- 305 頻率分離器電路
- 307 匹配網路
- 309 電漿腔室
- 311 電阻
- 313A 電感器
- 313B 電容器
- 315A 電感器
- 315B 電容器
- 317A 電感器
- 317B 電容器
- 319A 電感器
- 319B 電容器
- 321A 電感器
- 321B 電容器
- 323A 電容性元件

323B 電阻性元件

七、申請專利範圍：

1. 一種複合波形頻率匹配裝置，包括：

複數個射頻產生器，該複數個射頻產生器彼此並聯，該複數個射頻產生器之每一接續者用以產生一諧頻，從而產生一複合波形，該諧頻係與任一產生較低頻率之射頻產生器所產生之頻率的整數倍相關；

複數個頻率分離器電路，與該複數個射頻產生器的輸出端相結合；及

複數個匹配電路，該複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端，該複數個匹配電路用以將該複合波形的多重頻率同時提供至該電漿腔室。

2. 如申請專利範圍第 1 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一頻率分析器，結合於該複數個射頻產生器的輸出端與該複數個頻率分離器電路的輸入端之間。
3. 如申請專利範圍第 2 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一前饋迴路，該前饋迴路與該複數個頻率分離器電路相結合，且用以根據該複合波形之組成頻率的判定而調整該複數個頻率分離器電路之每一者的共振頻率。
4. 如申請專利範圍第 2 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一前饋迴路，該前饋迴路與該複數個匹配電路相結合，且用以根據該複合波形之組成頻率的判定而調整該複數個匹配電路之每一者的共振頻率。
5. 如申請專利範圍第 2 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該頻率分析器用以執行快速傅立葉轉換，並判定該複合波形的組成頻率。
6. 如申請專利範圍第 1 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該複數個匹配電路之每一者用以使自該複數個頻率分離器電路之一所接收的中心頻率阻抗與該電漿腔室的輸入阻抗匹配。
7. 如申請專利範圍第 1 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一電

阻性元件，結合於該複數個射頻產生器的輸出端與該複數個頻率分離器電路的輸入端之間。

8. 如申請專利範圍第 1 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該複數個匹配電路係由複數個窄頻放大器組成。
9. 一種複合波形頻率匹配裝置，包括：

複數個射頻產生器，該複數個射頻產生器彼此並聯，該複數個射頻產生器之每一接續者係用以產生一諧頻，從而產生一複合波形，該諧頻係與任一產生較低頻率之射頻產生器所產生之頻率的整數倍相關；

一頻率分析器，與該複數個射頻產生器的輸出端相結合；

複數個頻率分離器電路，與該頻率分析器的輸出端相結合；及

複數個匹配電路，該複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端，該複數個匹配電路用以將該複合波形的多重頻率同時提供至該電漿腔室。
10. 如申請專利範圍第 9 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一前饋迴路，該前饋迴路與該複數個頻率分離器電路相結合，且用以根據該複合波形之組成頻率的判定而調整該複數個頻率分離器電路之每一者的共振頻率。
11. 如申請專利範圍第 9 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一前饋迴路，該前饋迴路與該複數個匹配電路相結合，且用以根據該複合波形之組成頻率的判定而調整該複數個匹配電路之每一者的共振頻率。
12. 如申請專利範圍第 9 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該複數個匹配電路之每一者用以使自該複數個頻率分離器電路之一所接收的中心頻率阻抗與該電漿腔室的輸入阻抗匹配。
13. 如申請專利範圍第 9 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一電阻性元件，結合於該複數個射頻產生器的輸出端與該複數個頻率分離器電路的輸入端之間。

14. 如申請專利範圍第 9 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該複數個匹配電路係由複數個窄頻放大器組成。
15. 如申請專利範圍第 9 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該頻率分析器用以執行快速傅立葉轉換，並判定該複合波形的組成頻率。
16. 一種複合波形頻率匹配裝置，包括：
 - 一射頻產生器，用以產生一複合波形，該複合波形係由複數個頻率構成；
 - 複數個頻率分離器電路，與該射頻產生器的輸出端相結合；及
 - 複數個匹配電路，該複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端，該複數個匹配電路用以將該複合波形的複數個頻率同時提供至該電漿腔室。
17. 如申請專利範圍第 16 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一頻率分析器，結合於該射頻產生器的輸出端與該複數個頻率分離器電路的輸入端之間。
18. 如申請專利範圍第 17 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一前饋迴路，該前饋迴路與該複數個頻率分離器電路相結合，且用以根據該複合波形之組成頻率的判定而調整該複數個頻率分離器電路之每一者的共振頻率。
19. 如申請專利範圍第 17 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一前饋迴路，該前饋迴路與該複數個匹配電路相結合，且用以根據該複合波形之組成頻率的判定而調整該複數個匹配電路之每一者的共振頻率。
20. 如申請專利範圍第 17 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該頻率分析器用以執行快速傅立葉轉換，並判定該複合波形的組成頻率。
21. 如申請專利範圍第 16 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該複數個匹配電路之每一者用以使自該複數個頻率分離器電路之

一所接收的中心頻率阻抗與該電漿腔室的輸入阻抗匹配。

22. 如申請專利範圍第 16 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一電阻性元件，結合於該射頻產生器的輸出端與該複數個頻率分離器電路的輸入端之間。
23. 如申請專利範圍第 16 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該射頻產生器係一數位信號產生器。
24. 如申請專利範圍第 16 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該複數個匹配電路係由複數個窄頻放大器組成。
25. 一種複合波形頻率匹配裝置，包括：

一射頻產生器，用以產生一複合波形；

複數個頻率分離器電路，與該射頻產生器的輸出端相結合；

一頻率分析器，結合於該射頻產生器與該複數個頻率分離器電路之間，該頻率分析器用以執行快速傅立葉轉換，並判定該複合波形的組成頻率；及

複數個匹配電路，該複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端。

26. 如申請專利範圍第 25 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一電阻性元件，結合於該射頻產生器與該複數個頻率分離器電路之間。

27. 一種複合波形頻率匹配裝置，包括：

一射頻產生器，用以產生一複合波形；

複數個頻率分離器電路，與該射頻產生器的輸出端相結合；

一電阻性元件，結合於該射頻產生器與該複數個頻率分離器電路之間；及

複數個匹配電路，該複數個匹配電路之每一者具有與該複數個頻率分離器電路之一的輸出端相結合的輸入端，及與一電漿腔室相結合的輸出端。

28. 如申請專利範圍第 27 項的複合波形頻率匹配裝置，更包括一頻率分析器，結合於該射頻產生器與該複數個頻率分離器電路之間。
29. 如申請專利範圍第 28 項的複合波形頻率匹配裝置，其中該頻率分析器用以執行快速傅立葉轉換，並判定該複合波形的組成頻率。

八、圖式：

圖式

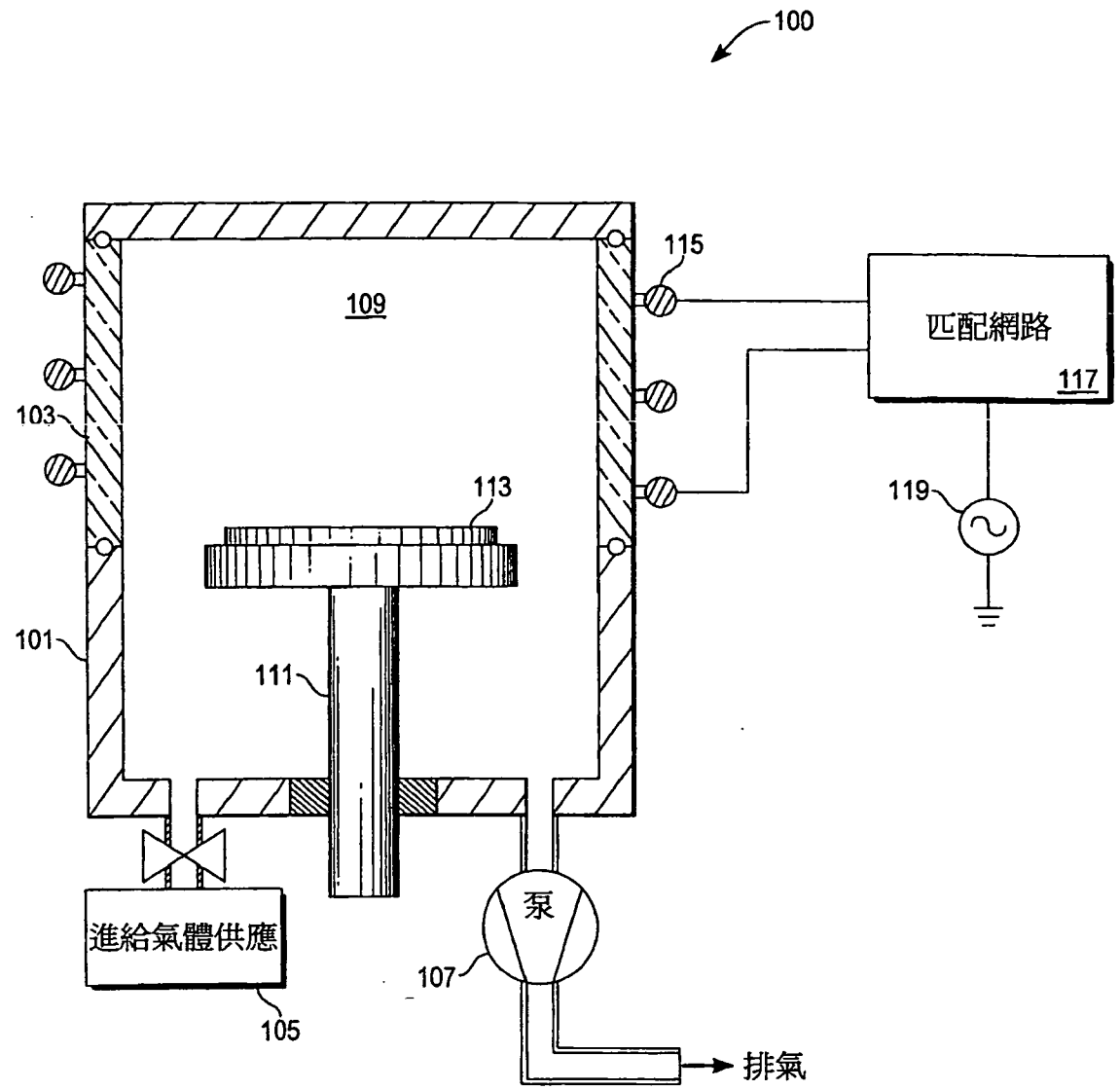


圖 1

圖式

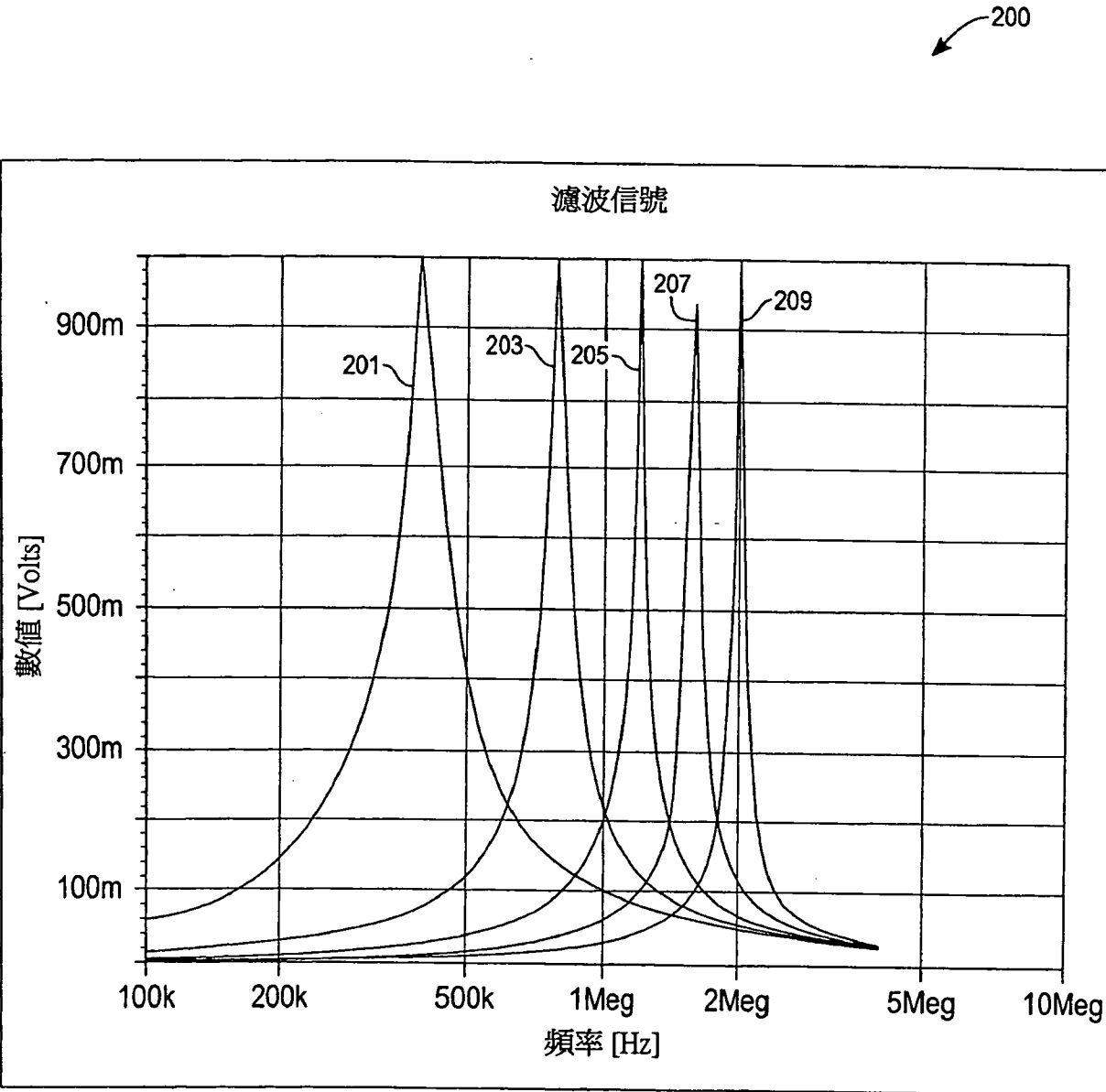


圖 2

圖式

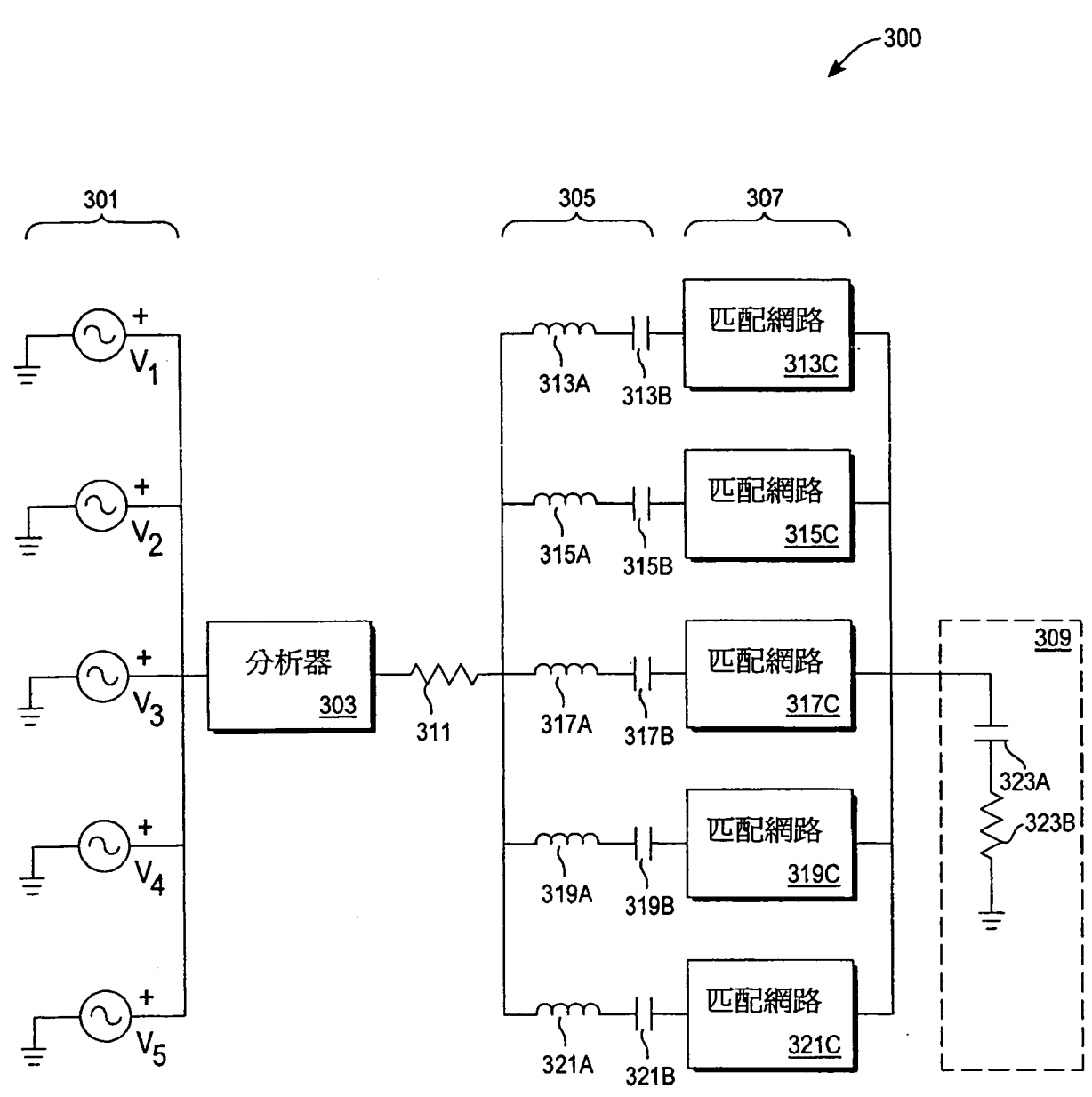


圖 3