(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201438091 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：103101549 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 01 月 16 日
(51)Int. Cl.： *H01L21/306 (2006.01)* *H01L21/66 (2006.01)*
(30)優先權：2013/01/17 中國大陸 201310017593.8
(71)申請人：中微半導體設備（上海）有限公司 (中國大陸) (CN)
中國大陸
(72)發明人：楊平 YANG, PIAN (CN) ；黃智林 HUANG, ZHI-LIN (US) ；倪圖強 NI, TU-QIANG (US)
(74)代理人：張淑婷
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：3 共 17 頁

(54)名稱

一種等離子處理裝置及其處理方法

(57)摘要

一種等離子處理裝置，包括：一個射頻電源輸出射頻功率到一個等離子反應腔；一個等離子狀態檢測裝置檢測所述等離子反應腔內光學信號；一個脈衝信號發生器產生脈衝信號並輸出到所述射頻電源，所述等離子狀態檢測裝置接收所述脈衝信號並處理所述檢測到的等離子反應腔內的光學信號。本發明能夠在不同脈衝時間段內，根據不同脈衝階段的功率特性對檢測到的等離子光學信號做出即時的調整，最終獲得穩定、可靠的光學信號，即時反應等離子反應腔內的狀態。

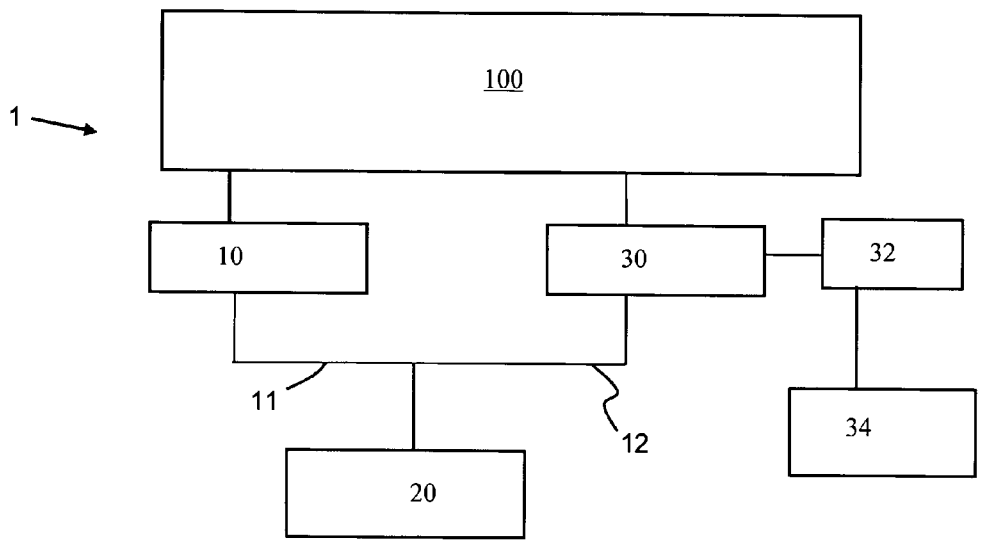


圖 2

(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201438091 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：103101549 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 01 月 16 日
(51)Int. Cl.： *H01L21/306 (2006.01)* *H01L21/66 (2006.01)*
(30)優先權：2013/01/17 中國大陸 201310017593.8
(71)申請人：中微半導體設備（上海）有限公司 (中國大陸) (CN)
中國大陸
(72)發明人：楊平 YANG, PIAN (CN) ；黃智林 HUANG, ZHI-LIN (US) ；倪圖強 NI, TU-QIANG (US)
(74)代理人：張淑婷
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：3 共 17 頁

(54)名稱

一種等離子處理裝置及其處理方法

(57)摘要

一種等離子處理裝置，包括：一個射頻電源輸出射頻功率到一個等離子反應腔；一個等離子狀態檢測裝置檢測所述等離子反應腔內光學信號；一個脈衝信號發生器產生脈衝信號並輸出到所述射頻電源，所述等離子狀態檢測裝置接收所述脈衝信號並處理所述檢測到的等離子反應腔內的光學信號。本發明能夠在不同脈衝時間段內，根據不同脈衝階段的功率特性對檢測到的等離子光學信號做出即時的調整，最終獲得穩定、可靠的光學信號，即時反應等離子反應腔內的狀態。

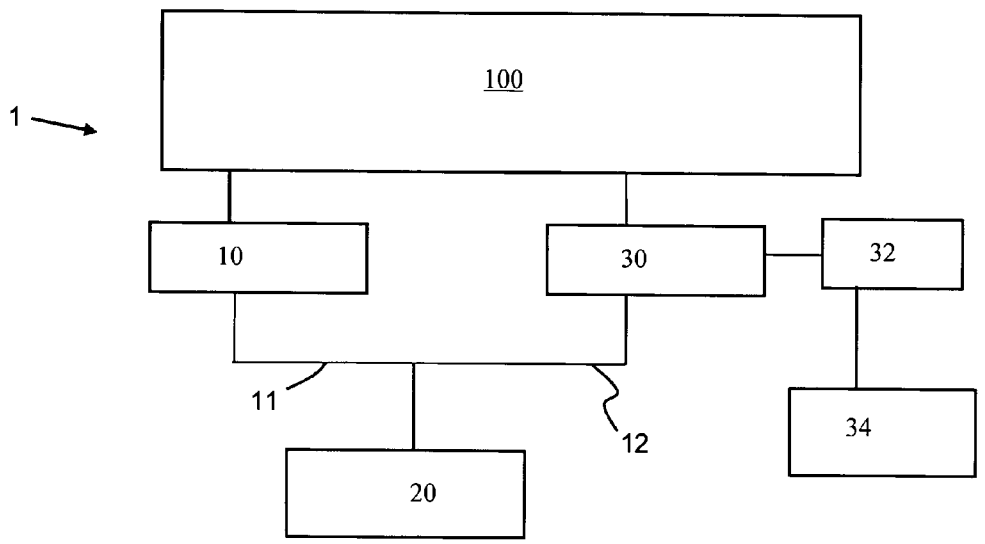


圖 2

201438091

發明摘要

※ 申請案號：103101549

※ 申請日：103. 1. 16　　※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

H01L 21/306 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)

一種等離子處理裝置及其處理方法

【中文】

一種等離子處理裝置，包括：一個射頻電源輸出射頻功率到一個等離子反應腔；一個等離子狀態檢測裝置檢測所述等離子反應腔內光學信號；一個脈衝信號發生器產生脈衝信號並輸出到所述射頻電源，所述等離子狀態檢測裝置接收所述脈衝信號並處理所述檢測到的等離子反應腔內的光學信號。本發明能夠在不同脈衝時間段內，根據不同脈衝階段的功率特性對檢測到的等離子光學信號做出即時的調整，最終獲得穩定、可靠的光學信號，即時反應等離子反應腔內的狀態。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1、等離子處理裝置

10、射頻電源

11、導線

12、同步導線

20、脈衝信號發生器

30、等離子狀態檢測裝置

32、電腦

34、處理軟體

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

一種等離子處理裝置及其處理方法

【技術領域】

【0001】 本發明涉及半導體蝕刻工藝的等離子處理裝置及其處理方法，特別是用於脈衝型等離子反應腔的終點檢測方法。

【先前技術】

【0002】 積體電路製造工藝是一種平面製作工藝，其結合光刻、蝕刻、沉積、離子注入等多種工藝，在同一基板表面形成大量各種類型的複雜器件，並將其互相連接已具有完整的電子功能。隨著積體電路的器件的特徵尺寸不斷地縮小，集成度不斷地提高，對各步工藝的監控及其工藝結果的精確度提出了更高的要求。

【0003】 蝕刻工藝是積體電路製造工藝中最複雜的工序之一。精確監控蝕刻工藝的蝕刻終點顯得尤為重要。在專利號為 US4861419 的美國專利中提供一種通過光學發射光譜法（OES）判斷等離子體蝕刻工藝的蝕刻終點監控方法。採用 OES 判斷等離子體蝕刻工藝的蝕刻終點監控方法包括：確定所檢測的元素，所述元素為所要蝕刻的膜層的成分；採集所述元素的光強度，所述光強度與所述元素的濃度相關；隨著蝕刻工藝的進行，在蝕刻終點，膜層物質被蝕刻完畢，所述元素在蝕刻腔的濃度減小，反應室內檢測到的所述元素的光強度開始減小，此時，即為蝕刻終點。

【0004】 隨著加工工藝的發展，部分蝕刻工藝需要採用脈衝型等離子來實現蝕刻目標，在蝕刻過程中施加到等離子反應腔的射頻電源不是持續穩定的功率，而是會隨著時間的變化發生功率變化，甚至突變。典型的脈衝型等離子可以使施加的射頻功率在開通和關閉之間切換，調節開通時間占整個處理週期的比例也就是占空比來實現對蝕刻形貌和速度的調節。在射頻電源開通時等離子反應腔內蝕刻狀態與傳統蝕刻過程相同，關閉時等離子在極短時間內熄滅（幾個微秒），只有自由基仍然存在，可以繼續進行

蝕刻，但是蝕刻的效果與開通時間不同。脈衝型等離子的特性會造成等離子發光頻譜和發光強度隨著脈衝頻率突變，傳統的蝕刻終點檢測裝置會把在等離子熄滅狀態時的光學信號誤認為是等離子蝕刻終點的信號，目標材料層蝕刻還未完成，就停止了蝕刻，嚴重干擾正常的等離子蝕刻終點判斷。

【0005】 所以，在實際應用脈衝等離子蝕刻工藝時，現有的判斷等離子體蝕刻工藝的蝕刻終點的監控裝置和方法不能準確地監控等離子體蝕刻工藝的蝕刻終點，需要改進現有蝕刻終點檢測裝置和方法。

【發明內容】

【0006】 本發明解決的問題是提供一種能準確地監控脈衝型等離子體蝕刻工藝的等離子反應腔及其蝕刻終點檢測方法。

【0007】 本發明的一種等離子處理裝置，包括：等離子反應腔；射頻電源，與所述等離子反應腔相連接，用以輸出射頻功率到所述等離子反應腔並產生等離子體；等離子狀態檢測裝置，與所述等離子反應腔相連接，用以檢測所述等離子反應腔內等離子體的光學信號，所述等離子狀態檢測裝置還包括一信號採集快門；脈衝信號發生器，與所述射頻電源和所述信號採集快門相連接，所述脈衝信號發生器產生脈衝信號，並同步輸出到所述射頻電源和所述信號採集快門，以同步控制所述等離子反應腔內等離子體的產生和等離子狀態檢測。所述等離子狀態檢測裝置為一光學信號檢測器，所述光學信號檢測器包括一信號輸出端連接到一電腦。

【0008】 本發明還提供一種等離子處理裝置，包括：等離子反應腔；射頻電源，與所述等離子反應腔相連接，用以輸出射頻功率到所述等離子反應腔並產生等離子體；等離子狀態檢測裝置，與所述等離子反應腔相連接，用以檢測所述等離子反應腔內等離子體的光學信號；脈衝信號發生器，與所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置相連接，所述脈衝信號發生器產生脈衝信號，並同步輸出到所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置，以同步控制所述等離子反應腔內等離子體的產生和等離子狀態檢測。

本發明所述光學信號檢測器包括一個快門使光學信號檢測器在檢測信號和遮罩信號之間進行狀態轉換。等離子狀態檢測裝置為一蝕刻工藝過程

終點檢測裝置。所述等離子處理裝置為一等離子體蝕刻裝置。

【0009】 本發明還提供一種等離子處理裝置的處理方法，所述等離子處理裝置包括等離子反應腔以及與所述等離子反應腔相連接的射頻電源和等離子狀態檢測裝置，所述處理方法包括：提供一脈衝信號發生器，與所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置相連接，所述脈衝信號發生器產生脈衝信號，並同步輸出到所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置，以同步控制所述等離子反應腔內等離子體的產生和等離子狀態檢測。所述提供一脈衝信號發生器的步驟中，所述脈衝信號被供應到所述射頻電源的射頻信號發生器，使射頻信號發生器輸出脈衝型射頻信號，產生脈衝型等離子體，所述脈衝型射頻信號具有高功率輸出階段和低功率輸出階段。

【0010】 所述脈衝頻率大於 500hz 小於 500Khz。脈衝型射頻信號包括高功率射頻輸出和等離子熄滅階段時，對等離子狀態檢測為在高功率射頻輸出階段檢測光學信號，遮罩等離子熄滅階段的光學信號。脈衝型射頻信號中低功率射頻輸出階段輸出功率大於零，等離子仍然處於點燃狀態時，所述對等離子狀態檢測為放大低功率射頻輸出階段的光學信號或調低高功率射頻輸出階段的光學信號，或者是遮罩高功率輸出階段或低功率輸出階段之一的信號。所述等離子處理裝置為一等離子體蝕刻裝置，所述等離子狀態檢測包括檢測蝕刻工藝過程的終點。

【0011】 與現有技術相比，本發明具有以下優點：本發明能夠在不同脈衝時間段內，根據不同脈衝階段的功率特性對檢測到的等離子光學信號作出即時的調整，最終獲得穩定、可靠的光學信號，即時反應等離子反應腔內的狀態。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖 1 是現有技術在檢測脈衝型等離子體時獲得的光學信號；

圖 2 是本發明實施例的等離子處理裝置示意圖；

圖 3 是本發明在檢測脈衝型等離子體時獲得的光學信號示意圖。

【實施方式】

【0013】 由背景技術可知，通過傳統的終點檢測裝置不能在輸入射頻功率是脈衝狀態下精確的檢測到蝕刻終點。本發明提出將輸入射頻功率源的脈衝信號同步的提供給終點檢測裝置。

【0014】 如圖 2 所示為本發明等離子處理裝置示意圖，圖中本發明的等離子處理裝置 1 包括一個等離子反應腔 100，等離子反應腔 100 內通入反應氣體，射頻電源 10 向等離子反應腔內 100 的電極或線圈施加射頻電場，使反應氣體電離形成等離子體。一個脈衝信號發生器 20 產生脈衝信號用於控制射頻電源 10，使射頻電源輸入到反應腔 100 的射頻信號輸出功率以脈衝頻率高低切換，比如 ON/OFF 切換，或者高功率/低功率切換。不同的功率輸入使得等離子反應腔內的等離子具有不同的狀態，相應的等離子體發光也會如圖 1 中所示的同步變化。一個光學信號檢測器 30 安裝在等離子反應腔側壁能夠觀測到等離子的位置處，並將光學信號轉換為電信號傳輸到電腦 32。光學信號檢測器 30 可以是 CCD 感應器或者其他光學感測器，感應等離子反應腔內等離子體發出的頻譜的光線，並測量等離子反應腔內反應氣體和反應產物對應等離子的發光強度。電腦 32 對電信號進行濾波、比較、存儲、運算等動作後輸出信號給監控整個等離子處理的處理軟體 34。本發明的脈衝信號發生器 20 產生的脈衝信號通過導線 11 輸入到射頻電源 10，同時還包括一個同步導線 12 輸入到光學信號檢測器 30。光學信號檢測器 30 在收到脈衝信號後，在脈衝信號處於 OFF 狀態或低功率狀態時，光學信號檢測器 30 內的快門被切換到遮罩狀態。所述光學信號檢測器內的快門可以是機械的快門，如相機內的多片可移動的擋片，也可以是電子式的，如現有專利 US6914630 所述的：通過一個電子快門電路控制 CCD 感應器處於接收光學信號狀態或者光學信號遮罩狀態。或者也可以是 CCD 控制電路內的一段程式，根據接收到脈衝信號，做出接收光學信號或者遮罩光學信號的處理。所以每個脈衝週期內只有射頻輸出功率處於高輸出狀態時，相應的光學信號才會被光學信號檢測器 30 檢測，並被做為蝕刻終點檢測的判斷依據。現有光學信號檢測器的掃描速度以及後續電腦進行計算的較慢，每秒僅能取樣幾次或者幾十次，相對於現在常見的脈衝信號發生器產生的脈衝信號頻率範圍是 500HZ-500Khz，所以不能通過光學探測器本身的取樣直

接判斷脈衝輸出是在高功率或是低功率狀態。

【0015】 如圖 3 所示為本發明在檢測脈衝型等離子體時獲得的光學信號示意圖，圖中只有射頻輸出功率處於高功率狀態時對應的光學信號。由於遮罩了會對檢測結果造成干擾的信號，所以本發明等離子處理裝置能夠實現對蝕刻終點的精確檢測。本發明的光學信號檢測器 30 通過脈衝信號來同步地選擇需要進行檢測的時間段，同時遮罩不具有參考價值的時間段，能夠獲得更能反應等離子處理狀態的信號。

【0016】 該脈衝信號可以通過一條傳輸同步信號的導線 12 來傳輸，也可以是通過無線的電磁場發射的方式，在光學信號檢測器 30 設置一個信號接收端接收脈衝信號器即可。其他能夠實現同步信號傳輸的裝置均屬於本發明範圍。

【0017】 脈衝同步信號傳輸到光學信號檢測器 30 內後也可以不是通過機械的快門，而是通過內部控制電路來使光學檢測器不接收光學信號。作為另一種方案，脈衝同步信號也可以直接傳輸到電腦 32 中，電腦 32 根據接收到的脈衝同步信號將來自光學信號檢測器 30 的信號進行處理，留下高輸出功率時間段內的信號，遮罩低輸出功率時間段內的信號。包括光學信號檢測器 30、電腦 32、處理軟體 34 在內的等離子狀態檢測裝置中任何一個部件都可以相應設置接收脈衝信號的埠，或者同時設置能夠遮罩低功率輸出時間段內光學信號的硬體或軟體。

【0018】 本發明脈衝等離子體除了 ON/OFF 這類的等離子點燃與熄滅的交替外，也可以是射頻功率大小的交替，此時等離子體一直處於點燃狀態，只是發光亮度交替變化。在功率較低時，等離子狀態檢測裝置 30 檢測到的光學信號仍然對等離子蝕刻終點檢測具有意義，所以也可以作為參考信號。當脈衝信號中低功率時間比高功率時間還長時，檢測低功率時間段內的光學信號更容易獲得穩定的代表等離子狀態的信號。比如占空比小於 30%如只有 10%時，高功率時間段很短，現有光學系統無法採樣時間太短的信號，不能全面反應等離子反應狀態。此時用低功率時間段內的光學信號作為蝕刻終點檢測依據更能反應等離子反應狀態。相反的，如果占空比大於 70%，如 90%時，則可以對高功率時間段內的射頻信號進行採樣而

5

遮罩低功率時間段的信號。所以本發明能夠在不同脈衝時間段內，根據不同脈衝階段的功率特性對檢測到的等離子光學信號作出即時的調整，最終獲得穩定、可靠的光學信號，即時反應等離子反應腔內的狀態。

【0019】 本發明所述的對光學檢測信號的處理除了上述選擇高功率輸出階段和低功率輸出階段之一做為反映等離子狀態的信號，放棄其他階段的信號處理方法外，其他處理方法，比如調整檢測到的光學信號的強度，或者綜合比較多個脈衝信號來選擇所要取樣的時間段以適應多種不同的脈衝等離子狀態：第二個脈衝射頻信號添加到等離子反應腔 100，最終的等離子發光亮度是兩個脈衝射頻功率輸出的綜合作用結果，此時等離子體會存在至少 3 個不同狀態；一個脈衝射頻電源 10 但是其輸出脈衝型功率的占空比是隨著時間逐漸變化的，不同時間具有不同的等離子狀態。這些具有複雜等離子狀態的脈衝等離子處理方法需要電腦或者控制軟體內設置相應的程式選擇最佳的、具有代表性的等離子體光學信號來採樣，或者可以對採樣到的光學信號轉化為電信號，在電路中對電信號強度作部分放大或縮小或者在電腦中對數位化的資訊作加工處理獲得修正後的信號強度，以使其更能反應等離子反應腔 100 內真實的狀態。

【0020】 本發明等離子處理裝置除了可以用於等離子蝕刻反應腔，也可以用於其他反應腔，如等離子去光阻（strip）反應腔，在光阻被去除完成後，CO2、H2O 等光阻與氧氣反應生成的產物就會迅速減少，相應的能夠在等離子體的光譜信號中觀測到；其他等離子處理工藝，只要包括：通入反應氣體初始時光學信號處於第一狀態，在反應完成時等離子體光學信號處於第二狀態的至少兩個狀態的工藝，均可以應用本發明方法來監控反應狀態。

【0021】 本發明雖然已以較佳實施例公開如上，但其並不是用來限定本發明，任何本領域技術人員在不脫離本發明的精神和範圍內，都可以利用上述揭示的方法和技術內容對本發明技術方案做出可能的變動和修改，因此，凡是未脫離本發明技術方案的內容，依據本發明的技術實質對以上實施例所作的任何簡單修改、等同變化及修飾，均屬於本發明技術方案的保護範圍。

【符號說明】

【0022】

1、等離子處理裝置

10、射頻電源

11、導線

12、同步導線

20、脈衝信號發生器

30、等離子狀態檢測裝置

32、電腦

34、處理軟體

申請專利範圍

1. 一種等離子處理裝置，包括：

等離子反應腔；

射頻電源，與所述等離子反應腔相連接，用以輸出射頻功率到所述等離子反應腔並產生等離子體；

等離子狀態檢測裝置，與所述等離子反應腔相連接，用以檢測所述等離子反應腔內等離子體的光學信號，所述等離子狀態檢測裝置還包括一信號採集快門；

脈衝信號發生器，與所述射頻電源和所述信號採集快門相連接，所述脈衝信號發生器產生脈衝信號，並同步輸出到所述射頻電源和所述信號採集快門，以同步控制所述等離子反應腔內等離子體的產生和等離子狀態檢測。

2. 如權利要求 1 所述等離子處理裝置，其中，所述等離子狀態檢測裝置為一光學信號檢測器，所述光學信號檢測器包括一信號輸出端連接到一電腦。

3. 如權利要求 2 所述等離子處理裝置，其中，所述信號採集快門為一快門，使所述光學信號檢測器在信號檢測和信號遮罩之間進行狀態轉換。

4. 如權利要求 1 或 2 所述等離子處理裝置，其中，所述等離子狀態檢測裝置為一蝕刻工藝過程終點檢測裝置。

5. 如權利要求 1 或 2 所述等離子處理裝置，其中，所述等離子處理裝置為一等離子體蝕刻裝置。

6. 一種等離子處理裝置，包括：

等離子反應腔；

射頻電源，與所述等離子反應腔相連接，用以輸出射頻功率到所述等離子反應腔並產生等離子體；

等離子狀態檢測裝置，與所述等離子反應腔相連接，用以檢測所述等離子反應腔內等離子體的光學信號；

脈衝信號發生器，與所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置相連接，所述脈衝信號發生器產生脈衝信號，並同步輸出到所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置，以同步控制所述等離子反應腔內等離子體的產生和等離子狀態檢測。

7. 如權利要求 6 所述等離子處理裝置，其中，所述等離子狀態檢測裝置為一光學信號檢測器，所述光學信號檢測器包括一信號輸出端連接到一電腦。

8. 如權利要求 6 或 7 所述等離子處理裝置，其中，所述等離子狀態檢測裝置為一蝕刻工藝過程終點檢測裝置。

9. 如權利要求 6 所述等離子處理裝置，其中，所述等離子狀態檢測裝置內包括一控制端，所述控制端與所述脈衝信號發生器相連接，以根據接受到的脈衝信號同步地選擇對等離子狀態進行檢測或停止檢測。

10. 一種等離子處理裝置的處理方法，所述等離子處理裝置包括等離子反應腔以及與所述等離子反應腔相連接的射頻電源和等離子狀態檢測裝置，所述處理方法包括：

提供一脈衝信號發生器，與所述射頻電源和所述等離子狀態檢測裝置相連接，所述脈衝信號發生器產生脈衝信號，並同步輸出到所述射頻電源

和所述等離子狀態檢測裝置，以同步控制所述等離子反應腔內等離子體的產生和等離子狀態檢測。

11. 如權利要求 10 所述處理方法，其中，所述脈衝信號被供應到所述射頻電源，使射頻電源輸出與所述脈衝信號同步的脈衝型射頻信號，產生脈衝型等離子體，所述脈衝型射頻信號具有高功率輸出階段和低功率輸出階段。

12. 如權利要求 10 所述處理方法，其中，所述脈衝信號的頻率大於 500hz 小於 500Khz。

13. 如權利要求 11 所述處理方法，其中，所述脈衝型射頻信號包括高功率輸出階段和等離子體熄滅階段，所述對等離子狀態的檢測為在所述脈衝型等離子體的高功率輸出階段檢測所述等離子體的光學信號，在所述脈衝型等離子體的等離子體熄滅階段遮罩所述等離子體的光學信號。

14. 如權利要求 11 所述處理方法，其中，所述低功率輸出階段中輸出功率大於零，且等離子仍處於點燃狀態。

15. 如權利要求 14 所述處理方法，其中，所述對等離子狀態檢測為接收所述脈衝型等離子體在低功率輸出階段的光學信號轉換為電信號，並放大所述電信號的幅度；或者接收所述脈衝型等離子體在高功率輸出階段的光學信號轉換為電信號，並減小所述電信號的幅度。

16. 如權利要求 14 所述處理方法，其中，所述對等離子狀態的檢測為檢測高功率輸出階段或低功率輸出階段之一的光學信號，遮罩另一個階段的光學信號。

17. 如權利要求 10 所述處理方法，其中，所述等離子處理裝置為一等離子

體蝕刻裝置，所述等離子狀態檢測包括檢測蝕刻工藝過程的終點。

圖式

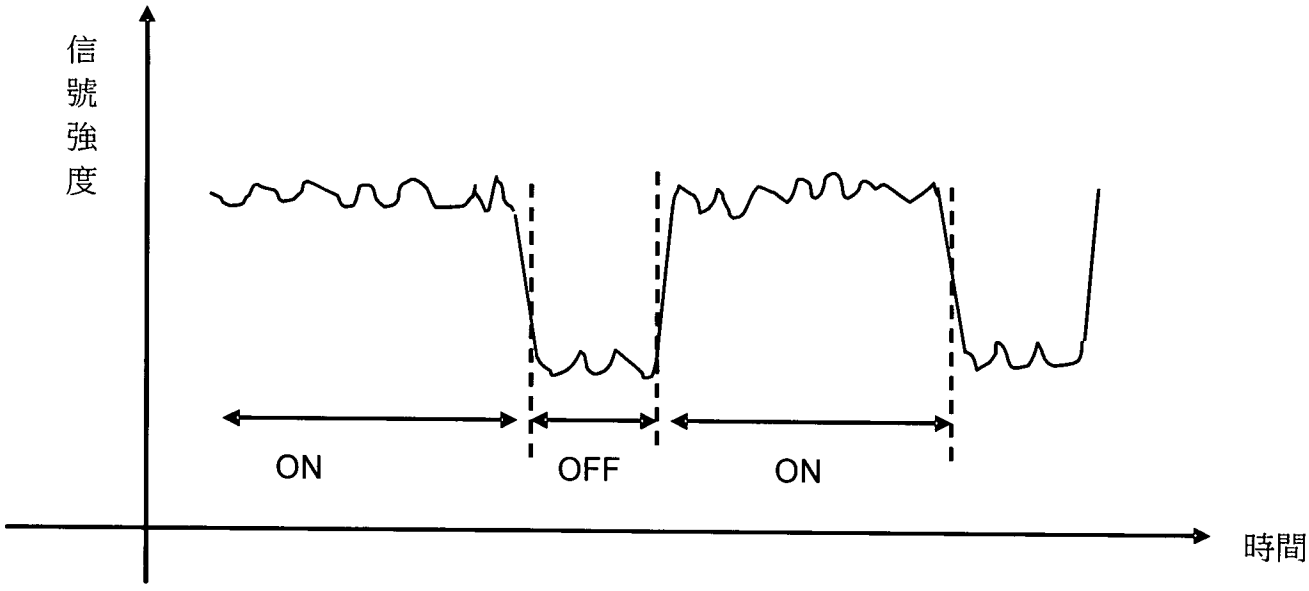


圖 1

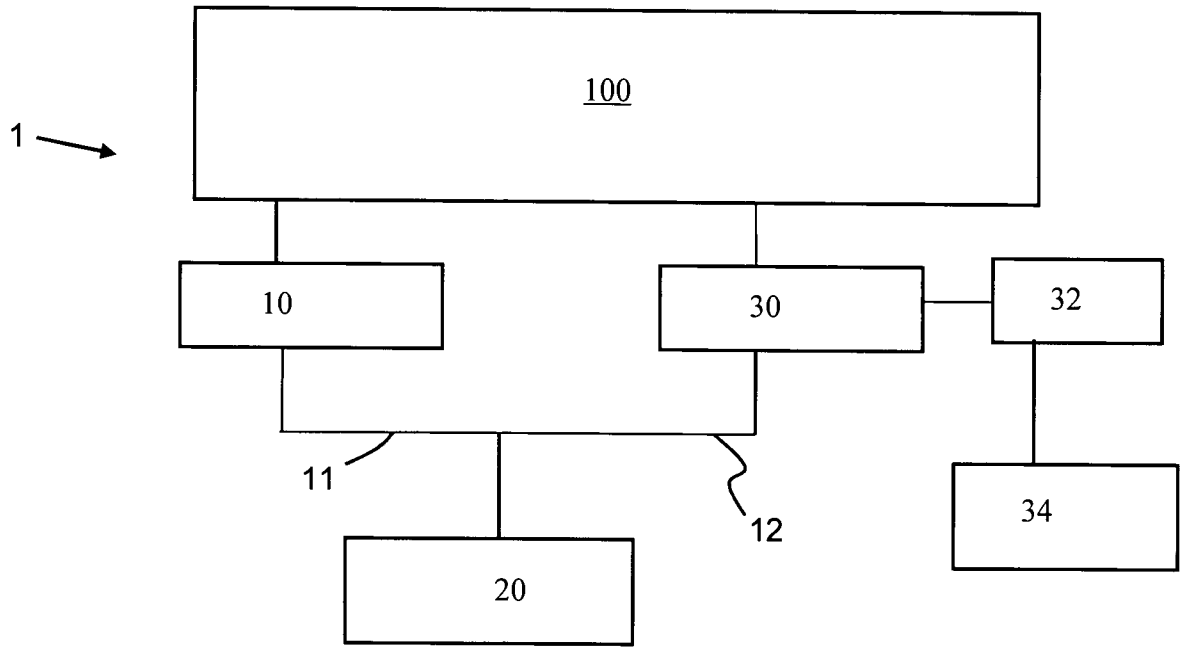


圖 2

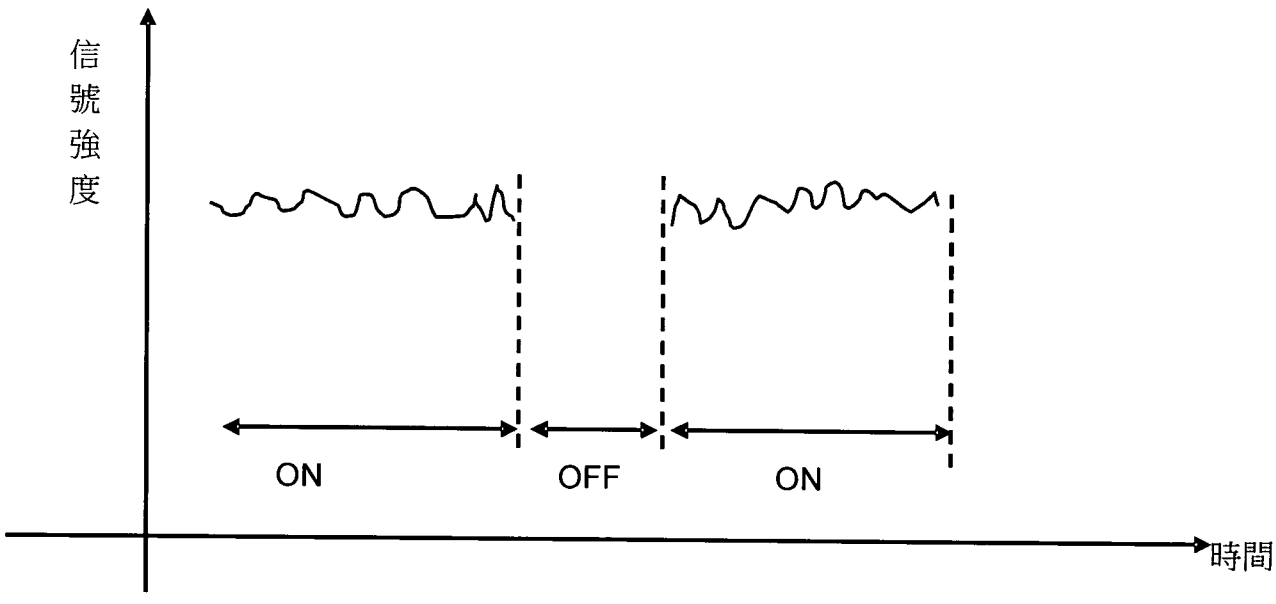


圖 3