



(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 201737338 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 10 月 16 日

(21) 申請案號：106101699

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 18 日

(51) Int. Cl. :

*H01L21/3065(2006.01)**H05H1/46 (2006.01)*

(30) 優先權：2016/01/18

日本

2016-006752

2016/11/02

世界智慧財產權組織

PCT/JP2016/082508

(71) 申請人：日立全球先端科技股份有限公司 (日本) HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：田中惇也 TANAKA, JUNYA (JP)；小野哲郎 ONO, TETSUO (JP)

(74) 代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：15 共 38 頁

(54) 名稱

電漿處理方法及電漿處理裝置

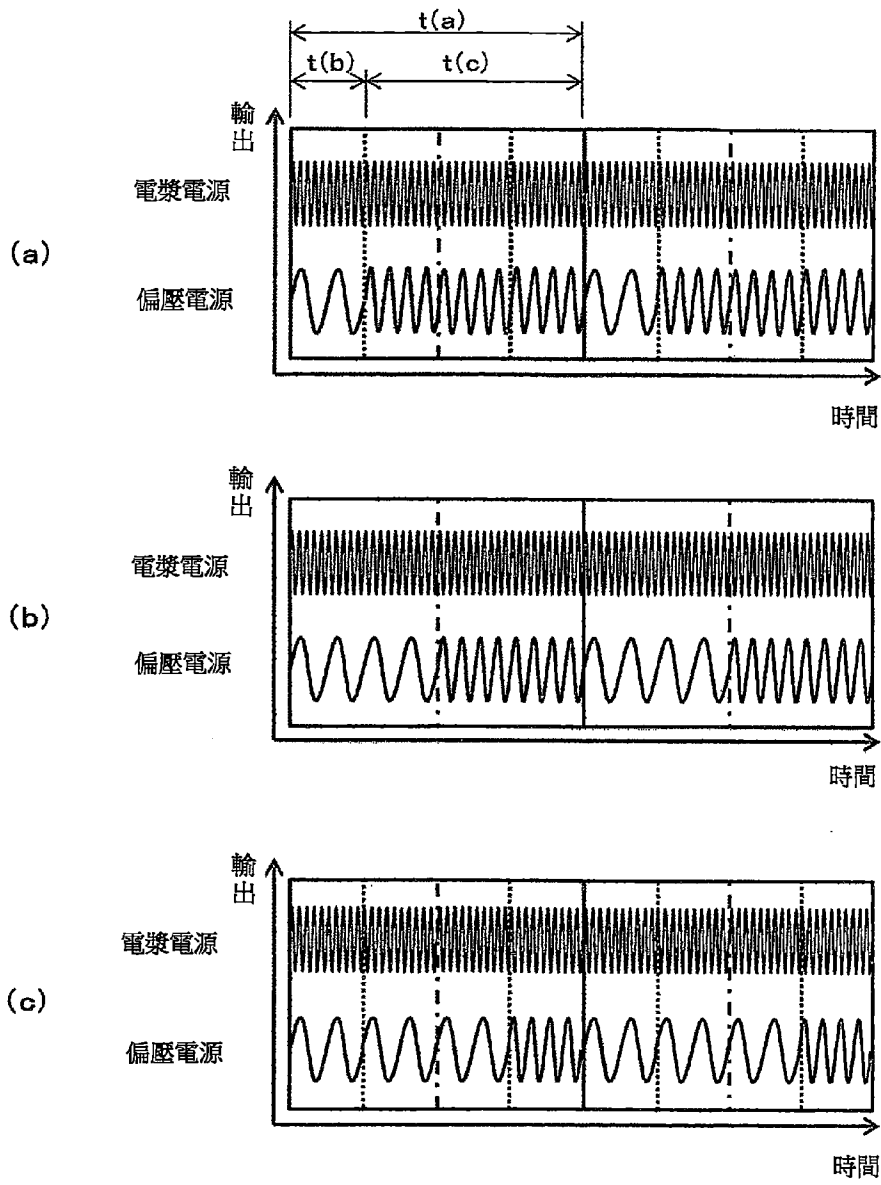
(57) 摘要

為了獲得被蝕刻處理的基板的面內均勻性，使往基板的離子的入射的控制性更加提升。

在電漿處理裝置中，獨立進行電漿的生成與往基板的離子的入射能控制，透過連續放電或脈衝放電而生成電漿，在生成電漿時將至少 2 個不同的頻率的偏壓電力切換而交替反復施加至樣品台。

指定代表圖：

圖 2



發明摘要

※申請案號： 106101699

※申請日： 106/01/18

※IPC 分類： *H01L 21/3065* (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

電漿處理方法及電漿處理裝置

【中文】

為了獲得被蝕刻處理的基板的面內均勻性，使往基板的離子的入射的控制性更加提升。

在電漿處理裝置中，獨立進行電漿的生成與往基板的離子的入射能控制，透過連續放電或脈衝放電而生成電漿，在生成電漿時將至少 2 個不同的頻率的偏壓電力切換而交替反復施加至樣品台。

【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】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

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)

電漿處理方法及電漿處理裝置

【技術領域】

[0001] 本發明，係有關用於半導體裝置等的製造中的電漿處理方法及電漿處理裝置。

【先前技術】

[0002] 半導體裝置如使用於電子機器等的 MOS FET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)裝置等的製造中，係運用電漿蝕刻技術。在使用電漿下的半導體基板(以下，略稱「基板」)的蝕刻處理，係為了使基板的良率提升而要求基板面內的處理的均勻性。在如近年來的微細化進展中要達成基板面內的蝕刻形狀的均勻化，係從電漿往基板的予以入射的離子的控制日趨重要。

[0003] 歷來，在使用於半導體裝置的製造中的電漿處理技術方面，係例如如記載於專利文獻 1，在高精度地蝕刻具有階差的膜構造的裝置方面，已知具備下列者的電漿處理裝置：真空容器、配置於真空容器的處理室內並在其上表面載置晶圓的下部電極、供應供於在下部電極形成偏壓電位用的高頻電力的不同的頻率的複數個偏壓施加裝置、將反應性氣體導入處理室內的氣體供應手段、供應供

於在處理室內生成電漿用的電場的電場供應手段、和透過高頻電力調節入射於晶圓的電漿中的離子的能量的分布的調節裝置。此外，調節裝置係呈如以下的機構：對透過複數個偏壓施加裝置所施加的複數個頻率的偏壓電力的輸出比(混合比)進行控制從而使入射於晶圓的離子的能量與其分布獨立變化。

[0004] 此外，在對往晶圓入射的離子的能量進行控制的技術方面，例如如記載於專利文獻 2，已知在陰極耦合型的電漿處理裝置施加進行 AM 調變的高頻電壓，或在陽極耦合型的電漿處理裝置施加進行 FM 調變的高頻電壓的技術。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0005]

[專利文獻 1] 日本專利特開 2008-244429 號公報

[專利文獻 2] 日本專利特開 2000-150196 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

[0006] 記載於上述的專利文獻 1 的先前技術，係在為了應付進一步的元件的微細化的離子的控制性方面並未充分考量。亦即，使高頻與低頻的電力重疊(混合)，使該混合比變化而獲得供於對離子賦予往基板的入射能用的偏

壓電力。為此，不得不使施加於樣品台的被重疊的合成高頻電力的電壓波形的最大電位差(以下，稱為「 V_{pp} 」)不會超過硬體上的容許值，變成在比容許最大值小的範圍內使用各高頻電力的 V_{pp} ，無法分別送出最大輸出，故於控制性方面無法充分活用不同的頻率的特徵。

[0007] 此外，將不同的頻率合成而獲得的高頻電力的波形係複雜地變化，有可能不容易設定最佳的條件。再者，變得需要因應於彼此的電性信號彼此混成的串擾的問題、電力的混合比等而謀求阻抗的整合，變得需要此等的構造上的對策。

[0008] 此外，記載於上述的專利文獻 2 的先前技術，係透過被調變的高頻電壓而進行電漿的生成，並控制電漿內的電子溫度分布、產生的離子、自由基的種類、量等的技術，無法獨立控制離子的入射能。為此，要使入射於基板的離子的控制性進一步提升並不充分。另外，高頻電壓的 FM 調變係以 1 個電源進行，故在頻率變更時的切換方面迅速性差，不適用於精度更高的控制。

[0009] 本發明之目的，係在於提供可使往基板的離子的入射的控制性更加提升的電漿處理方法及裝置。

[解決問題之技術手段]

[0010] 上述目的，係透過一種電漿處理方法或一種電漿處理裝置而達成，該電漿處理方法係透過電漿生成用的高頻電力將供應至處理室內的處理氣體電漿化同時對被

配置樣品的樣品台施加不同的頻率的高頻偏壓電力，獨立進行電漿的生成與往樣品的離子的入射能控制，而在處理室內對樣品進行電漿處理，其中，電漿係採透過被連續性供應的電力而生成的連續放電或透過被設定工作比而間歇地供應的電力而生成的脈衝放電，在生成電漿時將至少 2 個不同的頻率的偏壓電力切換而交替反復施加至樣品台，該電漿處理裝置係具有在其內部具有樣品台並與被供應處理氣體同時被減壓排氣為所期望的壓力的處理室、被結合於處理室並將被供應至處理室內的處理氣體進行電漿化的電漿生成用電源、和連接於樣品台並供應不同的頻率的偏壓電力的偏壓用電源，獨立進行透過電漿生成用電源的電漿的生成與透過前述偏壓用電源的往配置於樣品台的樣品的離子的入射能控制，而對樣品進行電漿處理，其中，電漿生成用電源，係可設定使電漿連續放電的電力的供應、和使電漿脈衝放電的電力的供應，偏壓電源係由輸出不同的頻率的偏壓電力的至少 2 個電源而成，具備：透過電漿生成用電源生成電漿時，以將不同的頻率的偏壓電力切換而交替反復供應至樣品台的方式而控制偏壓電源的裝置。

[對照先前技術之功效]

[0011] 依本發明，使得可增加不同的頻率的偏壓電力的設定範圍，可使往基板的離子的入射的控制性更加提升。

【圖式簡單說明】

[0012]

[圖 1]針對是本發明的一實施例的電漿處理裝置進行繪示的示意構成圖。

[圖 2]針對在圖 1 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的輸出狀態進行繪示的波形圖。

[圖 3]針對利用圖 2 的輸出而蝕刻晶圓時的各輸出狀態下的蝕刻率分布進行繪示的圖。

[圖 4]針對是圖 3 的蝕刻對象的晶圓的一例進行繪示的圖。

[圖 5]針對示於圖 2 的輸出狀態的其他例進行繪示的波形圖。

[圖 6]針對在圖 1 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的其他輸出例進行繪示的波形圖。

[圖 7]針對在示於圖 6 的輸出波形的偏壓用高頻電源的輸出混合區域的切換輸出例進行繪示的圖。

[圖 8]針對是本發明的第二實施例的電漿處理裝置進行繪示的示意構成圖。

[圖 9]針對在圖 8 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的控制用的觸發信號進行繪示的圖。

[圖 10]針對在圖 8 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的輸出狀態進行繪示的波形圖。

[圖 11]針對利用圖 10 的輸出而蝕刻晶圓時的各輸出狀態下的蝕刻率分布進行繪示的圖。

[圖 12]針對利用圖 10 的輸出而蝕刻晶圓時的各輸出狀態下的蝕刻形狀進行繪示的圖。

[圖 13]針對在圖 8 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的其他輸出例進行繪示的波形圖。

[圖 14]針對在圖 8 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的其他輸出例進行繪示的波形圖。

[圖 15]針對在圖 8 的裝置的電漿生成用高頻電源及偏壓用高頻電源的其他輸出例進行繪示的波形圖。

【實施方式】

[0013] 示於以下的實施例，係作成如下者：利用依高頻偏壓電力的頻率而變的從電漿往被處理基板(以下，稱為「晶圓」)的離子的入射能分布的變化，而可使往晶圓的離子入射的控制性更加提升，應付微細化的半導體裝置構造，獲得晶圓的蝕刻處理的面內均勻性，亦即獲得蝕刻率的面內均勻性及蝕刻形狀的面內均勻性。

[0014] 並且該手段，係與電漿的生成個別地獨立控制往晶圓的偏壓，亦即與供於生成電漿用的高頻電力的控制個別地獨立進行供於對入射於晶圓的離子賦予能量用的施加於樣品台的高頻電力的控制，並進一步針對施加於樣品台的高頻電力的控制使用複數個不同的頻率的高頻偏壓電源，而將不同的頻率的高頻偏壓電力切換而交替反復供應。

[0015] 透過此切換/交替的反復，從而設定不同的頻

率的高頻偏壓電力的單獨供應時段，使得可將各頻率的高頻偏壓電源設定至在處理時可施加於樣品台的高頻偏壓電壓的 V_{pp} 的容許值的最大，使往晶圓的離子入射的控制性更加提升。以下，透過圖 1~圖 5 說明本發明的一實施例。

[0016] 於圖 1 示出電漿處理裝置的構成。此情況下，構成處理室的真空容器 101，係例如以鋁等的導電材料而製作的圓筒狀的容器，並被電性接地(earth)。真空容器 101 之上部開口係被透過以電磁波可透射的材質如石英而成的頂板 102 而密封。在真空容器 101 下部中央係連接將內部減壓排氣為既定壓力的真空排氣裝置。在頂板 102 之上部係設置導波管 103 覆蓋頂板 102，經由整合器 104 而連接電漿生成用的高頻電源(以下，稱為「電漿電源 105」)。

[0017] 電漿電源 105，係此情況下，使產生 2.45GHz 的微波。所產生的微波係在導波管 103 傳播並經由頂板 102 而導入真空容器 101 內。在真空容器 101 的外側係繞裝供於在真空容器 101 內形成磁場用的螺線管線圈 106。在頂板 102 的下方的真空容器 101 上部係設有噴灑板 108，在真空容器 101 的頂板 102 與噴灑板 108 之間連接氣體供應裝置 107。

[0018] 從氣體供應裝置 107 對頂板 102 與噴灑板 108 之間的空間供應處理氣體，經由噴灑板 108 對形成於真空容器內的處理室內供應處理氣體。在真空容器 101 內係設

有樣品台 109，晶圓被從省略圖示的晶圓搬入口搬入而配置/保持於樣品台 109 上。在樣品台 109，係複數個此處 2 個不同的頻率的是偏壓用的高頻電源的頻率 13.56MHz 的第 1 高頻偏壓電源(以下，稱為「第 1 偏壓電源 113」)與頻率 400KHz 的第 2 高頻偏壓電源(以下，稱為「第 2 偏壓電源 114」)，被經由濾波器 110 及第 1、第 2 整合器 111、112 而分別電性並聯連接。

[0019] 此情況下的濾波器 110，係具有以下功能：在第 1 偏壓電源 113 的輸出中不使來自包含省略圖示的電源(例如，供於保持被連接於樣品台 109 的晶圓用的靜電吸附裝置的電源、進行晶圓的溫度控制的加熱器的電源等)的第 1 偏壓電源 113 以外的電源的輸出通過至第 1 偏壓電源 113 側(例如，High Pass Filter)；和在第 2 偏壓電源 114 的輸出中不使來自包含省略圖示的電源(例如，供於保持被連接於樣品台 109 的晶圓用的靜電吸附裝置的電源、進行晶圓的溫度控制的加熱器的電源等)的第 2 偏壓電源 114 以外的電源的輸出通過至第 2 偏壓電源 114 側(例如，Low Pass Filter)。電漿電源 105 及第 1、第 2 偏壓電源 113、114 係接於控制裝置 115，進行後述的各電源的輸出控制。

[0020] 在如上述而構成的裝置，係供應至真空容器 101 內的處理氣體，由於經由頂板 102 而導入的微波的電場與透過螺線管線圈而形成的磁場的作用(例如，電子迴旋諧振：Electron Cyclotron Resonance(ECR))而被電漿

化，在噴灑板 108 與樣品台 109 之間的空間形成電漿。

[0021] 此外，在樣品台 109，係從第 1 偏壓電源 113 施加頻率 13.56MHz 的高頻電力，從第 2 偏壓電源 114 施加頻率 400KHz 的高頻電力。施加於樣品台 109 的此等高頻電力係被與電漿的生成獨立控制，予以產生使電漿中的離子入射於晶圓的偏壓。

[0022] 已知離子的人射能係其分布因高頻偏壓的頻率而異，如揭露於專利文獻 1 在高頻率下係離子能分布的分布寬變窄，在低頻率下係離子能分布的分布寬變寬，在分布的兩端附近分別具有峰值。由於如此的具有不同的離子能分布的人射離子，使得晶圓的處理狀態會有所差異。

[0023] 控制裝置 115 進行的電漿電源 105 及第 1、第 2 偏壓電源 113、114 的輸出控制，係例如以如示於圖 2 的方式進行。電漿電源 105，係圖 2(a)(b)(c)的任一情況皆連續輸出微波而連續生成電漿。第 1、第 2 偏壓電源 113、114 係可進行連續性的切換。第 1、第 2 偏壓電源 113、114 的切換，係如示於圖 2(a)，在低頻率(400KHz)的高頻電力的供應(時間 t(b))後進行高頻率(13.56MHz)的高頻電力的供應(時間 t(c))，此被以 1 次的切換循環時間 t(a)為 1 週期而反復。

[0024] 反復頻率，係在 100Hz 至 3kHz 之間設定，此處採 1kHz。此外，在控制裝置 115 的功能方面，可將 1 週期(時間 t(a))內的第 1、第 2 偏壓電源 113、114 的各自的輸出時間(t(b)、t(c))比例以 0%至 100%的比率進行輸出

設定。圖 2(a)的情況下，係時間 $t(a)$ 內的時間 $t(b)$ 與時間 $t(c)$ 的比例，係時間 $t(b)$ 為 20%、時間 $t(c)$ 為 80%。圖 2(b) 的情況，係時間 $t(b)$ 及時間 $t(c)$ 皆為 50%。圖 2(c) 的情況，係時間 $t(b)$ 為 80%、時間 $t(c)$ 為 20%。

[0025] 在利用被如示於圖 2 般輸出控制的低頻率 (400KHz) 的高頻電力 (LF) 與高頻率 (13.56MHz) 的高頻電力 (HF) 下的蝕刻處理方面，係此情況下成為如示於圖 3 的蝕刻率的分布。另外，此情況下的蝕刻處理，係以示於圖 4 的膜構造作為對象，亦即以在 Si 基板 201 上形成依序積層 SiO_2 膜 202、Poly-Si 膜 203、以硬遮罩而成的遮罩膜 204 而成的平面型閘極電極的晶圓作為對象。

[0026] 蝕刻條件，係在處理氣體方面採用 HBr 與 O_2 的混合氣體，使全氣體流量為 200ml/min，使壓力為 0.4Pa，使電漿電源 105 的輸出為 800W，使第 1 偏壓電源 113 的輸出與第 2 偏壓電源 114 的輸出分別為 25W。蝕刻處理的評價係對 Poly-Si 膜及 SiO_2 膜各自的蝕刻率進行評價。

[0027] 圖 3(a) 係示出對應於圖 2(a) 的輸出控制的蝕刻率分布，在 LF : HF = 20% : 80%，係 Poly-Si 膜及 SiO_2 膜皆成為蝕刻率在晶圓之中心為低，且在外周蝕刻率為高的外高分布。圖 3(b) 係示出對應於圖 2(b) 的輸出控制的蝕刻率分布，在 LF : HF = 50% : 50%，係 Poly-Si 膜及 SiO_2 膜皆在晶圓面內蝕刻率成為大致均勻的分布。圖 3(c) 係示出對應於圖 2(c) 的輸出控制的蝕刻率分布，在 LF : HF =

80%：20%，係 Poly-Si 膜及 SiO₂ 膜皆成為蝕刻率在晶圓之中心為高，且蝕刻率在外周為低的中高分布。

[0028] 如此，在將低頻率(400KHz)的高頻電力與高頻率(13.56MHz)的高頻電力進行切換的 1 週期內，隨著逐漸增加低頻率的高頻電力的供應時間的比例，晶圓外周部的蝕刻率降低，故得知可控制晶圓面內的蝕刻率分布。另外，在晶圓外周部的蝕刻率隨著低頻率的高頻電力的供應時間的比例增加而降低的理由，換言之隨著高頻率的高頻電力的供應時間的比例減少而降低的理由方面，應為如下。

[0029] 使用於本實施例的電漿處理裝置為利用微波的電場與透過螺線管線圈的磁場的相互作用的電漿處理裝置。在如此的裝置，係由於被施加於樣品台 109 的偏壓用高頻電力使得電流經由電漿而在樣品台 109 與被接地的真空容器 101 之間流動時，電漿中的電子橫穿形成於真空容器 101 內的磁場。為此，在晶圓之中心部與外周部係到達接地的真空容器 101 的內壁面的電子的移動距離不同，亦即，晶圓中心部係到達真空容器 101 的內壁面的距離比外周部長，故晶圓中心部係至接地的阻抗比晶圓外周部增加。

[0030] 此外，阻抗係關聯於高頻電力的頻率，頻率變高時阻抗亦變大。為此，在高頻率的高頻電力係電流比較容易在阻抗比晶圓中心部小的晶圓外周部流動，透過高頻偏壓的施加而入射於晶圓的來自電漿的離子的量在晶圓

外周部增加，晶圓外周部的蝕刻率提高。

[0031] 對此，在低頻率的高頻電力，係取決於頻率的阻抗增加亦減少，在晶圓的外周部及內周部的阻抗的差變小，故在晶圓面內的來自電漿的離子的量方面差會消失。然而，依使用於本實施例的電漿處理裝置的特性時，真空容器 101 內的氣體流動係經由樣品台 109 的周邊空間而從真空容器 101 之上部朝向下部而排氣。

[0032] 為此，供應至晶圓周邊的來自電漿的活性物種比晶圓中央部少，蝕刻率變少而成為中高的蝕刻率分布，在低頻率的高頻電力係磁場的影響少，故成為取決於裝置特性的蝕刻率分布，亦即成為中高的蝕刻率分布。另外，在蝕刻率分布方面雖晶圓面內的溫度控制亦會影響，惟在此處的研究係不考慮。

[0033] 如上所述，依本實施例時，透過使低頻率(400KHz)的高頻電力與高頻率(13.56MHz)的高頻電力的輸出時間的比例變化，使得可在外高至中高的分布之間調整蝕刻率分布，且透過在此期間如示於圖 3(b)般設定蝕刻率分布大致均勻的條件，亦即設定低頻率與高頻率的高頻電力的輸出時間的比例，使得可達成晶圓面內的蝕刻率的均勻化。如此，作成將低頻率的高頻電力與高頻率的高頻電力的輸出交替切換，並使各自的電力的輸出時間的比例為可控制的構成，使得可使往晶圓的離子的入射的控制性更加提升。

[0034] 此外，在本實施例，係將 2 個不同的頻率的

高頻電力供應至樣品台 109，惟從其中一個偏壓電源供應高頻電力時，停止從另一個偏壓電源的高頻電力的供應，故電流不會從另一個偏壓電源流入樣品台 109。為此，可防止串擾的發生，可穩定將偏壓用的高頻電力供應至樣品台 109。

[0035] 另外，此處在偏壓電源方面採用 13.56MHz 的高頻電源與 400KHz 的高頻電源，而在選擇不同的頻率的情況下，係優選上選擇電漿中的離子可追隨的頻率，亦即優選上選擇阻抗的差大的頻率。此外，低頻率與高頻率的高頻電力的切換係任一方在先皆可。

[0036] 此外，示於圖 2 的偏壓電源的輸出例，係低頻率及高頻率的高頻電源皆使該輸出電壓 (V_{pp}) 為相同，惟可如示於圖 5 進一步將低頻率的高頻電源的輸出電壓 (V_{pp1}) 與高頻率的高頻電源的輸出電壓 (V_{pp2}) 設定為不同的值。此情況下，雖採 $V_{pp1} > V_{pp2}$ ，惟此亦可為相反的設定。

[0037] 以上，依本實施例時，改變在 1 週期內的第 1 偏壓電源與第 2 偏壓電源各者的輸出的比例，交替切換而週期性施加於樣品台，使得可控制晶圓面內的蝕刻率分布，可使晶圓面內的均勻性提高。此外，藉此亦使得可進行晶圓面內的蝕刻形狀的分布控制。

[0038] 此外，如圖 2 及圖 5 般進行不同的頻率的高頻電源的切換，使得可於被施加偏壓用的高頻電力的樣品台的電性容許範圍內，從各高頻電源輸出容許的最大的電

力，按照處理而設定的自由度會提升。

[0039] 另外，在上述之實施例，係雖如示於圖 2 及圖 5 般針對偏壓電源的輸出，將低頻率的高頻電力與高頻率的高頻電力的切換以時間不會重疊的方式連續地進行切換，惟亦可如示於圖 6 般在切換時設定混合區域。在混合區域的切換時的來自各高頻電源的輸出，係如示於圖 7(a) 般逐漸降低在前的高頻電源的輸出同時逐漸升高在後的高頻電源的輸出。

此外，如示於圖 7(b) 般階段地降低在前的高頻電源的輸出同時階段地升高在後的高頻電源的輸出。另外，在混合區域的來自各高頻電源的輸出，係需要採取各輸出的和(合計)不超過所容許的最大值。此外，低頻率的高頻電力與高頻率的高頻電力各者的整合，係在混合區域以外的期間進行為優選。透過作成如此，使得可穩定進行低頻率的高頻電力與高頻率的高頻電力各者的整合。接著透過圖 8 ~ 圖 12 說明本發明的第 2 實施例。

[0040] 於圖 8 示出電漿處理裝置的構成。於圖 8 中與圖 1 相同符號係表示相同構材並省略說明。於本圖中，與圖 1 的裝置不同的點，係檢測出電漿電源及偏壓電源的輸出，為了在間歇地將電漿電源的輸出進行時間調變的情況下使偏壓電源的輸出同步而使各輸出時機為可控制。在電漿電源 105 用的整合器 104 係連接 V_{pp} 檢測器 301，以 V_{pp} 檢測器 301 檢測電漿電源 105 的輸出的立升，將檢測信號作為觸發信號 302 而發送至輸出檢測部 305。

[0041] 在樣品台 109 係連接 V_{pp} 檢測器 303，以 V_{pp} 檢測器 303 檢測第 1 偏壓電源 113 及第 2 偏壓電源 114 的輸出的立升，將檢測信號作為觸發信號 304 而發送至輸出檢測部 305。在輸出檢測部 305，係算出從 V_{pp} 檢測器 301 及 303 所分別發送的示於圖 9 的觸發信號 302 及 304 的時間差(t)，作為時間差信號 306 而發送至輸出控制部 307。在輸出控制部 307，係基於所接收的時間差信號 306 而修正時間差(t)，使透過控制裝置 115'而控制的電漿電源 105 與第 1 偏壓電源 113 及第 2 偏壓電源 114 的輸出同步。

[0042] 另外，此處雖於控制裝置 115'內併入輸出檢測部 305 及輸出控制部 307，惟亦可採取將此等與控制裝置分開，使以輸出控制部 307 所修正的值為各自的修正信號而發送至電漿電源 105、第 1 偏壓電源 113 及第 2 偏壓電源 114，予以反饋而使第 1 偏壓電源 113 及第 2 偏壓電源 114 的輸出、電漿電源 105 的輸出同步。

[0043] 在上述構成的裝置中的電漿電源 105 及第 1、第 2 偏壓電源 113、114 的輸出控制，係例如以如示於圖 10 的方式進行。圖 10(a)係示出與圖 2(b)同樣的輸出狀態，亦可進行與前述的一實施例同樣的控制，在低頻率的高頻電力的供應(時間 t(b))後進行高頻率的高頻電力的供應(時間 t(c))，此被以時間 t(a)為 1 週期而反復。

[0044] 圖 10(b)係示出：使電漿用的高頻電力連續，且將偏壓用的高頻電力進行工作比控制而間歇地交替輸

出。此情況下，分別以工作比 50% 控制第 1 及第 2 偏壓電源 113、114 的輸出，在低頻率的高頻電力的供應(時間 $t(d)$)後設定電力供應停止期間，在高頻率的高頻電力的供應(時間 $t(e)$)後設定電力供應停止期間，而使時間 $t(a)$ 為 1 週期而使其反復。

[0045] 圖 10(c) 係示出：以相同的工作比對電漿用的高頻電力與偏壓用的高頻電力的輸出進行控制，間歇地輸出控制。此情況下，其中一個電漿生成用的高頻電力係使時間 (b) 為 1 週期，以工作比 50% 在時間 $t(d)$ 之期間供應電力，進行間歇地放電，亦即進行脈衝放電。此外，此情況下，時間 $t(b)$ 與時間 $t(c)$ 係相等，時間 $t(d)$ 與時間 $t(e)$ 係相等。另一方面，第 1 及第 2 偏壓電源 113、114 的輸出係與圖 10(b) 同樣地進行，此被以時間 $t(a)$ 為 1 週期而反復。

[0046] 亦即，電漿電源的輸出的反復頻率，係偏壓電源的輸出的反復頻率的倍數，與電漿生成用的高頻電力的輸出同步地進行偏壓用的低頻率的高頻電力的供應(時間 $t(d)$)與高頻率的高頻電力的供應(時間 $t(e)$)。

[0047] 在透過如示於圖 10 被輸出控制的電漿用的高頻電力與偏壓用的低頻率及高頻率的高頻電力的蝕刻處理中，係此情況下成為如示於圖 11 的蝕刻率的分布。另外，示於圖 11 的晶圓的蝕刻率分布，係如同前述的一實施例，為對示於圖 4 的積層構造的晶圓進行蝕刻處理時者。圖 11(a) 係對應於圖 10(a) 的控制者，如同圖 3(b) 般在

晶圓面內蝕刻率成為大致均勻的分布。此外，此時的 Poly-Si 蝕刻率係 51.6nm/min，SiO₂ 蝕刻率係 1.7nm/min，Poly-Si/SiO₂ 的選擇比係 30.4。

[0048] 圖 11(b)係對應於圖 10(b)的控制者，將偏壓用的高頻電力的輸出分別以工作比 50%進行導通關斷控制，在晶圓面內獲得蝕刻率大致均勻的分布。此外，在圖 10(b)的控制，係比起圖 10(a)的輸出控制的情況(圖 11(a))，如示於圖 11(b)般 Poly-Si 蝕刻率係從 51.6nm/min 降低至 45.2nm/min，此外 SiO₂ 蝕刻率係從 1.7nm/min 降低至 0.9nm/min，惟 Poly-Si/SiO₂ 的選擇比係從 30.4 提升至 50.2 而獲得高的選擇比。

[0049] 圖 11(c)係對應於圖 10(c)的控制者，將電漿生成用的高頻電力及偏壓用的高頻電力的輸出分別以工作比 50%進行導通關斷控制，如同圖 11(b)般在晶圓面內蝕刻率獲得大致均勻的分布。此外，在圖 10(c)的控制，係比起圖 10(b)的輸出控制的情況(圖 11(b))，如示於圖 11(c)般 Poly-Si 蝕刻率係從 45.2nm/min 降低至 30.2nm/min，此外 SiO₂ 蝕刻率係從 0.9nm/min 降低至 0.6nm/min，惟 Poly-Si/SiO₂ 的選擇比係 50.3 而同樣可獲得高的選擇比。

[0050] 此外，於圖 12 示出透過示於圖 10(b)及圖 10(c)的控制對晶圓進行蝕刻處理時的蝕刻形狀。於此，圖 12(a)係示出在示於前述的圖 4 的積層構造的晶圓形成疏密圖案的蝕刻前的初始形狀。圖 12(b)係示出在圖 10(b)的輸出控制的處理後的蝕刻形狀，如圖 10(b)進行控制，亦即

連續放電狀態下僅偏壓用的高頻電力進行導通關斷控制的情況下，密部的 Poly-Si 膜 203 係被垂直蝕刻，而疏部的 Poly-Si 膜 203 係成為錐狀的形狀。

[0051] 圖 12(c)係示出在圖 10(c)的輸出控制的處理後的蝕刻形狀，如圖 10(c)進行控制，亦即使電漿生成用的高頻電力及偏壓用的高頻電力同步而進行導通關斷控制的情況下，密部的 Poly-Si 膜 203 係被垂直蝕刻，而疏部的 Poly-Si 膜 203 亦被實質上垂直地蝕刻。

[0052] 如此，示於圖 10(b)及圖 10(c)的控制的情況下，如上述般雖成為在圖 10(c)的控制方面蝕刻率較為降低如此的結果，惟於蝕刻形狀方面，係與僅偏壓用的高頻電力的導通關斷控制的情況相比，在使電漿生成用的高頻電力及偏壓用的高頻電力同步而進行導通關斷控制方面，於具有疏密圖案的晶圓的蝕刻處理中，係較為獲得蝕刻形狀的面內均勻性而有效。此應係如圖 10(c)於電漿的生成採用脈衝放電使得可控制電漿的解離度，可抑制電漿中的堆積性種的發生而使供應至疏密部的蝕刻側壁面的堆積性種的量為最佳，故可在疏密部進行可容許的實質上垂直形狀的蝕刻處理。

[0053] 另外，在圖 10(b)及圖 10(c)係雖例示將電漿生成用或/及偏壓用各者的高頻電力以工作比 50%進行導通關斷控制，惟當然亦可依處理對象的被蝕刻材的材質、構造而變更最佳的導通時的工作比，亦即可任意變更時間 $t(d)$ 佔時間 $t(b)$ 的比例及時間 $t(e)$ 佔時間 $t(c)$ 的比例。

[0054] 此外，在圖 10(b)係將工作比設定為將偏壓用的高低各者的頻率的高頻電力間歇地進行導通關斷控制，惟亦可使高低任一方的頻率的高頻電力的工作比為 100%，僅將另一方的高頻電力間歇地進行導通關斷控制。此外，在圖 10(c)係將電漿生成用及偏壓用各者的高頻電力的導通關斷時機進行實質上同時控制，惟只要在電漿生成用的高頻電力的導通時間內進行偏壓用的高頻電力的導通關斷，則偏壓用的高頻電力的導通關斷時機係不限於此。

[0055] 以上，依第 2 實施例時，可如同前述的一實施例調整蝕刻率的面內分布，可達成蝕刻率的面內分布的均勻化。此外，透過施加將高頻電力進行導通關斷的時間調變，使得亦可使蝕刻形狀的面內均勻性提升。如此，採用將低頻率的高頻電力與高頻率的高頻電力的輸出交替切換，並使各自的電力的輸出時間的比例成為控制的構成，使得可使往晶圓的離子的入射的控制性更加提升。

[0056] 於上述的第 2 實施例，圖 10(c)係敘述使以電漿生成用的高頻電力的導通關斷為 1 週期的時間 $t(b)$ 及時間 $t(c)$ 相等，時間 (b) 與時間 (c) 的和等於進行偏壓用的低頻率與高頻率的高頻電力的切換的 1 週期的時間 $t(a)$ 之例，惟亦可如示於圖 13~圖 15 般採取在進行偏壓用的低頻率與高頻率的高頻電力的切換的 1 週期的時間 $t(a)$ 內，使電漿生成用的高頻電力導通的時間為時間 $t(f)$ ，在時間 $t(f)$ 之期間進行偏壓用的低頻率與高頻率的高頻電力的切

換。

[0057] 圖 13，係在 1 週期的時間(a)內設定低頻率的高頻電力的輸出時間 $t(b)$ 與高頻率的高頻電力的輸出時間 $t(c)$ 比例，分別設定在時間 $t(b)$ 及 $t(c)$ 內的高頻電力的輸出導通的時間 $t(d)$ 及 $t(e)$ (或設定導通時間的工作比)，使偏壓用的低頻率的高頻電力的輸出時間 $t(b)$ 與高頻率的高頻電力的導通時間 $t(e)$ 的合計時間，等於生成電漿的電漿生成用的高頻電力的導通時間 $t(f)$ 之例。

[0058] 圖 14，係在 1 週期的時間(a)內設定電漿生成用的高頻電力的導通時間 $t(f)$ (或設定導通時間的工作比)，於時間 $t(f)$ 內設定偏壓用的低頻率的高頻電力的輸出時間 $t(g)$ 與高頻率的高頻電力的輸出時間 $t(h)$ 的比例(或設定各自的輸出時間 $t(g)$ 及 $t(h)$)之例。此情況下，在 1 週期的時間 $t(a)$ 內的電漿生成用的高頻電力的被關斷的時間，係成為偏壓用的高頻電力亦被關斷的時間。

[0059] 圖 15，係於圖 14 的偏壓用的低頻率的高頻電力的輸出時間 $t(g)$ 與高頻率的高頻電力的輸出時間 $t(h)$ ，設定各自的高頻電力的導通時間 $t(i)$ 及 $t(k)$ (或設定各自的導通時間的工作比)之例。

[0060] 此外，上述的此等實施例，係採取在與晶圓的整面對應的樣品台連接第 1、第 2 偏壓電源 113、114，偏壓用高頻電力作用於晶圓的整面，惟亦可採取將樣品台分為複數個區域，例如按徑向、圓周方向或組合此等的各區域而連接第 1、第 2 偏壓電源 113、114，按區域各者以

不同的條件進行偏壓控制。此情況下的偏壓電源，係(1)可設定複數組而每一組獨立進行控制；(2)亦可從一組的偏壓電源並聯連接於各區域，經由可將從一組的偏壓電源總是輸出的高頻電力按各區域改變輸出時間的比例而進行輸出控制的控制電路，按各區域改變條件而控制。

[0061] 再者，上述的此等實施例，係雖以應用有磁場微波電漿裝置之例進行說明，惟在電漿處理裝置方面係不限於此，當然亦可應用於感應耦合類型或電容耦合型的電漿處理裝置。

[0062] 此外，亦可應用於具有磁場或不使用磁場的此等電漿處理裝置。另外，透過如有磁場微波電漿裝置般利用了磁場的電子迴旋諧振(ECR)下的電漿生成中，係容易獨立控制電漿生成與偏壓控制，惟在不使用磁場的裝置方面係取決於偏壓用的高頻電源的頻率，尤其採用13.56MHz 以上的頻率的情況下，係有可能對電漿的生成造成影響，故需要考量使用不會在電漿生成方面產生大的影響的程度的輸出等。

【符號說明】

[0063]

101：真空容器

102：頂板

103：導波管

104：整合器

- 105 : 電漿電源
- 106 : 螺線管線圈
- 107 : 氣體供應裝置
- 108 : 噴灑板
- 109 : 樣品台
- 110 : 濾波器
- 111 : 第 1 整合器
- 112 : 第 2 整合器
- 113 : 第 1 偏壓電源
- 114 : 第 2 偏壓電源
- 115、115' : 控制裝置
- 201 : Si 基板
- 202 : SiO₂ 膜
- 203 : Poly-Si 膜
- 204 : 遮罩膜
- 301、303 : V_{pp} 檢測器
- 302、304 : 觸發信號
- 305 : 輸出檢測部
- 306 : 時間差信號
- 307 : 輸出控制部

申請專利範圍

1.一種電漿處理方法，其係透過電漿生成用的高頻電力將供應至處理室內的處理氣體電漿化同時對被配置樣品的樣品台施加不同的頻率的複數個高頻偏壓電力，獨立進行前述電漿的生成與往前述樣品的離子的入射能控制，而在前述處理室內對前述樣品進行電漿處理，特徵在於：

前述電漿，係採透過被連續性供應的電力而生成的連續放電或透過被設定工作比而間歇地供應的電力而生成的脈衝放電，

在生成前述電漿時將至少 2 個不同的頻率的偏壓電力切換而交替反復施加至前述樣品台。

2.如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，週期性進行前述 2 個不同的頻率的偏壓電力的切換，在 1 週期內從其中一個偏壓電力切換為另一個偏壓電力，

使在前述 1 週期內的前述其中一個及另一個偏壓電力的輸出時間為可分別設定。

3.如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，使前述 2 個不同的頻率的偏壓電力的輸出值為相同。

4.如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，前述 2 個不同的頻率的偏壓電力的輸出值不同。

5.如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，使前述電漿的生成為脈衝放電，予以同步於脈衝的產生而按脈衝各者切換為不同的頻率的偏壓電力。

6.如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，使前述電漿的生成為脈衝放電，在 1 個脈衝生成電漿的期間切換不同的頻率的偏壓電力。

7.一種電漿處理方法，使用電漿而對載置於樣品台的樣品進行處理，特徵在於：

放電之期間，一面將第一高頻電力及與前述第一高頻電力的頻率不同的頻率的第二高頻電力週期性切換一面供應至前述樣品台。

8.如申請專利範圍第 7 項之電漿處理方法，其中，針對將前述第一高頻電力往前述樣品台供應的時間與將前述第二高頻電力往前述樣品台供應的時間的比基於階段或是前述階段的集合體的電漿處理條件而規定。

9.如申請專利範圍第 8 項之電漿處理方法，其中，在前述第一高頻電力與前述第二高頻電力不重疊的期間進行被供應至前述樣品台的高頻電力的整合。

10.如申請專利範圍第 8 項之電漿處理方法，其中，切換前述第一高頻電力與前述第二高頻電力時，使前述第一高頻電力與前述第二高頻電力重疊。

11.如申請專利範圍第 8 項之電漿處理方法，其中，將前述第一高頻電力或前述第二高頻電力進行時間調變。

12.如申請專利範圍第 8 項之電漿處理方法，其中，將供於生成前述電漿用的高頻電力進行時間調變。

13.如申請專利範圍第 12 項之電漿處理方法，其中，

將前述第一高頻電力及前述第二高頻電力進行時間調變，

將前述第一高頻電力往前述樣品台供應的時間，係與將前述第二高頻電力往前述樣品台供應的時間相同，

前述高頻電力時間調變的週期、前述第一高頻電力時間調變的週期、前述第二高頻電力時間調變的週期，係全部相同的週期。

14.如申請專利範圍第 8 項之電漿處理方法，其中，使前述第一高頻電力的值與前述第二高頻電力的值不同。

15.一種電漿處理裝置，具有在其內部具有樣品台並與被供應處理氣體同時被減壓排氣為所期望的壓力的處理室、被結合於前述處理室並將被供應至處理室內的前述處理氣體進行電漿化的電漿生成用電源、和連接於前述樣品台並供應不同的頻率的複數個偏壓電力的偏壓用電源，獨立進行透過電漿生成用電源的電漿的生成與透過前述偏壓用電源的往配置於前述樣品台的樣品的離子的人射能控制，而對前述樣品進行電漿處理，特徵在於：

前述電漿生成用電源，係可設定使前述電漿連續放電的電力的供應、和使前述電漿脈衝放電的電力的供應，

前述偏壓電源，係由輸出不同的頻率的偏壓電力的至少 2 個電源而成，

具備：透過前述電漿生成用電源生成電漿時，以將前述不同的頻率的偏壓電力切換而交替反復供應至前述樣品

台的方式控制前述偏壓電源的控制裝置。

16.如申請專利範圍第 15 項之電漿處理裝置，其中，
前述控制裝置，係以連續生成前述電漿的方式控制前述電漿生成用電源，在生成前述電漿的期間對前述不同的頻率的偏壓電源交替間歇地進行控制。

17.如申請專利範圍第 15 項之電漿處理裝置，其中，
前述控制裝置，係以使前述電漿脈衝放電的方式控制前述電漿生成用電源，配合前述電漿的導通而交替切換控制前述不同的頻率的偏壓電源。

18.如申請專利範圍第 15 項之電漿處理裝置，其中，
前述控制裝置，係以使前述電漿脈衝放電的方式控制前述電漿生成用電源，在前述電漿的導通的期間交替切換控制前述不同的頻率的偏壓電源。

圖式

圖 1

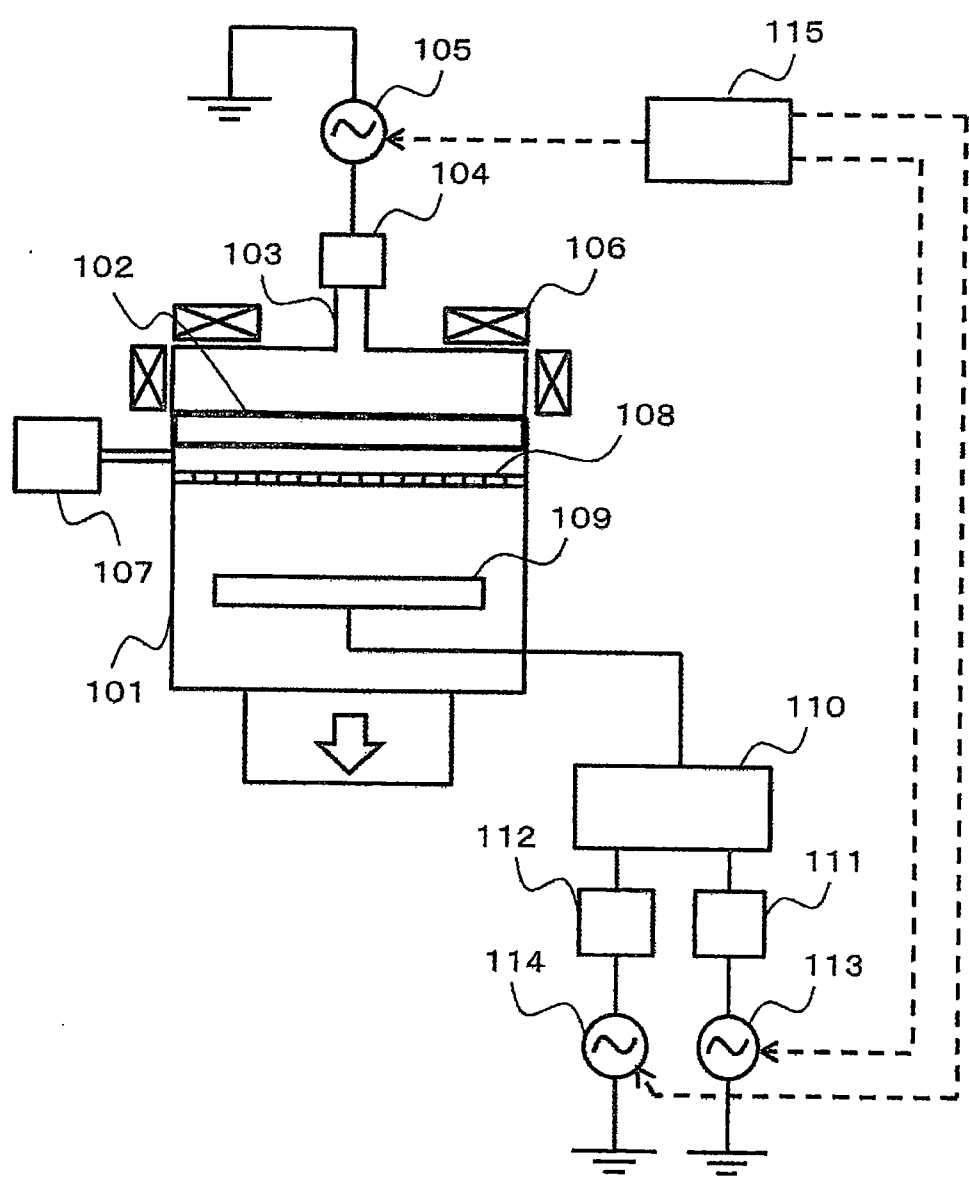


圖 2

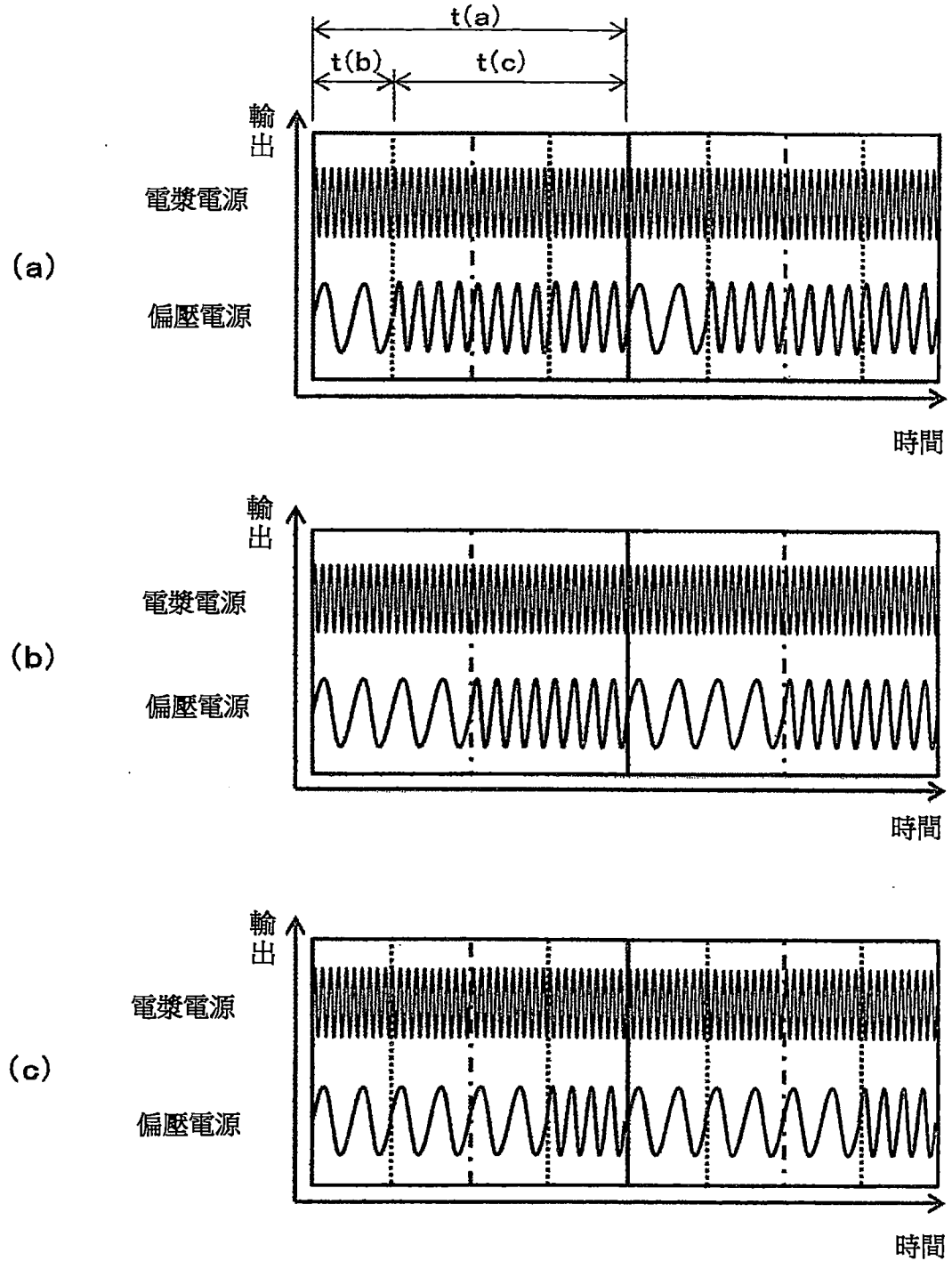
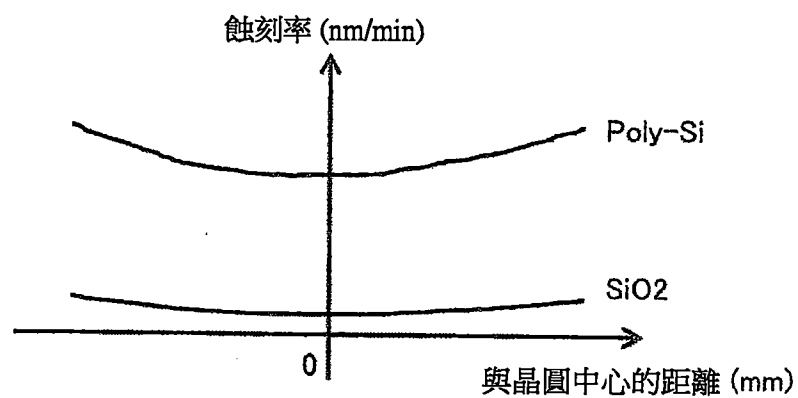
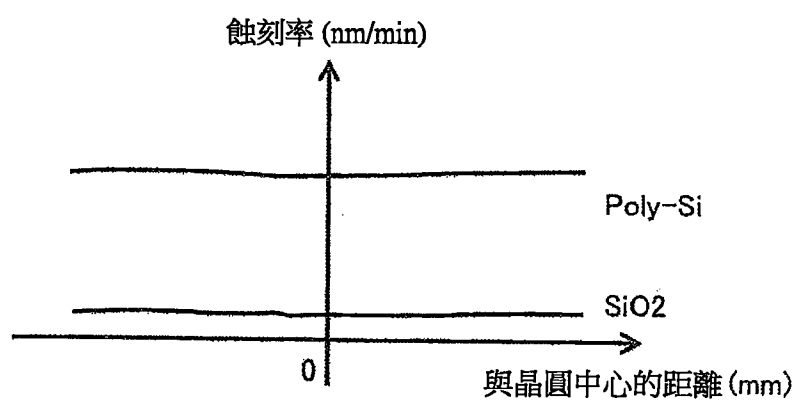


圖 3

(a) LF : HF = 20% : 80%



(b) LF : HF = 50% : 50%



(c) LF : HF = 80% : 20%

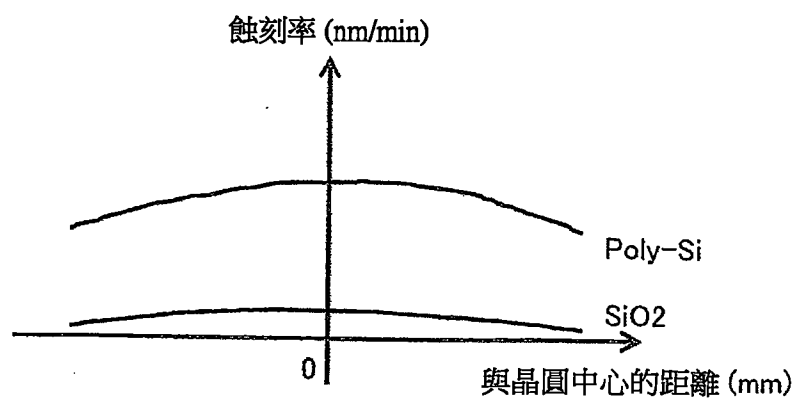


圖 4

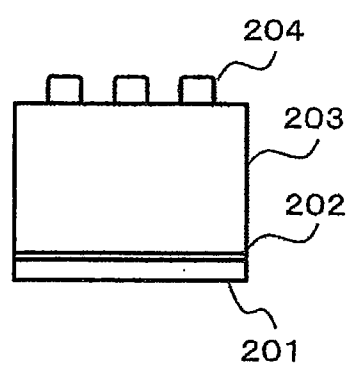


圖 5

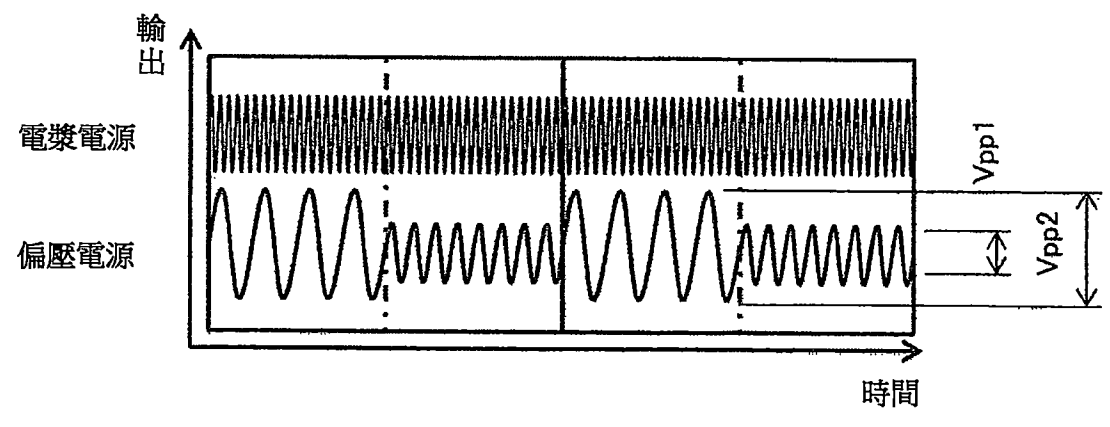


圖 6

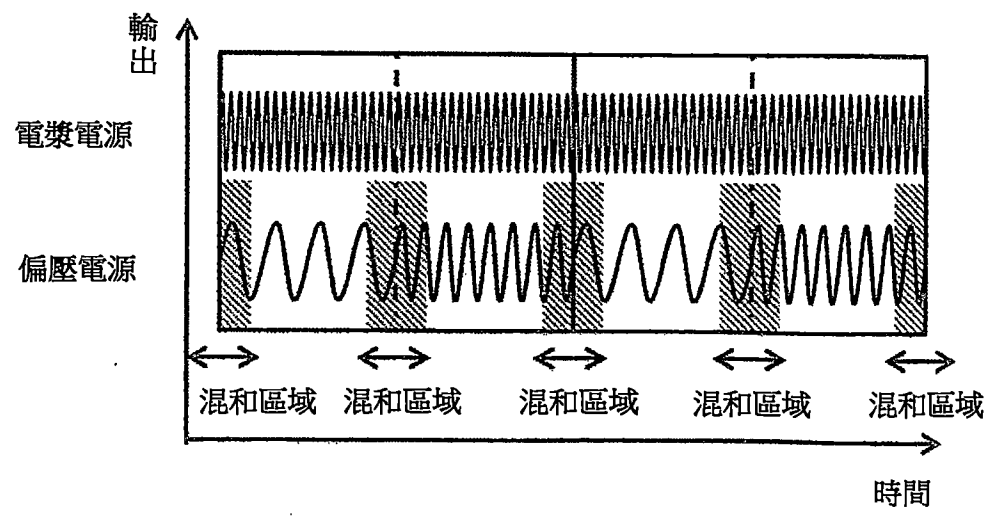


圖 7

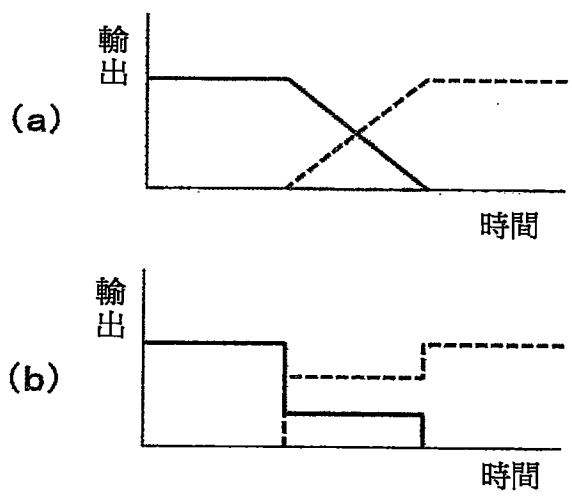


圖 8

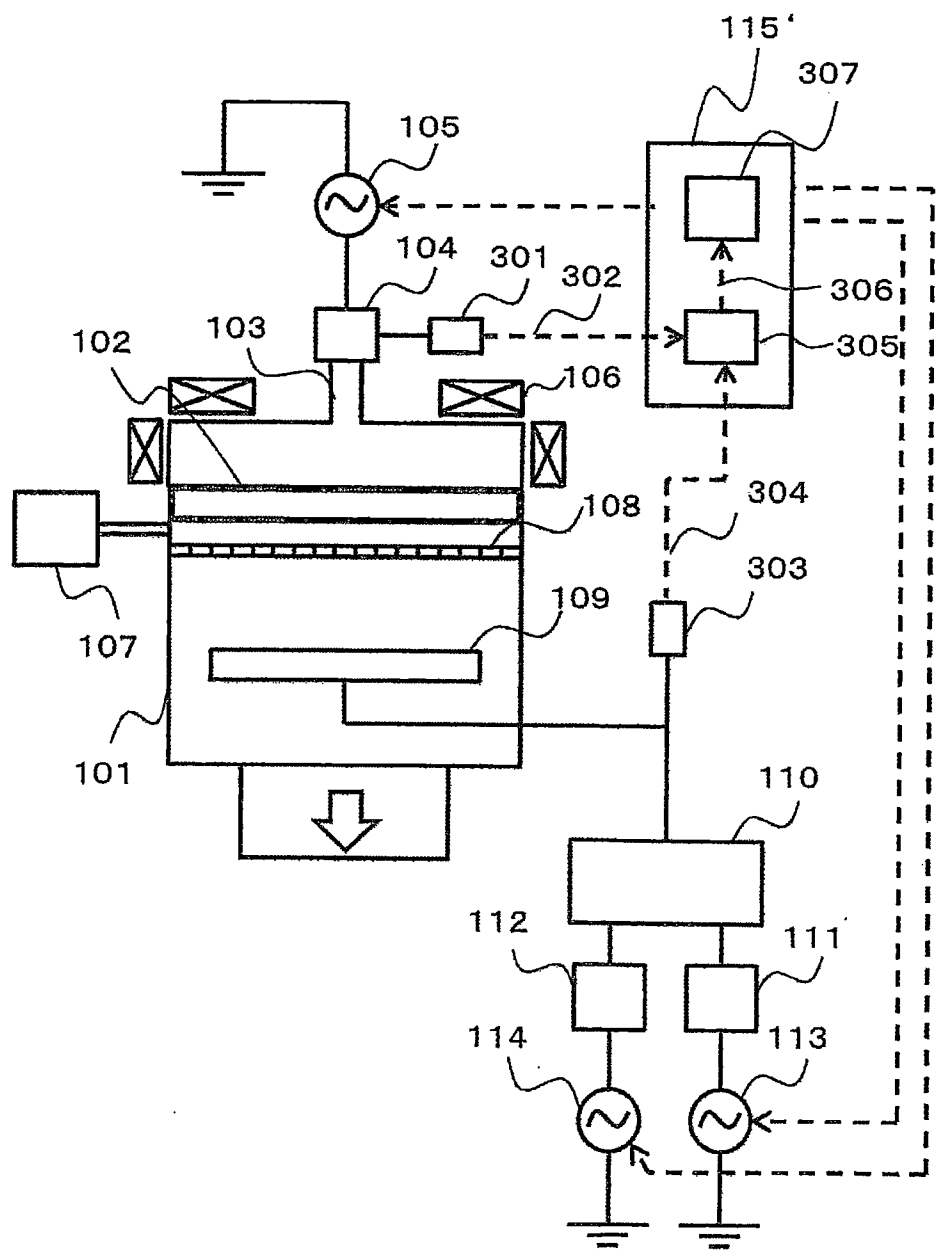


圖 9

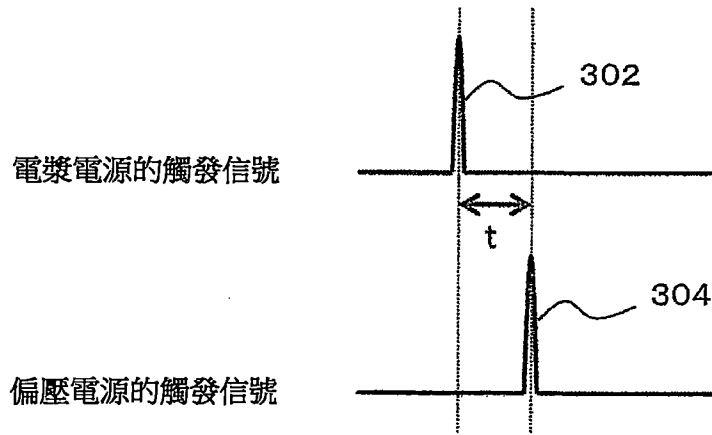


圖 10

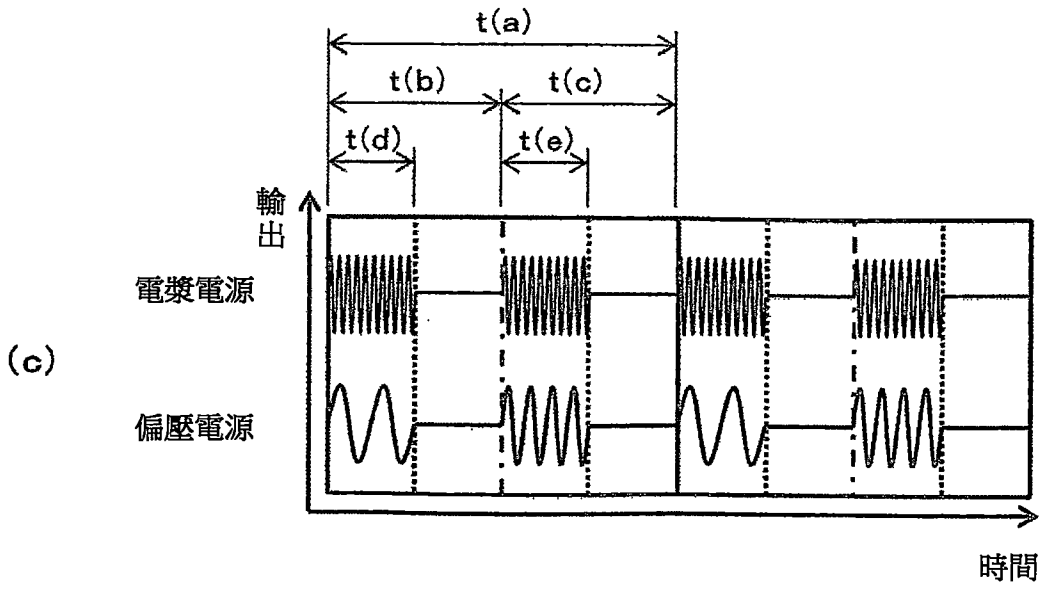
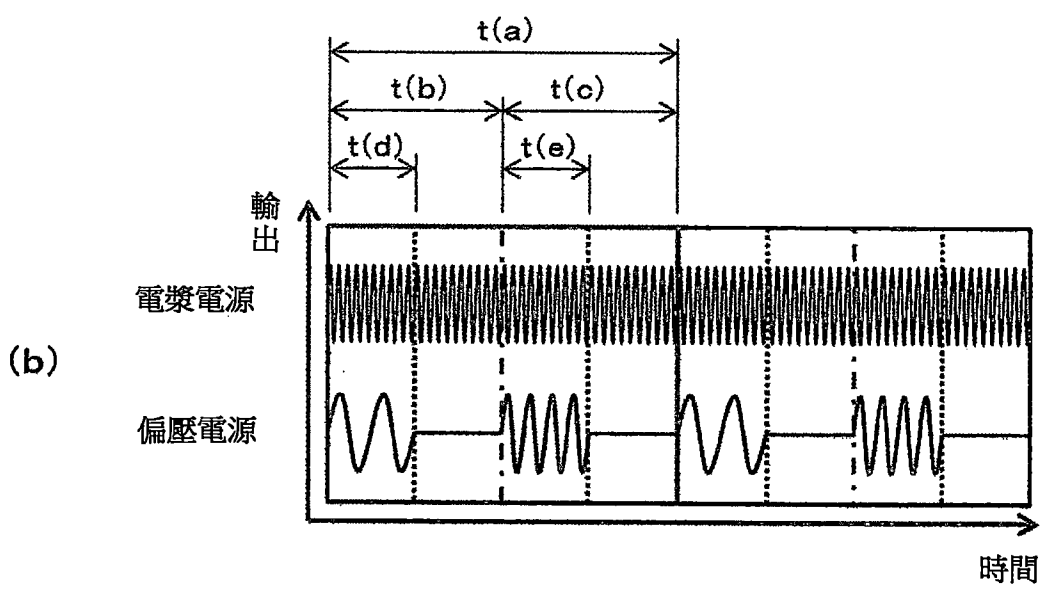
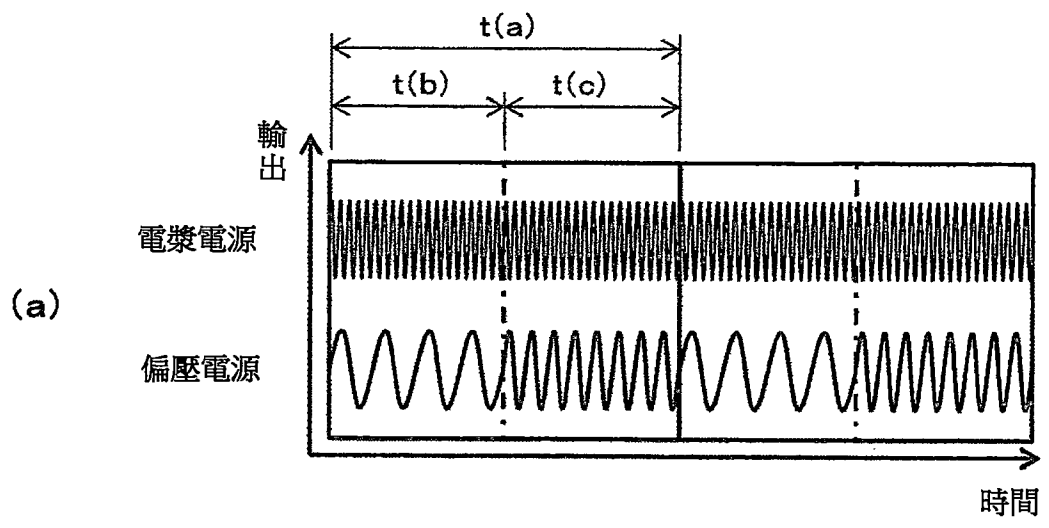


圖 11

	(a)	(b)	(c)
分布	<p>蝕刻率 (nm/min)</p> <p>Poly-Si</p> <p>SiO₂</p> <p>0 與晶圓中心的距離 (mm)</p>	<p>蝕刻率 (nm/min)</p> <p>Poly-Si</p> <p>SiO₂</p> <p>0 與晶圓中心的距離 (mm)</p>	<p>蝕刻率 (nm/min)</p> <p>Poly-Si</p> <p>SiO₂</p> <p>0 與晶圓中心的距離 (mm)</p>
Poly-Si 蝕刻率 (nm/min)	51.6	45.2	30.2
SiO ₂ 蝕刻率 (nm/min)	1.7	0.9	0.6
Poly-Si/SiO ₂ 選擇比	30.4	50.2	50.3

圖 12

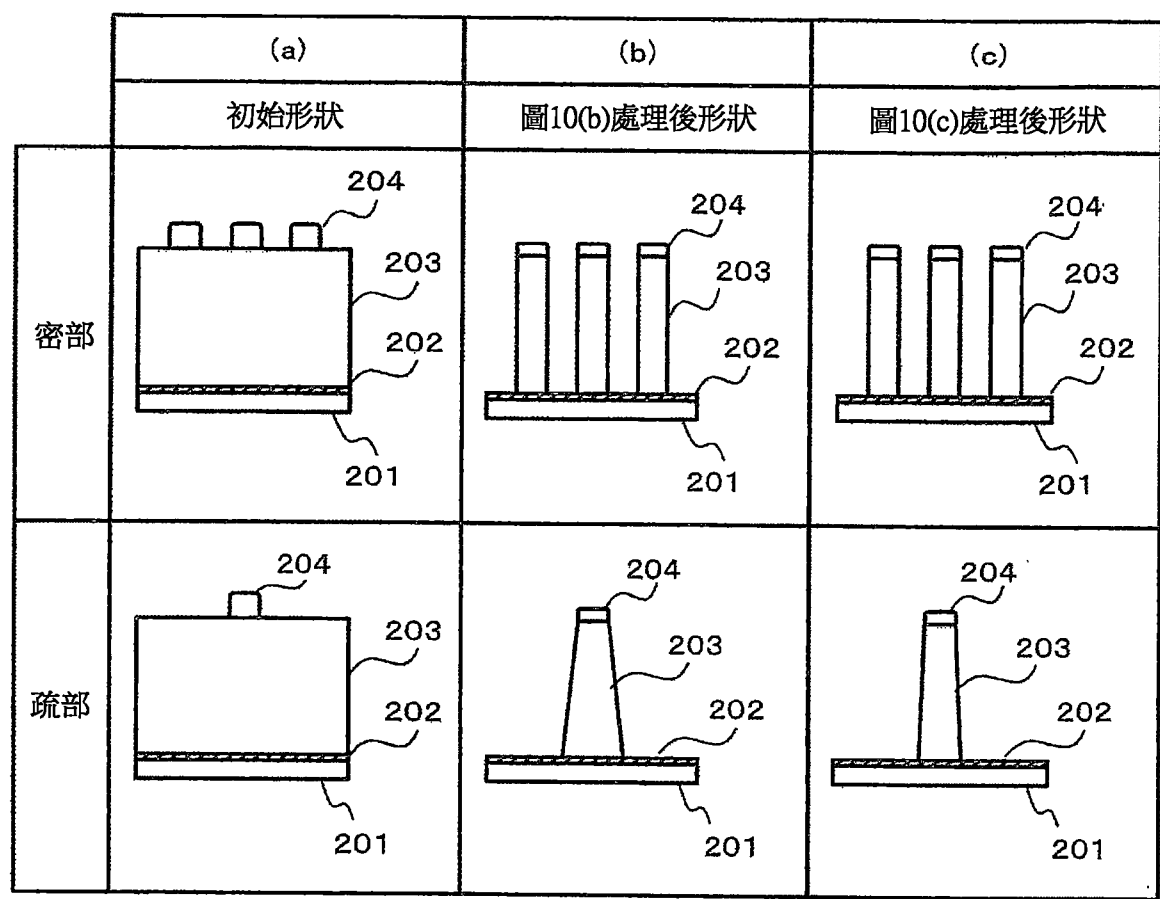


圖 13

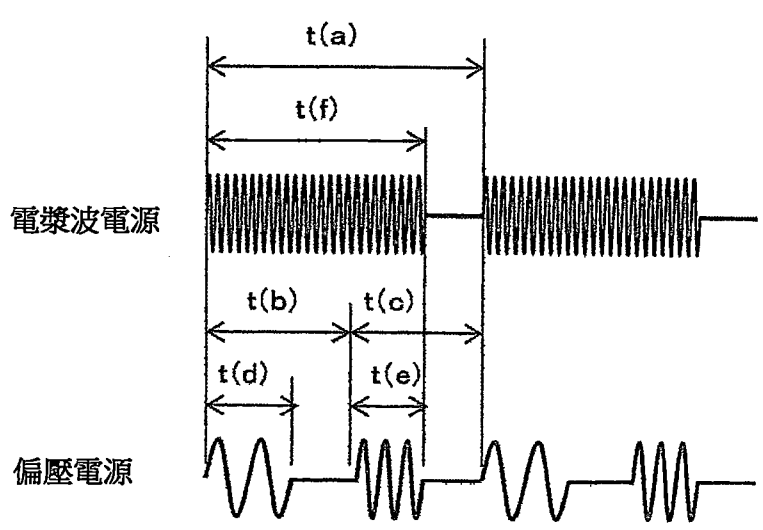


圖 14

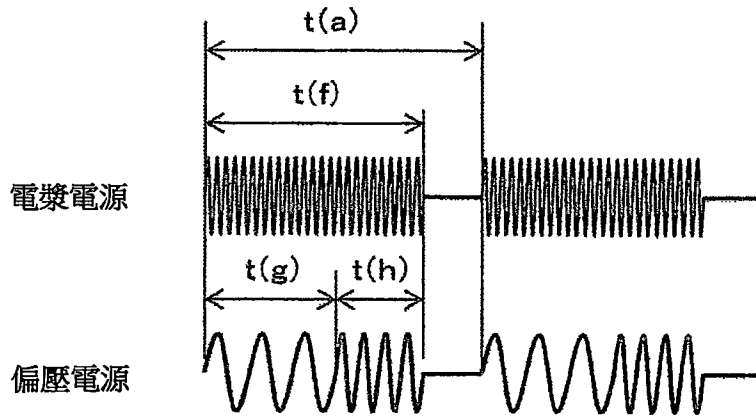


圖 15

