



(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 I581304 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 05 月 01 日

- (21) 申請案號：104120726 (22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 26 日
- (51) Int. Cl. : *H01J37/32 (2006.01)* *H01L21/26 (2006.01)*
- (30) 優先權：2011/07/27 日本 2011-163831  
 2011/09/28 日本 2011-211896  
 2011/10/24 日本 2011-232446
- (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：井上喜晴 INOUE, YOSHIHARU (JP)；小野哲郎 ONO, TETSUO (JP)；森本未知數 MORIMOTO, MICHIKAZU (JP)；藤井正樹 FUJII, MASAKI (JP)；宮地正和 MIYAJI, MASAKAZU (JP)
- (74) 代理人：林志剛
- (56) 參考文獻：
- |    |                |    |           |
|----|----------------|----|-----------|
| JP | 8-181125A      | US | 6777037B2 |
| US | 2012/0302065A1 |    |           |
- 審查人員：劉彥成
- 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：11 共 35 頁

## (54) 名稱

電漿蝕刻裝置及乾蝕刻方法

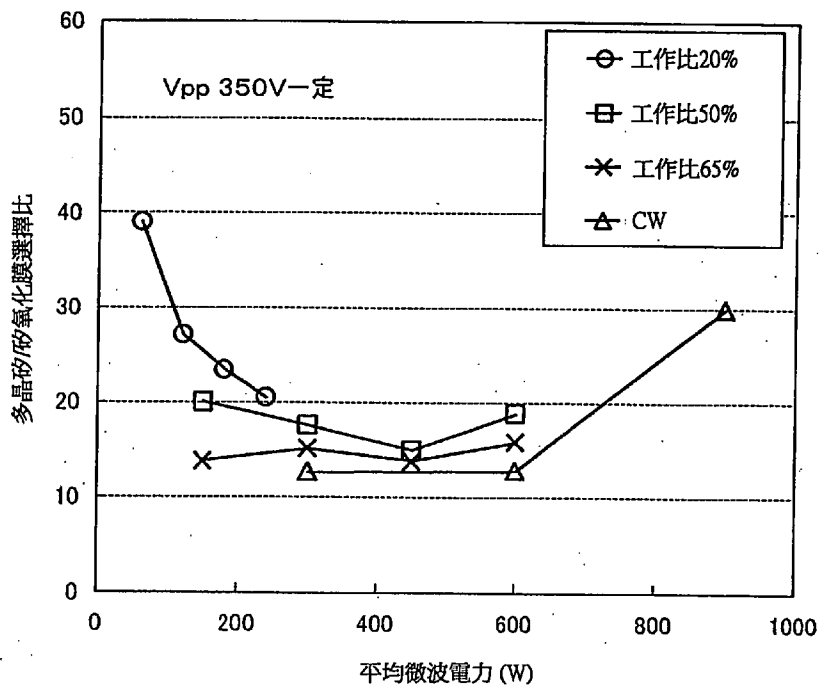
## (57) 摘要

本發明是提供由低微波電力到高微波電力的廣大範圍，可確保穩定的製程區域的電漿處理方法及電漿處理裝置。

本發明係具備：在內部產生電漿的處理室；產生上述電漿的電漿生成手段；設於上述處理室內，用於載置晶圓的試料台；藉由上述電漿進行上述晶圓之蝕刻的電漿處理裝置；其特徵為：上述電漿生成手段是具備電源用於供給上述電漿產生用之電力，對上述電源的上述電力實施導通/截止的變調之同時，將導通時的峰值電力設定為在連續放電產生電漿的狀況下不會導致電漿不穩定的值，藉由變化上述導通/截止變調的工作比來控制上述電力的時間平均值。

指定代表圖：

圖 3



## 發明摘要

公告本

※申請案號：104120726

※申請日：100 年 12 月 26 日

※IPC 分類：H01J  $\frac{3}{2}$  (2006.01)  
H01L  $\frac{2}{16}$  (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

電漿蝕刻裝置及乾蝕刻方法

## 【中文】

本發明是提供由低微波電力到高微波電力的廣大範圍，可確保穩定的製程區域的電漿處理方法及電漿處理裝置。

本發明係具備：在內部產生電漿的處理室；產生上述電漿的電漿生成手段；設於上述處理室內，用於載置晶圓的試料台；藉由上述電漿進行上述晶圓之蝕刻的電漿處理裝置；其特徵為：上述電漿生成手段是具備電源用於供給上述電漿產生用之電力，對上述電源的上述電力實施導通/截止的變調之同時，將導通時的峰值電力設定為在連續放電產生電漿的狀況下不會導致電漿不穩定的值，藉由變化上述導通/截止變調的工作比來控制上述電力的時間平均值。

## 【英文】

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第(3)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)

電漿蝕刻裝置及乾蝕刻方法

## 【技術領域】

本發明是關於電漿處理方法及電漿處理裝置，特別是關於電漿蝕刻的電漿處理方法及電漿處理裝置。

## 【先前技術】

現在半導體元件的量產所使用的電漿蝕刻裝置之一有 Electron Cyclotron Resonance (以下稱 ECR) 型的裝置。於該電漿蝕刻裝置藉由對電漿施加磁場而使微波的頻率和電子的迴旋頻率產生共振的方式來設定磁場強度，而可以發生高密度的電漿為其特徵。

近年來伴隨著半導體元件的微細化，閘極氧化膜的厚度變為 2nm 以下。因此，電漿蝕刻加工的控制性，閘極氧化膜和矽膜的高選擇比的實現是有必要的。

這些可實現高精確度的電漿蝕刻的技術之一，有使用脈衝放電的電漿蝕刻方法，例如專利文獻 1 揭示，一邊測定電漿中的自由基密度一邊對電漿實施脈衝調變而控制自由基密度，據此而達成高精確度蝕刻的方法。

又，專利文獻 2 是揭示對電漿實施脈衝調變之同時，取得和對晶圓印加的高頻偏壓的相位電漿的導通/截止

(ON/OFF) 之間之同步，藉此來控制電漿中的電子溫度，防止處理晶圓上的氧化膜的絕緣破壞方法。

又，於專利文獻 3 揭示對電漿實施 10-100 $\mu$ s 之脈衝調變且對晶圓施加 600KHz 以下的高頻偏壓，以防止氧化膜的絕緣破壞，同時達成高速非等向性蝕刻的方法。

又，專利文獻 4 揭示對於產生電漿的微波實施脈衝調變，而控制自由基且抑制電漿的不穩定性，以降低離子溫度的方法。

[ 習知技術文獻 ]

[ 專利文獻 ]

專利文獻 1：特開平 09-185999 號公報

專利文獻 2：特開平 09-092645 號公報

專利文獻 3：特開平 08-181125 號公報

專利文獻 4：特開平 06-267900 號公報

## 【發明內容】

(發明所欲解決之課題)

一般在 ECR 型電漿蝕刻裝置，有以下三個課題。

作為第一，為提升垂直性提升等的加工，更低密度區域(低微波電力)是有必要的，但是為了降低電漿密度而縮小微波電力則電漿的產生變為困難的課題。

作為第二，在變化微波的電力進行放電測驗時，針對和微波電力有關的電漿發光欲以目視或光二極體進行的測定之中，存在著閃爍而可看到的不穩定區域的課題。於該

區域，蝕刻速度等等的特性無法再現，因此蝕刻條件需要避開不穩定區域來設定，亦即，進行製程開發上製程範圍（window）設定為狹小。

又，在本發明作為對象的放電的閃爍，係和微波電力有關，當腔室內的電場強度分布變化，和腔室形狀相關的例如試料台附近或微波透過窗附近發生異常放電，用眼睛看觀測忽亮忽滅的現象。

作為第三，在高微波電力側（高密度區域）存在著高選擇比區域，但是在高微波電力側伴隨著電漿密度的上昇產生截止（cut off）的現象，電漿密度於腔室內的分布變化而發生模態變動（mode jump）。這現象一發生則電漿的發光強度和偏壓電壓的峰值（ $V_{pp}$  電壓）產生激烈的變化，這些伴隨著蝕刻速度的晶圓面分布也大幅變化，因此模態變動前後的電力不可以使用之課題。

這三個課題是使用脈衝放電的 ECR 型電漿蝕刻裝置所共通的課題，但是在上述習知技術未考慮這三個課題。

因此，本發明提供從低微波電力至高微波電力的廣大範圍，可確保穩定的製程區域的電漿處理方法及電漿處理裝置

〔解決問題的手段〕

本發明係在藉由連續放電而電漿的產生困難的區域，使電漿的產生變為容易之同時，藉由上述容易產生之電漿而實施被處理物的電漿處理之電漿處理方法，其特徵為：

藉由重複導通（ON）和截止（OFF）的脈衝放電使上述電漿較容易產生，上述脈衝放電產生之高頻電力的導通期間之電力，係設定成爲藉由上述連續放電而較容易產生電漿的電力，上述脈衝放電的工作比是，以使上述高頻電力的一週期左右的平均電力，成爲藉由上述連續放電而較不容易產生電漿的區域之電力而加以控制。

又，本發明之電漿處理裝置，係具備在內部產生電漿的處理室；產生上述電漿的電漿生成手段；設於上述處理室內，用於載置晶圓的試料台；藉由上述電漿進行上述晶圓之蝕刻的電漿處理裝置；其特徵爲：上述電漿生成手段是具備電源用於供給上述電漿產生用之電力，對上述電源的上述電力實施導通/截止的調變之同時，將導通時的峰值電力設定爲在連續放電產生電漿的狀況下不會導致電漿不穩定的值，藉由變化上述導通/截止調變的工作比來控制上述電力的時間平均值。

又，本發明之電漿處理裝置，係具備：在內部設爲真空可導入反應性氣體的腔室；在上述腔室中爲了產生放電電漿的電漿生成用電源；和在上述腔室內設置晶圓的試料台；其特徵爲對上述電漿生成用電源的輸出電力進行脈衝調變，且，將導通時的峰值電力設定成爲較在連續放電的模態變動區域足夠高的電力值，藉由變化脈衝調變的工作比而控制電力的時間平均值的手段。

藉由本發明，從低微波電力到高微波電力的廣大範圍下，可確保穩定的製程區域。



**【圖式簡單說明】**

圖 1 表示本發明爲了實施蝕刻方法的電漿蝕刻裝置一例之概略斷面圖。

圖 2 表示圖 1 所示裝置的磁鐵 106 的輸出波型。

圖 3 表示本發明的選擇比提升提升的效果所示之圖表。

圖 4 表示本發明的氧氣原子的發光強度對於微波的時間平均輸出之相關性之圖。

圖 5 表示本發明的實施例 4 的依每一晶圓變化脈衝放電的工作比而實施回授控制的電漿蝕刻裝置之概略斷面圖。

圖 6 表示加工對象的晶圓上的微細圖案的斷面圖。

圖 7 表示本發明的實施例 4 的微波電力(工作比)和 CD 的相關關係的資料。

圖 8 表示本發明的實施例 5 的電漿蝕刻裝置的概略斷面圖。

圖 9 表示本發明的 O(氧)/Br(溴)對於微波的發光強度比之圖表。

圖 10 表示本發明的多晶矽/矽氧化膜對於脈衝微波的選擇比的圖表。

圖 11 表示針對模態變動所產生電力實施測定之自動化裝置的處理流程圖。

**【實施方式】**

最初，參照圖面說明實施本發明的電漿蝕刻裝置之一例。圖 1 是在電漿生成手段利用微波和磁場的微波 ECR 電漿蝕刻裝置的概略斷面圖。

微波 ECR 電漿蝕刻裝置，係由以下構成：在內部可實施真空排氣的腔室 101；和配置著被處理物之晶圓 102 的試料台 103；和設於腔室 101 的上面的石英等的微波透過窗 104；設於其上方的導波管 105，磁鐵 106；設置腔室 101 的周圍之磁控管線圈 107；接續著試料台 103 的靜電吸附電源 108；及高頻電源 109。

晶圓 102 從晶圓搬入口 110 被搬入腔室 101 內之後，藉由靜電吸附電源 108 被靜電吸附於試料台 103。接著製程氣體導入腔室 101。腔室 101 內藉由真空泵(圖示省略)實施減壓排氣，調整成爲所定的壓力(例如 0.1Pa ~ 50Pa)。接著，從磁鐵 106 發出週波數 2.45GHz 的微波，通過導波管 105 傳播到腔室 101 內。藉由微波和磁控管線圈 107 所產生的磁場之作用而激發處理氣體，在晶圓 102 上部的空間形成電漿 111。另外，試料台 103 藉由高頻電源 109 實施偏壓，電漿 111 中的離子被加速而垂直射入晶圓 102 上。又，高頻電源 109 可將連續性高頻電力或時間調變的間歇性的高頻電力施加於試料台 103。

藉由來自電漿 111 的自由基與離子之作用而使晶圓 102 被實施非等向蝕刻。又，在磁鐵 106 裝配有脈衝產生器 112，藉此而如如 2 所示使微波以可任意設定之重複頻

率進行脈衝調變而成爲脈衝狀。

又，微波 ECR 電漿蝕刻裝置在電漿處理晶圓 102 的時候，控制部 113 係分別控制上述磁鐵 106、脈衝產生器 112、磁控管線圈 107、高頻電源 109、靜電吸附電源 108。

本發明以下說明之實施例所使用微波 ECR 電漿蝕刻裝置，係處理直徑 300mm 的晶圓之微波 ECR 電漿蝕刻裝置，腔室 101 的內徑是 44.2cm，晶圓 102 和微波透過窗 104 的距離是 24.3cm（發生電漿用之空間的體積爲  $37267\text{cm}^3$ ）。

接著，說明爲解決第一個課題、亦即，爲了使電漿密度下降而縮小微波電力，而導致電漿的產生變爲困難的課題的本發明之實施例 1 和實施例 2。

#### [ 實施例 1 ]

使用圖 1 所示微波 ECR 電漿蝕刻裝置，於表 1 表示的條件，針對工作比和微波的時間平均輸出引起之電漿的著火性進行調查，又，表 1 的  $V_{pp}$  是施加於試料台 103 的高頻電壓從峰值到峰值的電壓差。

又，表 2 表示電漿生成的調查結果。又，表 2 之“○”係表示可穩定產生電漿，“x”是表示不可穩定產生電漿。

【表 1】

HBr 氣體	200ml/min
O <sub>2</sub> 氣體	3ml/min
Ar 氣體	200ml/min
Ar + CH <sub>4</sub> (4%)氣體	30ml/min
處理壓力	0.8Pa
RF 偏壓	V <sub>pp</sub> 350V 一定(約 40W)
微波(ON/OFF)之重複頻率	5kHz

【表 2】

微波時間 平均輸出 (W/cm <sup>3</sup> )	0.0027 (約100W)	0.0054 (約200W)	0.007 (約260W)	0.0086 (約320W)	0.011 (約400W)
工作比					
20%	○	○	○	○	○
50%	×	○	○	○	○
65%	×	×	○	○	○
80%	×	×	×	○	○
100%(連續放電)	×	×	×	×	○

從表 2 可知連續放電的狀況，微波的時間平均輸出除以腔室 101 內壁的體積獲得之值在 0.011W/cm<sup>3</sup>（約 400W）以上時可以穩定產生電漿，未滿則難以產生電漿。難以產生電漿的理由是，未被供給必要之能量以使自由電子將蝕刻氣體的分子予以電離。但是，藉由脈衝微波放電的狀況，即使微波的時間平均輸出除以產生電漿之體積獲得之值小於 0.011W/cm<sup>3</sup> 時亦可產生電漿。

此種連續放電和脈衝微波放電的電漿生成的差異，係

基於以下的理由。

微波是在導通期間的數  $\mu\text{sec}$  之間，自由電子會藉由從微波獲得之能量而使其他的原子、分子電離或者解離、而產生電漿 111。然後，當微波變成截止期間，自由電子是在數  $\mu\text{sec}$  間大部分被原子、分子捕捉、電漿 111 之大部分為陰離子和陽離子。和電子比較，陰離子和陽離子之質量較大，因此衝突、中和而致電漿 111 消失為止需要數 10ms 的時間。因此，微波的截止時間較 10ms 短，則電漿 111 消失前微波的導通期間開始而可以維持電漿 111。

因此，表 2 表示的結果換言之，脈衝微波的導通期間的輸出設為連續放電而穩定生成電漿所需的最低限必要的輸出以上（亦即  $0.011\text{W}/\text{cm}^3$  以上），則即使脈衝微波的時間平均輸出為  $0.011\text{W}/\text{cm}^3$  以下亦可穩定產生放電。另外，脈衝微波的截止期間設為 10ms 以下，則即使脈衝微波的時間平均輸出在  $0.011\text{W}/\text{cm}^3$  以下的區域，相較於上述的電漿處理方法可以更為穩定地產生放電。

另外，藉由添加氬氣體（Ar：離子化能量 1520.6 kJ/mol），氮氣體（ $\text{N}_2$ ：離子化能量 1402kJ/mol）等等的惰性氣體，添加上述惰性氣體以外的容易離子化的氣體，則能更穩定、容易產生放電。其他的氣體種類或各氣體的流量、處理壓力、RF 偏壓值等等，對本實施例的效果並無特別限制。

接著，針對表面全體為多晶矽膜的晶圓和表面全體為矽氧化膜的晶圓依據表 1 之條件進行蝕刻處理，由各個削

量的比求出選擇比。這個結果以圖 3 表示。又，圖 3 的「%」意味著脈衝放電的工作比。

由圖 3 可知，工作比設為 50%以下，微波時間平均輸出設為 400W ( $0.011\text{W}/\text{cm}^3$ ) 以下，則相較於連續放電，選擇比可增大。其理由可考慮為微波的時間平均輸出小時腔室 101 內的自由電子的個數減少，該減少分的電子會激發出原子或分子，因此，自由基的密度提昇，選擇比會提升。

又，表 1 條件的氧氣氣體控制在  $1\text{ml}/\text{min}$  以上  $10\text{ml}/\text{min}$  以下選擇比更大。

又，本實施例為適用微波 ECR 電漿蝕刻裝置的例子，但容量結合方式或感應結合方式電漿蝕刻裝置可同樣適用。如上述說明，本發明的電漿處理方法，係將脈衝放電的導通期間高頻電力設為連續放電可產生穩定的電漿之高頻電力，同時脈衝放電的截止期間設為 10ms 以下，藉由此一脈衝放電對被處理物進行處理的方法。藉由本發明之電漿處理方法，即使在難以穩定產生電漿的電漿生成用電力小的區域，亦可產生穩定的電漿。

另外，在本發明的電漿處理方法，脈衝放電的工作比設為 50%以下，則相較於連續放電，更能提升多晶矽膜對於矽氧化膜的蝕刻速率的選擇比提升。

#### [ 實施例 2 ]

接著，說明在實施例 1 說明的關於本發明的其他實施

例。

於表 3 所示條件進行脈衝放電的電漿處理，則相較於連續放電，碳系沉積物的除去或阻劑的除去性能可以提升。

【表 3】

氧(O <sub>2</sub> )氣體	200ml/min
處理壓力	1.0Pa
RF 偏壓	0W
微波 ON/OFF 之重複頻率	5kHz

於表 3 所示條件添加 5ml/min 的氬氣體，測定氧氣的發光強度對於氬的發光強度之比，結果以圖 4 表示。

由圖 4 可知，當微波的時間平均輸出低於以電漿發生的體積除之值、亦即  $0.011\text{W}/\text{cm}^3$  時，氧原子的發光強度變強。

總之，於表 3 所示條件下進行本發明的脈衝放電，則氧自由基密度變高，碳系沉積物的除去或阻劑除去的效果有提升的狀況。

接著，針對解決第二個課題、亦即變化微波的電力而進行放電試驗時，藉由目視或光二極體等測定電漿的發光受到微波電力之影響，而存在著閃爍可看見的不穩定區域的課題，而說明本發明實施例 3~實施例 5。

〔實施例 3〕

本實施例的電漿蝕刻處理，係使用圖 1 所示的微波 ECR 電漿蝕刻裝置。接著，蝕刻多晶矽膜 302 之條件的例子用表 4 來表示。藉由本條件多晶矽膜 302 對於底層的氧化膜 303 可利用高選擇比來進行蝕刻。

【表 4】

HBr 氣體	140ml/min
O <sub>2</sub> 氣體	2ml/min
處理壓力	1.6Pa
RF 偏壓 (晶圓面積單位之輸出)	50W (0.071W/cm <sup>2</sup> )

於表 4 所示條件下變化電漿的發生用的微波，藉由光二極體檢測電漿 111 的發光，閃爍測定出的結果以表 5 表示。微波的電力係針對以連續放電的狀況，和微波的導通期間的電力設為 1500W 重複頻率 1KHz 進行導通/截止之調變，變化工作比而實施電力控制的狀況來比較。表 5 以“○”表示沒有閃爍放電，“X”表示有閃爍放電。在閃爍狀態的放電下不能進行蝕刻。

【表 5】

	時間微波平均電力(W)											
	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
連續放電	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○
脈衝放電 (峰值電力 1500W)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



在連續放電從 900W~1100W 會產生閃爍，但藉由微波的導通/截止控制可消除放電的閃爍。原因是瞬間電力產生之電漿 111 係以成爲穩定的區域而被設定，另外，藉由鹼素氣體等容易變爲負離子的氣體的電漿 111 進行脈衝放電，截止時電子於數十  $\mu\text{s}$  間消滅之後，於數 ms 間負離子和正離子提供維持放電，因此，腔室壁和電漿 111 的界面所產生電漿 111 的鞘的狀態係和連續放電不同，而推定爲可以消除閃爍。

電漿 111 消失爲止的時間爲數 10ms，因此截止時間設爲 10ms 以下則在電漿 111 消失前導通開始，而可以維持電漿。

電漿 111 的閃爍電力區域係和條件有關。因此，在其他條件的蝕刻，首先在連續放電，變化微波電力，和表 5 同樣確認放電的閃爍領域，將微波的導通期間的電力設定成爲足夠大於產生閃爍的電力，且截止時間成 10ms 以下的頻率，如此而實施微波的導通/截止之脈衝調變，即可消除閃爍。

又，表 5 所示微波的電力是腔室 101 之大小變化時，對應於其體積而改變，1500W 換算爲單位體積的微波電力時相當於  $0.04\text{W}/\text{cm}^3$ 。

又，放電存在著不穩定區域並不限定於微波電漿蝕刻裝置，對於感應結合型或容量結合型的電漿蝕刻裝置亦爲同樣的課題，這些裝置亦可藉由本發明而可回避放電不穩定。

## 〔實施例 4〕

接著，說明之實施例係關於藉由電漿 111 的導通/截止調變而可以實施的蝕刻加工寸法（以後，稱 CD。）的控制方法。圖 5 表示針對由電漿 111 的發光強度或發光強度的變化算出的蝕刻處理終了時間等進行測定，依據該監控值來變化處理中的晶圓 102 或次一處理晶圓 102 的蝕刻條件的構造，該構造被附加於，圖 1 之微波 ECR 電漿蝕刻裝置而成的電漿蝕刻裝置的概略圖。

圖 5 所示之受光部 202、CD 演算部 203、配方演算部 205、第 1 資料庫 206、第 2 資料庫 204、蝕刻控制用 PC207，係藉由通信手段連結成爲通信可能。圖 6 爲加工對象晶圓 102 上的微細圖案的斷面圖，係針對矽基板 304 和底層的氧化膜 303 上具有的多晶矽膜 302 加工成微細圖案狀的氮化矽等等的遮罩 301，進行同圖案狀的蝕刻之樣子。

在乾蝕刻通常將圖 6 所示的加工連續處理 1 批次（25 片）。加工的線幅（以後稱 CD）在連續處理中需要小於容許值內。但是，基於蝕刻的反應生成物等附著在腔室 101 內等，隨時間之經過而使電漿狀態變化，導致 CD 的變動超出容許值的狀況。

本實施例係對電漿 111 進行導通/截止調變，對應於每一晶圓變化其工作比而可將 CD 之變動抑制於容許值內。通常，CD 是受到施加於晶圓 102 的偏壓電力或電漿

密度亦即微波電力的影響而變化，因此進行變化的微波電力可變為 CD。

接著用具體的方法來敘述。圖 6 所示多晶矽膜 302 的蝕刻終點，是使電漿 111 中的反應生成物的發光，例如矽的 426nm 的光，由光纖 201 和受光部 202 加以檢測。蝕刻的終了時間和 CD 相關，蝕刻終了時間和 CD 的關係被儲存在第 2 資料庫 204。CD 演算部 203 係由蝕刻終了時間算出該晶圓 102 的 CD 推定值。計算出所算出 CD 和 CD 目標值的差分，將該差分值送至配方演算部 205。

配方演算部 205 係具有第 1 資料庫 206，該第 1 資料庫 206 儲存著圖 7 所示微波電力（工作比）和 CD 的相關關係的資料，算出和 CD 目標值的差分設為零為止必要的微波電力的變量。例如圖 7 所示目標 CD 為 30nm，第 n 片 CD 為  $30 + a$  (nm)，則第 n+1 片欲設為目標 CD、亦即 a (nm) 變細，因此平均微波的電力、亦即工作比僅增加 d (%)。

從第 1 資料庫 206 算出的工作比，係被傳送至蝕刻控制用 PC207，在處理次一晶圓 102 的時候設定該值進行蝕刻。這時候電漿 111 設為連續放電時，CD 差分成為零而被修正的微波電力值，有可能進入表 5 所示電漿 111 之不穩定區域招來蝕刻障礙。如實施例 3 所述，對電漿 111 進行導通/截止調變，變化該工作比而控制微波電力，即可消除電漿 111 的不穩定課題。

## 〔實施例 5〕

接著，藉由圖 8 說明為了防止放電不穩定，併用本發明而能擴大穩定的餘裕度的方法。首先，為了穩定電漿 111 的電位，流入直流電流的接地面 401 較好是設置於接續著電漿 111 的部分。

通常腔室 101 的內壁是被實施氧化鋁膜處理 (alumite) 或鈮氧化物等等的穩定化處理，這些材料為絕緣物，不流入直流電流。將接觸電漿 111 部分之一部分的彼等絕緣膜予以剝離，或插入導體等等，再將導體部份設為接地電位可以使電漿 111 的電位穩定，放電更穩定。希望直流的接地面 401 的面積是  $10\text{ cm}^2$  以上。

接著，處理氣體的壓力希望設定為  $0.1\sim 10\text{ Pa}$  間。壓力越低電子的平均自由行程越長，產生電離前消失於壁部的機會增加，是構成電漿 111 的不穩定的原因。又，壓力越高時著火性越惡劣也較容易產生不穩定。

更且，腔室 101 及試料台 103 的形狀希望是盡量減少局部性電場變強的部分。亦即，不設置銳利凹凸，將角部分 402 設為半徑  $5\text{ mm}$  以上的曲線。

接著說明本發明實施例 6 及實施例 7，係為解決第三個課題、亦即，高微波電力側（高密度區域）存在高選擇比區域，但是在高微波電力側伴隨著電漿密度上昇產生切斷截止 (cut-off) 現象，而產生電漿密度的腔室內的分布有所變化的模態變動的課題。

在實施例 6 及實施例 7 之電漿蝕刻處理，係使用圖 1

之微波 ECR 電漿蝕刻裝置來進行。

[ 實施例 6 ]

如圖 3 所示，多晶矽和矽氧化膜選擇比即使在平均微波電力大的區域（800W 以上）亦增加。爲了說明這個理由以圖 9 表示微波電力和 O（氧氣）和 Br（溴氣）的發光強度比的關係。從圖 9 可知高微波側的 O（氧氣）的發光強度，亦即 O 自由基的密度上昇。因此可抑制矽晶氧化膜的削減，提升選擇比。

但是，微波電力值更提高則如圖 9 所示在 CW（連續放電），在微波電力值 900W 以上產生發光強度的激烈變化，亦即上述的模態變動現象（CW 時）500 發生。因此在連續放電不可使用高微波區域。

在本發明係使微波脈衝化，將導通時的峰值電力設定成爲較發生模態變動的電力值更高，並控制工作比。在工作比 65% 以下發光強度比（圖 9）未發生激烈的變化，亦即可回避模態變動。

其理由推定如下。在 CW（連續放電），電子密度隨著微波電力值而上昇，在電力值到達電漿 111 的振動和電磁波的頻率共鳴密度之後，產生模態變化。另一方面，脈衝化的微波在截止時自由電子在數  $\mu\text{sec}$  間大部分被原子、分子捕捉，電漿 111 大部分變成陰離子和陽離子。因此，重複導通/截止的脈衝微波不發生電子密度的上昇。

圖 10 表示使用表 1 條件，對高微波電力側進行評價

的選擇比結果。在 CW（連續放電）在微波電力值 900W 以上基於模態變動的影響而導致選擇比的降低（構成不穩定），相對於此，脈衝化微波使用高微波電力側可得到高選擇比。

一般習知在脈衝放電電力截止後 50 $\mu$ s 的電子密度會衰減數十倍。因此使放電脈衝化，使其之截止時間成爲 50 $\mu$ s 以上的方式，針對脈衝的重複頻率和工作比加以設定，可充分回避模態變動。

以上本發明係對微波進行脈衝調變，可以迴避發生在高微波電力側的模態變動，可擴大蝕刻有效的製程區域。

#### 〔實施例 7〕

接著說明該模態變動區域自動回避的方法及裝置。模態變動如圖 9 所示大約產生於微波電力 900W 以上的高電力區域，但是基於氣體壓力或氣體種類，電漿 111 的密度而有差異，因此產生模態變動之電力亦依賴這些條件而有所不同。

回避彼等的方法，首先在事先使用條件下測定產生模態變動的電力值，裝置是將蝕刻條件和在該條件下產生模態變動的電力予以記憶，使用該條件時設定成爲具備自動對微波電力進行脈衝調變的機能。具有該機能的裝置可以防止錯誤使用模態變動區域之錯誤操作。

更且，說明關於事先針對產生模態變動的電力進行測定之自動化裝置。圖 11 表示產生模態變動電力的測定之

自動化裝置的處理流程圖。通常，蝕刻是批次（25 片）單位做處理，批次處理前虛擬晶圓處理 501 進行這些相同的處理條件。

之後為批次處理 502 及藉由氧氣的電漿 111 等等對腔室 101 的潔淨 503。虛擬晶圓處理 501，係包含：在設定微波電力值，例如從 800W 到 1200W 自動進行掃描，藉由光二極體等測定該期間之電漿 111 的發光強度的步驟、亦即微波電力自動掃描測定 504。

接著，蝕刻裝置控制用電腦 507，係從該資料抽出發光強度激烈變化的區域，實施記憶之模態變動電力識別 505，另外，具有在輸入配方時微波電力和模態變動區域相當時自動進行脈衝調變，而進行自動配方生成 506 的機能。藉由這個機能，作業者無須煩惱模態變動而可以進行蝕刻。

又，微波電力掃描時所測定的物理量不限定發光強度，偏壓電壓的峰值（ $V_{pp}$ ）等對應於模態變動而產生激烈變化量者即可達成相同效果。又，本發明說明的微波電力絕對值主要是對應於腔室 101 的大小，亦即因應處理對象的晶圓 102 的直徑而大幅變化。作為目標而使用腔室 101 的體積加以規格化之值時，可以轉換為不受腔室 101 的體積影響之量。例如以上的實施例，900W 相當於  $0.024\text{W}/\text{cm}^3$ 。

#### 【符號說明】

- 101：腔室
- 102：晶圓
- 103：試料台
- 104：微波透過窗
- 105：導波管
- 106：磁鐵
- 107：磁控管線圈
- 108：靜電吸附電源
- 109：高頻電源
- 110：晶圓搬入口
- 111：電漿
- 112：脈衝產生器
- 113：控制部
- 201：光纖
- 202：受光部
- 203：CD 演算部
- 204：第 2 資料庫
- 205：配方演算部
- 206：第 1 資料庫
- 207：蝕刻控制用 PC
- 301：遮罩
- 302：多晶矽膜
- 303：氧化膜
- 304：矽基板



- 401：接地面
- 402：角部分
- 500：模態變動現象（CW時）
- 501：虛擬晶圓處理
- 502：批次處理
- 503：潔淨
- 504：微波電力自動掃描測定
- 505：模態電動電力識別
- 506：自動配方生成

## 申請專利範圍

1. 一種電漿蝕刻裝置，具備晶圓被電漿蝕刻之處理室、透過導波管將微波之高頻電力供應至前述處理室內的高頻電源、產生供以就前述高頻電力作導通截止調變用的脈衝之脈衝產生器、使供以藉與前述微波之相互作用而產生電漿用的磁場產生於前述處理室內之磁場產生手段、及配置於前述處理室內並就前述晶圓作載置的試料台，特徵在於：

進一步具備一控制部，該控制部係以使前述被導通截止調變之高頻電力的導通期間之電力為予以產生連續放電的電漿的情況下的電漿不穩定不會發生之區域的電力值，並使前述被導通截止調變的高頻電力之時間平均值為予以產生連續放電的電漿之情況下的電漿不穩定會發生之區域的電力值之方式，而控制前述導通截止調變的工作比。

2. 如申請專利範圍第 1 項之電漿蝕刻裝置，其中，使前述脈衝之截止時間為前述處理室內的電漿不會消失之時間。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之電漿蝕刻裝置，其中，使前述脈衝之截止時間為 10ms 以下的時間。

4. 如申請專利範圍第 1~3 項中任一項之電漿蝕刻裝置，其中，

前述處理室之內壁的與前述電漿相接之部分，係形成直流電流通之接地面，

前述處理室之內壁的與前述電漿相接之角部分，係曲面之形狀。

5.一種乾蝕刻方法，利用藉微波與磁場之相互作用而產生的電漿就晶圓作蝕刻，特徵在於：

就前述微波作導通截止調變，

將前述導通截止調變的工作比控制為：

使前述被導通截止調變的微波之導通期間的電力為予以產生連續放電的電漿之情況下的電漿不穩定不會發生之區域的電力值；和

使前述被導通截止調變的微波之電力的時間平均值為予以產生連續放電的電漿之情況下的電漿不穩定會發生之區域的電力值。

6.如申請專利範圍第 5 項之乾蝕刻方法，其中，

使前述導通截止調變之截止時間為 10ms 以下的時間。

圖式

圖 1

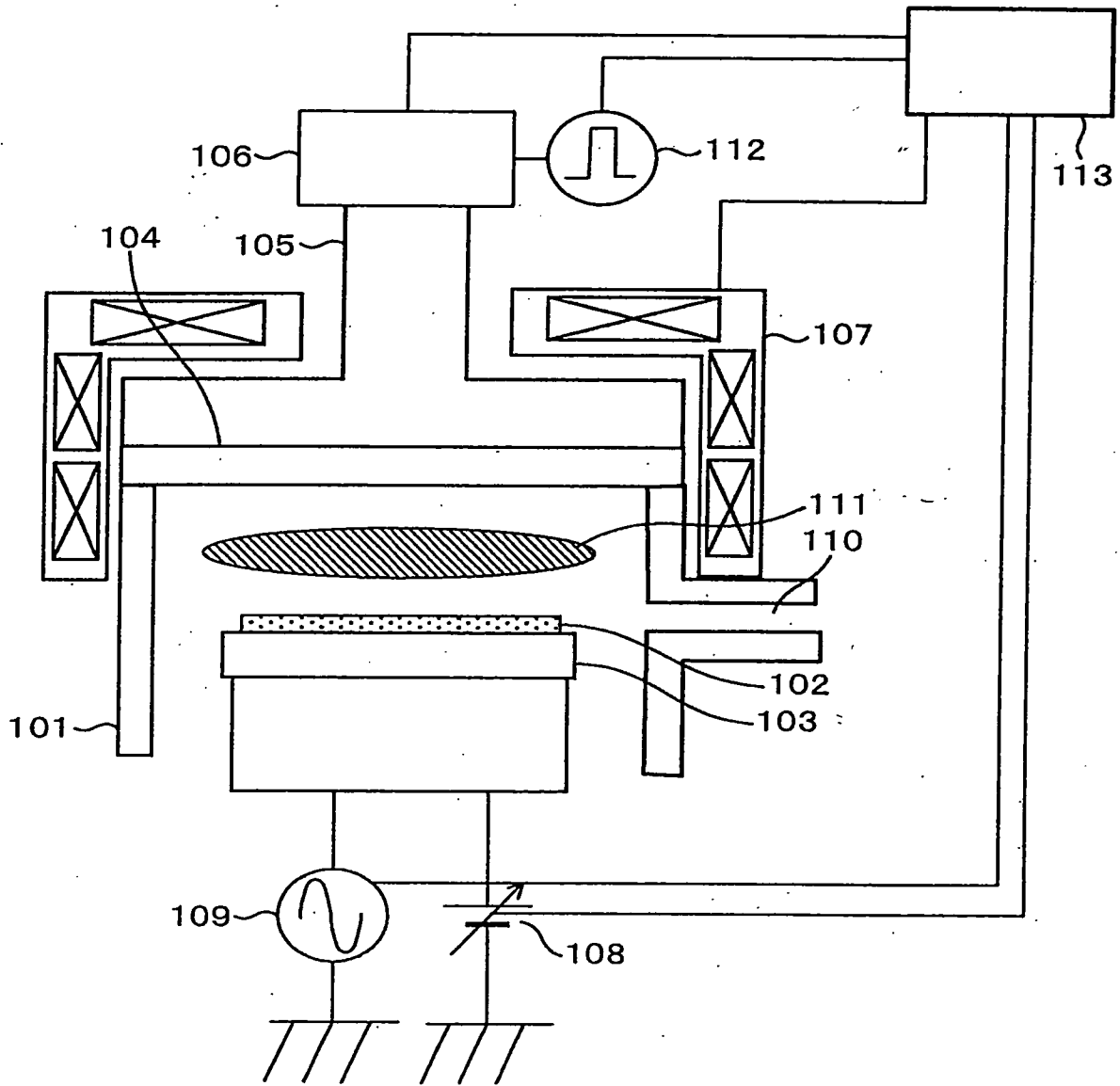
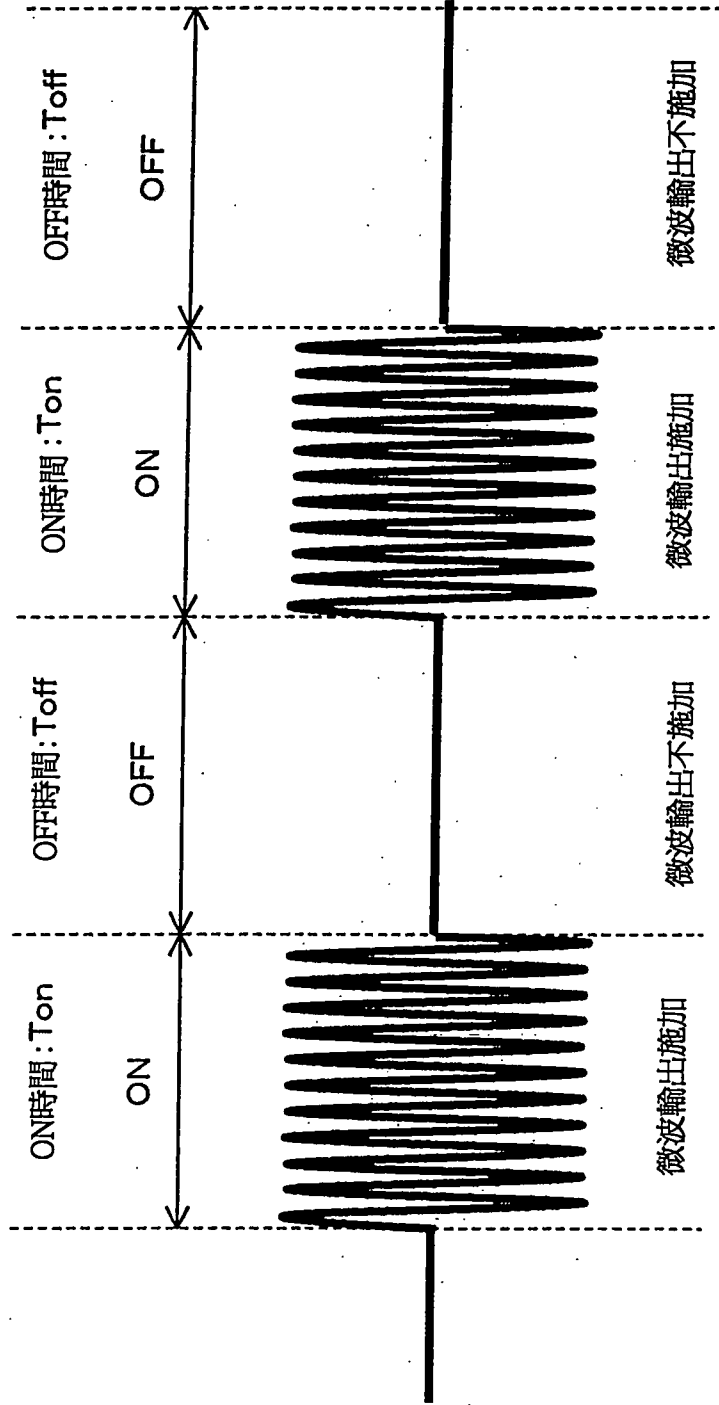


圖 2



ON時間: Ton (s)

OFF時間: Toff (s)

$$\text{工作比 (\%)} : \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100$$

$$\text{重複頻率f (Hz)} : f = \frac{1}{T_{on} + T_{off}}$$

圖 3

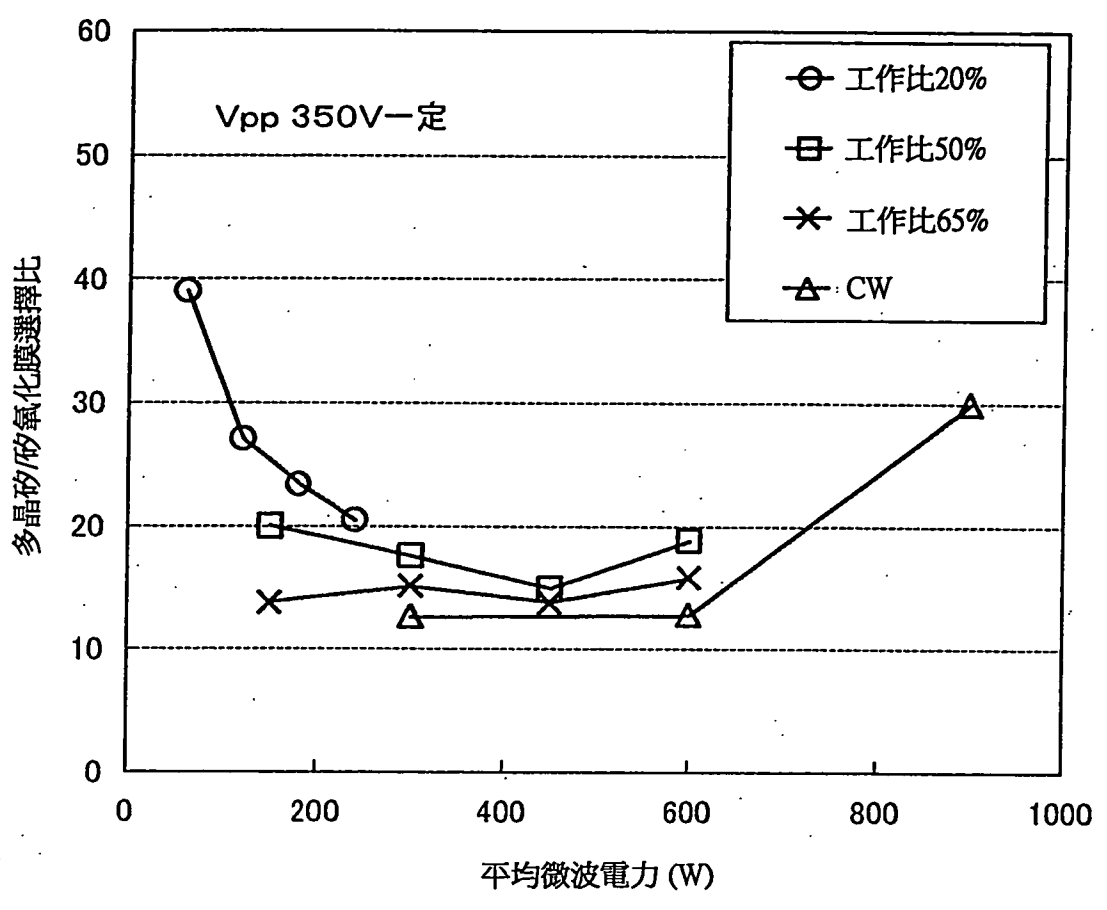


圖 4

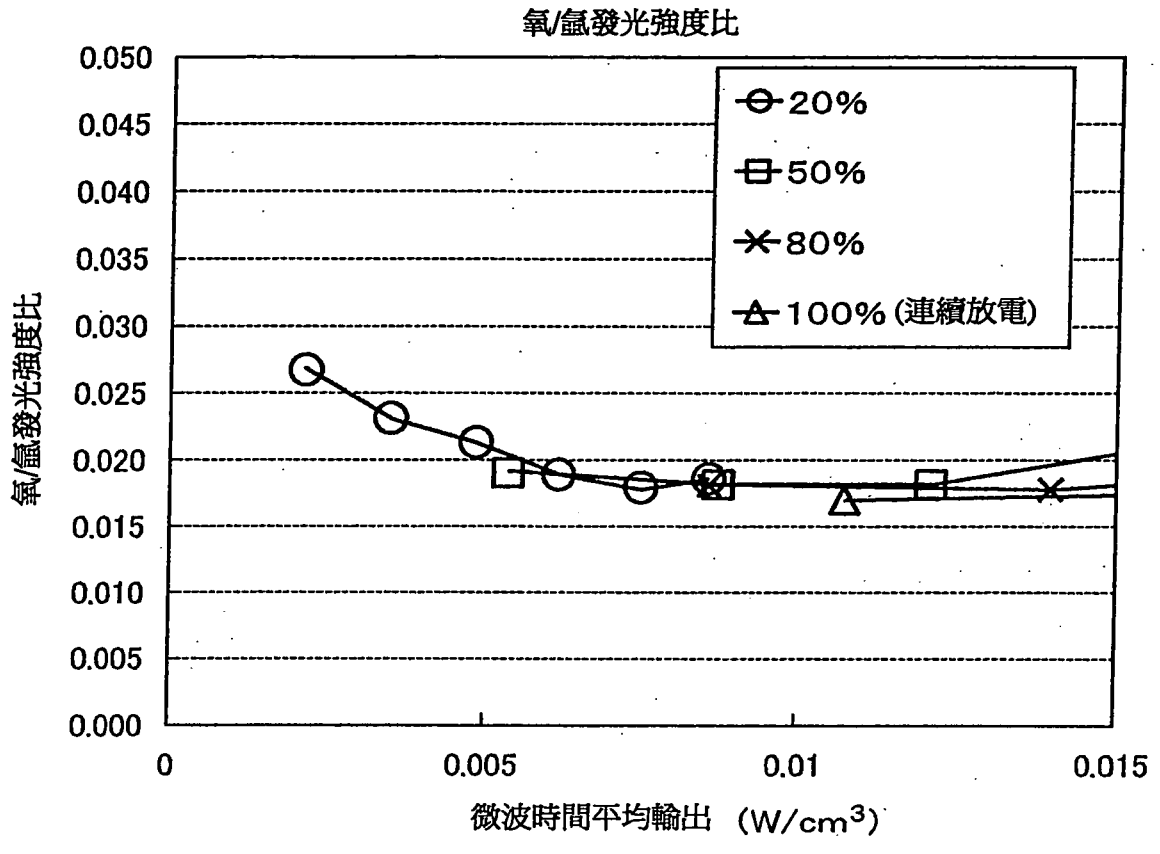


圖 5

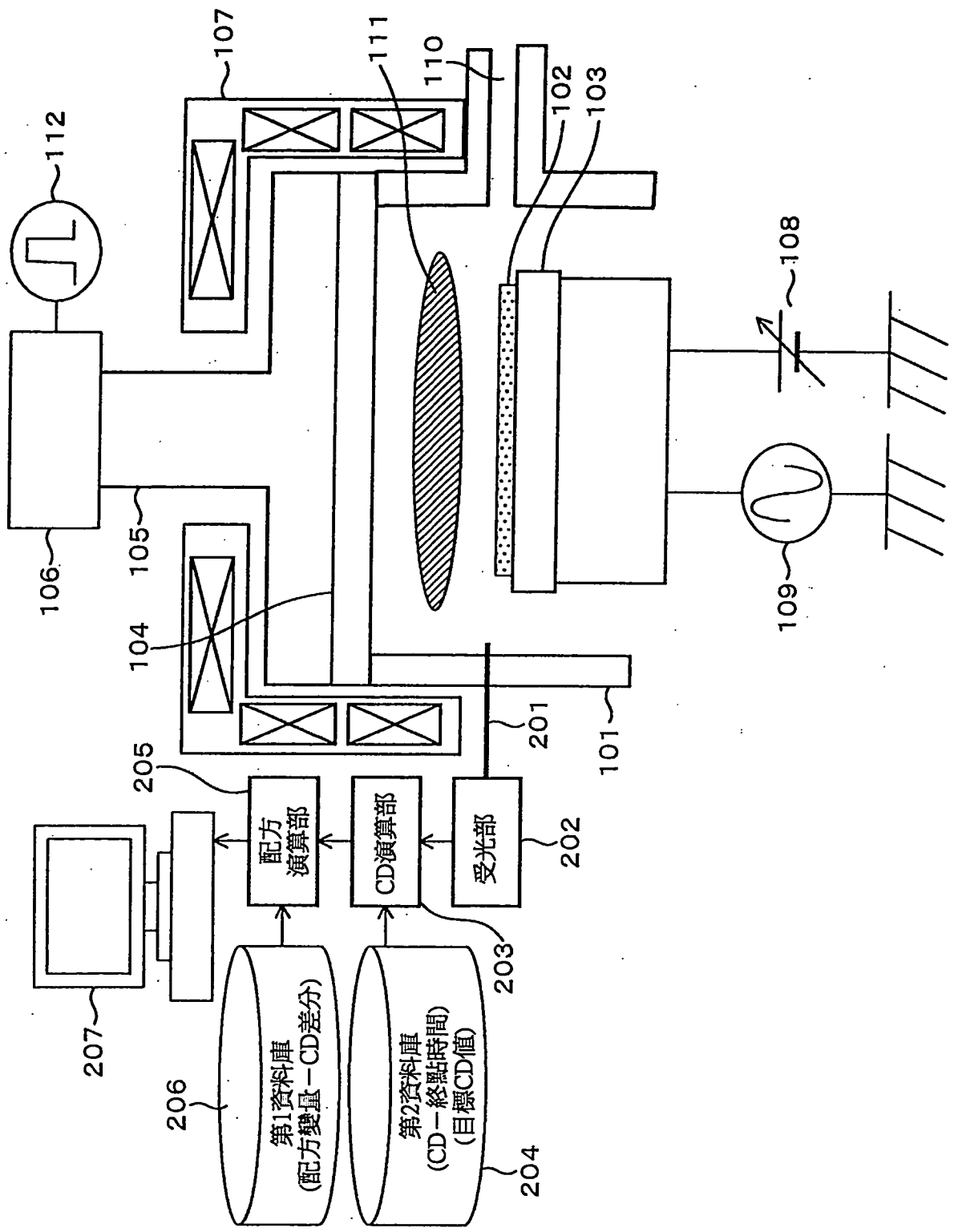




圖 6

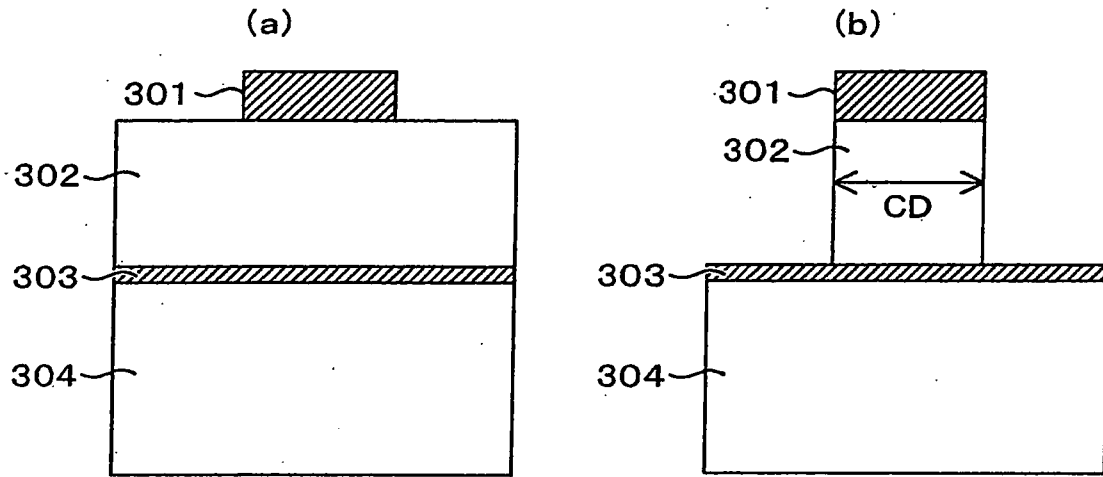


圖 7

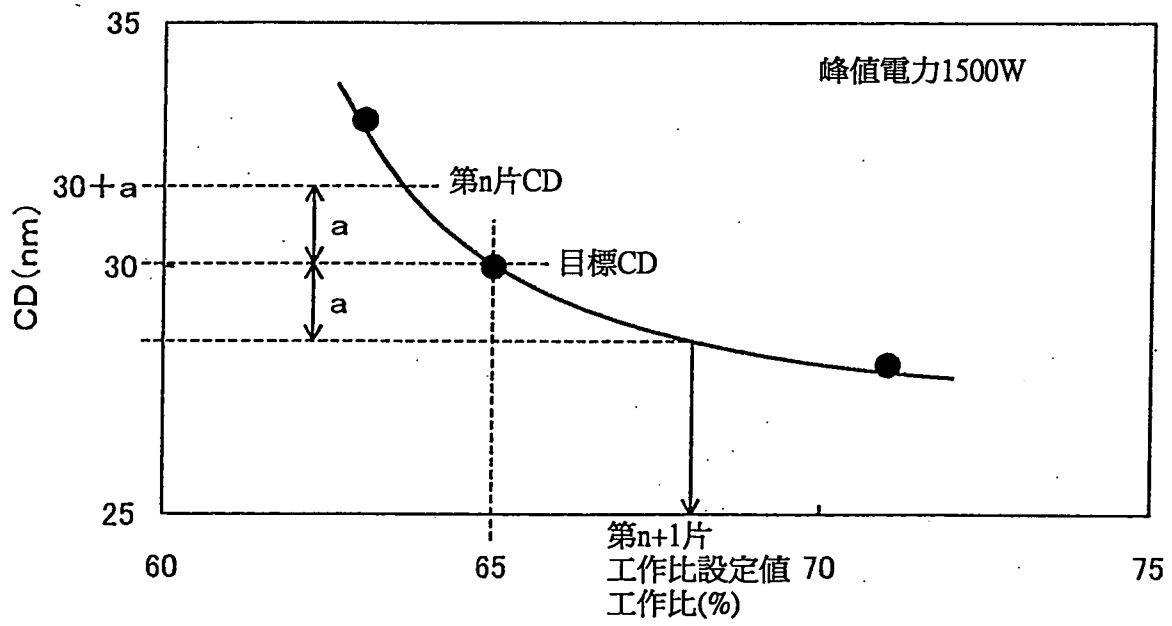


圖 8

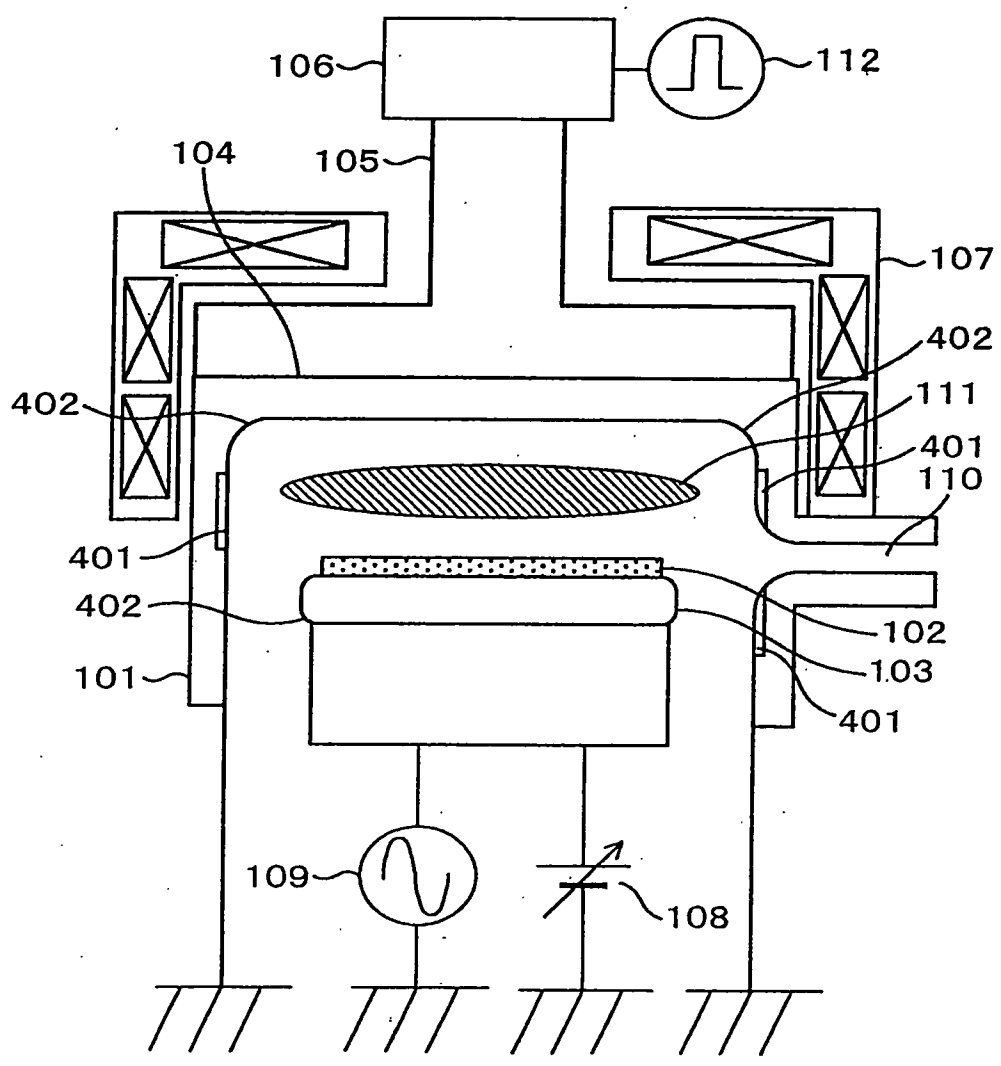


圖 9

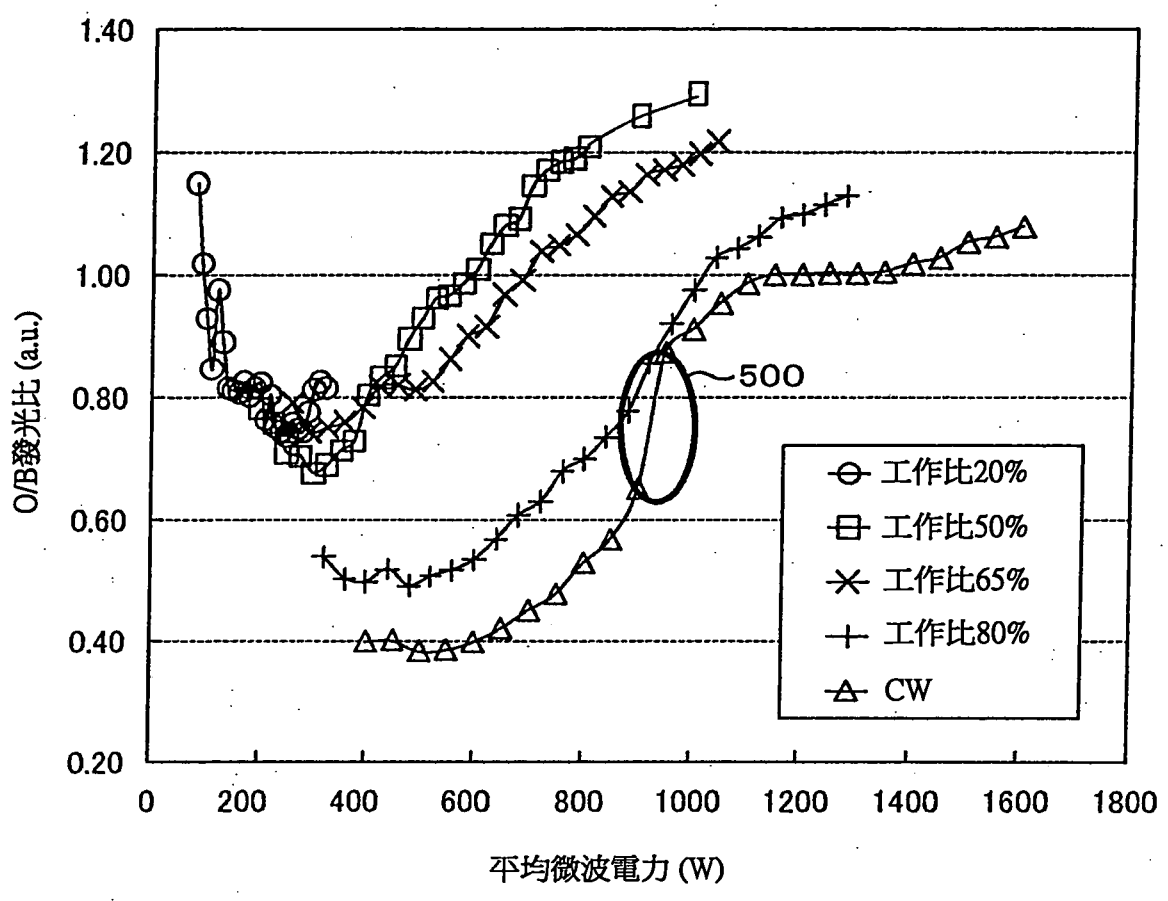


圖 10

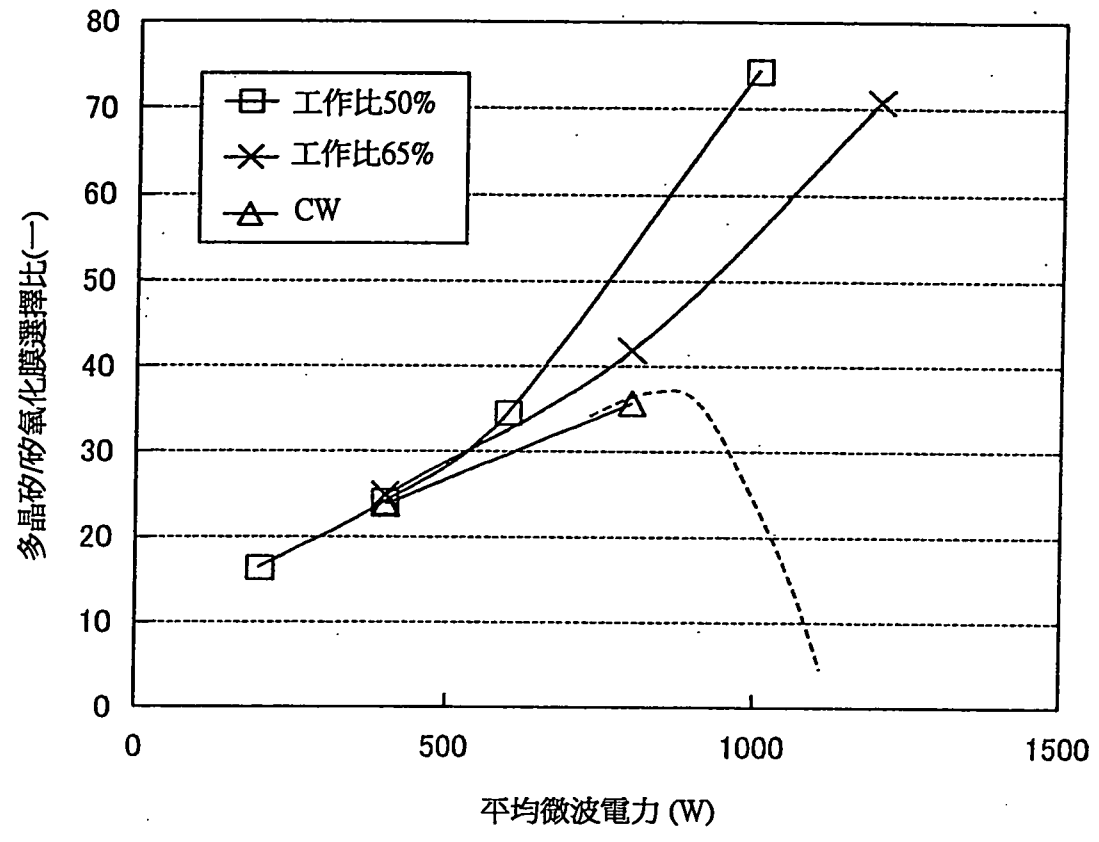


圖 11

