



(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 I501289 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：102121544 (22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 06 月 18 日

(51)Int. Cl. : H01J37/32 (2006.01) H01L21/3065(2006.01)

(30)優先權：2013/04/09 日本 2013-080901

(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：武藤悟 MUTO, SATORU (JP)；小野哲郎 ONO, TETSUO (JP)；大越康雄 OHGOSHI, YASUO (JP)；永徳宏文 EITOKU, HIROFUMI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW	439142	TW	201118943A
TW	201207883A	CN	102027810A
US	2004/0238490A1	US	2011/0031216A1
US	2013/0029492A1		

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 36 頁

(54)名稱

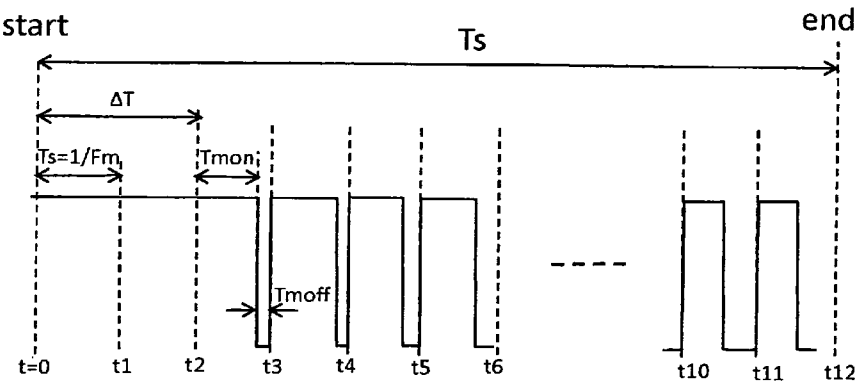
電漿處理方法及電漿處理裝置

(57)摘要

本發明的課題是在於提供一種隨著電漿處理時間的經過逐漸地使電漿的解離狀態變化，藉此可進行所望的電漿處理之電漿處理方法及電漿處理裝置。

本發明係一種電漿處理方法，係使用電漿處理裝置的電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：電漿處理室，其係電漿處理試料；第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及第二高頻電源，其係對載置前述試料的試料台供給第二高頻電力，其特徵為：藉由第一脈衝來調變前述第一高頻電力，隨電漿處理時間的經過逐漸地控制前述第一脈衝的負荷比，藉此將電漿的解離狀態控制成所望的解離狀態。

圖 3



發明摘要

※申請案號：102121544

※申請日：102 年 06 月 18 日

※IPC 分類：

H01J 37/32 (2006.01)

H01L 21/3065 (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】

本發明的課題是在於提供一種隨著電漿處理時間的經過逐漸地使電漿的解離狀態變化，藉此可進行所望的電漿處理之電漿處理方法及電漿處理裝置。

本發明係一種電漿處理方法，係使用電漿處理裝置的電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：

電漿處理室，其係電漿處理試料；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及

第二高頻電源，其係對載置前述試料的試料台供給第二高頻電力，

其特徵為：

藉由第一脈衝來調變前述第一高頻電力，

隨電漿處理時間的經過逐漸地控制前述第一脈衝的負荷比，藉此將電漿的解離狀態控制成所望的解離狀態。

【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)

電漿處理方法及電漿處理裝置

【技術領域】

[0001] 本發明是有關半導體元件的電漿處理方法及電漿處理裝置，特別是有關為了電漿處理的高精度化而將電漿脈衝調變的電漿處理方法及電漿處理裝置。

【先前技術】

[0002] 隨著半導體元件的微細化，被稱為 Fin Field Effect Transistor (以下稱為 Fin-FET) 的 3 次元構造的電晶體開始量產化。對應於此，微細化的關鍵之乾蝕刻技術被要求更進一步的微細化、高長寬比 (aspect) 及以往的 2 次元構造的電晶體所沒有的複雜的形狀的高精度的蝕刻，需要突破技術。

[0003] 並且，蝕刻中的長寬比等的加工形狀是隨時間而變化，存在對應於該形狀的最適的蝕刻條件，但以往的蝕刻方法大多是未按照形狀的變化而改變條件。

[0004] 在蝕刻中使條件變化的先行技術，例如在專利文獻 1 是揭示具有第 1 電力施加工程及第 2 電力施加工程之矽構造體的製造方法，該第 1 電力施加工程是在利用蝕刻氣體及有機堆積物形成氣體交替導入而形成的電漿來

蝕刻矽基板的過程，使從該蝕刻的開始時既定時間對蝕刻氣體導入時的基板的施加電力形成一定，該第 2 電力施加工程是使該既定時間經過後對蝕刻氣體導入時的基板的施加電力隨時間而上昇。

[0005] 並且，在專利文獻 2 是揭示將試料 11 的蝕刻期間例如分成 2 個，前半（數十秒）是進行使用脈衝放電的高電子溫度的蝕刻（模式 1），後半（數秒～20 秒）是進行通常的低損傷蝕刻（模式 2）。

[先行技術文獻]

[專利文獻]

[0006]

[專利文獻 1] 日本特開 2009-239054 號公報

[專利文獻 2] 日本特開平 2-312227 號公報

【發明內容】

（發明所欲解決的課題）

[0007] 但，例如專利文獻 1 是以被稱為 micro electro mechanical system（以下稱為 MEMS）的微小的機械加工為目的，因此尺寸精度也是數微米級的控制，無法適用在所欲達到 10nm 水準的電晶體的閘極加工。

[0008] 並且，在專利文獻 2 所記載的技術是以蝕刻速度的提升為目的，因此未考慮使時間變化的精度或放電的安定性亦即改變電力的範圍等。亦即，若使投入電漿的

電力變化，則在某值，電漿忽隱忽現而變不安定，在某值的前後產生蝕刻速度等的特性不連續性地變化的現象。這是因為隨著投入電力的變化，電漿密度變化而電磁波的傳導模式變化，或電漿中的電場分佈變化所引起。

[0009] 而且，就蝕刻中使連續性施加的電力變化的技術而言，蝕刻速度等的特性某程度是以連續性變化為前提，若不連續地變化，則控制困難，無法取得所望的加工形狀。

[0010] 本發明的目的是在於提供一種對應於 10nm 水準的微細加工之蝕刻技術。而且，確保蝕刻的安定性，實現再現性佳的微細加工。並且，本發明有鑑於該等，而提供一種隨著電漿處理時間的經過逐漸地使電漿的解離狀態變化，藉此可進行所望的電漿處理之電漿處理方法及電漿處理裝置。

（用以解決課題的手段）

[0011] 本發明係一種電漿處理方法，係使用電漿處理裝置的電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：

電漿處理室，其係電漿處理試料；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及

第二高頻電源，其係對載置前述試料的試料台供給第二高頻電力，

其特徵為：

藉由第一脈衝來調變前述第一高頻電力，

隨電漿處理時間的經過逐漸地控制前述第一脈衝的負荷比，藉此將電漿的解離狀態控制成所望的解離狀態。

[0012] 又，本發明係一種電漿處理裝置，係具備：

電漿處理室，其係電漿處理試料；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；

第一脈衝產生器，其係產生用以調變前述第一高頻電力的第一脈衝；

第二高頻電源，其係對載置前述試料的試料台供給第二高頻電力；及

第二脈衝產生器，其係產生用以調變前述第二高頻電力的第二脈衝，

其特徵為更具備：

第一 ON/OFF 訊號產生器，其係產生控制前述第一高頻電源的 ON 及 OFF 的訊號；及

第二 ON/OFF 訊號產生器，其係產生控制前述第二高頻電源的 ON 及 OFF 的訊號，

前述第一脈衝的 ON 期間時，當前述第一高頻電源由前述第一 ON/OFF 訊號產生器接受 OFF 訊號時，前述第一高頻電源係停止第一高頻電力的供給。

[發明的效果]

[0013] 本發明是隨著電漿處理時間的經過逐漸地使

電漿的解離狀態變化，藉此可進行所望的電漿處理。

【圖式簡單說明】

[0014]

圖 1 是表示用以實施本發明的電漿處理方法的電漿蝕刻裝置的一例的概略剖面圖。

圖 2 是表示電力控制部的方塊圖。

圖 3 是表示調變第一高頻電源的脈衝波形的圖。

圖 4 是表示實施例 1 的電漿蝕刻結果的圖。

圖 5 是表示本發明的負荷比的控制方法的圖。

圖 6 是表示實施例 2 的電漿蝕刻結果的圖。

圖 7 是表示藉由使脈衝調變的重複頻率變化來控制負荷比的例圖。

【實施方式】

[0015] 首先，一邊參照用以實施本發明的電漿蝕刻裝置的一例，一邊進行說明。圖 1 是在電漿生成手段利用微波及磁場的 Electron Cyclotron Resonance（以下稱為 ECR）型電漿蝕刻裝置的概略圖。

[0016] ECR 型電漿蝕刻裝置是由：電漿處理室，亦即可將內部真空排氣的腔室 101、及載置試料的晶圓 102 的試料台 103、及設於腔室 101 的上面之石英製的微波透過窗 104、及設於其上方的導波管 105、及振盪微波的磁控管 106、及對磁控管 106 供給高頻電力的第一高頻電源

113、及設在腔室 101 周圍的螺線線圈 107、及連接至試料台 103 的靜電吸附電源 108 及第二高頻電源 109 所構成。

[0017] 晶圓 102 是從晶圓搬入口 110 搬入至腔室 101 內之後，藉由靜電吸附電源 108 來靜電吸附於試料台 103。其次，製程氣體會從氣體導入口 111 導入至腔室 101 內。腔室 101 內是藉由真空泵（圖示省略）來減壓排氣，調整成既定的壓力（例如 $0.1\text{Pa} \sim 50\text{Pa}$ ）。其次，藉由第一高頻電源 113 來對磁控管 106 供給高頻電力而從磁控管 106 振盪頻率 2.45GHz 的微波，經由導波管 105 來傳播至腔室 101 內。在此，第一高頻電源 113 是可將連續性的高頻電力或時間被調變的高頻電力供給至磁控管 106。

[0018] 利用微波與藉由螺線線圈 107 所產生的磁場的作用來激發處理氣體，在晶圓 102 上部的空間形成電漿 112。另一方面，在試料台 103，藉由第二高頻電源 109 來施加偏壓，電漿 112 中的離子會被垂直地加速射入至晶圓 102 上。並且，第二高頻電源 109 可將連續性的偏壓電力或時間被調變的偏壓電力施加於試料台 103。藉由來自電漿 112 的自由基與離子的作用來異方性地蝕刻晶圓 102。

[0019] 電漿生成用電力或晶圓偏壓用電力是藉由電力控制部 114 來控制。在圖 2 顯示電力控制部 114 的構成。電漿蝕刻條件（以下稱為處方）是被輸入至微電腦 201。有關電力的時間控制的部分的處方是由：蝕刻時間

T_s 、時間變化的刻度 ΔT 、微波的脈衝調變頻率 F_m 及其初期負荷比 D_{ms} 、蝕刻終了時的負荷比 D_{me} 、偏壓的脈衝調變頻率 F_b 、其初期負荷比 D_{bs} 、蝕刻終了時的負荷比 D_{be} 的重複頻率及負荷比所構成。

[0020] 微電腦 201 是計算從所被輸入的處方脈衝被調變之微波的負荷比的時間變化 $D_m(t)$ 、及脈衝被調變之偏壓的負荷比的時間變化 $D_b(t)$ 。時間變化是可多次元式或以指數函數等任意的函數來使變化，但通常是一次式，亦即與時間成比例來使增減的控制即足夠。

[0021] 其次，負荷比的時間變化是在時間變換部 202 變換成微波的開啟 (ON) 的時間 $T_{mon}(t)$ 及關閉 (OFF) 的時間 $T_{moff}(t)$ ，偏壓的開啟 (ON) 的時間 $T_{bon}(t)$ 及偏壓的關閉 (OFF) 的時間 $T_{boff}(t)$ 的值，而 $T_{mon}(t)$ 及 $T_{moff}(t)$ 會被送至第一脈衝產生器 203， $T_{bon}(t)$ 及 $T_{boff}(t)$ 會被送至第二脈衝產生器 204。

[0022] 第一脈衝產生器 203 是按照接受的訊號來產生將第一高頻電源 113 的輸出予以脈衝調變的訊號，第二脈衝產生器 204 是按照接受的訊號來產生將第二高頻電源 109 的輸出予以脈衝調變的訊號。並且，為了取第一高頻電源 113 與第二高頻電源 109 的輸出的同步，而設有主時脈 205。主時脈 205 的振盪頻率是只要比脈衝頻率更充分大，多少皆可，但在本實施例是設為 400kHz。

[0023] 主時脈 205 的輸出會進入第一脈衝產生器 203 及第二脈衝產生器 204，使產生脈衝波形的時機與主時脈

205 的頻率同步，藉此取得電漿的調變與偏壓的調變的同步。而且，主時脈 205 的輸出也兼備第二高頻電源 109 的頻率，將第二脈衝產生器 204 與主時脈 205 的輸出予以乘算後的波形會在第二高頻電源 109 被放大，而施加於晶圓 102。

[0024] 其次，藉由圖 3 來說明將從第一高頻電源 113 供給的高頻電力予以調變的脈衝波形 206。另外，圖 3 的脈衝波形及以下的動作說明是將數值簡略化成說明用。圖 3 是將蝕刻時間 T_s 設定為 6s，將時間變化的刻度 T_d 設定為 1s，將微波的調變頻率 F_m 設定為 0.5Hz，將初期負荷比 D_{ms} 設定為 100%，將終了時的負荷比 D_{me} 設定為 50% 時的脈衝波形。

[0025] 依據此處方，微電腦 201 是 $T_s/T_d=6$ ，亦即分成 6 次，與時間成比例，使負荷比從 100% 減少至 50%。亦即，微電腦 201 是算出每 1s 使負荷比減少 10%。由於脈衝頻率 F_m 為 0.5Hz，因此 T_d 在 1s 之間產生兩次脈衝。亦即，脈衝波形是在最初 1s 間兩次發送負荷比 100%，在其次的 1s 間兩次發送負荷比 90% 的脈衝，在其次的 1s 間兩次發送負荷比 80% 的脈衝，以下重複，在最後的 1s 間兩次發送負荷比 50% 的脈衝而終了。

[0026] 磁控管 106 是按照此脈衝來將其輸出開啟/關閉 (ON/OFF) 而發送。磁控管的 ON 期間的高頻電力 P_m 是另外輸入處方，例如若將 P_m 設定為 1000W，則平均高頻電力是在 6s 間以 100W 的刻度從 1000W 減少至

500W。另外，平均高頻電力是藉由 P_m 與負荷比的乘積來求取的值。

[0027] 以上的動作是說明有關將從第一高頻電源 113 供給的高頻電力予以調變的情況，但在將從第二高頻電源 109 供給的高頻電力予以調變的情況也是進行同樣的動作。並且，從第一高頻電源 113 供給的高頻電力及從第二高頻電源 109 供給的高頻電力是可獨立控制，因此從第二高頻電源 109 供給的高頻電力是即使脈衝不調變連續輸出也無妨。

[0028] 將測定以上那樣使微波的電力變化於蝕刻時間內時的放電的安定性之結果顯示於表 1。在表 1 是以忽隱忽現的大小來評價目視之電漿發光強度的變化。氣體是使用 Cl_2 氣體、 O_2 氣體及 HBr 氣體的混合氣體，壓力是 0.5Pa。將 P_m 設為 1000W 來改變負荷比而改變微波電力時是在全部的領域放電安定，但像以往那樣使 P_m 減少時是在 700~800W 發生放電不安定。亦即，以往方法是無法高精度的蝕刻。

[0029] 又，有關 P_m 是若在連續放電時設定於安定地放電的值的範圍，則使與負荷比一起變化也無妨。產生放電不安定的微波電力是與氣體的種類及壓力等的放電條件有關，因此每次需要測定放電的安定性。

[0030]

[表 1]

平均電力(W)	1000	900	800	700	600	500
連續輸出	○	○	△	×	○	○
脈衝調變 duty 比控制	○	○	○	○	○	○

在此，○是放電安定，△是放電的忽隱忽現小，×是放電的忽隱忽現大。

[0031] 並且，在第一高頻電源 113 有別於脈衝波形另外第一電源 ON/OFF 訊號產生器 207 的輸出進入，在第二高頻電源 109 有別於脈衝波形另外第二電源 ON/OFF 訊號產生器 208 的輸出會進入。這目的是為了安全，在電力控制部 114 發生異常而自第一脈衝產生器 203、第二脈衝產生器 204 連續出現 ON 訊號時也獨立遮斷電力。

[0032] 第一 ON/OFF 訊號產生器 207 是自處方於別系統進入蝕刻時間的資訊，控制第一高頻電源 113 的 ON/OFF，第一高頻電源 113 是只在第一脈衝產生器 203 的脈衝為開啟（ON）且第一 ON/OFF 訊號產生器 207 的訊號為開啟（ON）時輸出。並且，第二 ON/OFF 訊號產生器 208 是自處方於別系統進入蝕刻時間的資訊，控制第二高頻電源 109 的 ON/OFF，第二高頻電源 109 是只在第二脈衝產生器 204 的脈衝為開啟（ON）且第二 ON/OFF 訊號產生器 208 的訊號為開啟（ON）時輸出。藉由如此的構成，可防止蝕刻異常甚至電漿蝕刻裝置的破損事故。

[實施例 1]

[0033] 以下說明本發明的電漿蝕刻方法的具體的實施例。本實施例的電漿蝕刻處理是利用圖 1 所示的微波 ECR 電漿蝕刻裝置來進行。並且，本實施例是藉由電漿蝕刻來形成多晶矽（Poly-Si）閘極的例子。

[0034] 蝕刻前的多晶矽閘極構造是如圖 4（a）所示般，由上依序在第一膜層疊含氮矽膜 401，在第二膜層疊多晶矽膜 402，在第三膜層疊氧化膜 403，及在第四膜層疊矽基板 404 之構造。並且，第一膜的含氮矽膜 401 是作為預先被圖案化成所望的尺寸的溝圖案之遮罩使用。

[0035] 首先，根據表 2 所示那樣的第 1 步驟的蝕刻條件，像圖 4（b）那樣以含氮矽膜 401 作為遮罩來將多晶矽膜 402 蝕刻至氧化膜 403 不露出的深度。

[0036]

[表 2]

蝕刻時間	10s
Cl ₂ 氣體	140ml/min
O ₂ 氣體	16ml/min
HBr 氣體	140ml/min
Ar 氣體	57.6ml/min
CH ₄ 氣體	2.4ml/min
處理壓力	0.6Pa
微波電力	750W
偏壓電力	120W

[0037] 其次，表 3 所示那樣的第 2 步驟，最初的 10

秒間是將脈衝調變的 ON 期間的微波電力及負荷比分別設定成 1000W，100%，而將微波平均電力設為 1000W。其次的 10 秒間是將脈衝調變的 ON 期間的微波電力及負荷比分別設定成 1000W，90%，而將微波平均電力設為 900W。再其次的 10 秒間是將脈衝調變的 ON 期間的微波電力及負荷比分別設定成 1000W、80%，而將微波平均電力設為 800W。

[0038] 如此依序每 10 秒將脈衝調變的 ON 期間的微波電力維持於 1000W 而使負荷比降低，最後的 10 秒間將脈衝調變的 ON 期間的微波電力及負荷比分別設定成 1000W，50%，而將微波平均電力設為 500W。如此一邊調整負荷比，一邊每 10 秒使微波平均電力從 1000W 降低至 500W，而蝕刻第 1 步驟後之多晶矽膜 402 的剩餘的膜。

[0039]

[表 3]

蝕刻時間	60s
微波的脈衝調變頻率 Fm	1000Hz
時間變化刻度 Td	10s
初期負荷比 Dms	100%
終了時負荷比 Dme	50%
O ₂ 氣體	5ml/min
HBr 氣體	190ml/min
Ar 氣體	48ml/min
CH ₄ 氣體	2ml/min
處理壓力	0.35Pa
脈衝調變的 ON 期間的微波電力	1000W
偏壓電力	40W

[0040] 進行上述第 1 步驟及第 2 步驟的蝕刻的結果，如圖 4（d）所示般，可形成抑制氧化膜 403 的削去，且無對處理能力的影響及蝕刻殘留的處理。並且，可取得如此的效果的理由是是如以下般。

[0041] 上述第 2 步驟是需要可與氧化膜 403 取選擇比高的條件，因此如表 4 所示般，若每 10 秒將負荷比維持於 100% 的狀態下使微波電力從 1000W 階段性地減少至 500W 的蝕刻條件來進行蝕刻，則像圖 4（c）那樣發生多晶矽膜 402 不被蝕刻留下之處。在此，為了提高與氧化膜 403 的選擇比，而使微波電力階段性地減少的理由是因為若只在微波電力的 1000W 進行蝕刻，則難以抑制氧化膜 403 的切削，若只在微波電力的 500W 蝕刻，則雖切削抑制效果大，但蝕刻速率變慢，影響處理能力。亦即，為了兼顧氧化膜 403 的切削抑制及不影響處理能力。

[0042]

[表 4]

蝕刻時間	60s
O ₂ 氣體	5ml/min
HBr 氣體	190ml/min
Ar 氣體	48ml/min
CH ₄ 氣體	2ml/min
處理壓力	0.35Pa
微波電力	1000W~500W(100W 間距)
偏壓電力	40W

[0043] 並且，像圖 4（c）那樣無法完全除去多晶矽膜 402 的理由，可思考是因為如表 1 所示般在使微波電力減少的途中放電成為不安定，蝕刻不進展所致。另一方面，表 3 所示那樣的第 2 步驟時，因為藉由負荷比的控制來使微波平均電力階段性地減少，所以第 2 步驟的期間之脈衝調變的 ON 期間的微波電力是被維持於 1000W。又，如表 1 所示般，因為 1000W 的微波電力是放電安定領域的微波電力值，所以若將微波電力設於 1000W，則放電安定。

[0044] 因此，表 3 所示那樣的第 2 步驟的放電是使微波平均電力階段性地減少也持續安定。所以，藉由表 3 所示那樣的第 2 步驟來蝕刻，可取得圖 4（d）那樣的蝕刻形狀。

[0045] 以上，本實施例是使微波電力隨時間逐漸地變化時，使微波電力脈衝調變，將脈衝調變的 ON 期間的

微波電力值設定成電漿安定的領域的值來改變負荷比，藉由控制微波平均電力之電漿處理方法。並且，藉由本實施例，可一邊維持使電漿安定的狀態，一邊逐漸地使微波平均電力變化，因此可安定地進行高精度的蝕刻。

[實施例 2]

[0046] 以往技術是如專利文獻 1 所記載般，主要適用在 MEMS。因此，加工的尺寸為 $0.5\mu\text{m}$ 程度，比現在 $20\sim 30\text{nm}$ 水準的半導體元件的尺寸大。本發明當然 MEMS 也可適用， 20nm 以下的微細的蝕刻也可適用。本實施例是顯示長寬比為 8，寬為 20nm 之矽的溝所埋入的氧化膜的回蝕 (Etch Back) 工程的適用例。

[0047] 近年來，Fin-FET 之類的 3 次元構造的電晶體被量產化。3 次元構造元件的蝕刻是其製造工程也與以往的平面型的電晶體大不同，需要以往所無的技術。微細寬及高長寬比的溝圖案的回蝕也是其之一。在本實施例是必須不蝕刻矽來除去微細寬及高長寬比的溝內的氧化膜。

[0048] 就如此的蝕刻而言，是可微調蝕刻成分及堆積性部分的氣體系為適，如此的氣體系有 CHF_3 氣體及 H_2 氣體 CO 氣體的混合氣體或 C_2F_6 氣體、 H_2 氣體及 CO 氣體的混合氣體。並且，在該等的混合氣體的 CO 氣體是亦可為 CO_2 氣體。又，亦可在該等的混合氣體添加 Ar 氣體、 Xe 氣體、 Kr 氣體等的稀有氣體或 N_2 氣體。在本實施例是如表 5 所示般使用 Ar 氣體、 CHF_3 氣體、 CO 氣體及 H_2 氣

體的混合氣體，且將壓力設為 0.5Pa。並且，在表 5 的 Toe 是表示過蝕刻的時間，在本實施例是維持最終負荷比的狀態來進行過蝕刻於 30s 間。

[0049]

[表 5]

蝕刻時間 Ts	360s
時間變化刻度 Td	7.2s
過蝕刻時間 Toe	30s
微波的脈衝調變頻率 Fm	1000Hz
微波電力初期負荷比 Dms	100%
微電電力終了時負荷比 Dme	51%
偏壓的脈衝調變頻率 Fb	1000Hz
偏壓電力初期負荷比 Dbs	20%
偏壓電力終了時負荷比 Dbe	49%
Ar 氣體	200ml/min
CHF ₃ 氣體	40ml/min
CO 氣體	10ml/min
H ₂ 氣體	10ml/min
處理壓力	0.5Pa
脈衝調變的 ON 期間的微波電力	800W
脈衝調變的 ON 期間的偏壓電力	200W

[0050] 微波電力是將脈衝調變的 ON 期間的微波電力設為 800W，使負荷比從初期 100% 到終了時 51% 為止於蝕刻時間 Ts 的 360s 的期間以 7.2s 間隔變化。並且，偏壓電力是將脈衝調變的 ON 期間的偏壓電力設為 200W，使負荷比從初期 20% 到終了時 49% 為止以和微波電力同時間間隔變化。將此情況的微波電力及偏壓電力的負荷比的

時間變化顯示於圖 5。

[0051] 微波電力的負荷比是每 7.2s 各減少 1%，微波平均電力是從 800W 減少至 408W。另一方面，偏壓電力的負荷比是每 7.2s 各增加 0.5%，偏壓電力的平均電力是從 16W 增加至 98W。以表 5 所示那樣的方法來蝕刻的結果，可取得圖 6（b）所示那樣的所望蝕刻形狀。在此，圖 6（a）是被埋入矽溝 601 的蝕刻前的氧化膜 602 的剖面圖。

[0052] 另一方面，從初期狀態不改變負荷比來蝕刻時，像圖 6（c）那樣產生即使延長蝕刻時間也無法除去的蝕刻殘留 603。這是若蝕刻進展而溝的長寬比漸漸變大，則電漿中的附著係數大的自由基（例如 CH_x ， CHF_x 等）會在到達至溝的底之前在溝的入口附近堆積，因此不能保持與蝕刻初期同特性。

[0053] 因此，像本實施例那樣在蝕刻中，按照蝕刻形狀的變化來改變電漿的解離或偏壓的能量而提高加工精度的方法為有效。本實施例是隨時間縮小微波平均電力而抑制電漿的解離，亦即抑制解離進展而可附著係數大的自由基的比例，且逐漸地擴大偏壓電力的平均電力，而使離子能到達至溝底，藉此實現高長寬比的蝕刻。

[0054] 另外，微波電力與偏壓電力的增減是與所使用的氣體系及蝕刻形狀有關，因此本發明並非限於本實施例。而且，有關偏壓電力，在 ECR 型電漿蝕刻裝置是形狀及選擇比的控制任務要比放電的不安定性還強，因此亦

可為使負荷比形成一定而改變脈衝調變的 ON 期間的電力之類的控制。並且，若改變微波電力、偏壓電力，且使氣體壓力、氣體組成變化，則可進行更高精度的蝕刻。

[0055] 並且，在以上的實施例是預先設定蝕刻時間，但也有從電漿中的反應生成物的發光強度的變化來檢測出蝕刻的終點的情況。此情況是不設定蝕刻時間 T_s ，只要設定時間變化的刻度 T_d 及負荷比的變化幅度來使負荷比變化而自發光強度決定蝕刻終了時間即可。亦可設定成只比預測的蝕刻終了時間短的時間的期間使負荷比變化，然後維持一定的負荷比，這個期間檢測出根據發光強度之蝕刻的終點。而且，亦可在蝕刻氣體混合電離能量不同的 2 種類以上的稀有氣體，隨時間經過改變其混合比。

[實施例 3]

[0056] 其次，說明有關電漿蝕刻時的課題之一的充電損傷的解決手段。例如，圖 4 所示的氧化膜 403 為層間絕緣膜等的蝕刻終止層時，充電損傷不成問題，但在閘極電極形成時，氧化膜 403 是相當於閘極絕緣膜。一旦在閘極絕緣膜加諸過度的電壓，則會產生絕緣破壞而成為充電損傷。

[0057] 隨著將放電脈衝調變，電漿密度也急劇地變化。此時，放電從 ON 切換至 OFF 時，若對晶圓施加偏壓電力，則加諸於晶圓的電壓會隨電漿密度的急劇的降低而上昇成突波（spike）狀。此突波狀增加的電壓會被施加

於閘極絕緣膜，因此有可能發生充電損傷。

[0058] 為了予以防止，只要使電漿的 ON/OFF 與偏壓的 ON/OFF 同步，且在電漿 OFF 時偏壓不會形成 ON 即可。例如，像圖 5 那樣，以偏壓電力的負荷比是經常比微波電力的負荷比小，且在電漿 OFF 時偏壓不會形成 ON 的方式使負荷比時間性地變化即可。

● [實施例 4]

[0059] 在長寬比高的溝或孔，蝕刻速度降低的現象，一般有 Reactive Ion Etch-lag（以下稱為 RIE-lag）為人所知，是在不同的長寬比混在的圖案的加工成為障礙的現象。本實施例是說明有關為了改善此 RIE-lag 而適用本發明的例子。

● [0060] 若使隨蝕刻時間的經過脈衝被調變之電漿的負荷比變化，則在蝕刻中蝕刻速度也變化。一旦此變化與 RIE-lag 重疊，則蝕刻速度的變化會變更複雜，恐有形狀控制困難之虞。因此，最好即使改變負荷比也會抑制蝕刻速度的變化。為了予以實現，只要將電漿電力的負荷比的增減及偏壓電力的負荷比的增減控制成隨時間經過變化於相反方向即可。

[0061] 例如圖 5 所示般使變化於電漿電力的負荷比隨時間經過減少（亦即蝕刻速度降低）的方向時，使變化於增加偏壓電力（亦即蝕刻速度增加）的方向，而使能相抵蝕刻速度的降低。並且，電漿電力的負荷比增加時是使

變化於令偏壓電力的負荷比降低的方向，而相抵蝕刻速度的變化。

[實施例 5]

[0062] 其次，說明有關隨著時間經過使負荷比變化的方法，有關與上述實施例不同的實施形態。在實施例 4 是敘述有關為了 RIE-lag 抑性而適用本發明的例子，但也有依用途而比 RIE-lag 對策更對別的特性放重點的情況。

[0063] 例如圖 7 所示那樣若使電漿的 ON 期間（ T_{mon} ）形成一定而隨時間經過拉長 OFF 期間（ T_{moff} ）（亦即縮小脈衝調變的頻率），則可將電漿的 ON 狀態維持於一定而降低蝕刻速度。

[0064] 通常，使微波電源形成開啟（ON）之後到電漿密度安定為止是有時間延遲。若將至安定為止的時間設為 T_{lag} ，則一旦改變電漿的 ON 期間 T_{mon} ，在 ON 期間 T_{lag} 所佔的比例（ T_{lag}/T_{mon} ）會變化，ON 期間中的電漿狀態會改變。因此，需要更安定的蝕刻時，藉由使 T_{mon} 形成一定而改變 T_{moff} 來使負荷比變化，可再現性佳改變蝕刻速度。

[0065] 此方法是適於蝕刻大致終了（主蝕刻）而切換成除去一點點剩下的部分（過蝕刻）時慢慢地使蝕刻速度降低來提升蝕刻的連續性。並且，因使電漿急劇地變化成階梯狀而產生形狀階差等的弊害的情況，在本實施例也可抑制形狀階差。而且，藉由使 OFF 期間形成一定，使

ON 期間變化來此改變負荷比的方法是適於藉由堆積性強的氣體 OFF 期間的自由基的堆積要比 ON 期間的電漿狀態更支配性的電漿來使蝕刻速度變化時。

[0066] 另外，微波電力的脈衝調變及偏壓電力的脈衝調變皆本實施例可適用。

[實施例 6]

[0067] 就以上的實施例而言，負荷比的設定值等是以事前的提出條件來決定最適條件而將該條件適用於量產。另一方面，若預先求取利用干涉等的即時之膜厚計測器的蝕刻深度或電漿阻抗測定器的測定值與蝕刻形狀的相關時等是一邊計測蝕刻深度或電漿阻抗，一邊以蝕刻深度的計測值或阻抗的計測值的至少一個的計測值能夠成為所望的值之方式控制負荷比，藉此進行控制電漿的解離狀態之類的反饋控制，則即使腔室內的狀態等的電漿的環境經過時間變化，也可實現一定的品質的蝕刻。

[0068] 以上，如上述般，本發明為了取得所望的電漿處理結果，而隨電漿處理時間的經過逐漸地控制電漿生成用的高頻電力的脈衝調變或偏壓電力的脈衝調變的至少一個的負荷比，藉此可隨電漿處理時間的經過逐漸地控制電漿的解離狀態。

[0069] 並且，在實施例 2 是使電漿生成用的高頻電力的脈衝調變的負荷比隨電漿處理時間的經過逐漸地減少，使偏壓電力的脈衝調變的負荷比隨電漿處理時間的經

過逐漸地增加之例，但與實施例 2 的氣體系不同的氣體系時，使電漿生成用的高頻電力的脈衝調變的負荷比隨電漿處理時間的經過逐漸地增加，使偏壓電力的脈衝調變的負荷比隨電漿處理時間的經過逐漸地減少，藉此控制成所望的電漿的解離狀態。

[0070] 又，負荷比的控制亦可為：在使脈衝調變的重複頻率形成一定的狀態下改變 ON 期間或 OFF 期間，藉此控制負荷比的手段，或在使脈衝調變的 ON 期間或 OFF 期間形成一定的狀態下改變脈衝調變的重複頻率，藉此控制負荷比的手段。

[0071] 而且，本發明是根據蝕刻深度或電漿特性來控制負荷比，藉此控制電漿的解離狀態之反饋控制。

[0072] 若依據本發明，改變電漿的解離狀態，亦即改變蝕刻氣體的解離的程度或電漿密度，則可改變有助於蝕刻的自由基及有助於堆積的自由基的比例、及其附著係數。蝕刻中的自由基是在半導體的微細的溝或孔等的側壁重複衝突及吸附而到達底，有助於底部分的蝕刻或堆積。一旦附著係數改變，則可到達的深度、或在側壁的吸附的分佈會改變。此自由基可到達的深度及在側壁吸附量的分佈會決定蝕刻形狀。因此，在按照蝕刻形狀的時間變化來改變電漿的解離狀態之下，可控制對應於其形狀的最適的電漿狀態。

[0073] 又，本發明的適用方法是有預先藉由試驗晶圓的蝕刻來試行錯誤地使蝕刻條件最適化，而將最適化的

條件適用於量產的方法，及監視蝕刻深度或電漿的變化，而以能根據該狀態來使解離狀態變化的方式即時地適用的方法等。

[0074] 以上，各實施例是說明有關利用微波之 ECR 方式的微波電漿蝕刻裝置的適用例，但本發明並非限於此，亦可適用於使用電容耦合型、感應耦合型的電漿生成手段之電漿蝕刻裝置。

【符號說明】

[0075]

- 101：腔室
- 102：晶圓
- 103：試料台
- 104：微波透過窗
- 105：導波管
- 106：磁控管
- 107：螺線線圈
- 108：靜電吸附電源
- 109：第二高頻電源
- 110：晶圓搬入口
- 111：氣體導入口
- 112：電漿
- 113：第一高頻電源
- 114：電力控制部

- 201：微電腦
- 202：時間變換部
- 203：第一脈衝產生器
- 204：第二脈衝產生器
- 205：主時脈
- 206：脈衝波形
- 207：第一 ON/OFF 訊號產生器
- 208：第二 ON/OFF 訊號產生器
- 401：含氮矽膜
- 402：多晶矽膜
- 403：氧化膜
- 404：矽基板
- 601：矽溝
- 602：氧化膜
- 603：蝕刻殘留

申請專利範圍

1. 一種電漿處理方法，係使用電漿處理裝置來電漿處理試料的電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：

電漿處理室，其係試料被電漿處理；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及

第二高頻電源，其係對載置有前述試料的試料台供給第二高頻電力，

其特徵為：

藉由第一脈衝來調變前述第一高頻電力，

在藉由一個或複數的集合體來構成電漿處理條件的步驟的期間內，使前述第一脈衝的負荷比隨電漿處理時間的經過逐漸地變化，而使電漿的解離狀態能夠成為所望的解離狀態。

2. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，根據前述試料的蝕刻形狀來控制前述負荷比。

3. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，前述脈衝的 ON 期間的第一高頻電力係設為可安定地生成電漿的電力。

4. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，藉由第二脈衝來調變前述第二高頻電力，

前述第二脈衝的 ON 期間，前述第一脈衝也為 ON 期間。

5. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，

藉由第二脈衝來調變前述第二高頻電力，

使前述第一脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地減少，

使前述第二脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地增加。

6. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，藉由第二脈衝來調變前述第二高頻電力，

使前述第一脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地增加，

使前述第二脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地減少。

7. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，使前述第一脈衝的 ON 期間形成一定而改變 OFF 期間，藉此控制負荷比。

8. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，使前述第一脈衝的 OFF 期間形成一定而改變 ON 期間，藉此控制負荷比。

9. 如申請專利範圍第 1 項之電漿處理方法，其中，前述電漿係使用 CHF_3 氣體、 CO 氣體及 H_2 氣體的混合氣體， CHF_3 氣體、 CO_2 氣體及 H_2 氣體的混合氣體， C_2F_6 氣體、 CO 氣體及 H_2 氣體的混合氣體，或 C_2F_6 氣體、 CO_2 氣體及 H_2 氣體的混合氣體的其中任一來生成。

10. 一種電漿處理方法，係使用電漿處理裝置來電漿處理試料的電漿處理方法，該電漿處理裝置係具備：

電漿處理室，其係試料被電漿處理；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及

第二高頻電源，其係對載置有前述試料的試料台供給第二高頻電力，

其特徵為：

藉由第一脈衝來調變前述第一高頻電力，

在藉由一個或複數的集合體來構成電漿處理條件的步驟的期間內，根據前述試料的蝕刻深度或電漿的阻抗來控制前述第一脈衝的負荷比，而使電漿的解離狀態能夠成為所望的解離狀態。

11. 一種電漿處理裝置，係具備：

電漿處理室，其係試料被電漿處理；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；

第一脈衝產生器，其係產生用以調變前述第一高頻電力的第一脈衝；

第二高頻電源，其係對載置有前述試料的試料台供給第二高頻電力；及

第二脈衝產生器，其係產生用以調變前述第二高頻電力的第二脈衝，

其特徵為更具備：

第一 ON/OFF 訊號產生器，其係產生控制前述第一高頻電源的 ON 及 OFF 的訊號；及

第二 ON/OFF 訊號產生器，其係產生控制前述第二高頻電源的 ON 及 OFF 的訊號，

前述第一脈衝的 ON 期間時，當前述第一高頻電源由前述第一 ON/OFF 訊號產生器接受 OFF 訊號時，前述第一高頻電源係停止第一高頻電力的供給。

12. 一種電漿處理裝置，係具備：

電漿處理室，其係試料被電漿處理；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及

第二高頻電源，其係對載置有前述試料的試料台供給第二高頻電力，

其特徵為：

更具備控制裝置，其係使前述第一高頻電力藉由第一脈衝來調變時，在藉由一個或複數的集合體來構成電漿處理條件的步驟的期間內，進行使前述第一脈衝的負荷比隨電漿處理時間的經過逐漸地變化之控制，而使電漿的解離狀態能夠成為所望的解離狀態。

13. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其中，前述控制裝置係根據前述試料的蝕刻形狀來控制前述負荷比。

14. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其中，前述控制裝置係將前述脈衝的 ON 期間的第一高頻電力設為可安定地生成電漿的電力。

15. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其

中，使前述第二高頻電力藉由第二脈衝來調變時，

前述控制裝置係前述第二脈衝的 ON 期間時，控制前述第一脈衝或前述第二脈衝，而使前述第一脈衝也成為 ON 期間。

16. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其中，使前述第二高頻電力藉由第二脈衝來調變時，前述控制裝置係使前述第一脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地減少，使前述第二脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地增加。

17. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其中，使前述第二高頻電力藉由第二脈衝來調變時，前述控制裝置係使前述第一脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地增加，使前述第二脈衝的負荷比隨前述電漿處理時間的經過逐漸地減少。

18. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其中，前述控制裝置係使前述第一脈衝的 ON 期間形成一定而改變 OFF 期間，藉此控制負荷比。

19. 如申請專利範圍第 12 項之電漿處理裝置，其中，前述控制裝置係使前述第一脈衝的 OFF 期間形成一定而改變 ON 期間，藉此控制負荷比。

20. 一種電漿處理裝置，係具備：

電漿處理室，其係試料被電漿處理；

第一高頻電源，其係供給電漿生成用的第一高頻電力；及

第二高頻電源，其係對載置有前述試料的試料台供給第二高頻電力，

其特徵為：

更具備控制裝置，其係使前述第一高頻電力藉由第一脈衝來調變時，在藉由一個或複數的集合體來構成電漿處理條件的步驟的期間內，根據前述試料的蝕刻深度或電漿的阻抗來控制前述第一脈衝的負荷比，而使電漿的解離狀態能夠成為所望的解離狀態。

圖式

圖 1

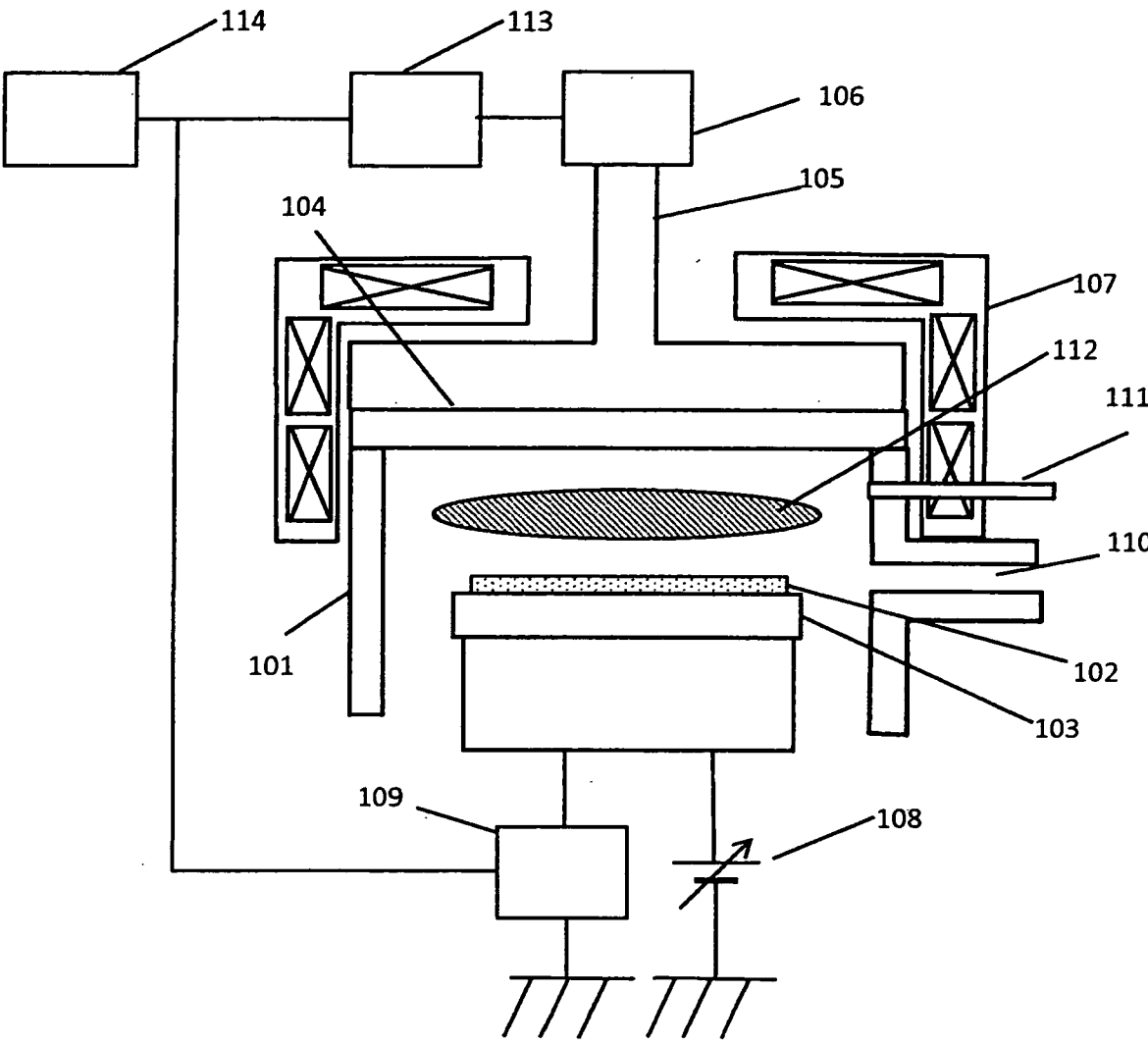


圖 2

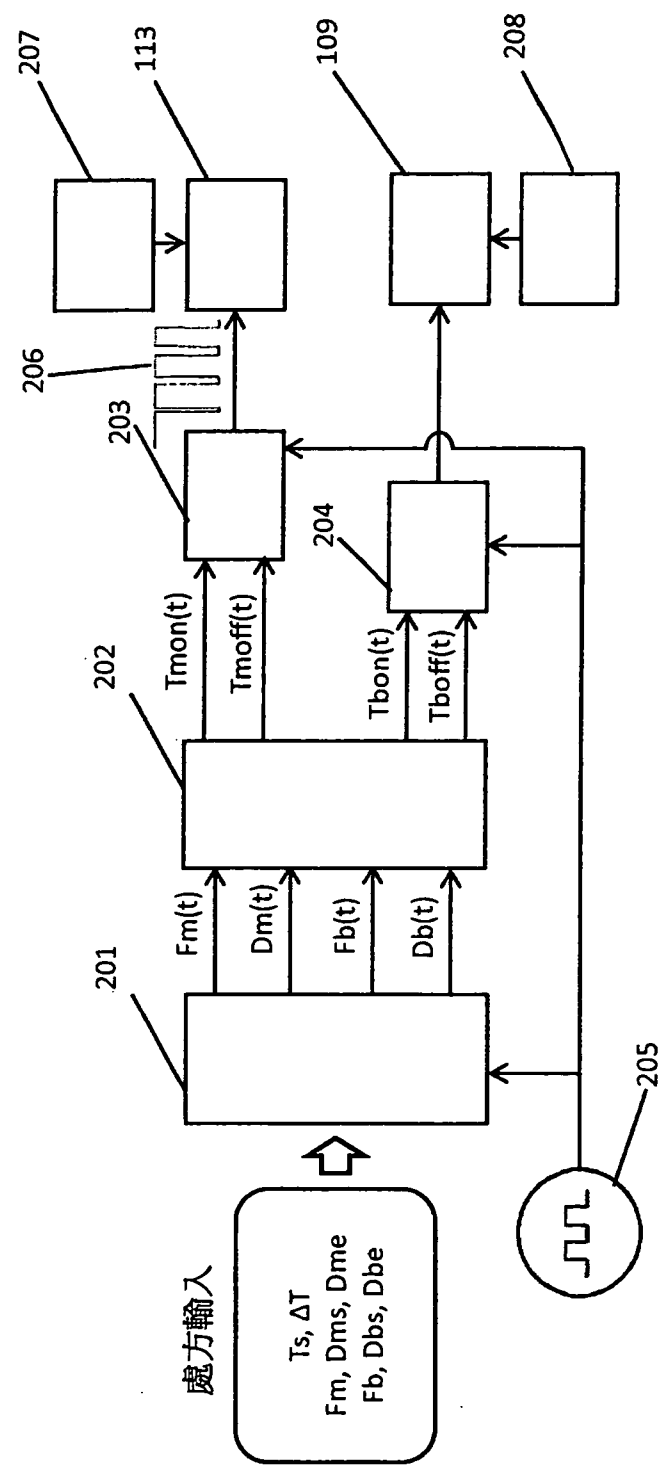


圖 3

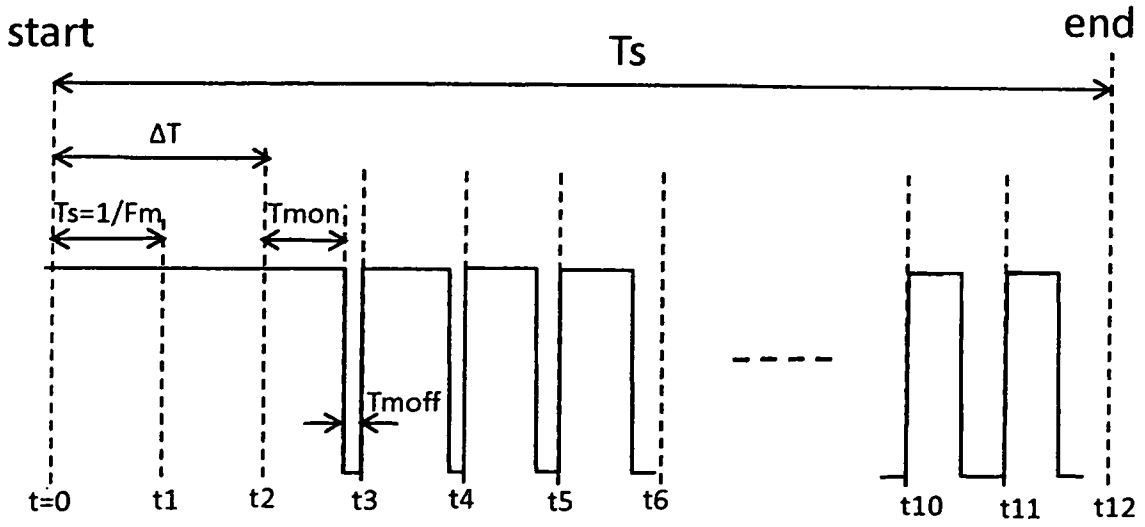


圖 4

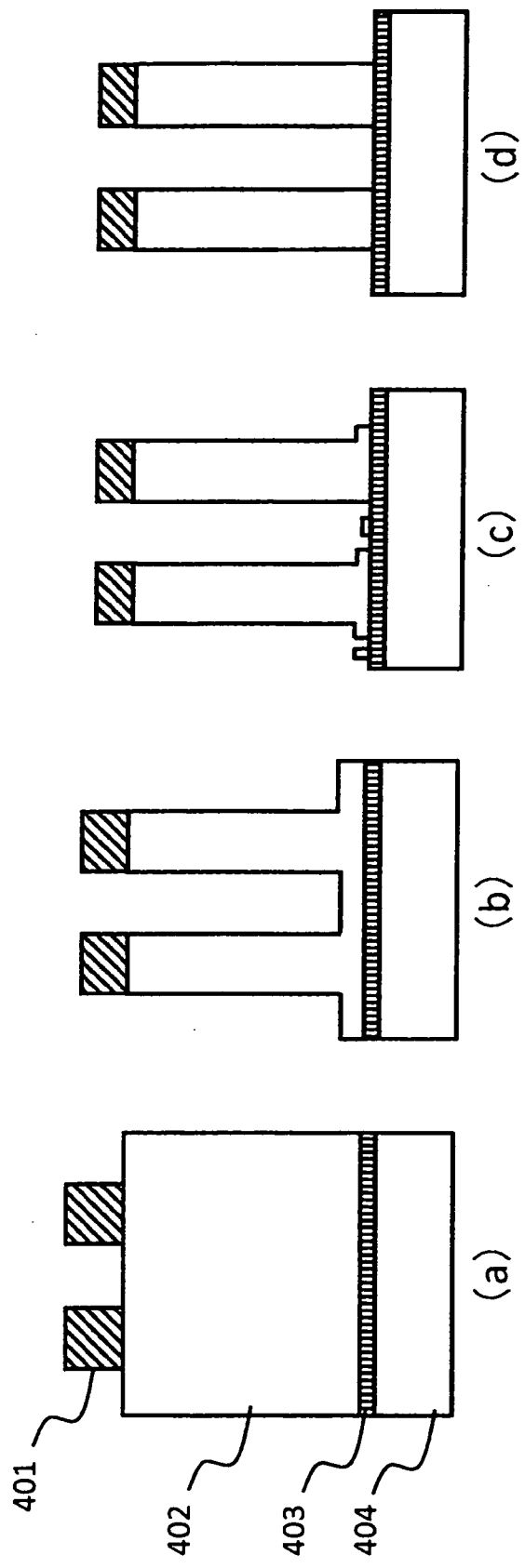


圖 5

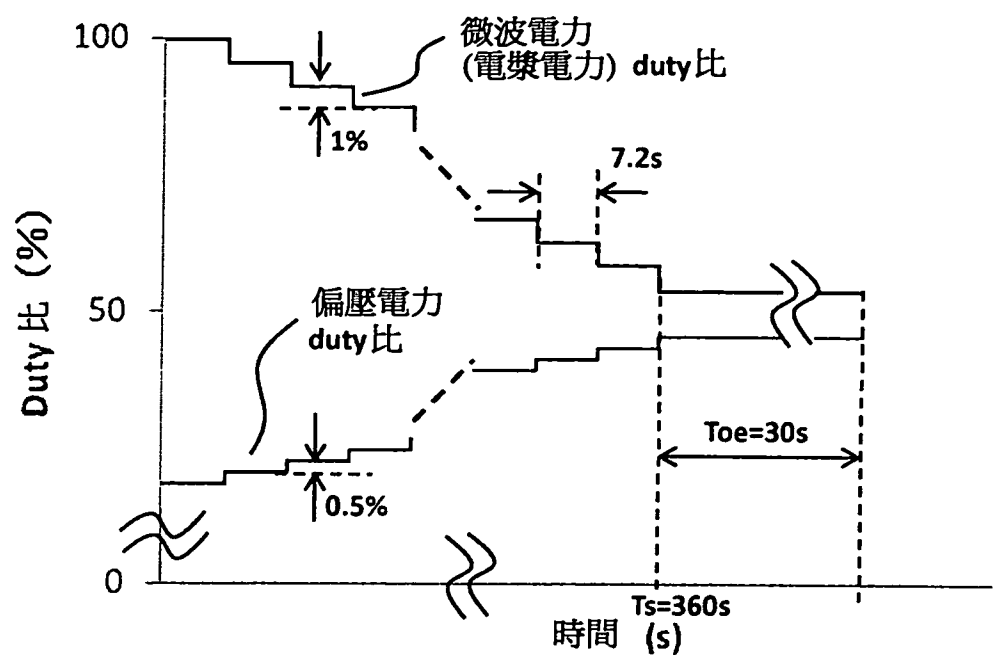


圖 6

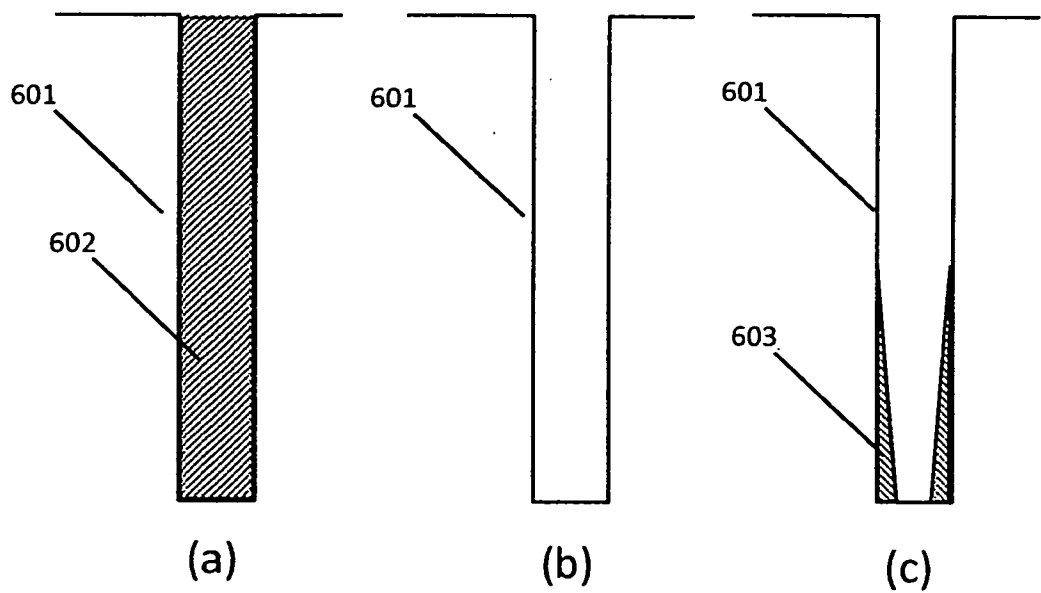


圖 7

