



(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 I856009 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：108113917

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 22 日

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

H01H1/46 (2006.01)

(30)優先權：2018/04/27 日本

2018-087283

(71)申請人：日商東京威力科創股份有限公司 (日本) TOKYO ELECTRON LIMITED (JP)
日本

(72)發明人：永海幸一 NAGAMI, KOICHI (JP)；大下辰郎 OHSHITA, TATSURO (JP)；永關一也 NAGASEKI, KAZUYA (JP)；檜森慎司 HIMORI, SHINJI (JP)

(74)代理人：周良謀；周良吉

(56)參考文獻：

US 2014/0302682A1

US 2016/0079037A1

審查人員：鍾瑞元

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：20 共 66 頁

(54)名稱

電漿處理方法及電漿處理裝置

(57)摘要

本發明抑制基板的蝕刻率降低、且使照射至腔室本體的內壁之離子的能量降低。本發明之電漿處理方法，包括：射頻信號供給步驟，由射頻電源供給射頻信號；直流電壓施加步驟，由一個以上之直流電源來將具有負極性之直流電壓施加至下部電極；且直流電壓施加步驟之中，將直流電壓周期性施加至下部電極，且於將施加直流電壓至下部電極之各周期予以規定之頻率係設定成未滿 1MHz 之狀態下，調整施加直流電壓至下部電極之期間在各周期內所佔之比率。

A plasma processing method includes providing a plasma processing apparatus; supplying radio-frequency waves from a radio-frequency power supply; and applying a negative DC voltage to a lower electrode from the at least one DC power supply. In the applying the DC voltage, the DC voltage is cyclically applied to the lower electrode, and in a state where a frequency defining each cycle in which the DC voltage is applied to the lower electrode is set to be lower than 1 MHz, a ratio occupied by a period during which the DC voltage is applied to the lower electrode in the each cycle is regulated.

指定代表圖：

符號簡單說明：

PDC:周期

S1、S2:步驟

T1、T2:期間

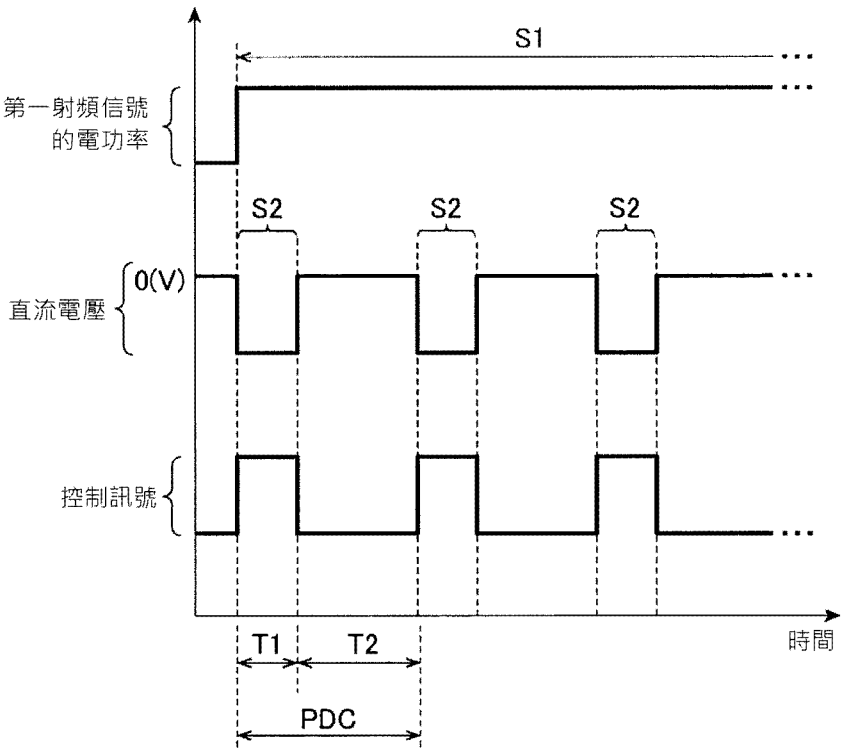


圖 4



I856009

【發明摘要】

【中文發明名稱】 電漿處理方法及電漿處理裝置

【英文發明名稱】 PLASMA PROCESSING METHOD AND PLASMA
PROCESSING APPARATUS

【中文】

本發明抑制基板的蝕刻率降低、且使照射至腔室本體的內壁之離子的能量降低。本發明之電漿處理方法，包括：射頻信號供給步驟，由射頻電源供給射頻信號；直流電壓施加步驟，由一個以上之直流電源來將具有負極性之直流電壓施加至下部電極；且直流電壓施加步驟之中，將直流電壓周期性施加至下部電極，且於將施加直流電壓至下部電極之各周期予以規定之頻率係設定成未滿1MHz之狀態下，調整施加直流電壓至下部電極之期間在各周期內所佔之比率。

【英文】

A plasma processing method includes providing a plasma processing apparatus; supplying radio-frequency waves from a radio-frequency power supply; and applying a negative DC voltage to a lower electrode from the at least one DC power supply. In the applying the DC voltage, the DC voltage is cyclically applied to the lower electrode, and in a state where a frequency defining each cycle in which the DC voltage is applied to the lower electrode is set to be lower than 1 MHz, a ratio occupied by a period during which the DC voltage is applied to the lower electrode in the each cycle is regulated.

【指定代表圖】 圖4

第1頁，共2頁(發明摘要)

【代表圖之符號簡單說明】

PDC 周期

S1、S2 步驟

T1、T2 期間

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 電漿處理方法及電漿處理裝置

【英文發明名稱】 PLASMA PROCESSING METHOD AND PLASMA
PROCESSING APPARATUS

【技術領域】

【0001】

本說明書關於電漿處理方法及電漿處理裝置。

【先前技術】

【0002】

吾人於電子元件的製造之中使用電漿處理裝置。電漿處理裝置，一般而言，具備腔室本體、平台、及射頻電源。腔室本體將其內部空間提供作為腔室。腔室本體係定為接地。平台設在腔室內，且構成為支持其上所載置之基板。平台包含下部電極。射頻電源供給射頻信號，用以激發腔室內的氣體。此電漿處理裝置，藉由下部電極的電位與電漿的電位之電位差而將離子加速，且將加速之離子照射至基板。

【0003】

電漿處理裝置之中，腔室本體與電漿之間亦產生電位差。腔室本體與電漿之間的電位差大之情形下，照射至腔室本體的內壁之離子的能量變高，且微粒自腔室本體釋出。自腔室本體釋出之微粒，污染載置在平台上之基板。為了防止產生如此微粒，專利文獻1提案有一種技術，使用將腔室的接地電容加以調整之調整機構。專利文獻1所記載之調整機構，構成為調整朝向腔室之陽極與陰極的面積比率即A/C比。

【0004】

又，電漿處理裝置之中，有一種技術以提昇照射至基板之離子的能量而提昇基板的蝕刻率之觀點出發，而將偏壓用的直流電壓供給至下部電極。例如，專利文獻2揭露有一種技術，就偏壓用的直流電壓而言，將具有負極性之直流電壓周期性施加至下部電極。專利文獻2的技術記載：於將直流電壓的頻率設定為例如1MHz以上之狀態下，將直流電壓的佔空比調整至50%以上，藉以提昇照射至基板之離子的能量。在此，佔空比係直流電壓施加至下部電極之期間在直流電壓施加至下部電極之各周期內所佔之比率。

〔先前技術文獻〕

〔專利文獻〕

【0005】

專利文獻1：日本特開2008-53516號公報

專利文獻2：日本專利第4714166號公報

【發明內容】

〔發明所欲解決之問題〕

【0006】

本說明書提供一種技術，可抑制基板的蝕刻率降低、且使照射至腔室本體的內壁之離子的能量降低。

〔解決問題之方式〕

【0007】

本說明書的一態樣所成之電漿處理方法，係在電漿處理裝置執行，前述電漿處理裝置舉備：腔室本體，提供腔室；平台，設在前述腔室本體內，包含下部電極，且支持基板；射頻電源，供給用以將供給至前述腔室之氣體的電漿加

以產生之射頻信號；以及一個以上之直流電源，產生施加至前述下部電極之具有負極性之直流電壓；且前述電漿處理方法包括：射頻信號供給步驟，由前述射頻電源供給射頻信號；以及直流電壓施加步驟，由前述一個以上之直流電源來將具有負極性之直流電壓施加至前述下部電極；且前述直流電壓施加步驟之中，將前述直流電壓周期性施加至前述下部電極，且於將施加前述直流電壓至前述下部電極之各周期予以規定之頻率係設定為未滿1MHz之狀態下，調整前述直流電壓施加至前述下部電極之期間在前述各周期內所佔之比率。

〔發明之效果〕

【0008】

依據本說明書，則發揮以下效果：可抑制基板的蝕刻率降低、且使照射至腔室本體的內壁之離子的能量降低。

【圖式簡單說明】

【0009】

圖1概略性顯示一實施形態之電漿處理裝置。

圖2顯示圖1所示之電漿處理裝置的電源系統及控制系統的一實施形態。

圖3顯示圖2所示之直流電源、切換單元、高頻濾波器、及匹配器的電路構成。

圖4係與使用圖1所示之電漿處理裝置而執行之一實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。

圖5（a）、（b）係將電漿的電位加以顯示之時序圖。

圖6A係將DC頻率與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖6B係將DC頻率與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖6C係將DC頻率與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖6D係將DC頻率與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖7A係將DC頻率與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖7B係將DC頻率與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖7C係將DC頻率與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖7D係將DC頻率與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖8（a）及圖8（b）係與其它實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。

圖9顯示其它實施形態之電漿處理裝置的電源系及控制系。

圖10顯示額外實施形態之電漿處理裝置的電源系及控制系。

圖11係與使用圖10所示之電漿處理裝置而執行之一實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。

圖12係與使用圖10所示之電漿處理裝置而執行之其它實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。

圖13顯示其它實施形態之電漿處理裝置的電源系統及控制系統。

圖14顯示額外實施形態之電漿處理裝置的電源系統及控制系統。

圖15係將波形調整器的一例加以顯示之電路圖。

圖16（a）係將以第一評價實驗求取之佔空比與貼附至頂壁之腔室側的面之樣本之矽氧化膜的蝕刻量之關係加以顯示之圖表，圖16（b）係將以第一評價實驗求取之佔空比與貼附至腔室的側壁之樣本之矽氧化膜的蝕刻量之關係加以顯示之圖表。

圖17係將以第一評價實驗求取之佔空比與靜電夾盤上所載置之樣本之矽氧化膜的蝕刻量之關係加以顯示之圖表。

圖18（a）係將以第二評價實驗及比較實驗各別求取之貼附至頂壁之腔室側的面之樣本之矽氧化膜的蝕刻量加以顯示之圖表，圖18（b）係將以第二評價實驗及比較實驗各別求取之貼附至腔室的側壁之樣本之矽氧化膜的蝕刻量加以顯示之圖表。

圖19A係將佔空比與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖19B係將佔空比與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖19C係將佔空比與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖19D係將佔空比與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖19E係將佔空比與照射至基板之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖20A係將佔空比與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖20B係將佔空比與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖20C係將佔空比與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖20D係將佔空比與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

圖20E係將佔空比與照射至腔室本體的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

【實施方式】

〔實施發明之較佳形態〕

【0010】

以下，參照圖式詳細說明各種實施形態。此外，各圖式針對同一或相當的部分標註同一符號。

【0011】

吾人於電子元件的製造之中使用電漿處理裝置。電漿處理裝置，一般而言，具備腔室本體、平台、及射頻電源。腔室本體將其內部空間提供作為腔室。腔室本體係定為接地。平台設在腔室內，且構成為支持其上所載置之基板。平台包含下部電極。射頻電源供給射頻信號，用以激發腔室內的氣體。此電漿處理裝置，藉由下部電極的電位與電漿的電位之電位差而將離子加速，且將加速之離子照射至基板。

【0012】

電漿處理裝置之中，腔室本體與電漿之間亦產生電位差。腔室本體與電漿之間的電位差大之情形下，照射至腔室本體的內壁之離子的能量變高，且微粒自腔室本體釋出。自腔室本體釋出之微粒，污染載置在平台上之基板。為了防止如此微粒之產生，專利文獻1提案有一種技術，使用將腔室的接地電容加以調

整之調整機構。專利文獻1所記載之調整機構，構成為調整朝向腔室之陽極與陰極的面積比率即A/C比。

【0013】

又，電漿處理裝置之中，以提昇照射至基板之離子的能量而提昇基板的蝕刻率之觀點來看，有一種將偏壓用的直流電壓供給至下部電極之技術。例如，專利文獻2揭露有一種技術，就偏壓用的直流電壓而言，將具有負極性之直流電壓周期性施加至下部電極。專利文獻2的技術記載：於將直流電壓的頻率設定為例如1MHz以上之狀態下，將直流電壓的佔空比調整至50%以上，藉以提昇照射至基板之離子的能量。在此，佔空比係直流電壓施加至下部電極之期間在施加直流電壓之各周期內所佔之比率。

【0014】

然而，將直流電壓周期性施加至下部電極之電漿處理裝置之中，於停止施加直流電壓之期間，電漿中的離子之移動變少，因此有時電漿的電位變高。當電漿的電位變高時，則電漿與腔室本體之電位差變大，且照射至腔室本體的內壁之離子的能量變高。又，當直流電壓的頻率設定為例如1MHz以上時，則會有以下傾向：照射至基板之離子的能量與照射至腔室本體的內壁之離子的能量一起變高。照射至腔室本體的內壁之離子的能量越高，則會有自腔室本體釋出之微粒的量變多，促進基板污染之可能性。由該背景因素，吾人期望抑制基板的蝕刻率降低、且使照射至腔室本體的內壁之離子的能量降低。

【0015】

圖1概略性顯示一實施形態之電漿處理裝置。圖2顯示圖1所示之電漿處理裝置的電源系統及控制系統的一實施形態。圖1所示之電漿處理裝置10係電容耦合型的電漿處理裝置。

【0016】

電漿處理裝置10具備腔室本體12。腔室本體12具有略圓筒形狀。腔室本體12將其內部空間提供作為腔室12c。腔室本體12例如由鋁構成。腔室本體12連接至接地電位。在腔室本體12的內壁面即劃定腔室12c之壁面形成有具耐電漿性之膜。此膜可係由陽極氧化處理而形成之膜、或由氧化釷形成之膜之類的陶瓷製的膜。又，腔室本體12的側壁形成有通道12p。將基板W搬入至腔室12c時、或將基板W自腔室12c搬出時，基板W通過通道12p。將閘閥12g沿著腔室本體12的側壁設置，用以開閉此通道12p。

【0017】

在腔室12c內，支持部15自腔室本體12的底部往上方延伸。支持部15具有略圓筒形狀，且由陶瓷之類的絕緣材料所形成。支持部15上搭載有平台16。平台16係由支持部15所支持。平台16構成為在腔室12c內支持基板W。平台16包含下部電極18及靜電夾盤20。一實施形態之中，平台16更包含電極板21。電極板21，係由鋁之類的導電性材料所形成，且具有略圓盤形狀。下部電極18設在電極板21上。下部電極18，係由鋁之類的導電性材料所形成，且具有略圓盤形狀。下部電極18電性連接至電極板21。

【0018】

下部電極18內設有流道18f。流道18f係熱交換媒介用的流道。就熱交換媒介而言，使用液狀的冷媒、或藉由自身氣化而將下部電極18加以冷卻之冷媒（例如氯氟烴）。由設在腔室本體12的外部之冷卻單元經由配管23a而將熱交換媒介供給至流道18f。供給至流道18f之熱交換媒介，經由配管23b而返回至冷卻單元。亦即，以在流道18f與冷卻單元之間循環之方式，將熱交換媒介供給至該流道18f。

【0019】

靜電夾盤20設在下部電極18上。靜電夾盤20具有由絕緣體形成之本體、設在該本體內之膜狀的電極。靜電夾盤20的電極電性連接有直流電源。當由直流

電源將電壓施加至靜電夾盤20的電極時，則載置在靜電夾盤20上之基板W與靜電夾盤20之間產生靜電力。藉由產生之靜電力，而將基板W吸引至靜電夾盤20，並藉由該靜電夾盤20來固持。在此靜電夾盤20的周緣領域上配置聚焦環FR。聚焦環FR具有略環狀板形狀，例如由矽形成。聚焦環FR配置成圍繞板W的邊緣。

【0020】

電漿處理裝置10設有氣體供給線路25。氣體供給線路25，將來自氣體供給機構之傳熱氣體例如He氣體供給至靜電夾盤20的上表面與基板W的背面（下表面）之間。

【0021】

自腔室本體12的底部，往上方延伸有筒狀部28。筒狀部28沿著支持部15的外周延伸。筒狀部28，係由導電性材料形成，且具有略圓筒形狀。筒狀部28連接至接地電位。筒狀部28上設有絕緣部29。絕緣部29，具有絕緣性，且由例如石英或陶瓷所形成。絕緣部29沿著平台16的外周而延伸。

【0022】

電漿處理裝置10更具備上部電極30。上部電極30設在平台16的上方。上部電極30係與構件32一起封閉腔室本體12的上部開口。構件32具有絕緣性。上部電極30隔著此構件32而由腔室本體12的上部所支持。於後述第一射頻電源61電性連接至下部電極18之情形下，上部電極30連接至接地電位。

【0023】

上部電極30包含頂壁34及支持體36。頂壁34的下表面劃定腔室12c。頂壁34設有複數之氣體噴吐孔34a。複數之氣體噴吐孔34a各自沿板厚方向（鉛直方向）貫穿頂壁34。此頂壁34不限定地例如由矽所形成。或者，頂壁34可具有在鋁製母材的表面設置耐電漿性的膜之構造。此膜可係由陽極氧化處理形成之膜、或由氧化釔形成之膜之類的陶瓷製的膜。

【0024】

支持體36係將頂壁34支持成自由裝卸之零件。支持體36可例如由鋁之類的導電性材料形成。支持體36的內部設有氣體擴散室36a。自氣體擴散室36a往下方延伸有複數之氣體孔36b。複數之氣體孔36b分別連通至複數之氣體噴吐孔34a。支持體36形成有將氣體引導至氣體擴散室36a之氣體導入口36c，且此氣體導入口36c連接有氣體供給管38。

【0025】

氣體供給管38經由閥群42及流量控制器群44而連接有氣體源群40。氣體源群40包含複數之氣體源。閥群42包含複數之閥，且流量控制器群44包含複數之流量控制器。流量控制器群44的複數之流量控制器各別係質流控制器或壓力控制式的流量控制器。氣體源群40的複數之氣體源，分別經由閥群42中對應之閥及流量控制器群44中對應之流量控制器，而連接至氣體供給管38。電漿處理裝置10可將來自氣體源群40的複數之氣體源中之所選擇之一個以上之氣體源的氣體，以個別調整之流量供給至腔室12c。

【0026】

筒狀部28與腔室本體12的側壁之間設有擋板48。擋板48可例如由將氧化鈮等陶瓷被覆在鋁製母材而構成。此擋板48形成有多數個貫穿孔。在擋板48的下方，排氣管52連接至腔室本體12的底部。此排氣管52連接有排氣裝置50。排氣裝置50，具有自動壓力控制閥之類的壓力控制器、及渦輪分子泵等真空泵，可將腔室12c進行減壓。

【0027】

如圖1及圖2所示，電漿處理裝置10更具備第一射頻電源61。第一射頻電源61係產生用以激發腔室12c內的氣體來產生電漿之第一射頻信號之電源。第一射頻信號具有27～100MHz範圍內的頻率，例如60MHz的頻率。第一射頻電源61經

由匹配器64的第一匹配電路65及電極板21而連接至下部電極18。第一匹配電路65係用以使第一射頻電源61的輸出阻抗與負載側（下部電極18側）的阻抗進行匹配之電路。此外，第一射頻電源61亦可不電性連接至下部電極18，且亦可經由第一匹配電路65而連接至上部電極30。

【0028】

電漿處理裝置10更具備第二射頻電源62。第二射頻電源62係產生用以將離子拉入至基板W之偏壓用的第二射頻信號之電源。第二射頻信號的頻率低於第一射頻信號的頻率。第二射頻信號的頻率係400kHz～13.56MHz範圍內的頻率，例如係400kHz。第二射頻電源62經由匹配器64的第二匹配電路66及電極板21而連接至下部電極18。第二匹配電路66係用以使第二射頻電源62的輸出阻抗與負載側（下部電極18側）的阻抗進行匹配之電路。

【0029】

電漿處理裝置10更具備直流電源70及切換單元72。直流電源70係將負極性的直流電壓加以產生之電源。負極性的直流電壓係使用作為用以將離子拉入至載置在平台16上之基板W之偏壓電壓。直流電源70連接至切換單元72。切換單元72經由高頻濾波器74而電性連接至下部電極18。電漿處理裝置10之中，將由直流電源70產生之直流電壓、及由第二射頻電源62產生之第二射頻信號中之任一者選擇性給至下部電極18。

【0030】

電漿處理裝置10更具備控制器PC。控制器PC構成為控制切換單元72。控制器PC亦可構成為進一步控制第一射頻電源61及第二射頻電源62中之一方或雙方的射頻電源。

【0031】

一實施形態之中，電漿處理裝置10可更具備主控制部MC。主控制部MC係具備處理器、記憶裝置、輸入裝置、顯示裝置等之電腦，且控制電漿處理裝置10的各部分。具體而言，主控制部MC，執行記憶裝置所記憶之控制程式，並基於該記憶裝置所記憶之配方資料而控制電漿處理裝置10的各部分。藉由如此控制，電漿處理裝置10執行由配方資料所指定之處理。

【0032】

以下參照圖2及圖3。圖3顯示圖2所示之直流電源、切換單元、高頻濾波器、及匹配器的電路構成。直流電源70係可變直流電源，且產生施加至下部電極18之負極性的直流電壓。

【0033】

切換單元72構成為可停止來自直流電源70的直流電壓施加至下部電極18。一實施形態之中，切換單元72具有FET（場效電晶體）72a、FET 72b、電容器72c、及電阻元件72d。FET 72a例如係N通道MOS FET。FET 72b例如係P通道MOS FET。FET 72a的源極連接至直流電源70的負極。直流電源70的負極及FET 72a的源極連接有電容器72c的一端。電容器72c的另一端連接至FET 72b的源極。FET 72b的源極連接至接地。FET 72a的閘極及FET 72b的閘極係相互連接。將來自控制器PC的脈衝控制信號供給至FET 72a的閘極與FET 72b的閘極之間所連接之節點NA。FET 72a的汲極連接至FET 72b的汲極。FET 72a的汲極與FET 72b的汲極所連接之節點NB經由電阻元件72d而連接至高頻濾波器74。

【0034】

高頻濾波器74係將射頻信號加以降低或截斷之濾波器。一實施形態之中，高頻濾波器74具有電感器74a及電容器74b。電感器74a的一端連接至電阻元件

72d。電感器74a的一端連接有電容器74b的一端。電容器74b的另一端連接至接地。電感器74a的另一端連接至匹配器64。

【0035】

匹配器64具有第一匹配電路65及第二匹配電路66。一實施形態之中，第一匹配電路65具有可變電容器65a及可變電容器65b，且第二匹配電路66具有可變電容器66a及可變電容器66b。可變電容器65a的一端連接至電感器74a的另一端。可變電容器65a的另一端連接至第一射頻電源61及可變電容器65b的一端。可變電容器65b的另一端連接至接地。可變電容器66a的一端連接至電感器74a的另一端。可變電容器66a的另一端連接至第二射頻電源62及可變電容器66b的一端。可變電容器66b的另一端連接至接地。可變電容器65a的一端及可變電容器66a的一端連接至匹配器64的端子64a。匹配器64的端子64a經由電極板21而連接至下部電極18。

【0036】

以下，說明主控制部MC及控制器PC所行之控制。以下說明參照圖2及圖4。圖4係與使用圖1所示之電漿處理裝置執行之一實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。圖4之中，橫軸表示時間。圖4之中，縱軸表示第一射頻信號的電功率、由直流電源70施加至下部電極18之直流電壓、及由控制器PC所輸出之控制信號。圖4之中，第一射頻信號的電功率為高位準係表示供給第一射頻信號用以產生電漿，且第一射頻信號的電功率為低位準係表示停止供給第一射頻信號。又，圖4之中，直流電壓為低位準係表示由直流電源70將負極性的直流電壓施加至下部電極18，且直流電壓為0V係表示未由直流電源70將直流電壓施加至下部電極18。

【0037】

主控制部MC將第一射頻信號的電功率及頻率指定至第一射頻電源61。又，一實施形態之中，主控制部MC將開始供給第一射頻信號之時機、及結束供給第一射頻信號之時機指定至第一射頻電源61。於由第一射頻電源61供給第一射頻信號之期間，產生腔室內的氣體的電漿。亦即，於此期間執行步驟S1，由射頻電源供給射頻信號，用以產生電漿。此外，圖4的例之中，第一射頻信號係於一實施形態的電漿處理方法執行中連續供給。

【0038】

主控制部MC將施加來自直流電源70之負極性的直流電壓至下部電極18之各周期加以規定之頻率（以下稱作「DC頻率」）及佔空比指定至控制器PC。佔空比係來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18之期間（圖4的「T1」）在各周期（圖4的「PDC」）內所佔之比率。DC頻率係設定為未滿1MHz。例如，DC頻率係設定為50～800kHz範圍內。於將DC頻率設定為未滿1MHz之狀態下，調整佔空比。例如，將佔空比調整為50%以下，且更宜調整為35%以下。

【0039】

控制器PC因應於由主控制部MC指定之DC頻率、及佔空比而產生控制信號。由控制器PC產生之控制信號可係脈衝信號。一例之中，如圖4所示，由控制器PC產生之控制信號，於期間T1具有高位準，且於期間T2具有低位準。期間T2係在一個周期PDC內除去期間T1之期間。或者，由控制器PC產生之控制信號，亦可於期間T1具有低位準，且於期間T2具有高位準。

【0040】

一實施形態之中，將由控制器PC產生之控制信號，賦予至切換單元72的節點NA。當賦予控制信號時，則切換單元72，於期間T1將直流電源70與節點NB相互連接，用以將來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18。另一方面，切換單元72，於期間T2截斷直流電源70與節點NB之連接，用以不將來

自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18。藉此，如圖4所示，期間T1之中，將來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18，且期間T2之中，停止將來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18。亦即，一實施形態的電漿處理方法之中，執行步驟S2，將來自直流電源70之負極性的直流電壓周期性施加至下部電極18。

【0041】

在此，參照圖5(a)及圖5(b)，說明佔空比與電漿的電位之關係。圖5(a)及圖5(b)係將電漿的電位加以顯示之時序圖。期間T1之中，因為將來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18，所以電漿中的正離子朝往基板W移動。因此，如圖5(a)及圖5(b)所示，期間T1之中，電漿的電位變低。另一方面，期間T2之中，因為停止將來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18，所以正離子的移動變少，主要是電漿中的電子移動。因此，期間T2之中，電漿的電位變高。

【0042】

圖5(a)所示之時序圖，相較於圖5(b)所示之時序圖而言，佔空比變小。若有關產生電漿之各種條件係同一，則電漿中之正離子的總量及電子的總量各自不依賴於佔空比。亦即，圖5(a)所示之面積A1與面積A2之比，係與圖5(b)所示之面積A1與面積A2之比同一。因此，佔空比越小，則期間T2中之電漿的電位PV越小。

【0043】

基板W的蝕刻率對佔空比亦即負極性的直流電壓施加至下部電極18之期間T1在各周期PDC內所佔之比率，相依性係小。另一方面，於將佔空比調整為較小值之情形下、尤其於將佔空比調整為50%以下之之情形下，電漿的電位變小，因此大幅降低腔室本體12的蝕刻率。

【0044】

接著，參照圖6A～圖6D及圖7A～圖7D，說明DC頻率、照射至基板W之離子的能量、照射至腔室本體12的內壁之離子的能量之關係。圖6A～圖6D係將DC頻率與照射至基板W之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。圖7A～圖7D係將DC頻率與照射至腔室本體12的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。圖6A～圖6D係分別將DC頻率設定為200kHz、400kHz、800kHz、及1.6MHz來將照射至基板W之離子的能量分布（IED：Ion Energy Distribution）加以模擬而得之結果。圖7A～圖7D係分別將DC頻率設定為200kHz、400kHz、800kHz、及1.6MHz來將照射至腔室本體12的內壁之離子的能量分布（IED）加以模擬而得之結果。此外，就其它模擬條件而言，使用針對下部電極18之負極性的直流電壓的佔空比：40%、針對下部電極18之負極性的直流電壓的電壓值：-450V、腔室12c的壓力：30mTorr（4.00Pa）、供給至腔室12c之處理氣體：Ar氣體、第一射頻信號：100MHz、500W之連續波。

【0045】

如圖6A～圖6C所示，於DC頻率係800kHz以下之情形下，照射至基板W之離子的能量分布之中，出現低能量側峰值與高能量側峰值。又，如圖7A～圖7C所示，於DC頻率係800kHz以下之情形下，照射至腔室本體12的內壁之離子的能量分布之中，出現低能量側峰值與高能量側峰值。亦即，DC頻率係800kHz以下之情形下，離子追隨於周期性施加至下部電極18之直流電壓。

【0046】

另一方面，如圖6D所示，於DC頻率係1.6MHz之情形下，照射至基板W之離子的能量分布之中，不出現低能量側峰值與高能量側峰值。又，如圖7D所示，於DC頻率係1.6MHz之情形下，照射至腔室本體12的內壁之離子的能量分布之

中，不出現低能量側峰值與高能量側峰值。亦即，於DC頻率係1.6MHz之情形下，離子不追隨於周期性施加至下部電極18之直流電壓。

【0047】

本案之發明者基於圖6A～圖6D及圖7A～圖7D之模擬結果而反覆探討研究。其結果，確認以下事項。

- 於將DC頻率設定為未滿1MHz、且宜設定為50～800kHz範圍內之情形下，離子追隨於周期性施加至下部電極18之直流電壓。

- 於離子追隨於周期性施加至下部電極18之直流電壓之狀況下，基板的蝕刻率W對於直流電壓的佔空比，相依性小。另一方面，將佔空比調整為較小值之情形下、尤其於將佔空比調整為50%以下之之情形下，如使用圖5（a）說明，因為電漿的電位變小，所以腔室本體12的蝕刻率大幅降低。

- 於將DC頻率設定為1MHz以上之情形下，離子不追隨於周期性施加至下部電極18之直流電壓。

- 於離子不追隨於周期性施加至下部電極18之直流電壓之狀況下，會有照射至基板之離子的能量與照射至腔室本體12的內壁之離子的能量一起昇高之傾向。

【0048】

於是，一實施形態的電漿處理裝置10之中，將直流電壓周期性施加至下部電極18之際，係於DC頻率設定為未滿1MHz之狀態下，將佔空比調整為50%以下。藉此，可抑制基板W的蝕刻率降低、且使照射至腔室本體12的內壁之離子的能量降低。就結果而言，抑制產生來自腔室本體12之微粒。此外，於佔空比係35%以下之情形下，可進一步使照射至腔室本體12的內壁之離子的能量降低。

【0049】

以下，說明其它實施形態。圖8（a）及圖8（b）係与其它實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。圖8（a）及圖8（b）各自之中，橫軸表示時間。圖8（a）及圖8（b）各自之中，縱軸表示第一射頻信號的電功率、及自直流電源70施加至下部電極18之直流電壓。圖8（a）及圖8（b）各自之中，第一射頻信號的電功率為高位準係表示供給第一射頻信號用以產生電漿。又，圖8（a）及圖8（b）各自之中，第一射頻信號的電功率為低位準係表示停止供給第一射頻信號。又，圖8（a）及圖8（b）各自中，直流電壓為低位準係表示由直流電源70將負極性的直流電壓施加至下部電極18。又，圖8（a）及圖8（b）各自之中，直流電壓為0V係表示未由直流電源70將直流電壓施加至下部電極18。

【0050】

圖8（a）所示之實施形態之中，來自直流電源70之負極性的直流電壓周期性施加至下部電極18，又，周期性供給第一射頻信號用以產生電漿。圖8（a）所示之實施形態之中，來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18與供給第一射頻信號係同步。亦即，於來自直流電源70之直流電壓施加至下部電極18之期間T1，供給第一射頻信號，且於來自直流電源70之直流電壓停止施加至下部電極18之期間T2，停止供給第一射頻信號。

【0051】

圖8（b）所示之實施形態之中，來自直流電源70之負極性的直流電壓周期性施加至下部電極18，又，周期性供給第一射頻信號用以產生電漿。圖8（b）所示之實施形態之中，相對於來自直流電源70之負極性的直流電壓施加至下部電極18的相位而言，供給第一射頻信號之相位係反轉。亦即，於來自直流電源70之直流電壓施加至下部電極18之期間T1，停止供給第一射頻信號，且於來自直流電源70之直流電壓停止施加至下部電極18之期間T2，供給第一射頻信號。

【0052】

圖8（a）所示之實施形態及圖8（b）所示之實施形態之中，將來自控制器PC之上述控制信號賦予至第一射頻電源61。第一射頻電源61，於來自控制器PC之控制信號上昇（或下降）的時機，開始供給第一射頻信號，且於來自控制器PC之控制信號下降（或上昇）的時機，停止供給第一射頻信號。圖8（a）所示之實施形態及圖8（b）所示之實施形態之中，可抑制互調變失真（Inter Modulation Distortion）導致之非有意之射頻信號產生。

【0053】

以下，說明幾個其它實施形態之電漿處理裝置。圖9顯示其它實施形態之電漿處理裝置的電源系統及控制系統。如圖9所示，其它實施形態之電漿處理裝置10A之中，第一射頻電源61含有控制器PC，此點係與電漿處理裝置10相異。亦即，電漿處理裝置10A之中，控制器PC係第一射頻電源61的一部份。另一方面，電漿處理裝置10之中，控制器PC係與第一射頻電源61及第二射頻電源62不同個體。電漿處理裝置10A之中，控制器PC係第一射頻電源61的一部份，因此來自控制器PC之上述控制信號（脈衝信號）不傳送至第一射頻電源61。

【0054】

圖10顯示額外實施形態之電漿處理裝置的電源系統及控制系統。圖10所示之電漿處理裝置10B具備複數之直流電源701及702，並具備複數之切換單元721及722。複數之直流電源701及702各自係與直流電源70同樣的電源，且構成為產生施加至下部電極18之負極性的直流電壓。複數之切換單元721及722各自具有與切換單元72同樣的構成。直流電源701連接至切換單元721。切換單元721構成為與切換單元72同樣可停止來自直流電源701之直流電壓施加至下部電極18。直流電源702連接至切換單元722。切換單元722構成為與切換單元72同樣可停止來自直流電源702之直流電壓施加至下部電極18。

【0055】

圖11係與使用圖10所示之電漿處理裝置執行之一實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。圖11之中，橫軸表示時間。圖11之中，縱軸表示合成之直流電壓、直流電源701的直流電壓、及直流電源702的直流電壓。直流電源701的直流電壓表示自直流電源701施加至下部電極18之直流電壓，且直流電源702的直流電壓表示自直流電源702施加至下部電極18之直流電壓。合成之直流電壓，於各周期PDC內施加至下部電極18。如圖11所示，電漿處理裝置10B之中，各周期PDC內施加至下部電極18之直流電壓，係由自複數之直流電源701及702依序輸出之複數之直流電壓所形成。亦即，電漿處理裝置10B之中，於各周期PDC內施加至下部電極18之直流電壓，係由自複數之直流電源701及702依序輸出之複數之直流電壓之時間上的合成所生成。依據此電漿處理裝置10B，則減輕複數之直流電源701及702各自的負載。

【0056】

將圖11所示之電漿處理方法加以執行之電漿處理裝置10B之中，控制器PC，將第一控制信號供給至切換單元721。第一控制信號，於來自直流電源701之直流電壓施加至下部電極18之期間具有高位準（或低位準），且於來自直流電源701之直流電壓不施加至下部電極18之期間具有低位準（或高位準）。又，控制器PC將第二控制信號供給至切換單元722。第二控制信號，於來自直流電源702之直流電壓施加至下部電極18之期間具有高位準（或低位準），且於來自直流電源702之直流電壓不施加至下部電極18之期間具有低位準（或高位準）。亦即，將具有相異之相位之控制信號（脈衝信號）供給至複數之直流電源所連接之複數之切換單元721、722。

【0057】

圖12係與使用圖10所示之電漿處理裝置而執行之其它實施形態的電漿處理方法有關聯之時序圖。圖12之中，橫軸顯示時間。圖12之中，縱軸顯示合成之

直流電壓、直流電源701的直流電壓、及直流電源702的直流電壓。直流電源701的直流電壓顯示自直流電源701施加至下部電極18之直流電壓，直流電源702的直流電壓顯示自直流電源702施加至下部電極18之直流電壓。合成之直流電壓，於各周期內施加至下部電極18。如圖12所示，電漿處理裝置10B之中，於相鄰之周期PDC1及周期PDC2內施加至下部電極18之直流電壓，係由自複數之直流電源701及702依序輸出、且相位偏移90度之複數之直流電壓所形成。亦即，電漿處理裝置10B之中，於相鄰之周期PDC1及周期PDC2內施加至下部電極18之直流電壓，係由自複數之直流電源701及702依序輸出、且相位偏移90度之複數之直流電壓之時間上的合成所產生。由自複數之直流電源701及702依序輸出、且相位偏移90度之複數之直流電壓之時序合成所產生之直流電壓的頻率，係自複數之直流電源701及702各自輸出之直流電壓的頻率的二倍。

【0058】

將圖12所示之電漿處理方法加以執行之電漿處理裝置10B之中，控制器PC將第三控制信號供給至切換單元721。第三控制信號，於來自直流電源701之直流電壓施加至下部電極18之期間具有高位準（或低位準），且於來自直流電源701之直流電壓不施加至下部電極18之期間具有低位準（或高位準）。又，控制器PC將第四控制信號供給至切換單元722。第四控制信號，於來自直流電源702之直流電壓施加至下部電極18之期間具有高位準（或低位準），且於來自直流電源702之直流電壓不施加至下部電極18之期間具有低位準（或高位準）。又，相對於第三控制信號的相位而言，第四控制信號的相位偏移90度。亦即，將相位偏移90度之控制信號（脈衝信號）供給至複數之直流電源701、702所連接之複數之切換單元721、722各者。又，第三控制信號的頻率及第四控制信號的頻率，係由自複數之直流電源701及702依序輸出、且相位偏移90度之複數之直流電壓之時序合成所產生之直流電壓的頻率的1/2倍。依據此電漿處理裝置10B，

則可使供給至複數之直流電源701、702所連接之複數之切換單元721、722各自之控制信號（脈衝信號）的頻率降低。此結果，依據此電漿處理裝置10B，則可抑制複數之切換單元721、722各自之控制所伴隨之發熱。

【0059】

圖13顯示其它實施形態之電漿處理裝置的電源系統及控制系統。如圖13所示，其它實施形態之電漿處理裝置10C省略直流電源702，此點係與電漿處理裝置10B相異。電漿處理裝置10C之中，直流電源701連接至切換單元721及切換單元722。

【0060】

圖14顯示額外實施形態之電漿處理裝置的電源系統及控制系統。圖14所示之電漿處理裝置10D更具備波形調整器76，此點係與電漿處理裝置10相異。波形調整器76係連接在切換單元72與高頻濾波器74之間。波形調整器76，調整自直流電源70經由切換單元72而輸出之直流電源亦即交錯具有負極性的值與0V的值之直流電壓的波形。具體而言，波形調整器76調整該直流電壓的波形，用以使施加至下部電極18之直流電壓的波形具有略三角形狀。波形調整器76例如係積分電路。

【0061】

圖15係將波形調整器76的一例加以顯示之電路圖。圖15所示之波形調整器76，構成為積分電路，且具有電阻元件76a及電容器76b。電阻元件76a的一端連接至切換單元72的電阻元件72d，且電阻元件76a的另一端連接至高頻濾波器74。電容器76b的一端連接至電阻元件76a的另一端。電容器76b的另一端連接至接地。圖15所示之波形調整器76之中，因應於由電阻元件76a的電阻值及電容器76b的電容值所決定之時間常數，而在自切換單元72輸出之直流電壓的上昇與下降產生延遲。因此，依據圖15所示之波形調整器76，則可將擬似上具有三角波

波形之電壓施加至下部電極18。依據具備前述波形調整器76之電漿處理裝置10D，則可調整照射至腔室本體12的內壁之離子的能量。

【0062】

以上說明各種實施形態，但非限定於上述實施形態，可構成各種變形態樣。例如，上述各種實施形態的電漿處理裝置，亦可不具第二射頻電源62。亦即，上述各種實施形態的電漿處理裝置，亦可具有單一射頻電源。

【0063】

又，上述各種實施形態之中，藉由切換單元切換來自直流電源之負極性的直流電壓之針對下部電極18之施加與停止施加，但若構成為直流電源本身切換負極性的直流電壓之輸出與停止輸出，則無須切換單元。

【0064】

又，上述各種實施形態之中，係以將施加直流電壓至下部電極18之各周期加以規定之頻率亦即DC頻率設定成未滿1MHz之固定值之情形為例說明，但亦可因應於時間經過而降低DC頻率。藉此，即使於基板由電漿所蝕刻形成之孔洞或溝的深度變深之情形下，亦可抑制離子的直進性在孔洞內或溝內降低，就結果而言，可抑制蝕刻特性惡化。

【0065】

又，上述各種實施形態的特徵構成，可使用任意組合。再者，上述各種實施形態之電漿處理裝置係電容耦合型之電漿處理裝置，但變形態樣中之電漿處理裝置亦可係感應耦合型之電漿處理裝置。

【0066】

此外，佔空比高之情形下，照射至腔室本體12之離子的能量變大。因此，可藉由將佔空比設定為高的值，例如，將佔空比設定為大於50%之值，而進行腔室本體12的內壁之清潔。

【0067】

以下，說明就使用電漿處理裝置10之電漿處理方法而言進行之評價實驗。

【0068】

（第一評價實驗）

【0069】

第一評價實驗之中，將具有矽氧化膜之樣本貼附至電漿處理裝置10的頂壁34之腔室12c側的面及腔室本體12的側壁，又，將具有矽氧化膜之樣本載置在靜電夾盤20上。而且，第一評價實驗之中，進行以下所示之條件的電漿處理。此外，第一評價實驗之中，將周期性施加至下部電極18之負極性的直流電壓的佔空比作為可變參數使用。

【0070】

<第一評價實驗中之電漿處理的條件>

・腔室12c的壓力：20mTorr（2.66Pa）

・供給至腔室12c之氣體的流量

C₄F₈氣體：24sccm

O₂氣體：16sccm

Ar氣體：150sccm

・第一射頻信號：100MHz、500W的連續波

・針對下部電極18之負極性的直流電壓

電壓值：-3000V

頻率（DC頻率）：200kHz

・處理時間：60秒

【0071】

第一評價實驗之中，將貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量（膜厚減少量）加以量測。又，第一評價實驗之中，將貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量（膜厚減少量）加以量測。又，第一評價實驗之中，將載置在靜電夾盤20上之樣本的矽氧化膜的蝕刻量（膜厚減少量）加以量測。圖16（a）係將以第一評價實驗求取之佔空比與貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量之關係加以顯示之圖表。圖16（b）係將以第一評價實驗求取之佔空比與貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量之關係加以顯示之圖表。圖17係將以第一評價實驗求取之佔空比與載置在靜電夾盤20上之樣本的矽氧化膜的蝕刻量之關係加以顯示之圖表。

【0072】

如圖17所示，載置在靜電夾盤20上之樣本的矽氧化膜的蝕刻量之對佔空比之相依性少。又，如圖16（a）及圖16（b）所示，於佔空比係35%以下之情形下，貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量，變得相當小。又，如圖16（a）及圖16（b）所示，於佔空比係35%以下之情形下，貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量，變得相當小。因此，藉由第一評價實驗確認：基板的蝕刻率對於各周期PDC內負極性的直流電壓施加至下部電極18之期間所佔之佔空比之相依性少。又，吾人確認：於佔空比小之情形下，尤其於佔空比係35%以下之情形下，腔室本體12的蝕刻率大幅降低，亦即照射至腔室本體12的內壁之離子的能量變小。此外，由圖16（a）及圖16（b）的圖表來看，吾人推測：若佔空比係50%以下，則照射至腔室本體12的內壁之離子的能量相當小。

【0073】

（第二評價實驗）

【0074】

第二評價實驗之中，將具有矽氧化膜之樣本貼附至電漿處理裝置10的頂壁34之腔室12c側的面及腔室本體12的側壁各者，又將具有矽氧化膜之樣本載置在靜電夾盤20上。而且，第二評價實驗之中，進行以下所示之條件的電漿處理。

【0075】

<第二評價實驗中之電漿處理的條件>

·腔室12c的壓力：20mTorr（2.66Pa）

·供給至腔室12c之氣體的流量

C₄F₈氣體：24sccm

O₂氣體：16sccm

Ar氣體：150sccm

·第一射頻信號：100MHz、500W的連續波

·針對下部電極18之負極性的直流電壓

電壓值：-3000V

頻率（DC頻率）：200kHz

佔空比：35%

·處理時間：60秒

【0076】

又，比較實驗之中，將具有矽氧化膜之樣本貼附至電漿處理裝置10的頂壁34之腔室12c側的面及腔室本體12的側壁各者，又，將具有矽氧化膜之樣本載置在靜電夾盤20上。而且，比較實驗之中，進行以下所示之條件的電漿處理。此外，將比較實驗中之第二射頻信號的條件設定為載置在靜電夾盤20上之樣本的矽氧化膜的蝕刻量（膜厚減少量）係與第二評價實驗的電漿處理與比較實驗的電漿處理約略同等。

【0077】

<比較實驗中之電漿處理的條件>

·腔室12c的壓力：20mTorr（2.66Pa）

·供給至腔室12c之氣體的流量

C₄F₈氣體：24sccm

O₂氣體：16sccm

Ar氣體：150sccm

·第一射頻信號：100MHz、500W的連續波

·第二射頻信號：400kHz、2500W的連續波

·處理時間：60秒

【0078】

第二評價實驗及比較實驗各自將貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量（膜厚減少量）加以量測。又，第二評價實驗及比較實驗各自將貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量（膜厚減少量）加以量測。圖18（a）係將以第二評價實驗及比較實驗各別求取之貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量加以顯示之圖表。圖18（b）係將以第二評價實驗及比較實驗各別求取之貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量加以顯示之圖表。圖18（a）的圖表之中，橫軸表示貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本內的量測位置之自腔室12c的中心起算之徑向的距離。又，圖18（a）的圖表之中，縱軸顯示貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量。圖18（b）的圖表之中，橫軸顯示貼附至腔室12c側壁之樣本內的量測位置之自頂壁34之腔室12c側的面起算之垂直方向的距離。又，圖18（b）的圖表之中，縱軸顯示貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量。

【0079】

如圖18（a）及（b）所示，相較於使用第二射頻信號之比較實驗而言，使用負極性的直流電壓之第二評價實驗之中，貼附至頂壁34之腔室12c側的面之樣本的矽氧化膜的蝕刻量小。又，如圖18（a）及（b）所示，相較於使用第二射頻信號之比較實驗而言，使用負極性的直流電壓之第二評價實驗之中，貼附至腔室本體12的側壁之樣本的矽氧化膜的蝕刻量相當小。因此，藉由將負極性的直流電壓周期性施加下部電極18而確認出以下效果。亦即，已確認：可抑制照射至靜電夾盤20上的基板之離子的能量降低、並且使照射至腔室本體12的壁面及上部電極30的壁面之離子的能量大幅降低。

【0080】

以下，說明就使用電漿處理裝置10之電漿處理方法而言進行之評價模擬。

【0081】

（評價模擬）

評價模擬之中，藉由以下所示之條件，來模擬照射至基板W之離子的能量分布（IED）及照射至腔室本體12的內壁之離子的能量分布（IED）。此外，評價模擬之中，於將DC頻率設定為未滿1MHz之200kHz之狀態下，將周期性施加至下部電極18之負極性的直流電壓的佔空比作為可變參數使用。

【0082】

<評價模擬的條件>

- 腔室12c的壓力：30mTorr（4.00Pa）
- 供給至腔室12c之處理氣體：Ar氣體
- 第一射頻信號：100MHz、500W之連續波
- 針對下部電極18之負極性的直流電壓

電壓值：-450V

頻率（DC頻率）：200kHz

第 28 頁，共 32 頁(發明說明書)

【0083】

圖19A～圖19E係將佔空比與照射至基板W之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。圖20A～圖20E係將佔空比與照射至腔室本體12的內壁之離子的能量之關係的一例加以顯示之模擬結果。

【0084】

如圖19A～圖19E所示，照射至基板W之離子的能量的最大值，與佔空比之變化無關，而維持在預先制定之容許規格的範圍內即約270eV。又，如圖20A～圖20E所示，於佔空比係50%以下之情形下，照射至腔室本體12的內壁之離子的能量的最大值，變小成預先制定之容許規格的範圍內即約60eV以下。因此，評價模擬之中，已確認：於將DC頻率設定為未滿1MHz的200kHz之情形下，基板W的蝕刻率對直流電壓的佔空比之相依性較少。又，已確認：將DC頻率設定為未滿1MHz的200kHz之狀態中，於將佔空比調整為50%以下之情形下，照射至腔室本體12的內壁之離子的能量降低至預先制定之容許規格的範圍內。

【符號說明】**【0085】**

10、10A～10D 電漿處理裝置

12 腔室本體

12c 腔室

12g 閘閥

12p 通道

15 支持部

16 平台

18 下部電極

- 18f 流道
- 20 靜電夾盤
- 21 電極板
- 23a、23b 配管
- 25 氣體供給線路
- 28 筒狀部
- 29 絕緣部
- 30 上部電極
- 32 構件
- 34 頂壁
- 34a 氣體噴吐孔
- 36 支持體
- 36a 氣體擴散室
- 36b 氣體孔
- 36c 氣體導入
- 38 氣體供給管
- 40 氣體源群
- 42 閥群
- 44 流量控制器群
- 48 擋板
- 50 排氣裝置
- 52 排氣管
- 61 第一射頻電源
- 62 第二射頻電源

64 匹配器

64a 端子

65 第一匹配電路

65a、65b 可變電容器

66 第二匹配電路

66a、66b 可變電容器

70、701、702 直流電源

72、721、722 切換單元

72a、72b 場效電晶體

72c 電容器

72d 電阻元件

74 高頻濾波器

74a 電感器

74b 電容器

76 波形調整器

76a 電阻元件

76b 電容器

FR 聚焦環

MC 主控制部

NA、NB 節點

PC 控制器

PV 電位

PDC 周期

S1、S2 步驟

T1、T2 期間

W 晶圓

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種電漿處理方法，係在電漿處理裝置執行，其中，

該電漿處理裝置具備：

腔室本體，提供腔室；

平台，設在該腔室本體內，用來支持基板，且包含下部電極；

第一射頻電源，用來供給第一射頻信號，該第一射頻信號用以產生供應至該腔室之氣體的电漿；

第二射頻電源，用來產生第二射頻信號，該第二射頻信號用以供給至該下部電極；以及

一個以上之直流電源，產生施加至該下部電極之具有負極性之直流電壓；

且該電漿處理方法包括：

射頻信號供給步驟，由該第一射頻電源供給該第一射頻信號；以及

選擇性施加步驟，將該第二射頻信號或該具有負極性之直流電壓中之任一者選擇性施加至該下部電極，以將離子拉入至該基板，

其中，在該選擇性施加步驟之中，僅僅將該具有負極性之直流電壓周期性施加至該下部電極，且於將施加該具有負極性之直流電壓至該下部電極之各周期加以規定之頻率係在從200kHz至800kHz之範圍內之狀態下，調整該具有負極性之直流電壓施加至該下部電極的時間對該各周期的總時間之比率，該各周期的該總時間包括該具有負極性之直流電壓施加至該下部電極的該時間以及該具有負極性之直流電壓不施加至該下部電極的時間兩者。

【第2項】

如申請專利範圍第1項之電漿處理方法，其中，

在該選擇性施加步驟之中，藉由調整該比率，而使照射至該腔室本體的內壁之離子的能量降低。

【第3項】

如申請專利範圍第2項之電漿處理方法，其中，

將該比率調整為50%以下，

該電漿處理裝置具備複數之直流電源作為該一個以上之直流電源，且

於該各周期內施加至該下部電極之該具有負極性之直流電壓，係由自該複數之直流電源依序輸出的複數之直流電壓所形成。

【第4項】

如申請專利範圍第1項之電漿處理方法，其中，

該電漿處理裝置具備複數之直流電源作為該一個以上之直流電源，且

於該各周期內施加至該下部電極之該具有負極性之直流電壓，係由自該複數之直流電源依序輸出的複數之直流電壓所形成。

【第5項】

如申請專利範圍第3項之電漿處理方法，其中，

於施加該具有負極性之直流電壓之期間中供給該第一射頻信號，且於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間中停止供給該第一射頻信號，或

於施加該具有負極性之直流電壓之期間中停止供給該第一射頻信號，且於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間中供給該第一射頻信號。

【第6項】

如申請專利範圍第1項之電漿處理方法，其中，

於施加該具有負極性之直流電壓之期間中供給該第一射頻信號，且於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間中停止供給該第一射頻信號，或

於施加該具有負極性之直流電壓之期間中停止供給該第一射頻信號，且於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間中供給該第一射頻信號。

【第7項】

一種電漿處理裝置，具備：

腔室本體，提供腔室；

平台，設在該腔室本體內，用來支持基板，且包含下部電極；

第一射頻電源，供給用以使供應至該腔室之氣體激發之第一射頻信號；

第二射頻電源，產生供給至該下部電極之第二射頻信號；

一個以上之直流電源，產生施加至該下部電極之具有負極性之直流電壓；

切換單元，構成為在該具有負極性之直流電壓至該下部電極之施加與停止施加之間切換；以及

控制器，控制該切換單元，

其中，該第二射頻信號或該具有負極性之直流電壓中之任一者係選擇性施加至該下部電極，以將離子拉入至該基板，該控制器控制該切換單元，俾僅僅將來自該一個以上之直流電源的該具有負極性之直流電壓周期性施加至該下部電極，且於將施加該具有負極性之直流電壓之各周期加以規定之頻率係在從200kHz至800kHz之範圍內之狀態下，調整該具有負極性之直流電壓施加至該下部電極的時間對該各周期的總時間之比率，該各周期的該總時間包括該具有負極性之直流電壓施加至該下部電極的該時間及該具有負極性之直流電壓不施加至該下部電極的時間兩者。

【第8項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，

在僅僅施加該具有負極性之直流電壓時，該控制器控制該切換單元，俾藉由調整該比率而使照射至該腔室本體的內壁之離子的能量降低。

【第9項】

如申請專利範圍第8項之電漿處理裝置，其中，

該控制器控制該切換單元，俾將該比率調整成50%以下，

該電漿處理裝置具備複數之直流電源作為該一個以上之直流電源，且

該控制器控制該切換單元，俾於該各周期內施加至該下部電極之該具有負極性之直流電壓，係由自該複數之直流電源依序輸出的複數之直流電壓所形成。

【第10項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，

該電漿處理裝置具備複數之直流電源作為該一個以上之直流電源，且

該控制器控制該切換單元，俾藉由從該複數之直流電源依序輸出的複數之直流電壓，形成於該各周期內施加至該下部電極之該具有負極性之直流電壓。

【第11項】

如申請專利範圍第9項之電漿處理裝置，其中，

該控制器控制該第一射頻電源，俾於施加該具有負極性之直流電壓之期間供給該第一射頻信號，而於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間停止供給該第一射頻信號。

【第12項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，

該控制器控制該第一射頻電源，俾於施加該具有負極性之直流電壓之期間供給該第一射頻信號，而於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間停止供給該第一射頻信號。

【第13項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，

當停止該第一射頻信號之供給時，開始該具有負極性之直流電壓之施加，
以及

當開始該第一射頻信號之該供給時，停止該具有負極性之直流電壓之該施加。

【第14項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，
該第一射頻信號係以調整為50%以下之佔空比而周期性供給。

【第15項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，
該具有負極性之直流電壓施加至該下部電極的期間在該各周期中所佔之該
比率被調整為35%以下，以及

該第一射頻信號係以調整為35%以下之佔空比而周期性供給。

【第16項】

如申請專利範圍第8項之電漿處理裝置，其中，
該控制器控制該切換單元，俾將該比率調整為50%以下。

【第17項】

如申請專利範圍第9項之電漿處理裝置，其中，
該控制器控制該第一射頻電源，俾於施加該具有負極性之直流電壓之期間
停止供給該第一射頻信號，而於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間供給
該第一射頻信號。

【第18項】

如申請專利範圍第17項之電漿處理裝置，其中，
該第一射頻信號具有27~100MHz範圍內的頻率。

【第19項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，

該控制器控制該第一射頻電源，俾於施加該具有負極性之直流電壓之期間停止供給該第一射頻信號，而於停止施加該具有負極性之直流電壓之期間供給該第一射頻信號。

【第20項】

如申請專利範圍第7項之電漿處理裝置，其中，

當施加該具有負極性之直流電壓至該下部電極時，不供給該第一射頻信號至該下部電極。



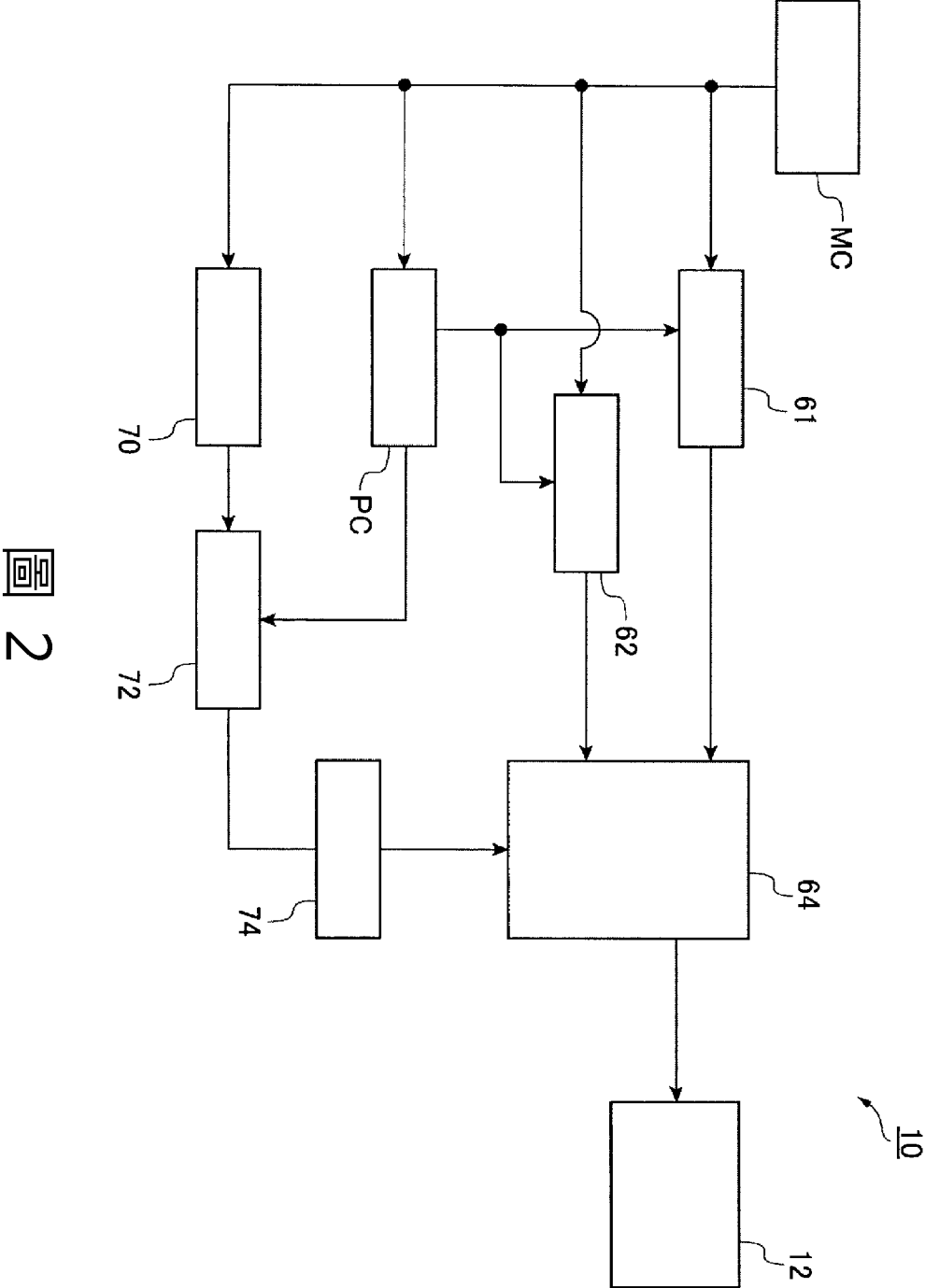


圖 2

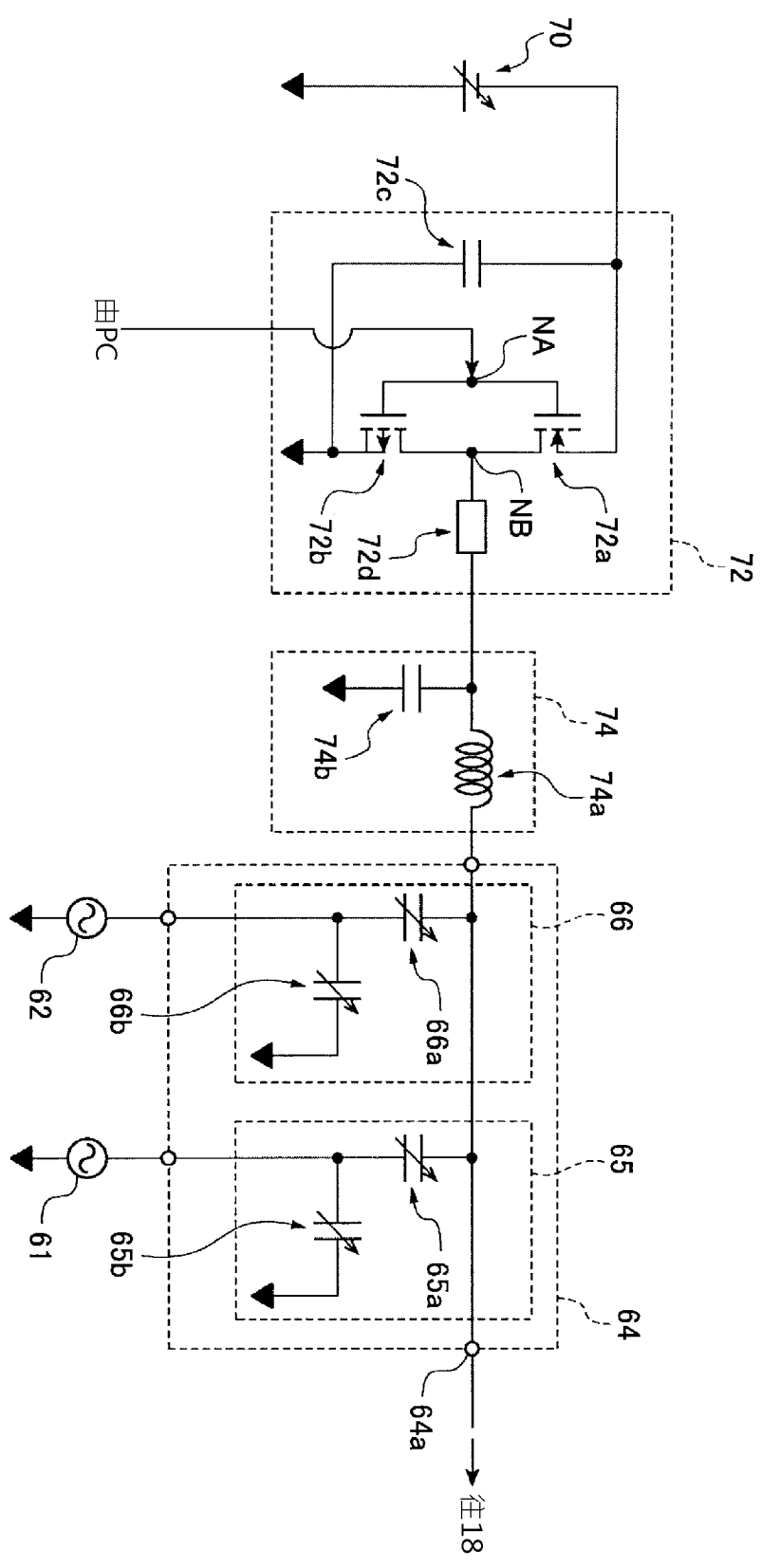


圖 3

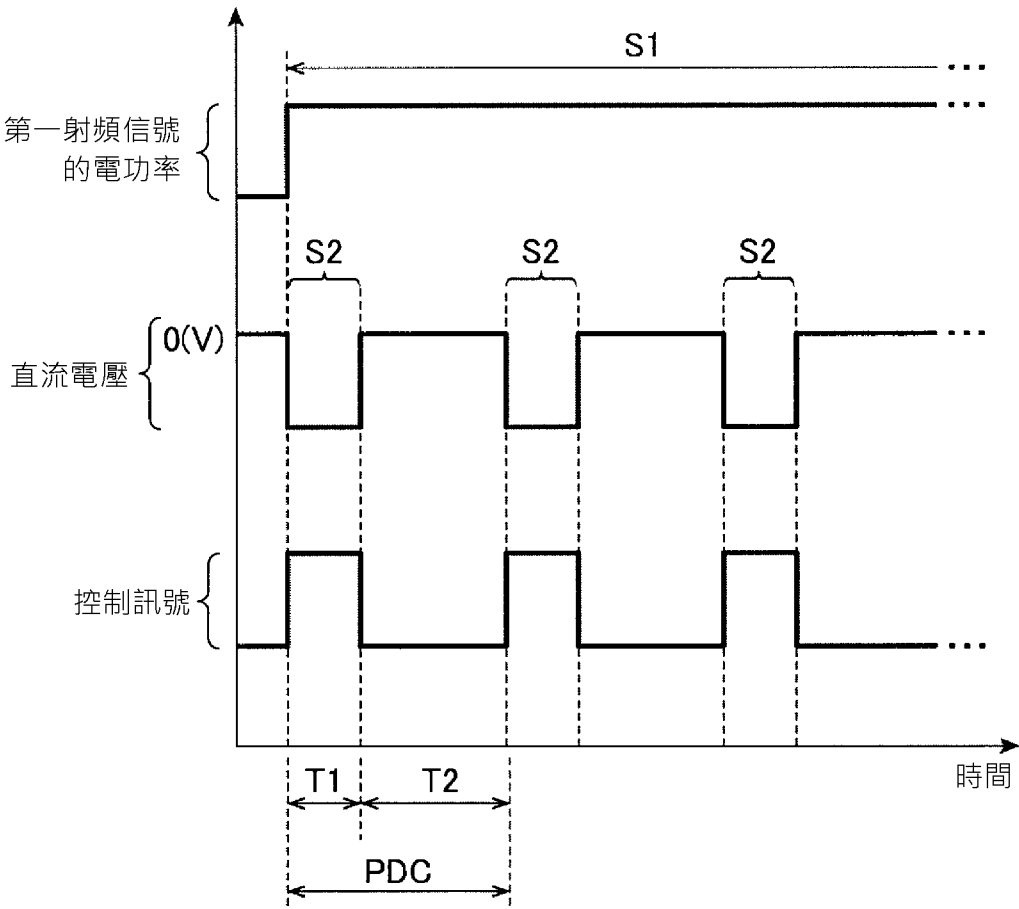


圖 4

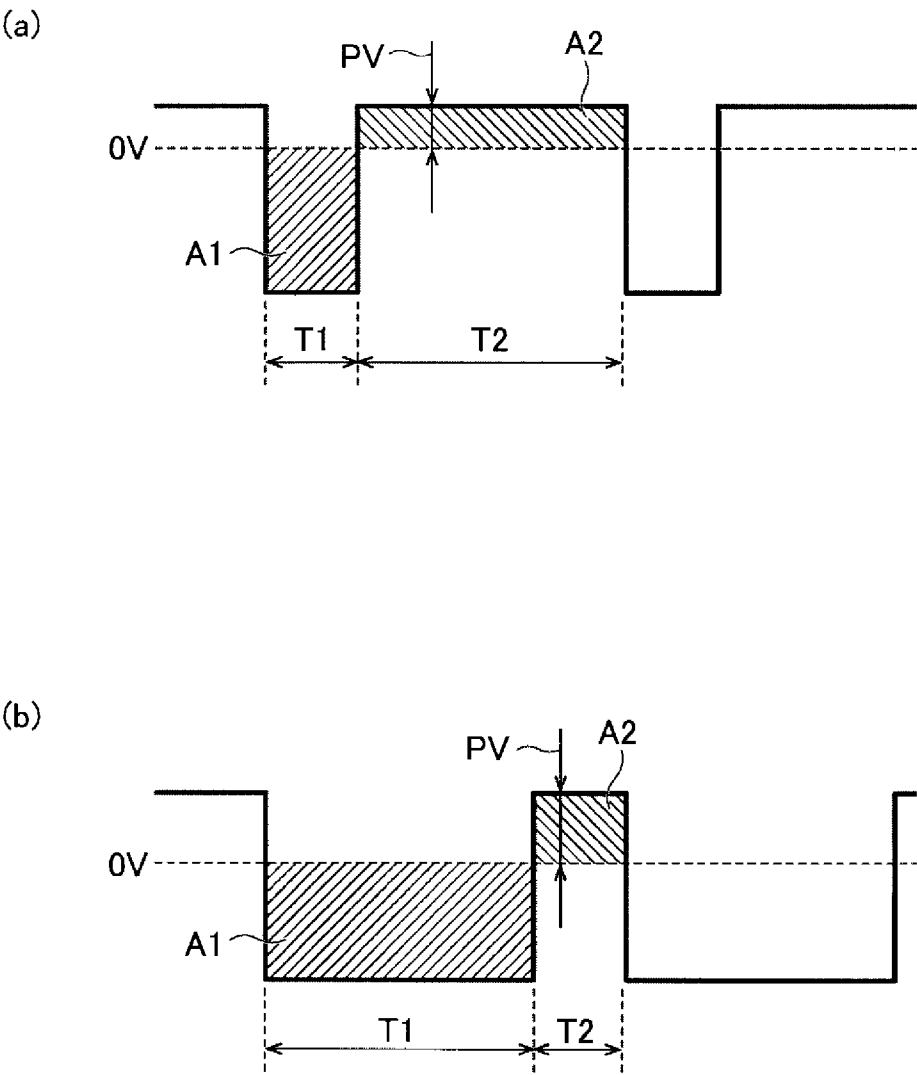


圖 5

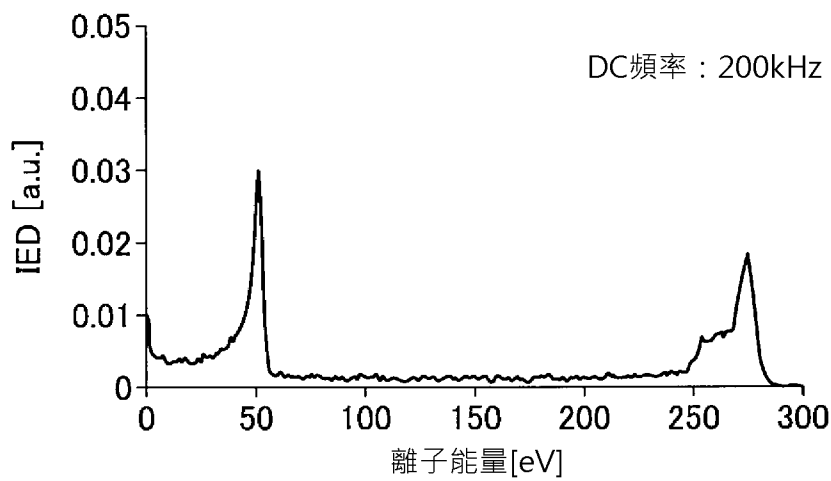


圖 6A

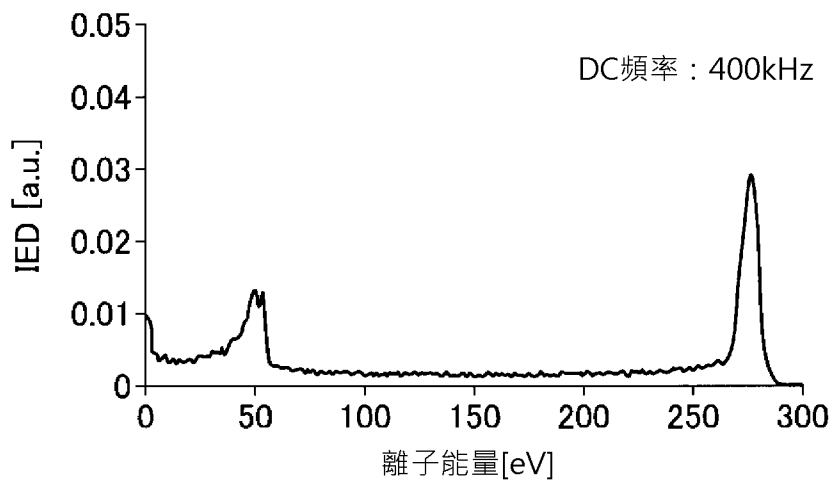


圖 6B

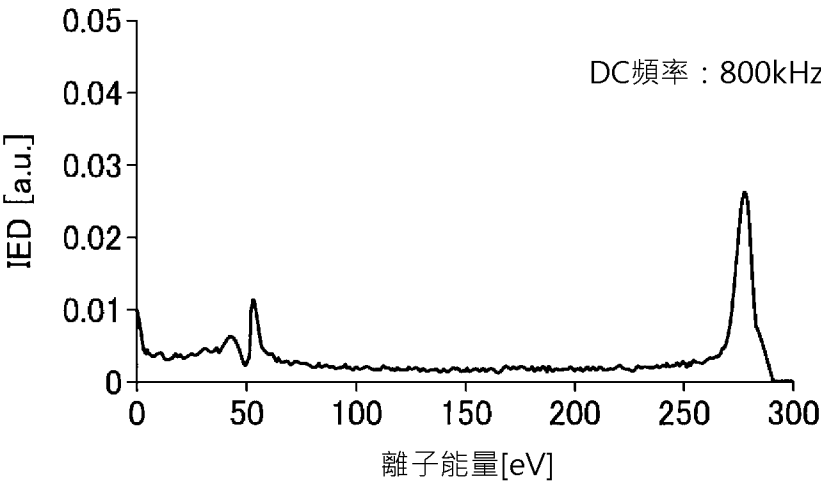


圖 6C

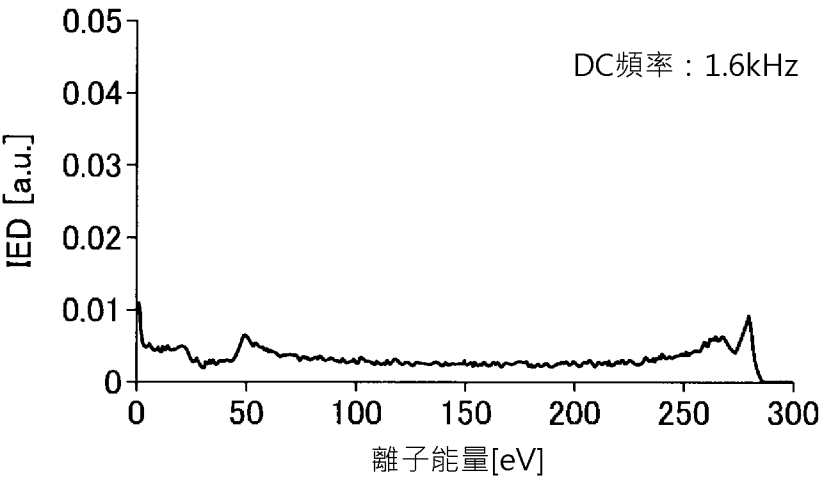


圖 6D

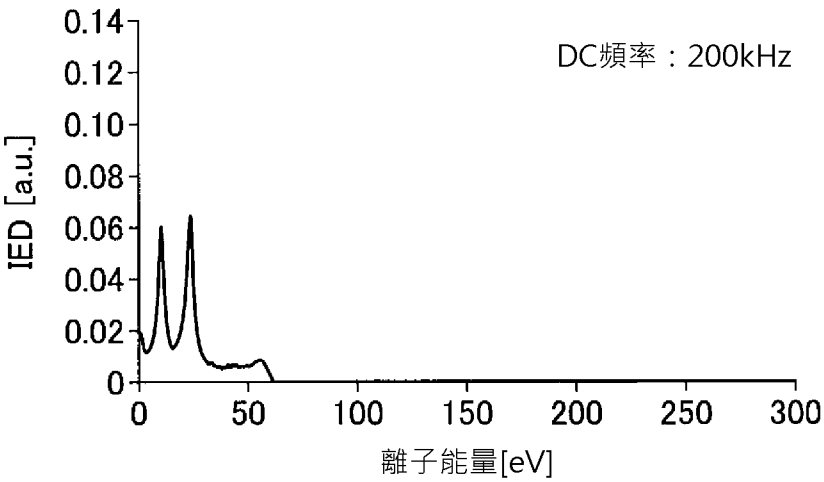


圖 7A

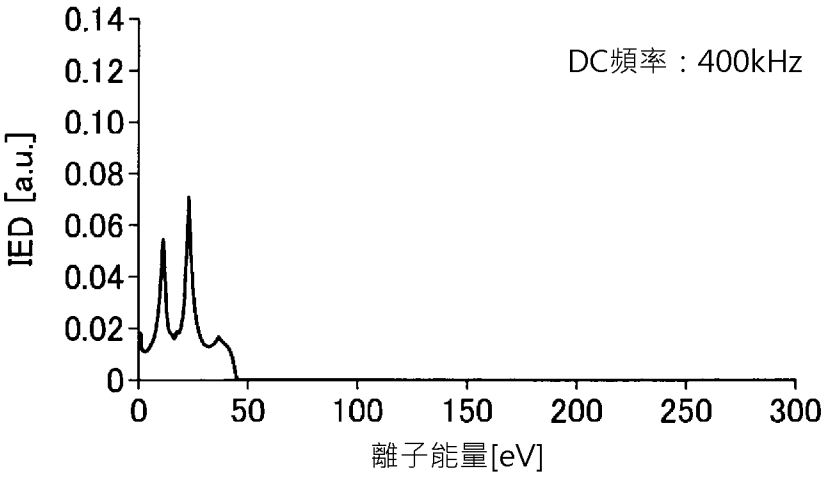


圖 7B

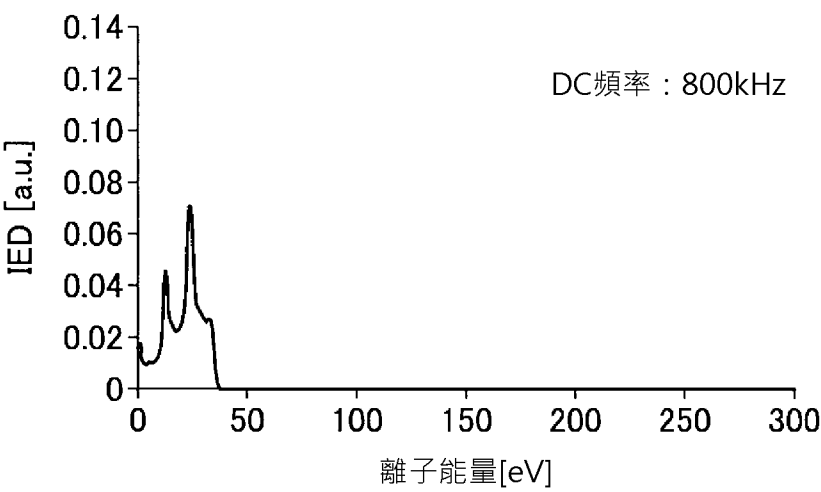


圖 7C

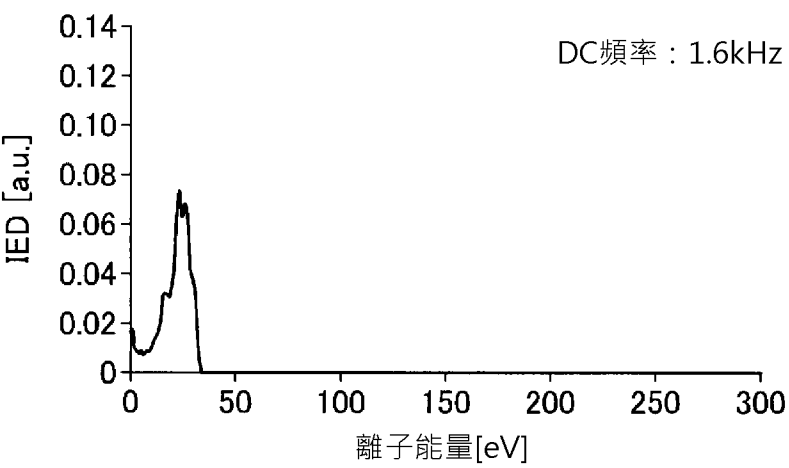


圖 7D

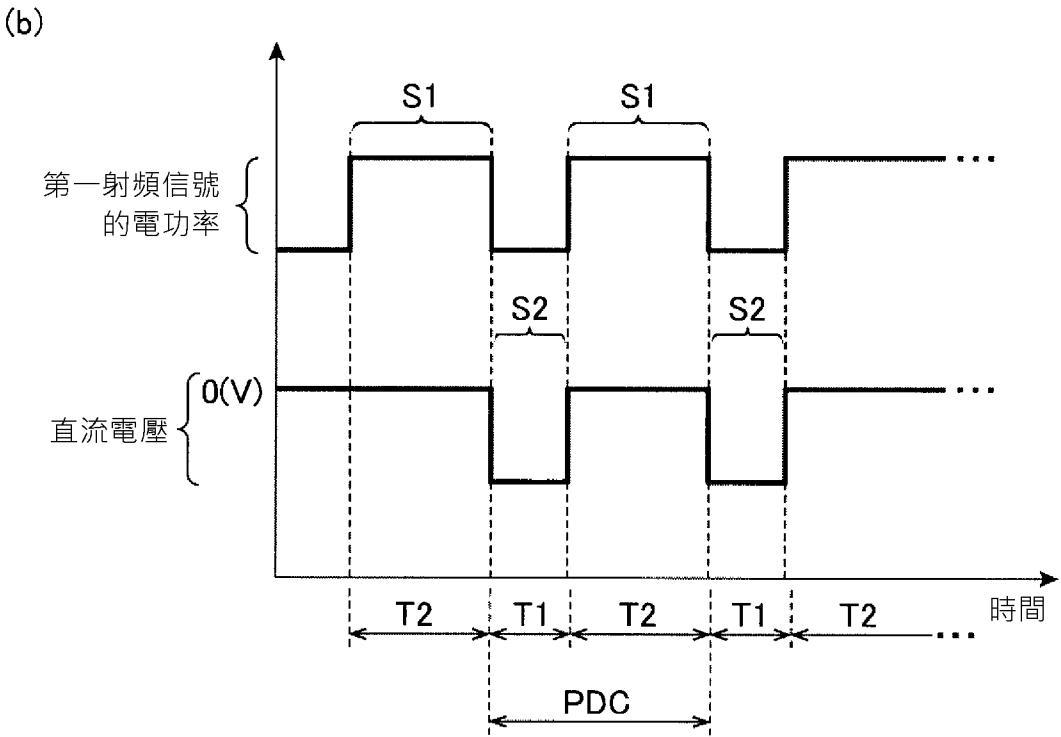
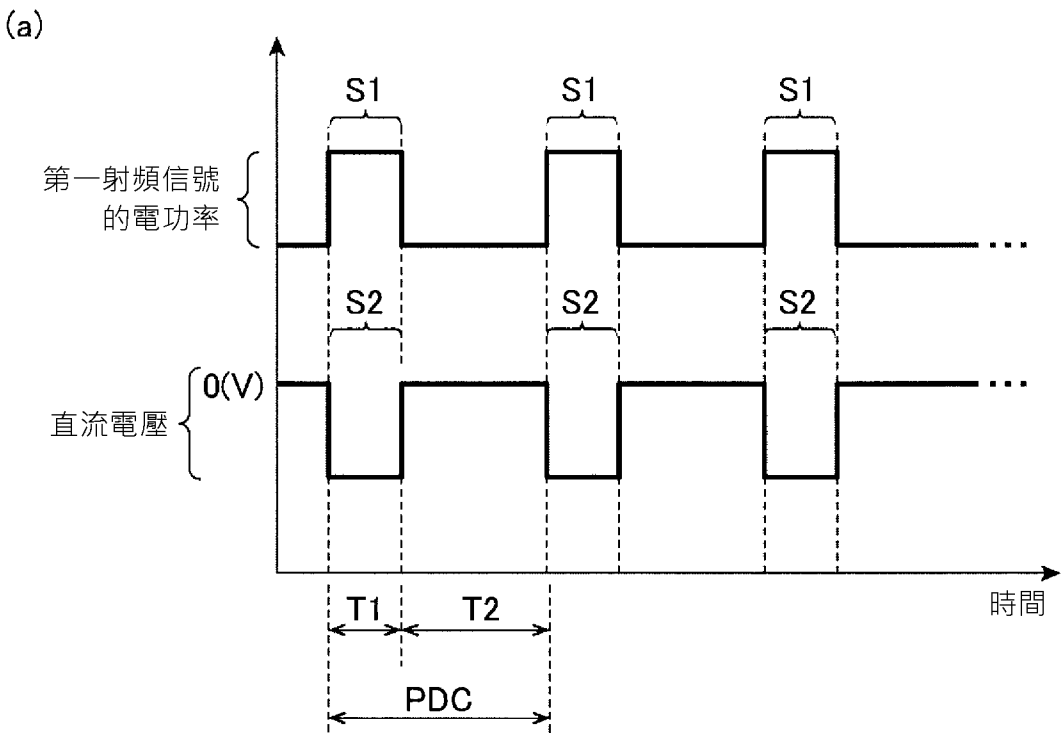


圖 8

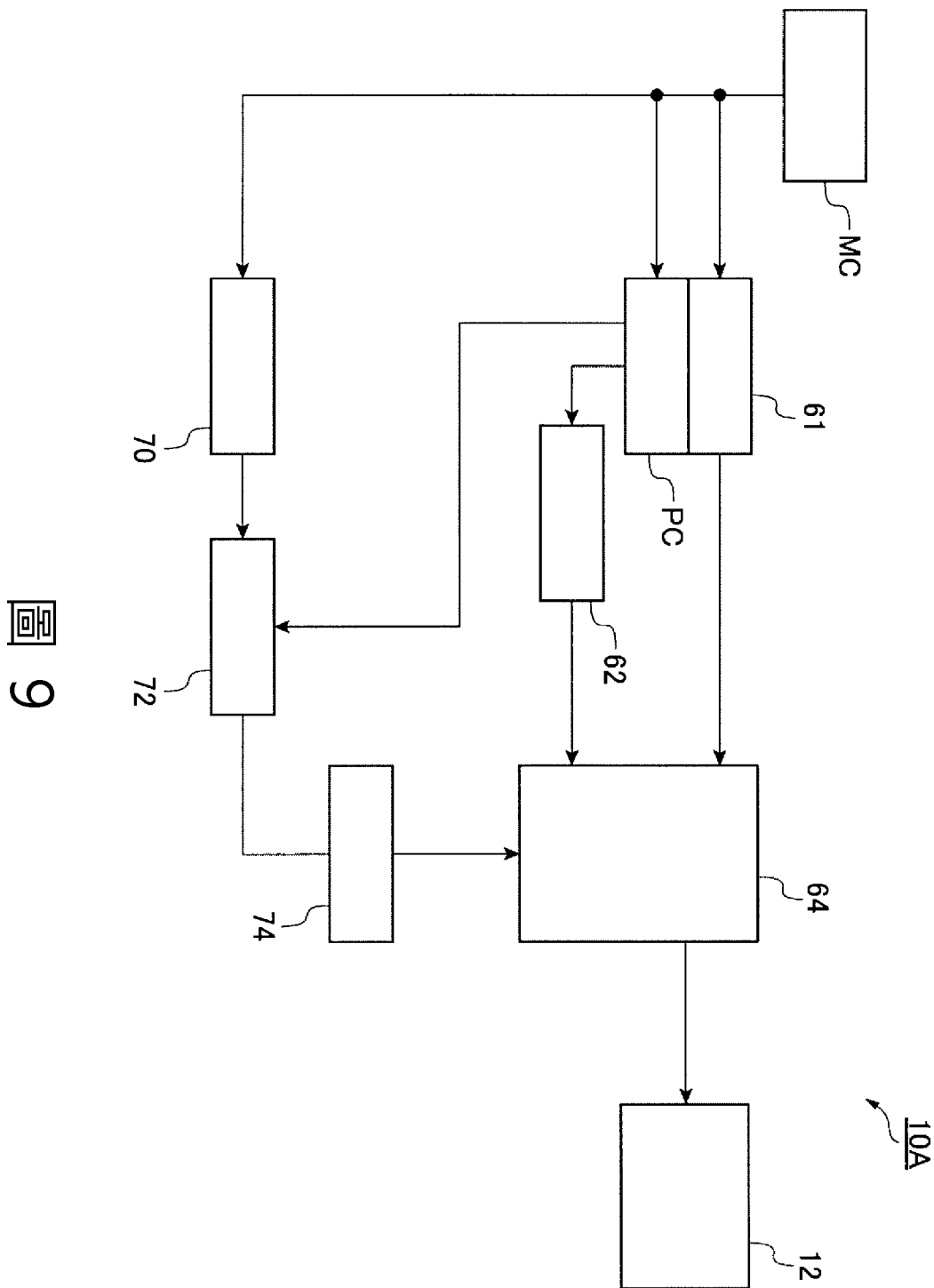


圖 9

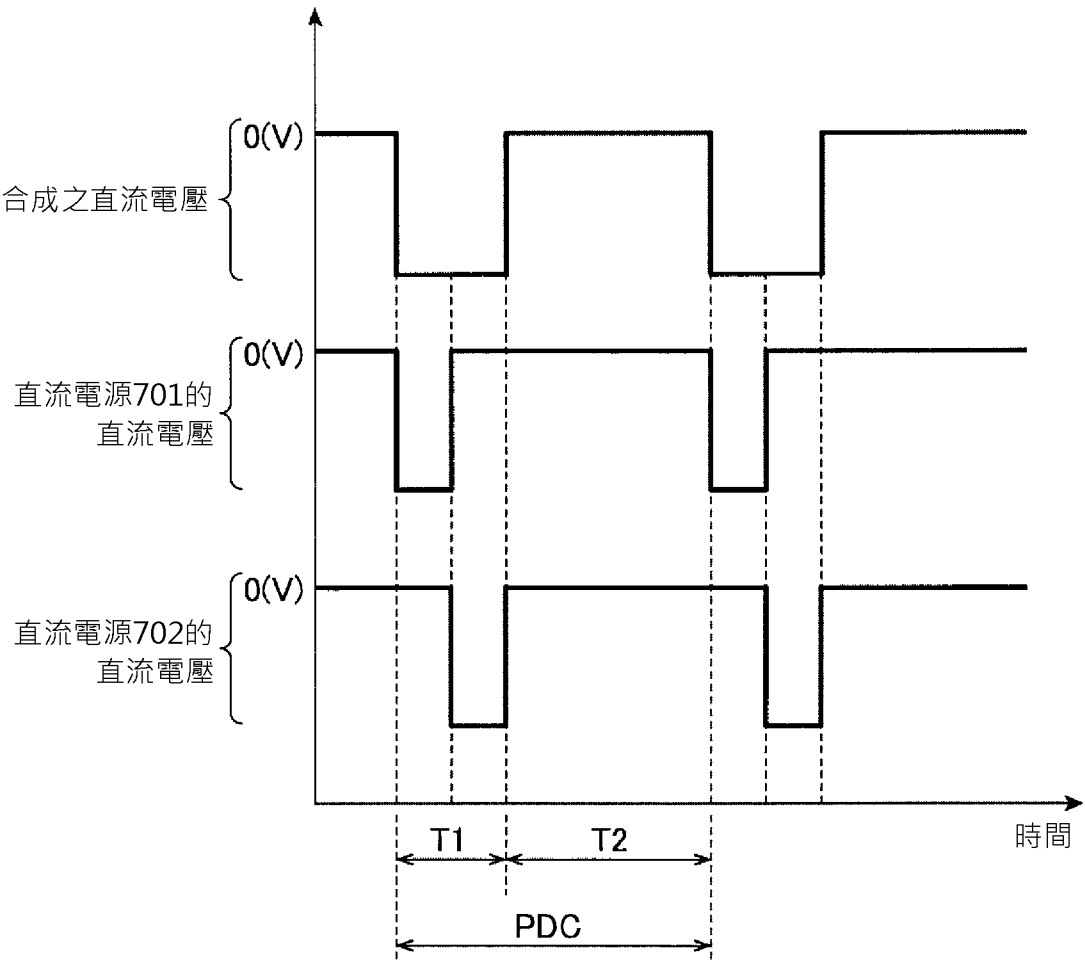


圖 11

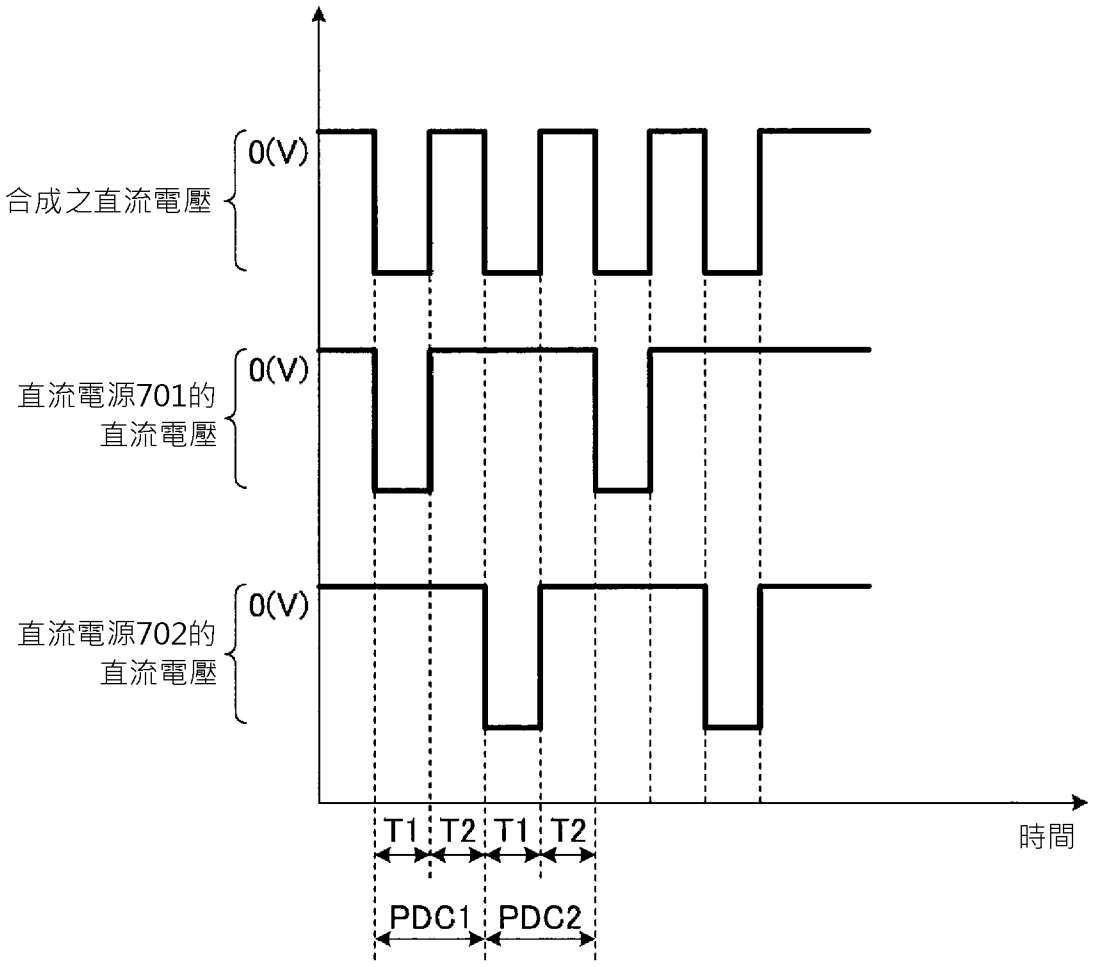


圖 12

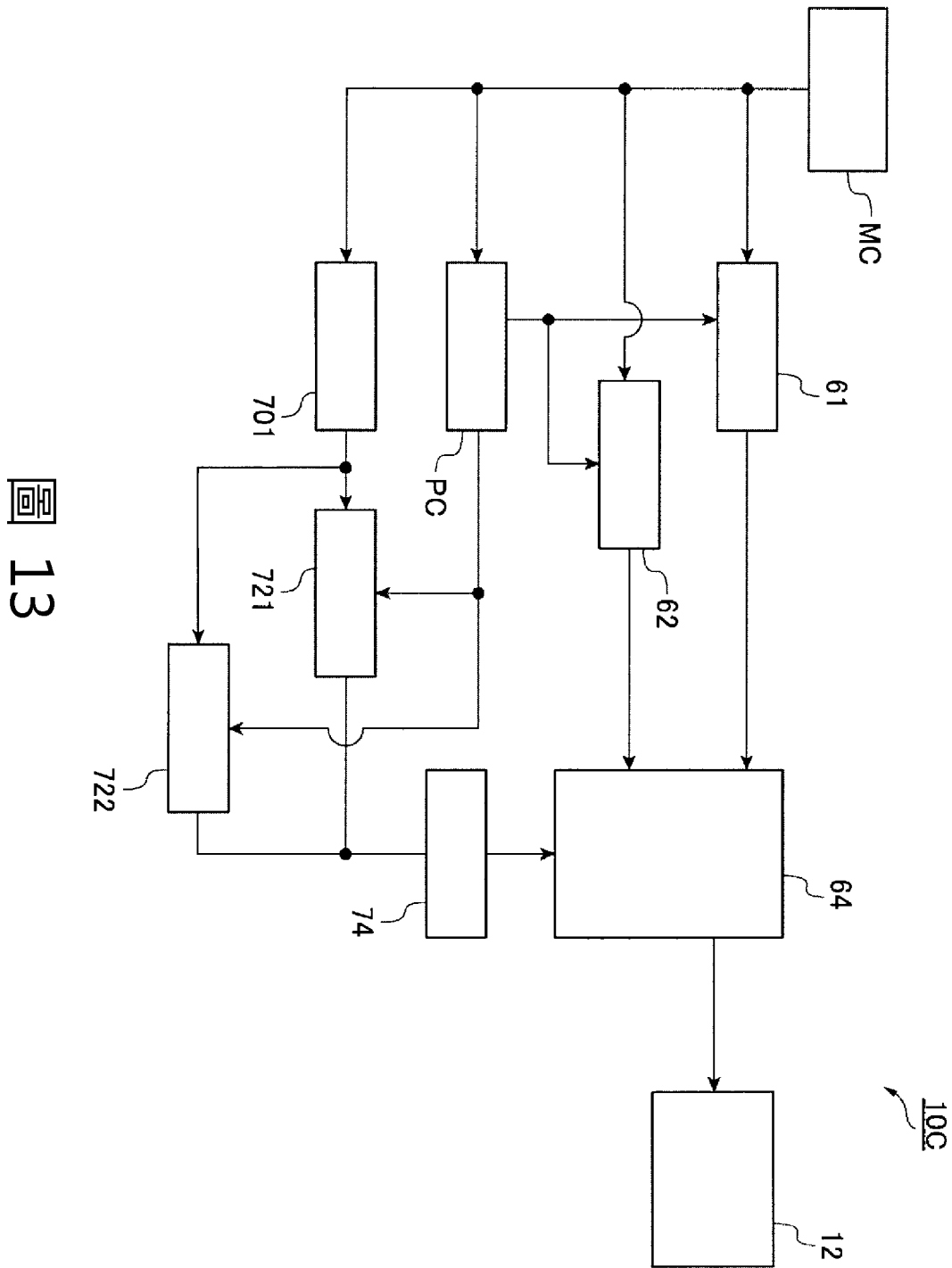


圖 13

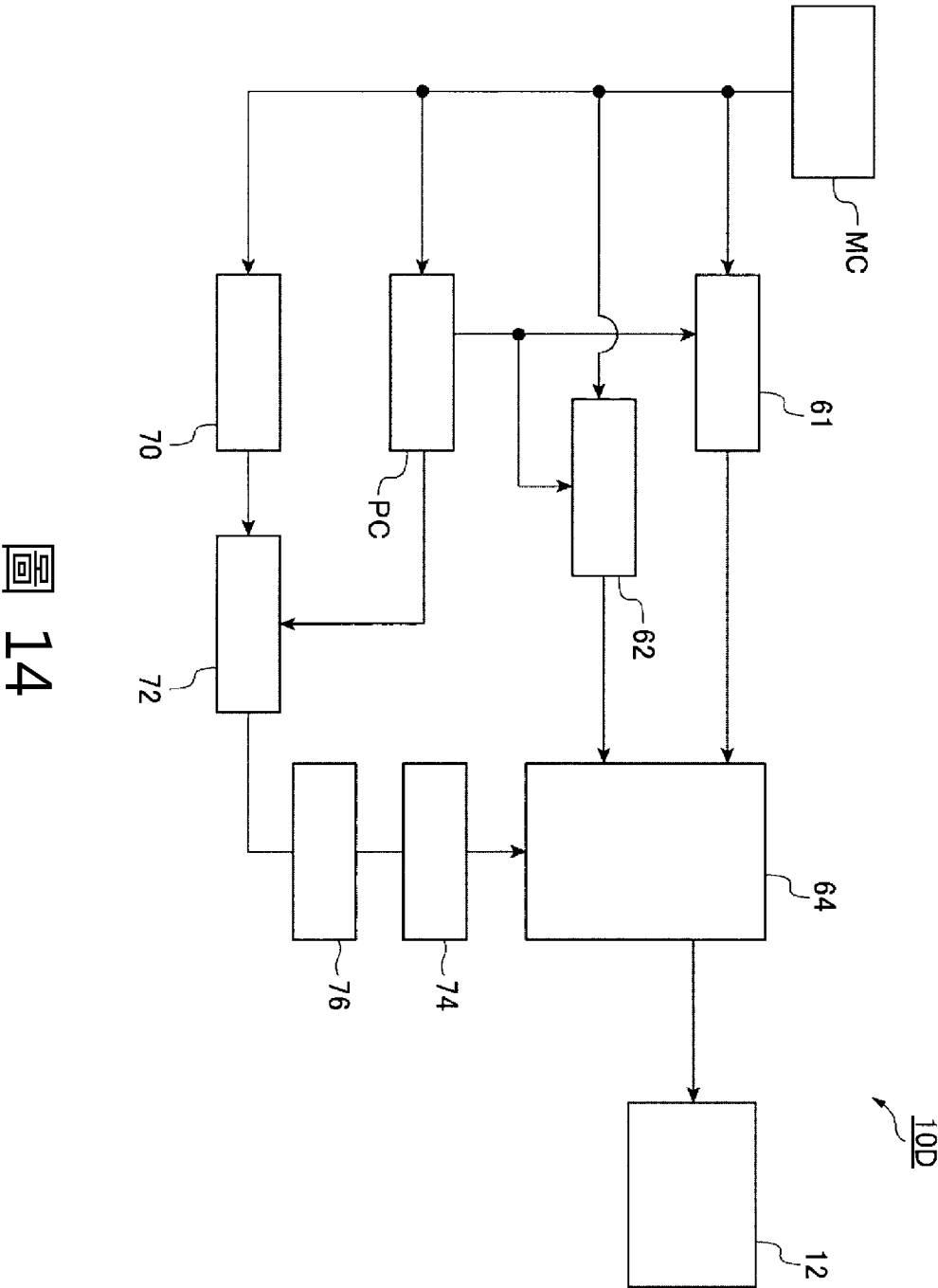


圖 14

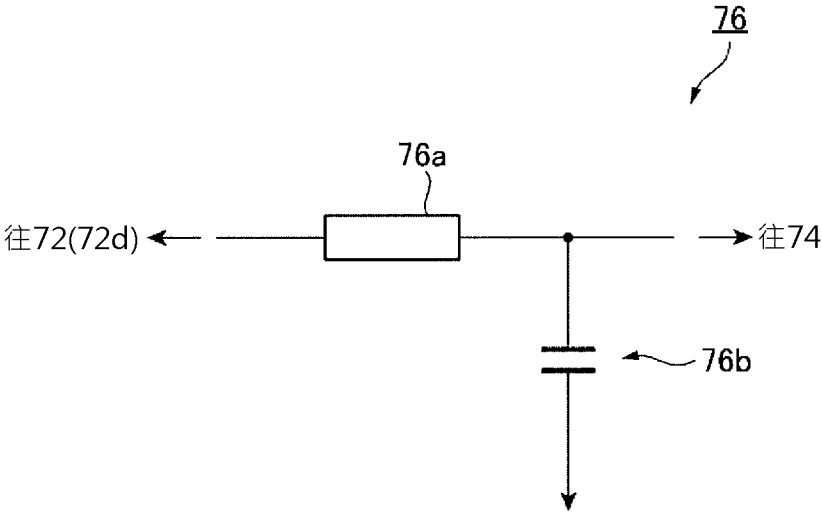


圖 15

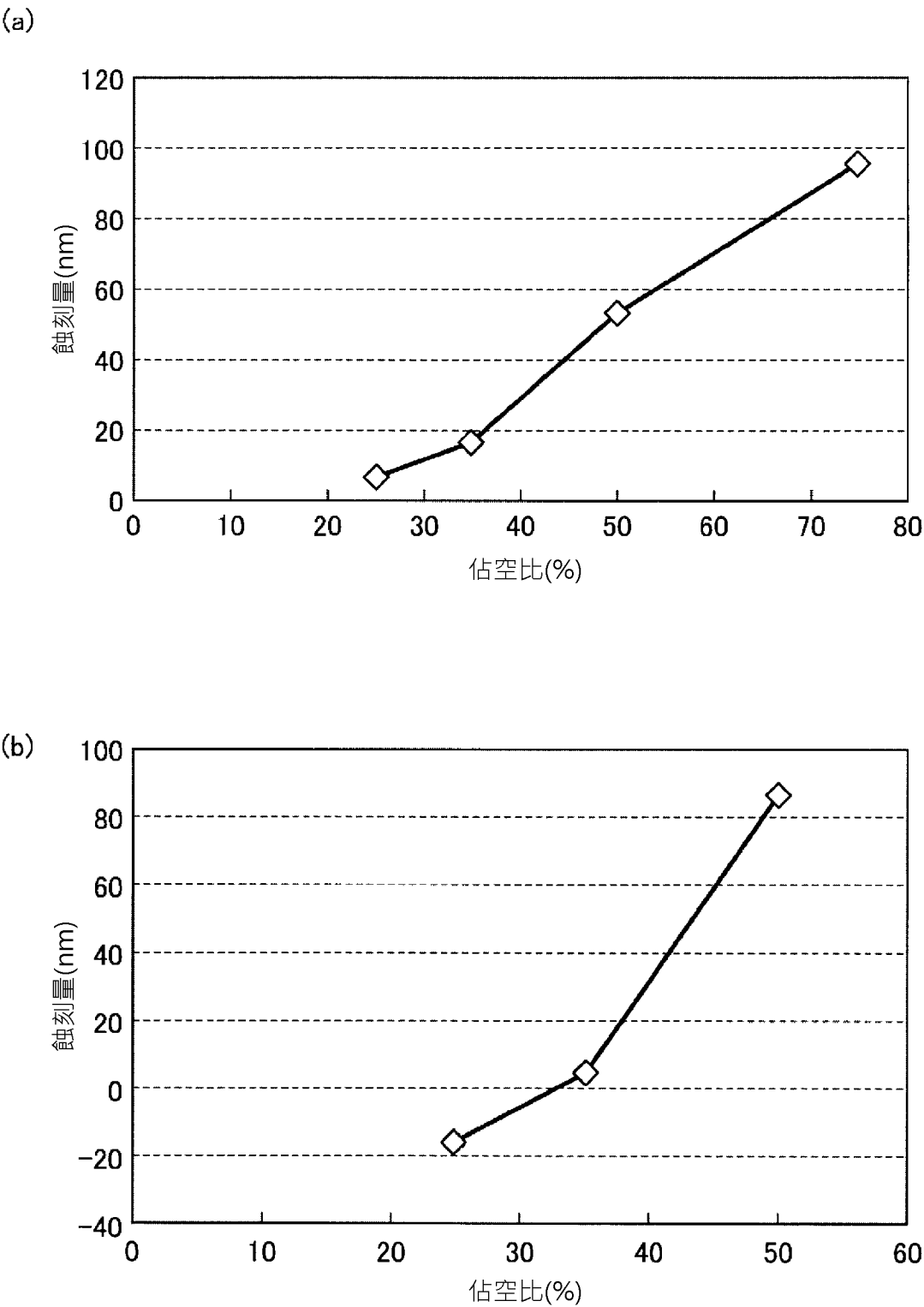


圖 16

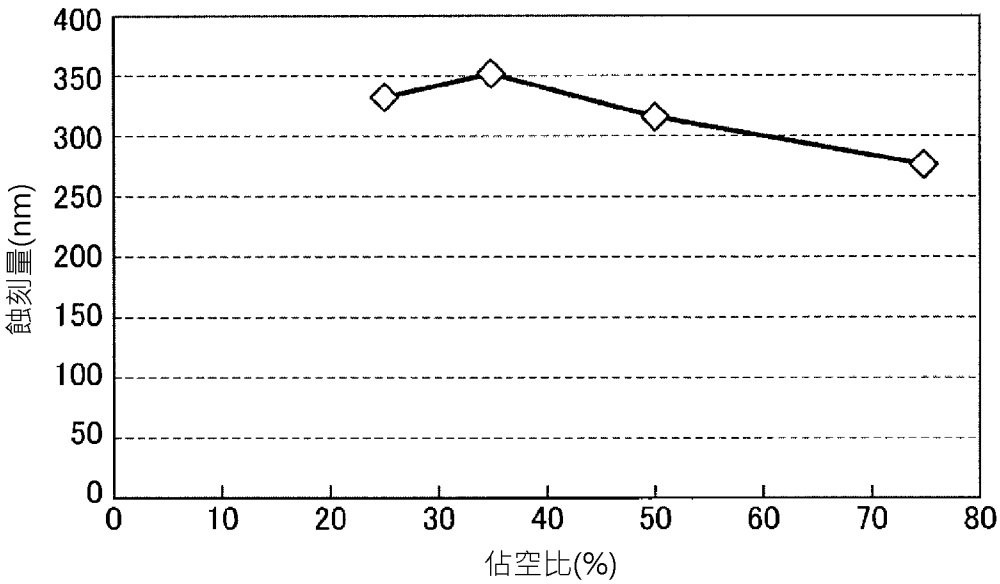


圖 17

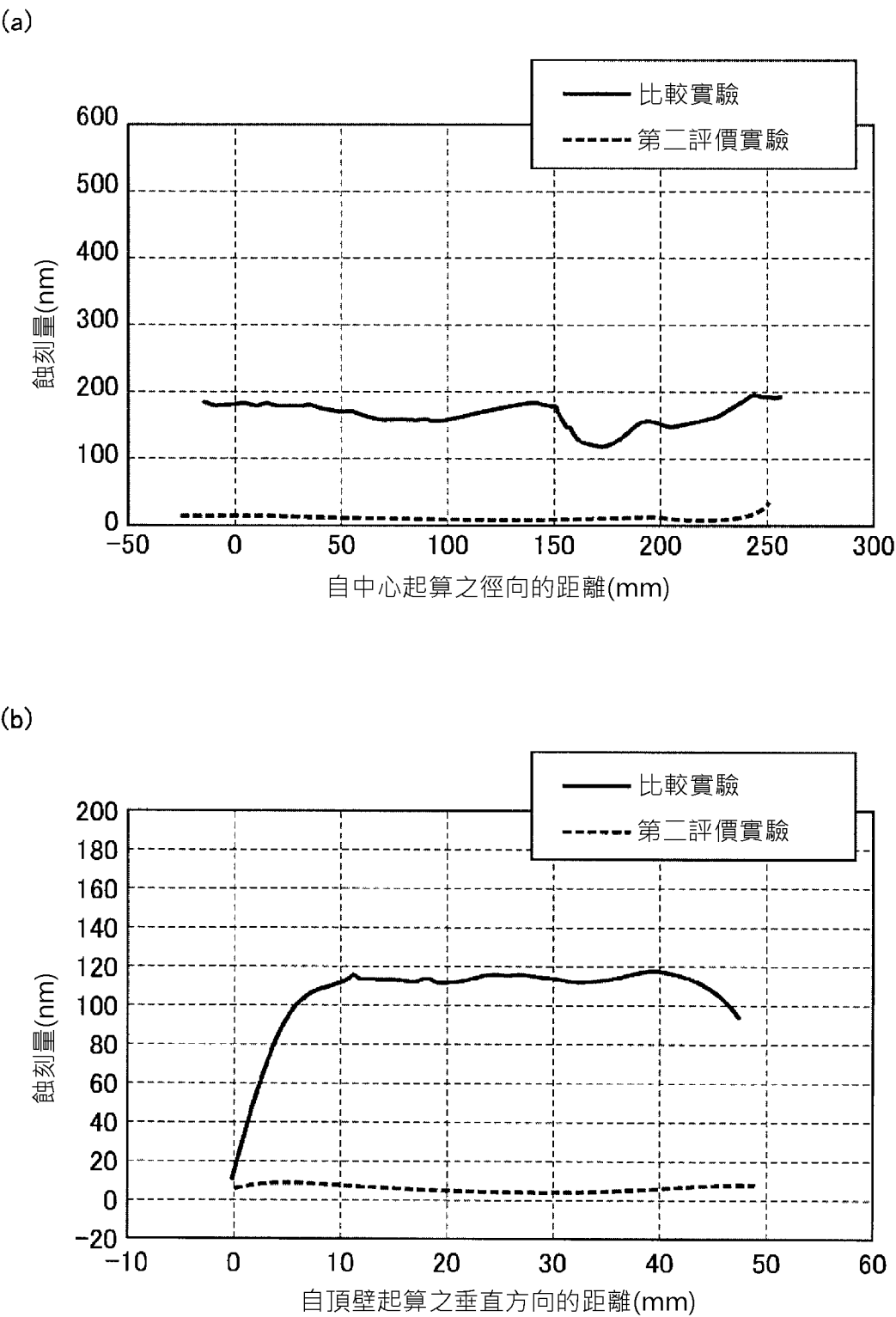


圖 18

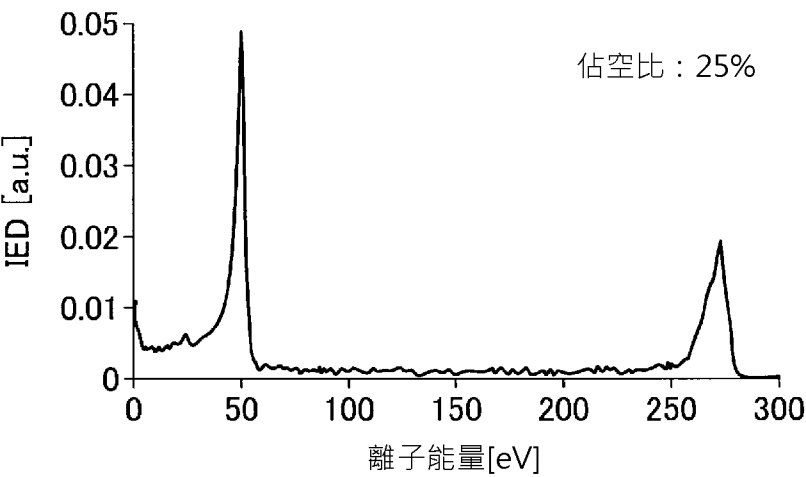


圖 19A

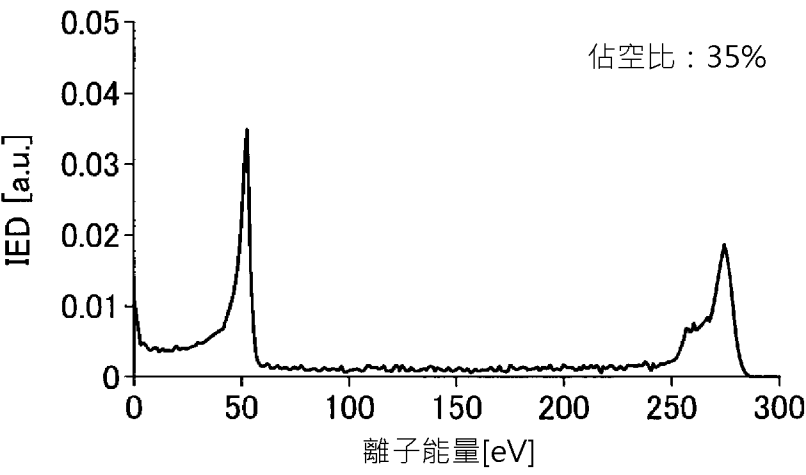


圖 19B

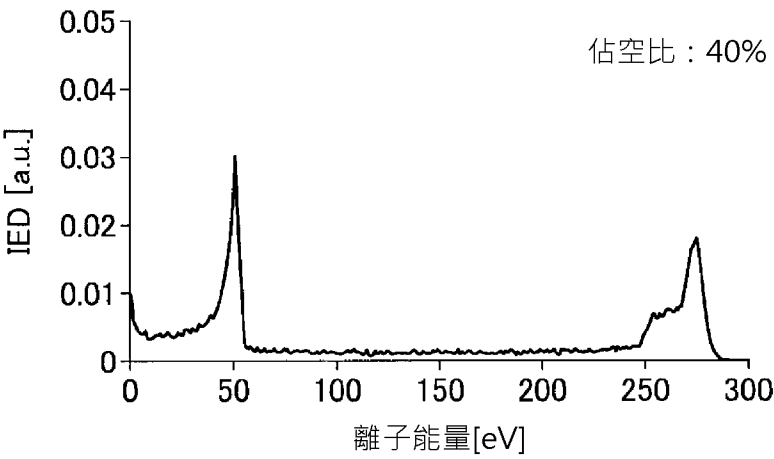


圖 19C

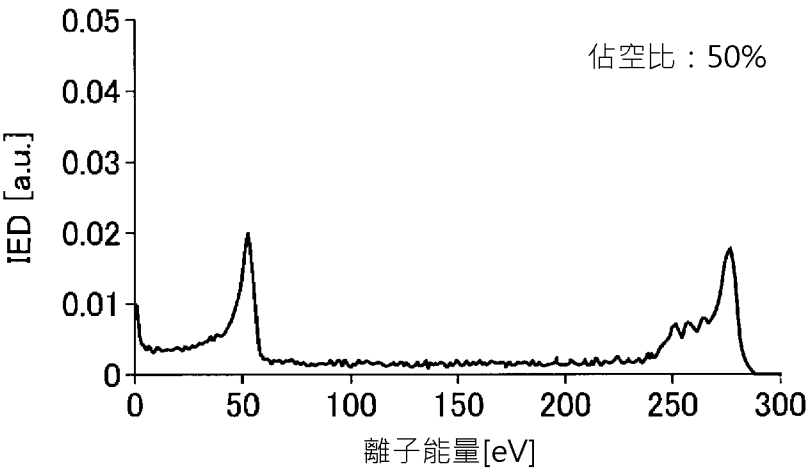


圖 19D

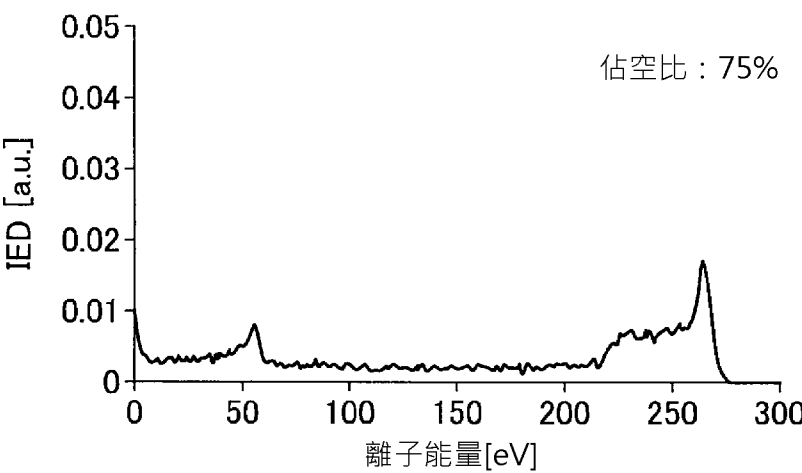


圖 19E

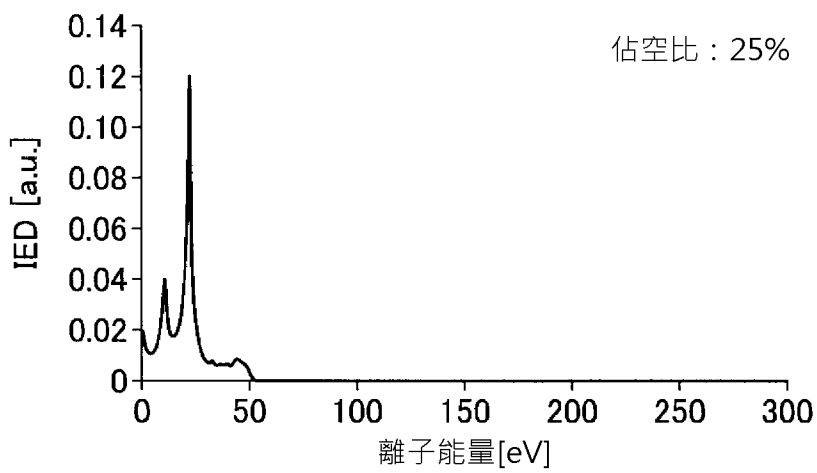


圖 20A

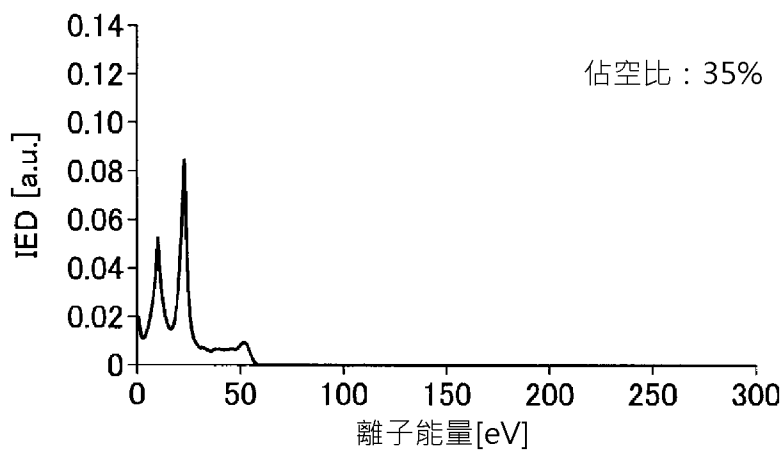


圖 20B

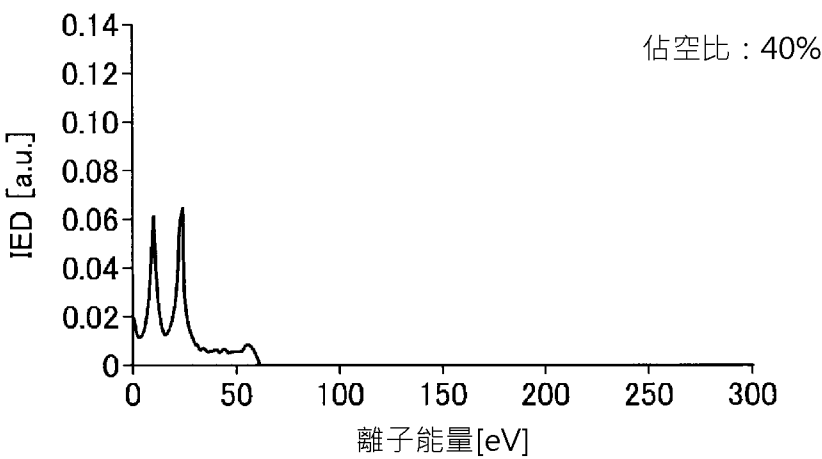


圖 20C

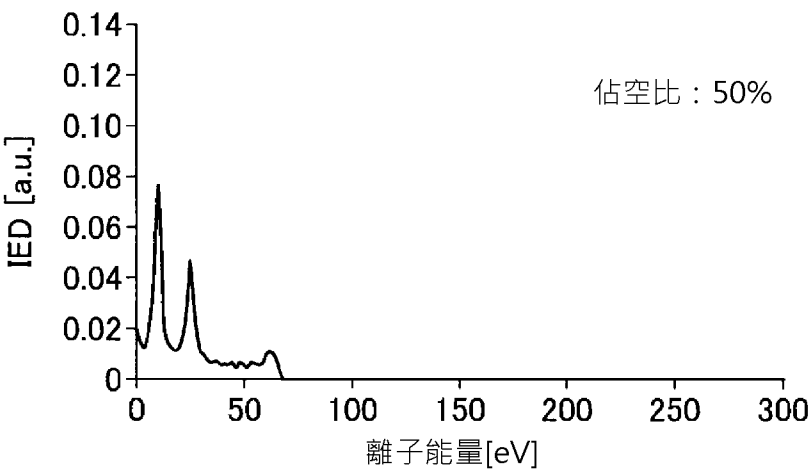


圖 20D

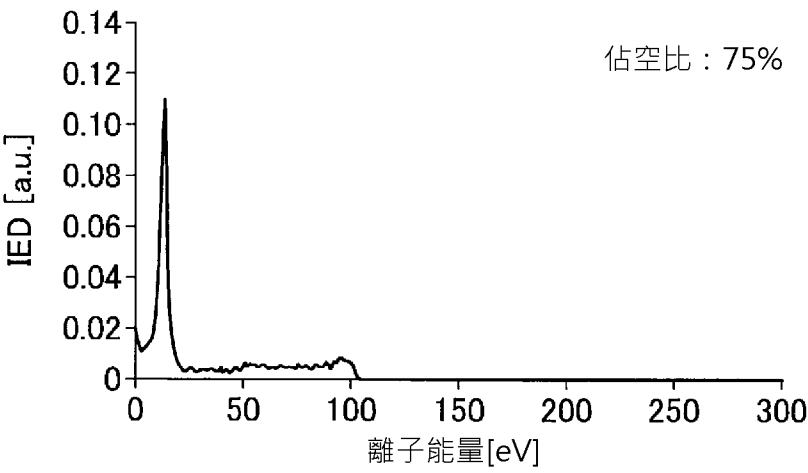


圖 20E