



(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 I795972 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：110140547

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 03 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/3065(2006.01)**H05H1/46 (2006.01)*

(30)優先權：2015/10/09 日本

2015-200877

(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：橫田聰裕 YOKOTA, AKIHIRO (JP)；檜森慎司 HIMORI, SHINJI (JP)；大下辰郎
OHSHITA, TATSURO (JP)；草野周 KUSANO, SHU (JP)；伊藤悅治 ITO, ETSUJI
(JP)；永關一也 NAGASEKI, KAZUYA (JP)

(74)代理人：周良吉；周良謀

(56)參考文獻：

TW 201438100A

US 2009/0250432A1

審查人員：于若天

申請專利範圍項數：4 項 圖式數：13 共 42 頁

(54)名稱

電漿蝕刻裝置

(57)摘要

本發明旨在提高在徑向之膜的蝕刻率分布的控制性。於一實施形態的電漿蝕刻方法中，為了對電容耦合型電漿處理裝置的載置台上所載置的被處理體的單一膜進行電漿蝕刻，而產生處理氣體的電漿。於產生該電漿的期間中，於電漿處理裝置的上部電極之上，控制供給至複數個電磁鐵的線圈的電流，以使相對於中心軸線在徑向中的單一膜的蝕刻率分布改變。

This invention aims to improve the controllability of the distribution of the etching rate for a film in the radial direction. In a plasma etching method according to one embodiment of this invention, the plasma of a treatment gas is produced for plasma etching a single film of a workpiece put on a loading stand in a capacitive-coupling type plasma treatment device.

Electric current supplied to plural electromagnetic coils on an upper electrode in the plasma treatment device is controlled so as to change the distribution of the etching rate of the single film in the radial direction relative to a central axial line during the period of producing the plasma.

指定代表圖：

符號簡單說明：
MT:法
ST1~T2:步驟

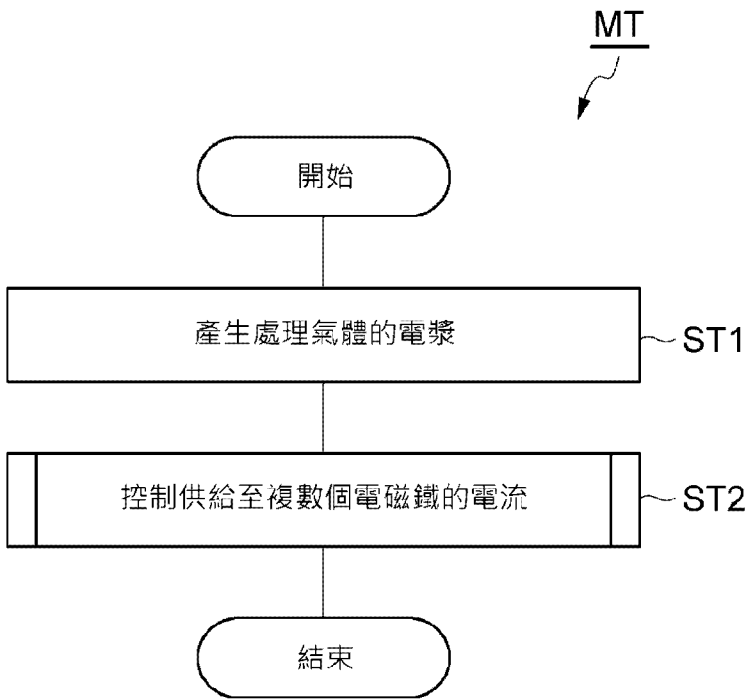


圖 3



I795972

【發明摘要】

【中文發明名稱】 電漿蝕刻裝置

【英文發明名稱】 PLASMA ETCHING APPARATUS

【中文】

本發明旨在提高在徑向之膜的蝕刻率分布的控制性。於一實施形態的電漿蝕刻方法中，為了對電容耦合型電漿處理裝置的載置台上所載置的被處理體的單一膜進行電漿蝕刻，而產生處理氣體的電漿。於產生該電漿的期間中，於電漿處理裝置的上部電極之上，控制供給至複數個電磁鐵的線圈的電流，以使相對於中心軸線在徑向中的單一膜的蝕刻率分布改變。

【英文】

This invention aims to improve the controllability of the distribution of the etching rate for a film in the radial direction. In a plasma etching method according to one embodiment of this invention, the plasma of a treatment gas is produced for plasma etching a single film of a workpiece put on a loading stand in a capacitive-coupling type plasma treatment device.

Electric current supplied to plural electromagnetic coils on an upper electrode in the plasma treatment device is controlled so as to change the distribution of the etching rate of the single film in the radial direction relative to a central axial line during the period of producing the plasma.

【指定代表圖】 圖3

【代表圖之符號簡單說明】

MT:法

ST1~T2:步驟

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 電漿蝕刻裝置

【英文發明名稱】 PLASMA ETCHING APPARATUS

【技術領域】

【0001】

本發明的實施形態，係關於一種電漿蝕刻方法。

【先前技術】

【0002】

於電子元件的製造中，有時會對被處理體的膜進行電漿蝕刻。可用於電漿蝕刻的電漿處理裝置，如為電容耦合型電漿處理裝置。電容耦合型電漿處理裝置一般具備：處理容器、載置台、上部電極及氣體供給部。載置台包含下部電極，並構成為可於處理容器內支撐被處理體。上部電極設於載置台的上方。氣體供給部構成為可對處理容器內供給氣體。於電容耦合型電漿處理裝置中，來自氣體供給部的處理氣體被供給至處理容器內，該處理氣體利用形成於上部電極與下部電極間的高頻電場而被激發。藉此而產生電漿。接著，藉由構成處理氣體的分子及／或原子的活性種而蝕刻被處理體的膜。

【0003】

上述電容耦合型電漿處理裝置中，有些於上部電極上具有複數個電磁鐵。例如，複數個電磁鐵係由相對於在鉛直方向通過載置台中心的中心軸線設置成同軸狀的複數線圈所構成。或者，複數個電磁鐵係沿著中心軸線周圍的複數個

同心圓且排列於輻射方向，各電磁鐵具有設置於在鉛直方向延伸的軸線的周圍的線圈。複數個電磁鐵係用於：調整處理容器內所產生的電漿密度的徑向的分布，並調整被處理體的膜的徑向中的蝕刻率分布。關於利用如此電漿處理裝置的膜的蝕刻，例如，記載於專利文獻1。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

[專利文獻1]日本特開2014－158005號公報

【發明內容】

【0005】

[發明欲解決之問題]

於專利文獻1所記載的技術中，於單一膜的蝕刻中，供給至複數個電磁鐵的各線圈的電流為固定。亦即，於單一膜的蝕刻中，於處理容器內所形成的磁場為固定。因此，於單一膜的蝕刻中，該膜的徑向中的蝕刻率分布亦為固定。

【0006】

於專利文獻1所記載之技術中，在徑向中的膜的蝕刻率分布可產生局部波峰。此原因推測係由於沿著水平磁場成分的強度與垂直磁場成分的強度成大致相同處中的磁力線，會產生明顯的電子侷限。

【0007】

有鑑於此，有必要提高徑向中的膜的蝕刻率分布的控制性。而用以提高徑向中的膜的蝕刻率分布的控制性的方法如為：於可配置電磁鐵的既定區域內，

配置更多個電磁鐵。然而，於此方法中，配置各電磁鐵的區域可容許的面積變小，而使得各電磁鐵的線圈的捲數變少。為了提高捲數少的電磁鐵所產生的磁場強度，必須增加對各電磁鐵的線圈所供給的電流。因此，必須有提高在徑向之膜的蝕刻率分布的控制性的其他方法。

[解決問題之方法]

【0008】

於一態樣中，提供使用電漿處理裝置之電漿蝕刻方法。電漿處理裝置係電容耦合型電漿處理裝置，具備：處理容器；氣體供給部；載置台；上部電極；及複數個電磁鐵。氣體供給部構成可為對處理容器內供給蝕刻用處理氣體。載置台包含設於處理容器內的下部電極。上部電極設於載置台的上方。複數個電磁鐵設於上部電極之上。複數個電磁鐵由相對於在鉛直方向通過載置台中心的中心軸線設置成同軸狀的複數線圈所構成。或者，複數個電磁鐵沿著中心軸線周圍的複數個同心圓且排列於輻射方向，各電磁鐵設置於在鉛直方向延伸的軸線的周圍。一態樣的電漿蝕刻方法包含下述步驟(i)為了對載置台上所載置的被處理體的單一膜進行電漿蝕刻，而產生處理氣體的電漿，(ii)於產生處理氣體的電漿的該步驟的執行中，控制供給至複數個電磁鐵的線圈的電流，以使相對於中心軸線在徑向中的單一膜的蝕刻率分布改變。

【0009】

上述方法中，藉由於產生處理氣體的電漿的步驟的執行中，控制供給至複數個電磁鐵的線圈的電流，使得單一膜的徑向中的蝕刻率分布改變。因此，於此方法中，可得到單一膜的徑向中的複數蝕刻率分布的加總所得的蝕刻率分布。亦即，可得到於單一膜的蝕刻中供給至複數個電磁鐵的各線圈的電流為固

定的情形時所無法得到的徑向中的蝕刻率分布。因此，此方法具有優良的在徑向之膜的蝕刻率分布的控制性。

【0010】

於一實施形態中，亦可於控制供給至複數個電磁鐵的線圈的電流的該步驟中，交替執行下述第1步驟及第2步驟：第1步驟，設定供給至複數個電磁鐵的線圈的電流，使以第1蝕刻率分布蝕刻單一膜；及第2步驟，設定供給至複數個電磁鐵的線圈的電流，使以與第1蝕刻率分布不同的第2蝕刻率分布蝕刻單一膜。

【0011】

於一實施形態中，控制供給至複數個電磁鐵的線圈的電流的該步驟，亦可包含複數個步驟，於該複數個步驟中，設定供給至該複數個電磁鐵的線圈的電流，使以該徑向中的複數個不同蝕刻率分布依序蝕刻該單一膜。又，亦可重複包含複數個步驟的順序。

[發明效果]

【0012】

如上所述，可提高在徑向之膜的蝕刻率分布的控制性。

【圖式簡單說明】

【0013】

[圖1]可用於實施形態的電漿蝕刻方法的電漿處理裝置的概略圖。

[圖2]圖1所示的電漿處理裝置的複數個電磁鐵的俯視圖。

[圖3]一實施形態的電漿蝕刻方法的流程圖。

[圖4]一例的被處理體的部分放大剖面圖。

[圖5]圖3所示的電漿蝕刻方法的步驟ST2的一實施形態的流程圖。

[圖6]圖3所示的電漿蝕刻方法的步驟ST2的其他實施形態的流程圖。

[圖7]可用於實施形態的電漿蝕刻方法的其他電漿處理裝置的概略圖。

[圖8]從上方所見的圖7的電漿處理裝置的狀態的俯視圖。

[圖9](a)～(c)實驗例1、實驗例2及比較實驗例1中所得的蝕刻率分布圖。

[圖10](a)、(b)用於計算蝕刻率的預測值的蝕刻率的實測值的分布圖。

[圖11]實驗例3中所得的蝕刻率分布圖。

[圖12](a)～(f)實驗中所得的蝕刻率分布圖。

[圖13]模擬中所求得的蝕刻率的預測值的分布圖。

【實施方式】

【0014】

以下，參考圖式詳細說明各種實施形態。又，各圖式中對於相同或相當的部分，賦予相同符號。

【0015】

首先，說明可用於實施形態的電漿蝕刻方法的電漿處理裝置。圖1係可用於實施形態的電漿蝕刻方法的電漿處理裝置的概略圖。圖1所示的電漿處理裝置10，係電容耦合型電漿處理裝置。電漿處理裝置10具備：處理容器12；載置台14；上部電極16；高頻電源18；及高頻電源20。

【0016】

處理容器12呈大致圓筒狀，其內部作為處理空間S。處理空間S藉由排氣裝置而可減壓。於處理容器12內設置載置台14。載置台14包含基台14a及靜電吸盤14b。基台14a由如鋁等導電性構件所構成，呈大致圓盤狀。

【0017】

靜電吸盤14b設於基台14a上。又，於基台14a頂面的周緣區，以圍住晶圓W邊緣的方式，設置對焦環26。靜電吸盤14b例如具有設置作為絕緣膜內層的電極，呈大致圓盤狀。從直流電源透過切換器對靜電吸盤14b的電極施加直流電壓。當對靜電吸盤14b的電極施加直流電壓時，靜電吸盤14b產生靜電力。藉由此靜電力，靜電吸盤14b上所載置的被處理體(以下，稱「晶圓W」)被吸附至靜電吸盤14b。於此靜電吸盤14b上載置有晶圓W的狀態下，該晶圓W中心係位於在鉛直方向通過載置台14中心或靜電吸盤14b中心的中心軸線Z上。又，晶圓W具有如300mm的直徑。

【0018】

基台14a構成下部電極。基台14a經由整合器22連接著用以產生電漿產生用的第1高頻的高頻電源18。高頻電源18產生如頻率100MHz的第1高頻。整合器22具有用以整合高頻電源18的輸出阻抗與負載側(下部電極側)的阻抗的整合電路。又，高頻電源18亦可連接至上部電極16。

【0019】

又，基台14a經由整合器24連接著用以產生離子引入用的第2高頻的高頻電源20。高頻電源20產生例如頻率3.2MHz的第2高頻。整合器24具有用以整合高頻電源20的輸出阻抗與負載側(下部電極側)的阻抗的整合電路。

【0020】

於載置台14的上方，以隔著處理空間S與該載置台14相對的方式，設置著上部電極16。上部電極16呈大致圓盤狀。此上部電極16兼具噴淋頭的功能。於一實施形態中，上部電極16形成有緩衝室16a、氣體管線16b及複數個氣通孔16c。緩衝室16a連接著複數個氣通孔16c。此等氣通孔16c往下方延伸，對著處理空間S開放。

【0021】

又，緩衝室16a連接著氣體管線16b的一端。此氣體管線16b經由閥組42及流量控制器組44連接著氣源組40。氣源組40、閥組42及流量控制器組44，構成對處理容器12內供給蝕刻用處理氣體的氣體供給部。氣源組40包含複數個氣源，閥組42包含複數個閥，流量控制器組44包含如質量流量控制器或壓力控制式流量控制器的複數個流量控制器。氣源組40的複數個氣源，分別經由閥組42的相對應的閥及流量控制器組44的相對應的流量控制器，而連接至氣體管線16b。

【0022】

於電漿處理裝置10運作時，來自氣體供給部的處理氣體供給至處理容器12內。又，利用排氣裝置使處理容器12內的空間壓力減壓。又，來自高頻電源18的第1高頻被賦予至下部電極(或上部電極16)。藉此，處理空間S中產生處理氣體的電漿。接著，藉由於電漿中解離的構成處理氣體的分子或原子的活性種，蝕刻晶圓W的膜。又，藉由調整從高頻電源20賦予至下部電極的第2高頻的電力，而可調整離子引入的程度。

【0023】

又，電漿處理裝置10具有複數個電磁鐵30。圖2係圖1所示的電漿處理裝置的複數個電磁鐵的俯視圖。圖2中，顯示從處理空間S側於鉛直方向所見的複數

個電磁鐵30的俯視圖。如圖1及圖2所示，複數個電磁鐵30設於上部電極16亦即處理容器12的頂部上方。複數個電磁鐵30於一例中包含電磁鐵31～34，並由核心構件50及複數線圈61～64所構成。

【0024】

核心構件50具有由柱狀部51、複數個圓筒部52～55及基極部56一體形成的構造，並由磁性材料所構成。基極部56呈大致圓盤狀，其中心軸線與中心軸線Z一致。柱狀部51及複數個圓筒部52～55從基極部56的底面往下方延伸。柱狀部51呈大致圓柱狀，其中心軸線與中心軸線Z略成一致。此柱狀部51的半徑如為30mm。圓筒部52～55相對於中心軸線Z設置於柱狀部51的外側。

【0025】

圓筒部52～55分別具有於鉛直方向延伸的圓筒狀。圓筒部52～55的中心軸線與中心軸線Z略成一致。亦即，圓筒部52～55設為同軸狀。圓筒部52的半徑L2、圓筒部53的半徑L3、圓筒部54的半徑L4、及圓筒部55的半徑L5，大於半徑L1，且具有 $L2 < L3 < L4 < L5$ 的關係。例如，半徑L2、半徑L3、半徑L4、半徑L5分別為：76mm、127mm、178mm、229mm。又，半徑L2係圓筒部52的內周面及外周面間的徑向中的中間位置與中心軸線Z間的距離；半徑L3係圓筒部53的內周面及外周面間的徑向中的中間位置與中心軸線Z間的距離；半徑L4係圓筒部54的內周面及外周面間的徑向中的中間位置與中心軸線Z間的距離；半徑L5係圓筒部55的內周面及外周面間的徑向中的中間位置與中心軸線Z間的距離。

【0026】

於柱狀部51與圓筒部52之間形成溝。此溝收容著沿柱狀部51的外周面捲繞而成的線圈61。於圓筒部52與圓筒部53之間亦形成溝，該溝收容著沿圓筒部52

的外周面捲繞而成的線圈62。又，於圓筒部53與圓筒部54之間亦形成溝，該溝收容著沿圓筒部53的外周面捲繞而成的線圈63。再者，於圓筒部54與圓筒部55之間亦形成溝，該溝收容著沿圓筒部54的外周面捲繞而成的線圈64。因此，線圈61～64相對於中心軸線Z設置成同軸狀，且在離中心軸線Z不同徑向距離處。此等線圈61～64之各兩端，連接至電流源70。從電流源70對各線圈61～64的電流供給、供給停止、電流方向及電流值，可藉由來自控制部Cnt的控制信號進行控制。又，從電流源70供給至線圈61～64的電流並無特別限定，例如可為直流電流。

【0027】

於此電漿處理裝置10中，電磁鐵31由線圈61及柱狀部51所構成。又，電磁鐵32由線圈62、柱狀部51及圓筒部52所構成。電磁鐵33由線圈63、柱狀部51及圓筒部52～53所構成。又，電磁鐵34由線圈64、柱狀部51及圓筒部52～54所構成。

【0028】

複數個電磁鐵30分別於處理容器12內形成相對於中心軸線Z為軸對稱的磁場。因此，於處理容器12內，形成由複數個電磁鐵30分別形成的合成磁場。此合成磁場亦相對於中心軸線Z為軸對稱。又，藉由控制分別供給至複數個電磁鐵30的電流，而可相對於中心軸線Z於徑向中調整磁場的強度分布(或磁通密度)。藉此，電漿處理裝置10可調整於處理容器12內所產生的電漿密度的徑向的分布，而可調整晶圓W的膜的徑向中的蝕刻率分布。

【0029】

以下，說明一實施形態的電漿蝕刻方法。圖3係一實施形態的電漿蝕刻方法的流程圖。於以下說明中，以使用電漿處理裝置10來實施的情形時為例，說明圖3所示的電漿蝕刻方法。

【0030】

圖3所示的方法MT，例如，可對圖4所示的晶圓W執行。圖4係一例的被處理體的部分放大剖面圖。圖4所示的晶圓W具有：基板SB、膜EL及遮罩MK。膜EL設於基板SB上。膜EL可為任意膜，例如，為矽氧化膜。於膜EL上設置遮罩MK。遮罩MK由對應膜EL而選擇的材料所構成。例如，遮罩MK可為光阻遮罩、由多結晶矽所構成的遮罩。

【0031】

於方法MT中，將如此的晶圓W搬入電漿處理裝置10的處理容器12內，並載置於載置台14上。接著，晶圓W由靜電吸盤14b所固持。

【0032】

其後，於方法MT中，執行步驟ST1。於步驟ST1中，產生處理氣體的電漿。具體而言，來自氣源組40的處理氣體供給至處理容器12內，處理容器12內的空間壓力設定為既定壓力。又，來自高頻電源18的第1高頻供給至下部電極。藉此，於處理容器12內產生處理氣體的電漿。又，為了從處理氣體的電漿引入離子，而將第2高頻從高頻電源20供給至下部電極。

【0033】

後續的步驟ST2中，於步驟ST1中的處理氣體的電漿產生中，控制供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流。又，於步驟ST2的執行期間中，第1高頻的設定電力及第2高頻的設定電力為固定。

【0034】

藉此，相對於中心軸線Z在徑向中的單一膜EL的蝕刻率分布，於步驟ST2的執行期間中發生變化。因此，於步驟ST2的執行期間中，可產生依據單一膜EL在徑向中的複數蝕刻率分布的加總所得的蝕刻率分布。亦即，可得到於單一膜EL的蝕刻中供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流為固定的情形時無法得到的徑向中的蝕刻率分布。例如，依據方法MT，可使單一膜EL的徑向的蝕刻率的偏異，少於供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流被固定的情形時所得的該膜EL的徑向的蝕刻率的偏異。如此，方法MT有優異的徑向的膜EL的蝕刻率分布的控制性。

【0035】

以下，說明關於步驟ST2的二個實施形態。圖5係圖3所示的電漿蝕刻方法的步驟ST2的一實施形態的流程圖。圖5所示的步驟ST2包含步驟ST211及步驟ST212。於步驟ST211中，控制供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流，以使以第1蝕刻率分布作為徑向中的膜EL的蝕刻率分布而蝕刻該膜EL。於後續的步驟ST212中，控制複數個電磁鐵30的各線圈的電流，以使以與第1蝕刻率不同的第2蝕刻率分布作為徑向中的膜EL的蝕刻率分布而蝕刻該膜EL。

【0036】

例如，於步驟ST211及步驟ST212中，分別控制供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流，以使於步驟ST211中所得的徑向的蝕刻率的波峰位置與步驟ST212中所得的徑向的蝕刻率的波峰位置為不同的位置。

【0037】

於圖5所示的步驟ST2中，分別執行複數次包含步驟ST211及步驟ST212的順序SQ1。亦即，步驟ST211及步驟ST212交替重複。又，各次的順序SQ1中的步驟211的執行時間長度與步驟212的執行時間長度可為相同，亦可為相異。各次的順序SQ1中的步驟211的執行時間長度及步驟212的執行時間長度，例如，可設定為5秒以下的時間長度。

【0038】

接著，於步驟ST213中，判斷順序SQ1是否已進行既定次數。於步驟ST213中，當判斷順序SQ1尚未進行既定次數，則再次執行順序SQ1。另一方面，步驟ST213中，當判斷順序SQ1已進行既定次數，則結束步驟ST2。

【0039】

如此，藉由交替重複控制供給至數個電磁鐵30的各線圈的電流以得到互為不同蝕速率分布的2個步驟，而可得到於單一膜EL的蝕刻中供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流為固定的情形時所無法得到的徑向中的蝕速率分布。

【0040】

圖6係圖3所示的電漿蝕刻方法的步驟ST2的其他實施形態的流程圖。圖6所示的步驟ST2，包含複數個步驟ST22(1)～ST22(N)。又，「N」可為3以上的整數。於複數個步驟ST22(1)～ST22(N)中，設定供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流，以於徑向中的複數個相異蝕速率分布依序蝕刻膜EL。例如，於複數個步驟ST22(1)～ST22(N)中，分別設定供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流，而藉由執行複數個步驟ST22(1)～ST22(N)，可使徑向中的膜EL的蝕速率的波峰緩慢地往晶圓W的邊緣側移動。

【0041】

於圖6所示的步驟ST2中，執行複數次各包含複數個步驟ST22(1)～ST22(N)的順序SQ2。又，各次的順序SQ2中的複數個步驟ST22(1)～ST22(N)的各個執行時間長度可為相同，亦可為相異。

【0042】

接著，於步驟ST223中，判斷順序SQ2是否已進行既定次數。於步驟ST223中，當判斷順序SQ2尚未進行既定次數，則再次執行順序SQ2。另一方面，於步驟ST223中，當判斷順序SQ2已進行既定次數，則結束步驟ST2。

【0043】

如此，藉由執行控制供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流以得到複數的相異蝕刻率分布的複數個步驟，亦可到於單一膜EL的蝕刻中供給至複數個電磁鐵30的各線圈的電流被固定的情形時所無法得到的徑向中的蝕刻率分布。

【0044】

以下，參考圖7及圖8，說明可用於實施方法MT的其他電漿處理裝置。圖7係可用於實施形態的電漿蝕刻方法的其他電漿處理裝置的概略圖。圖8係從上方所見的圖7所示的電漿處理裝置的狀態的俯視圖。

【0045】

圖7及圖8所示的電漿處理裝置10A與電漿處理裝置10相異的點在於：以複數個電磁鐵30A取代複數個電磁鐵30。複數個電磁鐵30A分別具有核心30a及線圈30b。核心30a係圓柱狀的核心，於鉛直方向延伸。線圈30b設於核心30a的周圍。亦即，線圈30b設於在鉛直方向延伸的軸線的周圍。

【0046】

複數個電磁鐵30A沿著中心軸線Z周圍的複數個同心圓，且相對於中心軸線Z排列於輻射方向(徑向)。於圖7及圖8所示的例中，複數個電磁鐵30A分為第1群31A、第2群32A、第3群33A、第4群34A及第5群35A，各群包含好幾個電磁鐵30A。第1群31A可包含設於中心軸線Z上及其附近的一個以上的電磁鐵30A。於圖7及圖8所示的例中，第1群31A包含設於中心軸線Z上的一個電磁鐵30A。

【0047】

又，第2群32A、第3群33A、第4群34A及第5群35A分別包含24個電磁鐵30A。第2群32A所包含的複數個電磁鐵30A，排列於半徑L2的圓C2上。第3群33A所包含的複數個電磁鐵30A，排列於半徑L3的圓C3上。第4群34A所包含的複數個電磁鐵30A，排列於半徑L4的圓C4上。第5群35A所包含的複數個電磁鐵30A，排列於半徑L5的圓C5上。半徑L2、半徑L3、半徑L4及半徑L5，具有 $L2 < L3 < L4 < L5$ 的關係。例如，半徑L2、半徑L3、半徑L4、及半徑L5，分別為76mm、127mm、178mm及229mm。

【0048】

對複數個電磁鐵30A的線圈30b，供給來自電流源70A的電流。於電漿處理裝置10A中，對屬於同一群的複數個電磁鐵30A的線圈30b，供給相同方向且相同值的電流。對複數個電磁鐵30A的各線圈30b的電流的供給及供給停止、電流方向及電流值，可藉由來自控制部Cnt的控制信號進行控制。又，從電流源70A供給至複數個電磁鐵30A的各線圈30b的電流並無限定，例如，可為直流電流。

【0049】

於此電漿處理裝置10A中，藉由複數個電磁鐵30A，於處理容器12內形成相對於中心軸線Z為軸對稱的合成磁場。又，藉由控制供給至各群的電磁鐵30A的

電流，可於徑向中調整磁場的強度分布(或磁通密度)。藉此，電漿處理裝置10A可調整處理容器12內所產生的電漿密度的徑向的分布，而可調整晶圓W的膜的徑向中的蝕刻率分布。因此，此電漿處理裝置10A亦可用於實施方法MT。

【0050】

以下，說明用以評價方法MT所進行的實驗例及模擬。

【0051】

[實驗例1及實驗例2]

【0052】

於實驗例1及實驗例2中，準備具有矽氧化膜的直徑300mm的晶圓，使用電漿處理裝置10，並藉由包含圖5的步驟ST2的方法MT，進行該矽氧化膜的蝕刻。

以下，顯示實驗例1及實驗例2中各步驟的條件。又，於以下所示的條件下，以線圈的磁動勢表示供給至線圈的電流(電流值)。又，於以下所示的條件中，線圈的磁動勢為「負」係表示：對該線圈施加與使該線圈產生正的磁動勢時對該線圈所施加的電流為反向的電流。

<實驗例1及實驗例2的步驟ST1的條件>

- 處理氣體

N₂氣體：300sccm

O₂氣體：15sccm

- 第1高頻：100MHz、1800W

- 第2高頻：13.56MHz、300W

- 處理容器12內的壓力：20mTorr(2.666Pa)

<實驗例1及實驗例2的步驟ST211的條件>

第 15 頁，共 25 頁(發明說明書)

- 線圈61的磁動勢：0(AT)
- 線圈62的磁動勢：0(AT)
- 線圈63的磁動勢：764(AT)
- 線圈64的磁動勢：－720(AT)

<實驗例1及實驗例2的步驟ST212的條件>

- 線圈61的磁動勢：1201(AT)
- 線圈62的磁動勢：－543(AT)
- 線圈63的磁動勢：0(AT)
- 線圈64的磁動勢：－374(AT)

<實驗例1的步驟ST2的條件>

各順序SQ1的步驟ST211的執行時間長度：5秒

各順序SQ1的步驟ST212的執行時間長度：5秒

順序SQ1的執行次數：18次

<實驗例2的步驟ST2的條件>

各順序SQ1的步驟ST211的執行時間長度：2秒

各順序SQ1的步驟ST212的執行時間長度：2秒

順序SQ1的執行次數：45次

【0053】

又，為了比較，進行比較實驗1。於比較實驗1中，準備具有矽氧化膜的直徑300mm的晶圓，使用電漿處理裝置10進行該矽氧化膜的蝕刻。在比較實驗1中，於矽氧化膜的蝕刻中，未令對線圈61～64的電流改變。以下，顯示比較實驗1的條件。

<比較實驗1的條件>

- 處理氣體

N₂氣體：300sccm

O₂氣體：15sccm

- 第1高頻：1800W、100MHz

- 第2高頻：13.56MHz、300W

- 線圈61的磁動勢：0(AT)

- 線圈62的磁動勢：0(AT)

- 線圈63的磁動勢：736(AT)

- 線圈64的磁動勢：-576(AT)

【0054】

接著，於實驗例1、實驗例2及比較實驗1中，分別測量沿著晶圓直徑的複數位置中的矽氧化膜的蝕刻率，而得到蝕刻率分布。又，各位置中的蝕刻率，由處理前後的矽氧化膜的膜厚與處理時間求得。

【0055】

圖9(a)顯示實驗例1中所得的矽氧化膜的蝕刻率分布；圖9(b)顯示實驗例2中所得的矽氧化膜的蝕刻率分布；圖9(c)顯示比較實驗例中所得的矽氧化膜的蝕刻率分布。於圖9(a)、圖9(b)及圖9(c)中，縱軸表示蝕刻率；橫軸表示從晶圓中心的徑向中的距離。距離符號(正及負)表示沿著相對於晶圓中心的該晶圓直徑的方向，正符號與負符號所表示的方向為互為相反的方向。又，圖9(a)及圖9(b)所示的實測值，係實驗例1及實驗例2中所得的蝕刻率的值。又，圖9(a)及(b)所示的預測值，係藉由計算所求得的蝕刻率。具體而言，圖9(a)及(b)中的預測值，係藉由

將以下2個值加總所求得之值：(1)藉由在與實驗例1及實驗例2之步驟ST1之條件為相同條件下產生電漿，於該電漿之產生中，將線圈61～64之電流值固定為實驗例1及實驗例2之步驟ST211之上述條件而成之實驗所得之蝕刻率之實測值(參考圖10(a))，(2)藉由在與實驗例1及實驗例2之步驟ST1之條件為相同條件下產生電漿，於該電漿之產生中，將線圈61～64之電流值固定為實驗例1及實驗例2之步驟ST212之上述條件而成之實驗所得之蝕刻率之實測值(參考圖10(b))。

【0056】

比較實驗例1中，供給至線圈61～64之電流，為具有已最佳化成可得到均勻蝕刻率分布之電流值之電流，然而，如圖9(c)所示，比較實驗例1之蝕刻率分布，於距離晶圓中心約75mm之位置具有局部波峰。又，比較實驗例1之蝕刻率之平均值為5.1nm，該比較實驗例1之蝕刻率相對於該平均值具有 $\pm 6.3\%$ 之偏異。

【0057】

另一方面，如圖9(a)及圖9(b)所示，於實驗例1及實驗例2之蝕刻率分布中，局部波峰被抑制。亦即，於實驗例1及實驗例2中，可得到於處理氣體之電漿之產生中供給至複數個電磁鐵之線圈之電流被固定之情形時所無法得到之蝕刻率分布。又，實驗例1之蝕刻率之平均值為5.4nm，該實驗例1之蝕刻率，相對於該平均值有 $\pm 4.3\%$ 之偏異。又，實驗例2之蝕刻率之平均值為5.5nm，該實驗例2之蝕刻率，相對於該平均值具有 $\pm 4.4\%$ 之偏異。因此，可確認：實驗例1及實驗例2之蝕刻率，較比較實驗例1之蝕刻率更為均勻。再者，如圖9(a)及圖9(b)所示，實驗例1及實驗例2中所得之蝕刻率之實測值，可良好地與由計算所求得之預測值相配合。

【0058】

(實驗例3)

【0059】

實驗例3中，準備具有矽氧化膜的直徑300mm的晶圓，使用電漿處理裝置10，並藉由包含圖5的步驟ST2的方法MT，進行該矽氧化膜的蝕刻。以下，顯示實驗例3中各步驟的條件。又，於上述實驗例1及實驗例2中，步驟ST211的執行時間長度與步驟ST212的執行時間長度為相同，但如以下所示，於實驗例3中，步驟ST211的執行時間長度與步驟ST212的執行時間長度為相異。

<實驗例3的步驟ST1的條件>

・處理氣體

N₂氣體：300sccm

O₂氣體：15sccm

- ・第1高頻：100MHz、600W
- ・第2高頻：13.56MHz、4500W
- ・處理容器12內的壓力：20mTorr(2.666Pa)

<實驗例3的步驟ST211的條件>

- ・線圈61的磁動勢：0(AT)
- ・線圈62的磁動勢：0(AT)
- ・線圈63的磁動勢：0(AT)
- ・線圈64的磁動勢：432(AT)

<實驗例3的步驟ST212的條件>

- ・線圈61的磁動勢：283(AT)
- ・線圈62的磁動勢：238(AT)

- ・線圈63的磁動勢：198(AT)

- ・線圈64的磁動勢：115(AT)

<實驗例1的步驟ST2的條件>

各順序SQ1的步驟ST211的執行時間長度：2秒

各順序SQ1的步驟ST212的執行時間長度：1秒

順序SQ1的執行次數：10次

【0060】

又，於實驗例3中，測量於沿著晶圓直徑的複數個位置的矽氧化膜的蝕刻率，而得到該矽氧化膜的蝕刻率分布。結果示於圖11。如圖11所示，即使於使步驟ST211的執行時間長度與步驟ST212的執行時間長度不同的實驗例3中，亦可得到局部波峰被抑制的蝕刻率分布。亦即，於實驗例3中，亦可得到於處理氣體的電漿的產生中供給至複數個電磁鐵的線圈的電流被固定的情形時所無法得到的蝕刻率分布。又，實驗例3的蝕刻率的平均值為24.2nm，該實驗例3的蝕刻率，相對於該平均值具有 $\pm 3.4\%$ 的偏異。

【0061】

[模擬]

【0062】

準備六片具有矽氧化膜的直徑300mm的晶圓，使用電漿處理裝置10進行矽氧化膜的蝕刻。具體而言，於與線圈61～64的電流相關的第1～第6的設定下，蝕刻六片晶圓的矽氧化膜。以下，顯示矽氧化膜的蝕刻的相關條件。

- ・處理氣體

N₂氣體：300sccm

O₂氣體：15sccm

- 第1高頻：100MHz、600W
- 第2高頻：13.56MHz、300W
- 處理容器12內的壓力：20mTorr(2.666Pa)
- 第1設定

線圈61的磁動勢：1272(AT)

線圈62的磁動勢：0(AT)

線圈63的磁動勢：0(AT)

線圈64的磁動勢：0(AT)

- 第2設定

線圈61的磁動勢：707(AT)

線圈62的磁動勢：340(AT)

線圈63的磁動勢：0(AT)

線圈64的磁動勢：0(AT)

- 第3設定

線圈61的磁動勢：0(AT)

線圈62的磁動勢：679(AT)

線圈63的磁動勢：0(AT)

線圈64的磁動勢：0(AT)

- 第4設定

線圈61的磁動勢：0(AT)

線圈62的磁動勢：340(AT)

線圈63的磁動勢：283(AT)

線圈64的磁動勢：0(AT)

• 第5設定

線圈61的磁動勢：0(AT)

線圈62的磁動勢：0(AT)

線圈63的磁動勢：764(AT)

線圈64的磁動勢：0(AT)

• 第6設定

線圈61的磁動勢：0(AT)

線圈62的磁動勢：0(AT)

線圈63的磁動勢：0(AT)

線圈64的磁動勢：807(AT)

【0063】

圖12(a)～(f)，顯示使用第1～第6設定所得的矽氧化膜的蝕刻率(實測值)的分布。若將賦予電流的線圈，從線圈61～線圈64中的中心側線圈變更為外側線圈，則如圖12(a)～(f)所示，可使蝕刻率的波峰位置從晶圓中心附近往邊緣側移動。

【0064】

接著，於圖6所示的步驟ST2的模擬中，求得蝕刻率的預測值的分布。具體而言，藉由使用第1～第6設定所得的晶圓的各位置中的上述矽氧化膜蝕刻率(實測值)的加權加法，求出依序執行以第1設定的4秒間的步驟ST22(1)、以第2設定的4秒間的步驟ST22(2)、以第3設定的4秒間的步驟ST22(3)、以第4設定的15秒間的步驟ST22(4)、以第5設定的15秒間的步驟ST22(5)及以第6設定的18秒間的步驟

ST22(6)時的晶圓的各位置中的矽氧化膜的蝕刻率的預測值。又，於加權加法中，將步驟ST22(1)～步驟ST22(6)的蝕刻率(實測值)，乘以對應步驟ST22(1)～步驟ST22(6)的各別處理時間的權重。以此模擬所得的蝕刻率的預測值的分布，示於圖13。如圖13所示，依據模擬，確認：以圖6的步驟ST2，可得到均勻的蝕刻率分布。又，依據上述實驗例1及實驗例2中的蝕刻率的實測值與預測值的關係，推測以蝕刻率的實測值的加總所得到的預測值，可良好地與執行實際步驟ST2時所得的蝕刻率的實測值相配合。

【符號說明】

【0065】

10,10A:電漿處理裝置

12:處理容器

14:載置台

14a:基台

14b:靜電吸盤

16:上部電極

16a:緩衝室

16b:氣體管線

16c:氣通孔

18:高頻電源

20:高頻電源

22,24:整合器

26:對焦環

30,30A:電磁鐵

30a:核心

30b:線圈

31~34:電磁鐵

31A~35A:第1群~第5群

40:氣源組

42:閥組

44:流量控制器組

50:核心構件

51:柱狀部

52~55:圓筒部

56:基極部

61~64:線圈

70,70A:電流源

C2~C5:圓

Cnt:控制部

EL:膜

L1~L5:半徑

MK:遮罩

MT:方法

S:處理空間

SB:基板

SQ1,SQ2:順序

ST1~ST2,ST211~ST213,ST22(1)~ST22(N),ST223:步驟

W:晶圓

Z:中心軸線

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種電漿蝕刻裝置，其具備：

處理容器；

氣體供給部，用以對該處理容器內供給蝕刻用處理氣體；

載置台，包含設於該處理容器內的下部電極；

上部電極，設於該載置台的上方；

複數個電磁鐵，於該上部電極之上，由相對於在鉛直方向通過該載置台中心之中心軸線設置成同軸狀的複數線圈所構成；及

控制部；

且該控制部執行下述步驟：

為了對該載置台上所載置的被處理體的單一膜進行電漿蝕刻，而產生該處理氣體的電漿；及

於產生該處理氣體的電漿之該步驟的執行中，重複地控制供給至該複數個電磁鐵之各者的電流，以使相對於該中心軸線在徑向中的該單一膜的蝕刻率分布改變；

其中控制供給至該複數個電磁鐵的電流的該步驟，包含複數個步驟，於該複數個步驟中，設定供給至該複數個電磁鐵的電流，俾以該徑向中的複數個不同蝕刻率分布依序蝕刻該單一膜，且

重複其中設定供給至該複數個電磁鐵的電流的該複數個步驟。

【請求項2】

如請求項1之電漿蝕刻裝置，其中，該複數個電磁鐵各包含在該中心軸線周圍環繞圓周方向延伸的線圈，且該複數個電磁鐵的該等線圈在離該中心軸線不同徑向距離處。

【請求項3】

一種電漿蝕刻裝置，其特徵為執行下述步驟：

為了對載置台上所載置的被處理體的單一膜進行電漿蝕刻，而產生處理氣體的電漿；及

於產生該處理氣體的電漿之該步驟的執行中，控制供給至複數個電磁鐵之各者的電流，以使相對於中心軸線在徑向中的該單一膜的蝕刻率分布改變，

其中控制供給至該複數個電磁鐵的電流的該步驟，包含複數個步驟，於該複數個步驟中，設定供給至該複數個電磁鐵的電流，俾以該徑向中的複數個不同蝕刻率分布依序蝕刻該單一膜，且

重複其中設定供給至該複數個電磁鐵的電流的該複數個步驟。

【請求項4】

如請求項3之電漿蝕刻裝置，其中，該複數個電磁鐵各包含在該中心軸線周圍環繞圓周方向延伸的線圈，且該複數個電磁鐵的該等線圈在離該中心軸線不同徑向距離處。

【發明圖式】

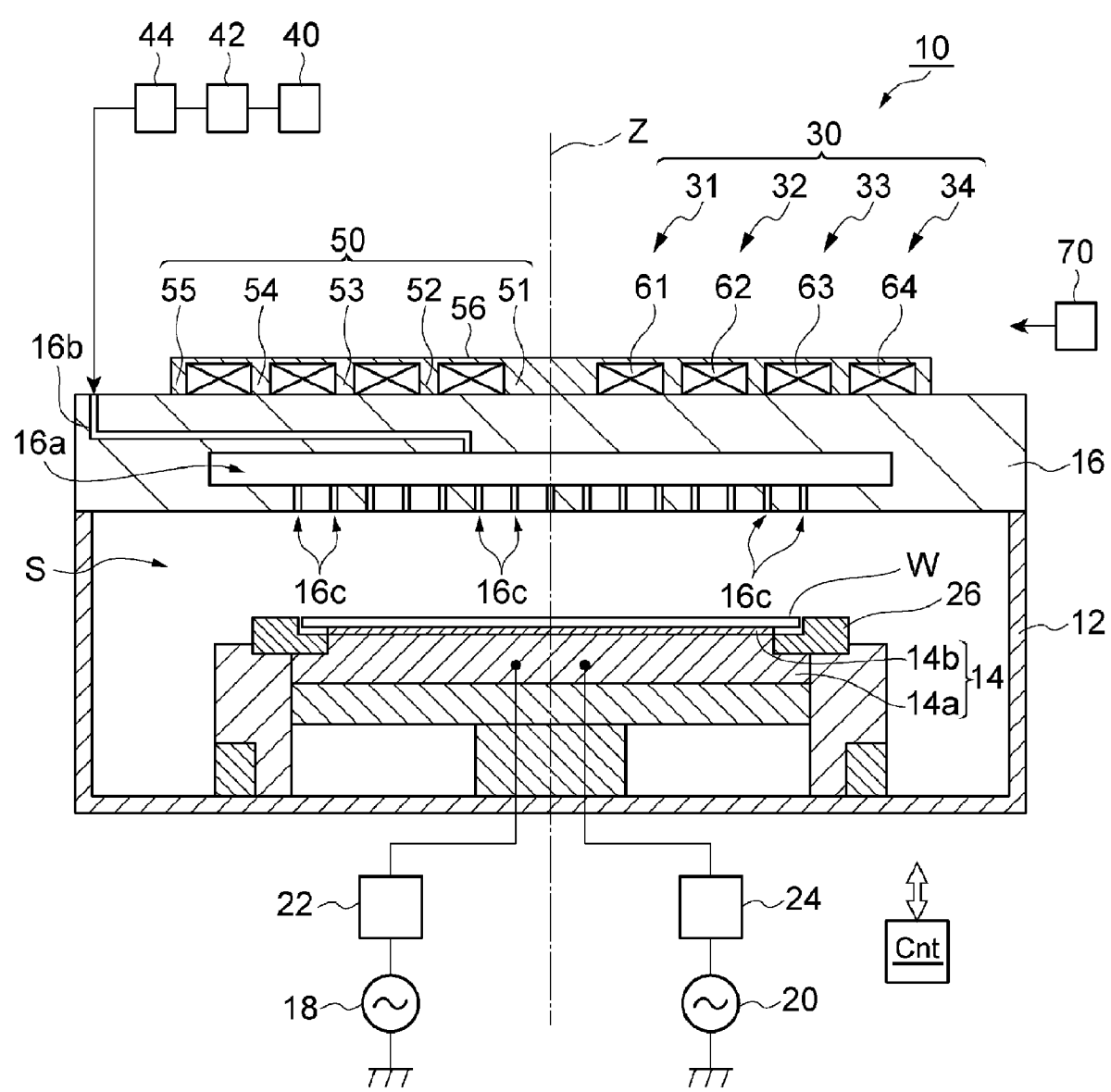


圖 1

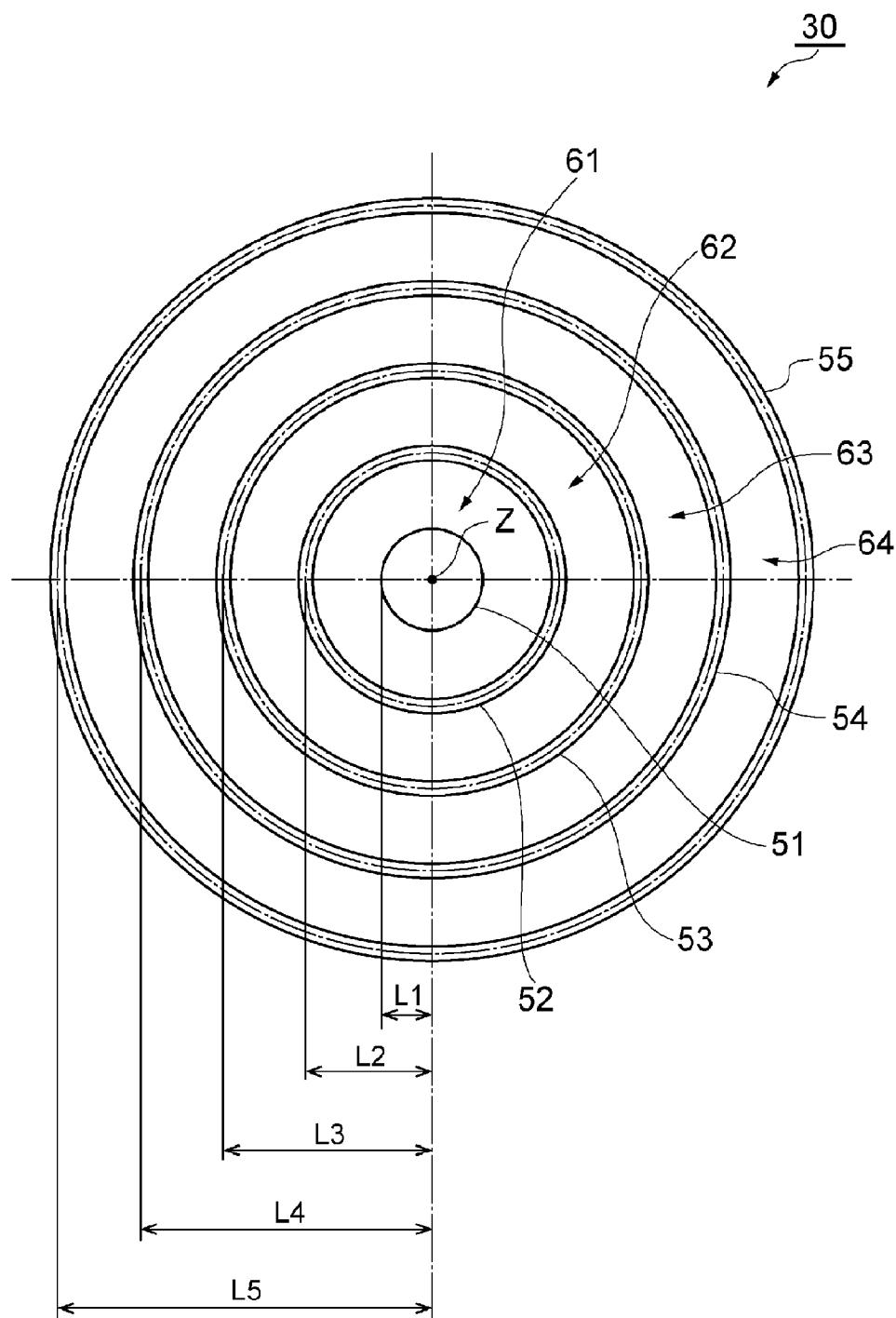


圖 2

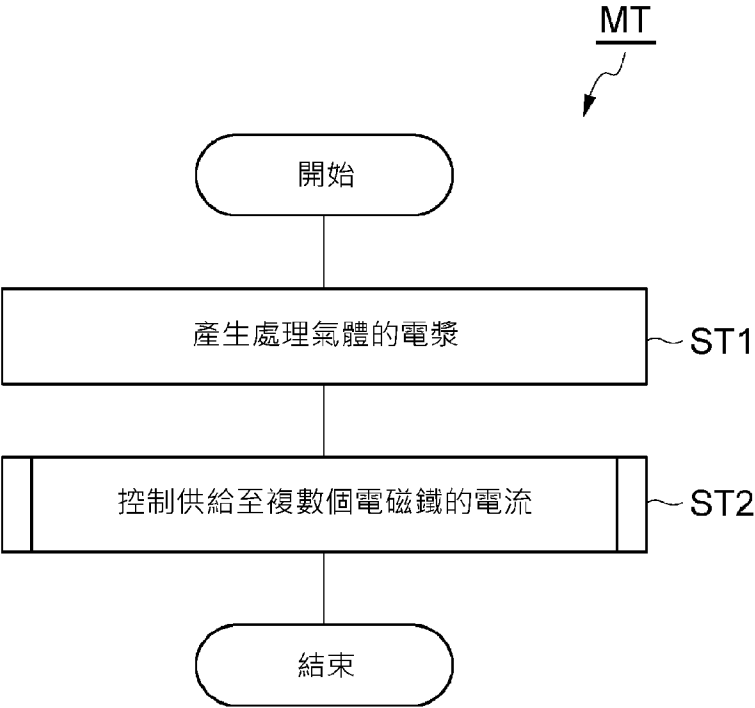


圖 3

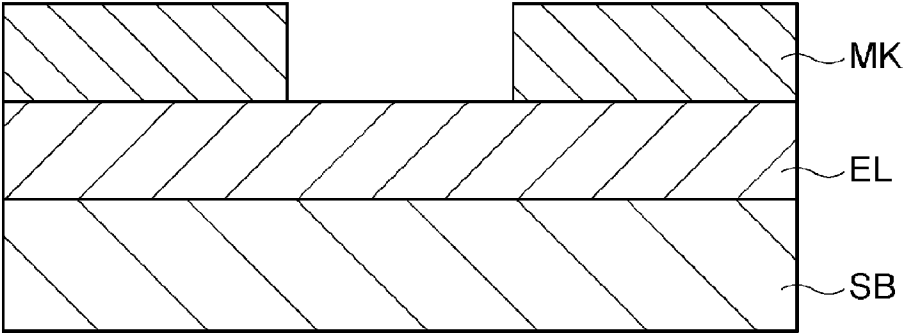


圖 4

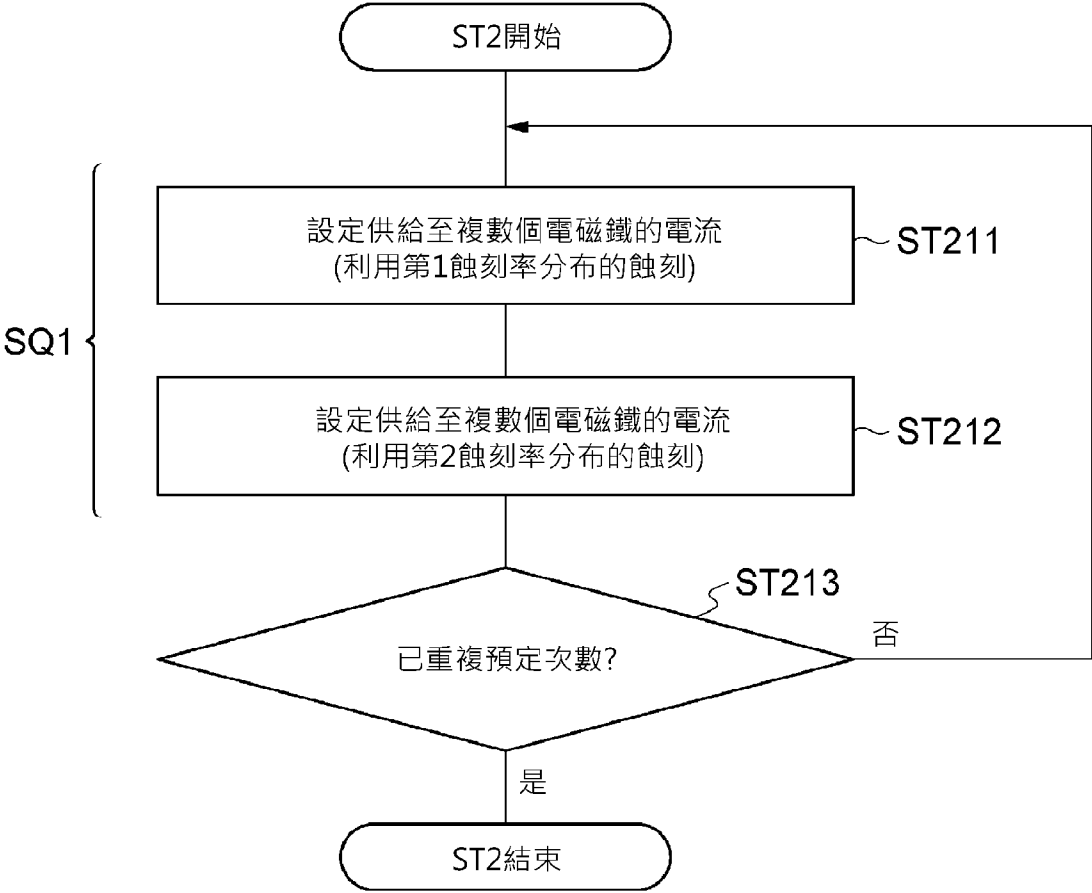


圖 5

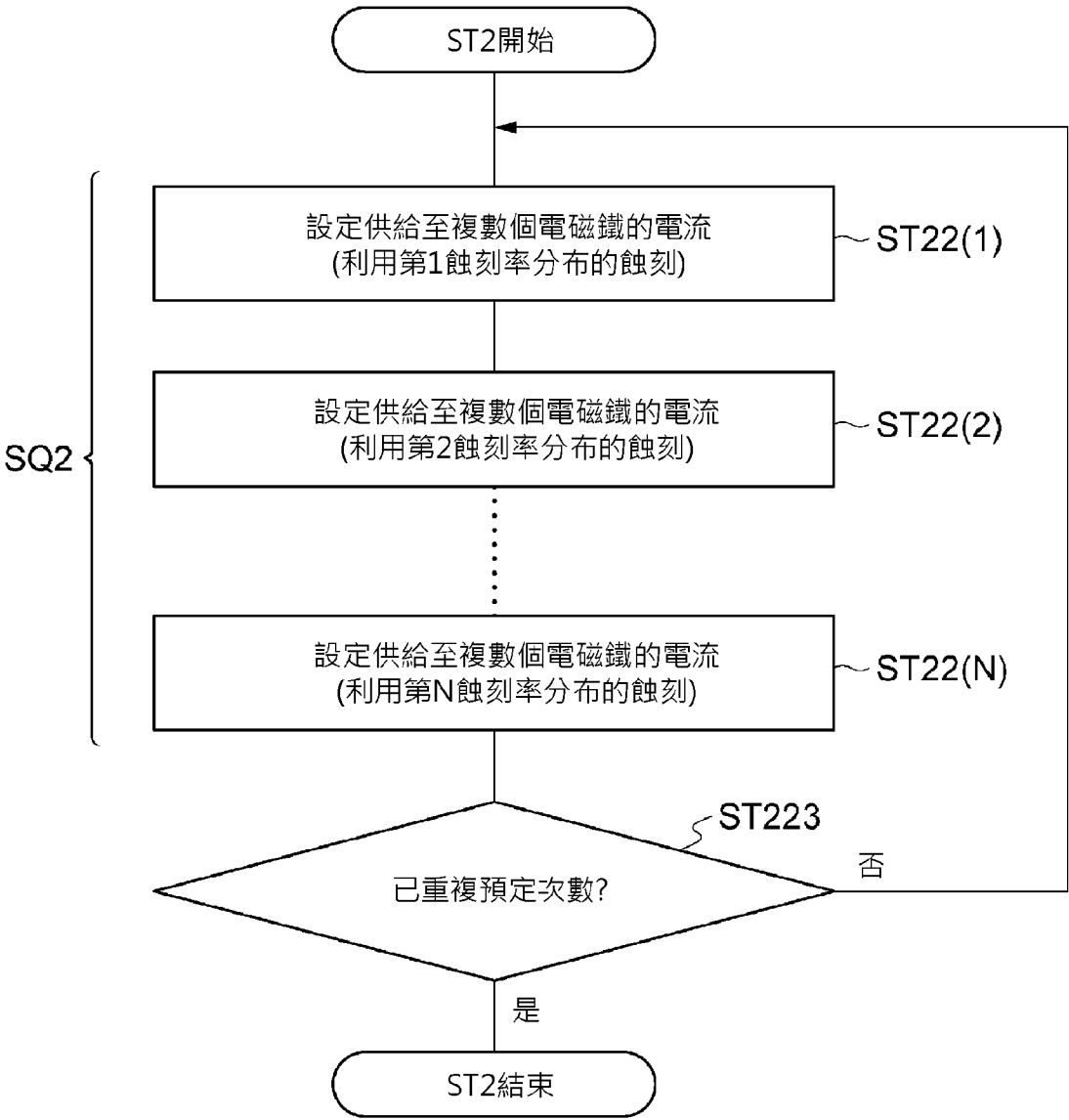


圖 6

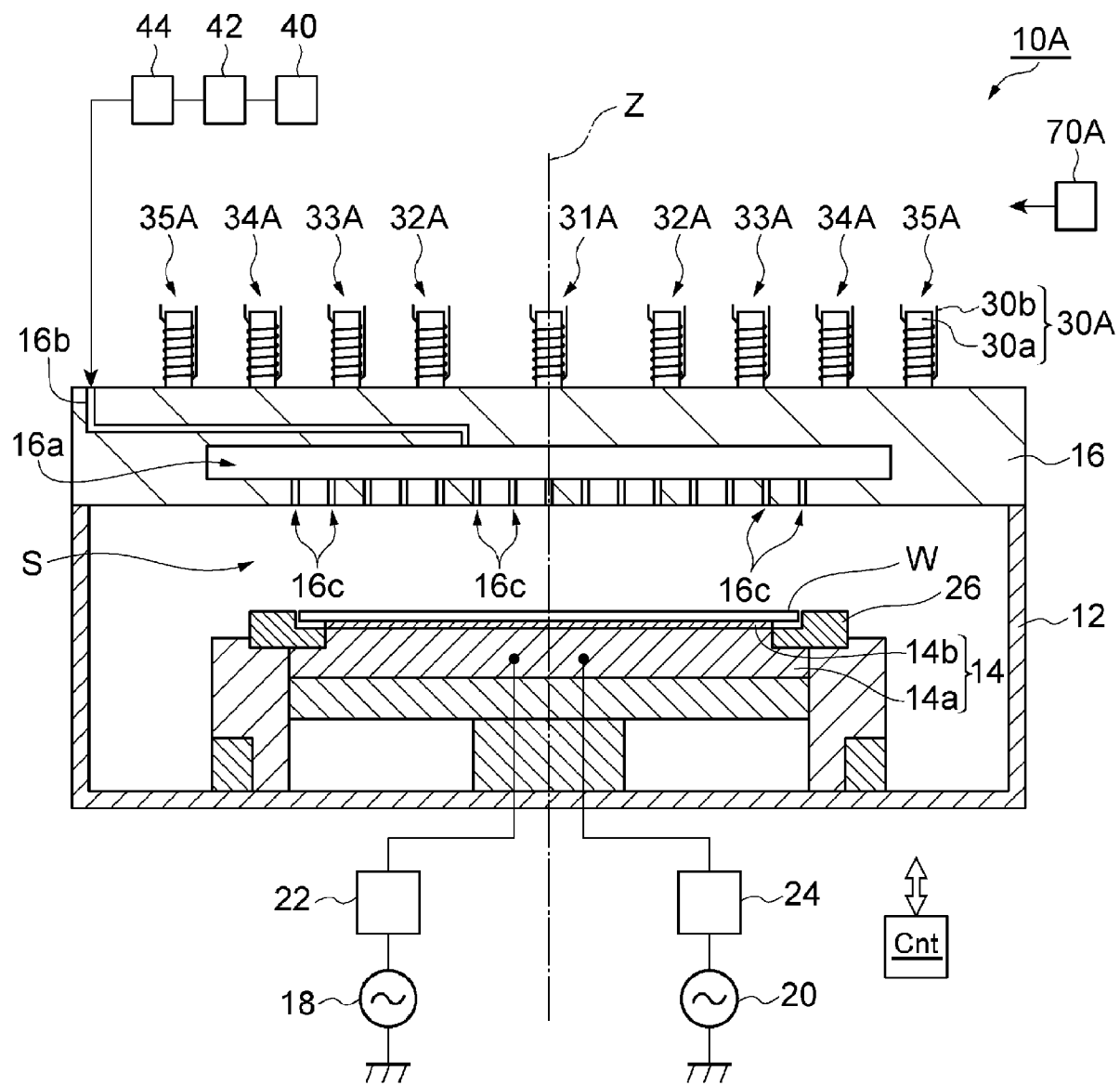


圖 7

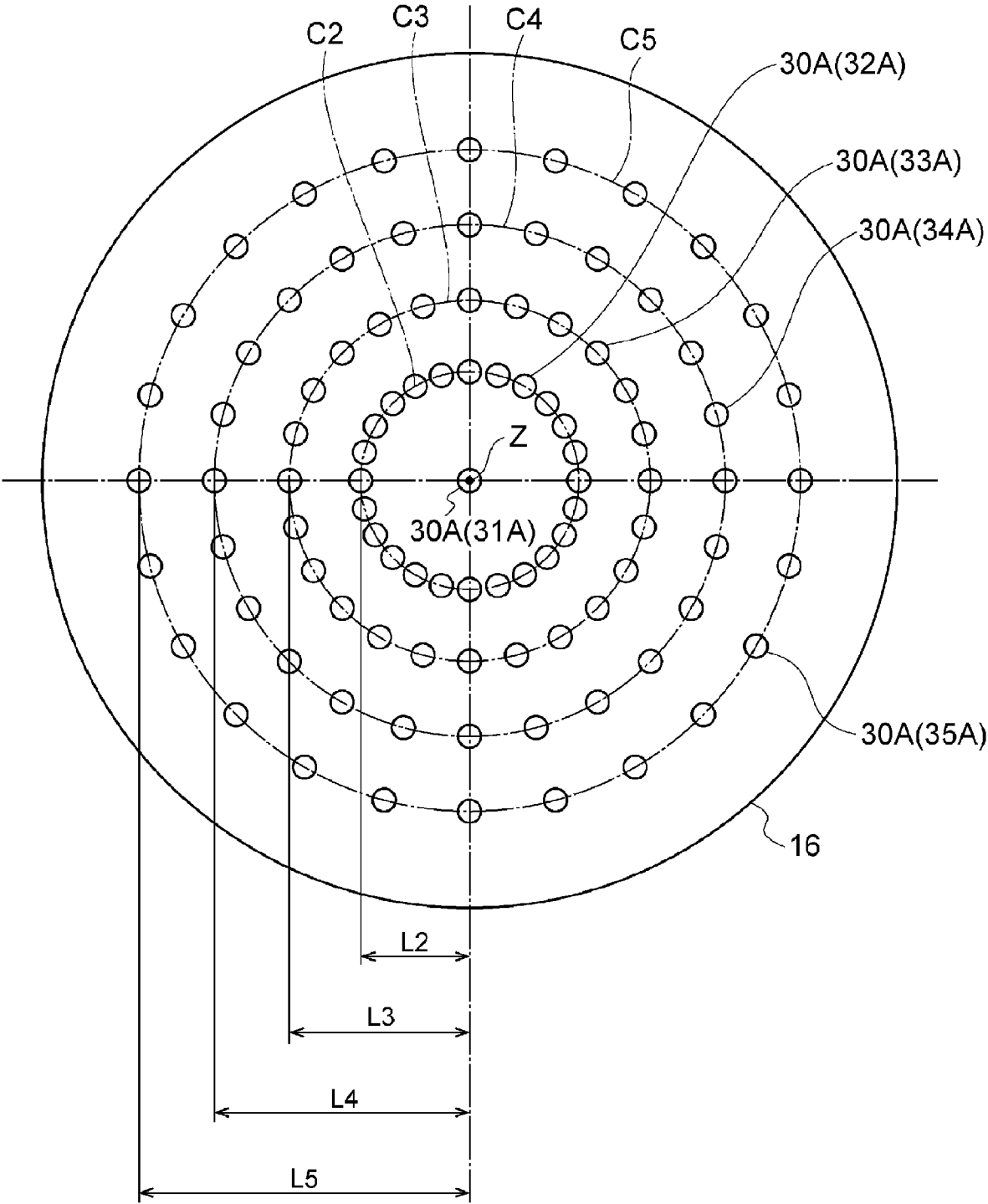


圖 8

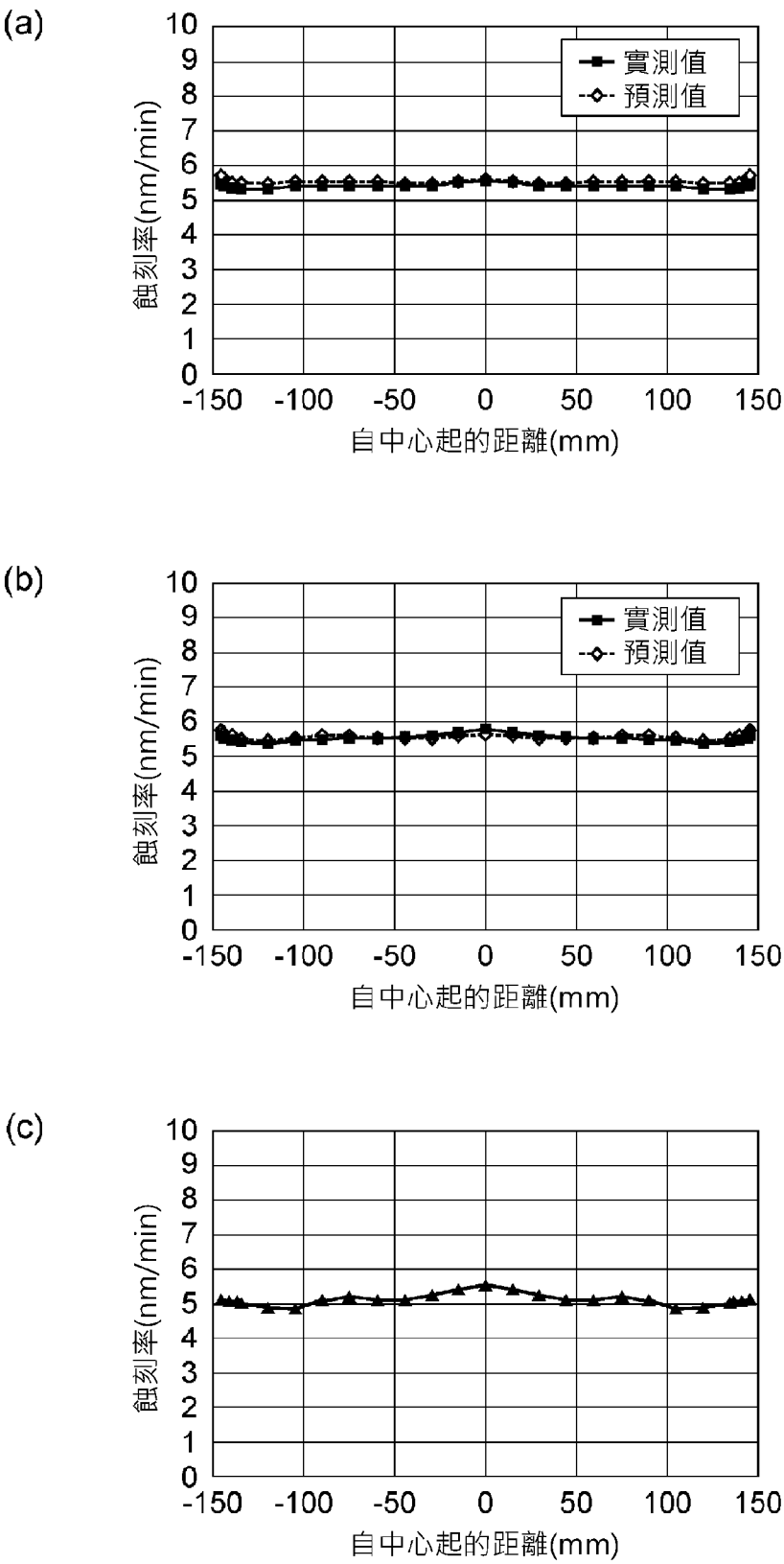


圖 9

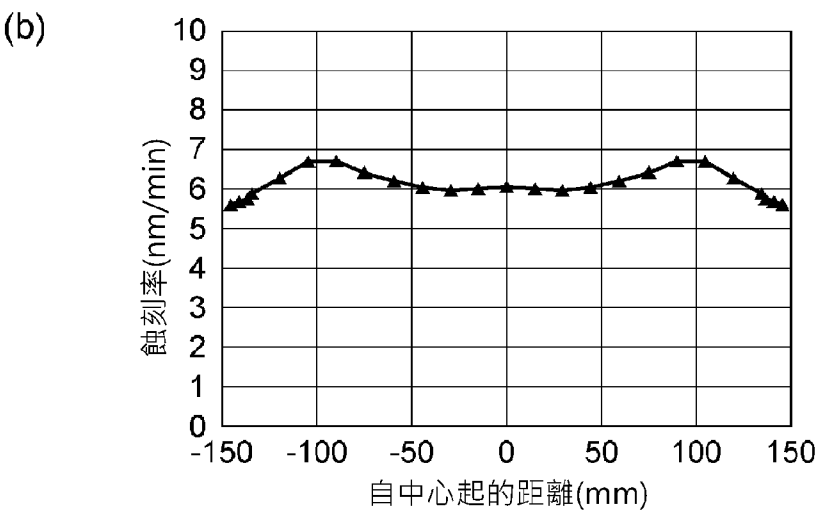
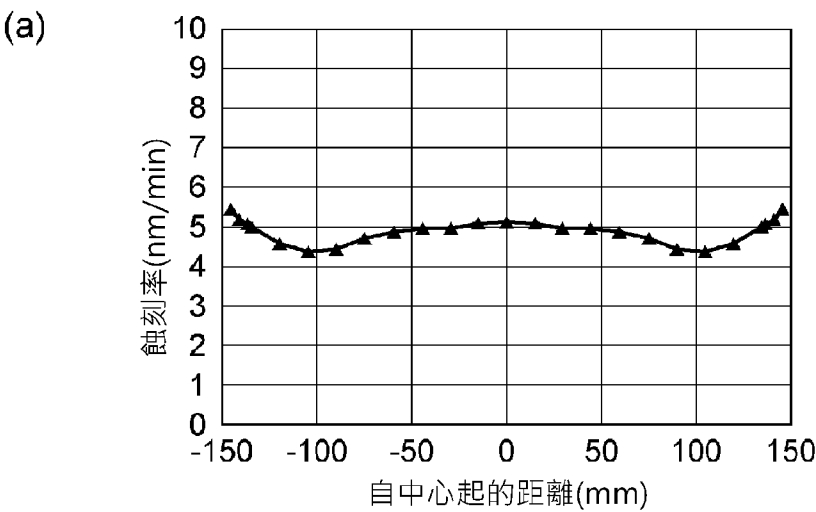


圖 10

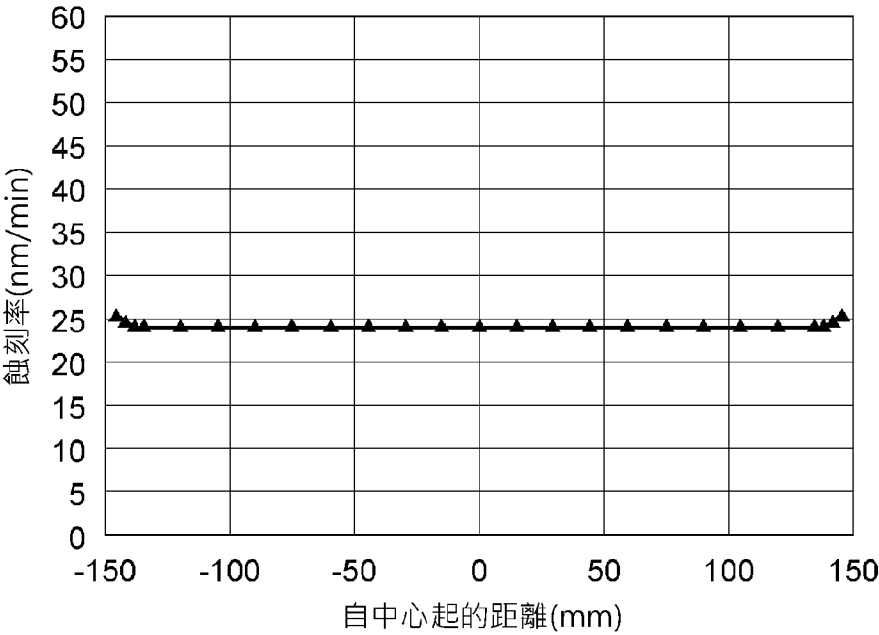


圖 11

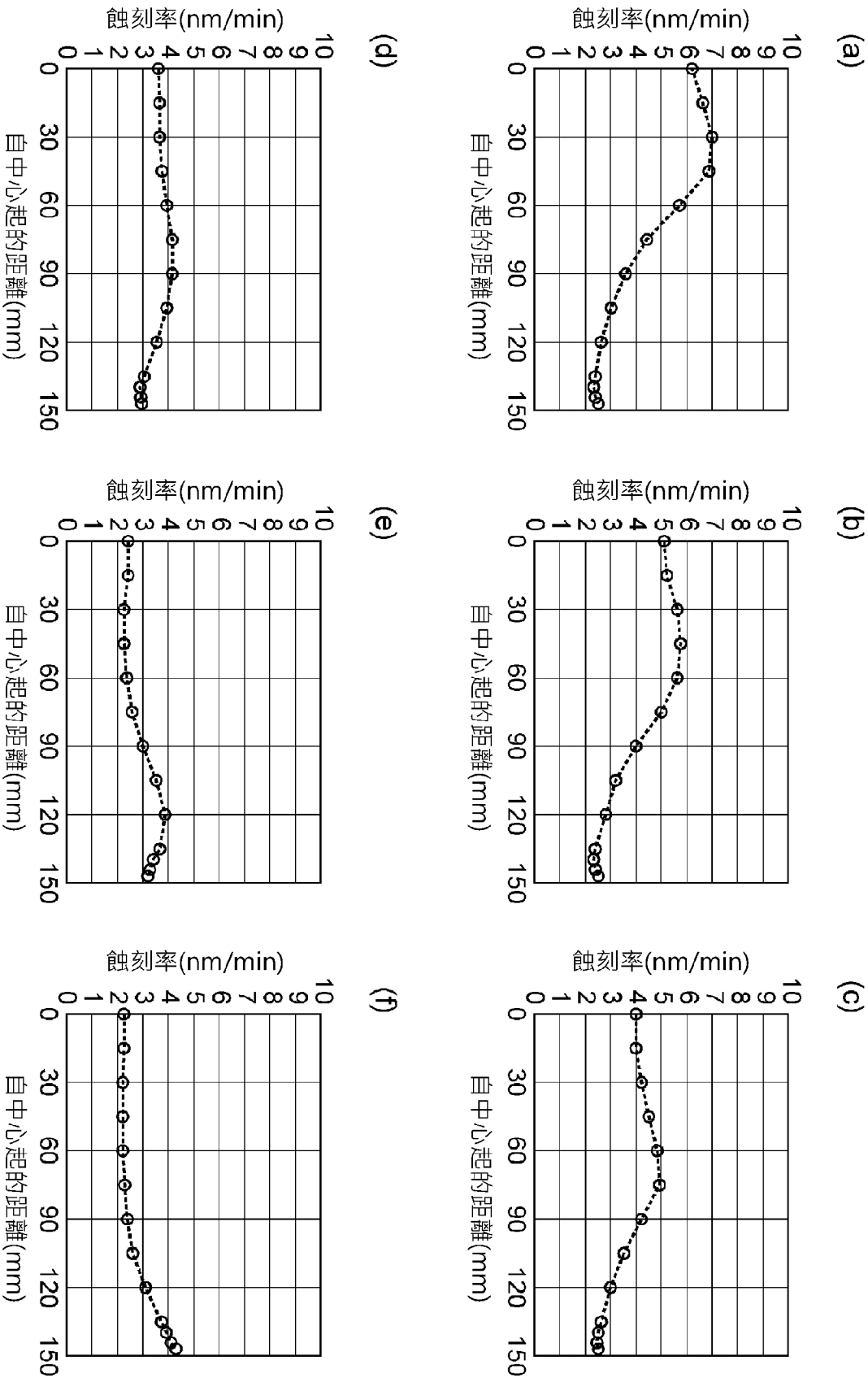


圖 12

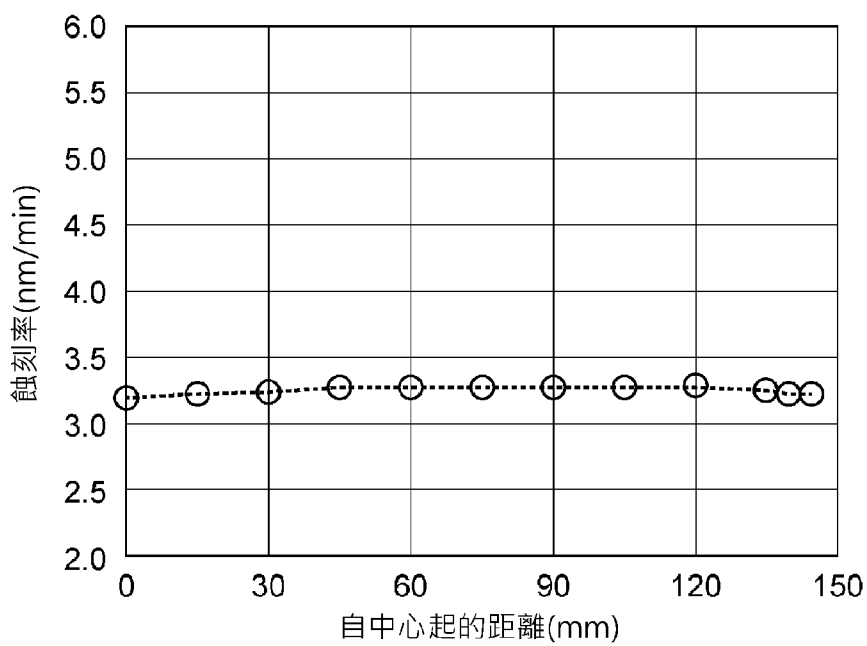


圖 13