



(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 I853852 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：108142287

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 11 月 21 日

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

H05H1/46 (2006.01)

H01L21/3065(2006.01)

(30)優先權：2018/12/03

日本

2018-226567

(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：塚原利也 TSUKAHARA, TOSHIYA (JP)；山邊周平 YAMABE, SHUHEI (JP)；谷地晃汰 YACHI, KOTA (JP)；佐藤徹治 SATO, TETSUJI (JP)；內田陽平 UCHIDA, YOHEI (JP)；鈴木步太 SUZUKI, AYUTA (JP)；田村洋典 TAMURA, YOSUKE (JP)；花岡秀敏 HANAOKA, HIDETOSHI (JP)；佐佐木淳一 SASAKI, JUNICHI (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201613421A

TW 201826313A

US 2009/0242515A1

US 2015/0099365A1

US 2016/0284522A1

審查人員：黃彥豪

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：10 共 41 頁

(54)名稱

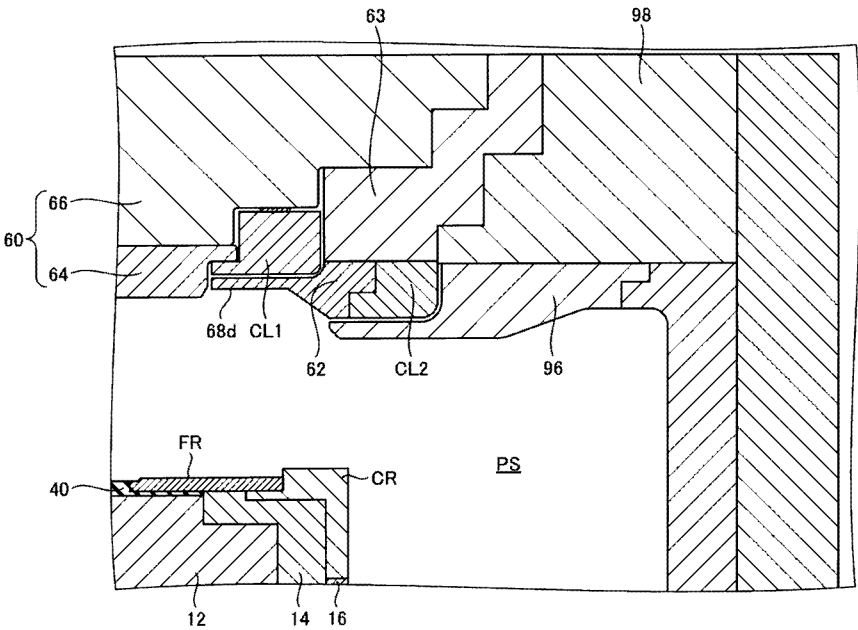
電漿處理裝置及電漿處理方法

(57)摘要

本發明之課題在於藉由控制電漿處理時之電子密度之峰值位置，提高電漿處理之均勻性。本發明之電漿處理裝置具備處理容器、下部電極、環狀構件、內側上部電極、外側上部電極、處理氣體供給部、第 1 高頻饋電部及第 1 直流饋電部。下部電極於處理容器內載置被處理基板。環狀構件載置於下部電極之外周部上。內側上部電極配置於下部電極之正對面。外側上部電極係於處理容器內與內側上部電極電性地絕緣並環狀地配置於其半徑方向外側。第 1 高頻饋電部將用以產生處理氣體之電漿之第 1 高頻施加至下部電極或者內側及外側上部電極。第 1 直流饋電部將可變之第 1 直流電壓施加至外側上部電極。外側上部電極係露出於處理空間之面的至少一部分位於較露出於處理空間之內側上部電極之面更靠上方處。

A plasma processing apparatus includes a processing vessel, a lower electrode, an annular member, an inner upper electrode, an outer upper electrode, a processing gas supply, a first high frequency power supply and a first DC power supply. The lower electrode is configured to place a processing target substrate. The annular member is disposed on an outer peripheral portion of the lower electrode. The inner upper electrode is disposed to face the lower electrode. The outer upper electrode is disposed at an outside of the inner upper electrode. The first high frequency power supply applies a first high frequency power. The first DC power supply applies a first variable DC voltage to the outer upper electrode. At least a part of a surface of the outer upper electrode exposed to the processing space is located higher than a surface of the inner upper electrode exposed to the processing space.

指定代表圖：



【圖2】

符號簡單說明：

- 12:基座(下部電極)
- 14:第 1 支持部
- 16:筒狀支持部
- 40:靜電吸盤
- 60:內側上部電極(簇射頭)
- 62:外側上部電極
- 63:絕緣體
- 64:電極(板)
- 66:電極支持體
- 68d:凹部
- 96:接地用構件
- 98:絕緣體
- CL1:箝位構件
- CL2:箝位構件
- FR:聚焦環
- CR:覆蓋環
- PS:處理空間



I853852

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電漿處理裝置及電漿處理方法

【英文發明名稱】

PLASMA PROCESSING APPARATUS AND PLASMA PROCESSING
METHOD

【中文】

本發明之課題在於藉由控制電漿處理時之電子密度之峰值位置，提高電漿處理之均勻性。

本發明之電漿處理裝置具備處理容器、下部電極、環狀構件、內側上部電極、外側上部電極、處理氣體供給部、第1高頻饋電部及第1直流饋電部。下部電極於處理容器內載置被處理基板。環狀構件載置於下部電極之外周部上。內側上部電極配置於下部電極之正對面。外側上部電極係於處理容器內與內側上部電極電性地絕緣並環狀地配置於其半徑方向外側。第1高頻饋電部將用以產生處理氣體之電漿之第1高頻施加至下部電極或者內側及外側上部電極。第1直流饋電部將可變之第1直流電壓施加至外側上部電極。外側上部電極係露出於處理空間之面的至少一部分位於較露出於處理空間之內側上部電極之面更靠上方處。

【英文】

A plasma processing apparatus includes a processing vessel, a lower electrode, an annular member, an inner upper electrode, an outer upper electrode, a processing gas supply, a first high frequency power supply and a first DC power supply. The lower electrode is configured to

place a processing target substrate. The annular member is disposed on an outer peripheral portion of the lower electrode. The inner upper electrode is disposed to face the lower electrode. The outer upper electrode is disposed at an outside of the inner upper electrode. The first high frequency power supply applies a first high frequency power. The first DC power supply applies a first variable DC voltage to the outer upper electrode. At least a part of a surface of the outer upper electrode exposed to the processing space is located higher than a surface of the inner upper electrode exposed to the processing space.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

- 12 基座(下部電極)
- 14 第1支持部
- 16 筒狀支持部
- 40 靜電吸盤
- 60 內側上部電極(簇射頭)
- 62 外側上部電極
- 63 絕緣體
- 64 電極(板)
- 66 電極支持體
- 68d 凹部
- 96 接地用構件

98	絕緣體
CL1	箝位構件
CL2	箝位構件
FR	聚焦環
CR	覆蓋環
PS	處理空間

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電漿處理裝置及電漿處理方法

【英文發明名稱】

PLASMA PROCESSING APPARATUS AND PLASMA PROCESSING
METHOD

【技術領域】

【0001】

以下之發明係關於一種電漿處理裝置及電漿處理方法。

【先前技術】

【0002】

半導體製造中，使用電漿之處理(以下亦稱作電漿處理)被廣泛利用。為了提高半導體製造之良率並提昇品質，對在作為處理對象之半導體晶圓的面內提高電漿的均勻性並提高蝕刻等電漿處理之均勻性方面進行了研究。

【0003】

例如，專利文獻1中提出一種構成，其係為了提高蝕刻速率之均勻性，而將電漿處理裝置內之上部電極分割為兩部分，並將施加至各個部分之直流電壓設為獨立地可變之構成。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

[專利文獻1]日本專利特開2009-239012號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0005】

本發明提供一種技術，其藉由控制電漿處理時之電子密度之峰值位置，可提高電漿處理之均勻性。

[解決問題之技術手段]

【0006】

所揭示之實施形態中，電漿處理裝置具備處理容器、下部電極、環狀構件、內側上部電極、外側上部電極、處理氣體供給部、第1高頻饋電部及第1直流饋電部。處理容器可進行真空排氣。下部電極於處理容器內載置被處理基板。環狀構件載置於下部電極之外周部上。內側上部電極於處理容器內配置於下部電極之正對面。外側上部電極係於處理容器內與內側上部電極電性地絕緣並環狀地配置於其半徑方向外側。處理氣體供給部將處理氣體供給至內側及外側上部電極與下部電極之間之處理空間。第1高頻饋電部將用以藉由高頻放電而產生高頻處理氣體之電漿之第1高頻施加至下部電極或者內側及外側上部電極。第1直流饋電部將可變之第1直流電壓施加至外側上部電極。外側上部電極係露出於處理空間之面的至少一部分位於較露出於處理空間之內側上部電極之面更靠上方處。

[發明之效果]

【0007】

根據揭示之實施態樣，可發揮藉由控制電漿處理時之電子密度之峰值位置而提高電漿處理的均勻性之效果。

【圖式簡單說明】

【0008】

圖1係表示實施形態之電漿處理裝置之構成之一例的圖。

圖2係進一步詳細地表示實施形態之電漿處理裝置之上部電極的構造之一例的圖。

圖3A係用以說明電漿處理之傾斜角(外傾斜角)之圖。

圖3B係用以說明電漿處理之傾斜角(內傾斜角)之圖。

圖4係表示比較例1之電漿處理裝置之外側上部電極的施加電壓與電子密度之關係的模擬結果的曲線圖。

圖5(A)～(D)係用以說明比較例1之電漿處理裝置之處理空間內的電子密度分佈的模擬結果的圖。

圖6係用以說明傾斜角之變動之圖。

圖7係用以說明於使電子密度之峰值位置在晶圓面外之情形時之傾斜角之變動的改善效果的圖。

圖8係用以說明比較例1至比較例3及實施例1之電漿處理裝置之電子密度之分佈的模擬結果的圖。

圖9係用以說明實施例1至4之電漿處理裝置之電子密度之分佈的模擬結果的圖。

圖10係表示利用實施形態之電漿處理裝置所獲得之傾斜角的變動之改善效果的實驗結果的圖。

【實施方式】**【0009】**

以下，參照隨附圖式，對本案所揭示之電漿處理裝置之實施形態進行詳細地說明。再者，本發明並不限定於以下所示之各實施形態。又，圖

式為示意性的，需要留意存在各元件之尺寸之關係、各元件之比率等與現實不同之情況。進而，於圖式之相互間亦存在包含相互之尺寸之關係或比率不同之部分的情況。又，各實施形態可在不使處理內容相矛盾之範圍內適當組合。

【0010】

<實施形態>

實施形態之電漿處理裝置中，將上部電極分割為內側上部電極及外側上部電極兩部分，並獨立控制施加電壓。實施形態之電漿處理裝置進而以如下方式構成：外側上部電極之露出於處理空間之面的至少一部分位於較露出於處理空間之內側上部電極之面更靠上方處。例如，外側上部電極中設置有凹部，該凹部較露出於處理空間之內側上部電極之面更向上方向凹陷。藉由設置該凹部，可於垂直方向擴大執行電漿處理之處理空間。

【0011】

藉由該構造，實施形態之電漿處理裝置係使電漿處理時處理空間內之電子密度之峰值產生於晶圓之外周上，進而較佳為產生於較晶圓之外周更靠徑向外側處。藉由將電子密度之峰值設置於晶圓之外周上或較外周更靠外側處，晶圓面內之傾斜角之變動難以有反曲點。因此，根據實施形態之電漿處理裝置，可較寬地獲得施加至外側上部電極之電壓範圍並改善傾斜之控制性。又，根據該構造，可抑制較晶圓之邊緣部更靠內側之部分之傾斜的影響。

【0012】

進而，實施形態之電漿處理裝置較佳為具備較先前更大徑之聚焦環。例如，實施形態之電漿處理裝置具備聚焦環，該聚焦環具有與外側上

部電極之凹部位置相對應的外徑。實施形態之電漿處理裝置藉由該構造，可使處理空間內之電子密度的峰值進而產生於晶圓的徑向外側處。以下，參照圖式對實施形態之電漿處理裝置進行說明。

【0013】

再者，作為本實施形態中之一例，使晶圓之大小為直徑300 mm、半徑150 mm。又，所謂晶圓之邊緣部是指晶圓之半徑為約135 mm至150 mm的環狀之部分。

【0014】

〔實施形態之電漿處理裝置之構成例〕

圖1係表示第1實施形態之電漿處理裝置1之構成之一例的圖。該電漿處理裝置係作為採用下部二頻施加方式之陰極耦合之電容耦合型電漿蝕刻裝置而構成，例如具有含鋁或不鏽鋼等之金屬製之圓筒型腔室(處理容器)10。腔室10安全接地。

【0015】

腔室10內水平地配置有圓盤狀之基座12作為下部電極，該基座12載置作為被處理基板之例如半導體晶圓W(以下稱作晶圓W)。該基座12例如包含鋁，且以絕緣性之筒狀之第1支持部14圍繞基座12的方式設置。腔室10之底部上設置有由例如石英等絕緣材料構成之大致圓筒狀之第2支持部15。第2支持部15於腔室10內，自腔室10之底部向鉛直方向延伸。第2支持部15支持基座12。沿著第1支持部14及第2支持部15之外周，於自腔室10之底部向垂直上方延伸之導電性的筒狀支持部(內壁部)16與腔室10的側壁之間，形成環狀之排氣通路18，且於該排氣通路18之入口處安裝有環狀之擋板(排氣環)20，於排氣通路18之底部設置有排氣口22。排氣口22經

由排氣管24連接有排氣裝置26。排氣裝置26具備渦輪分子泵等真空泵，可將腔室10內之處理空間減壓至所需之真空度。於腔室10之側壁安裝有開啟及關閉晶圓W之搬入出口之閘閥28。

【0016】

第1及第2高頻電源30、32經由匹配單元34及饋電棒36而電性連接於基座12。其中，第1高頻電源30主要輸出有助於產生電漿之頻率(通常40 MHz以上)的第1高頻。第2高頻電源32主要輸出有助於針對基座12上的晶圓W之離子之饋入的頻率(通常13.56 MHz以下)的第2高頻。匹配單元34中收容有：第1匹配器，其用以於第1高頻電源30側之阻抗與負載(主要為電極、電漿、腔室)側的阻抗之間獲得匹配；及第2匹配器，其用以於第2高頻電源32側之阻抗與負載側之阻抗之間獲得匹配。

【0017】

於基座12之上載置有處理對象之晶圓W，且以圍繞該晶圓W之方式設置有聚焦環(亦稱作環狀構件)FR(Focus Ring)。聚焦環FR包含例如Si、SiC等對製程之不良影響較少之導電材料，且作為消耗零件可裝卸地安裝於基座12之上表面。又，覆蓋環CR以圍繞聚焦環FR之方式設置於聚焦環FR之外周側。覆蓋環CR例如由石英等絕緣體而構成。覆蓋環CR保護第1支持部14之上表面不受電漿影響。

【0018】

晶圓吸附用之靜電吸盤40設置於基座12之上表面。該靜電吸盤40於膜狀或板狀之介電體之中夾著片狀或網狀之導電體。配置於腔室10之外之直流電源42經由導通/斷開切換開關44及饋電線46而電性連接於該導電體。藉由從直流電源42施加之直流電壓，可使用庫倫力將晶圓W吸附保持

於靜電吸盤40上。

【0019】

於基座12之內部例如設置有於圓周方向延伸之環狀之冷媒室48。該冷媒室48中，從冷卻器(未圖示)經由配管50、52循環供給例如冷卻水等特定溫度之冷媒。藉由冷媒之溫度可控制靜電吸盤40上之晶圓W之溫度。進而，為了進一步提高晶圓溫度之精度，經由氣體供給管54及基座12內部之氣體通路56，向靜電吸盤40與晶圓W之間供給例如氦氣等來自傳熱氣體供給部(未圖示)的傳熱氣體。

【0020】

於腔室10之頂壁，同心狀地設置有與基座12平行地相對的圓盤狀之內側(或中心)上部電極60及環狀之外側(或周邊)上部電極62。作為徑向之適合之尺寸，內側上部電極60之下表面具有與晶圓W相同程度之口徑(直徑)，外側上部電極62具有與聚焦環FR相同程度之口徑(內徑、外徑)。再者，較佳為外側上部電極62之口徑大於聚焦環FR。內側上部電極60與外側上部電極62相互電性地(更準確地說是DC(Direct Current，直流)地)絕緣。圖示之構成例中於兩電極64、62之間設置有間隙。其他例中，間隙中可插環狀之絕緣體。

【0021】

內側上部電極60具備：與基座12正前方相對之電極板64、及自其後方(上方)支持該電極板64以實現可裝卸之電極支持體66(冷卻板)。電極板64之材質較佳為對製程之不良影響較少且可維持良好之DC施加特性之Si或者SiC等含矽之導電材料。電極支持體66可由經氧化鋁膜處理之鋁而構成。電極板64藉由被箝位構件CL1卡止而固定於電極支持體66。箝位構件

CL1例如由陶瓷形成。

【0022】

外側上部電極62以與基座12相對之方式配置。外側上部電極62可由與內側上部電極60相同之材質構成。外側上部電極62藉由配置於外周側之箝位構件CL2而固定於腔室10之頂壁側。箝位構件CL2例如由陶瓷形成。再者，雖於圖1未明示，但箝位構件CL2與鄰接之接地用構件96(下述)之間有特定之間隙。又，箝位構件CL1與外側上部電極62、電極板64之間亦設置有特定之間隙。又，外側上部電極62與接地用構件96之間有特定之間隙(參照圖2)。

【0023】

該實施形態中，為了將處理氣體供給至設定於上部電極(60、62)與基座12之間的處理空間PS(Processing Space)，而使內側上部電極60兼用作簇射頭。更詳細地說，於電極支持體66之內部設置氣體擴散室72，並於電極支持體66及電極板64形成可自該氣體擴散室72穿過基座12側之多個氣體噴出孔74。於設置於氣體擴散室72之上部之氣體導入口72a連接有來自處理氣體供給部76之氣體供給管78。再者，亦可構成為不僅於內側上部電極60，亦於外側上部電極62設置簇射頭。

【0024】

於腔室10之外配備有兩個可變直流電源80、82，該可變直流電源80、82在例如-2000～+1000 V之範圍內可分別輸出可變之直流電壓VC、VE。

【0025】

一可變直流電源80之輸出端子經由導通/斷開切換開關84及濾波器電

路86電性連接於內側上部電極60。濾波器電路86係構成為將從可變直流電源80所輸出之第1直流電壓VC施加至內側上部電極60，另一方面，使高頻流向接地管線而不流向可變直流電源80側，該高頻係自基座12經過處理空間PS及內側上部電極60而進入至直流饋電管線88。

【0026】

另一可變直流電源82之輸出端子經由導通/斷開切換開關90及濾波器電路92電性連接於外側上部電極62。濾波器電路92係構成為將從可變直流電源82所輸出之第2直流電壓VE施加至外側上部電極62，另一方面，使高頻流向接地管線而不流向可變直流電源82側，該高頻係自基座12經過處理空間PS及外側上部電極62而進入直流饋電管線94。

【0027】

又，作為於腔室10內面向處理空間PS之適當之部位，例如於外側上部電極62之半徑方向外側安裝例如包含Si、SiC等導電性構件之環狀之接地用構件(直流接地電極)96。接地用構件96安裝於例如包含陶瓷之環狀之絕緣體98，並且亦連接於腔室10壁，經由腔室10一直接地。若於電漿處理中從可變直流電源80、82將直流電壓(VC、VE)施加至上部電極(60、62)，則於上部電極(60、62)與接地用構件96之間直流之電子電流經由電漿而變得流動。

【0028】

該電漿蝕刻裝置內之各部分例如排氣裝置26、高頻電源30、32、靜電吸盤用之導通/斷開切換開關44、處理氣體供給部76、DC施加用之導通/斷開切換開關84、90、冷卻器(未圖示)、傳熱氣體供給部(未圖示)等各個動作及整個裝置之動作(序列)係藉由例如包含微電腦之控制部(未圖示)控

制。

【0029】

該電漿處理裝置中，為了進行蝕刻，首先使閘閥28為打開狀態並將加工對象之晶圓W搬入至腔室10內，載置於靜電吸盤40上。繼而，從處理氣體供給部76以特定之流量將蝕刻氣體(一般為混合氣體)導入至腔室10內，藉由排氣裝置26將腔室10內之壓力調節至設定值。進而，使第1及第2高頻電源30、32導通，以特定之功率分別輸出第1高頻(40 MHz以上)及第2高頻(13.56 MHz以下)，經由匹配單元34及饋電棒36將該等高頻施加至基座12。又，使開關44導通，藉由靜電吸附力將傳熱氣體(氮氣)封入靜電吸盤40與晶圓W之間之接觸界面。從簇射頭60所噴出之蝕刻氣體於兩電極12及(60、62)之間藉由高頻之放電而電漿化，藉由利用該電漿所產生之自由基或離子，將晶圓W表面之被加工膜蝕刻為所需之圖案。

【0030】

電漿處理裝置1藉由對基座12施加適合電漿產生之40 MHz以上的相對較高頻率之第1高頻，而於較佳之解離狀態下使電漿高密度化，即便於更低壓之條件下亦可形成高密度電漿。與此同時，藉由對基座12施加適合離子饋入之13.56 MHz以下的相對較低頻率之第2高頻，而可對晶圓W之被加工膜實施選擇性較高之各向異性的蝕刻。然而，雖然電漿產生用之第1高頻係無論電漿製程如何均必使用，但存在根據製程而不使用離子饋入用之第2高頻的情況。

【0031】

該電漿處理裝置1中，可分別藉由內側上部電極60與外側上部電極62之兩個可變直流電源80、82，同時施加第1及第2直流電壓VC、VE。藉由

適當選擇兩個直流電壓VC、VE之組合，可提高電漿處理之均勻性。

【0032】

〔上部電極之構造之一例〕

圖2係進一步詳細地表示實施形態之電漿處理裝置1之上部電極60、62的構造之一例的圖。再者，圖2中雖未特別圖示，但各構件間設置有特定之間隙。

【0033】

如圖2所示，實施形態中，露出於處理空間PS之外側上部電極62之面的至少一部分位於較露出於處理空間PS之內側上部電極60之面更靠上方處。例如外側上部電極62具有朝向上方凹陷之凹部68d。

【0034】

如圖2所示，內側上部電極60之電極板64藉由箝位構件CL1固定於電極支持體66。於箝位構件CL1之下方以圍繞內側上部電極60之外周之方式配置外側上部電極62。外側上部電極62於外周側藉由箝位構件CL2固定於絕緣體63。考慮到因電漿處理之熱而導致之各構件之熱膨脹等，箝位構件CL1及CL2構成為並非使用螺絲等緊固而是卡止內側上部電極60及外側上部電極62的形狀。進而，以從外側上部電極62之外周側且箝位構件CL2之下方朝向徑向外側延伸之方式配置接地用構件96。接地用構件96之外周側與腔室10之側壁相連。

【0035】

基座12配置於上部電極60、62之下方。聚焦環FR載置於基座12上之靜電吸盤40之外周部。覆蓋環CR配置於聚焦環FR之外周側，第1支持部14及筒狀支持部16於覆蓋環CR之下方延伸。

【0036】

圖2之外側上部電極62係徑向內側較徑向外側更向腔室12之頂壁側凹陷，而形成凹部68d。凹部68d例如於上部電極60、62之直徑約340 mm～385 mm之範圍內作為環狀之溝槽而形成。又，凹部68d例如形成為從內側上部電極60之電極板64之面凹陷3 mm左右之形狀。又，外側上部電極62之外周側成為朝徑向外側逐漸地向處理空間PS側突出之楔形。楔形例如形成於直徑約385 mm～405 mm之位置。楔形之外周側係成為較內側上部電極60之電極板64之表面更向處理空間PS側突出之形狀。外側上部電極62之楔形直接平緩地連接於接地用構件96之表面。

【0037】

又，圖2之例中，內側上部電極60之電極板64於外周部中，具有從內周側向外周側遠離處理空間PS之楔形。電極板64之楔形直接平緩地連接於外側上部電極62之凹部68d之表面。

【0038】

如此，圖2之構造中，藉由內側上部電極60之楔形及外側上部電極62之凹部68d，於聚焦環FR之上方，處理空間PS向垂直方向擴展。因此，於聚焦環FR之上方形形成電漿易進入之較寬闊之空間。

【0039】

如此，實施形態之電漿處理裝置1中，藉由外側上部電極62之凹部68d，形成電漿之處理空間PS之垂直方向長度變長。而且，藉由已於外側上部電極62之凹部68d之徑向外側形成的楔形，縮短於聚焦環FR之外周側處之處理空間PS的垂直方向長度。如此，根據實施形態，於聚焦環FR之上形成易聚集電漿之較寬闊的空間。又，根據實施形態，藉由於聚焦環

FR之徑向外側使處理空間PS於垂直方向變窄，而將電漿封入於基座12上。

【0040】

藉由外側上部電極62之構造，本實施形態之電漿處理裝置1控制電漿之峰值位置，可提高電漿處理之均勻性。以下，對本實施形態之效果進行說明。

【0041】

<實施形態之效果>

首先，作為藉由實施形態之外側上部電極62之構造所獲得之效果的說明的前提，對電漿處理之傾斜角(外傾斜角、內傾斜角)進行說明。

【0042】

〔傾斜角(外傾斜角、內傾斜角)之說明〕

使用相同電漿處理裝置對不同晶圓進行例如蝕刻處理等電漿處理時，已知存在形成於作為處理對象之晶圓之邊緣部處的圖案的角度發生變動之情況。

【0043】

圖3A係用以說明電漿處理之傾斜角(外傾斜角)之圖。圖3A示出對晶圓W實施蝕刻之情形時所產生之外傾斜角。聚焦環FR配置於晶圓W之外周。聚焦環FR之上表面較晶圓W之上表面高。於此情形時，電漿處理中所產生之離子鞘S1之交界面BR1於晶圓W之邊緣部朝著徑向內側變低。與離子鞘S1之交界面BR1之傾斜相對應地，入射至晶圓W之邊緣部之離子I的入射方向係從晶圓W之上表面朝向下表面形成從晶圓W之中心向邊緣方向傾斜之角度。因此，藉由蝕刻所形成之圖案係從晶圓W之上表面朝向下

表面而從中心向徑向外側傾斜。將該傾斜之角度稱作傾斜角。又，以晶圓W之邊緣部中從上表面朝向下表面而從中心向徑向外側傾斜之角度形成圖案，將此稱作外傾斜角。

【0044】

圖3B係用以說明電漿處理之傾斜角(內傾斜角)之圖。圖3B之例中，聚焦環FR之上表面較晶圓W之上表面低。於此情形時，電漿處理中所形成之離子鞘S2之交界面BR2於晶圓W之邊緣部中從晶圓W之中心向徑向外側逐漸地變低。與離子鞘S2之交界面BR2相對應地，電漿中之離子I之入射方向係從晶圓W之上表面朝向下表面而從晶圓W之徑向外側向中心傾斜。因此，藉由蝕刻所形成之圖案係以從晶圓W之上表面朝向下表面而從徑向外側向中心傾斜之角度形成。如此，以晶圓W之邊緣部中從上表面朝向下表面而從徑向外側向中心傾斜之角度而形成圖案，將此稱作內傾斜角。

【0045】

〔電子密度之峰值位置與傾斜角之關係〕

然而，離子鞘之厚度由電子密度(Ne)、電子溫度(Te)、直流電壓(Vdc)決定。例如，電子密度越低且電子溫度越高，則離子鞘越厚。繼而，於Ne、Te一定之情形時，直流電壓之值越高，則離子鞘越厚。

【0046】

圖4係表示比較例1之電漿處理裝置中外側上部電極外部的施加電壓與電子密度之關係的模擬結果的曲線圖。又，圖5係用以說明比較例1之電漿處理裝置之處理空間內之電子密度分佈的模擬結果的圖。比較例1之電漿處理裝置之外側上部電極為如下構成，即，並無如實施形態般較內側上

部電極之面更向上方凹陷之表面，而朝向外周向處理空間側突出(參照圖5)。

【0047】

如圖4所示，比較例1之電漿處理裝置中，無論施加至外側上部電極外部的直流電壓之值如何，於晶圓W(直徑300 mm)之半徑約125 mm之位置處電子密度成為峰值。繼而，電子密度從峰值位置朝向徑向內側及外側變低。因此，於晶圓W之邊緣附近處電子密度之值產生反曲點。

【0048】

圖5之(A)表示對外側上部電極外部的施加電壓為0 V之情形。圖5之(B)表示對外側上部電極外部的施加電壓為-500 V之情形。圖5之(C)表示對外側上部電極外部的施加電壓為-1000 V之情形。圖5之(D)表示對外側上部電極外部的施加電壓為-1500 V之情形。圖5表示以處理空間PS中尤其晶圓W之邊緣部附近，即被外側上部電極外部與聚焦環FR所夾著之位置為中心的電子密度之分佈。又，圖5中，影線部分之顏色越濃意味著電子密度越高。

【0049】

根據圖5可知，無論施加電壓之值如何，於處理空間PS內電漿均聚集於晶圓W之邊緣部。又，電漿之密度於外側上部電極外部的正下方變低。其中，認為電漿密度於外側上部電極外部的正下方處變低之原因在於，處理空間PS於該部分在垂直方向變窄。即，認為電漿有聚集於較寬闊之空間之傾向。

【0050】

圖5之比較例1之電漿處理裝置中，於外側上部電極外部的下方處與

載置台側即晶圓W側之構造物之間所形成之空間與晶圓W中心側相比變窄。因此，認為電漿採取散逸向更寬闊之空間(晶圓W中心側)之舉動。如圖5之(A)～(D)可知，無論施加電壓之絕對值如何，電子密度於外側上部電極外部的下方暫時變低，電子密度於外側上部電極外部的徑向外側再次變高。又，如圖4可知，電子密度之峰值伴隨所施加之直流電壓之絕對值發生變化。

【0051】

圖6係用以說明傾斜角之變動之圖。如圖6之上部所示，聚焦環FR以圍繞晶圓W之徑向外側之方式配置。繼而，若對上部電極施加電壓，則電子密度(電漿)之峰值位置變為大致在晶圓W之邊緣部上。於此情形時，於晶圓W之邊緣部上離子鞘變薄。因此，從電子密度之峰值位置朝向徑向外側產生外傾斜角，從電子密度之峰值位置朝向徑向內側產生內傾斜角。

【0052】

圖6之下部表示與圖6之上部之例相比，電子密度之峰值移動至晶圓W之徑向內側之情形。與電子密度之峰值位置之移動的同時，離子鞘變薄之位置亦移動至晶圓W之徑向內側。於是，於與圖6之上部之例相比較之情形時，產生內傾斜角之位置移動至晶圓W之徑向內側，圖6之上部之例中未曾產生傾斜角之晶圓W之邊緣部處產生外傾斜角。又，於已產生外傾斜角之位置處傾斜角變大。又，圖6之上部之例中，已產生內傾斜角之位置處之內傾斜角之角度發生變動。又，亦可能有內傾斜角變化為外傾斜角之位置。如此，若電子密度之峰值位置發生變動，則傾斜角之變動變大。

【0053】

又，如圖4所示，伴隨所施加之直流電壓之絕對值的變動，電子密度

之峰值亦發生變動。因此，於使施加電壓之絕對值發生變動而進行控制之情形時，於晶圓W之相同位置處不僅傾斜角之方向(內傾斜角或外傾斜角)發生變動，傾斜角之數量亦發生變動。因此，為了使晶圓W間之處理品質均勻，可施加於外側上部電極之直流電壓之控制範圍受到限制。

【0054】

圖7係用以說明於將電子密度之峰值位置設為晶圓面外之情形時之傾斜角之變動的改善效果的圖。實施形態之電漿處理裝置1藉由於外側上部電極62形成於凹部68d，而使電子密度之峰值位置產生於晶圓W之邊緣部之外周側，進而較佳為使其產生於較晶圓W之邊緣部更靠徑向外側處。參照圖7，對於電子密度之峰值位置產生於晶圓W之徑向外側之情形時之效果進行說明。

【0055】

圖7之上方之例與圖6之上方之例相同。但，圖7之上方之例中，電漿之電子密度之峰值並不在晶圓W面內，而位於晶圓W之徑向外側。因電子密度之峰值位置位於晶圓W之徑向外側，故雖於晶圓W之邊緣附近產生內傾斜角，但對邊緣附近以外之位置並無較大影響。

【0056】

圖7之下方之例中，所產生之電漿之電子密度之峰值位置移動至晶圓W之徑向內側。但，圖7之下方之例中，電子密度之峰值位置並不位於晶圓W面上。因此，雖於晶圓W之邊緣附近產生內傾斜角，但不產生外傾斜角。如此，藉由進行使電子密度之峰值產生於較晶圓W之外側更靠徑向外側處之控制，即便於峰值偏離晶圓W之中心方向之情形時，亦可抑制傾斜角自內向外之變化。

【0057】

〔外側上部電極之凹部之效果〕

圖8係用以說明比較例1至比較例3及實施例1之電漿處理裝置中之電子密度之分佈的模擬結果的圖。

【0058】

實施例1之電漿處理裝置具備具有上述凹部68d之外側上部電極62。但，實施例1之電漿處理裝置不具備上述大徑之聚焦環FR。實施例1之電漿處理裝置之聚焦環與比較例1至比較例3之電漿處理裝置相同，內徑為約300 mm，外徑為約360 mm。

【0059】

比較例1至比較例3之電漿處理裝置係意圖藉由分別增大外側上部電極之內徑及外徑，使電子密度之峰值產生於外周側者。

【0060】

比較例1至比較例3之電漿處理裝置之構成之差異如下。

・比較例1

外側上部電極之大小：內徑約340 mm、外徑約400 mm

外側上部電極之下表面位置：較內側上部電極之下表面更向基座側突出約5 mm

外側上部電極與聚焦環與之位置關係：外側上部電極之內周側端部較聚焦環之徑向中央更靠外側處

【0061】

・比較例2

外側上部電極之大小：內徑約370 mm、外徑約400 mm

外側上部電極之下表面位置：較內側上部電極之下表面更向基座側突出約5 mm(與比較例1相同)

外側上部電極與聚焦環與之位置關係：外側上部電極之內徑較聚焦環之外徑大

【0062】

・比較例3

外側上部電極之大小：內徑約400 mm、外徑約430 mm

外側上部電極之下表面位置：較內側上部電極之下表面更向基座側突出約5 mm(與比較例1、2相同)

外側上部電極與聚焦環與之位置關係：外側上部電極之內徑較聚焦環之外徑大

【0063】

再者，比較例1至比較例3之電漿處理裝置中，伴隨外側上部電極之大小之改變，調整內側上部電極之大小(徑)。

【0064】

實施例1之電漿處理裝置之構成如下。

- ・外側上部電極之大小：內徑約340 mm、外徑約400 mm
- ・凹部之位置：外側上部電極之內徑約340 mm之位置至約380 mm之位置

外周側之楔形位置為直徑約380 mm～約400 mm之位置

【0065】

如上所述構成之實施例1及比較例1～比較例3之電漿處理裝置中，藉

由模擬研究電子密度之分佈之結果為圖8。如圖8所示，比較例1中，電子密度之峰值產生於徑向約125 mm之位置。比較例2中，與比較例1相比，雖峰值位置稍向徑向外側偏離，但位於較邊緣(半徑150 mm之位置)更靠徑向內側處。比較例3中，與比較例1、2相比峰值位置幾乎未發生變化。

【0066】

另一方面，關於實施例1，電子密度之峰值幾乎移動至邊緣(半徑150 mm之位置)處。再者，實施例1中，凹部68d為與內側上部電極之面相比，於腔室12之頂壁方向上凹陷3 mm左右之形狀。又，凹部68d形成於直徑約340 mm~385 mm之位置。又，外側上部電極62之楔形形成於直徑約385 mm~405 mm之位置。又，楔形之傾斜角度為約30°。但，凹部68d之大小並不限定於此。

【0067】

〔聚焦環之大徑化之效果〕

圖9係用以說明實施例1至實施例4之電漿處理裝置中之電子密度之分佈的模擬結果的圖。實施例1至實施例4之電漿處理裝置之構成如下。

【0068】

- 實施例1(與圖8之實施例1相同)

聚焦環之大小：內徑約300 mm、外徑約360 mm

外側上部電極之構造：具備實施形態之凹部68d

- 實施例2(大徑FR)

聚焦環之大小：內徑約300 mm、外徑約380 mm

外側上部電極之構造：具備實施形態之凹部68d(與實施例1相同)

- 實施例3(小徑FR)

聚焦環之大小：內徑約300 mm、外徑約330 mm

外側上部電極之構造：具備實施形態之凹部68d(與實施例1、2相同)

・實施例4(大徑FR、大徑且上方突出之CR)

聚焦環之大小：內徑約300 mm、外徑380 mm

外側上部電極之構造：具備實施形態之凹部68d(與實施例1～3相同)

覆蓋環(CR)之構造：外徑較實施例1～3更加擴大(約460 mm)

CR之外周端向上方向突出

(CR端之處理空間之上下方向長度較實施例1～3短)

【0069】

實施例2、3之電漿處理裝置係意圖確認聚焦環之大小，尤其藉由使外徑發生變化而確認其是否影響電子密度之分佈。實施例3之電漿處理裝置縮小聚焦環之外徑，於聚焦環與覆蓋環之間設置溝槽而加大其與上方之構造物之間隔。又，實施例4之電漿處理裝置係意圖確認覆蓋環CR之構成是否影響電子密度。實施例2、3之電漿處理裝置分別係聚焦環之外徑較實施例1大者及較實施例1小者。又，實施例4之電漿處理裝置之意圖在於：雖聚焦環之大小與實施例2相同，但藉由增大覆蓋環之外徑使外周端向上方向突出，而將電漿封入晶圓面內。

【0070】

將如上所述構成之實施例1至4之電漿處理裝置中之電子密度之分佈藉由模擬進行研究之結果為圖9。如圖9所示，如實施例3那樣於縮小聚焦環之外徑之情形時，峰值位置與實施例1幾乎相同。又，於實施例4之情形時，雖然與實施例3相比，峰值位置稍偏向晶圓W之邊緣，但位於晶圓W之面內。相對於此，於實施例2之情形時，峰值位置移動至較晶圓W之邊

緣更靠徑向外側處。據此，可知藉由增大聚焦環之外徑可使電子密度之峰值向晶圓W之徑向外側移動。又，上述實施例1之聚焦環之外徑為360 mm，實施例2之聚焦環之外徑為380 mm。據此，認為為了使電子密度之峰值移動，例如聚焦環之外徑較佳為360 mm～380 mm，進而較佳為370 mm～380 mm左右。

【0071】

〔傾斜角之變動之抑制〕

圖10係表示利用實施形態之電漿處理裝置所獲得之傾斜角之變動之改善效果的實驗結果的圖。圖10係分別於比較例1之電漿處理裝置與實施例2之電漿處理裝置各者中進行蝕刻，研究傾斜角之變動者。

【0072】

首先，於從晶圓之邊緣(端)起向內側3 mm處之位置，一面改變施加電壓之值一面測定傾斜角。再者，施加電壓全部為負電壓，圖10中記載有其絕對值。於比較例1之情形時，產生外傾斜角及內傾斜角，傾斜角之值於約0.43度之範圍內發生變動。於實施例2之情形時，施加電壓之絕對值為400 V至1150 V之間，傾斜角之變動無反曲點。於從晶圓之邊緣起向內側5 mm、15 mm、35 mm處之任一情形時亦同樣，相對於比較例1中傾斜角之變動產生反曲點，實施例2即便改變施加電壓，傾斜角之變動尤其於距邊緣15 mm、35 mm之位置處亦平緩。如此，根據實施例2，可確認即便於使施加電壓發生變動之情形時，傾斜角之變動趨勢亦不易出現反曲點。又，可確認關於晶圓之邊緣部以外之部分傾斜之影響亦減小。

【0073】

如上所述，實施形態之電漿處理裝置具備處理容器、下部電極、環

狀構件、內側上部電極、外側上部電極、處理氣體供給部、第1高頻饋電部及第1直流饋電部。處理容器構成為可進行真空排氣。下部電極於處理容器內載置被處理基板。環狀構件載置於下部電極之外周部上。內側上部電極係於處理容器內與上述下部電極對向配置。外側上部電極係於處理容器內，與內側上部電極電性地絕緣且環狀配置於其半徑方向外側。處理氣體供給部將處理氣體供給至內側及外側上部電極與下部電極之間之處理空間。第1高頻饋電部將用以藉由高頻放電而產生上述高頻處理氣體之電漿的第1高頻施加至上述下部電極或者上述內側及外側上部電極。第1直流饋電部將可變之第1直流電壓施加至外側上部電極。外側上部電極係露出於處理空間的面的至少一部分位於較露出於上述處理空間之上述內側上部電極之面更靠上方處。因此，實施形態之電漿處理裝置可控制電漿處理時之電子密度之峰值位置，且使電子密度之峰值產生於被處理基板之外周上或較外周更靠徑向外側處。因此，實施形態之電漿處理裝置改善僅晶圓之邊緣部的傾斜之控制性，並且減小邊緣部以外之傾斜之影響。因此，實施形態之電漿處理裝置可提高電漿處理之均勻性，進而可改善腔室之MTBWC(Mean Time Between Wet Cleaning，平均濕洗間隔時間)。

【0074】

又，實施形態之電漿處理裝置中，外側上部電極之外周部具有朝向徑向外側向上述處理空間側突出之楔形。因此，電漿處理裝置藉由縮短外側上部電極之外周側處處理空間之垂直方向長度，而可將電漿封入晶圓面上。

【0075】

又，實施形態之電漿處理裝置中，內側上部電極之外周部具有從內

周側向外周側遠離處理空間之楔形。因此，電漿處理裝置與外側上部電極之構造一同可使晶圓之邊緣部附近之處理空間變寬闊，並控制電子密度之峰值位置。

【0076】

又，實施形態之電漿處理裝置進而具備箝位構件及接地用構件。箝位構件保持外側上部電極。接地用構件配置於較箝位構件更靠處理空間側。

【0077】

又，實施形態之電漿處理裝置中，外側上部電極例如具有凹部，凹部具有從內側上部電極之表面凹陷約3 mm之底面。

【0078】

又，實施形態之電漿處理裝置中，環狀構件之外徑例如處於360 mm至380 mm之範圍內。

【0079】

又，實施形態之電漿處理裝置進而具備第2直流饋電部，該第2直流饋電部將可變之第2直流電壓施加至內側上部電極。

【0080】

又，實施形態之電漿處理裝置進而具備第2高頻饋電部，該第2高頻饋電部將用以將電漿中之離子饋入被處理基板之第2高頻施加至下部電極。

【0081】

根據使用上述實施形態之電漿處理裝置之電漿處理方法，可使電漿處理時之電子密度之峰值位置產生於被處理基板之外周上或較外周更靠徑

向外側處。

【0082】

應認為此次所揭示之實施形態在所有方面均為例示而非制限性的。
實際上，上述實施形態可以多種形態實現。又，只要不脫離隨附之申請專利範圍及其主旨，上述實施形態可以各種形態省略、置換、改變。

【符號說明】

【0083】

1	電漿處理裝置
10	腔室(處理容器)
12	基座(下部電極)
14	第1支持部
15	第2支持部
16	筒狀支持部
18	排氣通路
20	排氣環
22	排氣口
24	排氣管
26	排氣裝置
28	閘閥
30	第1高頻電源(第1高頻饋電部)
32	第2高頻電源(第2高頻饋電部)
34	匹配單元
36	饋電棒

40	靜電吸盤
42	直流電源
44	導通/斷開切換開關
46	饋電線
48	冷媒室
50、52	配管
54	氣體供給管
56	氣體通路
60	內側上部電極(簇射頭)
62	外側上部電極
63	絕緣體
64	電極(板)
66	電極支持體
68d	凹部
72	氣體擴散室
72a	氣體導入口
74	氣體噴出孔
76	處理氣體供給部
78	氣體供給管
80	可變直流電源(第2直流饋電部)
82	可變直流電源(第1直流饋電部)
84	導通/斷開切換開關
86	濾波器

88	直流饋電管線
90	導通/斷開切換開關
92	濾波器
94	直流饋電管線
96	接地用構件
98	絕緣體
BR1	離子鞘S1之交界面
BR2	離子鞘S2之交界面
CL1	箝位構件
CL2	箝位構件
CR	中心環
FR	聚焦環
I	離子
PS	處理空間
S1	離子鞘
S2	離子鞘
W	晶圓

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種電漿處理裝置，其特徵在於具備：

處理容器，其可進行真空排氣；

下部電極，其於上述處理容器內載置被處理基板；

環狀構件，其載置於上述下部電極之外周部上；

內側上部電極，其於上述處理容器內與上述下部電極對向配置；

外側上部電極，其於上述處理容器內，與上述內側上部電極電性地絕緣並環狀地配置於其半徑方向外側；

處理氣體供給部，其將處理氣體供給至上述內側及外側上部電極與上述下部電極之間之處理空間；

第1高頻饋電部，其將用以藉由高頻放電而產生上述處理氣體之電漿之第1高頻施加至上述下部電極或者上述內側及外側上部電極；

第1直流饋電部，其將可變之第1直流電壓施加至上述外側上部電極；

箝位構件，其保持上述外側上部電極；及

接地用構件，其配置於較上述箝位構件更靠上述處理空間側處；且

上述外側上部電極係露出於上述處理空間之面的至少一部分位於較露出於上述處理空間之上述內側上部電極之面更靠上方處。

【第2項】

如請求項1之電漿處理裝置，其中上述外側上部電極之外周部具有朝向徑向外側且向上述處理空間側突出之楔形。

【第3項】

如請求項1之電漿處理裝置，其中上述內側上部電極之外周部具有自內周側朝向外周側遠離上述處理空間之楔形。

【第4項】

如請求項1至3中任一項之電漿處理裝置，其中上述外側上部電極包含凹部，該凹部具有從上述內側上部電極之表面凹陷約3 mm之底面。

【第5項】

一種電漿處理裝置，其特徵在於具備：

處理容器，其可進行真空排氣；

下部電極，其於上述處理容器內載置被處理基板；

環狀構件，其載置於上述下部電極之外周部上；

內側上部電極，其於上述處理容器內與上述下部電極對向配置；

外側上部電極，其於上述處理容器內，與上述內側上部電極電性地絕緣並環狀地配置於其半徑方向外側；

處理氣體供給部，其將處理氣體供給至上述內側及外側上部電極與上述下部電極之間之處理空間；

第1高頻饋電部，其將用以藉由高頻放電而產生上述處理氣體之電漿之第1高頻施加至上述下部電極或者上述內側及外側上部電極；及

第1直流饋電部，其將可變之第1直流電壓施加至上述外側上部電極；且

上述外側上部電極係露出於上述處理空間之面的至少一部分位於較露出於上述處理空間之上述內側上部電極之面更靠上方處；

上述外側上部電極包含凹部，該凹部具有從上述內側上部電極之表面凹陷約3 mm之底面。

【第6項】

如請求項1至3、5中任一項之電漿處理裝置，其中上述環狀構件之外徑處於360 mm至380 mm之範圍內。

【第7項】

如請求項1至3、5中任一項之電漿處理裝置，其進而具備第2直流饋電部，該第2直流饋電部係將可變之第2直流電壓施加至上述內側上部電極。

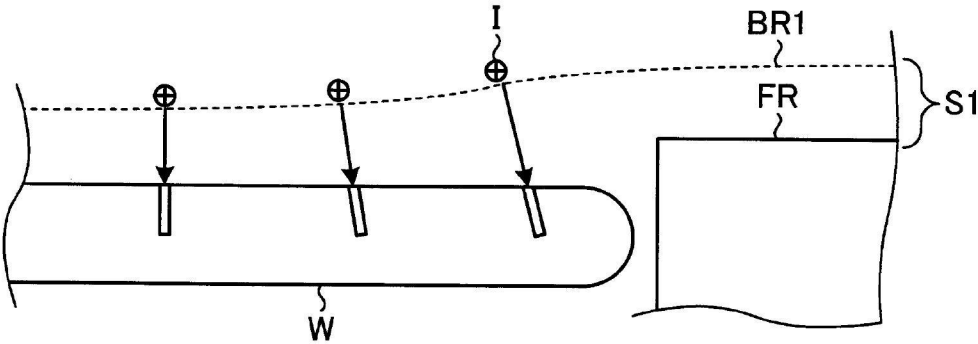
【第8項】

如請求項1至3、5中任一項之電漿處理裝置，其進而具備第2高頻饋電部，該第2高頻饋電部係將用以將電漿中之離子饋入上述被處理基板之第2高頻施加至上述下部電極。

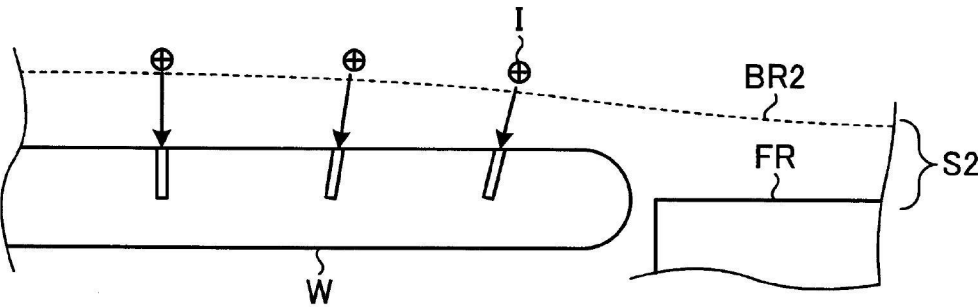
【第9項】

一種電漿處理方法，其係使用如請求項1至8中任一項之電漿處理裝置，使電漿處理時之電子密度之峰值產生於上述被處理基板之外周上或者較外周更靠徑向外側處。

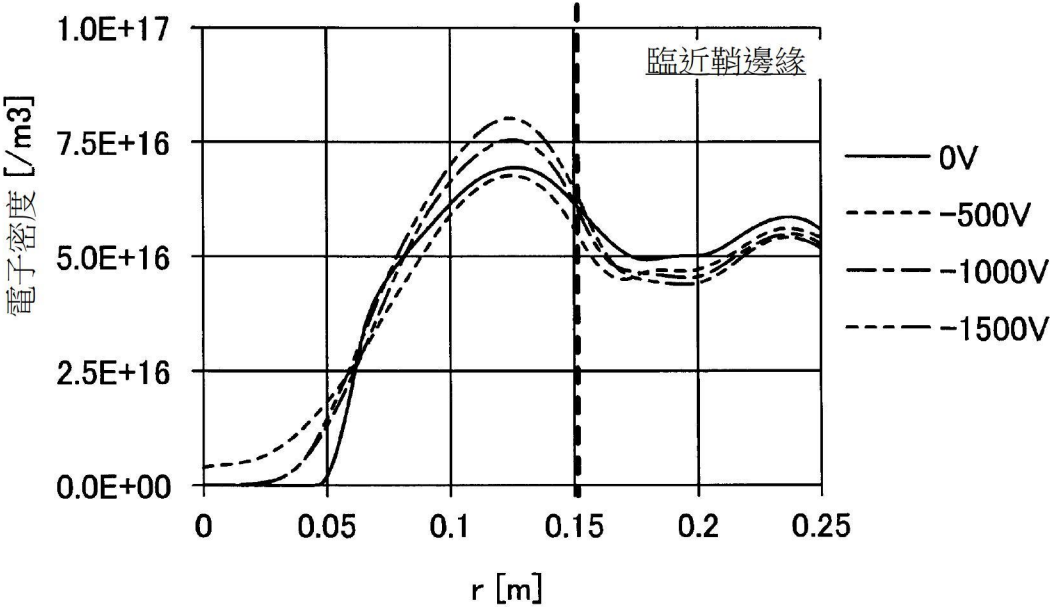




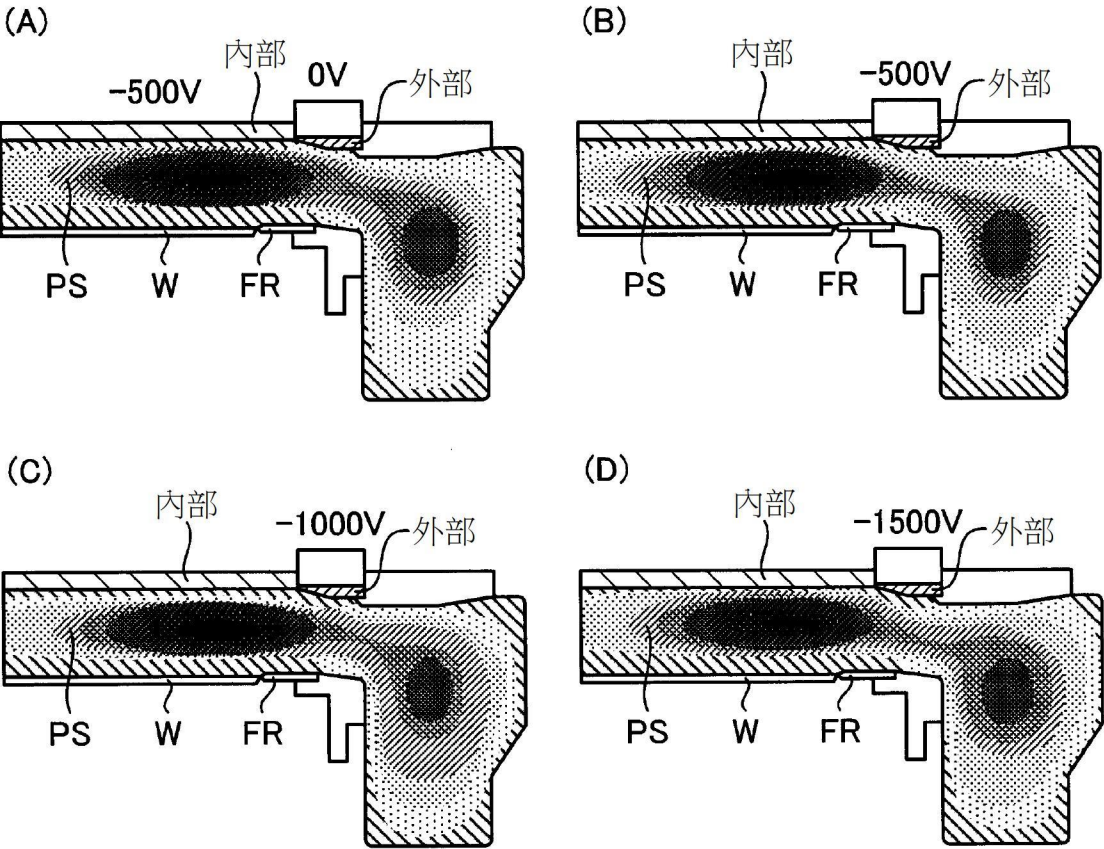
【圖3A】



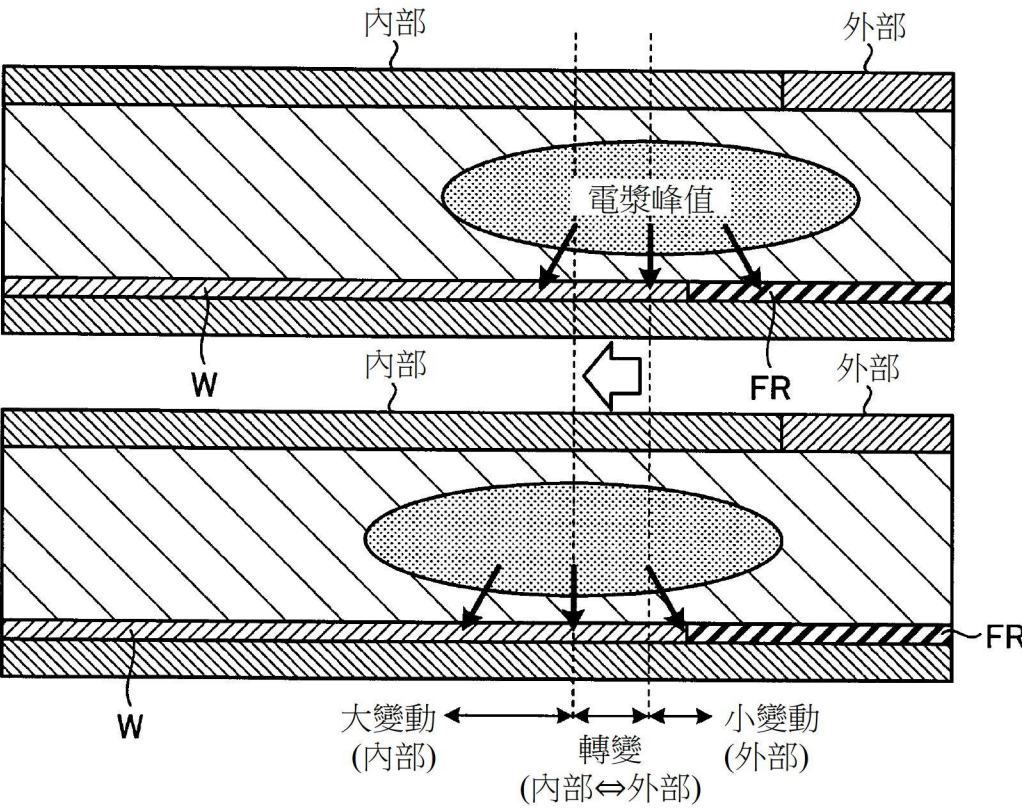
【圖3B】



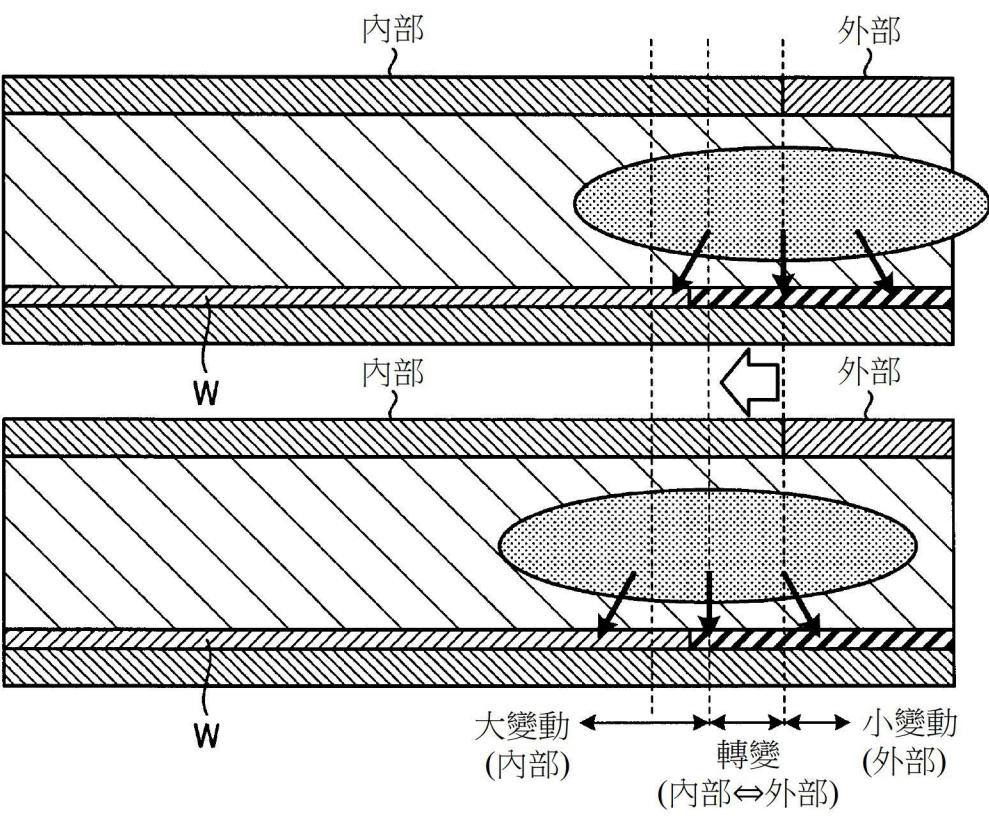
【圖4】



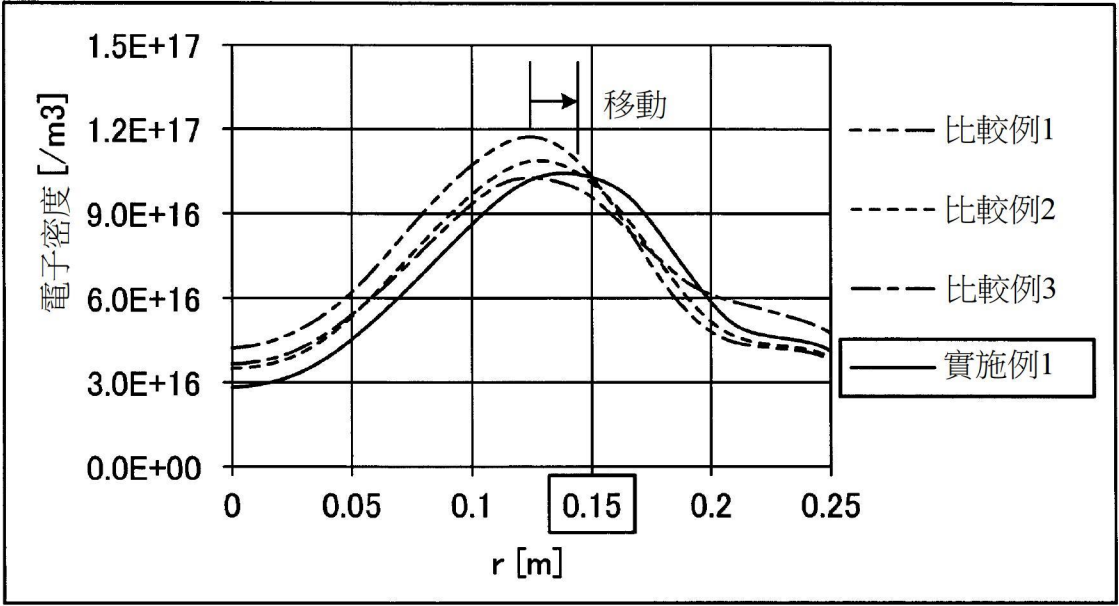
【圖5】



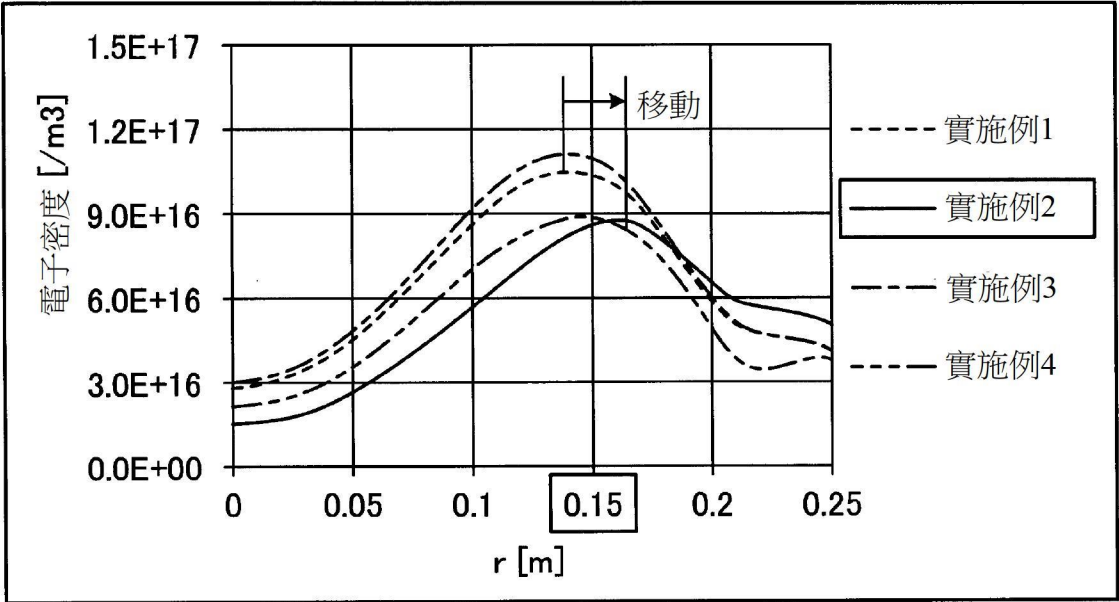
【圖6】



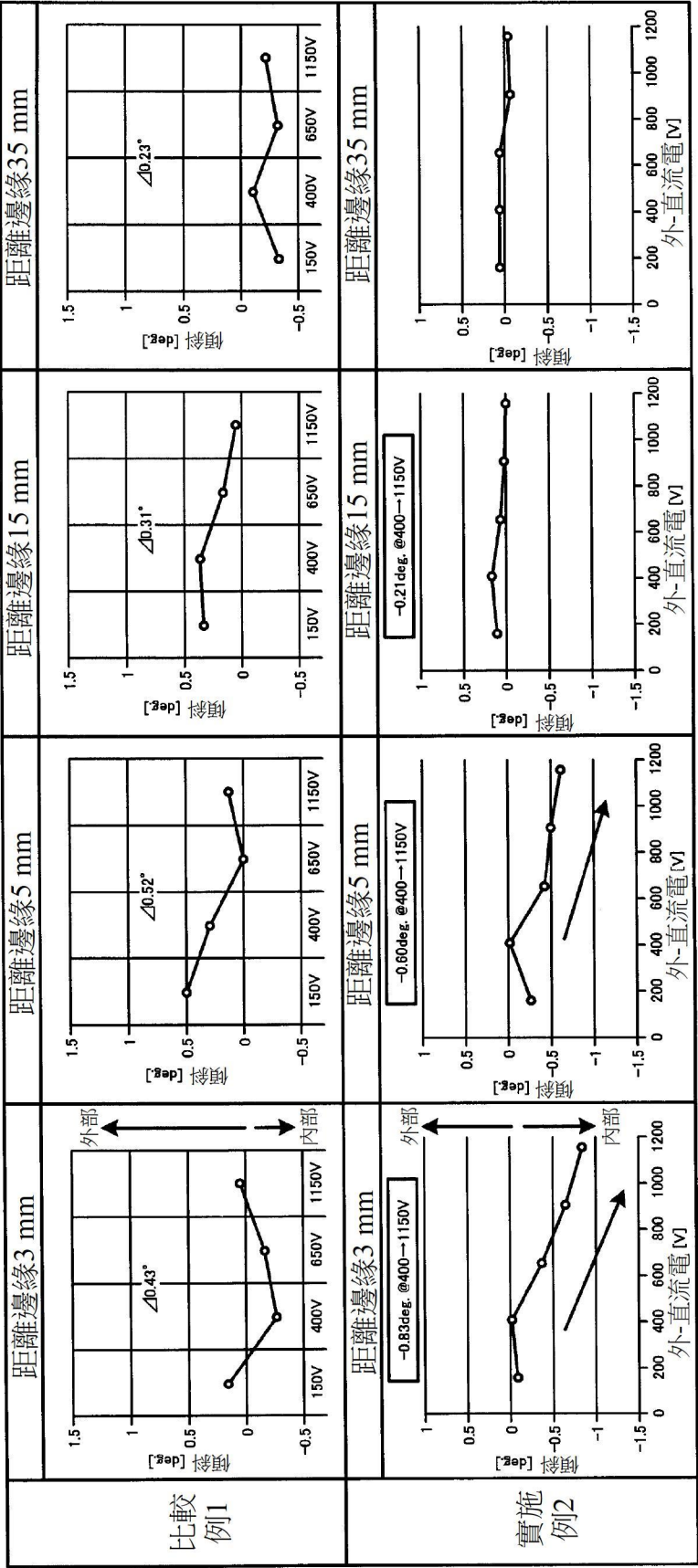
【圖7】



【圖8】



【圖9】



【圖10】