



(21) 申請案號：110139178 (22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 22 日

(51) Int. Cl. : *H01L21/205 (2006.01)* *H01L21/3065(2006.01)*  
*C23C16/509 (2006.01)* *H05H1/46 (2006.01)*

(30) 優先權：2020/11/05 日本 2020-185140  
 2021/09/14 日本 2021-149309

(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：大下辰郎 OHSHTA, TATSURO (JP)；永海幸一 NAGAMI, KOICHI (JP)

(74) 代理人：周良吉；周良謀

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：8 共 43 頁

## (54) 名稱

電漿處理裝置及電漿處理方法

## (57) 摘要

本發明之目的在於：提供藉由施加於偏壓電極的電壓脈波，控制向基板撞擊之離子的能量之技術。

本發明所揭示之電漿處理裝置，包含：處理室、基板支撐器、電漿產生部、以及偏壓電源。基板支撐器，包含偏壓電極，並設置於處理室內。電漿產生部係構成以在處理室內從氣體產生出電漿。偏壓電源係構成為：電性連接於偏壓電極，並產生複數個電壓脈波之序列。複數個電壓脈波之各者，包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從脈波電壓準位轉換到基準電壓準位的期間。前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，係比 0 秒長並且在 0.5 微秒( $\mu$ s)以下。

There is a plasma processing apparatus comprising: a chamber; a substrate support provided in the chamber, the substrate support including a bias electrode; a plasma generator configured to generate plasma from a gas in the chamber; and a bias power supply electrically connected to the bias electrode and configured to generate a sequence of a plurality of voltage pulses applied to the bias electrode, wherein each of the plurality of voltage pulses has a leading edge period in which the voltage pulse transitions from a reference voltage level to a pulse voltage level and a trailing edge period in which the voltage pulse transitions from the pulse voltage level to the reference voltage level, and at least one of a time length of the leading edge period and a time length of the trailing edge period is greater than 0 seconds and less than or equal to 0.5 microseconds.

指定代表圖：

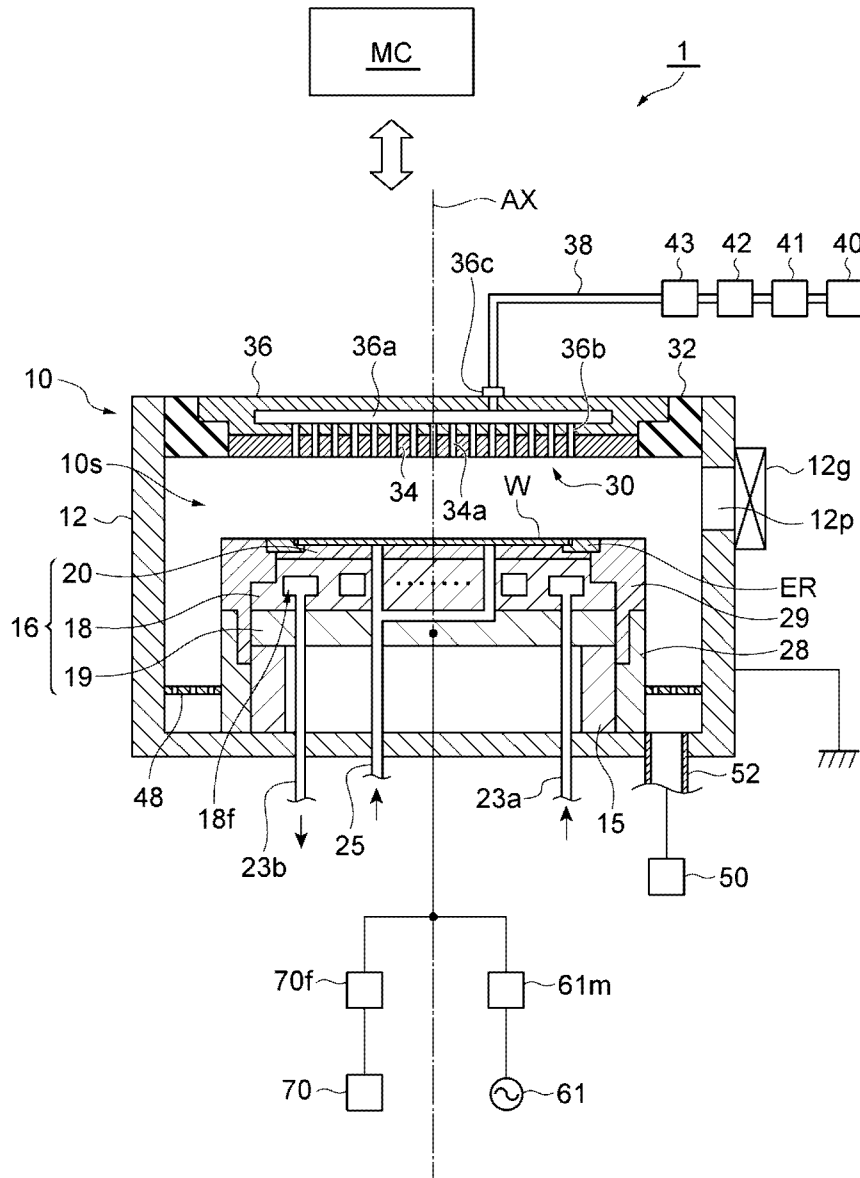


圖 1

符號簡單說明：

- 1:電漿處理裝置
- 10:處理室
- 10s:內部空間
- 12:處理室本體
- 12g:閘閥
- 12p:通道
- 15:支撐體
- 16:基板支撐器
- 18:下部電極
- 18f:流道
- 19:電極板
- 20:靜電夾頭
- 23a:配管
- 23b:配管
- 25:氣體供給管線
- 28:筒狀部
- 29:絕緣部
- 30:上部電極
- 32:構件
- 34:頂板
- 34a:氣孔
- 36:支撐體
- 36a:氣體擴散室
- 36b:氣孔
- 36c:氣體導入埠
- 38:氣體供給管
- 40:氣體源組
- 41:閥體組
- 42:流量控制器組
- 43:閥體組
- 48:檔板構件
- 50:排氣裝置
- 52:排氣管
- 61:射頻電源
- 61m:匹配器
- 70:偏壓電源

70f:濾波器

AX:軸線

ER:邊緣環

MC:控制部

W:基板

## 【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】

本發明之目的在於：提供藉由施加於偏壓電極的電壓脈波，控制向基板撞擊之離子的能量之技術。

本發明所揭示之電漿處理裝置，包含：處理室、基板支撐器、電漿產生部、以及偏壓電源。基板支撐器，包含偏壓電極，並設置於處理室內。電漿產生部係構成以在處理室內從氣體產生出電漿。偏壓電源係構成為：電性連接於偏壓電極，並產生複數個電壓脈波之序列。複數個電壓脈波之各者，包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從脈波電壓準位轉換到基準電壓準位的期間。前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長並且在0.5微秒( $\mu\text{s}$ )以下。

### 【英文】

There is a plasma processing apparatus comprising: a chamber; a substrate support provided in the chamber, the substrate support including a bias electrode; a plasma generator configured to generate plasma from a gas in the chamber; and a bias power supply electrically connected to the bias electrode and configured to generate a sequence of a plurality of voltage pulses applied to the bias electrode, wherein each of

the plurality of voltage pulses has a leading edge period in which the voltage pulse transitions from a reference voltage level to a pulse voltage level and a trailing edge period in which the voltage pulse transitions from the pulse voltage level to the reference voltage level, and at least one of a time length of the leading edge period and a time length of the trailing edge period is greater than 0 seconds and less than or equal to 0.5 microseconds.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

1:電漿處理裝置

10:處理室

10s:內部空間

12:處理室本體

12g:閘閥

12p:通道

15:支撐體

16:基板支撐器

18:下部電極

18f:流道

19:電極板

20:靜電夾頭

23a:配管

23b:配管  
25:氣體供給管線  
28:筒狀部  
29:絕緣部  
30:上部電極  
32:構件  
34:頂板  
34a:氣孔  
36:支撐體  
36a:氣體擴散室  
36b:氣孔  
36c:氣體導入埠  
38:氣體供給管  
40:氣體源組  
41:閥體組  
42:流量控制器組  
43:閥體組  
48:檔板構件  
50:排氣裝置  
52:排氣管  
61:射頻電源  
61m:匹配器

70:偏壓電源

70f:濾波器

AX:軸線

ER:邊緣環

MC:控制部

W:基板

【特徵化學式】 無

## 【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】

本發明之例示的實施態樣，係關於電漿處理裝置及電漿處理方法。

【先前技術】

【0002】

電漿處理裝置係使用在對基板的電漿處理中。電漿處理裝置包含：處理室以及基板固持電極。基板固持電極係設置於處理室內。基板固持電極，將載置於其主面上的基板固持。如此之電漿處理裝置的一種，係記載於日本特開2009-187975號公報(以下稱「專利文獻1」)。

【0003】

在專利文獻1所記載的電漿處理裝置，更包含：射頻產生裝置以及DC(直流)負脈波產生裝置。射頻產生裝置對基板固持電極施加射頻電壓。在專利文獻1所記載的電漿處理裝置中，射頻電壓的開啟與關閉係交互地切換。又，在專利文獻1所記載的電漿處理裝置中，係依據射頻電壓的開啟與關閉的時間點，而從DC負脈波產生裝置向基板固持電極施加DC負脈波電壓。

[先前技術文獻]



[專利文獻]

【0004】

[專利文獻1]日本特開2009-187975號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0005】

本發明，提供藉由施加於偏壓電極的電壓脈波，控制向基板撞擊之離子的能量之技術。

[解決問題之技術手段]

【0006】

在一個例示的實施態樣中，提供了一種電漿處理裝置。此電漿處理裝置，包含：處理室、基板支撐器、電漿產生部、以及偏壓電源。基板支撐器，包含偏壓電極，並設置於處理室內。電漿產生部係構成以在處理室內從氣體產生出電漿。偏壓電源係構成為：電性連接於偏壓電極，並產生施加於偏壓電極的複數個電壓脈波之序列。複數個電壓脈波之各者包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從脈波電壓準位轉換到基準電壓準位的期間。前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長並且在0.5微秒( $\mu\text{s}$ )以下。

[發明之效果]

【0007】

依一個例示的實施態樣，能藉由施加於偏壓電極的電壓脈波，控制向基板撞擊的離子之能量。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0008】

【圖1】係概略地顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置之圖式。

【圖2】係顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置中的偏壓電源之輸出電壓的波形的一例之圖式。

【圖3】係顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置中的偏壓電源之圖式。

【圖4】係依一個例示的實施態樣之電漿處理方法的流程圖。

【圖5】係顯示第一模擬的結果之曲線圖。

【圖6】係顯示第二模擬的結果之曲線圖。

【圖7】係顯示第三模擬的結果之曲線圖。

【圖8】係顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置中的偏壓電源之輸出電壓的波形的另外一例之圖式。

### 【實施方式】

#### 【0009】

以下，針對各種例示的實施態樣加以說明。

#### 【0010】

在一個例示的實施態樣中，提供了一種電漿處理裝置。此電漿處理裝置，包含：處理室、基板支撐器、電漿產生部、以及偏壓電源。基板支撐器，包含偏壓電極，並設置於處理室內。電漿產生部係構成以在處理室內從氣體產生出電漿。偏壓電源係構成為：電性連接於偏壓電極，並產生施加於偏壓電極的複數個電壓脈波之序列。複數個電壓脈波之各者包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從脈波電壓準位轉換到基準電壓準位的期間。前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長並且在0.5微秒以下。

#### 【0011】

雖然在施加於偏壓電極的電壓之脈波為完全的矩形脈波的情況下，能控制向基板撞擊的離子之能量，但是為此的成本會變高。若藉由包含上述之前緣期間及後緣期間的至少一者之負的電壓的脈波，則與使用完全的矩形脈波的情況相同，能控制向基板撞擊的離子之能量。

#### 【0012】

在一個例示的實施態樣中，前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，亦可比0秒長、且在0.25微秒以下。在一個例示的實施態樣中，前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，亦可在0.05微秒以上。

#### 【0013】

在一個例示的實施態樣中，脈波電壓準位亦可在-20kV以上、-0.5kV以下。在一個例示的實施態樣中，基準電壓準位亦可為0V。

#### 【0014】

在一個例示的實施態樣中，偏壓電源亦可構成以將複數個電壓的脈波週期性地向偏壓電極施加。

**【0015】**

在一個例示的實施態樣中，偏壓電源亦可包含：直流電源以及脈波單元。脈波單元係設置於直流電源與偏壓電極之間。脈波單元包含：第一開關元件、第二開關元件、以及阻抗電路。第一開關元件及第二開關元件，係在直流電源的正極與負極之間串聯連接。阻抗電路，係在第一開關元件和第二開關元件之間的節點、與偏壓電極之間連接。

**【0016】**

在一個例示的實施態樣中，電漿處理裝置亦可更包含：脈波控制器，其構成以控制脈波單元。脈波控制器，係構成以交互進行「使第一開關元件閉合(導通)並使第二開關元件開放(斷路)的第一控制」與「使第一開關元件開放並使第二開關元件閉合的第二控制」。

**【0017】**

在一個例示的實施態樣中，阻抗電路亦可包含：在上述節點與偏壓電極之間串聯連接之電感器以及電阻元件。

**【0018】**

在一個例示的實施態樣中，電漿產生部亦可包含射頻電源。

**【0019】**

在另一個例示的實施態樣中，提供了一種電漿處理方法。此電漿處理方法包含：在電漿處理裝置的處理室內，於基板支撐器上準備基板之步驟。此電漿處理方法更包含：在處理室內產生電漿之步驟。此電漿處理方法更包含：以在

處理室內產生有電漿的狀態，向基板支撐器施加複數個電壓脈波的序列之步驟。複數個電壓脈波之各者包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從脈波電壓準位轉換到基準電壓準位的期間。前緣期間的時間長及後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長並且在0.5微秒以下。

#### 【0020】

再另一個例示的實施態樣中，提供了一種電漿處理裝置。此電漿處理裝置包含：處理室、基板支撐器、電漿產生部、以及偏壓電源。基板支撐器包含偏壓電極，並設置於處理室內。電漿產生部係構成以在處理室內從氣體產生出電漿。偏壓電源係構成為：電性連接於偏壓電極，並產生複數個電壓脈波的序列。偏壓電源包含：直流電源以及脈波單元。脈波單元係設置於直流電源與偏壓電極之間。脈波單元包含：第一開關元件、第二開關元件、以及阻抗電路。第一開關元件及第二開關元件，係在直流電源的正極與負極之間串聯連接。阻抗電路，係在第一開關元件和第二開關元件之間的節點、與偏壓電極之間連接。

#### 【0021】

在一個例示的實施態樣中，電漿處理裝置亦可更包含：脈波控制器，其構成以控制脈波單元。脈波控制器，係構成以交互進行「使第一開關元件閉合並使第二開關元件開放的第一控制」與「使第一開關元件開放並使第二開關元件閉合的第二控制」。

#### 【0022】

在一個例示的實施態樣中，阻抗電路亦可包含：在上述節點與偏壓電極之間串聯連接之電感器以及電阻元件。

**【0023】**

以下，參照圖式而針對各種例示的實施態樣詳細地加以說明。又，在各圖式中對於相同或是相當的部分會賦予相同的符號。

**【0024】**

圖1係概略地顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置之圖式。圖1所示之電漿處理裝置1係電容耦合型的電漿處理裝置。電漿處理裝置1包含處理室10。處理室10，在其內部提供了內部空間10s。處理室10的中心軸線係軸線AX，並在鉛直方向上延伸。

**【0025】**

在一實施態樣中，處理室10亦可包含處理室本體12。處理室本體12具有略圓筒狀。內部空間10s係被提供於處理室本體12的內部。處理室本體12係由例如鋁所構成。處理室本體12係電性接地。在處理室本體12的內壁面，亦即，在劃分出內部空間10s之壁面，亦可形成有具有耐電漿性的膜。此膜可為藉由陽極氧化處理而形成的膜、或是由三氧化二鈮所形成的膜等陶瓷製的膜。

**【0026】**

處理室本體12，亦可在其側壁提供通道12p。在內部空間10s與處理室10的外部之間搬運基板W時，基板W會通過通道12p。為了開關此通道12p，而沿著處理室本體12的側壁設置了閘閥12g。

**【0027】**

電漿處理裝置1更包含基板支撐器16。基板支撐器16係在處理室10的內部，構成以將載置於其上之基板W支撐。基板W具有略圓盤狀。基板支撐器16亦可藉

由支撐體15而受到支撐。支撐體15係從處理室本體12的底部向上方延伸。支撐體15具有略圓筒狀。支撐體15係由石英等絕緣材料所形成。

#### 【0028】

基板支撐器16包含下部電極18。基板支撐器16亦可更包含靜電夾頭20。基板支撐器16亦可更包含電極板19。電極板19係由鋁等導電性材料所形成，並具有略圓盤狀。下部電極18係設置於電極板19上。下部電極18係由鋁等導電性材料所形成，並具有略圓盤狀。下部電極18與電極板19電性連接。下部電極18及電極板19的中心軸線係與軸線AX大略一致。

#### 【0029】

下部電極18亦可在其內部提供流道18f。流道18f係熱交換媒體用的流道。作為熱交換媒體，例如，使用了冷媒。流道18f，接受由供給裝置(例如，急冷器單元)透過配管23a所供給之熱交換媒體。供給裝置係設置於處理室10的外部。來自供給裝置的熱交換媒體，流過流道18f而透過配管23b回到供給裝置。

#### 【0030】

靜電夾頭20係設置於下部電極18上。基板W在內部空間10s中受到處理時，係以其中心位在軸線AX上的方式受載置於靜電夾頭20上。靜電夾頭20係構成以將基板固持。靜電夾頭20包含本體以及電極(夾頭電極)。靜電夾頭20的本體係由氧化鋁或是氮化鋁等介電質所形成。靜電夾頭20的本體具有略圓盤狀。靜電夾頭20的中心軸線係與軸線AX大略一致。

#### 【0031】

靜電夾頭20的電極係設置於靜電夾頭20的本體內。靜電夾頭20的電極係由導體所形成的膜。在靜電夾頭20的電極，電性連接著直流電源。從直流電源向

靜電夾頭20的電極施加直流電壓的話，會在靜電夾頭20與基板W之間產生靜電引力。藉由產生的靜電引力，基板W會受到靜電夾頭20吸引，而被靜電夾頭20所固持。

### 【0032】

基板支撐器16亦可更支撐裝載於其上的邊緣環ER。邊緣環ER具有環狀，並由例如矽或是碳化矽所形成。邊緣環ER係以其中心軸線位在軸線AX上的方式裝載於基板支撐器16上。在一實施態樣中，邊緣環ER亦可部分地裝載於靜電夾頭20上。又，基板W係配置於靜電夾頭20上且由邊緣環ER所圍繞的區域內。

### 【0033】

電漿處理裝置1亦可更包含氣體供給管線25。氣體供給管線25，將來自氣體供給機構的傳熱氣體，例如氦氣(He)，供給至靜電夾頭20的頂面與基板W的背面(底面)之間間隙。

### 【0034】

電漿處理裝置1亦可更包含筒狀部28以及絕緣部29。筒狀部28係從處理室本體12的底部向上方延伸。筒狀部28係沿著支撐體15的外周而延伸。筒狀部28係由導電性材料所形成，並具有略圓筒狀。筒狀部28係電性接地。絕緣部29係設置於筒狀部28上。絕緣部29係由絕緣性材料所形成。絕緣部29係由例如石英等陶瓷所形成。絕緣部29具有略圓筒狀。絕緣部29係沿著電極板19的外周、下部電極18的外周、以及靜電夾頭20的外周而延伸。

### 【0035】



電漿處理裝置1更具備上部電極30。上部電極30係設置於基板支撐器16的上方。上部電極30與構件32一起將處理室本體12的上部開口關上。構件32係由絕緣性材料所形成。上部電極30係透過此構件32而受支撐於處理室本體12的上部。

#### 【0036】

上部電極30亦可包含頂板34以及支撐體36。頂板34的底面劃分出了內部空間10s。在頂板34形成有複數個氣孔34a。複數個氣孔34a係在板厚方向(鉛直方向)上將頂板34貫穿。頂板34係由例如矽所形成。或者，頂板34可具有在鋁製的構件之表面設置了耐電漿性的膜之構造。此膜可為藉由陽極氧化處理所形成的膜或是由三氧化二鋁所形成的膜等陶瓷製的膜。

#### 【0037】

支撐體36，將頂板34以裝卸自如的方式支撐著。支撐體36係由鋁等導電性材料所形成。在支撐體36的內部設置有氣體擴散室36a。複數個氣孔36b從氣體擴散室36a向下方延伸。複數個氣孔36b係分別連通於複數個氣孔34a。在支撐體36形成有氣體導入埠36c。氣體導入埠36c係連接於氣體擴散室36a。在氣體導入埠36c連接有氣體供給管38。

#### 【0038】

在氣體供給管38，透過閥體組41、流量控制器組42、以及閥體組43而連接有氣體源組40。氣體源組40、閥體組41、流量控制器組42、以及閥體組43構成了氣體供給部。氣體源組40包含複數個氣體源。閥體組41以及閥體組43之各者，包含複數個閥體(例如開關閥體)。流量控制器組42包含複數個流量控制器。流量控制器組42之複數個流量控制器之各者，係質量流量控制器或是壓力控制式的流量控制器。氣體源組40之複數個氣體源之各者，係透過閥體組41之相對應的

閥體、流量控制器組42之相對應的流量控制器、以及閥體組43之相對應的閥體，而連接於氣體供給管38。電漿處理裝置1，能將來自「從氣體源組40之複數個氣體源當中所選擇之一個以上的氣體源」的氣體，以分別地調整之流量，供給至內部空間10s。

#### 【0039】

電漿處理裝置1亦可更包含檔板構件48。檔板構件48係設置於筒狀部28與處理室本體12的側壁之間。檔板構件48可為板狀的構件。檔板構件48，例如，可藉由在鋁製的板材覆蓋三氧化二釷等陶瓷而構成。檔板構件48提供了複數個貫穿孔。在檔板構件48的下方，有排氣管52連接於處理室本體12的底部。在排氣管52連接有排氣裝置50。排氣裝置50包含例如自動壓力控制閥門之壓力控制器、以及渦輪分子泵等真空泵浦，而能將內部空間10s中的壓力減壓。

#### 【0040】

電漿處理裝置1更包含射頻電源61。射頻電源61係使「產生電漿用的射頻電力」產生之電源。射頻電源61構成了一實施態樣之電漿產生部。射頻電力的頻率可為在27MHz~100MHz的範圍內之頻率，例如40MHz或是60MHz。射頻電源61係透過匹配器61m以及電極板19連接於下部電極18。匹配器61m包含匹配電路，用以使射頻電源61之負載側(下部電極18側)的阻抗與射頻電源61的輸出阻抗匹配。又，射頻電源61亦可不與下部電極18電性連接，亦可透過匹配器61m連接於上部電極30。

#### 【0041】

在電漿處理裝置1中，氣體被從氣體供給部供給至內部空間10s。然後，藉由供給來自射頻電源61的射頻電力，在內部空間10s中將氣體激發。其結果，在內

部空間10s中產生了電漿。基板W則係藉由來自電漿的離子以及/或是自由基等化學物種而受到處理。

#### 【0042】

電漿處理裝置1更包含偏壓電源70。偏壓電源70係電性連接於偏壓電極。在圖1所示的例子中，下部電極18係作為偏壓電極使用，而偏壓電源70係電性連接於下部電極18。以下，與圖1一起參照圖2。圖2係顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置中的偏壓電源之輸出電壓的波形的一例之圖式。偏壓電源70係構成以產生如圖2所示之複數個電壓脈波NP的序列。偏壓電源70係構成以將複數個電壓脈波NP的序列施加於偏壓電極(在一例中係下部電極18)。在一實施態樣中，偏壓電源70係構成以將電壓脈波NP週期性地施加於偏壓電極(在一例中係下部電極18)。將電壓脈波NP施加於偏壓電極之時間間隔(亦即週期)，具有偏壓頻率的倒數之時間長。規定「將電壓脈波NP施加於偏壓電極之週期」的偏壓頻率，可為1kHz以上、27MHz以下的頻率，例如400kHz。

#### 【0043】

在電漿處理裝置1中，係依據因應「將電壓脈波NP施加於偏壓電極」而設定之基板的負的電位之絕對值的大小，而調整從電漿向基板W撞擊之離子的能量。在一實施態樣中，複數個電壓脈波NP之各者亦可為負電壓脈波。在此情況下，係依據電壓脈波NP的電壓準位之絕對值的大小，而調整從電漿向基板W撞擊之離子的能量。

#### 【0044】

如圖2所示，電壓脈波NP係包含前緣LE以及後緣TE之脈波。電壓脈波NP的電壓準位，在前緣LE從基準電壓準位LV改變為脈波電壓準位NV。電壓脈波NP

的電壓準位，在後緣TE從脈波電壓準位NV改變為基準電壓準位LV。脈波電壓準位NV，係電壓脈波NP之在穩定狀態的電壓準位(例如，負的電壓準位)。在電壓脈波NP係如三角波般不具有穩定狀態的情況下，脈波電壓準位NV亦可為在電壓脈波NP中具有最大的絕對值之負的電壓準位。脈波電壓準位NV亦可在-20kV以上、-0.5kV以下。亦即，脈波電壓準位NV的絕對值亦可在0.5kV以上、20kV以下。基準電壓準位LV，係未輸出電壓脈波NP時的偏壓電源70之輸出電壓的準位。基準電壓準位LV亦可為0V。基準電壓準位LV，亦可為具有小於脈波電壓準位NV的絕對值之絕對值之負的電壓準位。或者，基準電壓準位LV亦可為正的電壓準位。

#### 【0045】

前緣LE之開始時間點，係定義為：藉由偏壓電源70所產生之電壓脈波NP的輸出開始時間點。前緣LE之結束時間點，係定義為：偏壓電源70之輸出電壓，從前緣LE的波形改變為緊接著前緣LE之後之波形(脈波電壓準位NV之波形)的反曲點之發生時間點。又，在電壓脈波NP係如三角波般不具有穩定狀態的情況下，前緣LE之結束時間點，亦可係在電壓脈波NP中具有最大的絕對值之負的電壓所發生的時間點。

#### 【0046】

又，後緣TE之開始時間點，係定義為：偏壓電源70的輸出電壓從緊接於後緣TE之前的波形(脈波電壓準位NV之波形)改變為後緣TE的波形之反曲點的發生時間點。又，在電壓脈波NP係如三角波般不具有穩定狀態的情況下，後緣TE之開始時間點，亦可係在電壓脈波NP中具有最大的絕對值之負的電壓所發生之

時間點。後緣TE之結束時間點，係定義為：藉由偏壓電源70所產生之電壓脈波NP的輸出結束時間點。

**【0047】**

在藉由偏壓電源70所輸出之電壓脈波NP中，前緣LE的期間(亦即前緣期間TLE)之時間長以及後緣TE的期間(亦即後緣期間TTE)之時間長當中至少一者，係比0秒更長，且在0.5微秒以下。在一實施態樣中，前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之至少一者，亦可係比0秒長、且在0.25微秒以下。在一實施態樣中，前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之至少一者，亦可在0.05微秒以上。於一實施態樣，在藉由偏壓電源70所輸出之電壓脈波NP中，前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之各者，亦可在0.05微秒以上、且在0.5微秒以下。又，前緣LE的電壓之隨時間變化的斜率之絕對值，亦可在1kV/微秒(= $|-0.5\text{kV}/0.5\text{微秒}$ )以上、400kV/微秒(= $|-20\text{kV}/0.05\text{微秒}$ )以下。又，後緣TE的電壓之隨時間變化的斜率，亦可在1kV/微秒以上、400kV/微秒以下。

**【0048】**

電漿處理裝置1，亦可更包含控制部MC。控制部MC，係包含處理器、儲存裝置、輸入裝置、顯示裝置等的電腦，並控制電漿處理裝置1的各部分。具體而言，控制部MC執行儲存於儲存裝置之控制程式，並根據儲存於該儲存裝置之處理程序資料而控制電漿處理裝置1的各部分。藉著經由控制部MC的控制，而在電漿處理裝置1中執行由處理程序資料所指定之程序。後述之例示的實施態樣之電漿處理方法，係藉由控制部MC對電漿處理裝置1之各部分的控制，而能在電漿處理裝置1中受到執行。

**【0049】**

以下，參照圖3。圖3係顯示依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置中的偏壓電源之圖式。如圖1及圖3所示，在一實施態樣中，偏壓電源70亦可透過濾波器70f而連接於偏壓電極(在一例中係下部電極18)。濾波器70f，隔絕前往偏壓電源70之射頻電力或是使其降低。在一實施態樣中，濾波器70f亦可包含電感器70fa以及電容器70fb。電感器70fa，係連接在偏壓電極(在圖1的例子中係下部電極18)與偏壓電源70(或是其輸出端72)之間。電容器70fb，係連接在「偏壓電源70(或是其輸出端72)和電感器70fa之間的節點」與接地之間。

#### 【0050】

如圖3所示，在一實施態樣中，偏壓電源70亦可包含直流電源71以及脈波單元73。偏壓電源70亦可更包含輸出端72以及脈波控制器74。直流電源71係產生直流電壓的電源。藉由直流電源71所產生之直流電壓亦可為負的直流電壓。直流電源71亦可為可變直流電源。直流電源71可由控制部MC控制。在偏壓電源70中，電壓脈波NP係從輸出端72輸出。

#### 【0051】

脈波單元73係設置於直流電源71與輸出端72(或是偏壓電極)之間。脈波單元73係構成以從直流電源71所產生的直流電壓產生出電壓脈波NP。脈波單元73包含第一開關元件731、第二開關元件732、以及阻抗電路75。脈波單元73亦可更包含電容器733、二極體734、以及二極體735。

#### 【0052】

第一開關元件731以及第二開關元件732，係在直流電源71的正極與負極之間串聯連接。第一開關元件731以及第二開關元件732之各者，包含第一及第二端子、以及控制端子。第一開關元件731之第一端子係連接於直流電源71的正

極。第一開關元件731之第二端子係連接於第二開關元件732之第一端子。第二開關元件732之第二端子係連接於直流電源71的負極。第一開關元件731以及第二開關元件732之各者，若藉由施予其控制端子之電壓而使其閉合的話，會使其第一端子與第二端子相互導通。另一方面，第一開關元件731以及第二開關元件732之各者，若藉由施予其控制端子之電壓而將其開放的話，則會將其第一端子與第二端子之間的導通切斷。

#### 【0053】

電容器733，係在直流電源71的正極與負極之間，與包含第一開關元件731以及第二開關元件732的串聯電路並聯連接。二極體734的陰極，係與直流電源71的正極以及第一開關元件731的第一端子連接。二極體734的陽極與二極體735的陰極，係連接於節點73b。節點73b，係連接於第一開關元件731與第二開關元件732之間的節點73a。二極體735的陽極，係與直流電源71的負極以及第二開關元件732的第二端子連接。

#### 【0054】

阻抗電路75，係連接在節點73a(或是節點73b)與輸出端72(或是偏壓電極)之間。阻抗電路75，在一實施態樣中，亦可包含電感器751以及電阻元件752。電感器751以及電阻元件752，係在節點73a(或是節點73b)與輸出端72(或是偏壓電極)之間串聯連接。電阻元件752可具有數歐姆( $\Omega$ )左右之小的電阻值。

#### 【0055】

脈波控制器74係構成以控制脈波單元73。脈波控制器74能包含可編程的處理器。脈波控制器74係構成以交互進行第一控制與第二控制。在第一控制中，脈波控制器74向第一開關元件731的控制端子以及第二開關元件732的控制端子

施予控制訊號，以使第一開關元件731閉合並使第二開關元件732開放。第一控制的結果，輸出端72係連接於直流電源71的正極。在第二控制中，脈波控制器74向第一開關元件731的控制端子以及第二開關元件732的控制端子施予控制訊號，以使第一開關元件731開放並使第二開關元件732閉合。第二控制的結果，輸出端72係連接於直流電源71的負極。

#### 【0056】

規定「將電壓脈波NP施加於偏壓電極(在一例中係下部電極18)的週期」之頻率，亦即偏壓頻率，可從控制部MC向脈波控制器74指定。在該週期中電壓脈波NP之時間長所占的比例，亦即工作週期(%), 亦可從控制部MC向脈波控制器74指定。脈波控制器74交互執行第一控制以及第二控制，以期以具有受指定之頻率的倒數之時間長的週期(亦即時間間隔)，週期性地產生電壓脈波NP。又，脈波控制器74依據所指定之工作週期，調整第一控制以及第二控制之各自的時間長。依如此之偏壓電源70，便能如圖2所示，將電壓脈波NP週期性地施加於偏壓電極(在一例中係下部電極18)。

#### 【0057】

雖然在施加於偏壓電極之電壓脈波NP為完全的矩形脈波的情況下，能控制向基板W撞擊之離子的能量，但是為此的成本會變高。依上述之包含前緣期間TLE以及後緣期間TTE之至少一者之電壓脈波NP，能與使用完全的矩形脈波的情況相同地，控制向基板W撞擊之離子的能量。又，在前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之各者在0.05微秒以上的情況下，能抑制或是降低在電壓脈波NP中的振鈴。

#### 【0058】



以下參照圖4，以應用在圖1所示之電漿處理裝置1的情況為例，針對依一個例示的實施態樣之電漿處理方法加以說明。圖4係依一個例示的實施態樣之電漿處理方法的流程圖。

#### 【0059】

圖4所示之電漿處理方法(以下稱為「方法MT」)係從步驟STa開始。在步驟STa中準備了基板W。基板W，係在電漿處理裝置1之處理室10內受載置於基板支撐器16上。

#### 【0060】

接著在步驟STb中，電漿在處理室10內產生。在步驟STb中，從氣體供給部向處理室內供給氣體。在步驟STb中，係藉由排氣裝置50將處理室10內的氣體之壓力調整至指定的壓力。在步驟STb中，係藉由電漿產生部而從處理室10內的氣體產生出電漿。在電漿處理裝置1中，為了產生電漿而從射頻電源61供給射頻電力。在步驟STb中，控制部MC控制氣體供給部、排氣裝置50、以及電漿產生部(射頻電源61)。

#### 【0061】

接著，步驟STc，係於步驟STb中在處理室10內產生著電漿的狀態下進行。在步驟STc中，從偏壓電源70向偏壓電極(在一例中係下部電極18)施加複數個電壓脈波NP之序列。電壓脈波NP之前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之至少一者，係如上所述，比0秒長且在0.5微秒以下。在一實施態樣中，前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之至少一者，亦可比0秒長、並在0.25微秒以下。在一實施態樣中，前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之至少一者，亦可在0.05微秒以上。在一實施態樣中，在藉由偏壓電源70

所輸出之電壓脈波NP中，前緣期間TLE的時間長以及後緣期間TTE的時間長之各者，亦可在0.05微秒以上、並且在0.5微秒以下。在步驟STc中，偏壓電源70係可藉由控制部MC來控制。

#### 【0062】

以下，針對為了電漿處理裝置1之評估所進行的模擬進行說明。

#### 【0063】

(第一模擬)

#### 【0064】

在第一模擬中，一面變更施加於下部電極18的電壓脈波NP之前緣期間TLE的時間長，一面求得向基板撞擊之離子的能量之分佈(IED)。規定「將電壓脈波NP施加於下部電極18的週期」之偏壓頻率為400kHz，且電壓脈波NP的工作週期為50%。又，前緣期間TLE的時間長為0 $\mu$ s、0.25 $\mu$ s、0.5 $\mu$ s、0.75 $\mu$ s、1 $\mu$ s、1.25 $\mu$ s。又，當前緣期間TLE的時間長為0 $\mu$ s時，電壓脈波NP的波形係完全的方波。又，為了作為參考，而求得了在向下部電極18供給了「具有400kHz的頻率之射頻偏壓電力而非電壓脈波NP」的情況下，向基板撞擊之離子的能量之分佈(IED)。

#### 【0065】

在圖5顯示了第一模擬的結果。如圖5所示，確認了離子的能量隨著前緣期間TLE的時間長變長而降低的趨勢。但是，亦確認了若前緣期間TLE的時間長在0.5 $\mu$ s以下，則能使「具有『與在使用完全的方波的情況下向基板撞擊之離子的能量約略同等的能量』之離子」向基板撞擊。又，亦確認了在前緣期間TLE的時間長在0.5 $\mu$ s以下的情況下向基板撞擊之IED的峰值，相較於在供給了射頻偏壓電力(圖5的RF 400kHz)的情況下向基板撞擊之IED的峰值係非常地高。

**【0066】**

(第二模擬)

**【0067】**

在第二模擬中，一面變更施加於下部電極18的電壓脈波NP之前緣期間TLE的時間長，一面求得離子向基板撞擊時之離子對基板的角度的分佈(IAD)。規定「將電壓脈波NP施加於下部電極18的週期」之偏壓頻率為400kHz，且電壓脈波NP的工作週期為50%。又，前緣期間TLE的時間長為0 $\mu$ s、0.25 $\mu$ s、0.5 $\mu$ s、0.75 $\mu$ s、1 $\mu$ s、1.25 $\mu$ s。又，為了作為參考，而求得了在向下部電極18供給了「具有400kHz的頻率之射頻偏壓電力而非電壓脈波NP」的情況下，離子向基板撞擊時之離子對基板的角度的分佈(IAD)。

**【0068】**

在圖6顯示了第二模擬的結果。圖6顯示了，在角度為0°的情況下，離子向基板垂直地撞擊。如圖6所示，確認了離子向基板W撞擊的角度之分佈隨著前緣期間TLE的時間長變長而變大的趨勢。但是，若前緣期間TLE的時間長在0.5 $\mu$ s以下，則獲得了與在使用完全的方波之情況下的IAD相同的IAD。亦即，確認了若前緣期間TLE的時間長在0.5 $\mu$ s以下，則離子係約略垂直地向基板撞擊，且離子對基板之撞擊的角度之分佈狹窄。

**【0069】**

(第三模擬)

**【0070】**

在第三模擬中，一面變更施加於下部電極18之電壓脈波NP的在穩定狀態之電壓(前緣LE與後緣TE之間的電壓)的準位，一面求得向基板撞擊之離子的能量

之分佈(IED)。施加於下部電極18之電壓脈波NP的在穩定狀態之電壓的準位為-450V、-900V、-1350V。又，規定「將電壓脈波NP施加於下部電極18的週期」之偏壓頻率為400kHz，且電壓脈波NP的工作週期為20%。又，前緣期間TLE以及後緣期間TTE之各者的時間長為0.3 $\mu$ s。

#### 【0071】

在圖7顯示了第三模擬的結果。如圖7所示，確認了IED中的峰值之離子的能量，隨著施加於下部電極18亦即偏壓電極之電壓脈波NP的在穩定狀態之電壓的準位之絕對值的大小而增加。因此，確認了能藉由控制施加於下部電極18之電壓脈波NP的在穩定狀態之電壓的準位，而控制向基板撞擊之離子的能量。

#### 【0072】

以上，雖然已針對各種例示的實施態樣進行了說明，但本發明並不受上述之例示的實施態樣所限定，而亦可進行各種的追加、省略、替代以及變更。又，可將不同的實施態樣中的要素加以組合而形成其他的實施態樣。

#### 【0073】

在另外的實施態樣中，亦可將正的電壓脈波施加於偏壓電極。即便在將正的電壓脈波施加於偏壓電極的情況下，亦能藉由偏壓電極的電位與電漿電位之電位差，控制向基板撞擊之離子的能量。

#### 【0074】

圖8係顯示在依一個例示的實施態樣之電漿處理裝置中的偏壓電源的輸出電壓之波形的另外一例之圖式。如圖8所示，複數個電壓脈波NP之各者，亦可在前緣期間TLE與後緣期間TTE之至少一者的期間中的那段時間內，轉換至「基準電壓準位LV與脈波電壓準位NV之間的至少一個不同的電壓準位」。在前緣期間

TLE中，脈波單元73，亦可在複數個電壓脈波NP之各者的電壓從基準電壓準位LV要變為脈波電壓準位NV前，以在固定期間使偏壓電極的電位浮接的方式，將第一開關元件731以及第二開關元件732開放。在後緣期間TTE中，脈波單元73，亦可在複數個電壓脈波NP之各者的電壓從脈波電壓準位NV要變為基準電壓準位LV前，以在固定期間使偏壓電極的電位浮接的方式，將第一開關元件731以及第二開關元件732開放。

### 【0075】

在另外的實施態樣中，包含偏壓電源70的電漿處理裝置，亦可係其他類型的電漿處理裝置而非電容耦合型的電漿處理裝置。其他類型的電漿處理裝置，亦可係感應耦合型之電漿處理裝置、電子迴旋共振(ECR)電漿處理裝置、或是使用微波等表面波而產生電漿之電漿處理裝置等。在依各種例示的實施態樣之電漿處理方法中，亦可使用如此之其他類型的電漿處理裝置。

### 【0076】

又，在另外的實施態樣中，亦可不使用下部電極18作為偏壓電極。在此情況下，基板支撐器16亦可包含設置於靜電夾頭20的本體內之一個以上的偏壓電極。

### 【0077】

在一實施態樣中，亦可將至少一個偏壓電極設置於「在其上載置基板之靜電夾頭20的第一區域之中」。至少一個偏壓電極，亦可在第一區域之中設置於夾頭電極與下部電極18之間。或者，至少一個偏壓電極，亦可係靜電夾頭20的夾頭電極。偏壓電源70，係構成為：與至少一個偏壓電極電性連接，並將電壓脈波NP施加於該至少一個偏壓電極。

**【0078】**

至少一個偏壓電極，亦可也延伸於「在其上載置邊緣環ER之靜電夾頭20的第二區域之中」。或者，一個以上的偏壓電極，亦可包含設置於第二區域之中之至少一個另外的偏壓電極。至少一個另外的偏壓電極，亦可係為了產生用以固持邊緣環ER的靜電引力而設置之另外的夾頭電極，或者，亦可係和另外的夾頭電極另行設置之電極。另外的夾頭電極，亦可為構成單極型的靜電夾頭之夾頭電極，亦可為構成雙極型的靜電夾頭之夾頭電極。偏壓電源70，於第一區域之中的至少一個偏壓電極之外再加以與第二區域之中的至少一個另外的偏壓電極電性連接亦可。

**【0079】**

經由以上之說明內容，本發明之各種實施態樣係已藉由說明之目的，而在本說明書中受到說明；且應了解在不超出本發明的範圍以及主旨下係可進行各種變更。因此，在本說明書所揭示之各種實施態樣並未意圖進行任何限定，本發明之實際的範圍與主旨，係由隨附之發明申請專利範圍所表示。

**【符號說明】****【0080】**

1:電漿處理裝置

10:處理室

10s:內部空間

12:處理室本體

12g:閘閥

12p:通道

15:支撐體

16:基板支撐器

18:下部電極

18f:流道

19:電極板

20:靜電夾頭

23a:配管

23b:配管

25:氣體供給管線

28:筒狀部

29:絕緣部

30:上部電極

32:構件

34:頂板

34a:氣孔

36:支撐體

36a:氣體擴散室

36b:氣孔

36c:氣體導入埠

38:氣體供給管

40:氣體源組

- 41:閥體組
- 42:流量控制器組
- 43:閥體組
- 48:檔板構件
- 50:排氣裝置
- 52:排氣管
- 61:射頻電源
- 61m:匹配器
- 70:偏壓電源
- 70f:濾波器
- 70fa:電感器
- 70fb:電容器
- 71:直流電源
- 72:輸出端
- 73:脈波單元
- 73a:節點
- 73b:節點
- 74:脈波控制器
- 75:阻抗電路
- 731:第一開關元件
- 732:第二開關元件
- 733:電容器



734:二極體

735:二極體

751:電感器

752:電阻元件

AX:軸線

ER:邊緣環

LE:前緣

LV:基準電壓準位

MC:控制部

MT:方法

NP:電壓脈波

NV:脈波電壓準位

STa:步驟

STb:步驟

STc:步驟

TE:後緣

TLE:前緣期間

TTE:後緣期間

W:基板

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種電漿處理裝置，包含：

處理室；

基板支撐器，包含偏壓電極，並設置於該處理室內；

電漿產生部，其構成以在該處理室內從氣體產生出電漿；以及

偏壓電源，其構成為：電性連接於該偏壓電極，並產生施加於該偏壓電極的複數個電壓脈波之序列；

該複數個電壓脈波之各者，包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從該脈波電壓準位轉換到該基準電壓準位的期間；該前緣期間的時間長以及該後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長並且在0.5微秒以下。

### 【請求項2】

如請求項1所述之電漿處理裝置，其中，

該前緣期間的時間長以及該後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長且在0.25微秒以下。

### 【請求項3】

如請求項1或2所述之電漿處理裝置，其中，

該前緣期間的時間長以及該後緣期間的時間長之至少一者，係在0.05微秒以上。

### 【請求項4】

如請求項1至3中任一項所述之電漿處理裝置，其中，

該複數個電壓脈波之各者，在該前緣期間與該後緣期間之至少一者的期間中的那段時間內，會轉換至該基準電壓準位與該脈波電壓準位之間的至少一個不同的電壓準位。

**【請求項5】**

如請求項1至4中任一項所述之電漿處理裝置，其中，  
該複數個電壓脈波之各者係負的電壓脈波。

**【請求項6】**

如請求項5所述之電漿處理裝置，其中，  
該脈波電壓準位，係在-20kV以上且在-0.5kV以下。

**【請求項7】**

如請求項5或6所述之電漿處理裝置，其中，  
該基準電壓準位為0V。

**【請求項8】**

如請求項1至7中任一項所述之電漿處理裝置，其中，  
該偏壓電源，係構成以將該複數個電壓脈波週期性地向該偏壓電極施加。

**【請求項9】**

如請求項1至8中任一項所述之電漿處理裝置，其中，  
該偏壓電源，包含：  
直流電源；以及  
脈波單元，設置於該直流電源與該偏壓電極之間；  
該脈波單元，包含：

第一開關元件及第二開關元件，在該直流電源的正極與負極之間串聯連接；以及

阻抗電路，在該第一開關元件和該第二開關元件之間的節點、與該偏壓電極之間連接。

**【請求項10】**

如請求項9所述之電漿處理裝置，更包含：

脈波控制器，其構成以控制該脈波單元；

該脈波控制器係構成以交互進行第一控制與第二控制；該第一控制，係使該第一開關元件閉合並使該第二開關元件開放；該第二控制，係使該第一開關元件開放並使該第二開關元件閉合。

**【請求項11】**

如請求項9或10所述之電漿處理裝置，其中，

該阻抗電路包含：在該節點與該偏壓電極之間串聯連接之電感器以及電阻元件。

**【請求項12】**

如請求項1至11中任一項所述之電漿處理裝置，其中，

該電漿產生部包含射頻電源。

**【請求項13】**

一種電漿處理方法，包含以下步驟：

在電漿處理裝置的處理室內，於基板支撐器上準備基板之步驟；

在該處理室內產生電漿之步驟；以及

以在該處理室內產生有該電漿的狀態，向該基板支撐器施加複數個電壓脈波的序列之步驟；

該複數個電壓脈波之各者，包含：前緣期間，其係從基準電壓準位轉換到脈波電壓準位的期間；以及，後緣期間，其係從該脈波電壓準位轉換到該基準電壓準位的期間；該前緣期間的時間長以及該後緣期間的時間長之至少一者，係比0秒長並且在0.5微秒以下。

#### 【請求項14】

一種電漿處理裝置，包含：

處理室；

基板支撐器，其包含偏壓電極，該基板支撐器係設置於該處理室內；

電漿產生部，其構成以在該處理室內從氣體產生出電漿；以及

偏壓電源，其構成為：電性連接於該偏壓電極，並產生複數個電壓脈波的序列；

該偏壓電源包含：

直流電源；以及

脈波單元，設置於該直流電源與該偏壓電極之間；

該脈波單元包含：

第一開關元件以及第二開關元件，在該直流電源的正極與負極之間串聯連接；以及

阻抗電路，在該第一開關元件和該第二開關元件之間的節點、與該偏壓電極之間連接。

#### 【請求項15】

如請求項14所述之電漿處理裝置，更包含：

脈波控制器，其構成以控制該脈波單元；

該脈波控制器係構成以交互進行第一控制與第二控制；該第一控制，係使該第一開關元件閉合並使該第二開關元件開放；該第二控制，係使該第一開關元件開放並使該第二開關元件閉合。

**【請求項16】**

如請求項14或15所述之電漿處理裝置，其中，

該阻抗電路包含：在該節點與該偏壓電極之間串聯連接之電感器以及電阻元件。

【發明圖式】

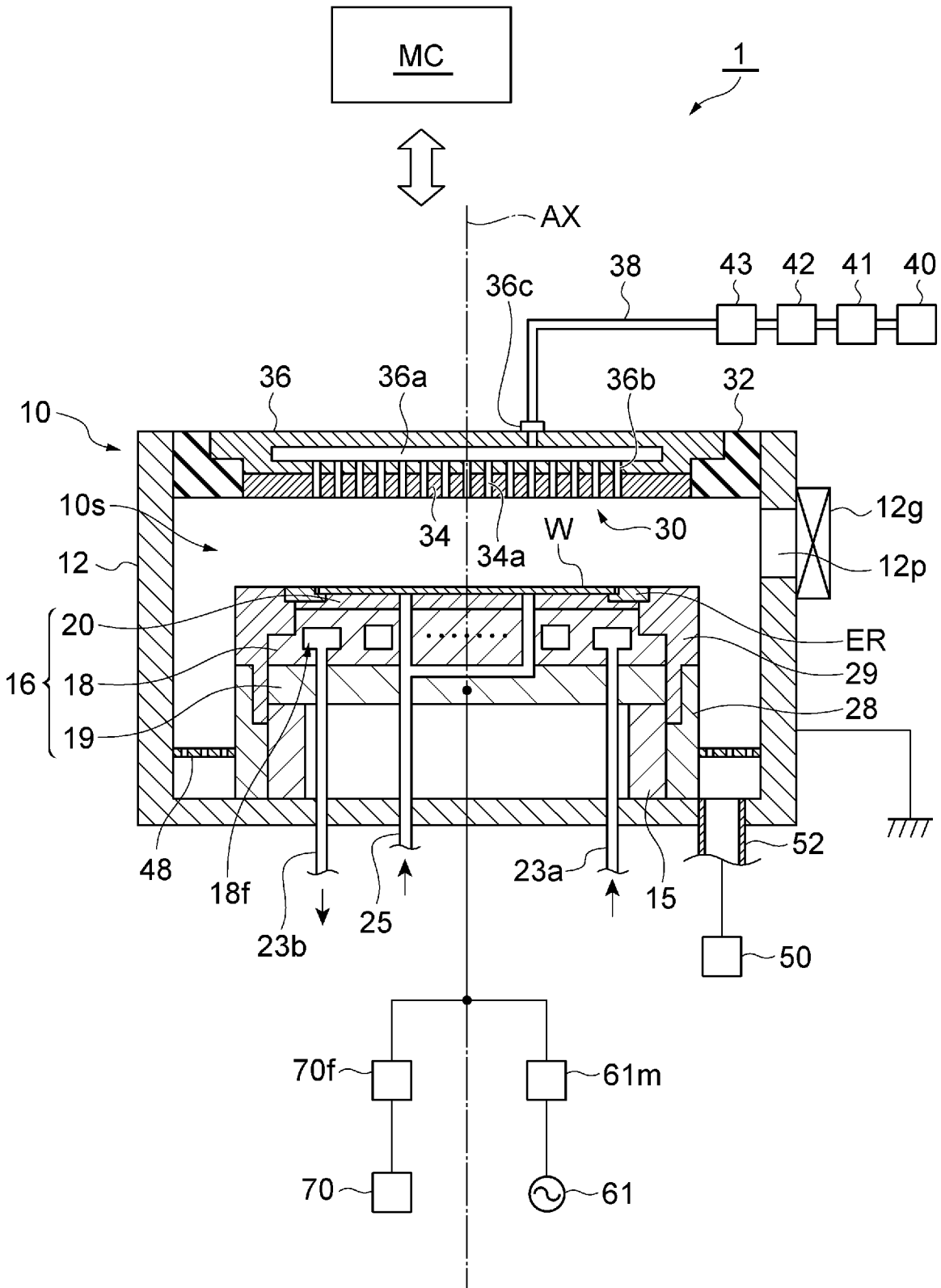


圖 1

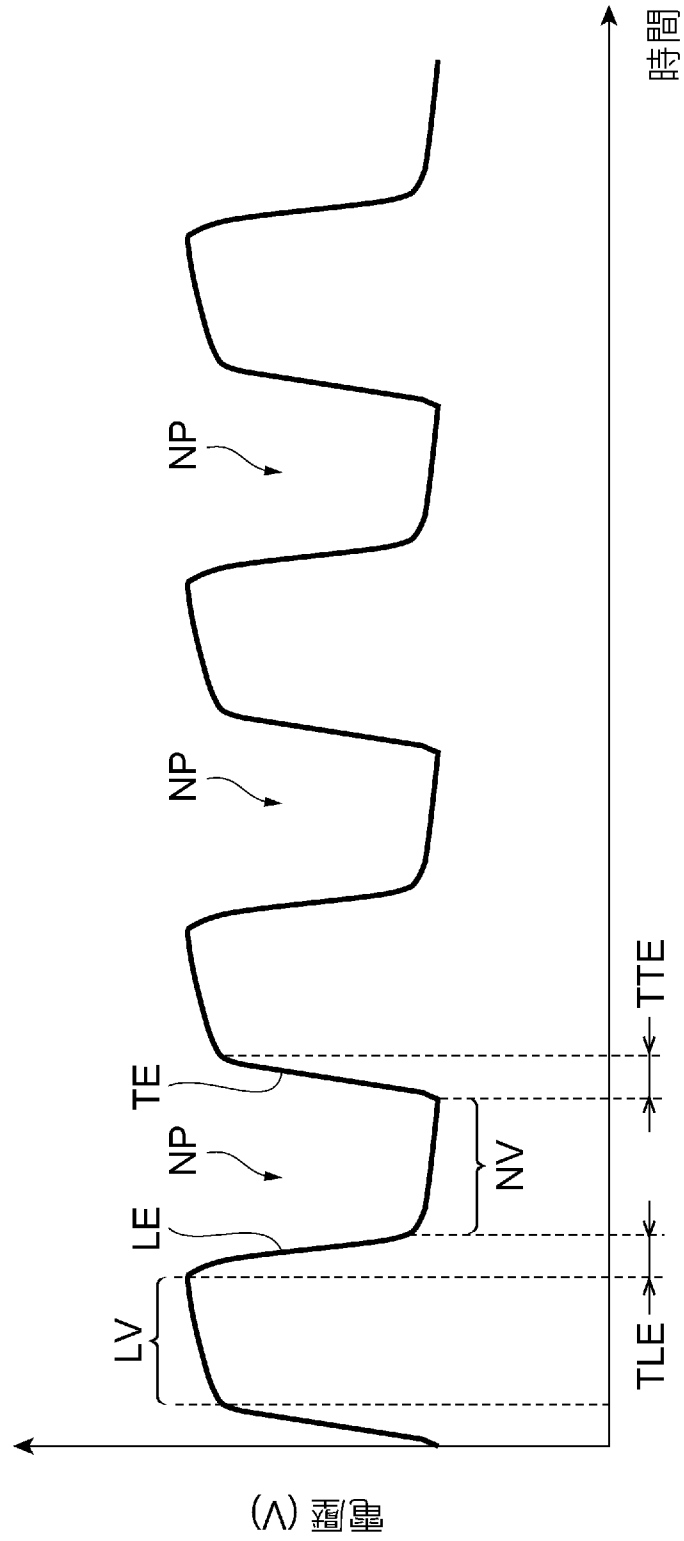


圖 2



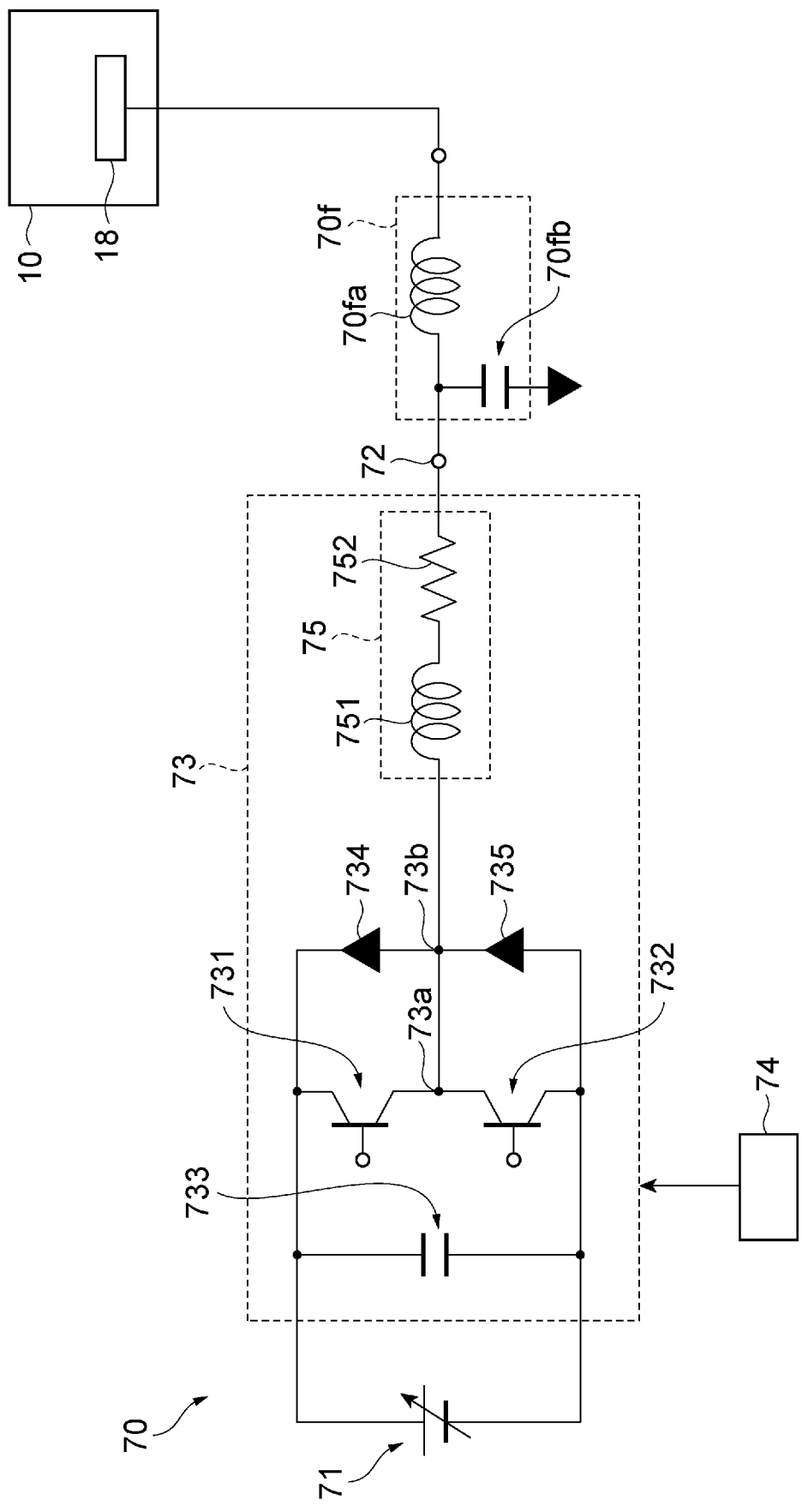


圖 3

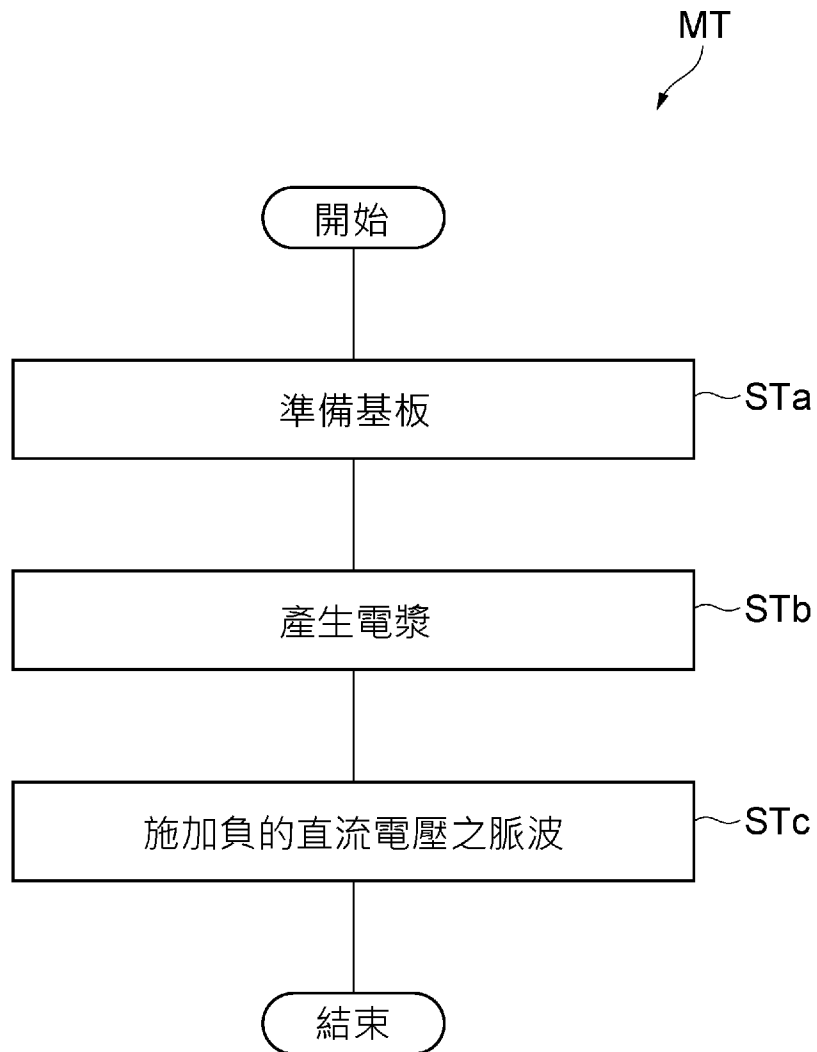


圖 4

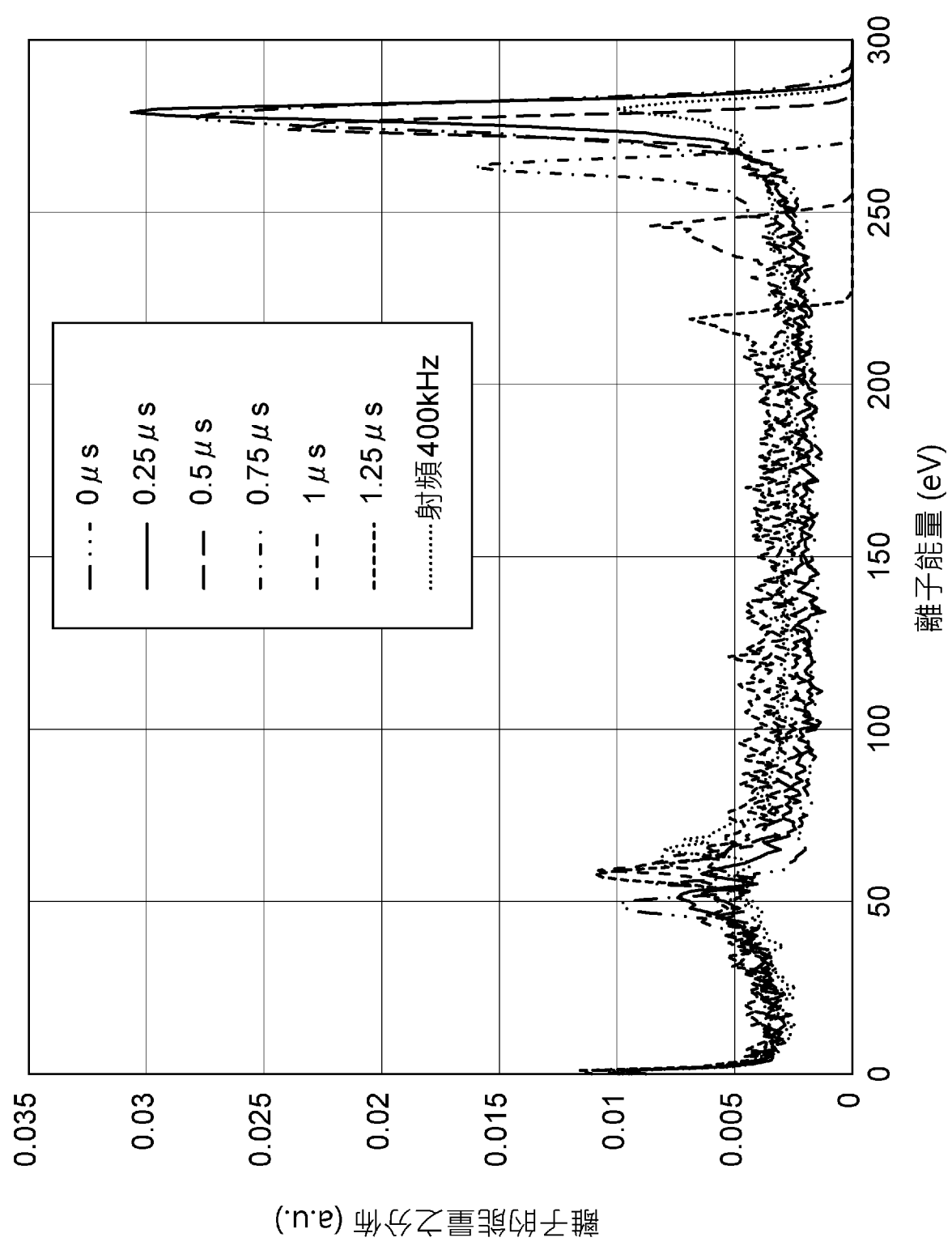


圖 5

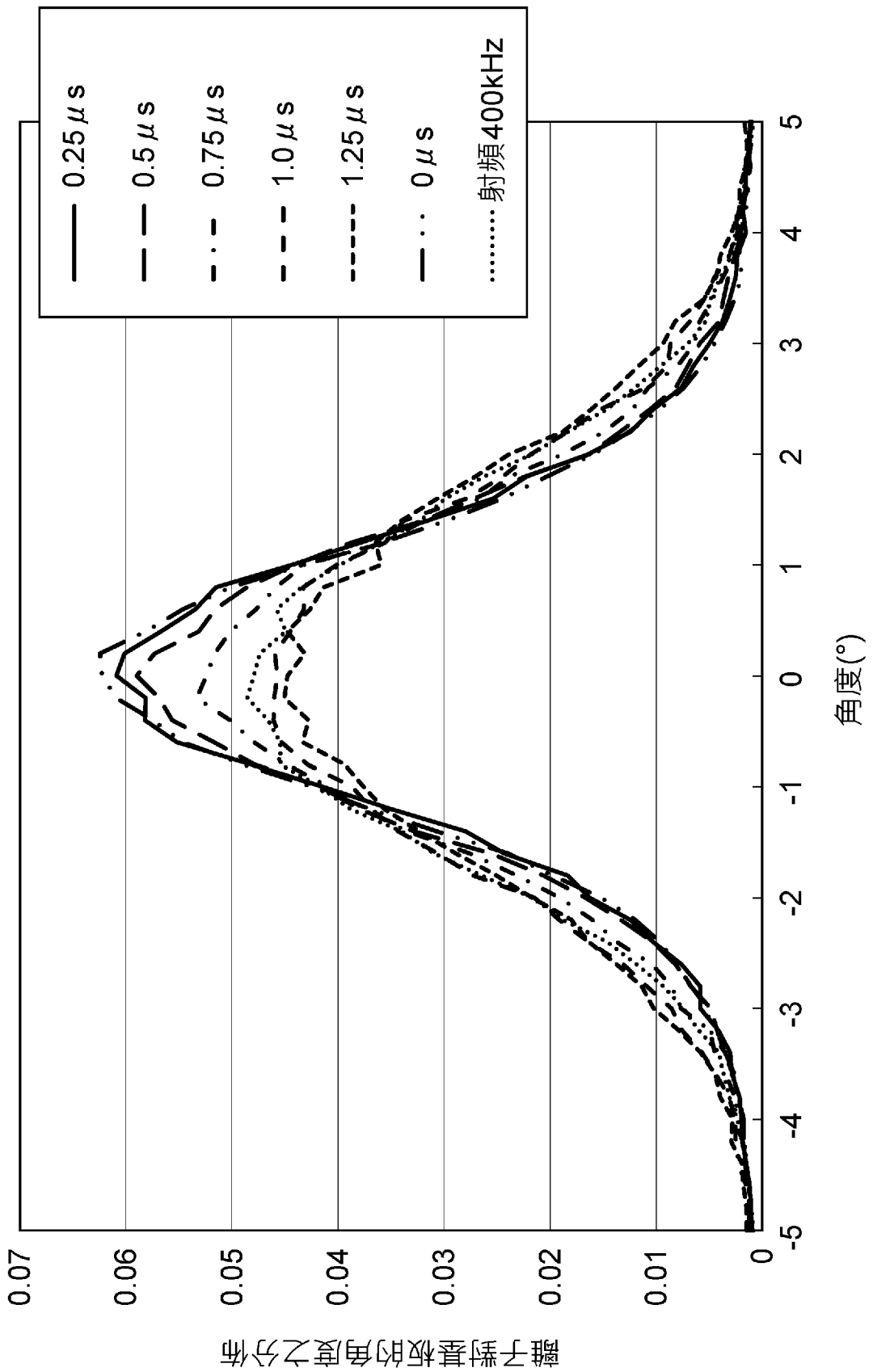


圖 6

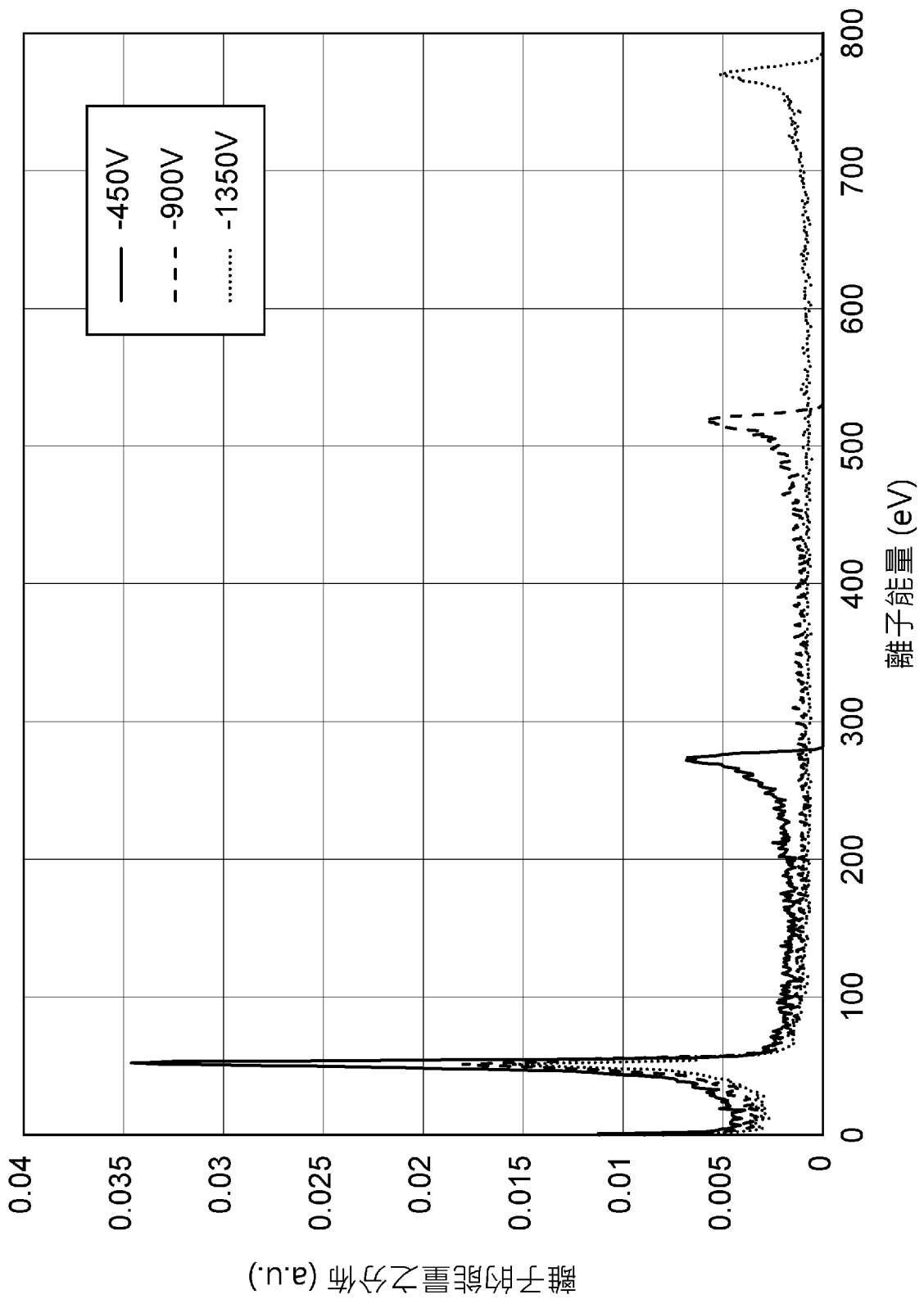


圖 7

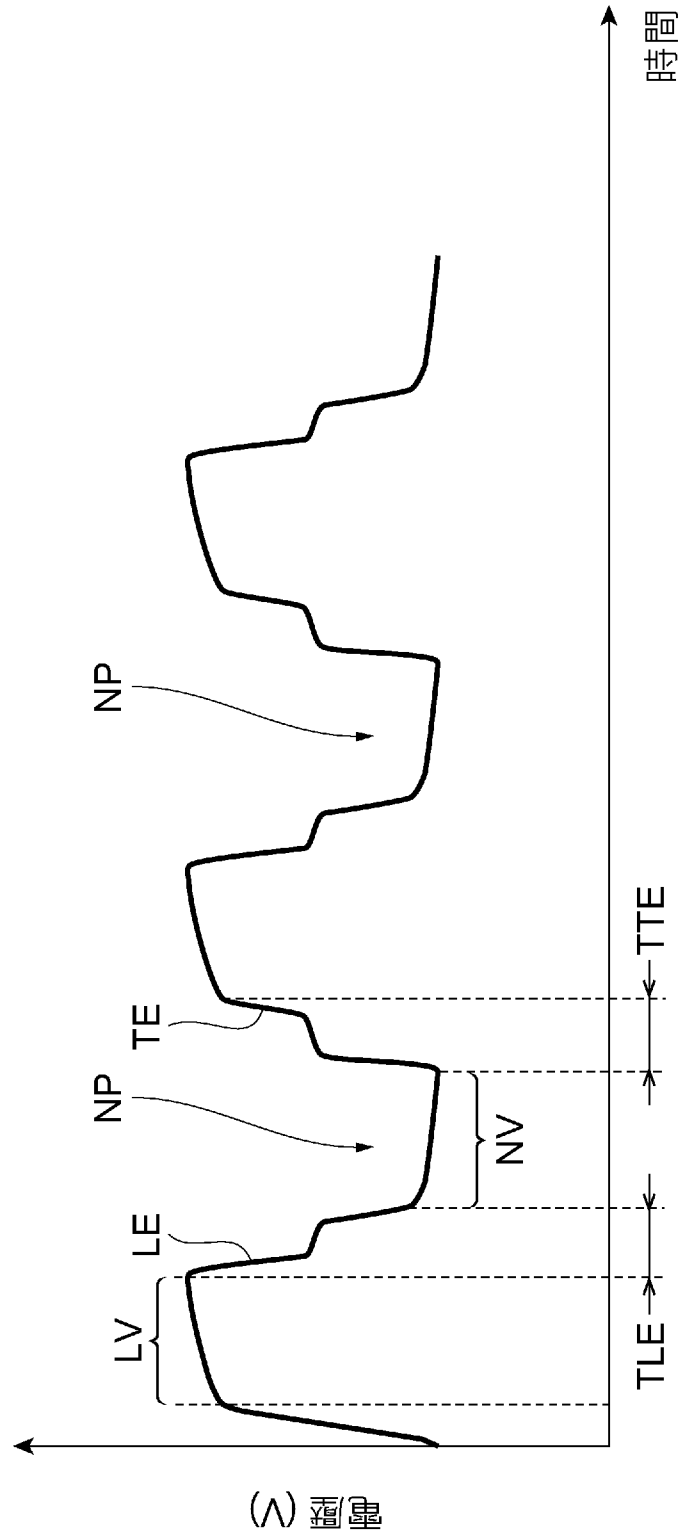


圖 8