

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 775**

51 Int. Cl.:

**C23C 16/503** (2006.01)

**H01L 21/31** (2006.01)

**H05H 1/24** (2006.01)

**H01J 37/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2013 PCT/JP2013/078735**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14069309**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2013 E 13850259 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 2915902**

54 Título: **Fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma y un procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la fuente de plasma**

30 Prioridad:

**02.11.2012 JP 2012242663**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**07.09.2020**

73 Titular/es:

**AGC INC. (100.0%)  
5-1, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku  
Tokyo 100-8405, JP**

72 Inventor/es:

**KAWAHARA, HIROTOMO;  
AOMINE, NOBUTAKA;  
MAESHIGE, KAZUNOBU;  
AOSHIMA, YUKI y  
HANEKAWA, HIROSHI**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 781 775 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma y un procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la fuente de plasma

### Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a una fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma y a un procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la fuente de plasma.

### Antecedentes de la técnica

- 10 Una técnica de deposición química de vapor mejorada por plasma (CVD) (deposición química de vapor mejorada por plasma: PECVD) es un tipo de técnica de deposición química de vapor (CVD) que puede depositar una película de diversos materiales sobre una superficie de procesamiento por el uso de plasma. La técnica de CVD por plasma es ampliamente usada para la fabricación, por ejemplo, de elementos semiconductores.

- 15 Un aparato de deposición química de vapor mejorada por plasma (CVD) usado para tal técnica de CVD por plasma está equipado con una fuente de plasma que genera plasma. Normalmente, la fuente de plasma incluye un par de electrodos conectados a una fuente de alimentación de CA de alta frecuencia con una frecuencia tal como, por ejemplo, 13,56 MHz, y cuando es iniciada una descarga entre los electrodos por la fuente de alimentación de CA de alta frecuencia, es formado plasma entre los electrodos. En este estado, cuando es suministrada una fuente de gas al plasma, los átomos y/o moléculas de la fuente de gas son expulsados y tornados en químicamente activos, y, de este modo, se produce una reacción química en una superficie a ser procesada, lo que permite que una película de una sustancia objeto sea depositada sobre la superficie a ser procesada.

- 20 Recientemente, para permitir una deposición de película de gran área, también ha sido desarrollada una fuente de plasma equipada con una fuente de alimentación de CA de baja frecuencia de, por ejemplo, el orden de kHz, en lugar de la fuente de alimentación de CA de alta frecuencia. Es desvelado que, en un caso en el que es usada una fuente de plasma tal, puede ser proporcionado de manera estable plasma con una longitud suficiente (Documento de Patente 1).

### Documentos de la Técnica Anterior

#### Documentos de Patente

[Documento de Patente 1] Traducción Japonesa de la Publicación de Solicitud Internacional PCT Núm. 2011-530155.

- 30 El documento WO 2012/008521 A1 desvela un aparato de procesamiento de plasma con dos fuentes de alimentación de alta frecuencia y dos pares de electrodos, cada uno con dos miembros de electrodo para la excitación del plasma que es suministrado en la cámara de vacío.

El documento EP 2 256 782 A1 desvela una fuente de deposición de plasma para la transferencia de un gas de deposición en una fase de plasma y para la deposición de una película delgada sobre un sustrato en movimiento en una dirección de transporte de sustrato en una cámara de vacío.

- 35 El documento US 5 057 185 A desvela un reactor de plasma de triodo que tiene un primer, un segundo y un tercer electrodo para formar una cámara de reacción a partir de un gas reactivo que incluye un generador de potencial modulado por fase para la generación de potenciales variables en el tiempo en los segundos y terceros electrodos que son versiones moduladas por fase de cada uno.

El documento GB 2 466 836 A desvela una configuración de mosaico de electrodo con bordes contorneados dimensionados para controlar cualquier efecto de acoplamiento.

### Sumario de la invención

#### Problemas a ser resueltos por la invención

Como es descrito con anterioridad, es desvelada en el Documento de Patente 1 una fuente de plasma que puede proporcionar de manera estable plasma con una longitud suficiente.

- 45 Sin embargo, en la fuente de plasma de la estructura tal como el Documento de Patente 1, la densidad de plasma del plasma generado en la proximidad de los electrodos no es suficiente. En consecuencia, la reactividad de la fuente de gas suministrada a un área de plasma en la proximidad de los electrodos se vuelve baja, y puede haber un caso en el que no pueda ser depositada una película en la superficie para ser procesada a una velocidad de deposición de película suficiente.

- 50 La presente invención fue llevada a cabo en vista de tal problema, y es un objeto de la presente invención proporcionar una fuente de plasma que puede aumentar la densidad de plasma del plasma generado en la fuente de plasma para

un aparato de CVD de plasma.

### **Medios para resolver los problemas**

Una fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma de acuerdo con una primera realización de la invención comprende: un grupo de electrodos que incluye cuatro electrodos, que son un primer electrodo, un segundo electrodo, un tercer electrodo y un cuarto electrodo que están dispuestos en una fila en ese orden, en la que dicho grupo de electrodos está conectado a al menos una fuente de alimentación de AC; una tensión suministrada a dos de dichos cuatro electrodos es desplazada de fase de una tensión suministrada a los dos electrodos restantes; espacios a los que es suministrada una fuente de gas están proporcionados entre los electrodos adyacentes; y en la que dicho grupo de electrodos está constituido por electrodos huecos, la fuente de plasma está equipada con primeros tubos para suministrar un gas de asistencia de reacción, y con segundos tubos y colectores para suministrar la fuente de gas a través de los espacios, y las tensiones aplicadas al primer electrodo y al segundo electrodo están en fase.

Una fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma de acuerdo con una primera realización de la invención comprende: un grupo de electrodos que incluye cuatro electrodos, que son un primer electrodo, un segundo electrodo, un tercer electrodo y un cuarto electrodo que están dispuestos en una fila en ese orden, en la que dicho grupo de electrodos está conectado a al menos una fuente de alimentación de AC; una tensión suministrada a dos de dichos cuatro electrodos es desplazada de fase de una tensión suministrada a los dos electrodos restantes; espacios a los que es suministrada una fuente de gas están proporcionados entre los electrodos adyacentes; y en la que dicho grupo de electrodos está constituido por electrodos huecos, la fuente de plasma está equipada con primeros tubos para suministrar un gas de asistencia de reacción, y con segundos tubos y colectores para suministrar la fuente de gas a través de los espacios, y las tensiones aplicadas al primer electrodo y al segundo electrodo están en fase.

Un procedimiento de fabricación de un artículo de acuerdo con una segunda realización de la presente invención es caracterizado porque el procedimiento de fabricación incluye: una etapa de disponer un objeto de procesamiento en un aparato de CVD de plasma equipado con primeros tubos, segundos tubos, colectores y un grupo de electrodos que incluyen cuatro electrodos, que son un primer electrodo, un segundo electrodo, un tercer electrodo y un cuarto electrodo dispuestos en una fila en ese orden y en el que dicho grupo de electrodos está constituido por electrodos huecos; una etapa de suministrar un gas de asistencia de reacción a través de los primeros tubos; una etapa de suministrar una fuente de gas para deposición de película a partir de al menos un intervalo entre los electrodos adyacentes en dicho grupo de electrodos, en el que los segundos tubos y los colectores son proporcionados para suministrar la fuente de gas a través del al menos un intervalo; una primera etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión negativa a dicho primer electrodo y dicho segundo electrodo, que es adyacente a dicho primer electrodo, y para aplicar una tensión positiva a dicho tercer electrodo y dicho cuarto electrodo, que es adyacente a dicho tercer electrodo; y una segunda etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión positiva a dicho primer electrodo y dicho segundo electrodo y para aplicar una tensión negativa a dicho tercer electrodo y dicho cuarto electrodo, en el que un artículo es fabricado por la aplicación de una deposición de película sobre dicho objeto de procesamiento por la realización alternada de dicha primera etapa de aplicación de tensión y dicha segunda etapa de aplicación de tensión en cada lapso de un tiempo predeterminado.

Un procedimiento de fabricación de un artículo de acuerdo con una tercera realización de la presente invención es caracterizado porque el procedimiento de fabricación incluye: una etapa de disponer un objeto de procesamiento en un aparato de CVD de plasma equipado con primeros tubos, segundos tubos, colectores y un grupo de electrodos que incluyen cuatro electrodos, que son un primer electrodo, un segundo electrodo, un tercer electrodo y un cuarto electrodo dispuestos en una fila en ese orden y en el que dicho grupo de electrodos está constituido por electrodos huecos; una etapa de suministrar un gas de asistencia de reacción a través de los primeros tubos; una etapa de suministrar una fuente de gas para deposición de película a partir de al menos un intervalo entre los electrodos adyacentes en dicho grupo de electrodos, en el que los segundos tubos y los colectores son proporcionados para suministrar la fuente de gas a través del al menos un intervalo; una primera etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión negativa a dicho primer electrodo y dicho cuarto electrodo y para aplicar una tensión positiva a dicho segundo electrodo y dicho tercer electrodo; y una segunda etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión positiva a dicho primer electrodo y dicho cuarto electrodo y para aplicar una tensión negativa a dicho segundo electrodo y dicho tercer electrodo, en el que un artículo es fabricado por la aplicación de una deposición de película sobre dicho objeto de procesamiento por la realización alternada de dicha primera etapa de aplicación de tensión y dicha segunda etapa de aplicación de tensión en cada lapso de un tiempo predeterminado.

### **Efectos de la invención**

La presente invención puede proporcionar una fuente de plasma que puede aumentar la densidad de plasma del plasma generado.

### **Breve descripción de las figuras**

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra a grandes rasgos una configuración de una fuente de plasma convencional para un aparato de CVD de plasma.

La FIG. 2 es un diagrama para la explicación de un cambio periódico de polaridad de cada electrodo que constituye

un grupo de electrodos cuando es usada la fuente de plasma convencional.

La FIG. 3 es un diagrama que ilustra de manera esquemática un cambio temporal de una tensión de salida V de una fuente de alimentación de CA.

5 La FIG. 4 es un gráfico que ilustra a grandes rasgos una densidad total de plasma generado en un área de reacción durante un período T cuando es usada la fuente de plasma convencional.

La FIG. 5 es un diagrama que ilustra a grandes rasgos un ejemplo de configuración de una primera fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 6 es una ilustración que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo en un momento determinado en la primera fuente de plasma por asociación con una densidad de plasma.

10 La FIG. 7 es un gráfico que ilustra a grandes rasgos la densidad total de plasma generado en el área de reacción durante el período T cuando es usada la primera fuente de plasma en comparación con un caso de la fuente de plasma convencional.

La FIG. 8 es un diagrama que ilustra a grandes rasgos un ejemplo de configuración de una segunda fuente de plasma para el aparato de CVD de plasma de acuerdo con la realización de la presente invención.

15 La FIG. 9 es una ilustración que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo en un momento determinado en la segunda fuente de plasma por asociación con una densidad de plasma.

La FIG. 10 es un diagrama que ilustra aproximadamente la densidad total de plasma generado en el área de reacción durante el período T cuando es usada la segunda fuente de plasma en comparación con el caso de la fuente de plasma convencional.

20 La FIG. 11 es un diagrama que ilustra a grandes rasgos un ejemplo de configuración de una tercera fuente de plasma para el aparato de CVD de plasma de acuerdo con la realización de la presente invención.

La FIG. 12 es una vista que ilustra a grandes rasgos un ejemplo de configuración de un aparato de fuente de plasma.

### **Modos para llevar a cabo la invención**

25 A continuación es presentada una descripción, con referencia a las figuras, de la presente invención.

### **(Con respecto a una fuente de plasma convencional para un aparato de CVD de plasma)**

Para la mejor comprensión de las características de la presente invención, en primer lugar se presenta una breve explicación, con referencia a la FIG. 1 y la FIG. 2, de una configuración básica y una operación de una fuente de plasma convencional para un aparato de CVD de plasma.

30 La FIG. 1 ilustra a grandes rasgos una configuración básica de una fuente de plasma convencional. Además, la FIG. 2 ilustra un diagrama esquemático que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo en un momento determinado en la fuente de plasma convencional por asociación con una densidad de plasma.

35 Como es ilustrado en la FIG. 1, la fuente de plasma convencional 1 está equipada con un grupo de electrodos 10 y una fuente de alimentación de CA 30. El grupo de electrodos 10 está constituido por la disposición de una pluralidad de electrodos en una fila. Por ejemplo, en el ejemplo de la FIG. 1, el grupo de electrodos 10 está constituido por cuatro electrodos que son un primer electrodo 10A, un segundo electrodo 10B, un tercer electrodo 10C y un cuarto electrodo 10D.

40 Cada uno de los electrodos 10A a 10D que constituyen el grupo de electrodos está conectado con la fuente de alimentación de CA 30. La fuente de alimentación de CA 30 tiene un cableado 40 para una primera polaridad y un cableado 42 para una segunda polaridad que es opuesta a la primera polaridad. El cableado 40 para la primera polaridad está conectado al primer electrodo 10A y al tercer electrodo 10C. El cableado 42 para la segunda polaridad está conectado al segundo electrodo 10B y al cuarto electrodo 10D.

45 Un espacio 50 para suministrar la fuente de gas está formado entre los electrodos adyacentes 10A a 10D. Es decir, un primer espacio 50A está formado entre el primer electrodo 10A y el segundo electrodo 10B, un segundo espacio 50B está formado entre el segundo electrodo 10B y el tercer electrodo 10C, y un tercer espacio 50C está formado entre el tercer electrodo 10C y el segundo electrodo 10B.

50 Al depositar una película sobre una superficie de un objeto de procesamiento 90 mediante el uso del aparato de CVD de plasma equipado con la fuente de plasma 1 que tiene la configuración mencionada con anterioridad, en primer lugar, una tensión de CA es aplicada a cada electrodo 10A a 10D de la fuente de alimentación de CA 30 a través de los cableados 40 y 42. Además, es suministrado un gas de plasma en la proximidad del grupo de electrodos 10.

De este modo, una polaridad en cada electrodo 10A a 10D cambia de manera periódica. Por consiguiente, por ejemplo, se produce una descarga con el primer electrodo 10A y el segundo electrodo 10B que actúan como un par de electrodos, que genera plasma en las cercanías de ambos electrodos. Además, se produce una descarga con el segundo electrodo 10B y el tercer electrodo 10C que actúan como un par de electrodos, que genera plasma en las cercanías de ambos electrodos. Además, se produce una descarga con el tercer electrodo 10C y el cuarto electrodo 10D que actúan como un par de electrodos, que genera plasma en las cercanías de ambos electrodos.

Después, una fuente de gas para deposición de película es suministrada del primer espacio 50A al tercer espacio 50C. La fuente de gas suministrada es activada por el plasma generado en las cercanías de cada electrodo 10A-10D. Por lo tanto, se produce una reacción química en el gas de fuente en las cercanías del objeto de procesamiento 90, y, de este modo, es depositada una película sobre la superficie del objeto de procesamiento 90.

Como es mencionado con anterioridad, una película deseada puede ser depositada sobre la superficie del objeto de procesamiento 90.

En la presente memoria, es presentada una descripción más detallada, con referencia a la FIG. 2, de un cambio periódico de polaridad de cada electrodo 10A-10D que constituye el grupo de electrodos 10 en un caso en el que es usada la fuente de plasma convencional 1.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo 10A-10D en un momento determinado por asociación con una densidad de plasma. Cabe destacar que se asume que un cambio temporal de la tensión de salida  $V$  de la fuente de alimentación de CA 30 está representado por una onda sinusoidal de un período  $T$  como en la FIG. 3.

En la configuración de la fuente de plasma convencional 1, cada uno del primer electrodo 10A y el tercer electrodo 10C está conectado al cableado 40. Por consiguiente, cuando es aplicada una tensión de CA de la fuente de alimentación de CA 30, el primer electrodo 10A y el tercer electrodo 10C están en la misma fase. Además, cada uno del segundo electrodo 10B y el cuarto electrodo 10D está conectado al cableado 42. Por consiguiente, el segundo electrodo 10B y cuarto electrodo 10D están en la misma fase.

Por el otro lado, las tensiones de CA suministradas al cableado 40 y el cableado 42 están desplazadas de su fase por medio período. Por consiguiente, las tensiones de polaridades opuestas de positivo y negativo son aplicadas a los primeros y terceros electrodo 10A y 10C y a los segundos y cuartos electrodos 10B y 10D.

A partir de lo anterior, las polaridades ilustradas en la FIG. 2(a) son obtenidas en cada electrodo 10A-10D en el tiempo  $t = 1/4T$  (véase la FIG. 3). Es decir, la polaridad de cada electrodo 10A-10D es secuencialmente negativa-positiva-negativa-positiva a partir del primer electrodo 10A.

En este caso, el flujo de electrones debido a la descarga es tal como es indicado por las tres flechas F1-F3 de la FIG. 2(a). Es decir, una gran parte de los electrones descargados del primer electrodo 10A es absorbida, como es indicado por la flecha F1, por el segundo electrodo adyacente 10B. De este modo, es generado el primer plasma 60A de una gran densidad del plasma entre el primer electrodo 10A y el segundo electrodo 10B (en adelante en la presente memoria, tal plasma es denominado "plasma de alta densidad").

Además, la reactividad de la fuente de gas pasada a través del primer espacio 50A es elevada debido a que la fuente de gas es expuesta al plasma de alta densidad 60A.

Por el otro lado, una parte de los electrones del tercer electrodo 10C es absorbida, como es indicado por las flechas F2 y F3, por el segundo electrodo 10B, y la parte restante es absorbida por el cuarto electrodo 10D. De este modo, es generado el segundo plasma 60B entre el segundo electrodo 10B y el tercer electrodo 10C, y es generado el tercer plasma 60C entre el tercer electrodo 10C y el cuarto electrodo 10D. Sin embargo, debido a que los electrones del tercer electrodo 10C están dispersados en los dos electrodos de la polaridad positiva, el segundo plasma 60B y el tercer plasma 60C no tienen una alta densidad, tal como el primer plasma 60A, y son plasma de baja densidad (en adelante en la presente memoria, tal plasma es denominado "plasma de baja densidad").

Por consiguiente, debido a que es provocado que la fuente de gas pasada a través del segundo espacio 50B y el tercer espacio 50C sea expuesta al plasma de baja densidad 60B, 60C, la reactividad de la fuente de gas es reducida de manera considerable en comparación con la fuente de gas pasada a través del primer espacio 50A.

Después, en el tiempo  $t = 3/4T$ , las polaridades tal como la FIG. 2(b) son obtenidas en cada electrodo 10A-10D. Es decir, la polaridad de cada electrodo 10A a 10D es secuencialmente positiva-negativa-positiva-negativa a partir del primer electrodo 10A.

En este caso, el flujo de electrones es tal como es indicado por las tres flechas F4-F6 de la FIG. 2(b). Es decir, una gran parte de los electrones descargados del cuarto electrodo 10D es absorbida, como es indicado por la flecha F6, por el tercer electrodo adyacente 10C. Por consiguiente, es generado el "plasma de alta densidad" 60C entre el tercer electrodo 10C y el cuarto electrodo 10D.

Además, la reactividad de la fuente de gas pasada a través del tercer espacio 50C es elevada debido a que la fuente de gas es expuesta al plasma de alta densidad 60C.

5 Sin embargo, una parte de los electrones del segundo electrodo 10B es absorbida, como es indicado por las flechas F4 y F5, por el primer electrodo 10A, y la parte restante es absorbida por el tercer electrodo 10C. De este modo, es generado el primer plasma 60A entre el primer electrodo 10A y el segundo electrodo 10B, y es generado el segundo plasma 60B entre el segundo electrodo 10B y el tercer electrodo 10C. Sin embargo, debido a que los electrones del segundo electrodo 10B son dispersados en los dos electrodos de la polaridad positiva, cada uno del primer plasma 60A y el segundo plasma 60B son "plasma de baja densidad".

10 Por consiguiente, debido a que es provocado que la fuente de gas pasada a través del primer espacio 50A y el segundo espacio 50B sea expuesta al plasma de baja densidad 60A, 60B, la reactividad de la fuente de gas es reducida de manera considerable en comparación con la fuente de gas pasada a través del tercer espacio 50C.

A partir de los resultados mencionados con anterioridad, la densidad total de plasma generado en el área de reacción (por encima de la superficie del objeto de procesamiento 90 / directamente bajo el grupo de electrodos 10) durante un período T es representada a grandes rasgos como la FIG. 4.

15 -Cabe destacar que, en la FIG. 4, el eje horizontal corresponde a una posición horizontal de cada espacio 50A a 50C (y cada electrodo 10A a 10D). Además, el eje vertical representa la densidad total del plasma generado en el área de reacción durante un período T.

20 Debido a que la densidad del plasma durante un período T es un gran factor que determina la velocidad de reacción de la fuente de gas y además la velocidad de deposición de película, es deseable elevar la densidad del plasma del área de reacción tan alto como sea posible.

Sin embargo, a partir de la FIG. 4, es difícil afirmar que la densidad del plasma del área de reacción es elevada lo suficientemente, y se aprecia que es necesaria una mejora adicional en la densidad del plasma.

25 Cabe destacar que, de acuerdo con un cálculo de prueba, se estima que la densidad d plasma en el área de reacción en el lado corriente abajo del segundo espacio 50B es, por ejemplo, de aproximadamente 2/3 de la densidad de plasma en el área de reacción del lado corriente abajo del primer espacio 50A y el tercer espacio 50C.

Como es mencionado con anterioridad, es deseado realizar una mejora adicional con respecto a la fuente de plasma convencional 1 desde un punto de vista de mejorar la velocidad de reacción de la fuente de gas y mejorar la velocidad de deposición de película.

30 **(Con respecto a una fuente de plasma de un aparato de CVD de plasma de acuerdo con una realización de la presente invención)**

A continuación, es presentada una descripción, con referencia a la FIG. 5 y la FIG. 6, de una característica de una fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma de acuerdo con una realización de la presente invención (en adelante en la presente memoria, denominada "primera fuente de plasma").

35 La FIG. 5 es una ilustración que ilustra una configuración de la primera fuente de plasma de la presente invención. Además, la FIG. 6 es un diagrama esquemático que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo en un momento determinado en la primera fuente de plasma de la presente invención por asociación con una densidad de plasma.

La fuente de plasma convencional 1 y la fuente de plasma 100 de la presente invención para un aparato de CVD de plasma son diferentes en cada electrodo 110A a 110D que constituye un grupo de electrodos y un procedimiento de conexión con una fuente de alimentación de CA 130.

40 Es decir, como es ilustrado en la FIG. 5, la fuente de alimentación de CA 130 tiene un cableado 140 para una primera polaridad y un cableado 142 para una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad, y el cableado 140 para la primera polaridad está conectado al primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B. Además, el cableado 142 para la segunda polaridad está conectado al tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D.

45 Cabe destacar que la frecuencia de la fuente de alimentación de CA 130 está, por ejemplo, en un intervalo de 5 kHz-500 kHz.

Además, en la fuente de plasma 100 de la presente invención para un aparato de CVD de plasma, el plasma puede estar formado a lo largo de más de una dimensión de, por ejemplo, 0,5 m o más a lo largo de la dirección de disposición de los electrodos 110A-110D.

A continuación, es presentada una descripción de una operación de la primera fuente de plasma 100.

50 Al depositar una película sobre una superficie de un objeto de procesamiento 190 por el uso de la primera fuente de plasma 100 como es ilustrado en la FIG. 5, en primer lugar, una tensión de CA es aplicada cd la fuente de alimentación de CA 130 a cada electrodo 110A a 110D a través de los cableados 140 y 142. De manera adicional, es suministrado

un gas de plasma a las cercanías del grupo de electrodos 110.

De este modo, la polaridad en cada electrodo 110A a 110D cambia de manera periódica, y es generado plasma directamente bajo el grupo de electrodos 110 debido a las descargas entre los electrodos 110A-110D.

5 Después, una fuente de gas para deposición de película es suministrada a un primer espacio 150A a través de un tercer espacio 150C. Cabe destacar que, en la presente solicitud, "el (n-ésimo) espacio" significa una porción formada entre electrodos adyacentes entre pasajes para provocar que la fuente de gas fluya hacia el área de reacción.

La fuente de gas suministrada es activada por el plasma generado en las cercanías de cada electrodo 110A a 110D. Por lo tanto, se produce una reacción química en la fuente de gas en las cercanías del objeto de procesamiento 190, y, de este modo, una película puede ser depositada sobre la superficie del objeto de procesamiento 190.

10 Cabe destacar que, en el ejemplo de la FIG. 5, la primera fuente de plasma 100 incluye la fuente de alimentación individual de CA 130. Sin embargo, la configuración de la presente invención no está limitada a esta, y la primera fuente de plasma 100 puede estar equipada con una pluralidad de fuentes de alimentación de CA. Por ejemplo, en el caso de la configuración de la FIG. 5, pueden estar presentes dos fuentes de alimentación de CA 130-1 y 130-2, y la primera fuente de alimentación de CA 130-1 puede estar conectada al primer electrodo 110A y el tercer electrodo 110C y la segunda fuente de alimentación de CA 130-2 puede estar conectada al segundo electrodo 110B y el cuarto electrodo 110D. En este caso, las dos fuentes de alimentación de CA 130-1 y 130-2 están dispuestas para que las tensiones aplicadas al primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B estén en la misma fase y las tensiones aplicadas al tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D estén en la misma fase.

20 En la presente memoria, es presentada una descripción más específica, con referencia a la FIG. 6, del cambio periódico de polaridad de cada electrodo 110A-110D que constituye el grupo de electrodos 110.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo 110A-110D en un momento determinado por asociación con una densidad de plasma. Cabe destacar que se asume que el cambio temporal de la tensión de salida V de la fuente de alimentación de CA 130 está representado por una onda sinusoidal de un período T como en la FIG. 3 mencionada con anterioridad.

25 En la primera fuente de plasma 100 de la presente invención, cada uno del primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B está conectado al cableado 140 para la primera polaridad. Por lo tanto, cuando es aplicada una tensión de CA de la fuente de alimentación de CA 130, el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B están en la misma fase. Además, cada uno del tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D está conectado al cableado 142 de la segunda polaridad. Por lo tanto, el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D también están en la misma fase.

30 Por otro lado, las tensiones de CA suministradas al cableado 140 para la primera polaridad y el cableado 142 para la segunda polaridad son desplazadas de fase entre sí por medio período. Por lo tanto, las tensiones de polaridades opuestas de positiva/negativa son aplicadas al primer y el segundo electrodo 110A y 110B y al tercer y el cuarto electrodo 110C y 110D, respectivamente.

35 A partir de la explicación anterior, las polaridades tal como la FIG. 6(a) son obtenidas en cada electrodo 110A-110D en el tiempo  $t = 1/4T$  (véase la FIG. 3). Es decir, la polaridad de cada electrodo 110A-110D es secuencialmente negativa-negativa-positiva-positiva a partir del lado del primer electrodo 110A.

40 En este caso, el flujo de electrones debido a la descarga es tal como es indicado por las cuatro flechas F101-F104 de la FIG. 6(a). Es decir, una parte de los electrones desde el segundo electrodo 110B es absorbida, como es indicado por la flecha F101, por el tercer electrodo adyacente 110C, y la otra parte es absorbida, como es indicado por la flecha F102, por el cuarto electrodo 110D.

45 Cabe destacar que la razón para que la parte de los electrones del segundo electrodo 110B alcance el cuarto electrodo 110D al ser pasada por encima del tercer electrodo 110C es que el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D son iguales en su polaridad (cualquiera es la polaridad positiva) y no hay electrodo de la polaridad opuesta entre el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D. (Sin embargo, debido a una relación de distancias entre los electrodos, se considera que una gran parte de los electrones emitidos desde el segundo electrodo 110B es absorbida por el tercer electrodo 110C, y una proporción de electrones trasladada al cuarto electrodo 110D es menor que una proporción de electrones absorbidos por el tercer electrodo 110C.)

50 De manera similar, una parte de los electrones del primer electrodo 110A es absorbida, como es indicado por la flecha F103, por el tercer electrodo 110C, y la otra parte es absorbida, como es indicado por la flecha F104, por el cuarto electrodo 110D.

55 Cabe destacar que la razón para que la parte de los electrones del primer electrodo 110A alcance el cuarto electrodo 110D al ser pasada por encima del tercer electrodo 110C es que el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D son iguales en su polaridad (cualquiera es la polaridad positiva) y no hay electrodo de la polaridad opuesta entre el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D. (Sin embargo, debido a una relación de distancias entre los

electrodos, se considera que una gran parte de los electrones emitidos desde el primer electrodo 110A es absorbida por el tercer electrodo 110C, y una proporción de electrones trasladados al cuarto electrodo 110D es menor que una proporción de electrones absorbidos por el tercer electrodo 110C).

5 A partir de los resultados mencionados con anterioridad, el "plasma de alta densidad" 160A es generado como el primer plasma 160A entre el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B en el tiempo  $t = 1/4T$ . Además, es generado el segundo plasma que tiene una densidad del plasma extremadamente grande entre el segundo electrodo 110B y el tercer electrodo 110C (en adelante en la presente memoria, tal plasma es denominado "plasma de ultra alta densidad"). Además, el "plasma de alta densidad" es generado como el tercer plasma 160C entre el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D.

10 A continuación, las polaridades tal como la FIG. 6(b) son obtenidas en cada electrodo 110A-110D en el tiempo  $t = 3/4T$ . Es decir, la polaridad de cada electrodo 110A-110D es secuencialmente positiva-positiva-negativa-negativa a partir del lado del primer electrodo 110A.

15 En este caso, el flujo de electrones es tal como es indicado por las cuatro flechas F105-F108 de la FIG. 6(b). Es decir, una parte de los electrones del tercer electrodo 110C es absorbida, como es indicado por la flecha F105, por el segundo electrodo adyacente 110B, y la otra parte es absorbida, como es indicado por la flecha F106, por el primer electrodo 110A.

20 Cabe destacar que la razón para que la parte de los electrones del tercer electrodo 110C alcance el primer electrodo 110A al ser pasada por encima del segundo electrodo 110B es que el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B son iguales en su polaridad (cualquiera es la polaridad positiva) y no hay electrodo de la polaridad opuesta entre el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B. (Sin embargo, debido a una relación de distancias entre los electrodos, se considera que una gran parte de los electrones emitidos del tercer electrodo 110C es absorbida por el segundo electrodo 110B, y una proporción de electrones trasladados al primer electrodo 110A es menor que una proporción de electrones absorbidos por el segundo electrodo 110B).

25 De manera similar, una parte de los electrones del cuarto electrodo 110D es absorbida, como es indicado por la flecha F107, por el segundo electrodo 110B, y la otra parte es absorbida, como es indicado por la flecha F108, por el primer electrodo 110A.

30 Cabe destacar que la razón para que la parte de los electrones del cuarto electrodo 110D alcance el primer electrodo 110A al ser pasada por encima del segundo electrodo 110B es que el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B son iguales en su polaridad (cualquiera es la polaridad positiva) y no hay electrodo de la polaridad opuesta entre el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B. (Sin embargo, debido a una relación de distancias entre los electrodos, se considera que una gran parte de los electrones emitidos desde el cuarto electrodo 110D es absorbida por el segundo electrodo 110B, y una proporción de electrones trasladados al primer electrodo 110A es menor que una proporción de electrones absorbidos por el segundo electrodo 110B).

35 A partir de los resultados mencionados con anterioridad, el "plasma de alta densidad" 160A es generado como el primer plasma 160A entre el primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B en el tiempo  $t = 3/4T$ . Además, el "plasma de ultra alta densidad" es generado como el segundo plasma 160B entre el segundo electrodo 110B y el tercer electrodo 110C. Además, el "plasma de alta densidad" es generado como el tercer plasma 160C entre el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D.

40 Como resultado, en la primera fuente de plasma 100, una densidad total de plasma generado en el área de reacción (por encima de la superficie del objeto de procesamiento 90 / directamente bajo el grupo de electrodos) durante un período T, es ilustrada a grandes rasgos como una curva (1) de la FIG. 7.

45 Cabe destacar que, en la FIG. 7, el eje horizontal representa una posición horizontal de cada espacio 150A a 150C (y cada electrodo 110A-110D), y el eje vertical representa la densidad total de plasma generado en el área de reacción durante un período T. Además, en la FIG. 7, una curva similar (curva (2)) de una densidad de plasma en la fuente de plasma convencional 1, que es ilustrada en la FIG. 4 mencionada con anterioridad, es ilustrada de manera simultánea.

Puede ser apreciado a partir de la FIG. 7 que la densidad de plasma (curva (1)) del plasma formado en la primera fuente de plasma 100 es mejorada de manera significativa en su totalidad en comparación con la densidad de plasma (curva (2)) del plasma formado en la fuente de plasma convencional 1.

50 En particular, de acuerdo con un cálculo de prueba, cuando es usada la primera fuente de plasma 100, se espera que la densidad de plasma en las cercanías del centro del área de reacción (lado corriente abajo del segundo espacio 150B) durante un período sea aumentada a aproximadamente el doble de la densidad de plasma en la misma posición en la fuente de plasma convencional 1. Además, cuando es usada la primera fuente de plasma 100, se espera que la densidad de plasma durante un período sea aumentada a, por ejemplo, aproximadamente 1,5 veces la densidad de plasma en la misma posición en la fuente de plasma convencional 1 también en el lado corriente abajo del primer espacio 150A y el tercer espacio 150C en el área de reacción.

55 De esta manera, cuando es usada la primera fuente de plasma 100, la reactividad de la fuente de gas suministrada al



primer espacio 150A a través del tercer espacio 150C es mejorada, lo que permite aumentar de manera significativa la velocidad de deposición de película.

Un efecto característico de la presente invención ha sido explicado con anterioridad por el uso de la primera fuente de plasma 100 que tiene la configuración ilustrada en la FIG. 5 como un ejemplo. Sin embargo, la configuración de la fuente de plasma de acuerdo con la presente invención no está limitada a la configuración ilustrada en la FIG. 5.

Es decir, en la descripción más generalizada, es necesario señalar el hecho de que el efecto de la presente invención mencionado con anterioridad es logrado igualmente cuando "al menos un conjunto de electrodos adyacentes están en la misma fase durante un período T" en una serie de electrodos que constituyen el grupo de electrodos. Por ejemplo, en el caso de la primera fuente de plasma 100 que es ilustrada en la FIG. 5, el primer electrodo 110A y el segundo electrodo adyacente 110B están siempre en la misma fase. Además, el tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo adyacente 110D están siempre en la misma fase.

En la presente invención, la configuración de la fuente de plasma no está limitada en particular, a condición de que sea satisfecha la condición de que "las tensiones aplicadas a al menos un conjunto de electrodos adyacentes estén en la misma fase". Por ejemplo, el número de electrodos que constituye el grupo de electrodos puede ser cualquier número igual o mayor que 4, y el número de electrodos puede ser, por ejemplo, 6, 8 o 10.

Además, si bien en el ejemplo de la FIG. 5 la dirección de disposición de los electrodos 110A-110D que constituyen el grupo de electrodos 110 es paralela a la superficie del objeto de procesamiento 190, la dirección de disposición no está limitada en particular en la presente invención. Además, en el ejemplo de la FIG. 5, el primer al tercer espacio 150A-150C se extienden en una dirección perpendicular a la dirección de disposición de los electrodos 110A-110D que constituyen el grupo de electrodos 110. Sin embargo, la dirección de extensión de los espacios 150A-150C no está limitada a esto. Por ejemplo, la dirección de extensión del espacio para la trayectoria de suministro de la fuente de gas puede estar inclinada con respecto a la dirección de disposición de los electrodos en un ángulo distinto de un ángulo recto.

#### **(Procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la primera fuente de plasma de acuerdo con la presente invención)**

En la presente, es presentada una descripción de un procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la primera fuente de plasma de acuerdo con la presente invención.

En primer lugar, el objeto de procesamiento 190 está dispuesto en un aparato de CVD de plasma equipado con la primera fuente de plasma. Entonces, una fuente de gas de deposición de película es suministrada desde cada espacio entre los electrodos 110A-110D. Después, una tensión negativa es aplicada al primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B, y una tensión positiva es aplicada al tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D. Después, tras el paso de un tiempo predeterminado, una tensión positiva es aplicada al primer electrodo 110A y el segundo electrodo 110B, y una tensión negativa es aplicada al tercer electrodo 110C y el cuarto electrodo 110D. Por medio de la repetición de estas operaciones, una deposición de película es aplicada sobre el objeto de procesamiento 190 para la fabricación de un artículo.

#### **(Segunda fuente de plasma de acuerdo con la presente invención)**

A continuación, es presentada una descripción, con referencia a la FIG. 8, de otro ejemplo de configuración (segunda fuente de plasma) de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 8 ilustra de manera esquemática la configuración de la segunda fuente de plasma de acuerdo con la presente invención.

Como es ilustrado en la FIG. 8, básicamente la segunda fuente de plasma 200 de la presente invención tiene la misma configuración que la primera fuente de plasma 100 que es ilustrada en la FIG. 5. En consecuencia, en la FIG. 8, las partes que son las mismas que las partes de la FIG. 5 presentan los números de referencia obtenidos por la adición de 100 a los números de referencia usados en la FIG. 5, respectivamente.

Sin embargo, la segunda fuente de plasma 200 es diferenciada de la primera fuente de plasma 100 en el procedimiento de conexión de una fuente de alimentación de CA 230.

Es decir, como es ilustrado en la FIG. 8, en la segunda fuente de plasma 200, la fuente de alimentación de CA 230 tiene un cableado 240 para una primera polaridad y un cableado 242 para una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad, y el primer cableado 240 está conectado a un primer electrodo 210A y un cuarto electrodo 210D. Además, el segundo cableado 242 para la segunda polaridad está conectado a un segundo electrodo 210B y un tercer electrodo 210C.

Cabe destacar que, en el ejemplo de la FIG. 8, la segunda fuente de plasma 200 tiene la fuente de alimentación individual de CA 230. Sin embargo, la configuración de la presente invención no está limitado a esta, y la segunda fuente de plasma 200 puede estar equipada con una pluralidad de fuentes de alimentación de CA. Por ejemplo, en el

caso de la configuración de la FIG. 8, pueden estar presentes dos fuentes de alimentación de CA 230-1 y 230-2, y la primera fuente de alimentación de CA 230-1 puede estar conectada al primer electrodo 210A y el segundo electrodo 210B y la segunda fuente de alimentación de CA 230-2 puede estar conectada al cuarto electrodo 210D y el tercer electrodo 210C. En este caso, las dos fuentes de alimentación de CA 230-1 y 230-2 están dispuestas para que las tensiones aplicadas al primer electrodo 210A y el cuarto electrodo 210D estén en la misma fase y las tensiones aplicadas al segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C estén en la misma fase.

A continuación, es presentada una descripción más detallada, con referencia a la FIG. 9, de un cambio periódico de polaridad de cada electrodo 210A a 210D que constituye un grupo de electrodos 210 cuando es usada la segunda fuente de plasma 200 de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 9 es un diagrama esquemático que ilustra un cambio de polaridad de cada electrodo 210A a 210D en un momento determinado por asociación con una densidad de plasma. Cabe destacar que se asume que el cambio temporal de la tensión de salida V de la fuente de alimentación de CA 230 está representado por una onda sinusoidal de un período T como en la FIG. 3 mencionada con anterioridad.

En la segunda fuente de plasma 200 de la presente invención, cada uno del primer electrodo 210A y el cuarto electrodo 210D está conectado al cableado 240. Por lo tanto, cuando es aplicada una tensión de CA de la fuente de alimentación de CA 230, el primer electrodo 210A y el cuarto electrodo 210D están en la misma fase. Además, cada uno del segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C está conectado al cableado 242. Por lo tanto, el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C también están en la misma fase.

Por el otro lado, las tensiones de CA suministradas al cableado 240 y el cableado 242 están desplazadas de fase entre sí por medio período. Por lo tanto, las tensiones de polaridades opuestas de positiva/negativa son aplicadas al primer y el cuarto electrodo 210A y 210D y al segundo y el tercer electrodo 210B y 210C, respectivamente.

A partir de la cuestión mencionada con anterioridad, las polaridades tal como la FIG. 9(a) son obtenidas en cada electrodo 210A a 210D en el tiempo  $t = 1/4T$  (véase la FIG. 3). Es decir, la polaridad de cada electrodo 210A a 210D es convertida en secuencialmente negativa-positiva-positiva-negativa desde el lado del primer electrodo 210A.

En este caso, el flujo de electrones debido a la descarga es tal como es indicado por las cuatro flechas F201-F204 de la FIG. 9(a). Es decir, una parte de los electrones del primer electrodo 210A es absorbida por el segundo electrodo adyacente 210B como es indicado por la flecha F201, y la otra parte es absorbida por el tercer electrodo 210C como es indicado por la flecha F202.

Cabe destacar que la razón para que la parte de los electrones del primer electrodo 210A alcance al tercer electrodo 210C al ser pasada por encima del segundo electrodo 210B es que el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C son iguales en su polaridad (cualquiera es la polaridad positiva) y no hay electrodo de la polaridad opuesta entre el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C. (Sin embargo, debido a una relación de distancias entre los electrodos, se considera que una gran parte de los electrones emitidos desde el primer electrodo 210A es absorbida por el segundo electrodo 210B, y una proporción de electrones que son trasladados al tercer electrodo 210C es menor que una proporción de electrones absorbidos por el segundo electrodo 210B).

De manera similar, una parte de los electrones del cuarto electrodo 210D es absorbida por el tercer electrodo adyacente 210C como es indicado por la flecha F203, y la otra parte es absorbida por el segundo electrodo 210B como es indicado por la flecha F204.

Cabe destacar que la razón para que la parte de los electrones del cuarto electrodo 210D alcance el segundo electrodo 210B al ser pasada por encima del tercer electrodo 210C es que el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C son iguales en su polaridad (cualquiera es la polaridad positiva) y no hay electrodo de la polaridad opuesta entre el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C. (Sin embargo, debido a una relación de distancias entre los electrodos, se considera que una gran parte de los electrones emitidos del cuarto electrodo 210D es absorbida por el tercer electrodo 210C, y una proporción de electrones que son trasladados al segundo electrodo 210B es menor que una proporción de electrones absorbidos por el tercer electrodo 210C.)

A partir de los resultados mencionados con anterioridad, el "plasma de alta densidad" 260A es generado como el primer plasma 260A entre el primer electrodo 210A y el segundo electrodo 210B en el tiempo  $t = 1/4T$ . Además, el "plasma de alta densidad" 260B es generado como el segundo plasma 260B entre el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C. Además, el "plasma de alta densidad" 260C es generado como el tercer plasma 260C entre el tercer electrodo 210C y el cuarto electrodo 210D.

A continuación, las polaridades tal como la FIG. 9(b) son obtenidas en cada electrodo 210A-210D en el tiempo  $t = 3/4T$ . Es decir, la polaridad de cada electrodo 210A-210D es convertida en secuencialmente positiva-negativa-negativa-positiva desde el lado del primer electrodo 210A.

En este caso, el flujo de electrones es tal como es indicado por las dos flechas F205-F206 de la FIG. 9(b). Es decir, los electrones del segundo electrodo 210B son absorbidos por el primer electrodo 210A adyacente como es indicado por la flecha F205. De manera similar, los electrones del tercer electrodo 210C son absorbidos por el cuarto electrodo

210D como es indicado por la flecha F206.

A partir de los resultados mencionados con anterioridad, el "plasma de alta densidad" 260A es generado como el primer plasma 260A entre el primer electrodo 210A y el segundo electrodo 210B en el tiempo  $t = 3/4T$ . Además, apenas es generado plasma entre el segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C. Por el otro lado, el "plasma de alta densidad" 260C es generado como el tercer plasma 260C entre el tercer electrodo 210C y el cuarto electrodo 210D.

Cabe destacar que el conjunto del segundo electrodo 210B y el tercer electrodo 210C satisface la condición de que "las tensiones aplicadas a los electrodos adyacentes estén en la misma fase" en cualquiera del tiempo  $t = 1/4T$  y el tiempo  $t = 3/4T$ .

En esta segunda fuente de plasma 200, una densidad total de plasma generado en el área de reacción (por encima de la superficie del objeto de procesamiento 90 / directamente bajo el grupo de electrodos 210) es ilustrada a grandes rasgos como una curva (1) de la FIG. 10.

Cabe destacar que, en la FIG. 10, el eje horizontal representa una posición horizontal de cada espacio 250A a 250C (y cada electrodo 210A a 210D), y el eje vertical representa la densidad total de plasma generado en el área de reacción durante un período T. Además, en la FIG. 10, una curva similar (curva (2)) de una densidad del plasma en la fuente de plasma convencional 1, que es ilustrada en la FIG. 4 mencionada con anterioridad, es ilustrada de manera simultánea.

Puede ser apreciado a partir de la FIG. 10 que la densidad de plasma (curva (1)) formada en la segunda fuente de plasma 200 es mejorada de manera significativa en comparación con la densidad de plasma (curva (2)) formada en la fuente de plasma convencional 1.

En particular, de acuerdo con un cálculo de prueba, cuando es usada la segunda fuente de plasma 200, se espera que la densidad de plasma en el área de reacción en el lado corriente abajo del primer espacio 250A y el tercer espacio 250C durante un período sea aumentada hasta aproximadamente 1,5 veces la densidad del plasma en la misma posición en la fuente de plasma convencional 1.

De esta manera, también cuando es usada la segunda fuente de plasma 200, la reactividad de la fuente de gas suministrado al primer espacio 150A a través del tercer espacio 150C es mejorada, lo que permite aumentar de manera significativa la velocidad de deposición de película.

#### **(Procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la segunda fuente de plasma de acuerdo con la presente invención)**

En la presente memoria, es presentada una descripción de un procedimiento de fabricación de un artículo por el uso de la segunda fuente de plasma de acuerdo con la presente invención.

En primer lugar, el objeto de procesamiento 190 está dispuesto en un aparato de CVD de plasma equipado con la segunda fuente de plasma. Entonces, una fuente de gas de deposición de película es suministrada desde cada intervalo de electrodo de los electrodos 110A-110D. Después, una tensión negativa es aplicada al primer electrodo 110A y el cuarto electrodo 110D, y una tensión positiva es aplicada al segundo electrodo 110B y el tercer electrodo 110C. Después, tras el paso de un tiempo predeterminado, una tensión positiva es aplicada al primer electrodo 110A y el cuarto electrodo 110D, y una tensión negativa es aplicada al segundo electrodo 110B y al tercer electrodo 110C. Por medio de la repetición de estas operaciones, una deposición de película es aplicada sobre el objeto de procesamiento 190 para fabricar un artículo.

#### **(Tercera fuente de plasma de acuerdo con la presente invención)**

A continuación, es presentada una descripción, con referencia a la FIG. 11, de otro ejemplo de configuración (tercera fuente de plasma) de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 11 ilustra de manera esquemática la configuración de la tercera fuente de plasma de acuerdo con la presente invención.

Como es ilustrado en la FIG. 11, básicamente la tercera fuente de plasma 300 de la presente invención tiene la misma configuración que la primera fuente de plasma 100 que es ilustrada en la FIG. 5. En consecuencia, en la FIG. 11, las partes que son las mismas que las partes de la FIG. 5 presentan los números de referencia que son obtenidos por medio de la adición de 100 a los números de referencia usados en la FIG. 5, respectivamente.

Sin embargo, la tercera fuente de plasma 300 es diferenciada de la primera fuente de plasma 100 dado que el número de electrodos que constituyen un grupo de electrodos 310 es incrementado a 6.

Además, con esto, una fuente de alimentación de CA 330 tiene un cableado 340 para una primera polaridad y un cableado 342 para una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad, y el cableado 340 para la primera polaridad está conectado a un primer electrodo 310A, un segundo electrodo 310B y un tercer electrodo 310C. Además, el cableado 342 para la segunda polaridad está conectado a un cuarto electrodo 310D, un quinto electrodo 310E y un

sexto electrodo 310F.

5 En la tercera fuente de plasma 300 que tiene la configuración mencionada con anterioridad, cada uno del primer electrodo 310A, el segundo electrodo 310B y el tercer electrodo 310C está conectado al cableado 340. Por lo tanto, cuando es aplicada una tensión de CA de la fuente de alimentación de CA 330, el primer electrodo 310A, el segundo electrodo 310B y el tercer electrodo 310C están en la misma fase. Además, cada uno del cuarto electrodo 310D, el quinto electrodo 310E y el sexto electrodo 310F está conectado al cableado 342. Por lo tanto, el cuarto electrodo 310D, el quinto electrodo 310E y el sexto electrodo 310F también están en la misma fase.

10 Por otro lado, las tensiones de CA suministradas al cableado 340 y el cableado 342 están desplazadas en fase entre sí por medio período. Por lo tanto, las tensiones de polaridades opuestas de positiva/negativa son aplicadas al conjunto del primer al tercer electrodo 310A-310C y al conjunto del cuarto al sexto electrodo 310D-310F, respectivamente.

Como resultado, la polaridad de cada electrodo 310A-310F en el tiempo  $t = 1/4T$  (véase la FIG. 3) es secuencialmente negativa-negativa-negativa-positiva-positiva-positiva del lado del primer electrodo 310A. Además, la polaridad de cada electrodo 310A-310F en el tiempo  $t = 3/4T$  es secuencialmente positiva-positiva-positiva-negativa-negativa-negativa del lado del primer electrodo 310A.

15 En este caso, cada uno del conjunto del primer electrodo 310A y el segundo electrodo 310B, el conjunto del segundo electrodo 310B y el tercer electrodo 310C, el conjunto del cuarto electrodo 310D y el quinto electrodo 310E, y el conjunto del quinto electrodo 310E y el sexto electrodo 310F satisface la condición de que "los electrodos adyacentes estén en la misma fase".

20 Por consiguiente, también en la tercera fuente de plasma 300, puede ser obtenido el mismo efecto que por la primera fuente de plasma 100, es decir, el efecto de que la reactividad de la fuente de gas suministrado a cada espacio 350A a 350E es mejorada y de que la velocidad de deposición de película es aumentada de manera significativa.

**(Con respecto a un ejemplo de configuración específica de una fuente de plasma de acuerdo con una realización de la presente invención)**

25 A continuación, es presentada una descripción, con referencia a la FIG. 12, de un ejemplo de configuración específica de un aparato (aparato de fuente de plasma) equipado con una fuente de plasma de acuerdo con una realización de la invención preestablecida. Cabe destacar que en la presente memoria es presentada una descripción de una configuración específica del aparato de fuente de plasma por una fuente de plasma que tiene el concepto mencionado con anterioridad ilustrado en la FIG. 5 como un ejemplo.

30 La FIG. 12 ilustra un aparato de fuente de plasma 800. El aparato de fuente de plasma 800 está equipado con un grupo de electrodos 810 y una fuente de alimentación de CA (no ilustrado en la figura).

El grupo de electrodos 810 está constituido por cuatro electrodos huecos 810A-810D. Cada electrodo hueco 810A-810D está conectado con la fuente de alimentación de CA a través de un cableado para una primera polaridad (no ilustrado en la figura) y un cableado para una segunda polaridad (no ilustrado en la figura) de la fuente de alimentación de CA.

35 En la presente memoria, de manera similar a la configuración mencionada con anterioridad ilustrada en la FIG. 5, el cableado para la primera polaridad está conectado al primer electrodo hueco 810A y el segundo electrodo hueco 810B, y el cableado para la segunda polaridad está conectado al tercer electrodo hueco 810C y el cuarto electrodo hueco 810D. Por consiguiente, las tensiones aplicadas al primer electrodo hueco 810A y el segundo electrodo hueco 810B están en la misma fase, y las tensiones aplicadas al tercer electrodo hueco 810C y el cuarto electrodo hueco 810D también están en la misma fase. Por el otro lado, es aplicada una tensión de una polaridad opuesta de positiva/negativa entre el primer y el segundo electrodo hueco 810A y 810B y el tercer y el cuarto electrodo hueco 810C y 810D.

40 Cada electrodo hueco 810A a 810D tiene una ranura 812 para inyección de plasma. La ranura de cada electrodo hueco tiene una forma lineal alargada que se extiende a lo largo de una dirección perpendicular a una dirección de disposición de los electrodos huecos 810A-810D. Si bien la ranura 812 de cada electrodo hueco tiene una única ranura 812 en el ejemplo de la FIG. 12, puede ser proporcionada una pluralidad de ranuras. Cabe destacar que la ranura 812 puede estar configurada por una o dos o más aberturas circulares.

Los intervalos entre las ranuras 812 de cada electrodo hueco están, por ejemplo, en un intervalo de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 200 mm.

50 Un primer espacio 850A que tiene un extremo que es abierto hacia un objeto de procesamiento 890 está formado entre el primer y el segundo electrodo hueco adyacente 810A y 810B. Además, un segundo espacio 850B que tiene un extremo que es abierto hacia el objeto de procesamiento 890 está formado entre los segundos y terceros electrodos huecos adyacentes 810B y 810C. De manera similar, un tercer espacio 850C que tiene un extremo que es abierto hacia el objeto de procesamiento 890 está formado entre los terceros y cuartos electrodos huecos adyacentes 810C y 810D.

Además, el aparato de fuente de plasma 800 además está equipado con primeros tubos 860 (860A-860D), segundos tubos 865 (865A-865C) y colectores 870 (870A-870C).

5 Los primeros tubos 860 son proporcionados para suministrar un gas para generación de plasma, tal como, por ejemplo, gas de argón, gas de oxígeno y/o gas de nitrógeno (denominados "gas de asistencia de reacción") necesario para una reacción química de una fuente de gas, a un área de reacción. Los segundos tubos 865 y los colectores 870 son proporcionados para suministrar la fuente de gas (es decir, un precursor de un material de deposición de película) al área de reacción a través del primer al tercer espacio 850A-850C.

10 Al depositar una película sobre la superficie del objeto de procesamiento 890 por el uso del aparato de fuente de plasma 800 tal como es ilustrado en la FIG. 12, en primer lugar, una tensión de CA es aplicada a cada electrodo 810A-810D de la fuente de alimentación de CA. Además, un gas de plasma es suministrado a las cercanías de cada electrodo 810A a 810D.

De este modo, la polaridad en cada electrodo 810A-810D es cambiada de manera periódica, y es generado plasma en el área de reacción debido a las descargas entre los electrodos 810A-810D.

15 Después, es suministrado un gas de asistencia de reacción al área de reacción a través de los primeros tubos 860A-860D. Además, es suministrada la fuente de gas al área de reacción a través de los segundos tubos 865A-865C y los colectores 870A-870C y además los primeros a terceros espacio 850A-850C.

20 La fuente de gas y el gas de asistencia de reacción suministrados al área de reacción son activados por el plasma generado en las cercanías de cada electrodo 810A-810D. Por lo tanto, se produce una reacción química en la fuente de gas en las cercanías del objeto de procesamiento 890, y, de este modo, es formada una película sobre la superficie del objeto de procesamiento 890.

Es evidente a partir de lo anterior que la reactividad de la fuente de gas suministrada a cada espacio 850A-850E es elevada, lo que permite obtener el efecto de que la velocidad de deposición de película de la película pueda ser elevada de manera significativa.

### **Ejemplos prácticos**

25 A continuación es presentada una descripción de ejemplos prácticos de la presente invención.

#### **(Ejemplo práctico 1)**

Una deposición de película de una película delgada de SiO<sub>2</sub> es llevada a cabo por el uso de la fuente de plasma 800 mencionada con anterioridad ilustrada en la FIG. 12.

30 Es usado gas de oxígeno para el gas de asistencia de reacción. El gas de asistencia de reacción es controlado para ser suministrado de manera uniforme a los cuatro electrodos huecos 810A-810D. Es usado tetrametildisiloxano para la fuente de gas. La fuente de gas es controlada para ser suministrada de manera uniforme a los espacios 850A-850C entre los electrodos huecos 810A-810D.

35 La proporción de mezcla de estos gases de deposición de película (oxígeno/tetrametildisiloxano) es fijada en 25. El caudal de tetrametildisiloxano con relación a la longitud de la fuente de plasma es fijada en cinco condiciones, que son 200 sccm/m, 350 sccm/m, 500 sccm/m, 650 sccm/m, y 800 sccm/m. El grado de apertura/cierre de la válvula de conductancia de escape es controlado para que la presión de la cámara de vacío durante la deposición de la película sea de 1,0 Pa en cada condición de el caudal del gas de deposición de película.

40 La frecuencia de la fuente de alimentación de CA es de 40 kHz, y es aplicada una potencia eléctrica para que la energía eléctrica con relación a la longitud de la fuente de plasma sea de 80 kW/m. El cableado para la primera polaridad de la fuente de alimentación de CA está conectado al primer electrodo hueco 810A y el segundo electrodo hueco 810B. Además, el cableado para la segunda polaridad que es opuesta a la primera polaridad está conectado al tercer electrodo hueco 810C y al cuarto electrodo hueco 810D.

45 Es usado un sustrato de vidrio de sosa-cal de 300 mm de longitud x 300 mm de anchura X 2 mm de espesor como el sustrato. El sustrato no es calentado antes de la deposición de la película. Además, la velocidad de transporte del sustrato es fijada en 1,0 m/min.

#### **(Ejemplo práctico 2)**

Una deposición de película de una película delgada de SiO<sub>2</sub> es llevada a cabo de la misma manera que en el ejemplo práctico 1.

50 Sin embargo, en el ejemplo práctico 2, el cableado para la primera polaridad de la fuente de alimentación de CA está conectado al primer electrodo hueco 810A y al cuarto electrodo hueco 810D en la FIG. 12 mencionada con anterioridad. Además, el cableado para la segunda polaridad que es una fase opuesta a la primera polaridad está conectado con el segundo electrodo hueco 810B y el tercer electrodo hueco 810C. Otras condiciones son iguales que

en el ejemplo práctico 1.

**(Ejemplo comparativo 1)**

Una deposición de película de una película delgada de SiO<sub>2</sub> es llevada a cabo de la misma manera que en el ejemplo práctico 1.

5 Sin embargo, en el ejemplo comparativo 1, el cableado para la primera polaridad de la fuente de alimentación de CA está conectado al primer electrodo hueco 810A y al tercer electrodo hueco 810C en la FIG. 12 mencionada con anterioridad. Además, el cableado para la segunda polaridad que es una fase opuesta a la primera polaridad está conectado al segundo electrodo hueco 810B y el cuarto electrodo hueco 810D. Otras condiciones son iguales que en el ejemplo práctico 1.

10 **(Evaluación y resultados)**

Una medición del espesor es llevada a cabo en las muestras de película delgada de SiO<sub>2</sub> con película depositada en los ejemplos prácticos 1 y 2 y el ejemplo comparativo 1 por el uso de una etapa de medidor de espesor de película (Dektak). Los resultados de la medición son indicados en la Tabla 1.

Tabla 1

Caudal de la fuente de gas (sccm/m)	Espesor de película delgada de SiO <sub>2</sub> (nm)		
	Ejemplo práctico 1	Ejemplo práctico 2	Ejemplo comparativo 1
200	198	198	199
350	309	296	288
500	376	354	332
650	421	382	352
800	458	398	363

15 No se encontró una gran diferencia en la velocidad de deposición de película entre los ejemplos prácticos 1 y 2 y el ejemplo comparativo 1 a partir de la Tabla 1. Sin embargo, será apreciado que la velocidad de deposición de película en los ejemplos prácticos 1 y 2 es mejorada en comparación con el ejemplo comparativo 1. En especial, en el ejemplo práctico, la velocidad de deposición de película es mejorada en gran medida con un aumento en el caudal de la fuente de gas.

20 Es considerado que esto surge a partir de un mecanismo de reacción de una CVD general. Cuando el caudal del material de fuente es pequeño y la reacción química del material de fuente existente en el área de reacción ha progresado lo suficiente, la velocidad de deposición de película no es mejorada incluso si la densidad de plasma es aumentada. Por el otro lado, cuando el caudal de material de fuente es grande y la reacción química del material de fuente existente en el área de reacción no ha progresado lo suficiente, la velocidad de deposición de película es mejorada por medio del aumento de la densidad de plasma.

25 Es evidente que la densidad de plasma en el área de reacción es aumentada por el hecho de que la velocidad de deposición de película es mejorada en los ejemplos prácticos 1 y 2 en comparación con el ejemplo comparativo, cuando el caudal de material de fuente es grande. En especial, se afirma que el efecto de mejora de la densidad de plasma en el ejemplo práctico 1 es grande.

**Aplicabilidad industrial**

La presente invención es aplicable a, por ejemplo, una fuente de plasma para un aparato de CVD de plasma.

La presente solicitud está basada en, y reivindica el beneficio de prioridad de, la Solicitud de Patente Japonesa Núm. 2012-242663, presentada en noviembre de 2012.

35 **Descripción de los números de referencia**

- 1 fuente de plasma convencional
- 10 grupo de electrodos
- 10A primer electrodo

## ES 2 781 775 T3

10B	segundo electrodo
10C	tercer electrodo
10D	cuarto electrodo
30	fuentes de alimentación de CA
40	cableado para una primera polaridad
42	cableado para una segunda polaridad
50 (50A a 50C)	espacio
60A a 60C	plasma
90	objeto de procesamiento
100	primera fuente de plasma
110	grupo de electrodos
110A	primer electrodo
110B	segundo electrodo
110C	tercer electrodo
110D	cuarto electrodo
130	fuentes de alimentación de CA
140	cableado para una primera polaridad
142	cableado para una segunda polaridad
150 (150A a 150C)	espacio
160A a 160C	plasma
190	objeto de procesamiento
200	segunda fuente de plasma
210	grupo de electrodos
210A	primer electrodo
210B	segundo electrodo
210C	tercer electrodo
210D	cuarto electrodo
230	fuentes de alimentación de CA
240	cableado para una primera polaridad
242	cableado para una segunda polaridad
250 (250A a 250C)	espacio
260A a 260C	plasma
290	objeto de procesamiento
300	tercera fuente de plasma
310	grupo de electrodos
310A	primer electrodo

## ES 2 781 775 T3

310B	segundo electrodo
310C	tercer electrodo
310D	cuarto electrodo
310E	quinto electrodo
310F	sexto electrodo
330	fuentes de alimentación de CA
340	cableado para una primera polaridad
342	cableado para una segunda polaridad
350 (350A a 350C)	espacio
800	aparato de fuente de plasma
810	grupo de electrodos
810A a 810D	electrodo hueco
812	ranura
850A	primer espacio
850B	segundo espacio
850C	tercer espacio
860A a 860D	primer tubo
865A a 865C	segundo tubo
870A a 870C	colector
890	objeto de procesamiento



REIVINDICACIONES

1. Una fuente de plasma (1) para un aparato de CVD de plasma, que comprende: un grupo de electrodos (10) que incluye cuatro electrodos, que son un primer electrodo (10A), un segundo electrodo (10B), un tercer electrodo (10C) y un cuarto electrodo (10D) que están dispuestos en una fila en ese orden, en la que
 

5 dicho grupo de electrodos (10) está conectado a al menos una fuente de alimentación de CA (30); configurada para que cuando esté en operación una tensión suministrada a dos de dichos cuatro electrodos sea desplazada de fase de una tensión suministrada a los dos electrodos restantes;

espacios (850A, 850B, 850C) a los que es suministrada una fuente de gas son proporcionados entre los electrodos adyacentes, dicho grupo de electrodos (10) está constituido por electrodos huecos (810A, 810B, 810C, 810D);

10 la fuente de plasma está equipada con primeros tubos (860A, 860B, 860C, 860D) para suministrar un gas de asistencia de reacción, y con segundos tubos (865A, 865B, 865C) y colectores (870A, 870B, 870C) para suministrar la fuente de gas a través de los espacios (850A, 850B, 850C); y

**caracterizada porque** las tensiones aplicadas al primer electrodo (10A) y el segundo electrodo (10B) están en fase.
- 15 2. Una fuente de plasma (1) para un aparato de CVD de plasma, que comprende: un grupo de electrodos (10) que incluye cuatro electrodos, que son un primer electrodo (10A), un segundo electrodo (10B), un tercer electrodo (10C) y un cuarto electrodo (10D) que están dispuestos en una fila en ese orden,
 

en la que dicho grupo de electrodos (10) está conectado a al menos una fuente de alimentación de CA (30), configurada para que cuando esté en operación una tensión suministrada a dos de dichos cuatro electrodos sea desplazada de fase de una tensión suministrada a los dos electrodos restantes, y espacios (50) a los que es suministrada una fuente de gas son proporcionados entre los electrodos adyacentes, estando dicho grupo de electrodos (10) constituido por electrodos huecos (810A, 810B, 810C, 810D);

20 la fuente de plasma está equipada con primeros tubos (860A, 860B, 860C, 860D) para suministrar un gas de asistencia de reacción, y con segundos tubos (865A, 865B, 865C) y colectores (870A, 870B, 870C) para suministrar la fuente de gas a través de los espacios (850A, 850B, 850C); y

25 **caracterizada porque** las tensiones aplicadas al segundo electrodo (10B) y el tercer electrodo (10C) están en fase.
3. La fuente de plasma (1) según la reivindicación 1 o 2, en la que cada electrodo mencionado está conectado a la fuente de alimentación individual de CA (30).
- 30 4. La fuente de plasma (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que:
 

está presente una pluralidad de dichas fuentes de alimentación de CA (130);

dos de dichos primeros electrodos (110A), segundos electrodos (110B), terceros electrodos (110C) y cuartos electrodos (110D) están conectados a una primera fuente de alimentación de CA (130-1); y

35 los dos restantes de dichos primeros electrodos, segundos electrodos, terceros electrodos y cuartos electrodos están conectados a una segunda fuente de alimentación de CA (130-2).
5. La fuente de plasma (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que:
 

dicho grupo de electrodos (310) además incluye un quinto electrodo (310E) y sexto electrodo (310F) que son adyacentes entre sí, estando dicho quinto electrodo dispuesto en un lado de dicho cuarto electrodo (310D) opuesto a dicho tercer electrodo (310C);

40 las tensiones suministradas a tres de dichos seis electrodos es desplazada de fase de las tensiones suministradas a los tres electrodos restantes; y

las tensiones aplicadas a dichos primeros a terceros electrodos (310A-310C) están en la misma fase.
6. La fuente de plasma (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que:
 

cada electrodo está dispuesto linealmente a lo largo de una fila; y

45 el plasma formado por la fuente de plasma tiene un tamaño mayor o igual que 0,5 m a lo largo de una dirección de disposición de dichos electrodos.
7. La fuente de plasma según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que cada electrodo tiene una ranura o abertura (812) para inyección de plasma.

8. La fuente de plasma según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que una frecuencia de dicha fuente de alimentación de CA (30) cae en un intervalo de 5 kHz a 500 kHz.

9. Un procedimiento de fabricación de un artículo,

**caracterizado porque** el procedimiento de fabricación incluye:

5 una etapa de disponer un objeto de procesamiento (200) en un aparato de CVD de plasma equipado con primeros tubos (860A, 860B, 860C, 860D), segundos tubos (865A, 865B, 865C), colectores (870A, 870B, 870C) y un grupo de electrodos (10) que incluye cuatro electrodos, que son un primer electrodo, un segundo electrodo, un tercer electrodo y un cuarto electrodo dispuestos en una fila **en ese** orden, en el que dicho grupo de electrodos (10) está constituido por electrodos huecos (810A, 810B, 810C, 810D);

10 una etapa de suministrar un gas de asistencia de reacción a través de los primeros tubos (860A, 860B, 860C, 860D);

15 una etapa de suministrar una fuente de gas para deposición de película a partir de al menos un intervalo entre los electrodos adyacentes en dicho grupo de electrodos (10), en el que los segundos tubos (865A, 865B, 865C) y los colectores (870A, 870B, 870C) son proporcionados para suministrar la fuente de gas a través del al menos un intervalo;

una primera etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión negativa a dicho primer electrodo (10A) y dicho segundo electrodo (10B), que es adyacente a dicho primer electrodo, y para aplicar una tensión positiva a dicho tercer electrodo (10C) y dicho cuarto electrodo (10D), que es adyacente a dicho tercer electrodo; y

20 una segunda etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión positiva a dicho primer electrodo (10A) y dicho segundo electrodo (10B) y para aplicar una tensión negativa a dicho tercer electrodo (10C) y dicho cuarto electrodo (10D), en el que un artículo es fabricado por la aplicación de una deposición de película sobre dicho objeto de procesamiento (200) por la realización alternada de dicha primera etapa de aplicación de tensión y dicha segunda etapa de aplicación de tensión en cada lapso de un tiempo predeterminado.

10. Un procedimiento de fabricación de un artículo,

25 **caracterizado porque** el procedimiento de fabricación incluye:

una etapa de disponer un objeto de procesamiento (200) en un aparato de CVD de plasma equipado con primeros tubos (860A, 860B, 860C, 860D), segundos tubos (865A, 865B, 865C), colectores (870A, 870B, 870C) y con un grupo de electrodos (10) que incluye cuatro electrodos, que son un primer electrodo (10A), un segundo electrodo (10B), un tercer electrodo (10C) y un cuarto electrodo (10D) dispuestos en una fila **en ese** orden, en el que dicho grupo de electrodos (10) está constituido por electrodos huecos;

30 una etapa de suministrar un gas de asistencia de reacción a través de los primeros tubos (860A, 860B, 860C, 860D);

35 una etapa de suministrar una fuente de gas para deposición de película a partir de al menos un intervalo entre los electrodos adyacentes en dicho grupo de electrodos, en el que los segundos tubos (865A, 865B, 865C) y los colectores (870A, 870B, 870C) son proporcionados para suministrar la fuente de gas a través del al menos un intervalo;

una primera etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión negativa a dicho primer electrodo y dicho cuarto electrodo y para aplicar una tensión positiva a dicho segundo electrodo y dicho tercer electrodo; y

40 una segunda etapa de aplicación de tensión para aplicar una tensión positiva a dicho primer electrodo y dicho cuarto electrodo y para aplicar una tensión negativa a dicho segundo electrodo y dicho tercer electrodo,

en el que un artículo es fabricado por la aplicación de una deposición de película sobre dicho objeto de procesamiento (200) por la realización alternada de dicha primera etapa de aplicación de tensión y dicha segunda etapa de aplicación de tensión en cada lapso de un tiempo predeterminado.

FIG.1

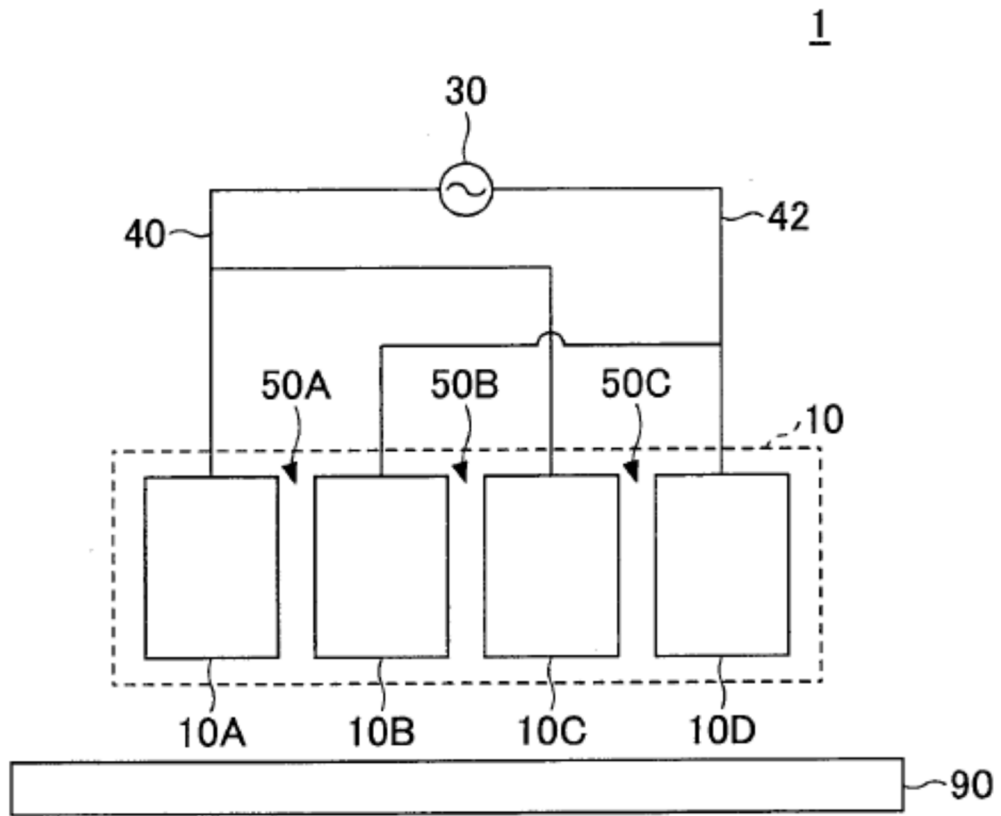


FIG.2

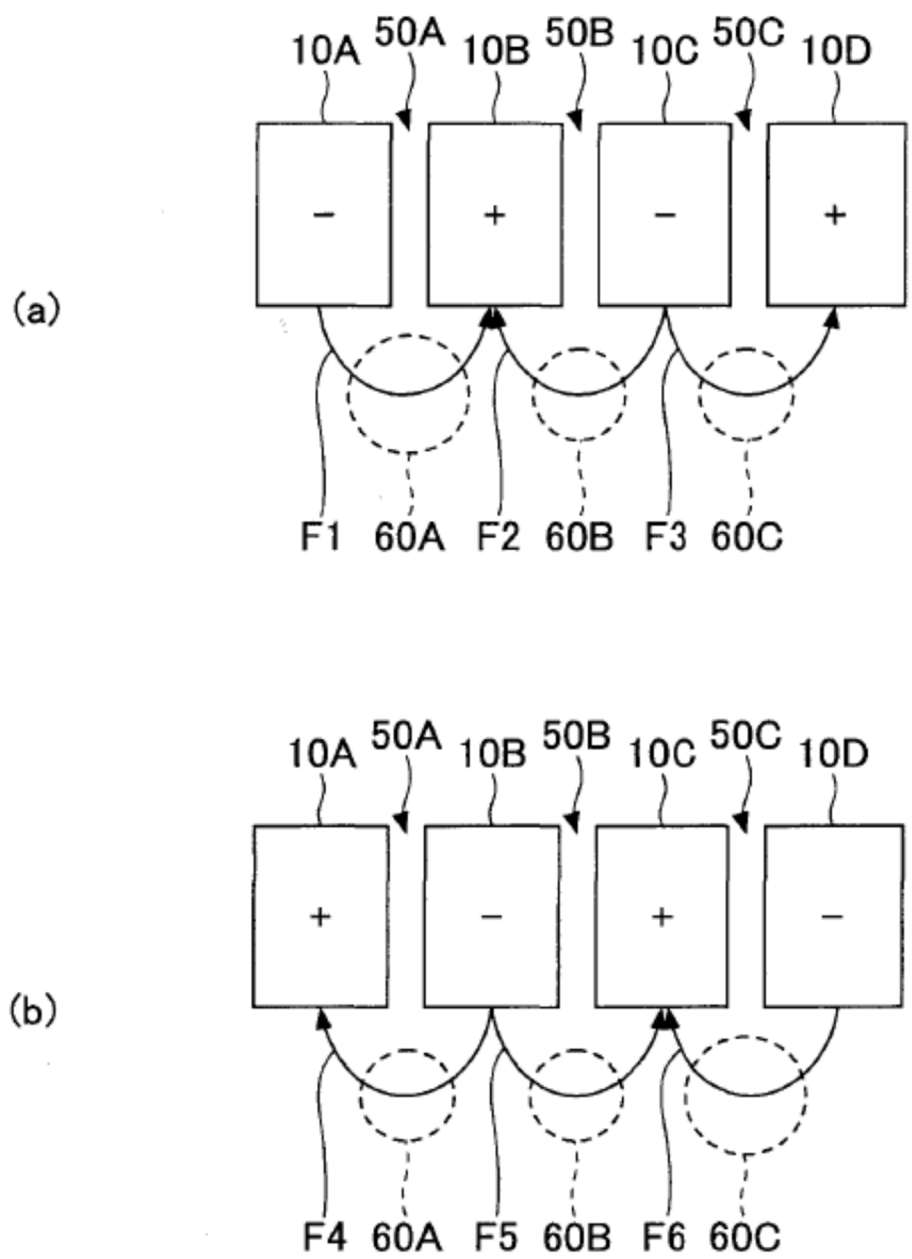


FIG.3

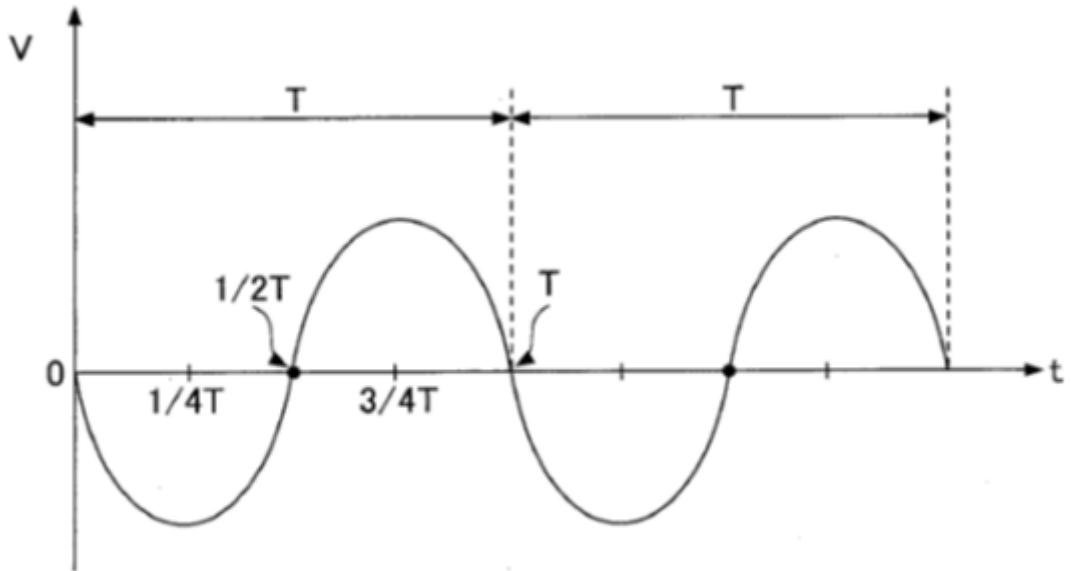


FIG.4

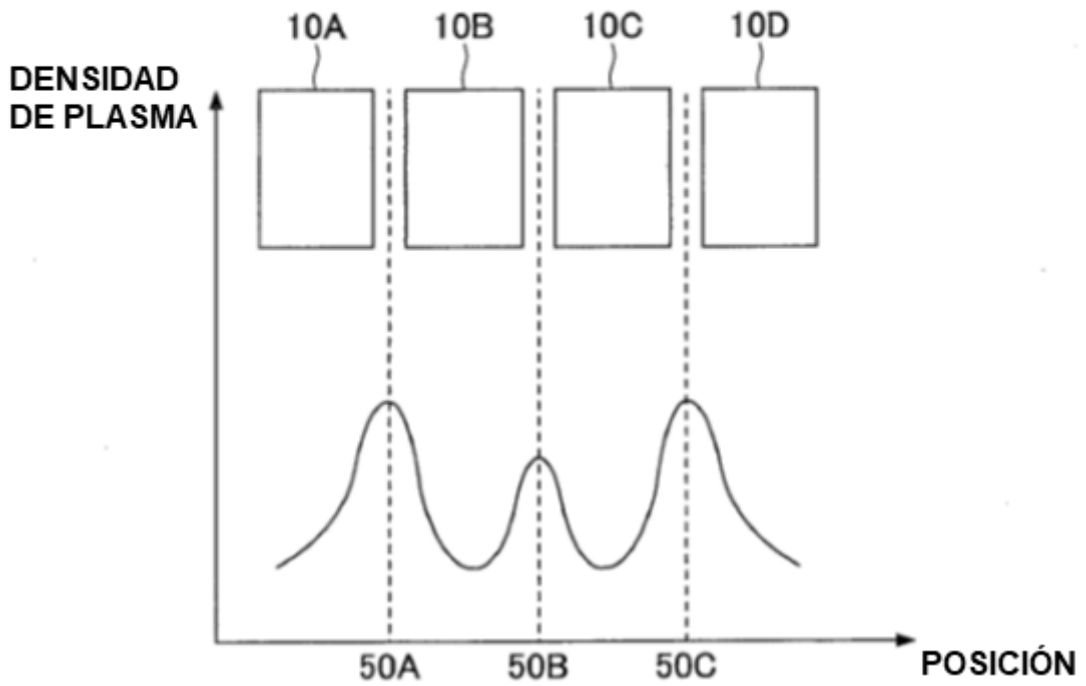


FIG.5

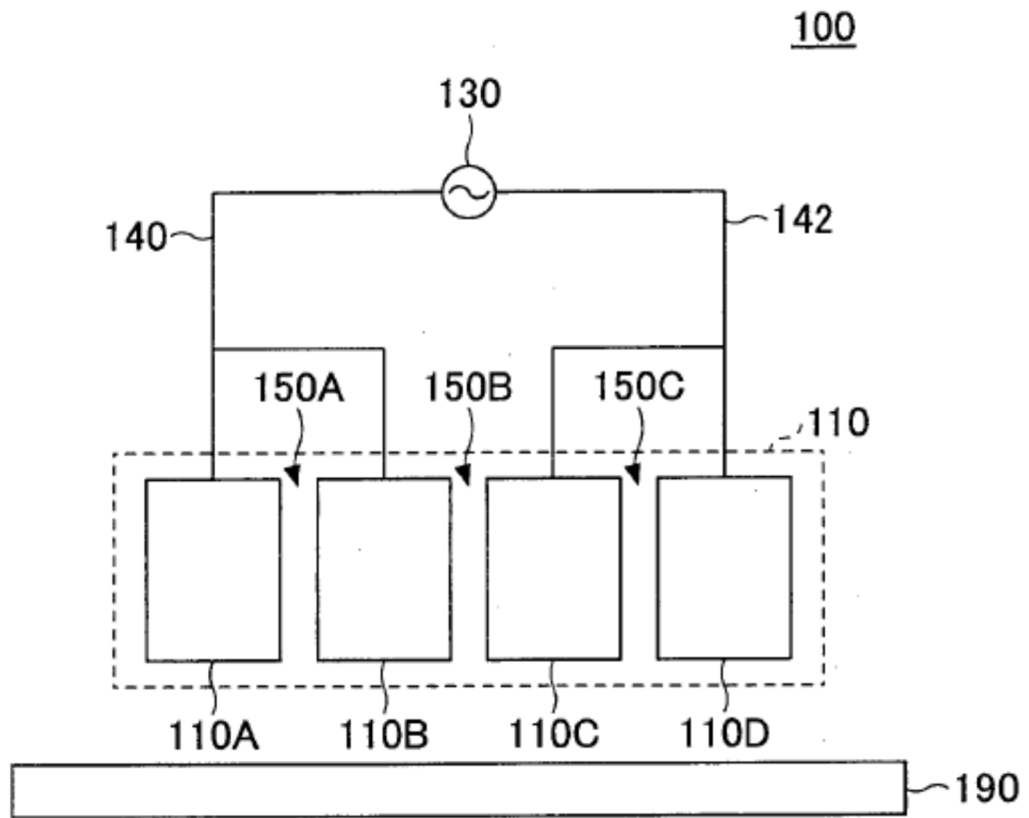


FIG.6

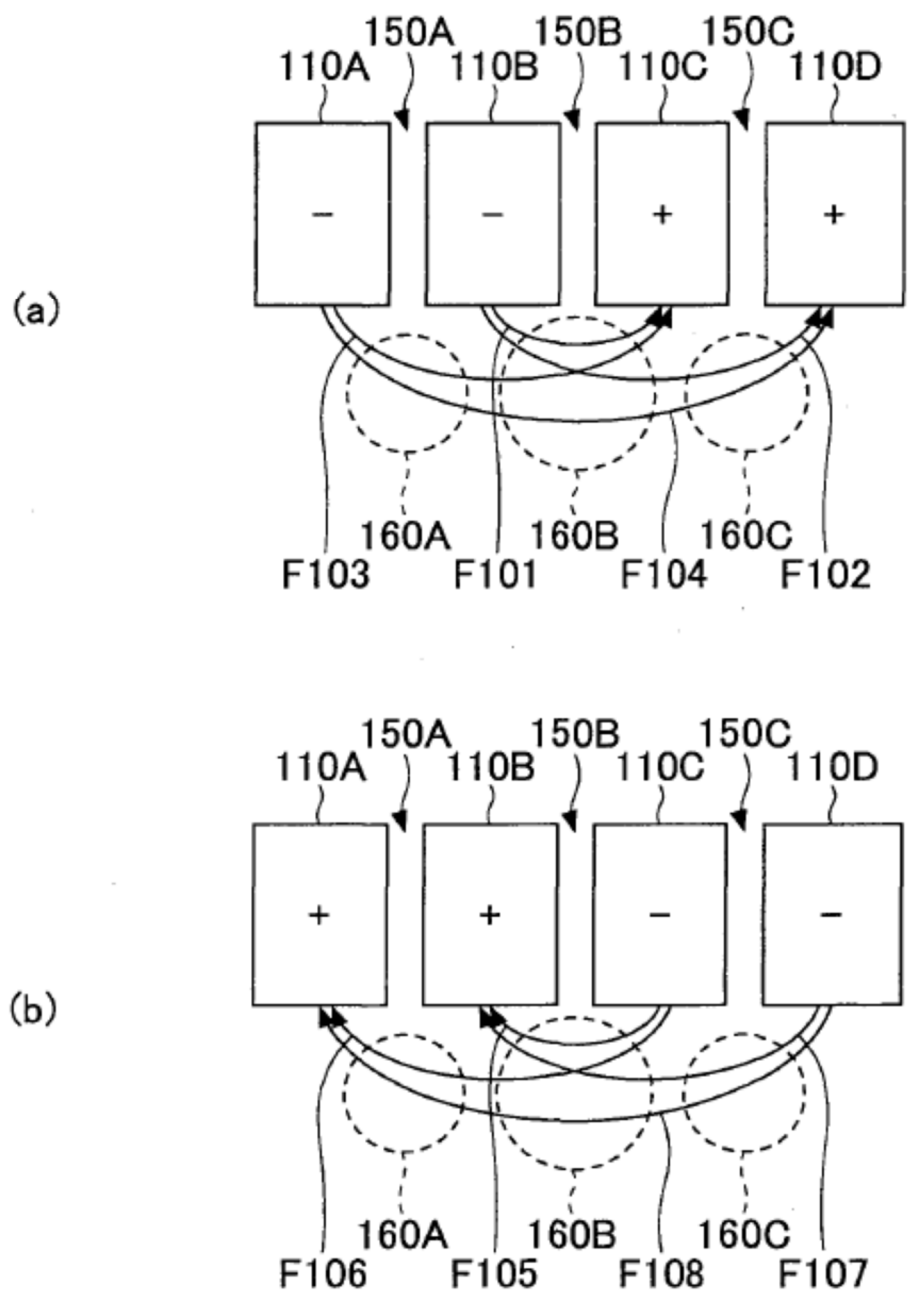


FIG.7

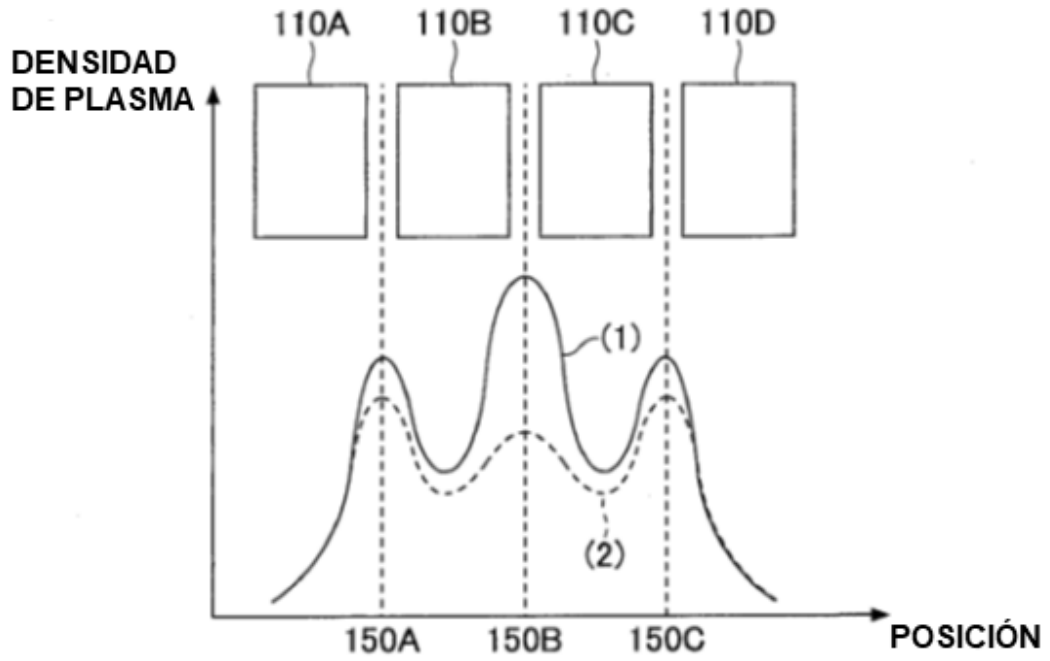
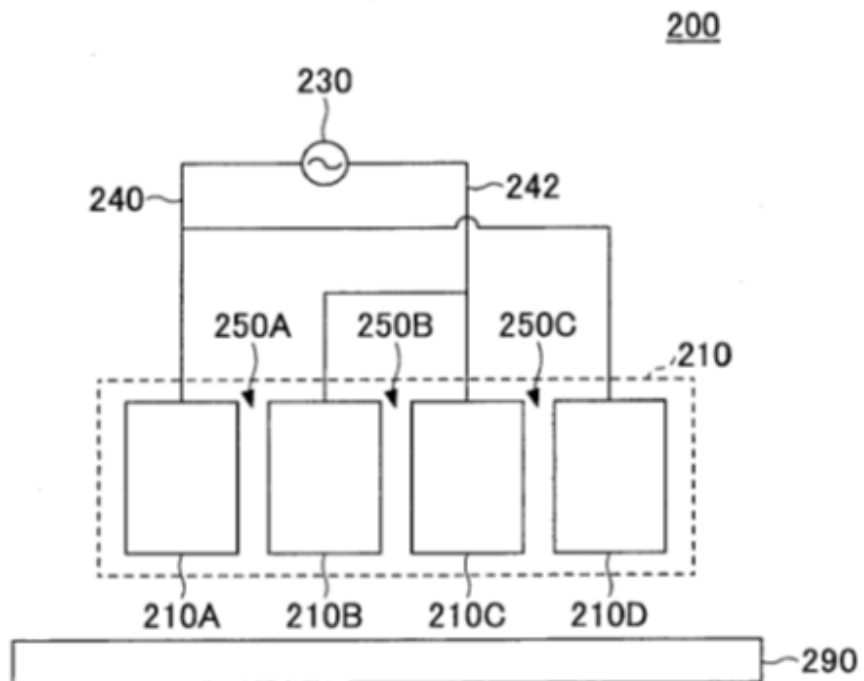


FIG.8





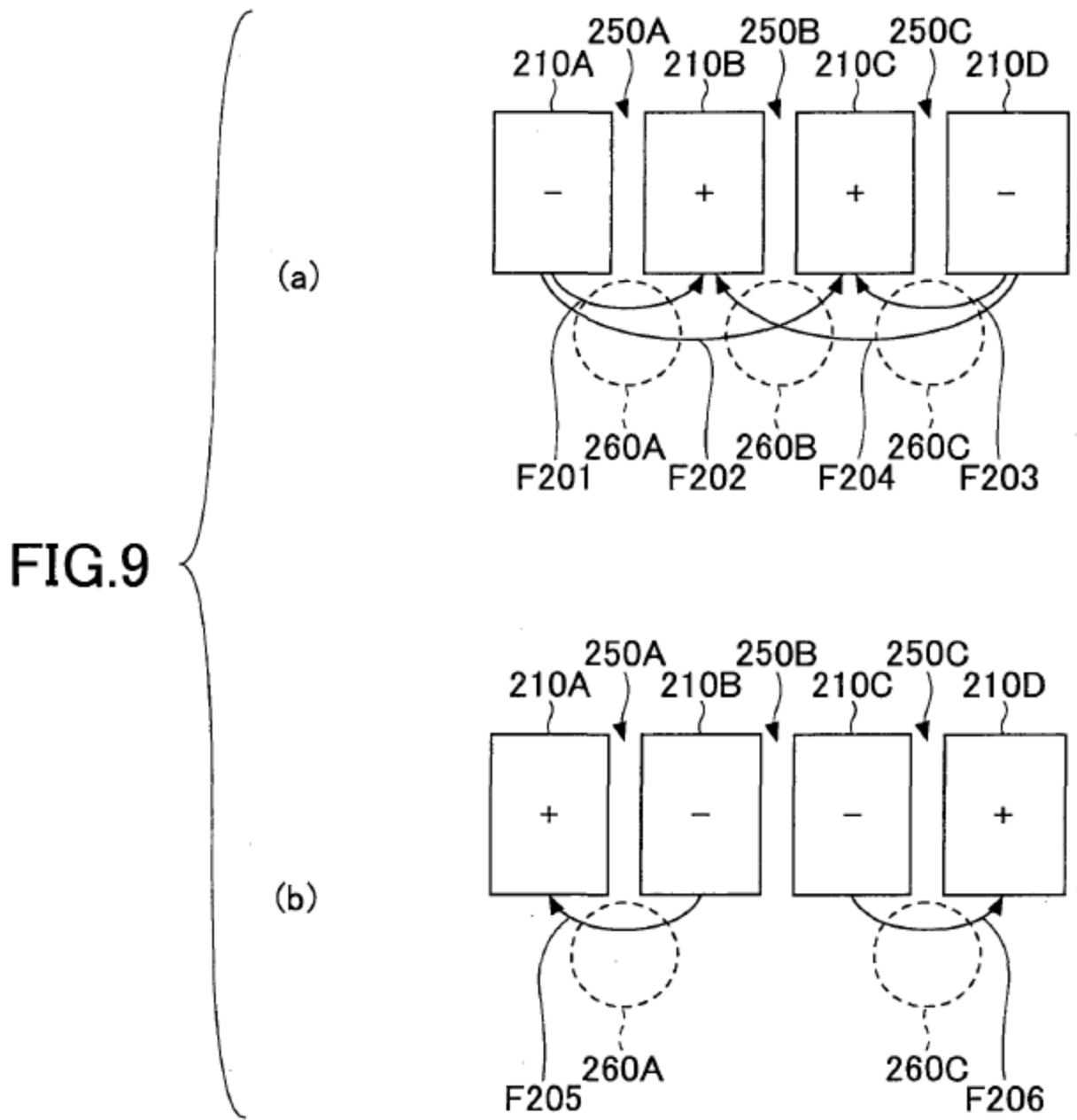


FIG.10

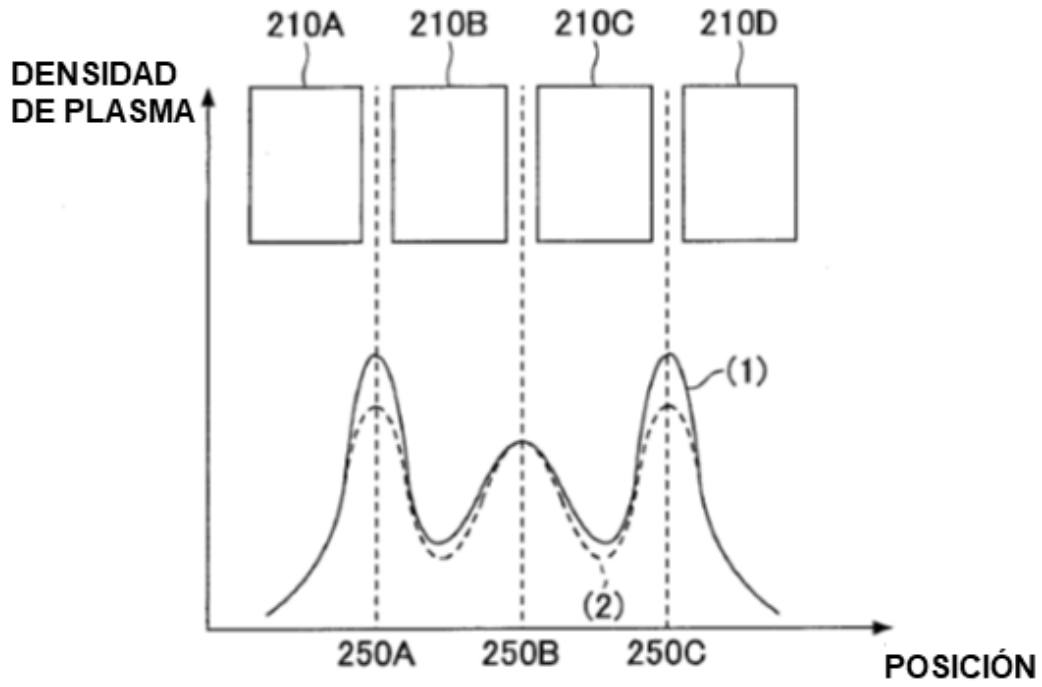


FIG.11

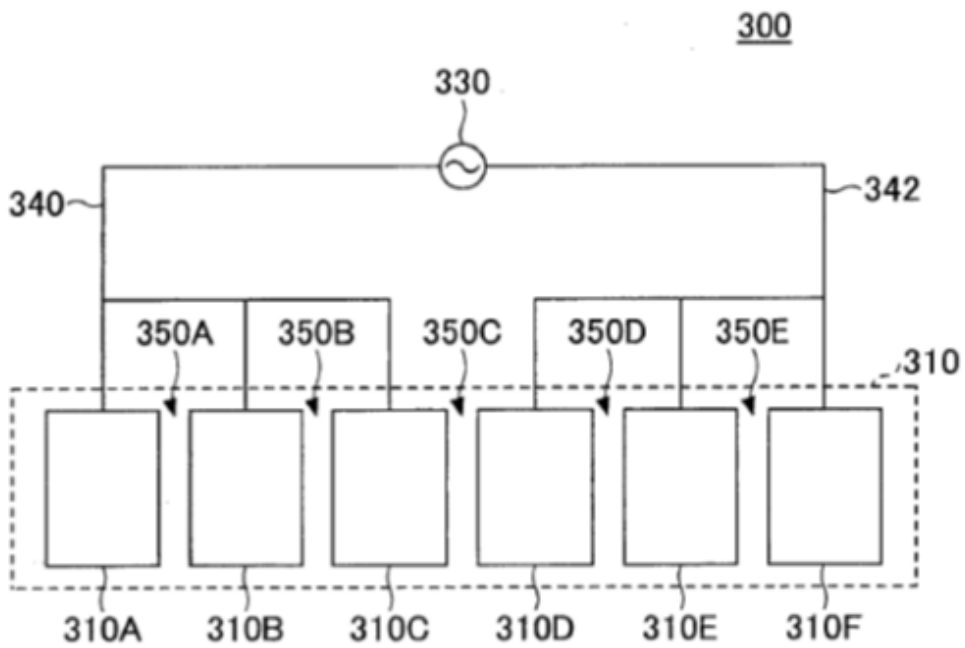


FIG.12

