



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 752**

51 Int. Cl.:
H01L 21/205 (2006.01)
C23C 16/509 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02777987 .5**
96 Fecha de presentación : **29.10.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1564794**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.08.2005**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para generar plasma uniforme de alta frecuencia sobre un área de gran superficie.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.11.2011

73 Titular/es: **mitsubishi heavy industries, Ltd.**
5-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8315, JP

72 Inventor/es: **Kawamura, Keisuke;**
Takano, Akemi;
Mashima, Hiroshi;
Takatuka, Hiromu;
Yamauti, Yasuhiro;
Takeuchi, Yoshiaki y
Sasakawa, Eishiro

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

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

Procedimiento y dispositivo para generar plasma uniforme de alta frecuencia sobre un área de gran superficie

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para generar un plasma uniforme de alta frecuencia sobre un área de gran superficie usado para un aparato de deposición de vapor químico de plasma. El aparato de deposición de vapor químico de plasma se usa para formar o grabar las películas de semiconductores a partir de silicio amorfo, silicio de micro-cristales, silicio de película fina multi-cristal, nitruro de silicio, etc., para su uso en células solares, transistores de película fina o similares, y se usa para realizar la limpieza por radical flúor (auto-limpieza) que limpia los depósitos de silicio amorfo (a-Si) en el interior de la cámara de formación de película usando plasma de gas NF_3 .

Antecedentes técnicos

Un dispositivo generador de plasma de alta frecuencia utilizado en un aparato de deposición de vapor químico de plasma realiza la formación o grabación de las películas de semiconductor a partir de silicio amorfo (en adelante en este documento abreviado por "a-Si"), silicio de micro-cristales, silicio de películas finas multi-cristal, nitruro de silicio, etc. para su uso en células solares, transistores de película fina o similares, y realiza la auto-limpieza para los depósitos de silicio en la cámara de formación de películas usando gas NF_3 . El dispositivo generador de plasma de alta frecuencia puede emplear uno de dos tipos de electrodos: un electrodo del tipo de placas planas en paralelo o un electrodo tipo de escalera.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de un dispositivo que emplea el tipo de electrodo de placas planas en paralelo. El medio de soporte del calentamiento del sustrato 6 se instala en el interior del aparato de deposición de vapor químico de plasma 1 y contacta eléctricamente con tierra. El electrodo de placas planas 60 está separado, por ejemplo 20 mm del medio de soporte de calentamiento del sustrato de oposición 6. El electrodo de placas planas 60 está conectado a una fuente de potencia de alta frecuencia externa 61 a través de un controlador de emparejamiento de impedancias 62 y un cable coaxial 63. Además, el sello de tierra 5 impide la generación de plasma no deseada en el lado opuesto de la cara frente al medio de soporte de calentamiento del sustrato 6.

A continuación, el sustrato 7 para la formación de la película de a-Si se coloca encima del medio de soporte de calentamiento del sustrato 6 a una temperatura fija, por ejemplo de 200°C; se introduce gas silano (SiH_4) a través del tubo de entrada de gas 64 a una velocidad de flujo, por ejemplo de 50 sccm; y se actúa una bomba de vacío (no mostrada) conectada al tubo de escape de vacío 65 para ajustar la tasa del flujo de escape, y como resultado, la presión del interior en el aparato de deposición de vapor químico de plasma 1 se fija por ejemplo a 100 mTorr. A continuación, el plasma 66 se genera entre el sustrato 7 y el electrodo de placas planas 60 suministrando potencia de alta frecuencia desde la fuente de potencia de alta frecuencia 61, que se ajusta por el controlador de emparejamiento de impedancias 62, para crear una generación de plasma de alta eficacia en el dispositivo generador de plasma. En el interior del plasma 66, el SiH_4 se descompone y forma una película de a-Si sobre la superficie del sustrato 7. Un grosor adecuado de una película de a-Si puede depositarse de este modo en el curso de aproximadamente 10 minutos.

Un ejemplo de una estructura del dispositivo generador de plasma de alta frecuencia de tipo escalera se muestra en la Figura 7. La Figura 8 muestra un diagrama desde la dirección A en la Figura 7 para dilucidar la estructura de electrodo del tipo de escalera 70. La estructura de tales electrodos del tipo escalera 70 se describe con detalle en la Publicación de Patente Japonesa Hei 4-236781, etc., mientras que la Publicación de Patente Japonesa Hei 11-111622 desvela una forma evolucionada del electrodo de tipo de escalera en la cual una pluralidad de varillas de electrodos en paralelo están dispuestas dentro un grupo de electrodos, y donde dos de tales grupos están dispuestos de forma ortogonal para formar una malla de electrodos.

En el dispositivo del generador de plasma de alta frecuencia mostrado en la Figura 7, el medio de soporte de calentamiento de sustrato 6 (no mostrado en la Figura 8) está conectado eléctricamente a tierra, que se proporciona en el interior del aparato de deposición de vapor químico de plasma, y el electrodo de tipo de escalera 70 está posicionado enfrente del medio de soporte de calentamiento del sustrato 6 a una distancia, por ejemplo de 20 mm. El electrodo tipo de escalera 70 se conecta eléctricamente a una fuente de potencia de alta frecuencia externa 61 a través del controlador de emparejamiento de impedancias 62 y el cable coaxial 63. El campo de tierra 5 está posicionado para impedir que se genere plasma no deseado sobre el lado opuesto a la superficie frente al medio de soporte de calentamiento del sustrato 6.

A continuación, el sustrato 7 para la película de a-Si en formación se coloca encima de medio de soporte de calentamiento del sustrato 6 a una temperatura fija, por ejemplo, de 200°C, y el gas silano (SiH_4) se introduce a través del tubo de entrada de gas a una velocidad de flujo de por ejemplo, 50 sccm. A continuación se actúa la bomba de vacío (no mostrada) conectada al tubo de escape de vacío para ajustar la tasa del flujo de escape, y resultando, una presión interior en el aparato de deposición de vapor químico de plasma 1 que se fija, por ejemplo, a

13,30 kPa. Como el plasma 71 se genera entre el sustrato 7 y el electrodo del tipo de escalera 70 suministrando potencia de alta frecuencia al electrodo de tipo escalera 70, el controlador de emparejamiento de impedancias 62 puede ajustarse para crear la generación de plasma de alta eficacia en el dispositivo del generador de plasma. En el interior del plasma 71, a continuación, el silano (SiH_4) se descompone y se forma una película de a-Si sobre la superficie del sustrato 7. De este modo puede depositarse un grosor adecuado de una película de a-Si en este modo en el curso de aproximadamente 10 minutos.

Comparando el ejemplo de estructura de la Figura 7 con el de la Figura 6, el uso de un electrodo de tipo escalera comprende una pluralidad de varillas que tienen una sección transversal redonda en lugar de un electrodo de placas planas, permite que la materia prima del silano (SiH_4) fluya libremente entre los peldaños para efectuar el suministro de la materia prima más uniforme. En segundo lugar, el plasma puede generarse de forma más uniforme por medio de la pluralidad de puntos de suministro de potencia (en este ejemplo 4 puntos), en oposición a un punto de suministro.

Tal aparato de deposición de vapor químico de plasma incluye un dispositivo generador de plasma de alta frecuencia pero hay una demanda en marcha de dispositivos que puedan fabricar semiconductores de película fina para células solares, transistores de película fina para las pantallas de paneles planos y similares, con bajo coste de fabricación de un área de gran superficie (por ejemplo aproximadamente $1,5 \times 1,2$ m) a alta velocidad, y con alta calidad bajando la densidad de defectos y consiguiendo la tasa de cristalización de alto nivel. Adicionalmente, existe una demanda de auto-limpieza de grandes áreas de superficie, de alta velocidad usando gas NF_3 de los depósitos de a-Si que se acumulan en las cámaras donde tiene lugar la formación de la película del área de gran superficie, que es la misma demanda para la fabricación de películas finas.

Para cumplir tales demandas, se han usado fuentes de potencia de muy alta frecuencia (30-800 MHz) para un nuevo procedimiento de generación de plasma. El uso de las muy altas frecuencias anteriores acelera la tasa de formación de películas y produce una mayor calidad. El procedimiento se describe, por ejemplo, en "Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 424, página 9, 1997. Recientemente, la atención se ha enfocado en la formación de películas finas de Si de micro-cristales en lugar de en las películas de a-Si usando tales muy altas frecuencias para producir películas de alta calidad, con alta velocidad.

Un problema con estos procedimientos de formación de películas de muy alta frecuencia es la dificultad de obtener uniformidad en la formación de películas de un área de gran superficie. Como la longitud de onda de estas muy altas frecuencias es del mismo orden que el tamaño de los electrodos, se genera una onda estacionaria en los extremos de los electrodos debido a las ondas reflejadas que causan una capacidad inductiva flotante que afecta a la distribución de voltajes, que a su vez causa una falta de uniformidad en la distribución de plasma debido a la interferencia entre el plasma y las ondas de alta frecuencia. El resultado es una distribución no uniforme del grosor de la película, siendo la película más fina en el centro. Además, el plasma de NF_3 utilizado en la auto-limpieza, que es un gas cargado negativamente (los electrones se adhieren fácilmente), causa que el propio plasma sea muy inestable, y además su distribución no uniforme debido al flujo de gas (el plasma que se está generando del lado del flujo descendente) y las diferencias en las distancias entre electrodos.

En un ejemplo típico que emplea los electrodos de placas planas paralelas que se representa estructuralmente en la Figura 6, el tamaño de los electrodos excede 30 cm x 30 cm. De este modo cuando la frecuencia excede de 30 MHz, los efectos descritos anteriormente se hacen pronunciados y es difícil conseguir incluso la uniformidad mínima en el grosor de la película de $\pm 10\%$ para la fabricación de película de semiconductor.

Por otra parte, en un ejemplo típico con un electrodo tipo de escalera estructurado como se muestra en las Figuras 7, 8, la onda estacionaria pronunciada que se forma desde el punto único de suministro de potencia se reduce de forma característica al usar cuatro puntos de suministro de potencia. Sin embargo, en esta caso también, se hace difícil formar películas uniformes cuando el tamaño del electrodo excede los 30 cm o cuando la frecuencia excede los 80 MHz.

Los problemas descritos anteriormente han llamado la atención de las sociedades académicas, y en este punto, como se describe en el documento Mat. Res. Symp. Proc, Vol 377, página 27, 1995, por ejemplo, las propuestas se realizan para conectar una reactancia sin pérdidas (bobina) del lado opuesto del suministro de potencia de los electrodos de placas planas paralelas. Esto cambia las condiciones de la onda reflejada para la onda estacionaria en el extremo de los electrodos y genera una distribución relativamente plana de formas de onda estacionarias, por ejemplo un pico de la onda sinusoidal sobre el electrodo que por lo tanto disminuye la distribución de voltaje desde el electrodo. Sin embargo, este procedimiento no elimina fundamentalmente las ondas estacionarias, sino que simplemente genera la parte plana de una onda sinusoidal sobre el electrodo, lo que produce un área uniforme que es aproximadamente de $1/8$ de la longitud de onda. En teoría, no sería posible una uniformidad adicional más allá de ese intervalo.

Otras propuestas para la tecnología de generar plasma de forma uniforme sobre un área de gran superficie se desvela en las publicaciones de Patentes Japonesas 2000-3878, 2000-58465, 2000-323297, 2001-7028, etc., pero

en estas patentes, el tamaño máximo de electrodo era de alrededor de 80 cm x 80 cm. No pueden acomodar grandes áreas de superficies de 1,5 m x 1,2 m que son el objetivo de la presente invención. De este modo, la tecnología convencional para el aparato de deposición de vapor químico de plasma que realiza la generación de plasma de muy alta frecuencia no podría generar plasma para producir una película uniforme sobre grandes substratos que exceden el tamaño de 1m x 1m.

Una tecnología similar a la utilizada en la presente invención, que es la tecnología que usa dos electrodos de descarga diferentes alimentados por dos ondas de alta frecuencia diferentes se describe con detalle en "Plasmas Excitados por Microondas" de M. Noisan, J. Pelletier, Tecnología, 4, segunda impresión, página 401, Elsevier Science B.V., 1999.

Sin embargo el objetivo de esa tecnología fue controlar el volumen de los iones activos y otras afluencias así como la energía radiada por medio del uso de una onda de alta frecuencia para la generación de plasma y otra para controlar el voltaje de polarización sobre la superficie del substrato dieléctrico. Ese objetivo difiere completamente del objetivo de la presente invención de producir la generación de plasma uniforme sobre un gran substrato que excede las dimensiones de 1 m x 1 m.

La presente invención se desarrolló para resolver los problemas mencionados anteriormente y tiene como objetivo la provisión de un procedimiento de uniformización y un dispositivo para plasma de alta frecuencia sobre grandes áreas de superficie, empleando un aparato de deposición de vapor químico de plasma que genera plasma uniforme sobre un área de gran superficie usando un aparato de deposición de vapor químico de plasma de muy alta frecuencia (VHF).

Además, el documento US2001/0021422A1 desvela un procedimiento de generación de plasma de descarga que comprende la aplicación de potencia de alta frecuencia a electrodos de descarga de modo que un entorno que representa la distribución espacial de un voltaje de alta frecuencia sobre los electrodos de descarga cambia de acuerdo con una función que incluye el tiempo como un parámetro.

Más específicamente, este documento desvela un procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en un aparato de deposición de vapor químico de plasma en el cual el plasma se genera suministrando potencia de alta frecuencia a un electrodo de descarga, que comprende las etapas de: aplicar un suministro de potencia de alta frecuencia (de 60,3 MHz) a una primera sección de suministro de potencia mientras que se aplica un suministro de potencia de alta frecuencia a una segunda sección de suministro de potencia con una frecuencia diferente (de 59,8 MHz).

Sumario de la invención

Para resolver los problemas anteriores, la presente invención instala una primera y una segunda secciones de suministro de potencia sobre ambos extremos del electrodo de descarga, que se suministran con ciclos alternos: el primer ciclo en el que la primera y la segunda secciones de alimentación de potencia reciben las ondas de alta frecuencia en la misma frecuencia, y un segundo ciclo en el que se reciben ondas de alta frecuencia diferentes, por lo tanto, las ondas estacionarias generadas en cada ciclo se forman en posiciones diferentes durante la generación del plasma, que, cuando se promedian en el tiempo, hace posible una generación de plasma uniforme sobre un área de gran superficie.

A saber, la presente invención se refiere a un procedimiento de generación de plasma de acuerdo con la reivindicación 1.

Además, la presente invención proporciona un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12.

De este modo, alternando los ciclos de potencia de alta frecuencia que se suministran a la misma frecuencia, y los que se suministran a diferentes frecuencias, cuando se suministran las ondas de alta frecuencia a los electrodos de descarga a la misma frecuencia, las ondas procedentes de ambos lados resuenan en el medio para aumentar la densidad del plasma en esa área, pero por el contrario, cuando las ondas de ambos lados del electrodo son de frecuencias diferentes, tienen a cancelarse entre sí en el centro para bajar la densidad de plasma en esa área. De este modo cuando se alternan estos ciclos y se ve el promedio en el tiempo, la generación de plasma es tal que la distribución de ondas estacionarias es uniforme sobre el área de gran superficie por encima del electrodo de descarga, lo cual da como resultado un espesor uniforme de la deposición sobre el substrato de gran área de superficie así como una auto-limpieza uniforme.

Una implementación preferente del procedimiento anterior de la presente invención es variar una de las frecuencias del segundo ciclo con el tiempo para variar intencionadamente el estado de generación del plasma de tal modo que cuando se ve como un promedio en el tiempo, el plasma se genera de forma uniforme sobre el área de gran superficie, y además, el segundo oscilador tiene una frecuencia de oscilación variable.

De este modo, cuando se varía una de las frecuencias del segundo ciclo anterior con el tiempo suministrando ondas

de alta frecuencia a diferentes frecuencias, el estado de la generación de plasma puede variarse de acuerdo con la promedio adicional de la densidad de plasma.

Además, una de las frecuencias utilizadas durante el ciclo que usa diferentes frecuencias, particularmente una de las frecuencias en el segundo ciclo puede ser la misma frecuencia que la frecuencia en el primer ciclo.

- 5 Además, la conmutación para alternar entre los ciclos primero y segundo puede caer dentro del intervalo de 1 vez / segundo a 10 millones de veces / segundo.

La proporción de tiempo entre el primer ciclo y el segundo ciclo puede variarse, dependiendo de la presión de gas y el tipo de gas que se está usando.

- 10 También, es preferible usar un generador de funciones de modo que la proporción de tiempo entre el primer ciclo y el segundo ciclo puede variarse, dependiendo de la presión y el tipo de gas que se esté usando, y también puede variarse la proporción de tiempo entre la primera y la segunda frecuencias que se conmutan por el medio de conmutación y fijarse a un valor apropiado dependiendo de la presión de gas y el tipo de gas en base a las entradas del generador de funciones.

- 15 De este modo, la proporción de tiempo entre el primer ciclo y el segundo ciclo puede variarse de acuerdo con la presión de gas y el tipo de gas; por ejemplo, usando un ciclo de trabajo idéntico, diferentes condiciones del gas podrían causar que difiriese el estado de generación del plasma. Sin embargo, tal situación podría manejarse y podría conseguirse una densidad de plasma uniforme de este modo sin requerir ningún cambio hardware.

- 20 Además, en la presente invención, puede aplicarse la modulación por desplazamiento de fase a las ondas de alta frecuencia suministradas a la primera y segunda secciones de suministro de potencia durante el primer ciclo para variar el estado de generación del plasma desplazando la fase de la otra alta frecuencia para producir la generación de plasma uniforme sobre un área de gran superficie cuando se promedia en el tiempo.

A saber, además puede comprender un medio de modulación por desplazamiento de fase que se incorpora para modular la fase de las ondas de alta frecuencia suministradas a partir del primer oscilador a la fuente de potencia de alta frecuencia A o el medio de conmutación de frecuencias.

- 25 De este modo, cuando se suministran las ondas de alta frecuencia de la misma frecuencia a la sección de suministro de potencia, la fase de las ondas de alta frecuencia pueden desplazarse hacia el otro lado para hacer posible el uso de una aplicación de frecuencia única a los electrodos de descarga, para desplazar el plasma de alta densidad fuera del centro y por lo tanto hacer el plasma uniforme cuando se promedia en el tiempo.

- 30 Además en la presente invención, puede aplicarse una polarización de corriente continua a la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga para uniformizar la densidad del plasma generado sobre un área de gran superficie.

A saber, esto involucra la adición de un medio para aplicar una polarización de corriente continua a la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga.

- 35 La aplicación de una polarización de corriente continua a la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga hace posible reducir la capacidad de la envoltura del electrodo de descarga, lo que aumenta la longitud de onda de la onda estacionaria para uniformizar la densidad del plasma.

- 40 Además aún en la presente invención, una dirección axial de los cables de suministro de potencia a las secciones de suministro de potencia primera y segunda pueden igualarse con la dirección axial del electrodo de descarga para minimizar las distancias de retorno de corriente, y reducir las pérdidas de potencia desde la fuente de potencia, para aumentar, por lo tanto, el intervalo sobre el cual se genera el plasma.

A saber, el cable de suministro de potencia para la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga debería conectarse en un modo tal que la dirección axial del cable coincida con la dirección axial del electrodo de descarga.

- 45 Igualando la dirección axial del cable de suministro de potencia para la sección de suministro de potencia con la dirección axial del electrodo de descarga, la potencia desde la fuente de potencia puede entrar suavemente al electrodo de descarga, y la minimización de la distancia de retorno de corriente reduce las pérdidas de potencia para aumentar el intervalo sobre el que se genera el plasma.

- 50 Adicionalmente, la presente invención se caracteriza por la configuración, en la cual puede suministrarse el gas que forma fácilmente el plasma en el interior del aparato de deposición del vapor químico del plasma que está dentro de un intervalo que satisface las condiciones requeridas para la formación rápida de película por la deposición del vapor químico de plasma y la auto-limpieza rápida del aparato de deposición de vapor químico de plasma.

Añadiendo gas que facilita la formación de plasma de esta forma promueve adicionalmente la generación de plasma uniforme. De este modo es preferible emplear mezclas de gas que contienen gases inactivos tales como N₂, Ar, Kr, Xe o una combinación de los mismos.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La Figura 1 es un diagrama de bloques que representa una realización del dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en el aparato de deposición de vapor químico de plasma de la presente invención.
- La Figura 2 es un diagrama utilizado para explicar una estructura del tipo escalera para el electrodo de descarga.
- 10 La Figura 3 es un diagrama que muestra la conexión entre el electrodo de descarga y el cable de suministro de potencia.
- La Figura 4 es un gráfico que muestra el estado de generación de plasma que usa 10 tipos de proporciones de ciclos que varían desde 0 : 10 a 9 : 1, para el suministro de ondas de alta frecuencia de la misma frecuencia y ondas de alta frecuencia de diferentes frecuencias a la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga.
- 15 La Figura 5 es un gráfico que muestra el desplazamiento de fase de una de las ondas de alta frecuencia con respecto a la otra cuando se suministra potencia de alta frecuencia de la misma frecuencia a las secciones de suministro de potencia.
- La Figura 6 ilustra un ejemplo de aparato de deposición de vapor químico de plasma que emplea el electrodo del tipo de placas planas paralelas de acuerdo con la técnica anterior.
- 20 La Figura 7 ilustra un ejemplo de aparato de deposición de vapor químico de plasma que emplea el electrodo del tipo escalera de acuerdo con la técnica anterior.
- La Figura 8 es un diagrama para explicar el electrodo del tipo de escalera que muestra desde el lado A con flechas en la Figura 7 de acuerdo con la técnica anterior.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- La configuración básica de la presente invención proporciona un aparato de deposición de vapor químico de plasma de la clase que puede acomodar un tamaño de electrodo de 1,5 m x 1,2 m, una presión de gas de 12 a 20 Pa (90-150 mTorr), mientras que utiliza una fuente de potencia de alta frecuencia de 60 MHz. Como se ha descrito anteriormente en la sección sobre los medios usados para resolver los problemas con la tecnología existente, se establecen una primera y una segunda secciones de suministro de potencia sobre cada uno de los extremos del electrodo de descarga en el aparato de deposición de vapor químico de plasma; estos se alimentan alternativamente con ondas de alta frecuencia en dos ciclos, un ciclo en el cual se suministra la misma frecuencia de alta frecuencia, y un ciclo en el cual se suministran diferentes frecuencias de potencia de alta frecuencia. Cuando se ve con el tiempo, la generación de plasma, en otras palabras, la distribución de ondas estacionarias sobre el electrodo de descarga, es uniforme sobre el área de gran superficie por la generación de plasma diferente en cada uno de los ciclos. Además, en esta presente invención, pueden usarse los siguientes seis modos para uniformizar la generación de plasma promediada en el tiempo para hacer posible, por lo tanto, que funcione con los grandes sustratos objetivos que exceden de 1 m x 1 m.

1. Variar la frecuencia de oscilación de las diferentes frecuencias con el tiempo.
2. En base a la presión de gas, el tipo de gas y otras condiciones del gas, variar la proporción de tiempo, en otras palabras, variar el ciclo de trabajo entre el ciclo que suministra potencia de la misma frecuencia a las secciones de suministro de potencia primera y segunda y la que suministra frecuencias diferentes.
3. Cuando se suministra la misma frecuencia de la potencia de alta frecuencia a ambas secciones de suministro de potencia primera y segunda, desplazar la fase de una de las fuentes de potencia de alta frecuencia con respecto a la otra.
4. Aplicar un voltaje de polarización de CC a la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga,
5. Alinear la dirección axial de la salida del cable del suministro de potencia con las conexiones de las secciones de suministro de potencia primera y segunda (dirección axial), e
6. Introducir una proporción adecuada de gas inactivo que facilita la generación de plasma tal como N₂, Ar, Kr, Xe o combinaciones de los mismos dentro de un intervalo apropiado para la velocidad de formación de la película o la auto-limpieza, etc., para uniformizar la generación de plasma sobre el área de gran superficie y realizar el procesamiento uniforme.

En esta sección explicaremos varias combinaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Siempre que el tamaño, los materiales, las formas, las posiciones relativas y otros aspectos de las partes descritas en las relaciones no estén claramente definidos, el alcance de la invención no está limitado sólo a las partes conocidas, sino que están destinados simplemente a un propósito de ilustración.

En primer lugar, se proporcionará la explicación del dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en el aparato de deposición de vapor químico de

plasma de la presente invención. Después de esto, se describirán los procedimientos de generación uniforme de plasma de alta frecuencia sobre áreas de gran superficie.

La Figura 1, es un diagrama de bloques que representa una realización del dispositivo de generación de plasma para la generación de plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en el aparato de deposición de vapor químico de plasma de la presente invención. La Figura 2 es un diagrama usado para explicar una estructura de tipo escalera para el electrodo de descarga. La Figura 3 es un diagrama que muestra el cable de salida de potencia en la dirección axial y el alineamiento de las conexiones de las secciones de potencia primera y segunda a igualar (en la dirección axial). La Figura 4 es un gráfico que muestra el estado de generación de plasma usando 10 tipos de proporciones de ciclos que varían de 0 : 10 a 9 : 1, para el suministro de la misma frecuencia de las ondas de alta frecuencia y un frecuencias diferentes de las ondas de alta frecuencia para la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga. La Figura 5 es un gráfico que muestra el desplazamiento de fase de una de las ondas de alta frecuencia con respecto a la otra cuando se suministra la misma frecuencia de potencia de alta frecuencia a las secciones de suministro de potencia.

En la Figura 1, 1 representa un aparato de deposición de vapor químico de plasma que tiene un interior hermético; 2 es el electrodo de descarga. 3 y 4 son las secciones de suministro de potencia primera y segunda para el suministro de potencia al electrodo de descarga 2; 5 es el escudo de tierra para impedir la formación de plasma no deseada; 6 es el medio de soporte de calentamiento del sustrato que está localizado, por ejemplo de 20 a 34 mm de distancia desde el electrodo de descarga 2, y que contiene un calentador interno y un mecanismo, no mostrado en la figura; 8 es un tubo de entrada de gas conectado a una fuente de suministro de gas (no mostrada), que permite, por ejemplo, la introducción de gases reactivos 9, tal como el gas silano (SiH_4) para la formación de la película y NF_3 para la auto-limpieza; 10 es un tubo de escape de gas, 11 es una bomba de vacío, que posibilita que la presión interna del aparato de deposición de vapor químico de plasma 1 se reduzca a aproximadamente $0,13 \times 10^{-6}$ kPa; 12 y 13 son amplificadores de RF que comprenden las fuentes de potencia de alta frecuencia primera y segunda A y B; 14 es un primer oscilador de alta frecuencia (RF), que incorpora un dispositivo de desplazamiento de fase, para realizar la modulación de fase sobre una de las ondas de alta frecuencia, que oscila, por ejemplo a 60 MHz para generar las ondas de alta frecuencia (RF) que se envían a la fuente de potencia de alta frecuencia (amplificador de RF) A y al conmutador 16; 15 es un segundo oscilador de alta frecuencia (RF) para 58,5 MHz, que es capaz de variar su frecuencia de oscilación, por ejemplo, desde 58,5 MHz a 59,9 MHz, o desde 60,1 MHz a 61,5 MHz; 16 es un conmutador que puede recibir las ondas de alta frecuencia desde los osciladores de ondas de alta frecuencia primero y segundo 14 y 15 y las conmuta para suministrar a la fuente de potencia de alta frecuencia B 13; 17 es un generador de funciones que, bajo la conmutación de las ondas de alta frecuencia del primero y el segundo osciladores de alta frecuencia 14, 15, divide los ciclos de tiempo, en otras palabras, cambia el ciclo de trabajo, para estas ondas de alta frecuencia; y 18 es un circuito de retorno de corriente. En la Figura 3, 20 representa un único electrodo que tiene una estructura tipo de escalera para su uso como el electrodo de descarga 2 en la Figura 1; 21 y 22 son cables de la fuente de potencia que suministran las ondas de alta frecuencia al electrodo de descarga 2 (20); y 23 es la fuente de potencia de polarización de CC.

De entre estos, el primer oscilador de alta frecuencia 14 oscila, como se ha establecido anteriormente, por ejemplo a 60 MHz, y esa señal se envía a la fuente de potencia de alta frecuencia A 12 o el conmutador 16, mientras que el segundo oscilador de alta frecuencia 15 oscila, por ejemplo, a 58,5 MHz y se conmuta en el conmutador 16. Este conmutador 16, conmuta la señal de 60 MHz enviada desde el primer oscilador de alta frecuencia 14 y los 58,5 MHz enviados desde el segundo oscilador de alta frecuencia 15 en un ciclo constante y envía la alta frecuencia a la fuente de potencia de alta frecuencia B 13. Por consiguiente la fuente de potencia de alta frecuencia A 12 suministra la alta frecuencia de 60 MHz a la primera sección de suministro de potencia 3, mientras que la fuente de potencia de alta frecuencia B 13 suministra las frecuencias de radio de 60 MHz y de 58,5 MHz conmutadas a ciclos constantes a la segunda sección de la fuente de potencia 4.

Además, el conmutador 16, que conmuta los 60 MHz del primer oscilador de alta frecuencia 14, y los 58,5 MHz del segundo oscilador de alta frecuencia 15, es tal que puede conmutar en una proporción de tiempo variable, en otras palabras, un ciclo de trabajo variable basado en una señal desde el generador de funciones 17 que refleja las condiciones del gas tales como el tipo de gas, la presión, etc. Además, el primer oscilador de alta frecuencia 14 incorpora un dispositivo de desplazamiento de fase interno que hace posible el desplazamiento de fase de una alta frecuencia con respecto a la otra frecuencia que se alimenta a otra fuente de potencia de alta frecuencia A 12 o el conmutador 16. Además, el segundo oscilador de alta frecuencia 15 tiene una configuración variable para posibilitar la oscilación, por ejemplo desde 58,5 MHz a 59,9 MHz o desde 60,1 MHz a 61,5 MHz.

El electrodo de descarga 2 del aparato de deposición de vapor químico de plasma 1, por ejemplo es del tipo de escalera mostrado en la Figura 2, y como se muestra en la Figura, la primera sección de suministro de potencia 3 y la segunda sección de suministro de potencia 4 se establecen en 8 puntos cada uno de ellos como se muestra por los puntos negros sobre ambos extremos del electrodo de descarga 2. Las secciones de suministro de potencia 3 y 4 del electrodo de descarga 2, tienen conexiones, 21 y 22 mostradas en la Figura 3 para cada uno de los peldaños de electrodo de tipo escalera 20, que están posicionados en la misma dirección (dirección axial) que las secciones de suministro de potencia 3, 4. También, puede aplicarse una polarización de CC al electrodo de descarga 2 (20)

desde la fuente de potencia de polarización de CC 23. En la descripción anterior, el electrodo de descarga 2 era del tipo de escalera, y las secciones de suministro de potencia 3, 4 estaban localizadas en 8 puntos cada una, pero la presente invención no está confinada a los electrodos de descarga del tipo escalera, también pueden aplicarse a los electrodos de placas planas. Adicionalmente, las conexiones no están confinadas a 8 puntos, puede haber 4 puntos, 16 puntos, u otro número como se requiera por la aplicación.

De este modo, conectando las secciones de suministro de potencia 3 y 4 del electrodo de descarga 2 a las salidas del cable de suministro de potencia 21, 22 en una dirección radial que coincide con la del electrodo de descarga del tipo de escalera 20, introduciendo la potencia suavemente dentro del electrodo de tipo de escalera 20 y minimizando la distancia de recorrido del retorno de corriente, las pérdidas de potencia en la sección del suministro de potencia pueden reducirse y el intervalo de generación de plasma puede aumentarse. Estos cables de potencia 21, 22 son cables coaxiales o de otros tipos apropiados, tales como cables planos paralelos o cable de hilos paralelo.

La aplicación de una polarización de CC desde la fuente de potencia de polarización de CC 23 al electrodo de descarga 2 hace posible reducir la capacidad de la envoltura del electrodo de descarga 2, aumentar la longitud de onda de la onda estacionaria en una dirección que hace la distribución de voltaje más uniforme, y hace posible el promediado de la densidad del plasma. La capacidad de la envoltura se refiere al fenómeno, por el que un grupo de electrones de alrededor (llamado "envoltura") se forma alrededor de un electrodo del tipo de escalera 20 en el curso de la generación de plasma, y la envoltura mantiene un corto estado dieléctrico que impide que las corrientes directas fluyan de un modo similar al estado de un condensador que existe alrededor del electrodo. La aplicación de una polarización de CC negativa dispersa estos electrones reduciendo por lo tanto la capacidad de la envoltura. Esto aumenta el intervalo entre las longitudes de onda estacionarias y sirve para hacer el plasma más uniforme.

Cuando se emplea tal aparato de deposición de vapor químico de plasma 1 configurado de acuerdo con la presente invención para crear películas de semiconductor de a-Si, silicio de micro-cristales, silicio de película fina de micro-cristales, nitruro de silicio, etc., o para realizar la auto-limpieza de un a-Si usando gas NF_3 , durante la formación de la película, por ejemplo, el sustrato 7 se fijaría al medio de soporte de calentamiento del sustrato 6 que se fija a 200°C mientras que el gas de reacción 9, tal como el gas silano (SiH_4), se introduciría a través del tubo de entrada de gas 8 a la tasa de, por ejemplo, 50 sccm, con una bomba de vacío 11 que se conecta al tubo de escape 10 para ajustar la tasa de flujo de escape para mantener la presión en el interior del aparato de deposición de vapor químico de plasma a, por ejemplo 13,30 mKPa.

A continuación, por ejemplo, la alta frecuencia de 60 MHz desde el primer oscilador de alta frecuencia 14, y la alta frecuencia de 58,5 MHz desde el segundo oscilador de alta frecuencia 15 se suministran respectivamente a la fuente de potencia de alta frecuencia A 12 y el conmutador 16. A continuación, la operación del conmutador 16 conmuta los 60MHz enviados desde el primer oscilador de alta frecuencia 14 y los 58,5 MHz enviados desde el segundo oscilador de alta frecuencia 15 en un ciclo constante y envía la alta frecuencia a la fuente de potencia de alta frecuencia B 13. A continuación, la fuente de potencia de alta frecuencia A 12 suministra la alta frecuencia de 60 MHz a la primera sección de suministro de potencia 3, mientras que la fuente de potencia de alta frecuencia B 13 suministra las frecuencias de radio de 60 MHz y de 58,5 MHz que se conmutan en un ciclo contante a la segunda sección de suministro de potencia 4.

Esto causa la generación del plasma entre el electrodo de descarga 2 y el sustrato 7, con el silano (SiH_4) u otro gas de reacción 9 introducido desde la entrada de gas 8, descomponiendo y depositando una película de a-Si encima del sustrato 7. La auto-limpieza descrita anteriormente en el interior del aparato de deposición de vapor químico de plasma usando el gas NF_3 tiene lugar exactamente de la misma forma; el gas NF_3 se descompone en el plasma para formar radicales de flúor que realizan la limpieza.

Cuando se genera el plasma de esta forma, la Figura 4 ilustra las diferencias en los estados del plasma del caso donde se suministra la muy alta frecuencia de 60 MHz simultáneamente a las secciones de suministro de potencia 3, 4, y el caso donde la alta frecuencia de 60 MHz se suministra a la primera sección de fuente de potencia 3 mientras que se suministra una alta frecuencia diferente de 58,5 MHz a la segunda sección de suministro de potencia 4. A saber, el gráfico en la Figura 4 muestra el caso en el que se introduce el gas silano (SiH_4) u otro gas reactivo 9 dentro del aparato de deposición de vapor químico de plasma anterior 1, y se suministra la misma alta frecuencia (60 MHz) a las secciones de suministro de potencia primera y segunda 3, 4, del electrodo de descarga 2 y el caso en el que se suministran frecuencias diferentes (60 MHz para la primera sección de suministro de potencia y 58,5 MHz para la segunda sección de suministro de potencia 4) para 10 conjuntos de condiciones con la proporción de tiempo que varía de 0 : 10 a 9 : 1.

En la Figura 4, el eje horizontal indica la distancia desde la primera sección de suministro de potencia 3 de (0 cm) a (110 cm) sobre la derecha, que corresponde a la distancia a la segunda sección de suministro de potencia 4. El eje vertical muestra el valor del voltaje relativo para el plasma. Cuando mayor es este valor, más denso es el plasma. En la figura la curva a muestra el estado de generación de plasma para el caso en el que la proporción de tiempo de suministro para las frecuencias de radio diferentes fue de 10, y que para las mismas frecuencias de radio fue 0, en otras palabras para el caso en el que las frecuencias que eran diferentes se usaron todo el tiempo, mientras que la

curva b muestra el caso para la proporción de tiempo de suministro de las frecuencias de radio diferentes es de 9 y siendo 1 para la misma frecuencia. Después de esto, el caso es similar para la curva n, donde la proporción de tiempo de frecuencias diferentes fue de 1 y la de las mismas frecuencias fue de 9.

Como es evidente a partir de este gráfico, en la curva a, cuando se suministraron frecuencias diferentes a las secciones de suministro de potencia primera y segunda 3, 4, la densidad del plasma fue la más alta en los dos extremos del electrodo de descarga 2, en otras palabras, en la vecindad de las secciones de suministro de potencia 3 y 4, y la densidad del plasma fue la más baja en el centro. Sin embargo, cuando se suministró la misma frecuencia a las secciones de suministro de potencia primera y segunda 3, 4 en la proporción más alta en la curva n, la densidad del plasma fue la más alta cerca del centro del electrodo de descarga 2, y por consiguiente, más baja hacia la vecindad de las secciones de suministro de potencia 3 y 4 sobre cada uno de los extremos, aunque razonablemente alta en la vecindad de las secciones de suministro de potencia 3, 4. A continuación, en la curva f donde la proporción de tiempo fue de 5 : 5 en el suministro de las mismas y diferentes frecuencias de radio a la primera y segunda secciones de suministro de potencia 3, 4, el estado de generación de plasma acumulativo fue tal que la densidad del plasma fue ligeramente más alta cerca de los extremos del electrodo de descarga, pero muy uniforme sobre un amplio intervalo en el centro del electrodo.

A saber, el gráfico de la Figura 4 muestra que cuando se suministra la misma muy alta frecuencia de 60 MHz a ambas secciones de suministro de potencia 3, 4 del electrodo de descarga 2, la densidad del plasma es más alta en el centro del electrodo, pero cuando se suministran frecuencias diferentes, la densidad del plasma es más baja en el centro del electrodo. Alternado apropiadamente los ciclos de las dos condiciones es posible uniformizar la generación de plasma sobre un área de gran superficie. También se obtienen efectos similares de la alternancia de ciclos de las mismas frecuencias con frecuencias diferentes para las secciones de suministro de potencia 3, 4 sobre un amplio intervalo de la tasa de ciclo desde 1 ciclo a 10 millones de ciclos por segundo.

La presente invención también proporciona un procedimiento para variar la frecuencia de oscilación en el segundo oscilador de alta frecuencia 15 en el tiempo desde 58,5 MHz a 59.9 MHz ó desde 60,1 MHz a 61,5 MHz. La variación deliberada de la frecuencia de este modo puede usarse para controlar el estado de generación del plasma para obtener una densidad de plasma promediada en el tiempo.

Además, la inclusión de un dispositivo de desplazamiento de fase en el primer oscilador de alta frecuencia 14 hace posible desplazar la fase de la alta frecuencia enviada bien a la fuente de potencia de alta frecuencia A 12 o al conmutador 16 con respecto a la fase de la otra alta frecuencia. Como se muestra por la curva continua 50 en la Figura 5, la fuente de potencia es tal que la densidad de plasma es la más alta en el centro del electrodo de descarga 2 cuando la fase no está desplazada, pero cuando la fase está desplazada, la posición de la densidad de plasma elevada puede desplazarse a las áreas mostradas por las líneas discontinuas 51, 52 a la izquierda y a la derecha. Por consiguiente, cuando se ve sobre el tiempo, la densidad del plasma es uniforme sobre una amplia área.

Además, la inclusión del generador de funciones 17 para enviar la alta frecuencia al conmutador 16 en base a las condiciones del gas tales como la presión del gas y el tipo de gas, hace posible variar las proporciones de tiempo como se muestra en la Figura 4, en otras palabras, el ciclo de trabajo por el conmutador 16 en el suministro de la alta frecuencia desde el primer oscilador de alta frecuencia 14 y la alta frecuencia desde el segundo oscilador de alta frecuencia 15 a la fuente de potencia de alta frecuencia 13. De este modo, variando la proporción de tiempo (ciclo de trabajo) para el suministro de las mismas frecuencias, o frecuencias de radio diferentes a la primera y segunda secciones de suministro de potencia 3, 4 hace posible realizar una diversidad de cambios para el estado de generación de plasma tal como se muestra en la Figura 4.

Esta variación del ciclo de trabajo con respecto a las condiciones del gas tales como la presión y el tipo de gas trata con los cambios que de otro modo ocurrirían en el estado de generación del plasma. Cuando las condiciones de gas son óptimas para la descarga eléctrica, cuando se suministra potencia a ambos extremos 3, 4 del electrodo de descarga 2, las descargas pueden ocurrir antes de que la potencia alcance el centro del electrodo de descarga 2, lo cual reduce el número relativo de descargas en el centro. Esto daría como resultado una densidad de plasma más baja generada en el área central del electrodo de descarga 2 tal como en mostrado en la curva a de la Figura 4. En este caso, alargando el tiempo para la potencia que se está suministrando a las mismas frecuencias, y por el contrario, acortando el tiempo en el cual se suministran diferentes frecuencias de radio (cuando la densidad del plasma es mayor en el centro), es posible controlar la densidad del plasma en el área central del electrodo, aunque con variaciones en las condiciones del gas tales como la presión de gas y el tipo de gas, para proporcionar una generación de plasma incluso más uniforme.

Realizando la formación de la película o auto-limpieza como se ha descrito anteriormente, puede realizarse una formación de película o de auto-limpieza incluso más uniformes introduciendo una proporción apropiada (aproximadamente 0,1 a 25%) de un gas o mezcla de gas que facilita la generación de plasma uniforme tal como N₂, Ar, Kr, Xe o una combinación de los mismos.

En las descripciones anteriores, las realizaciones de la invención se emplearon cada una individualmente, pero combinando los diversos procedimientos, es posible incluso mejorar la efectividad. Un ejemplo de la combinación de las realizaciones incluiría, la actuación de conmutador 16 en base a las condiciones del gas tales como la presión y tipo de gas para cambiar el ciclo de trabajo para el suministro de la alta frecuencia de 60 MHz desde el primer oscilador de alta frecuencia 14 y la alta frecuencia de 58,5 MHz desde el segundo oscilador de alta frecuencia 15 en combinación con un desplazamiento de fase del primer oscilador de alta frecuencia 14 que se envía a la fuente de potencia de alta frecuencia A 12 o el conmutador 16 con respecto a la fase de la otra alta frecuencia; conectando los cables de la fuente de potencia a las secciones de suministro de potencia 3, 4 del electrodo de descarga 2 en una dirección que coincide (axialmente) con las secciones de suministro de potencia primera y segunda 3, 4 del electrodo de tipo escalera 20 como los cables de la fuente de potencia 21, 22 en la Figura 3; y aplicando una polarización CC desde la fuente de potencia de polarización CC 23 al electrodo de descarga 2 (20).

El uso de tales combinaciones, esto es, controlando la densidad del plasma para la uniformización incluso sobre condiciones de gas diferentes tales como la presión del gas y el tipo de gas, el desplazamiento de la posición del plasma de alta densidad mostrado por la línea continua 50 en la Figura 5 a la izquierda y la derecha, como se muestra por las líneas discontinuas 51 y 52, minimizando la distancia de retorno de corriente por la introducción suave de la potencia de alta frecuencia a las secciones de suministro de potencia 3, 4 del electrodo de 2 para bajar la pérdida de potencia en las secciones de suministro y expandir el intervalo para la generación de plasma, y aumentando la longitud de onda de la onda estacionaria a través de la aplicación de una polarización de CC al electrodo de descarga 2 para reducir la capacidad del envoltorio y hacer la distribución de voltaje más uniforme hace posible explotar los efectos compuestos para un mejor promediado de la densidad del plasma.

La presente invención, alternando los ciclos de suministro de potencia de la misma alta frecuencia y la proporción de potencia de diferente frecuencia a los extremos del electrodo de descarga en un aparato de deposición de vapor químico de plasma hace posible, cuando se ve en el tiempo, generar plasma de forma uniforme sobre un área de gran superficie. Además, como se ha descrito en las realizaciones anteriores, la presente invención hace posible realizar la formación de la película y la auto-limpieza en un aparato de deposición de vapor químico de plasma que tiene un tamaño de electrodo, por ejemplo de 1,5 m x 1,2 m a una presión de gas de 12 a 20 Pa (90 a 150 mTorr), usando una fuente de potencia de alta frecuencia de clase de 60 MHz realizando las siguientes operaciones.

1. Variar la frecuencia de oscilación de la frecuencia diferente en el tiempo.
2. En base a la presión del gas, el tipo gas y otras condiciones del gas, variar la proporción del tiempo, en otras palabras, variar el ciclo de trabajo entre el ciclo que suministra la potencia de frecuencias iguales a las secciones de suministro de potencia primera y segunda y la que suministra frecuencias diferentes.
3. Cuando se suministra potencia de alta frecuencia de la misma frecuencia a ambas secciones de suministro de potencia primera y segunda, desplazar la fase de una de las fuentes de potencia de alta frecuencia con respecto a la otra.
4. Aplicar un voltaje de polarización de CC a la sección de suministro de potencia del electrodo de descarga.
5. Alinear la dirección axial n de la salida del cable de la fuente de potencia con las conexiones de las secciones de suministro de potencia primera y segunda (dirección axial).
6. Introducir una proporción apropiada de gas inactivo que facilita la generación del plasma N₂, Ar, Kr, Xe o combinaciones de los mismos dentro de un intervalo apropiado para la velocidad de formación de la película o de auto-limpieza, etc., para uniformizar la generación de plasma sobre un área de gran superficie y realizar un procesamiento uniforme.

Efectos de la invención

El aparato de deposición de vapor químico de plasma de la presente invención hace posible obtener un plasma uniforme para la formación de película uniforme, de alta velocidad y la auto-limpieza uniforme mediante el cambio de la frecuencia de la potencia de alta frecuencia, cambiando el ciclo de trabajo, modulando la fase, y aplicando una polarización de CC, todo sin realizar ningún cambio hardware e incluso bajo condiciones de gas diferentes tales como la presión y la tasa de flujo. Por consiguiente, suministra resultados impresionantes dando como resultado la mejora en la obtención de productos de película de semiconductor de grandes áreas de superficie y reduciendo los costes. Además, la facilidad de realización de los ajustes iniciales usando pocos ajustes hardware es enormemente efectivo en la reducción de los costes de operación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en un aparato de deposición de vapor químico de plasma en el cual se genera el plasma suministrando potencia de alta frecuencia a un electrodo de descarga, que comprende las etapas de:

- 5 aplicar en un primer ciclo suministro de potencia de alta frecuencia a unas secciones de suministro de potencia primera y segunda que están instaladas en ambos extremos de un electrodo de descarga, en el que cada una de las potencias de alta frecuencia para dicha primera y dicha segunda secciones de suministro de potencia tienen la misma frecuencia; y
- 10 aplicar en un segundo ciclo suministro de potencia de alta frecuencia a dicha primera sección de suministro de potencia mientras que se aplica suministro de potencia de alta frecuencia a dicha segunda sección de suministro de potencia con una frecuencia diferente;
- 15 en el que dicho primero y dicho segundo ciclos se conmutan alternativamente para aplicar dichas frecuencias iguales o dichas frecuencias diferentes a dicha primera y dicha segunda secciones de suministro de potencia de forma continua, de modo que se genera un plasma diferente cambiando una posición de generación de las ondas estacionarias en cada uno de los ciclos, pero se genera un plasma uniforme cuando se promedia en el tiempo.
- 20 2. El procedimiento de generación de plasma para la generación de plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una de las frecuencias de dicho segundo ciclo varía con el tiempo para variar de forma intencionada el estado de la generación de plasma en un modo tal que cuando se ve como un promedio en el tiempo, el plasma se genera de forma uniforme sobre el área de gran superficie.
- 25 3. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que una de las frecuencias de dicho segundo ciclo es la misma frecuencia que la frecuencia en dicho primer ciclo.
- 30 4. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha conmutación para alternar entre dichos primero y dicho segundo ciclos cae dentro del intervalo de 1 vez / segundo a 10 millones de veces / segundo.
- 35 5. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la proporción de tiempo entre dicho primer ciclo y dicho segundo ciclo se varía, dependiendo de la presión del gas y el tipo de gas que se está utilizando.
- 40 6. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la modulación de desplazamiento de fase se aplica a las ondas de alta frecuencia suministradas a dichas primera o segunda secciones de suministro de potencia durante dicho primer ciclo para variar el estado de generación del plasma desplazando la fase desde la otra alta frecuencia para producir una generación de plasma uniforme sobre un área de gran superficie cuando se promedia en el tiempo.
- 45 7. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se aplica una polarización de corriente continua a dicha sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga para uniformizar la densidad de plasma generado sobre un área de gran superficie.
- 50 8. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la dirección axial de los cables de suministro de potencia para dichas secciones de suministro de potencia primera y segunda se iguala con la dirección axial de dicho electrodo de descarga para minimizar las distancias de retorno de corriente, y reducir la pérdida de potencia de dicha fuente de potencia, para aumentar, por lo tanto el intervalo sobre el cual se genera el plasma.
- 55 9. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en que el gas que se suministra forma fácilmente plasma en el interior de dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma que está dentro de un intervalo para satisfacer las condiciones requeridas para la formación rápida de la película por la deposición de vapor químico de plasma y la rápida auto-limpieza del aparato de deposición de vapor químico de plasma.

10. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicho gas es una mezcla de gas que contienen gases inactivos tales como N₂, Ar, Kr, Xe o combinaciones de los mismos.
- 5 11. El procedimiento de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 1:
- 10 en el que la proporción de tiempo entre dicho primer ciclo y dicho segundo ciclo se varía, dependiendo de la presión de gas y del tipo de gas que se esté usando;
- 10 en el que la modulación de desplazamiento de fase se aplica a las ondas de alta frecuencia para dichas secciones de suministro de potencia primera o segunda durante dicho ciclo primero para variar el estado de generación del plasma desplazando la fase de la otra alta frecuencia.;
- 15 en el que se aplica una polarización de corriente continua a dicha sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga; y
- 15 en el que la dirección axial de los cables de suministro de potencia a dichas secciones de suministro de potencia primera y segunda se iguala con la dirección axial de dicho electrodo de descarga para minimizar las distancias de retorno de corriente y reducir la pérdida de potencia de dicha fuente de potencia, para aumentar, por lo tanto, el intervalo sobre el cual se genera el plasma, y producir la generación de plasma uniforme sobre un área de gran superficie cuando se promedia en el tiempo.
- 20 12. Un dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie, incluyendo una primera y una segunda secciones de suministro de potencia de alta frecuencia (3, 4) provistas sobre ambos extremos de un electrodo de descarga (2) para suministrar potencia de alta frecuencia, y que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma, comprendiendo dicho dispositivo:
- 25 un primer oscilador (14) para generar ondas de alta frecuencia en una primera frecuencia
- 25 un segundo oscilador (15) para generar ondas de alta frecuencia en una segunda frecuencia, que difiere de dicha primera frecuencia;
- 30 una fuente de potencia de alta frecuencia A configurada de modo que, una vez recibidas las ondas de alta frecuencia desde dicho primer oscilador (14), suministra la potencia de alta frecuencia en la primera frecuencia a la primera sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga (2);
- 30 un medio de conmutación de frecuencia (16) que puede conmutar apropiadamente dicha primera y dicha segunda frecuencias desde dichos primero y segundo osciladores (14, 15) en un ciclo predeterminado; y
- 35 una fuente de potencia de alta frecuencia B configurada para, una vez recibida la salida desde dicho medio de conmutación de frecuencias (16), suministrar dicha salida recibida a dicha segunda sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga (2);
- 35 en el que el dispositivo de generación de plasma está configurado de modo que la frecuencia de suministro de dichas ondas de alta frecuencia suministradas a dicha segunda sección de suministro de potencia desde dicha fuente de potencia de alta frecuencia B se conmuta continuamente por el medio de conmutación de frecuencias (16), de modo que genera diferente plasma por la diferencia de frecuencias entre dicha primera y segunda frecuencias y que realiza por lo tanto un plasma uniforme, cuando se promedian en el tiempo, sobre
- 40 un área de gran superficie en dicho aparato de deposición de vapor químico de plasma.
13. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho segundo oscilador (15) tiene una frecuencia de oscilación variable.
- 45 14. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además un generador de funciones (17) que está configurado para variar la proporción de tiempo entre el primer ciclo y el segundo ciclo conmutados por el medio de conmutación de frecuencias, y para fijar a un valor apropiado dependiendo de la presión del gas, y el tipo de gas en base a las entradas en dicho generador de funciones (17).
- 50 15. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además un medio de modulación de desplazamiento de fase que se incorpora para modular la fase de las ondas de alta frecuencia suministradas desde dicho primer oscilador (14) a dicha fuente de potencia de alta frecuencia A o dicho medio de conmutación de frecuencia (16).
- 55 16. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además un medio para aplicar una polarización de corriente continua a la

sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga (2).

5 17. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el cable de suministro de potencia a la sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga (2) está conectado de tal modo que la dirección axial del cable coincide con la dirección axial del electrodo de descarga (2).

10 18. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichas secciones de suministro de potencia primera y segunda se instalan sobre ambos extremos de dicho electrodo de descarga (2).

19. El dispositivo de generación de plasma para generar plasma de alta frecuencia de forma uniforme sobre un área de gran superficie, que se instala en un aparato de deposición de vapor químico de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además:

15 un generador de funciones (17) configurado de modo que varía la proporción de tiempo entre el primer ciclo y el segundo ciclo conmutados por el medio de conmutación de frecuencias (16), y para fijar a un valor apropiado dependiendo de la presión del gas y el tipo de gas en base a las entradas en dicho generador de funciones (17).

un medio de modulación de desplazamiento de fase que se incorpora para modular la fase de las ondas de alta frecuencia suministradas desde dicho primer oscilador a dicha fuente de potencia de alta frecuencia A o dicho medio de conmutación de frecuencias; y

20 un medio para aplicar una una polarización de corriente continua a la sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga (2);

en el que el cable de suministro de potencia a la sección de suministro de potencia de dicho electrodo de descarga (2) está conectado de modo que la dirección axial del cable coincide con la dirección axial del electrodo de descarga (2).

25

FIG. 1

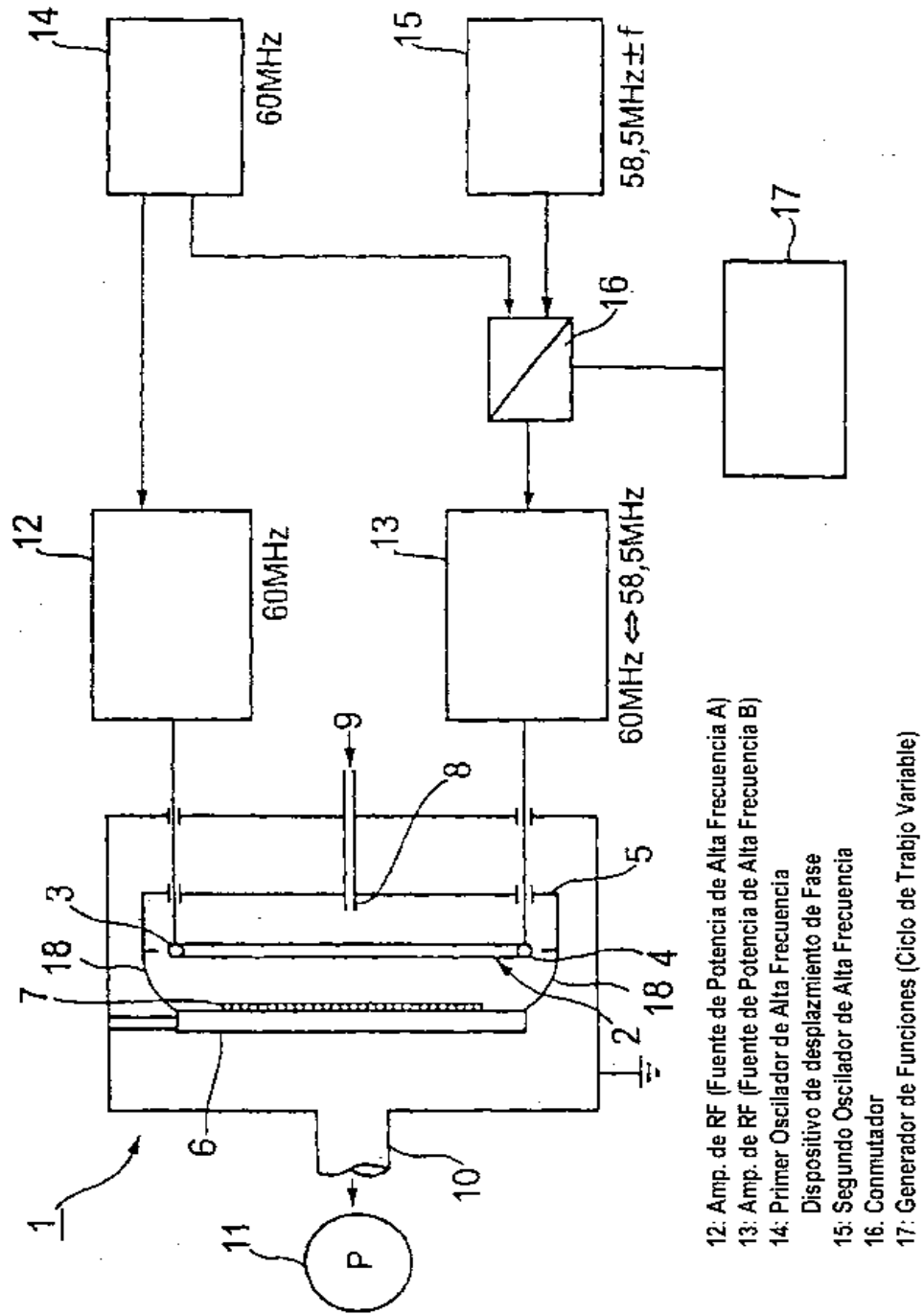


FIG. 2

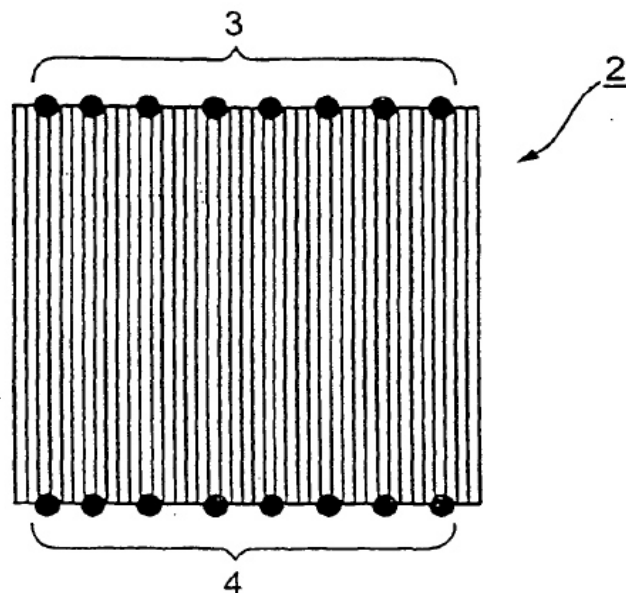


FIG. 3

12: Fuente de Potencia de Alta Frecuencia A
 13: Fuente de Potencia de Alta Frecuencia B
 23: Polarización DC

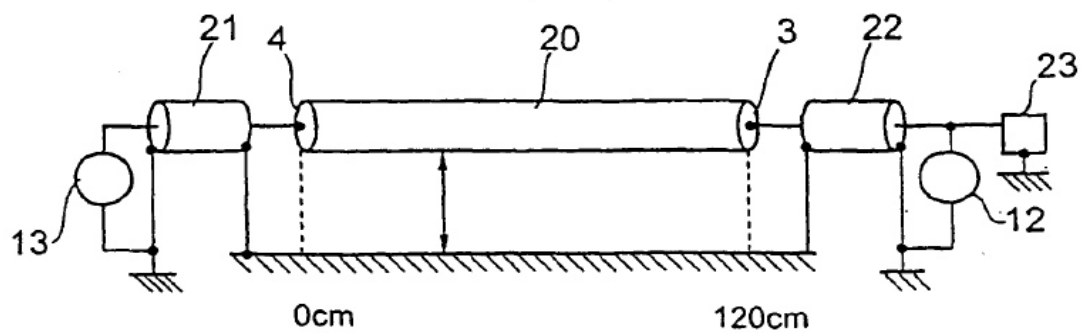


FIG. 4

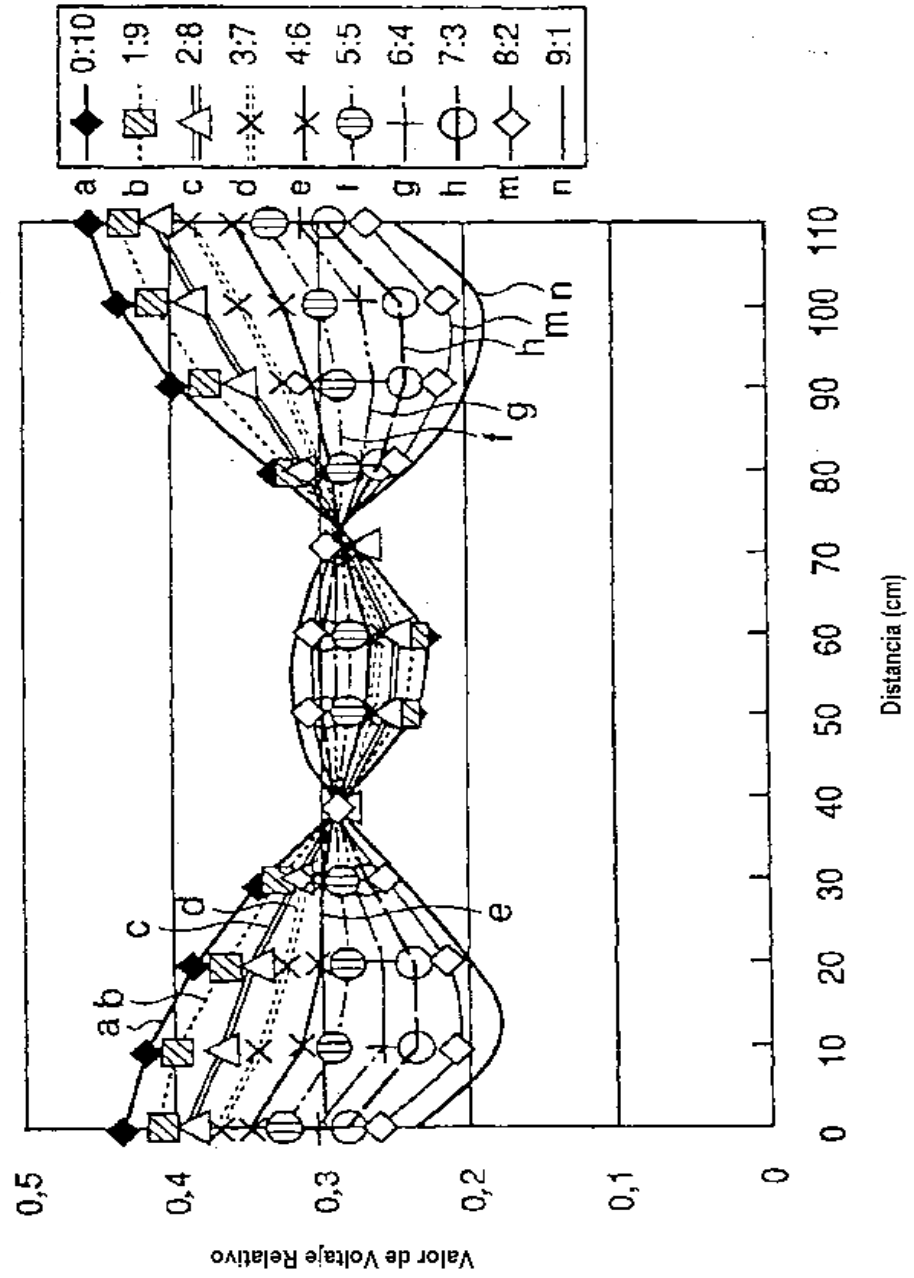


FIG. 5

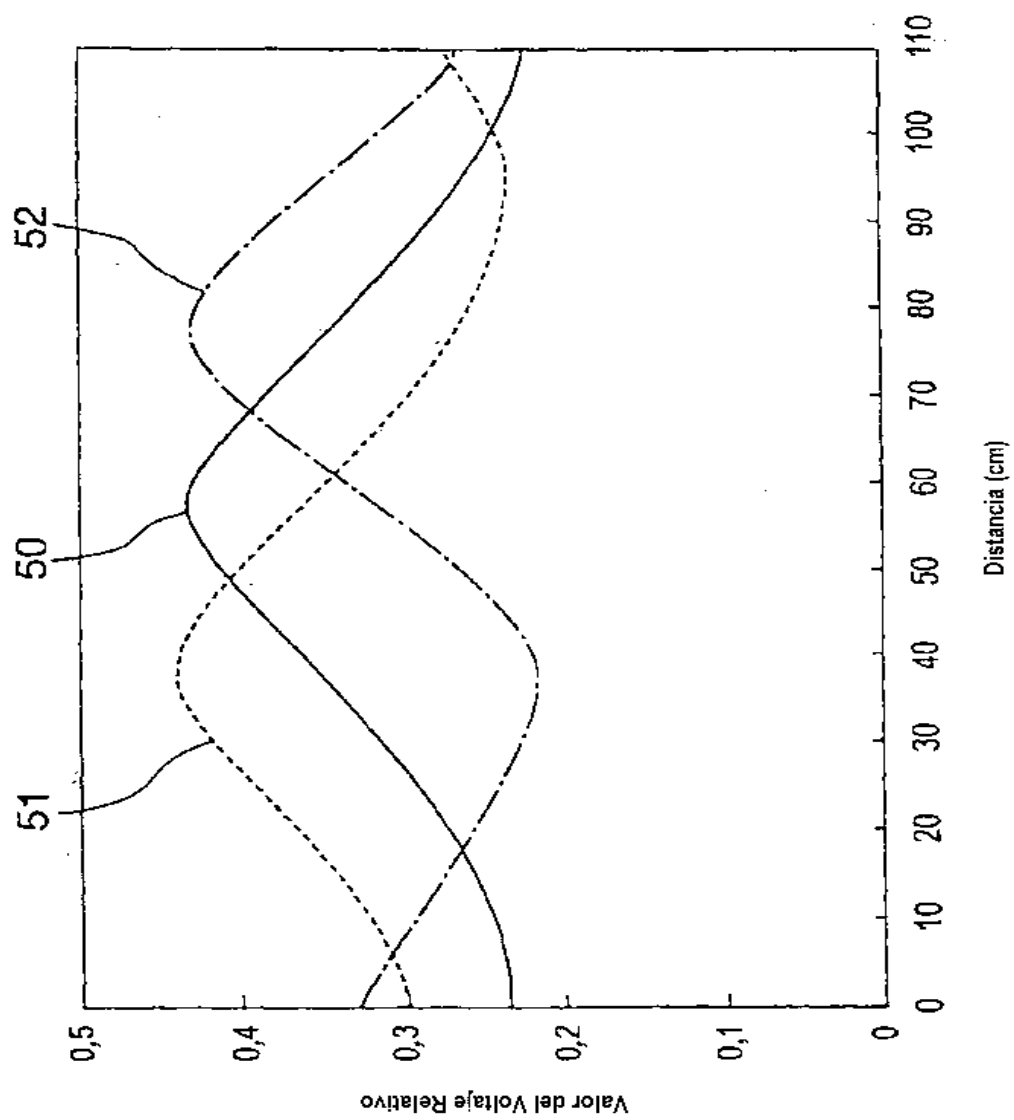


FIG. 6

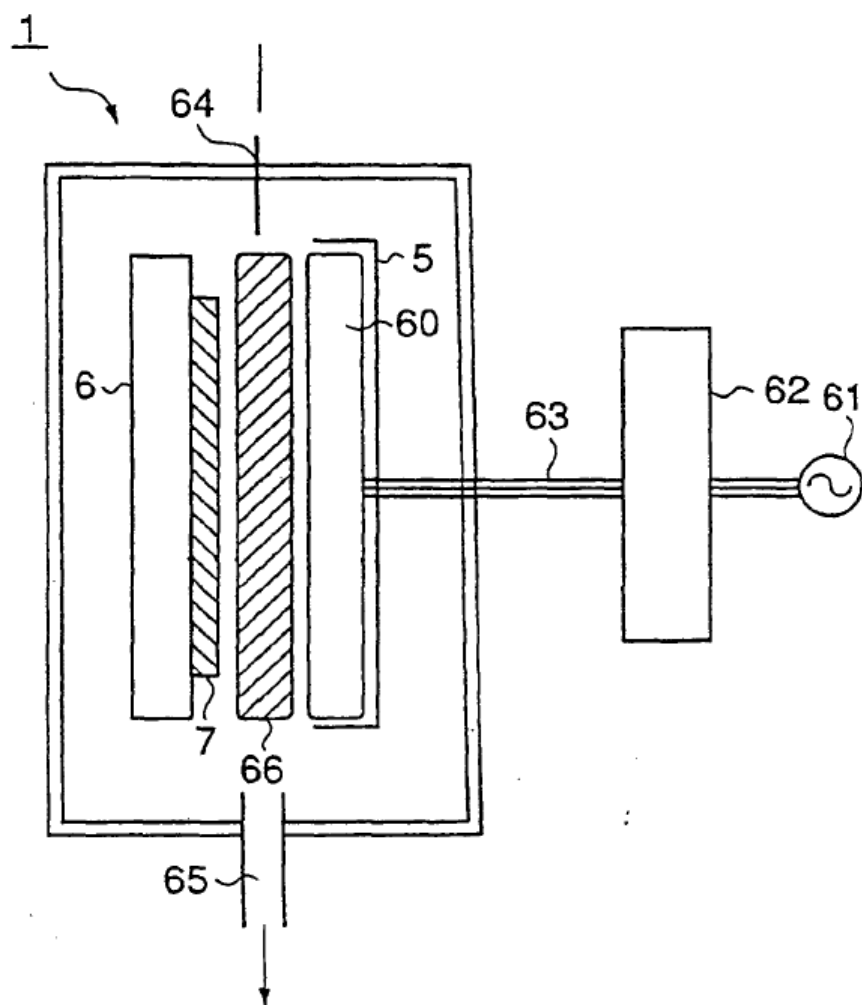


FIG. 7

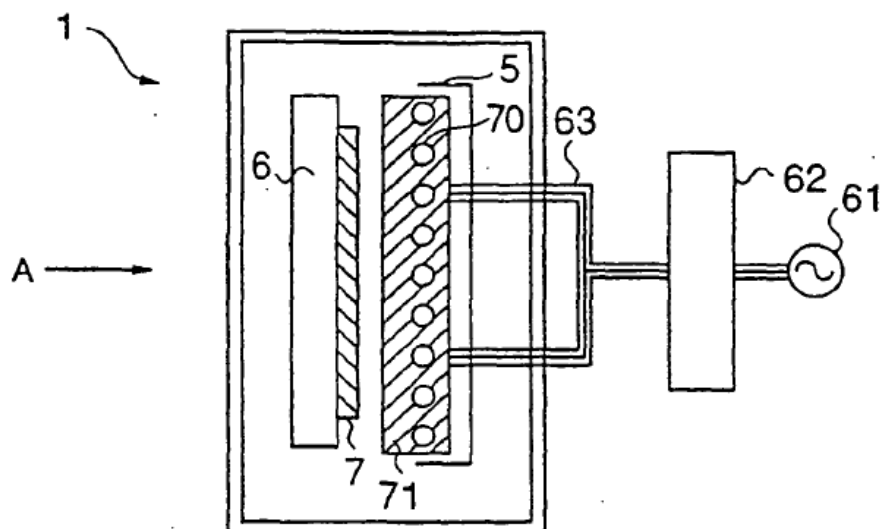


FIG. 8

