



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 343 264**

51 Int. Cl.:
H01J 37/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06123896 .0**

96 Fecha de presentación : **10.11.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1921655**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2008**

54

Título: **Fuente de plasma con una pluralidad de electrodos desfasados.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.07.2010

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.07.2010

73

Titular/es: **Dublin City University
Glasnevin
Dublin 9, IE**

72

Inventor/es: **Ellingboe, Albert Rogers**

74

Agente: **Molinero Zofío, Félix**

ES 2 343 264 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 con una pluralidad de electrodos desfasados.

5 Ámbito del invento

El presente invento se refiere a las fuentes de plasma y, en concreto, a las fuentes de plasma dotadas de elementos reactivos configurados de modo que estén desfasados entre ellos a fin de que puedan obtener efectos controlados de longitud de onda durante el proceso de plasma.

10 Antecedentes del invento

El plasma es un gas ionizado conductor de la electricidad. Para la obtención de plasma, se aplica un campo eléctrico a un gas contenido en un recipiente, que suele consistir en una cámara diseñada a tal efecto. Resulta un proceso bastante sencillo de efectuar con una cámara de vacío, en la que los iones y los electrones tienen una vida de larga duración. Se aplica una potencia de radiofrecuencia (RF) de la gama MHz a dos placas de metal o electrodos situados en el interior de la cámara, que generan una descarga capacitiva.

De modo opcional, la potencia RF se puede depositar en una bobina montada en las paredes de la cámara, con lo que se produce plasma acoplado por inducción.

En la industria dedicada a los semiconductores, los plasmas se utilizan para atacar y depositar materiales sobre piezas de trabajo que, en general, suelen consistir en semiconductores y superficies dieléctricas y metálicas. Este proceso se utiliza para formar componentes electrónicos específicos sobre el sustrato. Se introduce gas en una cámara de procesamiento al vacío de plasma donde se halla la pieza de trabajo. Al sufrir la descarga eléctrica, el gas forma el plasma en una zona de excitación utilizando tanto una fuente de inducción, en la que la antena transporta la corriente adyacente a la ventana de plasma, como una fuente capacitiva que emplea uno o más electrodos con una tensión oscilante. Hasta comienzos de la década de 1990, los sistemas con base capacitiva fueron la alternativa preferida, pero entre 1991 y 1995, las fuentes inductivas pasaron a ser las más utilizadas, y siguen predominando en las aplicaciones del atacado de metales y de poliatacado. Sin embargo, existen problemas con los mencionados plasmas de fuente de inducción en las aplicaciones de atacado por óxido. Además, el diseño de sistemas de inducción para el atacado por óxido que ofrecen el rendimiento y la estabilidad adecuados de conformidad con los criterios de producción, suponen unos costes bastante elevados de dichos sistemas basados en la inducción.

Hacia 1998, los fabricantes de estos sistemas, es decir, empresas como Lam Research Corporation y TEL, comenzaron a dirigir su atención hacia los sistemas capacitivos con la finalidad de obtener soluciones más económicas y fiables a los problemas que presentaba en este ámbito el atacado con plasma. Desarrollos posteriores condujeron a la reintroducción de los sistemas capacitivos, que primaron sobre los sistemas por inducción. En este entorno, los sistemas capacitivos de frecuencia doble volvieron a emerger como la alternativa preferida para las aplicaciones de atacado por óxido.

El motivo de que se desplazara esta tendencia hacia los sistemas de frecuencia doble es que en un reactor capacitivo de monofrecuencia, es posible aumentar la potencia RF para obtener una energía de bombardeo de los iones más elevada, pero la densidad del plasma también aumentará. Estos dos parámetros no se pueden cambiar de modo independiente utilizando un generador de monofrecuencia. A fin de ofrecer un grado adicional de flexibilidad, se puede ofrecer más de una frecuencia de excitación de un plasma capacitivo. En una aproximación clásica, como la que se describe en WO0301512, se emplean dos fuentes de energía separadas (una fuente de alta frecuencia y una fuente de baja frecuencia), cada una de ellas unidas a un electrodo. Se utiliza la filtración para minimizar la interacción entre las dos señales, utilizando, por ejemplo, un inductor que conecta a masa el electrodo superior a una señal KHz, mientras exista una impedancia elevada para una señal MHz. De modo análogo, se utiliza un condensador para conectar a masa el electrodo inferior para las señales de alta frecuencia. También se pueden utilizar otras configuraciones opcionales que comprendan un triodo o distribuciones confinadas en las que el plasma está confinado en el interior de una estructura radial específica y una distribución adicional en el caso de que ambas fuentes estén conectadas al mismo electrodo. En cualquier caso, el sustrato y, por consiguiente, obligatoriamente los sustratos asociados que soporten componentes, como clavijas y elevadores, refrigerantes, sensores, etc., están accionados por RF, por lo que es preciso que su conexión al exterior sea respetuosa con los entornos correspondientes. Con ello se añade complejidad a la ingeniería, lo cual comporta un inevitable incremento del coste.

Para obtener una aproximación correcta, en los sistemas capacitivos de doble frecuencia, la potencia de alta frecuencia controla la densidad del plasma. Debido a las corrientes elevadas, se producen desplazamientos más eficientes de la corriente que incrementan la potencia óhmica del plasma y los dispositivos de calentamiento de las vainas. La excitación de baja frecuencia afecta la energía de bombardeo de los iones. Por consiguiente, el usuario dispone de cierta capacidad de ajustar por separado la energía de bombardeo de los iones y la densidad del plasma, lo cual no resulta fácil usando una monofrecuencia de excitación. Los reactores de este diseño han hallado aplicación tanto para PECVD (deposición química en fase vapor asistida por plasma) y el atacado de plasma.

ES 2 343 264 T3

En WO98/32154 se expone un reactor de plasma formado por una zona de excitación de plasma situada entre un electrodo de referencia con toma a masa y un elemento de impedancia reactiva por excitación de plasma. Este último se subdivide en elementos de electrodo alternados de barras paralelas de sub-electrodos. Los elementos de electrodo se accionan mediante potencias RF V_{11} y V_{12} que, en algunas representaciones, están desfasadas a 180° y se pueden modular.

En muchos de los sistemas más conocidos se emplea un solo electrodo a través del cual se puede suministrar energía en la zona de plasma. En US2004/0168770, US6.962.664 y US6.884.635, todas pertenecientes a Tokyo Electron Limited (TEL), se describe el uso de una estructura segmentada de electrodos cuyos segmentos disponen de suministro de alimentación RF conectada a ellos. Se configura un sistema de control para cambiar la impedancia de modo dinámico a fin de que coincida con la impedancia de carga del plasma. Estas distribuciones se organizan de modo específico a fin de que se minimice cualquier interacción entre los electrodos, lo cual implica, por consiguiente, que los elementos de electrodo estén en fase entre sí. Sin embargo, en todos los casos sigue existiendo una corriente de red que se suministra al plasma y que a altas frecuencias de funcionamiento, puede producir efectos de longitud de onda en la distribución de energía electromagnética, produciéndose tensiones y corrientes no uniformes y la deposición de energía no uniforme en el plasma, con lo que se obtienen procesos no uniformes (atacado o deposición) en la superficie del sustrato.

A pesar de estos avances en el diseño de reactores, todavía existen ciertos problemas, entre ellos los mencionados efectos de longitud de onda que originan la falta de uniformidad de la tensión e introducen en el plasma corrientes paralelas a las superficies del electrodo, produciéndose, además, bajo estas condiciones, la deposición no uniforme de energía que puede producir una densidad no uniforme de plasma que disminuye el rendimiento del mismo.

Existe, por consiguiente, la necesidad de proporcionar una fuente de plasma que esté configurada de modo que permita resolver éste y otros problemas.

Resumen del invento

Este problema, y algunos otros más, se solucionan mediante una fuente de plasma de conformidad con el presente invento. La mencionada fuente contiene una pluralidad de electrodos adyacentes, cada uno de los cuales está desfasado con respecto a su próximo adyacente.

Los electrodos se pueden configurar según cualquiera de las diferentes pluralidades de disposición geométrica, como por ejemplo: plana, hemisférica, en cúpula, convexa, cóncava u ondulada. Los electrodos pueden estar colocados de forma que estén en contacto directo con el plasma generado. Si se utiliza una distribución de conformidad con el presente invento, es posible controlar el centro correspondiente de la deposición de energía en el borde mediante la modificación del espaciado entre electrodos o el diseño de la distribución de energía o la incorporación de elementos activos, como son los condensadores o los inductores.

Por consiguiente, el presente invento proporciona una fuente de plasma de conformidad con la reivindicación 1, cuyas representaciones ventajosas se detallan en las reivindicaciones pertinentes. El invento también ofrece una fuente de plasma según se describe más adelante en este escrito con los gráficos correspondientes de referencia.

Estas y otras características del presente invento se describen a continuación haciendo referencia a un ejemplo práctico de representación del invento.

Descripción breve de los gráficos

La figura 1 consiste en una representación esquemática que reproduce una fuente de plasma.

La figura 2 consiste en una modificación del sistema de la figura 1 que muestra una distribución opcional de acoplamiento de la alimentación de energía de BF.

La figura 3 muestra de modo esquemático una distribución destinada a utilizar la fuente de plasma con un rollo de película.

La figura 4 consiste en un ejemplo de la disposición de un electrodo que se puede utilizar en una distribución de potencia trifásica.

La figura 5 muestra una distribución típica para las diferencias de fase entre tres suministros para utilizar con la distribución de electrodo de la figura 4.

La figura 6 muestra una distribución opcional de bombeo destinada a la introducción y al bombeo de gas en la cámara de plasma.

La figura 7 muestra un ejemplo de una secuencia de conmutación para utilizar en el funcionamiento de una fuente.

La figura 8 consiste en un esquema de una sonda de retorno.

La figura 9 consiste en un ejemplo del tipo de circuito que se puede utilizar para emplear conmutadores que proporcionen energía de alta frecuencia en combinación con el acoplamiento de un generador BF a dos o más electrodos.

Descripción detallada de los gráficos

5

La figura 1 muestra el esquema de los componentes de funcionamiento de una fuente de plasma 100. La fuente 100 comprende una zona de excitación del plasma 110 situada en el interior del cuerpo de la cámara en la que se puede introducir un gas de procesamiento. Esta zona define el volumen definitivo de plasma y es el lugar donde el gas se convierte en el plasma que se utiliza a continuación para procesar piezas de trabajo situadas en el interior de esta zona. En la parte superior de la zona de excitación 110, hay un elemento de impedancia reactiva por excitación de plasma 105. Este elemento está conectado a un generador o fuente de alta frecuencia (AF) 125, cuya aplicación al elemento que se utilice sirve para controlar la densidad del plasma. En la presente memoria descriptiva, el término alta frecuencia abarca la radiación electromagnética suministrada dentro de una gama de 10 MHz-300 GHz, que a veces se mencionará como frecuencia en la gama de radiofrecuencias a la de ondas decimétricas. Un electrodo de referencia 115 se desplaza por debajo de la zona 110 y se conecta de modo opcional a una fuente de baja frecuencia (BF) cuya aplicación se utiliza para controlar la energía de los iones que impactan contra la superficie (de conformidad con el estado actual de la técnica). Los valores habituales de un generador de baja frecuencia para utilizar con una fuente como la del presente invento, corresponden a los que obtienen una salida comprendida entre la gama de los 75-460 kHz, como los generadores de ejemplo que fabrican y suministran ENI, RFPP y Advanced Energy. En el contexto del presente invento, una fuente de baja frecuencia es aquella que conduce de modo predominante la energía de los iones y produce tensiones capacitivas en las vainas. Cuando se efectúa el funcionamiento con una fuente de baja frecuencia en combinación con una fuente de alta frecuencia, es aconsejable poder diferenciar entre ambas y, por consiguiente, bastará con un orden de magnitud de separación entre la frecuencia de funcionamiento de baja frecuencia y la de alta frecuencia. La BF deberá disponer de la suficiente baja corriente de plasma, de manera que la deposición de energía óhmica $I\Omega R$ sea pequeña en comparación con la energía de AF. Por lo tanto, el aporte de BF predomina en la tensión de los electrodos. Se apreciará que ciertas aplicaciones deberían disponer de dos o más secciones BF en serie, por ejemplo, una de 13,56 MHz y la otra de unos 300-800 kHz.

El electrodo de referencia proporciona un marco para la pieza de trabajo (no se muestra), que consiste normalmente en un sustrato semiconductor, dieléctrico o de metal. La aplicación de los campos adecuados a los elementos 105, 115 sirve para generar y mantener el coeficiente correcto de iones y radicales correspondientes a las especies neutras del plasma y al control de la energía de los iones que inciden sobre la pieza de trabajo. El transporte de gas y el tiempo de permanencia de estas partículas en la zona de excitación representan un papel importante. Este control es necesario para garantizar una metodología correcta de la deposición escogida o de los procesos de atacado que se utilicen.

35

El elemento reactivo se obtiene a partir de una pluralidad de electrones individuales que están dispuestos en el mismo lado de la zona de excitación de plasma. En este ejemplo, se utilizan cuatro electrodos individuales 105a, 105b, 105c, 105d, estando combinados estos cuatro electrodos formando dos grupos de electrodos 105a/105c y 105b/105d. Es preferible que se trate un número par de electrodos y que cada uno de dichos electrodos esté conectado individualmente a la fuente de alimentación de alta frecuencia que se ha configurado para que obtenga una señal diferencial en los electrodos adyacentes o colindantes, es decir, en aquellos electrodos que estén colocados uno junto al otro y en el mismo lado de la zona de excitación de plasma. De esta manera, la señal que se aplique al primer electrodo 105a está desfasada con la señal aplicada al electrodo inmediatamente contiguo 105b. De modo análogo, el electrodo 105b está desfasado con el electrodo 105c, y a su vez, el electrodo 105c está desfasado con respecto al electrodo 105d. De esta manera se puede considerar que el generador o conductor de alta frecuencia crea un diferencial entre los grupos de electrodos. Debido a la propia naturaleza del acoplamiento inductivo, existirán efectos de longitud de onda en los electrodos y en el plasma, pero los electrodos múltiples que componen el elemento reactivo del presente invento resultan ventajosos debido a que los efectos de longitud de onda se pueden controlar a fin de que se obtenga la densidad deseada de plasma, al contrario de lo que sucede con el problema habitual cuando se emplea un solo electrodo con efectos no uniformes. Las dimensiones de cada uno de los electrodos individuales se seleccionan y se optimizan de manera que la falta de uniformidad y la longitud de escala del tamaño del electrodo que se produce adyacente a los elementos reactivos, no produzca un exceso de falta de uniformidad del plasma en el sustrato. Como podrá apreciarse, estas dimensiones pueden variar según la aplicación específica a que se destine la fuente de plasma, pero es recomendable que el tamaño de cada uno de los electrodos individuales sea menor o igual que la distancia entre la fuente y el sustrato o la pieza de trabajo, y de manera que se obtengan efectos uniformes cuando lo requiera una aplicación en concreto. De modo opcional también se puede utilizar un transformador 111 en el caso de que se requiera ecualizar las corrientes.

La pluralidad de electrodos que se obtiene de la fuente permite el control de la corriente de red que se introduce en el volumen de plasma. Podrá apreciarse que con frecuencias elevadas, cualquier corriente de red que se introduzcan en el volumen de plasma se reflejará a través de los efectos de longitud de onda en las asimetrías de tensión de la superficie de la pieza de trabajo, lo cual no resulta conveniente. Mediante el acoplamiento efectivo de corrientes en los segmentos colindantes es posible disminuir la suma de la corriente de red que se introduce en el volumen de plasma, de manera que estos efectos de longitud de onda se puedan evitar en la pieza de trabajo. En la estructura de la distribución, en la que una pluralidad de segmentos están divididos en conjuntos de electrodos en fase de configuración similar, cada uno de los grupos puede permitir la introducción de una corriente de red en el volumen, pero la combinación o la suma de las corrientes netas que se introducen, se reducirá considerablemente debido que se anulan entre sí. Esta anulación se obtiene poniendo varios grupos diferentes fuera de fase entre sí, siendo el efecto neto que los efectos de cualquier fase que se introducen mediante un electrodo, son anulados por otro.

65

ES 2 343 264 T3

La figura 2 muestra una fuente de plasma 200 que consiste en una modificación de la distribución que se muestra en la figura 1, en la que tanto el suministro de BF como el de AF están conectados al elemento reactivo. En esta representación, el generador de AF y el generador de BF se pueden aplicar de modo simultáneo o de modo independiente entre sí. Al acoplar ambos generadores a la misma placa del elemento reactivo, se facilita que el electrodo inferior, el electrodo de referencia, se pueda conectar la tierra. No es necesario disponer de un condensador en esta línea para la toma de masa (es decir, que el electrodo de referencia se puede conectar directamente a masa), resultando especialmente ventajosa esta distribución que permite que el electrodo de referencia se conecte a masa, ya que se simplifican los requisitos de ingeniería de la cámara. Por ejemplo, en distribuciones en las que existe una fase móvil en la parte inferior, antes siempre resultaba necesario que los fuelles que formaban la fase móvil, definieran una línea de impedancia desconocida y variable. Con la toma de masa de esta fase inferior, este requisito ha dejado de ser imprescindible. De conformidad con las instrucciones que figuran en el presente invento, la alta frecuencia generada por el generador de alta frecuencia que se conecta a los elementos reactivos, se puede aislar del resto de la cámara. Esto resulta especialmente conveniente en casos en los que cambie el volumen de la zona de excitación de plasma. Existen otras posibles distribuciones de diseños que se pueden utilizar para facilitar la modificación del tamaño del volumen del plasma, como puede ser, tal como se utiliza en el ámbito industrial, disponer de un(o ambos) electrodo(s) montado(s) sobre fuelles a fin de facilitar la variación de la separación entre los electrodos, la incorporación de juntas tóricas deslizantes, cilindros anidados, etc. No obstante, en todos los casos, en el funcionamiento de AF en modo diferencial con la BF en modo normal, no existe AF la línea de retorno de masa, y la BF es capaz de controlar la tensión entre el plasma y el sustrato y, por consiguiente, la energía de los iones. La frecuencia de la BF se puede seleccionar de manera que no se produzcan efectos de longitud de onda que afecten a la uniformidad del proceso. La BF es igualmente sencilla de preparar para la corriente de la línea de retorno. De este modo, si se tiene la AF en modo diferencial y la BF en modo normal, se simplifica el diseño y el funcionamiento de un sistema mediante un espacio intermedio variable.

Podrá apreciarse que si se utilizan métodos conocidos por la técnica, el efecto en la obtención de BF será que ésta se puede maximizar en la zona que convenga mediante el confinamiento del volumen de plasma. Esto se puede lograr de diferentes maneras, como por ejemplo, mediante anillos de confinamiento de cuarzo.

El suministro de BF se puede obtener ya sea mediante el modo diferencial o mediante el modo normal. Mediante el modo diferencial, con la señal de baja frecuencia aplicada al primer electrodo que esté desfasado, con la que se suministra al electrodo inmediatamente colindante, se suministra energía iónica a los electrodos del elemento reactivo o al material dieléctrico conectado al mismo. Si el suministro de BF se efectúa con el modo normal, se suministrará mayor cantidad de energía iónica al electrodo de referencia y la corriente de red se introducirá en el volumen de plasma. Este accionamiento de la pluralidad de electrodos que forman el elemento reactivo en una configuración de modo normal controla, por consiguiente, el bombardeo de iones sobre la pieza de trabajo que está montada en el electrodo de referencia. Se considera que el modo diferencial produce una energía iónica menor en el sustrato (electrodo de referencia), pero mantiene una elevada energía iónica en los elementos reactivos para la pulverización de material o para mantener los electrodos limpios de deposición. De modo similar a lo que se describe con referencia a la figura 1, de modo opcional se puede utilizar un transformador 112 para conectar la BF tanto en modo normal como en modo diferencial. Además, la metodología ilustrada que se utiliza para suministrar BF se considera un ejemplo del tipo de metodología que se podría aplicar, ya que se considera que para conectar potencia BF al sistema, se pueden utilizar otras técnicas, como por ejemplo, filtros de paso bajo o componentes BF *match-box* que conectan la potencia BF a las líneas AF.

Como se ha mencionado anteriormente, con la incorporación de la baja frecuencia aplicada a los elementos reactivos del electrodo superior segmentado en modo normal, el electrodo sustrato y de referencia se puede conectar a tierra. Esto permite que la parte posterior del electrodo de referencia, es decir, la que se aleja de la zona de excitación de plasma, sea un entorno en el que no existen campos de RF. La parte posterior del electrodo de referencia, que soporta el sustrato procesado, comprende numerosos dispositivos auxiliares de soporte, complejos, delicados y precisos, que mejoran la calidad de la superficie procesada. Estos “dispositivos auxiliares de soporte”, que presentan una cantidad de posibles disposiciones como, por ejemplo, el mecanismo que eleva el sustrato y lo aparta del electrodo de referencia con la finalidad de transportarlo (clavijas de elevación), las sujeciones que sostienen el sustrato sobre el electrodo de referencia, la energía para el funcionamiento de los elementos de calentamiento del electrodo de referencia, los bucles de refrigeración que eliminan el exceso de calor del electrodo de referencia, los termopares que miden la temperatura del agua o del electrodo de referencia, el suministro de corriente o tensión para el funcionamiento de la sujeción electrostática, se simplifican, ya que no es preciso que fluya el suministro de energía para que se acomoden a las guías de corriente continua, sino que corresponden a masa.

Si los dispositivos auxiliares de soporte están colocados en una zona en la que no existen campos RF, se reducen los costes y la complejidad del diseño, la instalación y el mantenimiento de dichos dispositivos auxiliares de soporte. Además, otros diagnósticos se basan en el medición de las corrientes RF y CC en la superficie del electrodo de referencia y por contacto con la parte posterior del sustrato. Estas mediciones se pueden utilizar para determinar las tensiones y las corrientes locales a fin de optimizar el proceso.

Se deberá comprender que si se hace funcionar la fuente de alta frecuencia en modo diferencial, no existe corriente de alta frecuencia que se introduzca en el electrodo de referencia y además no existe corriente de alta frecuencia en las paredes de la cámara. Esto resuelve los problemas de tener que adecuar el tamaño del electrodo a la longitud de onda de la potencia de alta frecuencia que se suministra. El tamaño del electrodo no tendrá que ser mucho menor que un

ES 2 343 264 T3

1/4 de la longitud de onda de la potencia de AF suministrada a fin de eliminar la posibilidad de faltas de uniformidad de la tensión que se introduce a lo largo de la superficie del electrodo. Esto es así tanto para el lado de la “fuente de plasma” de la fuente y como del lado del soporte del sustrato (electrodo de referencia) de la fuente. La utilización de un electrodo de fuente segmentada con energía AF funcionando en modo diferencial produce una corriente de red AF de casi cero en el plasma. A su vez, esto significa que existe una corriente AF de casi cero en la vaina situada sobre el sustrato y en el interior del electrodo de referencia. Cuando hay corriente de red AF, entonces habrá faltas de uniformidad de tensión en los electrodos grandes no segmentados, como el electrodo de referencia que sostiene la pieza de trabajo. Además, cuando existe una corriente de red AF, existe entonces una corriente AF que circula por las paredes de la cámara y regresa a la fuente de corriente AF. El control del itinerario de la corriente en la corriente de retorno es crucial para el funcionamiento constante de la fuente de plasma, sobre todo para el funcionamiento constante entre los múltiples sistemas, como sucede en entornos de producción industrial.

Esta anulación de la corriente de red introducida en el volumen facilita el funcionamiento de la fuente de alta frecuencia con frecuencias mayores que las que han sido posibles hasta ahora, sobre todo con aquellas frecuencias cuyos efectos de longitud de onda solían ser perceptibles o problemáticos. La frecuencia en la que los efectos de longitud de onda son perceptibles, variará según el área de la superficie del sustrato que se procese. Por ejemplo, los sustratos de 300 mm pueden sufrir efectos de longitud de onda en frecuencias que sobrepasen los 48 MHz, mientras que los sustratos de 55 mm se verán afectados con frecuencias de unos 27 MHz. Existe una relación inversa entre el área del sustrato que se procesa y la frecuencia en la que los efectos de longitud de onda suelen convertirse en perceptibles. Para procesar discos u otros sustratos en los que los discos incrementan su tamaño de modo paulatino, podrá apreciarse que las frecuencias disminuyen. Por lo tanto, se puede considerar que 20 MHz es una cifra adecuada para ser aceptada como un límite inferior en los efectos de longitud de onda y, sin embargo, en el funcionamiento de una fuente de plasma se desea obtener que el generador de alta frecuencia sobrepase esta frecuencia e incluso que sobrepase los 50 MHz. Por consiguiente, las frecuencias de funcionamiento de la fuente de alta frecuencia se pueden considerar que están comprendidas entre los 15 MHz y los 299 GHz, de modo opcional entre 20 MHz y 250 GHz y también como una nueva opción, entre 25 MHz y 150 GHz.

El funcionamiento de la fuente de alta frecuencia en modo diferencial sirve para confinar la alta frecuencia generada a los elementos reactivos del electrodo superior segmentado, y para aislar el sustrato o el electrodo de referencia y el cuerpo de la cámara de la corriente AF. Por consiguiente, es posible obtener un bombardeo de iones del sustrato utilizando el generador de baja frecuencia, utilizar el generador de alta frecuencia sobrepasando las frecuencias en las que los efectos de longitud de onda normalmente se suele considerar que generan problemas y, sin embargo, sin que se produzcan estos efectos.

El generador o los suministros pueden funcionar tanto en el modo VHF como en el modo RF, existiendo la diferencia de que en el modo VHF la alta frecuencia se acoplará por inducción, mientras que en el modo RF se acoplará por capacitación. La capacidad de cambiar de frecuencia permite poder controlar la transferencia de una descarga inductiva a una descarga capacitiva, de modo que se puede pasar de una alta frecuencia a una baja frecuencia y viceversa, sin que se obtengan perfiles de grabados no uniformes (o cualquier otro tratamiento de superficie que se utilice en el que se emplee el tratamiento de plasma) obtenidos de una pieza de trabajo, como sucedería si se utilizara un único electrodo como solía hacerse con las distribuciones propias de la técnica anterior. A pesar de que la frecuencia real en la que la descarga inductiva pasa a ser predominante, no es exacta, se considera que a frecuencias de unos 500 MHz, la descarga de plasma se basa principalmente en la inducción.

En una modificación de lo que se ha descrito antes, la fuente AF también puede funcionar en modo de conmutación por contraposición a un funcionamiento sinusoidal. Este funcionamiento en modo de conmutación resulta ventajoso debido a que permite alterar el ritmo limitado de la zona de conmutación a fin de obtener una “frecuencia efectiva” que determinará la cantidad de acoplamiento por inducción. El intervalo de tiempo que le queda al elemento reactivo en la fase de alta tensión, es decir, una zona de meseta, controlaría la energía de bombardeo de iones del electrodo superior y, si la fuente se usa en una distribución confinada, el electrodo inferior. La selección del valor de las altas tensiones resulta útil debido a que se controla la energía de impacto de los iones y se mantiene limpio el electrodo superior. El control del intervalo entre las subidas de rampa, es decir, entre conmutaciones, facilita el control sobre la potencia depositada en el volumen. Los generadores de modo de conmutación son ampliamente conocidos en el ámbito de la electrónica general y presentan unas características y unos componentes bien definidos. La capacidad de poder usar este tipo de generador de modo de conmutación supone una reducción del coste de la fuente de plasma, ya que los generadores de modo de conmutación son más baratos que los generadores equivalentes con base sinusoidal. Mediante el control del ritmo limitado es posible desplazarse con facilidad de la gama de RF a las frecuencias decimétricas (UHF), con lo que se tiene la oportunidad de sintonizar la química del proceso o la temperatura de los electrones, T_e . En la figura 7 se expone un ejemplo del tipo de funcionamiento en modo de conmutación, en la que la figura 7a muestra que se puede disponer de una zona de meseta plana que presente señales relativamente constantes de alta tensión o de baja tensión, mientras que en la figura 7b se aprecia una distribución en fases múltiples. La zona de conmutación está señalada con una A y la zona de meseta con una B. La zona A también se puede considerar como un exceso causado por los elementos reactivos entre la conmutación de la tensión y el electrodo, que se puede diseñar y controlar a tal fin.

La figura 9 muestra un ejemplo del tipo de configuración de circuito que se puede utilizar al preparar este tipo de funcionamiento en modo de conmutación. En esta disposición, un generador de BF 900, un suministro negativo 905 y un suministro positivo 910 están conectados por conmutación mediante uno o más transistores de efecto de campo (FET) 920 o algún otro elemento de conmutación, a uno o más de los electrodos 925. Es preferible que los conmuta-

dores que se utilizan sean de alta velocidad de conmutación. Los electrodos se pueden conectar individualmente a los respectivos suministros o se pueden agrupar en grupos de electrodos que se conmutarán al mismo tiempo. Un elemento controlador FET 930 se conecta a los FET para controlar la conmutación y los electrodos que se hayan seleccionado para la conmutación están determinados por una línea de control 935. En la ilustración de la representación de la figura 9, la línea de control está conectada (de modo similar al suministro de BF, al suministro positivo y al suministro negativo) al controlador FET mediante la bobina de un transformador 940. En otra representación, en la que, por ejemplo, la línea de control está preparada como alimentación óptica, se puede conectar directamente al controlador FET.

Hasta ahora, la fuente de plasma se ha descrito con referencia a la fuente de plasma configurada para que funcione con una pieza de trabajo plana, en la que los electrodos que forman el elemento de impedancia reactiva y los electrodos de referencia, son fundamentalmente paralelos entre ellos y a la pieza de trabajo. Estas distribuciones resultan ventajosas y útiles para ser utilizadas en entornos semiconductores en los que se usan discos planos para el atacado. Sin embargo, es bien conocido que las fuentes de plasma también se pueden utilizar en otras aplicaciones en las que se desee procesar un sustrato no plano, por ejemplo, un rollo de película en una aplicación de serigrafía textil. La figura 3 muestra de manera esquemática el modo en que se puede configurar la fuente de plasma para utilizarla en dicha disposición 300, en la que un rollo de película 305 se prepara inicialmente en una bobina 310. La película se desenrolla de la bobina original 310 en una unidad de desenrollado 315, pasa a través de la fuente de plasma 105 en la que se procesa y vuelve a enrollarse en una unidad de enrollado 320. La fuente de plasma del presente invento resulta adecuada para procesar este tipo de superficies de grandes dimensiones debido a que los electrodos múltiples que forman el elemento reactivo permiten la aportación de plasma uniforme en una zona amplia. La distribución de la fuente de plasma permite preparar fuentes de alta frecuencia para su utilización y, por consiguiente, se puede incrementar la velocidad de la película a través de la fuente de plasma. Estas frecuencias más elevadas no suponen ninguna disminución de la calidad del plasma, ya que los electrodos múltiples del elemento reactivo producen aplicaciones de mayor densidad sin detrimento de la uniformidad del plasma aplicado. Como se apreciará, este tipo de disposición también se puede modificar para pantallas de plasma, pantallas LCD, revestimientos industriales sobre metal o vidrio y otros similares, en los que se requiera un procesamiento simultáneo de grandes áreas. Aunque el suministro de BF que se muestra en esta representación está conectado a la placa del sustrato, deberá comprenderse que de modo análogo al que se describe con respecto a la figura 2, también se puede obtener una alimentación de baja frecuencia a través de los elementos reactivos superiores. Una característica de la fuente de plasma consiste en que la fuente también se puede extender siguiendo la misma dirección de desplazamiento del material. De esta forma, la cantidad de tratamiento de plasma de la superficie (atacado, deposición, modificación de las propiedades de la superficie, etc.) se puede controlar por la extensión física de la fuente de plasma. Esto permite, además, la incorporación de fases múltiples de procesamiento en las que la cantidad de procesamiento que se está efectuando durante las diferentes fases se puede optimizar individualmente. Por ejemplo, si la velocidad del material que se procesa es de 1 m/min. y pasa a través de dos zonas secuenciales de fuente de plasma con una longitud efectiva de 25-50 cm, el tiempo de procesamiento activo de las dos fuentes sería de 15 y 30 segundos respectivamente. De esta manera, se puede preparar una distribución de los electrodos en dos dimensiones, permitiendo la segunda dimensión el movimiento del sustrato a través del volumen de reacción y permitiendo, además, el procesamiento continuo de una red mientras ésta se desplaza a través de la fuente.

Ciertas aplicaciones pueden precisar la utilización de una zona curva de procesamiento. La fuente de plasma facilita este proceso de dos maneras. En la primera, de modo similar a lo que se describe con referencia a la figura 3, se utiliza básicamente una distribución plana de elementos reactivos para procesar una pieza de trabajo curva. La figura 4 muestra una disposición opcional en la que la fuente se puede aplicar a volúmenes de plasma no planos. En este ejemplo, podría resultar ventajoso preparar la configuración de un electrodo de modo que se pueda configurar de manera no plana, ya sea mediante la disposición de electrodos planos en una geometría no plana o bien preparando electrodos no planos. El ejemplo de la figura 4 muestra la disposición anterior, en la que una pluralidad de electrodos planos está distribuida siguiendo una configuración hexagonal de paquete compacto 400 que contiene una pluralidad de electrodos individuales de forma hexagonal 405. En este ejemplo, se utiliza un mecanismo de transmisión trifásico por contraposición al funcionamiento directo de montaje en contrafase de la configuración que se muestra en las figuras 1 a 3, estando conectado cada uno de los electrodos individuales a su correspondiente de las tres fuentes (identificados con el rótulo 1, 2 y 3 respectivamente). Al igual que en las representaciones de las anteriores figuras, no hay dos electrodos adyacentes que estén en fase entre sí. Consultar la figura 5 para ver un ejemplo sobre la configuración de salida de cada una de las fuentes. Para facilitar el equilibrio de la corriente, se puede emplear un transformador trifilar, ya que resulta ventajoso pues permite el suministro de baja tensión sobre el sustrato y la eualización de las corrientes. En otro caso, se podrá apreciar que en ciertas aplicaciones en las que es útil conducir una corriente de red y, por consiguiente, una tensión de red en el interior del electrodo de referencia, puede resultar ventajoso disponer de un elemento de desequilibrio de la corriente. Podrá apreciarse, además, que las presentaciones de ejemplos sobre las corrientes bifásicas y trifásicas corresponden al tipo de generador de frecuencia que se podría utilizar con los elementos reactivos de la fuente de plasma y que ciertas otras aplicaciones podrían precisar de fuentes que fueran capaces de proporcionar un suministro de fase de un orden superior.

Las configuraciones generadas por las distribuciones de los electrodos de las fuentes de plasma se pueden utilizar para preparar sondas de retorno como la que se muestra en la figura 8. En esta representación ejemplar, se coloca una sonda de retorno 800 y una estructura de electrodo 805 en el extremo de una varilla 810. La varilla se usa para introducir la estructura 805 en el interior de las zonas confinadas con la finalidad de permitir la aplicación de revestimientos de plasma en las superficies internas en aplicaciones como el revestimiento de botellas, el tratamiento de piezas de automoción y aeronáutica y otros componentes que no son adecuados para aplicaciones convencionales de plasma. En una aplicación de una sonda RF de retorno, la RF se puede colocar localmente en la estructura del electrodo o se puede

ES 2 343 264 T3

crear de modo externo a la sonda transmitiéndola a la varilla de la estructura. Si la estructura tiene una configuración esférica, los electrodos se pueden distribuir, por ejemplo, en forma de dos segmentos diferentes 815a, 815b que se colocan siguiendo una disposición hemisférica, o de una pluralidad de segmentos que se distribuyen por la superficie de la esfera, de modo similar a la disposición de los hoyuelos de una pelota de golf. La descripción de una sonda de retorno con respecto a una configuración esférica, no está destinada a constituir ninguna limitación, ya que cualquier sonda de retorno que esté equipada con una pluralidad de electrodos alimentados con alta frecuencia, está destinada a ser incluida en el contexto de la presente fuente de plasma.

Aunque la fuente de plasma se puede utilizar con suministros conocidos de distribución de gas, como un electrodo con efecto de ducha con flujo radial de gas y bombeo en el perímetro del volumen de plasma, en ciertas representaciones también se presentan fuentes que utilizan la alimentación por distribución de gas que permite la eliminación de éste del electrodo de referencia inferior. La figura 6 muestra una parte de una fuente de este tipo en la que se ilustran los dos electrodos adyacentes que forman el elemento reactivo. Los electrodos están montados debajo de una cámara de alimentación de gas 600, y el gas que contiene dicha cámara se puede introducir inicialmente en una cámara de alimentación 630 a través de un conducto de entrada 620 y a continuación en la zona de excitación de plasma 110 a través de una pluralidad de aberturas 605 existentes en los electrodos, cuyo tipo es bien conocido por los expertos en la materia correspondiente a la tecnología de las alcachofas de ducha. Una vez que el gas se ha introducido en la zona de excitación 110, fluye hacia una placa de masa 610 que ofrece una salida para el gas 615 situada sobre los electrodos hasta el interior de una cámara de bombeo 620. De este modo, esta cámara de bombeo está aislada eléctricamente del volumen de plasma, con lo que se evita la posibilidad de la reformación de plasma en esa zona. Este bombeo del gas para eliminarlo de la zona de excitación evita la posibilidad de que el gas de atacado interactúe con el sustrato que se está tratando en el electrodo de referencia. En esta distribución, en la que el gas se desplaza alrededor de los electrodos, podría ser preciso tener que revestir dichos electrodos con un material dieléctrico 625, como dióxido de silicio u otro similar. Este revestimiento dieléctrico se muestra marcando el itinerario de salida del gas, pero la magnitud exacta del revestimiento puede variar según la aplicación.

Podrá apreciarse que lo que se describe en este documento es una nueva fuente de plasma que ofrece una deposición de energía del centro al borde mediante el espaciado de electrodos o un diseño de distribución de energía o de elementos activos, como condensadores o inductores, con la finalidad de ofrecer plasma controlado de perfil uniforme. En algunas aplicaciones, esto puede requerir una diferencia en el perfil del plasma en algunas zonas de aplicación, ya que las zonas específicas seleccionadas son zonas con mayor deposición de plasma por contraposición a otras. Otras aplicaciones pueden precisar el mismo perfil por todo el sustrato. Aunque los electrodos se han descrito en relación con representaciones de ejemplos, se podrá apreciar que la configuración escogida para una aplicación determinada puede tener los electrodos distribuidos en un elemento de revestimiento de plasma con cualquier forma arbitraria, como, por ejemplo, plana, hemisférica, en bóveda, convexa, cóncava u ondulada. Los electrodos pueden estar en contacto directo con el plasma o pueden interactuar de modo alterno con el mismo a través de una ventana dieléctrica hecha de materiales como SiN, AlN, SiC, SiO₂, Si, etc. La disposición de la fuente de plasma ofrece una cantidad de claras ventajas, entre ellas:

- La compatibilidad con el control independiente AF + BF de la energía de iones (E_{ion}) y el flujo de iones (Γ_{ion}).
- La capacidad de explorar desde RF hasta UHF, que facilita una nueva dimensión en el control del plasma, sobre todo en el control de la química del plasma con independencia de la densidad del plasma y de la energía de los iones.

Debido a que los electrodos individuales que forman el elemento reactivo pueden tener unas dimensiones reducidas y debido a que sus dimensiones pueden definir el volumen de plasma, es posible obtener una fuente de plasma que tenga un volumen reducido de plasma. Cualquier conexión individual de energía no uniforme de un electrodo individual o de un par de electrodos no produce una densidad no uniforme de plasma a una distancia lo suficientemente grande de los electrodos. En concreto, se da por entendido que mientras se reduce el tamaño de cada uno de los elementos individuales, se reduce la distancia requerida en el interior del volumen de plasma para el conjunto de plasma generado que se debe equalizar.

La fuente se puede usar con sustratos de muchas dimensiones diferentes, ya que se puede configurar para ofrecer efectos mínimos de deposición de energía del centro al borde sobre superficies amplias y, debido a ello, resulta adecuada para sustratos de grandes dimensiones (discos de 300 mm, FPD, tejidos y otros similares). Esto permite simplificar la adaptación del proceso de un tamaño de sustrato a otro.

De modo análogo, la posibilidad de poder usar fuentes de alta frecuencia resulta ventajosa, ya que se puede escoger la frecuencia de funcionamiento para que se adecue al proceso requerido, siendo posible poder usar frecuencias más elevadas que las que se han utilizado con anterioridad sin que se produzca una falta de uniformidad en el plasma.

La fuente se puede utilizar con una alimentación de distribución de gas similar a la de los actuales sistemas de generación o se puede utilizar de modo opcional con una alimentación de distribución que minimice cualquier interacción entre el gas de atacado o de residuos de deposición, y el material del sustrato.

El coste del sistema se reduce cuando se pueden conectar a masa un electrodo inferior. Esto resulta especialmente ventajoso, puesto que ya no existe ninguna necesidad de ofrecer una placa inferior de alta frecuencia, la cual exigía

un equipo auxiliar que se precisaba aislar de tierra, mientras que la configuración del presente invento permite que el equipo auxiliar se pueda conectar a tierra.

El presente invento ofrece compatibilidad con tecnología avanzada de suministro de energía AF y conexión directa en modo de control por conmutación, que pueden obtener las frecuencias necesarias a un coste reducido. No dispone de AF a través de electrodo inferior, de modo que el intervalo variable resulta más sencillo de crear. Como el componente AF se aplica únicamente a los elementos reactivos, es posible minimizar el retorno de AF a través de cuerpo de la cámara, por lo que es menos probable que se produzca plasma sin confinar. Además, ya no existe la exigencia rigurosa de tener que ofrecer estas líneas de AF en otros componentes de la cámara.

Se considera que la fuente de plasma ofrece una pluralidad de elementos reactivos definidos físicamente individuales con electrodos adyacentes acoplados fuera de fase entre sí. Podrá apreciarse que dos electrodos adyacentes están acoplados en fase entre sí, de modo que parezcan efectivamente un solo electrodo individual de mayores dimensiones, y que este electrodo único de mayores dimensiones está desfasado con respecto a los electrodos colindantes.

Los elementos reactivos se pueden presentar bajo cualquier configuración o distribución de conjunto, por ejemplo, en agrupamientos de dos dimensiones o en estructuras lineales cuyas dimensiones, según puede apreciarse, se pueden graduar según las exigencias de la aplicación. También podrá observarse que la configuración de la presente fuente de plasma ofrece esta graduación mientras que mantiene la compatibilidad con los requisitos del funcionamiento y los niveles de rendimiento de VHF/UHF.

Se considera que lo que se describe en este documento consiste en diversas modificaciones de una fuente de plasma que utiliza una pluralidad de electrodos en contraposición al enfoque convencional en el que se usa un solo electrodo. Mediante la aplicación de esta fuente es posible obtener un coste menor por disco, un rendimiento mayor del atacado y de la deposición química por vapor (CVD) en los procesos de fabricación de semiconductores y paneles planos, y que es graduable para discos mayores de 300 mm y para utilizar con pantallas de gran formato. Estas y otras ventajas son posibles debido a una variedad de motivos diversos, entre los que se cuenta el hecho de que se produce un mayor control del plasma a través del control del controlador y las distribuciones de bombeo de gas, la reducción de los efectos abruptos y debido a que facilita la generación de plasma utilizando un volumen reducido de plasma.

Los electrodos individuales que forman el elemento reactivo que se han descrito anteriormente, se han descrito con referencia a superficies planas o lisas situadas en la superficie del electrodo encarado a la zona de excitación de plasma. La fuente de plasma también facilita la modificación de la topografía de dichas superficies para poder incluir uno o más perfiles formados en sus superficies, como por ejemplo, hoyuelos. La existencia de esta topografía incrementa el área de la superficie del electrodo que está en contacto con la zona de excitación de plasma. De esta manera, el coeficiente del área de la superficie del elemento de impedancia reactiva correspondiente a la pieza de trabajo o al sustrato que se está procesando en el interior de la cámara, se puede incrementar a más de 1 sin que se requiera un número más elevado de electrodos individuales o sin incrementar las dimensiones de lado a lado de los electrodos individuales. De este modo, se puede ofrecer una fuente de alta frecuencia diferencial y una fuente de baja frecuencia en modo normal, en la que la topología de la altura de los electrodos segmentados implica que desde el punto de vista de la baja frecuencia, el coeficiente de la zona del elemento de impedancia con la pieza de trabajo no es 1. A fin de garantizar el control de la conexión entre los electrodos adyacentes, es preferible que la superficie de cada uno de los electrodos en la zona adyacente a la de su colindante, sea coplanar a la zona correspondiente de su colindante. De este modo, cada una de las superficies de los electrodos puede presentar una primera zona planar, una zona no planar y una segunda zona planar.

Se considera que la fuente de plasma presenta electrodos que forman el elemento de impedancia reactivo dispuesto de manera que los campos electromagnéticos radiales inducidos (paralelos a la superficie de un electrodo) sean claramente co-planares y en fase con los campos electromagnéticos radiales del electrodo colindante. Según la separación de los electrodos, los dos campos electromagnéticos pueden estar unidos por los campos electrostáticos de la franja entre los electrodos adyacentes. A continuación, mediante el control de la frecuencia, la potencia transmitida al plasma adyacente se produce debido a una mezcla basada en la frecuencia de los campos electrostáticos perpendiculares a las superficies de los electrodos (baja frecuencia) o de los campos electromagnéticos (y los campos electrostáticos de la franja) paralelos a la superficie (alta frecuencia).

Existe una variedad de tecnologías en las que se usa la presente fuente de plasma con éxito. Entre ellas, el atacado, la deposición química por vapor o CDV y la modificación por plasma. Esta última aplicación, la modificación, puede procesar un sustrato utilizando técnicas de plasma a fin de efectuar cambios en las propiedades de la superficie de un sustrato. Esto se puede conseguir mediante la modificación de las propiedades físicas o químicas de la superficie sin una deposición (sustancial) o una eliminación de material. Por ejemplo, se puede convertir una superficie en hidrófuga o hidrófila cambiando solamente los enlaces libres de los extremos de los lípidos, por ejemplo, haciendo que la lana absorba agua para que se puedan emplear tintes a base de agua. A veces la modificación se denomina "funcionalizadora" o "pasivadora". Cada una de estas tres líneas tecnológicas abarca una gran variedad de aplicaciones que pueden resultar adecuadas a las finalidades de la fuente de plasma del presente invento. Estas aplicaciones comprenden equipos de fabricación de discos con atacado de plasma, el uso de atacado de plasma en la producción de sustratos discretos de pantallas, sustratos discretos fotovoltaicos, atacado mediante plasma para la producción de sustratos fotovoltaicos rollo a rollo, deposición química por vapor o CVD usado con sustratos discretos, como revestimientos fotovoltaicos,

para vidrios de arquitectura, revestimientos aeroespaciales, dispositivos médicos, aplicaciones de automoción y CVD usado en aplicaciones rollo a rollo, por ejemplo, para emplear con papel, metales, tejidos y plásticos.

5 Por consiguiente, a pesar de que la fuente de plasma se ha descrito con referencia a las representaciones ejemplares de las ilustraciones, se podrá observar que los componentes o las configuraciones específicas que se describen con referencia a una figura, se pueden emplear igualmente si resultaran adecuadas para la configuración de otra figura. Cualquier descripción de estos ejemplos no pretende limitar la fuente de plasma en modo alguno en lo que respecta a posibles modificaciones o alteraciones de la misma. Se considera que la fuente de plasma no se puede limitar en modo
10 alguno, excepto en los que pudieran considerarse necesarios según lo que se expone en las reivindicaciones adjuntas.

15 De modo análogo, las palabras “(que) comprende(n)” que se utilizan en esta memoria descriptiva, sirven para determinar la presencia de las características, las cifras, las fases o los componentes que se indican, pero no excluye la presencia o la incorporación de una o más características, cifras, fases, componentes o grupos que figuran en esta memoria descriptiva.

Referencias que se mencionan en esta memoria descriptiva

20 La relación de referencias que menciona el solicitante se facilita únicamente para una mejor comprensión del lector y no forma parte del documento correspondiente a la patente europea. Aunque se ha puesto mucho esmero en la compilación de las referencias, no se pueden descartar los errores o las omisiones y la EPO declina cualquier responsabilidad a este efecto.

Documentación de patentes que se cita en la descripción

- 25 - WO 03015123 A [0005] - US 6962664 B [0008]
- WO 9832154 A [0007] - US 6884635 B, Tokyo Electron Limited (TEL) [0008]
30 - US 20040168770 A [0008]

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Una fuente de plasma (200) que comprende una cámara que contiene un electrodo de referencia (115) y un elemento de impedancia reactiva por excitación de plasma (105), definiendo dicho electrodo de referencia y dicho elemento reactivo de impedancia un volumen de excitación de plasma (110), en los que la fuente comprende, además, los medios de ajuste que permitan el movimiento relativo del electrodo de referencia (115) y del elemento de impedancia reactiva (105) que permita la variación del tamaño del volumen de excitación de plasma (110), y en el que el elemento de impedancia reactiva por excitación de plasma está formado por una pluralidad de electrodos (105a, 105b, 105c, 105d) que están dispuestos lado a lado entre sí y el conjunto que forman está colocado en el primer lado del volumen de excitación de plasma (110), estando situado el electrodo de referencia (105) en el segundo lado del volumen de excitación de plasma (110), formando la pluralidad de electrodos (105a, 105b, 105c, 105d) el elemento de impedancia reactiva que a su vez está acoplado a un generador de alta frecuencia (125) y en el que la fuente de plasma está configurada de modo que, durante su uso, al conectarse los electrodos al generador de alta frecuencia, los electrodos adyacentes de la pluralidad de electrodos estén desfasados entre sí y dispuestos de modo que la corriente de alta frecuencia introducida por un primer electrodo sea materialmente eliminada por un segundo electrodo, **caracterizándose** en que:

la fuente comprende múltiples generadores de baja frecuencia (120) que funcionan según una configuración de modo normal, estando, además, los electrodos del elemento de impedancia reactiva (105a, 105b, 105c, 105d) conectados a los generadores de baja frecuencia (120).

2. La fuente que se menciona en cualquier reivindicación anterior, en la que las frecuencias de funcionamiento del generador de alta frecuencia (125) están comprendidas en la gama de 15 MHz a 299 GHz, de modo opcional entre 20 MHz y 250 GHz y, asimismo, de modo también opcional entre 25 MHz y 150 GHz.

3. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que como mínimo uno de los electrodos que forma el elemento de impedancia reactiva (105) presenta una topografía no planar de su superficie a fin de incrementar el área de contacto de la superficie de dicho electrodo con la zona de excitación de plasma.

4. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el generador de alta frecuencia (125) se puede sintonizar a frecuencias comprendidas en una gama de radiofrecuencias a una gama de frecuencias de ondas decimétricas.

5. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que un subconjunto de la pluralidad de electrodos (105a, 105b, 105c, 105d) conectados a los generadores de baja frecuencia (120) funcionan en modo normal, mientras la otra pluralidad de electrodos conectados a los generadores de alta frecuencia (125) funcionan en modo diferencial.

6. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los generadores de baja frecuencia (120) y los generadores de alta frecuencia (125) funcionan de modo simultáneo.

7. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada uno de los generadores de baja frecuencia (120) y de los generadores de alta frecuencia (125), están configurados de manera que puedan funcionar de modo independiente de los demás generadores de baja frecuencia (120) y de los generadores de alta frecuencia (125) respectivamente.

8. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada una de las salidas de los generadores de baja frecuencia (120) y de los generadores de alta frecuencia (125) están configuradas de manera que ofrezcan una salida que controle un parámetro del proceso que es independiente del parámetro del proceso controlado por las otras salidas.

9. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que una pluralidad de electrodos (105a, 105b, 105c, 105d) que forman el elemento de impedancia reactiva (105) se presentan en una distribución planar, estando alineados de manera axial los electrodos individuales del elemento de impedancia reactiva con otros electrodos de dicho elemento de impedancia reactiva.

10. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores de 1 a 9, en la que una pluralidad de electrodos (105a, 105b, 105c, 105d) que forman el elemento de impedancia reactiva están dispuestos de modo que ofrezcan un elemento curvo que permita procesar piezas de trabajo planares y no planares.

11. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el elemento de impedancia reactiva está configurado para permitir la alimentación de gas a través de un subconjunto de la pluralidad de electrodos (105a, 105b, 105c, 105d).

12. La fuente que se menciona en la reivindicación 11 anterior, en la que el elemento de impedancia reactiva está configurado para permitir la alimentación de gas a través de todos los electrodos (105a, 105b, 105c, 105d).

ES 2 343 264 T3

13. La fuente que se menciona en la reivindicación 11 anterior, en la que los electrodos individuales del elemento de impedancia reactiva están configurados siguiendo la disposición de una alcachofa de ducha.

5 14. La fuente que se menciona en la reivindicación 11 anterior, en la que el flujo de gas a través de los electrodos individuales se puede controlar por separado.

10 15. La fuente que se menciona en la reivindicación 14 anterior, en la que el control del flujo de gas a través de los electrodos individuales presenta una alimentación de gas de múltiples zonas, permitiendo, por consiguiente, diferente química de gases en las diferentes partes de la zona de excitación de plasma.

16. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, una bomba que permite el bombeo entre los electrodos individuales (105a, 105b, 105c, 105d) del elemento de impedancia reactiva a fin de facilitar la eliminación de gas en la zona de excitación de plasma (110).

15 17. La fuente que se menciona en la reivindicación 16 anterior, cuya configuración permite la eliminación de gas en la zona de la fuente que está eléctricamente aislada de la zona de excitación de plasma, evitándose, por consiguiente, la nueva formación de plasma.

20 18. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el generador de alta frecuencia (125) consiste en un suministro bifásico o en un suministro trifásico.

25 19. La fuente que se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está configurada de modo que la potencia se suministra a través de una configuración en modo de conmutación que puede comprender conjuntos de electrodos en la misma fase, estando todos ellos controlados mediante el mismo conmutador, o para conectar cada electrodo a su propio conmutador, o para conectar dos o más electrodos a un único conmutador, ofreciendo de modo opcional dicha configuración en modo de conmutación, la conexión de un generador de baja frecuencia a líneas de alimentación de corriente continua.

30

35

40

45

50

55

60

65

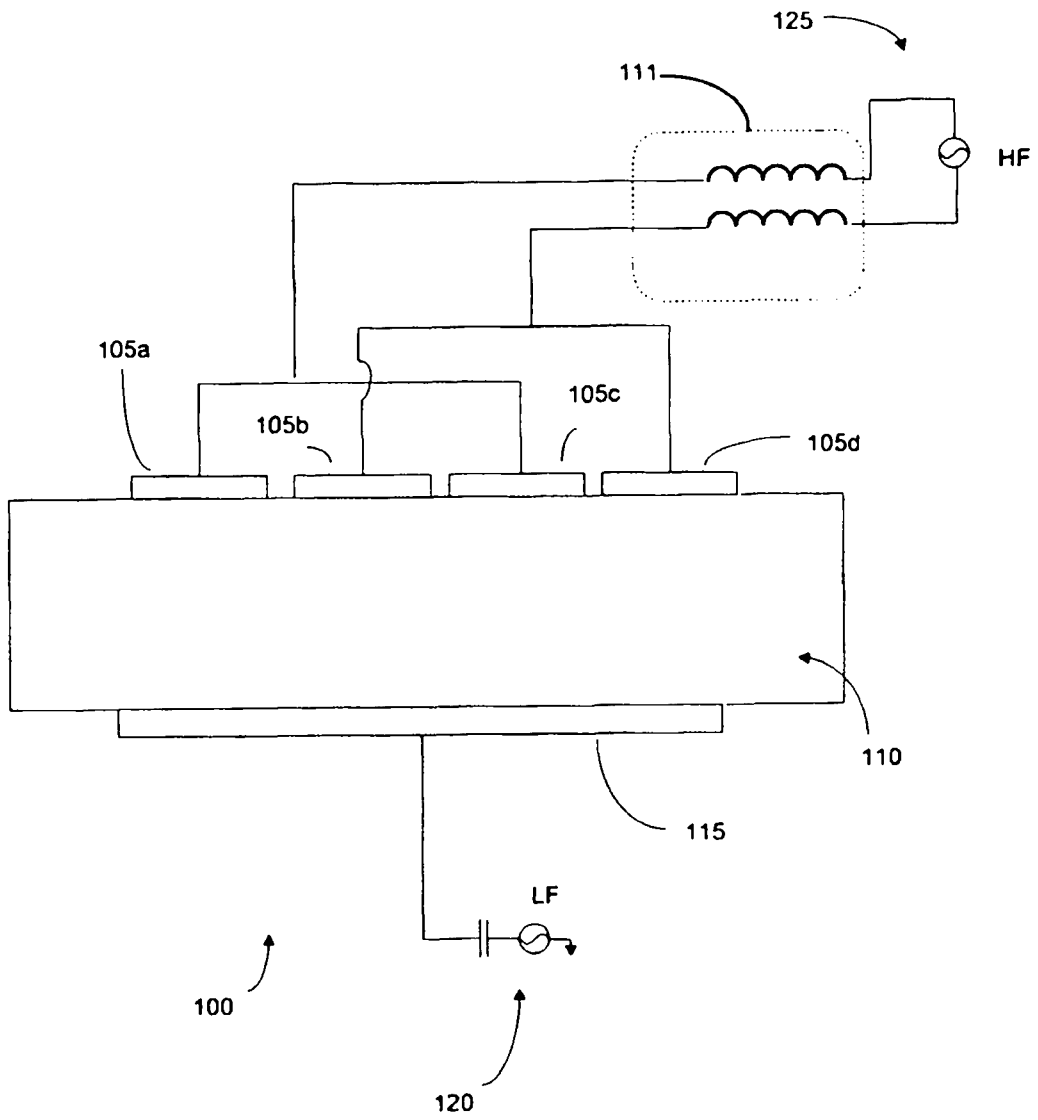


Figura 1

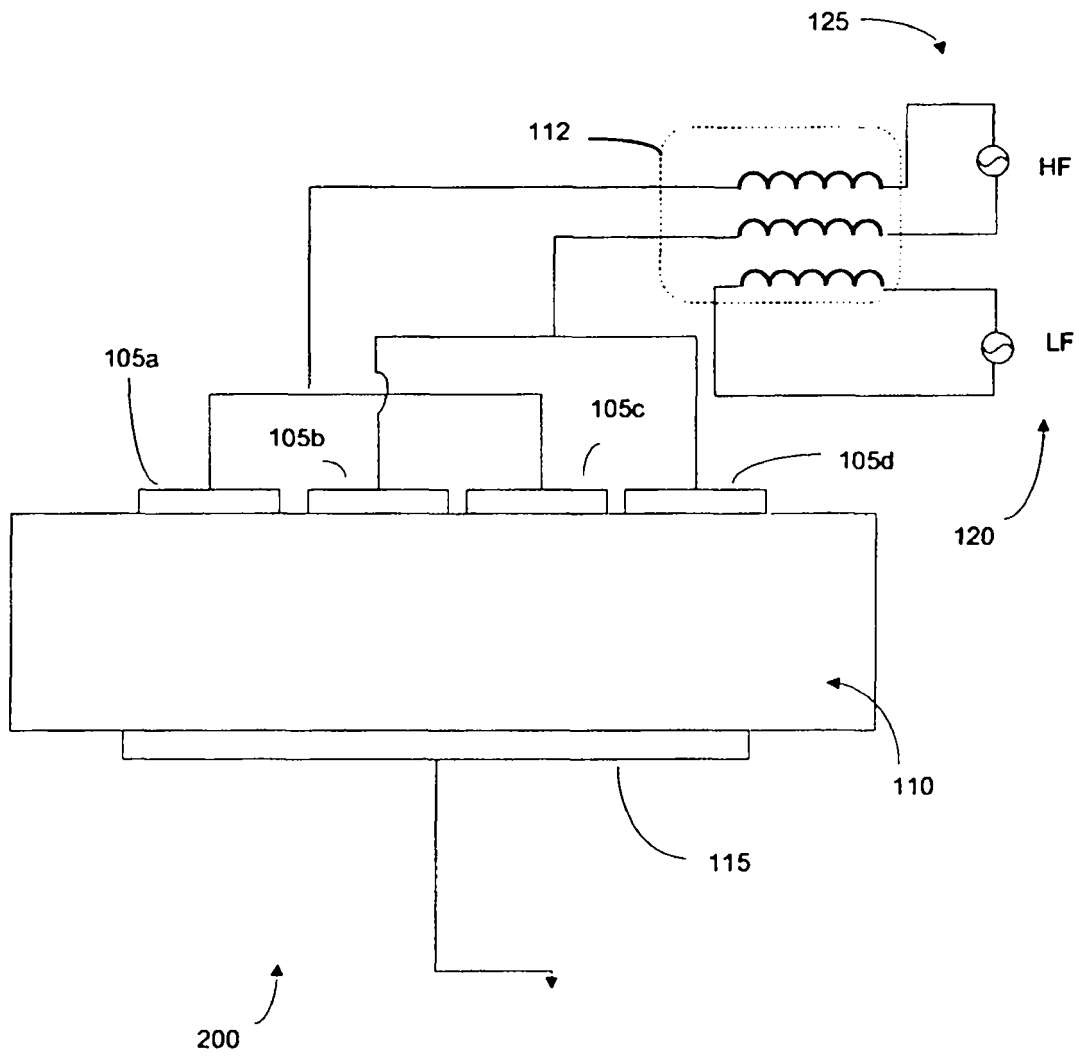


Figura 2

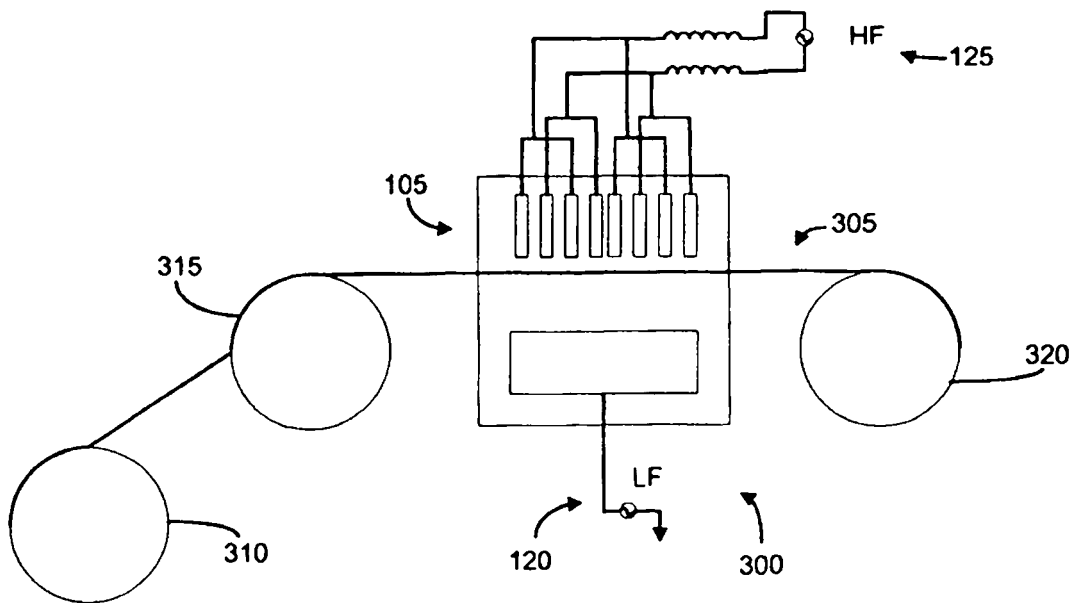


Figura 3

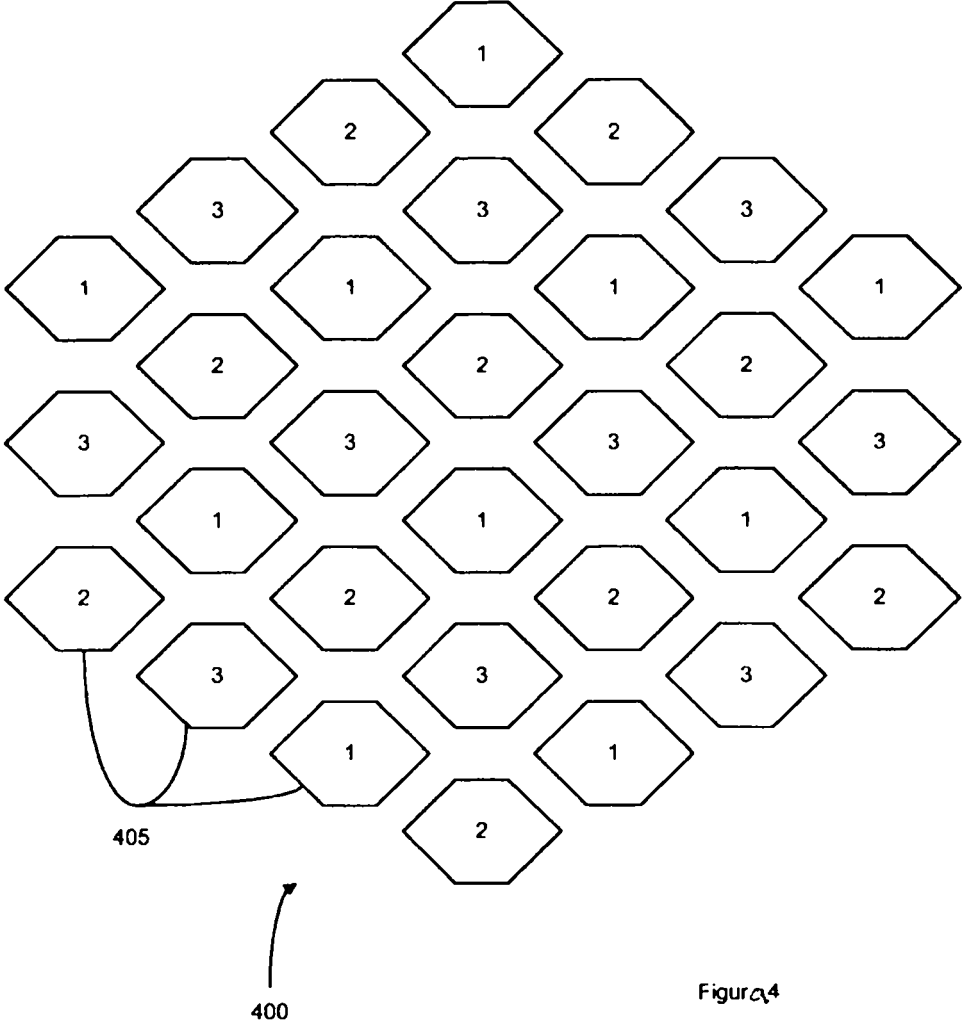


Figura 4

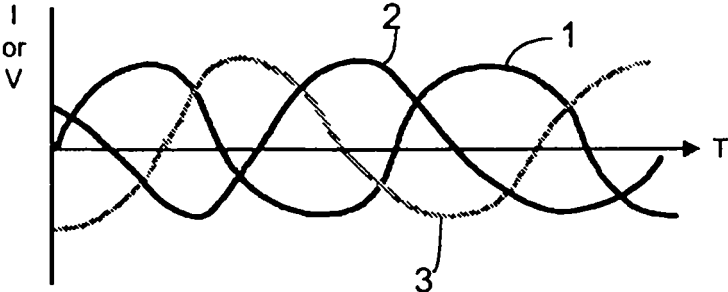


Figura 5

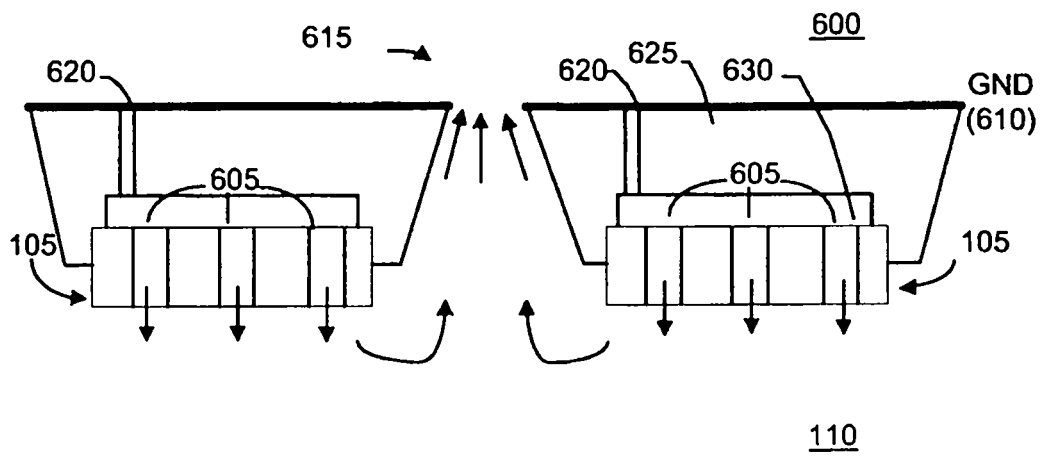


Figura 6

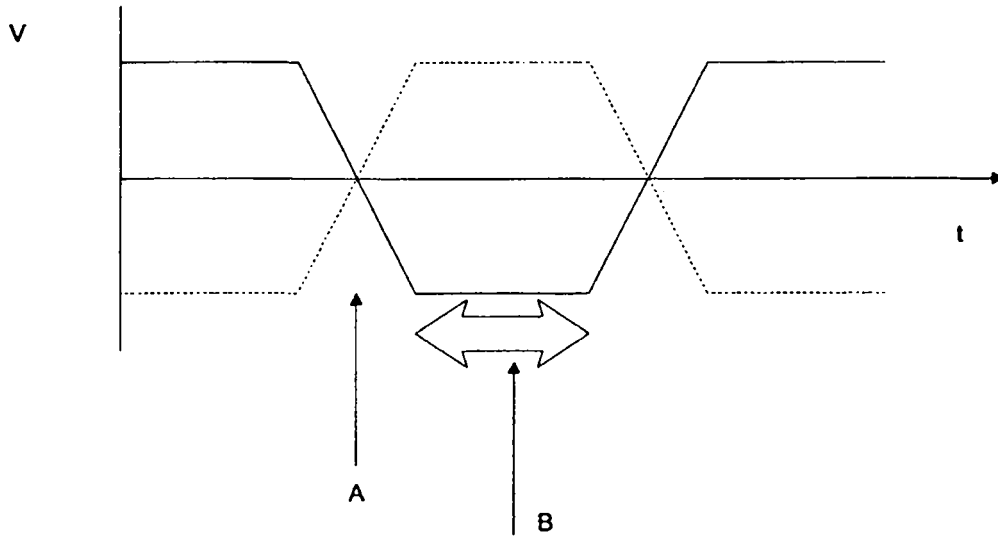


Figure 7a

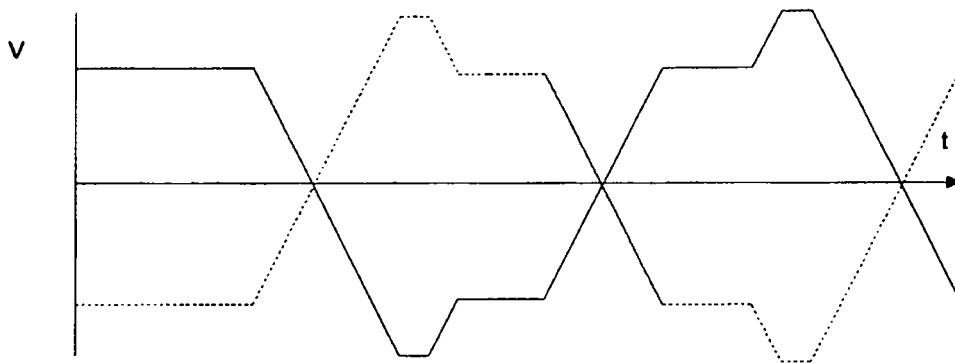


Figure 7b

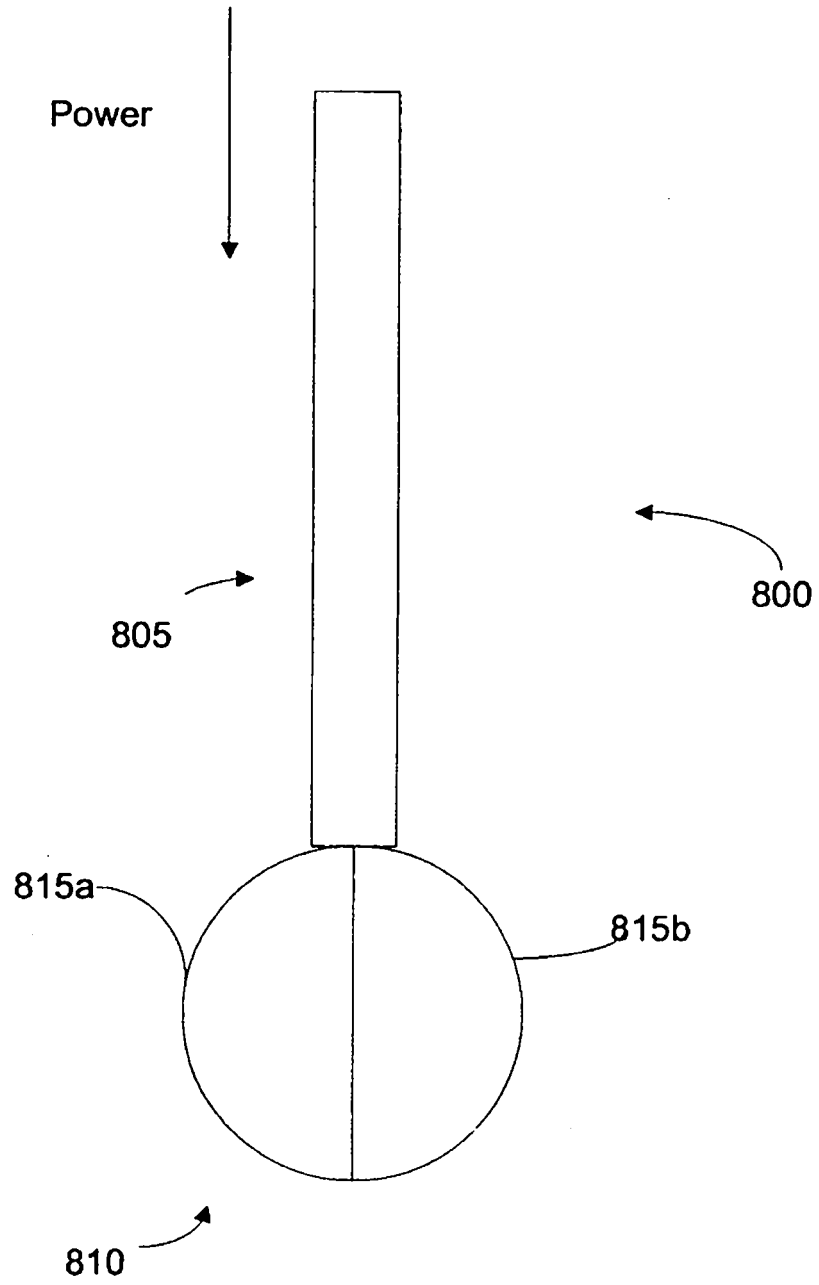


Figura 8