

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 584**

51 Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)

H05H 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2018 PCT/EP2018/085820**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019 WO19121899**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2018 E 18829350 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023 EP 3729486**

54 Título: **Sistema para el control de temperatura uniforme y el desacoplamiento eléctrico de un electrodo por medio de tuberías de calor, e instalación de tratamiento que comprende un sistema de este tipo**

30 Prioridad:
21.12.2017 DE 102017223592

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2024

73 Titular/es:
**MEYER BURGER (GERMANY) GMBH (100.0%)
An der Baumschule 6-8
09337 Hohenstein-Ernstthal, DE**

72 Inventor/es:
**BÖHM, CHRISTIAN y
RASCHKE, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:
DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 960 584 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

Sistema para el control de temperatura uniforme y el desacoplamiento eléctrico de un electrodo por medio de tuberías de calor, e instalación de tratamiento que comprende un sistema de este tipo

5 La invención se refiere a un sistema para el control de temperatura de uno o más electrodos. En este caso, el control de temperatura del o los electrodos se consigue por medio de tuberías de calor, con lo que es posible un control uniforme de la temperatura y el desacoplamiento eléctrico del o los electrodos de un aparato de control de temperatura. La invención se refiere además a una instalación de tratamiento que comprende un sistema de este tipo.

10 Los procesos de tratamiento en los que se introduce energía a través de un electrodo se usan en numerosos métodos en la tecnología de semiconductores, como en la fabricación de células solares, y en la tecnología de superficies, como el revestimiento de vidrio óptico. Ejemplos de lo mismo son, en particular, los procesos con plasma para aplicar, retirar o modificar capas. En este caso, los electrodos usados también pueden funcionar como un portasustrato o un medio de suministro de gas. Frecuentemente se intenta que el electrodo que se usa se mantenga a una temperatura específica, por ejemplo, para llevar uno o más sustratos a una temperatura que sea adecuada para el proceso previsto o para mantener dicho sustrato a dicha temperatura, o con el fin de evitar que el electrodo se caliente demasiado.

20 Con el fin de conseguir un control uniforme de la temperatura de un electrodo de este tipo, como aparato de control de temperatura se usan habitualmente sistemas de fluidos o calentadores resistivos. En el caso de un sistema de fluidos, a través del electrodo circula un fluido, por ejemplo, aceite, agua o gas, que se suministra desde el exterior y se descarga de nuevo al exterior. Sobre o dentro del electrodo se disponen calentadores resistivos, como elementos planos o como filamentos de calentamiento rectos o en espiral, suministrándose energía eléctrica al calentador desde el exterior, independientemente de la potencia del electrodo. Sin embargo, en ambos casos, una porción de la potencia del electrodo se disipa al exterior a través del aparato de control de temperatura, con el resultado de que se reduce la potencia disponible para el proceso de tratamiento real y los componentes del propio aparato de control de temperatura también pueden verse afectados. Por lo tanto, frecuentemente son necesarios complicados circuitos de aislamiento o filtrado con el fin de desacoplar eléctricamente el aparato de control de temperatura del electrodo. Esto es especialmente importante en el caso de electrodos de alta frecuencia, es decir, con niveles de potencia de electrodo a una frecuencia en el intervalo de 10 kHz a 100 MHz.

35 Además, un sistema de fluido presenta otras desventajas, en particular, si se usa aceite como fluido. Por lo tanto, la temperatura del electrodo o de un portasustrato que se puede alcanzar usando calentamiento con aceite se limita, por ejemplo, a aproximadamente 350 °C. Además, debido a la emisión de calor del fluido mientras dicho fluido fluye a través del electrodo o el portasustrato, surge una diferencia de temperatura de varios kelvin entre el lugar de entrada del fluido y el lugar de salida del fluido dentro y fuera del electrodo, con lo que no es posible un control uniforme de la temperatura del electrodo. No menos importante es el hecho de que en los sistemas de fluidos, en particular en aparatos de control de temperatura a base de aceite, existe el riesgo de que se produzca una fuga dentro de la instalación de procesamiento, lo que conlleva un importante gasto en la limpieza de la instalación.

40 Una desventaja de los calentadores resistivos es que estos calentadores solo permiten el calentamiento del electrodo o del portasustrato, pero no el enfriamiento activo.

45 En principio, también es conocido el uso de tuberías de calor, en particular, para elementos de enfriamiento en instalaciones de revestimiento. Por ejemplo, el documento WO 95/16804 A1 describe el enfriamiento de una placa rociadora de gas que usa una tubería de calor que se extiende perpendicularmente a la superficie de salida de la placa rociadora de gas y que está rodeado en un extremo por una camisa de enfriamiento a través de la que fluye un refrigerante, estando el refrigerante por lo tanto en contacto directo con la superficie de la tubería de calor. En el documento EP 2 481 831 A1 se menciona también el uso de tuberías de calor para disipar el calor de un electrodo de alta frecuencia, mientras el electrodo se calienta por medio de un catalizador de calentamiento, un calentador resistivo o un fluido de calentamiento. En el documento US 6 027 701 A se describe un sistema de enfriamiento convencional para electrodos sin tuberías de calor. En el documento DE 20 2010 004109 U1 se describe una conexión de puente para tuberías de calor.

55 El objeto de la invención es proporcionar un sistema mejorado para el control de temperatura de un electrodo, en particular un electrodo de alta frecuencia, y una instalación de tratamiento que comprende un sistema de este tipo, garantizándose un buen desacoplamiento eléctrico entre un aparato de control de temperatura y el electrodo y evitando o reduciendo otras desventajas de los sistemas de control de temperatura anteriores.

60 El objeto se consigue mediante un sistema y una instalación de tratamiento según las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas se pueden encontrar en las reivindicaciones dependientes.

65 El sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo comprende al menos una tubería de calor, un elemento de acoplamiento y un aparato de control de temperatura. La tubería de calor es adecuada para disponerse en el electrodo, al menos en parte, y con al menos un primer extremo, mientras que el elemento de acoplamiento es adecuado para calentar o enfriar un segundo extremo de la tubería de calor. El aparato de control de

temperatura, a su vez, es adecuado para calentar o enfriar el elemento de acoplamiento y, por tanto, funciona como fuente de calor o disipador de calor con respecto al electrodo. En este caso, el electrodo y el aparato de control de temperatura se separan galvánicamente entre sí, de tal manera que el aparato de control de temperatura se desacopla eléctricamente del electrodo. El electrodo en sí no es necesariamente un componente del sistema para el control de temperatura del electrodo, según la invención, pero el electrodo y el sistema para el control de temperatura del electrodo se adaptan entre sí y son adecuados para acoplarse entre sí. Para este propósito, el electrodo es al menos adecuado para recibir al menos el primer extremo de la tubería de calor en su interior.

Las tuberías de calor son tuberías hechas de un material de cobertura, y están provistas de una estructura interna especial, por ejemplo, capilares o una malla de alambre insertada. En el volumen cerrado de una tubería de calor hay un medio de trabajo, que llena el volumen parcialmente en estado líquido, parcialmente en estado vaporoso. En este caso, el calor se transfiere desde la ubicación de entrada de calor, en la que el medio de trabajo se evapora, a la ubicación de salida de calor, en la que el medio de trabajo se condensa nuevamente. Debido a la alta densidad del flujo de calor, grandes flujos de calor, p. ej. 50 W, con áreas de entrada de calor relativamente pequeñas, p. ej. 5 cm², se pueden transportar a distancias relativamente largas, p. ej. 40 cm, en un tiempo muy corto, o en unos pocos segundos, con una caída de temperatura muy pequeña en toda la longitud de la tubería de calor de aproximadamente 0,5 K. Una amplia variedad de realizaciones de tuberías de calor es conocida para el experto en la técnica. El material de cobertura puede ser, por ejemplo, un metal, tal como aluminio, cobre, cobre chapado en níquel, acero inoxidable o aleaciones de diversos metales, pero también vidrio o cerámica o un material compuesto. La tubería puede tener una sección transversal circular, ovalada, cuadrada o angular, o de cualquier otra forma, en donde la sección transversal también puede ser muy plana (casi en forma de cinta o plana). Dependiendo del intervalo de temperatura deseado, el agua, el sodio, el litio o el mercurio pueden usarse, por ejemplo, como medio de trabajo. El número y la forma de las tuberías de calor, así como la disposición de las tuberías de calor cuando se usan varias tuberías de calor, se pueden seleccionar según la cantidad de calor que se transferirá y la geometría del electrodo. Aquí, una tubería de calor puede diseñarse como una varilla recta o en una forma curva, en donde también son posibles varias curvas, por ejemplo en la forma de un meandro, o curvas tridimensionales.

El acoplamiento térmico de la tubería de calor al electrodo tiene lugar mediante conducción de calor, en donde la tubería de calor se puede insertar, apretar, atornillar, pegar o soldar en el electrodo.

Valiéndose de su conocimiento, el experto en la técnica seleccionará los materiales y la geometría de la al menos una tubería de calor, su disposición y tipo de unión dentro del electrodo según las condiciones de límite presentes, p. ej., gases de proceso, la temperatura de electrodo que se debe alcanzar, el material del electrodo, la transmisión de una tensión de electrodo, etc. Las tuberías de calor metálicas pueden usarse, por lo tanto, para suministrar al electrodo una tensión de electrodo desde un dispositivo de suministro de energía.

El electrodo también puede estar compuesto de diferentes materiales o de estructuras de capas de diferentes materiales, siendo sin embargo al menos un componente del electrodo conductor de electricidad, con el fin de conseguir una distribución deseada del potencial eléctrico sobre el electrodo. Los materiales típicos de los electrodos son aluminio, grafito, acero inoxidable o materiales compuestos. El electrodo es frecuentemente un cuerpo plano que comprende dos superficies opuestas que tienen grandes dimensiones laterales con respecto a la separación de dichas superficies. Al menos una de dichas superficies se usa para generar un campo eléctrico y/o para retener uno o más sustratos, y en lo sucesivo se denomina superficie efectiva. Por lo tanto, en el sentido de la presente solicitud, también debería entenderse como electrodo un retenedor de sustrato al que no se aplica tensión eléctrica y que está puesto a tierra o flotante. Sin embargo, el electrodo también puede ser, por ejemplo, un rociador de gas o contener un dispositivo de este tipo. El cableado eléctrico del electrodo se puede conseguir usando corriente continua o corriente alterna de frecuencias bajas a altas, siendo el sistema según la invención particularmente adecuado para el control de temperatura de un electrodo al que se aplica una tensión de alta frecuencia, por ejemplo, una frecuencia de 13,56 MHz o 40 MHz. El electrodo puede estar compuesto por una pieza o por varias partes, por ejemplo, medias carcasas, estando unidas las piezas individuales por medio de remachado, soldadura, unión adhesiva, atornillado, sujeción u otras técnicas de unión. Preferiblemente, en el electrodo se forman rebajes para recibir la al menos una tubería de calor, en los que se pueden empujar, atornillar o insertar la tubería de calor o las tuberías de calor. La tubería de calor o las tuberías de calor se extienden de manera que su extensión longitudinal (entre el primer y el segundo extremo de la tubería de calor) esté paralela con la superficie efectiva del electrodo al menos en parte.

El elemento de acoplamiento que se calienta o enfría usando el aparato de control de temperatura se usa para transferir una cantidad de calor hacia o desde al menos una tubería de calor.

En una primera realización, el elemento de acoplamiento es al menos una porción de la superficie exterior del electrodo, estando el segundo extremo de la tubería de calor contiguo a dicha porción de la superficie exterior. En este caso, el elemento de acoplamiento consiste únicamente en una superficie de transferencia de calor que corresponde a la porción de la superficie exterior del electrodo, teniendo la superficie de transferencia de calor un coeficiente de absorción térmica aumentado en comparación con otras zonas del electrodo. Para este fin, dicha porción de la superficie exterior del electrodo puede ennegrecerse, por ejemplo, con negro de humo, grafito o pintura, su superficie puede hacerse rugosa, o su superficie puede estar provista de otro revestimiento fino de alta absorción (espesor inferior o igual que 50 pm). Puede estar compuesta de una pieza o de varias partes, por ejemplo, semicubiertas, en

donde las partes individuales se conectan entre sí mediante remachado, soldadura, soldadura fuerte, encolado, atornillado, apriete u otras técnicas de unión. Preferiblemente, en el electrodo se forman rebajes para recibir la al menos una tubería de calor, en los que se pueden encajar, atornillar o insertar la tubería de calor o las tuberías de calor. La tubería o tuberías de calor se extienden al menos parcialmente en su extensión longitudinal (entre los extremos primero y segundo de la tubería de calor) paralelas a la superficie efectiva del electrodo.

El elemento de acoplamiento, que se calienta o se enfría usando el aparato de control de temperatura, se usa para transferir una cantidad de calor hacia o desde al menos una tubería de calor.

En una primera realización, el elemento de acoplamiento es al menos una parte de la superficie exterior del electrodo, en donde el segundo extremo de la tubería de calor es adyacente a dicha parte de la superficie exterior. En este caso, el elemento de acoplamiento consiste únicamente en una superficie de transferencia de calor que corresponde a la parte de la superficie exterior del electrodo, en donde la superficie de transferencia de calor tiene un mayor coeficiente de absorción térmica en comparación con otras regiones del electrodo. Para este propósito, esta parte de la superficie exterior del electrodo puede ennegrecerse, por ejemplo, con negro de carbón, grafito o barniz, pudiendo la superficie ser rugosa o estar provista de otro revestimiento altamente absorbente, delgado (espesor menor o igual que 50 nm). Por ejemplo, se puede anodizar un electrodo de aluminio en la superficie exterior. La superficie exterior que comprende el elemento de acoplamiento preferiblemente no es una superficie efectiva del electrodo. Más preferiblemente, toda la superficie de la superficie exterior forma el elemento de acoplamiento. La primera realización es particularmente adecuada para el uso de un radiador de infrarrojos como aparato de control de temperatura, teniendo el elemento de acoplamiento un coeficiente de absorción térmica (emisividad) en el intervalo espectral del radiador de infrarrojos mayor o igual que 0,5, preferiblemente en el intervalo de 0,7 a 0,9, mientras que las regiones restantes del electrodo tienen una emisividad de aproximadamente 0,2, dependiendo del grado de revestimiento. La superficie del elemento de acoplamiento es preferiblemente sustancialmente más pequeña que la superficie efectiva del electrodo y es por ejemplo, menos del 15 % de la superficie efectiva y por ejemplo, menos del 10 % de toda la superficie del electrodo (cara superior e inferior y caras exteriores del electrodo). El acoplamiento térmico de la tubería de calor con el elemento de acoplamiento se consigue por medio de conducción de calor. La tubería de calor o tuberías de calor se extienden desde el elemento de acoplamiento, sobre la superficie efectiva del electrodo, hacia el interior del electrodo, de tal manera que el calor se distribuye uniformemente sobre la superficie efectiva del electrodo y la temperatura de la superficie efectiva se controla uniformemente teniendo, por ejemplo, una diferencia de temperatura de 0,5 K en toda la extensión de la superficie efectiva.

En una segunda realización del sistema según la invención, el elemento de acoplamiento es un cuerpo que está separado del electrodo y consiste en un material que tiene un alto nivel de conductividad térmica, siendo el elemento de acoplamiento adecuado para estar dispuesto en una región de la superficie exterior del electrodo que es adyacente a una región de volumen del electrodo en la que puede disponerse al menos el segundo extremo de la tubería de calor. Es decir, que la tubería de calor está dispuesta completamente dentro del electrodo cuando el sistema según la invención está en uso, mientras que el elemento de acoplamiento se une a una superficie exterior del electrodo en la región en la que se ubica el segundo extremo de la tubería de calor, y se conecta físicamente al electrodo, por ejemplo, por medio de apriete o atornillado, de manera que exista una buena conducción de calor entre el elemento de acoplamiento y el electrodo. De este modo, el elemento de acoplamiento transfiere calor a la tubería de calor o lo disipa de la misma por medio de conducción de calor a través del material del electrodo ubicado entre dicho elemento de acoplamiento y el segundo extremo de la tubería de calor. El elemento de acoplamiento puede consistir en el mismo material que el electrodo o en un material diferente y, en el intervalo de la temperatura deseada del electrodo, tiene una conductividad térmica mayor o igual que 20 W/(m·K), preferiblemente mayor o igual que 150 W/(m·K), siendo la conductividad térmica preferiblemente mayor o igual que la conductividad térmica del material del electrodo. Al seleccionar el material para el elemento de acoplamiento, puede ser necesario tener también en cuenta la compatibilidad con respecto a las condiciones del proceso que existen cuando el electrodo se usa para un proceso de tratamiento. La superficie de contacto entre el elemento de acoplamiento y el electrodo, cuya superficie es la superficie de entrada de calor al electrodo, es preferiblemente sustancialmente más pequeña que la superficie efectiva del electrodo y es, por ejemplo, menos del 15 % de la superficie efectiva y, por ejemplo, menos del 10 % de toda la superficie del electrodo (cara superior e inferior, y caras exteriores del electrodo).

En una tercera realización del sistema según la invención, el elemento de acoplamiento es un cuerpo que se separa del electrodo y consiste en un material que tiene un alto nivel de conductividad térmica, y se dispone en el elemento al menos el segundo extremo de la tubería de calor. Preferiblemente, el elemento de acoplamiento no está conectado físicamente directamente con el electrodo, sino que puede estar adyacente al mismo. Esto es ventajoso si los materiales del elemento de acoplamiento y del electrodo tienen diferentes coeficientes de dilatación térmica. Si dichos coeficientes de dilatación térmica son iguales o aproximadamente iguales para el elemento de acoplamiento y el electrodo, entonces el elemento de acoplamiento también puede estar unido físicamente al electrodo, por ejemplo, por medio de atornillado o apriete. El elemento de acoplamiento puede consistir en el mismo material que el electrodo o en un material diferente y, en el intervalo de la temperatura deseada del electrodo, tiene una conductividad térmica mayor o igual que 20 W/(m·K), preferiblemente mayor o igual que 150 W/(m·K), siendo la conductividad térmica preferiblemente mayor o igual que la conductividad térmica del material del electrodo. Para seleccionar el material del elemento de acoplamiento, puede ser necesario tener también en cuenta la compatibilidad con respecto a las condiciones del proceso que están presentes cuando el electrodo se usa para un proceso de tratamiento.

El acoplamiento térmico de la tubería de calor con el elemento de acoplamiento se consigue en la tercera realización por medio de conducción de calor, siendo posible empujar, apretar, atornillar, pegar o soldar la tubería de calor en el elemento de acoplamiento. El elemento de acoplamiento puede, al igual que el electrodo, consistir en una pieza o una pluralidad de partes, por ejemplo, medias carcasas, estando las partes individuales interconectadas por medio de remachado, soldadura, soldadura fuerte, pegado, atornillado, apriete u otras técnicas de unión. Preferiblemente, en el elemento de acoplamiento se forman rebajes para recibir la al menos una tubería de calor, en los que se puede empujar, atornillar o insertar la tubería de calor o las tuberías de calor.

En una configuración específica de la segunda o tercera realización, el elemento de acoplamiento consiste en un material eléctricamente conductor, por ejemplo, aluminio, cobre, cobre niquelado o grafito. Si en esta realización, el elemento de acoplamiento se une al electrodo o la tubería de calor comprende un material de carcasa conductor de electricidad, el elemento de acoplamiento estará al mismo nivel de potencial eléctrico que el electrodo. Además, al electrodo también se le puede aplicar una tensión de electrodo por medio del elemento de acoplamiento y/o la tubería de calor.

En otra configuración específica de la segunda o tercera realización, el elemento de acoplamiento consiste en un material eléctricamente aislante, tal como un óxido cerámico, p. ej. Al_2O_3 , o una cerámica sin óxido, p. ej. nitruro de aluminio.

El elemento de acoplamiento de la segunda o tercera realización del sistema según la invención comprende preferiblemente una superficie de transferencia de calor que es una superficie exterior del elemento de acoplamiento y a través de la cual el elemento de acoplamiento interactúa con el aparato de control de temperatura. Por “superficie exterior del elemento de acoplamiento” se entiende también una superficie de un orificio practicado en el elemento de acoplamiento, estando dispuesto al menos parcialmente el aparato de control de temperatura dentro del orificio. La superficie de transferencia de calor tiene un mayor coeficiente de absorción térmica o una mayor conductividad térmica en comparación con otras regiones del elemento de acoplamiento. Para ello, la superficie de transferencia de calor puede ennegrecerse, hacerse rugosa o estar provista de un revestimiento fino de alta absorción, como ya se describió con referencia al elemento de acoplamiento de la primera realización. El coeficiente de absorción térmica en el intervalo de longitud de onda del aparato de control de temperatura es preferiblemente mayor o igual que 0,5, preferiblemente en el intervalo de 0,7 a 0,9. Si la transmisión de calor entre el dispositivo de control de temperatura y el elemento de acoplamiento se realiza por medio de conducción de calor, entonces la superficie de transferencia de calor también puede estar provista de un revestimiento que tenga una conductividad térmica especialmente alta, por ejemplo, con una capa de grafito, cobre, plata u oro. La superficie de transferencia de calor tiene preferiblemente una conductividad térmica mayor o igual que $150 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Para conseguir un acoplamiento térmico especialmente bueno con el dispositivo de control de temperatura, la superficie de transferencia de calor es preferiblemente una superficie ampliada. Es decir, que la superficie de transferencia de calor tiene, por ejemplo, una altura o anchura mayor que la superficie exterior opuesta del elemento de acoplamiento. Sin embargo, la superficie de transferencia de calor del elemento de acoplamiento es preferiblemente sustancialmente más pequeña que la superficie efectiva del electrodo y es, por ejemplo, menor que el 15 % de la superficie efectiva y, por ejemplo, menor que el 10 % de toda la superficie del electrodo (cara superior e inferior y caras exteriores del electrodo).

El aparato de control de temperatura es preferiblemente un radiador infrarrojo que transfiere calor al elemento de acoplamiento por medio de radiación térmica, o un inductor que induce corrientes parásitas en el material del elemento de acoplamiento por medio de un campo magnético alterno. En ambos casos, el aparato de control de temperatura puede estar separado del elemento de acoplamiento, de manera que no hay acoplamiento eléctrico directo o galvánico entre el aparato de control de temperatura y el electrodo, incluso en el caso de un elemento de acoplamiento eléctricamente conductor o en el caso de un elemento de acoplamiento eléctricamente conductor y una tubería de calor eléctricamente conductora. En el caso de que se use un radiador de infrarrojos como aparato de control de temperatura, puede disponerse un material que sea permeable a los rayos infrarrojos pero que sea eléctricamente aislante, por ejemplo, vidrio de sílice, entre el radiador de infrarrojos y el elemento de acoplamiento, y puede garantizar el desacoplamiento eléctrico entre el aparato de control de temperatura y el electrodo.

Para conseguir un enfriamiento del elemento de acoplamiento por medio de radiación térmica, el aparato de control de temperatura también puede ser un disipador de calor enfriado intensamente. De este modo es posible, por ejemplo, disponer una superficie de grafito frente a la superficie de transferencia de calor del elemento de acoplamiento y enfriarla, y así actuar como un disipador de radiación para el elemento de acoplamiento.

En otras realizaciones preferidas, el aparato de control de temperatura es un calentador resistivo o un aparato a base de fluido que transfiere calor al elemento de acoplamiento o, en el caso de un aparato a base de fluido, disipa el calor del mismo. Si el elemento de acoplamiento o, en el caso de un elemento de acoplamiento separado del electrodo, al menos la tubería de calor consiste en un material eléctricamente aislante, entonces el aparato de control de temperatura puede unirse directamente al elemento de acoplamiento. Si el elemento de acoplamiento y la tubería de calor están hechos de un material eléctricamente conductor, entonces se dispone otro aislante eléctrico entre el aparato de control de temperatura y la superficie de transferencia de calor del elemento de acoplamiento. Aunque el aparato de control de temperatura y el electrodo no estén completamente desacoplados eléctricamente entre sí con

esta realización, las pérdidas eléctricas se reducen y pueden calcularse fácilmente y, por lo tanto, pueden tenerse en cuenta fácilmente en el suministro de energía al electrodo.

5 En una realización adicional, el sistema contiene además una unidad de medición de temperatura y una unidad de control, en donde la unidad de medición de temperatura es adecuada para determinar un parámetro relacionado con la temperatura del elemento de acoplamiento, y la unidad de control es adecuada para controlar el aparato de control de temperatura. El aparato de medición de temperatura puede contener un termopar, que se dispone directamente en el elemento de acoplamiento. En el caso de un elemento de acoplamiento hecho de un material eléctricamente conductor, preferiblemente el termopar se desacopla eléctricamente del elemento de acoplamiento. En otras variantes, 10 la unidad de medición de temperatura puede contener un pirómetro o sensores de fibra óptica. La unidad de control controla el aparato de control de temperatura según la temperatura real del elemento de acoplamiento, determinada con la ayuda de la unidad de medición de temperatura, y una temperatura de referencia predeterminada del elemento de acoplamiento.

15 La instalación de tratamiento según la invención tiene una cámara de tratamiento y al menos un electrodo dentro de la cámara de tratamiento, y al menos un sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo. Si la cámara de tratamiento contiene más de un electrodo, entonces se asigna en cada caso, preferiblemente a cada electrodo, un sistema separado para el control de temperatura del electrodo. Esto significa que el al menos una tubería de calor y la unidad de acoplamiento de cada sistema para el control de temperatura de un electrodo se asignan a exactamente un electrodo, en donde, sin embargo, también se usa un aparato de control de temperatura para el control 20 simultáneo de la temperatura de varios electrodos o elementos de acoplamiento. Alternativamente, también es posible que las tuberías de calor, que se conectan en cada caso a un electrodo, pero en cada caso a uno diferente, se conecten únicamente a un elemento de acoplamiento y, por lo tanto, un elemento de acoplamiento se asigne a varios electrodos. La instalación de tratamiento es preferiblemente adecuada para crear un vacío dentro de la cámara de tratamiento y presenta los correspondientes dispositivos y propiedades para la misma. 25

Preferiblemente, el aparato de control de temperatura de al menos un primer sistema para el control de temperatura de un electrodo se dispone fuera de la cámara de tratamiento. Alternativamente, sin embargo, el aparato de control de temperatura también puede estar dispuesto dentro de la cámara de tratamiento. De este modo es posible, por ejemplo, que en el interior de la cámara de tratamiento esté dispuesto un radiador de infrarrojos, que está dispuesto dentro de una tubería de revestimiento metálico, por ejemplo, que consiste en un vidrio de sílice. La ventaja de esta variante es que la tubería de revestimiento metálico está sellada frente a una atmósfera dentro de la cámara de tratamiento, por ejemplo, un vacío, y por lo tanto una composición de gas específica prevalece en el interior de la tubería de revestimiento metálico, a la presión atmosférica. Como resultado, no existen restricciones para la tensión 30 de funcionamiento del radiador de infrarrojos. 35

En una realización preferida, el aparato de control de temperatura de un primer sistema para el control de temperatura de un electrodo está dispuesto fuera de la cámara de tratamiento, y el elemento de acoplamiento del primer sistema está dispuesto completamente dentro de la cámara de tratamiento. En este caso, el aparato de control de temperatura es preferiblemente un radiador de infrarrojos y la cámara de tratamiento comprende una ventana de radiación a través de la cual la radiación infrarroja puede llegar desde el aparato de control de temperatura al elemento de acoplamiento. Alternativamente, el aparato de control de temperatura es un inductor, pudiendo adaptarse la cámara de tratamiento al campo magnético alterno. En este caso, el desacoplamiento eléctrico entre el aparato de control de temperatura y el electrodo se consigue ventajosamente por medio de la separación entre el aparato de control de temperatura y el elemento de acoplamiento, y el aire situado entre ellos u, opcionalmente, el vacío situado entre ellos, que funcionan como un medio dieléctrico. 40 45

Naturalmente, el elemento de acoplamiento del primer sistema, cuyo aparato de control de temperatura está dispuesto fuera de la cámara de tratamiento, también puede estar dispuesto total o parcialmente fuera de la cámara de tratamiento. La persona experta en la técnica conoce los pasamuros correspondientes a través de una pared de la cámara de tratamiento. 50

La instalación de tratamiento comprende preferiblemente varios electrodos y una pluralidad de sistemas para el control de temperatura de un electrodo, estando los elementos de acoplamiento de al menos dos sistemas para el control de temperatura de un electrodo interconectados por medio de al menos una tubería de calor adicional. De este modo se pueden equilibrar las diferencias de temperatura entre los distintos elementos de acoplamiento y se puede conseguir una distribución de temperatura especialmente uniforme en todos los electrodos, cuyos elementos de acoplamiento asociados están interconectados a través de la tubería de calor adicional. Como alternativa, naturalmente también es posible ajustar diferentes temperaturas para diferentes electrodos, sin que los elementos de acoplamiento de dichos electrodos estén entonces interconectados a través de una tubería de calor adicional. 55 60

La instalación de tratamiento comprende preferiblemente una pluralidad de electrodos y una pluralidad de sistemas para el control de temperatura de un electrodo, disponiéndose en cada caso las superficies activas de los electrodos paralelas entre sí y opuestas entre sí. Esto corresponde a una pila de electrodos, pudiendo en este caso disponerse los electrodos verticalmente uno encima de otro, horizontalmente uno al lado de otro o uno al lado de otro en cualquier otra dirección espacial. En este caso, los electrodos adyacentes están por lo tanto conectados a uno o más suministros 65

de tensión, de manera que a dichos electrodos se les pueden aplicar diferentes tensiones de electrodo. De este modo, los electrodos adyacentes forman en cada caso un condensador (de placas), en el que se enciende, por ejemplo, un plasma o se puede realizar otro tratamiento. En este caso, los electrodos que tienen una primera tensión de electrodo y los electrodos que tienen una segunda tensión de electrodo que es diferente de la primera tensión de electrodo, se disponen preferiblemente alternativamente en la pila. Cada electrodo se asocia con un sistema separado para el control de temperatura del electrodo, estando asociado cada elemento de acoplamiento exactamente con un electrodo. Los elementos de acoplamiento de los sistemas para el control de temperatura de los electrodos son en cada caso un cuerpo separado del electrodo, como se describió anteriormente con referencia a la segunda o tercera realización del sistema según la invención. En este caso, cada elemento de acoplamiento tiene el mismo potencial, en al menos una de sus superficies exteriores, que el electrodo asociado. En otras palabras, el electrodo y el elemento de acoplamiento están acoplados eléctricamente y tienen el mismo potencial. Para reducir la capacitancia de los condensadores (de placas) adicionales entre los elementos de acoplamiento y los electrodos adyacentes, y minimizar así el riesgo de ignición de un plasma parásito, los elementos de acoplamiento que se asocian con los electrodos adyacentes se disponen de tal manera que se desplazan entre sí al menos en una dirección perpendicular a la distancia entre los electrodos adyacentes. Esto significa que los elementos de acoplamiento están dispuestos en lados diferentes de los electrodos, preferiblemente en lados opuestos de los electrodos, o que los elementos de acoplamiento que se extienden sólo sobre una parte de la extensión lateral del electrodo están dispuestos en el mismo lado de los electrodos pero en este caso están desplazados mutuamente a lo largo de dicha extensión lateral de los electrodos, teniendo preferiblemente un elemento de acoplamiento al inicio de la extensión lateral del electrodo asociado y un elemento de acoplamiento al final de la extensión lateral del electrodo asociado, es decir, en diferentes bordes de la extensión lateral.

En una realización especial de la instalación de tratamiento, el elemento de acoplamiento de al menos un sistema para el control de temperatura de un electrodo se conecta a un dispositivo de suministro de tensión y es adecuado, solo o junto con la al menos una correspondiente tubería de calor, para aplicar una tensión de electrodo al electrodo asociado. En otras palabras: Si el elemento de acoplamiento es conductor de electricidad y está junto al electrodo, o si la al menos una tubería de calor también es conductora de electricidad, entonces se puede suministrar al electrodo con alimentación eléctrica a través del elemento de acoplamiento. De este modo se puede sustituir una alimentación de tensión separada a los electrodos por una alimentación de tensión al elemento de acoplamiento, lo que tiene un efecto positivo con respecto a la necesidad de espacio en el electrodo y con respecto a otras propiedades de la instalación de tratamiento. Por ejemplo, puede reducirse el número de pasamuros de vacío y pueden evitarse los plasmas parásitos, o puede omitirse un aislamiento eléctrico adicional, que está destinado a evitar la formación de plasmas parásitos en el caso de una alimentación de tensión separada del o los electrodos. Si existe una tubería de calor adicional, ésta también puede usarse para suministrar la tensión de electrodo al elemento de acoplamiento.

El sistema según la invención y la instalación de tratamiento según la invención tienen las siguientes ventajas:

- se puede conseguir una distribución de temperatura muy uniforme dentro del electrodo (diferencia de temperatura menor o igual que 0,5 K),
- transferencia de calor muy rápida, en particular son posibles altas velocidades de calentamiento de 2 a 3 K/s,
- ninguna influencia en un proceso de plasma en el que se usa el electrodo, porque todos los materiales del sistema se pueden seleccionar de manera que sean compatibles con el proceso y no se introducen campos electromagnéticos adicionales través de las tuberías de calor,
- prevención o minimización de pérdidas eléctricas cuando se aplica energía eléctrica al electrodo, debiéndose esto al desacoplamiento eléctrico al menos sustancial del electrodo del aparato de control de temperatura,
- protección del aparato de control de temperatura contra daños debidos a una tensión de electrodo de alta frecuencia, debiéndose esto al desacoplamiento eléctrico al menos sustancial del electrodo del aparato de control de temperatura, no siendo necesario un circuito de filtrado,
- variantes económicas y adaptables a medida para el control de temperatura del electrodo, en las que también es posible el enfriamiento,
- minimización del riesgo de fuga al minimizar el volumen de materia extraña fluida o gaseosa en una cámara de tratamiento,
- minimización de los gastos de mantenimiento de la cámara de tratamiento o de toda la instalación de tratamiento,
- minimización del número necesario de pasamuros de vacío, debido a los componentes multifuncionales (p. ej., tubería de calor para transferir la cantidad de calor y para suministrar tensión al electrodo).

La invención se explicará a continuación con referencia a las realizaciones y los dibujos. En este caso, las dimensiones de los elementos individuales y su relación entre sí no están a escala, sino que se reproducen simplemente de manera esquemática. Los mismos signos de referencia indican componentes similares correspondientes.

5 En los dibujos:

la figura 1A es una vista esquemática de un primer ejemplo del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo, en el que el aparato de control de temperatura está separado del elemento de acoplamiento,

10 la figura 1A es una vista esquemática de un primer ejemplo del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo, en el que el aparato de control de temperatura está conectado físicamente al elemento de acoplamiento,

15 la figura 2 es una vista en perspectiva de una porción de un ejemplo de la primera realización del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo,

la figura 3A es una vista en perspectiva de un ejemplo de la segunda realización del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo,

20 la figura 3B es una sección transversal del ejemplo de la figura 3A en una primera posición,

la figura 3C es una sección transversal del ejemplo de la figura 3A en una segunda posición,

25 la figura 4 es una vista en perspectiva de una porción de un primer ejemplo de la tercera realización del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo,

la figura 5A es una vista en perspectiva de una porción de un segundo ejemplo de la tercera realización del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo,

30 la figura 5B es una vista en perspectiva únicamente de una porción inferior de los componentes mostrados en la figura 5A,

35 la figura 6A es una vista esquemática de un primer ejemplo de la instalación de tratamiento según la invención, en la que el elemento de acoplamiento de un sistema para el control de temperatura de un electrodo está dispuesto fuera de la cámara de tratamiento,

40 la figura 6B es una vista esquemática de un segundo ejemplo de la instalación de tratamiento según la invención, en la que el elemento de acoplamiento de un sistema para control de temperatura de un electrodo está dispuesto dentro de la cámara de tratamiento y el aparato de control de temperatura está dispuesto fuera de la cámara de tratamiento,

45 la figura 7 es una vista esquemática de un tercer ejemplo de la instalación de tratamiento según la invención, en la que están dispuestos una pluralidad de electrodos,

50 la figura 8 es una vista esquemática de un cuarto ejemplo de la instalación de tratamiento según la invención, que contiene una pila de electrodos en la que los elementos de acoplamiento adyacentes están dispuestos de manera que estén desplazados y algunos de los elementos de acoplamiento con el mismo potencial eléctrico están interconectados por medio de una tubería de calor adicional, y

55 la figura 9 es una vista esquemática de un quinto ejemplo de la instalación de tratamiento según la invención, que contiene una pila de electrodos en la que los elementos de acoplamiento adyacentes están dispuestos de manera que estén desplazados, y se controla la temperatura de los elementos de acoplamiento con el mismo potencial eléctrico por medio de un aparato común de control de temperatura.

La estructura básica del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo 1 se muestra con referencia a las figuras 1A y 1B, lográndose el acoplamiento térmico entre el aparato de control de temperatura y el elemento de acoplamiento por medio de radiación térmica (figura 1A) o por medio de conducción de calor (figura 1B).

60 La figura 1A muestra un primer ejemplo 100 del sistema según la invención. Dicho sistema contiene al menos una tubería de calor 120 que comprende un primer extremo 121 y un segundo extremo 122, un elemento de acoplamiento 130 y un aparato de control de temperatura 140. En el ejemplo 100 mostrado, el primer extremo 121 de la tubería de calor 120 está dispuesto en el interior del electrodo 110, mientras que el segundo extremo 122 de la tubería de calor 120 está dispuesto en el elemento de acoplamiento 130. La tubería de calor 120 se extiende de tal manera que la extensión longitudinal de la misma (entre el primer y el segundo extremo de la tubería de calor) está en paralelo con una superficie efectiva 115 del electrodo 110 al menos en parte, estando dispuesto, retenido o montado en la superficie

efectiva, por ejemplo, un sustrato 170. También es posible disponer y retener o montar una pluralidad de sustratos en la superficie efectiva 115 del electrodo 110. En el caso mostrado, la superficie efectiva 115 se extiende en un plano x-y. En el caso mostrado, la tubería de calor 120 se extiende a lo largo de toda su extensión longitudinal en paralelo con la superficie efectiva 115, por ejemplo, como una tubería de calor recta en la dirección x. El elemento de acoplamiento 130 comprende una superficie de transferencia de calor 136 ennegrecida que tiene un coeficiente de absorción térmica mayor en comparación con otras regiones del elemento de acoplamiento 130, y que tiene una superficie ampliada en comparación con una superficie exterior del elemento de acoplamiento 130 que es opuesta a la superficie de transferencia de calor 136, y en comparación con una superficie exterior del electrodo 110 que es opuesta al elemento de acoplamiento 130. Con este fin, en el caso mostrado, se aumenta la extensión de la superficie de transferencia de calor 136 en la dirección z. Por lo tanto, la superficie de transferencia de calor 136 es particularmente adecuada para absorber la radiación térmica (indicada en la figura 1A por las flechas discontinuas) que emana del aparato de control de temperatura 140, en este caso un radiador infrarrojo 141. El segundo extremo 122 de la tubería de calor 120 no está unido a la superficie de transferencia de calor 136, pero en otras realizaciones también puede estar unido a la superficie de transferencia de calor.

El aparato de control de temperatura 140 también puede ser un inductor que calienta el elemento de acoplamiento 130 por medio de corrientes parásitas inducidas. En este caso, el elemento de acoplamiento no presenta una superficie de transferencia de calor separada.

En el primer ejemplo 100 del sistema según la invención, el elemento de acoplamiento 130 es un cuerpo que es independiente del electrodo 110 y se separa del mismo, siendo la distancia entre las superficies exteriores opuestas del electrodo 110 y del elemento de acoplamiento 130 la que se muestra en la figura 1A como la distancia d_1 . La distancia d_1 está en el intervalo de 0 mm a 100 mm, estando limitada la distancia d_1 por la longitud máxima de la tubería de calor o las tuberías de calor 120. En el caso de diámetros pequeños de las tuberías de calor 120 disponibles actualmente, la longitud máxima es de aproximadamente 1 m. Sin embargo, el elemento de acoplamiento también puede formarse como la superficie exterior del electrodo, como se explicará con más detalle con referencia a la figura 2. Además, el elemento de acoplamiento 130 y el aparato de control de temperatura 140 también están dispuestos a una distancia d_2 entre sí, estando situados aire y/o vacío entre el elemento de acoplamiento 130 y el dispositivo de control de temperatura 140. La distancia d_2 está en el intervalo de 1 mm a 50 mm. En este caso, el valor mínimo de la distancia d_2 está determinado principalmente por el tamaño de la superficie de transferencia de calor 136, porque se pretende garantizar un pequeño acoplamiento capacitivo entre el aparato de control de temperatura 140 y el elemento de acoplamiento 130 en el intervalo de unos pocos pF. Por el contrario, el valor máximo de la distancia d_2 depende principalmente de la capacidad de enfoque y/o del rendimiento del aparato de control de temperatura 140 y, por lo tanto, también puede ser mayor que el valor especificado. Como resultado, la tubería de calor 120 y/o el elemento de acoplamiento 130 pueden ser eléctricamente conductores o eléctricamente aislantes.

El primer ejemplo 100 del sistema según la invención comprende además una unidad de medición de temperatura 150 y una unidad de control 160. La unidad de medición de temperatura 150 mide la temperatura del elemento de acoplamiento 130 u otros parámetros que permiten sacar conclusiones con respecto a la temperatura del elemento de acoplamiento 130, y transmite el parámetro o parámetros medidos o la temperatura determinada a partir de los mismos a la unidad de control 160 en de manera cableada o inalámbrica. En el caso representado, la unidad de medición de temperatura 150 está configurada como pirómetro 151, que determina la temperatura del elemento de acoplamiento 130 por medio de la radiación emitida a través de la superficie de transferencia de calor 136. La unidad de control 160 controla el aparato de control de temperatura 140, a través de una línea de control 161 que también puede ser una conexión inalámbrica, de tal manera que se alcanza una temperatura deseada del elemento de acoplamiento 130.

El segundo ejemplo 101 del sistema según la invención, que se muestra en la figura 1B, difiere del primer ejemplo 100 de la figura 1A en los siguientes puntos:

- el elemento de acoplamiento 130 ahora comprende una superficie de transferencia de calor 137 altamente conductora térmicamente en lugar de la superficie de transferencia de calor ennegrecida del primer ejemplo 100.

- el aparato de control de temperatura 140 es un calentador resistivo 142 (o un aparato de control de temperatura a base de fluido), y está conectado físicamente a la superficie de transferencia de calor 137 del elemento de acoplamiento 130 por medio de un aislante eléctrico 143. El aislante eléctrico 143 puede consistir, por ejemplo, en un óxido cerámico, por ejemplo, Al_2O_3 , o una cerámica sin óxido, por ejemplo, AlN. Si la tubería de calor 120 y/o el elemento de acoplamiento 130 son eléctricamente aislantes, también se puede omitir el aislante eléctrico 143 y el aparato de control de temperatura 140 puede unirse directamente a la superficie de transferencia de calor 137 del elemento de acoplamiento 130. El aislante eléctrico 143 también tiene una alta conductividad térmica mayor o igual que $20 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, pero preferiblemente mayor que $150 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

- La unidad de medición de temperatura 150 consiste en un termopar 152 que está dispuesto sobre una superficie del elemento de acoplamiento 130, estando dicho termopar opcionalmente desacoplado eléctricamente del elemento de acoplamiento 130 por medio de un aislante. El termopar 152 mide un parámetro que está asociado con la temperatura del elemento de acoplamiento 130, y transmite dicho parámetro o la temperatura determinada a la unidad de control 160 de manera cableada o inalámbrica.

La figura 2 es una vista en perspectiva de una porción de un ejemplo 102 para la primera realización del sistema según la invención para control de temperatura de un electrodo 111. El electrodo 111 contiene cinco tuberías de calor 120a a 120e y comprende una superficie efectiva 115 y una superficie lateral 116. La superficie lateral 116 forma al mismo tiempo el elemento de acoplamiento 131 de la primera realización 102. El aparato de control de temperatura y otros elementos del sistema según la invención no se muestran en la figura 2.

El elemento de acoplamiento 131 está formado como una superficie de transferencia de calor 136 ennegrecida. Los segundos extremos 122 de las tuberías de calor 120a a 120e se unen todos a la superficie lateral 116 del electrodo 111, mientras que los primeros extremos 121 de las tuberías de calor 120a a 120e están dispuestos cerca de la superficie lateral del electrodo 111 opuesta a la superficie lateral 116, pero no unidos con dicha superficie lateral. Las tuberías de calor 120a a 120e están formadas como tuberías rectas que tienen una sección transversal ovalada y se extienden dentro del electrodo 111 para estar paralelas a la superficie efectiva 115. Dado que dichas tuberías no son visibles desde el exterior, el contorno de las mismas se muestra únicamente mediante líneas discontinuas en la figura 2. Naturalmente, las tuberías de calor también pueden tener diferentes secciones transversales, por ejemplo, circulares o planas. Además, las tuberías de calor también pueden presentar secciones transversales irregulares o secciones transversales localmente diferentes, si se aplanan o se deforman ligeramente, por ejemplo, durante el montaje en el electrodo.

Un ejemplo 103 de la segunda realización del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo 112 se explicará con referencia a las figuras 3A a 3C. Aquí, la figura 3A es una vista en perspectiva esquemática del sistema 103, mientras que las figuras 3B y 3C son secciones transversales esquemáticas a través del sistema 103 de la figura 3A, en las posiciones Y1 e Y2 respectivamente.

El sistema 103 contiene las tuberías de calor 1201 y 1202 que están dispuestas en el electrodo 112, y un elemento de acoplamiento 132 que es un cuerpo que es independiente del electrodo 112 y no está conectado directamente a las tuberías de calor 1201 y 1202. El elemento de acoplamiento 132 consiste en una parte superior 132o, que está unida a la superficie efectiva superior 115o del electrodo 112, y una parte inferior 132u, que está unida a la superficie efectiva inferior 115u del electrodo 112. En este caso, se puede disponer y retener un sustrato 170 en la superficie efectiva superior 115o, en una región en la que no está dispuesto el elemento de acoplamiento 132, como se muestra en las figuras 3A a 3C. En el ejemplo mostrado del sistema 103, la superficie efectiva inferior 115u no se usa, pero también puede contener, por ejemplo, un rociador de gas para suministrar un gas de proceso en un espacio de proceso que está dispuesto debajo de la superficie efectiva inferior 115u, en la dirección z. Naturalmente, el elemento de acoplamiento 132 solo puede estar dispuesto en una de las superficies del electrodo 112, es decir, solo puede consistir en la parte superior 132o, por ejemplo.

El sistema 103 contiene además un aparato de control de temperatura 140 que, en el ejemplo mostrado, es un radiador infrarrojo 141 que está dispuesto en un tubo envolvente 144 hecho, por ejemplo, de vidrio de sílice. La tubería de revestimiento metálico 144 puede contener una atmósfera que sea diferente de una atmósfera de proceso generada durante el tratamiento del sustrato 170. Por ejemplo, la atmósfera en el tubo envolvente 144 puede ser aire a presión normal (10^5 Pa), mientras que la atmósfera del proceso es una mezcla de silano (SiH_4) e hidrógeno (H_2) a una presión de 100 Pa. La ventaja de esto es que el radiador infrarrojo 141 está protegido de la atmósfera del proceso y es posible su funcionamiento en condiciones ambientales ideales. En este caso, el radiador infrarrojo 141 puede ser uniforme en toda su longitud (en la dirección z en las figuras), o puede comprender diferentes regiones a lo largo de su longitud, emitiendo a las diferentes regiones diferentes cantidades de calor.

El aparato de control de temperatura 140 está dispuesto en una abertura 145 del elemento de acoplamiento 132 y en una abertura 117 del electrodo 112. En este caso, las dos aberturas 145 y 117 se extienden a través de todo el elemento de acoplamiento 132 y todo el electrodo 112, respectivamente, de manera que el aparato de control de temperatura 140 sobresale tanto de la parte superior 132o del elemento de acoplamiento 132 como de la parte inferior 132u del elemento de acoplamiento 132. Sin embargo, el aparato de control de temperatura 140 también puede terminar, por ejemplo, dentro del elemento de acoplamiento 132, por ejemplo, dentro de la parte superior 132o, con el resultado de que la abertura 145 del elemento de acoplamiento 132 no llega tan lejos como la superficie de la parte superior 132o. El tubo envolvente 144 tiene, por ejemplo, una sección transversal circular con un diámetro de 32 mm. El tubo envolvente 144 está separado del elemento de acoplamiento 132 y el electrodo 112 por un espacio que tiene un ancho de, por ejemplo, 0,5 mm a 5 mm, con el fin de permitir la expansión térmica del tubo envolvente 144, el elemento de acoplamiento 132 y el electrodo 112. Las superficies interiores de la abertura 145 del elemento de acoplamiento 132, cuyas superficies son las superficies exteriores del elemento de acoplamiento 132, forman la superficie de transferencia de calor del elemento de acoplamiento 132 y pueden formarse como una superficie de transferencia de calor 136 ennegrecida, por ejemplo, con el fin de absorber la radiación térmica de forma especialmente eficaz. Es decir, la superficie de transferencia de calor 136 tiene una capacidad de absorción mayor en comparación con otras regiones del elemento de acoplamiento 132. El elemento de acoplamiento 132 consiste, por ejemplo, en aluminio, pero también puede consistir en un material eléctricamente no conductor.

Las tuberías de calor 1201 y 1202 están dispuestas dentro del electrodo 112, estando ambos extremos de las tuberías de calor 1201 y 1202 ubicados dentro del electrodo 112. La tubería de calor o tuberías de calor 1201 están dispuestas

en la dirección y, en una región del electrodo 112 en la que también está formada la abertura 117 en el electrodo 112, como se muestra en la figura 3B. Por el contrario, las tuberías de calor 1202 están dispuestas en la dirección y, en regiones del electrodo 112 en las que no se forma ninguna abertura 117 en el electrodo 112, como se muestra en la figura 3C. La longitud de la tubería de calor o tuberías de calor 1201 en la dirección x, es menor que la de las tuberías de calor 1202. Las tuberías de calor 1201 y 1202 están completamente separadas del elemento de acoplamiento 132, es decir, no están unidas a dicho elemento y tampoco está dispuesto un extremo de las tuberías de calor 1201 y 1202 dentro del elemento de acoplamiento 132. Como resultado, la cantidad de calor se transfiere desde el aparato de control de temperatura 140 a las tuberías de calor 1201 y 1202 o viceversa a través del material del electrodo 112, controlando el aparato de control de temperatura 140 la temperatura del electrodo 112 tanto directa como también indirectamente a través del elemento de acoplamiento 132. En este caso, la transferencia de calor desde el elemento de acoplamiento 132 al electrodo 112 es significativamente mayor que la transferencia de calor desde el aparato de control de temperatura 140 directamente al electrodo 112, como resultado de la mayor superficie de acoplamiento (superficie límite entre el elemento de acoplamiento 132 y el electrodo 112) y la mejor conductividad térmica del elemento de acoplamiento 132 en comparación con el electrodo 112. En general, el elemento de acoplamiento 132 se extiende a lo largo de una longitud sustancialmente mayor, a lo largo del aparato de control de temperatura 140 (en la dirección z), que el electrodo 112. Por ejemplo, la suma de los espesores de la parte superior 132o y de la parte inferior 132u del elemento de acoplamiento 132 en la dirección z es 38 mm, mientras que el electrodo 112 tiene un espesor de solo 12 mm en la dirección z. La superficie de acoplamiento entre el elemento de acoplamiento 132 y el electrodo 112 en un plano x-y es por ejemplo, de 100 cm², lo que corresponde, por ejemplo, a menos del 15 % de la superficie efectiva del electrodo 112.

Por supuesto, en las aberturas 145 y 117 se puede disponer más de un aparato de control de temperatura 140, por ejemplo, dos o tres aparatos de control de temperatura, siendo también posible que dichos aparatos de control de temperatura transfieran diferentes cantidades de calor al elemento de acoplamiento 132. Además, también es posible que el aparato de control de temperatura 140 sea un calentador resistivo o un aparato a base de fluido, proporcionándose un aislamiento eléctrico correspondiente entre el electrodo 112 y el aparato de control de temperatura 140, y opcionalmente también entre el elemento de acoplamiento 132 y el aparato de control de temperatura 140. Además, el elemento de acoplamiento 132 también puede comprender otros elementos, por ejemplo, un medio de suministro de gas o una conexión eléctrica para suministrar un potencial al electrodo 112.

La figura 4 muestra una porción de un primer ejemplo 104 para la tercera realización del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo 113, no mostrándose el aparato de control de temperatura. La tercera realización del sistema según la invención se caracteriza también porque un elemento de acoplamiento está configurado como cuerpo independiente. En el primer ejemplo 104, el elemento de acoplamiento 133 está unido a una superficie lateral 116 del electrodo 113. La figura 4 muestra simplemente una parte inferior del electrodo 113 y del elemento de acoplamiento 133 en cada caso, en cuyas partes están dispuestas las tuberías de calor 120f a 120k. A manera de ejemplo, el primer extremo 121 y el segundo extremo 122 están indicados para la tubería de calor 120k. Todas las tuberías de calor 120f a 120k están formadas como tuberías curvas que tienen una sección transversal circular, tuberías que se extienden inicialmente en la dirección x desde el elemento de acoplamiento 133 hasta el electrodo 113, y luego se extienden adicionalmente en la dirección y. Esta curva permite que las tuberías de calor 120f a 120k controlen la temperatura del electrodo 113 uniformemente en toda la extensión del mismo a lo largo del plano x-y, mientras que al mismo tiempo el elemento de acoplamiento 133 tiene una extensión sustancialmente menor con respecto a la dirección y que el electrodo 113. Con el fin de lograr un buen acoplamiento térmico de un aparato de control de temperatura, el elemento de acoplamiento 133 comprende una superficie de transferencia de calor 135 que puede ser, por ejemplo, una superficie de transferencia de calor ennegrecida o una superficie de transferencia de calor altamente conductora térmicamente, como se ha explicado con referencia a las figuras 1A y 1B. La superficie de transferencia de calor 135 tiene una extensión mayor en la dirección z que la superficie lateral 116 del electrodo 113.

Como ya se mencionó, la figura 4 muestra sólo una parte inferior del electrodo 113 y una parte inferior del elemento de acoplamiento 133, en cuyas partes las tuberías de calor 120f a 120k están dispuestas en depresiones proporcionadas para las mismas en el electrodo 113 o en el elemento de acoplamiento 133. En este caso, las depresiones están dimensionadas preferiblemente de tal manera que las tuberías de calor 120f a 120k se reciban casi en su totalidad en la parte inferior del electrodo 113 o en la parte inferior del elemento de acoplamiento 133. Por lo tanto, las depresiones para las tuberías de calor 120f a 120k son, por ejemplo, ligeramente menos profundas que la altura de las tuberías de calor, de manera que las tuberías de calor se comprimen ligeramente cuando las partes superiores del electrodo 113 o del elemento de acoplamiento 133 se instalan en las partes inferiores del electrodo 113 o del elemento de acoplamiento 133. Como resultado, se puede lograr un contacto térmico muy bueno entre las tuberías de calor 120f a 120k y el electrodo 113 o el elemento de acoplamiento 133 sin ayudas adicionales, tales como soldadura o pastas térmicas. Sin embargo, también es posible que aproximadamente la mitad de la extensión de las tuberías de calor 120f a 120k en la dirección z sea recibida por la parte inferior del electrodo 113 o la parte inferior del elemento de acoplamiento 133. Las partes superiores del electrodo 113 o del elemento de acoplamiento 133 también comprenden depresiones correspondientes, de manera que las tuberías de calor 120f a 120k quedan completamente rodeadas por el material del electrodo 113 o del elemento de acoplamiento 133 después de que se hayan conectado las partes superior e inferior correspondientes del electrodo 113 y del elemento de acoplamiento 133. Para conectar las partes superior e inferior del electrodo 113 o del elemento de acoplamiento 133, el electrodo 113 y el elemento de acoplamiento 133 comprenden unos orificios de fijación 180 que pueden ser orificios pasantes u orificios ciegos que

terminan en el material del electrodo 113 o del elemento de acoplamiento 133, y en los que se pueden insertar medios de fijación, tales como tornillos, remaches o similares.

5 Una abertura de retención 190, por ejemplo, para un dispositivo de movimiento para mover o retener el electrodo 113, está formada en la parte inferior del electrodo 113, mientras que una superficie exterior de la parte superior del electrodo 113, que se extiende en un plano x-y, se usa para recibir y retener un sustrato.

10 Las figuras 5A y 5B son vistas en perspectiva de una porción de un segundo ejemplo 105 para la tercera realización del sistema según la invención, mostrando la figura 5B solo la parte inferior de los componentes mostrados en la figura 5A. El aparato de control de temperatura y, opcionalmente, otros componentes del sistema según la invención no se muestran.

15 El electrodo 114 y el elemento de acoplamiento 134 consisten a su vez en una parte superior 114o y 134o, respectivamente, y una parte inferior 114u y 134u, respectivamente, cada una de las cuales comprende depresiones en las que están dispuestas las tuberías de calor 1201 a 120q. A diferencia del primer ejemplo 104 mostrado en la figura 4, las tuberías de calor 1201 a 120q se extienden en línea recta en la dirección x y no tienen curvas. Además, el elemento de acoplamiento 134 se extiende sobre toda la extensión de la superficie lateral 116 del electrodo 114, en la dirección y, de tal manera que el elemento de acoplamiento 134 y el electrodo 114 tienen la misma extensión en la dirección y, y dicho elemento de acoplamiento 134 está separado de la superficie lateral 116. Las tuberías de calor 20 1201 a 120q están distribuidas uniformemente sobre la extensión del electrodo 114 y del elemento de acoplamiento 134, en la dirección y. Sin embargo, también pueden ser ventajosas otras distribuciones, con el fin de compensar la emisión de calor posiblemente significativa del electrodo 114 en las superficies laterales del mismo o para lograr otras distribuciones de calor específicas a lo largo de la extensión del electrodo 114. El elemento de acoplamiento 134 comprende de nuevo una superficie de transferencia de calor 135 que es más grande en la dirección z que la superficie lateral 116 del electrodo 114.

25 La figura 5A muestra el electrodo 114 y el elemento de acoplamiento 134 cuando están en uso, estando las partes superior e inferior 114o y 114u, y 134o y 134u, respectivamente, interconectadas de forma rígida pero liberable mediante unos medios de fijación 181 (por ejemplo, tornillos) que se insertan en los orificios de fijación 180 (mostrados en la figura 5B). Por el contrario, la figura 5B simplemente muestra la parte inferior 114u del electrodo 114 junto con la parte inferior 116u de la superficie lateral 116, y la parte inferior 134u del elemento de acoplamiento 134 junto con la parte inferior 135u de la superficie de transferencia de calor 135.

30 Además, puede verse en la figura 5A que se forma una depresión 118 para recibir un portasustrato o un sustrato en la superficie efectiva 115 del electrodo 114.

35 Además, también es posible guiar el aparato de control de temperatura 140 a través de una abertura en el elemento de acoplamiento 133 o 134, como se ha explicado con referencia a las figuras 3A a 3C, y controlar así la temperatura del elemento de acoplamiento 133 o 134 "de adentro hacia fuera".

40 Aunque hasta ahora en los dibujos se ha mostrado exactamente un elemento de acoplamiento para un electrodo, también es posible usar varios elementos de acoplamiento junto con las correspondientes tuberías de calor para regular la temperatura de un electrodo. En otras palabras: También es posible usar una pluralidad de sistemas para el control de temperatura de un electrodo en un electrodo, siendo posible, por ejemplo, que el aparato de control de 45 temperatura de uno o todos de la pluralidad de sistemas sea también un aparato común de control de temperatura. En este último caso, diferentes formas de realización de los elementos de acoplamiento o de las tuberías de calor pueden introducir diferentes cantidades de calor en diferentes zonas del electrodo. Se pueden usar, por ejemplo, una pluralidad de sistemas para el control de temperatura de un electrodo para el control de temperatura de un solo electrodo si se pretende controlar de manera diferente la temperatura de diferentes regiones del electrodo. Sin embargo, en general, la alta conductividad térmica de la mayoría de los materiales de los electrodos garantiza un control de temperatura uniforme en todas las regiones del electrodo, incluso con aportaciones de calor apenas diferentes.

50 La figura 6A es una vista esquemática de un primer ejemplo 200 de la instalación de tratamiento según la invención. La instalación de tratamiento 200 comprende una cámara de tratamiento 210 en la que está dispuesto al menos un electrodo 110. El electrodo 110 se calienta o enfría por medio de un sistema de control de temperatura según la invención. Para este fin, el sistema de control de temperatura comprende al menos una tubería de calor 120, un elemento de acoplamiento 130 y un aparato de control de temperatura 140, como se ha descrito con referencia a la 55 figura 1B. También se proporcionan una unidad de medición de temperatura 150 y una unidad de control 160. En el primer ejemplo 200, el elemento de acoplamiento 130 y el aparato de control de temperatura 140 están dispuestos fuera de la cámara de tratamiento 210. Por lo tanto, una pared 211 de la cámara de tratamiento 210, que define el interior de la cámara de tratamiento 210 con respecto a sus alrededores, comprende un pasamuros 212 para la tubería de calor 120, que garantiza el aislamiento térmico de la tubería de calor 120 de la pared 211 y, opcionalmente, también el aislamiento eléctrico de la tubería de calor 120 de la pared 211. Un sustrato 170 que no pertenece a la instalación 60 de tratamiento 200 está dispuesto sobre la superficie efectiva 115 del electrodo 110 y puede tratarse por medio de un proceso llevado a cabo en la cámara de tratamiento 210. Para este propósito, se puede aplicar una tensión de

electrodo específica al electrodo 110 por medio de un suministro de tensión eléctrica 220, a través de un cable eléctrico 221. La tensión también se puede transmitir sin contacto. Otros elementos de la instalación de tratamiento 200, como bombas de vacío y líneas de suministro de gas, no se muestran en este caso.

5 El primer ejemplo 200 mostrado en la figura 6A hace posible usar un aparato de control de temperatura 140 que logra la entrada de calor al elemento de acoplamiento 130 por medio de conducción de calor, por ejemplo, el calentador resistivo 142 (como se muestra) o un aparato de control de temperatura a base de fluido. En este caso, los efectos de una fuga del aparato de control de temperatura a base de fluido se pueden reducir al reubicar el aparato de control de temperatura fuera de la cámara de tratamiento 210. Por supuesto, también es posible usar una fuente de radiación como dispositivo de control de temperatura.

10 La figura 6B es una vista esquemática de un segundo ejemplo 201 de la instalación de tratamiento según la invención. En este caso, la instalación de tratamiento 201 comprende en principio los mismos componentes que la instalación de tratamiento 200, específicamente un electrodo 110, una tubería de calor 120, un elemento de acoplamiento 130, un aparato de control de temperatura 140, una unidad de medición de temperatura 150, una unidad de control 160, una cámara de tratamiento 210 que comprende una pared 211, un suministro de tensión eléctrica 220 y un cable eléctrico 221. Sin embargo, en este caso el elemento de acoplamiento 130 está dispuesto dentro de la cámara de tratamiento 210, mientras que el aparato de control de temperatura 140 está nuevamente dispuesto fuera de la cámara de tratamiento 210. Esto es adecuado, en particular, para el uso de un radiador infrarrojo 141 (como se muestra) o un dispositivo inductivo como aparato de control de temperatura 140, como se describe con referencia a la figura 1A. Una ventana de radiación 213, por ejemplo, compuesto de vidrio de sílice, está dispuesta en la pared 211 de la cámara de tratamiento 210, en la trayectoria de radiación entre el aparato de control de temperatura 140 y el elemento de acoplamiento 130.

25 La figura 7 es una vista esquemática de un tercer ejemplo 202 de la instalación de tratamiento según la invención, en el que se disponen una pluralidad de electrodos en la cámara de tratamiento. En el ejemplo 202, están dispuestos dos electrodos 110a y 110b en la cámara de tratamiento 210, estando dispuestas las superficies efectivas 115a y 115b de los electrodos 110a y 110b de manera que sean paralelas entre sí y opuestas entre sí. Como resultado, los dos electrodos 110a y 110b forman un condensador de placas que permite, por ejemplo, la ignición de un plasma entre los electrodos 110a y 110b cuando se aplican los potenciales correspondientes. Para ello, los electrodos 110a y 110b están conectados respectivamente a un suministro de tensión eléctrica 220a y 220b separado, respectivamente, por medio de cables eléctricos separados 221a y 221b en cada caso. Naturalmente, es posible aplicar diferentes potenciales a los dos electrodos 110a y 110b por medio de un solo suministro de energía eléctrica.

30 En este caso, como se muestra en la figura 7, solo un electrodo, por ejemplo, el electrodo 110b, puede contener uno o más sustratos, mientras que el otro electrodo, por ejemplo, el electrodo 110a, se usa solo para generar un campo eléctrico específico. Sin embargo, también es posible que ambos electrodos contengan uno o más sustratos o que uno o ambos electrodos realicen funciones adicionales, tales como la función de un medio de suministro de gas.

35 Cada electrodo 110a y 110b se calienta o enfría por medio de un sistema separado para el control de temperatura del electrodo relevante. Para este propósito, una primera tubería de calor 120a transfiere una primera cantidad de calor entre un primer elemento de acoplamiento 130a y el primer electrodo 110a, calentándose el primer elemento de acoplamiento 130a a una primera temperatura por medio de un primer aparato de control de temperatura 140a, por ejemplo, un primer calentador resistivo 142a, que está conectado al primer elemento de acoplamiento 130a por medio de un primer aislante eléctrico 143a. Una segunda tubería de calor 120b transfiere una segunda cantidad de calor entre un segundo elemento de acoplamiento 130b y el segundo electrodo 110b, calentándose el segundo elemento de acoplamiento 130b a una segunda temperatura por medio de un segundo aparato de control de temperatura 140b, por ejemplo, un segundo calentador resistivo 142b, que está conectado al segundo elemento de acoplamiento 130b por medio de un segundo aislante eléctrico 143b. De este modo se pueden ajustar temperaturas primera o segunda diferentes o idénticas del elemento de acoplamiento 130a y 130b y, por lo tanto, también de los electrodos 110a y 110b. Por supuesto, para la transferencia de calor entre el correspondiente elemento de acoplamiento y el correspondiente electrodo también se pueden usar una pluralidad de tuberías de calor, siendo posible que el número de tuberías de calor, su diseño y/o su disposición sean iguales o diferentes para los diferentes sistemas para el control de temperatura de un electrodo.

40 Los elementos de acoplamiento 130a y 130b, y los aparatos de control de temperatura 140a y 140b están dispuestos, a modo de ejemplo, fuera de la cámara de tratamiento 210, como se ha explicado con referencia a la figura 6A. Como resultado, la cámara de tratamiento 210 también comprende dos pasamuros 212a y 212b para las tuberías de calor 120a y 120b, respectivamente. Se muestran a modo de ejemplo aparatos de control de temperatura 140a y 140b del mismo tipo, aunque también es posible usar aparatos de control de temperatura diferentes para cada uno de los electrodos presentes, o un aparato común de control de temperatura para una pluralidad de electrodos.

45 La figura 8 es una vista esquemática de un cuarto ejemplo 203 de la instalación de tratamiento según la invención. En este caso, en la cámara de tratamiento 210 está dispuesta una pila de electrodos que consiste en una pluralidad de electrodos 110a a 110f dispuestos uno encima de otro, extendiéndose las superficies efectivas de los correspondientes electrodos 110a a 110f de manera que sean paralelas entre sí en diferentes planos x-y que están dispuestas en la

5 dirección z. En este caso, los electrodos exteriores 110a y 110f de la pila de electrodos comprenden en cada caso solo una superficie efectiva, estando las superficies orientadas hacia el electrodo adyacente, es decir, el electrodo 110b y el electrodo 110e, respectivamente. Los electrodos internos 110b a 110e comprenden en cada caso dos superficies efectivas opuestas, estando en cada caso las superficies orientadas hacia una superficie efectiva de un electrodo adyacente. A manera de ejemplo, en la figura 8 están indicadas una superficie efectiva superior 115o y una superficie efectiva inferior 115u para el electrodo 110b, estando la superficie efectiva superior 115o orientada hacia la superficie efectiva del electrodo 110a, mientras que la superficie efectiva inferior 115u está orientada hacia la superficie efectiva superior del electrodo 110c. Por supuesto, el número de electrodos en la pila de electrodos se puede seleccionar libremente y no está limitado al número mostrado de seis electrodos. Se conocen, por ejemplo, pilas de electrodos de 20, 50 o incluso 100 electrodos apilados uno encima de otro, siendo también posible una pluralidad de pilas de electrodos una al lado de otra.

15 Cada electrodo 110a a 110f se calienta o enfría a una temperatura especificada por medio de un sistema separado para el control de temperatura del electrodo relevante. Para este propósito, cada uno de los electrodos 110a a 110f está conectado con un elemento de acoplamiento 130a a 130f por medio de al menos una tubería de calor 120, indicada a modo de ejemplo para el electrodo 110b. En el ejemplo 203, todos los elementos de acoplamiento 130a a 130f están dispuestos dentro de la cámara de tratamiento 210 y cada uno de los mismos se calienta mediante aparatos de control de temperatura 140a a 140f formados como radiadores de infrarrojos. Para este fin, se disponen ventanas de radiación 213 en la pared 211 de la cámara de tratamiento 210, en cada trayectoria de radiación entre un aparato de control de temperatura 140a a 140f y el elemento de acoplamiento 130a a 130f asociado al mismo, como se ha explicado con referencia a la figura 6B. En principio, también es posible sustituir uno o más de los aparatos de control de temperatura 140a a 140f por un aparato común de control de temperatura si se pretende alcanzar la misma temperatura en cada uno de los elementos de acoplamiento asociados.

25 Con el fin de lograr uniformidad de las temperaturas en la pila de electrodos, es decir, en la dirección z, es posible además usar tuberías de calor adicionales que interconecten diferentes elementos de acoplamiento. Dos tuberías de calor adicionales 230a y 230b se muestran a modo de ejemplo en la figura 8. En este caso, la tubería de calor 230a interconecta los elementos de acoplamiento 130b, 130d y 130f, mientras que la tubería de calor 230b interconecta los elementos de acoplamiento 130c y 130e. El elemento de acoplamiento 130a no está conectado a otros elementos de acoplamiento mediante la tubería de calor 230b, debido a que, por ejemplo, se pretende que la temperatura del electrodo 110a se controle a una temperatura diferente de la de los electrodos 110c y 110e. Naturalmente, también es posible, sin embargo, que dicho elemento de acoplamiento se conecte con los elementos de acoplamiento 130c y 130e por medio de la tubería de calor 230b, en el caso de una temperatura de electrodo correspondientemente deseada. El uso de dos tuberías de calor adicionales diferentes 230a y 230b está justificado por el suministro de potencial a los electrodos por medio de los correspondientes elementos de acoplamiento y tuberías de calor, así como la disposición espacial de dichos elementos de acoplamiento y tuberías de calor. Sin embargo, la disposición de las tuberías de calor adicionales puede diseñarse de forma diferente en otras realizaciones del suministro de potencial y de los sistemas para el control de temperatura de los electrodos.

40 Dos electrodos adyacentes forman en cada caso un condensador de placas, pudiendo aplicarse a los electrodos adyacentes diferentes potenciales eléctricos. En el ejemplo 203, el potencial se aplica por medio de un suministro de tensión eléctrica a los elementos de acoplamiento 130a a 130f, siendo los elementos de acoplamiento 130a a 130f y las tuberías de calor 120 eléctricamente conductores. Por ejemplo, se aplica un primer potencial a los electrodos 110b, 110d y 110f por medio de los correspondientes elementos de acoplamiento 130b, 130d y 130f y las correspondientes tuberías de calor 120, desde un dispositivo de suministro de energía eléctrica 220a, a través de un cable eléctrico 221a. Se aplica un segundo potencial a los electrodos 110a, 110c y 110e por medio de los correspondientes elementos de acoplamiento 130a, 130c y 130e y las correspondientes tuberías de calor 120, desde un dispositivo de suministro de energía eléctrica 220b, a través de un cable eléctrico 221b, siendo el segundo potencial diferente del primer potencial. En el caso de esta aplicación de potencial alterno se forma en cada caso un campo eléctrico entre dos electrodos adyacentes, que es adecuado, por ejemplo, para encender un plasma.

55 Con el fin de reducir el riesgo de formación de plasmas parásitos, los elementos de acoplamiento 130a a 130f de electrodos a los que se aplica un potencial diferente están desplazados entre sí. En el ejemplo 203 mostrado, todos los elementos de acoplamiento 130a, 130c y 130e, a los que se aplica el mismo potencial, están dispuestos en el lado derecho de la pila de electrodos, y todos los elementos de acoplamiento 130b, 130d y 130f del mismo tipo pero con diferente potencial están dispuestos en el lado izquierdo de la pila de electrodos. Es decir, los elementos de acoplamiento asociados con electrodos a los que se aplica diferentes potenciales están desplazados entre sí en la dirección x. Esto es ventajoso, en particular, para elementos de acoplamiento que se extienden sobre toda la extensión del correspondiente electrodo en la dirección y, como se muestra en las figuras 5A y 5B. En el caso de elementos de acoplamiento que se extienden solo sobre una porción de la extensión del correspondiente electrodo en la dirección y, como se muestra en la figura 4, los elementos de acoplamiento de todos los sistemas para el control de temperatura de un electrodo se pueden disponer en uno lado de la pila de electrodos, es decir, en un lado en la dirección x, estando los elementos de acoplamiento que están asociados con electrodos que reciben diferentes potenciales desplazados preferiblemente en la dirección y. Disponer todos los elementos de acoplamiento en un lado de la pila de electrodos es ventajoso porque todos los elementos de acoplamiento pueden calentarse o enfriarse opcionalmente mediante un aparato de control de temperatura.

Si se proporciona una tubería de calor adicional que sea conductora de electricidad, la tubería de calor adicional también puede aplicar potencial a los elementos de acoplamiento conectados a la misma y a los electrodos asociados.

- 5 La figura 9 es una vista esquemática de un quinto ejemplo 204 de la instalación de tratamiento según la invención, en la que, de manera similar al caso del cuarto ejemplo 203 de la figura 8, los elementos de acoplamiento 133 vecinos en una pila de electrodos 110 dispuestos unos encima de otros están desplazados, y la temperatura de los elementos de acoplamiento 133 que tienen el mismo potencial eléctrico se controla mediante un aparato común de control de temperatura 140a o 140b. En este caso, se usa el sistema para el control de temperatura de los electrodos descritos con referencia a las figuras 3A a 3C. En otras palabras: cada electrodo 110a a 110f comprende en su interior las tuberías de calor 120, cuyos segundos extremos se extienden hasta una región de volumen del correspondiente electrodo 110, de la cual al menos una de las superficies exteriores está unida al correspondiente elemento de acoplamiento 133a a 133f. En este caso, los elementos de acoplamiento 133 de los electrodos adyacentes 110 que tienen un potencial eléctrico diferente están dispuestos en los lados opuestos de los electrodos 110 con respecto a la dirección x. El potencial eléctrico se suministra a los electrodos 110a a 110f por medio de los elementos de acoplamiento 133a a 133f que están conectados cada uno a un suministro de tensión 220a o a un suministro de tensión 220b por medio de cables eléctricos 221a y 221b, respectivamente. Los elementos de acoplamiento 133b, 133d y 133f que están en un primer potencial están conectados por medio del primer aparato de control de temperatura 140a que se extiende en la dirección z, siendo el primer aparato de control de temperatura 140a guiado a través de aberturas (orificios) en los correspondientes elementos de acoplamiento 133b, 133d y 133f y en los correspondientes electrodos 110b, 110d y 110f, y la temperatura de dichos elementos de acoplamiento se controla mediante el primer aparato de control de temperatura 140a. De la misma manera, la temperatura de los elementos de acoplamiento 133a, 133c y 133e que están en un segundo potencial y a través de los cuales se extiende el segundo aparato de control de temperatura 140b, se controla por el segundo aparato de control de temperatura 140b. El segundo aparato de control de temperatura 140b también se extiende a través de aberturas correspondientes en los electrodos 110a, 110c y 110e. Cada uno de los elementos de acoplamiento 133 puede extenderse en la dirección z hasta acercarse a los elementos de acoplamiento 133 más cercanos que están conectados al mismo aparato de control de temperatura 140a o 140b, de tal manera que casi todo el aparato de control de temperatura 140a o 140b se extiende dentro de los correspondientes elementos de acoplamiento 133 o los electrodos 110. Sin embargo, preferiblemente, los elementos de acoplamiento 133 no están unidos directamente entre sí, para poder soportar la expansión térmica de los elementos de acoplamiento 133 a temperaturas elevadas. Alternativamente, también se pueden ubicar regiones más grandes de los aparatos de control de temperatura 140a o 140b fuera de los elementos de acoplamiento 133 y los electrodos 110, como se indica en la figura 9. En este caso, es preferiblemente posible usar radiadores de infrarrojos que emiten una gran cantidad de calor sólo en regiones específicas de su extensión, estando entonces dichas regiones rodeadas por los elementos de acoplamiento 133 y los electrodos 110, mientras que fuera de los elementos de acoplamiento 133 y los electrodos 110 están dispuestas regiones del radiador de infrarrojos que generan sólo una poca radiación infrarroja. Los aparatos de control de temperatura 140a y 140b están guiados a través de la pared 211 de la cámara de tratamiento 210 y están conectados a una unidad de control 160 fuera de la cámara de tratamiento 210.
- 40 Esta realización ilustrativa tiene las ventajas de un requerimiento de espacio muy pequeño dentro de la cámara de tratamiento 210, una atmósfera de aire para el radiador infrarrojo que está sellada por el tubo envolvente, como ya se ha explicado con referencia a las figuras 3A a 3C, y solo se requieren muy pocos pasamuros de vacío a través de la pared 211 de la cámara de tratamiento 210.
- 45 Los elementos de acoplamiento 133, además de servir para suministrar un voltaje, también pueden usarse para suministrar un gas de proceso en rociadores de gas, que están dispuestos en cada caso, por ejemplo, en las superficies activas inferiores 115u de los electrodos 110a a 110e. Esto no se muestra en este caso por razones de claridad.
- 50 Algunas o todas las posibilidades mencionadas para el diseño del sistema según la invención para el control de temperatura de un electrodo y la instalación de tratamiento según la invención, también pueden combinarse entre sí, siempre que no se excluyan mutuamente. Además, es posible usar diferentes aparatos de control de temperatura y diferentes números, diseños y/o disposiciones de tuberías de calor y elementos de acoplamiento en diferentes sistemas para el control de temperatura de un electrodo. El número de electrodos en una instalación de tratamiento y el número, diseño y/o disposición de los elementos de acoplamiento y de las tuberías de calor adicionales tampoco se limitan a los ejemplos mostrados. Los valores indicados para distancias y tamaños son valores orientativos que, sin embargo, también pueden superarse o no respetarse si se seleccionan adecuadamente los componentes correspondientes.

ES 2 960 584 T3

Lista de signos de referencia

	100 -105	Sistema para el control de temperatura de un electrodo
5	110-114, 110a-110f	Electrodo
	114o	Parte superior del electrodo
	114u	Parte inferior del electrodo
10	115	Superficie efectiva del electrodo
	115o	Superficie efectiva superior del electrodo
15	115u	Superficie efectiva inferior del electrodo
	116	Superficie lateral del electrodo
	116u	Parte inferior de la superficie lateral
20	117	Abertura en el electrodo
	118	Depresión para portasustrato
25	120, 120a-120q, 1201, 1202	Tubería de calor
	121	Primer extremo de la tubería de calor
	122	Segundo extremo de la tubería de calor
30	130-134, 130a-130f	Elemento de acoplamiento
	132o, 134o	Parte superior del elemento de acoplamiento
35	132u, 134u	Parte inferior del elemento de acoplamiento
	135	Superficie de transferencia de calor
	135u	Parte inferior de la superficie de transferencia de calor
40	136	Superficie de transferencia de calor ennegrecida
	137	Superficie de transferencia de calor altamente conductora térmicamente
45	140, 140a-140f	Aparato de control de temperatura
	141	Radiador infrarrojo
	142	Calentador resistivo
50	143	Aislante eléctrico
	144	Tubo envolvente
55	145	Abertura en el elemento de acoplamiento
	150	Unidades de medida de temperatura
	151	Pirómetro
60	152	Termopar
	160	Unidad de control
65	161	Línea de control

ES 2 960 584 T3

	170	Sustrato
	180	Orificio de fijación
5	181	Medios de fijación
	190	Abertura de retención
10	200 - 204	Instalación de tratamiento
	210	Cámara de tratamiento
	211	Pared de la cámara de tratamiento
15	212	Pasamuros para tubería de calor
	213	Ventana de radiación
20	220, 220a, 220b	Suministro de tensión eléctrica
	221, 221a, 221b	Cable eléctrico
	230a, 230b	Tubería de calor adicional
25	d ₁	Distancia entre electrodo y elemento de acoplamiento
	d ₂	Distancia entre el elemento de acoplamiento y el aparato de control de temperatura

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100-105) para control de temperatura de un electrodo (110-114; 110a-110f), que comprende al menos una tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202), un elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) y un aparato de control de temperatura (140; 140a-140f), en donde la tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202) es adecuada para disponerse en el electrodo (110-114; 110a-110f) al menos en parte y con al menos un primer extremo, el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) es adecuado para calentar o enfriar un segundo extremo de la tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202), y el aparato de control de temperatura (140; 140a-140f) es adecuado para calentar o enfriar el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f), en donde el electrodo (110-114; 110a-110f) y el aparato de control de temperatura (140; 140a-140f) están separados eléctricamente entre sí.
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) es al menos una porción de una superficie exterior del electrodo (110-114; 110a-110f) que se une por el segundo extremo de la tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202) y que tiene un mayor coeficiente de absorción térmica en comparación con otras regiones del electrodo (110-114; 110a-110f).
3. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) es un cuerpo que está separado del electrodo (110-114; 110a-110f) y consiste en un material que tiene un alto nivel de conductividad térmica y puede disponerse en una región de la superficie exterior del electrodo (110-114; 110a-110f) que es adyacente a una región de volumen del electrodo (110-114; 110a-110f) en la que se puede disponer al menos el segundo extremo de la tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202).
4. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) es un cuerpo que está separado del electrodo (110-114; 110a-110f) y consiste en un material que tiene un alto nivel de conductividad térmica y en el que está dispuesto al menos el segundo extremo de la tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202).
5. Sistema según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, **caracterizado porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) consiste en un material eléctricamente conductor.
6. Sistema según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, **caracterizado porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) consiste en un material eléctricamente aislante.
7. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) comprende una superficie de transferencia de calor (135) que tiene un mayor coeficiente de absorción térmica o una mayor conductividad térmica en comparación con otras regiones del elemento de acoplamiento (130-134; 130a-110f).
8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el aparato de control de temperatura (140; 140a-140f) es un radiador infrarrojo (141), un inductor, un calentador resistivo (142) o un aparato a base de fluido.
9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el sistema contiene además una unidad (150) de medición de temperatura y una unidad (160) de control, siendo la unidad (150) de medición de temperatura adecuada para determinar un parámetro relacionado con la temperatura del elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f), y siendo la unidad (160) de control adecuada para controlar el aparato (140; 140a-140f) de control de temperatura.
10. Instalación (200-204) de tratamiento que comprende una cámara (210) de tratamiento y al menos un electrodo (110-114; 110a-110f) dentro de la cámara (210) de tratamiento, **caracterizada porque** la instalación de tratamiento comprende además al menos un sistema (100-105) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores para el control de temperatura de un electrodo.
11. Instalación (200-204) de tratamiento según la reivindicación 10, **caracterizada porque** el aparato de control de temperatura (140; 140a-140f) de al menos un primer sistema (100-105) para el control de temperatura de un electrodo está dispuesto fuera de la cámara de tratamiento (210).
12. Instalación (200-204) de tratamiento según la reivindicación 11, **caracterizada porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) del primer sistema (100-105) para el control de temperatura de un electrodo está dispuesto completamente dentro de la cámara de tratamiento (210), y el aparato (140; 140a-140f) de control de temperatura del primer sistema (100-105) para el control de temperatura de un electrodo es un radiador infrarrojo (141) o un inductor.
13. Instalación (200-204) de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizada porque** la instalación de tratamiento comprende una pluralidad de electrodos (110-114; 110a-

110f) y una pluralidad de sistemas (100-105) para el control de temperatura de un electrodo, estando los elementos de acoplamiento (130-34; 130a-130f) de al menos dos sistemas (100-105) para el control de temperatura de un electrodo interconectados por medio de al menos una tubería (230a, 230b) de calor adicional.

5 14. Instalación (200-204) de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizada porque**

10 -la instalación de tratamiento comprende una pluralidad de electrodos (110-114; 110a-110f) dentro de la cámara de tratamiento, siendo las superficies efectivas de los electrodos (110-114; 110a-110f) en cada caso mutuamente paralelas entre sí y mutuamente opuestas entre sí, y en donde los electrodos adyacentes (110-114; 110a-110f) se conectan a uno o más dispositivos de suministro de tensión (220; 220a, 220b), de tal manera que se pueden aplicar diferentes tensiones de electrodo a dichos electrodos (110-114; 110a-110f),

15 -los sistemas (100-105) para el control de temperatura de un electrodo son en cada caso sistemas según la reivindicación 3 o la reivindicación 4 en los que el elemento de acoplamiento (130-134; 130a- 130f) tiene el mismo potencial, en al menos una de las superficies exteriores del mismo, como el electrodo asociado (110-114; 110a-110f), y

20 -los elementos de acoplamiento (130-134; 130a-130f) de los sistemas para el control de temperatura de un electrodo (110-114; 110a-110f), cuyos elementos de acoplamiento (130-134; 130a-130f) están asociados con electrodos adyacentes (110-114; 110a-110f), están dispuestos para estar desplazados entre sí al menos en una dirección perpendicular a la distancia de los electrodos adyacentes (110-114; 110a-110f).

25 15. Instalación (200-204) de tratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizada porque** el elemento de acoplamiento (130-134; 130a-130f) de al menos un sistema (100-105) para el control de temperatura de un electrodo está conectado a un dispositivo de suministro de tensión (220; 220a, 220b) y es adecuado, solo o junto con la al menos una correspondiente tubería de calor (120; 120a-120q; 1201, 1202), para aplicar una tensión de electrodo al electrodo asociado (110-114; 110a-110f).

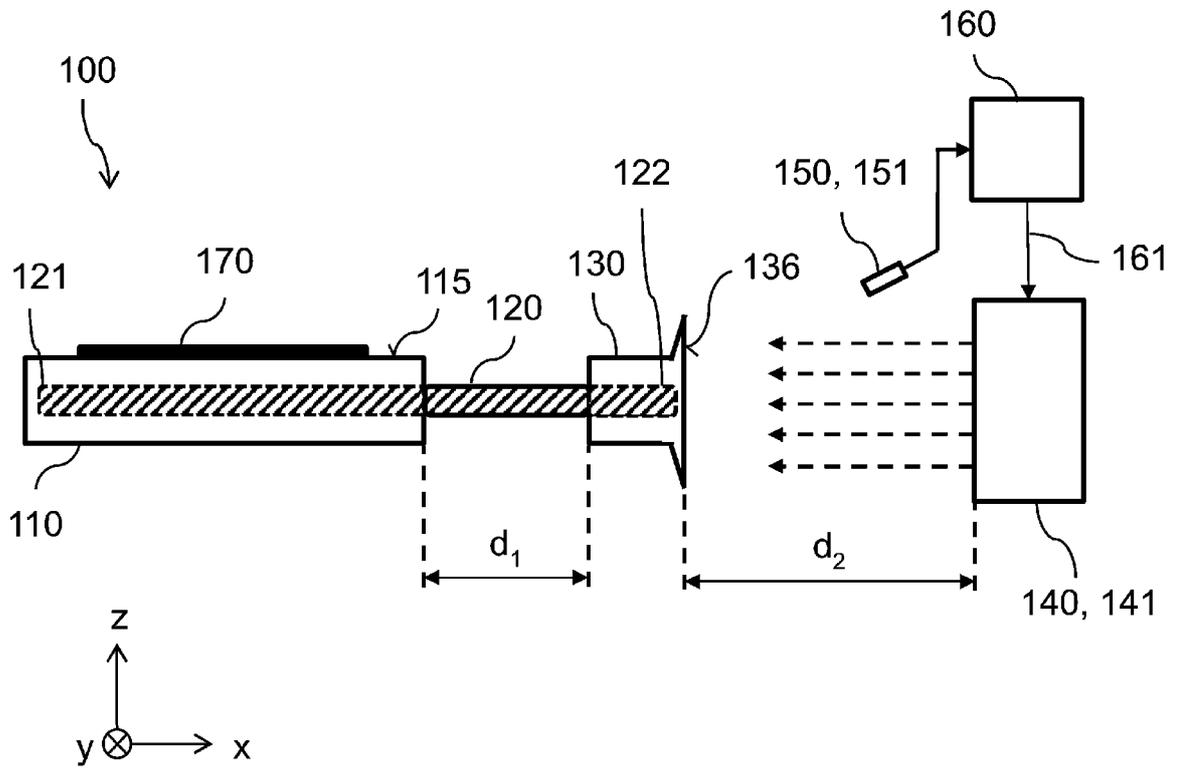


Figura 1A

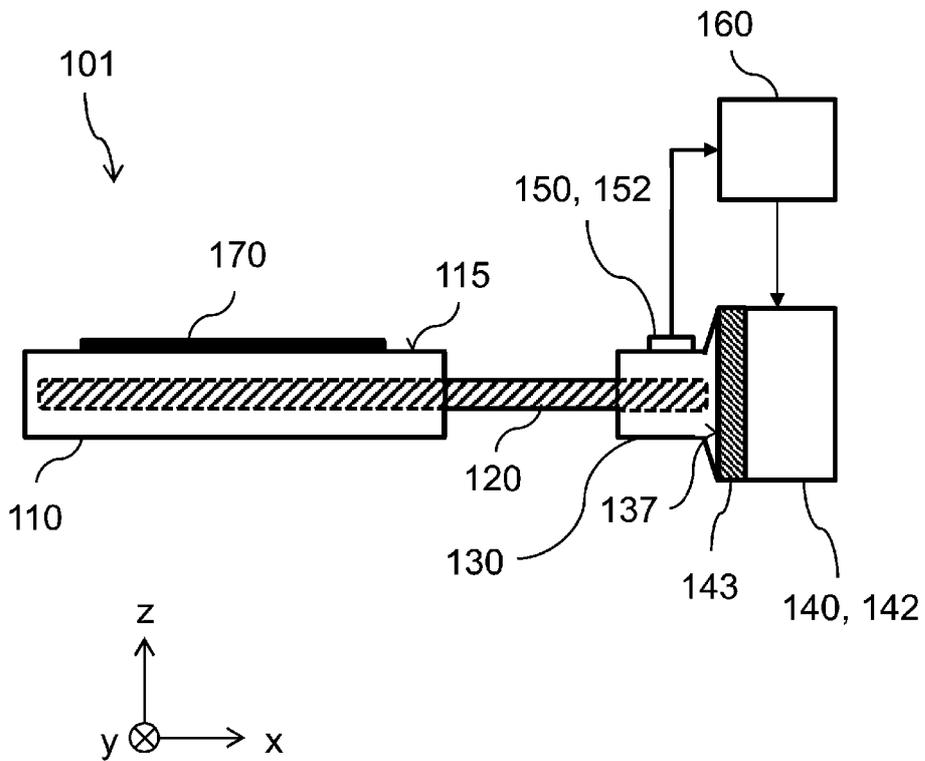
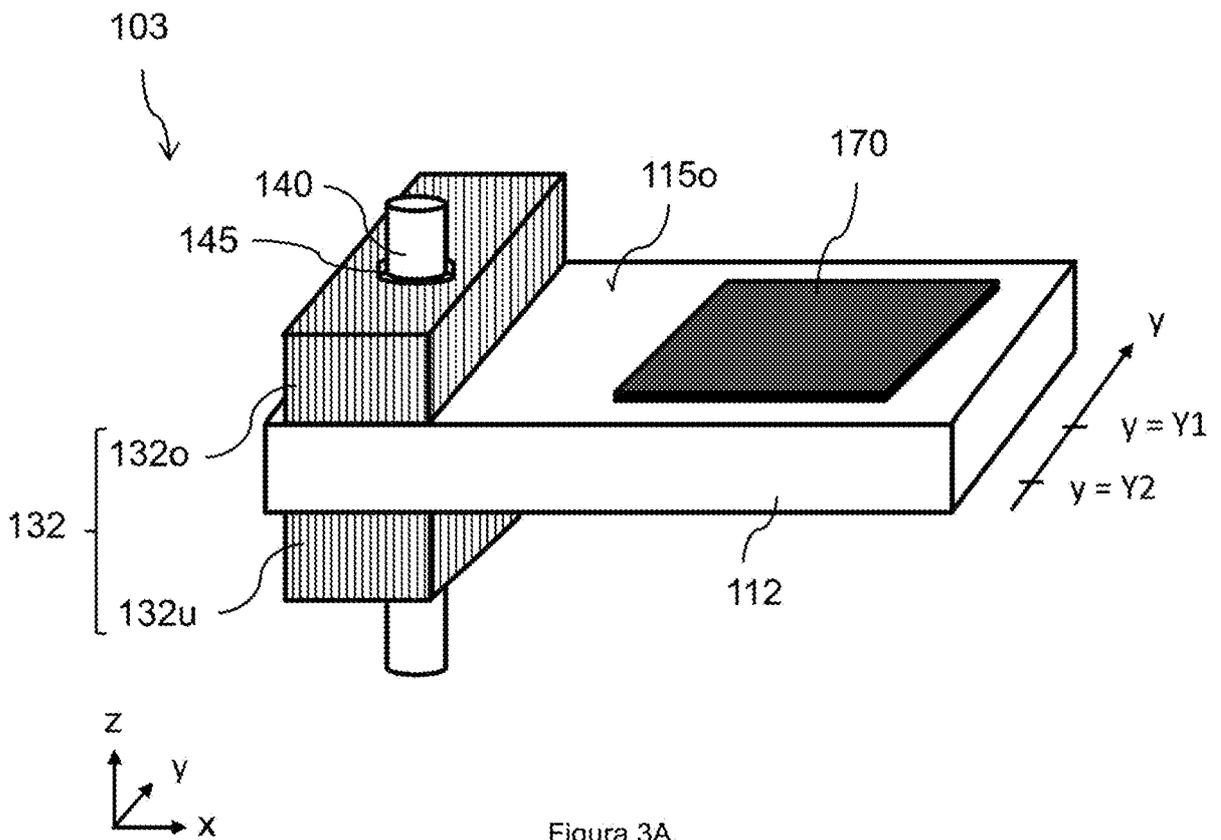
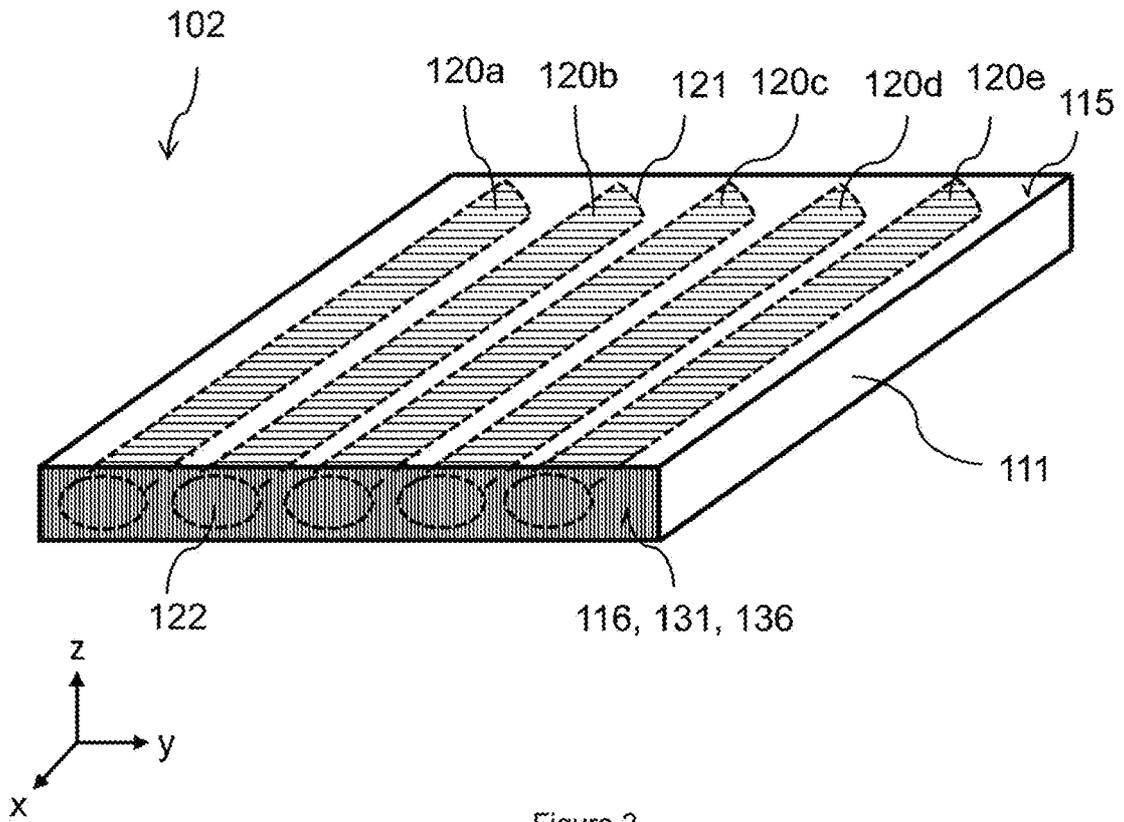


Figura 1B



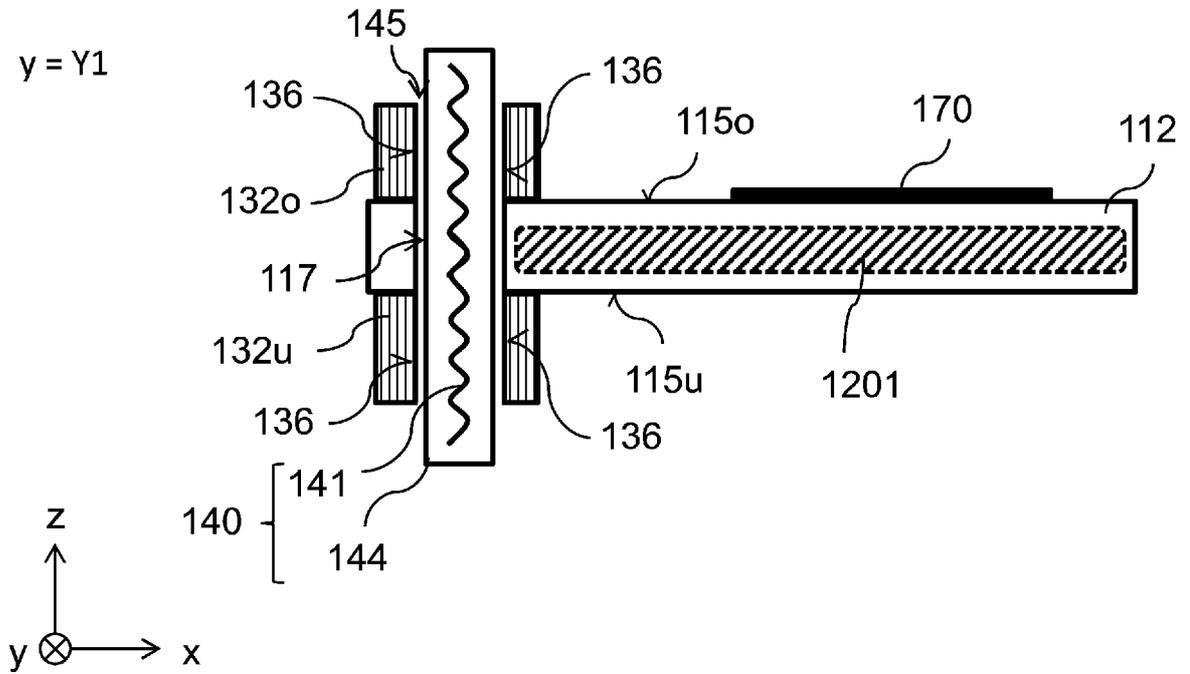


Figura 3B

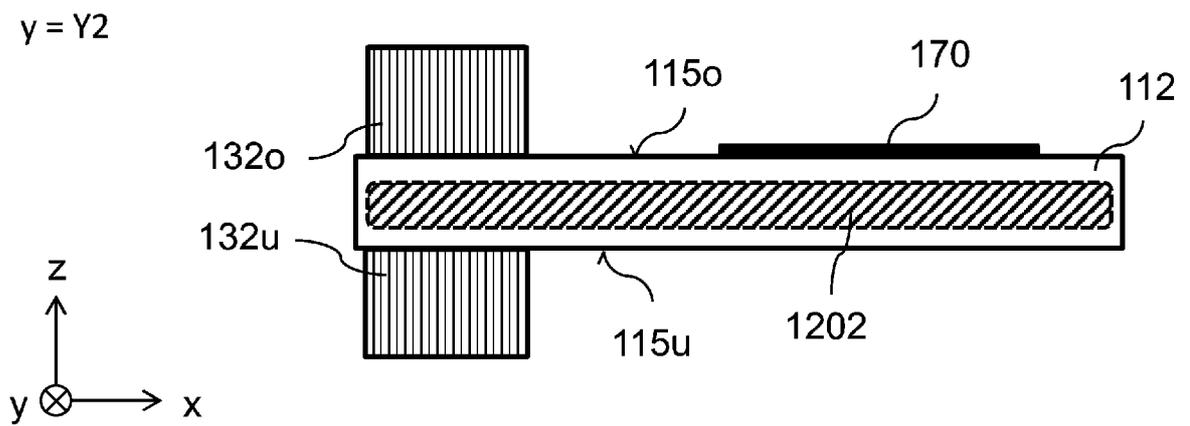


Figura 3C

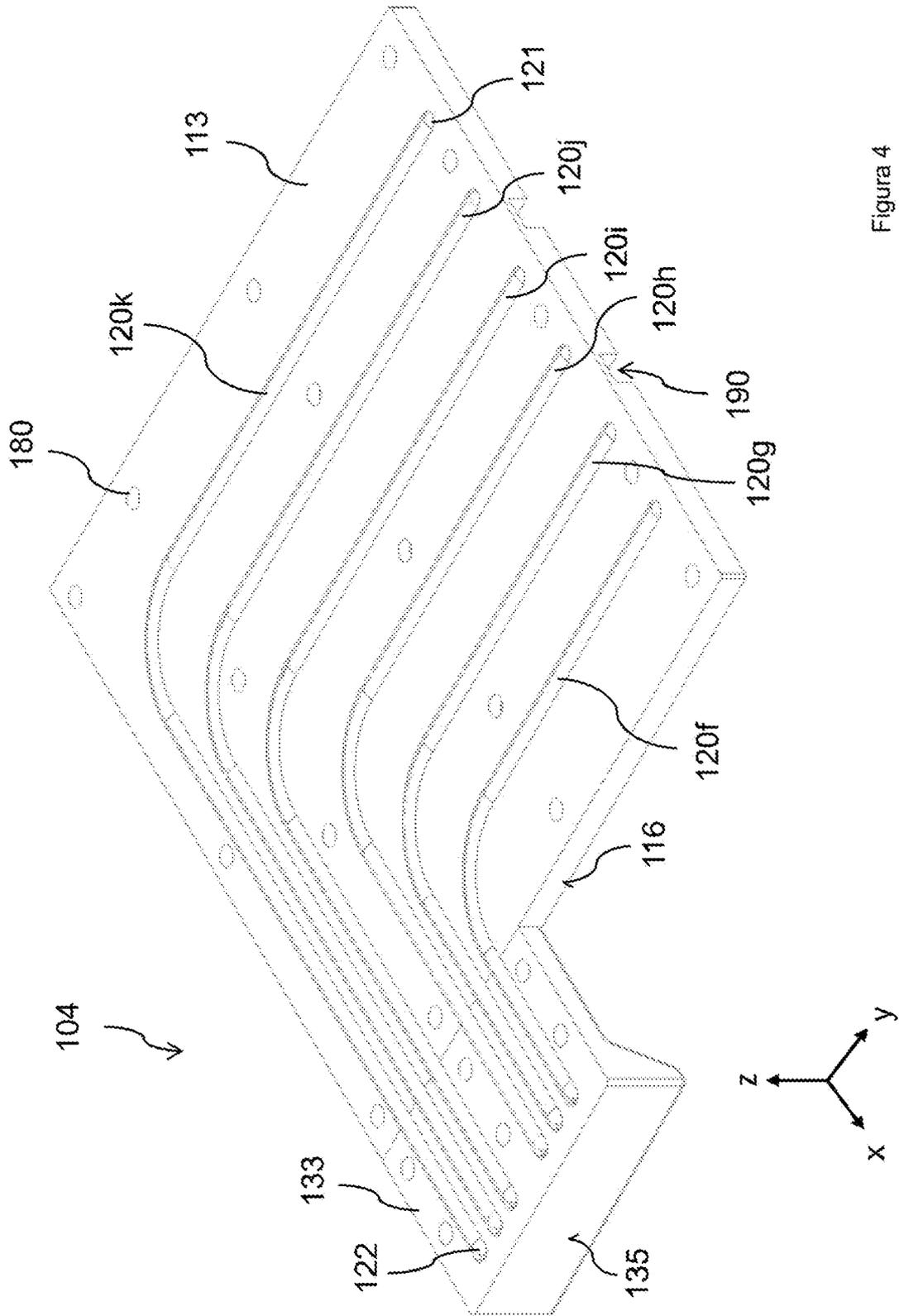


Figura 4

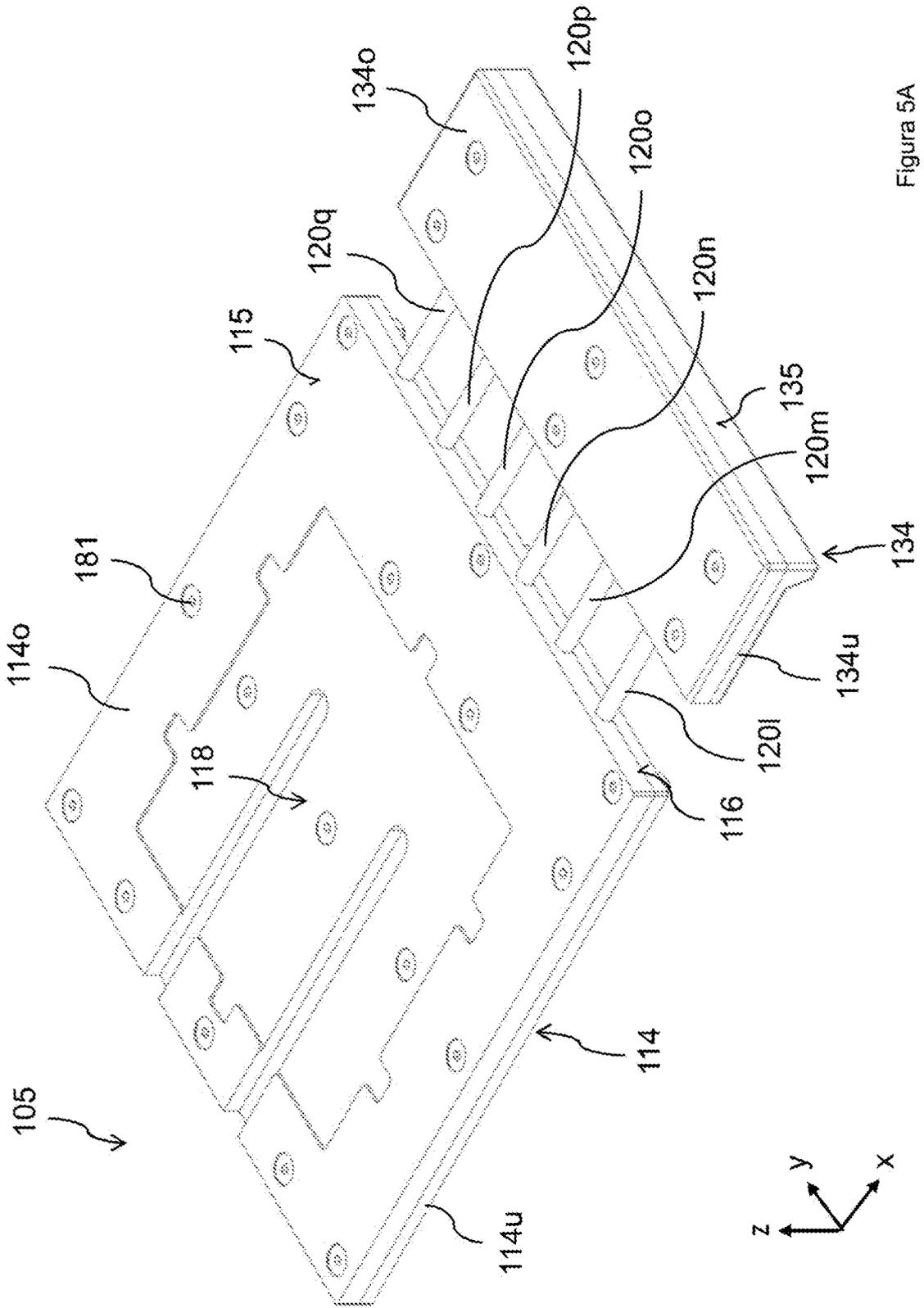


Figura 5A

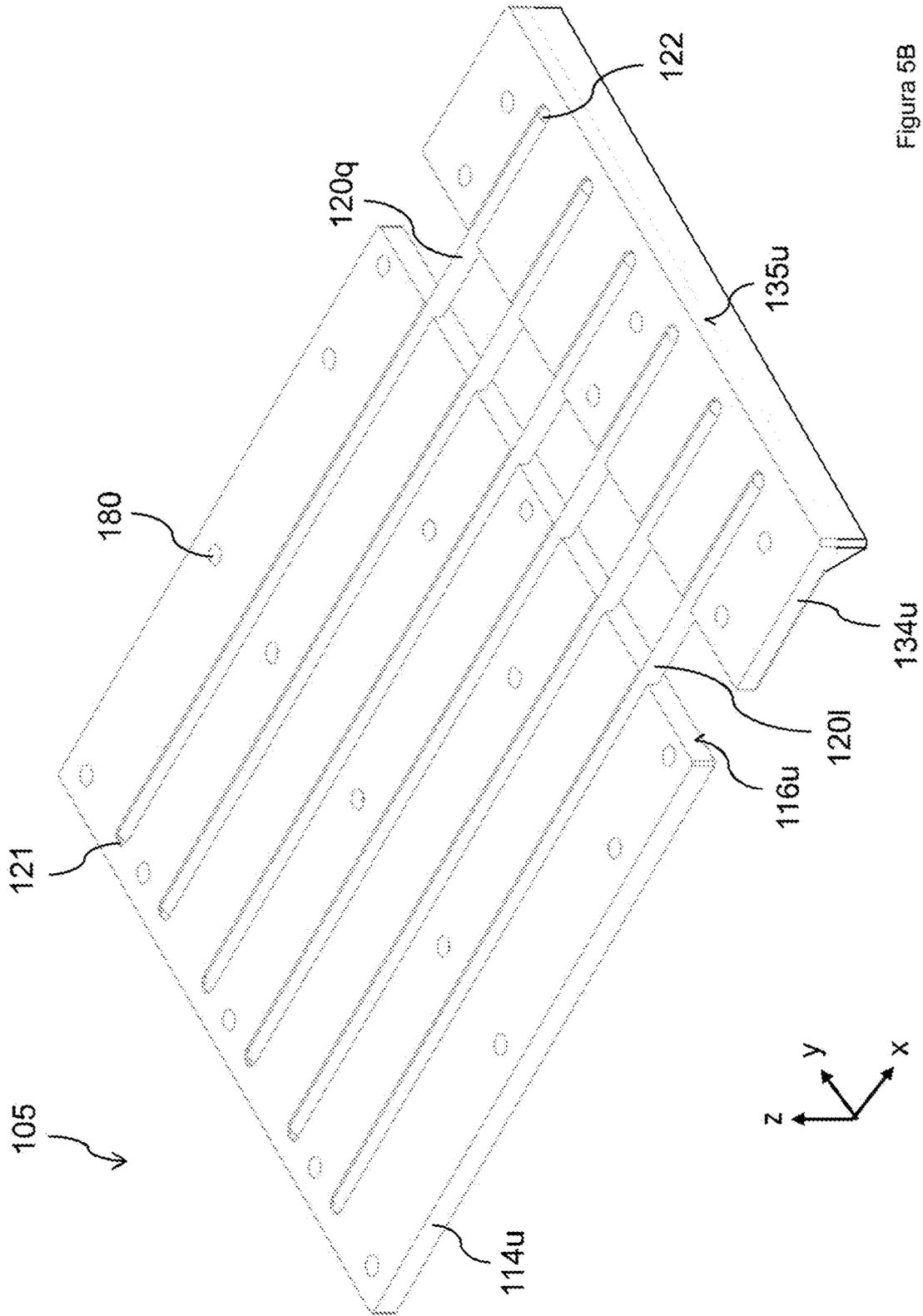


Figura 5B

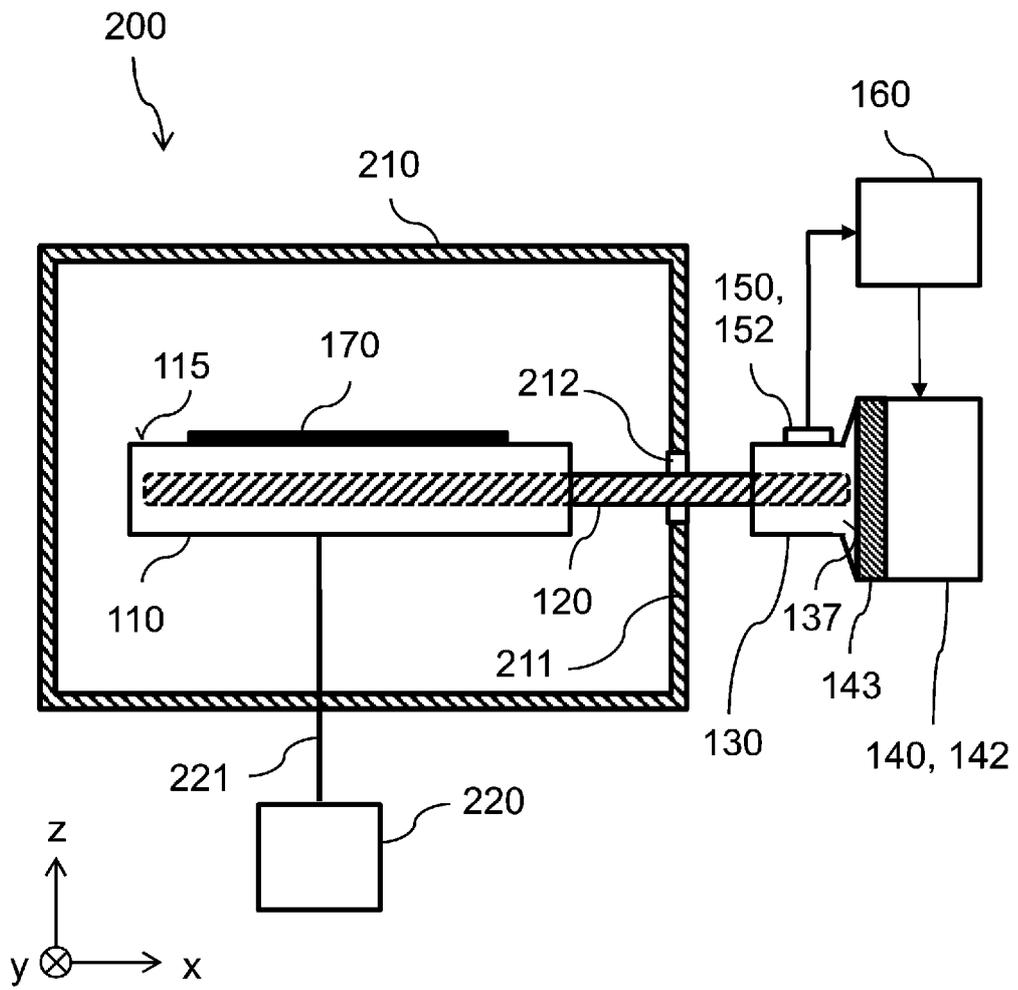


Figura 6A

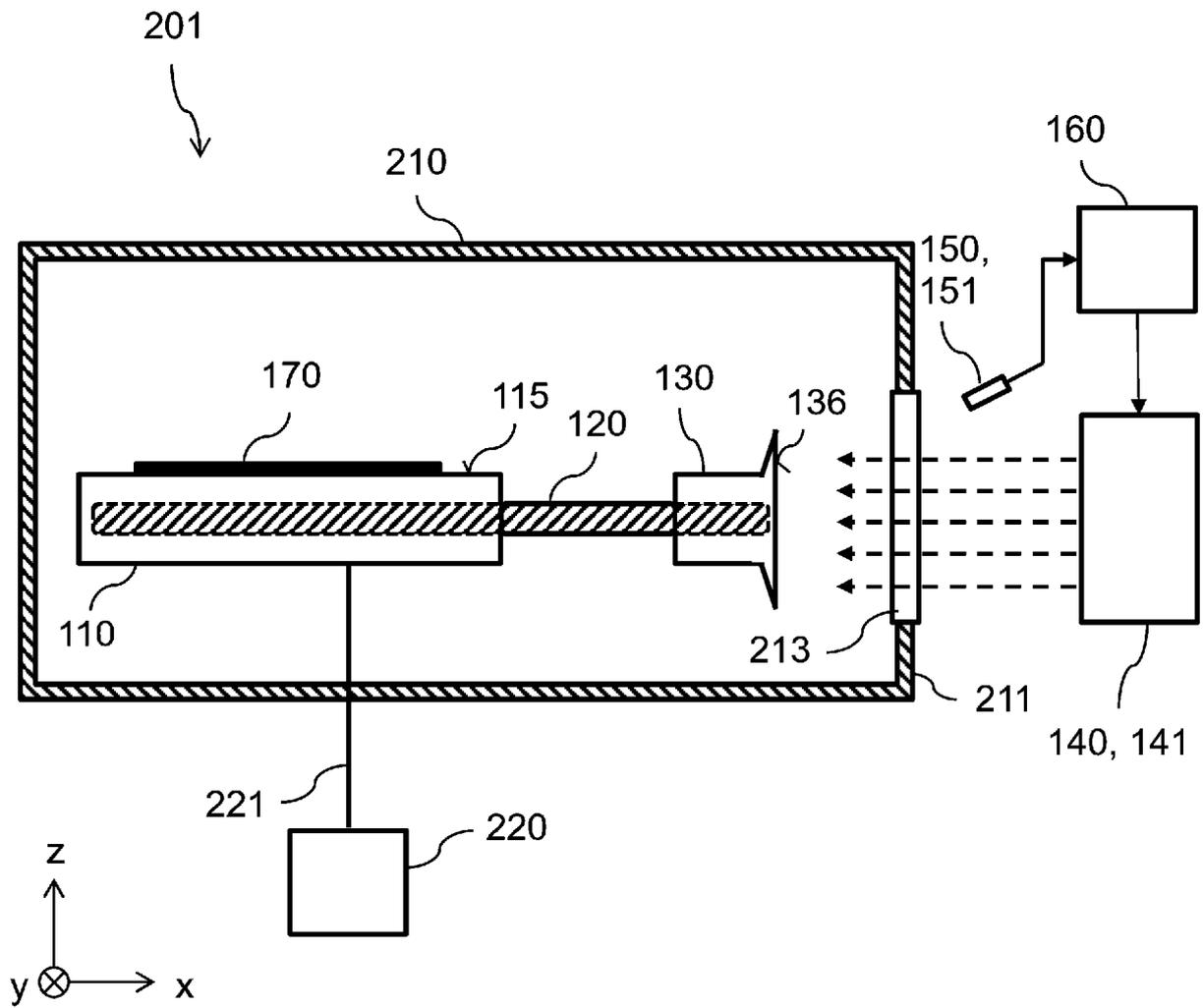


Figura 6B

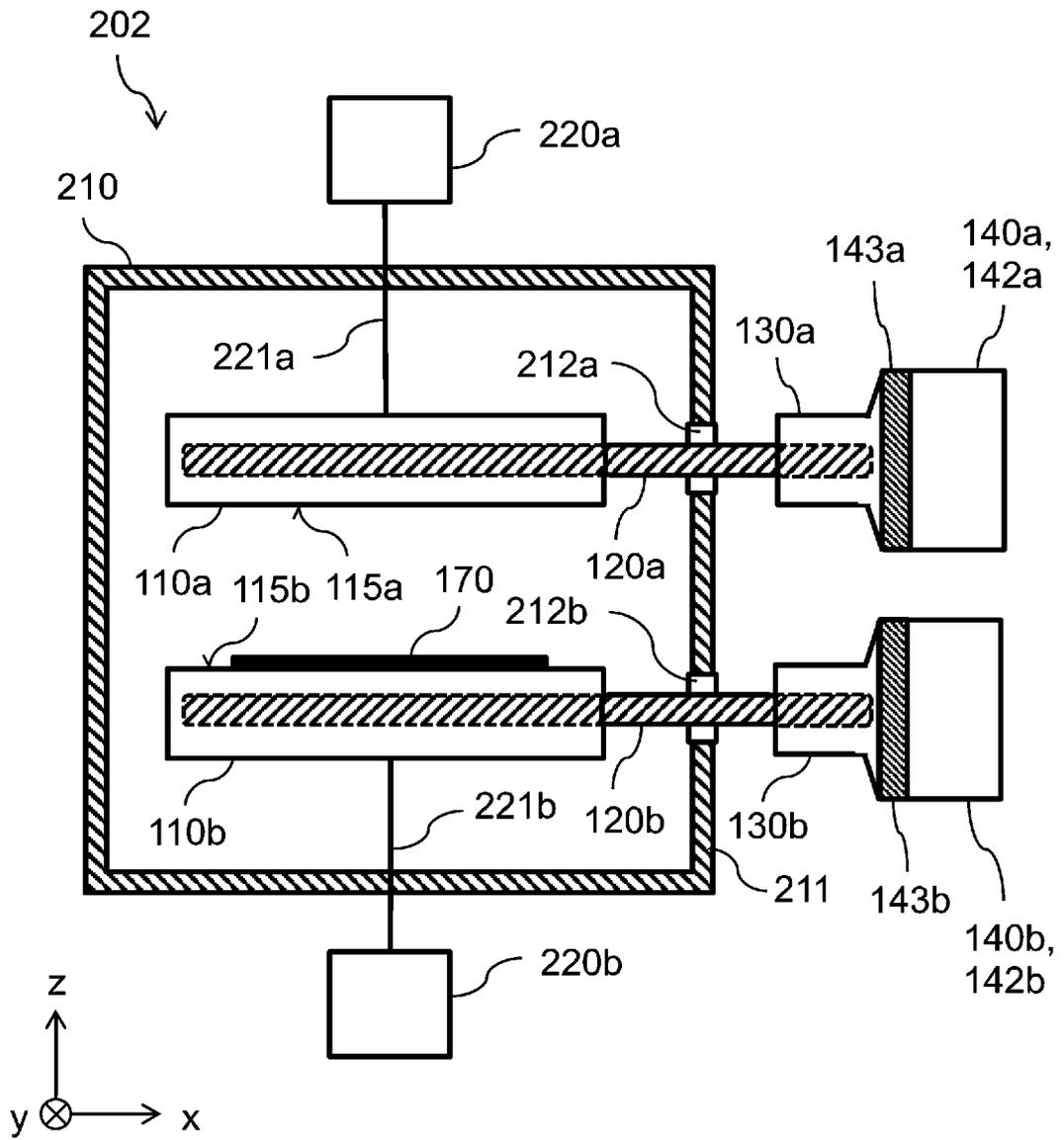


Figura 7

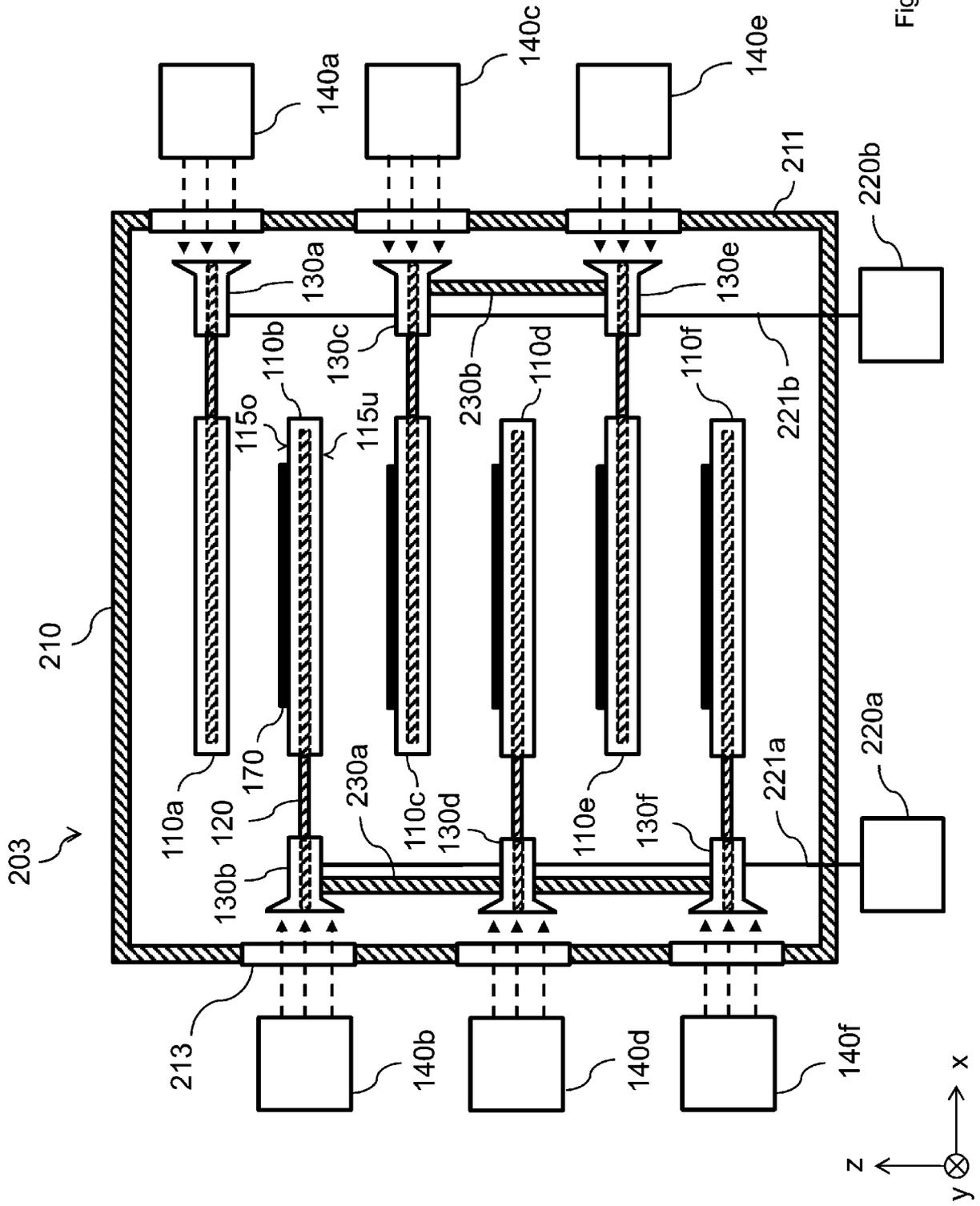


Figura 8

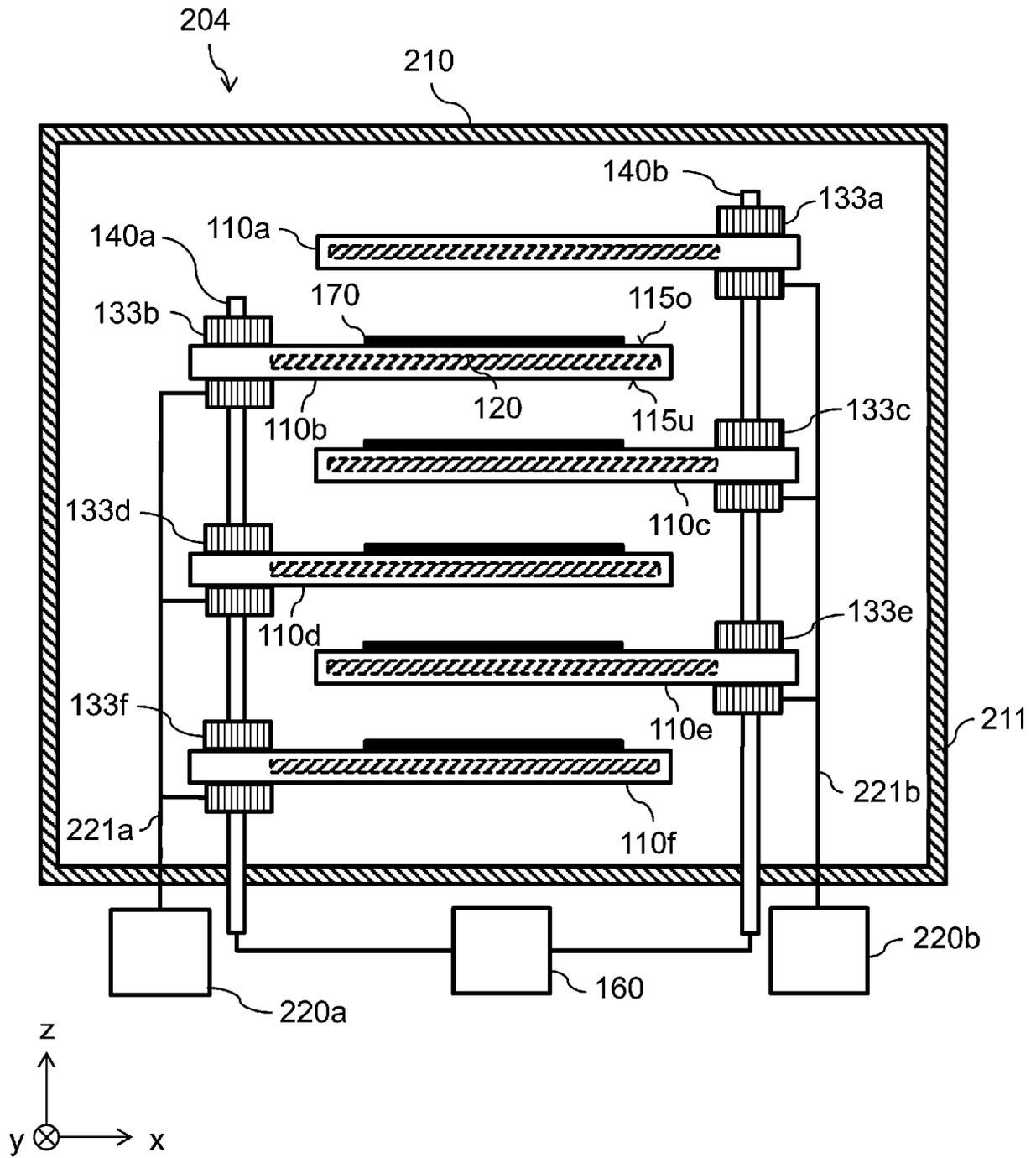


Figura 9