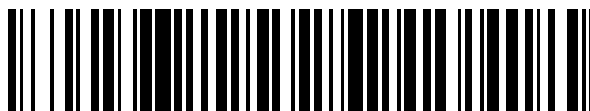


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 273**

51 Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2017** E 17158448 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** EP 3367419

54 Título: **Unidad de electrodo con una red eléctrica interna para el suministro de tensión de alta frecuencia y disposición de soporte para una instalación de tratamiento por plasma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHLEMM, HERMANN;
KEHR, MIRKO y
ANSORGE, ERIK**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 758 273 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

Unidad de electrodo con una red eléctrica interna para el suministro de tensión de alta frecuencia y disposición de soporte para una instalación de tratamiento por plasma

5

La invención se refiere a una unidad de electrodo para una instalación de tratamiento por plasma, donde la unidad de electrodo contiene una pluralidad de pares de electrodos de plasma, que son apropiados para la generación de un plasma acoplado capacitivamente, en particular en vacío, y a los dos electrodos de plasma de cada par de electrodos de plasma se les suministra una tensión eléctrica de alta frecuencia diferente respectivamente a través de una red de suministro eléctrica interna. Además, la invención también se refiere a una disposición de soporte para una instalación de tratamiento por plasma, donde la disposición de soporte contiene al menos dos unidades de electrodo de este tipo.

Los procedimientos por plasma se usan, por ejemplo, en la fabricación de células solares, microelectrónica o refinado de superficies de sustratos (p. ej. vidrio) para la deposición o retirada de capas de partículas, para la dotación de capas, por ejemplo, por implantación de iones por inmersión en plasma, o para la limpieza o activación de la superficie de un sustrato. A continuación, todos estos procedimientos se denominan como tratamiento por plasma.

En el caso de plasmas acoplados capacitivamente, el sustrato a tratar se sitúa en un espacio entre dos electrodos de plasma, donde en estos dos electrodos de plasma se aplica una tensión de baja o alta frecuencia. A este respecto, en el sustrato se aplica la mayoría de las veces una tensión a través de un contacto óhmico con uno de los electrodos de plasma. No obstante, en particular en la deposición asistida por plasma de capas dieléctricas también se pueden configurar capas aislantes correspondientes en el electrodo de plasma al menos en una zona de borde de sustrato, que influyen negativamente en la homogeneidad de la deposición sobre otros sustratos aplicados a continuación en el mismo electrodo de plasma.

25

Para aumentar el rendimiento de los sustratos en el tratamiento por plasma se usan sistemas de lotes donde se tratan simultáneamente varios sustratos. A este respecto, los sustratos pueden estar dispuestos unos junto a otros o unos sobre otros con la superficie a procesar. Los sustratos están dispuestos respectivamente entre los electrodos de plasma de un par de electrodos de plasma, que están aislados eléctricamente uno de otro y así están conectados con un suministro de tensión, de modo que entre los electrodos de cada uno de estos pares de electrodos de plasma se puede generar un plasma de forma capacitiva. En el caso de sustratos dispuestos unos sobre otros, en una unidad de electrodo de plasma se interconectan eléctricamente entre sí hasta 200 electrodos de plasma, que están dispuestos respectivamente en paralelo entre sí a una distancia típica de 3 mm hasta 30 mm, de modo que cada segundo electrodo de plasma presenta una conexión eléctrica común. En la disposición así originada de dos grupos de electrodos con dos conexiones se aplica ahora una tensión alterna, que es suficientemente grande para encender un plasma entre todos los electrodos de plasma. Preferentemente para ello se aplica una tensión simétrica respecto a la masa que rodea los electrodos de plasma (cámara de vacío y otras piezas), es decir, cuando en el un grupo de electrodos se aplica una tensión positiva $+U/2$, entonces en el otro grupo de electrodos se aplica $-U/2$. Por consiguiente, solo entre los electrodos de plasma está aplicada la tensión U , que es suficientemente grande para la generación del plasma entre los electrodos de plasma. Respecto a las partes de masa circundantes no se genera ningún plasma, ya que la tensión aquí aplicada con $U/2$ es demasiado pequeña para la generación de plasma. Este tipo de generación de plasma (acoplamiento de generador simétrico) es ventajoso especialmente en procedimientos por plasma con muchos sustratos sobre muchos electrodos de plasma, ya que se puede prescindir casi completamente del aislamiento de partes activas para la prevención de plasmas parásitos.

45

Una unidad de electrodo semejante se describe, por ejemplo, en el documento EP 0 143 479 A1. A este respecto, las placas de electrodo individuales se soportan entre sí por elementos espaciadores eléctricamente aislantes a una distancia definida y en contacto respectivamente con un conductor eléctrico que está dispuesto en un soporte. La unidad de electrodo contiene por consiguiente dos soportes con cada vez un conductor eléctrico, donde los soportes se extienden respectivamente sobre toda la longitud de la unidad de electrodo, es decir, de la primera placa de electrodo hasta la última placa de electrodo.

50

El documento WO 2013/046286 A1 da a conocer igualmente una unidad de electrodo con varios pares de electrodos de plasma con respectivamente un cátodo y un ánodo. A este respecto, todos los cátodos están realizados como zonas salientes de un cátodo de conexión común y todos los ánodos están realizados como placas de soporte de sustrato, que se extienden desde una placa de fijación común. Los electrodos y los elementos que los conectan eléctricamente están hechos de carbono, acero inoxidable, cobre, aleaciones de cobre, vidrio o cerámica, donde la selección de material se realiza según la tasa de emisión de electrones secundarios, el precio o propiedades de procedimiento químicas y térmicas. La tensión aplicada en el cátodo puede presentar una frecuencia de 250 kHz hasta 27 MHz.

60

El documento DE 10 2015 004 352 A1 también describe una unidad de electrodo similar, donde cada soporte de

sustrato en forma de placa y eléctricamente conductor está dispuesto en un plano correspondiente y está provisto de una nariz de contacto. Entre dos soportes de sustrato igualmente cableados eléctricamente está dispuesto respectivamente un bloque de contacto de un material eléctricamente buen conductor, en particular grafito, que garantiza la conexión eléctrica entre los soportes de sustrato individuales y por consiguiente el suministro de la tensión a través de todos los soportes de sustrato igualmente cableados y simultáneamente la conservación de una distancia predeterminada entre sí.

Habitualmente se usan barras macizas de grafito o piezas de contacto de grafito con una sección transversal de (20x5) mm² para el suministro de la tensión a los electrodos de plasma igualmente cableados.

Este tipo de suministro de tensión es muy apropiado para suministrar una tensión de baja frecuencia con una frecuencia en el rango de 10 Hz a 1000 kHz de forma uniforme a todos los electrodos de plasma igualmente cableados. Por consiguiente, en cada electrodo de plasma igualmente cableado está aplicada la misma tensión, de modo que en todos los pares de electrodos de plasma de la unidad de electrodo se puede generar un plasma homogéneo.

Mientras que el cableado de plasma simétrico arriba mencionado para tensiones de baja frecuencia de 10 Hz a 1000 kHz es el estado de la técnica y se aplica de forma variada, esto es problemático para plasmas de alta frecuencia con frecuencias de 1 MHz a 100 MHz.

Los procedimientos por plasma con tensiones con frecuencias más elevadas, por ejemplo, 13,56 MHz o 40 MHz, tienen ventajas especiales, como por ejemplo una buena homogeneidad del tratamiento del sustrato también en el caso de capas dieléctricas parásitas gruesas sobre los electrodos de plasma en la zona de borde de sustrato y un tratamiento de sustrato cuidadoso gracias a una baja energía de los iones que inciden sobre el sustrato a partir del plasma. Tales plasmas de alta frecuencia y procedimientos de plasma asociados (como p. ej. Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD) o Reactive Ion Etching (RIE)) han desplazado completamente en la industria de semiconductores los procedimientos por plasma de baja frecuencia debido a sus ventajas de procedimiento arriba mencionadas. En general se aplican en reactores de placa simple, es decir, un sustrato individual, como p. ej. una oblea de silicio con 300 mm de diámetro, se procesa en una única disposición de electrodos a partir de dos electrodos de plasma. A este respecto, el acoplamiento de generador HF se realiza de forma asimétrica, es decir, el sustrato se sitúa sobre el electrodo de masa y como contraelectrodo funciona un segundo electrodo conectado con la tensión de alta frecuencia, que se construye de forma aislada adecuadamente frente a masa fuera del intersticio de electrodo, para evitar allí otros plasmas parásitos.

Para las tensiones en este rango de frecuencia y/o unidades de electrodo con un número muy grande de electrodos de plasma igualmente cableados, por ejemplo 20 o más electrodos de plasma, es problemática la generación de un plasma de alta frecuencia simétrico. En particular ya no es suficiente homogénea la distribución de tensión alcanzada sobre la unidad de electrodo.

Para resolver este problema, por el estado de la técnica se conocen distintas posibilidades. Así, el documento US 5,733,511 A describe una disposición donde a cada electrodo de plasma igualmente cableado, que están dispuestos en el presente caso unos junto a otros, se le suministra individualmente desde fuera una tensión a través de un cable coaxial propio con una longitud de $(2N+1)\lambda/4$ (con $N=0, 1, 2 \dots$) de un generador de tensión de alta frecuencia, denominado a continuación generador HF, y la red de adaptación conectada con él (matching network, match network o match box). Para un gran número de electrodos de plasma igualmente cableados esto es muy costoso, por ejemplo, a través del respectivo paso de vacío separado del suministro de tensión en una cámara de tratamiento de la instalación de tratamiento por plasma.

El documento EP 2 299 479 A1 también describe un dispositivo de procesamiento, donde se abastecen con una tensión una pluralidad de electrodos de plasma dispuestos unos sobre otros y en paralelo entre sí y cableados en alternancia respectivamente con una línea de suministro de tensión propia desde fuera a través de la pared de cámara de procesamiento.

En el documento US 4,887,005 A se describe una unidad de electrodo, donde cada electrodo de plasma igualmente cableado se abastece con potencia a través de una inductancia o capacitancia ajustable individualmente en una línea de alimentación separada del generador HF y la red de adaptación, no obstante, lo que es igualmente muy costoso, o que presenta un transformador excitador diferencial o una bobina puesta de forma centrada, donde respectivamente un extremo del devanado de salida del transformador o cada extremo de la bobina está conectado con un cierto electrodo sencillo de los electrodos de plasma igualmente cableados. Mediante el uso de otras bobinas también se puede dividir aún más la potencia, de modo que respectivamente 2^n (con $n=1, 2, 3 \dots$) electrodos de plasma se pueden abastecer con una misma potencia. No obstante, en los dos extremos de la bobina puesta de forma centrada o del transformador se aplica respectivamente la mitad de la tensión de salida con signo opuesto. La tensión de salida del generador HF se debe seleccionar muy elevada para un gran número de electrodos de plasma igualmente cableados,

lo que produce problemas en la implementación. Además, aquí todos los elementos constructivos adicionales, como inductancias, capacitancias, transformador y bobina colocada de forma centrada también están dispuestos fuera de la cámara de tratamiento y por consiguiente fuera de la unidad de electrodo, lo que conduce a una pluralidad de pasos de tensión de vacío.

5

Por el documento JP 2003 031504 A se conoce una instalación de procesamiento por plasma, donde un sustrato descansa sobre un electrodo a tierra y se genera un plasma por varios electrodos en forma de barra dispuestos sobre el sustrato. Estos electrodos se corresponden con antenas que están conectadas respectivamente por separado fuera de la cámara de plasma con una de varias fuentes de tensión. Las tensiones proporcionadas en las antenas individuales se diferencian en la frecuencia y parcialmente la potencia o la fase. Todas las necesarias unidades de adaptación, distribuidores y osciladores de cambio de fase se sitúan fuera de la cámara de plasma. El objetivo de los suministros de tensión controlados es la prevención de las repercusiones negativas de ondas estacionarias en las antenas en el procesamiento por plasma.

10

15 Por ello el objetivo de la invención es proporcionar una unidad de electrodo, donde a todos los electrodos de plasma igualmente cableados se les suministre casi la misma tensión de alta frecuencia, donde se evitan o reducen las desventajas del estado de la técnica. Además, el objetivo es proporcionar una disposición de soporte para el tratamiento por plasma de una pluralidad de sustratos, donde estén dispuestas ventajosamente al menos dos unidades de electrodo de este tipo.

20

El objetivo se consigue mediante una unidad de electrodo según la reivindicación 1 y una disposición de soporte según la reivindicación 16. Formas de realización preferidas se encuentran en las reivindicaciones dependientes.

Una unidad de electrodo apropiada para el tratamiento por plasma de una pluralidad de sustratos en una cámara de tratamiento de una instalación de tratamiento por plasma presenta varios pares de electrodos de plasma, que están dispuestos a lo largo de una primera dirección. A este respecto, cada par de electrodos de plasma se compone de un primer y un segundo electrodo de plasma, que están dispuestos en paralelo entre sí y opuestos entre sí y están aislados eléctricamente uno de otro. Preferentemente los primeros y segundos electrodos de plasma de la unidad de electrodo están dispuestos en alternancia a lo largo de la primera dirección. Cada par de electrodos de plasma es apropiado para encender un plasma en un espacio de plasma entre el primer y el segundo electrodo de plasma en presencia de una tensión definida entre el primer y el segundo electrodo de plasma. La unidad de electrodo presenta además al menos una red de suministro eléctrica interna, que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, a cada primer electrodo de plasma de la unidad de electrodo una primera tensión y a cada segundo electrodo de plasma de la unidad de electrodo una segunda tensión, que es distinta de la primera tensión, donde al menos una de la primera y la segunda tensión es de alta frecuencia y presenta una frecuencia en el rango entre 1 MHz y 100 MHz. Preferentemente tanto la primera tensión, como también la segunda tensión son tensiones de alta frecuencia. La al menos una red de suministro eléctrica interna forma, junto con los electrodos de plasma, los plasmas generados entre los electrodos de plasma y los sustratos en el caso de funcionamiento, es decir, en presencia de una tensión eléctrica suficiente para encender y mantener los plasmas, una red eléctrica interna de la unidad de electrodo, que es inherente a la unidad de electrodo y se puede controlar desde fuera solo a través de las tensiones suministradas.

25

30

35

40

Para la alimentación de la primera y la segunda tensión en la al menos una red de suministro eléctrica interna, la unidad de electrodo presenta además un primer borne de conexión y un segundo borne de conexión. A este respecto, el primer borne de conexión es apropiado para alimentar la primera tensión en la al menos una red de suministro eléctrica interna, y el segundo borne de conexión es apropiado para alimentar la segunda tensión en la al menos una red de suministro eléctrica interna. A este respecto se transmite una potencia de alta frecuencia proporcionada por al menos un generador dispuesto fuera de la cámara de tratamiento a través de contactos óhmicos al primer y segundo borne de conexión. Alternativamente también se puede usar una disposición de acoplamiento, que, sin contacto mediante transmisión capacitiva o inductiva de una potencia de alta frecuencia proporcionada por un generador, genera las tensiones arriba mencionadas en los bornes de conexión.

45

50

A este respecto, la primera y la segunda tensión se diferencian en al menos una de las siguientes características: en el valor efectivo, en la frecuencia o la fase. Preferentemente la primera y la segunda tensión se generan de forma simétrica respecto a masa, es decir, no se diferencian en la frecuencia y en el valor efectivo, pero sí por una posición de fase diferente en 180°. No obstante, también es posible un suministro de tensión asimétrico, por ejemplo, en tanto que la primera o la segunda tensión es una tensión de alta frecuencia, mientras que la otra tensión es igual a cero y se corresponde a masa. En cualquier caso, la tensión de electrodo que se origina a partir de la diferencia de los potenciales eléctricos de los electrodos de plasma de un par de electrodos de plasma es una tensión de alta frecuencia con una frecuencia definida en el rango de 1 MHz a 100 MHz.

55

60

La al menos una red de suministro eléctrica interna de la unidad de electrodo según la invención está diseñada

conforme a la disposición de los electrodos de plasma en la unidad de electrodo, en particular el número y la distancia de los electrodos de plasma entre sí, y la frecuencia de la primera tensión y/o la segunda tensión, donde en particular está adaptada a la frecuencia de la tensión de electrodo. En otras palabras: La al menos una red de suministro eléctrica interna está diseñada de modo que la unidad de electrodo está adaptada para el funcionamiento con una primera
 5 tensión concreta y una segunda tensión concreta. En el caso de funcionamiento, la al menos una red de suministro eléctrica interna está ajustada junto con al menos una red de adaptación externa a la resonancia y adaptación de la red eléctrica interna de la unidad de electrodo y una distribución de tensión homogénea dentro de la unidad de electrodo. La al menos una red de adaptación externa está dispuesta entre un generador de tensión dispuesto fuera de la cámara de tratamiento y al menos uno del primer o segundo borne de conexión. Mediante el diseño concreto de
 10 la al menos una red de suministro eléctrica interna se consigue que entre el primer y segundo electrodo de plasma de cada par de electrodos de plasma esté presente casi la misma tensión en el caso de funcionamiento y en cada sustrato se genere una densidad de potencia de plasma casi igual. Esto es especialmente ventajoso en el caso de más de diez pares de electrodos de plasma en una unidad de electrodo.

15 La al menos una red de suministro eléctrica interna presenta líneas de alimentación entre el primer o el segundo borne de conexión y al menos dos primeros o al menos dos segundos electrodos de plasma y/o líneas intermedias entre dos primeros o segundos electrodos de plasma adyacentes y respectivamente un punto de alimentación en un primer o segundo sistema de líneas intermedias conectadas entre sí y respectivamente una línea de conexión entre el primer o el segundo borne de conexión y el punto de alimentación asociado. A este respecto, el diseño concreto de la red de
 20 suministro consiste en una disposición apropiada de las líneas de alimentación y/o en dimensiones geométricas apropiadas de las líneas de alimentación y/o de las líneas intermedias y/o de las líneas de conexión y/o en un material apropiado de las líneas de alimentación y/o de las líneas intermedias y/o de las líneas de conexión y/o en una disposición apropiada del punto de alimentación en referencia a la unidad de electrodo a lo largo de la primer dirección. Todas las líneas de alimentación y/o líneas intermedias y/o líneas de conexión son a este respecto líneas eléctricas
 25 reales, es decir, sujetas a una inductancia parásita o capacitancia parásita definida, cuya influencia en la red eléctrica interna de la unidad de electrodo no es despreciable en presencia de una tensión de alta frecuencia con una frecuencia en el rango entre 1 MHz y 100 MHz.

Las inductancias o capacitancias de línea parásitas se pueden influir, por ejemplo, por la selección apropiada de las
 30 dimensiones geométricas y/o del material de las líneas de alimentación y/o de las líneas intermedias y/o de las líneas de conexión.

Todos los diseños mencionados de la al menos una red de suministro eléctrica interna se explican abajo en referencia a las figuras.
 35

El modo y manera del diseño concreto de la al menos una red de suministro, por ejemplo, materiales concretos y dimensiones concretas de las líneas en la red de suministro o la disposición concreta de un punto de alimentación en la red de suministro, se puede evaluar con la ayuda de modelos de cálculo o con la ayuda de simulaciones y seleccionarse conforme a una disposición de los electrodos de plasma en la unidad de electrodo.
 40

No obstante, en el caso de más de 50 pares de electrodos de plasma en una unidad de electrodo se vuelve muy elevado el coste para el diseño concreto de la red de suministro eléctrica interna. Por ello, la disposición de soporte según la invención para el tratamiento por plasma de una pluralidad de sustratos en una cámara de tratamiento por plasma presenta al menos dos de las unidades de electrodo arriba descritas, según la invención. A este respecto,
 45 preferentemente cada unidad de electrodo contiene entre 20 y 30 pares de electrodos de plasma, de forma especialmente preferida 25 pares de electrodos de plasma.

A continuación, se debe clarificar la invención y sus distintas formas de realización mediante ejemplos de realización y las figuras.
 50

Se muestra:

Fig. 1 una representación esquemática de una unidad de electrodo según el estado de la técnica y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna de esta unidad de electrodo para un cableado de tensión de baja
 55 frecuencia,

Fig. 2 una representación esquemática de una unidad de electrodo según la invención y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna de esta unidad de electrodo para un cableado de tensión de alta frecuencia,

60 Fig. 3 una representación esquemática de una primera forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con dos redes de suministro con cableado en serie de los electrodos de plasma y un acoplamiento en el mismo sentido de las redes de suministro y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,

Fig. 4A la distribución de una tensión de alta frecuencia sobre 10 electrodos de plasma igualmente cableados para una unidad de electrodo según el estado de la técnica en el acoplamiento en el mismo sentido,

5 Fig. 4B la distribución de una tensión de alta frecuencia sobre 10 electrodos de plasma cableados igualmente para la primera forma de realización según la invención de la unidad de electrodo,

Fig. 5 una representación esquemática de una segunda forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con dos redes de suministro con cableado en serie de los electrodos de plasma y un acoplamiento en sentido
10 contrario de las redes de suministro y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,

Fig. 6A la distribución de una tensión de alta frecuencia sobre 10 electrodos de plasma igualmente cableados para una unidad de electrodo según el estado de la técnica en el acoplamiento en sentido contrario,

15 Fig. 6B la distribución de una tensión de alta frecuencia sobre 10 electrodos de plasma cableados igualmente para la segunda forma según la invención de la unidad de electrodo,

Fig. 7 una representación esquemática de una tercera forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con dos redes de suministro con cableado en serie de los electrodos de plasma y puntos de alimentación
20 dispuestos a voluntad y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,

Fig. 8 una representación esquemática de una cuarta forma de realización esquemática de la unidad de electrodo con dos redes de suministro con cableado en serie de los electrodos de plasma y puntos de alimentación dispuestos de forma centrada y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,
25

Fig. 9 una representación esquemática de una quinta forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con dos redes de suministro con cableado en forma de árbol de los electrodos de plasma y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,

30 Fig. 10 una representación esquemática de una sexta forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con dos redes de suministro con cableado en serie y en forma de árbol de los electrodos de plasma y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,

Fig. 11 una representación esquemática de una séptima forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con una red de suministro configurada como línea de alta frecuencia, donde el primer y el segundo borne de conexión se sitúan en el mismo extremo de la línea de alta frecuencia, y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,
35

Fig. 12 una representación esquemática de una octava forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con una red de suministro configurada como línea de alta frecuencia, donde el primer y el segundo borne de conexión se sitúan los extremos opuestos de la línea de alta frecuencia, y un circuito equivalente eléctrico de la red eléctrica interna resultante,
40

Fig. 13 una representación esquemática de una novena forma de realización según la invención de la unidad de electrodo con dos redes de suministro y una capa dieléctrica en un electrodo de plasma,
45

Fig. 14A una representación esquemática de una primera forma de realización de una disposición de soporte con unidades de electrodo según la invención en un primer plano de sección transversal,

50 Fig. 14B una representación esquemática de la primera forma de realización de una disposición de soporte en un segundo plano de sección de corte perpendicularmente al primer plano de sección de corte.

Fig. 15A una representación esquemática de una segunda forma de realización de una disposición de soporte con unidades de electrodo según la invención en un primer plano de sección transversal, y
55

Fig. 15B una representación esquemática de la segunda forma de realización de una disposición de soporte en un segundo plano de sección de corte perpendicularmente al primer plano de sección de corte.

La figura 1 muestra una unidad de electrodo 1 según el estado de la técnica, que es apropiada para el tratamiento por plasma de una pluralidad de sustratos 4 en una cámara de tratamiento de una instalación de tratamiento por plasma. La unidad de electrodo 1 puede estar montada de forma fija en la cámara de tratamiento o moverse como un todo en esta o fuera de esta. Además, también existe la posibilidad de que la unidad de electrodo 1 se mueva durante el
60

tratamiento por plasma en la cámara de forma rectilínea, rotativa o diferentemente de forma igual o desigual. Los sustratos 4 no son parte de la unidad de electrodo 1.

La unidad de electrodo 1 presenta una pluralidad de pares de electrodos de plasma, que están dispuestos a lo largo de una primera dirección (eje a). Cada par de electrodos de plasma se compone de un primer electrodo de plasma 2 y un segundo electrodo de plasma 3, que están dispuestos en paralelo entre sí y opuestos entre sí y están aislados eléctricamente uno de otro. Preferentemente, los primeros y los segundos electrodos de plasma 2, 3 están dispuestos en alternancia a lo largo de la primera dirección y se extienden respectivamente con una superficie, sobre la que descansa un sustrato 4 durante un procesamiento por plasma, perpendicularmente a la primera dirección, es decir, en un plano que está en paralelo a un plano fijado por otras dos direcciones (eje b y c) de un sistema tridimensional de coordenadas cartesianas, al que también pertenece la primera dirección. No obstante, las superficies de los primeros electrodos de plasma 2 o de los segundos electrodos de plasma 3 también se pueden extender en un plano, que se fija por la primera dirección y otra dirección, de modo que los electrodos de plasma respectivos están dispuestos unos junto a otros a lo largo de la primera dirección. Los electrodos de plasma de un par de electrodos de plasma están opuestos entonces a lo largo de una de las otras dos direcciones del sistema de coordenadas cartesianas. Los primeros y los segundos electrodos 2, 3 están hechos de un material eléctricamente conductor, por ejemplo grafito o aluminio, de modo que al aplicar una tensión definida entre el primer y el segundo electrodo de plasma 2, 3 de un par de electrodos de plasma se enciende un plasma en un espacio de plasma 5.

La superficie de los electrodos de plasma 2, 3 es habitualmente ligeramente mayor que la superficie de los sustratos 4 a tratar, donde la forma exterior (la silueta, el contorno) de la superficie de los electrodos de plasma 2, 3 se corresponde aproximadamente con la de los sustratos 4. No obstante, en el caso de sustratos eléctricamente buenos conductores 4 también están en contacto solo una parte del sustrato 4 con el electrodo de plasma respectivo, donde este electrodo de plasma puede presentar entonces una forma cualquiera. Por ejemplo, un electrodo de plasma 2, 3 presenta una superficie de (200x200) mm² con un tamaño del sustrato 4 de (156x156) mm². La distancia entre el primer electrodo de plasma 2 y el segundo electrodo de plasma 3 de un par de electrodos de plasma se sitúa en el rango entre 3 mm y 50 mm.

La unidad de electrodo 1 presenta n electrodos de plasma 2, 3, donde n es habitualmente un número par entre 10 y 200. En este caso hay n/2 primeros electrodos de plasma 2 (designado en la figura con E₁, E₃, E₅, ..., E_{n-1}) y n/2 segundos electrodos de plasma 3 (designado en la figura con E₂, E₄, ..., E_n). No obstante, también puede estar previsto un número impar de electrodos de plasma 2, 3. Los electrodos de plasma 2, 3 individuales están espaciados entre sí a lo largo de la primera dirección a través de soportes aislantes 6 y se portan por estos. Los soportes 6 pueden presentar distintas formas y pueden ser, por ejemplo, varios soportes en forma de barra, que se extienden respectivamente a lo largo de la primera dirección, o estar configurados como una carcasa, donde están dispuestos los electrodos de plasma y que en al menos un lado presenta aberturas para la introducción de los sustratos 4.

Todos los primeros electrodos de plasma 2, es decir, E₁ a E_{n-1}, están conectados con un primer borne de conexión A a través de una primera línea de distribución común 7, mientras que todos los segundos electrodos de plasma 3, es decir, E₂ a E_n, están conectados con un segundo borne de conexión B a través de una segunda línea de distribución común 8. Dos generadores 9a y 9b, que generan dos tensiones de igual frecuencia y amplitud, pero diferente posición de fase (por ejemplo, decaído de fase de 180°) respecto a masa, se conectan con los bornes de conexión A y B. En lugar de los dos generadores también se usan disposiciones de acoplamiento, que transmiten sin contacto de modo inductivo o capacitivo una potencia hacia la disposición de electrodo y proporcionan dos tensiones decaídas de fase 180° respecto a masa de su red de acoplamiento eléctrica respectiva en los bornes A y B, que están conectados además con las líneas de distribución 7, 8.

Según el estado de la técnica, la primera y segunda línea de distribución 7, 8 están configuradas habitualmente como barra de grafito maciza o placas o piezas de contacto de grafito con una sección transversal (en el plano b-c) de por ejemplo (20x5) mm². La longitud de las líneas de distribución 7, 8 a lo largo de la primera dirección (eje a) se deduce del número de los electrodos de plasma 2, 3 o la distancia entre el borne de conexión A o B y el último electrodo de plasma 2 o 3, que se abastece con tensión a través de la respectiva línea de distribución 7 u 8.

Para las tensiones de baja frecuencia, que se aplican en los electrodos de plasma 2, 3, es decir, para las tensiones con una frecuencia en el rango de 10 Hz a 1000 kHz, las líneas de distribución 7 y 8 actúan respectivamente como conductores ideales, cuyas inductancias parásitas y capacitancias parásitas se pueden despreciar. Por consiguiente, todos los primeros electrodos de plasma 2 o todos los segundos electrodos de plasma 3 se pueden observar como conectados en paralelo y presentan la misma tensión. Por consiguiente, la red eléctrica interna de la unidad de electrodo 1 se puede caracterizar por el circuito equivalente eléctrico representado a la derecha en la fig. 1, donde el plasma encendido entre los electrodos de plasma de un par de electrodos de plasma está representado respectivamente como impedancia de plasma Z_{plasma} y el condensador de placas, que se forma por los electrodos de plasma del par de electrodos de plasma, está representado respectivamente como capacidad C. Al despreciar las

inhomogeneidades condicionadas por la instalación, todos los plasmas encendidos en la unidad de electrodo 1 presentan los mismos parámetros de plasma, de modo que todos los sustratos 4 se pueden procesar de forma homogénea.

- 5 No obstante, para los procedimientos de plasma con tensiones con frecuencias más elevadas, por ejemplo, 13,56 MHz o 40 MHz, y/o unidades de electrodo con un número muy grande de electrodos de plasma igualmente cableados, por ejemplo 10 o más electrodos de plasma, la distribución de tensión así conseguida ya no es suficientemente homogénea. Esto se explica posteriormente más en detalle en referencia a las figuras 4A y 6A.
- 10 La figura 2 muestra ahora una unidad de electrodo 10 según la invención, que contiene primeros electrodos de plasma 12, segundos electrodos de plasma 13, sustratos 14, espacios de plasma 15, soportes aislantes 16, así como bornes de conexión A y B y no presenta al respecto diferencias respecto a la unidad de electrodo 1 de la fig. 1. No obstante, la unidad de electrodo 10 es apropiada para un tratamiento por plasma de los sustratos 14, donde el plasma se enciende con la ayuda de dos tensiones de alta frecuencia, que se proporcionan por dos generadores de tensión de alta frecuencia 19a y 19b respecto a masa. Preferentemente las dos tensiones son iguales, no obstante, desplazadas en fase, preferentemente en 180°. La frecuencia de estas tensiones se sitúa en el rango entre 1 MHz y 100 MHz, preferentemente en el rango entre 10 MHz y 40 MHz, por ejemplo, con 13,56 MHz. Las tensiones se transmiten por los generadores de tensión de alta frecuencia 19a, 19b respectivamente a través de una red de adaptación externa 190a, 190b asociada al primer borne de conexión A o al segundo borne de conexión B. Las redes de adaptación externas, que no son parte de la unidad de electrodo 10, no se representan en las figuras 3, 5 y 7 a 13 por motivos de claridad, pero están presentes de igual modo.

Para conseguir en el caso de funcionamiento un encendido de plasma homogéneo a través de todos los pares de electrodos de plasma de la unidad de electrodo 10, la unidad de electrodo 10 presenta al menos una red de suministro eléctrica interna, que suministra una primera tensión, que se proporciona por el generador 19a y la red de adaptación externa 190a, a todos los primeros electrodos de plasma 12 y una segunda tensión, que se proporciona por el generador 19b y la red de adaptación externa 190b, a todos los segundos electrodos de plasmas 13. En la figura 2 está representada una forma de realización con dos redes de suministro eléctricas internas 17, 18. Las formas de realización con solo una red de suministro eléctrica interna 20 se explican más en detalle en referencia a las figuras 11 y 12. A este respecto, cada red de suministro 17, 18 o 20 integrada en la unidad de electrodo 10 se compone de líneas reales, provistas con inductancias parásitas y eventualmente también capacitancias parásitas, cuyas dimensiones, materiales, disposiciones y conexiones internas están proyectadas de modo que en el caso de funcionamiento entre los electrodos de plasma 12, 13 de cada par de electrodos de plasma está presente casi la misma tensión de electrodo de alta frecuencia. "Casi" clarifica que incluso con adaptación muy buena de las redes pueden existir pequeñas diferencias de tensión, que, no obstante, son tolerables en el sentido del tratamiento por plasma de los sustratos 14 o mediante otras medidas, como p. ej. otras capacitancias o inductancias intercaladas, según se describen a modo de ejemplo en referencia a la fig. 13, se pueden reducir a una medida tolerable. En el caso de funcionamiento, las redes de adaptación externas 190a y 190b se ajustan de modo que se produce una resonancia entre la red eléctrica interna de la unidad de electrodo 10 y las redes de adaptación externas 190a, 190b y todas las redes están adaptadas entre sí.

Qué diferencias de tensión son tolerables para un tratamiento por plasma concreto de los sustratos, a este respecto depende de los requerimientos que se le planteen a la homogeneidad del tratamiento por plasma sobre la pluralidad de sustratos. Es decir: qué diferencias de tensión todavía son tolerables, depende esencialmente de los objetivos de homogeneidad previstos por un usuario de la instalación de tratamiento por plasma para un procedimiento de tratamiento por plasma concreto. En la producción de células solares se parte, por ejemplo, en general de que es tolerable una desviación del 10 % o menor entre las tensiones de electrodo dentro de la unidad de electrodo.

Para ello las líneas presentes en la al menos una red de suministro eléctrica interna, es decir, líneas de alimentación y/o líneas intermedias y/o líneas de conexión, ya no se realizan como en el estado de la técnica como formas macizas de grafito, sino p. ej. como tiras metálicas con un grosor en el rango de 0,1 mm a 5 mm, preferentemente en el rango de 0,2 mm a 0,5 mm, y una anchura en el rango de 1 mm a 100 mm, preferentemente 20 mm a 60 mm. El grosor y la anchura caracterizan la superficie de sección transversal de la línea, mientras que se mide una longitud de la línea a lo largo de la dirección de flujo de corriente. La longitud de las tiras metálicas usadas en la red puede variar a este respecto y depende del tipo de la línea.

Las tiras metálicas están hechas preferentemente de un material muy conductor, como p. ej. aluminio, cobre, plata o cobre plateado (cobre con una capa de plata sobre la superficie). La selección del material no depende a este respecto solo de las condiciones eléctricas en la red eléctrica interna de la unidad de electrodo en el caso de funcionamiento, sino también de las propiedades químicas de los materiales mencionados respecto a los materiales, moléculas, radicales, etc. presentes en la cámara de tratamiento y en particular en el plasma.

Por ejemplo, las tiras metálicas están hechas de cobre y presentan respectivamente un grosor de 0,25 mm y una anchura de 30 mm.

Si las tiras metálicas están hechas de aluminio, entonces presentan respectivamente un grosor de 0,5 mm y una anchura de 50 mm.

En la forma de realización representada en la figura 2, la primera tensión del borne de conexión A se alimenta en una primera red de suministro 17 y desde esta se pone a disposición de cada primer electrodo de plasma 12, mientras que la segunda tensión se alimenta del primer borne de conexión B en una segunda red de suministro 18 y desde esta se pone a disposición de cada segundo electrodo de plasma 13.

En referencia a las siguientes figuras se deben presentar formas de realización de la unidad de electrodo 10 según la invención con dos redes de suministro eléctricas internas 17 18, donde las dos redes de suministro 17, 18 están separadas cada vez espacial y eléctricamente una de otra. Esto significa que la distancia de las dos redes de suministro 17, 18 entre sí es tan grande que se puede despreciar un acoplamiento capacitivo e inductivo entre las líneas de las dos redes de suministro 17, 18. Esta distancia se sitúa preferentemente en el rango de 100 mm a 500 mm, por ejemplo, en 200 mm. La separación espacial y eléctrica se puede implementar, por ejemplo, mediante una disposición de las dos redes de suministro 17, 18 en distintos lados de la unidad de electrodo 10 en referencia a una dirección que discurre perpendicularmente a la primera dirección. Por ejemplo, las dos redes de suministro 17, 18, así como está representado en la figura 2, están dispuestas en lados opuestos de la unidad de electrodo 10 en referencia al eje b.

La figura 3 muestra una primera forma de realización 101 de la unidad de electrodo con dos redes de suministro eléctricas internas 17, 18. La primera tensión se alimenta en la primera red de suministro 17 del primer borne de conexión A a través de una primera línea de conexión 171 en un primer sistema 170 de primeras líneas intermedias 172a-172i conectadas entre sí. A este respecto, la línea intermedia 172a conecta el primer electrodo de plasma 12 (E_1) dispuesto en primer lugar en la primera dirección con el primer electrodo de plasma 12 (E_3) dispuesto como siguiente a lo largo de la primera dirección, la línea intermedia 172b conecta este primer electrodo 12 (E_3) de nuevo con el siguiente primer electrodo de plasma 12 (E_5) dispuesto a lo largo de la primera dirección, etc. hasta que finalmente también el último primer electrodo de plasma 12 (E_{n-1}) dispuesto a lo largo de la primera dirección está conectado a través de la línea intermedia 172i con el primer electrodo de plasma 12 dispuesto delante. Esto se corresponde con un circuito en serie de la línea de conexión 171 y las respectivas líneas intermedias 172a-172i, donde cada una de estas líneas está caracterizada por una inductancia parásita L en el circuito equivalente eléctrico (lado derecho de la fig. 3). Por consiguiente el primer electrodo 12 (E_1) dispuesto como primero a lo largo de la primera dirección se abastece con tensión a través de la primera línea de conexión 171, el primer electrodo de plasma 12 (E_3) dispuesto como segundo a lo largo de la primera dirección se abastece con tensión a través del circuito en serie de la primera línea de conexión 171 y primera línea intermedia 172a, el primer electrodo de plasma 12 (E_5) dispuesto como tercero a lo largo de la primera dirección se abastece con tensión a través del circuito en serie de primera línea de conexión, primera línea intermedia 172a y primera línea intermedia 172b, etc. De igual manera los segundos electrodos de plasma 13 (E_2 a E_n) se abastecen con tensión a través de una segunda línea de conexión 181 y un segundo sistema 180 de segundas líneas intermedias 182a-182i, que forman conjuntamente la segunda red de suministro 18, desde el segundo borne de conexión B. El primer punto de alimentación 173, que caracteriza la conexión de la primera línea de conexión 171 con el primer sistema 170, se sitúa a este respecto a la altura del primer electrodo de plasma 12 (E_1) dispuesto como primero a lo largo de la primera dirección en la unidad de electrodo 101. De igual manera, el segundo punto de alimentación 183, que caracteriza la conexión de la segunda línea de conexión 181 con el segundo sistema 180, se sitúa a la altura del segundo electrodo de plasma 13 (E_2) dispuesto como primero a lo largo de la primera dirección en la unidad de electrodo 101. Esto se designa como cableado en el mismo sentido o acoplamiento de generador en el mismo sentido. La tensión de alta frecuencia se transmite a este respecto en ambas redes de suministro 17, 18 entre los respectivos electrodos de plasma 12, 13 en la misma dirección, aquí en la primera dirección.

Las líneas de conexión 171, 181, así como las líneas intermedias 172a-172i, 182a-182i pueden estar configuradas, según se menciona ya, como tiras metálicas de materiales especialmente buenos conductores, como cobre o aluminio. Las líneas intermedias 172a-172i, 182a-182i pueden presentar a este respecto una longitud, que es mayor que la distancia entre dos electrodos de plasma 12, 13 igualmente cableados, adyacentes a lo largo de la primera dirección, es decir, por ejemplo, mayor que la distancia entre el electrodo E_1 y el electrodo E_3 . Esta distancia está entre 6 mm y 100 mm, así como también en la unidad de electrodo según el estado de la técnica. La longitud de las líneas de conexión 171, 181 también puede ser mayor respecto a la distancia entre el correspondiente borne de conexión A, B y el primer o segundo electrodo de plasma 12, 13 dispuesto como primero dentro de la unidad de electrodo 101. Mediante el uso de líneas de conexión y líneas intermedias de baja inductancia respecto a las líneas de distribución en la unidad de electrodo según el estado de la técnica se disminuye fuertemente las diferencias en las tensiones de electrodo a lo largo la unidad de electrodo.

Esto está representado en las **figuras 4A y 4B**. Estas figuras se basan en mediciones de la tensión de alta frecuencia aplicada en electrodos de plasma igualmente cableados de una unidad de electrodo para diferentes frecuencias de la tensión y se cubren con simulaciones del desarrollo de tensión con programas de simulación habituales para circuitos electrónicos, como por ejemplo PSPICE, sobre un número de electrodos de plasma igualmente cableados y muestran la desviación de tensión de la tensión aplicada en uno concreto de estos electrodos de plasma en relación a la tensión máxima, aplicada en uno de estos electrodos de plasma respectivamente para una frecuencia de 4 MHz, 13,56 MHz o 40 MHz. En la fig. 4A está representada la distribución de tensión para una unidad de electrodo según el estado de la técnica con 20 electrodos de plasma, es decir, sobre 10 electrodos de plasma igualmente cableados, mientras que la fig. 4B muestra una distribución de tensión para la primera forma de realización de la unidad de electrodo según la invención con 20 electrodos de plasma. El primer y el segundo electrodo de plasma de cada par de electrodos de plasma están dispuestos a este respecto a una distancia de 15 mm entre sí. Los mismos electrodos de plasma igualmente cableados, que presentan las dimensiones de (200 x 200) mm², se cablean respectivamente en el mismo sentido.

15 Se puede ver, que la desviación de tensión dentro de la unidad de electrodo según el estado de la técnica para una frecuencia de 4 MHz se sitúa en aprox. el 4 % y por tanto todavía es tolerable. No obstante, para frecuencias más elevadas existe una distribución de tensión muy inhomogénea, que ya no es tolerable, dado que no permite un tratamiento por plasma de los sustratos homogéneo sobre la unidad de electrodo. Por lo tanto la distribución de tensión para 13,56 MHz en la primera forma de realización de la unidad de electrodo según la invención ya está fuertemente mejorada y se puede tolerar incluso con 13,56 MHz.

Una segunda forma de realización 102 de la unidad de electrodo según la invención, así como el circuito equivalente eléctrico correspondiente están representados en la **figura 5**. A este respecto, la unidad de electrodo presenta de nuevo una primera red de suministro 17, que está configurada igual a la primera forma de realización, y una segunda red de suministro 18. La segunda red de suministro 18 está formada de forma similar a la primera forma de realización, no obstante, el segundo punto de alimentación 183 se sitúa ahora a la altura de aquel segundo electrodo de plasma 13 que está dispuesto a lo largo de la primera dirección (eje a) como último en la unidad de electrodo 102. Esto es el electrodo de plasma E_n. Por consiguiente, la segunda línea intermedia 182a, que conecta el último segundo electrodo de plasma 13 (E_n) con el anterior segundo electrodo de plasma 13 (E_{n-2}), es la primera línea intermedia en el segundo sistema 180, mientras que la línea intermedia 182i es la última en el segundo sistema 180 y conecta entre sí los segundos electrodos de plasma 13, que están dispuestos como los primeros dos en la unidad de electrodo 102 a lo largo de la primera dirección (E₂ y E₄).

Según está representado en la fig. 5, el primer borne de conexión B puede estar dispuesto igualmente en el otro lado de la unidad de electrodo 102 en referencia a la primera dirección. No obstante, el segundo borne de conexión B puede estar dispuesto igual que en la primera forma de realización 101 en el extremo inferior de la unidad de electrodo, donde entonces la línea de conexión 181 se guía correspondientemente dentro de la segunda red de suministro 18 hasta el último segundo electrodo de plasma 13 (E_n) y por consiguiente hasta el segundo punto de alimentación 183.

40 La disposición de la segunda forma de realización 102 se designa como el cableado en sentido contrario o acoplamiento de generador en sentido contrario. La tensión de alta frecuencia se transmite a este respecto en la primera red de suministro 17 a lo largo de la primera dirección y en la segunda red de suministro 18 a lo largo de una segunda dirección, que está opuesta a la primera dirección, entre los respectivos electrodos de plasma 12, 13. Por consiguiente una corriente, que fluye durante el tratamiento por plasma, para cada par de electrodos de plasma atraviesa igualmente muchas inductancias de línea parásitas L y capacitancias parásitas entre los bornes de conexión A y B, por lo que se eleva aún más la homogeneidad de la distribución de tensión.

Esto se puede reconocer claramente en las **figuras 6A y 6B**. La fig. 6A muestra de nuevo la distribución de tensión sobre 10 electrodos de plasma igualmente cableados de una unidad de electrodo según el estado de la técnica, mientras que la fig. 6B la distribución de tensión para la segunda forma de realización de la unidad de electrodo según la invención con 10 electrodos de plasma igualmente cableados. El primer y el segundo electrodo de plasma de cada par de electrodos de plasma están dispuestos a este respecto de nuevo a una distancia de 15 mm entre sí. Los electrodos de plasma igualmente cableados, que presentan las dimensiones de (200 x 200) mm², se acoplan respectivamente en sentido contrario en el o los generadores de tensión HF.

Aquí también se puede ver una fuerte inhomogeneidad de tensión para la unidad de electrodo según el estado de la técnica para las frecuencias 13,56 MHz y 40 MHz (fig. 6A), mientras que la distribución de tensión para la segunda forma de realización de la unidad de electrodo según la invención para la frecuencia de 13,56 MHz casi es homogénea y para la frecuencia de 40 MHz se mejora al menos fuertemente (fig. 6B).

La **figura 7** muestra una tercera forma de realización 103 de la unidad de electrodo según la invención, así como su circuito equivalente eléctrico. La tercera forma de realización 103 se diferencia de la primera y la segunda forma de

realización 101, 102 porque el primer punto de alimentación 173 y el segundo punto de alimentación 183 están dispuestos libres entre el primer o segundo electrodo de plasma 12, 13 dispuesto respectivamente como primero y el respectivo como último en la unidad de electrodo 103, que están conectados entre sí a través del primer o segundo sistema 170, 180 de líneas intermedias 172a-172i, 182a-182i. Es decir, las líneas de conexión 171, 181 ponen en contacto el primer sistema 170 o el segundo sistema 180 a la altura de uno de los primeros o segundos electrodos 12, 13, que no es el primero o el último de los electrodos de plasma 12, 13 dentro del respectivo sistema 170, 180, o una de las líneas intermedias 172a-172i, 182a-182i. En el ejemplo representado en la fig. 7, el primer punto de alimentación 173 si sitúa a la altura del tercer primer electrodo 12, es decir, a la altura del electrodo E_5 , mientras que el segundo punto de alimentación 183 a la altura del penúltimo segundo electrodo de plasma 13, es decir, a la altura del electrodo E_{n-2} .

Por consiguiente, el primer sistema 170 y el segundo sistema 180 presentan respectivamente una primera parte 170a, 180a y una segunda parte 170b, 180b. La primera parte 170a, 180a comprende respectivamente las líneas intermedias 172c-172i o 182i, que están dispuestas entre el primer o segundo electrodo de plasma 12, 13 dispuesto respectivamente como último en la unidad de electrodo 103, es decir, entre los electrodos E_{n-1} o E_n y el respectivo punto de alimentación 173, 183. La segunda parte 170b, 180b comprende por el contrario las líneas intermedias 172a-172b o 182a-182h, que están dispuestas entre el primer o segundo electrodo de plasma 12, 13 dispuesto respectivamente como primero en la unidad de electrodo 103, es decir, entre los electrodos E_1 o E_2 y el respectivo punto de alimentación 173, 183. Por consiguiente, la primera tensión alimentada se transmite en la primera parte 170a del primer sistema 170 y la segunda tensión alimentada en la primera parte 180a del segundo sistema 180 en la primera dirección y en la segunda parte 170b del primer sistema 170 y en la segunda parte 180b del del segundo sistema 180 en una segunda dirección que está opuesta a la primera dirección.

Según se menciona ya en referencia a la figura 5, los bornes de conexión A, B no deben estar dispuestos en una posición determinada, en particular no, como se muestra en la fig. 7, en un lado de la unidad de electrodo, sino que también pueden estar dispuestos en el extremo inferior o en el extremo superior de la unidad de electrodo o a voluntad, donde entonces las líneas de conexión 171, 181 están guiadas y configuradas de nuevo correspondientemente.

La cuarta forma de realización 104 representada en la **figura 8** de la unidad de electrodo según la invención es un caso especial de la forma de realización representada en la fig. 7 y está caracterizada porque los puntos de alimentación 173, 183 están dispuestos respectivamente de forma centrada respecto al sistema 170, 180 asociado de líneas intermedias 172a-172d o 182a-182d conectadas entre sí. A modo de ejemplo está representada una disposición de diez electrodos de plasma. El primer punto de alimentación 173 está dispuesto a la altura del primer electrodo de plasma central 12, es decir, a la altura del electrodo E_5 , mientras que el segundo punto de alimentación 183 está dispuesto a la altura del segundo electrodo de plasma 13, es decir, a la altura del electrodo E_6 . Por consiguiente, la primera parte 170a del primer sistema 170 y la segunda parte 170b del primer sistema 170 reproducen respectivamente una primera o segunda mitad del primer sistema 170, mientras que la primera parte 180a del segundo sistema 180 y la segunda parte 180b del segundo sistema 180 reproducen respectivamente una primera o segunda mitad del segundo sistema 180. Una primera tensión alimentada o una segunda tensión alimentada se transmite por consiguiente en la primera mitad 170a del primer sistema 170 y en la primera mitad 180a del segundo sistema 180 en la primera dirección y en la segunda mitad 170b del primer sistema 170 y en la segunda mitad 180b del segundo sistema 180 en una segunda dirección que está opuesta a la primera dirección.

En los ejemplos de realización mostrados en las figuras 3, 5, 7 y 8, respectivamente todos los electrodos de plasma 12, 13 igualmente cableados se abastecen con tensión por un sistema 170, 180 de líneas intermedias 172a-172i, 182a-182i conectadas en serie entre sí. No obstante, no es necesario según se explica más tarde en referencia a la figura 10.

La **figura 9** muestra una quinta forma de realización 105 de la unidad de electrodo según la invención, así como el circuito equivalente eléctrico correspondiente. Aquí la primera y la segunda red de suministro 17, 18 se componen de líneas de alimentación 174a-174g o 184a-184g dispuestas en forma de árbol o ramificadas de forma binaria. Del respectivo borne de conexión A, B discurre respectivamente una primera línea 174a o una segunda línea 184A hasta un primer o segundo punto nodal (punto de ramificación) 175a, 185a. Desde este discurren respectivamente otras dos primeras y segundas líneas de alimentación 174b, 174c, 184b, 184c hasta otros primeros u otros segundos puntos nodales 175b, 175c, 185b, 185c, donde se ramifican de nuevo las líneas de alimentación. Esta ramificación binaria, donde "binario" es que en cada punto nodal de una línea de alimentación que acude se originan dos líneas que salen, se prosigue hasta que cada uno de los primeros o segundos electrodos 12, 13 se pone en contacto por exactamente una línea de alimentación separada. En la fig. 9 está representado esto para cuatro primeros electrodos de plasma 12 y cuatro segundos electrodos de plasma 13. Con la quinta forma de realización se pueden poner en contacto siempre 2^n electrodos de plasma 12, 13 igualmente cableados, donde n es el número de los planos de nodos. En el ejemplo representado, los primeros electrodos de plasma 12 se abastecen con una primera tensión a través de las primeras líneas de alimentación 174d-174g, mientras que los segundos electrodos de plasma 13 se abastecen con una segunda

tensión a través de las segundas líneas de alimentación 184d-184g. En las redes de suministro 17, 18 hay respectivamente dos planos de nodos, donde un primer plano de nodos contiene los puntos de nodo 175a o 185a y un segundo plano de nodos los puntos de nodo 175b y 175c o 185b y 185c.

- 5 Según se puede deducir del circuito equivalente eléctrico correspondiente (lado derecho de la fig. 9), por consiguiente, una corriente, que fluye durante el tratamiento por plasma, atraviesa en su camino entre el correspondiente borne de conexión A, B y uno de los electrodos de plasma 12, 13 para todos los primeros o segundos electrodos de plasma 12, 13 igualmente conectados el mismo número de inductancias de línea L y capacidades parásitas. Cuando estas están configuradas de forma similar, lo que se puede implementar entre otros a través de las dimensiones de las bandas
- 10 metálicas o líneas usadas como líneas de alimentación, entonces la caída de tensión es igual para todos los pares de electrodos de plasma de la unidad de electrodo. Por consiguiente, se consigue un tratamiento por plasma homogéneo para todos los sustratos, que están dispuestos dentro de la unidad de electrodo.

- La **figura 10** muestra una sexta forma de realización 106 de la unidad de electrodo según la invención, que es una
- 15 forma mixta de un cableado en forma de árbol y uno en serie de las líneas individuales. A este respecto, las redes de suministro internas 17, 18 presentan tanto líneas de alimentación 174a-174e, 184a-184e como también respectivamente un sistema 170, 180 de líneas intermedias 172a, 172b, 182a, 182b conectadas entre sí. En el ejemplo representado se muestra una unidad de electrodo con diez electrodos de plasma E_1 - E_{10} , donde de los primeros electrodos de plasma 12 algunos, concretamente los electrodos E_3 , E_7 y E_9 , se abastecen con tensión a través de las
- 20 líneas de alimentación 174a-174e y algunos, concretamente los electrodos E_1 y E_5 , a través de las líneas de alimentación 174a y 174b y las líneas intermedias 172a, 172b. El primer punto de alimentación 173 en el primer sistema 170 se sitúa a este respecto en el centro del primer sistema 170, no obstante, también se puede situar a la altura de cualquier otro primer electrodo de plasma 2 dentro del primer sistema 170. Las primeras líneas de alimentación 174a y 174b sirven como línea de conexión entre el borne de conexión A y el primer punto de alimentación 173. La misma
- 25 configuración del suministro de tensión existe en la segunda red 18, con la que se abastecen con tensión los segundos electrodos de plasma 13.

- Con una forma mixta semejante se puede implementar el abastecimiento de tensión de una unidad de electrodo con un número de primeros o segundos electrodos de plasma 12, 13 que es respectivamente diferente de una potencia
- 30 de 2 ($\# 2^n$), que por ello no se puede abastecer con tensión a través de una red de suministro puramente en forma de árbol de líneas de alimentación, según está representado en la figura 9.

- Además, una red de suministro interna de la unidad de electrodo según la invención también puede presentar varios sistemas de líneas intermedias conectadas entre sí, donde las líneas de conexión están realizadas entre el borne de
- 35 conexión correspondiente y los puntos de alimentación respectivos en los sistemas respectivamente a través de líneas de alimentación ramificadas y dispuestas en forma de árbol. Por consiguiente, en particular en el caso de un gran número de electrodos de plasma se puede mejorar aún más la homogeneidad de la distribución de tensión a través de los electrodos de plasma igualmente cableados de la unidad de electrodo.

- 40 Preferentemente las dos redes de suministro internas 17 y 18, que están presentes en las formas de realización descritas hasta ahora de la unidad de electrodo según la invención, están configuradas de forma similar. En otras palabras: el tipo de la distribución de tensión a través de las líneas de alimentación y/o sistemas de líneas intermedias conectadas entre sí es igual para las dos redes de suministro.

- 45 Evidentemente el número de los electrodos de plasma tampoco está limitado en las formas de realización, para las que en las figuras 8 a 10 está representado un número concreto, a este número representado, sino que en el marco se puede seleccionar libremente el número implementable para la forma de realización respectiva.

- En referencia a las **figuras 11 y 12** se describen formas de realización de la unidad de electrodo según la invención,
- 50 que presentan respectivamente solo una red de suministro eléctrica interna 20 para el suministro de la tensión en los electrodos de plasma 12, 13 de la unidad de electrodo. A este respecto, la red de suministro 20 está realizada respectivamente como línea de alta frecuencia, donde dos sistemas 210, 220 de líneas intermedias 212a-212i, 222a-222i están dispuestos espacialmente uno junto a otro - y no como en las formas de realización anteriores separados espacialmente uno de otro. A este respecto, la distancia entre el primer sistema 210 y el segundo sistema 220 es tan
- 55 pequeña que los dos sistemas 210, 220 están acoplados entre sí de forma capacitiva e inductiva. La distancia se sitúa preferentemente en el rango de 1 mm a 50 mm y es por ejemplo de 10 mm. La línea de alta frecuencia se puede formar, por ejemplo, en forma de una línea doble de dos alambres paralelos o dos tiras metálicas paralelas, que implementan respectivamente las líneas intermedias 212a-212i, 222a-222i y eventualmente también las líneas de conexión 211, 221. Preferentemente entre los dos alambres o tiras metálicas se sitúan no solo aire como aislador, sino
- 60 un material dieléctrico, por ejemplo, cerámica de óxido de aluminio, cerámica de óxido de silicio entre otros, que aísla los dos alambres o tiras metálicas uno de otro y en el circuito equivalente eléctrico está representado como capacidades C_I . En el caso de las dimensiones arriba expuestas de las tiras metálicas para las líneas intermedias y

una distancia de 10 mm entre las tiras metálicas de los distintos sistemas 210, 220, así como cerámica de óxido de aluminio como aislador se origina así una línea doble con una impedancia propia típica en el rango de 10 Ω a 100 Ω . Gracias a un dimensionado apropiado de la geometría de los electrodos de plasma 12, 13 también se puede adaptar además la resistencia de carga de los electrodos de plasma 12, 13, por lo que se homogeneiza aún más el suministro de tensión. En lugar de una línea doble también se pueden usar cables coaxiales.

La **figura 11** muestra una séptima forma de realización 107 de la unidad de electrodo según la invención con una red de suministro interna 20, donde los puntos de alimentación 213, 223 de ambos sistemas 210, 220 están dispuestos respectivamente a la altura del primer o segundo electrodo de plasma 12, 13 (E_1 o E_2) dispuesto como primero a lo largo de la primera dirección en la unidad de electrodo. En otras palabras: los puntos de alimentación 213, 223 se sitúan en el mismo lado de la unidad de electrodo en referencia a la primera dirección. Por consiguiente, la línea de alta frecuencia de la red de suministro 20 se atraviesa por una corriente de alta frecuencia que fluye durante un tratamiento por plasma en uno de los sistemas 210, 220 y en el otro sistema 210, 220 de vuelta, es decir, la corriente resultante fluye en el primer sistema 210 y en el segundo sistema 220 en la dirección opuesta. En cada elemento de los dos sistemas 210, 220, es decir, en cada una de las líneas intermedias 212a-212i, 222a-222i, por consiguiente, la corriente de ida es igual a la corriente de vuelta, por lo que se reducen aún más las caídas de tensión en las inductancias de línea parásitas L.

La **figura 12** muestra una octava forma de realización 108 de la unidad de electrodo según la invención, donde, al contrario, a la séptima forma de realización 107, los puntos de alimentación 213, 223 se sitúan en los lados opuestos de los respectivos sistemas 210, 220 en referencia a la primera dirección. Por consiguiente, el primer punto de alimentación 213 se sitúa en el primer sistema 210 a la altura del primer electrodo de plasma 12 (E_1) dispuesto como primero a lo largo de la primera dirección en la unidad de electrodo, mientras que el segundo punto de alimentación 223 se sitúa en el segundo sistema 220 a la altura del segundo electrodo de plasma 13 (E_n) dispuesto como último a lo largo de la primera dirección en la unidad de electrodo. Por consiguiente, en los conductores paralelos de los sistemas 210, 220 en el caso de un tratamiento por plasma no se origina una corriente de alta frecuencia de ida y retorno, sino un flujo de corriente de alta frecuencia en la misma dirección en los dos sistemas 210, 220. Esto también conduce a una homogeneización de la distribución de tensión.

En referencia en la **figura 13** se explica otra configuración de la unidad de electrodo según la invención. La figura 13 muestra una novena forma de realización 109, donde la unidad de electrodo presenta dos redes de suministro 17, 18 separadas espacialmente una de otra, que están configuradas - de forma similar a como se explica en referencia a la primera forma de realización representada en la figura 3. Para reducir aún más eventualmente diferencias de tensión todavía presentes para los electrodos de plasma 12, 13 igualmente cableadas, en los electrodos de plasma 12, 13 respectivamente sobre la superficie del electrodo de plasma 12, 13 dirigida hacia el espacio de plasma 15 está dispuesta una capa dieléctrica 30. Esta actúa como condensador adicional para el par de electrodos de plasma respectivos. Para homogeneizar las condiciones de generación de plasma entre los espacios de plasma 15 de la unidad de electrodo, la capa dieléctrica 30 se puede adaptar en sus propiedades, en particular en el grosor de la capa, pero eventualmente también en el material de la capa, al respectivo par de electrodos de plasma. La capa dieléctrica 30 está hecha preferentemente de uno de los materiales como óxido de aluminio, óxido de silicio, óxido de zirconio o de combinaciones o estructuras de capas a partir de ellos y presenta preferentemente un grosor en el rango de 1 μm a 1000 μm . El grosor de la capa puede ser igual o diferente sobre toda la extensión del respectivo electrodo de plasma 12, 13, por ejemplo, en una segunda zona central del electrodo de plasma 12, 13 ser más grueso que en los bordes del electrodo de plasma 12, 13.

Evidentemente la capa dieléctrica también puede estar configurada sobre la superficie dirigida hacia el sustrato 14 del respectivo electrodo de plasma 12, 13 o sobre ambas superficies de los electrodos de plasma 12, 13. Además, la capa dieléctrica puede estar dispuesta no sobre todos, sino solo sobre al menos uno o sobre electrodos de plasma 12, 13 seleccionados. Además, las redes de suministro 17, 18 pueden estar configurados a voluntad conforme a las formas de realización arriba descritas o estar presente solo una red de suministro eléctrica interna conforme a las figuras 11 y 12.

Los generadores de tensión de alta frecuencia 19a y 19b representados en las figuras 3, 5 y 7 a 13 son respectivamente una combinación de un generador de alta frecuencia y una red de adaptación externa, según se ha explicado en referencia a la fig. 2. Con la ayuda de las redes de adaptación externas, mediante un ajuste apropiado o selección de los componentes eléctricos contenidos se puede ajustar la potencia de alta frecuencia de retorno en los bornes de conexión A, B a un mínimo. Además, el suministro de tensión simétrico representado en todas las figuras solo es una forma de realización preferida. También es posible un cableado asimétrico de los primeros y segundos electrodos de plasma.

Para todas las formas de realización representadas hasta ahora es válido que la al menos una red de suministro eléctrica interna puede contener otros componentes eléctricos pasivos junto a las líneas de alimentación y/o líneas

intermedias y/o líneas de conexión. Esto pueden ser inductancias o capacitancias adicionales, que sirven para la homogeneización adicional de la distribución de tensión a través de la unidad de electrodo.

La al menos una red de suministro eléctrica interna también puede estar configurada como placa de circuitos impresos con líneas eléctricas integradas y componentes eléctricos pasivos integrados.

Algunas o todas las posibilidades mencionadas para la mejora de la homogeneidad de la distribución de tensión en los electrodos de plasma igualmente cableados de una unidad de electrodo y de las formas de realización descritas también se pueden combinar entre sí, en tanto que no se excluyen mutuamente.

10

En referencia a las **figuras 14A a 15B** se explica más en detalle una disposición de soporte 40 según la invención. A este respecto las figuras 14A y 15A muestran respectivamente secciones transversales esquemáticas a través de la disposición de soporte 40 a lo largo de una tercera dirección (eje x), es decir, a lo largo de una línea A'-A', y las figuras 14B y 15B secciones transversales esquemáticas a través de la disposición de soporte 40 a lo largo de una cuarta dirección (eje y), es decir, a lo largo de la línea B'-B'. La tercera y la cuarta dirección son dos direcciones de un sistema de coordenadas cartesianas (x, y, z), que está definido en referencia a la disposición de soporte 40 y es independiente del sistema de coordenadas cartesianas (a, b, c), que está definido en referencia a la unidad de electrodo y representado en las figuras 1 a 13.

15

20 La disposición de soporte 40 presenta respectivamente al menos dos unidades de electrodo según la invención, dispuestas dentro de la disposición de soporte 40 de forma fija una junto a otra a lo largo de la tercera dirección. En las figuras 14A y 15 están representadas esquemáticamente respectivamente tres unidades de electrodo 10a-10c de este tipo. Cada unidad de electrodo 10a-10c presenta electrodos de plasma 41, así como al menos una red de suministro eléctrica interna, en los ejemplos representados respectivamente dos redes de suministro 17, 18. La disposición de soporte 40 contiene además una unidad de conexión 42, que implementa la conexión eléctrica de las distintas unidades de electrodo 10a-10c a un generador de tensión de alta frecuencia dispuesto fuera de la cámara de tratamiento. La unidad de conexión 42 porta y fija las distintas unidades de electrodo 10a-10c y por consiguiente garantiza la estabilidad mecánica y la consistencia física de las distintas unidades de electrodo 10a-10c de la disposición de soporte 40. Además, garantiza la puesta en contacto eléctrica de las redes de suministro 17, 18 de las unidades de electrodo 10a-10c. Preferentemente la unidad de soporte 40 se puede introducir y extraer en la cámara de tratamiento de una instalación de tratamiento por plasma, donde la disposición de soporte 40 está dispuesta primeramente de forma fija o móvil en la cámara de tratamiento durante el tratamiento por plasma. La tercera dirección (eje x) definida en referencia a la disposición de soporte 40 es, por ejemplo, la dirección a lo largo de la que la disposición de soporte 40 se introduce o extrae en la cámara de tratamiento.

25

30

35

Según una primera forma de realización de la disposición de soporte 40 según la invención, que está representada en las figuras 14A y 14B, al menos una de las redes de suministro 17, 18 de las unidades de electrodo 10a-10c está dispuesta a lo largo de un lado de las unidades de electrodo 10a-10c en cuestión, que no es adyacente a otra unidad de electrodo 10a-10c. Para el ejemplo mostrado en la fig. 14A y 14B, las redes de suministro 17, 18 de todas las unidades de electrodo 10a-10c están dispuestas en los dos lados de la respectiva unidad de electrodo 10a-10c, que se extienden a lo largo de la tercera dirección (eje x).

40

Según una segunda forma de realización de la disposición de soporte 40 según la invención, que está representada en las figuras 15A y 15B, al menos una de las redes de suministro 17, 18 de las unidades de electrodo 10a-10c está dispuesta a lo largo de un lado de las unidades de electrodo 10a-10c en cuestión, que es adyacente a otra unidad de electrodo 10a-10c. Para el ejemplo mostrado en las fig. 15A y 15B, todas las redes de suministro 17, 18 están dispuestas en los dos lados de la respectiva unidad de electrodo 10a-10c, que se extienden a lo largo de la cuarta dirección (eje y), de modo que al menos las redes de suministro 17, 18 de la unidad de electrodo media 10b están dispuestas entre los electrodos de plasma 41 de las unidades de electrodo 10a y 10b o 10b y 10c.

45

50

Preferentemente las redes de suministro de todas las unidades de electrodo de la disposición de soporte están dispuestas de forma similar a como está representado esto en las figuras 14A a 15B. No obstante, al menos una red de suministro de al menos una unidad de electrodo de la disposición de soporte también puede estar dispuesta de otra forma, cuando esto es ventajoso para el tratamiento por plasma de los sustratos u otras propiedades de la disposición de soporte.

55

Además, la disposición de soporte también puede contener unidades de electrodo, que están dispuestas unas junto a otras a lo largo de la cuarta dirección (eje y) o a lo largo de una quinta dirección (eje z), junto a unidades de electrodo que están dispuestas unas junto a otras a lo largo de la tercera dirección (eje x) (según está representado en las figuras 14A a 15B).

60

Referencias

| | |
|----------------------|---|
| 1 | Unidad de electrodo según el estado de la técnica |
| 2 | Primer electrodo de plasma |
| 5 | |
| 3 | Segundo electrodo de plasma |
| 4 | Sustrato |
| 10 | |
| 5 | Espacio de plasma |
| 6 | Soporte aislante |
| 7 | Primera línea distribuidora |
| 15 | |
| 8 | Segunda línea distribuidora |
| 9 | Generador de tensión de baja frecuencia |
| 20 | |
| 10, 10a-10c, 101-109 | Unidad de electrodo según la invención |
| 12 | Primer electrodo de plasma |
| 13 | Segundo electrodo de plasma |
| 25 | |
| 14 | Sustrato |
| 15 | Espacio de plasma |
| 30 | |
| 16 | Soporte aislante |
| 17 | Primera red de suministro eléctrica |
| 18 | Segunda red de suministro eléctrica |
| 35 | |
| 19a, 19b | Generador de tensión de alta frecuencia |
| 20 | Red de suministro |
| 40 | |
| 30 | Capa dieléctrica |
| 40 | Disposición de soporte |
| 41 | Electrodo de plasma |
| 45 | |
| 42 | Unidad de conexión |
| 170 | Primer sistema |
| 50 | |
| 170a | Primera parte del primer sistema |
| 170b | Segunda parte del primer sistema |
| 171 | Primera línea de conexión |
| 55 | |
| 172a-172i | Primera línea intermedia |
| 173 | Primer punto de alimentación |
| 60 | |
| 174a-174g | Primera línea de alimentación |
| 175a-175c | Primer punto nodal |

| | |
|--------------|-----------------------------------|
| 180 | Segundo sistema |
| 180a | Primera parte del segundo sistema |
| 5 180b | Segunda parte del segundo sistema |
| 181 | Segunda línea de conexión |
| 10 182a-182i | Segunda línea intermedia |
| 183 | Segundo punto de alimentación |
| 184a-184g | Segunda línea de alimentación |
| 15 185a-185c | Segundo punto nodal |
| 190a, 190b | Red de adaptación externa |
| 20 210 | Primer sistema |
| 211 | Primera línea de conexión |
| 212a-212i | Primera línea intermedia |
| 25 213 | Primer punto de alimentación |
| 220 | Segundo sistema |
| 30 221 | Segunda línea de conexión |
| 222a-222i | Segunda línea intermedia |
| 223 | Segundo punto de alimentación |
| 35 A | Primer borne de conexión |
| B | Segundo borne de conexión |

REIVINDICACIONES

1. Unidad de electrodo (10, 101,... 109), apropiada para el tratamiento por plasma de una pluralidad de sustratos (14) en una cámara de tratamiento de una instalación de tratamiento por plasma, con
- 5 - varios pares de electrodos de plasma a lo largo de una primera dirección, donde cada par de electrodos de plasma se compone de un primer electrodo de plasma (12) y un segundo electrodo de plasma (13), que están dispuestos en paralelo entre sí y opuestos entre sí y están aislados eléctricamente uno de otro, y es apropiado para encender un plasma en un espacio de plasma (15) entre el primer y el segundo electrodo de plasma (12, 13) del par de electrodos de plasma en presencia de una tensión definida,
- 10 - al menos una red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, una primera tensión a cada primer electrodo de plasma (12) de la unidad de electrodo (10, 101...109) y una segunda tensión a cada segundo electrodo de plasma (13) de la unidad de electrodo (10, 101...109), donde al menos una de las tensiones es una tensión con una frecuencia en el rango de 1 MHz a 100 MHz,
- 15 - un primer borne de conexión (A) y un segundo borne de conexión (B), que son apropiados para alimentar la primera tensión a través del primer borne de conexión (A) y la segunda tensión a través del segundo borne de conexión (B) en la al menos una red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20),
- caracterizada porque** la al menos una red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) está diseñada conforme a la disposición de los electrodos de plasma (12, 13) en la unidad de electrodo (10, 101... 109) y la frecuencia de la primera tensión y/o la segunda tensión, donde la al menos una red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) presenta líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) entre el primer o el segundo borne de conexión (A, B) y al menos un dos primeros y al menos dos segundos electrodos de plasma (12, 13) y/o líneas intermedias (172a-i, 182a-i, 212a-212i, 222a-222i) entre dos primeros o segundos electrodos de plasma adyacentes (2, 3) y respectivamente un punto de alimentación (173, 183, 213, 223) en un primer o segundo sistema (170, 180, 210, 220) a partir de líneas intermedias (172a-172i, 182a-182i, 212a-i, 222a-i) conectadas entre sí y respectivamente una línea de conexión (171, 181, 211, 221) entre el primer o el segundo borne de conexión (A, B) y el punto de alimentación asociado (173, 183, 213, 223) y el diseño de la red consiste en una disposición apropiada de las líneas (174a-g, 184a-g) y/o en dimensiones geométricas apropiadas de las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) y/o de las líneas intermedias (172a-i, 182a-i, 212a-212i, 222a-222i) y/o de las líneas de conexión (171, 181, 211, 221) y/o en un material apropiado de las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) y/o de las líneas intermedias (172a-i, 182a-i, 212a-i, 222a-i) y/o de las líneas de conexión (171, 181, 211, 221) y/o en una disposición apropiada del punto de alimentación (173, 183, 213, 223) en referencia a la unidad de electrodo (10, 101... 109) a lo largo de una primera dirección.
- 35 2. Unidad de electrodo según la reivindicación 1, **caracterizada porque** las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) y/o las líneas intermedias (172a-i, 182a-i, 212a-i, 222a-i) y/o las líneas de conexión (171, 181, 211, 221) son respectivamente tiras metálicas con un grosor en el rango de 0,1 mm a 5 mm y una anchura en el rango de 1 mm a 100 mm.
- 40 3. Unidad de electrodo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque** las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) y/o las líneas intermedias (172a-i, 182a-i, 212a-i, 222a-i) y/o las líneas de conexión (171, 181, 211, 221) son respectivamente tiras metálicas de un material de alta conductividad del grupo que comprende aluminio, cobre, plata y cobre plateado.
- 45 4. Unidad de electrodo (101) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta una primera red de suministro eléctrica interna (17), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la primera tensión a cada primer electrodo de plasma (12) de la unidad de electrodo, y una segunda red de suministro eléctrica interna (18), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la segunda tensión a cada segundo electrodo de plasma (13) de la unidad de electrodo, donde la primera red de suministro (17) y la segunda red de suministro (18) están separadas espacialmente entre sí, el punto de alimentación (173) de la primera red de suministro (17) está dispuesto a la altura del primer electrodo de plasma (12), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de primeros electrodos de plasma (12) conectados entre sí a través del primer sistema (170) de líneas intermedias (172a-i), y el primer punto de alimentación (183) de la segunda red de suministro (18) está dispuesta a la altura de un segundo electrodo (13), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de segundos electrodos de plasma (13) conectados entre sí a través del segundo sistema (180) de líneas intermedias (182a-i), de modo que la primera o segunda tensión alimentada en el primer y en el segundo sistema (170, 180) se transmite en la misma dirección.
- 50 5. Unidad de electrodo (102) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta una primera red de suministro eléctrica interna (17), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la primera tensión a cada primer electrodo de plasma (12) de la unidad de electrodo, y una segunda red de suministro eléctrica interna (18), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de
- 60

tratamiento, la segunda tensión a cada segundo electrodo de plasma (13) de la unidad de electrodo, donde la primera red de suministro (17) y la segunda red de suministro (18) están separadas espacialmente entre sí, el punto de alimentación (173) de la primera red de suministro (17) está dispuesto a la altura del primer electrodo de plasma (12), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de primeros electrodos de plasma (12) conectados entre sí a través del primer sistema (170) de líneas intermedias (172a-i), y el primer punto de alimentación (183) de la segunda red de suministro (18) está dispuesta a la altura de un segundo electrodo (13), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como último en un grupo de segundos electrodos de plasma (13) conectados entre sí a través del segundo sistema (180) de líneas intermedias (182a-i), de modo que la primera o segunda tensión alimentada en el primer y en el segundo sistema (170, 180) se transmite en dirección opuesta.

10

6. Unidad de electrodo (103) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta una primera red de suministro eléctrica interna (17), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la primera tensión a cada primer electrodo de plasma (12) de la unidad de electrodo, y una segunda red de suministro eléctrica interna (18), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la segunda tensión a cada segundo electrodo de plasma (13) de la unidad de electrodo, donde la primera red de suministro (17) y la segunda red de suministro (18) están separadas espacialmente una de otra, el punto de alimentación (173) de la primera red de suministro (17) está dispuesto entre un primer electrodo de plasma (12), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de primeros electrodos de plasma (12) conectados entre sí a través del primer sistema (170) de líneas intermedias (172a-i), y otro primer electrodo de plasma (12), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como último en el grupo de primeros electrodos de plasma (12) conectados entre sí a través del primer sistema (170) de líneas intermedias (172a-i), y el punto de alimentación (183) de la segunda red de suministro (18) está dispuesto entre un segundo electrodo de plasma (13), que está dispuesto a lo largo de una primera dirección como primero en un grupo de segundos electrodos de plasma (13) conectados entre sí a través del segundo sistema (180) de líneas intermedias (182a-i), y otro segundo electrodo de plasma (13), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como último en el grupo de segundos electrodos de plasma (13) conectados entre sí a través del segundo sistema (180) de líneas intermedias (182a-i), de modo que la primera o segunda tensión alimentada se transmite en una primera parte (170a) del primer sistema (170) y en una primera parte (180a) del segundo sistema (180) en la primera dirección y en una segunda parte (170b) del primer sistema (170) y en una segunda parte (180b) del segundo sistema (180) en una segunda dirección que está opuesta a la primera dirección.

7. Unidad de electrodo (104) según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el punto de alimentación (173) de la primera red de suministro (17) está dispuesto a lo largo de la primera dirección de forma centrada en el primer sistema (170) de líneas intermedias (172a-i) conectadas entre sí y el segundo punto (183) de la segunda red de suministro (18) está dispuesto a lo largo de la primera dirección de forma centrada en el segundo sistema (180) de líneas intermedias (182a-i) conectadas entre sí, de modo que la primera o segunda tensión alimentada se transmite en una primera mitad (170a) del primer sistema (170) y en una primera mitad (180a) del segundo sistema (170) en la primera dirección y en una segunda mitad (170b) del primer sistema (170) y en una segunda mitad (180b) del segundo sistema (180) en una segunda dirección que está opuesta a la primera dirección.

40

8. Unidad de electrodo (101,... 104) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** todos los primeros electrodos de plasma (12) de la unidad de electrodo se abastecen con tensión por el primer sistema (170) y todos los segundos electrodos de plasma (13) por el segundo sistema (180).

9. Unidad de electrodo (106) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta una primera red de suministro eléctrica interna (17), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la primera tensión a cada primer electrodo de plasma (12) de la unidad de electrodo, y una segunda red de suministro eléctrica interna (18), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la segunda tensión a cada segundo electrodo de plasma (13) de la unidad de electrodo, donde la primera red de suministro (17) y la segunda red de suministro (18) están separadas espacialmente entre sí, cada red de suministro (17, 18) presenta líneas de alimentación (174a, 174c-e, 184a, 184c-e) entre el primer o el segundo borne de conexión (A, B) y al menos dos primeros o al menos dos segundos electrodos de plasma (12, 13) y al menos una línea de alimentación (174a, 174b, 184a, 184b) hacia al menos un sistema (170, 180) de líneas intermedias (172a, 172b, 182a, 182b) conectadas entre sí, donde las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g), partiendo de una línea de alimentación (174a, 184a) que está conectada con el primer o segundo borne de conexión (A, B), se dividen en forma de árbol respectivamente de forma binaria en otras dos líneas de alimentación (174b-e, 184b-e), hasta que cada uno de los al menos dos primeros o al menos dos segundos electrodos de plasma (12, 13) y el al menos un sistema (170, 180) de líneas intermedias (172a, 172b, 182a, 182b) conectadas entre sí está en contacto a través de una línea de alimentación separada (174b, 174d, 174e, 184b, 184d, 184e).

60

10. Unidad de electrodo (105) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta una primera red de suministro eléctrica interna (17), que es apropiada para suministrar, dentro de

la cámara de tratamiento, la primera tensión a cada primer electrodo de plasma (12) de la unidad de electrodo, y una segunda red de suministro eléctrica interna (18), que es apropiada para suministrar, dentro de la cámara de tratamiento, la segunda tensión a cada segundo electrodo de plasma (13) de la unidad de electrodo, donde la primera red de suministro (17) y la segunda red de suministro (18) están separadas espacialmente entre sí, cada red de
 5 suministro (17, 18) presenta líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) entre el primer o el segundo borne de conexión (A, B) y cada primer o segundo electrodo de plasma (12, 13), donde las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g), partiendo de una línea de alimentación (174a, 184a) que está conectada con el primer o segundo borne (A, B), se dividen en forma de árbol respectivamente de forma binaria en otras dos líneas de alimentación (174b-g, 184b-g), hasta que cada primer o segundo electrodo de plasma (12, 13) está en contacto a través de una línea separada (174d-
 10 g, 184d-g).

11. Unidad de electrodo (107) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta solo una red de suministro eléctrica interna (20), donde el primer sistema (210) de líneas intermedias (212a-i) conectadas entre sí, que conecta entre sí todos los primeros electrodos de plasma (12), y el
 15 segundo sistema (220) de líneas intermedias (222a-i) conectadas entre sí, que conecta entre sí todos los segundos electrodos (13), están separados especialmente uno junto a otro a una distancia que es tan pequeña que está presente y no se puede despreciar un acoplamiento capacitivo e inductivo entre el primer sistema (210) y el segundo sistema (220), y están separados entre sí por un aislador, el primer sistema (210) y el segundo sistema (220) están realizados como una línea de alta frecuencia, el punto de alimentación (213) del primer sistema (210) está dispuesto a la altura
 20 del primer electrodo de plasma (12), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de primeros electrodos de plasma (12) conectados entre sí a través del primer sistema (210), y el segundo punto de alimentación (223) del segundo sistema (220) está dispuesto a la altura de un segundo electrodo de plasma (13), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de segundos electrodos de plasma (13) conectados entre sí a través del segundo sistema (220), de modo que durante un tratamiento por plasma fluye una
 25 corriente resultante en el primer sistema (210) y en el segundo sistema (220) en dirección opuesta.

12. Unidad de electrodo (108) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la unidad de electrodo presenta solo una red de suministro eléctrica interna (20), donde el primer sistema (210) de líneas intermedias (212a-i) conectadas entre sí, que conecta entre sí todos los primeros electrodos de plasma (12), y un
 30 segundo sistema (220) de líneas intermedias (222a-i) conectadas entre sí, que conecta entre sí todos los segundos electrodos (13), están separados especialmente uno junto a otro a una distancia que es tan pequeña que está presente y no se puede despreciar un acoplamiento capacitivo e inductivo entre el primer sistema (210) y el segundo sistema (220), y están separados entre sí por un aislador, el primer sistema (210) y el segundo sistema (220) están realizados como una línea de alta frecuencia, el punto de alimentación (213) del primer sistema (210) está dispuesto a la altura
 35 del primer electrodo de plasma (12), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como primero en un grupo de primeros electrodos de plasma (12) conectados entre sí a través del primer sistema (210), y el segundo punto de alimentación (223) del segundo sistema (220) está dispuesto a la altura de un segundo electrodo de plasma (13), que está dispuesto a lo largo de la primera dirección como último en un grupo de segundos electrodos de plasma (13) conectados entre sí a través del segundo sistema (220), de modo que durante un tratamiento por plasma fluye una
 40 corriente resultante en el primer sistema (210) y en el segundo sistema (220) en la misma dirección.

13. Unidad de electrodo (109) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** al menos un primer o al menos un segundo electrodo de plasma (12, 13) presenta una capa dieléctrica (30) en un lado que está dirigido hacia un espacio de plasma (15) asociado a este electrodo de plasma (12, 13), y/o en un lado que está dirigido
 45 hacia un sustrato (14) que descansa sobre este electrodo de plasma (12, 13).

14. Unidad de electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la al menos una red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) contiene componentes eléctricos pasivos junto a las líneas de alimentación (174a-g, 184a-g) y/o líneas intermedias (172a-i, 182a-i, 212a-i, 222a-i) y/o líneas de conexión (171, 181,
 50 211, 221).

15. Unidad de electrodo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la al menos una red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) está configurada como placa de circuitos impresos con líneas eléctricas integradas y componentes eléctricos pasivos integrados.
 55

16. Disposición de soporte (40) para el tratamiento por plasma de una pluralidad de sustratos (14) en una cámara de tratamiento de una instalación de tratamiento por plasma, donde la disposición de soporte (40) contiene al menos dos unidades de electrodo (10a...10c) según una de las reivindicaciones 1 a 15.

60 17. Disposición de soporte según la reivindicación 16, **caracterizada porque** al menos una primera red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) de una unidad de electrodo (10a...10c) está dispuesta a lo largo de un lado de la unidad de electrodo (10a...10c) que no es adyacente a la otra unidad de electrodo (10a-10c).

18. Disposición de soporte según la reivindicación 16, **caracterizada porque** al menos una primera red de suministro eléctrica interna (17, 18, 20) de una unidad de electrodo (10a... 10) está dispuesta a lo largo de un lado de la unidad de electrodo (10a...10c) que es adyacente a la otra unidad de electrodo (10a...10c).

5

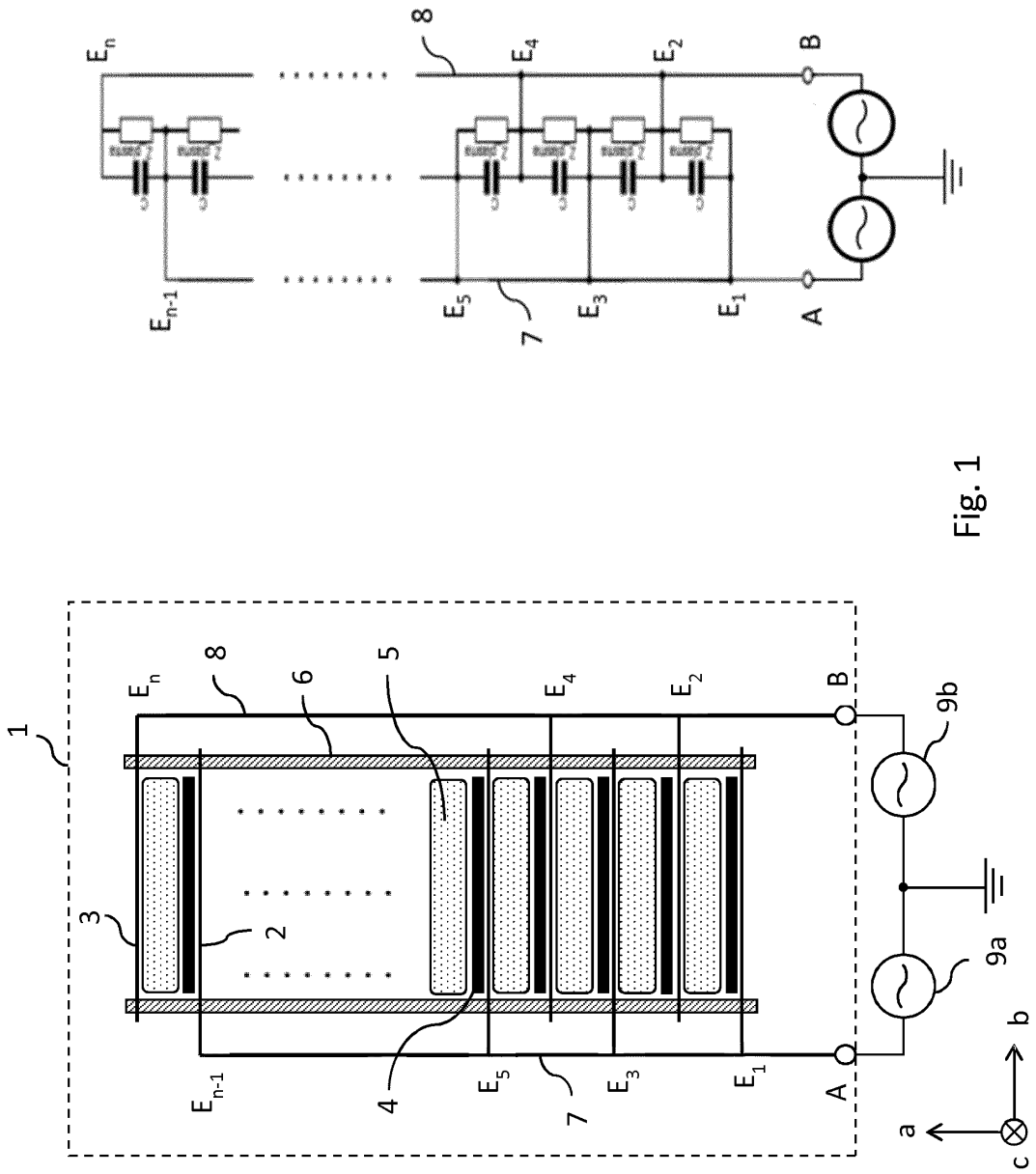


Fig. 1

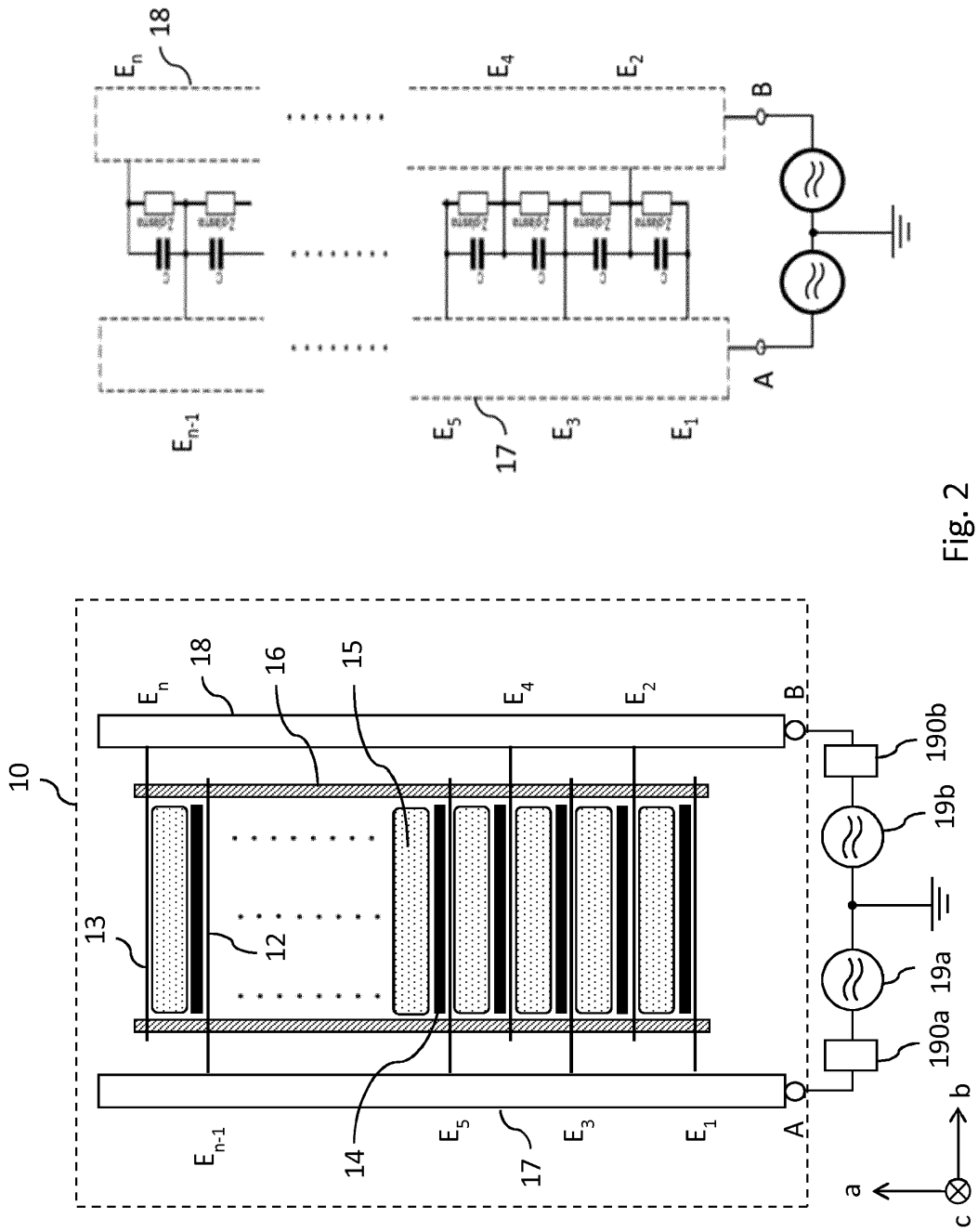


Fig. 2

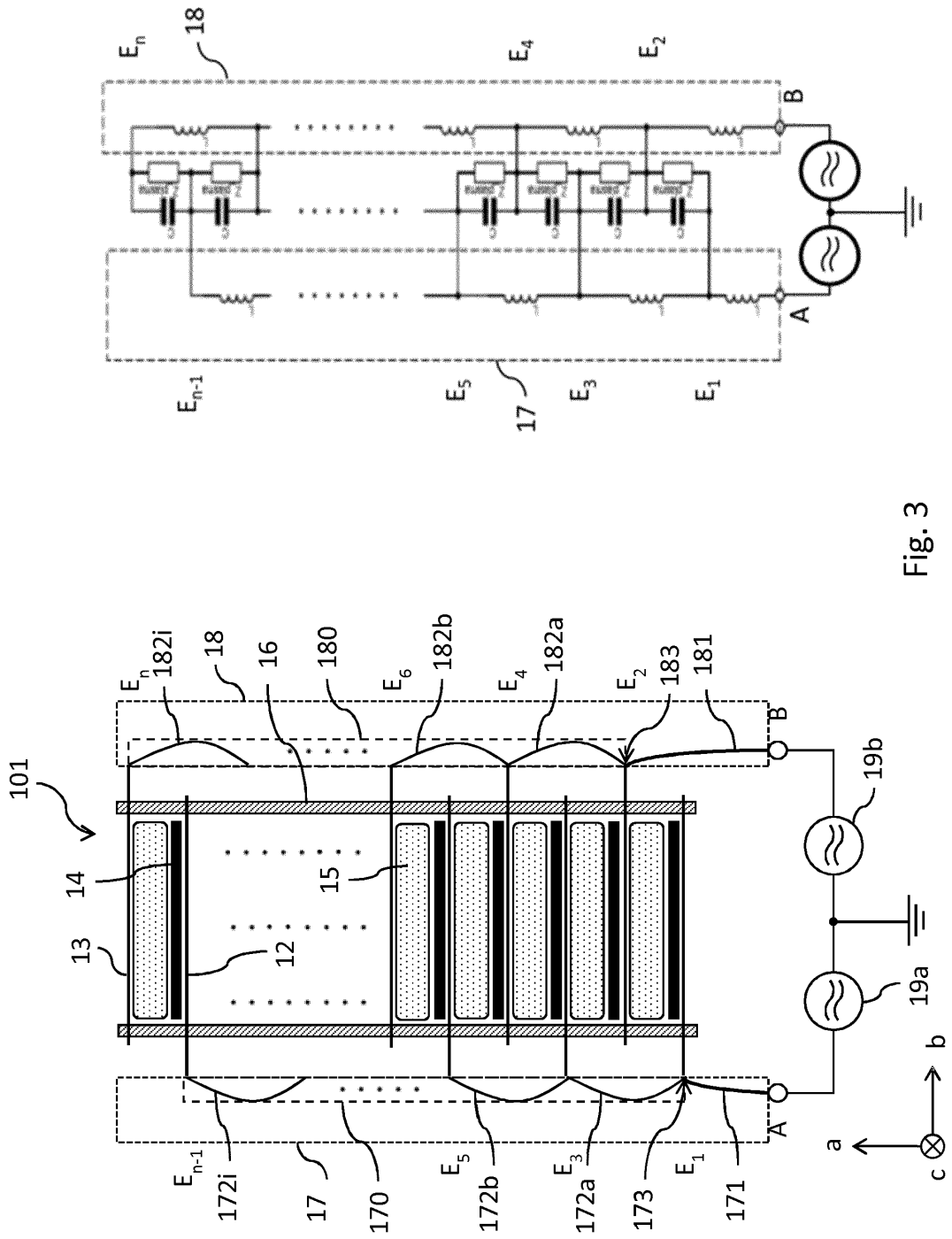


Fig. 3

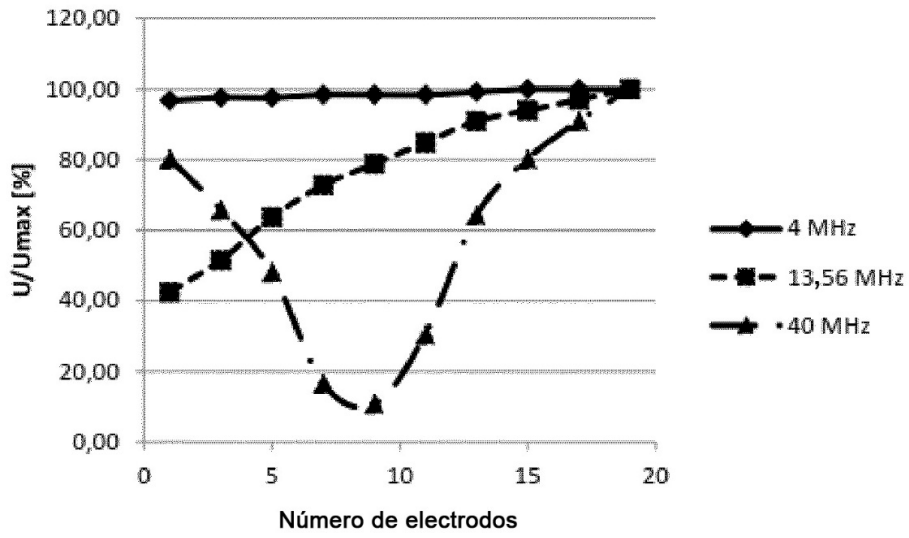


Fig. 4A

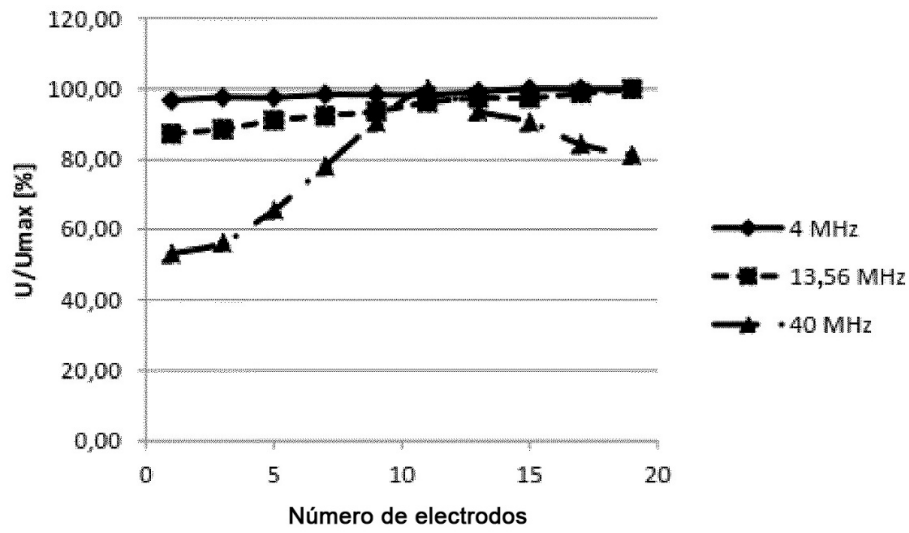


Fig. 4B

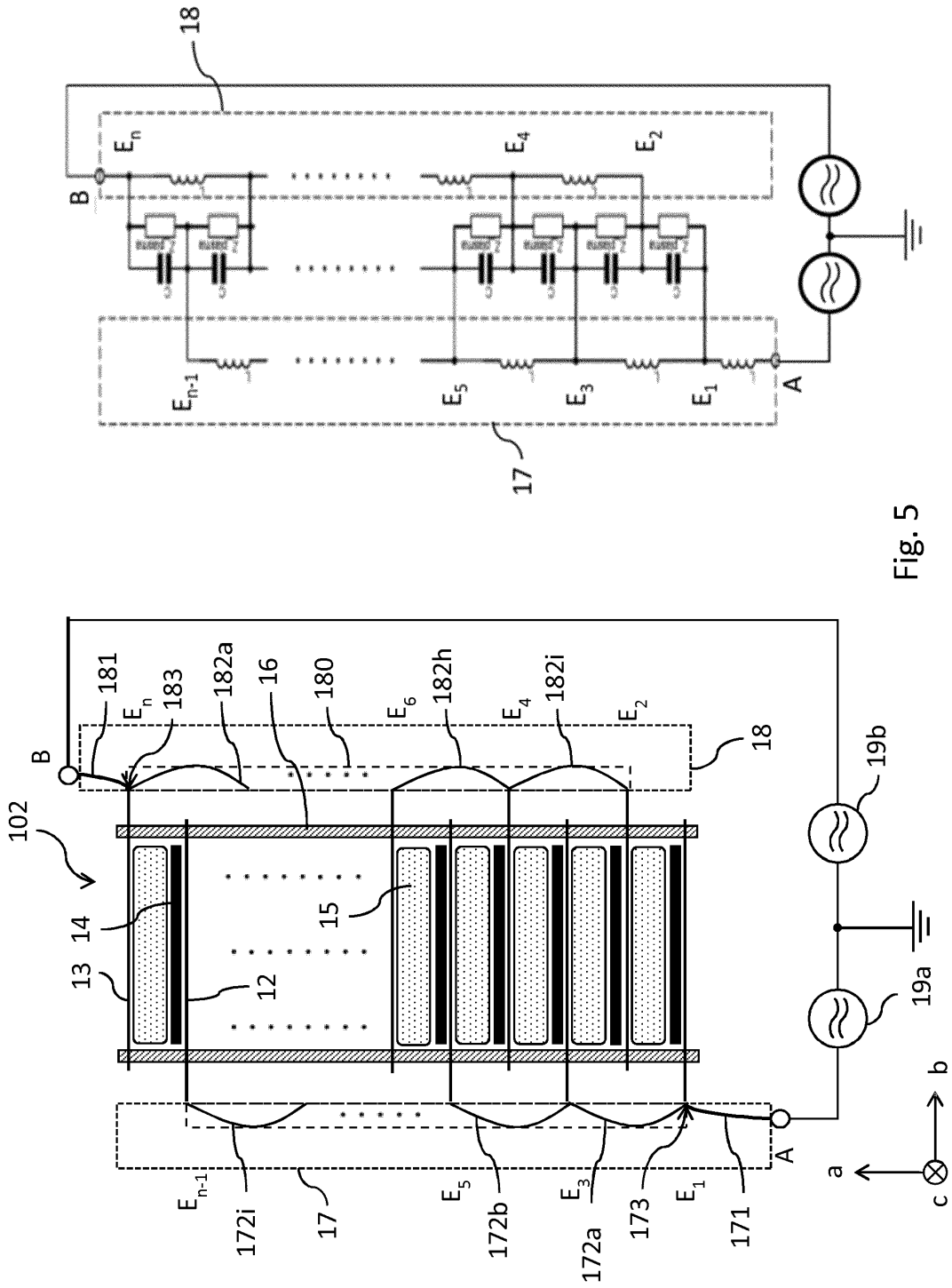


Fig. 5

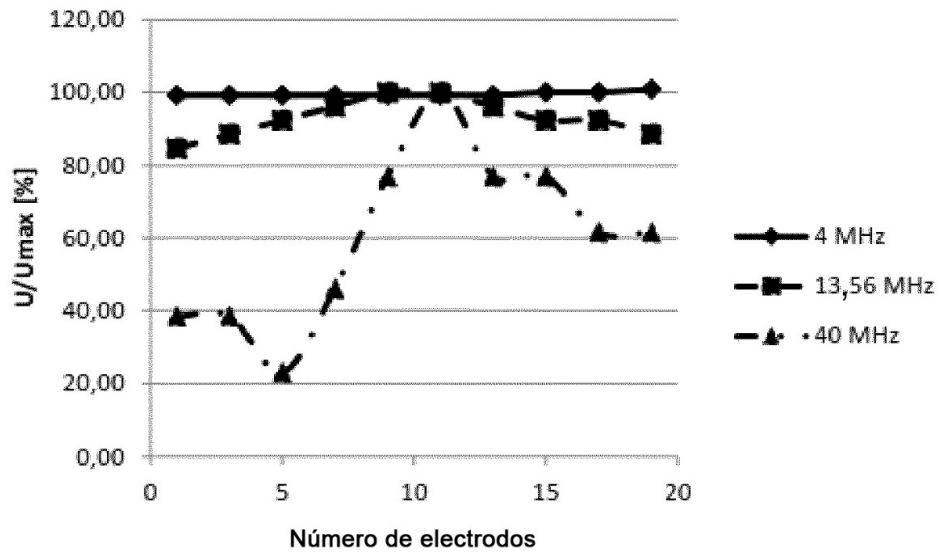


Fig. 6A

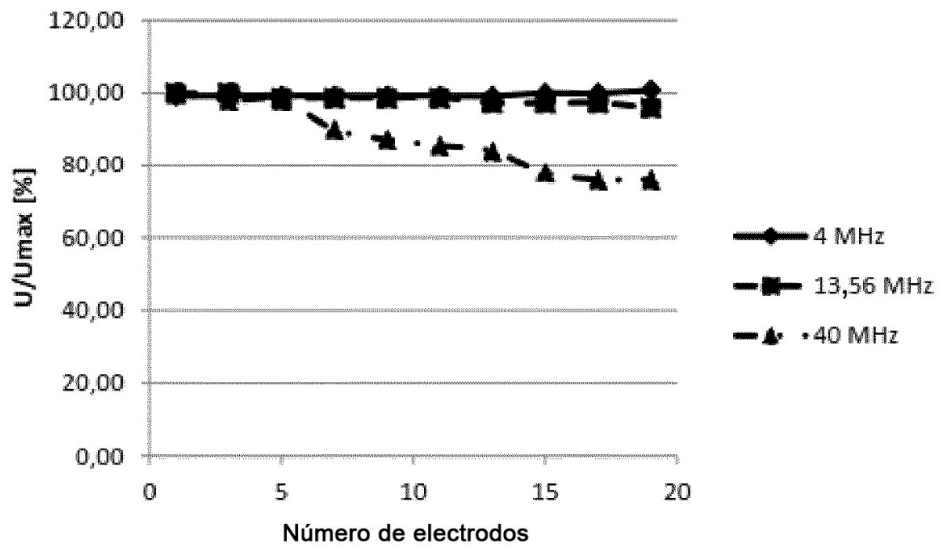


Fig. 6B

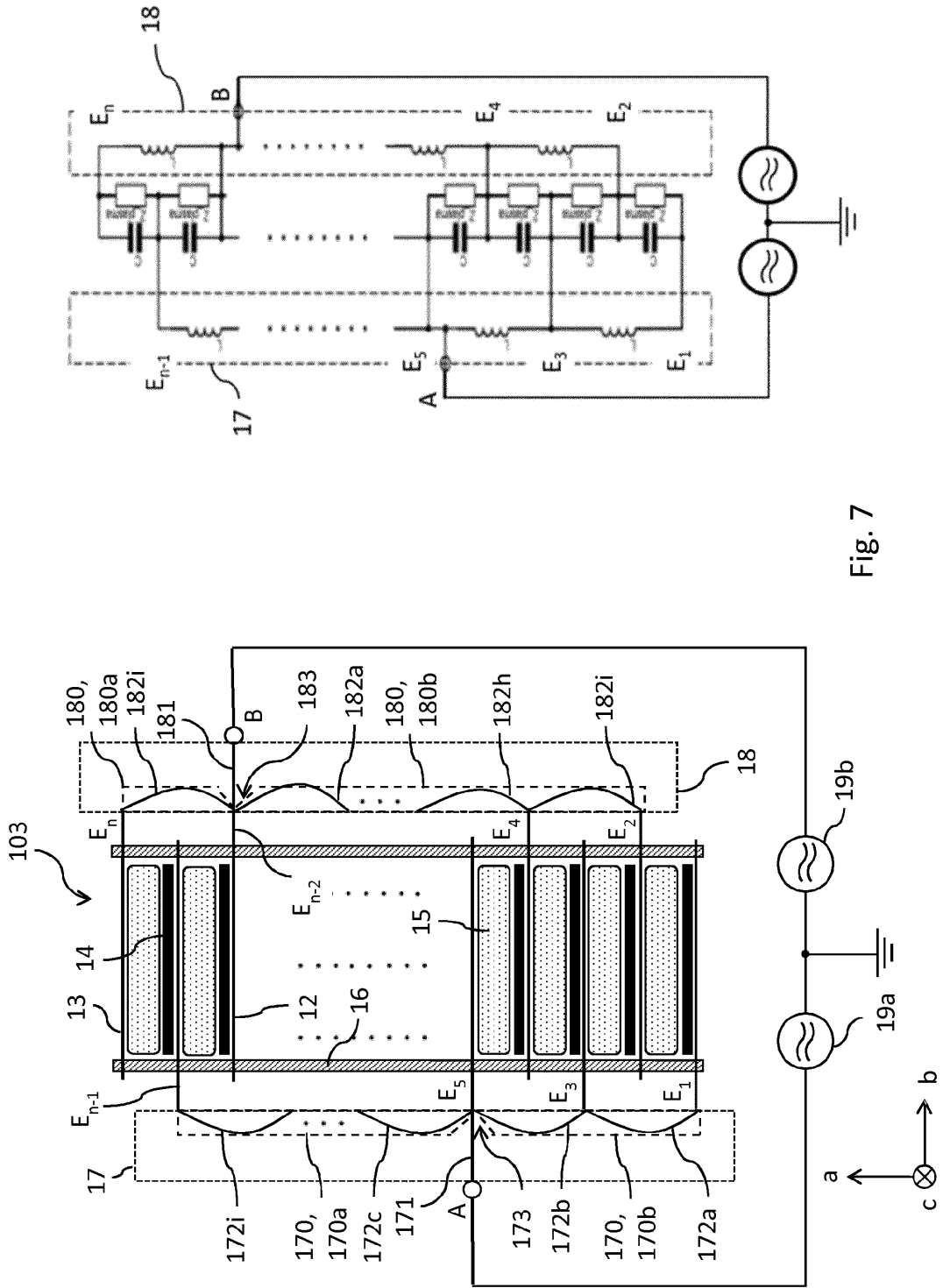


Fig. 7

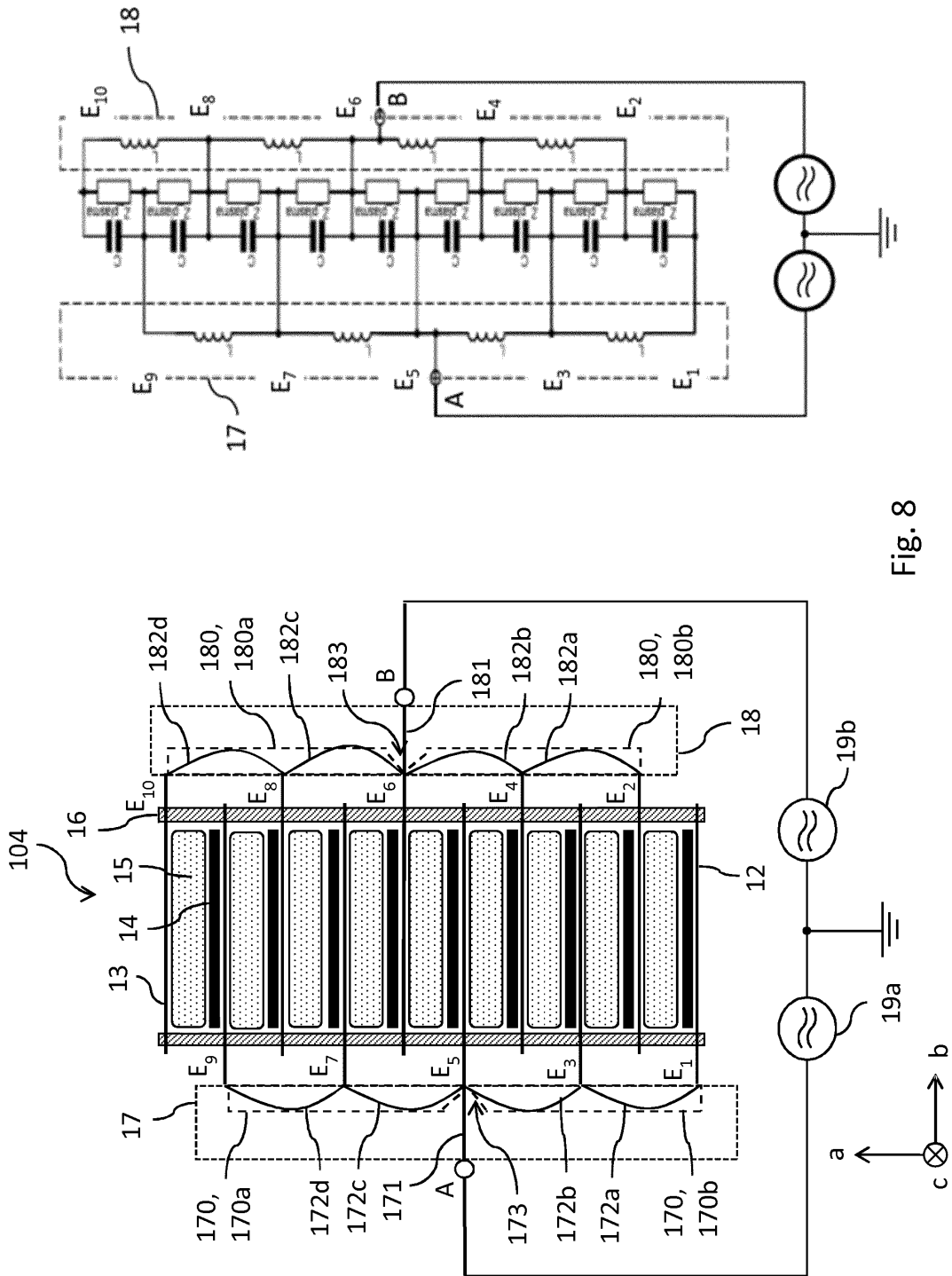


Fig. 8

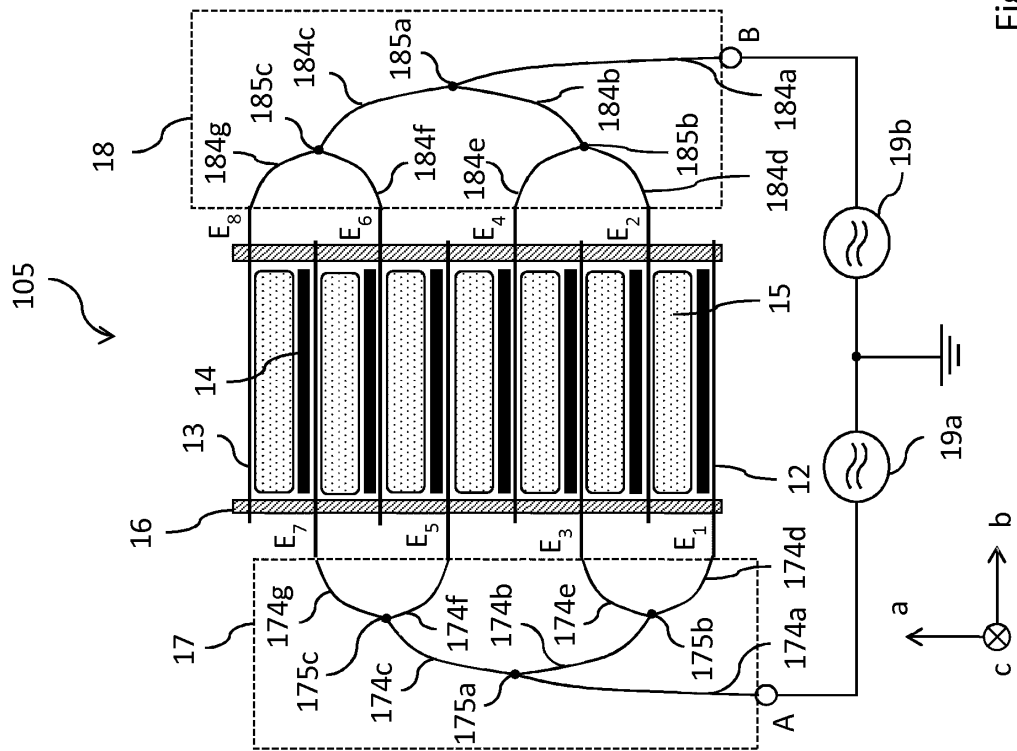
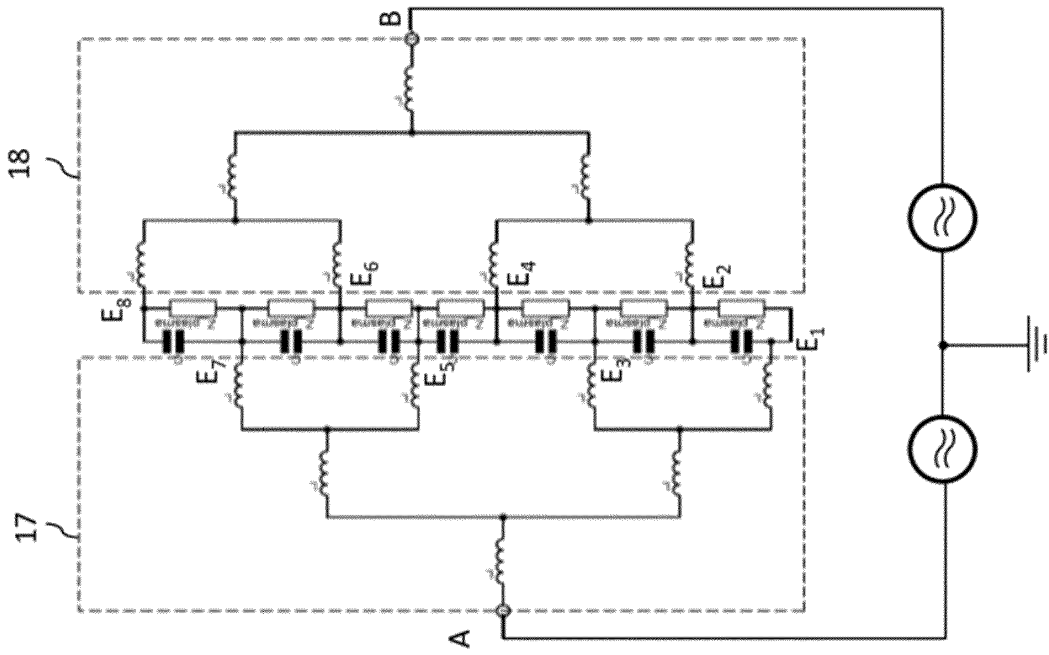


Fig. 9

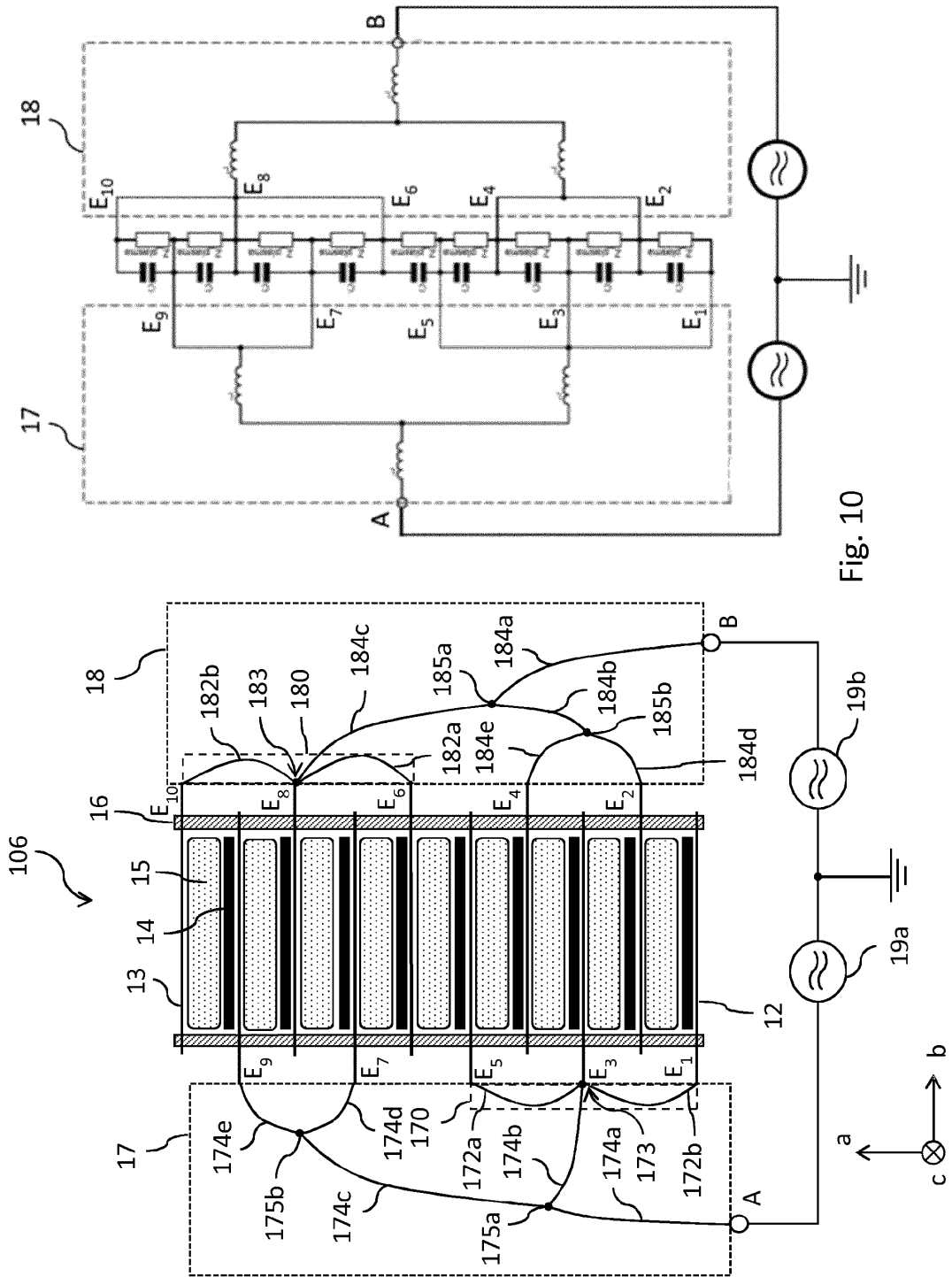


Fig. 10

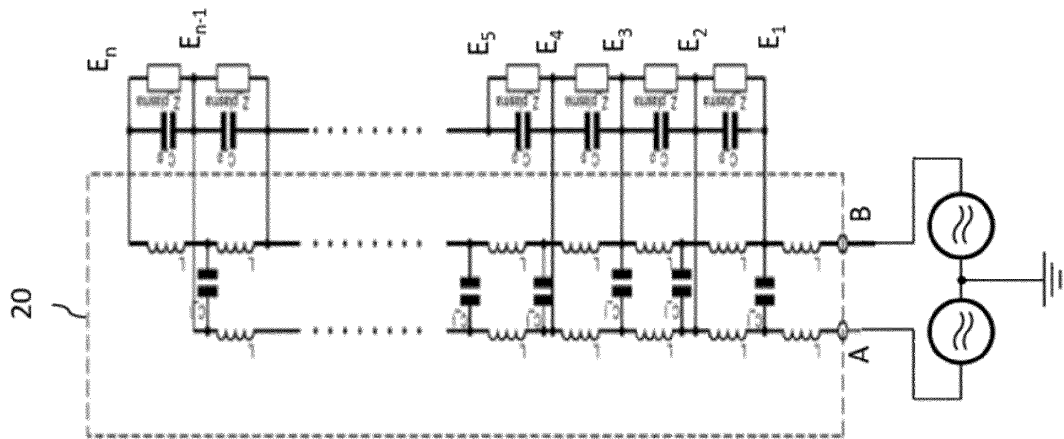
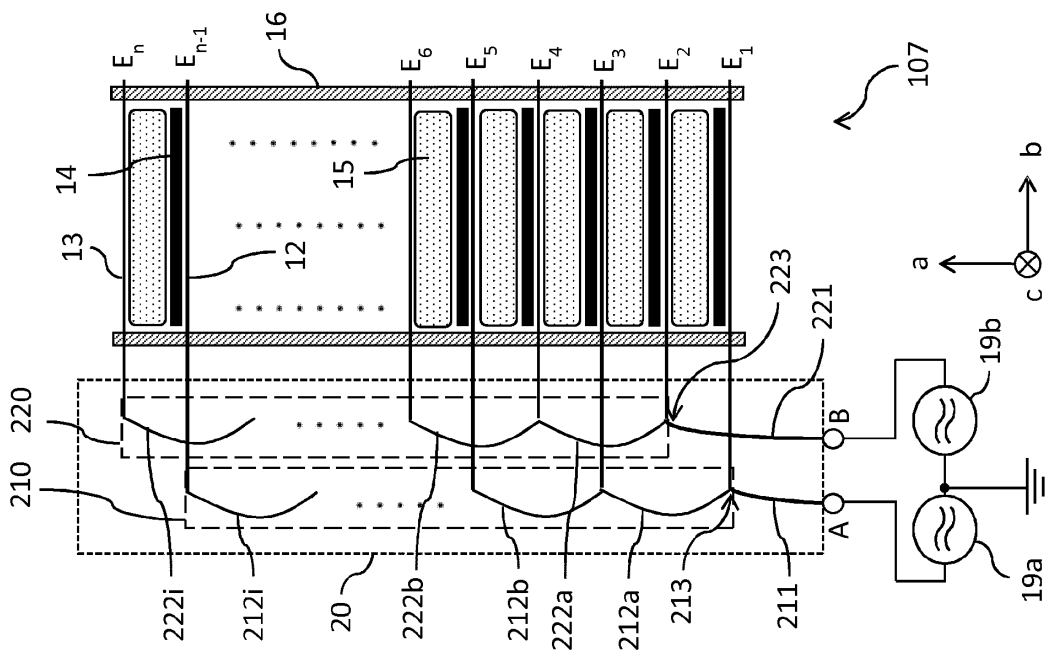


Fig. 11



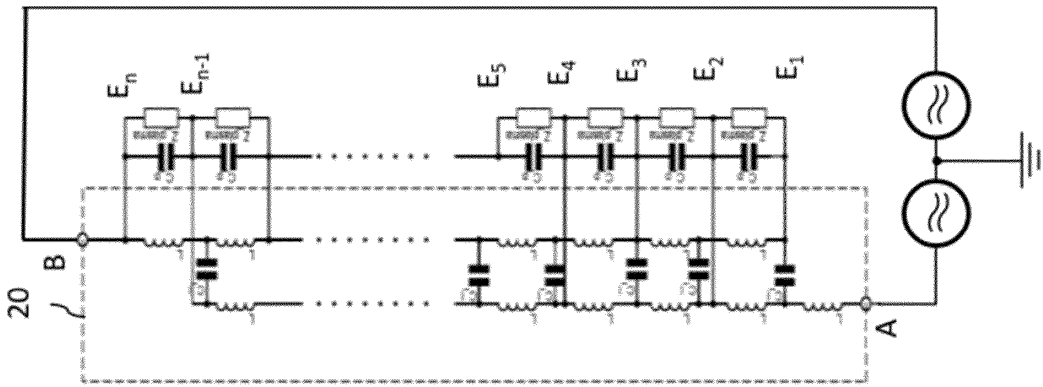
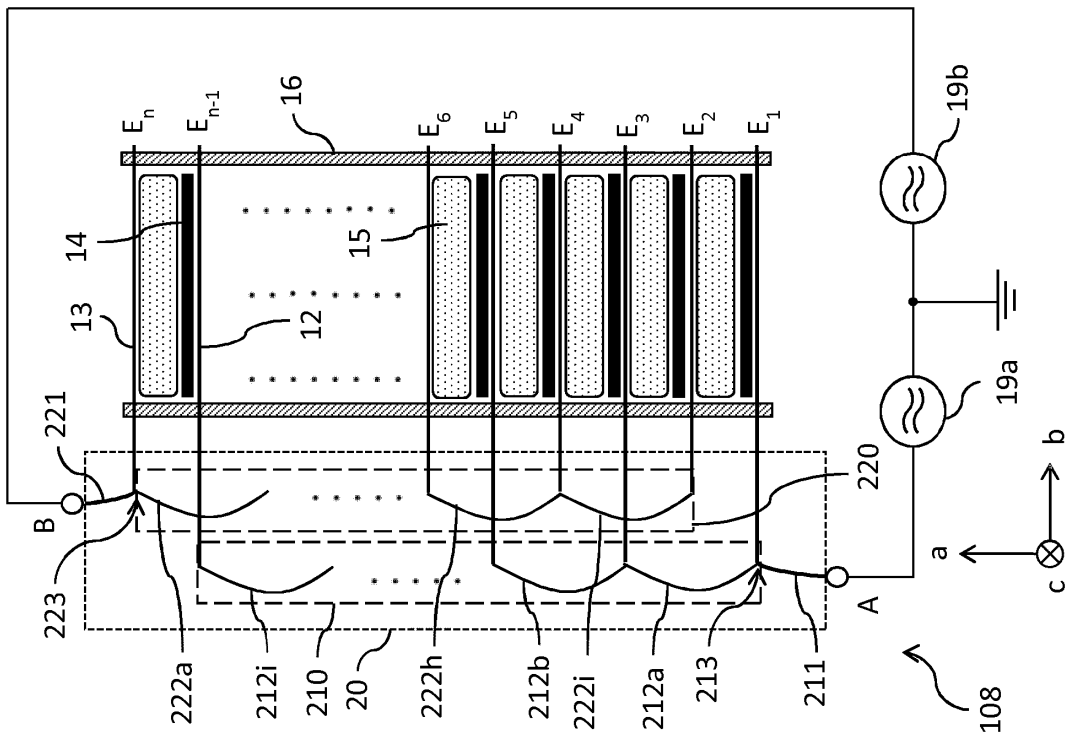


Fig. 12



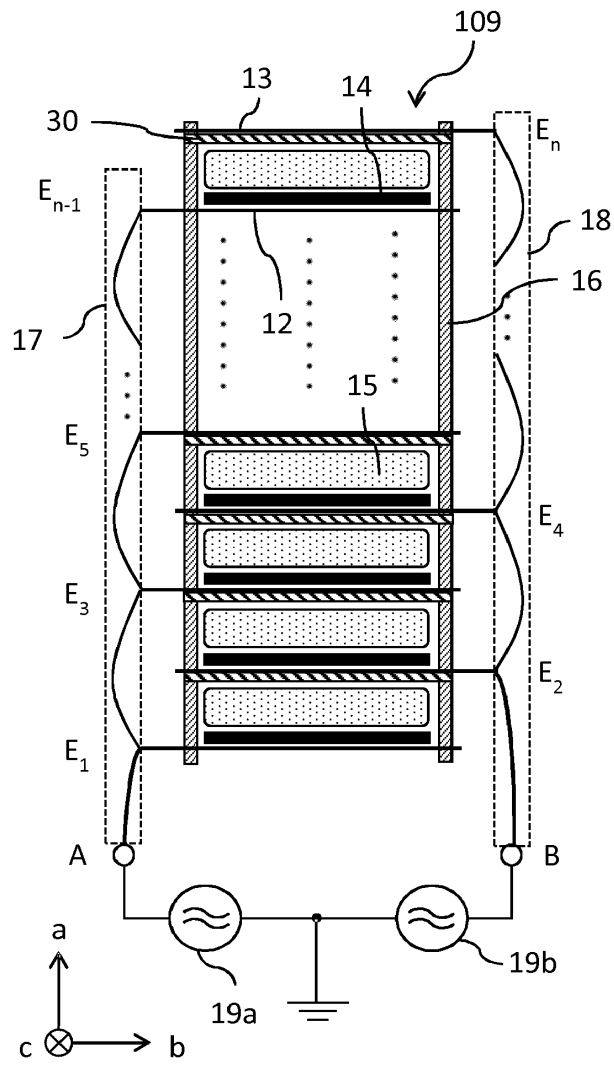


Fig. 13

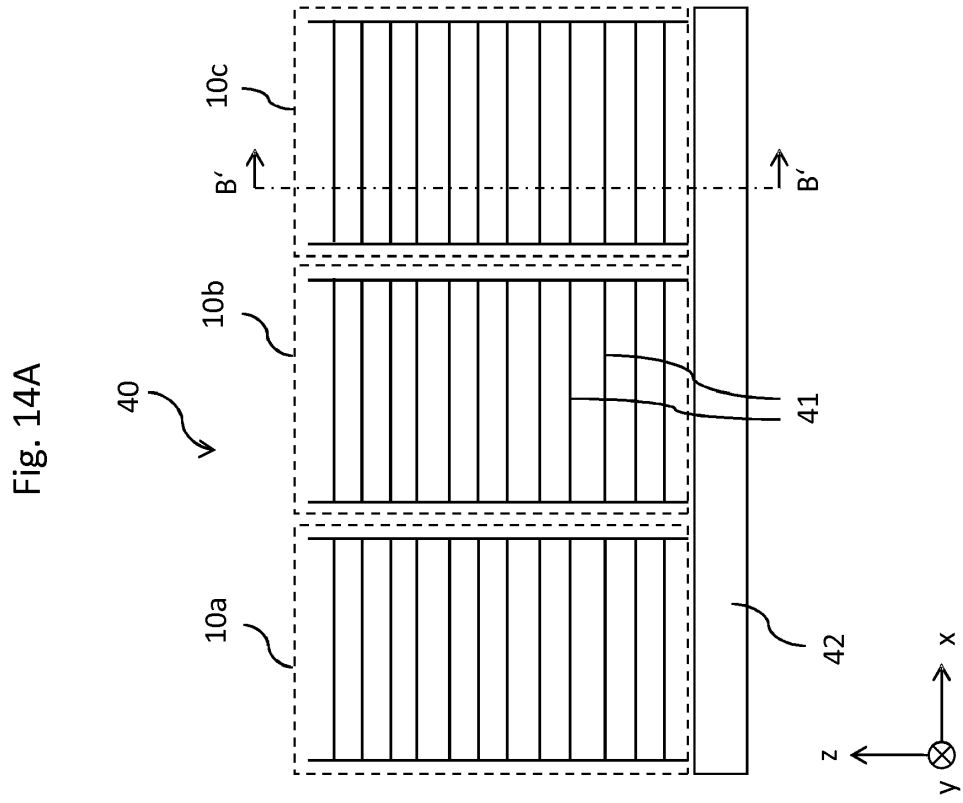
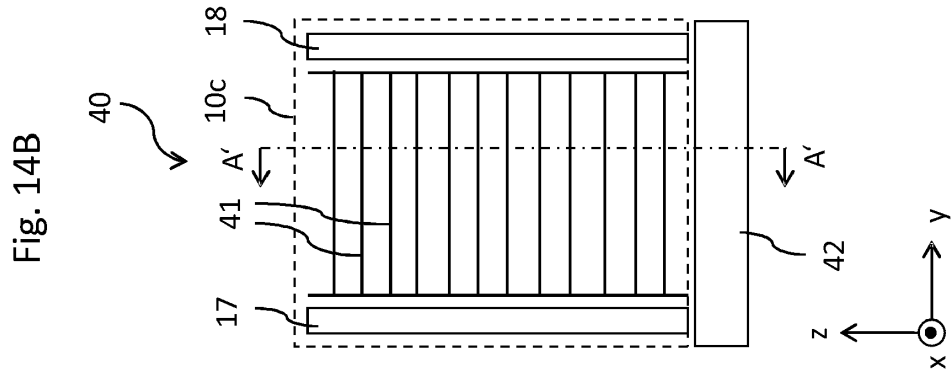


Fig. 15B

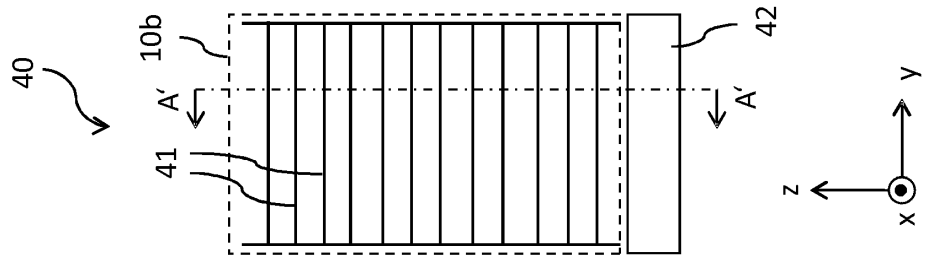


Fig. 15A

