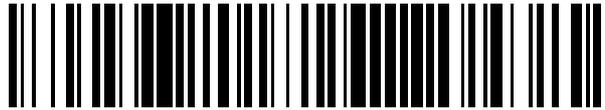


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 017**

51 Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/08 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2006 E 06705363 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 1869690**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar una fuente pulsante de arcos eléctricos**

30 Prioridad:

24.03.2005 CH 518052005

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

25.06.2015

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
TRÜBBACH (100.0%)
Hauptstrasse 53
9477 Trübbach, CH**

72 Inventor/es:

**RAMM, JÜRGEN;
GSTOEHL, OLIVER;
WIDRIG, BENO y
LENDI, DANIEL**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 539 017 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

Procedimiento para hacer funcionar una fuente pulsante de arcos eléctricos

Campo técnico

5 El invento se refiere a un procedimiento para hacer funcionar a una fuente de arcos eléctricos de acuerdo con el prefacio de la reivindicación 1, así como a una fuente de arcos eléctricos de acuerdo con el prefacio de la reivindicación 32.

Estado de la técnica

10 El pulsamiento de fuentes de arcos eléctricos es ya conocido desde hace mucho tiempo a partir del estado de la técnica, así por ejemplo, el documento de solicitud de patente internacional WO 02/070776 describe en términos muy generales el pulsamiento de fuentes de arcos eléctricos, con el fin de depositar diferentes capas superduras, entre otras, de la aleación de TiSiN.

15 En el documento WO 03/057939 describe una fuente de arcos eléctricos, en la cual el encendido de la descarga de chispas se efectúa a través de un abastecimiento pulsante de alta tensión, y la alimentación de la descarga de chispas se efectúa a través de un abastecimiento pulsante de alta corriente eléctrica. El funcionamiento de la descarga de chispas se efectúa aquí de una manera discontinua. Los materiales de partida son unos cátodos metálicamente conductores, unas aleaciones conductoras de la electricidad y adicionalmente el carbono, o respectivamente unos semiconductores evaporables. Sin embargo, la fuente de arcos eléctricos que aquí se muestra, a causa de la geometría muy compleja del cuerpo de la diana, es de fabricación especialmente costosa, en especial para unos materiales de cátodo que son difíciles de elaborar, y es cara en funcionamiento.

20 En el documento de patente de los EE.UU. US 6.361.663 se describe una fuente de arcos eléctricos con un cátodo a base de un material conductor de la electricidad, que se hace funcionar de un modo pulsante o de un modo pulsante modulado con unas corrientes eléctricas de cresta de hasta 5 kA y una corriente de base de por ejemplo 100 A. También esta fuente, a causa de su modo constructivo con un túnel magnético y un ánodo que está rodeado completamente por el cátodo, es de fabricación costosa y es cara en funcionamiento.

25 También ya es conocida la deposición de unas capas eléctricamente aislantes mediante una evaporación catódica por descarga de chispas. Así, el documento US 5.518.97 describe la producción de tales capas en un proceso reactivo. En tal caso, las superficies que se han de revestir son dispuestas fuera de una unión óptica con la superficie activa de la diana, que aquí se usa como sinónimo de la superficie de evaporación del cátodo. Después de una evacuación por bombeo, la presión del proceso se ajusta con un gas inerte. Durante el proceso de revestimiento el oxígeno se introduce en inmediata proximidad de la superficie que se ha de revestir y ciertamente solo con una
30 velocidad tal que él es consumido durante la operación y se puede mantener una presión estable. Esto está en consonancia con la opinión, también conocida a partir de otros documentos del estado de la técnica, de que la entrada del gas reactivo en la proximidad del sustrato es importante con el fin de reducir la oxidación de la diana y estabilizar la descarga de chispas. Como una medida adicional, con el fin de evitar unas interrupciones del proceso mediante una indeseada acumulación de capas aislantes sobre el ánodo, éste, en el documento US 5.518.597, se mantiene de manera preferida a una temperatura de aproximadamente 1.200°C, y se debe de fabricar de un modo costoso es decir a partir de un caro material refractario.

40 Para todos estos procedimientos es común el hecho de que en el caso de la utilización de unos gases reactivos, que reaccionan rápidamente con el o respectivamente los material(es) evaporado(s) mediando formación de una capa aislante, han de adoptarse unas medidas técnicas especiales, por un lado con el fin de no contaminar a la superficie activa de la diana o respectivamente del ánodo, y por otro lado para evitar la formación de gotitas indeseadas. Tales medidas técnicas comprenden, junto al deseado calentamiento del ánodo y la aportación y la adición dosificada exacta del gas reactivo en inmediata proximidad de la superficie que se ha de revestir, una dilución del gas reactivo con una alta proporción de un gas inerte.

45 También es conocida la deposición de capas aislantes de la electricidad mediante una evaporación catódica por descarga de chispas, así, el documento US 5.518.597 describe la producción de tales capas en un proceso reactivo. En tal caso, las superficies que se han de revestir son dispuestas fuera de una unión óptica con la superficie activa de la diana, que aquí se usa como sinónimo de la superficie de evaporación del cátodo. Después de una extracción por bombeo la presión del proceso es ajustada con un gas inerte. Durante el proceso de revestimiento, el oxígeno es
50 introducido en inmediata proximidad de la superficie que se ha de revestir y ciertamente sólo con una velocidad tal que él se consume durante la operación, y se puede mantener una presión estable. Esto está en consonancia con la idea, que es conocida también a partir de otros documentos del estado de la técnica, de que es importante la introducción del gas reactivo en la proximidad del sustrato, con el fin de reducir la oxidación de la diana y de estabilizar la descarga de chispas. Como una medida técnica adicional, con el fin de evitar interrupciones del proceso mediante una acumulación indeseada de capas aislantes sobre el ánodo, éste, en el documento US 5.518.597, se mantiene de manera preferida a una temperatura 20 a aproximadamente 1.200°C y se debe de producir a partir de un metal refractario caro, es decir costoso.

El documento de solicitud de patente alemana DE 44 01 986 A1 (de VTD-Vakuumtechnik Dresden GmbH) describe un procedimiento para hacer funcionar un evaporador por arco eléctrico en vacío, en el que sobre una corriente de base se superpone una corriente pulsante, con lo que la diana se erosiona de una manera más uniforme y se disminuye la formación de gotitas. Para esto, una fuente de corriente continua para la corriente eléctrica de base y una fuente de corriente pulsante para la corriente eléctrica pulsante son conectadas en paralelo dentro de la disposición de abastecimiento de corriente eléctrica, siendo reguladas la fuente de corriente continua y la fuente de corriente pulsante mediante una disposición de regulación con un microordenador incorporado. Se comprobó que la corriente eléctrica de base puede ser disminuida hasta un valor que está situado por debajo del valor que se necesita sin una corriente eléctrica pulsante para el mantenimiento de una descarga estable del arco eléctrico. Como material para la diana se pueden escoger unos metales de los grupos IV, V y VI. En los ejemplos de realización se escogen, como material para la diana, en particular el titanio y el titanio en común con el aluminio, estando dispuestos el titanio y el aluminio en unas zonas coaxiales simétricas en rotación y teniendo lugar la erosión en una atmósfera de nitrógeno.

Puesto que en el documento DE 44 01 986 A1 se aplican solamente unas capas conductoras y no se aplica ninguna capa aislante, sobre la diana tampoco se puede formar ningún recubrimiento aislante. Esto quiere decir que no es posible un funcionamiento en la zona contaminada. Por lo tanto, tampoco se deduce a partir de este documento DE 44 01 986 A1 la repercusión que tiene un recubrimiento aislante sobre la diana para el funcionamiento de una fuente de arcos eléctricos.

Es común a todos estos procedimientos el hecho de que, en el caso de la utilización de unos gases reactivos, que reaccionan rápidamente con él o respectivamente los material(es) evaporado(s) mediando formación de una capa aislante, han de adoptarse por un lado unas medidas técnicas especiales con el fin de no contaminar a la superficie activa de la diana o respectivamente del ánodo y, por otro lado, para evitar la formación de unas indeseadas gotitas. Tales medidas técnicas comprenden, junto al mencionado calentamiento del ánodo y a la aportación y la adición dosificada exacta del gas reactivo en una inmediata proximidad de la superficie que se ha de revestir, una dilución del gas reactivo con una alta proporción de un gas inerte.

En particular, en tal caso hay que prestar atención a que la superficie de la diana esté metálicamente desnuda o mantenga por lo menos una conductividad correspondiente a la de un semiconductor. Mediante el gradiente positivo de temperaturas de los semiconductores, en la zona de los puntos de arcos eléctricos está presente ciertamente una conductividad suficientemente buena con el fin de dejar que las chispas se quemem, pero mediante la elevada tendencia a la combustión de la chispa que va acompañada con esto, usualmente se llega a una formación de salpicaduras que es más alta que en el caso de unas superficies de dianas que son metálicamente conductoras. También para esto se conocen a partir del estado de la técnica toda una serie de posibilidades. Por ejemplo, las fuentes, tal como más arriba se ha mencionado, pueden ser dispuestas fuera de la línea de unión óptica con la superficie de la diana, lo cual sin embargo restringe drásticamente el rendimiento del material de la diana o respectivamente la velocidad de revestimiento. Se pueden aplicar, adicionalmente o a solas, unos campos magnéticos, que conducen solamente la porción ionizada del vapor sobre las superficies que se han de revestir, mientras que unas gotitas eléctricamente neutras son captadas sobre las superficies de impacto. Unos ejemplos de esto son unos filtros magnéticos curvados, unas lentes magnéticas y unos dispositivos similares.

Otro método de reducir las salpicaduras consiste en una breve interrupción de la aportación de la corriente eléctrica, siendo encendida de nuevo la chispa, por ejemplo de un modo regulado a través de un rayo láser, en cada caso en otro sitio distinto de la superficie activa de la diana. Este método se usa sobre todo en el sector de evaporación catódica de carbono por descarga de chispas pero también se usa para aleaciones a base de un metal.

Todas estas medidas técnicas, o respectivamente las combinaciones asimismo conocidas de estas medidas técnicas, tienen en común un considerable gasto técnico adicional y/o una disminución esencial de la velocidad de revestimiento. Sin embargo, si sobre la superficie de la diana se llega a la formación de un recubrimiento aislante, hasta hoy en día tampoco se pudo realizar ningún proceso estable con las medidas técnicas más arriba indicadas.

Exposición del invento

Una misión del presente invento consiste por lo tanto en poner a disposición un procedimiento, con el que también se puedan producir capas aislantes con unas usuales fuentes de arcos eléctricos sin costosas medidas técnicas adicionales en unas condiciones estables del proceso.

El problema planteado por esta misión se resuelve mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, así como mediante una fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32. Otras formas de realización del invento se establecen a partir de las reivindicaciones subordinadas.

De un modo sorprendente se pudo mostrar que en el caso de la aplicación simultánea de una corriente continua, sobre la que se ha superpuesto una corriente pulsante o respectivamente alterna, se puede hacer funcionar un proceso estable de arcos eléctricos también cuando la superficie de la diana está cubierta por lo menos parcialmente mediante un recubrimiento aislante.

Por ejemplo, de esta manera, sin otras medidas técnicas adicionales, se podía hacer funcionar una diana de aluminio durante varias horas en una atmósfera de oxígeno puro. En tal caso, se observó un aumento de la tensión eléctrica junto a la diana, pero este aumento se estabilizaba en el transcurso de unos pocos minutos y no conducía a la interrupción ni a la inestabilidad del proceso de descarga de arcos eléctricos. La capa de óxido de aluminio que se había depositado directamente sobre un sustrato colocado directamente delante de la diana, mostraba una reducción manifiesta de los defectos superficiales por causa de gotitas adheridas, que era totalmente inesperada frente a la de una capa de aluminio metálico que se había depositado en las mismas condiciones. Condujo a unos resultados similares también el funcionamiento de unas dianas de cromo o respectivamente titanio o de unas dianas metálicas de estos materiales con una alta proporción de silicio, incluso situada por encima de 50 %, en una atmósfera de oxígeno puro o de nitrógeno puro. En todos los casos, las dianas detrás de un recubrimiento aislante completo de la superficie, se podían encender de nuevo sin problemas bajo una atmósfera de un gas reactivo también después de unas interrupciones del proceso y se podían hacer funcionar con una disminuida formación de gotitas. El funcionamiento en una atmósfera de un gas reactivo puro o respectivamente con el cubrimiento de la superficie de la diana mediante el gas reactivo o respectivamente mediante la reacción de éste con la superficie de la diana, condujeron en este modo pulsante a una calidad elevada de las capas con una formación disminuida de gotitas.

En comparación con el funcionamiento de la diana sin ningún recubrimiento aislante se pudo comprobar que la proporción del gas reactivo se debía escoger por lo menos tan alta que la tensión eléctrica de la fuente aumente en por lo menos un 10 %, pero de manera preferida en por lo menos un 20 %, en comparación con el funcionamiento sin ningún recubrimiento aislante. El aumento de la tensión eléctrica de la fuente es dependiente fundamentalmente del gas reactivo y del material de la diana que se utilicen. Cuanto más altas sean las propiedades aislantes de la unión o respectivamente de las uniones que se haya(n) producido a partir del material de la diana y el gas reactivo junto a la superficie de la diana, tanto mayor será usualmente la diferencia de la tensión eléctrica de la fuente aun cuando en este caso, a causa de los numerosos modelos o respectivamente las numerosas inhibiciones de la reacción que son específicos/as para las superficies y los materiales, no se pueda producir sin dificultades una conexión matemática directa.

Como gases reactivos son apropiados en este contexto, por ejemplo, los siguientes gases: oxígeno, nitrógeno, acetileno, metano, silanos tales como p.ej. tetrametilsilano, trimetilaluminio, diborano o respectivamente de modo fundamental todos los gases que contienen oxígeno, nitrógeno, silicio, boro o carbono. Es especialmente apropiado este procedimiento para unos procesos con altos flujos del gas reactivo, en los que la proporción del gas reactivo se escoja de mayor magnitud que la del gas inerte, por ejemplo por encima de un 70 % y en particular por encima de un 90 %. Sin embargo, también como más arriba se ha mencionado, se pueden realizar unos procesos ventajosamente en una atmósfera pura, es decir una que contiene un 100 % de un gas reactivo.

Como un material para la diana entran en cuestión fundamentalmente todos los materiales, que forman con los gases más arriba mencionados, sobre la superficie de una diana que se hace funcionar como antes se ha señalado, unos correspondientes recubrimientos aislantes que están constituidos por ejemplo a base de un óxido, nitruro, boruro, siliciuro, carburo o de una mezcla de los compuestos mencionados. Para la producción de unas capas duras, de unas capas de barrera o respectivamente de unas capas decorativas son especialmente apropiados, sin embargo, los siguientes materiales: unos metales de transición de los grupos secundarios IV, V, VI o respectivamente aluminio, boro, carbono o silicio, o respectivamente una aleación o un compuesto de los materiales más arriba mencionados, tales como por ejemplo TiAl, CrAl, TiAlCr, TiSi, TaSi, NbSi, CrSi o WC. Sin embargo, de acuerdo con este método, se pueden evaporar de una manera más sencilla también unos materiales puros con altos puntos de fusión tales como W, Ta, Nb y Mo.

Para la disminución adicional de las salpicaduras, en particular en el caso del funcionamiento de una diana bajo una atmósfera que contiene oxígeno, puede ser ventajoso, tal como se divulga en el documento US 6.602.390, que el material de la diana se componga de una única fase cristalográfica.

Otra ventaja más del funcionamiento simultáneo de una fuente de arcos eléctricos con una corriente continua así como con una corriente pulsante o alterna resulta al revestir unas piezas de trabajo sensibles térmicamente, tales como por ejemplo unos aceros endurecidos, unas aleaciones de envejecimiento que están constituidas sobre la base de bronce y latón, unas aleaciones de aluminio y magnesio, unos materiales sintéticos y otros materiales. En el caso de un funcionamiento en CC (corriente continua) de una o varias fuentes de arcos eléctricos en la proximidad de la corriente de mantenimiento, es decir la más pequeña corriente eléctrica con la que todavía es posible un funcionamiento estable de una fuente de arcos eléctricos conductora de la electricidad con un sencillo abastecimiento de corriente CC, ciertamente la carga térmica de las piezas de trabajo que se han de revestir es pequeña, pero al mismo tiempo es poco satisfactoria la velocidad de revestimiento para unos usos industriales. El valor de la corriente de mantenimiento o de la potencia de mantenimiento depende en tal caso del material de la diana, del tipo constructivo de la fuente de arcos eléctricos o respectivamente del funcionamiento de la descarga, por ejemplo de si ésta se realiza bajo un vacío con o sin la adición de un gas inerte o respectivamente reactivo. Una suficiente conductividad, con el fin de garantizar un funcionamiento estable con pequeñas corrientes eléctricas la tienen por ejemplo unas superficies metálicamente desnudas pero también unos compuestos tales como unas dianas de WC, TiN o CrN. Unas dianas de grafito o respectivamente silicio, forman aquí un caso límite, puesto que, por un lado, su conductividad es ciertamente todavía suficiente con el fin de evaporarlas mediante un arco eléctrico

de CC, pero, por otro lado, se puede comprobar una fuerte tendencia a una combustión local de la chispa, con lo que se llega a oscilaciones en el plasma y a una fuerte formación de gotitas, por lo cual las dianas de grafito se hacen funcionar hoy día de manera preferida de un modo pulsante.

5 Si una fuente se hace funcionar, por el contrario, en la proximidad de la corriente eléctrica de mantenimiento de CC y al mismo se superpone con una corriente eléctrica pulsante, sorprendentemente, no solamente se pudo aumentar esencialmente la velocidad sino que se pudo mantener pequeña también la carga térmica en comparación con un revestimiento por CC con una velocidad comparable. De manera ventajosa, en tal caso la proporción de CC se ajusta entre 100 y 300 %, de manera preferida entre 100 y 200 % de la corriente eléctrica de mantenimiento o de la potencia de mantenimiento.

10 Una tal porcentaje de la corriente eléctrica de mantenimiento corresponde, en el caso de las fuentes que se van a describir seguidamente con mayor detalle, a una proporción de CC del flujo de corriente eléctrica, que está situada en un intervalo comprendido entre 30 y 90 A, de manera preferida entre 30 y 60 A. En tal caso la fuente de arcos eléctricos se puede hacer funcionar en principio sin ningún gas de proceso, pero de manera preferida con un gas de proceso, que solamente contiene un gas reactivo, un gas inerte o una mezcla de un gas reactivo y un gas inerte.

15 Como material para la diana entran en cuestión en tal caso fundamentalmente todos los materiales conductores o semiconductores, pero preferiblemente los que se han mencionado más arriba.

20 La aplicación o respectivamente la generación de las diferentes proporciones de corriente eléctrica se puede efectuar en tal caso de un modo conocido. Por ejemplo, la proporción de corriente continua se puede generar mediante un generador de corriente continua, la proporción de corriente pulsante o respectivamente alterna se puede generar mediante un generador de corriente pulsante o respectivamente alterna, siendo conectados ambos generadores o bien en paralelo o en serie entre la fuente de arcos eléctricos y por lo menos un ánodo o respectivamente una masa.

25 Otra posibilidad es generar la proporción de corriente continua y la de corriente pulsante mediante dos generadores de corriente continua o respectivamente alterna asimismo conectados, superpuestos y que se hacen funcionar de modo sincronizado. Por lo demás, finalmente también es posible generar la proporción de corriente continua o pulsante mediante un generador individual de corriente eléctrica, que se pone en cadencia secundaria o primaria.

30 Para unos usos industriales es especialmente interesante tal modo de proceder cuando se han de revestir por ejemplo unas piezas de trabajo, para las que se establecen unos requisitos especiales en lo que se refiere a la estabilidad frente al desgaste, o respectivamente unas piezas de trabajo cuyas superficies deben de tener unas propiedades aislantes o decorativas. Unos ejemplos de las capas, para las que son idóneos especialmente tales procedimientos, son las de óxido de aluminio, nitruro de aluminio, oxinitruro de aluminio, óxido de cromo, nitruro de cromo, oxinitruro de cromo, óxido de aluminio y cromo, nitruro de aluminio y cromo, oxinitruro de aluminio y cromo, oxicarbonitruro de aluminio y cromo, óxido de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, óxido de silicio y aluminio, nitruro de silicio y aluminio, oxinitruro de silicio y aluminio, nitruro de titanio y silicio, oxinitruro de titanio y silicio, nitruro de tántalo y silicio, óxido de tántalo, oxinitruro de tántalo, nitruro de wolframio y silicio, nitruro de niobio y silicio, carburo de titanio, carburo de wolframio, carburo de wolframio y silicio o respectivamente unas aleaciones o unos compuestos de los materiales más arriba mencionados.

40 Los mencionados materiales se pueden depositar como una capa individual o como una sucesión de dos o más capas, que se hacen variar en lo que se refiere a la composición elemental, a la estequiometría o a la orientación cristalográfica, pudiendo ser ajustado el espesor de capa de los estratos de capas individuales, de acuerdo con las necesidades, entre unos pocos nanómetros y algunos micrómetros. Adicionalmente, tal como es conocido por un experto en la especialidad, se depositan por ejemplo unas capas adherentes metálicas o del tipo de nitruros o unas capas de adaptación a base de diferentes materiales, que hacen posible por ejemplo una transición graduada desde el material de substrato de la pieza de trabajo hasta el material de la capa, delante de las capas más arriba señaladas. Unas capas adherentes conocidas son por ejemplo de Cr, Ti, CrN o TiN. Unas capas de adaptación se señalan dentro del Ejemplo 1.

45 Adicionalmente, en el caso de tales procedimientos se puede aplicar de manera ventajosa una polarización en CC, en corriente pulsante o en corriente alterna, que en caso necesario se sincroniza con el generador de corriente pulsante o respectivamente alterna de la fuente.

50 En tal caso, de manera conocida, mediante una adición dosificada alternativa de por lo menos un gas inerte y de por lo menos un gas reactivo o mediante una adición dosificada alternativa se pueden depositar en dirección perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo unas modificaciones en la composición de una capa y por consiguiente unos sistemas de dos capas o de múltiples capas con una evolución en caso necesario graduada o escalonada de la composición de las capas. Para esto, se pueden hacer funcionar varias fuentes con un material idéntico o diferente para la diana.

55 De una manera similarmente ventajosa, un procedimiento como se ha descrito más arriba se puede aprovechar para hacer funcionar una fuente de arcos eléctricos, cuando se utiliza una fuente para el ataque químico de unas superficies de piezas de trabajo, puesto que en este caso la superficie es cubierta con gotitas en una medida

esencialmente más pequeña que la que se presenta en el caso de superficies metálicas de la diana. También en este caso se aplica a las piezas de trabajo una polarización en CC, en corriente pulsante o en corriente alterna, que no obstante es en la mayor parte de los casos más alta que en el caso de una polarización aplicada al revestimiento. Por ejemplo, en este caso se pueden ajustar unas tensiones eléctricas del sustrato que están comprendidas entre -50 y -2.000 V, de manera preferida entre -200 y -1.500 V. Para el refuerzo de la erosión por ataque químico se puede introducir adicionalmente un gas de ataque químico que contenga por ejemplo los siguientes componentes: He, Ar, Kr, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, un halógeno (p.ej. cloro, flúor, bromo, yodo) o un compuesto halogenado.

En el caso de todos los procedimientos más arriba señalados, la velocidad de revestimiento o respectivamente la incorporación de energía en la pieza de trabajo se puede adaptar o respectivamente regular mediante el ajuste de la anchura de impulsos de la pulsación de corriente eléctrica, de la magnitud de la pulsación de corriente eléctrica o mediante la relación de tanteo o respectivamente mediante una combinación de estos parámetros. Otra posibilidad es el aumento de la corriente eléctrica de la fuente de CC, que sin embargo es poco apropiada por ejemplo por ejemplo para unos procesos realizados a muy bajas temperaturas.

Como piezas de trabajo, que son apropiadas para un tal procedimiento de revestimiento o respectivamente de ataque químico entran en consideración en particular unas piezas de trabajo y unas piezas de construcción que están constituidas a base de aceros y metales de construcción tales como unos bronce de cobre o respectivamente de plomo, latón y unas aleaciones especiales tales como p.ej. unas aleaciones de AlMg, unos metales duros, o están constituidas a base de unos materiales de trabajo cerámicos tales como nitruro de boro, en particular CBN, unos compuestos de cermet o respectivamente unas correspondientes piezas de trabajo que están provistas por lo menos parcialmente de unas superficies de diamante o de un material cerámico.

Otro campo de uso para tal procedimiento es el revestimiento de unas piezas de trabajo que están constituidas a base de silicio o de otros materiales semiconductores.

Se ha mostrado que el revestimiento en el modo pulsante que se ha descrito, también es apropiado para unos sustratos aislantes, en los que no es conveniente ninguna polarización del sustrato en CC o ninguna polarización pulsante en CC del sustrato con frecuencias más pequeñas o medianas.

Con un procedimiento como más arriba se ha descrito se pueden conseguir, de un modo resumido por una palabra de lema, los siguientes otros efectos ventajosos:

1. Un proceso estable para la producción de capas aislantes mediante evaporación por chispas sin que se llegue a una formación de salpicaduras, que impide una oxidación o reacción de todo el espesor de la capa.
2. Por primera vez se ha hecho posible trabajar con una diana de chispas totalmente contaminada. La reactividad, es decir la oferta del componente reactivo, p.ej. oxígeno en el caso de la deposición de óxido de aluminio, se puede aumentar mediante el trabajo en un modo totalmente contaminado o respectivamente en una atmósfera de un gas reactivo y, acompañando a éste, un crecimiento más grande de la capa.
3. No se necesita una separación local o por escalones de presión de la diana y del recinto de reacción ni tampoco una costosa separación de salpicaduras y de vapor ionizado.
4. La realización de la descarga de chispas se puede efectuar sin un apoyo adicional de un campo magnético.
5. Una reducción del número y del tamaño de las salpicaduras incluso en el caso de una diana contaminada.
6. Mediante el funcionamiento pulsante modulado se hace posible trabajar con unas corrientes eléctricas más altas, lo cual conduce a una ionización más grande en el caso de una carga térmica constante o incluso disminuida de la diana.
7. El carbono y los materiales semiconductores se pueden evaporar casi sin la formación de salpicaduras sin un encendido renovado ni una costosa realización de la descarga de chispas.
8. Una erosión más uniforme de superficies conductoras, semiconductoras y no conductoras de la diana.
9. Una subdivisión más fina de la descarga de chispas, es decir, es decir muchos puntos de arco eléctrico pequeños y que se desplazan rápidamente sobre la superficie.
10. La consecución de una ionización más alta mediante el uso de impulsos de alta corriente eléctrica y por consiguiente un aumento vinculado con ello de la corriente eléctrica del sustrato.

- 5 11. La realización del proceso en el caso de la evaporación reactiva por descarga de chispas se hace independientemente del recubrimiento de la diana mediante capas aislantes o semiconductoras. Esto permite una mezcladura de gases reactivos y permite el funcionamiento en rampas en el caso de procesos reactivos lo cual es ventajoso tanto en el caso de la capa intermedia, como en el de la capa funcional.
12. Un aumento de la estabilidad del proceso y una ventana más ancha para el proceso.
- 10 13. La utilización de unos conocidos sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica, que permiten una gama amplia de especificaciones en cuanto a la corriente y a la tensión (son posibles numerosas combinaciones económicas, por ejemplo un barato abastecimiento de corriente eléctrica de CC para la carga de base).
14. El invento asegura que el plasma no sea interrumpido y por consiguiente ya no es necesario un nuevo encendido repetido o periódico con la costosa técnica que se necesita para ello.
- 15 15. Es posible una combinación del procedimiento con unas fuentes de plasma adicionales; en este contexto se ha de mencionar en particular una inducción adicional mediante un arco eléctrico de bajo voltaje que se hace funcionar simultáneamente, con lo que se consigue un aumento adicional de la reactividad al efectuar la deposición de una capa sobre el sustrato.

Vías para la realización del invento

20 A continuación se expone un típico transcurso de un procedimiento de revestimiento conforme al invento con un proceso reactivo de revestimiento por descarga de chispas. De esta manera, en una instalación de revestimiento industrial del tipo RCS de la entidad Balzers, tal como se describe por ejemplo en el documento de patente europea EP 1 186 681 en las Figuras 3 hasta 6, en la descripción desde la columna 7, línea 18 hasta la columna 9, línea 25, se depositó, de un modo correspondiente al siguiente Ejemplo descrito con detalle, óxido de aluminio sobre diferentes piezas de trabajo.

25 Junto al proceso de revestimiento propiamente dicho, donde es necesario también entrar brevemente en detalles de otras etapas de proceso, que conciernen al tratamiento previo y posterior de los sustratos. Muchas de estas etapas, tales como por ejemplo la limpieza de los sustratos, que se realiza de un modo diferente según sean el material y el tratamiento previo, admiten, tal como conoce un experto en la especialidad, amplias variaciones, algunas de ellas, en determinadas condiciones, también pueden ser suprimidas, acortadas, prolongadas o combinadas entre sí de otra manera distinta.

30 Ejemplo 1

Después de la introducción de las piezas de trabajo en unos soportes capaces de girar dos o tres veces, previstos para ello, y de la incorporación de los soportes en la instalación de tratamiento en vacío, la cámara de tratamiento se evacúa por bombeo a una presión de aproximadamente 10^{-4} mbar.

35 Para el ajuste de la temperatura del proceso, se encendió un plasma de arco eléctrico en bajo voltaje (NVB = acrónimo de Niedervoltbogen) apoyado por unos sistemas de calefacción por radiación entre una cámara de cátodo, que está separada por medio de un diafragma, con un cátodo caliente y las piezas de trabajo conectadas en el ánodo, en una atmósfera de argón e hidrógeno.

En tal caso se ajustaron los siguientes parámetros de calentamiento:

Corriente eléctrica de descarga NVB	150 A
Flujo de argón	50 sccm (cm ³ en condiciones normales)
Flujo de hidrógeno	300 sccm
Presión del proceso	$1,4 \times 10^{-2}$ mbar
Temperatura del sustrato	aproximadamente 500°C
Tiempo del proceso	45 min

40 Son conocidas por un experto en la especialidad unas alternativas a esto. Los sustratos se conectaron en tal caso de manera preferida como un ánodo para el arco eléctrico de bajo voltaje y preferiblemente se pulsaron adicionalmente de un modo unipolar o bipolar.

Como siguiente etapa del proceso se inició el ataque químico. Para esto, el arco eléctrico de bajo voltaje se hizo funcionar entre el filamento y el ánodo auxiliar. También en este caso se puede conectar entre las piezas de trabajo y la masa un sistema de abastecimiento en MF o RF que se hace funcionar con CC, con CC pulsante o con corriente

alterna. De modo preferido las piezas de trabajo se cargaron sin embargo con una tensión eléctrica de polarización negativa.

En tal caso se ajustaron los siguientes parámetros de ataque químico:

Flujo de argón	60 sccm
Presión del proceso	$2,4 \times 10^{-3}$ mbar
Corriente eléctrica de descarga NVB	150 A
Temperatura del sustrato	aprox. 500°C
Periodo de tiempo del proceso	30 min

5 Con el fin de garantizar la estabilidad de la descarga en arco eléctrico de bajo voltaje en el caso de la producción de capas aislantes, en todas las etapas del proceso apoyadas por un NVB o bien se trabaja con un ánodo auxiliar conductivo caliente, o se conecta entre el ánodo auxiliar y la masa un sistema de abastecimiento pulsante de alta corriente eléctrica.

10 Con el fin de aumentar la resistencia de adherencia, se aplica una capa de CrN con un grosor de aproximadamente 300 nm mediante una evaporación por descarga de chispas, que en caso necesario se puede apoyar en una ionización adicional todavía mediante el plasma del arco eléctrico de bajo voltaje.

En tal caso se ajustaron los siguientes parámetros de capa intermedia:

Flujo de argón	80 sccm
Flujo de nitrógeno	200 sccm
Presión del proceso	8×10^{-3} mbar
Corriente eléctrica de fuente de CC Cr	140 A
Polarización del sustrato	desde -100 V a - 40 V bipolar con 36 μ s de polarización negativa y 4 μ s de polarización positiva
Temperatura del sustrato	aprox. 500°C
Período de tiempo del proceso	10 min

15 Para la transición con una duración de aproximadamente 5 min hasta llegar a la capa funcional propiamente dicha, las fuentes de arcos eléctricos de aluminio se conectan con una corriente eléctrica de 60 A de la fuente de CC, estando unido el polo positivo de la fuente de CC con el anillo de ánodos y con la masa. Adicionalmente, se efectúa una superposición con impulsos de CC unipolares de un segundo sistema de abastecimiento de corriente eléctrica, que está conectado en paralelo, el cual se hace funcionar con 50 kHz. En el presente ejemplo se trabajó con una relación simétrica de tanteo/pausa de 10 μ s de impulso/10 μ s de pausa y se generaron en los impulsos unas corrientes eléctricas hasta de 150 A. Luego se efectúa la introducción del oxígeno con 300 sccm, o respectivamente según los parámetros que se indican en la Tabla.

20 Después de haber levantado las dianas de Al y de haber ajustado el flujo de oxígeno, la corriente eléctrica de la fuente se desplaza de retorno hasta cero junto a la diana de Cr sobre una rampa en aproximadamente 10 min y al mismo tiempo se reduce el flujo de N₂. A continuación el flujo de Ar se desplaza hasta cero.

25 El revestimiento de los sustratos con la capa funcional propiamente dicha se efectúa en el gas reactivo puro (en este caso oxígeno). Puesto en el caso del óxido de aluminio se trata de unas capas aislantes, se utiliza o bien un sistema de abastecimiento pulsante o con polarización en CA (corriente alterna).

Los parámetros esenciales de la capa funcional se ajustaron de la siguiente manera:

Flujo de oxígeno	300 scm
Presión del proceso	9×10^{-3} mbar
Corriente eléctrica de la fuente de CC, de Al	60 A
Corriente eléctrica de la fuente de impulsos, de Al	150 A, 50 kHz, μ s de impulso/10 μ s de pausa

Polarización del sustrato	permanece a una CC pulsada a -40 V o a una AC (en cada caso de 50 – 350 kHz)
Temperatura del sustrato	aproximadamente 500°C
Período de tiempo del proceso	60 a 120 min, ensayos individuales con 360 min

El proceso de revestimiento puede efectuarse también simultáneamente con un arco eléctrico de bajo voltaje encendido. En este caso se consigue una más alta reactividad. Además de esto, el uso simultáneo del arco eléctrico de bajo voltaje durante el proceso de revestimiento tiene también todavía la ventaja de que la proporción de CC de las fuentes se puede reducir aún más, según sea la magnitud de la corriente eléctrica de NVB.

5 El proceso de revestimiento realizado de esta manera es estable durante varias horas. La diana se cubre con una capa delgada y lisa de óxido. La descarga de chispas transcurre de una manera más reposada que en el caso de un funcionamiento sin ninguna señal pulsante adicional y se subdivide en varias descargas de chispas más pequeñas. El número de las salpicaduras se reduce esencialmente.

10 Las fuentes de arcos eléctricos se utilizaron tanto para la capa adhesiva como también para la capa funcional, unas fuentes de arcos eléctricos de la entidad Balzers con un diámetro de las dianas de 160 mm y un grosor de 6 mm, con un sistema patrón de imanes MAG 6. En principio cualquier fuente apropiada se puede hacer funcionar con un tal proceso, siempre y cuando que se conecte una correspondiente unidad de abastecimiento de corriente eléctrica.

15 El proceso descrito es la versión preferida, puesto que él mantiene pequeños los requisitos del abastecimiento pulsante de corriente eléctrica. El sistema de abastecimiento de CC suministra la corriente mínima o de mantenimiento para las descargas de chispas y el sistema de abastecimiento pulsante de corriente eléctrica sirve para la evitación de las salpicaduras.

20 Otros ejemplos acerca de los parámetros de deposición de capas funcionales se describen con mayor detalle en la Tabla 1. En primer lugar se llevaron a cabo en lo esencial las mismas etapas de limpieza, calentamiento y ataque químico, así como se depositó una capa intermedia a base de CrN o respectivamente TiN de una manera correspondiente al Ejemplo 1. A continuación se produjeron las capas funcionales que estaban constituidas a base de óxido de aluminio, nitruro de aluminio, óxido de cromo, nitruro de cromo así como óxido de titanio, de un modo correspondiente a los datos que aparecen en la Tabla.

25 Para la comparación de la influencia de la tensión eléctrica de la fuente mediante el cubrimiento con un recubrimiento aislante, se depositó en los Ejemplos 2 y 8 una capa puramente metálica. En tal caso se muestra que sobre todo en el caso de un recubrimiento con unas capas de óxidos altamente aislantes se llega a un fuerte aumento de la proporción de CC de la tensión eléctrica de la fuente. En este contexto, el aumento relativo de la tensión eléctrica ya en el caso de unas adiciones comparativamente pequeñas de un gas reactivo que contiene oxígeno, está entre aproximadamente 20 y 50 % del valor de la fuente metálicamente desnuda que se hace funcionar bajo un gas inerte puro. También en el caso de un funcionamiento con nitrógeno se llega a un aumento de la tensión eléctrica de la fuente, que sin embargo tiene unos valores más pequeños, por ejemplo entre aproximadamente 10 y como máximo 30 %. En todos los casos, ciertamente mediante la aplicación simultánea de una tensión eléctrica pulsante se llega a una insignificante disminución de la tensión eléctrica de la fuente de CC en comparación con el puro funcionamiento con CC, pero en ningún caso se alcanza de nuevo el original estado de tensión eléctrica más baja de una fuente metálicamente desnuda.

35 El preferido intervalo de frecuencias, en el que se hace funcionar la fuente de arcos eléctricos, está situado entre 5 y 50 kHz. En caso necesario, la fuente, sin embargo, se puede hacer funcionar también con unas frecuencias más bajas hasta de aproximadamente 0,5 kHz o con unas altas frecuencias hasta de 1 MHz. En el caso de unas frecuencias todavía más bajas, el funcionamiento en el caso de la deposición de capas aislantes, es inestable y con unas frecuencias más altas suben extremadamente los costos del generador.

40 Si se desean o se hacen necesarias unas adicionales capas de adaptación, éstas se pueden aplicar en lugar de las capas de CrN de otras capas adherentes o respectivamente entre una capa adherente y una capa funcional. Unos ejemplos de los que pueden ser ventajosos, junto a los que ya se han mencionado también en el caso de la deposición de capas cubrientes oxídicas, son los oxocarburos de titanio y cromo así como los oxinitruros, oxisiliciuros, oxisiliconitruros o respectivamente siliconitruros de aluminio, cromo, titanio, tántalo, niobio o Zr.

45 A pesar de la sobresaliente resistencia de adherencia de las capas adherentes o respectivamente de adaptación que se han producido mediante una evaporación catódica por descarga de chispas, éstas se pueden llevar a efecto, tal como ya es conocido por un experto en la especialidad, también mediante otras técnicas de revestimiento tales como las de por ejemplo CVD, PECVD, pulverización catódica o la de evaporación mediante un arco eléctrico de bajo voltaje a partir de un crisol que está conectado como ánodo. En este caso es posible en principio cualquier combinación de diferentes técnicas, siendo preferidos sin embargo unos procesos apoyados por un plasma, que garantizan una alta ionización; a causa de la mejor adhesión que se puede conseguir con esto.

Breve descripción de los dibujos

El invento se explica con mayor detalle con ayuda de unas Figuras que representan solamente diferentes ejemplos de realización. En ellas muestran:

- 5 La Fig. 1 una instalación de tratamiento en vacío con una fuente de arcos eléctricos
- La Fig. 2 un sistema de abastecimiento con CC y corriente pulsante, que está conectado en paralelo
- La Fig. 3 unas superficies de dianas
- La Fig. 4 dos sistemas de abastecimiento de corriente pulsante que están conectados en paralelo
- La Fig. 5 una disposición de ánodos múltiples
- 10 La Fig. 6 unos sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica en una conexión en serie
- La Fig. 7 unos sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica con una conexión en cortocircuito.
- La Fig. 8 un sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en una cadencia secundaria
- La Fig. 9 un sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en una cadencia primaria.

15 La instalación de tratamiento en vacío 1, que se ha representado en la Fig. 1 muestra comparativamente una disposición conocida a partir del estado de la técnica para hacer funcionar una fuente de arcos eléctricos con un sistema de abastecimiento de corriente DC = CC 13. La instalación 1 está equipada con un puesto de bombeo 2 para la producción del vacío, unos soportes 3 de substratos para la recepción y la puesta en contacto eléctrico de las piezas de trabajo que aquí no se representan con mayor detalle, así como un sistema 4 de abastecimiento de corriente eléctrica polarizada, para la aplicación de una denominada tensión eléctrica de substrato a las piezas de trabajo. Este último puede ser un sistema de abastecimiento de tensión eléctrica de substrato de CC, de AC o bi- o respectivamente unipolar. A través de una entrada 11 para el gas de proceso se puede introducir un gas inerte o respectivamente reactivo, con el fin de regular la presión del proceso y la composición del gas en la cámara de tratamiento.

25 Unos componentes de la fuente de arcos eléctricos propiamente dicha son una diana 5 con una placa de refrigeración 12 situada detrás de ella, un dedo encendedor 7 así como un ánodo 6 que comprende la diana. Con un conmutador 14 se puede escoger entre un funcionamiento flotante del ánodo y del polo positivo del sistema 13 de abastecimiento de corriente eléctrica y un funcionamiento con un definido potencial nulo o respectivamente de masa.

30 Otras características facultativas de la instalación 1 de tratamiento en vacío son una fuente de plasma 9 adicional, en este caso una fuente para la generación de un NVB con un cátodo caliente, con una entrada 8 para el gas inerte un ánodo auxiliar 10 así como otro sistema de abastecimiento de corriente, que aquí no se representa con más detalle, para hacer funcionar el arco eléctrico de bajo voltaje entre una fuente de plasma 9 y un ánodo auxiliar 10, y en caso necesario unas bobinas 17 para el empaquetamiento magnético del plasma de arco eléctrico de bajo voltaje.

35 En la fig. 2 se representa una fuente de arcos eléctricos, que se hace funcionar con dos sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica que están conectados en paralelo, a saber un sistema 13' de abastecimiento de corriente eléctrica de CC y un sistema pulsante 18 de abastecimiento de alta corriente eléctrica, con el fin de superponer la corriente continua con una señal de impulsos unipolares o bipolares. Este sistema de conexión permite un funcionamiento estable de una evaporación reactiva por descarga de chispas también para unas capas aislantes, en cuyos casos en el transcurso del tiempo el interior de la instalación 1, el ánodo auxiliar 10 y los soportes 3 de substratos se cubren con unos substratos que tienen una capa aislante.

40 Si, de modo comparativo, una diana 5 a base de aluminio puro se hace trabajar en una atmosfera que contiene argón y oxígeno solamente con un sistema 13 de abastecimiento de corriente eléctrica de CC de acuerdo con la Fig. 1, ya después de unos pocos minutos se llega a unas inestabilidades del proceso, que conducen a la interrupción del proceso en el caso de un alto flujo de oxígeno. En tal caso, sobre la diana 5 se forma un recubrimiento representado como en la Fig. 3a, con unos islotes que tienen un tamaño de varios milímetros, constituidos a base de un material aislante. Las capas depositadas sobre las superficies de las piezas de trabajo se vuelven muy ásperas y no son completamente aislantes, puesto que manifiestamente no se llega a una reacción pasante continua de las muchas salpicaduras metálicas. Por el contrario, si una diana 5 se hace funcionar en una atmósfera que contiene oxígeno, en unas condiciones por lo demás iguales con un procedimiento conforme al invento como se hace funcionar en la Fig. 2, se forma una superficie aislante pero totalmente uniforme de óxido de aluminio, como se muestra en la Fig. 3b. El proceso se puede realizar durante varias horas, interrumpir y reanudar con una diana que ha sido contaminada de este modo. Al mismo tiempo se llega a una reducción esencial de las salpicaduras sobre la superficie de la pieza de trabajo.

A continuación se indican otras posibilidades y disposiciones para el funcionamiento pulsante modulado de una fuente de arcos eléctricos. La Fig. 4 muestra la conexión en paralelo de dos sistemas 18' y 18'' de abastecimiento de corriente eléctrica de CC pulsantes, preferiblemente sincronizados. Esta disposición tiene por ejemplo en el caso del funcionamiento unipolar una serie de ventajas. Así, en el caso de un funcionamiento con igual anchura de los impulsos, el período de tiempo que transcurre entre dos impulsos se puede escoger muy corto, con lo que se puede ajustar una relación de tanteo correspondientemente grande o respectivamente una duración muy corta del ciclo. Mediante la posibilidad vinculada con ello de limitar la aportación de energía por impulso, por ejemplo también en adaptación al material específico de la diana, se puede evitar muy eficazmente una combustión firme de la chispa y se puede contrarrestar aun más una formación de salpicaduras. Sin embargo, también en el caso de un funcionamiento unipolar con diferentes amplitudes de impulsos y con frecuencias diferentes o iguales, un tal funcionamiento hace posible un ajuste especialmente bueno de las fases individuales del ciclo y por consiguiente un control muy bueno de la velocidad de revestimiento. En principio, unos sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica de CC pulsantes se pueden reemplazar también por unos más favorables sistemas de abastecimiento de corriente alterna. No obstante en tal caso es por ejemplo más difícil conseguir unas señales que tengan una forma y una pendiente de flanco determinadas.

Al mismo tiempo, el concepto de dos sistemas 19, 19'' de abastecimiento de corriente eléctrica hace posible de una manera especialmente ventajosa, como se muestra en la Fig. 5, la colocación de varios ánodos 20, 20' para efectuar una mejor distribución del plasma en la cámara de revestimiento. Por consiguiente, los electrones pueden ser mejor conducidos, y con ello se pueden aumentar la densidad del plasma y la reactividad del proceso.

En la Fig. 6 se representa una fuente de arcos eléctricos, que es alimentada mediante dos sistemas 19, 19'' de abastecimiento de corriente eléctrica que están conectados en serie, de los que por lo menos uno es un sistema abastecimiento pulsante o respectivamente de CA. Con esta disposición se puede realizar con especial facilidad una adaptación de la regulación de la velocidad de la fuente de arcos eléctricos.

Los otros ejemplos de realización se refieren a unos sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica, en los que la corriente pulsante o la proporción de corriente continua se produce mediante una técnica de partes de redes de conmutación. En el caso de tales sistemas de abastecimiento de corriente eléctrica la ondulación de la resultante señal de CC, que por lo demás no es deseada, se puede reforzar de tal modo que una señal correspondiente a los requisitos más arriba descritos se aplique a la salida del sistema de abastecimiento de corriente eléctrica.

Por ejemplo, en tal caso, tal como se representa esquemáticamente en la Fig. 7, un sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en cadencia secundaria se puede utilizar como convertidor ascendente 21 o, como se representa en la Fig. 8, un sistema de abastecimiento de corriente eléctrica asimismo puesto en cadencia secundaria se puede utilizar como convertidor descendente 21'. La Fig. 9 muestra, por el contrario, un sistema 22 de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en cadencia primaria para la producción de la señal deseada.

De todos los sistemas de abastecimiento con una técnica de partes de redes de conmutación el sistema de abastecimiento mostrado en la Fig. 8 es el que se puede realizar con el más pequeño gasto técnico y se usa, es decir de manera preferida.

Lista de signos de referencia

- 1 instalación de tratamiento en vacío
- 20 2 puesto de bombeo
- 3 soporte de substratos
- 4 sistema de abastecimiento de corriente polarizada
- 5 diana
- 6 ánodo
- 45 7 dedo encendedor
- 8 introducción de un gas interne
- 9 fuente de plasma
- 10 ánodo auxiliar
- 11 introducción de un gas de proceso
- 50 12 placa de refrigeración

ES 2 539 017 T3

	13,13'	sistema de abastecimiento de corriente eléctrica de CC
	14	conmutador
	17	bobinas magnéticas
	18,18',18''	sistema de abastecimiento de corriente eléctrica pulsante
5	19,19',19''	sistema de abastecimiento de corriente eléctrica
	20,20'	ánodo
	21	convertidor ascendente
	21'	convertidor descendente
	22	sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en cadencia primaria

10

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para hacer funcionar una fuente de arcos eléctricos, realizándose que una descarga eléctrica de chispas se enciende o respectivamente se hace funcionar dentro de una atmósfera que comprende un gas reactivo, sobre una superficie de una diana (5), siendo alimentada la descarga de chispas al mismo tiempo con una corriente continua así como también con una corriente pulsante o respectivamente alterna, caracterizado porque la superficie de la diana (5) es cubierta por lo menos parcialmente mediante un recubrimiento aislante que se forma a partir de una reacción entre el gas reactivo y el material de la diana, realizándose que
- 10 mediante el recubrimiento aislante se da lugar a un aumento de la proporción de CC de la tensión eléctrica de la fuente, de por lo menos un 10 %, de manera preferida de por lo menos un 20 %, en comparación con el funcionamiento con una superficie sin ningún recubrimiento aislante.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la atmósfera que contiene un gas reactivo comprende por lo menos uno de los siguientes componentes: un gas que contiene oxígeno, nitrógeno, silicio, boro o carbono, en particular oxígeno, nitrógeno, acetileno, metano, un silano, tetrametilsilano, trimetilaluminio y diborano.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la proporción del gas reactivo es mayor que la del gas inerte y de manera preferida está situada por encima de un 70 % de manera más preferida por encima de un 90 % o respectivamente en aproximadamente un 100 %.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el material de la diana comprende por lo menos uno de los siguientes materiales: un metal de transición de los grupos secundarios IV, V, VI o respectivamente aluminio, boro, carbono o silicio o respectivamente una aleación o un compuesto de los materiales antes mencionados, tal como por ejemplo TiAl, CrAl, TiAlCr, TiSi, TaSi, CrSi, WC.
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que el recubrimiento aislante se compone de un óxido, nitruro, boruro, siliciuro o carburo del material de la diana o de una mezcla de los compuestos mencionados del material de la diana.
- 30 6. Procedimiento para hacer funcionar una fuente de arcos eléctricos de acuerdo con unas de las reivindicaciones 1 hasta 5, caracterizado por que la proporción de CC del flujo de corriente se ajusta en un intervalo situado entre 100 % y 300 % de una corriente de mantenimiento, de manera preferida entre 100 y 200 % de la corriente de mantenimiento.
7. Procedimiento para hacer funcionar una fuente de arcos eléctricos de acuerdo con unas de las reivindicaciones 1 hasta 5, caracterizado por que la proporción de CC del flujo de corriente se ajusta en un intervalo comprendido entre 30 y 90 A, de manera preferida entre 30 y 60 A.
- 35 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado por que se añade dosificadamente un gas reactivo, un gas inerte o bien un gas reactivo y un gas inerte.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 y 7, caracterizado por que el material de la diana comprende por lo menos uno de los siguientes materiales: un metal de transición de los grupos secundarios IV, V, VI o respectivamente aluminio, boro, carbono o silicio, o respectivamente una aleación o un compuesto de los materiales antes mencionados, tal como por ejemplo TiAl, CrAl, TiAlCr, TiSi, TaSi, CrSi, WC.
- 40 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1, 6 ó 7, caracterizado por que el material de la diana se compone de una única fase cristalográfica.
- 45 11. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que la porción de corriente continua se produce mediante un generador de corriente continua (13') y la porción de corriente pulsante o respectivamente alterna se produce mediante un generador de corriente pulsante o respectivamente alterna (18), siendo conectados ambos generadores (13', 18) o bien en paralelo o en serie entre el cátodo de arcos eléctricos y por lo menos un ánodo (6; 20; 20') o respectivamente la masa.
- 50 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 10, caracterizado por que las porciones de corriente continua y de corriente pulsante se producen mediante dos generadores de corriente pulsante o respectivamente alterna superpuestos y que se hacen funcionar de manera sincronizada, siendo conectados ambos generadores o bien en paralelo o en serie entre el cátodo de arcos eléctricos y por lo menos un ánodo (20, 20?) o respectivamente la masa.
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 10, caracterizado por que las porciones de corriente continua y de corriente pulsante se producen mediante un generador de corriente eléctrica puesto en

- cadencia secundaria, siendo conectado el generador (21') o bien en paralelo o en serie entre el cátodo de arcos eléctricos y por lo menos un ánodo (6; 20; 20') o respectivamente la masa.
- 5 14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 10, caracterizado por que las porciones de corriente continua y de corriente pulsante se producen mediante un generador de corriente eléctrica puesto en cadencia primaria (22), siendo conectado el generador (22) o bien en paralelo o en serie entre el cátodo del arco eléctrico y por lo menos un ánodo (6; 20; 20') o respectivamente la masa.
15. Procedimiento de revestimiento, caracterizado porque una fuente de arcos eléctricos se hace funcionar según un procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones para la deposición de una o varias capas sobre una pieza de trabajo.
- 10 16. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que la capa comprende por lo menos uno de los siguientes materiales: un metal de transición de los grupos secundarios IV, V o VI así como aluminio y sus compuestos con oxígeno, nitrógeno, carbono, boro o silicio.
- 15 17. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que la capa comprende por lo menos uno de los siguientes materiales: óxido de aluminio, nitruro de aluminio, oxinitruro de aluminio, óxido de cromo, nitruro de cromo, oxinitruro de cromo, óxido de aluminio y cromo, nitruro de aluminio y cromo, oxicarbonitruro de aluminio y cromo, óxido de silicio, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, óxido de silicio y aluminio, nitruro de silicio y aluminio, oxinitruro de silicio y aluminio, nitruro de titanio y silicio, oxinitruro de titanio y silicio, nitruro de tántalo y silicio, óxido de tántalo, oxinitruro de tántalo, nitruro de wolframio y silicio, carburo de wolframio y silicio, nitruro de niobio y silicio, carburo de titanio, carburo de wolframio o respectivamente una aleación o un compuesto de los materiales antes mencionados.
- 20 18. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que a la pieza de trabajo se le aplica una polarización en CC, una polarización en corriente pulsante o una polarización en corriente alterna.
- 25 19. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 18, caracterizado por que se aplica una polarización en corriente pulsante o respectivamente en corriente alterna que está sincronizada con la corriente pulsante o respectivamente alterna de la fuente.
- 30 20. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que por lo menos una vez se añade dosificadamente por lo menos un gas inerte o reactivo con una primera velocidad de flujo y a continuación se añade dosificadamente por lo menos un gas reactivo con una segunda velocidad de flujo o respectivamente a la inversa, con el fin de dar lugar a una modificación de la composición de la capa.
- 35 21. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado por que la primera velocidad de flujo se disminuye antes, durante o después del ajuste de la segunda velocidad de flujo, y la segunda velocidad de flujo se ajusta desde un valor más bajo a un valor más alto o respectivamente a la inversa.
- 40 22. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado por que la adición dosificada o respectivamente el ajuste se efectúa en forma de una rampa o de un escalón, con el fin de dar lugar a una modificación esencialmente constante o de forma escalonada de la composición de la capa.
- 45 23. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado por medio de un aumento y una disminución alternantes de las velocidades de flujo primera y segunda se deposita una capa de dos estratos o de múltiples estratos.
- 50 24. Procedimiento de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizado por que se hacen funcionar al mismo tiempo varias fuentes con un material idéntico o diferente para la diana.
25. Procedimiento de ataque químico para el ataque químico con iones metálicos, caracterizado porque una fuente de arcos eléctricos se hace funcionar de acuerdo con por lo menos un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 hasta 13 para el ataque químico de por lo menos una pieza de trabajo mediando aplicación de una polarización en CC, en corriente pulsante o en corriente alterna.
- 45 26. Procedimiento de ataque químico de acuerdo con la reivindicación 25, caracterizado por que a la pieza de trabajo se le ajusta una polarización en CC comprendida entre -50 y -2.000 V, de manera preferida entre -200 y -1.500 V.
27. Procedimiento de ataque químico de acuerdo con una de las reivindicaciones 25 hasta 26, caracterizado por que se introduce un gas de ataque químico adicional.
- 50 28. Procedimiento de ataque químico de acuerdo con la reivindicación 27, caracterizado por que el gas de ataque químico contiene por lo menos uno de los siguientes componentes: He, Ar, Kr, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, un halógeno (p.ej. flúor, bromo, yodo) o un compuesto halogenado.

29. Procedimiento de revestimiento o ataque químico de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 hasta 28, caracterizado por que la velocidad de revestimiento o respectivamente la incorporación de energía en la pieza de trabajo se ajusta mediante el ajuste de por lo menos uno de los siguientes parámetros: la anchura de impulsos de la pulsación de corriente eléctrica, la magnitud de la pulsación de corriente eléctrica o la relación de tanteo.
- 5 30. Procedimiento de revestimiento o ataque químico de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 hasta 29, caracterizado por que la pieza de trabajo es una herramienta o una pieza de construcción.
31. Procedimiento de revestimiento o ataque químico de acuerdo con una de las reivindicaciones 14 hasta 26, caracterizado por que la pieza de trabajo se compone en lo esencial a base de silicio o a base de otro material semiconductor.
- 10 32. Fuente de arcos eléctricos con una diana (5) y por lo menos un contraelectrodo (6, 20, 20') así como una unidad de abastecimiento de corriente eléctrica que está conectada a una diana (5), que comprende por lo menos un primer sistema de abastecimiento de corriente continua (13', 18'') así como otro sistema de abastecimiento de corriente eléctrica (18, 18'), con el que sobre una corriente continua se puede superponer una corriente alterna o una corriente pulsante, caracterizado por que una superficie de la diana (5) es cubierta por lo menos parcialmente mediante un recubrimiento aislante que se había formado a partir de una reacción entre un gas reactivo y el material de la diana (5), siendo producido el recubrimiento aislante en el caso de un funcionamiento de la fuente de arcos eléctricos en el que una descarga eléctrica de chispas dentro de una atmósfera, que comprende el gas reactivo, se alimenta al mismo tiempo con una corriente continua así como también con una corriente pulsante o respectivamente alterna, se da lugar a un aumento de la proporción de CC de la tensión eléctrica de la fuente de por lo menos un 10 %, de manera preferida de por lo menos un 20 %, en comparación con el funcionamiento con una superficie sin ningún recubrimiento aislante.
- 15 33. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizada por que el sistema de abastecimiento de corriente CC (13') está estructurado por lo menos para la conservación de una corriente de mantenimiento.
- 20 34. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizada por que la unidad de abastecimiento de corriente eléctrica comprende adicionalmente un segundo sistema de abastecimiento pulsante de alta corriente eléctrica (18'') que se puede sincronizar con el primer sistema de abastecimiento de corriente continua de tal manera que se puede ajustar una corriente de mantenimiento con una señal pulsante superpuesta.
- 25 35. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 34, caracterizada por que el primer sistema de abastecimiento de corriente continua es un sistema de abastecimiento pulsante de alta corriente eléctrica (18') y los sistemas de abastecimiento pulsante de alta corriente eléctrica (18', 18'') se pueden sincronizar de manera tal que la corriente de mantenimiento tenga en unas pausas de impulsos individuales o en todas ellas una o varias pausas de corriente de mantenimiento, en las que no se aplica ninguna tensión eléctrica a la diana o respectivamente al electrodo, siendo ajustables las pausas de corriente de mantenimiento tan breves que el plasma de arco eléctrico no se apague en las pausas.
- 30 36. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 35, caracterizada por que las pausas de corriente de mantenimiento son ajustables entre 1 ns y 1 μ s, de manera preferida entre 1 y 100 ns.
- 35 37. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizada por que el primer sistema de abastecimiento de corriente continua (13', 18'') y el otro sistema de abastecimiento de corriente eléctrica (18, 18') están conectados en paralelo o en serie.
- 40 38. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizada por que por lo menos el primer sistema de abastecimiento de corriente continua (13', 18'') o por lo menos el otro sistema de abastecimiento de corriente (18, 18') está conectado entre la diana (5) y un electrodo (6) que comprende la diana (5), o respectivamente otros electrodos (20, 20').
- 45 39. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32, con una diana (5) y por lo menos un contraelectrodo (6, 20, 20') así como una unidad de abastecimiento de corriente eléctrica que está conectado a la diana (5), caracterizada porque la unidad de abastecimiento de corriente eléctrica es un sistema de abastecimiento puesto en cadencia secundaria (21, 21') con lo que la señal del sistema de abastecimiento puesto en cadencia secundaria (21, 21') es modulada de tal manera que se aplique una corriente de mantenimiento de CC, que está superpuesta con una señal pulsante o de CA.
- 50 40. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 39, caracterizada por que el sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en cadencia secundaria está estructurado como convertidor descendente (21') o como convertidor ascendente (21).
- 55 41. Fuente de arcos eléctricos de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizada por que la unidad de abastecimiento de corriente es un sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en cadencia primaria (22) siendo modulada la señal del sistema de abastecimiento de corriente eléctrica puesto en cadencia primaria (22) de

tal manera que se aplica una corriente de mantenimiento de CC, que está superpuesta con una señal pulsante o de CA.

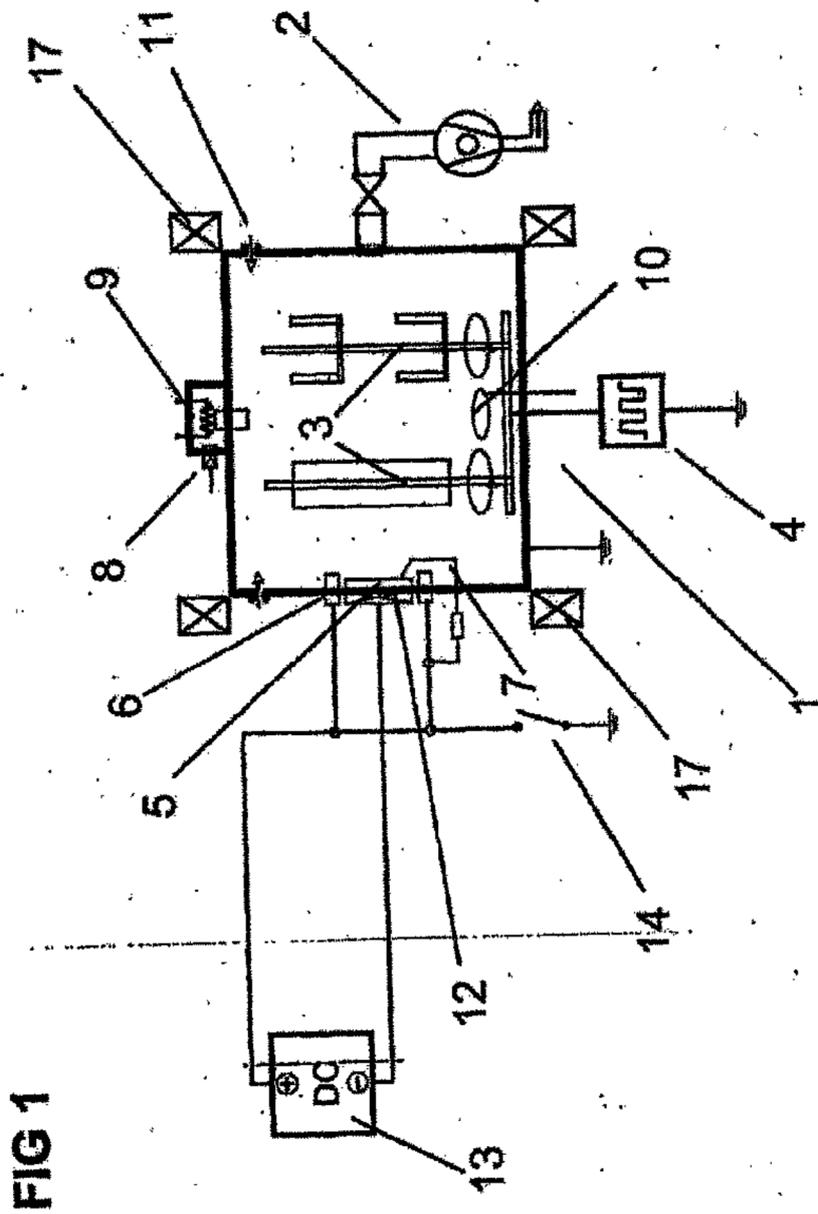


FIG 1

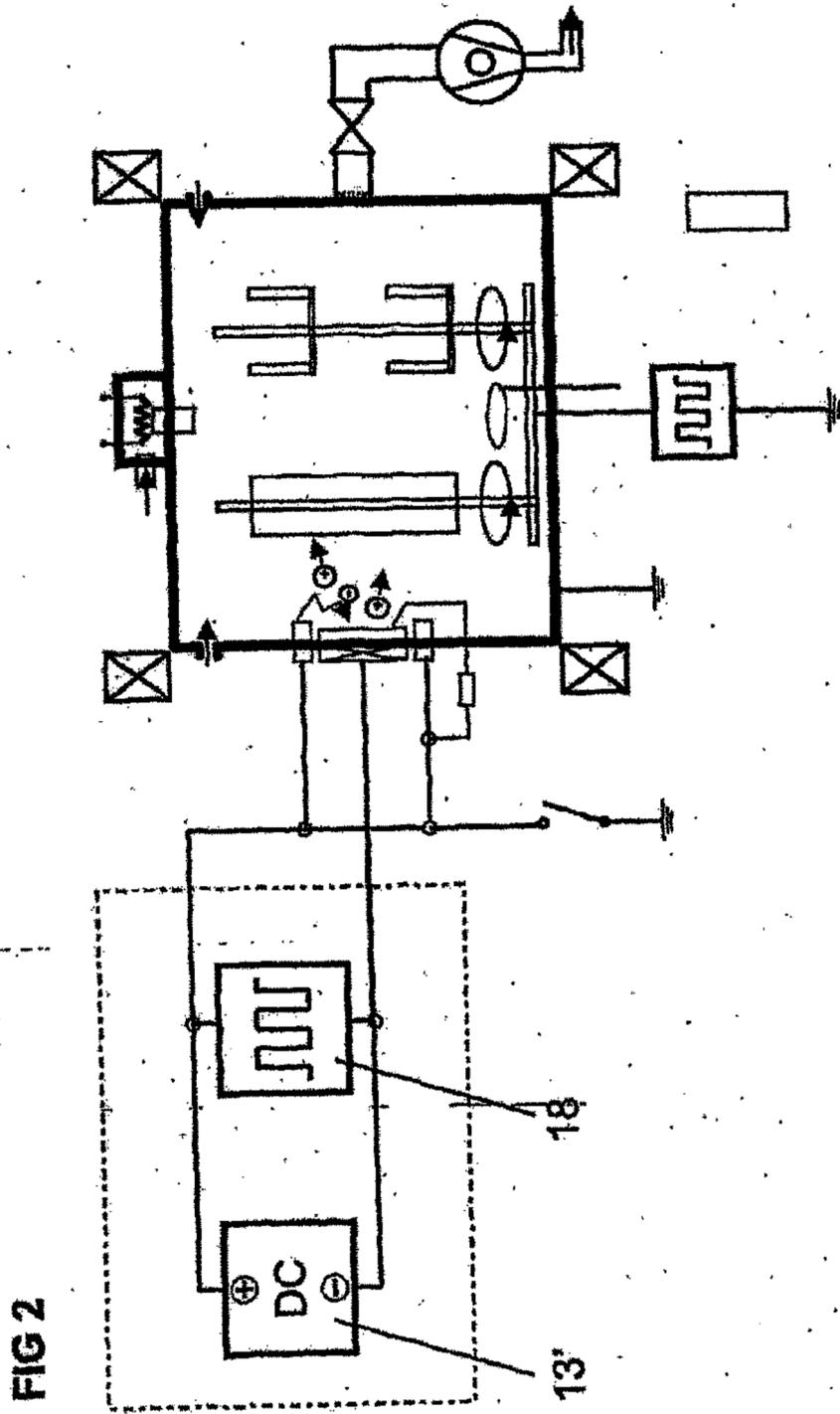


FIG 2

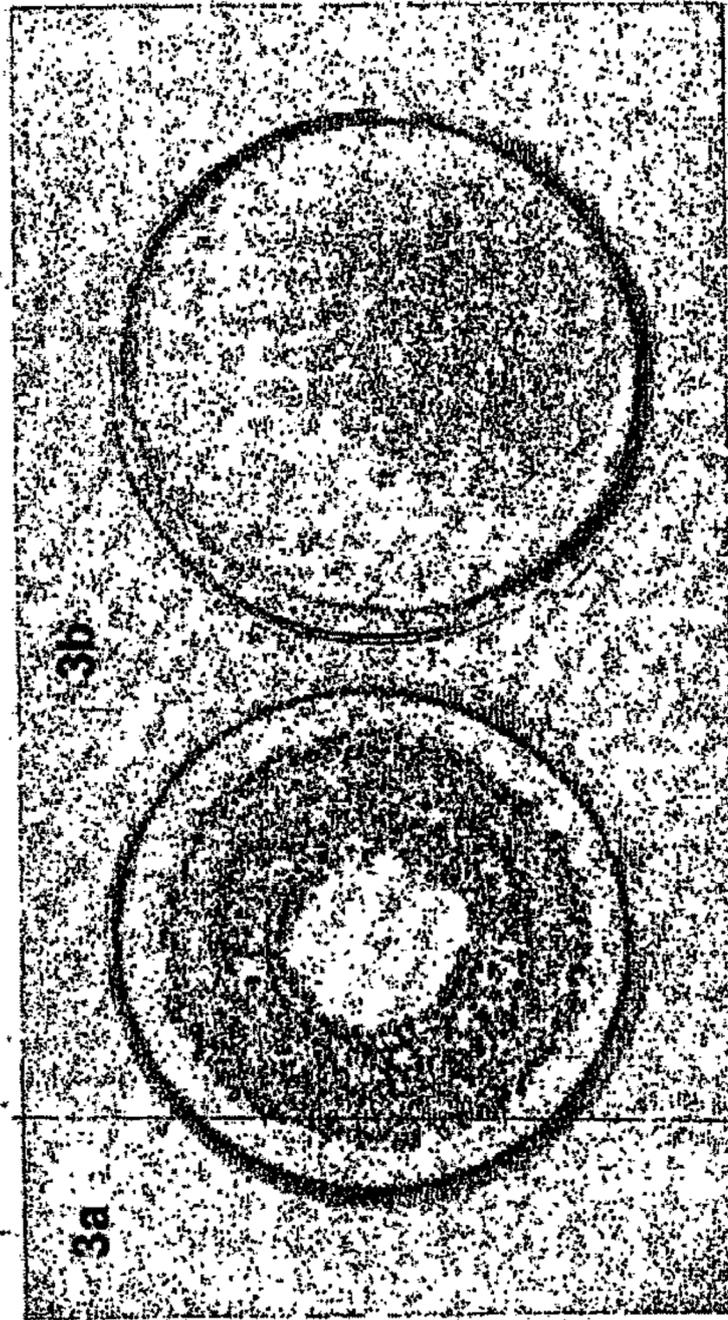


FIG 3

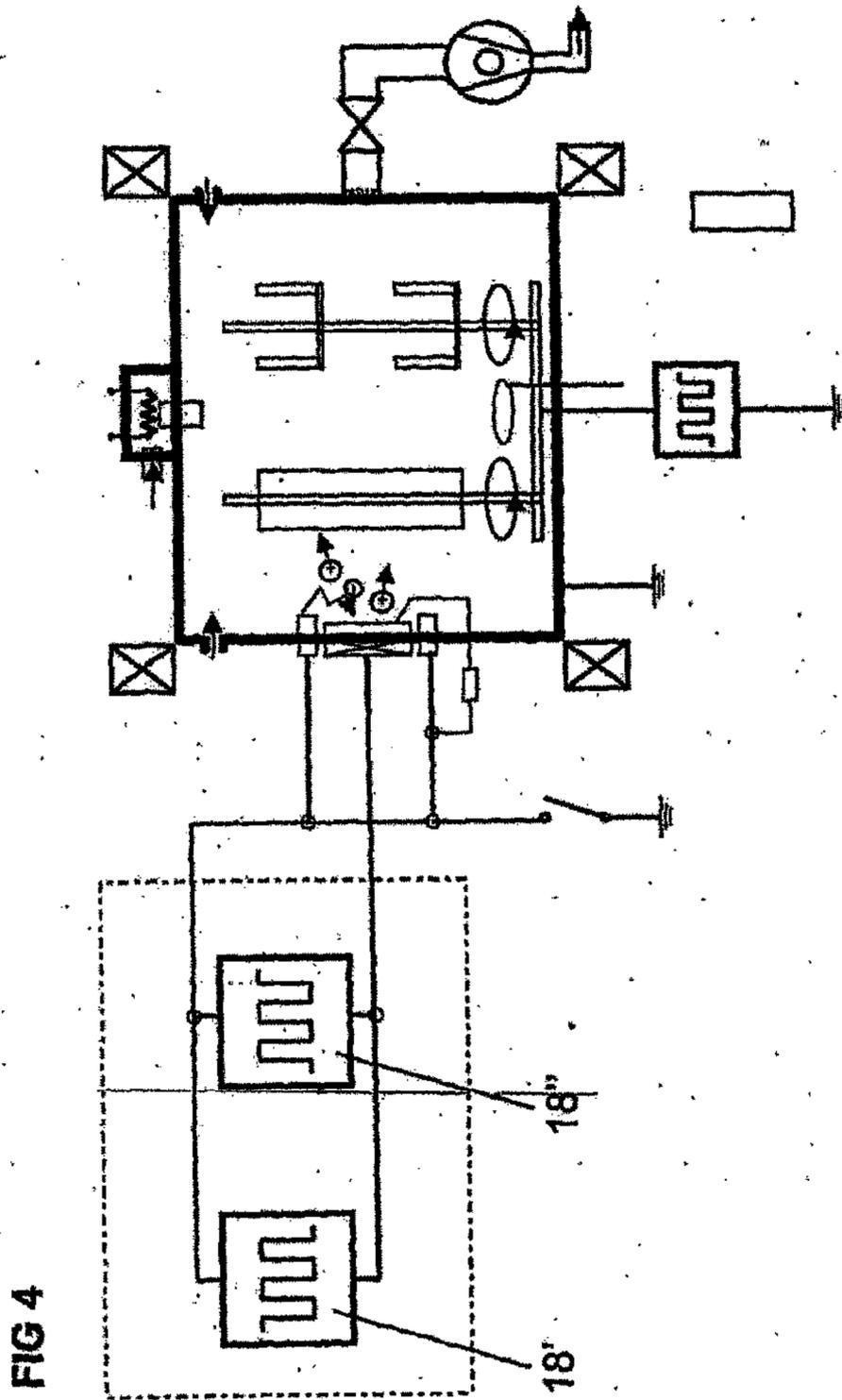


FIG 4

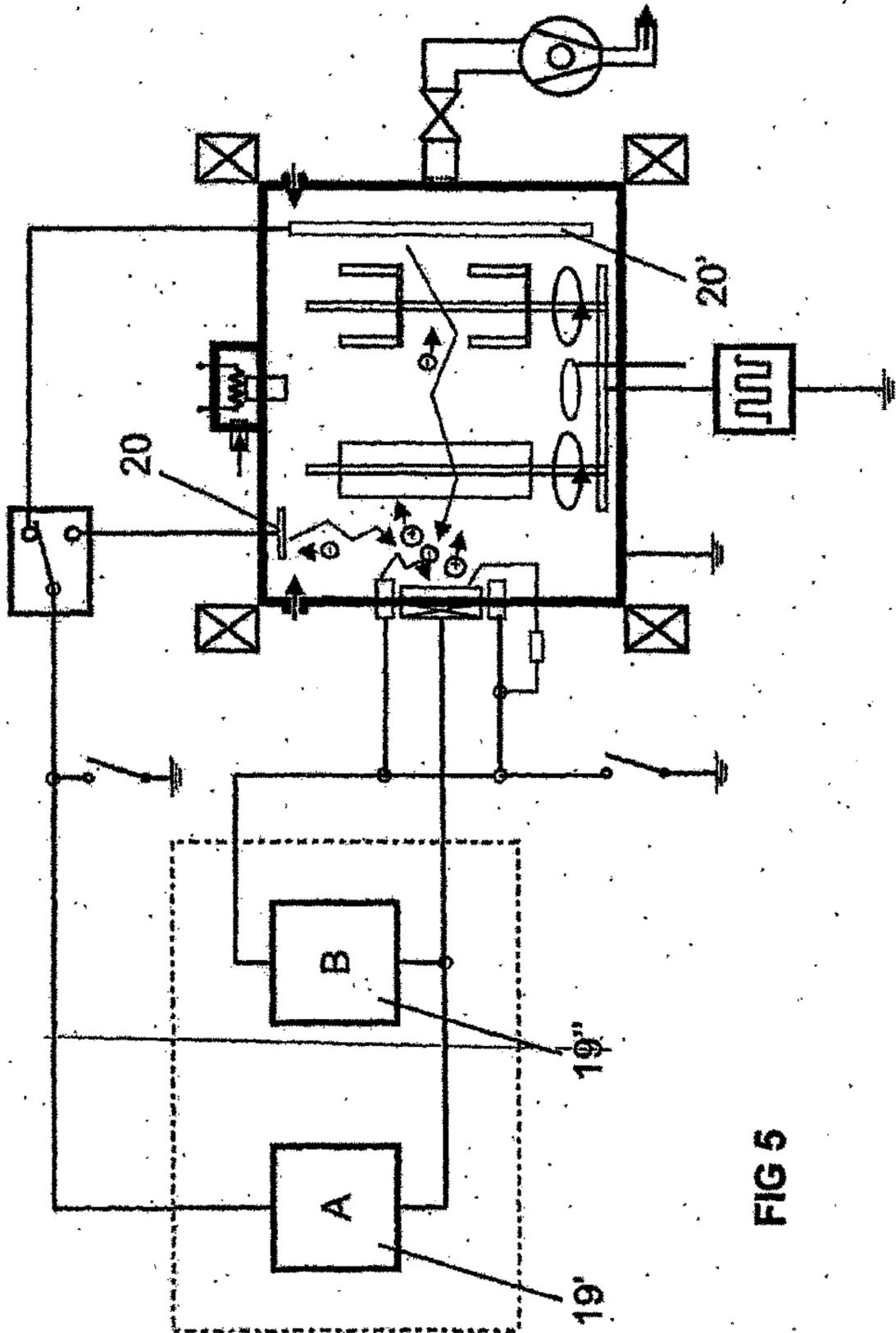


FIG 5

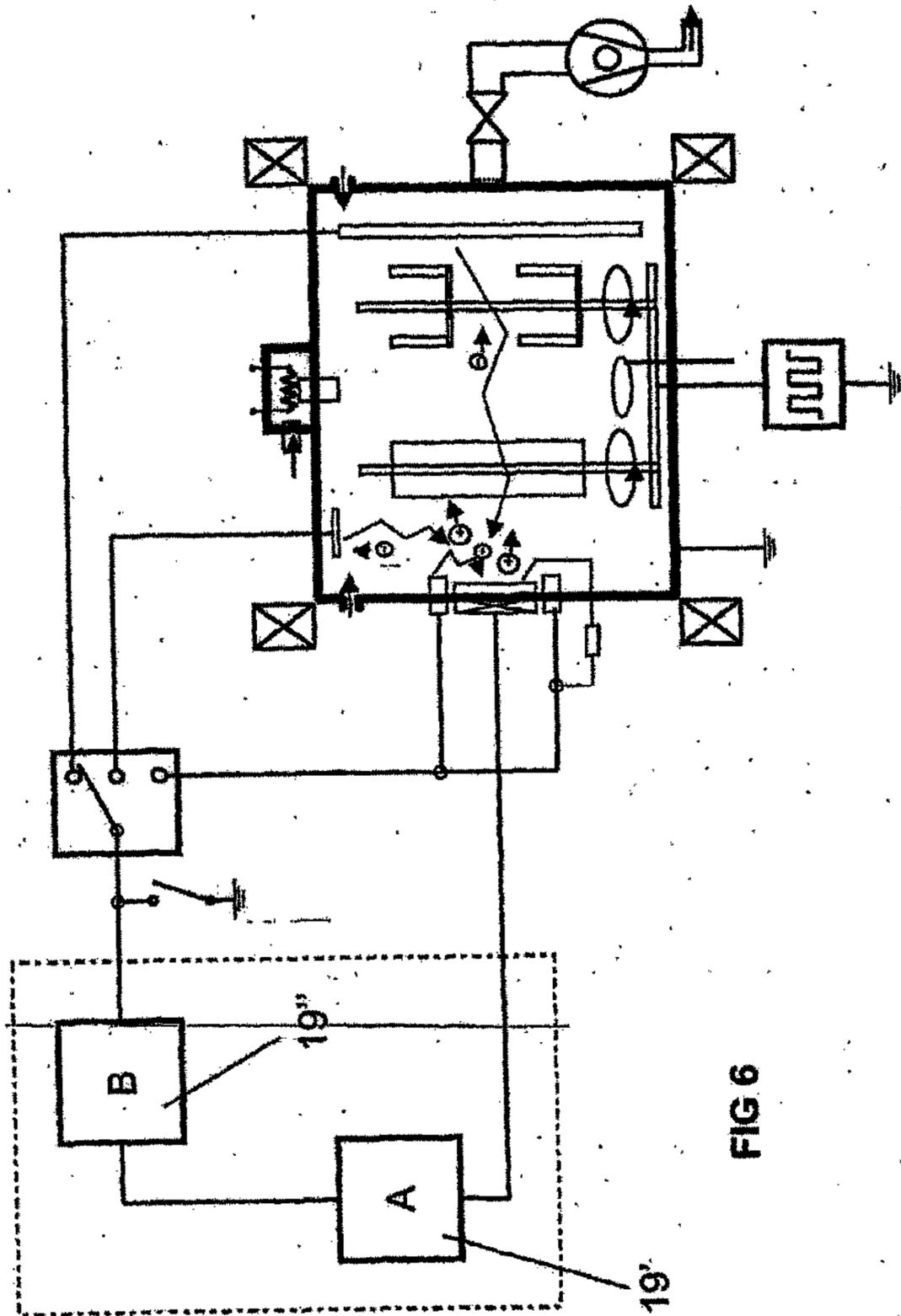


FIG 6

FIG 7

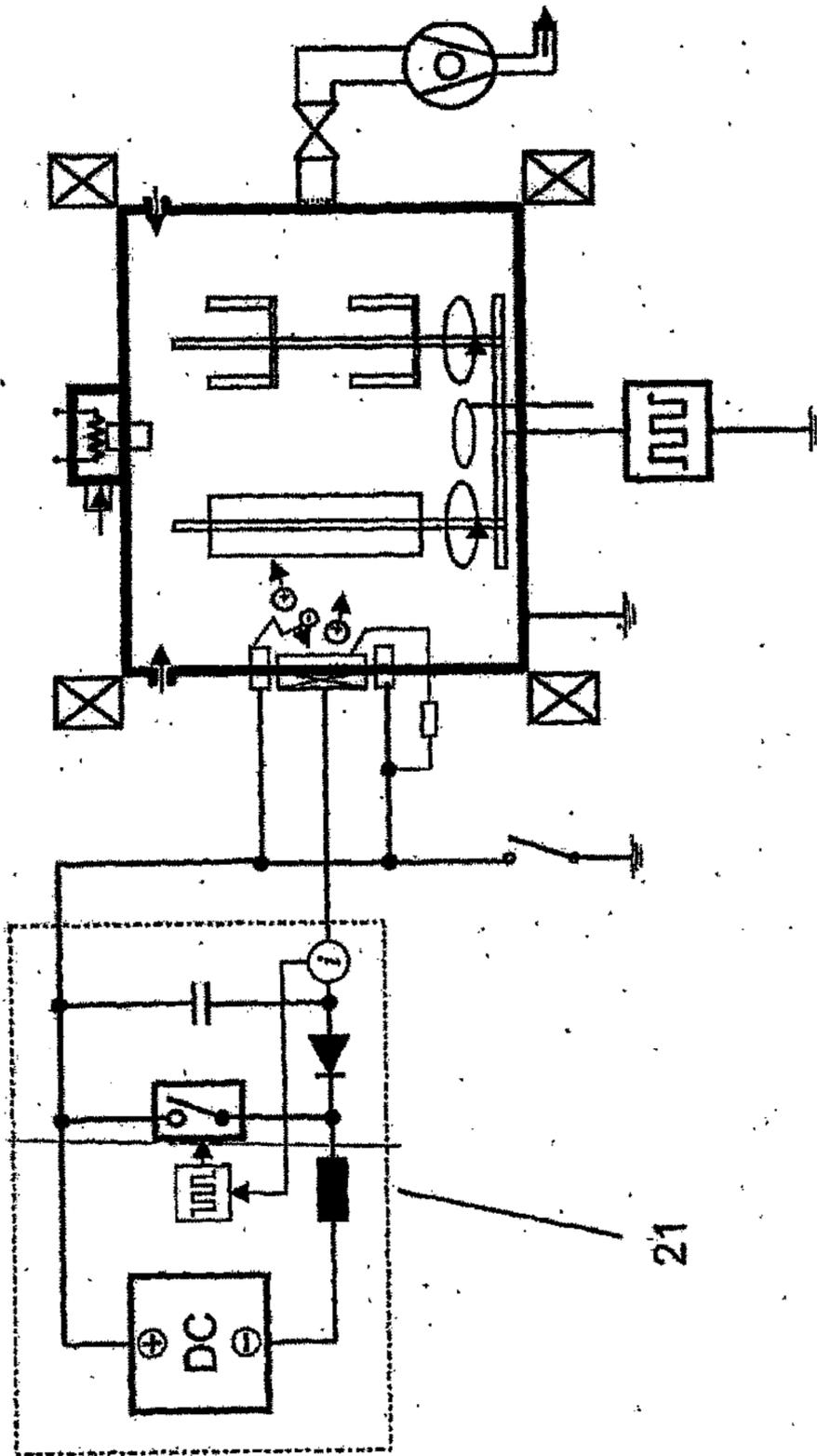


FIG 8

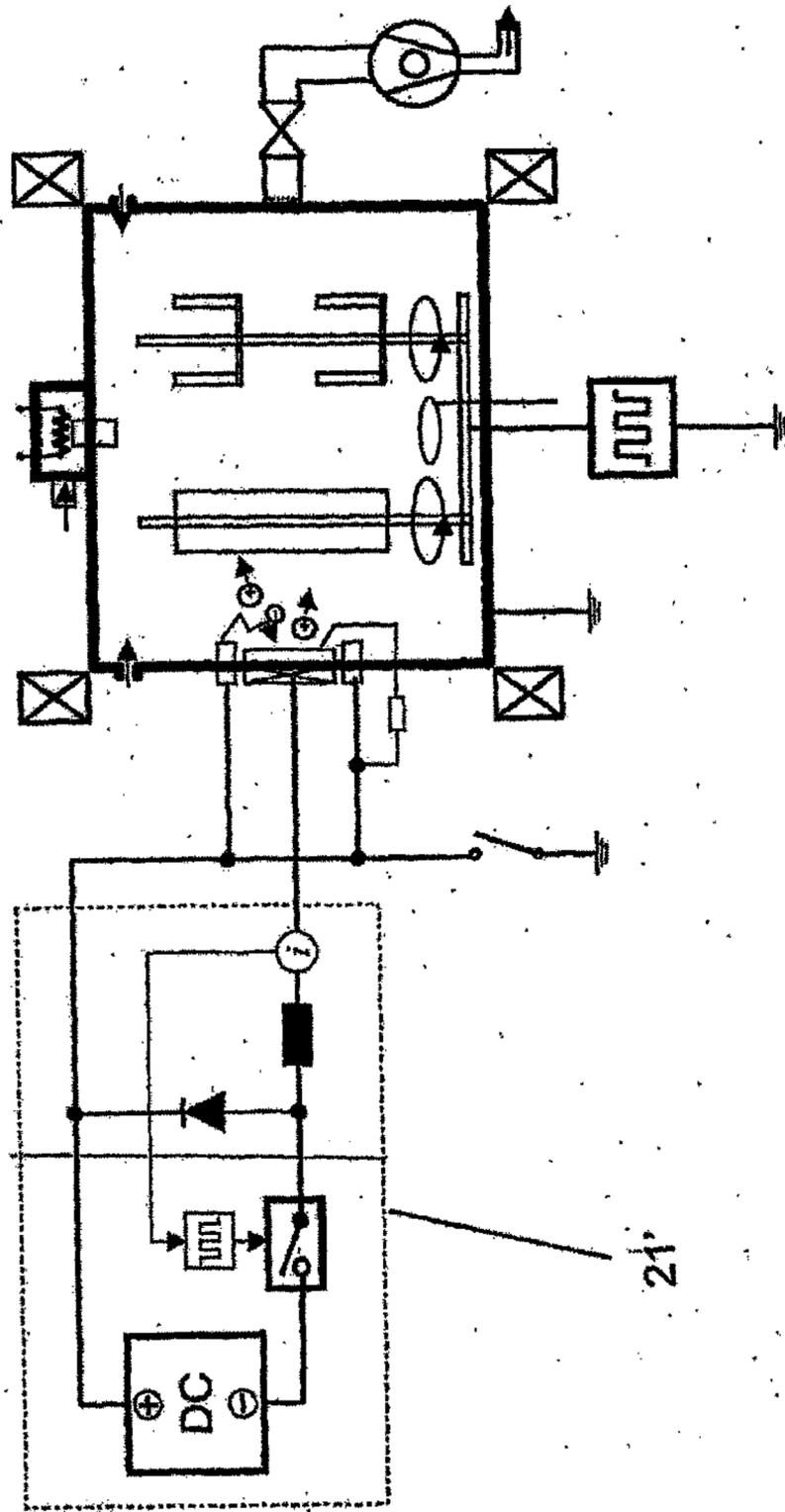


FIG 9

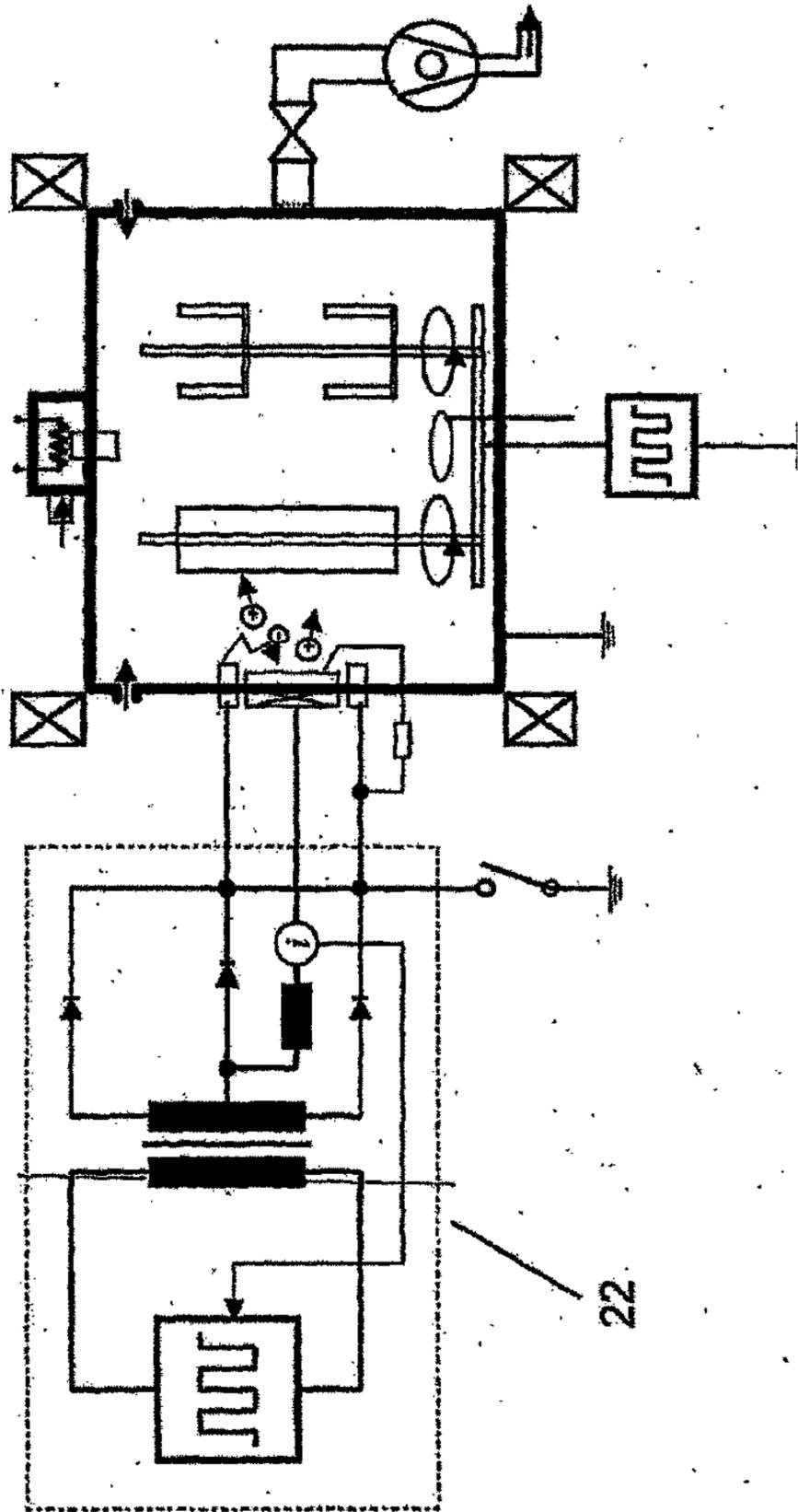


Tabla 1

Tipo Diápn. Modo		Al. CC	Al. CC-pulsada	Gr. CC	Gr. CC-pulsada	Tl. CC	Tl. CC-pulsada
U-CC/U-CC pulsada [A]		10000	1000/150	10000	1000/150	10000	1000/150
Fuente de impulsos [U/M]		--	250	--	250	--	250
Anchura de impulsos [µs]		--	10/10	--	10/10	--	10/10
Temperatura [°C]		400	400	400	400	400	400
Capas oxidicas							
Nr	Flujo de gas [cm ³]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]
		p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]
2	O ₂ = 0 / Ar = 100	22.4	23.2	28	28	24.2	3.40E-03
3	O ₂ = 200 / Ar = 100	28.6	--	37.4	--	33	--
4	O ₂ = 400 / Ar = 100	34.4	--	41	--	36.1	--
5	O ₂ = 200 / Ar = 50	29	--	--	--	--	--
6	O ₂ = 200 / Ar = 0	31.7	29.3	36.3	32	35.8	3.40E-03
7	O ₂ = 400 / Ar = 0	34.4	33.2	38	31	36.5	9.00E-03
Capas nítrificas							
Nr	Flujo de gas [cm ³]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]	U-CC-Qu. [M]
		p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]	p [mbar]
8	N ₂ = 0 / Ar = 100	22	--	24	24	24	3.40E-03
9	N ₂ = 200 / Ar = 100	26	--	26.5	26.5	26.5	7.80E-03
10	N ₂ = 400 / Ar = 100	25.5	--	28	28	28	1.20E-02
11	N ₂ = 200 / Ar = 0	27	26.4	27.5	27.5	27.5	5.20E-03
12	N ₂ = 400 / Ar = 0	27.5	27	28	27	28	1.00E-02