

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 445 397**

51 Int. Cl.:

H01J 37/32 (2006.01)

C23C 14/32 (2006.01)

C23C 14/00 (2006.01)

C23C 14/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.02.2008 E 08717297 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013 EP 2208216**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una fuente de arco y procedimiento para separar capas aislantes eléctricas**

30 Prioridad:

08.11.2007 US 937071

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

03.03.2014

73 Titular/es:

**OERLIKON TRADING AG, TRÜBBACH (100.0%)
HAUPTSTRASSE
9477 TRÜBBACH, CH**

72 Inventor/es:

**RAMM, JÜRGEN y
WOHLRAB, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 445 397 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 el funcionamiento de una fuente de arco y procedimiento para separar capas aislantes eléctricas

Ámbito técnico

5 El invento se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 para el funcionamiento de una fuente de arco.

Estado de la técnica

En el estado de la técnica se conocen diferentes procedimientos para el funcionamiento de fuentes de arco, conocidas también como fuentes de vaporizadores de arco o fuentes de chispas, por medio de la combinación de una fuente de corriente continua y una fuente de alimentación con impulsos de corriente.

10 En el documento EP 0 666 335 B1, por ejemplo, se propone, que para vaporizar materiales buenos conductores se superponga a un vaporizador de arco, que funciona con corriente continua, una corriente pulsatoria. Con ello se obtienen impulsos de corriente hasta de 5000 A, que, con frecuencias relativamente bajas de los impulsos en el margen de 100 Hz a un máximo de 50 kHz, se generan con descargas de condensadores. Con ello se quiere reducir esencialmente entre otros en la vaporización de blancos metálicos puros la formación de pequeñas gotas. Para generar las diferentes formas
15 obtenibles de los impulsos de la corriente pulsatoria se utilizan descargas individuales de condensadores. En este caso tiene lugar, por ejemplo en la creación de un impulso de corriente rectangular, un incremento de pequeña duración de la tensión de descarga, pero que no es posible mantener constante, sino que se desploma nuevamente, ya que, debido a la baja impedancia del plasma en la descarga de chispa, aumenta inmediatamente la intensidad de la chispa, cuya consecuencia es una caída de la tensión de descarga del condensador y con ello de la tensión de descarga de la chispa.
20 A pesar del supuesto efecto positivo de los picos de tensión de corta duración no es posible mantener durante un tiempo grande una tensión de descarga más alta de la chispa.

Frente a ello se conocen a través de los documentos WO 2008/043606, respectivamente US 2008/090099 de la misma solicitante procedimientos, que, además del procedimiento divulgado en el documento EP 0 666 335 B1 ya mencionado, describen corrientes de chispa pulsadas para la vaporización de metales en atmósfera de gas reactivo, que se utilizan
25 para la fabricación de capas aislantes, en especial óxidas. En estos procedimientos se describe tanto el efecto ventajoso de la pulsación sobre la reducción de salpicaduras, como también el funcionamiento del blanco de la chispa en la atmósfera de gas reactivo, en especial en oxígeno. Además, en estas solicitudes se comenta por primera vez también la importancia de la pendiente del impulso de tensión superpuesto a la tensión de descarga de la chispa. La presente solicitud se basa en este invento.

Exposición del invento

30 El invento se basa en el problema de crear un procedimiento en el que se eviten los inconvenientes del estado de la técnica mencionados más arriba y se puedan combinar las ventajas de una ionización alta de una descarga de chispa con la ventaja de una tensión de descarga más alta, sin someter el cátodo de chispas, en especial la superficie del cátodo de chispas a una carga térmica excesiva. Este problema se soluciona con las características de la reivindicación
35 1.

En este caso se busca, respectivamente hace funcionar una descarga eléctrica de chispa sobre la superficie de un blanco y la descarga de la chispa se realiza al mismo tiempo con una intensidad continua y una tensión continua relativamente baja de una fuente de alimentación. Al mismo tiempo se inyecta una corriente pulsatoria generada con una señal de tensión aplicada periódicamente, pudiendo elegir esencialmente de manera libre la forma de la señal de tensión.

40 En principio existen diferentes posibilidades para pulsar la corriente de chispa e incrementar de esta manera y forma la tensión de descarga de la chispa.

La utilización de una fuente de alimentación pulsada, que suministre la corriente para la descarga de la chispa, sería la más sencilla desde el punto de vista de sus premisas. Sin embargo, se comprobó, que con los generadores usuales del estado de la técnica para la conexión/pulsación de intensidades grandes estas premisas no conducen o al menos sólo
45 conducen de una manera insuficiente a un incremento constante de la tensión de descarga de la chispa, al menos durante la duración de la señal aplicada. Los aumentos de la tensión no son suficientemente rápidos y tampoco se pueden obtener flancos más pendientes con frecuencias más altas, ya que es difícil o imposible obtener estos con intensidades altas de la chispa del orden de 100 A o más. El resultado de la aplicación de una señal pulsada de esta clase es únicamente una cresta de tensión de pequeña duración con una amplitud pequeña, que es compensada con un
50 aumento de la intensidad adaptado a la potencia aplicada y con la impedancia del plasma reducida el rápido aumento de la oferta portadores de cargas. También la combinación de dos fuentes de alimentación separadas de las que una funcione de manera pulsada, no da lugar a mejoras esenciales.

De acuerdo con el presente invento se hace funcionar una fuente de arco con un procedimiento según las reivindicación 1. En este caso se puede hacer funcionar la corriente de chispa por medio de la conexión en paralelo de una fuente de tensión pulsada, que pueda suministrar potencias altas en el impulso para garantizar la forma deseada de la señal de tensión. Como se describirá más abajo, esto se puede realizar por ejemplo con una sucesión suficientemente rápida en el tiempo de varias descargas de condensador o con la utilización de una fuente de alimentación diseñada especialmente.

Las ventajas obtenidas con el invento residen, entre otras, en el hecho de que con un control, respectivamente la posibilidad de ajuste mejorados del margen de intensidad/tensión de la descarga de chispa para materiales de blanco y para condiciones de proceso diferentes se pueden ajustar márgenes de trabajo con los que es posible separar capas con una tasa de recubrimiento alta conocida en la vaporización con chispa, que poseen una calidad manifiestamente mejorada con relación a la formación de salpicaduras sobre la superficie del objeto a recubrir.

Esto no sólo es válido para la separación de capas metálicas, sino en especial también para la síntesis de capas en procesos reactivos y al mismo tiempo con tasas de separación altas. Así por ejemplo, el vapor del blanco ionizado en una parte todavía mayor que en los procesos convencionales de descarga de chispa puede reaccionar para formar un compuesto correspondiente formador de una capa con el gas reactivo también ionizado, respectivamente disociado igualmente al menos en parte en el plasma, respectivamente sobre la superficie de la pieza a recubrir. Además de la gran cantidad de compuestos de materiales duros, como por ejemplo nitruros, carburos, carbonitruros, boruros, compuesto de silicio y otros compuestos de uno o de varios metales de transición del grupo IV, V y VI del sistema periódico de los elementos (según el IUPAC-Standard 2005) así como del aluminio, se debe destacar aquí en especial la posibilidad de obtener también con este procedimiento capas oxídicas u otras capas aislantes. Este procedimiento pulsado es especialmente ventajoso en la vaporización con chispa de carbono. En este material es difícil desviar la chispa catódica con una fuente de alimentación de corriente continua pura. La superposición de impulsos de tensión parece influir en las propiedades de emisión de electrones de tal modo, que se impide el "gripado" del pie de la chispa y se pueden separar capas de carbono duras exentas de hidrógeno, como por ejemplo ta-C. Bajo "gripado" se entiende aquí la permanencia durante un tiempo grande del pie de la chispa en una zona muy pequeña de la superficie del blanco, lo que en especial en los blancos de carbono conlleva con frecuencia un deterioro de la superficie, la mayor formación de salpicaduras así como una reducción de la tasa de recubrimiento.

Para la fabricación de cristales mixtos con estructura de corindón se prestan los procedimientos de arco sin, respectivamente con un campo magnético pequeño perpendicular diseñado especialmente y los procedimientos de arco con impulsos superpuestos así como procedimientos generales, como por ejemplo los procedimientos de arco o de pulverización catódica, en los que a las fuentes de material, como fuentes de arco, respectivamente fuentes de pulverización catódica, se aplican impulsos de alta intensidad, respectivamente se superponen al funcionamiento básico con corriente continua. Con ello es posible el funcionamiento en estado contaminado, respectivamente la formación de una aleación en el blanco, siempre que se respeten determinadas condiciones marginales expuestas más abajo con detalle.

En los procedimientos con fuentes de impulsos para la fabricación de capas de cristales mixtos especialmente térmicamente robustas de óxidos múltiples en la trama cristalina del tipo de corindón se alimenta al menos una fuente de arco al mismo tiempo con corriente continua y también con una corriente pulsatoria, respectivamente alterna. En este caso se deposita sobre la pieza una capa con un primer electrodo construido como blanco de aleación de una fuente de arco o de pulverización catódica así como con un segundo electrodo, siendo alimentada la fuente al mismo tiempo con una intensidad continua, respectivamente una tensión continua y también una intensidad pulsatoria o alterna, respectivamente una tensión pulsatoria o alterna. El blanco de aleación equivale en este caso esencialmente a la composición de la capa de cristal mixto. La frecuencia de impulsos preferida se halla en este caso en el margen de 1 kHz a 200 kHz, pudiendo funcionar también la alimentación con corriente pulsatoria con una relación distinta del ancho de los impulsos, respectivamente con pausas de impulsos.

El segundo electrodo se puede disponer en este caso separado de la fuente de arco o como ánodo de la fuente de arco, pudiendo funcionar el primer y el segundo electrodo conectados con una sola fuente de corriente pulsatoria. Si el segundo electrodo no funciona como ánodo de la fuente de arco, se puede conectar, respectivamente hacer funcionar la fuente de arco a través de la fuente de corriente pulsatoria con una de las fuentes de material siguientes:

- una segunda fuente de vaporizador de arco conectada igualmente con una fuente de alimentación con corriente continua;
- el cátodo de una fuente de pulverización catódica, en especial una fuente de magnetrón, conectada igualmente con una fuente de alimentación, en especial una fuente de alimentación con corriente continua;
- un crisol de vaporización, que funcione al mismo tiempo como ánodo de un vaporizador de arco de baja tensión.

5 La alimentación con corriente continua tiene lugar en este caso con una intensidad básica tal, que la descarga de plasma se mantenga esencialmente sin interrupciones al menos en las fuentes de vaporizador de arco, pero con preferencia en todas las fuentes. En este caso se desacoplan la alimentación con corriente continua y la alimentación con corriente pulsatoria con un filtro eléctrico de desacoplamiento, que contenga con preferencia al menos un diodo de bloqueo. El recubrimiento puede tener lugar en este caso con temperaturas inferiores a 650 °C, con preferencia inferiores de 550 °C.

10 De manera alternativa de la vaporización con chispa también puede tener esencialmente lugar la formación de la capa exclusivamente con la descomposición de precursores gaseosos, siempre, que la conexión óptica entre la pieza y la fuente de chispas se interrumpa, por ejemplo con diafragmas u otras medidas constructivas. A título de ejemplo se mencionan aquí diferentes capas DLC o diamante, como las que se describen entre otros en el documento VDI 2840, tabla 1, nitruro de silicio, nitruro de boro y sistemas análogos. Muchas de estas capas también pueden ser separadas con procesos combinados en los que una parte del material formador de la capa procede de la fase de gas y otra parte del plasma de un cátodo de pulverización catódica o de chispa.

15 Con un procedimiento de esta clase es, además, posible controlar por medio del ajuste de la altura y de la pendiente de los flancos de la señal de tensión aplicada periódicamente, respectivamente de los impulsos de aguja, que forman la señal de tensión, la emisión de electrones de la descarga de chispa. Esta es tanto más intensa, cuanto más alta sea la señal de tensión, respectivamente el impulso de aguja, respectivamente cuando más pendiente se elija el flanco correspondiente del aumento de la tensión.

20 Si se hace funcionar una descarga eléctrica de chispa con una corriente continua y con una corriente pulsatoria generada con una señal de tensión aplicada periódicamente, es ventajoso, que la frecuencia de la señal de tensión se elija entre 1 Hz y 200 kHz, con preferencia entre 10 Hz y 50 kHz. La forma de la señal de tensión puede ser en este caso por ejemplo un diente de sierra, un polígono o un trapecio, siendo preferida para numerosas aplicaciones una forma rectangular, debido al aumento especialmente rápido de la tensión hasta la totalidad de la amplitud y a la permanencia en este nivel PV de tensión durante la totalidad de la duración T_p del impulso.

25 La señal de tensión, respectivamente el generador de tensión también puede funcionar en este caso con impulsos con intersticios, es decir con una longitud del impulso menor que la mitad de la duración del periodo de la frecuencia de servicio.

30 Debido al elevado grado de ionización del plasma generado con la descarga de chispa y a la cantidad de portadores de cargas existentes en una cantidad suficiente, también aumenta inmediatamente a intensidad o tan solo con un retardo en el margen de algunos microsegundos. Dado, sin embargo, que el transporte de las cargas, por un lado, en el plasma tiene lugar tanto por medio de electrones, como también por medio de iones y que estos últimos poseen una cierta inercia y, que, por otro, otras resistencias, como por ejemplo las impedancias de los cables en el circuito de chispas desempeñan un papel, no es posible, que la intensidad siga inmediatamente en la misma medida a la señal de tensión pulsada. Este efecto puede ser aprovechado en el presente procedimiento aplicando señales de tensión con una amplitud muy grande, que sin la limitación en el tiempo de la longitud de los impulsos, respectivamente de las señales de
35 aguja como se describirá más abajo, darían lugar a una sobrecarga del generador de tensión, a la formación de descargas eléctricas perjudiciales, al deterioro de la superficie del blanco, a una interrupción del proceso o a otros fenómenos no deseados. Como medida de seguridad alternativa o adicional también se puede generar para la limitación del aumento de la intensidad perjudicial debido a la frecuencia de los impulsos, respectivamente la frecuencia de los impulsos de aguja por medio de la desconexión de la señal de tensión, cuando se rebasa un umbral de intensidad detectado. En ambos casos se pueden prever por el técnico según necesidad pausas de impulso, que pueden ser
40 determinadas por ejemplo por medio del ajuste de las correspondientes constantes de tiempo del impulso de tensión, pausas de impulso adaptadas por ejemplo por medio del funcionamiento con intersticios mencionado más arriba, para optimizar la curva de las señales para procesos con, por ejemplo, diferente material del blanco o con una composición distinta del proceso.

45 La forma de la señal se obtiene en este caso ventajosamente con la resultante de una sucesión de impulsos de aguja, que se generan por ejemplo con la secuencia controlada en el tiempo de la descarga de condensadores individuales. La pendiente de los flancos de los impulsos de aguja debería ser en este caso al menos de 0,5 V/ μ s, pero con preferencia al menos de 2 V/ μ s y determina con ello también la pendiente de la señal de tensión formada por la resultante. La secuencia, respectivamente la duración de los impulsos de aguja se puede ajustar entre 0,1 kHz y 1 MHz, respectivamente 10 ms y 1 μ s, pero con preferencia entre 1 kHz y 500 kHz, respectivamente 1 ms y 2 μ s. Como ya se mencionó, es especialmente ventajoso, que los impulsos de aguja se elijan de tal modo, que la resultante posea una curva de tensión cuasi estacionaria durante la duración T_p del impulso, es decir, que posea aproximadamente una forma rectangular, para poder mantener estables durante la duración del impulso los procesos de emisión deseados en el cátodo.

55 La magnitud absoluta de la amplitud de los impulsos de aguja, respectivamente de la señal de tensión debería rebasar en el presente caso la corriente continua aplicada en al menos un 10 %, pero con preferencia en al menos un 30 % para obtener los efectos deseados de una ionización mayor, etc.

- La ventaja de una secuencia de descargas de condensadores de esta clase reside en el hecho de que se pueden realizar potencias muy altas de los impulsos, por ejemplo de algunos cientos de kW por impulso. En comparación con ello, los blancos de chispa funcionan en el sistema con corriente continua con, típicamente, 5 a 10 kW. Una superposición en alta frecuencia con estos impulsos de alta potencia con una sola descarga de condensador conduciría, sin embargo, a una sobrecarga de la fuente y/o de otras partes de la disposición y tampoco garantizaría la deseada estabilidad de la tensión durante la duración del impulso. Estas descargas de alta energía de condensadores son por ello convenientes para márgenes de frecuencia hasta aproximadamente 10, pero como máximo 50 kHz. La descarga de condensadores con una capacidad más pequeña y su yuxtaposición en el tiempo también puede tener lugar con frecuencias más altas, como bien sabe el técnico.
- Estas señales de tensión, respectivamente la correspondiente secuencia de impulsos de aguja también pueden ser suministradas de manera alternativa con una o varias fuentes de alimentación libremente ajustables desde el punto de vista de la longitud de la señal, la frecuencia de la señal, la amplitud de la señal, las pausas de impulsos y/o la forma de la señal, siempre, que estas estén diseñadas para generar señales de tensión pulsadas con una gran pendiente de los flancos. Una fuente de alimentación con tensión de esta clase se describe con detalle por ejemplo en el documento WO 06099759. La correspondiente solicitud, en especial la descripción de la utilización de una fuente de alimentación con tensión de esta clase, denominada allí generador de plasma de vacío, desde la página 14, párrafo 2 hasta la página 17 abajo, se declara con ello parte integral de la presente solicitud de patente. Con un generador de esta clase también es posible realizar pendientes de los flancos de 0,1 V/ns hasta 1,0 V/ns.
- La utilización de las fuentes de alimentación con tensión de esta clase es especialmente recomendable, cuando se deban utilizar frecuencias de impulso altas, por ejemplo entre 10 y 200 kHz. En este caso es preciso tener en cuenta, que la utilización de una fuente de tensión pulsada, respectivamente de una fuente de alimentación con tensión es siempre un compromiso entre la energía alcanzable del impulso y la frecuencia posible.
- Para incrementar adicionalmente la excitación térmica en la superficie del blanco también se realizaron algunos ensayos con blancos enfriados, respectivamente calentados, vaporizando bajo oxígeno material de la superficie casi incandescente del blanco. Las capas obtenidas así también muestran una trama de tipo corindón. En estos procesos se puede constatar al mismo tiempo, a través del aumento de la tensión de descarga, un aumento de la impedancia del plasma, que se puede atribuir a la mayor emisión de electrones de superficies incandescentes en combinación con una mayor presión de vapor del material del blanco y que es reforzada adicionalmente por la pulsación de la corriente de fuente.
- Otra posibilidad para obtener capas de óxido según el invento es el funcionamiento de una descarga de alta potencia con al menos una fuente. Esta puede ser generada por ejemplo por medio de la utilización de las fuentes de alimentación con corriente pulsada, respectivamente las fuentes de alimentación con tensión pulsada con una pendiente de los flancos del impulso, que se halle al menos en el margen de 0,02 V/ns hasta 2,0 V/ns, con preferencia en el margen de 0,1 V/ns hasta 1,0 V/ns. En este caso se aplican intensidades de al menos 20 A, pero con preferencia iguales o mayores que 60 A con tensiones entre 60 y 800 V, con preferencia entre 100 y 400 V sobre, respectivamente además de la tensión y de la corriente de la descarga de corriente continua realizada al mismo tiempo. Estos impulsos de aguja de tensión pueden ser generados por ejemplo con una o varias cascadas de condensadores, lo que, junto a otras ventajas, también hace posible reducir la carga de la fuente de alimentación básica. Sin embargo, el generador de impulsos se conecta entre dos fuentes de arco, que funcionan simultáneamente con corriente continua. Con la aplicación de los impulsos de aguja en el procedimiento con arco se consigue sorprendentemente incrementar la tensión en la fuente durante varios μ s en función de la magnitud de la señal de tensión aplicada, mientras que los impulsos con una menor pendiente de los flancos sólo se manifiestan, como se esperaba, en un aumento de la intensidad de la fuente.
- Como mostraron las primeras pruebas, con estas descargas de alta intensidad también es posible obtener con fuentes de pulverización catódica con blancos de aleación óxidos múltiples con estructuras de corindón, escolaita o exagonales comparables, lo que se debe supuestamente a la mayor densidad de potencia en la superficie del blanco y al gran aumento de la temperatura ligado a ello, siendo también en este caso la utilización de blancos enfriados o calentados, como se describió más arriba. La descarga de alta potencia posee para estos procesos, tanto para la utilización de arcos de alta potencia, como también para la pulverización catódica de alta potencia características análogas, como las que se corresponden con la descarga de efluvios anormal conocida a través del diagrama Townsend de intensidad y tensión.
- Fundamentalmente son posibles diferentes medidas para incrementar la impedancia del plasma, respectivamente de la superficie del blanco. Esto se puede lograr, como se expuso más arriba, con la superposición de impulsos de aguja, con el calentamiento de la superficie del blanco o con una combinación de medidas. Como superposición se entiende aquí una superposición de la tensión de descarga de corriente continua con impulsos de aguja, que no excluye la superposición en el tiempo de los impulsos de aguja, en el sentido de una secuencia de impulsos de aguja, que se superponen al menos en parte. Para el técnico es obvio, que para alcanzar potencias especialmente grandes también es posible descargar al mismo tiempo por ejemplo dos o más condensadores y formar así un impulso de aguja especialmente grande.

Breve descripción del dibujo

En lo que sigue se describirá con detalle el invento por medio de figuras, que representan únicamente distintos ejemplos de ejecución del presente invento. Estas muestran:

La figura 1, una instalación de recubrimiento con chispa con alimentación con corriente continua y con corriente pulsada;

5 la figura 2, una instalación de recubrimiento con chispa con alimentación con corriente continua y condensador de impulsos;

la figura 3, una curva esquemática de tensión;

la figura 4, una curva esquemática de tensión/intensidad;

la figura 5, una curva de tensión/intensidad medida.

10 La instalación 1 de tratamiento en vacío representada en la figura 1 contiene una disposición para el funcionamiento de una fuente de arco combinada con una unidad 16 de generador, que contiene una fuente 13 de alimentación con corriente continua y una fuente 15 pulsada de tensión conectada en paralelo con ella, en este caso una fuente 15 de alimentación con tensión, para superponer a la corriente continua una señal pulsada de tensión. Esta conexión permite un funcionamiento estable de una vaporización reactiva de chispa incluso para capas aislantes, en el que en el transcurso del tiempo se recubren con una capa aislante el interior de la instalación 1, el ánodo 10 auxiliar y los soportes 3 del sustrato, respectivamente el sustrato. La instalación está equipada con una estación de bombeo para crear el vacío, soportes 3 del sustrato para alojar y contactar eléctricamente las piezas no representadas aquí, así como una fuente 4 de alimentación de corriente bias, para aplicar una tensión de sustrato a las piezas. Esta última puede ser una fuente de alimentación de corriente continua, una fuente de alimentación de corriente alterna o una fuente de alimentación bipolar respectivamente unipolar de sustrato. Por medio de al menos una entrada 11 de gas de proceso se puede inyectar gas inerte, respectivamente reactivo para controlar la presión del proceso y la composición del gas en la cámara de tratamiento.

Los componentes de la propia fuente de arco son un blanco 5 con un dedo 7 de ignición así como un ánodo 6, que rodea el blanco 5. Con un conmutador 14 se puede elegir entre un funcionamiento flotante del ánodo y del polo positivo de la fuente 13 de alimentación y un funcionamiento con potencial cero, respectivamente de masa definido. Además, la fuente de arco también puede comprender un sistema 12 magnético de blanco, por ejemplo una o varias bobinas y/o un sistema de imán permanente.

Otras características facultativas de la instalación 1 de tratamiento en vacío son una fuente 9 de plasma adicional, en este caso una fuente para generar un arco voltaico de baja tensión (NVB) con cátodo caliente, con entrada 8 para gas inerte, un ánodo 10 auxiliar así como otra fuente de alimentación no representada aquí con detalle para el funcionamiento del arco voltaico de baja tensión entre la fuente 9 de plasma y el ánodo 10 auxiliar y, en caso necesario, bobinas para la concentración magnética del plasma de arco voltaico de baja tensión.

En la figura 2 se compone la fuente de tensión pulsada de al menos una fuente 18 de alimentación con tensión de carga para cargar varios condensadores de grupos 19 de condensadores y de los correspondientes conmutadores 20, que conectan los condensadores 19 de manera gobernada en el tiempo con la fuente de alimentación con tensión de carga para su carga o con la fuente de arco para generar un impulso de aguja. Por razones de sencillez sólo se representan en la figura 2 un condensador 19 y un conmutador 20, que representan una disposición correspondiente de condensadores y conmutadores. La fuente 18 de alimentación con tensión de carga genera en este caso, por ejemplo, una tensión constante entre 100 y 1000 V, mientras que la tensión de servicio de la fuente 13 de alimentación con corriente continua integrada aquí igualmente en una unidad 16 de generador se halla, en el margen de las tensiones de servicio usuales para generadores de descargas de chispas, entre aproximadamente 10 a aproximadamente 100 V.

La figura 3 muestra una posible curva de tensión, que puede ser obtenida con una activación correspondiente de los conmutadores 20. En este caso se yuxtaponen una serie de descargas de condensador de tal modo, que la resultante 21 de los impulsos 22 de aguja generados con las descargas de los condensadores genere la forma de la señal de tensión pulsada con una tensión PV de los impulsos. La resultante 21 idealizada, que equivale esencialmente a la tensión efectivamente medida, se halla, con impulsos de aguja de la misma magnitud, aproximadamente en los dos tercios de la altura de la tensión de aguja máxima y a ella se puede superponer un rizado basado en impedancias eléctricas y en la separación de los impulsos de aguja. Los impulsos 22 de aguja se representan aquí de manera esquemática como triángulos y sin intersticios. Es obvio, que los impulsos de aguja también pueden presentar formas distintas y que se pueden yuxtaponer con intersticios. Las señales de tensión pulsadas asientan en este caso en la señal de corriente continua de bajo voltaje generada con la fuente 13 de alimentación con corriente continua. Con la sucesión rápida en forma de paquete de los impulsos 22 de aguja con la duración T_n se puede mantener estable el aumento PV-DV de la tensión durante un intervalo T_p de tiempo grande, pero al menos se puede mantener estable hasta que se forme una

señal de impulso con frecuencia media con la duración T_f . La forma de la señal puede ser variada con la aplicación, conocida del técnico, de impulsos de agua con distinta altura, respectivamente longitud, respectivamente por adaptación de las descargas de los condensadores a la impedancia de la descarga de chispa. En el caso de una señal rectangular es posible, que el flanco 23 ascendente de las resultantes 21 posea la misma pendiente que los impulsos de aguja, siempre que la capacidad del condensador individual se elija suficientemente grande. De manera alternativa se pueden conectar de manera sincronizada, como es conocido del técnico, una gran cantidad de condensadores más pequeños para obtener una señal de tensión correspondiente. T_f se puede ajustar en este caso entre 5 μ s y hasta 1 s, pero con preferencia entre 20 μ s y 100 ms. Como ya se mencionó, también es posible un funcionamiento con intersticios. T_n puede ser ajustada entre 1 μ s y 100 ms, pero con preferencia entre 2 μ s y 1 ms. Si se desean señales de tensión extremadamente cortas, se puede formar la señal de tensión con un solo impulso de aguja. En este caso sólo tiene lugar la formación de un pico de tensión. La ventaja del presente procedimiento de poder ajustar libremente la forma de la señal sólo puede ser aprovechada, sin embargo, con una secuencia mínima de tres, con preferencia cinco, en especial diez impulsos de aguja. El tiempo durante el que la tensión de impulso plena puede ser aplicada, cuando se utiliza un impulso rectangular, se halla en al menos tres, cinco, respectivamente 10 microsegundos, con preferencia en al menos seis, quince, respectivamente treinta microsegundos. La duración máxima se puede determinar en el caso de una temporización en función del tiempo con la mitad de la frecuencia de la señal de tensión.

De manera análoga también se pueden realizar con una fuente de tensión, como la descrita por ejemplo en el documento WO 06099759, señales de tensión muy pendientes y bien definidas, que también pueden estar formadas por un paquete de impulsos de aguja sucesivos, para obtener un aumento correspondiente de la tensión de descarga de la chispa.

En la figura 4 se representa el comportamiento en principio de la tensión/intensidad para el funcionamiento de estas fuentes de tensión pulsadas conectadas en paralelo. La figura 4A muestra de manera análoga a la figura 3, los detalles para generar la resultante 21, la curva de tensión de la tensión de la chispa resultante de la fuente 13 de alimentación con corriente continua (línea de trazo discontinuo) y la fuente 15, respectivamente 18 a 20 de la tensión pulsada (línea de trazo continuo). La figura 4B muestra la correspondiente curva de intensidad. El aumento de la intensidad de la corriente de chispa tiene lugar prácticamente inmediatamente después de la aplicación de la señal pulsada con la altura PV por medio de la fuente de tensión pulsada e incrementa con ello la corriente de descarga, que fluye a través del plasma de la descarga de la chispa. Se debe hacer la observación de que en las figuras 4 y 5 no se representa la curva suma de la corriente de descarga, sino por separado las curvas de las intensidades generadas por la fuente de tensión pulsada (línea de trazo continuo), respectivamente por la fuente 13 de alimentación con corriente continua (línea de trazo discontinuo). Mientras que la tensión de la chispa alcanza muy rápidamente el valor nominal, que puede ser mantenido prácticamente estacionario sobre la longitud del impulso, la intensidad de la chispa aumenta cuasi linealmente en toda la duración del impulso con una pendiente manifiestamente menor determinada por las impedancias de los cables y por otras resistencias del circuito de la chispa. La intensidad de la chispa no llega en este caso a la saturación, como cabía esperar también de acuerdo con el diagrama de Townsend. Sólo la desconexión del impulso de tensión y la caída de tensión de descarga de la chispa hace decrecer nuevamente la intensidad de la chispa. Por lo tanto, en principio se pueden obtener con fuentes de tensión pulsada, que se conectan en paralelo con la fuente de alimentación con corriente continua de la chispa, crecimientos casi estacionarios de la tensión de descarga de la chispa. La pendiente y el valor del crecimiento de la tensión en el funcionamiento pulsado dependen aquí de distintos parámetros, como por ejemplo las impedancias de los cables, la impedancia de la descarga, el material del blanco, etc. La pendiente del impulso y la amplitud del aumento de la tensión también se influyen mutuamente. Cuanto más pendiente se pueda configurar el impulso de tensión, tanto mayor es el incremento posible de la tensión a causa de la relativa inercia del crecimiento de la intensidad. Sin embargo, a través de la figura 4 también se comprende, que la longitud del impulso no puede ser ilimitadamente grande, ya que el sobreumento de la tensión da lugar al arrastre de la intensidad de la chispa, lo que también conduce, usualmente al alcanzar un valor umbral, denominado también corriente de cortocircuito, a la desconexión automática de la alimentación con corriente continua. También este punto de desconexión automática puede ser utilizado, junto de la limitación por medio de la longitud T_p de la señal de tensión y de la longitud T_n , respectivamente la secuencia y disposición de los impulsos de aguja, para controlar el aumento de la intensidad y del proceso de vaporización sobre el cátodo de chispas ligado a ello.

La figura 5 muestra la curva de intensidad-tensión, registrada durante un proceso de recubrimiento con impulsos indicado más abajo, con una señal U_{puls} de tensión aplicada periódicamente por una fuente 15 de alimentación con tensión pulsada y con una intensidad I_{puls} pulsada correspondiente, que se superpone a la corriente I_{DC} continua de la fuente 13 de alimentación con corriente continua. También en este caso se puede apreciar, que la intensidad I_{puls} del impulso aumenta, incluso después de alcanzar la tensión PV del impulso, hasta que se desconecta el impulso. El sobreumento de la tensión con relación a funcionamiento con corriente continua es en este caso de aproximadamente -20 V.

Las curvas de intensidad-tensión representadas se registraron en la separación de capas de Al_2O_3 , respectivamente (Al, Cr) $_2O_3$ en un sistema de producción Innova de la firma Oerlikon Balzers en las condiciones siguientes.

1. Parámetros del proceso para la vaporización con chispa para al obtención de óxido de aluminio:

ES 2 445 397 T3

	Flujo de oxígeno	400 sccm
	Presión de proceso	1×10^{-2} mbar
	Intensidad de la fuente de DC, blanco de Al	100 A
5	Intensidad de la fuente de impulsos, blanco de Al	100 A con 50 kHz, 10 μ s impulso/ μ s pausa
	Bias del substrato	-40 V pulsado con DC o AC (siempre 50-350 kHz)
	Temperatura del substrato	aprox. 500 °VC
10	Tiempo de proceso	60 a 120 min, algunos ensayos con 360 min
	El tiempo medido del aumento del flanco 23 ascendente de la resultante del impulso de tensión fue de aproximadamente 6 V/ μ s.	
15	2. Parámetros del proceso para la vaporización con chispa para la obtención de cristales mixtos de aluminio/óxido de cromo con estructura de corindón:	
	Flujo de oxígeno	1000 sccm
	Presión de proceso	2.6×10^{-2} mbar
	Intensidad de la fuente de DC, $Al_{0,7}Cr_{0,3}$	120 A
20	Intensidad de la fuente de impulsos, $Al_{0,7}Cr_{0,3}$	100 A, 30 kHz 8 μ s impulso/25 μ s pausa
	La corriente de bobina del campo magnético de la fuente, tipo Oerlikon Balzers MAG 6, se ajustó en 0,5 A. Con ello se generó en la superficie del blanco un campo débil esencialmente perpendicular de aproximadamente 2 mT (20 Gs).	
	Bias del substrato	U = -60V (bipolar, 36 μ s negativo, 4 μ s positivo)
25	Temperatura del substrato	aprox. 550 °C
	Tiempo del proceso	60 a 120 min
	El tiempo medido del crecimiento del flanco 23 ascendente de la resultante del impulso de tensión fue de aproximadamente 2 V/ μ s.	
30	Por medio de una adaptación correspondiente de la alimentación con tensión de impulso, por ejemplo por medio de la elección de conexiones de cable muy cortas hasta las fuentes de chispa, fue posible obtener pendientes hasta 100 V/ μ s.	

LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

	1	Instalación de recubrimiento con chispa
	2	Estación de bombeo de vacío
	3	Soporte del sustrato
5	4	Alimentación con impulso Bias
	5	Blanco
	6	Ánodo
	7	Dispositivo de ignición
	8	Cámara de ionización
10	9	Filamento
	10	Ánodo auxiliar
	11	Entrada de gas
	12	Sistema magnético de blanco
	13	Fuente de alimentación con corriente continua
15	14	Interruptor de masa
	15	Alimentación con tensión pulsada
	16	Unidad de generador
	17	Bobina
	18	Alimentación con tensión de carga
20	19	Condensador
	20	Interruptor de impulsos
	21	Resultante
	22	Impulso de aguja
	23	Flanco ascendente
25		

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el funcionamiento de una fuente de arco, cebando, respectivamente haciendo funcionar una descarga eléctrica de chispa sobre la superficie de un blanco (5) y alimentando al mismo tiempo la descarga de chispa con una corriente continua a la que se asigna una tensión (DV) continua así como con una corriente pulsatoria aplicada periódicamente, caracterizado porque se genera una señal (21) de tensión pulsada con una tensión (PV) del impulso y con una longitud (T_p) del impulso de varios microsegundos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado, además, porque la forma de la señal de tensión puede ser elegida esencialmente de manera libre.
- 10 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la frecuencia de la señal de tensión se halla entre 1 Hz y 200 kHz, con preferencia entre 10 Hz y 50 kHz.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la forma de la señal es un diente de sierra, un polígono, un trapecio, pero con preferencia un rectángulo.
- 15 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la señal de tensión se aplica con funcionamiento con intersticios.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la señal de tensión es desconectada, cuando se rebasa un umbral de intensidad detectado...
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la forma de la señal (21) de tensión es formada por la resultante (21) de una yuxtaposición de impulsos (22) de aguja.
- 20 8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado, además, porque los impulsos (22) de aguja se generan con la descarga de una secuencia controlada en el tiempo de diferentes condensadores (19) o con una fuente (15) de alimentación con tensión pulsada.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado, además, porque la pendiente del flanco (23) ascendente de los impulsos (22) de aguja es al menos de 0,5 V/ μ s, pero con preferencia de al menos 2 V/ μ s.
- 25 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado, además, porque la secuencia, respectivamente la duración de los impulsos (22) de aguja se halla entre 0,1 kHz y 1 MHz, respectivamente 10 ms y 1 μ s, con preferencia entre 1 kHz y 500 kHz, respectivamente 1 ms y 2 μ s.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado, además, porque la altura del impulso (22) de aguja rebasa la corriente DV continua aplicada en al menos un 10 %, con preferencia en al menos un 30 %.
- 30 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado, además, porque para generar la señal de tensión se utilizan al menos tres, con preferencia al menos cinco impulsos (22) de aguja.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la señal de tensión es creada con una fuente (15) de alimentación con tensión pulsada, respectivamente una unidad (16) de generador libremente ajustable desde el punto de vista de la longitud de la señal, de la frecuencia de la señal, de la amplitud de la señal, de las pausas de señal y/o de la forma de la señal.
- 35 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizado, además, porque la señal de tensión es creada con una fuente (15) de alimentación con tensión pulsada, respectivamente una unidad (16) de generador libremente ajustable desde el punto de vista la sucesión en el tiempo, la pendiente de los flancos y/o la altura de los impulsos de aguja.
- 40 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la pendiente del flanco (23) ascendente de la señal de tensión es al menos de 0,5 V/ μ s, pero con preferencia de 2 V/ μ s.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque esencialmente en toda la longitud (T_p) del impulso se aplica con preferencia una tensión (PV) de impulso constante.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado, además, porque la señal de tensión aplicada periódicamente se aplica se manera alternante a blancos (5) de varias fuentes de arco.

18. Procedimiento para la fabricación de substratos recubiertos por medio de una fuente de arco, que funcione según el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.

5 19. Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado porque se separan capas aislantes, en especial capas oxídicas o que contienen óxido.

20. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 ó 19 precedentes, caracterizado, además, porque el material del blanco (5) de la fuente de arco se compone, además, de carbono o de un material con más del 20 % en volumen de carbono.

10

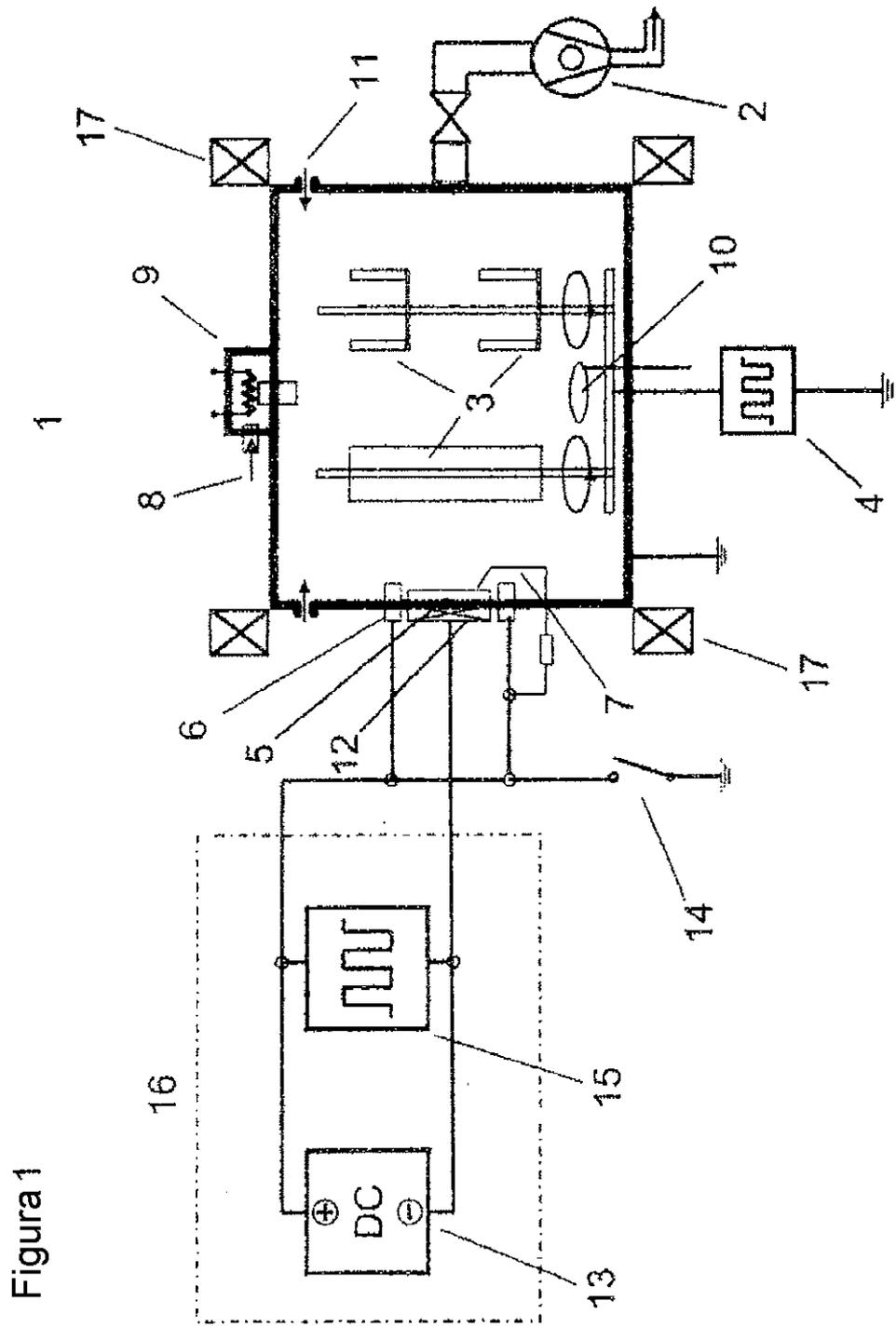


Figura 1

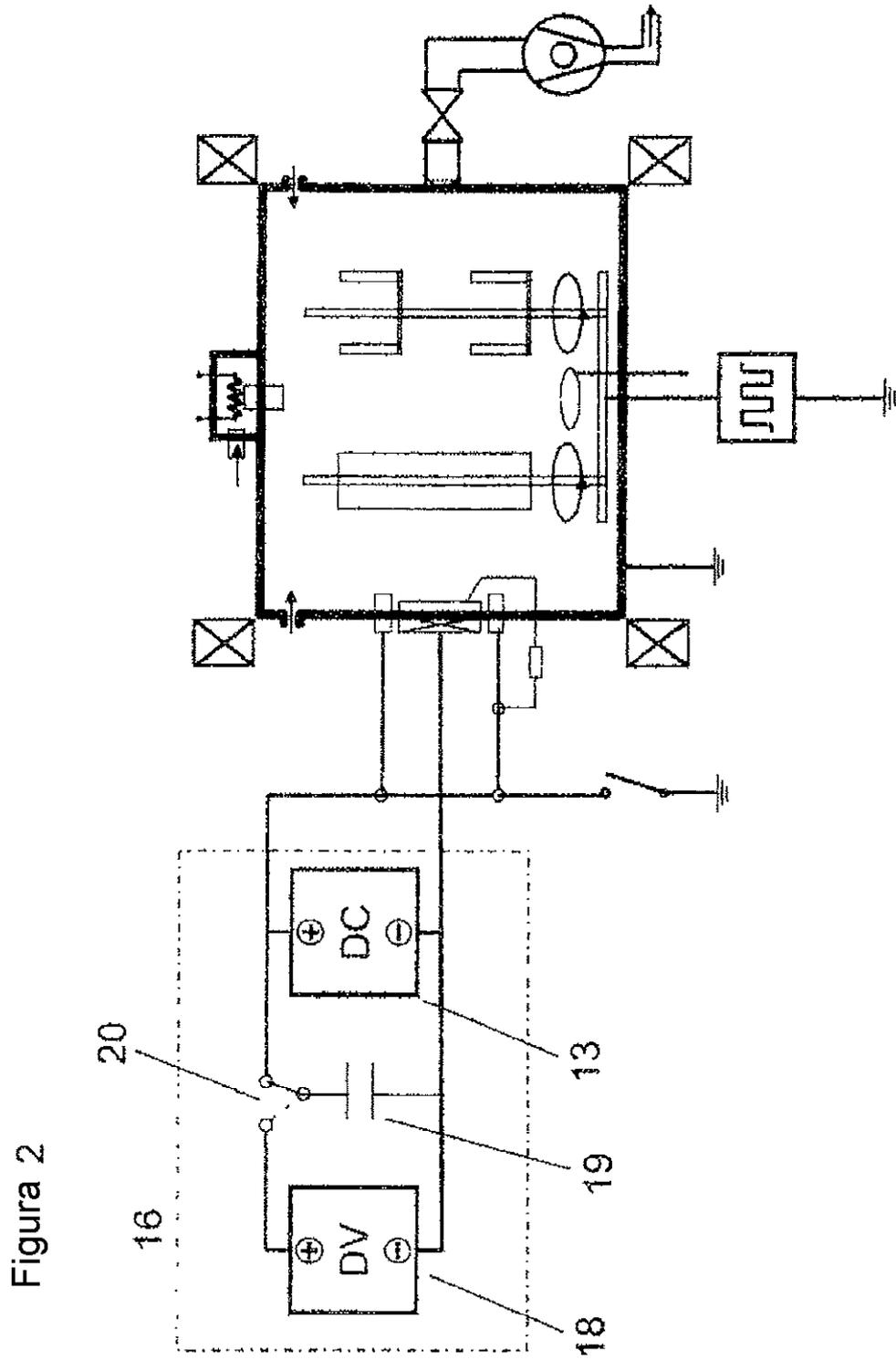


Figura 2

Figura 3

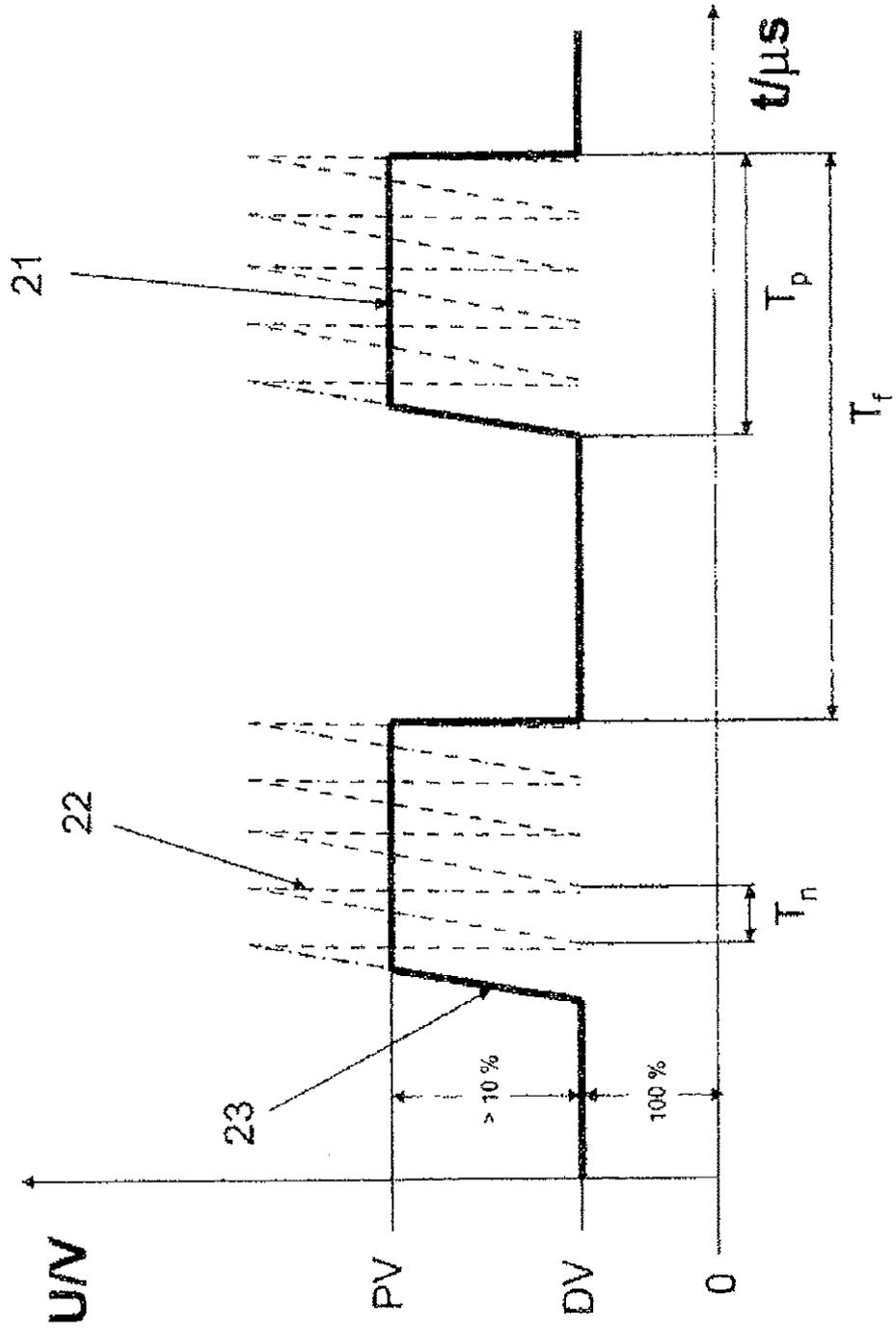


Figura 4

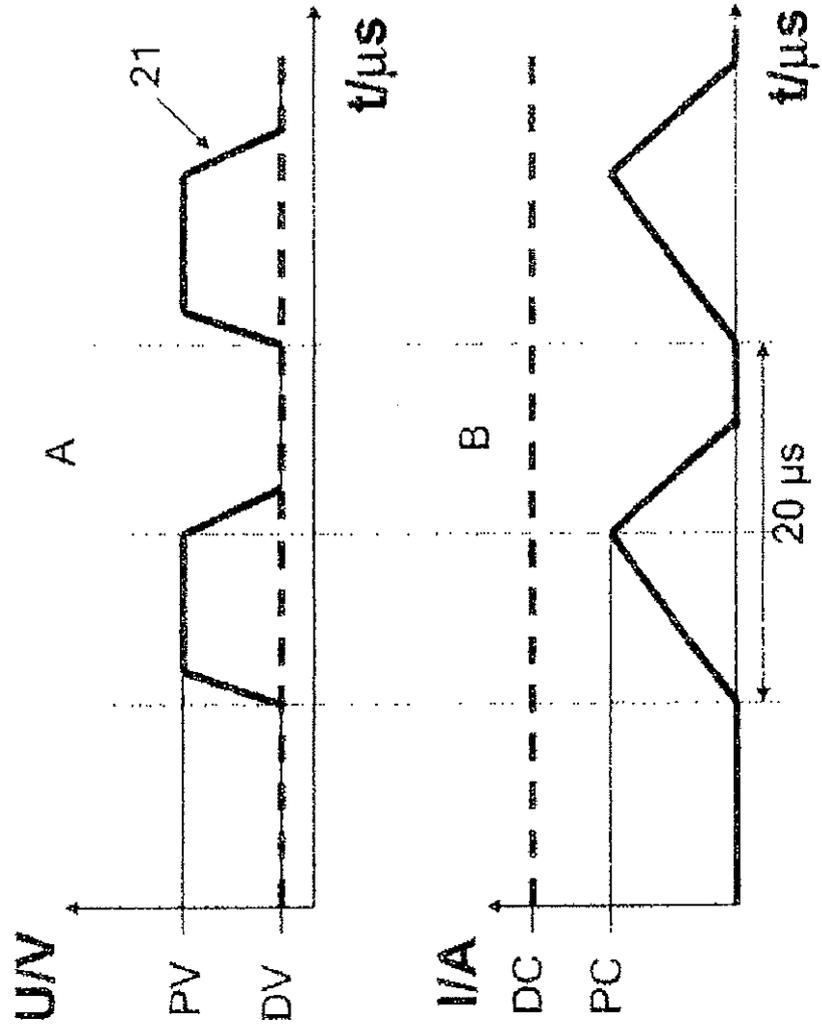


Figura 5

