



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 325 100**

51 Int. Cl.:
H01J 37/34 (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01)
C23C 14/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **97102047 .4**
96 Fecha de presentación : **10.02.1997**
97 Número de publicación de la solicitud: **0795890**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.1997**

54 Título: **Montaje para el revestimiento de sustratos utilizando un dispositivo de pulverización.**

30 Prioridad: **14.03.1996 DE 196 10 012**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.08.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.08.2009

73 Titular/es: **Oerlikon Deutschland Holding GmbH**
Bonnerstrasse 498
50968 Köln, DE

72 Inventor/es: **Szczyrbowski, Joachim;**
Teschner, Götz;
Zmelty, Anton;
Bruch, Jürgen y
Marquardt, Dietmar

74 Agente: **Morgades Manonelles, Juan Antonio**

ES 2 325 100 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).

ES 2 325 100 T3

DESCRIPCIÓN

Montaje para el revestimiento de sustratos utilizando un dispositivo de pulverización.

5 La presente invención se refiere a una disposición según los términos generales de la Reivindicación 1.

En el recubrimiento de sustratos, por ejemplo, vidrio, con capas metálicas, por ejemplo, de aluminio, se emplean a menudo dispositivos de sputtering que presentan un electrodo con un blanco. El blanco se pulveriza a causa de partículas con carga eléctrica que inciden sobre él, depositándose las partículas pulverizadas, eventualmente tras una
10 reacción con un gas, sobre el sustrato. Si el blanco es penetrado por un campo magnético constante, la combinación entre electrodo, blanco e imanes se denomina "magnetron".

Si, antes de depositarse sobre un sustrato, las partículas metálicas arrancadas de un blanco se combinan con un gas, se habla de "sputtering reactivo".

15 Si, por ejemplo, se desea aplicar por evaporación SiO_2 sobre un sustrato, se arrancan de un blanco de Si, mediante iones de Ar, átomos de Si que se combinan con oxígeno que es introducido en la cámara de proceso. Con una potencia eléctrica constante, el oxígeno introducido influye en la tensión de descarga presente en los cátodos de la cámara de proceso. Al aplicarse la tensión de descarga con una potencia eléctrica constante sobre la concentración de O_2 ,
20 se obtiene una curva con histéresis (véase T. Oyama, H. Ohsaki, Y. Ogata, S. Watanabe, J. Shimizu: "High Rate Deposition of SiO_2 Film by Pulse Sputtering", Págs. 31 a 36, Fig. 3), Proc. of the 3rd International Symposium on Sputtering & Plasma Processes, June 8 and 9, 1995, Tokyo, Japan). Al aumentar la concentración de oxígeno, la tensión de descarga primero disminuye ligeramente, para después caer en picado quedándose en un valor bajo. Partiendo de este valor, la tensión de descarga va disminuyendo ya sólo mínimamente, aunque siga aumentando la concentración de
25 oxígeno. Al reducirse ahora la concentración de oxígeno, la tensión de descarga vuelve a subir bruscamente a partir de una determinada concentración. Puesto que no son idénticas las concentraciones de oxígeno que hacen bajar o subir bruscamente la tensión, se obtiene una histéresis.

Esta histéresis dificulta mucho el ajuste de un punto de trabajo estable, porque incluso variaciones mínimas en
30 la concentración de oxígeno y/o en la potencia eléctrica suministrada pueden provocar un salto de la tensión de descarga.

Ya se conoce un método de sputtering reactivo, según el cual el sputtering y el recubrimiento de un sustrato se realizan sólo en el modo de transición inestable entre el modo metálico y el modo reactivo (US 5 292 417).

35 En este caso, el punto de trabajo está establecido de forma fija, y para poder trabajar de manera estable en este punto, se superpone a la alimentación de corriente continua una tensión alterna que se encuentra preferentemente en la gama de frecuencias de kilohertzios. Se procura evitar un desplazamiento del punto de trabajo.

40 La invención se basa en la tarea de estabilizar el punto de trabajo de forma rápida y sencilla en el sputtering reactivo, sin fijar el punto de trabajo.

El problema se soluciona según las características de la reivindicación 1.

45 La ventaja obtenida con la invención consiste especialmente en que se permite una estabilización eficaz y rápida del punto de trabajo. Debido a que el cátodo se emplea de forma sistemática, alternando entre el modo metálico y el modo oxidado, se forma un valor medio entre los modos, de manera que, aparentemente, el cátodo puede estabilizarse en los estados intermedios entre metálico y oxidado.

50 En la fabricación de sustancias como TiO_2 , ésta resulta ser una manera de poder estabilizar un punto de trabajo de alta velocidad, a pesar de la ausencia de señales eléctricas derivadas del proceso de sputtering.

En los dibujos se representan algunos ejemplos de ejecución de la invención, que a continuación se describen con más detalle. Mostrándose:

55 En la Fig. 1

unas curvas características de tensión/oxígeno de un proceso de sputtering de NiCr con dos diferentes potencias eléctricas de sputtering.

60 En la Fig. 2

una curva característica de tensión/oxígeno de un proceso de sputtering de Ti con una potencia eléctrica constante.

65 En la fig. 3

una instalación de sputtering con dos magnetrones y una alimentación de corriente de frecuencia media.

ES 2 325 100 T3

En la fig. 4

una representación gráfica del valor teórico de potencia en función del tiempo.

5 En la fig. 5

una alimentación de corriente de frecuencia media y una fuente de tensión alterna con un circuito filtrante de frecuencia media intercalado.

10 En la fig. 6

la tensión de salida de la fuente de tensión alterna en función del tiempo.

En la fig. 7

15

una disposición de interruptores entre una alimentación de corriente continua y cátodos de sputtering.

En la fig. 8

20

la corriente que fluye a través de un cátodo de una disposición de doble cátodo en función del tiempo.

En la fig. 1 se representan dos curvas características de tensión/oxígeno de un proceso de sputtering de NiCr con dos diferentes potencias eléctricas de sputtering P1 y P2.

25

Estas curvas características de NiCr son representativas de numerosas otras curvas características de metales que se obtienen al pulverizar blancos de metal o blancos de metal y aleación.

La curva característica superior I se obtiene con una potencia eléctrica P1 de ajuste constante, mientras que la curva característica inferior II se obtiene con una potencia eléctrica P2 de ajuste constante. En este caso, P1 es mayor que P2. Las tensiones se indican en voltios y el flujo de oxígeno, en sccm = centímetros cúbicos estándar por minuto.

30

Las curvas características I y II están claramente divididas en tres áreas: un área superior A o A', un área inferior B o B' y un área intermedia C o C'. El área intermedia C o C' caracteriza, en este caso, la histéresis.

35

Las áreas B, B' se denominan "modo oxidico", mientras que las áreas A, A' se denominan "modo metálico".

En el modo metálico A, A', el blanco sometido a sputtering presenta todavía una superficie metálica, mientras que en el modo oxidico B, B' está altamente enriquecido con oxígeno.

40

Las tasas de sputtering son elevadas en el modo metálico, y reducidas en el modo oxidico. Por eso, y en la medida de lo posible, se procura mantener el proceso de sputtering en el modo metálico, evitando que pase al modo oxidico. Tal paso al modo oxidico puede producirse si, a causa de fluctuaciones en el proceso, el flujo de oxígeno sobrepasa temporalmente el valor del punto K2 ó K6, respectivamente, de la fig. 1.

45

Como se desprende de la fig. 1, en caso de una variación de potencia también se desplazan la histéresis o las áreas intermedias C, C'.

Con estas áreas se desplazan los puntos de vuelco K1, K2, K3, K4 o K5, K6, K7, K8 de las curvas I o II, respectivamente. Si la potencia eléctrica aumenta, por ejemplo, de P1 a P2, se requiere más oxígeno para obtener la misma saturación de oxígeno del blanco que antes.

50

De esta manera, los puntos de vuelco K5 - K8 de la curva característica II se desplazan hacia los puntos de vuelco K1 - K4 de la curva característica I, los cuales tienen asignados mayores flujos de oxígeno.

55

Si el cátodo se encuentra en el modo metálico A y si la potencia eléctrica se reduce de P1 a P2, se genera un mayor exceso de oxígeno, aunque la alimentación de oxígeno se mantenga constante. Debido a la reducción de potencia, se pulveriza menos material y, en consecuencia, se consume menos oxígeno, de manera que aumenta el porcentaje de oxígeno en el gas de sputtering y, por consiguiente, también en la superficie del blanco. Una vez sobrepasado un punto específico en el porcentaje de oxígeno en la superficie del blanco, la tasa de sputtering sigue parada, lo que hace aumentar el contenido de oxígeno en el gas de sputtering. Se produce una autoamplificación. Si, por ejemplo, se hace funcionar una instalación de sputtering a una potencia P1 con un suministro de oxígeno de 140 sccm, se obtiene un punto de trabajo E relativamente estable en la curva característica I. Si ahora se reduce la potencia a P2, el punto de trabajo salta al punto K6 de la curva característica II y, por consiguiente, cae en picado al punto K8. Este proceso se denomina "vuelco del cátodo al modo oxidico", por ejemplo, en el punto K6. Por lo tanto, se trata de un proceso autoamplificador. Al trabajar en la curva característica I en un área donde una curva II posee un punto de vuelco K6, bastan fluctuaciones de potencia hasta P2 de un generador de corriente, para producir un vuelco.

60

65

ES 2 325 100 T3

Desde el punto de vista tecnológico, el área C o C', respectivamente, resulta muy interesante. Se obtienen excelentes propiedades de capa con una elevada tasa de recubrimiento. Por eso, se procura trabajar en esta área.

5 Para evitar el vuelco en esta área, se va conmutando entre la primera potencia P1 y la segunda potencia P2, y esto con un flujo constante de gas reactivo. De esta manera, se consigue estabilizar un porcentaje de oxígeno en la superficie del cátodo, que corresponde a un punto de trabajo virtual en el área de histéresis C o C', respectivamente.

10 Si existe un flujo constante de gas reactivo, por ejemplo, en el punto III, o sea, a aproximadamente 152 sccm, se establece el punto de trabajo IV con una potencia P1, es decir, que el cátodo está expuesto a una tensión de descarga de unos 650 voltios.

Si ahora, con el mismo flujo de gas reactivo, se conmuta de forma selectiva a la potencia P2, el punto de trabajo V se establece en la curva característica II.

15 Al conmutarse continuamente entre P1 y P2, se obtiene el punto de trabajo virtual VI, que se encuentra entre IV y V y, por consiguiente, entre ambos modos. La línea recta de intersección G, que en la fig. 1 pasa por los puntos IV, VI, V y III, debe situarse entre los puntos K1 - K8. Si la línea recta de intersección G pasara, por ejemplo, por el punto K6, no se obtendría un resultado claro al conmutarse de P1 a P2, porque la curva II, a 140 sccm, tendría dos puntos de intersección con la línea recta de intersección G, es decir, que no se sabría con certidumbre si, con la potencia P2, el punto de trabajo quedaría establecido en K6 ó cerca de K8. La distancia entre la línea recta G y el punto K2 en la fig. 20 1 es relativamente reducida y, en la práctica, debería ser un poco mayor.

Si, por otro lado, la línea recta G se desplazara en paralelo hacia la derecha y pasando por el punto K2, el punto de intersección con la curva II quedaría ajustado de forma relativamente clara en el área oxidica; sin embargo, al conmutarse a la potencia P1, sería muy fácil dar en un área inestable de la curva I, de manera que el punto de trabajo quedaría probablemente en el modo oxidico.

Para realizar el método conforme a la invención, conviene proceder de la siguiente manera.

30 Deben establecerse al menos dos líneas características I, II, como se muestran en la fig. 1. Una vez conocidas estas líneas características, se debe ajustar primero la potencia inferior P2 y suministrarse tanto oxígeno como sea necesario para que la tensión en el punto K6 produzca un vuelco al punto K8. Después, debe seguirse suministrando un poco más de oxígeno, para que la línea recta G quede a una determinada distancia a la derecha del punto de vuelco K8.

35 Esta distancia es definida mediante el punto V. Con el flujo de oxígeno así ajustado, se debe conmutar ahora a la potencia superior P1, comprobándose si la tensión del cátodo salta hacia arriba y permanece entonces más o menos constante. En caso afirmativo, debe fijarse el suministro de oxígeno en este nivel. Si la tensión es inestable, debe modificarse el flujo de gas, porque en este caso el segundo punto de intersección de la línea recta G se situaría en una rama de la histéresis. La modificación del flujo de gas debe continuar hasta obtenerse una tensión estable.

40 En la fig. 2 se representa otra curva característica de tensión/oxígeno, pero ésta corresponde a un blanco de titanio. Esta curva característica sólo se refiere a una potencia eléctrica de sputtering y su mero propósito es demostrar que las curvas características de tensión/oxígeno dependen, en alto grado, del material. Al aumentarse paulatinamente el suministro de oxígeno partiendo desde cero, y manteniendo la potencia eléctrica constante, la tensión en el área X va aumentando linealmente para después caer bruscamente desde el punto M al punto T. Al seguir aumentando el suministro de oxígeno, la tensión en el área XIII va aminorando de forma parabólica, para adoptar su valor más bajo en el punto S.

50 Si ahora se va reduciendo el suministro de oxígeno, la tensión en el área XIII evoluciona, primero, de manera exactamente a la inversa del aumento de oxígeno. No obstante, a partir del punto T, la tensión sube hasta un punto Q, para después, al seguir reduciéndose el suministro de oxígeno, caer bruscamente al punto V y alcanzar en el área X la misma curva característica que en el caso del aumento de oxígeno.

55 Una segunda curva característica no representada en la fig. 2, que se establecería con otra potencia ajustada diferente, presentaría un recorrido similar, pero desplazado lateralmente y hacia arriba. Los dos puntos entre los que se ha ido conmutando, tendrían que guardar una distancia segura hacia los puntos V, Q, M y T o hacia los puntos correspondientes, respectivamente, de una segunda curva característica aquí no representada.

60 El punto de trabajo virtual VI, representado en la fig. 1, puede desplazarse hacia arriba o hacia abajo en la línea recta G entre P1 y P2, si se selecciona un factor de trabajo de impulsos adecuado. Los detalles de este procedimiento se explicarán más abajo en relación con las figs. 4 y 8.

65 En la fig. 3 se representa una instalación de sputtering 1, con la cual puede realizarse la invención. Ésta presenta una cámara de vacío 2, en la que se encuentran dos magnetrones 3, 4. En las paredes laterales 5, 6 de la cámara de vacío 2 se han previsto unas aberturas superiores 7, 8 y unas aberturas inferiores 9, 10, encontrándose en las aberturas superiores bombas de vacío 11, 12, mientras que las aberturas inferiores 9, 10 sirven para hacer pasar un sustrato 13, por ejemplo, una placa de vidrio, a través de la cámara de vacío 2. Entre las aberturas inferiores 9, 10 y las aberturas

ES 2 325 100 T3

superiores 7, 8 se encuentra un diafragma 14, que se extiende desde las paredes laterales 5, 6 hacia el interior de la cámara de vacío 2. Debajo de este diafragma 14 se encuentran tubos de admisión de gas 15, 16, conectados a través de una válvula 17 a unos contenedores de gas 18, 19.

5 Cada uno de los magnetrones 3, 4 presenta una bandeja catódica 20, 21, que en su parte inferior está provista de un blanco 22, 23. En cada bandeja catódica 20, 21 se encuentran tres imanes permanentes 24, 25, 26 ó 27, 28, 29, respectivamente, unidos entre sí mediante un yugo común 30, 31. Las bandejas catódicas 20, 21 se encuentran encajadas en la parte superior de la cámara de vacío 2 a través de juntas 32, 33. Ambas bandejas catódicas 20, 21 están conectadas a una alimentación de corriente de frecuencia media 34 que, a su vez, está conectada a un regulador de potencia 35, el cual es controlado por un ordenador 37 a través de un convertidor digital-analógico 36.

Según la fig. 3, los dos magnetrones 3, 4 de la instalación de sputtering 1 están dispuestos muy cerca el uno del otro y en la misma cámara 2. No obstante, también pueden preverse dos compartimentos separados en la cámara 2, cada uno de los cuales puede tener su propio magnetrón. Las entradas de gas 15 a 19 están dimensionadas de manera que a ambos magnetrones 3, 4 se suministra la misma composición de gas reactivo.

La potencia eléctrica suministrada a los cátodos 20, 21 es modulada a través del generador de frecuencia media 34.

En principio, este tipo de modulación de potencia es conocido en la tecnología de sputtering (véase EP-A-0 347 567, DE-C-3 700 633). En este caso, la potencia oscila entre dos valores, pero esta oscilación no intenta ni permite establecer un punto de trabajo estable.

Lo mismo se aplica a otras disposiciones conocidas donde en el cátodo se produce una inversión de polaridad y, por consiguiente, una modificación de la potencia (EP-A-0 591 675; DE-A-42 37 517, Fig. 1, 2; DE-A-43 43 042, col. 4, lín. 48 a 62). En las modulaciones de potencia conocidas, la modificación de la potencia es, por regla general, una consecuencia de un cambio de tensión deseado, es decir, que no existe ningún interés fundamental en modificar la potencia eléctrica.

En la fig. 4 se muestra cómo debe ser una modulación de potencia conforme a la invención. Aquí se aprecia que la amplitud de la potencia teórica P_{sol} se modifica periódicamente por el factor 2, y que la potencia más elevada $P_{\text{máx}}$ permanece el triple del tiempo que la potencia inferior $P_{\text{mín}}$, es decir, que el factor de trabajo de impulsos T_2/T_1 es aproximadamente tres. Las potencias identificadas con $P_{\text{máx}}$ y $P_{\text{mín}}$ corresponden, en este caso, a las potencias P1 y P2 según la fig. 1. Se seleccionan en función de determinados criterios. En la representación de la fig. 4 se muestra sólo la envolvente o el valor medio de la potencia, respectivamente. En realidad, en cada impulso hay unas cuatro mil semiondas de la potencia de frecuencia media, con una frecuencia de modulación característica de 10 Hz y una frecuencia media de 40 Hz.

A nivel de circuito, la evolución de la curva de potencia puede realizarse con ayuda de un ordenador que al principio y al final de un período T_1 , T_2 envía una orden al convertidor digital-analógico 36 que la convierte en una señal analógica y la aplica al regulador de potencia 35 que controla la potencia suministrada a los cátodos 20, 21. El valor teórico determinado por el ordenador es conmutado, con una frecuencia de ciclo $1/(T_1 + T_2)$ de aproximadamente 10 Hz, entre un valor teórico alto y un valor teórico bajo. En este caso, los 10 Hz están predefinidos. La frecuencia debe seleccionarse de manera que el cátodo queme establemente en el área transitoria. Si la frecuencia es muy baja, el cátodo se desplaza demasiado hacia el respectivo modo, pudiendo volcar de forma incontrolada a uno de estos modos. Si la frecuencia es muy alta, desaparece el efecto de estabilización del punto de trabajo.

Los dos valores $P_{\text{máx}}$ y $P_{\text{mín}}$ (o bien P1 y P2 de la fig. 1) se han seleccionado de manera que, en el supuesto de no conmutarse, y con el flujo de oxígeno previsto, el valor de potencia teórico alto $P_{\text{máx}}$ daría como consecuencia un punto de trabajo en el modo metálico, y el valor de potencia teórico bajo $P_{\text{mín}}$, un punto de trabajo en el modo oxidico. Debido a la variación periódica de la potencia, los cátodos permanecen en los estados transitorios entre ambos modos. Mediante la modificación de la tensión del generador, se modifica automáticamente la impedancia del plasma. Por eso, lo que se regula es la modificación de la tensión.

Dicho en otras palabras: a nivel técnico, la potencia es regulada mediante una modificación de la tensión eléctrica continua suministrada a los electrodos, porque una modificación de la tensión implica una modificación de la impedancia del plasma, lo que, a su vez, produce flujos de corriente modificados. No obstante, la corriente que fluye y la tensión aplicada determinan la potencia eléctrica.

En la fig. 5 se muestra una disposición de circuito 38 que permite suministrar diferentes potencias a los cátodos. Aquí, la modulación de la potencia en los cátodos 20, 21 no se produce mediante el control desde el generador de frecuencia media 34, sino que entre el generador de frecuencia media 34 y los cátodos 20, 21 se encuentra insertada una red compuesta por un condensador 39, una válvula estranguladora de corriente continua 40, un filtro 41 y una fuente de tensión alterna 42, que tiene la misma frecuencia que la fuente de tensión alterna 35, o sea, aproximadamente 10 Hz. El filtro 41 presenta aquí, por ejemplo, un condensador 43 que con una de sus conexiones 44, a través de una primera inductividad 45, está conectado a una de las conexiones 46 del condensador 39, y con la otra conexión 47, a través de una segunda inductividad 51, está conectado a la otra conexión 48 del condensador 39. Además, sus conexiones 44 y 47, respectivamente, están conectadas a través de una inductividad 49, 50 a la fuente de tensión alterna. La energía de frecuencia media es suministrada a través del condensador 39 a los cátodos 20, 21. La modulación de la potencia

ES 2 325 100 T3

se produce, porque a la potencia procedente del generador de frecuencia media 34 en el condensador 39 se superpone una potencia adicional de tensión alterna procedente de la fuente de tensión alterna 42. Debido a ello, se desplazan las curvas características de corriente/tensión de los cátodos 20, 21. Como resultado de este desplazamiento, los cátodos 20, 21 trabajan con potencias distintas. El filtro 41 es un filtro de frecuencia media que impide que la potencia eléctrica del generador de frecuencia media 34 fluya a la fuente de corriente alterna 42. Su propósito es representar una alta impedancia para la fuente de frecuencia media 34 y una baja impedancia para la fuente de corriente alterna 42.

La tensión alterna adicional de la fuente de tensión alterna 42 se elige de manera que el cátodo 20, estando expuesto a la semionda negativa de la tensión alterna, absorba tanta potencia que, en caso de un funcionamiento comparable con una potencia constante de frecuencia media, trabajaría en el modo metálico. Al mismo tiempo, el otro cátodo 21 absorbe menos potencia, de manera que en caso de un funcionamiento comparable con una potencia constante de frecuencia media, trabajaría en el modo oxídico. De esta manera se consigue un efecto similar al que se produce con la modulación de la potencia de frecuencia media, con la diferencia de que, en el caso de la fig. 3, ambos cátodos 20, 21 realizan el sputtering en el mismo modo, mientras que en el caso de la fig. 5 uno de los cátodos 20 ó 21 trabaja en el modo metálico y uno de los cátodos 21 ó 20, en el modo oxídico. Por frecuencia media se entiende una frecuencia en el rango de unos cuantos kHz hasta aproximadamente 100 kHz. Una frecuencia media preferida tiene, por ejemplo, 40 kHz.

La frecuencia de la fuente de tensión alterna 42 es la misma que la de la fuente de tensión alterna 35 de la fig. 3, es decir, aprox. 10 Hz. En la fig. 6 se representa la curva de esta tensión alterna U_{\dots} . La tensión alterna puede tener una forma tanto rectangular como sinusoidal.

La potencia suministrada a uno o dos cátodos, también puede proceder de una fuente de corriente continua a la que se haya superpuesto una corriente alterna. En principio, tales fuentes de potencia, compuestas por fuentes de corriente continua y corriente alterna, son conocidas (véase F. Vratny, Deposition and Tantalum and Tantalum Oxide by superimposed RF and DC-Sputtering, J. Electrochem. Soc.: Solid State Science, May 1967, Págs. 506, Fig. 1), por lo que no es necesario representarlas detalladamente. Sin embargo, la frecuencia de corriente alterna, utilizada conforme a la invención, oscila entre aproximadamente 1 y 30 Hz, por lo que es considerablemente más baja que en la disposición de circuito conocida, donde se encuentra en el rango de MHz.

En la fig. 7 se representa otra disposición adicional que permite variar la potencia suministrada a los cátodos. Aquí se ha previsto una alimentación de corriente continua 60 que es una fuente de corriente constante. Paralelamente a las conexiones de salida 61, 62 de la alimentación de corriente continua, se encuentran dos primeros interruptores controlables 63, 64 conectados en serie, a los que se han conectado en paralelo dos interruptores controlables adicionales 65, 66 conectados en serie.

La corriente continua constante de la alimentación de corriente 60 es suministrada a los cátodos 20, 21 a través de los interruptores controlables 63 a 66. Entre las fases en las que los cátodos 20, 21 llevan corriente, se encuentra un momento de conmutación en el que el conmutador 63 a 66 cortocircuita la alimentación de corriente continua, de manera que no pueda fluir corriente hacia los cátodos 20, 21. Este cortocircuito puede realizarse mediante el cierre simultáneo de los interruptores 63, 64 ó de los interruptores 65, 66 ó de los interruptores 63 a 66.

El conmutador 63 a 66 es controlado de forma asimétrica, de manera que los tiempos de quemadura y, con ello, las aportaciones de potencia de los dos cátodos 20, 21, son diferentes dentro de un período previamente definido. De este modo se logra que un cátodo 20 realice el sputtering en el modo metálico y el otro cátodo 21, en el modo oxídico. Al cambiarse periódicamente esta asimetría, se obtiene el mismo efecto que con la modulación de la potencia de frecuencia media mediante una tensión alterna adicional según la fig. 5.

Otra posibilidad de suministro de potencia consiste en prescindir de la fuente de tensión alterna 42 y del filtro 41 de la disposición según la fig. 5, y en instalar un filtro especial en lugar de la válvula estranguladora. Este filtro se dimensionará de tal manera, que tenga una frecuencia de resonancia f_1 que se encuentre cerca de la frecuencia f_0 del generador de frecuencia media 34. Si el generador de frecuencia media 34 es un generador de oscilación libre, cuya frecuencia no esté estabilizada, se producen batimientos que ejercen un efecto de modulación.

La fig. 8 representa un diagrama de corriente/tiempo que corresponde a la disposición mostrada en la fig. 7. Aquí se muestra cómo la corriente I_{K20} fluye a través del cátodo 20 en función del tiempo. La corriente que fluye a través del cátodo 21 no está representada aquí. Sin embargo, a excepción de un desplazamiento de fase, es idéntica a la corriente que fluye a través del cátodo 20. En el momento t_1 , con los interruptores 63, 64 abiertos, se cierra el interruptor 65, de manera que una corriente positiva I_{K20} fluye desde la alimentación de corriente 60 al cátodo 20.

En el momento t_2 , se vuelve a abrir el interruptor 65, es decir, que ya no fluye ninguna corriente desde la conexión positiva de la alimentación de corriente 60 al cátodo 20. En el momento t_3 , se cierra el interruptor 66, de manera que la corriente I_{K20} fluye desde la conexión negativa de la alimentación de corriente 60 al cátodo 20. Si se abre el interruptor 66 en el momento t_4 , no puede fluir ninguna corriente negativa al cátodo 20.

Ahora, la apertura y cierre de los interruptores 65, 66 continúan de tal manera, que se obtiene la curva de corriente mostrada en la fig. 8. Por lo tanto, al cátodo 20 se le aplica durante un lapso $t_2 - t_1$ relativamente corto una corriente positiva, mientras que después se le aplica una corriente negativa durante un lapso $t_4 - t_3$ un poco más largo.

ES 2 325 100 T3

A continuación, se le aplica corriente positiva durante el lapso más largo $|t_4 - t_3|$, después, corriente negativa durante el lapso más corto $|t_2 - t_1|$, y después otra vez corriente positiva durante el lapso más largo $|t_4 - t_3| = T_{a1}$, y después otra vez corriente negativa durante el lapso más corto $|t_2 - t_1| = T_{b1}$.

5 Los índices a y b en T se refieren a la duración de los valores de corriente positiva y negativa de un cátodo 20 durante un período T_0 de la fuente de frecuencia media.

La modulación adicional tiene el período T_1 . En la primera mitad del período T_1 , la duración total de la corriente positiva en el cátodo 20 es más larga que la duración de la corriente negativa. En la segunda mitad, la duración total de la corriente negativa es más larga que la de la corriente positiva.

15 El lapso T_{a1} más largo y el lapso T_{b1} más corto forman juntos el lapso T_0 , es decir, el período de la tensión de frecuencia media resultante de la conmutación de la fuente de corriente continua 60. Este período asciende, por ejemplo, a $25 \mu\text{s}$ o bien $1/40 \text{ kHz}$.

De manera correspondiente a como sucede con el cátodo 20, también el cátodo 21 es alimentado con corriente, pero en este caso se abren o se cierran, respectivamente, los interruptores 63 y 64 en lugar de los interruptores 65 y 66.

20 Referencias bibliográficas mencionadas en la descripción

Esta lista de referencias bibliográficas mencionadas por el solicitante se ha incorporado exclusivamente para información del lector, pero no forma parte integrante de la documentación de la patente europea. Aún habiéndose recopilado estas referencias bibliográficas con sumo cuidado, no pueden excluirse errores u omisiones, por lo que la EPO declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentación de la patente mencionada en la memoria descriptiva

- US 5292417 A
- EP 0347567 A
- DE 3700633 C
- EP 0591675 A
- DE 4237517 A
- DE 4343042 A

Documentación no relacionada con la patente mencionada en la memoria descriptiva

• T. OYAMA; H. OHSAKI; Y. OGATA; S. WATANABE; J. SHIMIZU. High Rate Deposition of SiO_2 Films by Pulse Sputtering, 31-36

• Proc. of the 3rd International Symposium on Sputtering & Plasma Processes, 08. Juni 1995

• F. VRATNY. Deposition and Tantalum and Tantalum Oxide by superimposed RF and DC-Sputtering. J. Electrochem. Soc.: Solid State Science, Mai 1967, 506

ES 2 325 100 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Un dispositivo de pulverización para cauterizar o recubrir un sustrato con compuestos metálicos, obtenidos mediante pulverización de un blanco metálico y combinación de las partículas del blanco así obtenidas con un gas reactivo, con

1.1 una cámara de proceso (2);

10 1.2 un tubo de admisión de gas reactivo (15, 16) en la cámara de proceso (2);

1.3 al menos un electrodo (20, 21) conectable a una alimentación de energía eléctrica (34), donde la tensión de descarga del electrodo (20, 21) depende de la cantidad de gas reactivo suministrado por unidad de tiempo;

15 1.4 un dispositivo preparado para conmutar periódicamente la potencia eléctrica suministrada al electrodo (20, 21) entre un primer valor y un segundo valor;

caracterizado por el hecho de que el primer y el segundo valor de potencia (P1, P2) han sido seleccionados de manera, que, permaneciendo la admisión de gas reactivo la misma, el blanco (22, 23) se encuentra al primer valor de potencia (P1) en el modo metálico (A), mientras al segundo valor de potencia (P2) se encuentra en el modo oxidico (B').

25 2. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, con dos electrodos (20, 21), donde la instalación para la conmutación periódica de la primera potencia eléctrica suministrada (P1) a la segunda potencia eléctrica suministrada (P2) está preparada para aplicar la misma potencia (P1 o P2) a ambos electrodos.

30 3. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, con dos electrodos (20, 21), donde la instalación para la conmutación periódica de la primera potencia eléctrica suministrada (P1) a la segunda potencia eléctrica suministrada (P2) está preparada para aplicar al primer electrodo (20) la primera potencia (P1) y aplicar al segundo electrodo (21) la segunda potencia (P2), y en un lapso que sigue a continuación aplicar al primer electrodo (20) la segunda potencia (P2) y al segundo electrodo (21) la primera potencia (P1).

35 4. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la instalación para la conmutación periódica de la primera potencia eléctrica suministrada (P1) a la segunda potencia eléctrica suministrada (P2) consta de una fuente de tensión alterna (34) modulada.

40 5. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la instalación para la conmutación periódica de la primera potencia eléctrica suministrada (P1) a la segunda potencia eléctrica suministrada (P2) consta de una fuente de corriente continua y una fuente de corriente alterna, estando la corriente continua y la corriente alterna superpuestas.

45 6. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la instalación para la conmutación periódica de una primera potencia eléctrica suministrada (P1) a la segunda potencia eléctrica suministrada (P2) consta de una fuente de corriente continua (60), cuyas salidas pueden conmutarse mediante los interruptores (63 a 66).

7. Un dispositivo de pulverización según la 5ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que, la tensión alterna superpuesta presenta una frecuencia entre 2 y 30 Hz.

50 8. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la conmutación del modo metálico al modo oxidico, y viceversa, se realiza con una frecuencia de ciclo de 10 Hz.

55 9. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la instalación que permite conmutar la potencia eléctrica suministrada al electrodo entre un primer y un segundo valor, comprende una fuente de tensión alterna (34) que es modulada mediante una fuente adicional de tensión alterna (42).

60 10. Un dispositivo de pulverización según la 9ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que consta de una red y un condensador, donde la fuente de tensión alterna (42) está conectada a través de la red (41) a la salida de la primera fuente de tensión alterna (34), y donde esta red (41) se encuentra en el condensador (39) que, a su vez, está dispuesto en una línea de salida de la fuente de tensión alterna (34).

65 11. Un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, con un blanco (22, 23), imanes permanentes (24 a 29), una carcasa (2) y un diafragma (14), donde los electrodos (20, 21) juntamente con el blanco (22, 23) y los imanes permanentes (24 a 26; 27 a 29) forman un magnetrón (3, 4), estando este magnetrón (3, 4) ubicado en el interior de la carcasa a evacuar (2) y dispuesto enfrente del sustrato (13), y donde la carcasa (2) presenta el diafragma (14) entre el sustrato (13) y el magnetrón (3, 4).

ES 2 325 100 T3

12. Un dispositivo de pulverización según la 11ª reivindicación, con un dispositivo para introducir una mezcla de gas reactivo en la carcasa (2), donde la mezcla de gas se introduce entre el sustrato (13) y el diafragma (14).

5 13. Un dispositivo de pulverización según la 1ª reivindicación, con una fuente de energía eléctrica, donde la fuente de energía eléctrica presenta un generador de frecuencia media (34) con una frecuencia f_0 y una red con una frecuencia de resonancia f_1 , donde f_0 y f_1 se encuentran tan cerca la una de la otra que se produce un batimiento que modula la potencia del dispositivo de pulverización.

10 14. Un método para establecer un punto de trabajo de un dispositivo de pulverización según la 1ª Reivindicación, **caracterizado** por los siguientes pasos:

a) se determina una primera curva característica de tensión de descarga/suministro de gas reactivo (I) con una primera potencia eléctrica (P1);

15 b) se determina una segunda curva característica de tensión de descarga/suministro de gas reactivo (II) con una segunda potencia eléctrica (P1);

20 c) se determina en la primera curva característica de tensión de descarga/suministro de gas reactivo (I) un punto de trabajo (IV) en el que el dispositivo de pulverización trabaja en el modo metálico;

d) se determina en la segunda curva característica de tensión de descarga/suministro de gas reactivo (II) un punto de trabajo (B') en el que el dispositivo de pulverización trabaja en el modo oxidico;

25 e) con un flujo constante de gas reactivo, se conmuta periódicamente de la primera potencia (P1), que determina la primera curva característica (I), a la segunda potencia eléctrica (P2), que determina la segunda curva característica (II).

30 15. Un método según la 14ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que se seleccionan el punto de trabajo (IV) de la primera curva característica (I) y el punto de trabajo (B') de la segunda curva característica (II), de manera que el flujo de gas reactivo, que existe en estos puntos, sea el mismo.

35 16. Un método según la 15ª Reivindicación, **caracterizado** por el hecho de que la línea recta (G), que pasa por ambos puntos de trabajo (IV, B'), presenta una distancia suficiente de las esquinas de la histéresis (K1 hasta K8) de las curvas características de tensión de descarga/suministro de gas reactivo (I, II).

40

45

50

55

60

65

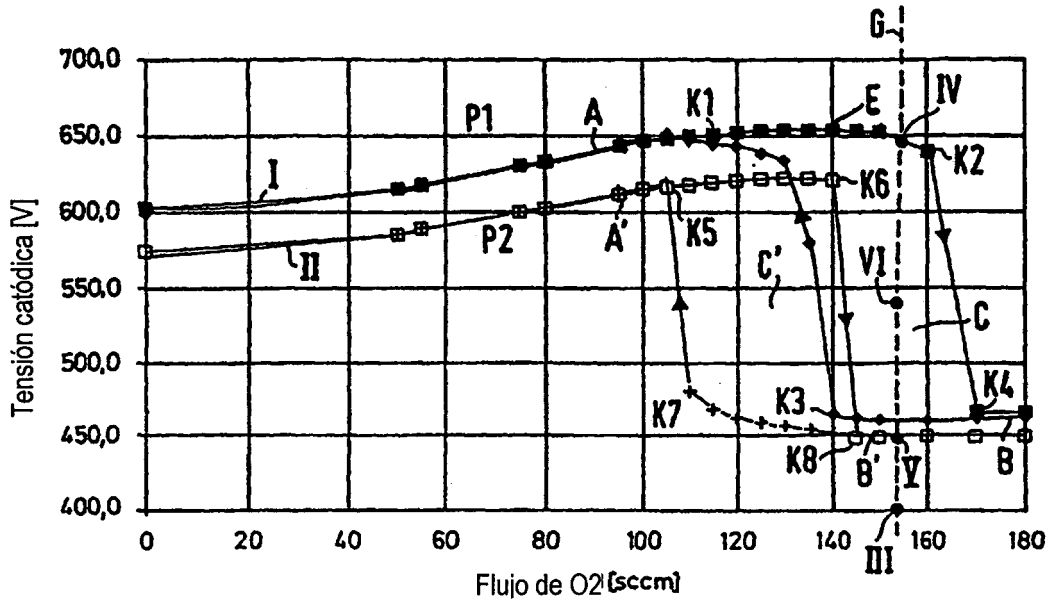


Fig. 1

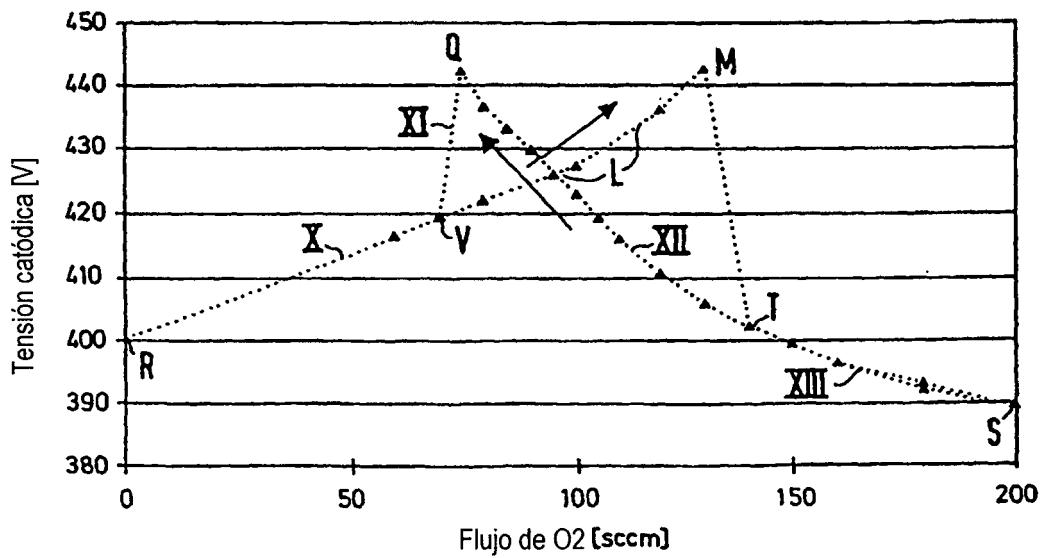


Fig. 2

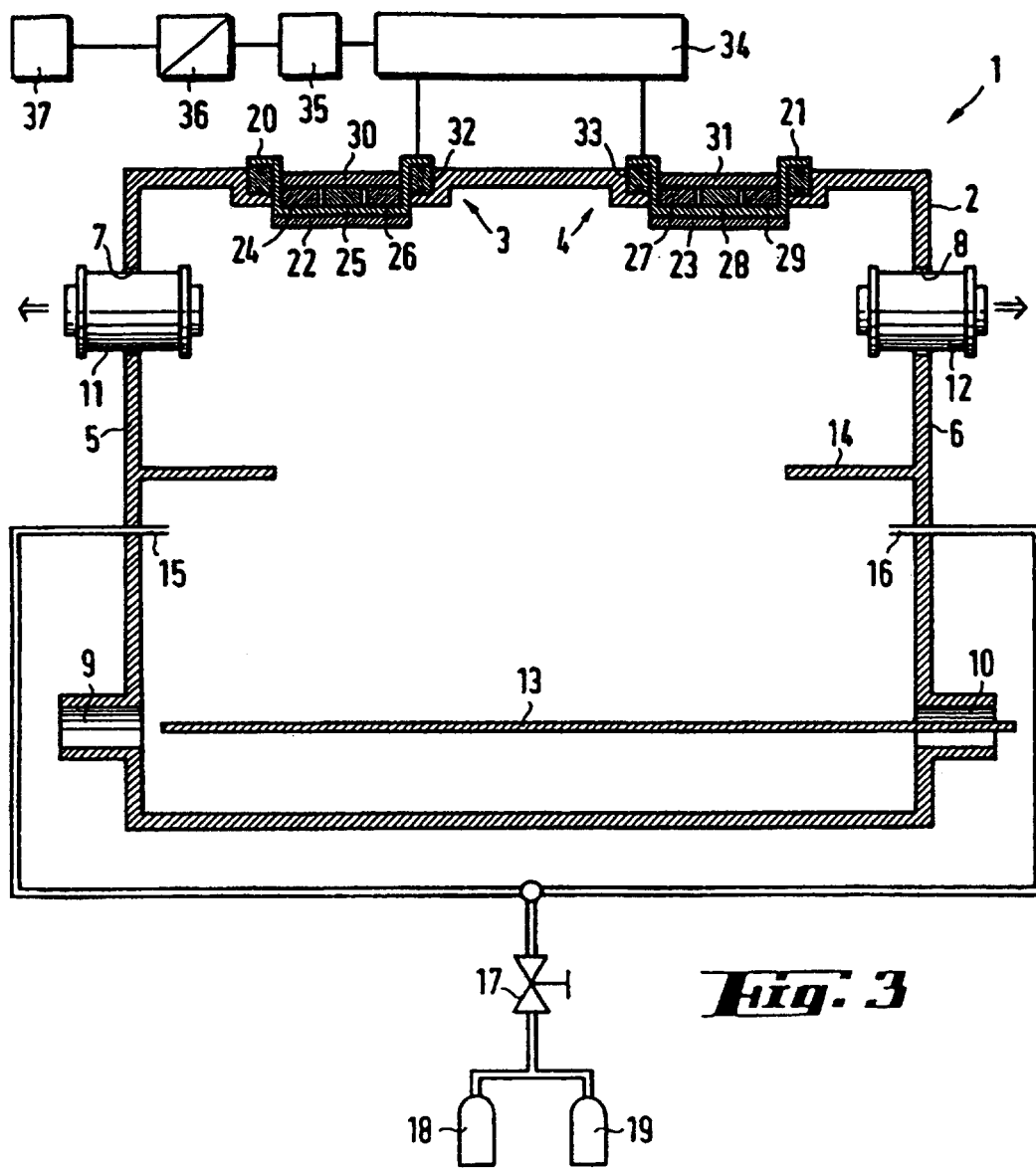


Fig. 3

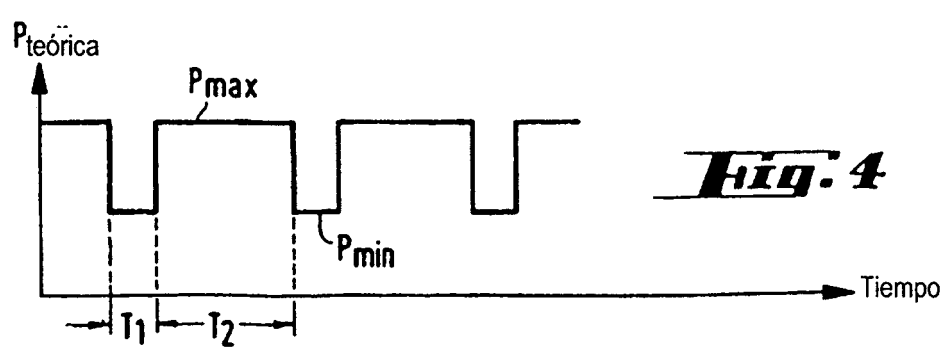


Fig. 4

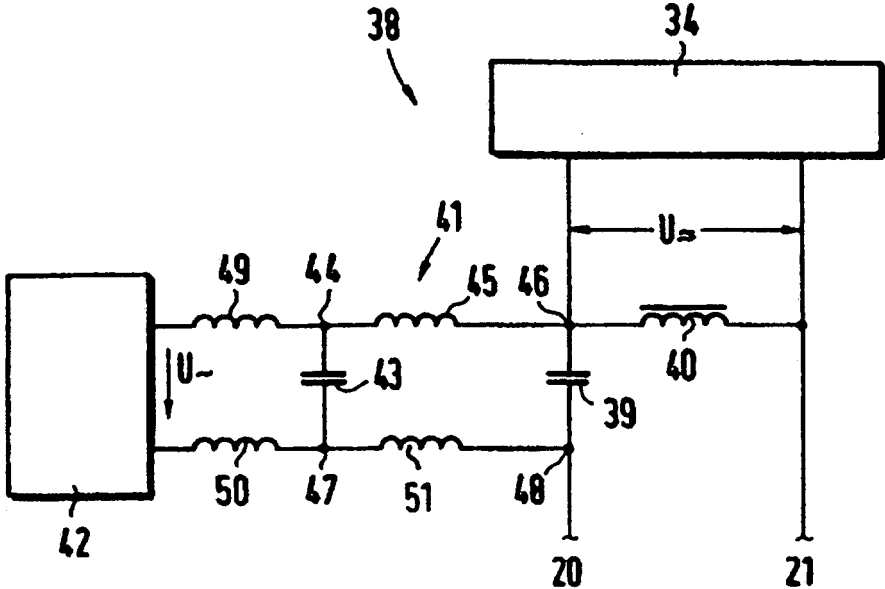


Fig. 5

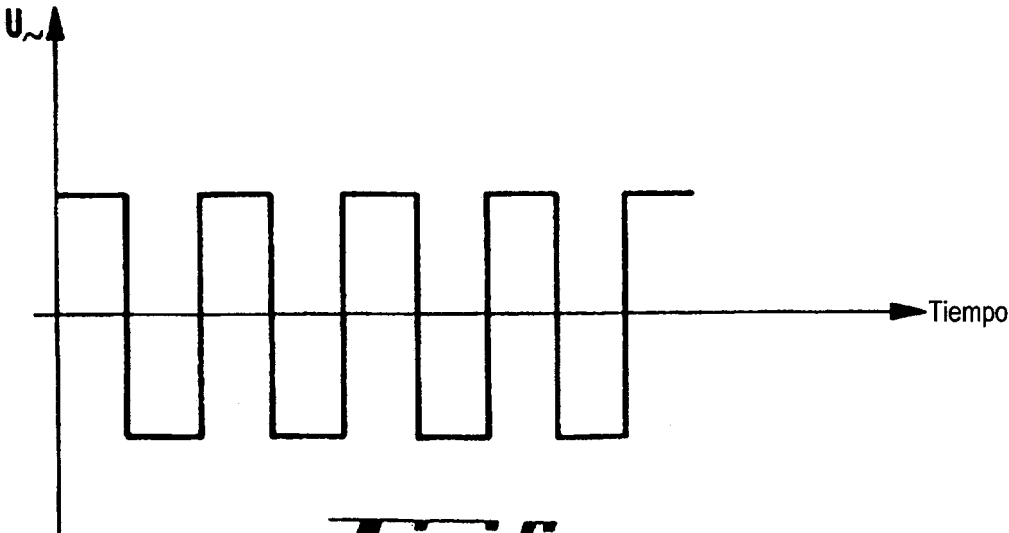


Fig. 6

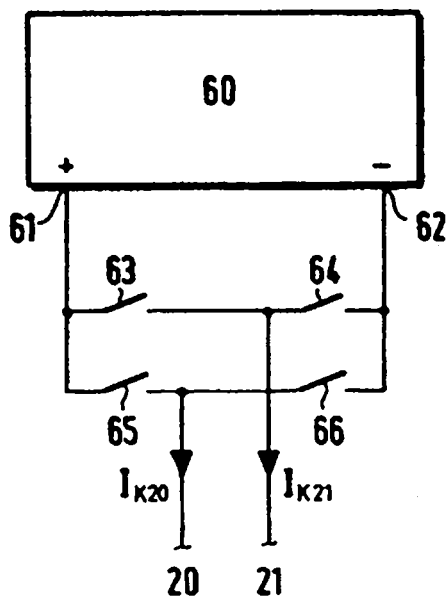


Fig. 7

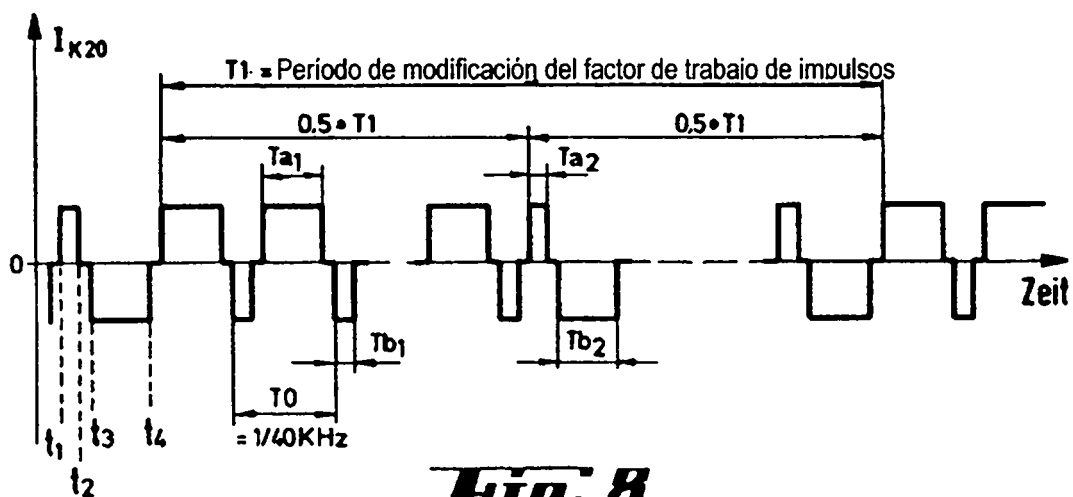


Fig. 8