

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 234**

51 Int. Cl.:

**C23C 14/02** (2006.01)

**C23C 14/32** (2006.01)

**C23C 14/35** (2006.01)

**C23C 14/58** (2006.01)

**C23C 14/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2011 PCT/EP2011/002734**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2011 WO11160766**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2011 E 11727116 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 2585622**

54 Título: **Fuente de deposición por arco con campo eléctrico definido**

30 Prioridad:

**22.06.2010 US 357272 P**

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

**03.05.2018**

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,  
PFÄFFIKON (100.0%)  
Churerstrasse 120  
8808 Pfäffikon, CH**

72 Inventor/es:

**KRASSNITZER, SIEGFRIED y  
HAGMANN, JUERG**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 666 234 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**

Fuente de deposición por arco con campo eléctrico definido

5 La invención se refiere a una fuente de evaporación por arco según el preámbulo de la reivindicación 1. En la presente descripción, se denomina fuente de evaporación por arco un dispositivo con cuya ayuda puede activarse a vacío un arco voltaico, que tiene su mancha catódica sobre un cátodo, proporcionándose mediante el cátodo (=objetivo) el material que va a evaporarse y teniendo como consecuencia la mancha catódica la evaporación del material objetivo.

10 Las fuentes de deposición por arco son conocidas por el estado de la técnica. De este modo, Snaper, en el documento US 3625848, divulga un "cañón de rayos" (beam gun) con un cátodo y un ánodo que están dispuestos de modo que se lleva a cabo una descarga de chispas entre los mismos. El cátodo se produce a este respecto a vacío un arco voltaico, que tiene su mancha catódica sobre un cátodo, proporcionándose mediante el cátodo (=objetivo) el material que va a evaporarse y teniendo como consecuencia la mancha catódica la evaporación del material objetivo.

15 Las fuentes de deposición por arco son conocidas por el estado de la técnica. De este modo, Snaper, en el documento US 3625848, divulga un "cañón de rayos" (beam gun) con un cátodo y un ánodo que están dispuestos de modo que se lleva a cabo una descarga de chispas entre los mismos. El cátodo se produce a este respecto a vacío un arco voltaico, que tiene su mancha catódica sobre un cátodo, proporcionándose mediante el cátodo (=objetivo) el material que va a evaporarse y teniendo como consecuencia la mancha catódica la evaporación del material objetivo.

20 Las fuentes de deposición por arco son conocidas por el estado de la técnica. De este modo, Snaper, en el documento US 3625848, divulga un "cañón de rayos" (beam gun) con un cátodo y un ánodo que están dispuestos de modo que se lleva a cabo una descarga de chispas entre los mismos. El cátodo se produce a este respecto a vacío un arco voltaico, que tiene su mancha catódica sobre un cátodo, proporcionándose mediante el cátodo (=objetivo) el material que va a evaporarse y teniendo como consecuencia la mancha catódica la evaporación del material objetivo.

25 Por el contrario, en el documento de patente US 4 620 913 de Clark Bergman, se divulga un sistema de vacío de múltiples arcos, en el que se emplean medios magnéticos. A este respecto se trata de una fuente de arco con matriz de ánodos, donde se usa la cámara o un ánodo introducido aislado eléctricamente. A este respecto, resulta en cambio la desventaja de que la guía únicamente una parte de los campos magnéticos, que parten del objetivo, hasta el ánodo. La ventaja del aparato allí descrito es una guía de chispa estable, en especial a corrientes de descarga bajas. Una distribución de corriente entre la cámara y el ánodo introducido se consigue al cargar adicionalmente el ánodo introducido con una tensión positiva.

30 Larrinaga, en el documento EP1970464A1, divulga una fuente de deposición por arco, en donde se usa un sistema magnético para guiar la mancha catódica.

35 Axenov, en el documento US4551221, divulga una fuente de deposición por arco, en donde las líneas del campo magnético no alcanzan el ánodo, sino que se generan de modo que discurren en paralelo a la superficie del ánodo, de modo que el plasma, que se produce a partir del material evaporado, se transporta a lo largo a través del ánodo tubular.

40 Hauzer, en el documento US5306407, divulga un procedimiento así como un dispositivo para el recubrimiento de sustratos, en donde se efectúa tanto una evaporación de descarga por arco voltaico como una pulverización catódica, y la evaporación de descarga por arco voltaico se lleva a cabo antes de la pulverización catódica.

45 Gorokhovskiy, en el documento US5380421, divulga un dispositivo para la producción de recubrimientos a vacío, que está dotado de una placa catódica rectangular y ánodos primarios y auxiliares, así como con subsistemas de estabilización estáticos y dinámicos. Los sistemas de estabilización estáticos y dinámicos accionan el arco voltaico sobre la superficie de trabajo del cátodo para estabilizar el arco voltaico.

50 Sin embargo, existe además la necesidad de una fuente de evaporación por arco que permite, a una tasa de evaporación elevada de manera constante, producir capas con baja rugosidad superficial. El objetivo de la presente invención es indicar una fuente de evaporación por arco de este tipo.

55 De acuerdo con la invención, el objetivo se consigue mediante la fuente de evaporación por arco de acuerdo con la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se encuentran formas de realización diferentes y ventajosas de la fuente de deposición por arco de acuerdo con la invención.

60 La fuente de deposición por arco de acuerdo con la invención comprende un cátodo (objetivo), un ánodo y medios magnéticos, que permiten guiar las líneas del campo magnético, con una conexión corta, desde la superficie del objetivo hasta el ánodo.

65 El ánodo está dispuesto en la proximidad inmediata del cátodo, de modo que está garantizada la conexión del cátodo con el ánodo a través de las líneas del campo magnético desde cualquier punto de la superficie del objetivo que va a evaporarse, que está expuesta a una erosión.

A este respecto, los medios magnéticos están configurados de modo que la componente en paralelo a la superficie del objetivo es claramente mayor que la componente en perpendicular a la superficie del objetivo. Pueden usarse intensidades de campo de hasta 500 gauss, es decir, intensidades de campo claramente mayores que las intensidades de campo magnético que se emplean normalmente en la tecnología de PVD.

La fuente de arco así descrita presenta, en comparación con el estado de la técnica, mayores tasas de recubrimiento con, al mismo tiempo, capas muy lisas.

5 La fuente de arco de la invención es en sí apta para funcionar a vacío, alcanzándose una velocidad de chispa alta. La fuente de arco se acciona a este respecto en modo metálico. Los iones metálicos así generados, tales como por ejemplo  $Cr^+$ ,  $Ti^+$ , pueden llegar sin alteración al sustrato y usarse para el fin del decapado con iones metálicos. Es posible el funcionamiento con corriente de descarga baja.

10 Por medio de la denominada "prebiasing" (polarización previa) puede ajustarse de manera fiable, con el ánodo de acuerdo con la invención, la energía iónica.

La invención se representa ahora en detalle a modo de ejemplo y con ayuda de las Figuras.

15 La Figura 1 muestra una fuente de deposición por arco de acuerdo con el estado de la técnica

La Figura 2 muestra una fuente de deposición por arco de acuerdo con el estado de la técnica

20 la Figura 3 muestra una primera forma de realización de una fuente de deposición por arco de acuerdo con la invención

la Figura 4 muestra un dispositivo de vacío con una fuente de deposición por arco de acuerdo con la invención

25 la Figura 5 muestra un dispositivo de vacío con una fuente de deposición por arco de acuerdo con el estado de la técnica.

la Figura 6 muestra las condiciones potenciales en un dispositivo de acuerdo con la Figura 5

30 la Figura 7 muestra las condiciones potenciales en un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con la Figura 4

la Figura 8 muestra una forma de realización adicional de un dispositivo de vacío de acuerdo con la invención

35 la Figura 9 muestra las condiciones potenciales en un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con la Figura 4

la Figura 10 muestra una forma de realización adicional de un dispositivo de vacío de acuerdo con la invención

40 la Figura 11 muestra las condiciones potenciales en un dispositivo de acuerdo con la invención de acuerdo con la Figura 4

Para una mejor comprensión de la invención, se tratan ampliamente a continuación en primer lugar las condiciones en las fuentes de arco de acuerdo con el estado de la técnica. La Figura 2 muestra una disposición de evaporación de arco 201 con un ánodo 203 a una distancia del cátodo de fuente 209 de acuerdo con el estado de la técnica. El cátodo de fuente se enfría mediante un dispositivo de enfriamiento 211 y está conectado con el polo negativo 213 de una fuente de alimentación de CC. Detrás del cátodo de fuente están previstos medios magnéticos 215 que proporcionan la formación de un campo magnético por encima de la superficie del objetivo. Una mancha catódica 205 libera una corriente alta y con ello una pluralidad de electrones en la cámara de evaporación. Como medio conductor se encuentra disponible el plasma de arco. Puesto que, de acuerdo con el estado de la técnica, el ánodo 203 no se encuentra en cercanía directa a la mancha catódica 205, las partículas cargadas deben cruzar el campo magnético en su camino al ánodo más alejado. Es relevante el movimiento de una partícula cargada con carga  $q$ , masa  $m$ , velocidad  $v$  en la posición  $r$  en un campo eléctrico  $E(r)$  y campo magnético  $B(r)$ . A este respecto actúan distintas componentes de fuerza: Para el movimiento en paralelo al campo  $B$ , una fuerza actúa proporcionalmente a  $qE$ . Para el movimiento en perpendicular al campo magnético, la fuerza actúa proporcionalmente a  $q(E^{\perp} + v^{\perp} \times B)$ , lo que lleva al movimiento giratorio, que, en cambio, está superpuesto por un desplazamiento de  $E \times B$ . Esto lleva a una trayectoria de corriente "virtual" 207 tal como se indica en la Figura 2. Al recorrer esta trayectoria similar a una espiral en su camino al ánodo alejado 203, se ioniza fuertemente el gas de trabajo que se encuentra en la cámara de recubrimiento (por ejemplo  $Ar$ ,  $N_2$ ). Se produce la formación de iones gaseosos, un aumento de tensión de la descarga y un salto de potencial antes del cátodo. Además, se observa una reducción de la tasa de recubrimiento.

60 En la Figura 3 se muestra una realización de la fuente de evaporación por arco 301 de acuerdo con la invención. Esto es solamente una variante a modo de ejemplo y puede realizarse mediante las más diversas realizaciones. El cátodo 309 se compone del material que va a evaporarse y está conectado a través de la toma de corriente al polo negativo de una fuente de corriente. A través de los medios magnéticos 305 se genera un campo magnético en la superficie del cátodo, que permite un movimiento de chispa rápido.

65

Las líneas del campo magnético que salen de la superficie objetivo están diseñadas dentro de una gran parte de la superficie, de modo que tienen principalmente componentes en paralelo a la superficie del cátodo 309 y permiten una conexión corta con el ánodo 303, que se extiende de forma anular alrededor del borde de cátodo. La fuente de evaporación por arco representada en la Figura 3 puede estar realizada tanto como cátodo circular axialmente simétrico como también como cátodo rectangular. Las zonas de cátodo en el centro o a lo largo de la línea central presentan siempre líneas de campo que discurren en perpendicular a la superficie objetivo y por lo tanto se excluirán de la erosión. Esto puede tener lugar por ejemplo con un obturador o por medio de una escotadura rellena (ambos no representados). La intensidad de campo magnético en la zona 6 asciende a de 40 gauss a 500 gauss. Es ventajoso de 60 a 100 gauss y especialmente ventajoso de 200 a 500 gauss para resultados de capa especialmente lisa. La disposición de acuerdo con la invención del ánodo en combinación con la distribución del campo magnético permite el funcionamiento en el caso de campos magnéticos elevados de este tipo. Como material objetivo del cátodo 309 pueden usarse los materiales habituales para el recubrimiento de material duro Ti, TiAl, Al, AlCr, TiSi, Cr, etc.

En la disposición de evaporación por arco 301 de acuerdo con la Figura 3, el ánodo 303 en combinación con el campo magnético generado por los medios magnéticos 305 de acuerdo con la invención está dispuesto en las proximidades del cátodo 309, de modo que las líneas de campo magnético permiten la trayectoria de corriente 307 en el camino directo desde la mancha catódica 315 hasta el ánodo 303. Un desplazamiento tal como se describió anteriormente, puede evitarse esencialmente cuando el campo eléctrico discurre esencialmente en paralelo al campo magnético. En una forma de realización ventajosa de la presente invención, el ánodo se configura de modo que esto se cumpla a la tensión aplicada y campo magnético encendido y que hasta las líneas del campo magnético centrales prácticamente todas o al menos una gran parte de las líneas del campo magnético conduzcan al ánodo. La trayectoria de los electrones se caracteriza por el radio de Larmor y describe un giro alrededor del trazado de las líneas de campo. El radio de giro para un electrón asciende para 10 gauss aproximadamente a 1 mm, para 100 gauss aproximadamente a 0,1 mm. La trayectoria está localizada por lo tanto a intensidades de campo magnético correspondientes adecuadamente a lo largo de la línea de campo. El efecto de una disposición de este tipo es una reducción de toda la tensión de descarga y un aumento de la tasa de recubrimiento. El gas de trabajo en las proximidades del objetivo se ioniza solo ligeramente.

Una aplicación ventajosa posible de la presente invención es el decapado de iones metálicos (MIE).

Esto se hace posible por una particularidad adicional de la fuente de evaporación por arco de la invención. La particularidad consiste en la posibilidad de un funcionamiento estable incluso sin gas de trabajo a vacío con presiones inferiores a  $1E-03$  Pa. A este respecto, mediante la buena conexión eléctrica del punto de arco 5 en el ánodo, se hace posible que la conductividad eléctrica del plasma metálico 8 sea suficiente para llevar 9 la corriente desde el cátodo hasta el ánodo. El vapor metálico procedente de la fuente de arco está ionizado de manera simple y múltiple en alto grado y puede acelerarse mediante la tensión de polarización 12 sobre el sustrato 11. Con ello puede realizarse de manera efectiva un decapado de iones metálicos (MIE) de manera efectiva. Un dispositivo de MIE 401 correspondiente se muestra en la Figura 4: Este comprende una fuente de deposición por arco 403 y un soporte de sustrato 407, que están dispuestos en una cámara de vacío 405. El soporte de sustrato, equipado con sustratos que van a decaparse (no mostrados) se coloca a potencial negativo con ayuda de una fuente de tensión 408, mediante lo cual se aceleran hacia los sustratos los iones positivos generados en la fuente de deposición por arco.

Es notable que el funcionamiento a vacío puede mantenerse a intensidades de corriente muy bajas: En la elección del intervalo de parámetro para el proceso de MIE mencionado anteriormente, resultó sorprendente que incluso a una corriente de descarga muy baja de la descarga de arco, sea posible un proceso estable. Debido a las líneas del campo magnético el potencial del ánodo se "transporta" hasta poco antes de la superficie objetivo, mediante lo cual puede mantenerse la trayectoria de corriente.

Para el aluminio, pudo establecerse un proceso estable a intensidades de corriente hasta por debajo a escasamente por encima de 10 A y para el titanio a intensidades de corriente hasta por debajo a escasamente por encima de 40 A. Con la fuente de deposición por arco de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo de manera estable el decapado de iones metálicos también con otros materiales, tales como, por ejemplo, Cr, Nb, Ta y otros metales con alto grado de ionización y alto porcentaje de ionización múltiple.

La fuente de deposición por arco de acuerdo con la invención puede realizarse con diferentes matrices, que por su parte, son a su vez en sí inventivas.

En primer lugar, para una mejor comprensión, se esboza la situación al usar una fuente de deposición por arco de acuerdo con el estado de la técnica. Por consiguiente, en la Figura 5 está representada una matriz indicada según el estado de la técnica.

A este respecto, la pared de cámara del receptor 505 forma el ánodo. Las líneas de campo magnético, que salen del objetivo, no tienen una conexión directa con el ánodo. En la Figura 5 se muestra un dispositivo de recubrimiento 501 con una fuente de deposición por arco 503 que está dispuesta en un receptor 505, estando dispuesto en el receptor

505 además un sujetador de sustrato 507 que puede colocarse a una tensión negativa por medio de una fuente de tensión 508. En especial a intensidades de campo magnético elevadas, que repercuten positivamente en la rugosidad de capa, se produce una ionización más fuerte del gas de trabajo (por ejemplo N<sub>2</sub>) y con ello un aumento de la tensión de descarga o una caída de potencial antes del objetivo. Además, mediante la alta temperatura de electrón de las descargas (2 eV-5 eV) se produce una distorsión del potencial antes del sustrato, tal como se esboza en la Figura 6.

En la Figura 4 se esbozó por el contrario una forma de realización de acuerdo con la invención y se ha explicado ya en su mayor parte.

El material de cátodo evaporado con alto grado de ionización se acelera a través de una tensión de polarización 408 sobre el sustrato. El sistema eléctrico cátodo 1 - ánodo 4 está realizado de manera flotante en relación a la masa de cámara 10.

El potencial de plasma  $U_{\text{plasma}}$  está unido en esta forma de realización a la pared de cámara.

La corriente de descarga de la fuente de arco fluye desde el cátodo hasta el ánodo. La tensión de cátodo en este Ejemplo von aproximadamente -16 a -25 V se forma contra el ánodo 4. La polarización de sustrato del generador 408 acelera iones del plasma con potencial de plasma  $U_{\text{plasma}}$  contra el sustrato. El trazado del potencial antes del sustrato, tal como se representa en la Figura 7, ya no está distorsionado, dado que la temperatura de electrón de un plasma de este tipo asciende únicamente a aproximadamente de 0,3 eV a 1 eV.

Otra forma de realización se muestra en la Figura 8, en concreto un dispositivo de recubrimiento 801 con una fuente de deposición por arco 803 que está dispuesto en un receptor 805, estando dispuesto en el receptor 805 además un sujetador de sustrato 807 que puede colocarse a una tensión negativa por medio de una fuente de tensión 808. De acuerdo con esta forma de realización, a diferencia de la Figura 4, el cátodo del sistema cátodo-ánodo flotante de la Figura 4, está conectado a la masa de cámara (ground). A este respecto se desplazan los potenciales, tal como se representa en la Figura 9. El potencial de cátodo se desplaza hacia la masa de cámara. La corriente de descarga de arco discurre de cátodo a ánodo. La tensión aplicada por la fuente de tensión (alimentación de polarización) 808 (en este Ejemplo 40 V) generan una aceleración de los iones con un porcentaje adicional de  $U_{\text{polarización}} + U_{\text{plasma}}$

En la Figura 8, el cátodo está puesto en cortocircuito con la cámara y por lo tanto se encuentra en la masa de cámara. En cambio, es también posible conectar cátodo y cámara a través de una fuente de tensión y con ello conseguir un desplazamiento de potencial adicional. Con ello puede conseguirse que el potencial de plasma, al menos antes del ánodo, sea fuertemente positivo. Esto se muestra en las Figuras 10 y 11.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de evaporación por arco que comprende

- 5           - un cátodo (309) que contiene una superficie con aquel material, que va a evaporarse  
          - medios magnéticos (305) que llevan a un campo magnético a lo largo de la superficie del cátodo (309)  
          - un ánodo (303) para la absorción de los electrones, que se extraen del cátodo (309) durante el proceso de  
          evaporación  
10          - una fuente de tensión, que permite colocar en potencial positivo al menos durante cierto tiempo el ánodo (303)  
          frente al cátodo (309)

caracterizado por que el ánodo (303) está dispuesto en la proximidad inmediata del cátodo (309) y en combinación  
con el campo magnético generado por los medios magnéticos (305) de tal manera que las líneas del campo  
magnético se guían, con una conexión corta, desde la superficie del cátodo (309) hasta el ánodo (303), en donde las  
15       líneas del campo magnético que salen de la superficie del cátodo (309) inciden sobre el ánodo (303) en caso de que  
no entren en una zona central del cátodo (309) de la superficie del cátodo (309) y en donde en la zona central del  
cátodo (309) se tomaron precauciones que impiden esencialmente su erosión durante el funcionamiento del  
dispositivo de evaporación.

20       2. Dispositivo de evaporación por arco según la reivindicación 1, caracterizado por que la posición y geometría del  
ánodo (303) en relación con el cátodo (309) se selecciona de modo que las líneas del campo magnético inciden bajo  
un ángulo de más de 45° y de manera especialmente preferente en perpendicular sobre la superficie del ánodo  
(303).

25       3. Dispositivo de evaporación por arco según la reivindicación 2, caracterizado por que la posición y geometría del  
ánodo (303) en relación con el cátodo (309) se selecciona de modo que las líneas del campo magnético y las líneas  
del campo eléctrico que inciden sobre el ánodo (303) discurren esencialmente en paralelo entre sí.

30       4. Dispositivo de evaporación por arco según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, caracterizado por que las  
precauciones comprenden un obturador en la zona central de la superficie del cátodo (309).

5. Dispositivo de tratamiento de vacío (401, 801) con un receptor (405, 805) y un soporte (407, 807) para sustratos y  
con un dispositivo de evaporación por arco (403, 803) según una de las reivindicaciones anteriores.

35       6. Dispositivo de tratamiento de vacío según la reivindicación 5, caracterizado por que el cátodo del dispositivo de  
evaporación por arco se mantiene a un potencial con respecto al receptor que es flotante, igual o positivo.

Figura 1

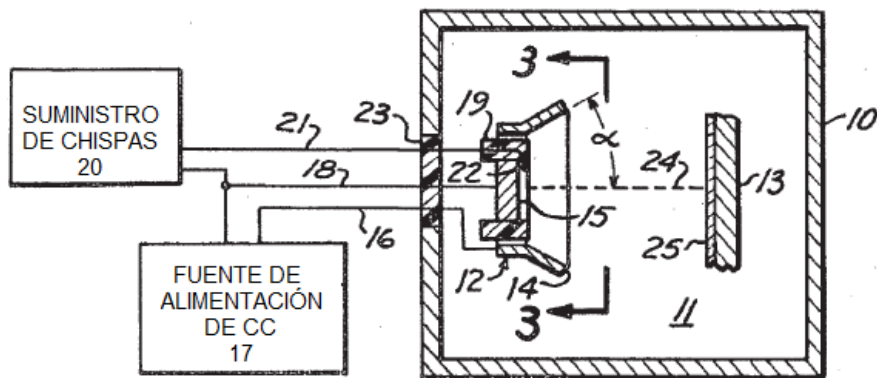


Figura 2

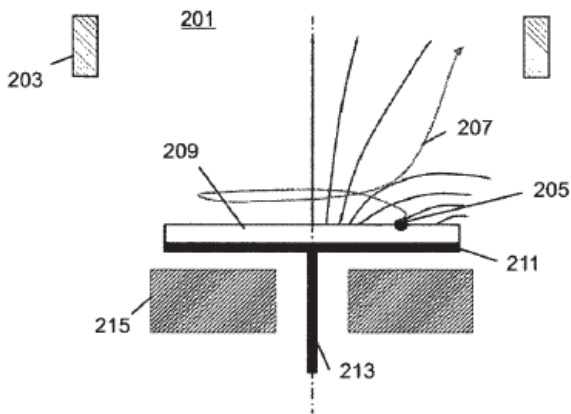


Figura 3

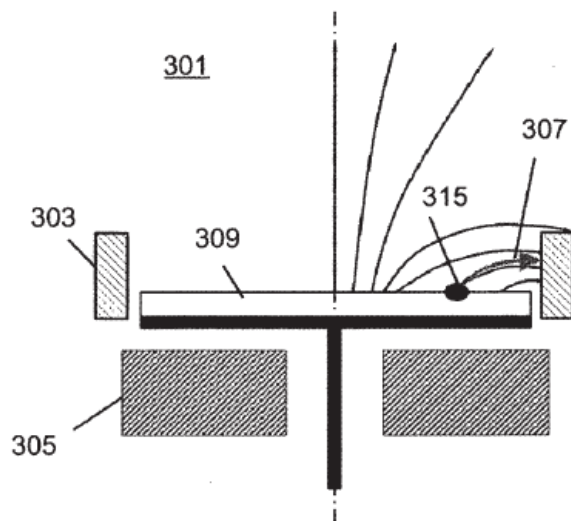


Figura 4

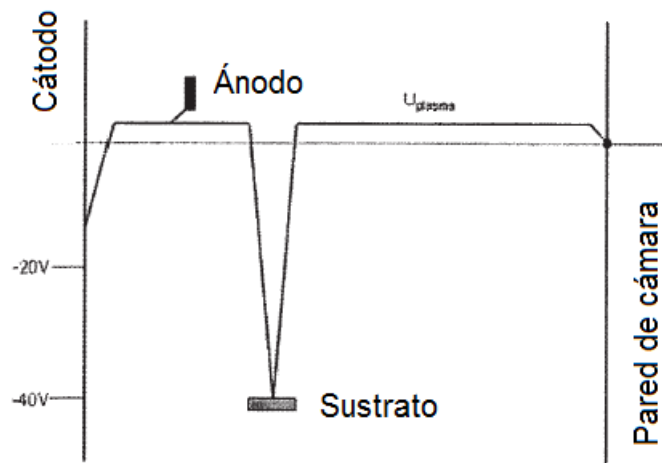
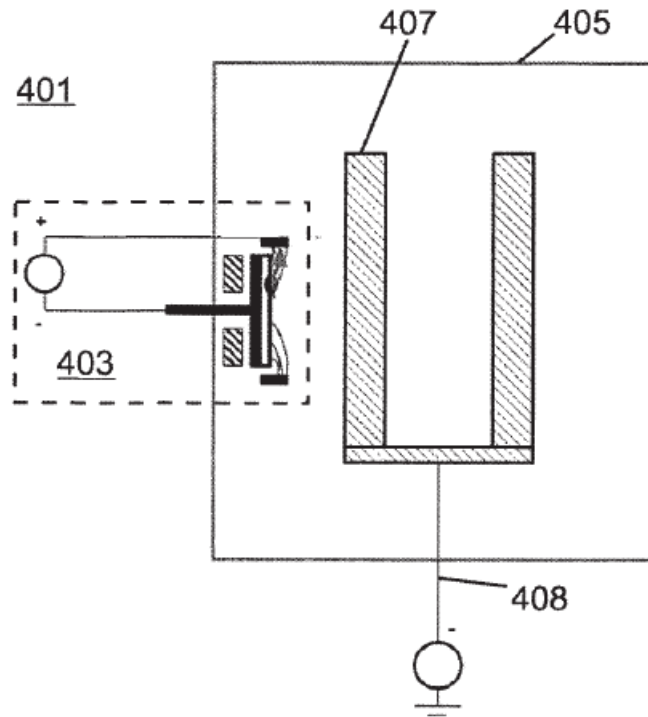


Figura 7



Figura 5

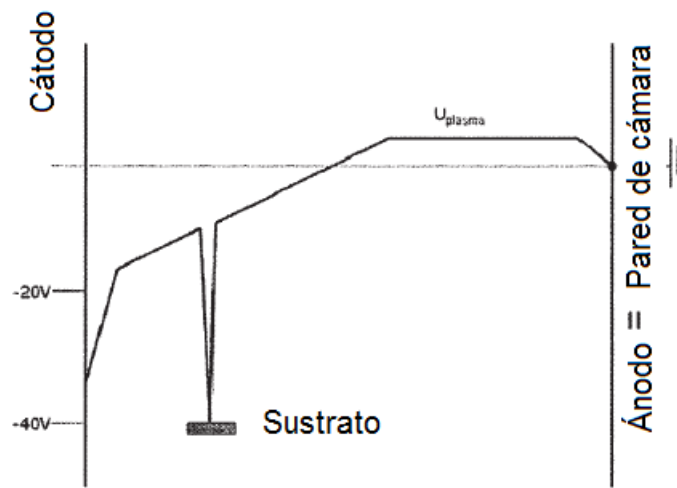
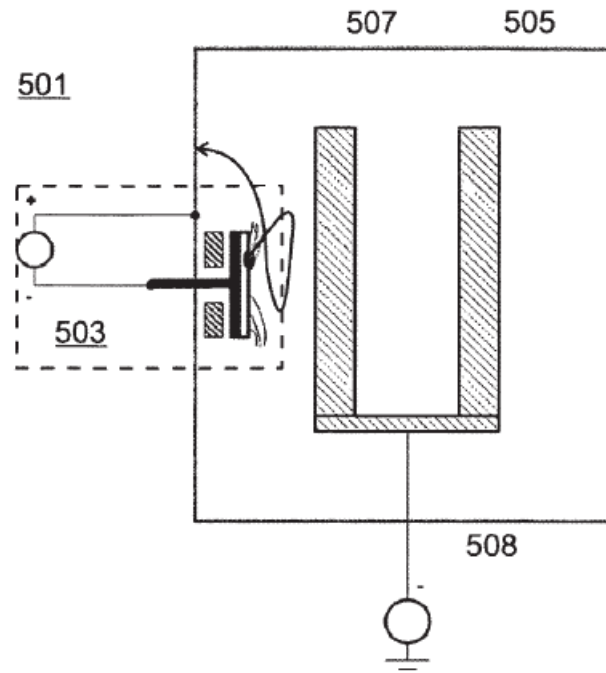


Figura 6

Figura 8

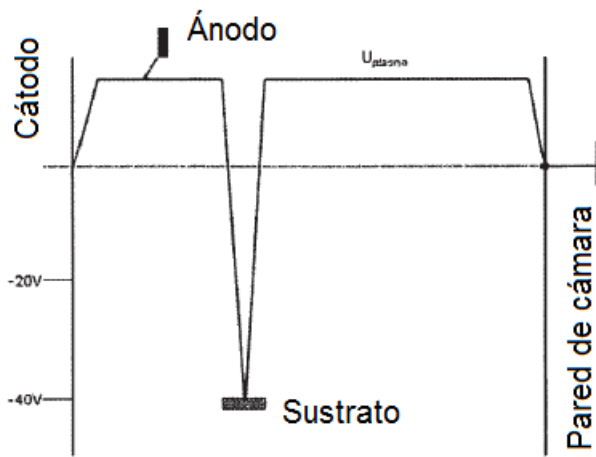
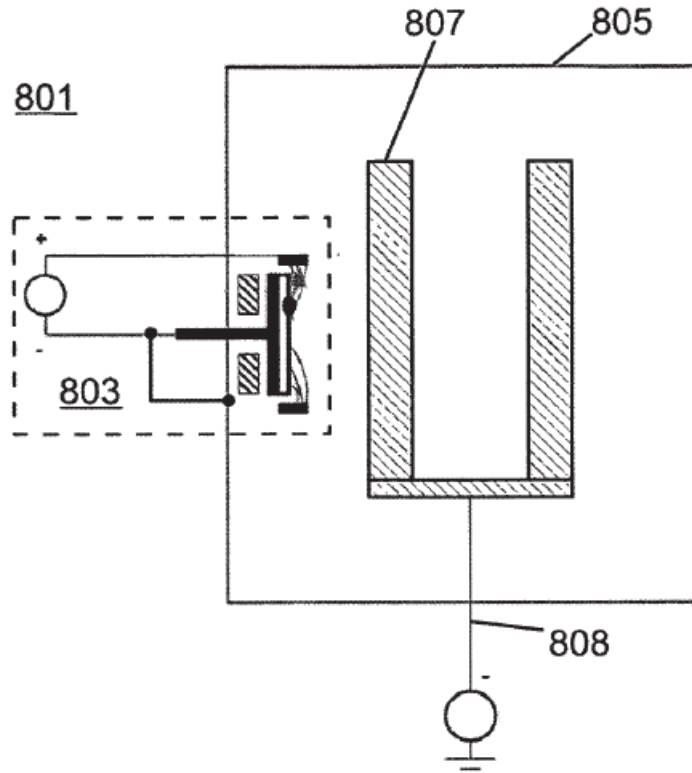


Figura 9

Figura 10

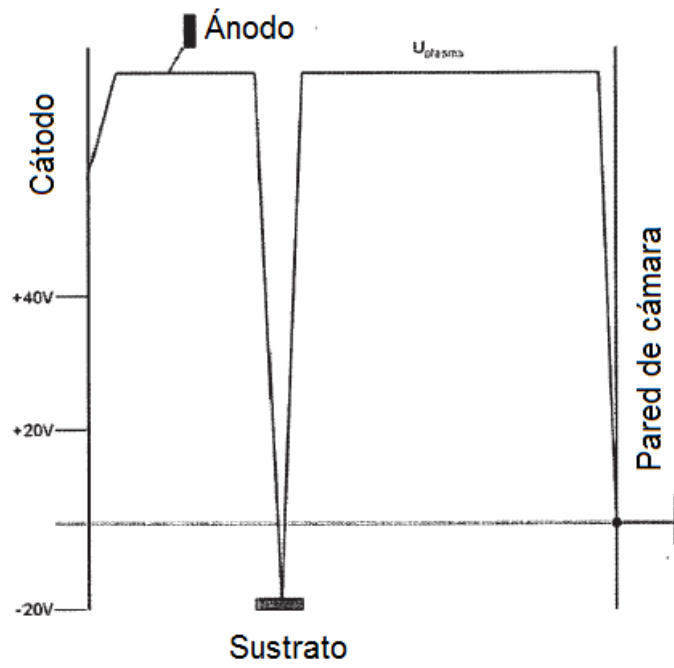
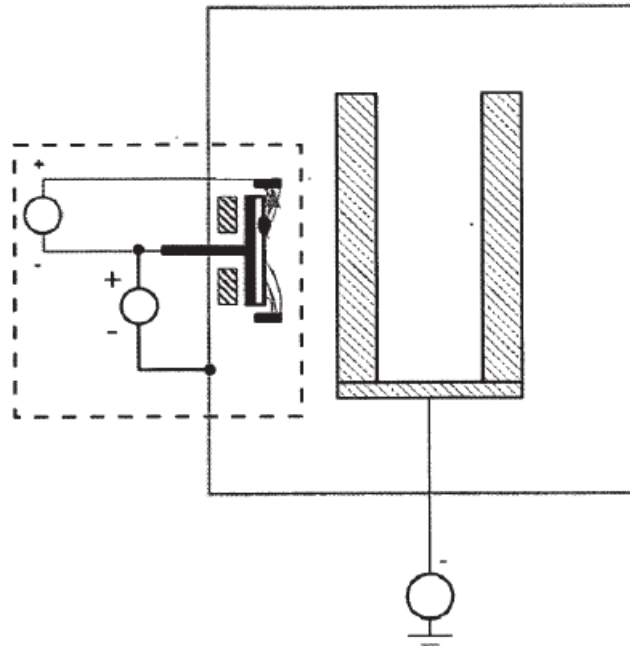


Figura 11