

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 121**

51 Int. Cl.:

H01J 37/34 (2006.01)

C23C 14/00 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.11.2012 PCT/EP2012/004848**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2013 WO13083238**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2012 E 12810067 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2789006**

54 Título: **Proceso de pulverización catódica reactiva**

30 Prioridad:

05.12.2011 US 201161566836 P

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

14.03.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KRASSNITZER, SIEGFRIED

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 704 121 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

Proceso de pulverización catódica reactiva

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la pulverización catódica reactiva. En la pulverización catódica que también se conoce por "sputtering", de la superficie de un cuerpo sólido (blanco) que forma el cátodo se expulsa golpeando material por bombardeo de iones y este pasa a la fase gaseosa. En el cátodo se aplica un potencial negativo para acelerar hacia el mismo los iones proporcionados. La pulverización catódica se usa frecuentemente para el recubrimiento de sustratos. Los sustratos se colocan cerca del blanco o se hacen pasar
10 delante de este. El material gaseiforme expulsado golpeando (= pulverizado) se deposita entonces sobre los sustratos. Se trata por tanto de una disociación de la fase gaseosa y forma parte de los procedimientos de recubrimiento conocidos bajo el nombre de PVD (= "physical vapor deposition"). Para que el material pulverizado llegue a los sustratos sin obstáculos, es decir, sin choques con otras partículas, debe existir solo una reducida presión de gas ambiente. La longitud del recorrido libre medio debería ser al menos tan grande como la distancia del cátodo con respecto a los sustratos. Por ello, el recubrimiento por pulverización catódica se realiza en una cámara de proceso evacuable. Las presiones de proceso típicas ascienden a $5 \cdot 10^{-3}$ mbar o menos.

Para generar los iones necesarios para el bombardeo del cátodo, en la cámara de proceso se introduce un gas de trabajo inerte. Muy frecuentemente se usa argón como gas de trabajo. Mediante ionización por choque se ionizan los átomos del gas de trabajo. Durante la ionización por choque, sustancialmente, electrones libres chocan con los átomos y los ionizan. De esta manera se produce un plasma del que los iones son atraídos por el cátodo. Por lo tanto, para el proceso resulta favorable una alta densidad de electrones. En la llamada pulverización catódica por magnetrón, detrás del cátodo se dispone un sistema magnético, cuyo campo magnético sobresale a la zona situada encima de la superficie del blanco. Esta parte saliente del campo magnético que frecuentemente está realizada
20 como túnel y que en cátodos rectangulares recuerda la forma de una pista de carreras ("racetrack") fuerza los electrones a una trayectoria helicoidal. Por la prolongación forzada del recorrido, lograda de esta manera, aumenta el número de choques por electrón y la ionización de los átomos de gas de trabajo se vuelve más eficiente.

A causa de la tensión negativa aplicada en el cátodo, los iones de gas de trabajo se aceleran hacia este. Durante la pulverización catódica se produce por tanto un flujo de corriente que debe mantenerse mediante un generador potente. En el procedimiento clásico de pulverización catódica es muy bajo el grado de ionización del material expulsado del blanco golpeando. Sin embargo, si se trabaja con densidades de corriente superiores a $0,5 \text{ A/cm}^2$, aumenta drásticamente el grado de ionización. Dicha ionización del material pulverizado puede aprovecharse de manera ventajosa para la formación de capa. Pero por la alta densidad de corriente, en el blanco se produce una considerable introducción de energía en el blanco que conduce al calentamiento de este. Por esta razón, en el caso de estas densidades de corriente se trabaja solo con impulsos, para dar tiempo al blanco a enfriarse. Un procedimiento de este tipo se denomina pulverización catódica por magnetrón con impulsos de alta potencia ("high-power impulse magnetron sputtering, HiPIMS").

40 A causa de la corriente eléctrica que en el procedimiento fluye necesariamente por la superficie del blanco, el procedimiento de pulverización catódica está limitado a materiales electroconductores. Sin embargo, durante la pulverización catódica puede introducirse un gas reactivo en la cámara de proceso, que entonces entra en unión con el material pulverizado. Sin embargo, a partir de un flujo de gas reactivo determinado se produce una drástica caída de tasa. Este es un indicio de que, como resultado de la reacción del gas reactivo con el material del blanco, la superficie del blanco está recubierta con una capa que no conduce o que conduce mal. En este caso, se habla de un blanco envenenado. Entonces, el llamado estado metálico puede restablecerse ya solo mediante una reducción drástica del suministro de gas reactivo.

La figura 1 muestra una histéresis típica al ejemplo de las señales ópticas para Al y cromo para una corta duración de impulso ($70 \mu\text{s}$) de una descarga HiPIMS. La potencia de impulso era de 500 W/cm^2 y la potencia promediada en el tiempo era de $2,5 \text{ kW}$. Las líneas continuas representan las señales ópticas para cromo (520 nm), las líneas de puntos representan las señales ópticas para aluminio (396 nm). Las líneas superiores están relacionadas con un flujo de oxígeno creciente, las líneas inferiores están relacionadas con un flujo de oxígeno decreciente. Se puede ver claramente la caída de tasa a partir de un flujo crítico de oxígeno. La tasa en el modo envenenado cae a valores muy bajos, es decir que se vuelve aproximadamente en el factor 100 más baja que la tasa en el modo metálico. En el modo envenenado, la superficie del blanco está oxidada. Entonces, únicamente mediante una reducción drástica del flujo de oxígeno, la superficie del blanco puede retornarse al estado metálico.

Hay diversos intentos de evitar una histéresis de este tipo. En el documento WO03/006703, Nyberg y col. proponen un procedimiento para la pulverización catódica reactiva, que mediante una limitación espacial de la "racetrack" de plasma producen una alta densidad de corriente sobre el blanco de pulverización catódica. De esta manera, el plasma se limita a una pequeña zona de la superficie del blanco. Nyberg y col. describen que es importante mover esta zona, en concreto, por una parte con la lentitud suficiente para garantizar que se pulveriza principalmente en el modo metálico, y sin embargo, con la rapidez suficiente para evitar que se funda la superficie del blanco.

65

En cambio, Wallin y col. describen en el documento WO2009/010330 un procedimiento HiPIMS según el que se trabaja con impulsos que tienen una duración de impulso entre 2 μ s y 200 μ s. Se trabaja con tensiones comprendidas entre 200 V y 2.000 V. Se trabaja con densidades de potencia superiores a 200 Wcm⁻². Los impulsos de potencia correspondientes son proporcionados por un generador que comprende una unidad de impulsos. De esta manera, durante cada impulso se dispara una descarga luminosa de pulverizador catódico por magnetrón, con una corriente que sube hasta un máximo en el que se alcanza el máximo del impulso de potencia. Entre dos impulsos sucesivos no se produce una alimentación de potencia eléctrica al sistema de recubrimiento. Se emplean flujos de oxígeno comprendidos entre 200 sccm y 2.000 sccm. Como describen Wallin y col., de esta manera, en el sustrato que ha de ser recubierto se consiguen condiciones reactivas, y al mismo tiempo, el blanco está sustancialmente en el estado metálico, es decir, la superficie del blanco no se somete significativamente a gas reactivo. Además, en los documentos WO2009/071667A1 y WO2007/147582A1 se describen procedimientos de pulverización catódica reactiva por magnetrón con impulsos de alta potencia, en los que el procedimiento de pulverización catódica se realiza en el rango de transición entre el modo envenenado y el modo metálico. Aquí, la regulación de la tensión, del flujo de gas reactivo, la duración del impulso eléctrico y la frecuencia de los impulsos eléctricos está elegida de tal forma que el blanco se encuentra en un estado entre el estado metálico y el estado envenenado, ya que en este rango son óptimas la tasa de metalización por evaporación y las características de capa. Es decir que los parámetros están elegidos de tal forma que la pulverización catódica se realiza en el rango de transición y no se convierte de un primer estado a un segundo estado durante la pulverización catódica.

Tanto Nyberg y col. como Wallin y col. eligen por tanto los parámetros de proceso de tal forma que la pulverización catódica se realiza en el modo metálico del blanco. La presente invención va por otro camino. Describe un procedimiento para la operación de una descarga de pulverización catódica en combinación con altas densidades de corriente (HiPIMS) que son superiores a 0,5 A/cm². Partiendo de un blanco que al principio del impulso de potencia está en un primer estado intermedio entre el estado envenenado y el estado metálico, en el proceso según la invención, la densidad de corriente o la densidad de potencia de pulverización catódica en combinación con la longitud de impulso se elige de tal forma que, al final del impulso de potencia, el proceso de pulverización catódica se encuentra en un segundo estado intermedio entre el estado envenenado y el estado metálico, presentando el segundo estado intermedio un carácter claramente más metálico que el primer estado intermedio. El primer estado intermedio también puede ser el estado absolutamente envenenado y el segundo estado intermedio también puede ser el estado metálico. Pero preferentemente, el primer estado intermedio claramente no corresponde al estado absolutamente envenenado y/o el segundo estado intermedio claramente no corresponde al estado metálico. Lo esencial es que, a diferencia del estado de la técnica, la pulverización catódica no se realiza normalmente de un blanco en el estado metálico, sino que, según la invención, mediante la aplicación de un impulso de energía definido, durante la señal se pasa del estado de un blanco más o menos envenenado al estado de un blanco más metálico. Esto se ve fomentado por una parte por la alta densidad de corriente en el blanco, que existe durante el proceso HiPIM y, por otra parte, un impulso debe durar el tiempo suficiente para desintoxicar el blanco de forma efectiva al menos parcialmente. La duración de impulso se elige entonces de forma tan larga o corta que el envenenamiento del blanco corresponda al primer estado intermedio. Con el impulso siguiente, el blanco se desintoxica entonces a su vez hasta el segundo estado intermedio. Una duración de impulso según la invención se sitúa entre 50 μ s y 100 ms. Pero el efecto en sí que estabiliza el proceso se produce por encima de aproximadamente 500 μ s. La duración de impulso preferible según la invención se sitúa por tanto entre 500 μ s y 100 ms, situándose una duración de impulso de forma especialmente preferible entre 1 ms y 10 ms, siendo aún más preferible una duración de impulso entre 1 ms y 5 ms.

Como se ha descrito anteriormente, según la invención se aplica un impulso de energía definido. Esto se puede conseguir por ejemplo de tal forma que, al contrario del estado de la técnica mencionado anteriormente, entre dos impulsos sucesivos, en un blanco no se interrumpe la alimentación de potencia al sistema de recubrimiento, sino que varios blancos se cargan con potencia sucesivamente, de modo que la emisión de potencia al sistema de recubrimiento se realiza sustancialmente de forma ininterrumpida y constante durante varias secuencias de impulsos. Dado que durante estas secuencias de impulsos no se produce ninguna interrupción de la emisión de potencia, tampoco se precisan intervalos de establecimiento de potencia adicionales. Se puede emplear un simple generador de CC que durante varios impulsos emita de forma constante su potencia al sistema de recubrimiento. Como resultado, en los blancos individuales pueden realizarse impulsos de potencia muy bien definidos y reproducibles. Un procedimiento de este tipo para la puesta a disposición de impulsos de potencia secuenciales se describe por ejemplo en el documento WO2012/143091 del mismo solicitante.

Como resultado del procedimiento según la invención se obtienen un proceso muy estable sin histéresis de la descarga de pulverización catódica con respecto a la presión de gas reactivo y una alta tasa de recubrimiento. Esto es válido especialmente en procesos de pulverización catódica de óxido como por ejemplo la fabricación de óxido de aluminio. Otra ventaja del procedimiento consiste en la alta densidad de corriente de la descarga de pulverización catódica según la invención que aumenta la ionización de las partículas pulverizadas.

A continuación, la invención se describe en detalle a modo de ejemplo con la ayuda de las figuras.

La figura 1 muestra una histéresis típica según el estado de la técnica.

La figura 2 muestra una captura de pantalla de un impulso de potencia según la invención en un cátodo de pulverización catódica.

La figura 3 muestra la caída de tasa en un proceso reactivo con oxígeno como gas reactivo usando impulsos HiPIMS largos.

La figura 4 muestra para un proceso de recubrimiento de 5 horas el curso de la señal óptica.

Las figuras 5a a d muestran el curso de los impulsos de tensión y de corriente en diferentes puntos de trabajo.

La figura 6 es una representación de la posibilidad de regular con la ayuda de valores de tensión el proceso de pulverización catódica reactiva.

En la figura 2 está representado un impulso de potencia según la invención en un cátodo de pulverización. En este ejemplo, como material del blanco se empleó un blanco de AlCr (70:30) y se mantuvo un flujo de oxígeno de 40 sccm. La figura muestra que la tensión de descarga reacciona de forma muy sensitiva al envenenamiento de la superficie del blanco en la "racetrack" de pulverización catódica:

- Al principio del impulso de potencia, el nivel de tensión es $U_1 = 400 \text{ V}$. Esto corresponde a un blanco envenenado (en el ejemplo, oxidado).
- Al final del impulso de potencia que es de constantemente 500 W/cm^2 , el nivel de tensión es de $U_2 = 680 \text{ V}$ corresponde a un estado parcialmente oxidado de la superficie del blanco.

De ello se puede concluir que la parte de la superficie del blanco que corresponde a la "racetrack" de plasma pasa durante la duración del impulso de un estado inicialmente oxidado a un estado intermedio parcialmente oxidado o metálico.

Si se usan impulsos HiPIMS largos, como por ejemplo 5 ms a su vez con una fuerza de impulsos de 500 W, con un creciente flujo de gas reactivo (por ejemplo, oxígeno) resulta una caída continua de la tasa (véase la figura 3). Sorprendentemente, la caída de tasa es monótona y no se produce ningún comportamiento de histéresis. Esto abre la posibilidad de ajustar el punto de trabajo con el procedimiento según la invención de manera discrecional en un estado del blanco.

El procedimiento según la invención resulta extraordinariamente estable. Para demostrar esto, el proceso de recubrimiento con los parámetros mencionados anteriormente se mantuvo durante 5 horas, y durante este tiempo se eligieron diferentes flujos de oxígeno y, por tanto, puntos de trabajo. Se empezó con una capa metálica, seguida de diferentes secciones con diferentes flujos de oxígeno. La figura 4 muestra el curso de la señal óptica de la emisión de plasma HiPIMS con la ayuda de las líneas de emisión de aluminio y cromo en función del tiempo. Se puede ver claramente que el proceso de recubrimiento transcurre de forma muy estable durante el tiempo completo.

Para completar, la figura 5 muestra el curso de los impulsos de tensión y de corriente en los diferentes puntos de trabajo del diagrama representado en la figura 4. En la figura 5a están representados los cursos cuando no se introduce gas reactivo en la cámara. Está realizado el modo puramente metálico. La tensión se mantiene relativamente constante. Lo mismo es válido para la corriente. En la figura 5b existe un flujo de gas reactivo de 50 sccm. La tensión de descarga comienza con 380 V y finaliza con 560 V. Por lo tanto, ni se alcanza el estado metálico de la superficie del blanco. En la figura 5c existe un flujo de gas reactivo de inicialmente 45 sccm y, después, de 40 sccm. La tensión de descarga al final del impulso ha subido ahora a 580 V, pero aún no se ha alcanzado el valor que se da por una superficie metálica. En la figura 5d, finalmente, existe un flujo de gas reactivo de 30 sccm. Con este flujo de gas reactivo, la tensión de descarga es inicialmente de 400 V y al final del impulso asciende a 700 V, es decir, al finalizar el impulso probablemente se alcanza sustancialmente el estado metálico de la superficie del blanco. Queda claro que conforme aumenta la oxidación de la superficie del blanco baja el valor inicial de la tensión de descarga del impulso de potencia. Por la duración del impulso de alta potencia queda garantizado que al final del impulso de potencia, el blanco o bien vuelve a adoptar un estado en el rango de transición entre oxidado y metálico, o bien, es metálico, porque en caso de la oxidación total de la superficie del blanco, la tensión se encontraría de manera constante en el bajo valor inicial. Pero, al contrario del estado de la técnica, precisamente no se procede de tal forma que durante el impulso se pulveriza la mayor parte de una superficie metálica de un blanco.

El procedimiento según la invención abre además la posibilidad de una regulación novedosa, igualmente según la invención, del proceso reactivo.

Es que, según el estado de la técnica conocido hasta ahora se regula o bien por medio de la emisión óptica, o bien, por medio de una tensión de pulverización catódica que se mantiene constante. Con ambos procedimientos es posible trabajar de manera estable en el rango de transición de un proceso reactivo. Especialmente la regulación de tensión es generalmente un proceso sencillo, estable y muy sensitivo.

La tensión de descarga de una superficie de blanco oxidada, por ejemplo, de óxido de aluminio o AlCrO_x , se encuentra en el intervalo de 300 a 400 V. La tensión en caso de una oxidación parcial es correspondientemente más alta y la tensión en la pulverización catódica de metal se sitúa entre aproximadamente 600 y 800 V. Según la invención, con un procedimiento con una emisión de potencia sustancialmente constante durante el impulso de

potencia, esto se puede aprovechar de manera ventajosa para la regulación del proceso reactivo. Es que, según la invención, el proceso puede realizarse mediante el valor inicial de la tensión y el valor final de la tensión de un impulso de potencia. Es decir que el proceso de pulverización catódica reactiva se regula con la ayuda del valor de tensión al principio de un impulso de potencia HIPIMS y con la ayuda del valor de tensión correspondiente al final del impulso de potencia. Esto está representado esquemáticamente en la figura 5.

De esta manera, la potencia de impulso y la duración de impulso de un procedimiento de pulverización catódica HIPIMS reactiva pueden elegirse de tal forma que al principio del impulso se produzca un determinado estado más oxidado del blanco y que al final del impulso se produzca un determinado estado oxidado al menos de forma más débil del blanco, lo que se puede ver en el curso de la tensión.

Cabe señalar además que como gas reactivo para el procedimiento según la invención entran en consideración por ejemplo oxígeno, nitrógeno, C₂H₂, CH₄ y sus mezclas. Por tanto, en la pulverización catódica según la invención con oxígeno se puede añadir como segundo gas reactivo por ejemplo nitrógeno. En la pulverización catódica según la invención con nitrógeno se puede añadir como segundo gas reactivo por ejemplo C₂H₂ o CH₄.

Se ha descrito un procedimiento para la pulverización catódica reactiva en el que mediante bombardeo de iones se expulsa golpeando material de la superficie de un primer blanco y este pasa a la fase gaseosa, y en el blanco se aplica una tensión negativa por impulsos, de tal forma que en la superficie del blanco se produce una corriente eléctrica con una densidad de corriente superior a 0,5 A/cm², de modo que el material que pasa a la fase gaseosa queda al menos parcialmente ionizado y en el que se establece un flujo de gas reactivo y el gas reactivo reacciona con el material de la superficie del blanco. La duración de un impulso de tensión se elige de tal forma que durante el impulso de tensión, la superficie del blanco en la que o en los puntos en los que fluye la corriente queda cubierta la mayor parte del tiempo al menos parcialmente con un compuesto de gas reactivo y material del blanco y, por tanto, la superficie del blanco está en un primer estado intermedio y este recubrimiento es menor al final del impulso de tensión que al principio del impulso de tensión y, por tanto, al final del impulso de tensión, la superficie del blanco está en un segundo estado intermedio.

El impulso de potencia generado por la tensión y la corriente se puede mantener en una amplitud de potencia sustancialmente constante al menos durante la mayor parte del tiempo del impulso, preferentemente durante sustancialmente la duración total del impulso.

La duración del impulso puede situarse entre 500 μ s y 100 ms, preferentemente entre 1 ms y 10 ms y, de forma especialmente preferible, entre 1 ms y 5 ms.

El tiempo de interrupción o los tiempos de interrupción entre un primer impulso y un impulso posterior puede / pueden elegirse de tal forma que durante este tiempo el gas reactivo pueda seguir reaccionando con la superficie del blanco de tal forma que al principio del impulso siguiente, la superficie del blanco está en cuanto al recubrimiento sustancialmente en el mismo estado intermedio que al principio del primer impulso. El impulso posterior puede ser un impulso directamente siguiente al primer impulso, de manera que por tanto no hay ningún impulso adicional intermedio.

Se puede usar al menos un segundo blanco y, para la carga de tensión por impulsos, la aportación de potencia puede conmutarse secuencialmente del primer blanco al segundo blanco y, dado el caso, secuencialmente a los blancos adicionales, de manera que durante al menos una secuencia de este tipo no se interrumpe la emisión de potencia de un generador que proporciona la potencia y que preferentemente es un generador de CC.

El procedimiento de pulverización catódica reactiva puede regularse de tal forma que al alcanzar una tensión predeterminada, correlativa con un segundo estado intermedio de la superficie del blanco, finalice un impulso de tensión.

La regulación puede configurarse de tal forma que en caso de pasar por debajo de una tensión predeterminada al principio del impulso, el tiempo de interrupción se elige más corto que el tiempo de interrupción anterior, y que en caso de sobrepasar una tensión predeterminada al principio del impulso, el tiempo de interrupción se elige más largo que el tiempo de interrupción anterior.

El segundo estado intermedio puede ser sustancialmente el estado metálico o no el estado metálico de la superficie del blanco.

El procedimiento de pulverización catódica descrito anteriormente se emplea preferentemente para el recubrimiento de sustratos. Pero por la alta densidad de iones también puede emplearse en otros procedimientos como por ejemplo el mordentado por pulverización catódica, la limpieza de superficies o la implantación de iones.

REVINDICACIONES

1. Procedimiento para la pulverización catódica reactiva en el que mediante bombardeo de iones se expulsa golpeando material de la superficie de un primer blanco y este pasa a la fase gaseosa, y en el blanco se aplica una tensión negativa por impulsos, de tal forma que en la superficie del blanco se produce una corriente eléctrica con una densidad de corriente superior a $0,5 \text{ A/cm}^2$, de modo que el material que pasa a la fase gaseosa queda al menos parcialmente ionizado y en el que se establece un flujo de gas reactivo y el gas reactivo reacciona con el material de la superficie del blanco, y en el que durante un impulso de tensión, la superficie del blanco en la que o en los puntos en los que fluye la corriente queda cubierta la mayor parte del tiempo al menos parcialmente con un compuesto de gas reactivo y material del blanco y, por tanto, la superficie del blanco que ha de ser sometida a la pulverización catódica está en un primer estado intermedio, caracterizado porque el impulso de potencia generado por la tensión y la corriente se mantiene en una amplitud de potencia sustancialmente constante al menos durante la mayor parte del tiempo del impulso, preferentemente durante sustancialmente la duración total del impulso, y la densidad de corriente o la densidad de potencia de pulverización catódica obtenida de esta manera y la duración del impulso se eligen de tal forma que, al final del impulso de potencia, la superficie del blanco sometida a la pulverización catódica se encuentra en un segundo estado intermedio en el que el recubrimiento del compuesto de gas reactivo y material del blanco es menor al final del impulso de potencia que al principio del impulso de potencia, lo que se puede ver en el curso de la tensión.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque al principio del impulso de potencia se mide un primer nivel de tensión U_1 y al final del impulso de potencia se mide un segundo nivel de tensión U_2 , siendo $U_2 > U_1$.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la duración del impulso se sitúa entre $500 \mu\text{s}$ y 100 ms , preferentemente entre 1 ms y 10 ms y, de forma especialmente preferible, entre 1 ms y 5 ms .
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el tiempo de interrupción o los tiempos de interrupción entre un primer impulso y un impulso posterior se eligen de tal forma que durante este tiempo el gas reactivo puede seguir reaccionando con la superficie del blanco de tal forma que al principio del impulso siguiente, la superficie del blanco está en cuanto al recubrimiento sustancialmente en el mismo estado intermedio que al principio del primer impulso.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el impulso posterior es un impulso directamente siguiente al primer impulso, y por tanto, no hay ningún impulso adicional intermedio.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se usa al menos un segundo blanco y, para la carga de tensión por impulsos, la aportación de potencia se conmuta secuencialmente del primer blanco al segundo blanco y, dado el caso, secuencialmente a los blancos adicionales, de manera que durante al menos una secuencia de este tipo no se interrumpe la emisión de potencia de un generador que proporciona la potencia y que preferentemente es un generador de CC.
7. Procedimiento para la regulación de una pulverización catódica reactiva según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque al alcanzar una tensión predeterminada, correlativa con un segundo estado intermedio de la superficie del blanco, finaliza un impulso de tensión.
8. Procedimiento para la regulación de una pulverización catódica reactiva según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en caso de pasar por debajo de una tensión predeterminada al principio del impulso, el tiempo de interrupción se elige más corto que el tiempo de interrupción anterior, y en caso de sobrepasar una tensión predeterminada al principio del impulso, el tiempo de interrupción se elige más largo que el tiempo de interrupción anterior.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el segundo estado intermedio es sustancialmente el estado metálico o no es el estado metálico de la superficie del blanco.

Figura 1

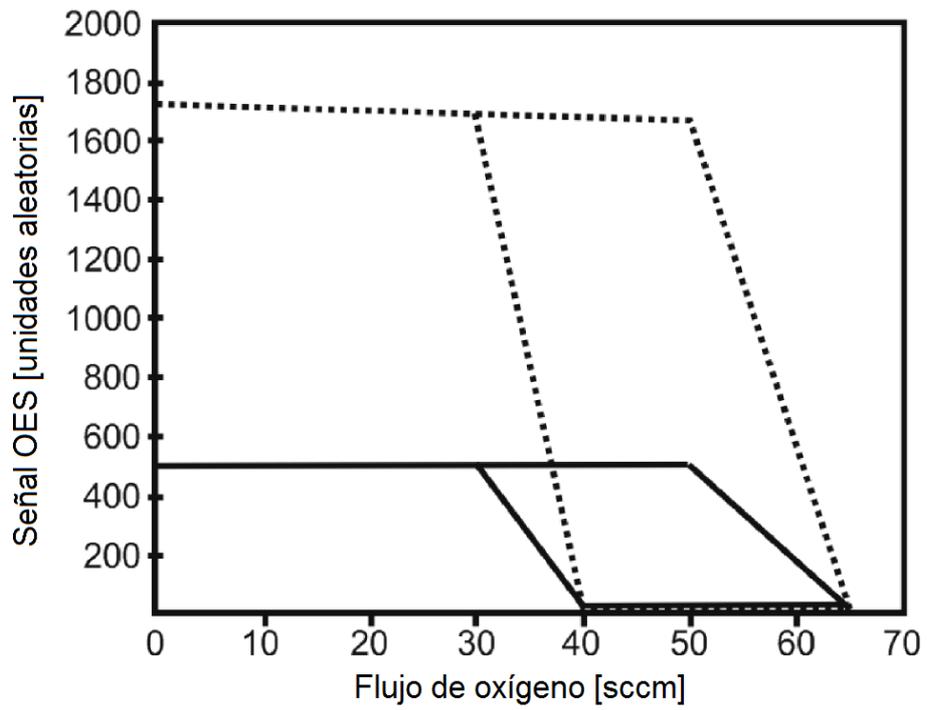


Figura 3

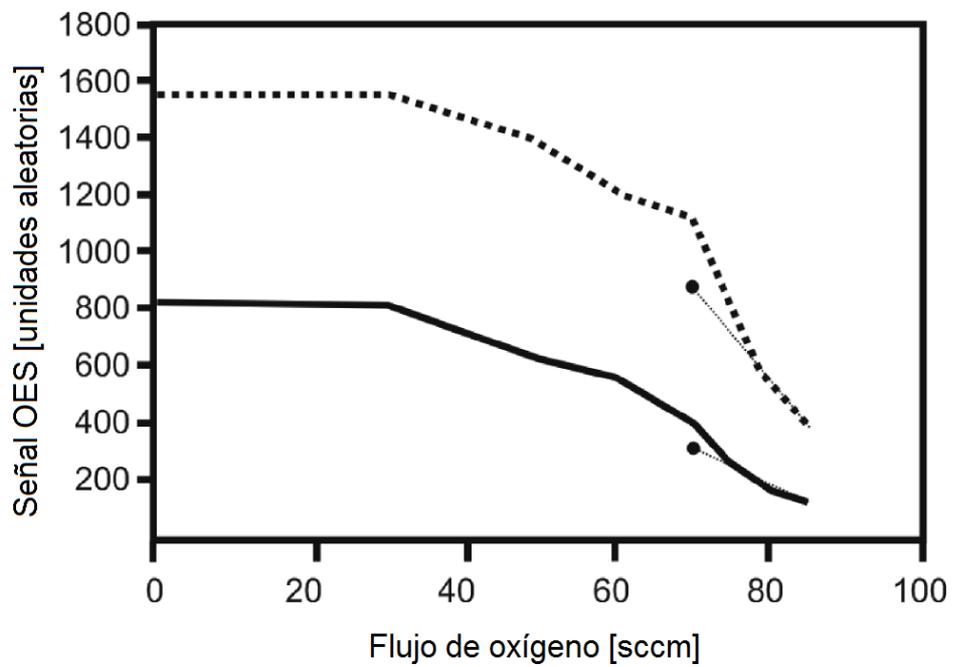


Figura 2

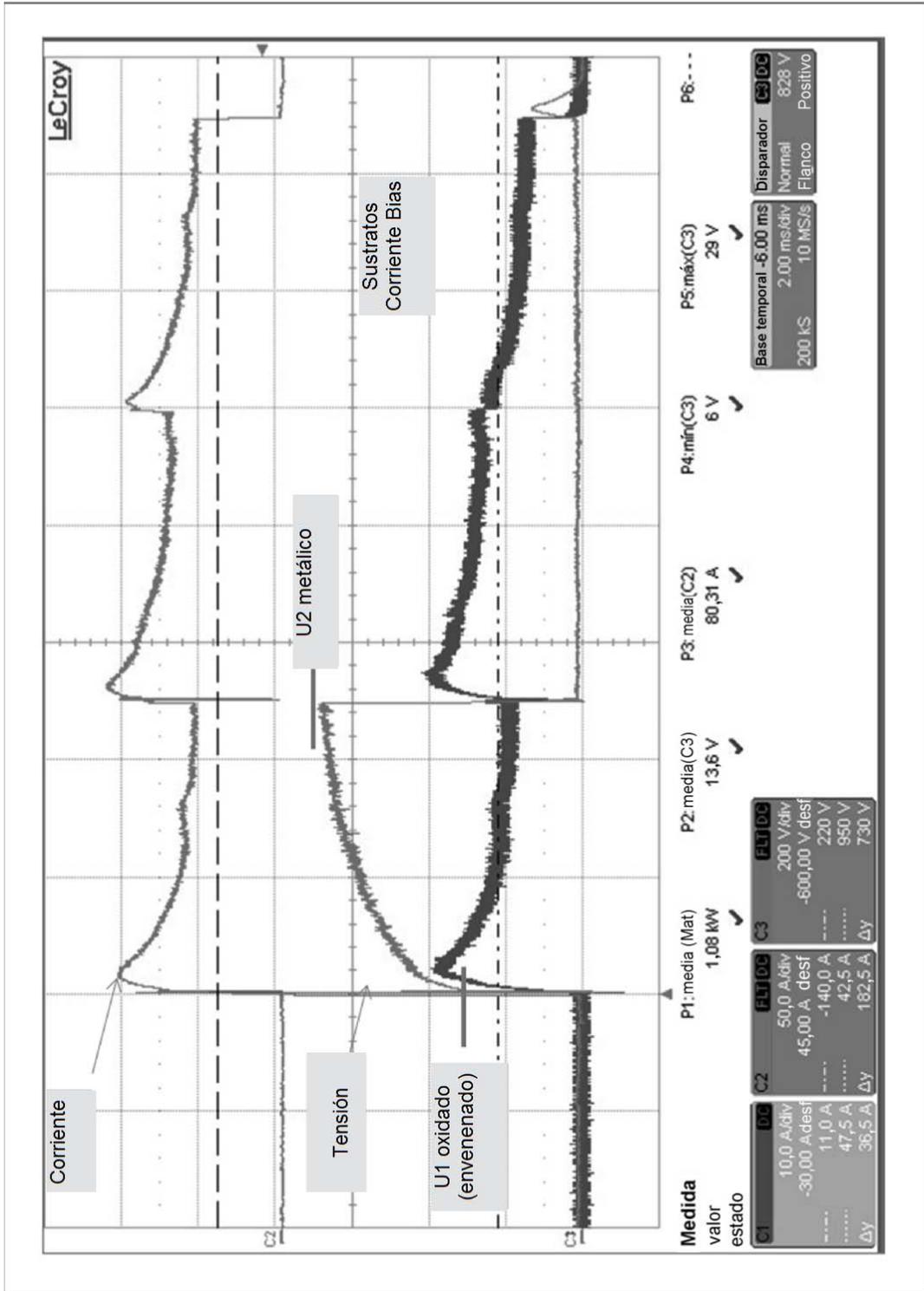


Figura 4:

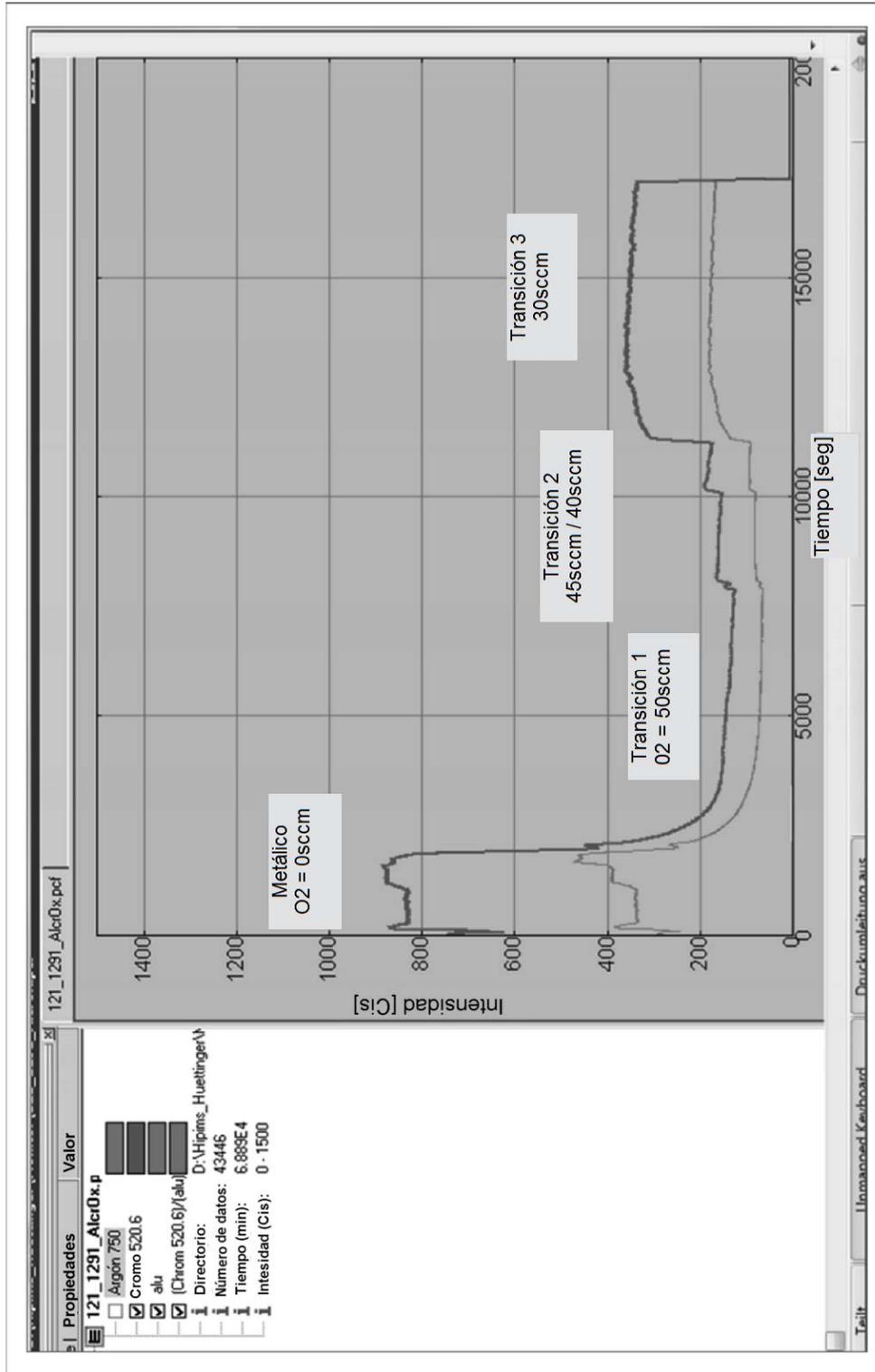


Figura 5a

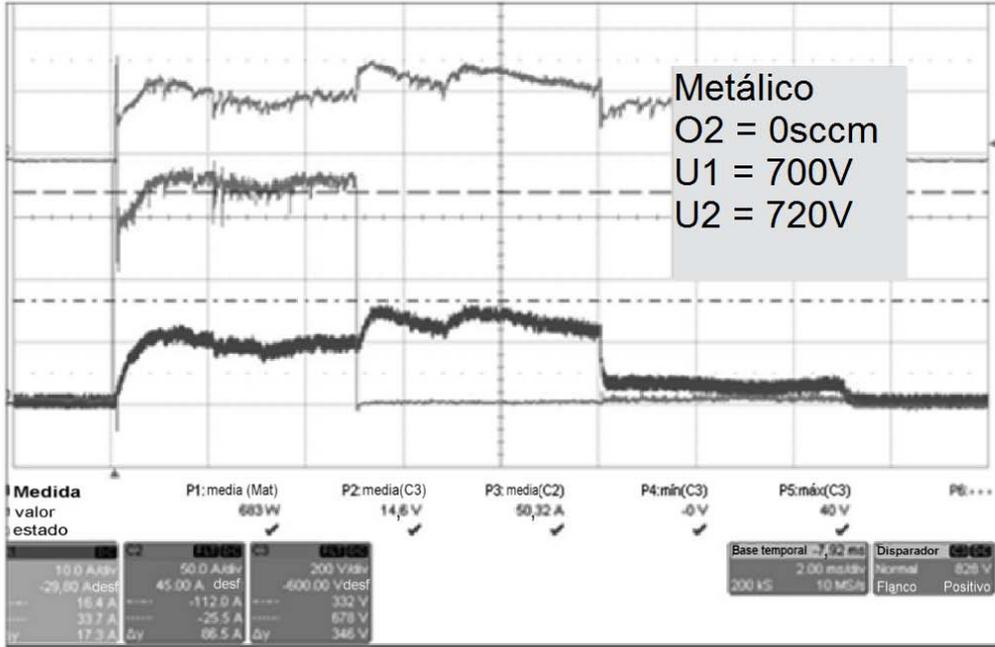


Figura 5b

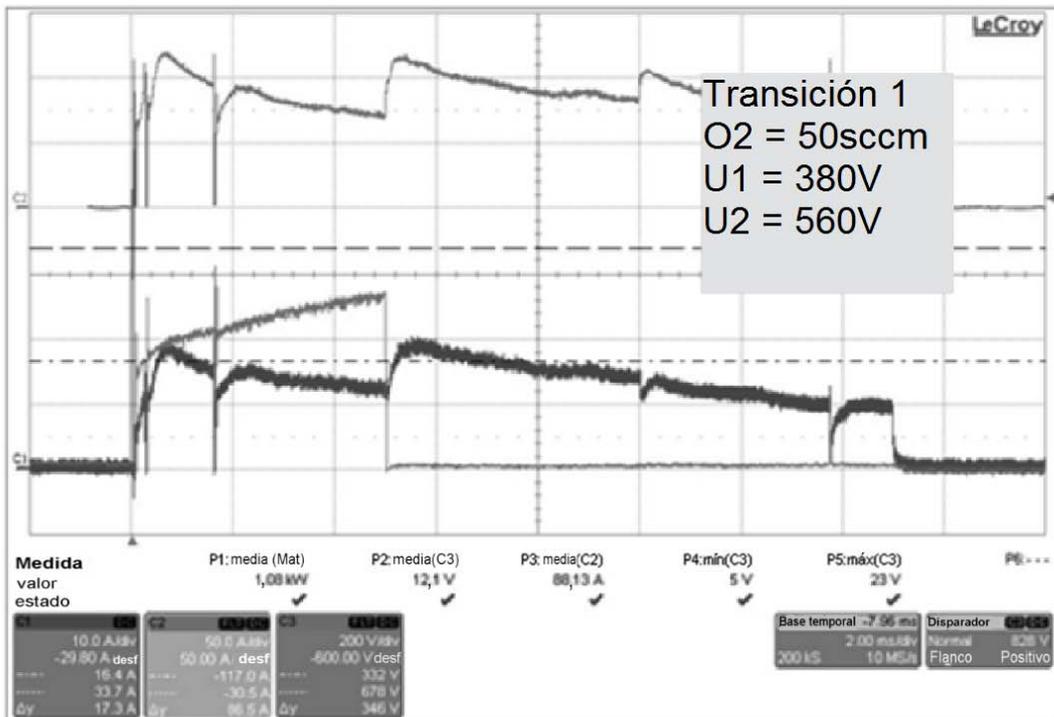


Figura 5c

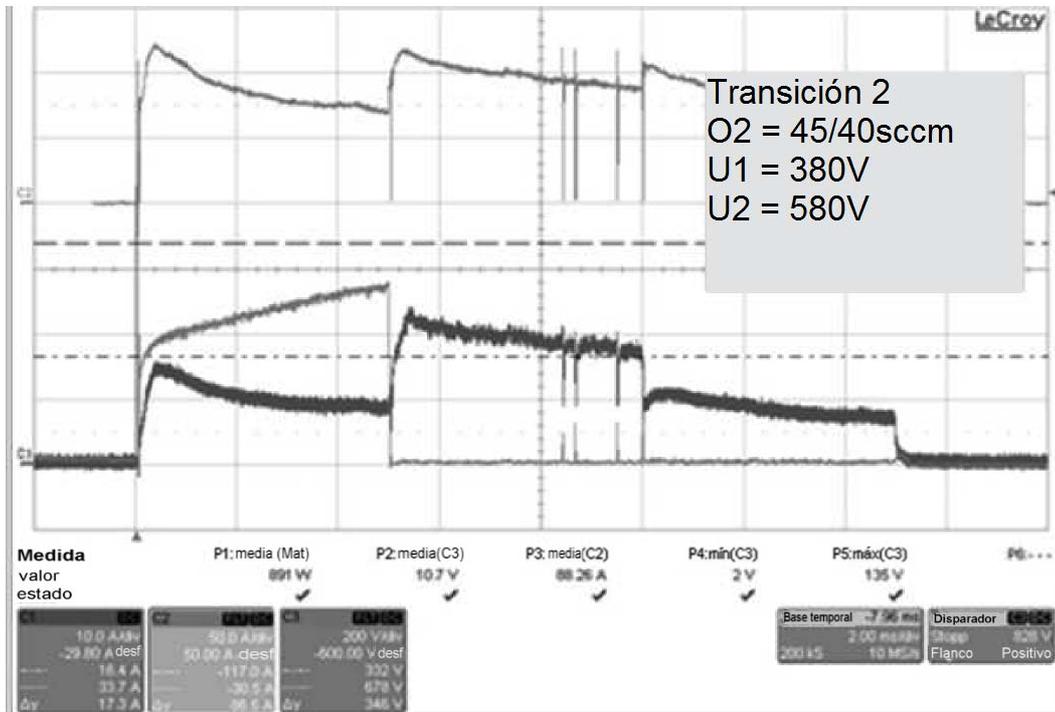


Figura 5d

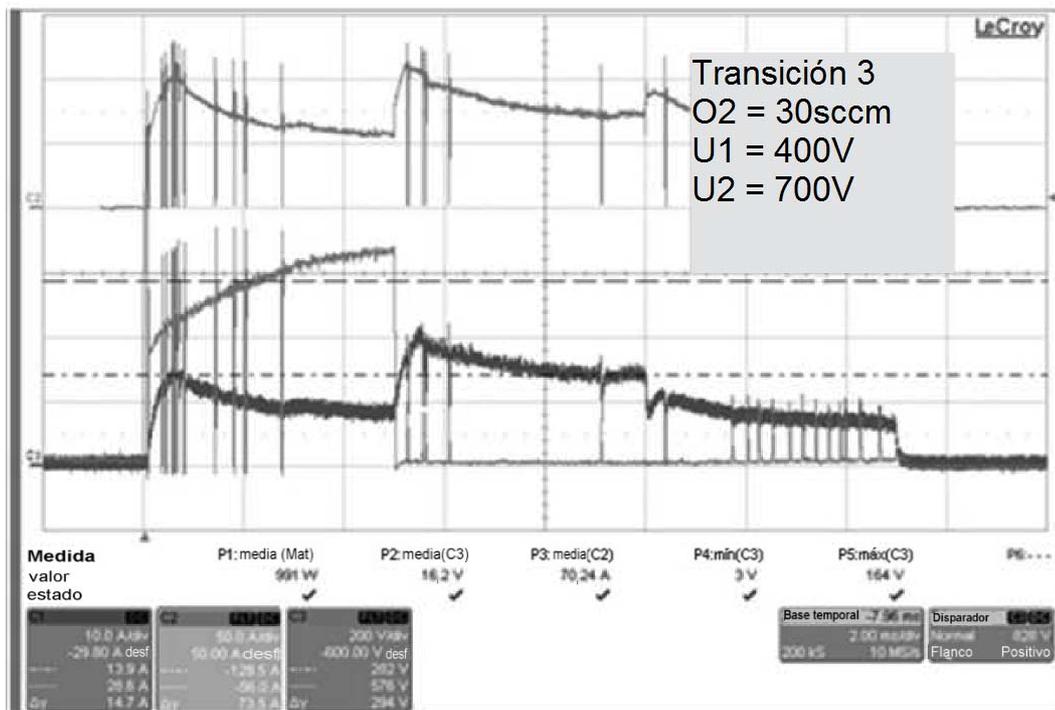


Figura 6

