

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 803**

51 Int. Cl.:
B05B 5/025 (2006.01)
B05B 5/047 (2006.01)
B05B 5/053 (2006.01)
H01J 49/16 (2006.01)
H05K 3/12 (2006.01)
G01N 30/72 (2006.01)
G01N 30/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08750639 .0**
96 Fecha de presentación: **19.05.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2162228**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2010**

54 Título: **Dispositivo de pulverización electrostática y procedimiento de pulverización electrostática**

30 Prioridad:
17.05.2007 GB 0709517
06.06.2007 GB 0710879

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.08.2012

73 Titular/es:
Queen Mary and Westfield College
Mile End Road
London E1 4NS, GB

72 Inventor/es:
STARK, John P. W.;
ALEXANDER, Matthew S.;
PAINE, Mark D. y
SMITH, Kate L

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 385 803 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

Dispositivo de pulverización electrostática y procedimiento de pulverización electrostática

5 La presente invención se refiere a un aparato de pulverización electrostática y un procedimiento de pulverización electrostática.

10 En las técnicas de atomización electrostática o de electropulverización convencionales, la superficie de un líquido electrolítico, típicamente de una conductividad mayor que 10^{-8} S/m, se carga por un campo eléctrico aplicado, típicamente del orden de alrededor de 10^5 V/m. La pulverización tiene lugar cuando las fuerzas electrostáticas sobre la superficie del fluido superan la tensión superficial del líquido. El régimen de pulverización más estable es el del modo de chorro de cono, en el que el equilibrio entre las fuerzas electrostática y de tensión superficial crean un cono de Taylor, a partir del vértice del cual se emite un chorro de líquido. Este chorro de cono estable sólo tiene lugar dentro de un intervalo particular de caudal de líquido y de voltaje aplicado. Cuando el voltaje y/o el caudal están por debajo de los que se requieren para un chorro de cono estable, entonces tienen lugar otros regímenes de pulverización, lo que incluye modo de husillo, goteo, electrogoteo.

20 Un procedimiento de electropulverización particular que se usa comúnmente en la espectrometría de masas de ionización por electropulverización, tal como se describe en el documento Int. J. Mass Spectrom. Ion processes 1994, 136, 167–180, se conoce como nanoelectropulverización. Una característica de la nanoelectropulverización es que el caudal puede estar dictado por el voltaje aplicado y la geometría del tubo, en particular el diámetro de salida. Esto tiene la ventaja de que puede conseguirse la electropulverización sin el uso de bombas o válvulas para forzar el líquido desde un depósito hasta la salida. La capacidad de eyectar o depositar de forma controlable pequeños volúmenes de fluido usando el presente procedimiento se ha identificado en el documento J. Aerosol Sci. 2007, 38, 315–324 como una técnica prometedora para modelar superficies con una gama de fluidos.

30 En la pulverización electrostática de fluidos aislantes, con una conductividad menor de 10^{-8} S/m, la conductividad intrínseca no es suficiente para producir una carga superficial lo bastante grande bajo el voltaje aplicado de una forma similar a la del comportamiento de electropulverización convencional observado con los fluidos de conductividad más alta, tal como se describe anteriormente. No obstante, se ha mostrado que, si se usa una geometría de electrodos particular, por ejemplo, usando una aguja afilada como electrodo sumergido en el fluido, es posible inyectar cargas en el fluido aislante para permitir que el líquido experimente una pulverización y expulsión a chorro tal como se describe en el documento J. Appl. Phys., 1976, 47, 5, 1964–1969. De esta forma, es posible desarrollar una carga superficial suficiente para pulverizar los líquidos dieléctricos de unos modos similares a los que se observan en la electropulverización convencional. El mecanismo de la inyección de carga no está limitado a una fuente de alimentación de alto voltaje e incluye, pero no está limitado a, dispositivos piezoeléctricos y carga generada triboeléctricamente.

40 Asimismo, a partir del documento J. Appl. Phys. 1998, 64, 4278–4284 se conoce que, para fluidos aislantes cuando el voltaje es inferior que el requerido para producir un modo de tipo chorro de cono estable, el menisco de líquido puede experimentar oscilaciones entre un chorro de cono cuasiestable y una gota deformada. Esto da como resultado una pulverización por impulsos con la emisión intermitente de gotitas de fluido a partir de la superficie del líquido. La producción de los impulsos requirió un caudal de fluido constante, proporcionado por una bomba o un fluido presurizado.

45 En otras técnicas conocidas de electropulverización o de atomización electrostática, la electropulverización tiene lugar de forma continua mientras que se aplica un voltaje o una corriente de carga al líquido que va a pulverizarse. El control del volumen de líquido que puede electropulverizarse está, por lo tanto, relativamente limitado, debido a que cualquier variación en el tiempo durante el que se aplica el voltaje o la corriente de carga afecta directamente al volumen de líquido pulverizado.

50 El procedimiento conocido de pulverización electrostática de fluido aislante tiene la desventaja de que, con el fin de iniciar y detener la pulverización, es necesario iniciar y detener el procedimiento de bombeo. No es posible controlar con precisión el inicio y la detención de la bomba. En un aparato de este tipo, incluso si se apaga el campo eléctrico o la corriente de carga, la bomba continuará entregando líquido a la salida del tubo o al área de pulverización, dando como resultado un goteo. Esto significa que no es posible un control preciso de la pulverización de líquido.

55 El documento US2006/0262163 describe un dispositivo de descarga de fluido de tipo de succión electrostática que descarga material a partir de una boquilla sobre un sustrato aislante, usando un voltaje de impulso bipolar.

60 El documento US2007/0101934 describe un procedimiento y dispositivo de descarga de fluido de tipo de succión electrostática para aplicar un fluido conductor sobre un sustrato no conductor.

65 El documento WO 01/71311 da a conocer un aparato de pulverización electrostática de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención proporciona un aparato de pulverización electrostática tal como se describe en la reivindicación 1.

5 Esto tiene la ventaja de que el aparato de pulverización electrostática proporciona unos impulsos fiables de gotitas de líquido no conductor pulverizadas que pueden iniciarse y detenerse con precisión.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento de pulverización electrostática tal como se describe en la reivindicación 13.

10 En el líquido o fluido pueden inyectarse unas cargas o bien positivas o bien negativas.

Opcionalmente, los medios para inyectar cargas en el líquido o fluido son un conductor en punta tal como, por ejemplo, un alfiler o aguja de metal, que tiene una punta ahusada o afilada. Esto ayuda a la inyección de carga, en especial para fluidos o líquidos no conductores.

15 Opcionalmente, la punta puede estar completamente sumergida dentro del líquido. La punta puede encontrarse también dentro del emisor. La punta no puede, por lo tanto, sobresalir a través de una abertura del emisor. El emisor puede ser una cavidad o capilar que tiene una abertura o agujero. La punta puede encontrarse también en el interior de la cavidad y, por lo tanto, no extenderse a través de la abertura de la cavidad, es decir, por delante de la abertura. Esto mejora la inyección de carga, mejorando de ese modo la fiabilidad y la naturaleza regular de los impulsos o gotas emitidas y también puede reducir la aparición de un chorro o gotas descomponiéndose en unas gotitas más pequeñas y más irregulares. Esto puede ser de particular importancia para fluidos o líquidos no conductores.

20 Esto tiene la ventaja de que el aparato de pulverización electrostática proporciona unos impulsos fiables de las gotitas de líquido pulverizado, formando un volumen controlable con precisión de líquido pulverizado.

25 Preferiblemente, puede hacerse que la intensidad de la corriente de carga o el campo eléctrico variable con el tiempo varíe, de tal modo que uno o más impulsos de electropulverización se emiten durante un primer periodo de tiempo, y uno o más impulsos de electropulverización se emiten durante un segundo periodo de tiempo; en el que la tasa de emisión de impulsos en el primer periodo de tiempo es diferente de la tasa de emisión de impulsos en el segundo periodo de tiempo.

30 Preferiblemente, la longitud del primer periodo de tiempo es sustancialmente la misma que la longitud del segundo periodo de tiempo.

35 Preferiblemente, se proporcionan unos medios para hacer que varíe la cantidad de tiempo que la intensidad del campo eléctrico o la corriente de carga se encuentra por encima de la intensidad umbral.

40 Preferiblemente, la intensidad del campo eléctrico o la corriente de carga es sustancialmente constante mientras que se encuentra por encima de la intensidad umbral.

Opcionalmente, el procedimiento puede usarse para la fabricación de pistas conductoras.

45 De forma ventajosa, la intensidad de la corriente de carga o el campo eléctrico variable con el tiempo varía de tal modo que uno o más impulsos de electropulverización se emiten durante un primer periodo de tiempo, y uno o más impulsos de electropulverización se emiten durante un segundo periodo de tiempo; en el que la tasa de emisión de impulsos en el primer periodo de tiempo es diferente de la tasa de emisión de impulsos en el segundo periodo de tiempo.

50 Opcionalmente, el procedimiento comprende hacer que varíe la intensidad del campo eléctrico o la corriente de carga en un ciclo de periodo constante, siendo el ciclo de trabajo cuando la intensidad es mayor que el valor umbral variable.

55 A continuación, se describirán realizaciones de la presente invención con referencia a las figuras, en las que:

la figura 1 es una vista en alzado lateral esquemático del aparato de acuerdo con un ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;

la figura 2A es una vista lateral de una boquilla de vidrio estirado durante la pulverización electrostática de un líquido de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención;

60 la figura 2B es una vista en planta de un sustrato después de haber recibido una pulverización electrostática de un líquido de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

la figura 3 muestra una gráfica de la dependencia de la frecuencia de emisión de gotas sobre el voltaje aplicado para una geometría de boquilla y electrodo inyector particular, usando un primer aspecto de la presente invención;

65 la figura 4 muestra una gráfica del intervalo de frecuencias de emisión de gotas obtenible con diferentes dimensiones de boquilla cuando se pulveriza de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

- la figura 5 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un segundo ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- las figuras 6A, 6B y 6C son unas vistas en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un tercer ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- 5 la figura 7 es una imagen de una pulverización electrostática de un líquido producido usando el aparato de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 8 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;
- 10 la figura 9 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un cuarto ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- la figura 10 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un quinto ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- la figura 11 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un sexto ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- 15 la figura 12 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un séptimo ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- la figura 13 muestra una serie de gotitas de pulverización que ilustra la variación en el volumen de las gotas emitidas obtenible por variación de la corriente de carga o el campo aplicado o a partir de la misma geometría de emisor de boquilla;
- 20 la figura 14 es una vista en alzado lateral esquemático de un aparato de acuerdo con un octavo ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención;
- la figura 1b es una vista en alzado lateral esquemático de un noveno ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención, dado sólo a modo de ejemplo;
- las figuras 3a y 3b muestran unas gráficas de corriente (que indican unos impulsos de electropulverización) frente al tiempo en un primer modo;
- 25 la figura 15 muestra una gráfica de corriente (que indica unos impulsos de electropulverización) frente al tiempo en un primer modo;
- la figura 16 muestra una gráfica de corriente (que indica unos impulsos de electropulverización) frente al tiempo en un primer modo;
- 30 la figura 17 muestra una gráfica de corriente (que indica unos impulsos de electropulverización) frente al tiempo en un segundo modo;
- las figuras 7a, 7b y 7c muestran unas gráficas de corriente (que indican unos impulsos de electropulverización) frente al tiempo en un tercer modo;
- 35 la figura 18 muestra un décimo ejemplo ilustrativo que no es parte de la invención que tiene un electrodo integrado
- la figura 19 muestra una fotografía de una deposición de gotas sobre un sustrato de papel;
- la figura 20 muestra una fotografía de una deposición de gotas sobre un sustrato de acetato; y
- la figura 21 muestra una fotografía de una deposición de gotas sobre un sustrato de silicio.
- 40 La figura 1 muestra un aparato de pulverización electrostática 1. Un tubo emisor 2 es capaz de contener un líquido 3 que va a electropulverizarse. El tubo 2 tiene una abertura o agujero circular 29 a partir del que puede pulverizarse el líquido 3. El tubo 2 actúa como un depósito de líquido para el líquido 3. El líquido 3 es un líquido de baja conductividad o sustancialmente no conductor, es decir, sustancialmente aislante. Alternativamente, el líquido 3 puede ser un líquido conductor. No obstante, el ejemplo que se proporciona a continuación analiza el uso de un
- 45 líquido sustancialmente no conductor.
- Un tubo emisor 2 es capaz de contener un líquido 3 que va a electropulverizarse. El tubo 2 tiene una abertura o agujero 29 a partir del que puede pulverizarse el líquido 3. La abertura es, preferiblemente, circular. El tubo 2 actúa como un depósito de líquido para el líquido 3. El líquido 3 es un líquido de baja conductividad o sustancialmente no conductor, es decir, sustancialmente aislante.
- 50 El líquido sustancialmente no conductor tiene preferiblemente una conductividad de menos de 10^{-8} S/m, y puede tener una conductividad menor de 10^{-6} S/m. El líquido 3 puede ser un líquido dieléctrico. Las expresiones sustancialmente no conductor y aislante han de tomarse con el significado de un líquido con baja conductividad de menos de 10^{-6} S/m, u opcionalmente, de menos de 10^{-8} S/m.
- 55 Un electrodo en forma de aguja 4 se encuentra en contacto con el líquido 3 que va a pulverizarse. La aguja 4 tiene un extremo en punta 4a ahusado hasta una punta. El extremo en punta 4a es adyacente al agujero 29 en el tubo. La aguja 4 se alinea con un eje longitudinal del tubo 2, y el extremo en punta 4a centrado sobre el agujero 29. La aguja 4 se fabrica preferiblemente de metal. El extremo en punta 4a puede emitir cargas positivas o negativas en el líquido 3 cuando se aplica un voltaje a la aguja 4. Las cargas pueden ser electrones (de carga negativa) o hacerse capturando electrones (de carga positiva). Puede considerarse que la inyección de cargas en el líquido 3 es una corriente de carga.
- 60 Un electrodo de sustrato 10 se coloca a una distancia adecuada del agujero 29 del tubo emisor 2, típicamente del orden de 1 mm. El electrodo de sustrato 10 es un bloque cuadrado macizo de dimensiones 2 cm x 2 cm por 0,5 cm
- 65

de espesor, que se alinea con un eje longitudinal del tubo emisor 2. El electrodo de sustrato 10 se conecta a tierra.

Una fuente de alimentación de alto voltaje 5, capaz de suministrar un voltaje de una u otra polaridad, se conecta al electrodo de metal 4. La fuente de alimentación de alto voltaje 5 puede proporcionar un voltaje constante (es decir, CC) al líquido. Puede hacerse que el voltaje proporcionado varíe hasta un valor seleccionado.

Un sustrato colector 9 se coloca encima del electrodo de sustrato 10. El sustrato colector 9 recibe las gotitas de electropulverización por impulsos a partir del tubo emisor 2.

Una etapa de translación de alta precisión por ordenador 11 soporta el sustrato colector 9 y el electrodo de sustrato 10, y puede mover el electrodo 10 en perpendicular a la dirección de pulverización.

La superficie de sustrato puede recubrirse con una capa monomolecular montada previamente de partículas o moléculas, y/o se recubre con una capa monomolecular inferior montada previamente de partículas o moléculas. El sustrato puede ser un aislante, un semiconductor, o un conductor. El sustrato puede ser, en particular, silicio.

El tubo emisor 2, el electrodo de sustrato 10 y sustrato colector 9 pueden alojarse en una cámara de vacío de acero inoxidable conectada a tierra, para permitir que se haga que la presión del gas circundante varíe, y en particular, se reduzca.

El líquido 3 tiene un menisco en el agujero 29, oscilando el menisco durante la electropulverización. El menisco puede encontrarse en forma de cono, que se extiende por debajo del agujero 29, tal como se muestra en la figura 1. El menisco de líquido oscilante y las gotitas producidas de forma electrostática pueden observarse mediante una cámara de dispositivo de carga acoplada de alta velocidad (CCD) 7, iluminado por una fuente de luz fría 6.

La cantidad de carga inyectada en el fluido puede medirse mediante un dispositivo de supervisión de corriente 12 conectado al tubo emisor 2, con el fin de medir la corriente a través del líquido.

El aparato de pulverización electrostática 1 es un sistema no forzado, lo que quiere decir que no hay bomba o válvula alguna conectada entre la abertura 29 y el depósito de líquido cuando el aparato se encuentra en uso. El flujo de líquido a partir del depósito se induce sólo por fuerzas electrostáticas. Las fuerzas electrostáticas se generan por las cargas inyectadas dentro del fluido y el campo eléctrico presente tanto en la superficie del fluido como dentro del propio fluido debido a las cargas libres.

El aparato de pulverización electrostática 1 se configura para pulverizar un líquido 3 en impulsos discretos, pulverizándose uno o más impulsos de líquido 3 dentro de un periodo en el que se aplica voltaje a la aguja 4. Los impulsos de pulverización tienen lugar automáticamente cuando el aparato 1 se configura de forma adecuada y no se generan directamente iniciando y deteniendo el voltaje aplicado.

Para que tenga lugar la pulverización por impulsos, la viscosidad de líquido y la geometría de electrodo y de emisor se seleccionan de tal modo que las fuerzas que se requieren para bombear de forma electrostática el líquido a un caudal próximo al caudal de pulverización estable mínimo no son demasiado grandes. La intensidad de campo eléctrico o la corriente de carga se selecciona también basándose en la viscosidad de líquido y la geometría de electrodo y de emisor. La intensidad de campo eléctrico se elige de tal modo que la pulverización electrostática tiene lugar en impulsos, sin una descarga de corona constante. Para una resistencia hidráulica o diámetro de abertura de emisor específico, para una gran viscosidad de líquido, la intensidad de campo eléctrico o tasa de carga inyectada puede ser más alta. Para una viscosidad de líquido inferior, puede usarse una corriente de carga inferior. Para un diámetro de abertura de emisor más pequeño, o una resistencia hidráulica más grande, entonces o bien la intensidad de campo eléctrico o bien la cantidad de carga inyectada ha de ser más alta para una viscosidad particular, o la viscosidad ha de ser inferior para una corriente de carga inyectada o intensidad de campo particular. Las presentes relaciones pueden aplicarse a la totalidad de las realizaciones descritas.

Muchos líquidos diferentes pueden usarse en el aparato de pulverización electrostática 1. Las conductividades temperatura ambiente pueden variar desde una conductividad despreciable hasta 10^{-6} S/m. Pueden usarse también líquidos criogénicos de baja conductividad, tal como nitrógeno líquido, amoniaco líquido, hidrógeno líquido u oxígeno líquido. Pueden usarse unas viscosidades de 1×10^{-4} a 100 Pa·s.

El aparato de pulverización electrostática 1 puede usarse como una impresora, con el fin de pulverizar una tinta o imprimir sobre chips o sustratos.

El aparato de pulverización electrostática 1 tiene las ventajas particulares de que el inicio y la detención de los impulsos de líquido pueden controlarse con mucha precisión. Esto se debe a que el líquido fluye sólo a partir de la salida de capilar y se emite a partir del tubo 1 cuando carga se inyecta en el fluido 3.

La carga puede inyectarse en el fluido de baja conductividad o aislante en un número de formas, lo que incluye, pero no se limita a, la inyección a partir de un electrodo de metal afilado a alto voltaje, a partir de un dispositivo de

inyección de carga piezoeléctrica o un mecanismo de carga triboeléctrica. El inicio y la detención del proceso de inyección de carga pueden controlarse con mucha precisión.

Estos mecanismos de carga diferentes pueden usarse para cualquiera de las realizaciones descritas.

5 Los impulsos discretos de fluido eyectado se producen mientras que se aplica una corriente de carga o campo eléctrico constante, es decir, no por impulsos. La cantidad de líquido en cada impulso pulverizado es independiente del tiempo durante el que se aplica el campo eléctrico o la corriente de carga. El campo eléctrico o la corriente de carga constante puede encenderse y apagarse para controlar cuándo han de emitirse los impulsos discretos, y
10 mientras que el campo eléctrico o la corriente de carga está encendido, el aparato 1 emite una serie de impulsos de pulverización electrostática. El encendido y apagado del campo eléctrico o la corriente de carga no da lugar directamente por sí mismo a los impulsos. El aparato se configura de tal modo que, cuando se aplica un campo eléctrico o una corriente de carga constante, éste se encuentra en un modo que genera impulsos automáticamente. Los impulsos de pulverización electrostática se forman independientemente de cualesquiera medios de control
15 mecánico o medios de control de campo eléctrico o corriente de carga. Esto proporciona unos impulsos muy consistentes y uniformes, es decir, gotitas, de fluido pulverizado de forma electrostática.

El aparato de pulverización electrostática 1 tiene adicionalmente la ventaja de que cada impulso de pulverización tiene lugar como un chorro discreto, cada chorro conteniendo un volumen de líquido pequeño y predecible. Si existe un movimiento relativo entre el tubo y una superficie que está pulverizándose, entonces la superficie recibirá una serie de puntos discretos, que pueden estar separados entre sí. La provisión de una serie de puntos puede ser ventajosa para impresión, o para otras aplicaciones. Esto se consigue preferiblemente mediante el movimiento de la superficie que está pulverizándose, si bien puede también conseguirse mediante el movimiento del emisor.

25 El aparato de pulverización electrostática puede generar una corriente de carga o un campo eléctrico por impulsos. Cada impulso de campo eléctrico o corriente de carga puede contener uno o más impulsos de un fluido pulverizado. El impulso de pulverización electrostática no se iniciará generalmente en el inicio de impulso de corriente de carga o de campo eléctrico, y no finalizará generalmente cuando finaliza el impulso de corriente de carga o de campo eléctrico. Los impulsos de pulverización son independientes de la longitud de impulsos del campo eléctrico aplicado o la corriente de carga aplicada. El volumen que se emite por el impulso o impulsos de pulverización electrostática dependerá, por lo tanto, del número de impulsos de pulverización electrostática que tiene lugar en el impulso de corriente de carga o de campo eléctrico, y no están relacionados directamente con la longitud de impulso de corriente de carga o de campo eléctrico. Esto permite una tolerancia en la longitud de impulso de corriente de carga o de campo eléctrico, sin afectar a la cantidad de líquido que se emite en el impulso de pulverización.
35

Por ejemplo, si se desea pulverizar repetidamente un volumen igual a un volumen de impulso de pulverización electrostática, el campo eléctrico o la corriente de carga puede aplicarse en impulsos a la aguja 4. Mientras que se aplica el campo eléctrico o la corriente de carga, la pulverización electrostática puede tener lugar en impulsos a una frecuencia predeterminada, pero generalmente no se iniciará inmediatamente, es decir, el dispositivo no pulverizará automáticamente tan pronto como se encienda el campo eléctrico o la corriente de carga. El tiempo de encendido para cada impulso de campo eléctrico o corriente de carga ha de ser lo bastante largo como para permitir que emita un impulso de pulverización se, pero lo bastante corto como para evitar la emisión de dos (o el número requerido) de impulsos de pulverización electrostática. Cuando no se aplica el campo eléctrico o la corriente de carga, puede moverse el electrodo y/o el sustrato, con el fin de aplicar unos impulsos de pulverización secuenciales a una ubicación diferente sobre el sustrato. Cualquier número de impulsos de líquido puede pulverizarse antes de que el campo eléctrico o la corriente de carga se reduzca para impedir impulsos adicionales. Aumentar la corriente de carga aumentará la frecuencia de impulsos, lo que permite un control adicional de la deposición del líquido.
40

El uso del aparato se describirá a continuación, con referencia a la figura 1. El mismo procedimiento también se aplica al aparato de las figuras 1b y 18. Un potencial eléctrico se aplica al líquido, de tal modo que el líquido se eyecta a partir del tubo 1 como una pulverización 8 en impulsos. La pulverización 8 incide sobre el sustrato 9. La etapa de translación 11 mueve el sustrato colector 9 y el electrodo de sustrato 10 en perpendicular a la dirección de la pulverización 8. La etapa puede permanecer estacionaria para permitir que un impulso, o una pluralidad de impulsos, de pulverización 8, incida sobre el sustrato 9 en el mismo punto.
50

El presente sistema 1 no tiene un depósito separado del tubo emisor. El tubo 2 en sí mismo almacena el líquido 3 que va a pulverizarse. La presente realización permite la deposición del líquido 3 sobre el sustrato 9 mediante la correcta aplicación de potencial a partir de la fuente 5.
55

60 Alternativamente, puede almacenarse líquido en un depósito en conexión de fluidos con el tubo emisor.

Puede hacerse que la distancia entre el sustrato 9 y el emisor 2 varíe para hacer el área de deposición más pequeña o más grande. Dependiendo del nivel de carga en las gotitas pulverizadas, las gotitas pulverizadas 8 pueden esparcirse a medida que éstas viajan lejos del emisor 2, y de este modo una distancia más grande entre el sustrato 9 y el emisor 1 puede proporcionar un área de deposición más grande. El electrodo 10 y/o el sustrato colector 9 se colocan preferiblemente sobre una etapa de translación 11, que puede estar controlada por ordenador. La etapa de
65

translación 11 proporciona un movimiento relativo entre el electrodo 10 y/o el sustrato 9 y las gotitas pulverizadas 8 para que las gotitas pulverizadas 8 se depositen a lo largo de un área seleccionada del sustrato 9.

5 En un aparato a modo de ejemplo con referencia a la figura 1, el tubo emisor 2 se forma a partir de un capilar de vidrio de borosilicato no recubierto con un diámetro exterior de 2 mm y un diámetro interior de 0,86 mm, que se ahúsa hasta un agujero de 29 de 42 μm de diámetro. El aparato de electropulverización 1 se usó con un fluido que es una tinta a base de aceite con carga de carbono con una conductividad de aproximadamente 10^{-12} S/m y una viscosidad de 10 mPa·s como el líquido 3 que va a pulverizarse.

10 Se eligió una distancia adecuada entre el extremo de la aguja 4 y el agujero 29 del tubo 2, en el presente caso se usó una distancia de 4 mm, y la distancia entre el agujero de tubo 29 y el material de sustrato 9 era típicamente del orden de 1 mm. El sustrato colector 9 usado fue papel fotográfico de alta calidad, que se colocó sobre el electrodo de sustrato de acero 10 que estaba al potencial de tierra.

15 En ausencia de un voltaje aplicado a la aguja de metal 4 u otros medios de inyección de carga, no tuvo lugar un flujo de líquido tinta a partir del capilar. A medida que el voltaje aplicado a la aguja 4 (u otros medios) se aumentó desde cero hasta un voltaje de 900 V, se emitieron gotitas de tinta a partir del tubo de capilar a una frecuencia estable en el intervalo de Hercios de las centenas inferiores. A medida que se aumentó el voltaje por encima de 900 V, aumentaron la frecuencia de emisión de gotitas y el caudal de líquido a partir de la salida de capilar. La frecuencia de gotitas pulverizadas es constante a un voltaje constante (es decir, tasa de inyección de carga constante) cuando todos los otros parámetros del aparato son constantes.

20 Moviendo el sustrato colector 9 a una velocidad constante conocida por debajo de la pulverización por impulsos 8 usando la etapa de translación controlada por ordenador 11, la frecuencia de emisión de gotitas podría determinarse mediante una generación de imágenes posterior a la deposición del sustrato.

30 Una imagen a modo de ejemplo de la pulverización de tinta por impulsos que emana de la salida de capilar se muestra en la figura 2A. Un micrografía a modo de ejemplo del sustrato colector 9, que muestra una serie de líneas de puntos de tinta depositados a unas frecuencias de emisión diferentes, se muestra en la figura 2B. La velocidad de movimiento del sustrato se seleccionó para ser de 50 mm/s, usando la etapa de translación controlada por ordenador 11. La frecuencia de emitidos impulsos de líquido se varió alterando el voltaje aplicado al electrodo inyector de metal 4.

35 Se encontró que la frecuencia de emisión de gotitas aumentó desde aproximadamente 300 Hz a 900 V hasta alrededor de 80 kHz a un voltaje aplicado de 4,0 kV, tal como se muestra en la gráfica en la figura 3. A lo largo del intervalo de 900 a 4.000 V, la frecuencia de impulsos de pulverización y emisión de gotitas continuó aumentando y no se observó un régimen de pulverización de chorro de cono estable. A unos voltajes por encima de 4,0 kV, comenzó a tener lugar una descarga eléctrica, con formación de chispas periódica.

40 Usando unas relaciones conocidas entre el tamaño de punto remanente producido sobre el sustrato de papel fotográfico y el volumen por impulsos original depositado, se calculó que los volúmenes de líquido que se emiten en cada impulso de pulverización electrostática eran del orden de 1 a 3 picolitros.

45 La figura 4 muestra el efecto de hacer que varíe el tamaño emisor/ boquilla en el intervalo de las frecuencias de emisión de gotas obtenible debido a cambios en el campo aplicado. A partir de la figura, se muestra que las frecuencias de emisión de gotas mínima y máxima son generalmente inferiores cuando se usa un diámetro de salida de emisor/ boquilla más grande. El líquido es la misma tinta a base de aceite con carga de carbono que se describe anteriormente, incluyendo datos a partir de una pulverización con boquillas más grandes que la de 42 micrómetros analizada anteriormente.

50 La figura 5 muestra una modificación del ejemplo ilustrativo del aparato de pulverización electrostática que se muestra en la figura 1. El aparato de electropulverización 21 que se muestra en la figura 5 comprende dos tubos emisores 13a, 13b, siendo cada tubo 13a, 13b sustancialmente el mismo que el tubo 2 que se describe anteriormente. Alternativamente, puede usarse cualquier número de emisores. El primer tubo 13a contiene un primer líquido 15a que va a pulverizarse. El segundo tubo emisor 13b contiene un segundo líquido que va a pulverizarse. Un primer electrodo en punta 4b se encuentra dentro del primer tubo emisor 13a, y está alineado con el eje longitudinal del tubo 13a. Un segundo electrodo en punta 4c se encuentra dentro del segundo tubo 13b, y está alineado con el eje longitudinal del segundo tubo emisor 13b. Una fuente de alimentación se conecta al primer electrodo 4b. La misma fuente de alimentación 14, o una fuente de alimentación diferente, se conecta al segundo electrodo 4c.

60 El aparato de electropulverización 21 comprende además un sustrato 9a, sobre el que pueden pulverizarse los líquidos 15a. El sustrato 9a se monta sobre un electrodo 10a, que está al potencial de tierra. El electrodo 10a puede estar conectado a la, o cada, fuente de alimentación. El sustrato 9a y el electrodo conectado a tierra 10a pueden montarse sobre una etapa de translación 11a, para mover el sustrato 9a mientras que se encuentra a una distancia constante de los tubos emisores 13a, 13b. Cada uno de los tubos emisores 13a, 13b tiene un agujero a través del

que puede pulverizarse el líquido 15a. Una segunda fuente de alimentación 14 se conecta entre un electrodo 10 y el electrodo de metal sumergido 4B. Las características restantes de la figura 5 son tal como se describe para la figura 1. Cuando se aplica un potencial al primer y/o segundo electrodo de metal en contacto con el fluido en el tubo emisor 13a, 13b respectivo, se produce una pulverización electrostática por impulsos a partir del tubo 13a, 13b respectivo.

5 La figura 5 muestra dos tubos emisores, no obstante pueden usarse de forma conjunta más de dos tubos. Los tubos pueden disponerse en una disposición ordenada bidimensional.

10 Las figuras 6A, 6B, 6C muestran un ejemplo ilustrativo adicional del aparato de pulverización electrostática. Un tubo emisor 18 se encuentra en forma de tubo de capilar conectado a un depósito de fluido aislante 16 que contiene el líquido que va a pulverizarse. Una carga triboeléctrica 17 se transfiere al tubo de capilar 18 para iniciar una pulverización del fluido. La duración de la pulverización de fluido y la naturaleza de los impulsos pulverizados depende de la cantidad de carga inyectada.

15 El líquido a pulverizar era aceite de silicona Dow Corning FS1265. Se proporciona un agujero en el capilar 18 a través del que puede tener lugar la electropulverización. En contraste con la realización de la figura 1, no hay electrodo en punta presente en el capilar 18. La totalidad de este sistema se sostuvo mediante un soporte aislante 39 por debajo del que se encontraba un sustrato aislante 22 opcional. Una sección de caucho 17 se usó a continuación para transferir carga al capilar de sílice 18 triboeléctricamente, tal como se muestra en la figura 6B. Una vez que se transfirió la carga al capilar de sílice, un cono 19 y una pulverización 20 emanaron del capilar, tal como se muestra en la figura 6C. La naturaleza y la duración de la pulverización dependieron de la cantidad de carga que se transfiere al capilar y tendrían cualquier duración entre 5 y 30 segundos y mostraron tanto una pulverización de modo de chorro de cono continuo como por impulsos. Un ejemplo de lo anterior se muestra en la figura 7, en la que se muestra una imagen de una pulverización de chorro de cono a partir del aceite de silicona at la punta del capilar de sílice.

La frecuencia de gotitas pulverizadas durante o después de la aplicación de una carga triboeléctrica puede cambiar a medida que se disipa la carga.

30 La figura 8 muestra una realización preferida del aparato de pulverización electrostática de la presente invención, en la que el tubo emisor 30 se encuentra en forma de tubo de capilar conectado a un depósito de fluidos 24 que contiene el líquido que va a pulverizarse. La corriente de carga se entrega piezoeléctricamente mediante el dispositivo de carga piezoeléctrica 26 a un electrodo inyector de metal 28 que se encuentra al menos sumergido en parte en el fluido que va a pulverizarse. El campo que se genera en la punta de aguja 32 debido a la carga generada piezoeléctricamente da lugar a que el fluido fluya y salga del tubo de capilar 30 en forma de una pulverización por impulsos de fluido. El contraelectrodo 34 puede ser un sustrato para recibir el fluido o puede incluir una abertura abierta para permitir que el fluido salga del tubo de capilar que va a pulverizarse en el vacío o la atmósfera gaseosa circundante.

40 Con referencia a la figura 8, el líquido que va a pulverizarse es aceite de silicona Dow Corning FS1265. El líquido se contuvo en un depósito aislado 24, que preferiblemente no está presurizado. Conectado al depósito 24, se encuentra un tubo emisor aislado en forma de capilar de sílice 30. El capilar se mantiene mediante un soporte aislante.

45 Un electrodo 28 con una sección de geometría en punta afilada 32 se extiende al interior del capilar 30 y se encuentra al menos sumergido en parte en el fluido que va a pulverizarse. Un dispositivo de carga piezoeléctrica (PCD) 26 se conectó eléctricamente al electrodo 28. Tras la activación del dispositivo piezoeléctrico 26, se entregó carga al fluido a través del electrodo 28, dando como resultado unos impulsos de pulverización 35

50 La presente realización puede comprender un electrodo que tiene una abertura 34, eyectada la pulverización 35 a través de la abertura 34. Cuando la corriente de carga entregada al fluido por el PCD 26 es lo bastante alta, puede emitirse una pulverización de chorro de cono estable de fluido a partir del capilar 30.

55 Alternativamente, la disposición que se muestra en la figura 8 puede usarse para entregar fluido a un sustrato (que no se muestra en la figura 8) ubicado sobre el otro lado de la abertura con respecto al tubo emisor 30. Por ejemplo, la presente disposición puede usarse para depositar tinta sobre papel u otro material imprimible, sin requerir un electrodo sobre su lado inferior, es decir, no se requiere que el material imprimible esté ubicado entre el tubo emisor 30 y el electrodo 34.

60 La figura 9 muestra un ejemplo adicional, sustancialmente tal como se describe con respecto a la figura 1. Para suministrar las cargas se usa un PCD 26 tal como se describe para la figura 8.

65 La figura 10 muestra una modificación al aparato de pulverización electrostática de la presente invención que se muestra en la figura 8, en la que el electrodo de inyección de carga se encuentra en forma de recubrimiento de metal 40 sobre la superficie exterior del tubo de capilar 38 que contiene el líquido que va a pulverizarse. La corriente de carga se entrega piezoeléctricamente, mediante el dispositivo de carga piezoeléctrica 26, al electrodo inyector de metal 40 que se encuentra, al menos en parte, en comunicación de fluidos en el líquido que va a pulverizarse. El

campo que se genera debido a la carga inyectada piezoeléctricamente da lugar a que el fluido fluya y salga del tubo de capilar 38 en forma de pulverización de líquido cargado. El sustrato colector 9 y el electrodo de sustrato 10 pueden ubicarse sobre una etapa de translación controlada por ordenador 11, para permitir un movimiento relativo entre la superficie colectora y la pulverización de líquido.

5 La figura 11 muestra una modificación del ejemplo del aparato de pulverización electrostática que se muestra en la figura 1 o la figura 5. En la figura 11, el emisor no se encuentra en forma de tubo de capilar, sino que se forma a partir de cualquier material 42 que pueda definir un depósito para almacenar un líquido 46. Se forma un orificio en el depósito, a partir del que puede pulverizarse el líquido. La presente realización puede realizarse por
10 microfabricación. Una fuente de alimentación de alto voltaje 48 puede estar conectada al material 42 o a un electrodo de metal afilado 44 que se encuentra en el depósito con el fin de inyectar una carga en el fluido 46. La realización de la figura 11 funciona de la misma forma que las de las figuras 1 y 5.

15 Cualquiera de las realizaciones que se describen anteriormente puede tener al menos el emisor y el sustrato ubicados en una cámara de vacío, a partir de la que se evacua sustancialmente el aire.

La figura 12 muestra un ejemplo adicional de un aparato de electropulverización. El tubo emisor 2, el líquido 3, el electrodo en punta 4 y la fuente de alimentación 5 son sustancialmente tal como se muestra en la figura 1 o la figura 5 o la figura 11. El sustrato 9, el electrodo conectado a tierra 10 y la etapa de translación 11 son también tal como se describe anteriormente.

Un tubo 50 se dispone de forma coaxial alrededor del tubo emisor 2, rodeando un agujero del tubo emisor 50 el agujero de tubo emisor 2. El tubo 50 contiene un segundo fluido 54, de tal modo que el agujero de tubo 2 a través del que tiene lugar la electropulverización a partir del tubo emisor 2 se encuentra dentro del segundo fluido 54.

25 El segundo fluido 54 es diferente del líquido pulverizado de forma electrostática. El segundo fluido 54 puede ser o bien un líquido o bien un gas, y se contiene dentro de un depósito 52. El depósito 52 puede estar sellado o conectado a un depósito de fluidos.

30 El segundo fluido 54 es, preferiblemente, inmisible con el fluido que va a pulverizarse de forma electrostática, si bien puede ser en parte miscible con el fluido que va a pulverizarse. El segundo fluido 54 puede estar estático o fluyendo.

35 El segundo fluido 52 es, preferiblemente, inmisible con el fluido que va a pulverizarse de forma electrostática 3, si bien puede ser en parte miscible con el fluido que va a pulverizarse. El segundo fluido 52 puede estar estático o fluyendo.

La pulverización a través del segundo fluido permite que se produzcan gotas del primer fluido dentro de un recubrimiento o película del segundo fluido 56. Esto puede permitir la atomización de fluidos encapsulados en entornos gaseosos, líquidos o de vacío o la deposición de gotas de líquido encapsulado sobre el material de sustrato receptor 9.

45 La figura 13 ilustra la variación del volumen de las gotas emitidas de una tinta a base de aceite con carga de carbono, debida a cambios en el campo aplicado al electrodo inyector en una disposición similar a la que se muestra en la figura 1. Al aumentar el voltaje aplicado a la aguja de metal, tanto la frecuencia de emisión de gotitas como el volumen de cada gotita se aumentaron a lo largo del intervalo de voltajes que se muestra.

La figura 14 muestra un ejemplo ilustrativo adicional. Un tubo emisor 60 contiene un primer líquido 61 que va a electropulverizarse. El tubo 60 tiene un electrodo en punta conectado a una fuente de alimentación 68, sustancialmente tal como se describe para la figura 1. El tubo emisor 60 tiene un agujero 65 a través del que se emiten los impulsos de electropulverización de líquido 61. El agujero 65 se encuentra dentro de un depósito 62. El depósito 62 contiene un segundo fluido 64 diferente del líquido pulverizado de forma electrostática. El segundo fluido 64 puede ser o bien un líquido o bien un gas. El depósito 64 puede estar sellado o conectado a un depósito de fluidos.

55 El segundo fluido 64 es, preferiblemente, inmisible con el fluido que va a pulverizarse de forma electrostática, si bien puede ser en parte miscible con el fluido 61 que va a pulverizarse. El segundo fluido 64 puede estar estático o fluyendo.

60 Un sustrato y un electrodo conectado a tierra, y/o una etapa de translación tal como se describe anteriormente, puede encontrarse también dentro del depósito 62.

La pulverización a través del segundo fluido permite que se dispersen de forma controlable en los segundos fluidos gotas del líquido pulverizado electrostáticamente. Esto permite la formación de una emulsión, por ejemplo, una emulsión aceite/ agua o una nanoemulsión. Esto puede proporcionar también la formación de partículas que tengan el líquido pulverizado de forma electrostática contenido dentro de una vaina solidificada del segundo líquido.

Adicionalmente, puede pulverizarse un líquido volátil en un segundo líquido no volátil.

La totalidad de las realizaciones descritas se configuran para producir impulsos de electropulverización mientras que se inyectan cargas en el líquido o fluido sustancialmente no conductor o conductor que va a electropulverizarse. Los impulsos no se producen directamente por el inicio y la detención de la inyección de cargas, sino que son inherentes al sistema configurado.

La figura 1B muestra un ejemplo ilustrativo adicional de un aparato de electropulverización. El presente aparato se configura para pulverizar un líquido conductor.

Un tubo emisor de capilar 70 contiene un líquido 74 que va a pulverizarse. Una fuente de alimentación de alto voltaje 79 se conecta entre un electrodo extractor 78 y el tubo emisor 70. Un potencial eléctrico puede aplicarse a la superficie conductora del emisor 70 mediante un accesorio de conducción 72. La fuente de alimentación de alto voltaje 79 proporciona una diferencia de potencial entre el electrodo 78 y el emisor 70.

El electrodo extractor 78 se mantiene a una distancia adecuada de la punta de emisor. Un sustrato objetivo 77 puede ubicarse sobre una superficie lateral del electrodo 78 orientada hacia el tubo emisor 70.

El sustrato puede recubrirse con una capa monomolecular montada previamente de partículas o moléculas, y/o se recubre con una capa monomolecular inferior montada previamente de partículas o moléculas. El sustrato puede ser un aislante, un semiconductor, o un conductor.

Durante el uso, un potencial eléctrico se genera por la fuente 79, de tal modo que se eyecta líquido a partir del tubo 70 como un chorro o pulverización 76 en impulsos. La pulverización 76 incide sobre el sustrato 77. Una etapa de translación de alta precisión por ordenador 80 soporta el sustrato 77 y el electrodo 78, y puede mover el electrodo 78 en perpendicular a la dirección de la pulverización 76.

La figura 18 muestra un ejemplo diferente del aparato de electropulverización que el que se muestra en las figuras 1 y 1b. En la figura 18, un emisor no se encuentra en forma de tubo de capilar, sino que se forma a partir de cualquier material 85 que pueda definir un depósito para almacenar un líquido 86. Se forma un orificio en el depósito, a partir del que puede electropulverizarse el líquido. La presente realización puede realizarse por microfabricación.

Una capa de material 87 se intercala entre el material 85 y una capa 89. Las capas de material 87, 89 definen un rebaje alrededor del orificio. Los materiales 85, 89 son, preferiblemente, eléctricamente conductores, o tienen integrados unos elementos eléctricamente conductores. El material 87 es, preferiblemente, no eléctricamente conductor.

Una fuente de alimentación de alto voltaje 79 se conecta al material 85, y se conecta preferiblemente también al material 89. La fuente de alimentación de alto voltaje 79 se configura de tal modo que un campo eléctrico se genera en el líquido 86, para dar lugar a unos impulsos de electropulverización tal como se describe anteriormente. Esto ilustra un ejemplo de un electrodo integrado.

Para que tenga lugar la pulverización por impulsos usando o bien el aparato de la figura 1, 1b o bien 18, la viscosidad de líquido y la geometría de electrodo y de emisor se seleccionan de tal modo que las fuerzas que se requieren para bombear de forma electrostática el líquido a un caudal próximo al caudal de pulverización estable mínimo no son demasiado grandes. La intensidad de campo eléctrico o la corriente de carga se selecciona también basándose en la viscosidad de líquido y la geometría de electrodo y de emisor. La intensidad de campo eléctrico se elige de tal modo que la pulverización electrostática tiene lugar en impulsos, sin una descarga de corona constante. Para una resistencia hidráulica o diámetro de abertura de emisor específico, para una gran viscosidad de líquido, la intensidad de campo eléctrico o tasa de carga inyectada puede ser más alta. Para una viscosidad de líquido inferior, puede usarse una corriente de carga inferior. Para un diámetro de abertura de emisor más pequeño, o una resistencia hidráulica más grande, entonces o bien la intensidad de campo eléctrico o bien la cantidad de carga inyectada ha de ser más alta para una viscosidad particular, o la viscosidad ha de ser inferior para una corriente de carga inyectada o intensidad de campo particular. Las presentes relaciones pueden aplicarse a la totalidad de las realizaciones descritas, en particular a la electropulverización de líquidos tanto conductores como no conductores.

Se ha encontrado que el volumen de líquido en cada gota aumenta a medida que se aumenta la corriente de carga el o campo eléctrico a lo largo de parte del intervalo de voltajes a los que tienen lugar los impulsos de electropulverización. Por ejemplo, se ha encontrado que un volumen de gotas creciente con un voltaje creciente tiene lugar entre 900 V y 3.000 V aplicados. Por lo tanto, aumentar la corriente de carga el o campo eléctrico aumenta tanto la frecuencia de las gotitas emitidas como el volumen de líquido en cada gotita.

La descripción anterior se aplica a la electropulverización de líquidos tanto conductores como no conductores usando aparatos basados en cualquiera de las figuras 1, 1b o 18. Un aparato basado en la figura 1, 1b o 18 puede tener una pluralidad de emisores, que puede disponerse en una disposición ordenada. Puede proporcionarse un depósito separado, en conexión de fluidos con el emisor.

El emisor puede no encontrarse en forma de tubo de capilar, sino que puede estar formado a partir de cualquier material que pueda definir un depósito para almacenar un líquido. Se forma un orificio en el depósito, a partir del que puede pulverizarse el líquido. La presente realización puede realizarse por microfabricación. Una fuente de alimentación de alto voltaje, u otros medios para la inyección de carga, pueden estar conectados al material o a un electrodo de metal afilado que se encuentra en el depósito con el fin de inyectar una carga en el fluido.

El volumen de las gotas emitidas de un líquido varía debido a cambios en el campo aplicado al electrodo inyector. Al aumentar la corriente de carga o el voltaje aplicado a la aguja de metal u otros medios para la inyección de cargas, se aumentaron tanto la frecuencia de emisión de gotitas como el volumen de cada gotita, a lo largo de parte del intervalo en el que tiene lugar la electropulverización. El volumen de cada gota puede alcanzar un pico, y a continuación disminuir. La relación de volumen de las gotas con respecto al voltaje aplicado puede depender de las propiedades del líquido y de la geometría de emisor.

Los impulsos de electropulverización pueden controlarse con precisión usando el aparato de la figura 1, la figura 1b o 18. Puede requerirse depositar una gota, o un número predeterminado de gotas, en el mismo punto en el sustrato. Es necesario, por lo tanto, controlar el volumen de líquido que se electropulveriza antes de cesar la electropulverización, para permitir el movimiento de la etapa de translación. Alternativamente, puede requerirse controlar la tasa a la que tiene lugar la electropulverización sobre una etapa de translación móvil o estacionaria.

Dos formas principales de control de la electropulverización se describirán a continuación (a pesar de que pueden usarse otras formas), que son:

- 1) Hacer que varíe el voltaje o la corriente de carga usados para controlar el número de gotas que se emite en un tiempo predeterminado, tal como se describirá como los modos primero y segundo y tal como se muestra en las figuras 3a, 3b, 14, 15, 16 y 17; y
- 2) Hacer que varíe el tiempo durante el que se aplica el voltaje o la corriente de carga a una corriente de carga o un voltaje predeterminado, tal como se describirá como un tercer modo y tal como se muestra en las figuras 7a a 7c.

Los siguientes modos de funcionamiento y usos pueden usarse en cualquier el aparato que se describe o ilustra en el presente documento. Los modos de funcionamiento y usos pueden usarse también en cualquier aparato capaz de emitir tales impulsos de electropulverización.

Las figuras 3a y 3b muestran un primer modo de la invención. El líquido que va a electropulverizarse puede ser un líquido o bien conductor o bien no conductor, que es el caso para la totalidad de los modos descritos. El aparato usado se basará en la adecuada de la figura 1 o 1b. El aparato de electropulverización aplica un voltaje o una corriente de carga al líquido. El voltaje aplicado conmuta entre dos voltajes o corrientes de carga, repitiendo preferiblemente el ciclo a una tasa de 5 kHz. Cada uno de los dos voltajes puede aplicarse durante una cantidad de tiempo igual, siendo de 0,0001 segundos en ese caso, o uno de los dos voltajes puede aplicarse durante un periodo de tiempo más largo que el otro.

Un primer voltaje se aplica durante un periodo. El primer voltaje se selecciona por debajo de un umbral mínimo para que se emitan impulsos de electropulverización. Por lo tanto, no se emiten impulsos durante el primer periodo. Un voltaje a modo de ejemplo es 350 V.

En el segundo periodo, el voltaje aplicado se conmuta a un voltaje más alto. El segundo voltaje más alto es constante a través de la totalidad del segundo periodo y da lugar a que se emitan seis gotitas de electropulverización a partir del aparato a una frecuencia constante. Un segundo voltaje a modo de ejemplo es 400 V. El voltaje conmuta entonces de vuelta al primer voltaje, y el ciclo se repite. Preferiblemente, cada uno de los voltajes o las corrientes de carga en los periodos primero y segundo son sustancialmente constantes, mientras que se aplican para formar una onda cuadrada, o alternativamente puede encontrarse en forma de dientes de sierra o de onda triangular o sinusoidal.

La figura 3b muestra una vista ampliada del primer periodo y el segundo periodo de tiempo. Los impulsos de electropulverización se indican mediante los picos 114. Obsérvese que las corrientes positiva y negativa cuadradas saturadas que se muestran no representan los impulsos de electropulverización emitidos, y están causadas meramente por el cambio en el voltaje aplicado. Las longitudes de los periodos son diferentes, en particular, la longitud del periodo de no emisión de impulsos es más larga que el periodo de "apagado". Alternativamente, las longitudes de los periodos pueden ser las mismas.

La figura 15 muestra una variación del primer aspecto de la invención. El voltaje aplicado realiza ciclos a una frecuencia de 5 kHz entre un primer voltaje y un segundo voltaje. El primer voltaje se aplica durante un periodo. El primer voltaje se selecciona de tal modo que no se emiten impulsos de electropulverización. El segundo voltaje se aplica en el segundo periodo. La figura 3 muestra cómo afectará la selección del voltaje a la frecuencia de las gotitas emitidas. El segundo voltaje se selecciona de tal modo que un impulso de electropulverización se emite durante este tiempo. Este ciclo puede repetirse a continuación, alternando entre los voltajes primero y segundo.

La figura 16 muestra una conmutación entre dos voltajes, tal como se describe anteriormente. En un primer periodo, se aplica un primer voltaje, que da como resultado que no se emitan gotitas de electropulverización. En un segundo periodo, se aplica un segundo voltaje. El segundo voltaje se selecciona para dar lugar a que tenga lugar una electropulverización a una frecuencia que da como resultado que se emitan tres gotitas de electropulverización durante el periodo 132.

El campo eléctrico o la corriente de carga se reduce a una intensidad no nula cuando no va a emitirse una electropulverización. El voltaje puede reducirse en menos de 100 V, y preferiblemente entre 20 y 50 V, cuando se mueve de un periodo en el que se emite una electropulverización a un periodo en el que no se emite una electropulverización. Alternativamente, el campo eléctrico o la corriente de carga puede ser sustancialmente cero cuando no va a emitirse una electropulverización.

La corriente de carga o el campo eléctrico variable con el tiempo puede producirse en todas las realizaciones generando una componente de corriente de carga o un campo eléctrico de CC (o constante). También se genera una componente variable con el tiempo generalmente más pequeña, y superpuesta a la componente constante.

La corriente de carga o el campo eléctrico variable con el tiempo se ha descrito como una onda cuadrada, en la que la intensidad del campo eléctrico o la corriente de carga alterna entre dos valores. Ambos valores alternos son preferiblemente no nulos, incluso si no se emite una electropulverización en uno de los mismos. La forma de onda de cualquier realización puede ser, alternativamente, irregular, o incluso no ser constante a lo largo de parte de la forma de onda. En particular, la forma de onda puede encontrarse en forma onda sinusoidal, dientes de sierra o de onda triangular.

La figura 17 muestra otro aspecto de la presente invención. Durante un primer periodo de tiempo, se aplica un primer voltaje constante al líquido. El primer voltaje se selecciona de tal modo que se emiten unas gotitas a una frecuencia que da como resultado que se emitan dos gotitas en el primer periodo de tiempo. El aparato conmuta a un segundo voltaje, que se aplica durante un segundo periodo de tiempo. El segundo voltaje se selecciona para ser más alto, de tal modo que se emiten seis impulsos de electropulverización durante el segundo periodo de tiempo. El aparato realiza ciclos a través de los voltajes primero y segundo a una tasa de 5 KHz. Los periodos primero y segundo de tiempo son iguales en longitud, siendo cada uno de 0,0001 segundos. El ciclo continúa repitiendo el primer voltaje en un tercer periodo, durante el que se emiten dos impulsos de electropulverización. La tasa de emisión de impulsos, dependiente del voltaje o la corriente de carga aplicada, es, por lo tanto, diferente en los periodos primero y segundo.

Los periodos primero y segundo de tiempo, tal como se describe anteriormente, se han mostrado como de una cantidad de tiempo igual. Alternativamente, los periodos primero y segundo de tiempo pueden ser diferentes cantidades de tiempo. Puede hacerse que el voltaje para cada periodo de tiempo y la cantidad de tiempo durante la que éste se aplica varíen con libertad, para entregar el volumen de líquido requerido a la tasa requerida, o con unos periodos de tiempo predeterminados sin electropulverización.

El aparato puede realizar ciclos a través de dos, tres o más periodos de tiempo, teniendo cada periodo un voltaje aplicado diferente.

Las figuras 7a, 7b y 7c muestran otro aspecto de la invención, que proporciona unos medios de control alternativos. En el presente aspecto, puede hacerse que el tiempo de encendido del voltaje aplicado al líquido varíe. Un voltaje constante se aplica con el fin de emitir impulsos de electropulverización. El voltaje o la corriente de carga se aplica durante una cantidad de tiempo seleccionada, para permitir que el número requerido de impulsos se haya emitido. El voltaje se reduce a continuación, de tal modo que no se emiten impulsos de electropulverización adicionales. A continuación, el voltaje puede encenderse de nuevo, y el ciclo repetirse.

El voltaje puede reducirse justo por debajo de un valor umbral mínimo, de tal modo que no se emite electropulverización, o puede reducirse a cero. Preferiblemente, el campo eléctrico o la corriente de carga se reduce a una intensidad no nula cuando no va a emitirse una electropulverización. El voltaje puede reducirse en menos de 100 V, y preferiblemente entre 20 y 50 V.

La figura 7a muestra el voltaje encendiéndose durante un periodo de tiempo. El periodo tiempo se selecciona de tal modo que sólo existe tiempo para que se emita un impulso. El voltaje se reduce a continuación durante el resto del ciclo, de tal modo que no se emiten impulsos adicionales.

La figura 7b muestra el voltaje encendiéndose durante un periodo de tiempo. El periodo tiempo es suficiente para permitir que se emitan tres impulsos.

La figura 7c muestra el voltaje encendiéndose durante un periodo de tiempo, suficiente para que se emitan catorce gotitas.

El voltaje en el presente aspecto se selecciona dependiendo del uso de la electropulverización, con el fin de dar una

tasa de pulverización razonable para esa aplicación, que puede controlarse con precisión.

5 El aparato puede funcionar en el tercer modo en un ciclo. El ciclo puede tener un periodo constante, que puede elegirse para ser más largo que la cantidad de tiempo más larga esperada para la que quiere emitirse la electropulverización. Mientras que la intensidad de corriente de carga o campo eléctrico se encuentre por encima de la intensidad umbral, tendrán lugar impulsos de electropulverización. Puede hacerse que la cantidad de tiempo durante la que la intensidad de corriente de carga o campo eléctrico se encuentre por encima de la intensidad umbral varíe. Un ciclo de trabajo de una forma de onda puede considerarse como la proporción del ciclo en la que la forma de onda es 'alta' o está 'encendida', y de este modo el ciclo de trabajo de la forma de onda será variable dependiendo de la cantidad de tiempo durante la que tiene lugar la electropulverización en comparación con cuando no se emiten impulsos de electropulverización.

15 Los medios para hacer que varíe la intensidad del campo eléctrico o la corriente de carga en un ciclo de periodo constante pueden proporcionar un ciclo de trabajo variable.

El aparato puede funcionar en un modo en el que puede hacerse que tanto el voltaje como la cantidad de tiempo durante la que se aplica ese voltaje, varíen con el fin de controlar la emisión de gotitas de electropulverización.

20 Cualquiera de las características descritas puede combinarse con cualquier otra característica descrita. La electropulverización de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriores tiene muchos usos. Algunos de los usos posibles, y cómo se optimiza la electropulverización para los mismos, se describirán a continuación. Estos usos y procedimientos de uso se aplican a todas las realizaciones.

Pistas conductoras

25 Los circuitos electrónicos se basan en la fabricación de pistas conductoras para unir los componentes eléctricamente. La presente invención puede usarse como una impresora, como un ejemplo de un proceso de escritura directa. El líquido pulverizado puede ser una suspensión de nanopartículas de oro, o puede ser una tinta conductora basada en nitrato de plata. Alternativamente, pueden usarse tintas de descomposición organometálica, comprendiendo, por ejemplo, neodecanoato de plata disuelto en tolueno. El sustrato podría ser silicio, acetato, vidrio, plástico, papeles u otros materiales. Tales tintas conductoras pueden tener una viscosidad de alrededor de 10 cP. El presente aparato usaría preferiblemente un diámetro de boquilla de 10 a 50 μm . Otras tintas de impresión por serigrafía tienen una viscosidad mayor que 100 cP, que pueden usarse en el presente procedimiento con un diámetro de boquilla de más de 100 μm .

Electrónica de plástico

40 El uso de sustratos de plástico para electrónica permite la creación de circuitos electrónicos sobre un sustrato de plástico flexible. Un sustrato de plástico presenta el problema de que éste puede tener una superficie rugosa y una baja temperatura de fusión. Estos problemas pueden superarse mediante un procesamiento en disolución, lo que requiere que los materiales se impriman en forma de disolución sobre el plástico a una temperatura razonable. Esta tecnología puede ser capaz de imprimir los materiales deseados para la presente aplicación. Pueden imprimirse pistas conductoras tal como se describe anteriormente sobre el sustrato de plástico.

Polímeros de emisión de luz (por ejemplo, PEDOT – poli(3,4-etilenodioxitiofeno)) y polímeros de conducción.

50 Estos materiales pueden mezclarse en agua o un líquido dieléctrico. El aparato adecuado que se describe anteriormente puede usarse dependiendo de la conductividad que va a electropulverizarse, es decir, si ésta puede considerarse conductora o no conductora. El diámetro de boquilla puede seleccionarse para satisfacer el tamaño de las características requeridas y la viscosidad de disolución. El diámetro de boquilla puede ser de 5 o 10 μm para características pequeñas y una viscosidad similar al agua.

Pantallas de visualización

55 El aparato puede usarse para imprimir pantallas de transistor de película delgada (TFT). El sustrato usado puede ser vidrio, y puede electropulverizarse un líquido conductor. Puede usarse un electrodo integrado, tal como se muestra en la figura 18.

60 La fabricación de pantallas puede utilizar cualquiera de las características que se describen para litografía sin máscara, pistas conductoras o electrónica de plástico.

Ingeniería de tejidos

65 El aparato y procedimiento pueden usarse para fines de ingeniería de tejidos, por ejemplo, pulverizando proteínas en disoluciones acuosas. Las proteínas pueden variar desde aminoácidos simples hasta macromoléculas grandes no unidas covalentemente, tales como proteosoma. La masa de las proteínas puede extenderse hasta alrededor de 1

Mda, y esto permite también que se electropulvericen algunos virus. Puede usarse agua como el disolvente, debido a que ésta tiene una viscosidad adecuada. Puede usarse un amplio intervalo de diámetros de boquilla, y puede usarse preferiblemente un diámetro de boquilla de 10 a 30 μm .

- 5 El sustrato puede ser una estructura principal fabricada de polímeros biodegradables (por ejemplo, PLGA) con una escala de aproximadamente 10 μm . El aparato puede usar un electrodo integrado. La proteína pulverizada puede ser una proteína funcional tal como fibronectina, albúmina o colágeno. Esto permitiría que se controlen la migración y el crecimiento celular a una escala microscópica sobre la estructura principal.
- 10 El presente aparato puede usarse para crear bicapas lipídicas, o estructuras principales para proteínas. El aparato puede usarse para una dispensación precisa de líquidos, por ejemplo, para fines de descubrimiento de fármacos.

Nebulizadores

- 15 El aparato puede usarse en lugar de un nebulizador, por ejemplo, para vaporizar un líquido o medicamento líquido que contiene un agente biológicamente activo para producir gotitas en la región preferida de 0,4 a 6 micrómetros. El líquido vaporizado en forma de niebla puede inhalarse entonces por un usuario.

Inyección transdérmica

- 20 El aparato puede usarse para vaporizar un líquido o medicamento líquido que contiene un agente biológicamente activo. Este vapor puede administrarse entonces de forma tópica o transdérmica a un usuario.

Dispensación

- 25 El aparato puede usarse en combinación con un espectrómetro de masas. El aparato es adecuado para dispensar muy pequeñas cantidades de moléculas, por ejemplo, en un espectrómetro de masas. El sustrato puede ser vidrio o plástico. El aparato puede configurarse para dispensar desde volúmenes de femtolitros hasta altos volúmenes de picolitros de disoluciones acuosas. Las disoluciones pueden contener la molécula que va a someterse a ensayo.

- 30 El presente aparato y procedimiento pueden usarse para la pulverización de analitos sobre un laboratorio en un chip. El presente aparato puede usarse para una generación rápida de prototipos, o para la producción de disposiciones ordenadas microscópicas biológicas. El procedimiento puede usarse también para micropipetear disoluciones, o para crear disposiciones ordenadas microscópicas.

- 35 El aparato de la presente invención puede usarse para la electropulverización de proteínas u otros analitos sobre un biosensor.

Litografía sin máscara

- 40 El aparato de la presente invención puede usarse para transferir un patrón sobre una superficie. La fotolitografía usa una máscara de ataque químico que se fabrica a menudo de un polímero denominado capa fotosensible, en el que el patrón se crea mediante exposición a la luz.

- 45 La presente invención puede crear máscaras de ataque químico, o bien imprimiendo materiales resistentes a ataque químico directamente sobre la superficie en el patrón deseado, o imprimiendo un promotor de resistencia o reactivo de ataque químico sobre la superficie para retirar o bien la película útil no deseada o bien resistente a ataque químico de donde ésta no se requiere.

- 50 La impresión de materiales resistentes a ataque químico puede usar polímeros o ceras como los líquidos que van a electropulverizarse. Es probable que tales líquidos sean dieléctricos (es decir, no conductores) y que, de este modo, pueda usarse un aparato basado en la figura 1. Puede usarse un diámetro de boquilla de más de 100 μm . El sustrato es, preferiblemente, silicio, o puede ser cualquier otro material. Es probable que los promotores o reactivos de ataque químico sean disolventes orgánicos con bajas viscosidades.

Metamateriales

- 60 Los metamateriales son materiales producidos de forma artificial con una estructura periódica o celular denominada a menudo "superred" o un "cristal fotónico". El periodo de las células ha de ser comparable con la longitud de onda de la luz con la que éstas interactúan. Para la luz visible, se requeriría una longitud de onda de menos de un micrómetro. La técnica de la presente invención puede ser capaz de conseguir una impresión en esta escala.

Dispositivos ópticos

- 65 Pueden fabricarse dispositivos ópticos a partir de polímeros con características en la escala de los micrómetros. La microfabricación de guías de ondas y conjuntos de espejos puede conseguirse usando procesos de ataque químico

y deposición de material de litografía, tal como se analiza anteriormente. El líquido que va a electropulverizarse es, preferiblemente, un polímero, sobre un sustrato de vidrio o de silicio.

5 El aparato de la presente invención puede usarse para fabricar dispositivos ópticos, tal como rejillas u hologramas. El aparato de la presente invención puede usarse para la fabricación de pantallas que comprenden diodos orgánicos emisores de luz (OLED) o para una pantalla Liquavista (RTM).

10 El aparato puede usarse también en la fabricación de sensores, o puede usarse para imprimir imágenes, usando tinta o cualquier otro líquido como el líquido que va a pulverizarse. La invención puede usarse en fabricación, para posicionar adhesivos, modelar o fabricar componentes electrónicos. El aparato de electropulverización puede usarse como una impresora, con el fin de pulverizar tintas o imprimir sobre chips o sustratos.

15 Los usos y aplicaciones que se describen pueden aplicarse a cualquier aparato o procedimiento que utilice de forma inherente la electropulverización por impulsos, y no está limitado a los procedimientos de funcionamiento o aparato a modo de ejemplo que se describen. Por ejemplo, los usos y aplicaciones pueden aplicarse cuando la intensidad de corriente de carga o campo eléctrico se reduce a cero (o a un valor no nulo) con el fin de pausar la electropulverización.

20 El aparato y procedimiento de la presente invención pueden usarse para pulverizar una pluralidad de gotitas en un punto sobre un sustrato, y proporcionar entonces un movimiento relativo entre el sustrato y el emisor para continuar la pulverización en un punto diferente sobre el sustrato. El movimiento relativo puede tener lugar mientras que se pausa la electropulverización, reduciendo la intensidad de campo por debajo de un nivel umbral. El aparato y procedimiento pueden usarse también para pulverizar sólo una gotita en cualquier punto sobre el sustrato, lo que puede conseguirse mediante un movimiento relativo continuo del sustrato o emitiendo sólo una gotita cada vez, y moviendo entonces el sustrato mientras que se pausa la electropulverización, reduciendo la intensidad de campo por debajo de un nivel umbral.

30 Tal como apreciará el experto, puede hacerse que varíen detalles de las realizaciones anteriores, sin alejarse del alcance de la presente invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

35 Por ejemplo, el sustrato puede ser papel, silicio, semiconductor, aislante, conductor, tarjeta, alimento, envase, plástico y piel. Las figuras 19 a 21 muestran los resultados de una deposición de gotas, que se muestran como fotografías, sobre varios sustratos a modo de ejemplo. Estas figuras proporcionan una indicación de los parámetros (voltaje, diámetro de capilar) usados para producir varios resultados, incluyendo la frecuencia y el volumen de las gotas.

Al menos cuando se usan líquidos no conductores, el voltaje puede ser sustancialmente independiente del diámetro de salida de la boquilla o emisor.

40 La frecuencia de emisión y, en particular, la frecuencia de emisión máxima, puede depender del diámetro de salida de la boquilla o emisor. Por lo tanto, puede usarse la variación de este diámetro para variar este parámetro. Las figuras 19 a 21 proporcionan ejemplos de esta dependencia.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de pulverización electrostática para dispensar un volumen controlado de un líquido no conductor en impulsos sobre un sustrato (9),
5 comprendiendo el aparato:
- un emisor (30) que tiene un área de pulverización a partir de la que puede pulverizarse el líquido;
un electrodo (34) que tiene una abertura; y
10 unos medios para inyectar cargas en el líquido, en el que los medios se encuentran en comunicación de fluidos con el líquido, mediante lo cual, durante el uso, el líquido se entrega al área de pulverización por fuerzas electrostáticas y la pulverización electrostática tiene lugar en impulsos uniformes a través de la abertura del electrodo (34) y sobre el sustrato (9) mientras que las cargas se inyectan;
estando el aparato de pulverización electrostática **caracterizado por que** los medios para inyectar cargas comprenden un controlador configurado y dispuesto para inyectar las cargas aplicando un voltaje constante
15 entre el emisor (30) y el electrodo (34).
2. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en la reivindicación 1, en el que el emisor (30) comprende una cavidad para recibir líquido, y el área de pulverización es una abertura en comunicación de fluidos con la cavidad.
20
3. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los medios para inyectar cargas son un material que puede cargarse triboeléctricamente y ponerse en contacto con el emisor (30).
- 25 4. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona un sustrato (9) separado del área de pulverización, de tal modo que el líquido pulverizado se deposita sobre una superficie del sustrato (9), formando de ese modo una característica sobre el mismo.
- 30 5. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el volumen de líquido eyectado por un único impulso es de entre 0,1 femtolitros y 1 femtolitro, o de entre 1 femtolitro y 1 picolitro, o de entre 1 picolitro y 100 picolitros, o de entre 100 picolitros y 10 nanolitros, o de entre 10 nanolitros y 1 microlitro.
- 35 6. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el volumen total de líquido depositado por la eyección sucesiva de múltiples impulsos es de entre 0,1 femtolitros y 0,1 picolitros, o de entre 0,1 picolitros y 1 nanolitro, o de entre 1 nanolitro y 1 microlitro.
- 40 7. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la pulverización tiene lugar a una frecuencia de entre 1 kHz y 10 kHz, o de entre 1 Hz y 100 Hz, o de entre 10 kHz y 100 kHz, o de entre 100 Hz y 1.000 Hz o de entre 100 kHz y 1 MHz.
- 45 8. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato se configura para realizar una impresión.
9. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato se configura para usar un líquido que tiene una conductividad menor de 10^{-6} S/m, preferiblemente menor de 10^{-6} S/m.
- 50 10. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de emisores (30), teniendo cada emisor (30) unos medios para aplicar un campo eléctrico o una corriente de carga a un líquido adyacente al área de pulverización.
- 55 11. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en la reivindicación 10, en el que los emisores se disponen en una disposición ordenada.
- 60 12. Un aparato de pulverización electrostática tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un conmutador de acción rápida conectado a los medios para aplicar un campo eléctrico o una corriente de carga de tal modo que el voltaje o la corriente de carga se apaga o se enciende por el conmutador de acción rápida para controlar con precisión el tiempo durante el que eyecta líquido el aparato de pulverización electrostática.
- 65 13. Un procedimiento de pulverización electrostática de un volumen controlado de un líquido no conductor en impulsos sobre un sustrato (9), que comprende las etapas de:
- proporcionar un emisor (30) para recibir el líquido no conductor, teniendo el emisor (30) un área de

- pulverización a partir de la que puede pulverizarse líquido,
proporcionar un electrodo (34) que tiene una abertura;
inyectar cargas en el líquido;
5 mediante lo cual el líquido no conductor se entrega al área de pulverización por fuerzas electrostáticas y la
pulverización electrostática tiene lugar en impulsos uniformes a través de la abertura del electrodo (34) y
sobre el sustrato (9) mientras que las cargas se inyectan, en el que las cargas se inyectan aplicando un
voltaje constante entre el emisor (30) y el electrodo (34).
- 10 14. Un procedimiento de pulverización electrostática tal como se reivindica en la reivindicación 13, en el que el
emisor (30) comprende una cavidad para recibir líquido, y el área de pulverización es una abertura en comunicación
de fluidos con la cavidad.
- 15 15. Un procedimiento de pulverización electrostática tal como se reivindica en la reivindicación 13 o la reivindicación
14, en el que se proporciona una pluralidad de emisores (30), y el campo eléctrico o la corriente de carga que se
aplica a cada emisor (30) se controla de forma independiente.

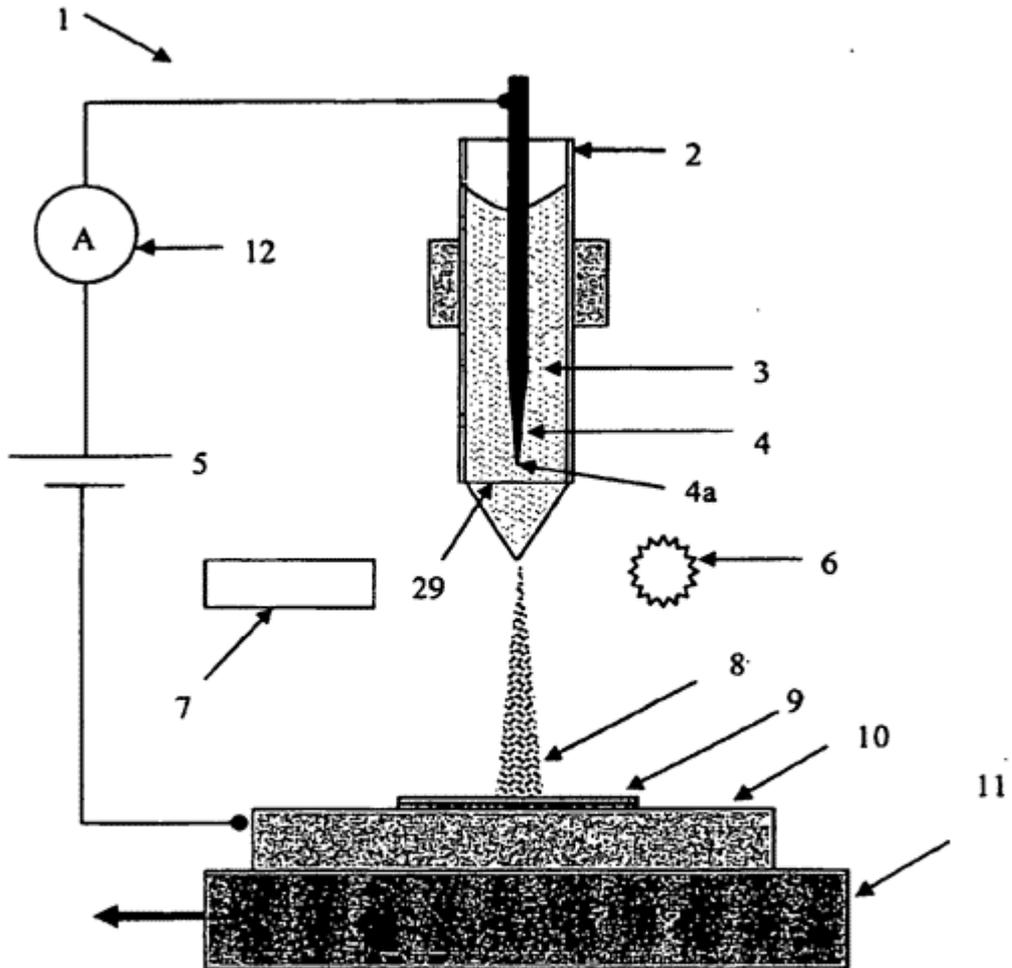


Figura 1

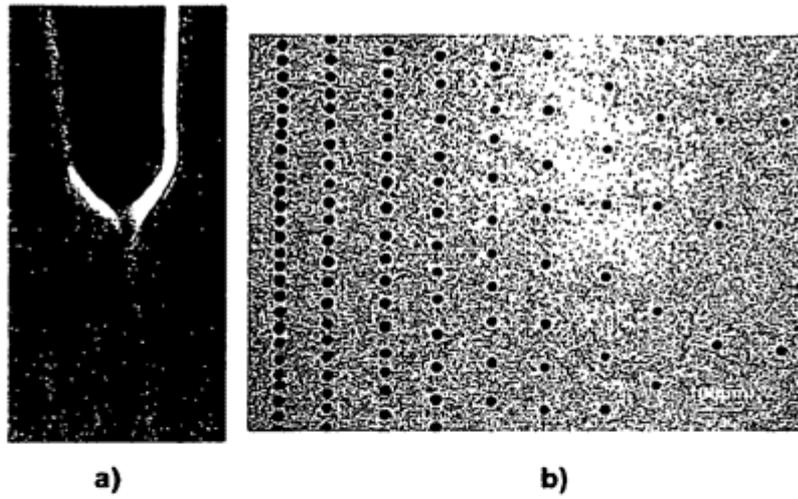


Figura 2

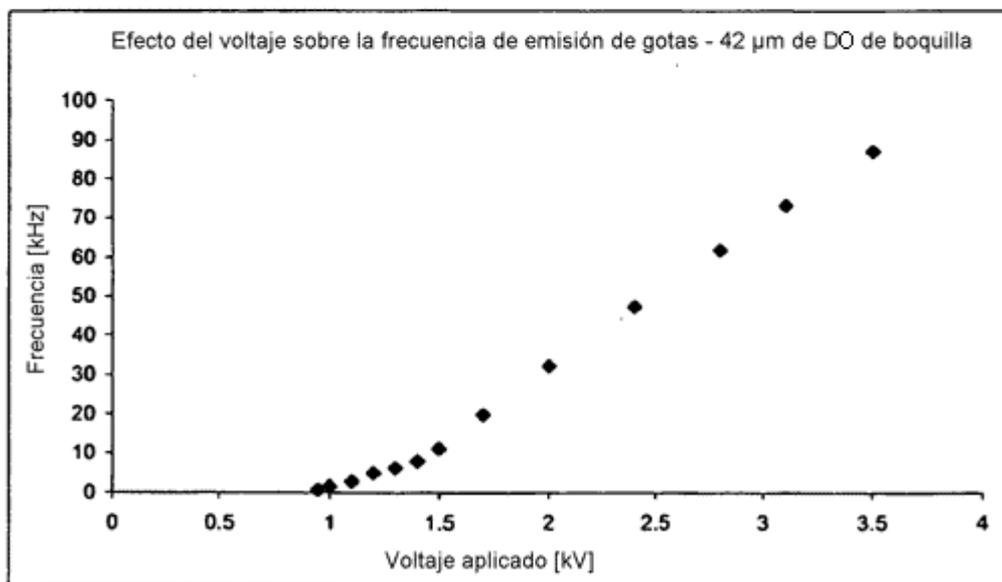


Figura 3

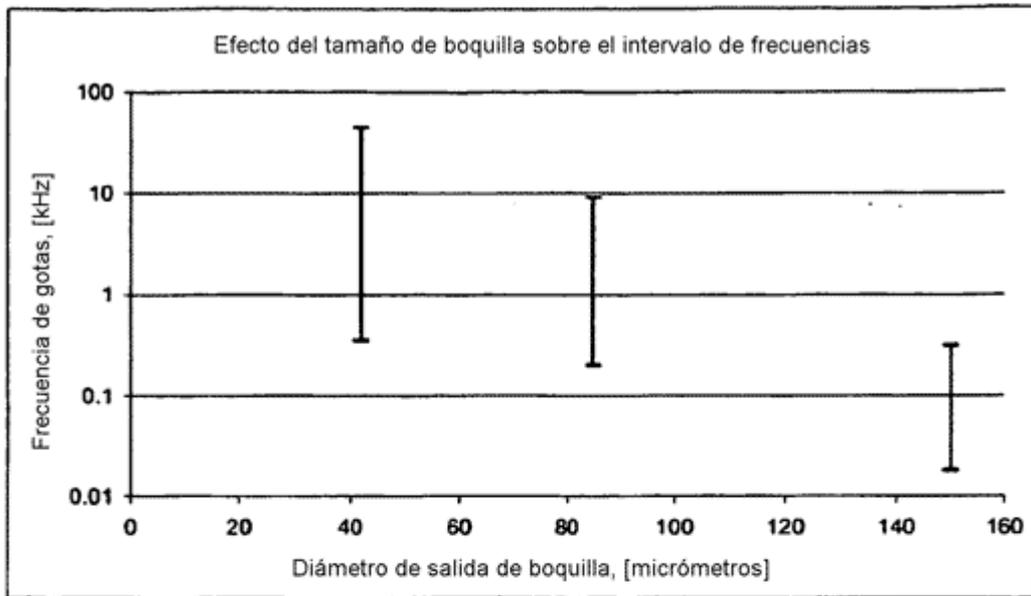


Figura 4

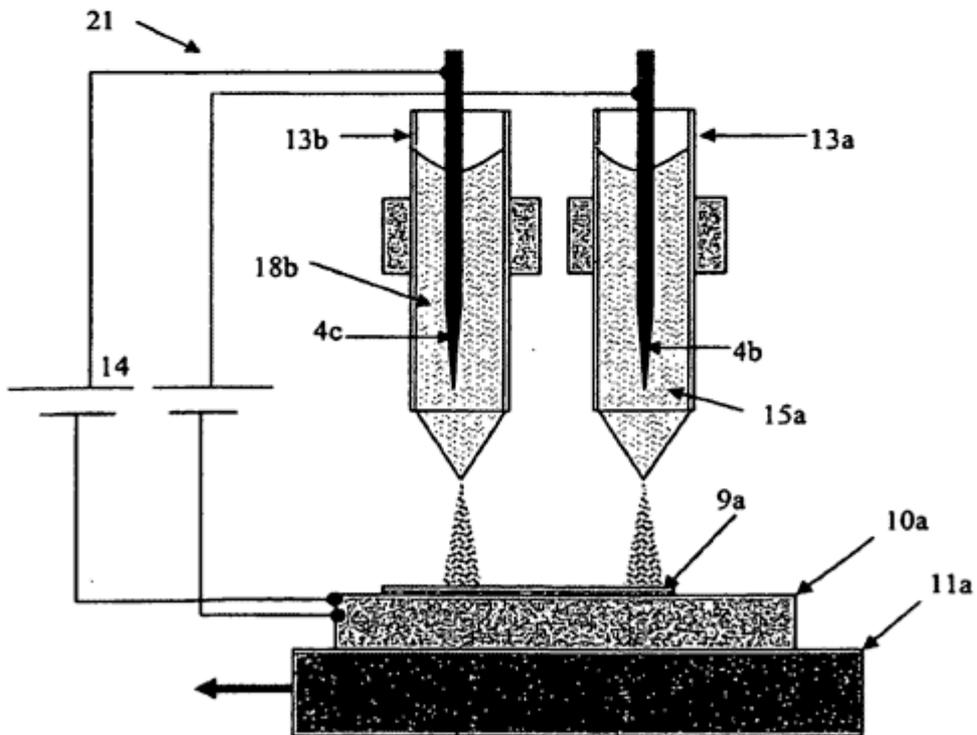
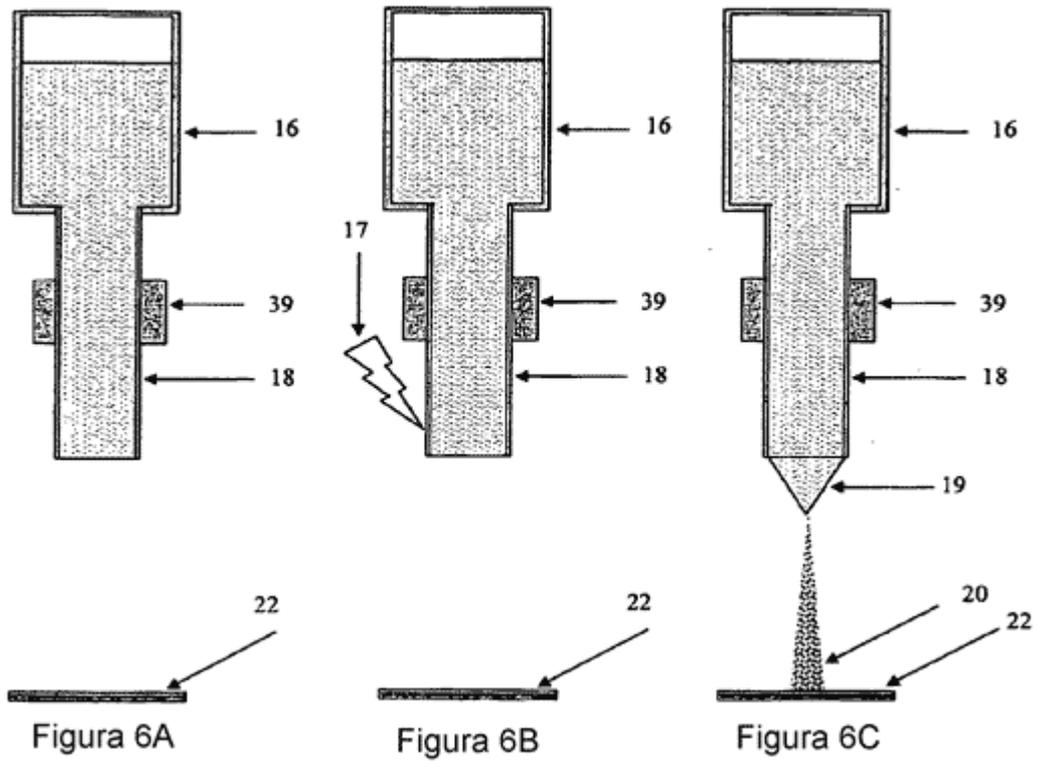


Figura 5



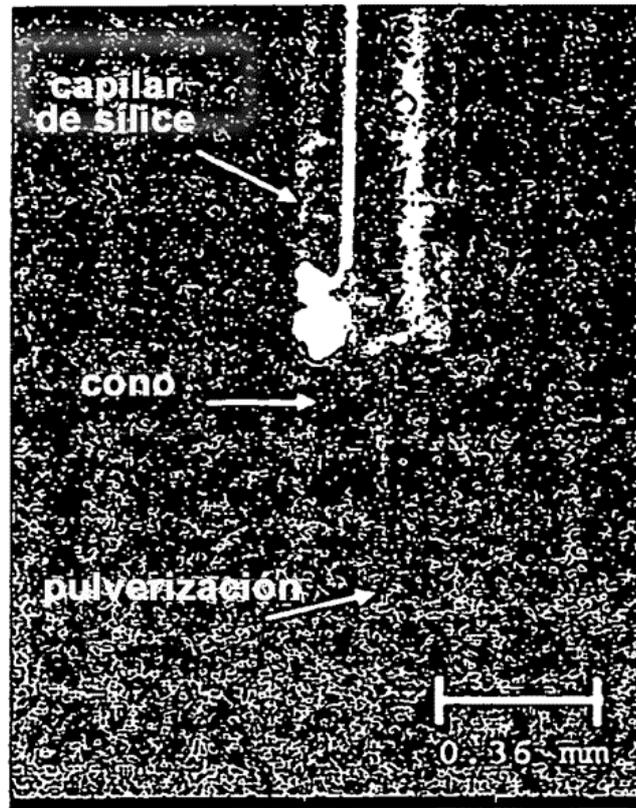


Figure 7

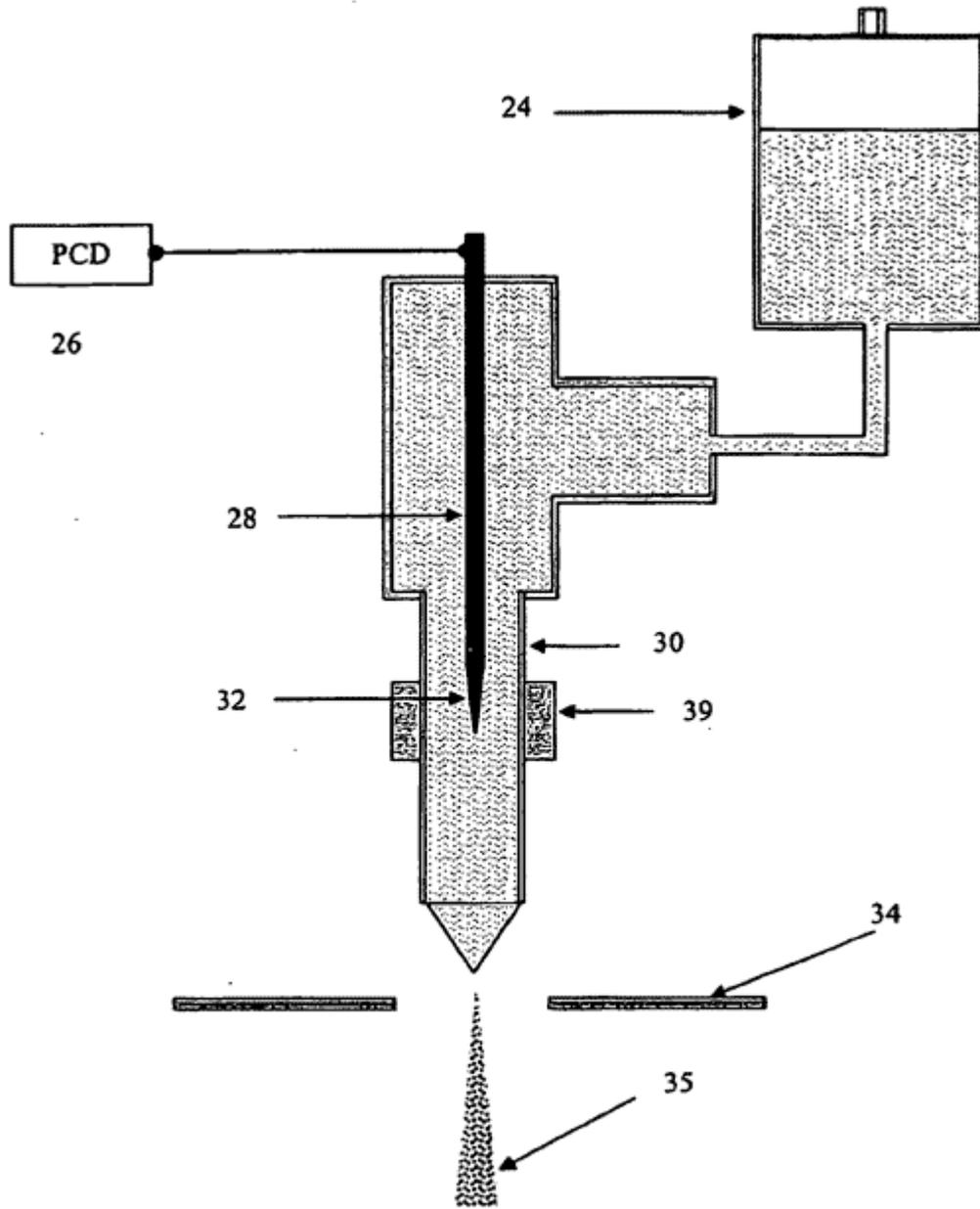


Figura 8

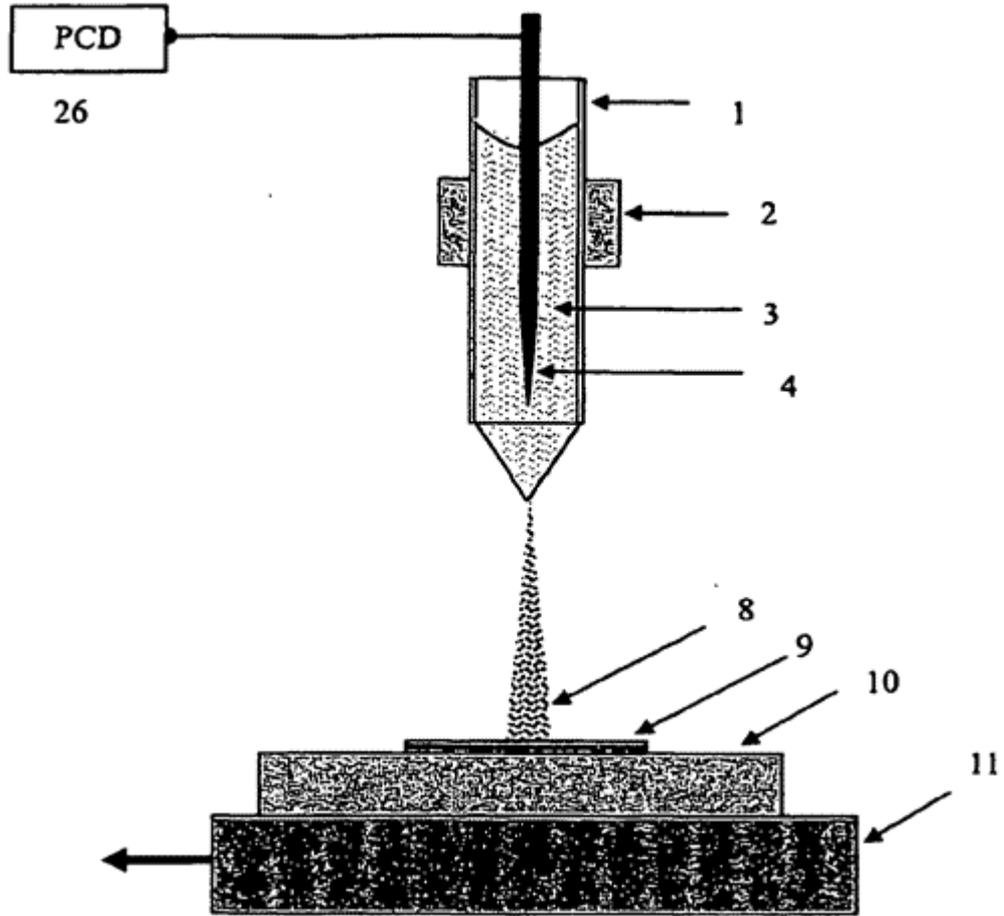


Figura 9

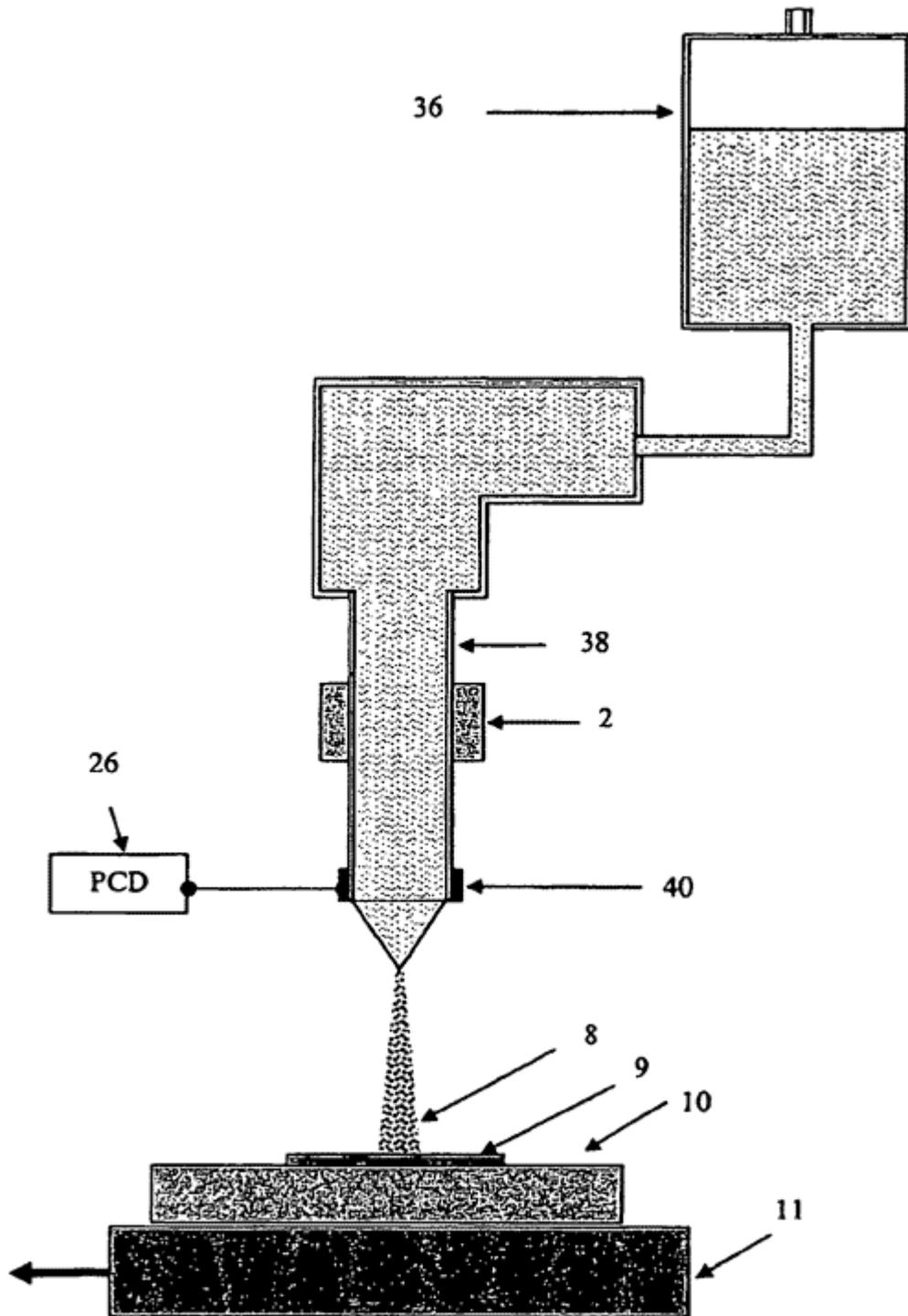


Figura 10

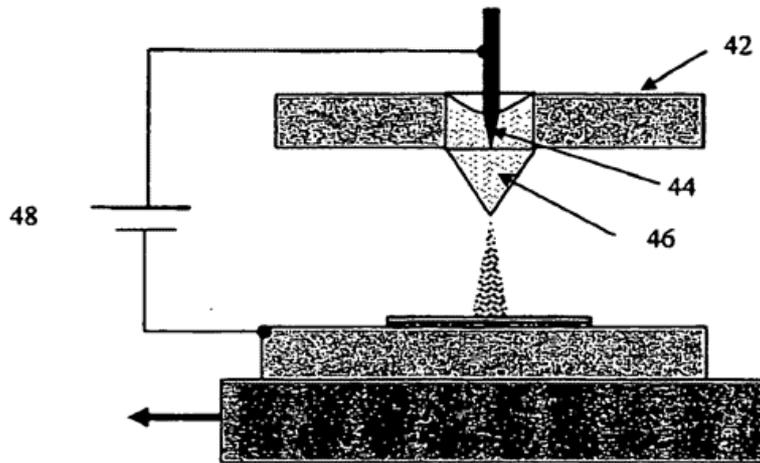


Figura 11

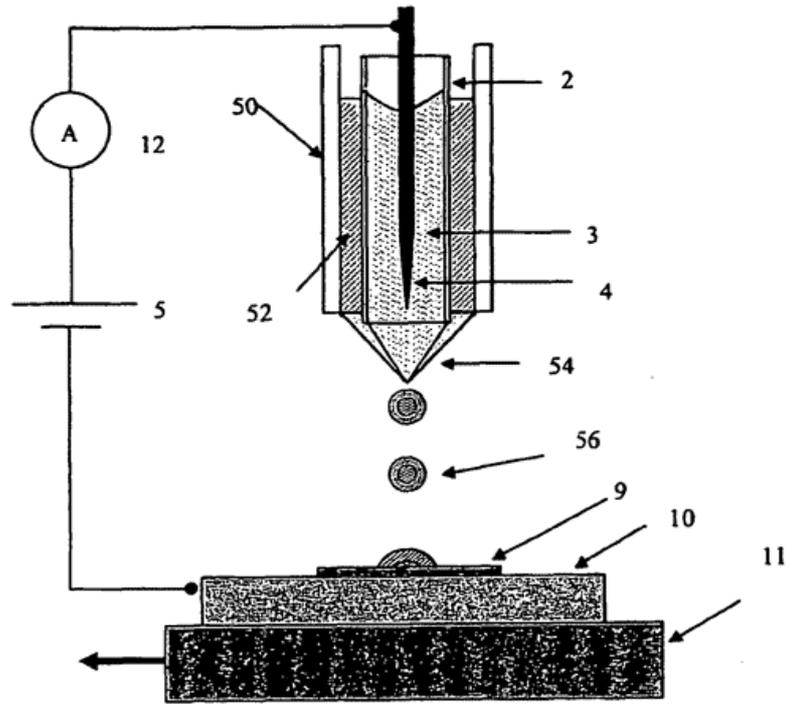


Figura 12

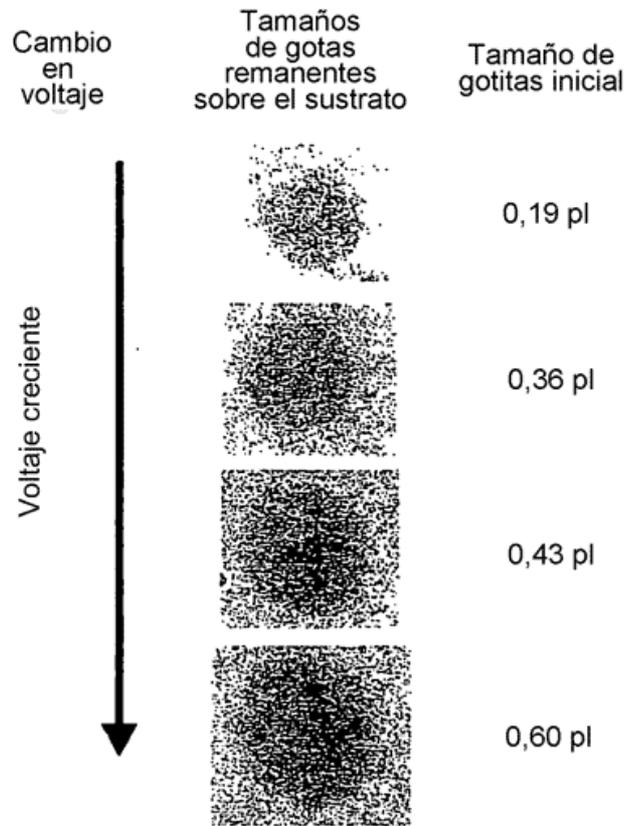


Figura 13

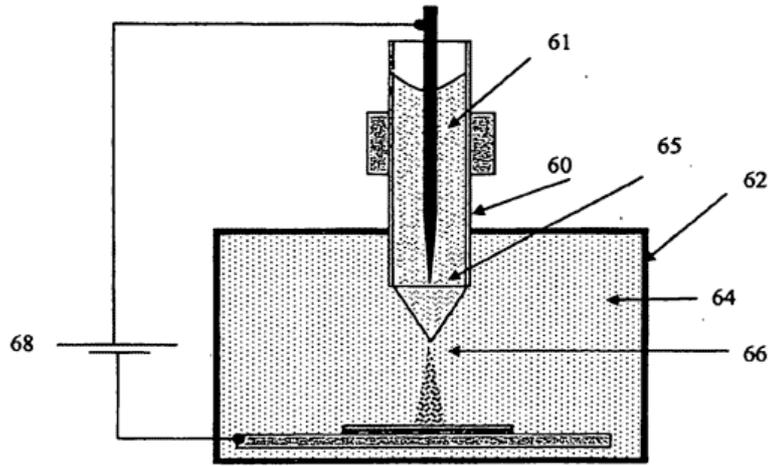


Figura 14

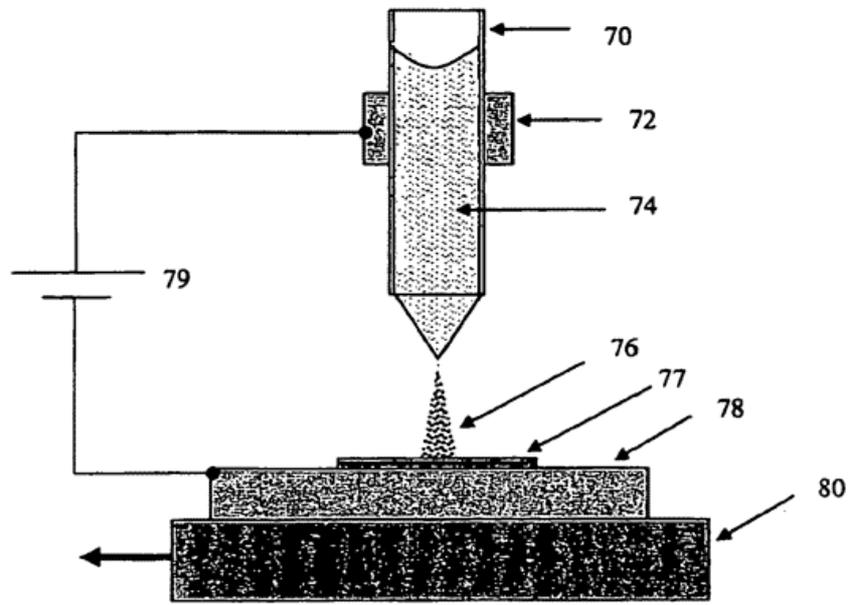


FIG. 1b

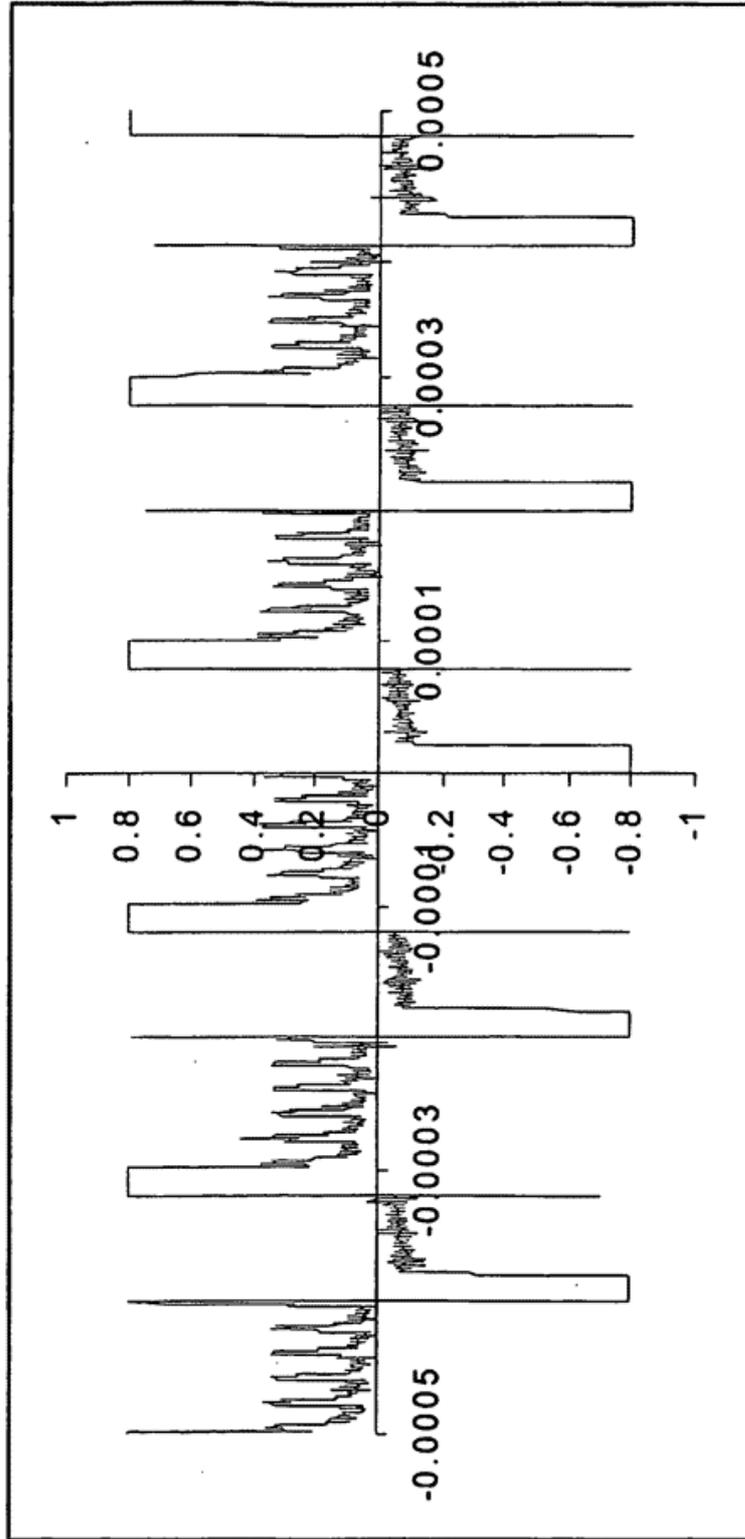


FIG. 3a

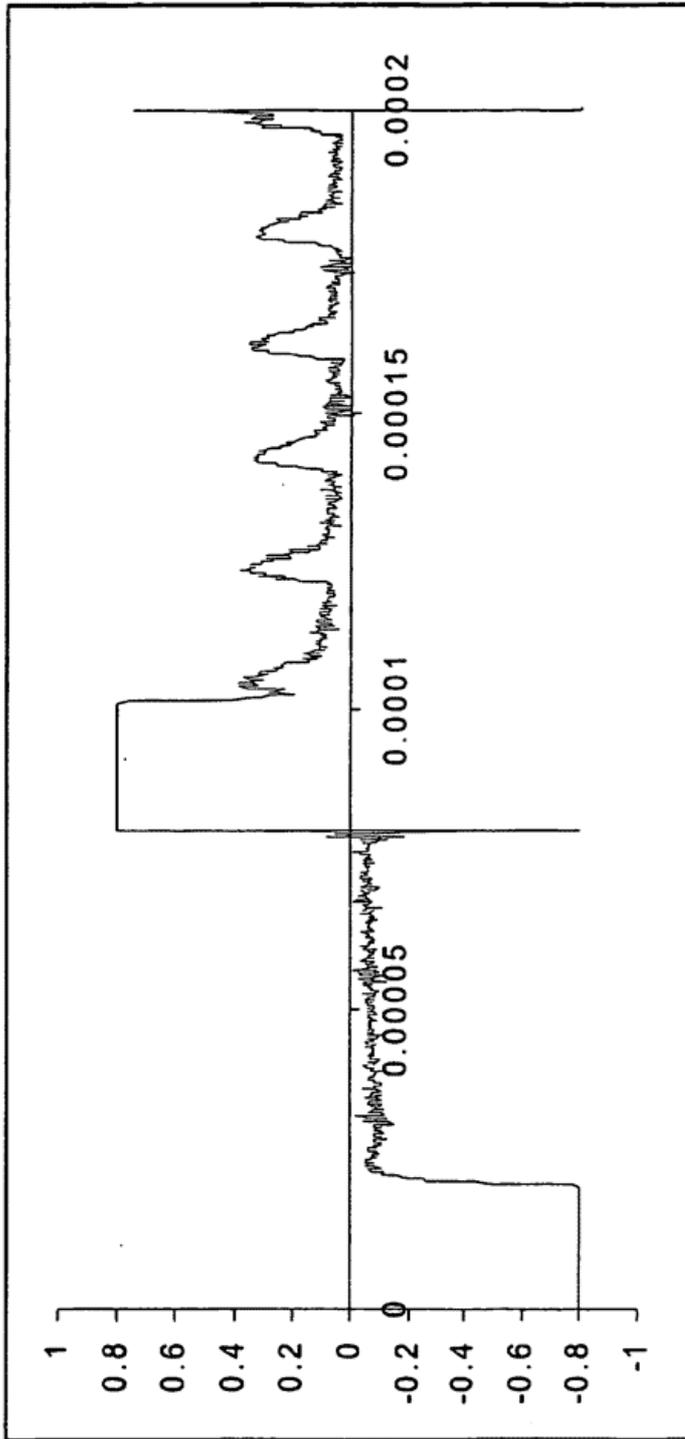


FIG. 3b

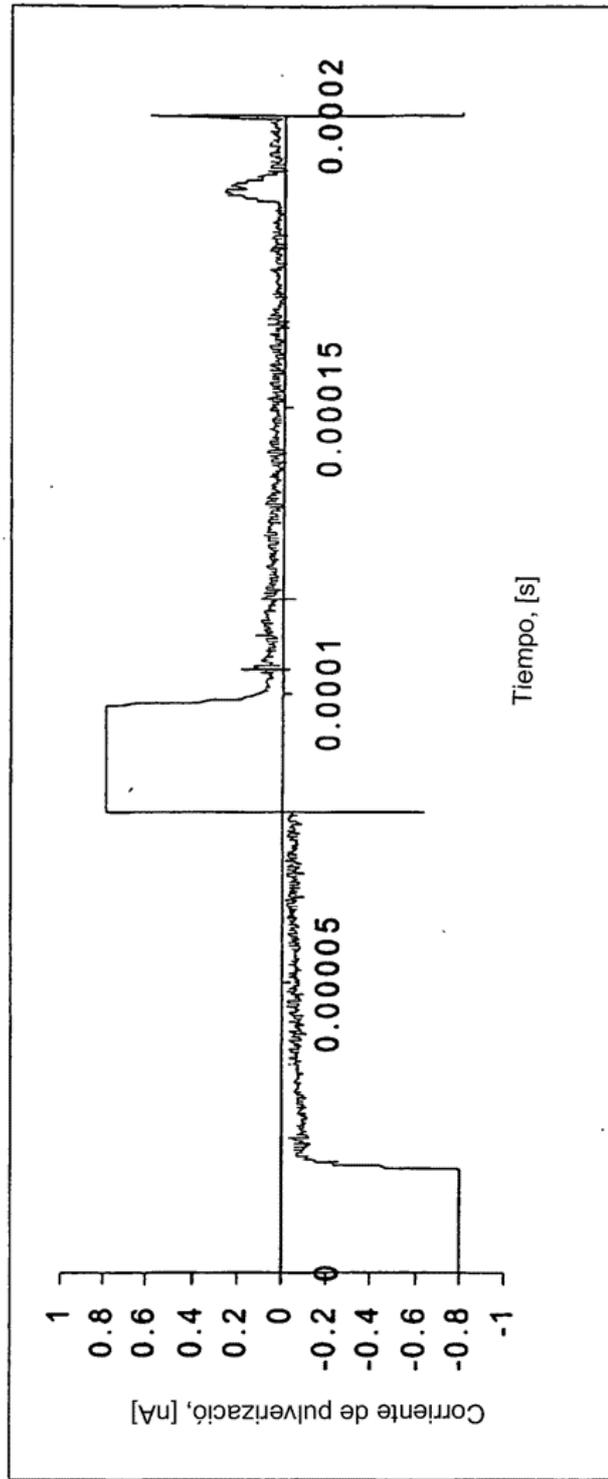


FIG. 15

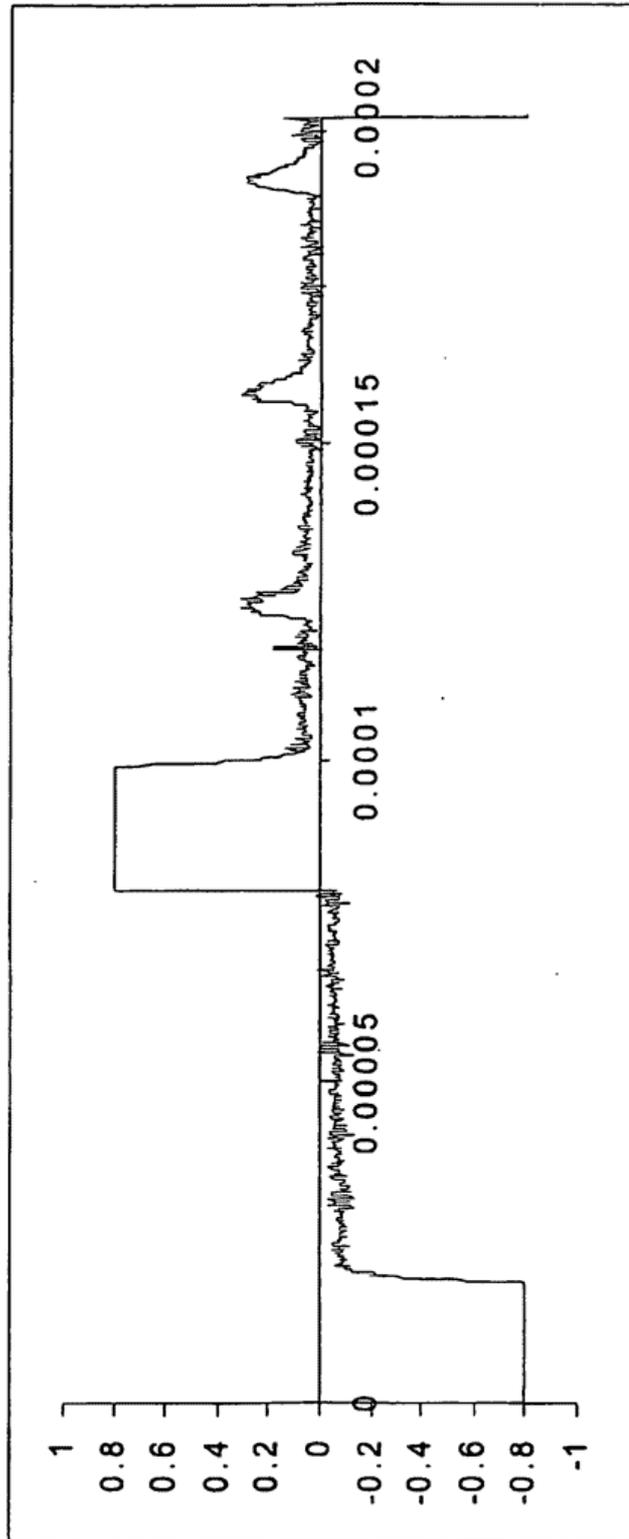


FIG. 16

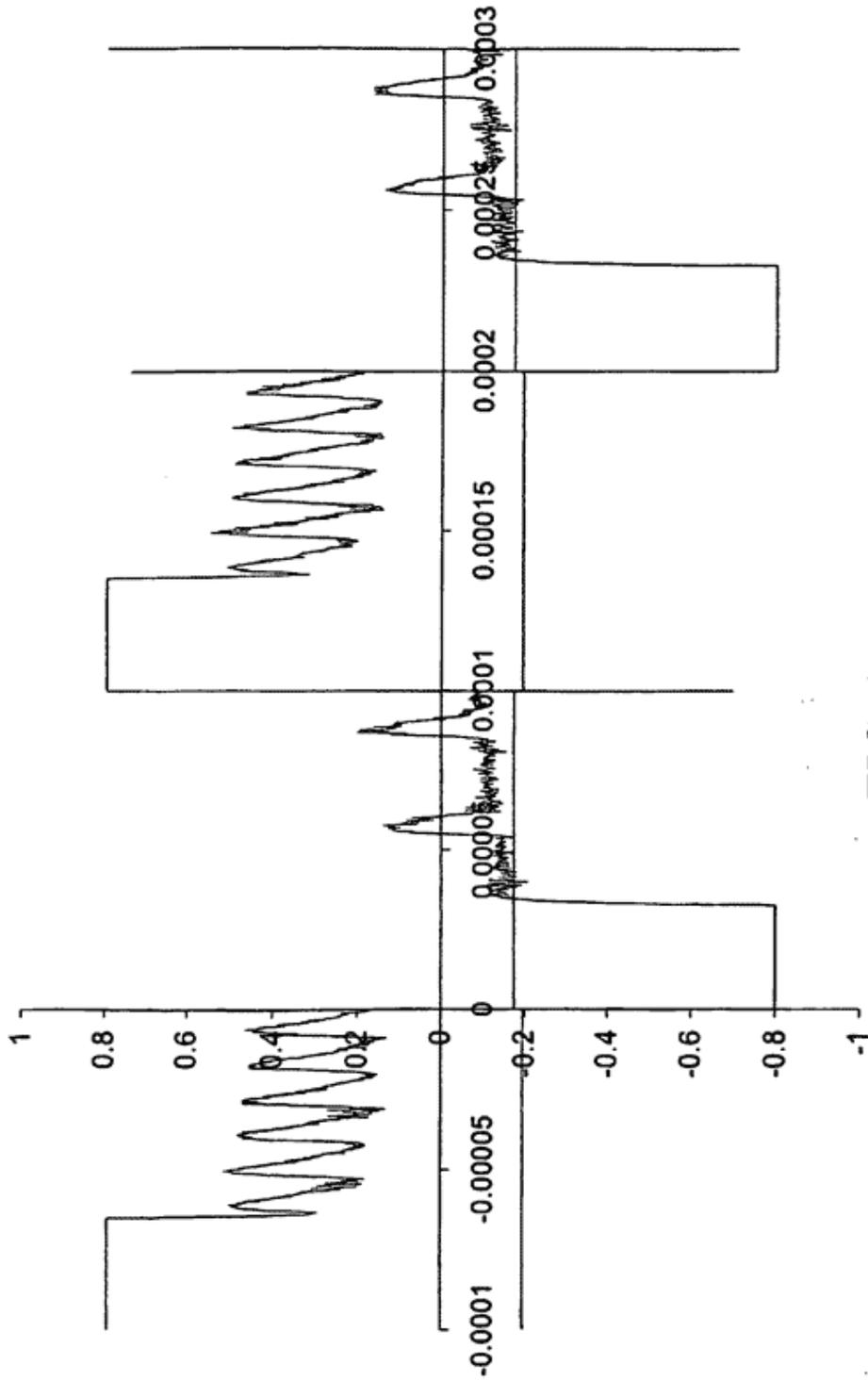


FIG. 17

TEG 0,01 S/m, Voltaje de sustrato -477 V

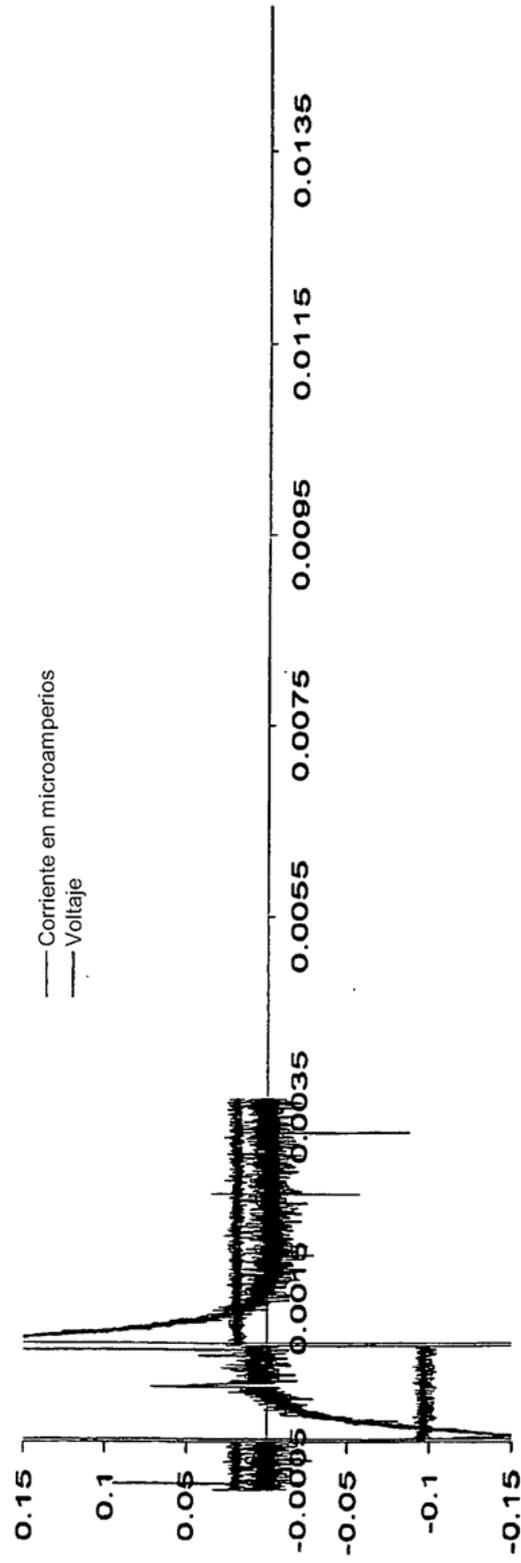


FIG. 7a

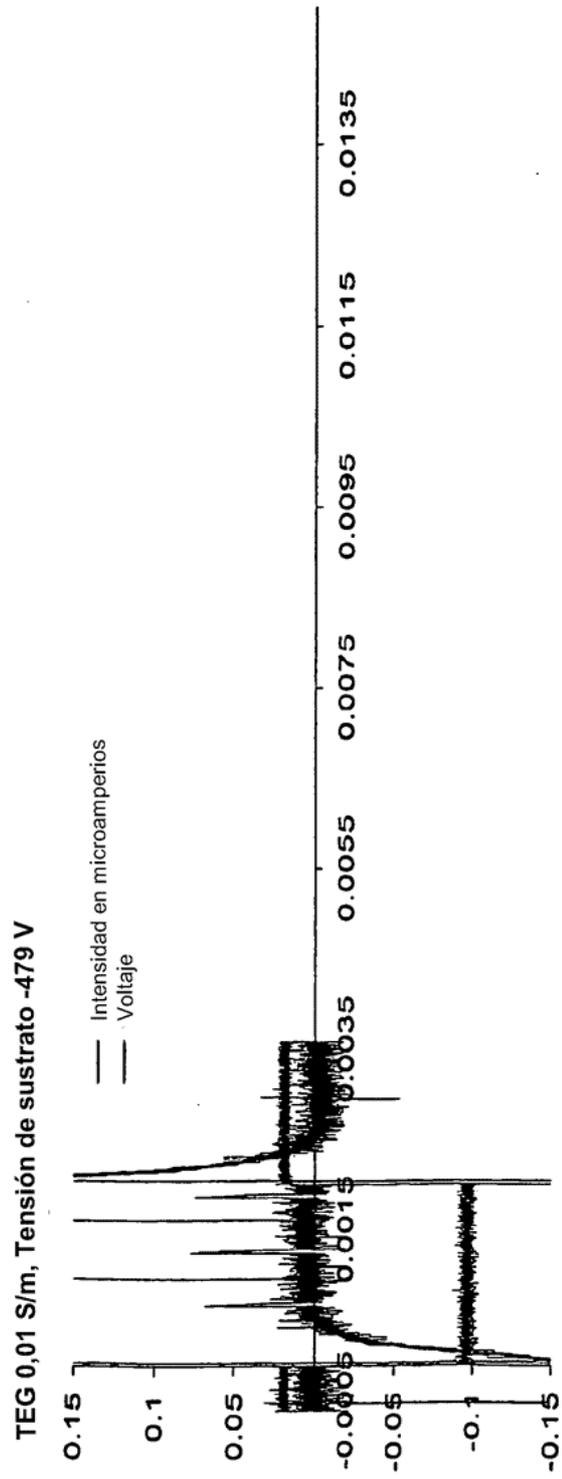


FIG. 7b

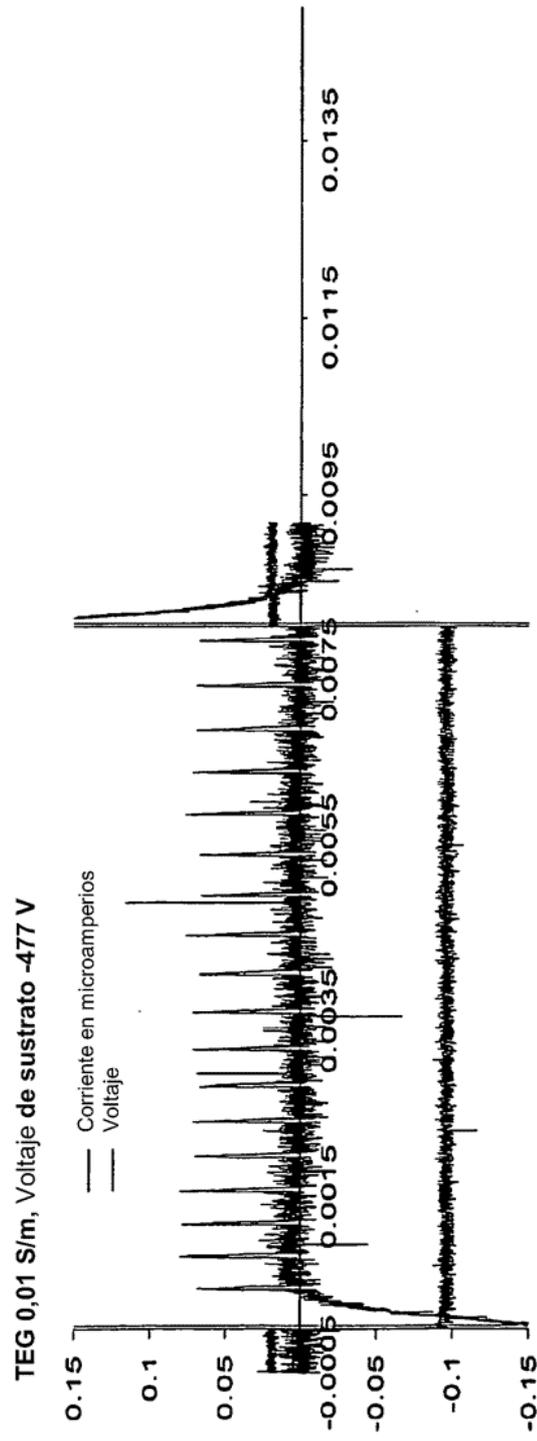


FIG. 7c

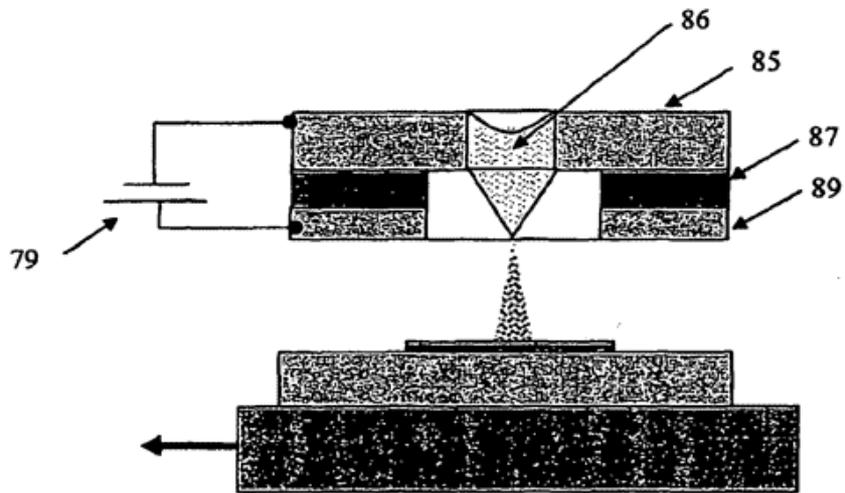
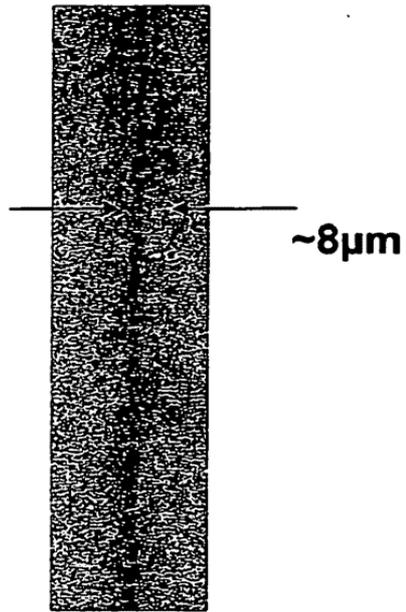


FIG. 18

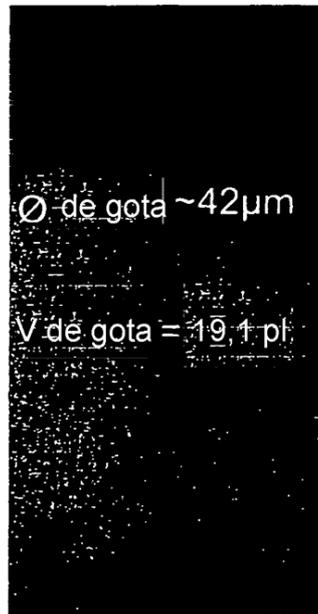
Diámetro de salida
de boquilla ~ $40\mu\text{m}$
Voltaje ~ 2.4kV



Sustrato de papel
V de gotas ~ $0,5\text{ pl}$
Frecuencia 24 kHz

FIG. 19

Diámetro de salida
de boquilla ~ 90 μm
Voltaje ~ 2,0 kV



Sustrato de acetato
Frecuencia 267 Hz

FIG. 20

Diámetro de salida
de boquilla ~ 200 μ m

Volumen ~ 2.1kV



Sustrato de silicio
Frecuencia 30 Hz

FIG. 21