



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 292 731**

51 Int. Cl.:
B05B 5/16 (2006.01)
B05B 1/06 (2006.01)
B05B 7/06 (2006.01)
B05B 7/08 (2006.01)
B01J 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02711878 .5**
86 Fecha de presentación : **31.01.2002**
87 Número de publicación de la solicitud: **1364718**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **26.11.2003**

54

Título: **Dispositivo y procedimiento para producir chorros líquidos compuestos multi-componentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico.**

30

Prioridad: **31.01.2001 ES 200100231**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2008

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2008

73

Titular/es: **Universidad de Sevilla**
c/ Valparaíso, 5 – 2ª Planta
41013 Sevilla, ES
Universidad de Málaga

72

Inventor/es: **Barrero Ripoll, Antonio;**
Gañán Calvo, Alfonso;
González Loscertales, Ignacio y
Cortijo Bon, Raúl

74

Agente: **Temño Cenicerros, Ignacio**

ES 2 292 731 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 y procedimiento para producir chorros líquidos compuestos multi-componentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico.

Dispositivo y procedimiento para producir chorros compuestos estacionarios de líquidos inmiscibles y cápsulas de tamaño micro y nanométrico.

Objeto de la invención

El presente invento describe un procedimiento para generar chorros compuestos electrificados de varios líquidos inmiscibles cuyos diámetros pueden variar desde unas decenas de nanómetros hasta cientos de micras, así como un aerosol relativamente monodisperso de gotas compuestas generadas a partir de la rotura por inestabilidades varicosas de los chorros. La estructura típica de dichas gotas consiste en un líquido exterior que rodea a uno o varios líquidos interiores.

Dichos líquidos se inyectan, a caudales apropiados, a través de agujas metálicas conectadas a fuentes de alto voltaje. Las agujas pueden disponerse de modo que una de ellas rodee al resto de agujas o bien concéntricamente entre sí. En el caso en que la conductividad eléctrica de un líquido, o más de uno, sea suficientemente alta, entonces el líquido puede cargarse a través de sí mismo y puede ser inyectado a través de agujas no metálicas (i.e. tubo de sílica).

El dispositivo y procedimiento objetos de la presente invención son aplicables a campos de aplicación tecnológica como la Ciencia de Materiales, Tecnología de Alimentos, Liberación de Fármacos, etc., donde la generación y manipulación controlada de chorros compuestos de tamaño micro o nanométrico sea una parte esencial del proceso.

Estado de la técnica

Esta invención utiliza fuerzas electrohidrodinámicas (EHD) para producir y atomizar chorros coaxiales a los tamaños deseados. Bajo unas condiciones de operación apropiadas, un caudal de líquido se emite en forma de chorro micro/nanométrico desde el vértice de un cono de Taylor. La rotura de dicho chorro produce una niebla de gotas cargadas denominada electrospray. Esta configuración se suele denominar electrospray en modo cono-chorro (M. Cloupeau and B. Prunet-Foch, *J. Electrostatics*, **22**, 135-159, 1992). Las leyes de escala de la corriente emitida y del tamaño de las gotas de este tipo de electrospray están bien descritas en la literatura (J. Fernández de la Mora & I. G. Loscertales, *J. Fluid Mech.* **260**, 155-184, 1994; A.M. Gañán-Calvo, J. Dávila & A. Barrero, *J. Aerosol Sci.*, **28**, 249-275, 1997; A. M. Gañán-Calvo, *Phys. Rev. Lett.* **79**, 217-220, 1997; R.P.A. Hartman, D.J. Brunner, D.M.A. Camelot, J.C.M. Marijnissen, & B. Scarlett *J. Aerosol Sci.* **30**, 823-849, 1999). El electrospray es una técnica que ha demostrado satisfactoriamente su habilidad para generar chorros líquidos estacionarios y aerosoles monodispersos en un rango de tamaños que comprende desde pocos nanómetros hasta cientos de micras. Por otro lado, en todos los experimentos descritos en los que se utilizó la técnica de electrospray, un único líquido (o solución) forma el cono de Taylor, excepto en el procedimiento descrito en la patente US5122670 (y subsecuentes: US4977785, US4885076 y US575183). En dicha patente, "Multilayer flow electrospray ion source using improved sheath liquid (1991)" ("Fuente de ionización electrospray de flujo multicapa utilizando un líquido conductor mejorado"), dos o más líquidos *miscibles* se inyectan y mezclan en el cono de Taylor, con el propósito de mejorar la transmisión de iones, la estabilidad y la sensibilidad de un espectrómetro de masa.

La novedosa aportación de la presente invención radica en el uso de dos o más líquidos inmiscibles (o pobremente miscibles) para formar, mediante fuerzas EHD, un cono de Taylor estructurado rodeado de una atmósfera dieléctrica (gas, líquido o vacío), tal y como se muestra en la figura 1. La estructura del cono está formada por un menisco exterior que rodea a los meniscos interiores. Del vértice de cada uno de los meniscos se emite un hilo de líquido de tal modo que se forma finalmente un chorro compuesto de líquidos con coflujo. El chorro micro/nanométrico estructurado y altamente cargado que se emite desde el vértice del cono de Taylor finalmente se rompe formando un spray de gotas monodispersas micro/nanométricas estructuradas altamente cargadas. Con el término *chorro estructurado* nos referimos a chorros coaxiales casi cilíndricos o a un chorro que rodea a los otros. El diámetro exterior del chorro varía entre 50 micras y unos pocos nanómetros. Con el término *spray de gotas monodispersas micro/nanométricas estructuradas altamente cargadas* nos referimos a partículas cargadas, formadas por capas concéntricas de diferentes líquidos o por una partícula exterior de líquido que rodea a partículas más pequeñas de líquidos inmiscibles (o emulsiones). El diámetro externo de las partículas varía entre 100 micras y unos pocos nanómetros.

Una ventaja de esta invención reside en que las partículas que se forman tienen un tamaño uniforme, y que dicho tamaño puede variarse fácilmente desde decenas de micras hasta unos pocos nanómetros, dependiendo de las propiedades de los líquidos y los caudales inyectados.

Otra ventaja del invento emana del hecho de que la rotura del chorro produce gotas micro/nanométricas estructuradas. En algunas aplicaciones, el líquido exterior es una solución que contiene monómeros, los cuales polimerizan bajo una excitación apropiada para producir cápsulas micro/nanométricas.

En casos en que se requieren gotas neutras, el aerosol puede neutralizarse fácilmente mediante una descarga de corona.

Explicación de la invención

La presente invención tiene por objeto el dispositivo y el procedimiento para producir chorros compuestos estacionarios de líquidos inmiscibles y cápsulas de tamaño micro y nanométrico.

El dispositivo consta de un número N de puntas de alimentación de N líquidos, tales que por cada punta de alimentación i-ésima fluye un caudal Q_i de un líquido i-ésimo, siendo i un valor entre 1 y N. Dichas puntas de alimentación están dispuestas concéntricamente y cada una de ellas está conectada a un potencial eléctrico V_i respecto a un electrodo de referencia. Además, el líquido i-ésimo que circula por la punta de alimentación i-ésima es inmiscible o pobremente miscible con los líquidos (i+1)-ésimo e (i-1)-ésimo. A la salida de las puntas de alimentación se forma un menisco capilar estructurado electrificado con una forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar coaxial estacionario formado por los N líquidos, de tal forma que el líquido i-ésimo rodea al líquido (i+1)-ésimo. Además el chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros que es mucho menor que los diámetros de las puntas de alimentación de los N líquidos.

Las puntas de alimentación también pueden disponerse exigiendo sólo que el líquido externo rodee al resto de las puntas de alimentación. En este caso, se forma en la salida de las puntas de alimentación un menisco capilar electrificado de forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar compuesto estacionario formado por los N líquidos con coflujo, de forma que el líquido 1 rodea al resto de los líquidos.

Las N puntas de alimentación del dispositivo han de tener diámetros comprendidos entre 0,01 mm y 5 mm.

Los caudales de alimentación de los líquidos que fluyen por las puntas de alimentación pueden variar entre 10^{-17} m³/s y 10^{-7} m³/s.

Cuando la distancia entre la punta de alimentación y el electrodo de referencia está comprendida entre 0,01 mm y 5 cm, el potencial eléctrico aplicado ha de estar comprendido entre 10 V y 30 KV.

En el caso particular en el que $N = 2$, el dispositivo objeto de la invención consta de:

a) una punta de alimentación 1 por la cual fluye un caudal Q_1 de un líquido 1 y conectada a un potencial eléctrico V_1 ;

b) una punta de alimentación 2 por la cual fluye un caudal Q_2 de un líquido 2 y conectada a un potencial eléctrico V_2 ;

dispuestas de tal forma que la punta de alimentación 2 está rodeada por el líquido 1 y los potenciales V_1 y V_2 son valores diferenciales respecto a un electrodo conectado a un potencial de referencia. Los líquidos 1 y 2 son inmiscibles o pobremente miscibles.

En la salida de las puntas de alimentación se forma un menisco capilar electrificado con una forma sensiblemente cónica y de su vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por los líquidos 1 y 2, de forma que el líquido 1 rodea completamente al líquido 2. Dicho chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros, que es menor que el diámetro característico del menisco capilar líquido electrificado del cual emana.

El procedimiento objeto de la invención va a producir chorros líquidos compuestos estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico haciendo fluir N caudales Q_i de diferentes líquidos por cada una de las N puntas de alimentación del dispositivo anteriormente descrito, de forma que el líquido i-ésimo que circula por la punta de alimentación i-ésima rodea la punta de alimentación (i+1)-ésima, y es inmiscible o pobremente miscible con los líquidos (i+1)-ésimo e (i-1)-ésimo. A la salida de las puntas de alimentación se forma un menisco capilar líquido electrificado con una forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar coaxial estacionario formado por los N líquidos, de tal forma que el líquido i-ésimo rodea al líquido (i+1)-ésimo. Dicho chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros que es considerablemente menor que el diámetro característico del menisco capilar líquido electrificado del cual emana. Al producirse espontáneamente la ruptura del chorro se forman cápsulas de tamaño comprendido ente 100 micras y 15 nanómetros.

Este procedimiento puede realizarse exigiendo sólo que el líquido externo rodee todas las puntas de alimentación. En este caso, se forma un menisco capilar líquido electrificado de forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por los N líquidos con coflujo, de forma que el líquido 1 rodea al resto de los líquidos.

Por último, son objeto de la presente invención las cápsulas multicapa formadas espontáneamente por la ruptura del chorro capilar que se forma utilizando el dispositivo y procedimiento mencionados.

Breve descripción de la figura

Figura 1: Esquema del dispositivo empleado para producir chorros líquidos compuestos de tamaño micro y nanométrico.

Descripción detallada de la invención

A continuación se describen dos posibles configuraciones que permiten la generación de un flujo de dos líquidos inmiscibles que resulta, por la acción única de fuerzas electrohidrodinámicas (EHD), en la formación de un chorro capilar micro/nanométrico estructurado estacionario. Este chorro capilar micro/nanométrico estructurado está inmerso en una atmósfera dieléctrica (inmiscible con el líquido más exterior que forma el chorro) que podría ser un gas, líquido o vacío.

El aparato básico utilizado en ambas configuraciones consiste en: (1) Un medio para suministrar un primer líquido 1 a través de un tubo metálico T_1 , cuyo diámetro interior oscila entre aproximadamente 1 y 0,4 mm, respectivamente. (2) Un medio para suministrar un segundo líquido 2, inmiscible con el líquido 1, a través de un tubo metálico T_2 , cuyo diámetro exterior es menor que el diámetro interior de T_1 . En este caso, T_2 está situado concéntricamente en el interior de T_1 . El extremo de los tubos no tiene por qué situarse en la misma posición axial. (3) Un electrodo de referencia, como por ejemplo un anillo metálico, situado entre 0,01 y 50 mm enfrente de las salidas de las agujas; el eje del orificio del anillo está alineado con el eje de T_1 . (4) Una fuente de alto voltaje, con uno de los polos conectado a T_1 y el otro conectado al electrodo de referencia. T_1 y T_2 pueden no estar conectados al mismo potencial eléctrico. Todos los componentes se encuentran inmersos en una atmósfera dieléctrica que puede ser un gas, un líquido inmiscible con el líquido 1, o el vacío. Parte del aerosol generado, o incluso el chorro estructurado, puede extraerse a través del orificio en (3) para su posterior procesado y caracterización.

Las fuerzas EHD necesitan actuar al menos sobre uno de los dos líquidos, aunque pueden hacerlo sobre los dos. Denominamos *líquido motor* aquél sobre el que las fuerzas EHD actúan para formar el cono de Taylor. En la primera configuración, el *líquido motor* fluye a través del espacio anular entre T_1 y T_2 mientras que en la segunda configuración el *líquido motor* fluye a través de T_2 y el segundo líquido fluye a través del espacio anular entre T_1 y T_2 . En cualquier caso, es necesario que la conductividad eléctrica del *líquido motor* sea lo suficientemente elevada como para permitir la formación del cono de Taylor.

Refiriéndonos a la configuración primera, cuando se inyecta el líquido 1 (*líquido motor*) a un caudal Q_1 apropiado y se aplica una diferencia de potencial eléctrico a un valor adecuado entre T_1 y (3), el líquido 1 desarrolla un cono de Taylor desde cuyo vértice se emite un chorro micro/nanométrico estacionario cargado (modo cono-chorro estacionario). La forma cónica característica del menisco líquido es debida a un balance entre las fuerzas de tensión superficial y las fuerzas eléctricas que actúan simultáneamente sobre la superficie del menisco. El movimiento del líquido es causado por el esfuerzo tangencial eléctrico que actúa sobre la superficie del menisco, tirando del líquido hacia la punta del cono de Taylor. En cierto punto, el equilibrio mecánico anteriormente descrito deja de satisfacerse, por lo que la superficie del menisco cambia de cónica a cilíndrica. Las razones de esta pérdida de equilibrio pueden ser debidas, dependiendo del régimen de operación, a la importancia de la energía cinética del líquido o al valor finito de su conductividad eléctrica. El líquido eyectado, debido a fuerzas EHD, debe ser continuamente reemplazado mediante la inyección apropiada de líquido a través de T_1 para poder conseguir un estado estacionario; sea Q_1 el caudal suministrado a T_1 . La estabilidad de este estado precursor puede caracterizarse mediante la monitorización de la corriente eléctrica I transportada por el chorro y el aerosol que es recogido en (3). Dependiendo de las propiedades del líquido 1 y de Q_1 , el movimiento del líquido en el interior del cono de Taylor puede estar dominado por la viscosidad, en cuyo caso la velocidad del líquido en cualquier punto del interior del cono está predominantemente dirigida hacia la punta del cono. De lo contrario, el flujo en el interior del cono puede exhibir fuertes recirculaciones, que deben evitarse para producir chorros micro/nanométricos estructurados. En el supuesto de que el flujo esté dominado por la viscosidad, entonces se está en condiciones de formar el chorro micro/nanométrico estructurado. Para ello se debe suministrar líquido 2 de forma continua a través de T_2 . El menisco del líquido 2, que se forma en el interior del cono de Taylor desarrollado por el líquido 1, es succionado hacia la punta del cono por la acción del movimiento del líquido 1. Bajo ciertas condiciones de operación, que dependen de las propiedades de ambos líquidos (y de las propiedades líquido-líquido), el menisco del líquido 2 puede desarrollar una punta cónica desde la que el movimiento del líquido 1 es capaz de extraer un chorro micro/nanométrico. En esta situación, pueden existir regímenes en los que el chorro del líquido 2 fluye coaxialmente con el líquido 1. De nuevo, el líquido 2 debe suministrarse de forma continua a T_2 (digamos a un caudal Q_2) para conseguir un estado estacionario.

Cuando el dispositivo opera en la configuración segunda, el proceso es enteramente similar salvo que, en este caso, el movimiento del líquido motor no necesita estar dominado por la viscosidad.

Nuestros experimentos indican que la formación de chorros líquidos coaxiales requiere que los valores de las tensiones superficiales de los diferentes pares de fluidos que aparecen en el problema satisfagan la desigualdad $\sigma_{ai} - \sigma_{ao} > \sigma_{oi}$, donde σ_{ai} es la tensión superficial del líquido 2 y la atmósfera dieléctrica, σ_{ao} es la tensión superficial del líquido 1 y la atmósfera dieléctrica, y σ_{oi} es la tensión interfacial líquido 1-líquido 2, respectivamente.

Para dar una idea de los valores típicos de los diferentes parámetros que aparecen en el proceso, la siguiente tabla recoge medidas experimentales de la corriente eléctrica transportada por el chorro para diferentes valores de caudal del líquido interior y un caudal fijo de líquido exterior.

ES 2 292 731 T3

$$Q_1 = 50 \mu\text{l/min}$$

Q ₂	0,67	0,83	1,17	1,50	1,84	2,17
I (μ Amp.)	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0

5

10 Nótese que en este ejemplo, que corresponde al caso en el que Q₁ es mucho mayor que Q₂, el valor de la corriente I sigue la conocida ley $I \propto Q_2^{1/2}$ del electrospray.

15 Para la producción de cápsulas nanométricas mediante el procedimiento de la invención se puede usar un fotopolímero como líquido exterior. En efecto, la rotura del chorro estructurado por acción de inestabilidades capilares da lugar a la formación de un aerosol de gotas estructuradas que, bajo la acción de una fuente de luz ultravioleta, logran encapsular al líquido interior.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico, consistente en un número N de puntas de alimentación de N líquidos, tales que por cada punta de alimentación i-ésima se inyecta un líquido i-ésimo a un caudal Q_i , siendo i un valor entre 1 y N y N es igual o mayor que 2, donde dichas puntas de alimentación están dispuestas de tal forma que el líquido (i-1)-ésimo rodea la punta de alimentación i-ésima y están cada una de dichas puntas de alimentación conectadas a un potencial eléctrico V_i respecto a un electrodo de referencia, **caracterizado** porque el líquido i-ésimo que circula por la punta de alimentación i-ésima es inmisible o pobremente miscible con los líquidos (i+1)-ésimo e (i-1)-ésimo, formándose en la salida de las puntas de alimentación un menisco capilar líquido electrificado con una forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por los N líquidos, de tal forma que el líquido (i-1)-ésimo rodea al líquido i-ésimo, y tal que dicho chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros que es mucho menor que el diámetro característico del menisco líquido del cual emana el chorro.

2. Dispositivo para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico, consistente en un número N de puntas de alimentación de N líquidos, tales que por cada punta de alimentación i-ésima se inyecta un líquido i-ésimo a un caudal Q_i , donde i es un valor entre 1 y N siendo N igual o mayor que 2, **caracterizado** porque las puntas de alimentación están dispuestas de tal forma que el líquido 1 rodea a todas las demás puntas de alimentación y dicho líquido 1 es inmisible o pobremente miscible con el resto de líquidos, en donde cada punta de alimentación está conectada a un potencial eléctrico V_i , donde i varía de 1 a N, respecto a un electrodo de referencia, de tal manera que se forma en la salida de las puntas de alimentación un menisco capilar líquido electrificado con una forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por los N líquidos, de tal forma que el líquido 1 rodea al resto de líquidos, y de tal manera que dicho chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros que es mucho menor que el diámetro característico del menisco líquido electrificado del cual emana el chorro.

3. Dispositivo para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque las N puntas de alimentación tienen diámetros comprendidos entre 0,01 mm y 5 mm.

4. Dispositivo para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico según las reivindicaciones 1-3, **caracterizado** porque el caudal de alimentación del líquido que fluye por la punta de alimentación más externa está comprendido entre 10^{-17} m³/s y 10^{-7} m³/s, y porque los caudales de alimentación de los líquidos que fluyen por cada una de las otras puntas de alimentación están comprendidos entre 10^{-17} m³/s y 10^{-7} m³/s.

5. Dispositivo para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico según las reivindicaciones 1-4, **caracterizado** porque para una distancia entre la punta de alimentación y el electrodo de referencia comprendida entre 0,01 mm y 5 cm, el potencial eléctrico aplicado está comprendido entre 10 V y 30 KV.

6. Dispositivo para producir un chorro líquido compuesto bi-componente estacionario y cápsulas de tamaño micro y nanométrico según las reivindicaciones 1-5, siendo el número de puntas de alimentación $N = 2$ y conteniendo el dispositivo:

- a) una primera punta de alimentación 1 por la cual fluye un caudal Q_1 de un líquido 1 y conectada a un potencial eléctrico V_1 ,
- b) una segunda punta de alimentación 2 por la cual fluye un caudal Q_2 de un líquido 2 y conectada a un potencial eléctrico V_2 ,

tales que la punta de alimentación 2 está rodeada por el líquido 1 y los potenciales V_1 y V_2 son valores diferenciales respecto a un electrodo de referencia conectado a un potencial de referencia, de tal modo que los líquidos 1 y 2 son inmiscibles o pobremente miscibles formándose en la salida de las puntas de alimentación un menisco capilar líquido electrificado con una forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por ambos líquidos 1 y 2, de tal modo que el líquido 1 rodea completamente al líquido 2 y de tal modo que dicho chorro tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros que es menor que el diámetro característico del menisco capilar líquido electrificado del cual emana.

7. Procedimiento para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño micro y nanométrico según las reivindicaciones 1, 3, 4 y 5, de tal modo que por cada punta de alimentación i-ésima fluye un caudal Q_i de un líquido i-ésimo, donde i es un valor entre 1 y N siendo N igual o mayor que 2 y estando cada una de las puntas de alimentación conectada a un potencial eléctrico V_i respecto a un electrodo de referencia, **caracterizado** porque el líquido i-ésimo que circula por la punta de alimentación i-ésima es inmisible o pobremente miscible con los líquidos (i+1)-ésimo e (i-1)-ésimo, formándose en la salida de las puntas de alimentación un menisco capilar líquido electrificado con una forma sensiblemente cónica y de cuyo vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por los N líquidos, de tal forma que el líquido (i-1)-ésimo rodea al líquido i-ésimo y de tal modo que

ES 2 292 731 T3

dicho chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y 15 nanómetros que es mucho menor que el diámetro característico del menisco líquido del cual emana el chorro, produciéndose espontáneamente la ruptura del chorro dando lugar a la formación de cápsulas con diámetros comprendidos entre 100 micras y 15 nanómetros.

5 8. Procedimiento para producir chorros líquidos compuestos multicomponentes estacionarios y cápsulas de tamaño
micro y nanométrico según las reivindicaciones 2, 3, 4 y 5, de tal modo que por cada punta de alimentación i -ésima
fluye un caudal Q_i de un líquido i -ésimo, siendo i un valor entre 1 y N y **caracterizado** porque las puntas de alimen-
tación están dispuestas de tal forma que el líquido 1 rodea a todas las demás puntas de alimentación y dicho líquido 1
10 es inmisible o pobremente miscible con el resto de líquidos, en donde cada punta de alimentación está conectada a
un potencial eléctrico V_i , donde i varía de 1 a N , respecto a un electrodo de referencia, de tal manera que se forma en
la salida de las puntas de alimentación un menisco capilar líquido electrificado con una forma sensiblemente cónica
y de cuyo vértice se emite un chorro capilar estacionario formado por los N líquidos, de tal forma que el líquido 1
rodea al resto de líquidos, y de tal modo que dicho chorro capilar tiene un diámetro comprendido entre 100 micras y
15 nanómetros que es mucho menor que el diámetro característico del menisco líquido electrificado del cual emana el
chorro, produciéndose espontáneamente la ruptura del chorro dando lugar a la formación de cápsulas con diámetros
comprendidos entre 100 micras y 15 nanómetros.

9. Cápsulas multicomponente y/o multicapa cargadas eléctricamente, con diámetros comprendidos entre 1000
micras y 15 nanómetros, resultantes de la ruptura del chorro generado por los procedimientos descritos en las reivin-
20 dicaciones 7 y 8.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

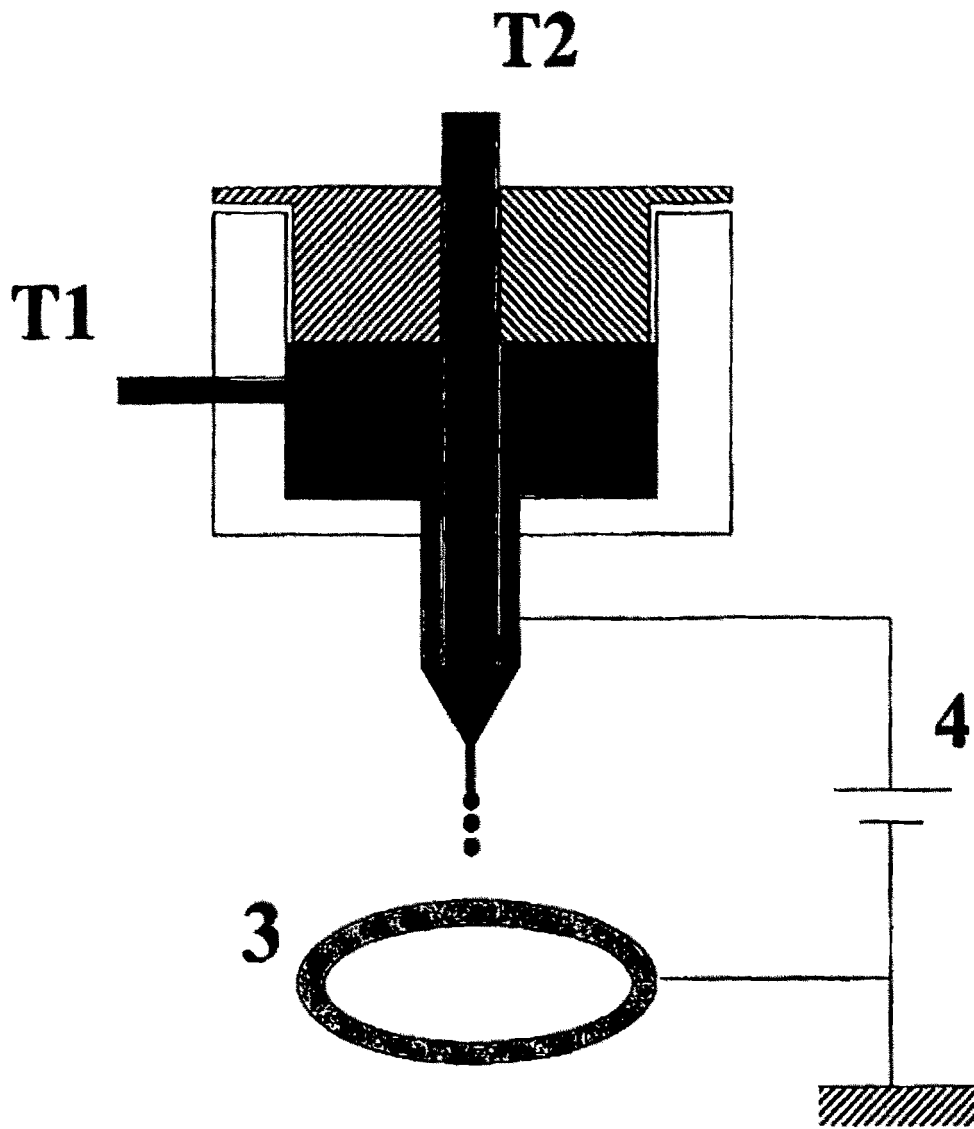


Figura 1