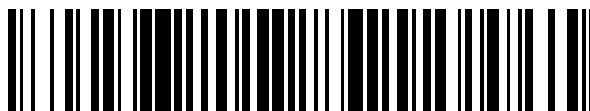


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 096**

51 Int. Cl.:

**H05H 1/24** (2006.01)

**H05H 1/30** (2006.01)

**H05H 1/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2007 E 07724599 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 2016809**

54 Título: **Aparato manual de plasma frío para el tratamiento de superficies con plasma**

30 Prioridad:

**27.04.2006 DE 102006019664**

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

**13.10.2015**

73 Titular/es:

**LEIBNIZ-INSTITUT FÜR PLASMAFORSCHUNG  
UND TECHNOLOGIE E.V. (100.0%)  
Felix-Hausdorff-Strasse 2  
17489 Greifswald, DE**

72 Inventor/es:

**FOEST, RÜDIGER;  
WELTMANN, KLAUS-DIETER;  
STIEBER, MANFRED y  
KINDEL, ECKHARD**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 548 096 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**

Aparato manual de plasma frío para el tratamiento de superficies con plasma.

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente alemana No.10 2006 019 664.3, que se presentó el 27 de abril de 2006.

**5 Campo técnico**

La invención concierne a una herramienta de plasma para el tratamiento, la modificación y el revestimiento asistidos por plasma de superficies interiores y exteriores de materiales en aire por medio de un chorro de plasma frío de conformidad con el preámbulo de la reivindicación 1.

**Estado de la técnica**

10 La tecnología del plasma, especialmente a altas temperaturas y altas presiones de gas, es ya conocida desde hace mucho tiempo y se ha descrito en múltiples ocasiones, por ejemplo en los documentos US 3,648,015, US 4,626,648, DE 41 08 499 A1 y DE 101 40 298 B4.

15 En el documento WO 03/026365 A1 se describe un dispositivo que permite generar un plasma por medio de microondas, permitiendo el dispositivo descrito en el documento WO 03/026365 generar una llama de plasma estable a pesar de eventuales fluctuaciones de presión en el gas del proceso.

20 En la publicación alemana 1 639 257 se describe otro generador de plasma que genera un plasma con altas temperaturas. En este caso, se trata de un generador de chorro de plasma de alta frecuencia con un tubo cilíndrico, en un lado frontal del cual se alimenta el gas a ionizar y en otro lado frontal del cual se descarga el plasma generado, y con una bobina de inducción, un extremo del cual está puesto a masa y el otro extremo de la cual está unido con un generador de alta frecuencia. Entre los dos extremos de la bobina está dispuesta una toma eléctrica. La tensión de alta frecuencia generada en la bobina de inducción es más alta que la tensión de excitación. El tubo en la zona de la salida del plasma es de metal y está aplicado al extremo de la bobina de inducción situado a alta tensión. El tubo está rodeado de manera concéntrica y eléctricamente aislada por una carcasa metálica. Debido a la disposición especial la descarga de gas entre los dos extremos contiguos del tubo y la carcasa tiene lugar a consecuencia de un acoplamiento capacitivo entre estos dos componentes.

Sin embargo, este generador no es adecuado para la generación de un plasma frío de presión normal al menos a consecuencia de la forma de sus electrodos.

30 Se conocen ya también plasmas de baja temperatura y éstos se utilizan con éxito en numerosas aplicaciones para el tratamiento de superficies con fines de activación de las mismas (variaciones de las propiedades de adherencia, hidrofobización, hidrofiliación), corrosión, polimerización, deposición de capas, limpieza y reducción de gérmenes. No obstante, para estos procesos se han utilizado prioritariamente hasta ahora plasmas de baja presión en los que los radicales necesarios para estas aplicaciones, los átomos excitados, los iones, los electrones y la radiación UV pueden generarse en un grado definido mediante la elección de parámetros adecuados del proceso. Sin embargo, los procedimientos de plasma de baja presión no son adecuados tanto por motivos de costes como por razones técnicas para numerosos procesos industriales en los que es necesaria una modificación de superficie correspondiente.

35 En el documento EP 0 124 623 se describe un procedimiento de plasma de presión normal que es capaz de ionizar vapor de agua a temperatura relativamente baja. Sin embargo, este procedimiento apenas puede utilizarse en la producción industrial.

40 Para hacer que los procedimientos tecnológicos de tratamiento de superficies con plasma puedan ser utilizados por usuarios potenciales de estos sectores de la industria, se tienen que desarrollar procedimientos de plasma de presión normal adecuados no térmicos que sean sensiblemente más baratos y se puedan integrar en trayectos de producción correspondientes. Una premisa esencial para la aplicabilidad de procedimientos de plasma de presión normal para este campo de aplicación es la generación de plasmas homogéneos. Una posibilidad para conseguir la homogeneidad necesaria consiste en generar por medio de un flujo dirigido del gas de trabajo (gas del proceso) un chorro de plasma fuera del espacio de descarga.

45 Todas las clases conocidas de plasmas de descarga que se generan en condiciones de presión normal, como, por ejemplo, descargas en arco de RF, descargas en chispas, en corona y en barrera, puedan emplearse mediante la materialización de flujos de gas de proceso adecuados para la generación de plasmas en chorro anisotermos de presión normal. Plasmas en chorro generados sobre esta base son objeto de diferentes patentes. Así, por ejemplo, en la patente DE 3733492 se presenta un dispositivo para generar un plasma en chorro por medio de descarga en corona que es adecuado para el tratamiento de superficies con plasma. En este caso, una corriente de gas es conducida a través de un trayecto de descarga en corona entre un electrodo interior de forma de varilla y un electrodo exterior de forma tubular. En la patente DE 19532412 se describe un procedimiento para el tratamiento de

superficies con plasma que se basa en la generación de un chorro de plasma por descarga en arco con un arco voltaico no transmitido. Objeto de las patentes US 6,194,036, US 6,958,063 y US 6,262,523 son disposiciones sobre la base de la excitación de RF de plasmas de presión normal. En otro documento de patente (US 2002/122896) se describen diferentes disposiciones para generar plasmas de presión normal sobre la base de descargas inducidas por RF en tubitos de material aislante. En el sector de la medicina se utilizan plasmas de esta clase para la coagulación de argón-plasma (documentos US 4,781,175, US 4,060,088, DE 19513338), para revestimientos sobre implantes artificiales a fin de aumentar su biocompatibilidad, para controlar la adherencia de células sobre superficies, para la esterilización de instrumentos médicos (M. Laroussi: IEEE Trans. Plasma Sci. 30 4 (2002), 1409, así como para el tratamiento de células y tejidos biológicos (E. Stoffels et al.: Plasma Sources Sci. Technol., 11 (2002), 383).

Las disposiciones y procedimientos descritos hasta ahora en la literatura especializada o la literatura de patentes para el tratamiento de superficies por medio de plasma a presión normal son soluciones para campos de trabajo limitados que, debido a su construcción y funcionamiento especiales, no se pueden adaptar o solo se pueden adaptar condicionalmente a las necesidades de otras aplicaciones. Dado que los cometidos y los objetivos del tratamiento de superficies con plasma son muy diversos, hay que aspirar a una solución que haga posible una adaptación de esta clase a necesidades diferentes respecto del material o producto a tratar o del efecto deseado sobre la superficie a tratar. Las disposiciones para generar plasmas a presión normal sobre la base de descargas inducidas por RF tienen la ventaja de que, por un lado, pueden hacerse funcionar a frecuencias fijas (13,56 MHz, 27,12 MHz, 46,68 MHz) que se han liberado para aplicaciones industriales, y, por otro lado, pueden generarse a menores tensiones. No obstante, tienen también un inconveniente esencial que se explicará en lo que sigue.

Los reactores de plasma que funcionan a alta frecuencia necesitan una red de adaptación (matchbox = caja de cerillas) para la transmisión de potencia máxima desde el generador de RF que ellos alimentan. Una forma de circuito frecuentemente empleada en la caja de cerillas es el circuito n. Éste está constituido por dos condensadores C1 y C2 y una bobina (véase la figura 1). Para mantener bajas las pérdidas en la caja de cerillas se emplean condensadores con aire como dieléctrico que ocupan un gran volumen. Dado que el transporte de corriente a estas frecuencias se efectúa principalmente sobre la superficie de un conductor eléctrico (efecto superficial), las bobinas y todas las demás alimentaciones eléctricas consisten en un alambre metálico relativamente grueso con alta conductividad eléctrica sobre la superficie (alambre de plata, alambre de cobre plateado). Debido a esto, esta caja de cerillas es en general muy voluminosa. Para el encendido y el mantenimiento de una descarga en gas en el reactor de plasma se necesitan altas tensiones. Éstas se alcanzan en la caja de cerillas, concretamente debido a que la bobina y el condensador C2 forman un circuito de resonancia en serie que tiene que estar sintonizado a la respectiva frecuencia empleada del generador de RF. Para impedir pérdidas, la línea de alimentación Z2 deberá consistir en una línea apantallada y deberá mantenerse lo más corta que sea posible. De este modo, la caja de cerillas y el reactor de plasma forman de hecho una unidad inmanejable relativamente rígida. Si se quiere materializar como reactor de plasma una tobera de plasma manejable que pueda ser guiada, por ejemplo, por un robot, un reactor de plasma tan inmanejable, es entonces inutilizable.

Por este motivo, la invención se basa en el problema de materializar una tobera de plasma manejable que pueda ser guiada también a mano y/o por robots.

### Exposición de la invención

En el marco de la presente invención se ha encontrado ahora que se puede obtener una tobera de plasma muy manejable cuando se prescinde de una red de adaptación en forma de una caja de cerillas separada. Por este motivo, según la invención, se integran la bobina y el condensador C2 en la tobera de plasma. Un condensador C1 eventualmente necesario puede estar dispuesto en algún sitio entre el generador y la tobera de plasma, pero preferiblemente se posiciona el condensador C1 directamente por fuera en el generador (línea de alimentación corta) o directamente dentro del mismo. Se consiguen así las mejoras siguientes:

1. La línea de alimentación Z1 (cable coaxial) del generador a la tobera de plasma puede estar configurada como sensiblemente más flexible y más larga que lo que nunca habría sido posible para la línea de alimentación Z2 según el estado de la técnica.

2. Las variaciones en la longitud de la línea de alimentación Z1 están ligadas a las variaciones en la capacidad del cable, que pueden compensarse por variación de C1.

3. La línea de alimentación Z2 está formada por el extremo de bobina hacia el electrodo E1 y, por este motivo, puede configurarse como extremadamente corta.

4. La capacidad formada entre los electrodos E1 y E2 está dispuesta en paralelo con C2. Las variaciones de esta capacidad por tolerancias en la fabricación de la tobera de plasma o durante el encendido del plasma pueden compensarse por variación de C2, de modo que se conserva la condición de resonancia.

5. Debido a la línea de alimentación muy corta Z2 se mantiene automáticamente pequeña la capacidad total,

formada por la capacidad C2 y la capacidad entre E1 y E2, de modo que éste se elegir máxima la inductividad L correspondiente a la frecuencia fija y, por tanto, se puede conseguir una buena calidad del circuito de resonancia en serie (generación de una alta sobreelevación de tensión).

5 La herramienta de plasma según la invención para la generación de un chorro de plasma frío comprende una tobera de plasma con un cuerpo hueco para la alimentación de un gas de proceso o una mezcla de gases de proceso, un generador de frecuencia y una red de adaptación para generar la tensión necesaria, consistente en al menos una bobina y un condensador C2 y eventualmente un condensador C1, y se caracteriza por que al menos la bobina y el condensador C2 de la red de adaptación están integrados en la tobera de plasma.

10 Particularmente en una tobera de plasma que se hace funcionar con un generador de RF de frecuencia fija (13,56 MHz; 27,12 MHz; 40,68 MHz), la bobina L y el condensador C2 de la red de adaptación están integrados en la tobera de plasma.

El condensador C1 de la red de adaptación puede estar dispuesto directamente junto al generador de frecuencia o en éste y está dispuesto ventajosamente allí.

15 En una forma de realización especial la tobera de plasma contiene un capilar de material aislante y la bobina está dispuesta alrededor de este capilar.

En una forma de realización especialmente preferida, en la que el generador de frecuencia es un generador de alta frecuencia, la red de adaptación (caja de cerillas) consiste en una bobina y dos condensadores C1 y C2 con sus uniones. La bobina y el condensador C2 están integrados en la tobera de plasma y el condensador C1 está dispuesto directamente junto al generador o dentro de éste.

20 Aun cuando esta descripción cita únicamente dos condensadores C1 y C2, se consigna aquí claramente que los condensadores C1 y C2 pueden estar constituidos por varios condensadores parciales y que tales condensadores constituidos por condensadores parciales se designan también como C1 y C2 en el marco de esta invención.

25 Asimismo, es objeto de la presente invención una tobera de plasma en la que están integrados al menos una bobina y un condensador C2. Éstos pueden estar montados como se ha descrito anteriormente y se muestra en los ejemplos de realización o en las figuras.

Se describe, pero no es objeto de la presente invención, un generador de frecuencia en el que está integrado un condensador adecuado como condensador C1 de una red de adaptación o bien este condensador está montado directamente junto a la salida del generador.

30 Como ya se ha descrito anteriormente, la forma de realización con un condensador C1 y un condensador C2 se refiere en particular a generadores de RF comercialmente obtenible con una frecuencia fija, como los que se han liberado, por ejemplo, en Alemania por Correos para aplicaciones técnicas. Se obtienen una simplificación y, por tanto, también una variante más barata de la combinación generador de RF-tobera de plasma al pasar a frecuencias más bajas (por ejemplo, 3 MHz) y al emplear un generador con frecuencia variable. En esta forma de realización, que no es objeto de la presente invención, se pueden suprimir ambos condensadores C1 y C2, de modo que, además de una parte de las líneas, solamente la bobina de la red de adaptación se encuentra todavía en la tobera de plasma, cuya bobina forma un circuito oscilante en serie en unión del condensador formado por los electrodos E1 y E2. En esta forma de realización se puede ajustar el estado de resonancia por variación de la frecuencia del generador.

40 Una tobera de plasma según la invención comprende en general un cuerpo hueco unido por el lado del cuerpo, es decir, en el lado de la tobera de plasma alejado del plasma o de la tobera, con una alimentación de gas de proceso. Este cuerpo hueco consiste preferiblemente en material aislante. En una variante especialmente economizadora de espacio la bobina que forma una parte de la red de adaptación está dispuesta alrededor de una parte de este cuerpo hueco. Las dimensiones del cuerpo hueco o estas dimensiones junto con un cuerpo adicional, preferiblemente un cuerpo aislante, han de elegirse de tal manera que pueda disponerse sobre él la bobina con un diámetro de espira deseado. Esta bobina tiene que estar ella misma aislada, siempre que el cuerpo hueco o el cuerpo adicional sobre la cual está dispuesta dicha bobina no consista en un material aislante. Esta bobina está unida por el lado de la tobera con un electrodo E1 y eventualmente con un condensador variable C2. El electrodo E1 puede ser discrecionalmente un electrodo anular dispuesto alrededor del cuerpo hueco aislante o un electrodo de varilla dispuesto en el cuerpo hueco. El condensador C2 y la bobina están conectados en serie, de modo que se puede ajustar así la tensión necesaria a la frecuencia dada. En el lado alejado de la bobina el condensador C2 está unido con la carcasa puesta a tierra. A una distancia adecuada para la generación de plasma con respecto al primer electrodo E1 y en el extremo del lado de la tobera del cuerpo hueco está dispuesto sobre éste un electrodo anular E2 que está unido con la carcasa puesta a tierra. Esta carcasa presenta alimentaciones para la corriente eléctrica y aberturas de alimentación para el gas de proceso, así como una abertura de salida para el plasma dentro del segundo electrodo E2. Entre la bobina y la carcasa puesta a tierra está presente una capa aislante adicional que es importante especialmente cuando exista un espacio intermedio pequeño entre la bobina y la carcasa. La línea de unión entre el electrodo E1 y

el condensador C2 descansa usualmente por el lado de la bobina sobre el aislamiento de apantallamiento de la carcasa y, a su vez, está provista de una capa aislante.

5 Para la generación de un plasma frío es importante que los dos electrodos E1 y E2 estén bien aislados uno respecto de otro. Se impide así la formación de una descarga en arco que conduciría a un calentamiento involuntario del plasma.

Ejemplos de materiales aislantes adecuados son plástico, vidrio de cuarzo, cerámica, etc., que pueden emplearse individualmente o en combinación.

Dado que la corriente circula primordialmente en la bobina sobre la superficie, se prefiere un material con alta conductividad al menos en la superficie, tal como alambre de cobre plateado o alambre de plata pura.

## 10 Breve descripción de los dibujos

Otras ejecuciones, ventajas y aplicaciones de la invención se desprenden de las reivindicaciones subordinadas y de la descripción que sigue ahora con ayuda de las figuras.

La figura 1 muestra el conexionado general de una herramienta de plasma capacitivamente acoplada que funciona con RF, representando la figura 1a) en general el reactor de plasma y la figura 1b) la tobera de plasma.

15 La figura 2 muestra una forma de realización según la invención en la que la bobina L y el condensador C2 están integrados en el generador y en la tobera, respectivamente.

La figura 3 muestra otra forma de realización que no cae bajo el objeto de la invención, con un generador de frecuencia variable en el que pueden suprimirse los condensadores C1 y C2.

La figura 4 muestra una tobera de plasma según la invención con un electrodo anular de RF.

20 La figura 5 muestra una tobera de plasma según la invención con un electrodo de varilla de RF.

La figura 6 muestra una tobera de chorro ancho de plasma según la invención con un electrodo anular de RF.

## Leyendas de las figuras

Los símbolos de referencia de las figuras tienen en general el significado siguiente:

25	1	Descarga en capilar
	2	Electrodo
	3	Electrodo de RF
	4	Cuerpo hueco (capilar), preferiblemente de material aislante
	5	Cuerpo aislante
	6	Bobina (también designada como L)
30	7	Entrada de RF
	8	Carcasa
	9	Gas de proceso
	10	Plasma en chorro / zona de plasma
	11	Generador de RF
35	12	Caja de cerillas
	13	Reactor de plasma
	14	Tobera de plasma (reactor de plasma)

## Modo(s) de realización de la invención

40 Las formas de realización del estado de la técnica representadas en la figura 1 se refieren especialmente a generadores de RF comercialmente obtenibles con una frecuencia fija.

En una forma de realización según la invención, que se ha representado en la figura 2, se ha dividido la red de adaptación, la caja de cerillas, habiéndose integrado el condensador C1 en el generador de RF y habiéndose integrado el condensador C2 y la bobina en la tobera de plasma. Se obtienen una simplificación y, por tanto, también una variante más barata de la combinación generador de RF-tobera de plasma al pasar a frecuencias más bajas (por ejemplo, 3 MHz) y al emplear un generador de frecuencia variable. En la figura 3 se representa esta variante, en la que pueden suprimirse los dos condensadores C1 y C2, de modo que en la tobera de plasma se sigue encontrando solamente la bobina que forma un circuito oscilante en serie, en unión del condensador formado por los electrodos E1 y E2, y que no es objeto de la presente invención. En esta forma de realización se ajusta el estado de resonancia por variación de la frecuencia del generador.

50 En la figura 4 se muestra un ejemplo de realización de una tobera de plasma con una descarga en capilar 1

capacitivamente acoplada. Dos electrodos anulares metálicos 2, 3 están dispuestos a una distancia adecuada sobre un cuerpo hueco de material aislante (dieléctrico) 4. Sobre un cuerpo aislante 5 que rodea al cuerpo hueco 4 está enrollada una bobina 6 que está unida en un extremo con el electrodo de RF 3 y en el otro extremo con la entrada de RF 7 de la tobera de plasma. El electrodo de RF 3 está unido con la carcasa 8 puesta a tierra a través de un condensador rotativo de aire C2. A través del cuerpo hueco 4 se alimenta el gas de proceso 9 (preferiblemente un gas noble) a la zona de descarga entre los dos electrodos 2 y 3. Ambos electrodos 2 y 3, así como el dieléctrico 4 forman una capacidad (algunos pF) que está dispuesta en paralelo con C2. La bobina 6 forma con esta capacidad un circuito de resonancia en serie y puede ser ajustada a través de C2 a una tensión máxima en el electrodo 3. Cuando se ha conseguido por medio del ajuste con C2 una tensión suficientemente alta en el electrodo 3, el campo eléctrico establecido entre los electrodos 3 y 2 conduce a una descarga en capilar, cuyo plasma es impulsado hacia fuera por la corriente de gas 9 y forma un plasma en chorro 10. Para mantener pequeña la caída de tensión a través del condensador, formado por el electrodo 3, el dieléctrico 4 y el plasma dentro del capilar, se deberá elegir un dieléctrico con una constante dieléctrica lo más alta posible.

**Dimensiones y materiales adecuados para la forma de realización descrita en la figura 4 son:**

15 Anchura de los electrodos anulares metálicos: 5 mm  
 Distancia de los electrodos anulares metálicos: 5 mm  
 Material de los electrodos anulares metálicos: acero fino  
 Dimensiones del cuerpo hueco de material aislante (capilar): diámetro exterior 3 mm, diámetro interior 1 mm  
 Corriente de gas: 2 a 10 slm (litros estándar por minuto)

20 Ejemplos de gases de proceso: gases nobles, como argón y helio  
 Ejemplos de adiciones a gases de proceso: nitrógeno, oxígeno  
 Dieléctrico con constante dieléctrica lo más alta posible, por ejemplo vidrio de cuarzo

**Valores que son adecuados/preferidos para un generador de RF con una frecuencia fija de, por ejemplo, 27,12 MHz:**

25 Magnitud de la capacidad formada por ambos electrodos 2 y 3, así como el dieléctrico 4 y dispuesta en paralela con C2: algunos pF  
 Inductividad de la bobina 1,9  $\mu$ H  
 Condensador C2: sintonizable en el intervalo de 5 a 30 pF  
 Condensador C1: 350 pF

30 En la figura 5 se muestra otro ejemplo de realización de una tobera de plasma con una descarga en capilar 1. En contraste con la variante anteriormente descrita, la energía de RF se acopla aquí con la descarga en capilar a través de un electrodo de varilla 3. El electrodo de varilla deberá consistir en materiales con pequeño trabajo de salida para mantener así pequeña la demanda de tensión para la descarga en capilar. Asimismo, dicho electrodo deberá discurrir hacia delante en punta para conseguir así una alta intensidad de campo. Entre la punta y el electrodo 2 puesto a tierra se forma, en caso de tensiones suficientemente altas, una descarga en capilar cuyo plasma es nuevamente soplado hacia fuera por la corriente de gas.

35

**Dimensiones/materiales esenciales, que en esta forma de realización son diferentes de los de la descrita anteriormente y en la figura 4, son:**

40 Cuerpo hueco de material aislante (capilar) 4: diámetro exterior 6 mm, diámetro interior 2 mm  
 Distancia de la punta del electrodo de varilla al extremo del capilar 4: 1 mm  
 Diámetro del electrodo de varilla: 1 mm  
 Material del electrodo de varilla: wolframio

45 En la figura 6 se muestra una variante modificada de la tobera de plasma. La descarga se genera nuevamente entre los electrodos 2 y 3 y entra en la atmósfera a través de una hendidura. En el caso de una hendidura de 0,8 mm de anchura y 4 cm de longitud, se puede generar con esta disposición un plasma linealmente extendido de 4 cm de anchura.

50 En todos los ejemplos descritos se genera en un cuerpo hueco recorrido por un gas de proceso y hecho de material aislante, como, por ejemplo, plástico, vidrio de cuarzo, cerámico, etc., (en la descripción anterior designado como "tobera de plástico"), por medio de una descarga de RF, un chorro de plasma dirigido a presión normal que sale por una tobera y que tiene las propiedades deseadas (por ejemplo, no térmico, exento de potencial como homogéneo y reactivo), al cual se expone la superficie a tratar a una distancia adecuada de la tobera para lograr su variación fisicoquímica deseada. Las condiciones en la zona de plasma en chorro pueden ser controladas por variación de las disposiciones geométricas y las dimensiones dentro de la tobera de plasma, por el empleo de otros gases de proceso, sus adiciones y sus velocidades de flujo, por la disposición y elección de los electrodos, por la naturaleza del encendido y/o por variación de los parámetros eléctricos de la descarga.

55

Los fundamentos físicos para la elección de las dimensiones dentro de la tobera y para el establecimiento de

condiciones de funcionamiento adecuadas son conocidos para el experto en el sector de la tecnología del plasma.

Aunque en la presente solicitud se han descrito realizaciones preferidas de la invención, cabe consignar claramente que la invención no es está limitada a éstas y que puede realizarse también de otras maneras dentro del alcance de las reivindicaciones siguientes.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Herramienta de plasma para la generación de un chorro de plasma frío con una tobera de plasma que comprende un cuerpo hueco (4) para la alimentación de gas de proceso, un generador de frecuencia y una red de adaptación para generar la tensión necesaria que contiene una bobina (6), un condensador C2 y eventualmente un condensador C1, **caracterizada** por que la bobina (6) y el condensador C2 de la red de adaptación están integrados en la tobera de plasma.
- 10 2. Herramienta de plasma según la reivindicación 1, con una tobera de plasma que comprende dos electrodos, E1 y E2, en donde el electrodo E1 es discrecionalmente un electrodo anular dispuesto alrededor de un cuerpo hueco aislante o un electrodo de varilla dispuesto dentro del cuerpo hueco, y el electrodo E2 es un electrodo anular que está dispuesto en el extremo del lado de la tobera del cuerpo hueco (4) y sobre éste a una distancia del primer electrodo E1 adecuada para la generación de plasma y que está unido con la carcasa puesta a tierra.
- 15 3. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la red de adaptación comprende un condensador C1 y por que el condensador C1 de la red de adaptación está dispuesto directamente sobre o dentro del generador de frecuencia.
- 20 4. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la bobina (6) está dispuesta alrededor del cuerpo hueco (4) y preferiblemente descansa sobre este cuerpo hueco o sobre un cuerpo aislante (5) que rodea adicionalmente a este cuerpo hueco.
5. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que el generador es un generador de RF de frecuencia fija, por que la red de adaptación consiste en una bobina (6) y dos condensadores C1 y C2 con sus uniones y por que la bobina (6) y el condensador C2 están integrados en la tobera de plasma, y por que el condensador C1 está dispuesto sobre o dentro del generador.
- 25 6. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que el generador de frecuencia es un generador sintonizable en frecuencia y la red de adaptación consiste en una bobina (6) con líneas eléctricas, estando integrada la bobina (6) en la tobera de plasma.
7. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la red de adaptación consiste en una bobina (6), las líneas eléctricas y un condensador C1 o un condensador C2.
8. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la tobera de plasma está dimensionada de modo que puede mantenerse en una mano durante su uso, siendo especialmente una tobera de plasma con las dimensiones siguientes:
- 30 Diámetro: 2 cm,  
Longitud: 17 cm,  
Longitud de la zona de plasma: hasta 1 cm.
9. Herramienta de plasma según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que el cuerpo hueco consiste en material aislante.
- 35 10. Tobera de plasma, especialmente una tobera de plasma para funcionamiento manual, **caracterizada** por que contiene la bobina (6) y el condensador C2 de una red de adaptación, tal como se describe en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.



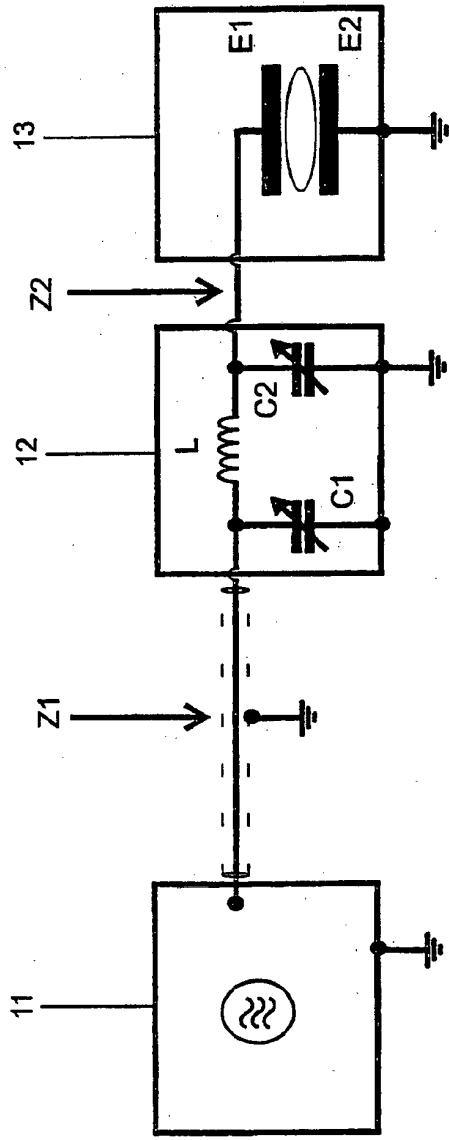


Fig.1a:

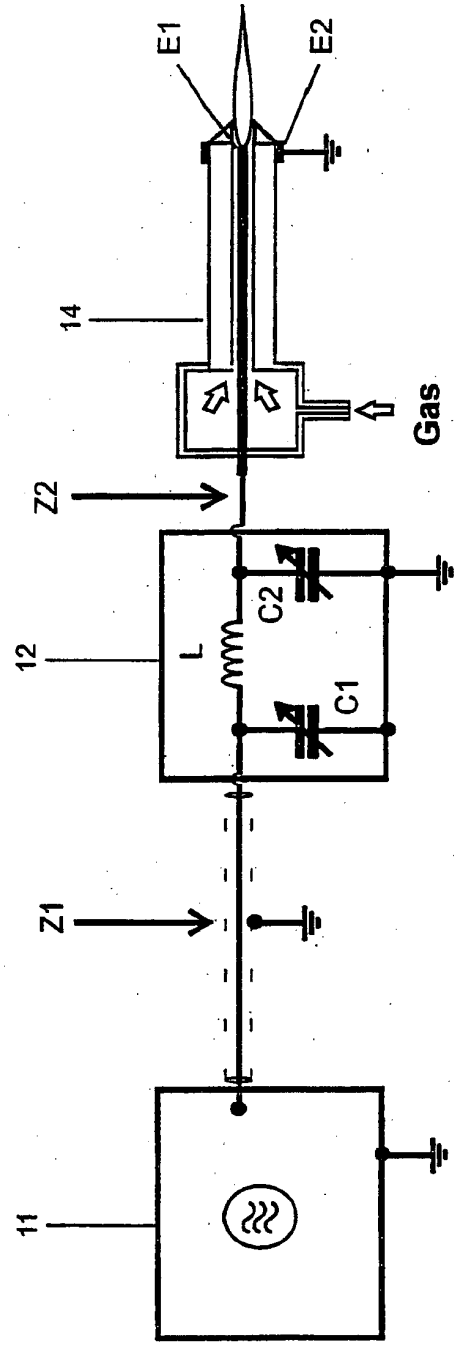


Fig.1b:

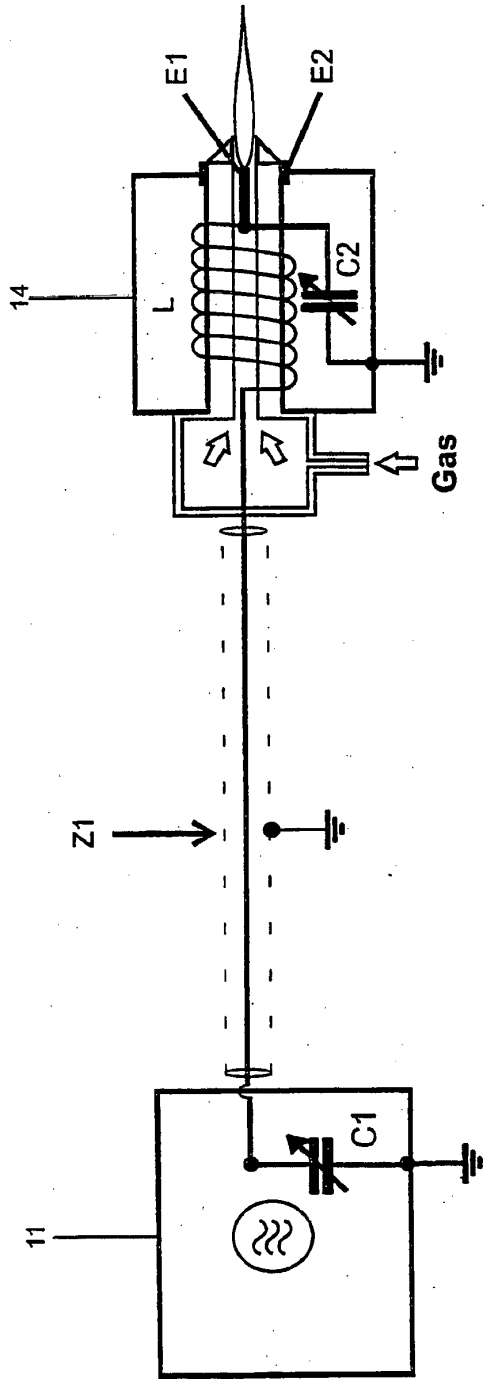


Fig.2 :

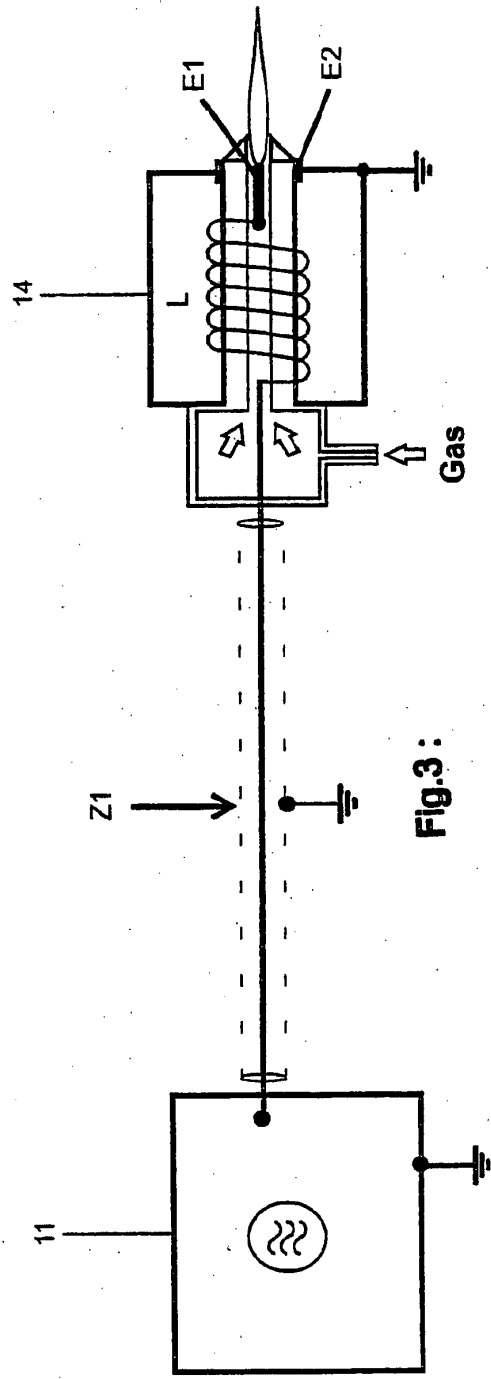


Fig.3 :

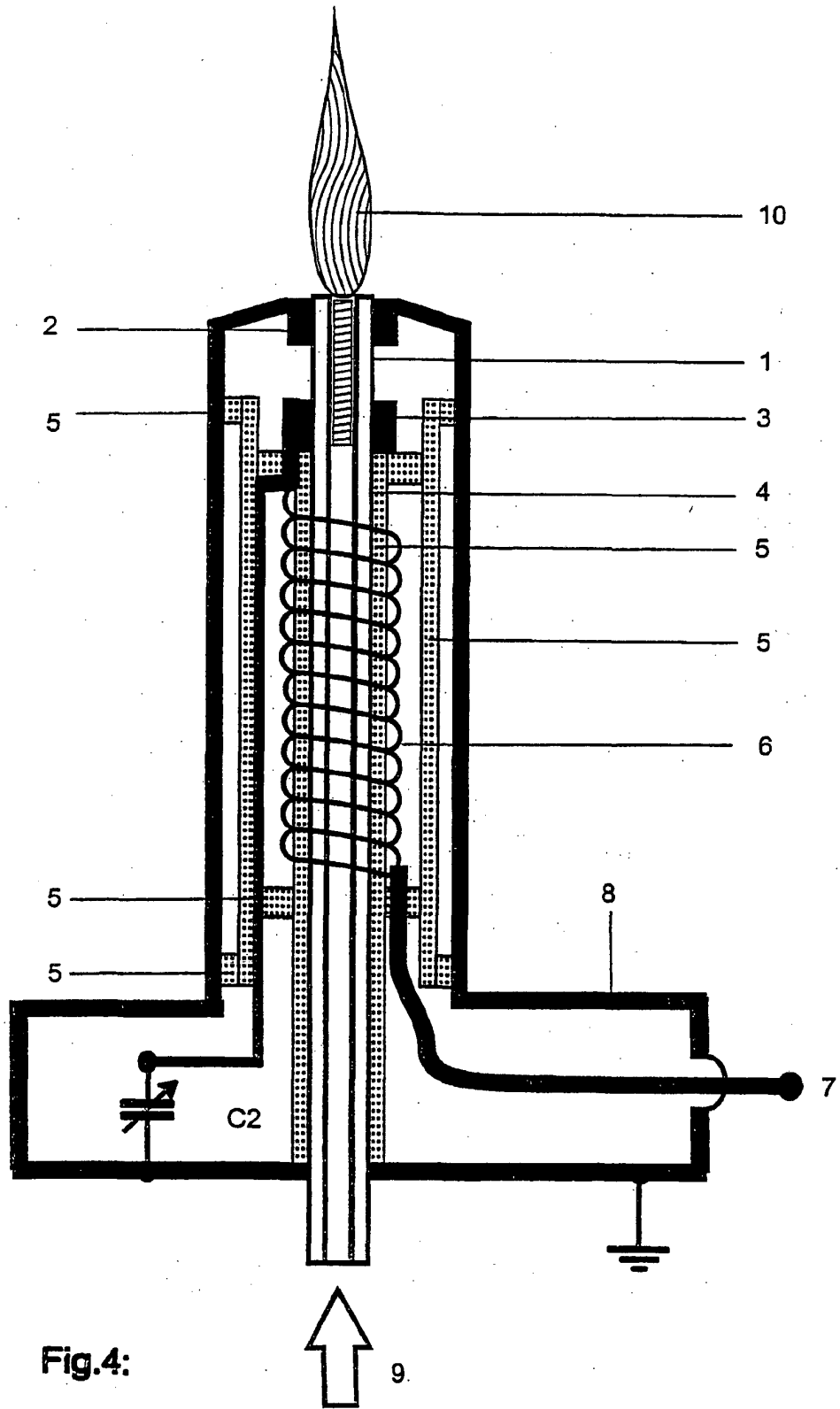


Fig.4:

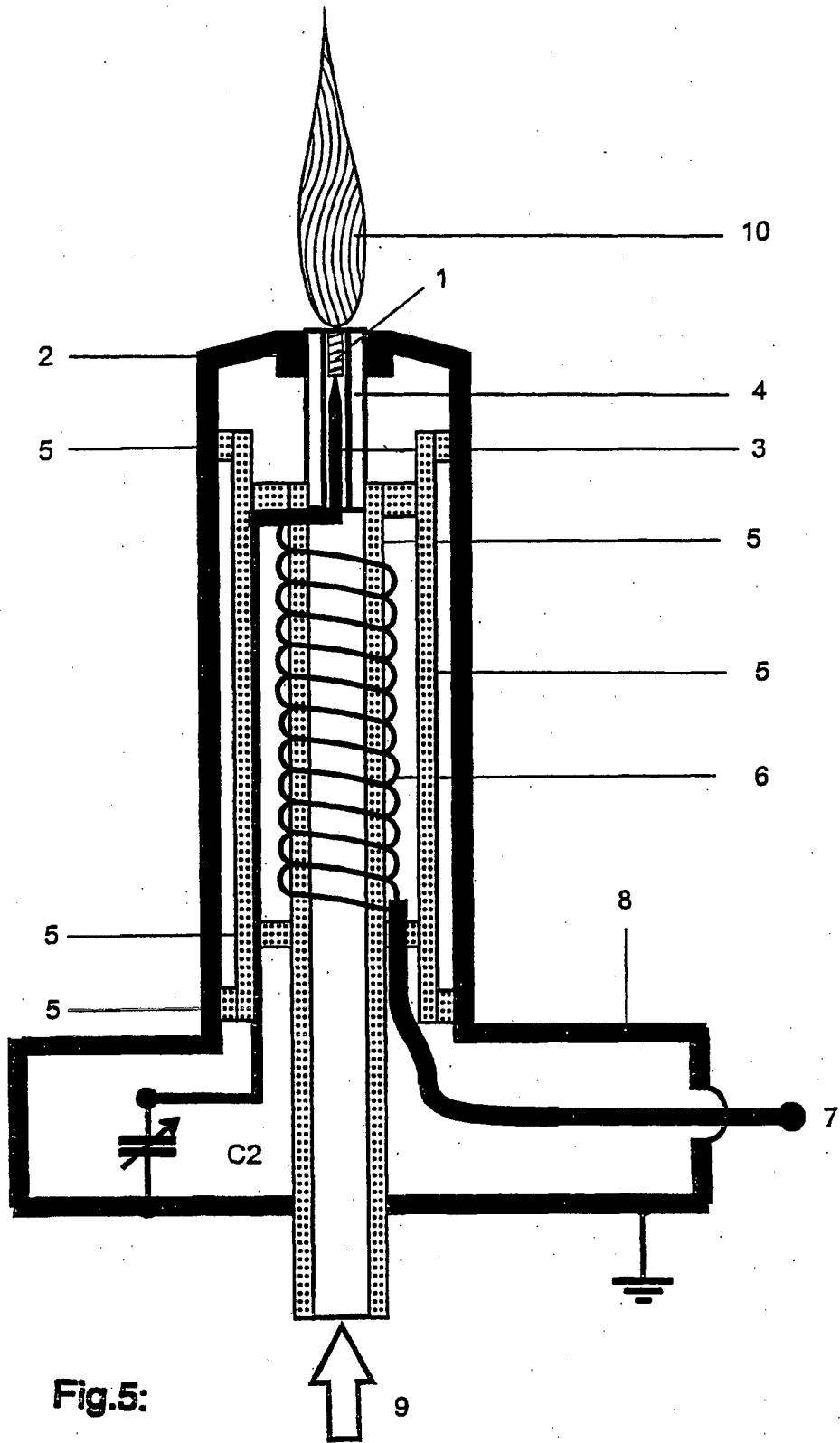


Fig.5:

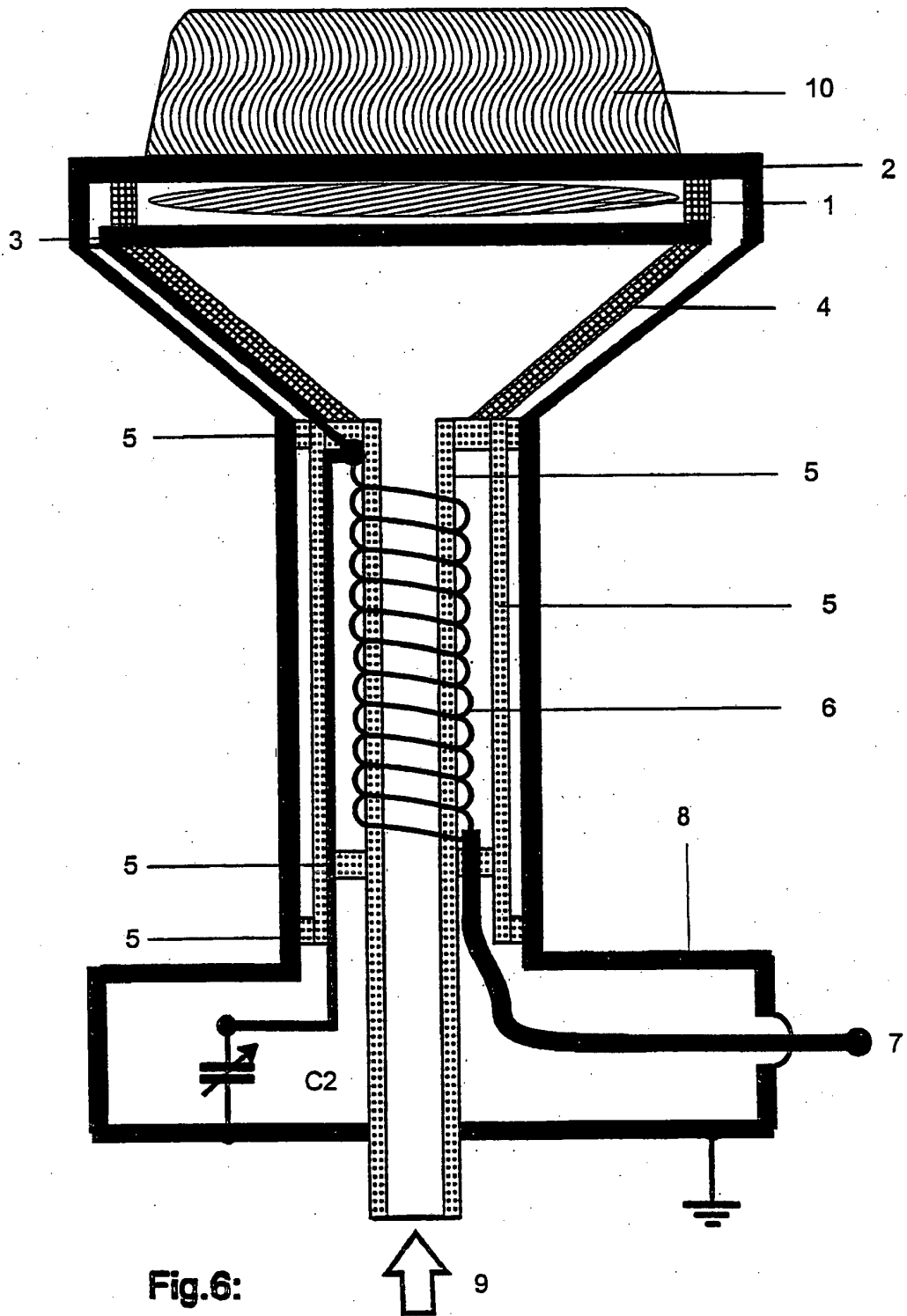


Fig.6: