

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 747**

51 Int. Cl.:

**C01B 13/11** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2016** **E 16202684 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019** **EP 3333125**

54 Título: **Procedimiento para el control de un generador de ozono**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.02.2020**

73 Titular/es:

**XYLEM EUROPE GMBH (100.0%)**  
**Bleicheplatz 6**  
**8200 Schaffhausen, CH**

72 Inventor/es:

**FIEKENS, RALF;**  
**FIETZEK, REINER;**  
**SALVERMOSER, MANFRED y**  
**BRÜGGEMANN, NICOLE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 741 747 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

Procedimiento para el control de un generador de ozono

La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de un generador de ozono con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

- 5 El ozono es un medio de oxidación fuerte. Las materias nocivas y colorantes, las sustancias que afectan el sabor y el olor, así como los microorganismos son destruidos por el ozono debido a la oxidación. Por consiguiente, el ozono se utiliza en los más diversos campos de aplicación, por ejemplo, el tratamiento de agua potable, el tratamiento de aguas residuales, el blanqueamiento del papel, el mantenimiento de la calidad del aire o también para el tratamiento de suelos contaminados.
- 10 Los ozonizadores son conocidos del estado de la técnica. Estos comprenden una pluralidad de generadores de ozono dispuestos en paralelo uno respecto al otro entre dos fondos de tubo en forma de un intercambiador de calor de haz de tubos. Los generadores de ozono presentan usualmente un electrodo exterior y al menos un electrodo interior que durante el funcionamiento se someten a una tensión alta que provoca una descarga silenciosa en los espacios intermedios.
- 15 En dependencia del campo de aplicación se desea una concentración de ozono baja o alta. Las concentraciones altas de ozono (>12 % en peso) se producen de la manera más económica mediante los llamados generadores de ozono "narrow-gap" con una anchura de espacio inferior a 1 mm y las concentraciones bajas de ozono (<12 % en peso), por el contrario, se producen con electrodos que presentan anchuras de espacio a partir de 1 mm. Del documento WO2007/014473A1, por ejemplo, es conocido un diagrama de eficiencia de la generación de ozono en dependencia
- 20 de la anchura de espacio para el aire y el oxígeno con diferente contenido de ozono.

La adaptación de la anchura de espacio se consigue usualmente de una manera mecánica, por ejemplo, como en el documento WO2007/014473A1, y se puede realizar solo mediante la sustitución del electrodo interior en caso de una adaptación necesaria a condiciones operativas diferentes. Como resultado de la sustitución del electrodo y la fabricación o el almacenamiento de las distintas variantes de electrodos interiores se originan costes elevados.

- 25 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el control de un generador de ozono, en el que la anchura de espacio efectiva se pueda adaptar individualmente, sin una sustitución de la disposición de electrodos, de modo que se puedan producir también de manera eficaz concentraciones altas de ozono.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento para el control de un generador de ozono con las características de la reivindicación 1.

- 30 Según esta reivindicación está previsto un procedimiento para el control de un generador de ozono con un electrodo de tensión alta y al menos un contraelectrodo, delimitando el electrodo de tensión alta y el al menos un contraelectrodo un espacio intermedio, en el que está dispuesto al menos un dieléctrico y que es atravesado por un gas con contenido de oxígeno con una densidad de partículas  $n_{\text{gas}}$  [ $1/\text{m}^3$ ], estando provistos el electrodo de tensión alta y el al menos un contraelectrodo de una conexión para un suministro de energía eléctrica a fin de generar descargas silenciosas en al
- 35 menos un espacio de descarga, estando distribuidas las distancias de descarga  $d$  de la descarga entre una distancia de descarga mínima  $d_{\text{mín.}}$  y una distancia de descarga  $d_{\text{máx.}}$ , seleccionándose para una concentración de ozono a producir > 12 % en peso de ozono la amplitud de tensión  $U_0$  de una tensión alterna en el suministro de energía eléctrica de tal modo que  $U_0 < 130 \cdot 10^{-21} \text{ V} \cdot \text{m}^2 \cdot n_{\text{gas}} \cdot d_{\text{máx.}} \cdot (C_{\text{DL}} + C_{\text{g}}) / C_{\text{DL}}$ , con la amplitud de tensión  $U_0$ , el factor  $130 \cdot 10^{-21}$ , que refleja la intensidad de campo eléctrico reducida (cociente de la intensidad de campo eléctrico y la densidad de partículas) y tiene la unidad  $\text{V} \cdot \text{m}_2$  ( $\text{Volt} \cdot \text{Metro}^2$ ), conocida también como unidad CGS Townsend (TD), con la densidad de partículas  $n_{\text{gas}}$  [ $1/\text{m}^3$ ], la distancia de descarga máxima  $d_{\text{máx.}}$  [m] y con  $C_{\text{DL}}$  = capacidad del dieléctrico y  $C_{\text{g}}$  = capacidad del espacio de descarga.
- 40

- Por el término "procedimiento para el control" se ha de entender aquí que el procedimiento de control correspondiente se aplica durante el funcionamiento continuo del generador de ozono que puede durar algunos minutos hasta un funcionamiento continuo de varios días o semanas. No se reivindican procesos transitorios, en los que el generador de ozono se somete solo durante un breve período de tiempo a la tensión  $U_0$  mencionada y definida arriba, como puede ocurrir, por ejemplo, en procesos de conexión y desconexión en procedimientos de control convencionales.
- 45

- Un generador de ozono, que funciona de acuerdo con este procedimiento de control, se puede operar también en dependencia de la potencia, el gas de alimentación y el flujo volumétrico del gas de tal modo que se genera una cantidad de ozono inferior a 12 % en peso. Esto, sin embargo, no es objeto de la invención y no se reivindica.
- 50

- El generador de ozono funciona con el objetivo de generar una concentración de ozono determinada. Esta concentración de ozono se predefine por la regulación. En dependencia de la concentración de ozono a generar se selecciona la anchura de espacio o la distancia de descarga efectiva mediante la selección de la amplitud de tensión. Esta selección se basa en las características conocidas que indican la eficiencia de la generación de ozono en dependencia de la anchura de espacio para el aire y el oxígeno con un contenido diferente de ozono. Por tanto, en dependencia de la amplitud de tensión en caso de un contenido de ozono predefinido se puede aumentar la eficiencia
- 55

de la generación de ozono. Mediante la variación de la densidad de partículas y la frecuencia de la tensión se puede ajustar la cantidad de ozono absoluta generada por hora. El procedimiento según la invención permite ajustar la anchura de espacio efectiva del generador de ozono, sin la sustitución de la disposición de electrodos, de tal modo que éste funciona de una manera particularmente efectiva en caso también de concentraciones altas de ozono a generar.

En este sentido puede ser ventajoso que  $U_0 < 120 \cdot 10^{-21} \text{ V} \cdot \text{m}^2 \cdot n_{\text{gas}} \cdot d_{\text{máx.}} \cdot (C_{\text{DL}} + C_{\text{g}}) / C_{\text{DL}}$ . Puede estar previsto también ajustar la amplitud de tensión de modo que  $U_0 < 110 \cdot 10^{-21} \text{ V} \cdot \text{m}^2 \cdot n_{\text{gas}} \cdot d_{\text{máx.}} \cdot (C_{\text{DL}} + C_{\text{g}}) / C_{\text{DL}}$  o de modo que  $U_0 < 100 \cdot 10^{-21} \text{ V} \cdot \text{m}^2 \cdot n_{\text{gas}} \cdot d_{\text{máx.}} \cdot (C_{\text{DL}} + C_{\text{g}}) / C_{\text{DL}}$ . Mientras más alta es la concentración de ozono a generar, menor es la amplitud de tensión a seleccionar, lo que provoca que las distancias de descarga activadas sean siempre menores y se ajuste, por tanto, una anchura de espacio efectiva menor.

En este sentido es ventajoso para una concentración de ozono a generar  $>18\%$  en peso de ozono que la amplitud de tensión  $U_0$  se seleccione de modo que  $U_0 < 100 \cdot 10^{-21} \text{ V} \cdot \text{m}^2 \cdot n_{\text{gas}} \cdot d_{\text{máx.}} \cdot (C_{\text{DL}} + C_{\text{g}}) / C_{\text{DL}}$ . Puede estar previsto también que  $U_0 < 90 \cdot 10^{-21} \text{ V} \cdot \text{m}^2 \cdot n_{\text{gas}} \cdot d_{\text{máx.}} \cdot (C_{\text{DL}} + C_{\text{g}}) / C_{\text{DL}}$ .

En una forma de realización, el electrodo de tensión alta está perfilado. La distribución de las distancias de descarga está formada preferentemente por una estructura superficial de alambre. La estructura superficial de alambre puede actuar aquí como electrodo o rodear el verdadero electrodo. Está previsto que el perfilado esté distribuido de manera continua y periódica o estocástica. A diferencia de los electrodos escalonados en dirección longitudinal, el patrón del perfilado se repite periódicamente o las distancias de descarga del perfilado están distribuidas de manera estocástica en el electrodo. La distribución periódica o estocástica se aplica también al caso, en el que el dieléctrico presenta el perfilado y los electrodos tienen una configuración lisa.

En una forma de realización preferida, el generador de ozono presenta un único contraelectrodo y el dieléctrico está dispuesto en contacto con el contraelectrodo. En este caso se trata de un llamado sistema de un espacio. La distancia de descarga está definida aquí como la distancia entre el dieléctrico y el electrodo de tensión alta. El diámetro interior del electrodo de tensión alta es preferentemente constante en la longitud de la disposición de electrodos. Esto simplifica claramente la fabricación del electrodo.

En dos formas de realización preferidas, el al menos un contraelectrodo y el electrodo de tensión alta forman un ozonizador de placas o un ozonizador de tubo, en el que el al menos un contraelectrodo y el electrodo de tensión alta están orientados uno respecto a otro de forma tubular y concéntrica y la estructura superficial es un cordón redondo hueco. Los ozonizadores de placas se utilizan preferentemente en ozonizadores pequeños, enfriados casi siempre por aire. Los ozonizadores de tubo, en cambio, se utilizan en ozonizadores grandes que presentan una pluralidad de generadores de ozono y se enfrían mayormente con agua.

Una forma de realización preferida de la invención se explica detalladamente a continuación por medio de los dibujos. Muestran:

Fig. 1 una representación en perspectiva de una disposición de electrodos del estado de la técnica; y

Fig. 2 una representación esquemática de una imagen de descarga con anchura de espacio variable.

La figura 1 muestra una disposición de electrodos de un generador de ozono, conocida del documento DE102011008947A1. Tales generadores de ozono se utilizan de manera agrupada en un ozonizador. Los generadores de ozono están dispuestos en paralelo uno respecto al otro entre dos fondos de tubo en forma de un intercambiador de calor de haz de tubos y están conectados eléctricamente en paralelo. El generador de ozono mostrado presenta un electrodo exterior tubular 1, un dieléctrico 2 también tubular y una barra interior 3, estando representados los componentes individuales de manera reducida y separada en dirección axial. La disposición tiene simetría rotacional. El electrodo exterior 1, el dieléctrico 2 y la barra 3 están orientados concéntricamente entre sí. Entre el electrodo exterior 1 y el dieléctrico 2 se encuentra una malla de alambre 4 que llena el espacio intermedio. Por consiguiente, entre el dieléctrico 2 y la barra 3 está prevista una malla de alambre 5 que llena asimismo el espacio intermedio situado aquí. El electrodo exterior 1 está configurado como tubo de acero inoxidable. El calor residual, generado durante la producción de ozono, se enfría mediante el agua fría que se conduce a lo largo del lado exterior del electrodo exterior entre los fondos de tubo. El dieléctrico 2 es un tubo de vidrio. Las mallas de alambre 4 y 5 están fabricadas, asimismo, preferentemente como un llamado cordón redondo hueco a partir de una malla de alambre de acero inoxidable. La barra 3, situada en el centro de la disposición de electrodos, es un aislante fabricado, por ejemplo, de vidrio u otro material compatible con el oxígeno y el ozono. La barra 3 puede estar diseñada también de manera maciza. Durante el funcionamiento, la disposición de electrodos se somete a un gas de alimentación con contenido de oxígeno, que circula a través de las mallas de alambre 4 y 5 en dirección de las flechas 6. De manera esquemática se ha representado un suministro de tensión eléctrica 7 que está en contacto, por una parte, con el electrodo exterior 1 y, por la otra parte, con la malla 5. La tensión de servicio proporcionada por el suministro de tensión 7 provoca en el espacio entre los electrodos 1, 5 y el dieléctrico 2 una descarga eléctrica silenciosa que genera ozono del oxígeno que circula a través de las mallas 4 y 5 en dirección de las flechas 6.

En el diseño representado, el electrodo interior está formado solo por la malla 5, mientras que la barra 3 ejerce como

aislante una función de apoyo que garantiza el llenado uniforme del espacio interior del dieléctrico 2 con la malla de alambre 5. Debido a esta forma del electrodo se produce una superposición de la carga de volumen y superficie.

5 A diferencia de los generadores de ozono que tienen una anchura de espacio definida, el perfilado del electrodo de tensión alta 5 proporciona una pluralidad de anchuras de espacio posibles y, por tanto, distancias de descarga diferentes  $d$  que aparecen representadas esquemáticamente en la figura 2. La anchura de espacio o la distancia de descarga  $d$  es la distancia entre un electrodo y el dieléctrico. Debido a las distancias de descarga diferentes  $d$  en el intervalo de  $d_{\min.}$  a  $d_{\max.}$  se originan también tensiones de encendido diferentes  $U_C$  que están situadas entre  $U_C(d_{\max.})$  y  $U_C(d_{\min.})$ . Las distancias de descarga  $d$  están situadas en el orden de magnitud de  $\mu\text{m}$ - $\text{mm}$ .

10 El suministro de tensión eléctrica 10 abastece al generador de ozono de una tensión sinusoidal, por consiguiente,  $U(t)=U \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ .

Con el incremento de la amplitud de tensión  $U_0$ , los puntos de descarga, situados más cerca del dieléctrico 2, se activan primero, mientras que los otros no se han activado aún.

Según la invención, la amplitud de tensión  $U_0$  se selecciona en dependencia de la densidad de partículas  $n_{\text{gas}}$  y del tamaño máximo del espacio de descarga  $d_{\max.}$

15 En este sentido, la amplitud de descarga aplicada  $U_0$  se ha de seleccionar tan baja que se pueda situar entre  $U_C(d_{\min.})$  y  $U_C(d_{\max.})$ , de modo que solo una parte determinada de los puntos de descarga queda disponible para la descarga. Mediante esta selección de puntos de descarga se origina una llamada anchura de espacio efectiva que es la anchura de espacio promedio de los puntos de descarga activados. Esta anchura de espacio efectiva es menor en comparación con la anchura de espacio  $d_{\max.}$  y, por tanto, resulta ventajosa para concentraciones altas de ozono.

20 Para poder aportar la misma potencia eléctrica en la descarga que en un funcionamiento convencional con altas amplitudes de tensión, la frecuencia  $f$  se puede adaptar durante el funcionamiento del generador de ozono. De esta manera es posible generar mediante el procedimiento según la invención más ozono por cantidad de gas utilizado en comparación con el funcionamiento convencional con la misma potencia eléctrica aportada.

Para la distribución estática de las distancias de descarga  $d$  se ha de cumplir preferentemente

25 
$$d \cdot n_{\text{gas}} < 10^{22} \frac{1}{\text{m}^2}$$

Esta distribución se puede implementar, por ejemplo, en el caso de la disposición de electrodos de la figura 1, mediante una malla muy ajustada.

30 El electrodo de tensión alta es un material conductor de electricidad, preferentemente acero inoxidable con superficie perfilada. El electrodo de tensión alta puede ser un trenzado de alambre o una malla, un tejido, pero también un devanado de alambre o un granulado aplicado sobre una superficie. Las estructuras de fibras, tales como los no tejidos o los fieltros, son también adecuadas como estructuras que se aplican sobre el electrodo mediante procesamiento mecánico o revestimiento. En este caso, el perfilado está distribuido de manera estocástica o periódica tanto en dirección longitudinal como circunferencial del electrodo.

No obstante, es posible también perfilar el dieléctrico, en vez del electrodo, lo que permite conseguir el mismo efecto.

35 El procedimiento según la invención no está limitado a la disposición tubular de electrodos y se puede utilizar tanto en ozonizadores de tubo como de placas. En este caso se ha previsto la aplicación en sistemas de uno y varios espacios. El material conductor de electricidad del electrodo se puede insertar con o sin material de soporte en el espacio de descarga.

40 El procedimiento según la invención para la generación de ozono se puede aplicar naturalmente también en general en generadores de plasma.

45 Las distancias de descarga del generador de ozono se pueden ajustar mediante el control según la invención del generador de ozono con ayuda de una variación de la tensión aplicada. Para la generación eficiente de concentraciones altas de ozono se prefieren, como ya se describió, los sistemas "narrow-gap", mientras que para las concentraciones más bajas de ozono son ventajosas las anchuras de espacio más grandes. El procedimiento según la invención permite implementar los requerimientos relativos a la producción de ozono solo mediante la variación de la tensión aplicada.

50 Mediante el procedimiento según la invención, el generador de ozono se puede adaptar a los requerimientos específicos del cliente, lo que resulta ventajoso tanto desde el punto de vista económico debido al incremento constante de los precios de la energía como desde el punto de vista ecológico. Mediante la adaptación de la anchura de espacio se pueden generar eficientemente también mayores concentraciones de ozono (>15 % en peso). La utilización de altas concentraciones de ozono para el tratamiento del agua mejora también la eficiencia de incorporación de ozono en agua.

El mejoramiento de la eficiencia, en particular en caso de altas concentraciones de ozono, permite construir los ozonizadores con un tamaño significativamente menor. Otra ventaja del procedimiento según la invención radica en que se elimina la fabricación costosa de superficies de electrodo lisas planas o cilíndricas.

5 Además, es posible una generación de ozono en presencia de temperaturas superiores del agua fría y de este modo se pueden reducir los costes de enfriamiento del generador de ozono. La susceptibilidad claramente pequeña a la temperatura del electrodo permite la utilización de diferencias de temperatura mayores entre la entrada de agua fría y la salida de agua fría, lo que reduce la demanda de agua fría.

10 Mediante el funcionamiento del generador de ozono a bajas tensiones, el transformador o el convertidor se puede construir con un tamaño menor. Además, el funcionamiento del generador de ozono a frecuencias mayores reduce la emisión de ruido.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el control de un generador de ozono con un electrodo de tensión alta (5) y al menos un contraelectrodo (1), delimitando el electrodo de tensión alta (5) y el al menos un contraelectrodo (1) un espacio intermedio, en el que está dispuesto al menos un dieléctrico y que es atravesado por un gas con contenido de oxígeno con una densidad de partículas  $n_{gas}$ , estando provistos el electrodo de tensión alta (5) y el al menos un contraelectrodo (1) de una conexión para un suministro de energía eléctrica (7) a fin de generar descargas silenciosas en al menos un espacio de descarga, estando distribuidas las distancias de descarga  $d$  de la descarga entre una distancia de descarga mínima  $d_{min.}$  y una distancia de descarga máxima  $d_{máx.}$ , **caracterizado por que** para una concentración de ozono a producir  $> 12\%$  en peso de ozono se selecciona la amplitud de tensión  $U_0$  de una tensión alterna en el suministro de energía eléctrica (7) de tal modo que  $U_0 < 130 \cdot 10^{-21} V \cdot m^2 \cdot n_{gas} \cdot d_{máx.} \cdot (C_{DL} + C_g) / C_{DL}$ , con la densidad de partículas  $n_{gas}$ , la distancia de descarga máxima  $d_{máx.}$ , la capacidad del dieléctrico  $C_{DL}$  y la capacidad del espacio de descarga  $C_g$ .
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque**  $U_0 < 120 \cdot 10^{-21} V \cdot m^2 \cdot n_{gas} \cdot d_{máx.} \cdot (C_{DL} + C_g) / C_{DL}$ .
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque**  $U_0 < 110 \cdot 10^{-21} V \cdot m^2 \cdot n_{gas} \cdot d_{máx.} \cdot (C_{DL} + C_g) / C_{DL}$ .
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**  $U_0 < 100 \cdot 10^{-21} V \cdot m^2 \cdot n_{gas} \cdot d_{máx.} \cdot (C_{DL} + C_g) / C_{DL}$ .
- 20 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** para una concentración de ozono a generar  $> 18\%$  en peso de ozono se selecciona la amplitud de tensión  $U_0$  de tal modo que  $U_0 < 100 \cdot 10^{-21} V \cdot m^2 \cdot n_{gas} \cdot d_{máx.} \cdot (C_{DL} + C_g) / C_{DL}$ .
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**  $U_0 < 90 \cdot 10^{-21} V \cdot m^2 \cdot n_{gas} \cdot d_{máx.} \cdot (C_{DL} + C_g) / C_{DL}$ .
- 25 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** como electrodo de tensión alta (5) se utiliza un electrodo perfilado.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la distribución de las distancias de descarga de  $d_{min.}$  a  $d_{máx.}$  está formada por una estructura superficial (5) de alambre.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las distancias de descarga de  $d_{min.}$  a  $d_{máx.}$  están distribuidas de manera continua y estocástica o periódica.
- 30 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el generador de ozono presenta un único contraelectrodo (1) y el dieléctrico está dispuesto en contacto con el contraelectrodo (1).
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el al menos un contraelectrodo (1) y el electrodo de tensión alta (5) están orientados uno respecto a otro de forma tubular y concéntrica y la estructura superficial es un cordón redondo hueco.
- 35 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** el electrodo de tensión alta (1) y el al menos un contraelectrodo (5) son placas y forman un generador de placas.

Estado de la técnica

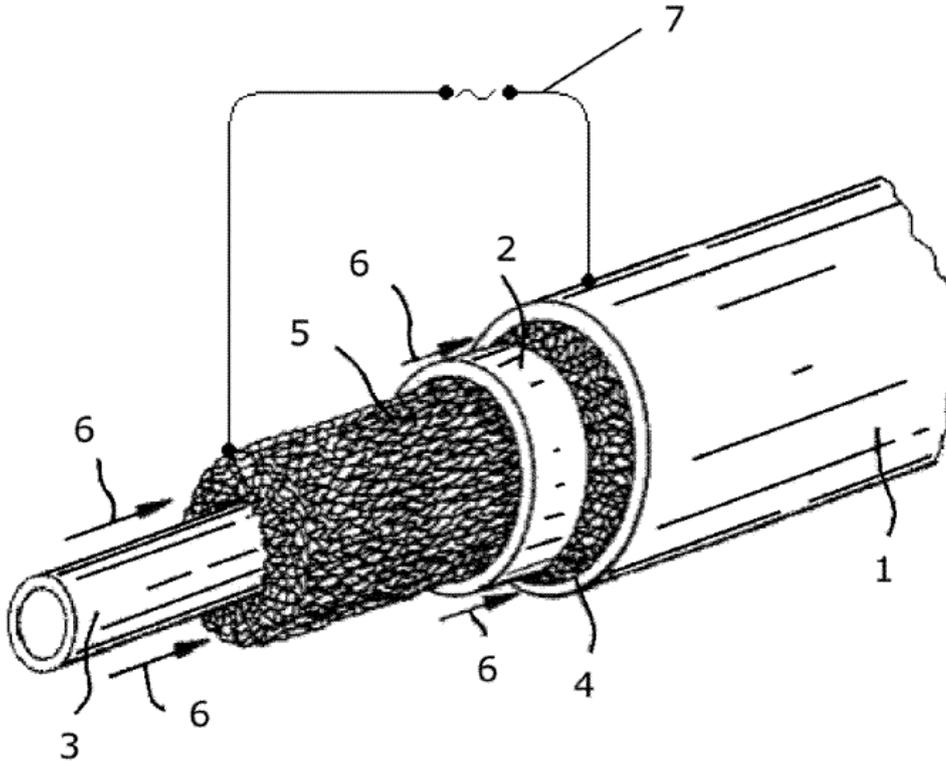


Figura 1

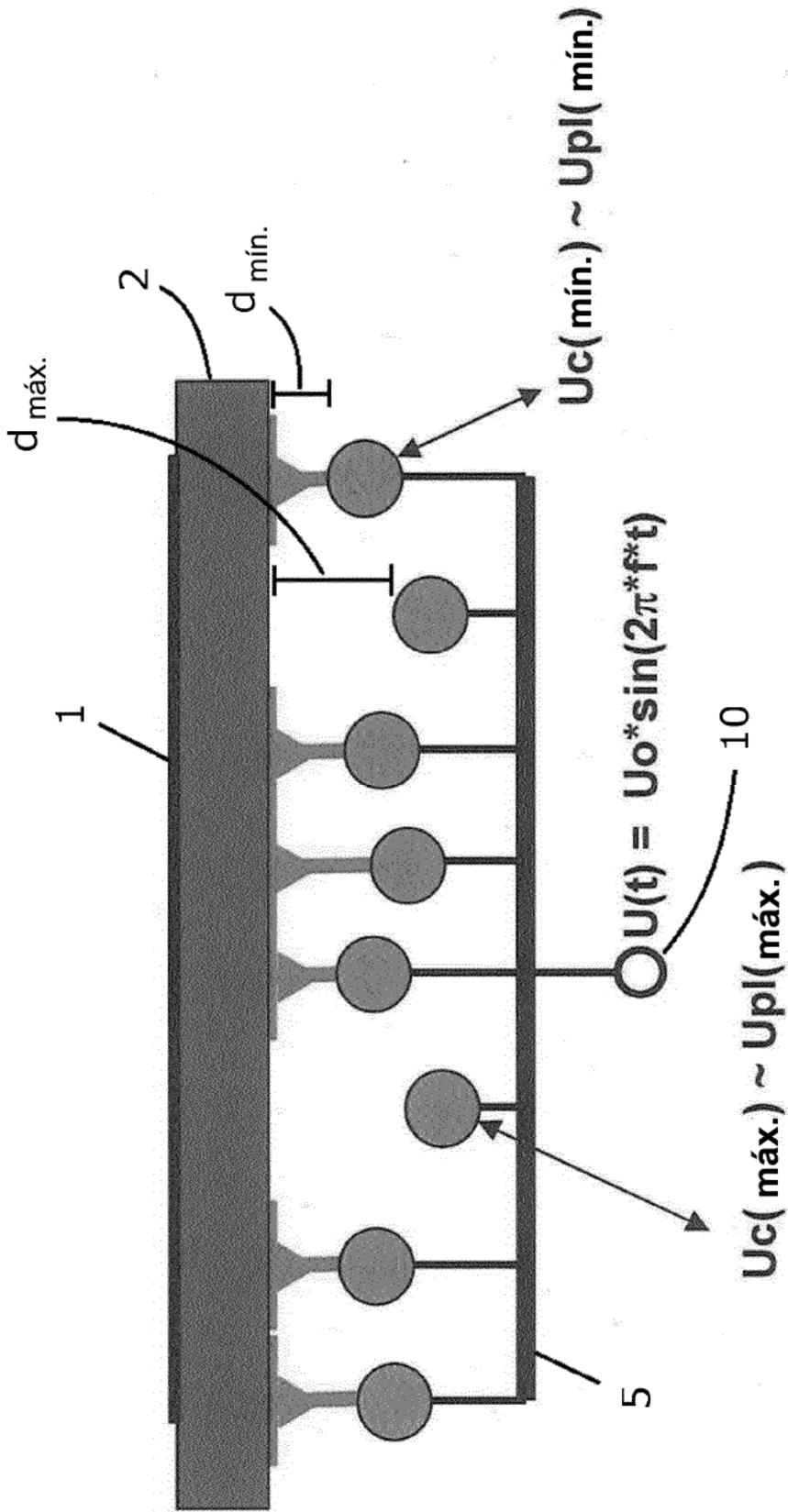


Figura 2