

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 780**

51 Int. Cl.:

**A61B 17/225** (2006.01)

**H01F 27/32** (2006.01)

**H01F 38/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2018** **E 18181315 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** **EP 3424445**

54 Título: **Aparato de tratamiento de ondas acústicas**

30 Prioridad:

**04.07.2017 DE 102017211400**

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

**28.07.2020**

73 Titular/es:

**RICHARD WOLF GMBH (100.0%)**  
**Pforzheimer Strasse 32**  
**75438 Knittlingen, DE**

72 Inventor/es:

**VALET, DOMINIC y**  
**WÖSSNER, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 775 780 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 de tratamiento de ondas acústicas

Esta revelación se refiere a un aparato de tratamiento de ondas acústicas para el tratamiento médico con ondas de presión, en particular para la litotricia.

Los aparatos de tratamiento con ondas acústicas se utilizan actualmente con frecuencia en la medicina, no sólo para el tratamiento con ondas de choque para la tritución de cálculos (litotricia), sino también para muchas otras aplicaciones, por ejemplo para el tratamiento no invasivo de la zona de tejido blando cercana al hueso o para el tratamiento de grandes zonas, por ejemplo, de la tensión muscular, el endurecimiento de los músculos, la compresión del tejido conectivo o también para el tratamiento de grandes zonas de tejido blando como el tejido graso y la piel, la celulitis, las heridas crónicas, los focos de inflamación y similares.

En la litotricia extracorpórea por ondas de choque (ESWL), las ondas acústicas son generadas por elementos piezoeléctricos dispuestos esféricamente y excitados de manera concertada con alto voltaje mediante condensadores de descarga e interruptores de tiristores, por lo que las ondas acústicas se superponen en una zona focal a una presión localmente muy alta (a veces más de 100 MPa). La zona de enfoque se dirige, por ejemplo, específicamente a un cálculo urinario o renal situado en el cuerpo de un paciente, de manera que el cálculo estalle a causa de la presión. El documento DE 10 2010 055 836 B4 describe, por ejemplo, una fuente de ondas de choque piezoeléctricas de este tipo, que se puede activar tal como se describe en el documento DE 44 33 224 C1.

Dado que estos aparatos ESWL funcionan con alto voltaje, se imponen altos requisitos de seguridad en cuanto a la protección del paciente y del usuario. Según la tercera edición de la norma internacional IEC 60601-1, que designa como alto voltaje los voltajes alternos superiores a 1 kV y los voltajes directos superiores a 1,5 kV, se exigen para las piezas del aparato médico que están en contacto con los pacientes dos medidas de protección independientes (en inglés: means of patient protection (MOPP)) para proteger a los pacientes. Para las piezas del aparato que entran en contacto con el usuario, pero no con el paciente, se exigen dos medidas de protección independientes (en inglés: means of patient protection (MOPP)) para proteger a los usuarios. Además, se requiere una protección contra el primer error, lo que significa que no hay peligro para el paciente o el usuario cuando el fallo se produce por primera vez.

En caso de una reducción del espacio de instalación para el suministro de alta tensión de este aparato ESWL se tiene que garantizar, por lo tanto, una alta resistencia de aislamiento y seguridad de primer fallo.

El documento EP 1 163 884 A1 describe un dispositivo para la eliminación de cálculos del cuerpo con un litotriptor intracorpóreo.

El documento US 4,408,176 describe un transformador de retroceso para el uso en un receptor de TV.

El documento US 2012/0203297 A1 describe un desfibrilador para la estimulación de los músculos del corazón.

En cambio, el aparato de tratamiento de ondas acústicas según la reivindicación 1 de la presente revelación ofrece una alta fuerza de aislamiento con un tamaño más pequeño y es seguro en caso de un primer error. Otros diseños ventajosos del aparato de tratamiento de ondas acústicas que aquí se revelan se pueden encontrar en las reivindicaciones dependientes, la siguiente descripción y el dibujo.

El aparato de tratamiento de ondas acústicas aquí revelado para el tratamiento médico con ondas de presión, en particular para la litotricia, comprende un generador de ondas acústicas, una pluralidad de elementos piezoeléctricos acoplados al generador de ondas acústicas, una pluralidad de elementos piezoeléctricos acoplados al generador de ondas acústicas y una unidad eléctrica de alto voltaje para el suministro de alta tensión eléctrica a los elementos piezoeléctricos. La unidad de alto voltaje comprende una unidad de convertidor con oscilador de bloqueo con un transformador. El transformador presenta un devanado primario, un devanado de alto voltaje y distanciadores. El devanado de alto voltaje está provisto de una pluralidad de espiras de alto voltaje, que se insertan preferiblemente sin burbujas de aire, en una masa de aislamiento y que mediante los distanciadores se posiciona de manera que las espiras de alto voltaje adyacentes presenten, debido a los distanciadores, una distancia definida las unas respecto a las otras.

La unidad de convertidor con oscilador de bloqueo en la unidad de alto voltaje tiene la ventaja de que el lado de alto voltaje del transformador (lado secundario) está aislado galvánicamente del lado de voltaje de entrada del transformador (lado primario), aumentando así la seguridad de primer error. La inserción, con preferencia esencialmente sin burbujas, en una masa de aislamiento aumenta, en combinación con los distanciadores, la resistencia de aislamiento y al mismo tiempo permite un tamaño más pequeño del transformador. Las simulaciones y los ensayos también han demostrado que el aparato de tratamiento de ondas acústicas aquí revelado necesita tiempos de carga más cortos para los condensadores de descarga, por lo que el aparato de tratamiento de ondas acústicas se puede utilizar de manera más eficiente.

Opcionalmente, el devanado de alto voltaje se puede enrollar en un formador de bobinas de alto voltaje y los distanciadores pueden sobresalir radialmente del formador de bobinas de alto voltaje entre los devanados de alto voltaje adyacentes. Las máximas intensidades de campo entre bobinas de alto voltaje adyacentes se reducen

gracias a los distanciadores que sobresalen entre ellas, con lo que el transformador es más resistente en lo que se refiere al aislamiento.

Opcionalmente, el devanado de alto voltaje se puede enrollar en un formador de bobinas de alto voltaje y los devanados de alto voltaje se pueden disponer en una ranura que se desarrolla en una superficie envolvente externa del formador de bobinas de alto voltaje. Como consecuencia, la provisión de distanciadores resulta especialmente fácil, ya que pueden estar formados por la propia bobina de alto voltaje.

Opcionalmente, los distanciadores y/o la ranura pueden presentar superficies de centrado que obligan a los devanados de alto voltaje a adoptar una posición clara. Dado que la masa de aislamiento se vierte sobre los bobinados de alta tensión como masa de fundición, por ejemplo, las superficies de centrado pueden garantizar una distancia exacta entre los bobinados de alta tensión adyacentes que no cambia durante la fundición. Además, la distancia definida evita las inclusiones de burbujas de aire durante el vertido. En concreto, las burbujas de aire no deseadas en la masa de aislamiento podrían permitir intensidades de campo localmente demasiado altas, lo que perjudicaría la fuerza de aislamiento. Las superficies de centrado pueden estar formadas, por ejemplo, por las superficies inclinadas de los brazos de una ranura en forma de V o de U.

Opcionalmente, el bobinado de alto voltaje se puede enrollar en un formador de bobinas de alto voltaje y el distanciador puede ser una rosca en el formador de bobinas de alto voltaje. La rosca puede definir una ranura helicoidal alrededor del formador de la bobina de alto voltaje, formando las alas de rosca entre la ranura los distanciadores. La previsión de distanciadores en forma de rosca en el formador de bobinas de alto voltaje es menos compleja y permite un tamaño pequeño del transformador.

Opcionalmente, el transformador puede presentar una primera superficie envolvente con un primer radio y una segunda superficie envolvente con un segundo radio, enrollándose el devanado primario en la primera superficie envolvente y el devanado de alto voltaje en la segunda superficie envolvente y siendo el primer radio diferente, preferiblemente más pequeño que el segundo radio. Como consecuencia de las superficies envolventes con radios distintos se reducen los acoplamientos magnéticos y las consiguientes tensiones mecánicas entre el devanado primario y el devanado de alto voltaje.

Opcionalmente, el devanado primario se puede desarrollar, al menos parcialmente, dentro del devanado de alto voltaje. Opcionalmente, el bobinado de alto voltaje se puede enrollar en un formador de bobinas de alto voltaje y el bobinado primario en un formador de bobinas primarias, siendo el formador de bobinas de alto voltaje capaz de rodear coaxialmente al formador de bobinas primarias. Como consecuencia, el montaje del transformador y el posterior vertido de la masa de aislamiento alrededor del devanado de alto voltaje resultan especialmente sencillos.

Opcionalmente, el transformador puede presentar un primer devanado auxiliar para la medición indirecta del alto voltaje del lado de salida. El devanado auxiliar se puede utilizar, aislado galvánicamente del alto voltaje, para medir el alto voltaje de manera que pueda ser regulado o, en caso de fallo, indicado como alarma y apagado. De esta manera, el devanado auxiliar contribuye a la seguridad del primer error sin introducir una fuente de error adicional a través del acoplamiento galvánico al alto voltaje.

Opcionalmente, el transformador puede presentar un segundo devanado auxiliar para la medición indirecta redundante del alto voltaje del lado de la salida, que se dispone y conecta en paralelo con el primer devanado auxiliar. En caso de un fallo en la medición de alta tensión a través del primer devanado auxiliar, el segundo devanado auxiliar puede aumentar la seguridad de primer error. Las mediciones a través de los devanados auxiliares paralelos también se pueden compararse entre sí y, siendo posible que, en caso de desviaciones, se indique un error o se provoque un mantenimiento.

Opcionalmente, el primer y/o el segundo devanado auxiliar se pueden disponer en un extremo frontal de puesta a tierra del transformador. Esto tiene la ventaja de que el primer y/o el segundo devanado auxiliar absorban menos energía almacenada en el campo magnético del transformador como corriente, que después falta al devanado de alto voltaje para la carga de los condensadores de descarga.

Opcionalmente, el devanado primario y el primer y/o segundo devanado auxiliar se pueden enrollar en un formador de bobinas primarias. Así resulta especialmente sencillo prever el primer y/o segundo devanado auxiliar al montar el transformador.

Opcionalmente, el distanciador puede presentar un material con una permitividad relativa superior a 3,0 a una frecuencia de 1,0 kHz y una temperatura de 23°C. Las simulaciones y los ensayos han demostrado que las máximas intensidades de campo que se producen en este rango de permitividad del material del distanciador están por debajo de los valores máximos permitidos, por ejemplo, 20 kV/mm, para la intensidad de aislamiento requerida.

Opcionalmente, la masa de aislamiento puede presentar un material con una permitividad relativa superior a 4,0 a una frecuencia de 1,0 kHz y una temperatura de 23°C. Las simulaciones y los ensayos han demostrado que las máximas intensidades de campo que se producen en este rango de permitividad de la masa de aislamiento están por debajo de los valores máximos permitidos, por ejemplo 30 kV/mm, para la intensidad de aislamiento requerida.

Opcionalmente, el transformador puede presentar un núcleo de ferrita con una densidad de flujo de saturación de al menos 200 mT. De este modo se garantiza una transferencia de energía eficiente del devanado primario al devanado de alto voltaje. El núcleo de ferrita puede ser de óxidos metálicos atomizados con granulado fino.

El aparato de tratamiento de ondas acústicas aquí revelado se explica a continuación más detalladamente a modo de ejemplo a la vista de los ejemplos de realización representados en el dibujo. Se muestra en la:

Figura 1 un ejemplo de una forma de realización del aparato de tratamiento de ondas acústicas revelado;

Figura 2 un esquema de conexiones de un ejemplo de una forma de realización de la unidad de alto voltaje del aparato de tratamiento de ondas acústicas revelado;

Figura 3a una sección transversal de un ejemplo de una forma de realización del transformador de la unidad de alto voltaje del aparato de tratamiento de ondas acústicas revelado y

Figura 3b una sección detallada de la sección transversal de un ejemplo de la forma de realización del transformador de la unidad de alto voltaje del aparato de tratamiento de ondas acústicas revelado.

En el caso del aparato de tratamiento de ondas acústicas 1 representado en la figura 1 se trata de un dispositivo para la litotricia por ondas de choque. Este dispositivo presenta una fuente de campo de terapia en forma de un generador de ondas acústicas 2. El generador de ondas acústicas 2 sirve para la fragmentación de un cálculo renal 4, pero también se puede utilizar para la fragmentación de otros cálculos del cuerpo, por ejemplo, de los cálculos de vejiga y de uréter en el tracto urinario.

El generador de ondas acústicas 2 presenta una calota de soporte 6 con múltiples elementos piezoeléctricos fijados en la misma, así como un fuelle de acoplamiento elástico suave 8 unido adyacente por el lado distal de la calota de soporte 6. Al comienzo de la terapia, el generador de ondas acústicas 2 con el fuelle de acoplamiento 8 se aplica al exterior del cuerpo del paciente 10 en un área adyacente al riñón 12. A continuación se tiene que asegurar que la posición del foco de un campo de ondas de choque acústicas focalizadas 14 emitidas por el generador de ondas acústicas 2 corresponda a la posición del cálculo renal 4 que se va a fragmentar, a fin de introducir la energía del campo de ondas de choque 14 sólo en el cálculo renal 4 y no en el tejido circundante.

Para la orientación exacta del foco del campo de ondas de choque 14 en el cálculo renal 4, se puede prever un dispositivo para la visualización del área de tratamiento, en este caso el cálculo renal 4. Este dispositivo se dispone en una cápsula endoscópica 16, que se inserta de forma intracorpórea en el riñón 12.

Sin embargo, la imagen del área de tratamiento también se puede determinar de forma extracorpórea, por ejemplo, mediante una adecuada y precisa ecografía, rayos X o tomografía computarizada (TC), resonancia magnética o imágenes de resonancia magnética (IRM), tomografía por emisión de positrones (TEP) o combinaciones de las mismas, posibilidades que no se muestran aquí. En el fuelle de acoplamiento 8 se puede disponer, por ejemplo, una sonda de ultrasonido dirigida al paciente y éste puede ser radiografiado por medio de un arco C de rayos X en un eje que forma un ángulo con el eje de la sonda de ultrasonido. De este modo se podría determinar la posición del cálculo renal 4 de forma extracorpórea.

El generador de ondas acústicas 2 está conectado a una unidad de control 18, que presenta una unidad eléctrica de alto voltaje 20, que a su vez está provista de una unidad de convertidor con oscilador de bloque 22. La unidad de alto voltaje 20 está diseñada para proporcionar alto voltaje a los elementos piezoeléctricos acoplados al generador de ondas acústicas 2. Esto se lleva a cabo a través de condensadores de descarga (no mostrados), que se cargan por medio o en la unidad de alto voltaje 20 y se descargan después de manera concertada a través de los elementos piezoeléctricos, por ejemplo, mediante interruptores de tiristores. Los elementos piezoeléctricos transforman la energía eléctrica así obtenida, al menos parcialmente, en energía cinética o energía de deformación, creando así el campo de ondas de choque 14 en el generador de ondas acústicas 2. La carga de los condensadores de descarga se produce a través de la unidad de convertidor con oscilador de bloque 22, como se describe más detalladamente en la figura 2.

El esquema de conexiones representado en la figura 2 muestra esquemáticamente cómo se conecta la unidad de convertidor con oscilador de bloque 22. La unidad de convertidor con oscilador de bloque 22 comprende un transformador 24 con un devanado primario de entrada  $L_1$ , un primer devanado auxiliar  $L_2$ , un segundo devanado auxiliar  $L_3$  y un devanado de alto voltaje de salida  $L_4$ , presentando los devanados un núcleo de ferrita común 26. A través de una unidad de medición, regulación y supervisión 28, que puede formar parte de la unidad de alto voltaje 20 o de la unidad de control 18, se mide, regula y supervisa el funcionamiento del transformador 24. Para ello, la unidad de medición, control y supervisión 28 puede encender un transistor  $T_1$  y suministrar, mediante una tensión de entrada  $U_{in}$ , corriente al devanado primario  $L_1$  hasta alcanzar una corriente máxima regulable con ayuda de una resistencia  $R_1$ . Mientras que el transistor  $T_1$  sea conductivo, un diodo  $D_3$ , conectado por el lado de salida al devanado de alto voltaje  $L_4$ , bloquea el flujo de corriente en el devanado de alto voltaje  $L_4$ . De la misma manera, los diodos  $D_1$  y  $D_2$  bloquean las corrientes a través del primer devanado auxiliar  $L_2$  y del segundo devanado auxiliar  $L_3$ . Los devanados presentan respectivamente capacidades correspondientes  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  y  $C_4$ , que se tienen que tener en cuenta al dimensionar y diseñar el transformador. Con preferencia, el primer devanado auxiliar  $L_2$  y el segundo devanado auxiliar  $L_3$  no se diseñan como devanados de alambre, sino como devanados de lámina paralelos entre sí. En los ensayos se ha podido comprobar una mayor precisión en la regulación.

Por lo tanto, la unidad de convertidor con oscilador de bloque 22 almacena energía en el campo magnético durante una fase conductora del transistor  $T_1$  por medio de una corriente a través del devanado primario  $L_1$ . Cuando el transistor  $T_1$  interrumpe la corriente a través del devanado primario  $L_1$  (fase de bloqueo), la energía almacenada en

el campo magnético da lugar a una corriente en el devanado de alto voltaje del lado de salida L<sub>4</sub>, el primer devanado auxiliar L<sub>2</sub> y el segundo devanado auxiliar L<sub>3</sub>, respectivamente en la dirección de avance de los diodos D<sub>4</sub>, D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub>. La corriente en el devanado de alto voltaje del lado de la salida L<sub>4</sub> genera por el lado de salida una alta tensión U<sub>out</sub> para la carga de condensadores de descarga (no mostrados), pudiéndose medir la alta tensión U<sub>out</sub> del lado de salida de forma independiente por medio del primer devanado auxiliar L<sub>2</sub> y del segundo devanado auxiliar L<sub>3</sub> en la unidad de medición, regulación y supervisión 28. El primer devanado auxiliar L<sub>2</sub> y el segundo devanado auxiliar L<sub>3</sub> se disponen ventajosamente por un lado de salida del transformador 24 conectado a masa Gnd.

La unidad de medición, regulación y supervisión 28 conecta el transistor T<sub>1</sub> de forma temporizada (a más de 20 kHz a 10 MHz, es decir, por encima del rango audible para evitar ruidos y perfectamente simulable) entre la fase conductora y la fase de bloqueo, de modo que los condensadores de descarga se puedan cargar en unos 100 ms a 200 ms a un alto voltaje de, por ejemplo, 8,9 kV en 5.000 a 2.000.000 ciclos, aproximadamente. La energía que se transfiere del devanado primario L<sub>1</sub> al devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> por ciclo, se almacena temporalmente en el campo magnético, preferiblemente en un espacio de aire del núcleo de ferrita 26. Por lo tanto, el devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> está galvánicamente separado de la unidad de medición, regulación y supervisión 28, lo que contribuye a la seguridad en caso de primer error.

Las simulaciones y pruebas prácticas han demostrado que el transformador 24 necesita, después de un pulso de alta tensión de unos 5 μs, aproximadamente 5 μs para la disipación de la magnetización y carga residuales, resultando una relación de pulsaciones máxima v<sub>T</sub> = 0,5. Al utilizar un núcleo de ferrita con, por ejemplo, una densidad de flujo de saturación B<sub>sat</sub> = 350 mT y un área magnética efectiva de A = 209 mm<sup>2</sup>, resulta con un devanado primario L<sub>1</sub> de N = 5 espiras y una frecuencia de pulsos de 50 kHz la siguiente tensión alterna de entrada U<sub>in</sub>:

$$U_{in} = \frac{N \cdot B_{sat} \cdot A \cdot f}{v_T} = \frac{5 \cdot 0,35 \text{ T} \cdot 209 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 50 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}}{0,5} = 36,58 \text{ V}$$

Si el devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> presenta 85 a 100 espiras, por ejemplo 95, es decir, si el transformador 24 tiene, por ejemplo, una relación de espiras de aprox. 18 a 19, se puede generar una alta tensión de 8,9 kV en los condensadores de descarga en aprox. 150 ms.

La figura 3a muestra la estructura geométrica del transformador 24 en sección transversal con un eje longitudinal A. Con los parámetros descritos aquí a modo de ejemplo, el transformador 24 se puede realizar con un diámetro d de menos de 50 mm y una altura h de menos de 50 mm. El núcleo de ferrita 26 consta de dos partes, encerrando las dos partes un espacio de aire 30 de 0,3 mm a 1,5 mm, preferiblemente de 1 mm de ancho. El núcleo de ferrita 26 puede ser, por ejemplo, un núcleo de la forma ETD49/25/16 de EPCOS® con una llamada ferrita N87 basada en MnZn.

En el núcleo de ferrita 26 se encuentra formador de bobina primaria interior 32, que define una primera superficie envolvente exterior 34 con un primer radio R<sub>1</sub>. En la primera superficie envolvente 34 se enrolla el devanado primario L<sub>1</sub> con cinco espiras. Preferiblemente, el devanado primario L<sub>1</sub> no consiste en un hilo enrollado cinco veces alrededor de la superficie envolvente 34, sino en cinco hilos conectados en paralelo, que se enrollan respectivamente una vez en la superficie envolvente 34. Esto resulta especialmente ventajoso a altas frecuencias cuando, debido al efecto piel, la corriente no fluye homogéneamente a través de la sección transversal del hilo, sino que fluye más fuertemente en la cubierta exterior del mismo. Sobre el formador de bobina primaria interior 32 se dispone un formador de bobinas de alto voltaje 38, que define una segunda superficie envolvente exterior 40 con un segundo radio R<sub>2</sub>, que es mayor que el primer radio R<sub>1</sub>. Preferiblemente el segundo radio R<sub>2</sub> es aprox. 1 mm a 3 mm más grande que el primer radio R<sub>1</sub>, por ejemplo 1,5 mm. En la segunda superficie envolvente 40 el devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> se enrolla con 91 vueltas. El formador de bobinas de alto voltaje 38 presenta 12 almas de bobina de alto voltaje 42 que definen respectivamente 13 secciones de la bobina de alto voltaje L<sub>4</sub> con 7 espiras cada una. Por lo tanto, el devanado primario L<sub>1</sub> se encuentra completamente dentro del devanado de alto voltaje L<sub>4</sub>, rodeando el formador de bobinas de alto voltaje 38 coaxialmente al formador de bobina primaria 32.

Por la cara frontal de puesta a tierra 36 del transformador 24, el primer devanado auxiliar L<sub>2</sub> y el segundo devanado auxiliar L<sub>3</sub> se enrollan en la bobina primaria 32 y se mantienen a distancia y aislados del devanado primario L<sub>1</sub> por medio de un alma de bobina primaria 44. Por la cara del extremo de la puesta a tierra 36, en la que se encuentran el primer devanado auxiliar L<sub>2</sub> y el segundo devanado auxiliar L<sub>3</sub>, el devanado primario L<sub>1</sub> y el devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> se conectan preferiblemente a masa Gnd. Dado que la corriente en el devanado primario L<sub>1</sub> puede superar los 20 A, resulta ventajoso un diámetro de hilo de 0,5 mm o más para los cinco hilos paralelos del devanado primario L<sub>1</sub>.

Como se puede ver en la vista detallada de la figura 3b, el devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> se inserta fundamentalmente sin burbujas de aire en una masa de aislamiento 46, vertiéndose y endureciéndose la masa de aislamiento 46 preferiblemente bajo vacío sobre el devanado de alto voltaje L<sub>4</sub>. Las 7 espiras de alto voltaje por sección del bobinado de alto voltaje L<sub>4</sub> se enrollan en una rosca fina en la segunda superficie envolvente exterior 40, actuando la rosca fina como distanciador 48. Como consecuencia, las espiras de alto voltaje adyacentes dentro de una sección del devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> presentan una distancia a exactamente definida entre sí. Las almas roscadas 50 sobresalen radialmente del formador de bobinas de alto voltaje 38 entre los devanados de alto voltaje adyacentes que se encuentran en una ranura roscada en forma de V 52 en la segunda superficie envolvente exterior 40. Las

almas roscadas 50 o la ranura roscada en forma de V 52 definen superficies de centrado 54 que obligan a los devanados de alto voltaje a adoptar una posición clara. Con preferencia, los devanados de alto voltaje se insertan completamente en la ranura roscada 52 o las almas roscadas 50 sobresalen del diámetro del hilo del devanado de alto voltaje L<sub>4</sub> entre los devanados de alto voltaje adyacentes.

- 5 El formador de bobinas de alto voltaje 38 y por lo tanto en esta versión también el distanciador 48, se fabrican preferiblemente TECAPEEK®, que tiene una permitividad relativa de 3,3 a una frecuencia de 1,0 kHz y una temperatura de 23°C. La masa de aislamiento puede ser, por ejemplo, WEVO® PU 552 FL con un endurecedor 300 en una proporción de mezcla de 5:1, que tiene una permitividad relativa de 4,6 a una frecuencia de 1,0 kHz y una temperatura de 23°C, por lo que la seguridad de aislamiento está garantizada hasta una intensidad de campo máxima de 29 kV/mm.

El aparato de tratamiento de ondas acústicas aquí revelado puede funcionar de forma aislada y a prueba de primeros fallos con un transformador de alto voltaje 24, que se puede realizar con un diámetro d inferior a 50 mm y una altura h inferior a 50 mm, y que pesa menos de 0,5 kg. Además, el transformador de alto voltaje 24 aquí descrito garantiza una salida de al menos 70 W con una eficiencia de más del 80%.

#### Lista de referencias

- |                |                                                |
|----------------|------------------------------------------------|
| 1              | Aparato de tratamiento de ondas acústicas      |
| 2              | Generador de ondas acústicas                   |
| 4              | Cálculo renal del paciente                     |
| 6              | Calota de soporte                              |
| 8              | Fuelle de acoplamiento                         |
| 10             | Exterior del cuerpo del paciente               |
| 12             | Riñón del paciente                             |
| 14             | Campo de ondas de choque                       |
| 16             | Endoscopio de cápsula                          |
| 18             | Unidad de control                              |
| 20             | Unidad de alto voltaje                         |
| 22             | Unidad de convertidor con oscilador de bloqueo |
| 24             | Transformador                                  |
| 26             | Núcleo de ferrita                              |
| 28             | Unidad de medición, regulación y supervisión   |
| 30             | Espacio de aire                                |
| 32             | Formador de bobinas primarias                  |
| 34             | Primera superficie envolvente                  |
| 36             | Cara frontal de puesta a tierra                |
| 38             | Formador de bobinas de alto voltaje            |
| 40             | Segunda superficie envolvente                  |
| 42             | Almas de bobinas de alto voltaje               |
| 44             | Alma de bobina primaria                        |
| 46             | Masa de aislamiento                            |
| 48             | Distanciador                                   |
| 50             | Almas roscadas                                 |
| 52             | Ranura roscada                                 |
| 54             | Superficies de centrado                        |
| L <sub>1</sub> | Devanado primario                              |
| L <sub>2</sub> | Primer devanado auxiliar                       |

|    |                  |                                                      |
|----|------------------|------------------------------------------------------|
|    | L <sub>3</sub>   | Segundo devanado auxiliar                            |
|    | L <sub>4</sub>   | Devanado de alto voltaje                             |
|    | D <sub>1</sub>   | Diodo del primer devanado auxiliar                   |
|    | D <sub>2</sub>   | Diodo del segundo devanado auxiliar                  |
| 5  | D <sub>3</sub>   | Diodo en el devanado de alto voltaje                 |
|    | C <sub>1</sub>   | Capacidad en el devanado primario                    |
|    | C <sub>2</sub>   | Capacidad en el primer devanado auxiliar             |
|    | C <sub>3</sub>   | Capacidad en el segundo devanado auxiliar            |
|    | C <sub>4</sub>   | Capacidad en el devanado de alto voltaje             |
| 10 | U <sub>in</sub>  | Tensión de entrada                                   |
|    | U <sub>out</sub> | Alto voltaje del lado de salida                      |
|    | R <sub>1</sub>   | Resistencia                                          |
|    | T <sub>1</sub>   | Transistor                                           |
|    | R <sub>1</sub>   | Primer radio                                         |
| 15 | R <sub>2</sub>   | Segundo radio                                        |
|    | A                | Eje longitudinal del transformador                   |
|    | Gnd              | Conexión a masa del devanado de alto voltaje         |
|    | a                | Distancia entre devanados de alto voltaje adyacentes |
|    | d                | Diámetro del transformador                           |
| 20 | h                | Altura del transformador                             |

# REIVINDICACIONES

1. Aparato de tratamiento de ondas acústicas (1) para el tratamiento médico con ondas de presión, en particular para la litotricia, con  
5    - un generador de ondas acústicas (2),  
     - una pluralidad de elementos piezoeléctricos acoplados al generador de ondas acústicas (2), y  
     - una unidad eléctrica de alto voltaje (20) diseñada para el suministro de alta tensión eléctrica a los elementos piezoeléctricos,  
      caracterizado por que  
10    la unidad de alto voltaje (20) presenta una unidad de convertidor con oscilador de bloqueo (22) con un transformador (24), presentando el transformador (24) un devanado primario (L<sub>1</sub>), un devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) y distanciadores (48), presentando el devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) una pluralidad de espiras de alto voltaje insertadas en una masa de aislamiento (46) y posicionadas por los distanciadores (48) de manera que las espiras de alto voltaje adyacentes tengan una distancia (a) las unas respecto a las otras definida por los distanciadores (48).  
15    2. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según la reivindicación 1, en el que los devanados de alta tensión se insertan en la masa de aislamiento (46) fundamentalmente sin burbujas de aire.  
20    3. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según la reivindicación 1 o 2, en el que el devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) se enrolla en un formador de bobinas de alto voltaje (38) y los distanciadores (48) sobresalen radialmente del formador de bobinas de alto voltaje (38) entre las espiras de alto voltaje adyacentes.  
25    4. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) se enrolla en un formador de bobinas de alto voltaje (38) y las espiras de alto voltaje se desarrollan en una ranura (52) que se extiende en una superficie envolvente exterior (40) del formador de bobinas de alto voltaje (38).  
30    5. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según la reivindicación 3 o 4, en el que los distanciadores (48) y/o la ranura (52) presentan superficies de centrado (54) que obligan a los devanados de alta tensión a adoptar una posición clara.  
35    6. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) se enrolla en un formador de bobinas de alto voltaje (38) y el distanciador (48) es una rosca en el formador de bobinas de alto voltaje (38).  
40    7. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transformador (24) presenta una primera superficie envolvente (34) con un primer radio (R<sub>1</sub>) y una segunda superficie envolvente (40) con un segundo radio (R<sub>2</sub>), enrollándose el devanado primario (L<sub>1</sub>) en la primera superficie envolvente (34) y el devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) en la segunda superficie envolvente (40) y siendo el primer radio (R<sub>1</sub>) diferente, preferiblemente más pequeño, que el segundo radio (R<sub>2</sub>).  
45    8. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el devanado primario (L<sub>1</sub>) se encuentra, al menos parcialmente, dentro del devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>).  
50    9. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el devanado de alto voltaje (L<sub>4</sub>) se enrolla en un formador de bobinas de alto voltaje (38) y el devanado primario (L<sub>1</sub>) se enrolla en un formador de bobina primaria (32), rodeando el formador de bobinas de alto voltaje (38) coaxialmente al formador de bobinas primario (32).  
55    10. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transformador (24) presenta un primer devanado auxiliar (L<sub>2</sub>) para la medición indirecta de la alta tensión del lado de salida.  
60    11. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según la reivindicación 10, en el que el transformador (24) presenta un segundo devanado auxiliar (L<sub>3</sub>) para la medición indirecta redundante de la alta tensión del lado de salida, que se dispone y conecta en paralelo con el primer devanado auxiliar (L<sub>2</sub>).  
65    12. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según la reivindicación 10 u 11, en el que el primer y/o el segundo devanado auxiliar (L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>) se disponen en una cara frontal de puesta a tierra (36) del transformador (24) conectado a masa (Gnd).  
      13. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, en el que el devanado primario (L<sub>1</sub>) y el primer y/o segundo devanado auxiliar (L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>) se enrollan en un formador de bobina primaria (32).

14. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el distanciador (48) presenta un material con una permitividad relativa de más de 3,0 a una frecuencia de 1,0 kHz y a una temperatura de 23°C.
- 5 15. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la masa de aislamiento (46) presenta un material con una permitividad relativa superior a 4,0 a una frecuencia de 1,0 kHz y a una temperatura de 23°C.
- 10 16. Aparato de tratamiento de ondas acústicas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que transformador (24) presenta un núcleo de ferrita (26) con una densidad de flujo de saturación de al menos 200 mT.

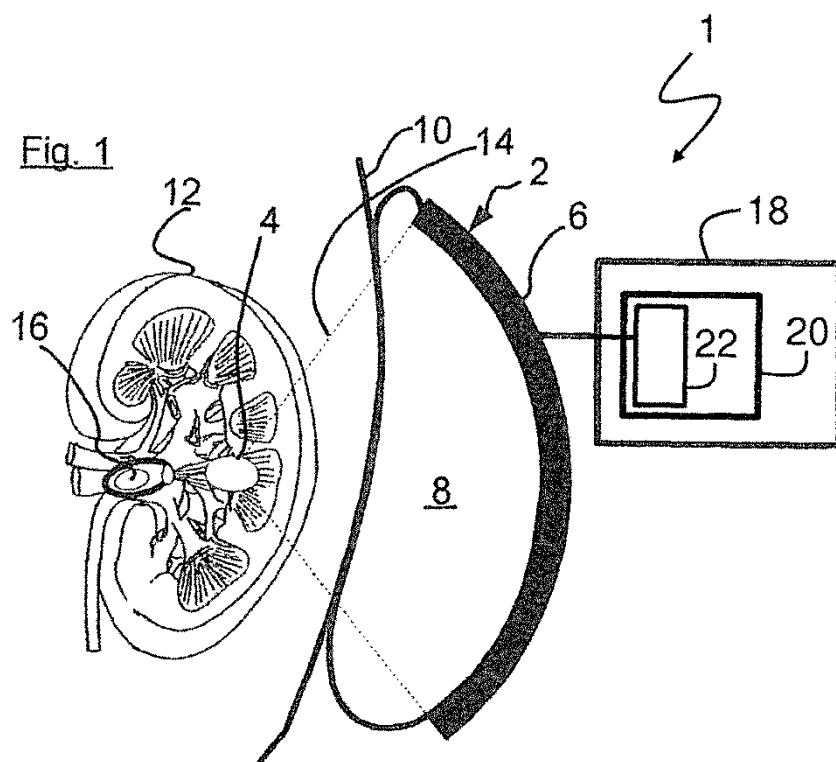


Fig. 2

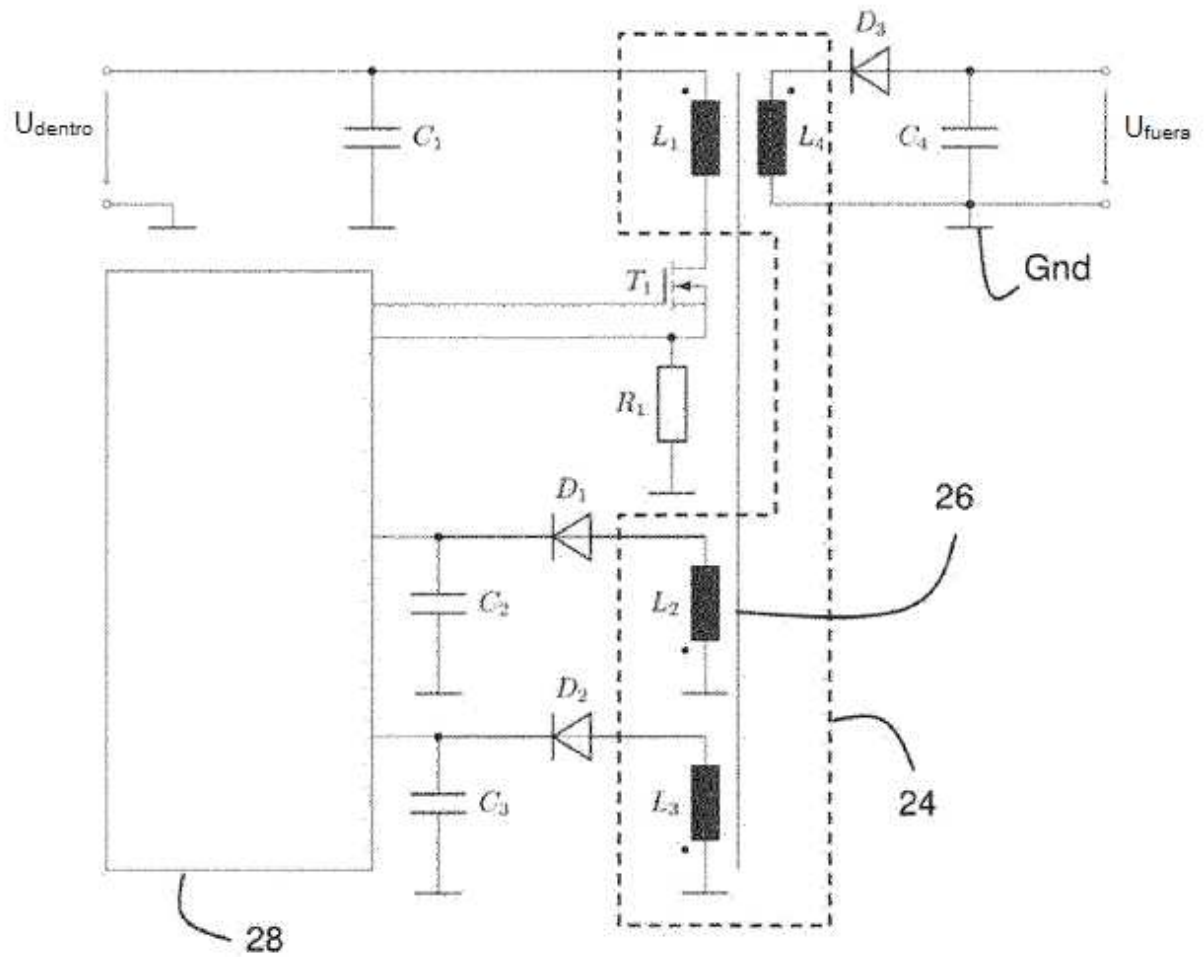


Fig. 3a

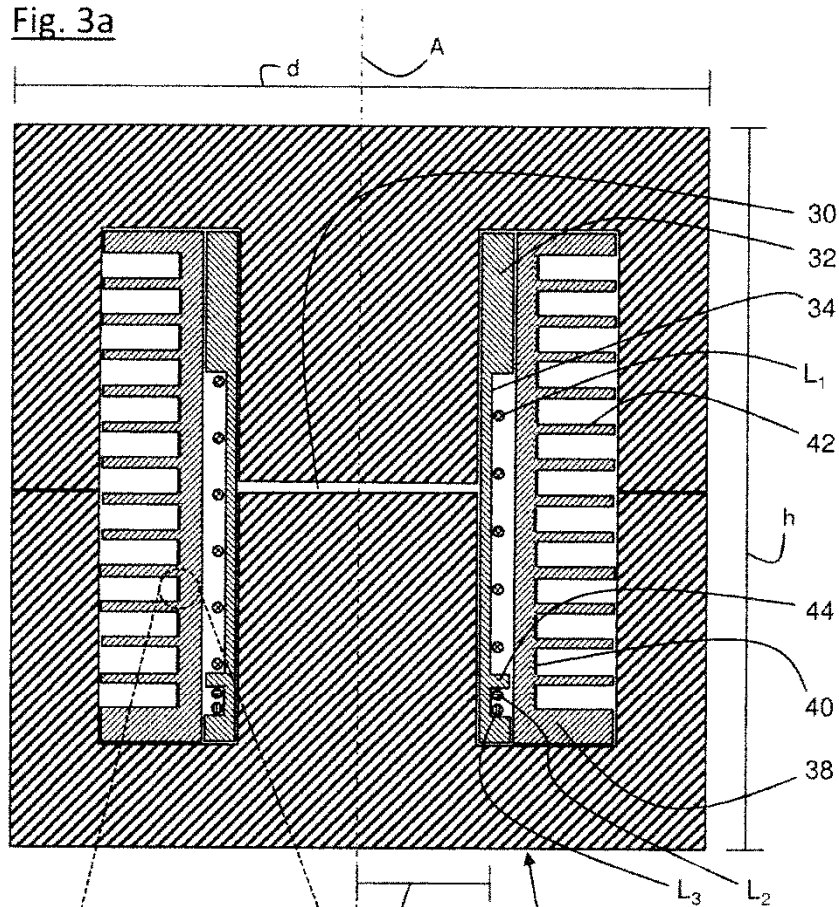


Fig. 3b

