

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 955 252**

51 Int. Cl.:

G02F 1/11 (2006.01)

D03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2020** **E 20188795 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3945361**

54 Título: **Modulador acústico-óptico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.11.2023

73 Titular/es:

B612 GMBH (100.0%)
Seestrasse 61
6052 Hergiswil, CH

72 Inventor/es:

BEAUDOUIN, JEAN-MICHEL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 955 252 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

Modulador acústico-óptico

La presente invención se refiere a un modulador acústico-óptico, a una disposición de un modulador acústico-óptico y un electrodo, a un dispositivo para el tratamiento de un medio, y al uso tanto de dicho modulador acústico-óptico como de dicho dispositivo para acortar duración del pulso de luz y/o aumento de la energía de los fotones, para el tratamiento de un medio, para la síntesis de moléculas orgánicas, para la producción de hidrógeno a partir de agua y/o hidrocarburos, o cualquier combinación de los mismos de conformidad con el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

Del estado de la técnica se conocen diversos moduladores acústico-ópticos, por ejemplo, del documento US 2007/0171513 A1, que divulga un modulador acústico-óptico que comprende un medio de interacción acústico-óptico de silicio monocristalino y al menos un transductor para emitir una onda acústica unido al monocristal.

El documento US 2015/160530 A1 divulga un modulador acústico-óptico que comprende una capa acústico-óptica con una estructura de cristal fotónico periódico en la que al menos dos materiales que tienen diferentes constantes dieléctricas están dispuestos periódicamente de manera bidimensional o tridimensional. El tamaño de la estructura del cristal fotónico puede variar desde varios nanómetros hasta varios cientos de nanómetros. Se pueden utilizar ZnO, LiNbO₃, cuarzo, TiO₂, Si, SiN, AlN, SiO₂, SrTiO₃ y combinaciones de los mismos como material para la capa acústico-óptica.

El documento WO 2007/138341 A1 divulga un elemento acústico-óptico en forma de un cristal fotónico que comprende un primer material dieléctrico que tiene varias varillas dieléctricas de un segundo material dieléctrico incrustadas en él, en el que el segundo material dieléctrico tiene un índice de refracción diferente del primer material dieléctrico. Las varillas del segundo material dieléctrico están dispuestas para formar una estructura regular.

El documento EP 2 562 595 A1 divulga dispositivos acústico-ópticos que comprenden una capa central con una estructura de cristal fotónico periódico y dos capas de revestimiento dispuestas en lados opuestos de la capa central, en la que cada una de las capas de revestimiento tiene un índice de refracción que es diferente del Índice de refracción de la capa central. Como material acústico-óptico se pueden utilizar ZnO, ZnS, Al₂O₃, LiNbO₃, TiO₂, Si, AlN, SiO₂, SrTiO₃ y combinaciones de los mismos.

Sin embargo, dichos moduladores acústico-ópticos suelen tener la desventaja de que su producción requiere estructuras que estén modeladas con precisión submicrométrica, por ejemplo, monocristales, que normalmente son bastante caros y no están fácilmente disponibles en grandes dimensiones y/o diferentes formas. La fragilidad o rigidez de las estructuras cristalinas también hace que sea difícil, si no imposible, adaptar estas estructuras periódicas a sustratos irregulares o con formas irregulares.

Es conocido en la técnica anterior, por ejemplo, del artículo de revisión científica de Zeng et al. (Fiber-Based Wearable Electronics: A Review of Materials, Fabrication, Devices, and Applications; Adv. Mater. 26 (2014), 5310-5336) y US 2009/159149 A1, que existen dispositivos electrónicos portátiles basados en fibra.

Del estado de la técnica se conoce además el uso de radiación electromagnética, en particular luz ultravioleta (UV), para desinfectar el aire en un espacio tratado. Por el documento EP 1 660 211 B1 se conoce, por ejemplo, un sistema para purificar y eliminar contaminantes de fluidos que funciona según este principio. Como la vida útil de las bombillas UV utilizadas en dichos dispositivos es limitada, puede ser necesario reemplazarlas con frecuencia dependiendo de la intensidad de la aplicación y las condiciones ambientales, lo que significa una reducción de la vida útil y un esfuerzo adicional para el usuario.

Las desventajas descritas anteriormente se superan al menos parcialmente mediante un dispositivo y un método para el tratamiento de un medio gaseoso con plasma, como se divulga en el documento WO 2012/28187 A1. Generalmente, un medio a tratar puede ser un gas, un líquido o una mezcla gaseoso/líquido que se somete a generación de plasma. El plasma se transporta a una cámara de tratamiento para prolongar la duración de la interacción entre el plasma y el medio a tratar. Sin embargo, la duración y/o intensidad del tratamiento en el dispositivo y en particular en la cámara de tratamiento pueden no ser suficientes para lograr el resultado de tratamiento deseado.

Por tanto, un objeto de la presente invención es remediar estas y otras desventajas del estado de la técnica y en particular proporcionar un modulador acústico-óptico, una disposición de un modulador acústico-óptico y un electrodo, y un dispositivo para el tratamiento de un medio que permita un tratamiento energéticamente eficiente y eficaz y que además sea económico y pueda producirse en una amplia variedad de formas.

En el contexto de la presente memoria descriptiva, el término medio gaseoso se refiere a un gas o una mezcla de gases que puede contener líquidos y/o sólidos. De manera análoga, el término medio líquido se refiere a un líquido o una mezcla de líquidos que puede contener gas y/o materia sólida.

Aunque la invención no se limita a ello, el término tratamiento comprende la descomposición, síntesis, inactivación o fragmentación de moléculas, incluidas estructuras biológicas tales como proteínas, polen, esporas de moho, bacterias, virus y/u otros microorganismos, arrastrados en el medio tratado.

- 5 Por plasma en el sentido de la presente invención se entiende además un gas y/o vapor que se disocia en su componente bajo la influencia de un campo eléctrico. El plasma se compone de fotones, iones, electrones libres, radicales libres y partículas neutras, en particular partículas neutras excitadas.

El objetivo se consigue mediante un modulador acústico-óptico, una disposición de un modulador acústico-óptico y un electrodo, así como un dispositivo para el tratamiento de un medio según las reivindicaciones independientes. Las realizaciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

- 10 De acuerdo con la presente invención, el modulador acústico-óptico comprende un transductor piezoeléctrico con un primer electrodo, un segundo electrodo y un material dieléctrico dispuesto entre y en contacto con dichos electrodos. El transductor piezoeléctrico comprende además un medio acústico-óptico con al menos dos materiales dieléctricos adicionales con índices de refracción mutuamente diferentes. El transductor piezoeléctrico y dicho medio acústico-óptico están laminados juntos. El medio acústico-óptico comprende al menos un tejido dieléctrico que tiene una
15 estructura doblemente periódica.

- Se ha descubierto sorprendentemente que los cristales en modulación luminosa pueden ser sustituidos por un tejido de estructura regular, en particular por un tejido de punto de fibra de vidrio o de cualquier otro material con una constante dieléctrica elevada. Esto permite, si se desea o es necesario, realizar grandes estructuras acústico-ópticas con un tamaño de varias decenas de metros cuadrados. La flexibilidad de los textiles también permite la realización
20 de formas complejas de moduladores acústico-ópticos. En comparación con las estructuras convencionales conocidas, que además tienen un tamaño limitado a unos pocos centímetros cuadrados, se pueden reducir significativamente los costes de material y de fabricación.

- Los transductores piezoeléctricos son conocidos en el estado de la técnica y constituyen un tipo de transductor electroacústico que convierte en energía las cargas eléctricas producidas por algunas formas de materiales sólidos.
25 Se entiende que la capa piezoeléctrica puede generar, por ejemplo, ondas acústicas.

- Un modulador acústico-óptico utiliza el efecto acústico-óptico para difractar y cambiar la frecuencia de la luz mediante ondas sonoras. Los pulsos láser obligan a la célula piezoeléctrica a vibrar, creando ondas sonoras en el vidrio. Estos pueden imaginarse como planos de expansión y compresión, que se mueven periódicamente y cambian el índice de refracción. La luz entrante se dispersa (dispersión de Brillouin) fuera de la modulación periódica del índice resultante y se produce una interferencia similar a la creada en una difracción de Bragg. La interacción puede considerarse como
30 una mezcla de cuatro ondas de fonones y fotones.

- Sin desear quedar ligado a ninguna teoría, actualmente se supone que la secuencia de fenómenos físicos implicados en someter un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento simultáneamente a un campo eléctrico estático y radiación electromagnética pulsada se puede describir cualitativamente de la siguiente manera: La absorción de un impulso láser por el semiconductor, es decir, el elemento acústico-óptico, genera portadores libres fotoexcitados; 2) Estos electrones y agujeros desequilibrados se difunden en el campo eléctrico estático preexistente; 3) La separación espacial de las cargas genera un campo eléctrico dinámico entre las nubes de electrones y los agujeros; 4) Este campo dinámico induce una restricción mecánica en el transductor piezoeléctrico a través del efecto piezoeléctrico que a su vez es la fuente de las ondas acústicas. La principal diferencia entre el material piezoeléctrico
40 aquí utilizado y los transductores piezoeléctricos convencionales es que el campo eléctrico que se ejerce sobre el material para generar las ondas acústicas se activa ópticamente y no eléctricamente, lo que permite ampliar considerablemente las frecuencias de trabajo de los dispositivos aquí descritos para frecuencias superiores a GHz.

- En el contexto de la presente memoria descriptiva, el término doblemente periódico se refiere a la estructura de un textil regular, que puede definirse mediante una celda unitaria que se repite periódicamente en dos direcciones a través
45 del tejido (Grishanov et al., J. Knot Theory and its Ramifications, 18 (2009), 1597-1622). Las estructuras textiles tejidas y de punto son ejemplos de estructuras doblemente periódicas en un plano engrosado hecho de hebras de hilo entrelazadas.

En una realización preferida, el modulador acústico-óptico forma parte de un dispositivo para el tratamiento de un medio, preferentemente aire.

- 50 En una realización preferida, el modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento comprende un transductor piezoeléctrico y un elemento acústico-óptico. El transductor piezoeléctrico comprende un primer electrodo, un segundo electrodo y un material dieléctrico dispuesto entre y en contacto con dichos electrodos. Opcionalmente, el transductor piezoeléctrico comprende además dos elementos de contacto que están configurados para asegurar el contacto entre dicho primer material dieléctrico y dichos electrodos. El modulador acústico-óptico se compone de otros
55 dos materiales dieléctricos con índices de refracción diferentes entre sí. Dicho transductor piezoeléctrico y dicho elemento acústico-óptico están laminados juntos. Uno de dichos materiales dieléctricos adicionales de dicho elemento acústico-óptico es un tejido dieléctrico con una estructura doblemente periódica.

En comparación con el modulador acústico-óptico descrito anteriormente, un modulador acústico-óptico de este tipo en el que el elemento acústico-óptico está hecho de sólo dos materiales dieléctricos diferentes, uno de los cuales es un textil con una estructura doblemente periódica, es más fácil y más barato de producir.

Los electrodos del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento se utilizan para aplicar un voltaje al material dieléctrico. Sin querer limitarse a ninguna teoría, actualmente se entiende que la excitación de la superficie del electrodo por fotones puede mejorar la dispersión de dichos fotones mediante un mecanismo conocido como dispersión Raman mejorada en superficie (SERS). Esto también puede aumentar la variedad de fotones presentes en una cámara de tratamiento como se describe con más detalle a continuación.

En una realización preferida del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, el primer y/o segundo material de electrodo se selecciona entre metal, carbón activado, grafeno y polímeros iónicos.

Dichos electrodos están fácilmente disponibles y pueden fabricarse en diversas formas. La composición del primer y del segundo material de electrodo también puede diferir entre sí.

Preferiblemente, el primer y/o segundo electrodo es aluminio.

Los electrodos fabricados de aluminio tienen la ventaja de que son relativamente económicos y maleables. Además, por lo general se encuentran fácilmente disponibles láminas de aluminio y láminas de aluminio adecuadas. Además, el aluminio en el electreto exalta la dispersión Raman y la luminiscencia.

Nuevamente, sin querer quedar ligados a ninguna teoría, este fenómeno, que puede alcanzar un factor de 15, puede explicarse por una exaltación del campo eléctrico local ejercido sobre las moléculas y los átomos. El origen de esta exaltación se debe a un acoplamiento de la luz láser con las ondas de densidad electrónica que aparecen cerca de la superficie en ciertos metales que tienen dimensiones preferentemente submicrónicas o incluso nanométricas. Las ondas de densidad electrónica se deben a los electrones libres del metal. Las nuevas partículas formadas por este acoplamiento se denominan plasmones de superficie. Si la frecuencia de resonancia de estos plasmones superficiales está en el rango visible del espectro electromagnético, los plasmones superficiales pueden acoplarse para amplificar el campo eléctrico local. Por lo tanto, el efecto de dispersión Raman mejorada en la superficie (SERS) es principalmente el resultado de un mayor campo electromagnético producido en la superficie del metal. Cuando la longitud de onda de la luz incidente es cercana a la longitud de onda del plasma del metal, los electrones de conducción en la superficie del metal se excitan en un estado electrónico deslocalizado correspondiente a una resonancia de plasmón superficial. Las moléculas adsorbidas sobre o cerca de la superficie sienten un campo electromagnético particularmente fuerte. En este contexto, los modos de vibración normales en la superficie son los que aumentan con mayor fuerza.

Preferiblemente, el espesor de la lámina de aluminio está entre 4 y 100 μm , más preferiblemente entre 4 y 20 μm .

Seleccionando el espesor de la lámina de aluminio como se indica, las vibraciones en el transductor generadas por una señal de excitación de RF oscilante aplicada a los electrodos se pueden transmitir eficazmente al medio acústico-óptico adyacente. En particular, de acuerdo con la invención es concebible el uso de láminas de aluminio domésticas con un espesor típico de entre 10 y 15 μm .

En el contexto de la presente memoria descriptiva, el término espesor se refiere al espesor medio del material de la lámina.

El modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento presenta un termoelectreto que se prepara colocando un material dieléctrico entre dos electrodos y manteniendo dicho material dieléctrico o una mezcla de materiales dieléctricos a una temperatura adecuada durante un período de tiempo prolongado bajo la aplicación de un potencial de CC articulado, seguido de enfriar el artículo a temperatura ambiente mientras se mantiene el potencial de CC.

En el contexto de la presente memoria descriptiva, el término electreto se entiende como una capa de material dieléctrico con una carga eléctrica (casi)permanente, generando así un campo eléctrico (casi)permanente.

En una realización preferida del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, el material dieléctrico del transductor piezoeléctrico comprende al menos una cera natural seleccionada del grupo que consiste en carnauba, colofonia, caña de azúcar, éster de glicerol de colofonia de madera, lanolina, goma laca, sebo, montaña, ozocerita, espermaceti, cera de abejas, ouricury, Japón, arándano, candelilla, chino, insecto chino y combinaciones de los mismos.

Los materiales dieléctricos enumerados tienen la ventaja de que, como productos naturales, son especialmente respetuosos con el medio ambiente. Sin embargo, naturalmente también es concebible y de acuerdo con la invención que el material dieléctrico esté compuesto por un polímero sintético como por ejemplo una resina de difluoruro de polivinilideno (PVDF), una resina de policloruro de vinilo (PVC), un policarbonato (PC), un poliéster, una resina acrílica, polietileno (PE), politetrafluoroetileno (PTFE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) o copolímeros y/o una mezcla de los mismos.

Preferiblemente, el material dieléctrico se selecciona del grupo que consiste en carnauba, colofonia, cera de abejas y combinaciones de los mismos.

Un electreto fabricado a partir de estos materiales puede mantener su estado polarizado durante un largo período de tiempo y presenta una trabajabilidad, tenacidad y flexibilidad excelentes.

- 5 En una realización preferida del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, el material dieléctrico del transductor piezoeléctrico se selecciona del grupo que consiste en ZnO, LiNb₃, LiTaO₃, SiO₂, cuarzo, TiO₂, Si, SiN, AlN, GaN, y SrTiO₃.

- 10 En una realización preferida del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, el transductor piezoeléctrico comprende dos elementos de contacto configurados para asegurar el contacto entre dicho primer material dieléctrico y dichos electrodos. Preferiblemente, al menos uno de los elementos de contacto es un tejido dieléctrico.

- 15 El uso de textiles como elementos de contacto tiene la ventaja de que, debido a su flexibilidad y capacidad de estiramiento, los textiles pueden compensar particularmente bien la contracción que se produce cuando el material dieléctrico se enfría, asegurando así un amplio contacto entre los respectivos electrodos y el material dieléctrico intermedio.

Preferiblemente ambos elementos de contacto son textiles dieléctricos. De esta manera, se puede lograr una conexión óptima entre el material dieléctrico y los dos electrodos que intercalan el material dieléctrico.

- 20 Preferiblemente, el tejido dieléctrico utilizado como elemento de contacto comprende un tejido de fibra de vidrio. Los tejidos de fibra de vidrio tienen la ventaja de que están disponibles comercialmente en una amplia gama de tamaños y patrones, que pueden elegirse de acuerdo con las necesidades específicas de la aplicación.

Se ha demostrado que los cristales fotónicos de vidrio y nitruro de silicio pueden amplificar la fluorescencia o la luminiscencia varias decenas de veces.

En una realización preferida, el modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento comprende un tejido de fibra de vidrio impregnado con una resina de silicona.

- 25 Preferiblemente, la silicona utilizada para impregnar el tejido de fibra de vidrio es una silicona óptica. Las ventajas de las siliconas ópticas incluyen alta estabilidad térmica, claridad óptica, resistencia a los rayos UV, baja contracción y buenas propiedades de moldeo, lo que facilita la producción de elementos acústico-ópticos o moduladores con formas complejas.

- 30 Sin desear estar ligado a ninguna teoría, al llenar el espacio entre las mallas de un tejido de fibra de vidrio con resina de silicona se obtiene una estructura en la que la composición química cambia con la posición, similar a una heteroestructura de pozo cuántico utilizada en la industria de semiconductores.

- 35 La estructura periódica de fibra de vidrio impregnada con una resina de silicio también puede considerarse como un cristal fotónico. Un cristal fotónico es una estructura dieléctrica periódica que prohíbe la propagación de fotones en determinadas longitudes de onda. De manera similar a las brechas de bandas electrónicas en los semiconductores, los cristales fotónicos presentan brechas de bandas fotónicas, es decir, una variación periódica de la constante dieléctrica que puede ser causada por la inclusión de agujeros periódicamente separados en el material, por ejemplo. De esta forma, las brechas de bandas fotónicas impiden la propagación de fotones de determinada energía. Más precisamente, una brecha de banda fotónica bidimensional impide la propagación de la luz en un determinado rango de frecuencia y en todas las direcciones del plano. En cambio, guía la luz emitida hacia el exterior del cristal fotónico, mejorando la eficiencia de extracción.

Para mejorar el control de la dirección de emisión, los cristales fotónicos también se pueden colocar sobre algunos tipos de espejos, llamados reflectores de Bragg. Estos espejos luego reflejan la luz emitida por el material fotoemisor hacia el exterior.

- 45 En una realización preferida, la resina de silicona utilizada para llenar los agujeros en el tejido de fibra de vidrio comprende al menos un tipo de cristales de dispersión Raman, preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en diamante, corindón y/o cuarzo.

- 50 Sin querer limitarse a ninguna teoría, actualmente se supone que la radiación electromagnética, es decir, los fotones, se dispersa más eficientemente mediante estas partículas dispersantes, aumentando así el efecto de tratamiento causado por dicha radiación electromagnética. En particular, la dispersión Raman, es decir, inelástica, de fotones sobre los cristales favorece la amplificación del número de fotones y conduce a un aumento de la energía, es decir, la frecuencia, de al menos una fracción de los fotones dispersados. Se prefiere particularmente el uso de los cristales de dispersión Raman especificados, ya que estos materiales están fácilmente disponibles y son comparativamente económicos.

En particular con respecto a los diamantes, se sabe que es posible excitar pares de agujeros de electrones primarios y secundarios en diamantes con fotones (Gaudin et al., Appl Phys B 78 (2004), 1001-1004). Aunque la invención no se limita a ello, actualmente se entiende que los pares de agujeros de electrones primarios y secundarios se excitan en el recubrimiento de diamante que luego se recombinan emitiendo dos fotones, amplificando así el número de fotones que inciden en el elemento acústico-óptico divulgado en el presente documento.

Como alternativa a los diamantes naturales, se puede utilizar óxido de circonio y/u otros diamantes sintéticos. Preferiblemente se utiliza un recubrimiento de diamante con un dopante de nitrógeno.

Se sabe en la técnica que dopar el diamante con nitrógeno crea los llamados centros de color vacantes de nitrógeno cargados que son excitables por la luz visible y posteriormente generan luminiscencia (Han et al., Nano Letters 9 (2009), 3323-3329). Aunque la invención no se limita a ello, actualmente se entiende que esto conduce a una dispersión más eficaz de los fotones en el plasma.

Preferiblemente, el contenido de dichos cristales de dispersión Raman en la silicona está entre 0.1 y 2 por ciento en peso de dicha resina de silicona. Además o alternativamente, el tamaño de dichos cristales de dispersión Raman está entre 4 y 1000 nm, preferiblemente entre 8 y 170 nm.

Las composiciones así como las partículas con las especificaciones anteriores permiten la producción de un modulador acústico-óptico particularmente eficaz.

Se pueden utilizar espejos como elementos ópticos activos para enfocar pulsos de luz ultracortos sobre un objetivo. Siempre que esta luz tenga una intensidad suficientemente alta, ésta es fuertemente ionizada por el intenso campo electromagnético en muy poco tiempo, durante el flanco ascendente del pulso.

En una realización preferida del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, la superficie del medio acústico-óptico está configurada para formar un espejo de plasma que comprende SiO_2 y/o SiN_x . El espejo de plasma se produce por la acción de plasma que comprende oxígeno y/o nitrógeno sobre la silicona en dicha superficie, es decir, la capa de silicona que define la interfaz entre el medio acústico-óptico y el plasma.

En particular, la sílice y el nitruro de silicio (Si_3N_4) son materiales bien establecidos para dispositivos fotónicos y muestran una amplia ventana de transparencia que abarca desde el visible hasta el IR medio. Estos materiales tienen las cualidades necesarias para realizar espejos con efecto plasma. Estos materiales se utilizan ampliamente en los campos de la óptica y la microelectrónica y son conocidos por sus excelentes propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas. Tanto la sílice como el nitruro se producen mediante deposición química de vapor en un reactor ECR de plasma de microondas. Este método es una de las tecnologías de deposición a baja temperatura y permite la producción de capas dieléctricas de alta calidad sin dañar el sustrato.

Durante el funcionamiento de un modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, la superficie de silicona de un elemento acústico-óptico está constantemente expuesta a plasma oscilante, como se describirá con más detalle más adelante. Este plasma, rico en oxígeno y nitrógeno, permite la reconstitución continua de finas capas superficiales de dióxido de silicio (SiO_2) y nitruro de silicio (Si_3N_4) que constituyen el soporte sólido de un espejo de plasma, similar a un efecto de autogeneración o autorreparación.

La capacidad de formar un espejo de plasma en la interfaz entre el medio acústico-óptico y el volumen suprayacente tiene la ventaja de que los fotones incidentes se reflejan con más fuerza. Además, los impulsos de radiación electromagnética que inciden sobre el espejo de plasma pueden enfocarse en otro espejo de plasma, esta vez con mucha más fuerza y, por tanto, con una intensidad mucho mayor, hasta el régimen de interacción relativista, lo que conduce a un mayor efecto de tratamiento de un medio para ser tratado. También es posible que este otro espejo de plasma forme realmente parte del mismo elemento que el primer espejo de plasma, por ejemplo en el caso de un modulador acústico-óptico en forma de anillo, como se explicará más detalladamente a continuación. En el régimen de interacción relativista, el campo luminoso induce un movimiento de oscilación de la superficie del espejo de plasma que induce, por efecto Doppler, una distorsión temporal periódica de la onda reflejada por el espejo. Como resultado de esta distorsión periódica, el espectro de la luz reflejada se compone, además de la frecuencia del láser incidente, de un gran número de armónicos de alto orden de esta frecuencia. Este proceso, conocido como proceso relativista del espejo oscilante, permite la aparición de órdenes armónicos suficientemente altos como para obtener pulsos ultracortos.

Todos los procesos combinados que ocurren en la heteroestructura divulgada en el presente documento contribuyen a la aparición de fotones individuales y, en particular, al bombeo óptico en las nanopartículas de diamante y a la luminiscencia en la silicona óptica, respectivamente.

En una realización preferida del modulador acústico-óptico divulgado en el presente documento, el espesor total del laminado que consiste en el transductor piezoeléctrico y el elemento acústico-óptico está entre 4 y 80 mm, preferiblemente entre 20 y 40 mm.

El objetivo se logra además mediante una disposición de al menos un modulador acústico-óptico de acuerdo con lo divulgado en el presente documento y al menos un electrodo. Se forma un espacio entre la superficie de dicho

modulador acústico-óptico y dicho electrodo en el que se puede introducir un medio. El electrodo comprende al menos un recubrimiento parcial, preferiblemente un recubrimiento completo, con cristales de dispersión Raman, en particular diamante.

5 Preferiblemente, la disposición comprende un modulador acústico-óptico en forma de anillo como se describe en el presente documento y al menos un electrodo dispuesto dentro de dicho modulador acústico-óptico en forma de anillo.

Se entiende, pero no se limita al mismo, que los fotones presentes en tal disposición de un modulador acústico-óptico en forma de anillo son reflejados y dispersados por la superficie del elemento acústico-óptico y al menos parcialmente permanecen confinados en el espacio entre dichas superficies, es decir, el lumen dentro del modulador acústico-óptico en forma de anillo, lo que aumenta la probabilidad de interacción de los fotones con el medio a tratar. Además, pueden producirse cambios de longitud de onda y variaciones del pulso fotónico debido a diversos fenómenos físicos, lo que conduce a una amplia gama de posibles reacciones fotoquímicas en el medio a tratar y mejora aún más la eficiencia del tratamiento.

En el contexto de la presente especificación, el término lumen se refiere al volumen disponible para un medio a tratar dentro de un espacio al menos parcialmente definido o limitado por uno o más moduladores acústico-ópticos como se describe en el presente documento.

El objetivo se soluciona además mediante un dispositivo para el tratamiento de un medio, en particular aire. El dispositivo comprende al menos una disposición como se divulga en el presente documento y una cámara de tratamiento. La cámara de tratamiento define un lumen y comprende al menos una disposición de un modulador acústico-óptico y un electrodo. La cámara de tratamiento comprende además una entrada en comunicación fluida con el lumen y que comprende una primera abertura próxima a un primer extremo de la cámara de tratamiento y una salida en comunicación fluida con el lumen y que comprende una segunda abertura próxima a un segundo extremo de la cámara de tratamiento. Existe una vía de flujo entre la entrada y la salida que pasa a través del lumen.

Aunque no se desea limitarse a una teoría específica, se considera que la naturaleza de las partículas y la radiación electromagnética que se van a confinar en la cámara de tratamiento es muy diversa, incluyendo iones, electrones, microondas, ondas acústicas, ondas de Alfvén, y/o radiación electromagnética que va desde luz infrarroja (IR) hasta luz ultravioleta (UV). El confinamiento y la reflexión del plasma en la cámara de tratamiento conducen a la formación de numerosos filamentos láser de pulsaciones cortas de alta energía, que son absorbidos por el medio o las sustancias contenidas en él y efectúan el tratamiento del medio. La capacidad de devolver la mayoría de estas partículas y ondas al interior de la cámara de tratamiento probablemente determina el rendimiento del sistema. Por tanto, es necesario evitar fugas en la cámara de tratamiento que serían una fuente de perturbaciones electromagnéticas y tener paredes resistentes a la degradación, en particular resistentes a la descomposición por la luz ultravioleta.

En particular, el dispositivo comprende un modulador acústico-óptico en forma de anillo con un eje longitudinal que es sustancialmente paralelo a la dirección de flujo promedio del medio a tratar a través de la cámara de tratamiento.

Un dispositivo de este tipo tiene la ventaja de que el tratamiento conseguido del medio es energéticamente eficiente. Un dispositivo de este tipo puede incorporarse a sistemas de ventilación y/o de aire acondicionado, pero también puede utilizarse como dispositivo autónomo, en particular para el tratamiento del aire.

En una realización preferida del dispositivo divulgado en el presente documento, la cámara de tratamiento comprende una estructura de amplificación, en particular una estructura de amplificación perforada. La estructura de amplificación está formada de forma cónica en la dirección media del flujo del medio. Preferiblemente, la estructura de amplificación está formada como una epicicloide. La estructura de amplificación comprende al menos un recubrimiento de diamante parcial, preferiblemente completo.

El término perforado tal como se utiliza en el presente documento se refiere a aberturas en la estructura de amplificación a través de las cuales puede pasar aire y/o plasma.

La forma cónica de la estructura de amplificación tiene la ventaja de que el flujo del medio gaseoso se dirige a una o más salidas de la cámara de tratamiento, lo que aumenta la densidad del plasma, es decir, el número de partículas cargadas en el plasma, aguas abajo de la estructura de amplificación y por tanto el efecto del tratamiento.

En una realización preferida del dispositivo divulgado en el presente documento, la superficie del elemento acústico-óptico del modulador acústico-óptico en forma de anillo está formada como una epicicloide de acuerdo con la estructura de amplificación.

50 Tal estructura tiene la ventaja de que la superficie del modulador acústico-óptico y la radiación electromagnética que incide sobre la superficie del modulador acústico-óptico se dispersan de manera óptima, lo que conduce a un efecto de tratamiento mejorado.

Preferiblemente, se puede aplicar un voltaje a la estructura de amplificación de tal manera que la estructura de amplificación funcione como un contraelectrodo para el electrodo comprendido en la cámara de tratamiento, en

particular de tal manera que el electrodo funcione como un cátodo y la estructura de amplificación funciona como un ánodo.

- 5 En una realización preferida del dispositivo aquí divulgado, el modulador acústico-óptico está dispuesto en la pared interior de dicha cámara de tratamiento. En esta realización, el lumen se inunda de luz durante el funcionamiento previsto del dispositivo para permitir el tratamiento continuo de dicho medio que fluye a través de la cámara de tratamiento.

Esto tiene la ventaja de que se trata todo el medio introducido en la cámara de tratamiento.

En una realización preferida, el dispositivo divulgado en el presente documento está configurado para el tratamiento de un medio gaseoso y comprende además medios para introducir un líquido en la corriente de gas a tratar.

- 10 Preferiblemente, dicho líquido se introduce en forma de gotitas con un diámetro comprendido entre 8 y 12 micrómetros.

Sin desear estar ligado a ninguna teoría, actualmente se supone que el impacto de pulsos electromagnéticos sobre la superficie de las gotitas de líquido conduce a un gradiente de presión en las respectivas gotitas, lo que finalmente conduce a la implosión de las gotitas y la emisión de una onda de choque, que a su vez acelera las moléculas y/o partículas, por ejemplo, electrones, presentes en la cámara de tratamiento.

- 15 Inyectando gotitas del rango de tamaño especificado se puede optimizar el efecto y el tratamiento del medio se vuelve especialmente eficaz.

El objetivo se logra además mediante el uso de un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento, en particular en un dispositivo como se divulga en el presente documento, para el tratamiento de un medio, en particular aire.

- 20 El objetivo se logra además mediante el uso de un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento, en particular en un dispositivo como se divulga en el presente documento, para acortar la duración del pulso de luz y/o aumentar la energía de los fotones que inciden en el medio acústico-óptico.

- 25 El objetivo se logra además mediante el uso de un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento, en particular en un dispositivo como se divulga en el presente documento, para la síntesis de moléculas orgánicas.

En particular, dichas moléculas orgánicas pueden ser aminoácidos, que preferiblemente se sintetizan al menos parcialmente usando gases de combustión seleccionados del grupo que consiste en dióxido de carbono y óxidos nitrosos.

- 30 El objetivo se logra además mediante el uso de un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento, en particular en un dispositivo como se divulga en el presente documento, para la producción de hidrógeno a partir de agua, alcoholes y/o hidrocarburos.

La invención se explica con más detalle por medio de figuras, en las que se utilizan números de referencia similares para referirse a elementos iguales o similares.

Figura 1:

- 35 Ilustración en perspectiva de un modulador acústico-óptico de acuerdo con la presente invención;

Figura 2:

Estructura en capas de un modulador acústico-óptico a lo largo de la línea discontinua b en la Figura 1;

Figura 3:

- 40 Estructura en capas de otro modulador acústico-óptico a lo largo de la línea discontinua b en la Figura 1 en un estilo de dibujo desglosado;

Figura 4:

Sección longitudinal de una disposición de un modulador acústico-óptico y un electrodo;

Figura 5:

Sección transversal de una disposición de un modulador acústico-óptico y un electrodo;

- 45 Figura 6:

Sección longitudinal de un dispositivo de acuerdo con la presente invención.

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva de un modulador (10) acústico-óptico como se divulga en el presente documento. El modulador (20) acústico-óptico comprende un transductor (20) piezoeléctrico y un elemento (30) acústico-óptico que forma un laminado. En el presente ejemplo, el modulador (10) acústico-óptico está integrado en una carcasa circular de modo que sólo el electrodo (21) del transductor (20) piezoeléctrico que mira en dirección opuesta al elemento (30) acústico-óptico y la superficie (34) del elemento (30) acústico-óptico opuesto al mismo son visibles en esta representación. Una estructura detallada del modulador (10) acústico-óptico a lo largo de la línea discontinua b se describe con más detalle en las Figuras 2 y 3 a continuación. Además, la dirección de flujo promedio del medio (90) a tratar se indica mediante la línea discontinua a.

La Figura 2 muestra esquemáticamente la estructura en capas de un modulador (10) acústico-óptico como una sección transversal a lo largo de la línea discontinua b. Comenzando desde la superficie (34) del elemento (30) acústico-óptico frente al medio a tratar y en dirección al transductor (20) piezoeléctrico, la secuencia de materiales en esta realización del modulador (10) acústico-óptico inicialmente consta de una estructura doblemente periódica de un tejido de fibra (31) de vidrio y una silicona (32) óptica, que juntos forman el elemento (30) acústico-óptico. La preparación de dicho elemento (30) acústico-óptico se describirá con más detalle más adelante. Al elemento (30) acústico-óptico está conectado directamente un primer electrodo (22), electrodo que consiste, por ejemplo, en un trozo de lámina de aluminio habitual en los hogares con un espesor de aproximadamente 15 micrómetros. El primer electrodo (22) está conectado con un material (23) dieléctrico a través de un elemento (25) de contacto, que se compone, por ejemplo, de un tejido de fibra de vidrio. El material (23) dieléctrico del transductor (20) piezoeléctrico puede ser una mezcla de, por ejemplo, cera de carnauba, colofonia y cera de abejas. La secuencia adicional de materiales en el modulador (10) acústico-óptico consta de un elemento (24) de contacto adicional y un segundo electrodo (21), en el que los materiales utilizados para estos elementos (21, 24) pueden ser iguales o diferentes de los del primer electrodo (22) y del primer elemento (25) de contacto. El segundo electrodo (21) y la superficie (34) del elemento (30) acústico-óptico están ubicados en lados opuestos del modulador (10) acústico-óptico, en otras palabras, el segundo electrodo (21) y la superficie (24) forman las dos capas más exteriores del laminado.

La Figura 3 muestra otra realización de un modulador (10) acústico-óptico en un estilo de dibujo desglosado desde el cual se puede apreciar aún más la estructura en capas del modulador (10) acústico-óptico. En particular, la Figura 3 ilustra esquemáticamente la capa (30) de elemento acústico-óptico que comprende un tejido (31) en el que los hilos están hechos de un material dieléctrico. Los hilos forman una estructura doblemente periódica, en la que las brechas entre los hilos se rellenan con un material (32) dieléctrico, en particular una resina dieléctrica, que presenta un índice de refracción diferente del índice de refracción del material utilizado para preparar el textil (31) con la estructura doblemente periódica. En el presente ejemplo, la resina (32) dieléctrica utilizada para impregnar y rellenar el textil (31) comprende además cristales (33) de dispersión Raman dispersos en la resina. El elemento (30) acústico-óptico así formado está laminado con un transductor (20) piezoeléctrico que comprende un material (23) dieléctrico intercalado entre dos electrodos (21, 22).

La Figura 4 muestra una sección longitudinal de una disposición (50) de un modulador (10) acústico-óptico y un electrodo (40). En esta representación, la dirección de flujo promedio del medio a tratar estaría sustancialmente en el plano del dibujo (no mostrado). En el presente ejemplo, la disposición (50) tiene forma de anillo, es decir, el modulador (10) acústico-óptico y la estructura (41) amplificadora están dispuestos concéntricamente con electrodos (40) dispuestos entre dicho modulador acústico-óptico en forma de anillo (10) y dicha estructura (41) amplificadora. El espacio (102) entre la superficie (34) de dicho modulador (10) acústico-óptico y dicha estructura (41) amplificadora es donde se produce la interacción entre las moléculas del medio a tratar y el plasma. El medio (90) a tratar ingresa al espacio (102) a través de las entradas (103) de la cámara de tratamiento y sale del espacio (102) a través de las salidas (104) de la cámara de tratamiento. Los electrodos (40) comprenden al menos un recubrimiento de diamante parcial para mejorar el efecto del tratamiento como se describió anteriormente.

La Figura 5 muestra la disposición (50) de la Figura 4, aunque en una vista en sección transversal. En el presente ejemplo, la superficie (34) del modulador (10) acústico-óptico que mira hacia el espacio (102) de tratamiento está formada como una epicicloide de acuerdo con la estructura (41) de amplificación. Sin desear quedar ligado a ninguna teoría, se supone que al formar la pared lateral de la cámara de tratamiento, es decir, la superficie (34) del modulador (10) acústico-óptico, de forma parabólica, las ondas acústicas pueden dispersarse y reflejarse eficazmente en el interior de la cámara de tratamiento. De esta manera, se puede mejorar el efecto del tratamiento.

La Figura 6 muestra una sección longitudinal de un dispositivo (100) como se divulga en el documento WO 2012/028687, pero con un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento. El dispositivo (100) para el tratamiento de un medio (90), en particular aire (91), comprende al menos una disposición (50) de un modulador (10) acústico-óptico y un electrodo (40) en una cámara (101) de tratamiento que define un lumen (102), una entrada (103) en comunicación fluida con el lumen (102) y una primera abertura proximal a un primer extremo de la cámara (101) de tratamiento, una salida (104) en comunicación fluida con el lumen (102) y una segunda abertura proximal a un segundo extremo de la cámara (101) de tratamiento. El dispositivo comprende además una vía de flujo (a) entre la entrada (103) y la salida (104) y a través del lumen (102).

Antes de entrar en la cámara (101) de tratamiento, el medio (90) gaseoso o líquido a tratar se transporta a un dispositivo (60) generador de plasma por medios externos no mostrados en el dibujo esquemático. Sin embargo, los medios de transporte pueden incluir uno o más ventiladores, por ejemplo. El dispositivo (60) generador de plasma puede ser una

cámara de plasma y comprende preferiblemente un generador para la generación de radiación electromagnética con una frecuencia en el rango de las microondas.

El medio (90) entra en el dispositivo (60) generador de plasma a través de las entradas del dispositivo (61) de plasma. Dentro del dispositivo (60) generador de plasma se genera plasma (1) en el medio (90), es decir, el aire (91) se convierte en plasma (1). Es concebible que el plasma (1) presente una presión atmosférica, es decir, una presión en el intervalo de 0.8 bar a 1.2 bar, y una temperatura en el intervalo de 15 °C a 45 °C. El plasma (1) se transporta a través de las salidas (62) del dispositivo de plasma hacia estructuras (63) dieléctricas que pueden formarse como un tubo de sección transversal circular, rectangular o elíptica. En particular, una estructura de este tipo puede formarse con cualquier sección. El tubo comprende además preferiblemente sílice o está recubierto con sílice. Dichos tubos (63) de sílice fundida permiten transportar el plasma (1) formado en el dispositivo (60) generador de plasma hacia las entradas (103) de la cámara de tratamiento y la cámara (101) de tratamiento, respectivamente. Esto tiene el efecto de acelerar al menos una fracción de los electrones en el plasma (1). Los tubos (63) de sílice fundida tienen una sección que se estrecha en la dirección de flujo (a) del medio, lo que significa que la sección transversal de flujo del tubo disminuye al menos en una sección del tubo en la dirección de flujo del medio. Esto se utiliza para crear turbulencias en el flujo del medio y en el plasma, lo que contribuye a la "mezcla" del plasma (1). Por lo tanto, se puede lograr un efecto sinérgico, manteniendo el plasma (1) durante una mayor longitud y modificando el plasma (1), extendiendo así el tiempo que el plasma (1) puede reaccionar con el medio (90). Sin querer limitarse a ninguna teoría, se supone además que al menos una fracción de los electrones del plasma se acelera a velocidades más altas mediante una onda superficial en la estructura (63) dieléctrica, lo que también conduce a un tratamiento mejorado.

En la cámara (101) de tratamiento, el modulador (10) acústico-óptico está dispuesto en la pared (105) interior de dicha cámara (101) de tratamiento, en el que el volumen (102) existente entre el modulador (10) acústico-óptico, es decir, el lumen (102), comprende una pluralidad de electrodos (40). Los electrodos (40) están recubiertos preferentemente con un revestimiento completo de diamante. Se aplica un voltaje entre 4 y 17 kV entre los electrodos (40) con una fuente de alimentación (no mostrada). Preferiblemente el voltaje aplicado entre dichos electrodos (40) está entre 8 y 12 kV. Esto tiene el efecto de apoyar la generación de plasma y mantener el plasma (1) presente en la cámara (101) de tratamiento. La cámara (101) de tratamiento permite así aumentar la duración de la interacción entre el plasma (1) y el medio (90), lo que aumenta el efecto del tratamiento y hace que el dispositivo (100) sea más eficiente energéticamente.

Una ventaja adicional de la cámara (101) de tratamiento divulgada en el presente documento es la amplificación del número de fotones, es decir, las especies de fotones del plasma, durante el funcionamiento previsto del dispositivo (100). En otras palabras, la cámara (101) de tratamiento está inundada con plasma (1) que interactúa con contaminantes tales como microbios transportados por el aire o toxinas químicas y, por tanto, reduce la cantidad de dichos contaminantes en el plasma (1). Por lo tanto, el plasma (1) que sale por las salidas de la cámara (104) de tratamiento contiene una menor cantidad de contaminantes. En particular, el dispositivo (100) como se describe en el presente documento permite el tratamiento continuo de dicho medio (90) que fluye a través de la cámara (101) de tratamiento. Preferiblemente, la pared (105) interior de la cámara (101) de tratamiento comprende un revestimiento de diamante.

En el presente ejemplo, comenzando desde las entradas (103) de la cámara de tratamiento y moviéndose en la dirección de flujo (a) del medio (90), la pared (105) interior tiene una primera sección con una superficie sustancialmente curva y una segunda sección con una superficie aplanada formada por la superficie orientada hacia el lumen del elemento (34) acústico-óptico del modulador (10) acústico-óptico. La cámara (101) de tratamiento comprende además una estructura (41) de amplificación en forma de epicicloide y una estructura cilíndrica (no mostrada) dispuesta en el volumen encerrado por la estructura (41) de amplificación. La estructura (41) de amplificación y la estructura cilíndrica presentan cada una un revestimiento de diamante.

En una realización preferida, el dispositivo (100) divulgado en el presente documento está configurado para el tratamiento de un medio (91) gaseoso y comprende además medios para introducir un líquido (92) en la corriente de gas a tratar (no mostrado).

A continuación se describe un método para preparar un modulador acústico-óptico como se divulga en el presente documento. El método para preparar el modulador acústico-óptico comprende las etapas de: i) proporcionar un molde que comprende un primer electrodo y un segundo electrodo, dichos electrodos están separados y definen cada uno una pared de dicho molde; ii) opcionalmente, proporcionar dos elementos de contacto, uno a cada lado de los electrodos uno frente al otro; iii) Conectar dichos electrodos a una fuente de voltaje; iv) Proporcionar un primer material dieléctrico en estado fundido; v) Llenar dicho molde con el primer material dieléctrico fundido; vi) Aplicar un voltaje CC a los dos electrodos; vii) mantener este voltaje durante el enfriamiento del primer material dieléctrico, al menos hasta la completa solidificación del primer material dieléctrico fundido; viii) Proporcionar un textil hecho de un material dieléctrico, en el que dicho textil comprende una estructura doblemente periódica; y ix) Impregnar dicho textil con un material dieléctrico que tiene un índice de refracción diferente al del material dieléctrico textil.

Como los electretos atraerán partículas de polvo cargadas y diversos iones al aire libre y perderán rápidamente su electrificación, los electretos deben almacenarse herméticamente protegidos, por ejemplo, en un lugar cerrado envuelto en papel de aluminio.

Por lo tanto, se prefiere que el material dieléctrico esté cubierto tanto como sea posible por los electrodos en el transductor piezoeléctrico y que el contacto entre el material dieléctrico y los electrodos sea lo más grande posible.

Preferiblemente, el electreto se fabrica en un molde que posteriormente formará parte del dispositivo que comprende el modulador acústico-óptico.

- 5 Al fabricar el electreto, es decir, el primer material dieléctrico después de la polarización en el campo eléctrico, directamente en un molde que comprende esencialmente las dimensiones deseadas del transductor piezoeléctrico final, no es necesario separar el electreto de los electrodos después de su fabricación, lo que le permite mantener especialmente bien su electrización.

- 10 También es concebible que el primer material dieléctrico fundido se vierta en un molde que descansa sobre un trozo de lámina de aluminio colocado sobre un electrodo metálico aislado. Se coloca un segundo trozo de papel de aluminio encima del molde que contiene la masa fundida y se coloca un electrodo de cubierta sobre el papel de aluminio.

- 15 Después de llenar el molde con la masa fundida, se aplica un alto voltaje entre los dos electrodos y el primer material dieléctrico se deja enfriar durante aproximadamente 1 h bajo la influencia del voltaje eléctrico aplicado hasta que el primer material dieléctrico esté completamente sólido. A continuación se corta la tensión y, si es necesario, se puede retirar del molde el electreto así obtenido.

Preferiblemente, la conexión del tejido proporcionado que tiene una estructura doblemente periódica con el transductor piezoeléctrico se establece en la etapa de impregnación.

- 20 Por ejemplo, es concebible colocar un tejido de fibra de vidrio, que tenga esencialmente las mismas dimensiones que la superficie de contacto del transductor piezoeléctrico a cubrir por el elemento acústico-óptico, sobre dicha superficie de contacto e impregnar dicho tejido de fibra de vidrio con silicona óptica antes y/o después.

Si es necesario, el tejido de fibra de vidrio también se puede fijar a una porción de la superficie de contacto o sobre toda la superficie de contacto del transductor piezoeléctrico antes de la etapa de impregnación, por ejemplo con una silicona de montaje.

- 25 Esto tiene la ventaja de que el textil se puede fijar de forma rápida y segura en la forma deseada, por ejemplo, si la forma del transductor piezoeléctrico no es plana, si el modulador acústico-óptico se fabrica en diferentes estaciones entre las que se encuentran los productos semiacabados que se deben transportar o si la geometría del modulador acústico-óptico requiere que el tejido se sujete contra la gravedad. En este caso, la impregnación propiamente dicha del tejido de fibra de vidrio con el material dieléctrico adicional, por ejemplo, una silicona óptica, se realiza en una etapa posterior.

- 30 En una realización preferida, los cristales de dispersión Raman, por ejemplo, se añaden nanopartículas de diamante al material dieléctrico utilizado para impregnar el textil. En este caso, es aconsejable incorporar estas partículas al material dieléctrico, por ejemplo, una silicona óptica, antes de la etapa de impregnación para lograr una dispersión coloidal homogénea de dichos cristales de dispersión Raman en dicho material dieléctrico.

- 35 Dependiendo del material dieléctrico utilizado para la impregnación del textil, es preferible reticular el material dieléctrico para lograr una mayor resistencia mecánica del elemento acústico-óptico y/o una adhesión mejorada entre el material dieléctrico y el textil. La reticulación se puede realizar, por ejemplo, mediante radiación ultravioleta, en cuyo caso la resina de material dieléctrico utilizada para la impregnación comprende preferiblemente un fotoiniciador y/o el textil se trata con un compuesto que contiene fotoiniciador antes de la impregnación.

REIVINDICACIONES

1. Un modulador (10) acústico-óptico, en particular para un dispositivo (100) para el tratamiento de un medio (90), preferentemente aire (91), el modulador acústico-óptico comprende:

- Un transductor (20) piezoeléctrico con un primer electrodo (21), un segundo electrodo (22) y un material (23) dieléctrico dispuesto entre y en contacto con dichos electrodos (21, 22); y

- un elemento (30) acústico-óptico que comprende al menos dos materiales (31, 32) dieléctricos adicionales con índices de refracción mutuamente diferentes;

en el que dicho transductor (20) piezoeléctrico y dicho elemento (30) acústico-óptico están laminados juntos, caracterizado porque al menos uno de dichos materiales (31, 32) dieléctricos adicionales de dicho elemento (30) acústico-óptico es un tejido dieléctrico que tiene una estructura doblemente periódica.

2. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material del primer electrodo (21) y/o el segundo electrodo (21) se selecciona de metal, carbón activado, grafeno y polímeros iónicos, preferiblemente el primero y/o el segundo material del electrodo está hecho de lámina de aluminio con un espesor de entre 4 y 100 μm , más preferiblemente de entre 4 y 20 μm .

3. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicho material (23) dieléctrico del transductor (20) piezoeléctrico comprende al menos una cera natural seleccionada del grupo que consiste en carnauba, colofonia, caña de azúcar, éster de glicerol de colofonia de madera, lanolina, goma laca, sebo, montan, ozocerita, espermaceti, cera de abejas, ouricury, Japón, arándano, candelilla, chino, insecto chino y combinaciones de los mismos, preferiblemente dicho material dieléctrico se selecciona del grupo que consiste en carnauba, colofonia, cera de abejas y combinaciones de los mismos.

4. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicho material (23) dieléctrico del transductor (20) piezoeléctrico se selecciona del grupo que consiste en ZnO, LiNb₃, LiTaO₃, SiO₂, cuarzo, TiO₂, Si, SiN, AlN, GaN y SrTiO₃.

5. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el transductor piezoeléctrico comprende adicionalmente dos elementos (24, 25) de contacto, uno a cada lado de los electrodos (21, 22) enfrentados entre sí, en el que los electrodos (21, 22) están conectados al material (23) dieléctrico a través de dichos elementos (24, 25) de contacto, en el que preferiblemente al menos uno de dichos elementos (24, 25) de contacto, más preferiblemente ambos elementos (24, 25) de contacto, comprende un tejido dieléctrico, preferentemente un tejido de fibra de vidrio.

6. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento (30) acústico-óptico comprende un tejido de fibra de vidrio impregnado con una resina de silicona.

7. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicha resina de silicona comprende al menos un tipo de cristales (33) de dispersión Raman, seleccionados preferiblemente del grupo que consiste en diamante, corindón y/o cuarzo.

8. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el contenido de dichos cristales (33) de dispersión Raman en la silicona está entre 0.1 y 2 por ciento en peso y/o el tamaño de dichos cristales (33) de dispersión Raman está entre 4 y 1000 nm, preferiblemente entre 8 y 170 nm.

9. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que la superficie (34) de dicho elemento (30) acústico-óptico está configurada para formar un espejo de plasma que comprende SiO₂ y/o SiN_x por la acción de un plasma que comprende oxígeno y/o nitrógeno sobre la silicona en dicha superficie.

10. El modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor total del laminado que consiste en el transductor (20) piezoeléctrico y el elemento (30) acústico-óptico está entre 4 y 80 mm, preferentemente entre 20 y 40 mm.

11. Una disposición (50) de al menos un modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 y al menos un electrodo (40), preferiblemente un modulador (10) acústico-óptico en forma de anillo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 y al menos un electrodo (40) dispuesto dentro de dicho modulador (10) acústico-óptico en forma de anillo, en el que se forma un espacio entre la superficie de dicho modulador (10) acústico-óptico y dicho electrodo (40) en el que se puede introducir un medio (90), en el que dicho electrodo (40) comprende al menos un recubrimiento parcial, preferiblemente un recubrimiento completo, con cristales (33) de dispersión Raman, en particular diamante.

12. Un dispositivo (100) para el tratamiento de un medio (90), en particular aire (91), el dispositivo (100) comprende al menos una disposición (50) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el dispositivo (100) comprende además: una cámara (101) de tratamiento que define un lumen (102); una entrada (103) en comunicación fluida con el lumen (102) y que comprende una primera abertura proximal a un primer extremo de la cámara (101) de tratamiento; una

salida (104) en comunicación fluida con el lumen (102) y que comprende una segunda abertura proximal a un segundo extremo de la cámara (101) de tratamiento; y una vía de flujo (a) entre la entrada (103) y la salida (104) y a través del lumen (102).

- 5 13. El dispositivo (100) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho modulador (10) acústico-óptico está dispuesto en la pared (105) interior de dicha cámara (101) de tratamiento, en el que el lumen se inunda con luz durante el funcionamiento previsto del dispositivo (100) para permitir el tratamiento continuo de dicho medio (90) que fluye a través de la cámara (101) de tratamiento.
- 10 14. El dispositivo (100) de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en el que el dispositivo (100) está configurado para el tratamiento de un medio (91) gaseoso y porque el dispositivo (100) comprende además medios para introducir un líquido (92) en la corriente de gas a tratar, preferentemente dicho líquido (92) se introduce en forma de gotitas con un diámetro entre 8 y 12 micrómetros.
- 15 15. Uso de un modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en particular en un dispositivo (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, para el tratamiento de un medio (90), en particular aire (91).
- 15 16. Uso de un modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en particular en un dispositivo (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, para acortar la duración del impulso luminoso y/o aumentar la energía de los fotones incidentes sobre el elemento (30) acústico-óptico.
- 20 17. Uso de un modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en particular en un dispositivo (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, para la síntesis de moléculas orgánicas, en particular aminoácidos, utilizando preferentemente gases de combustión seleccionados del grupo formado por dióxido de carbono y óxidos nitrosos.
- 25 18. Uso de un modulador (10) acústico-óptico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en particular en un dispositivo (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, para la producción de hidrógeno a partir de agua, alcoholes y /o hidrocarburos.

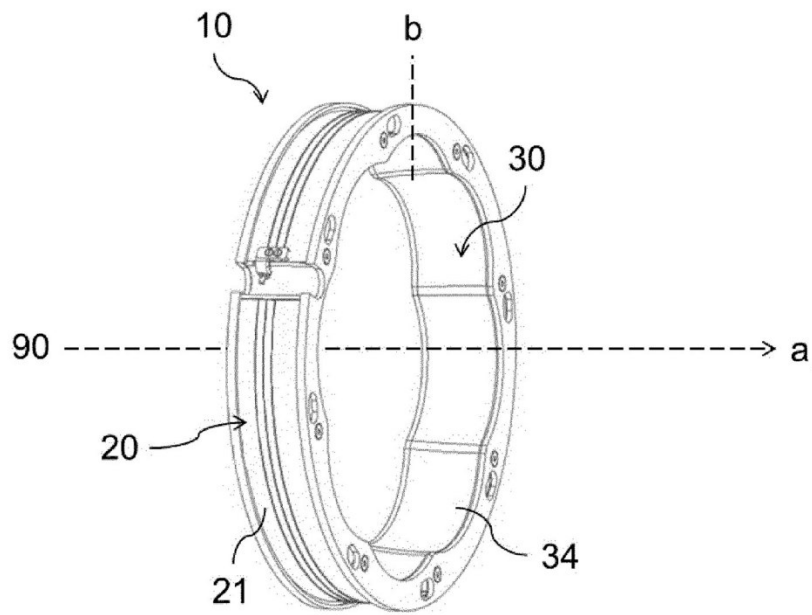


Figura 1

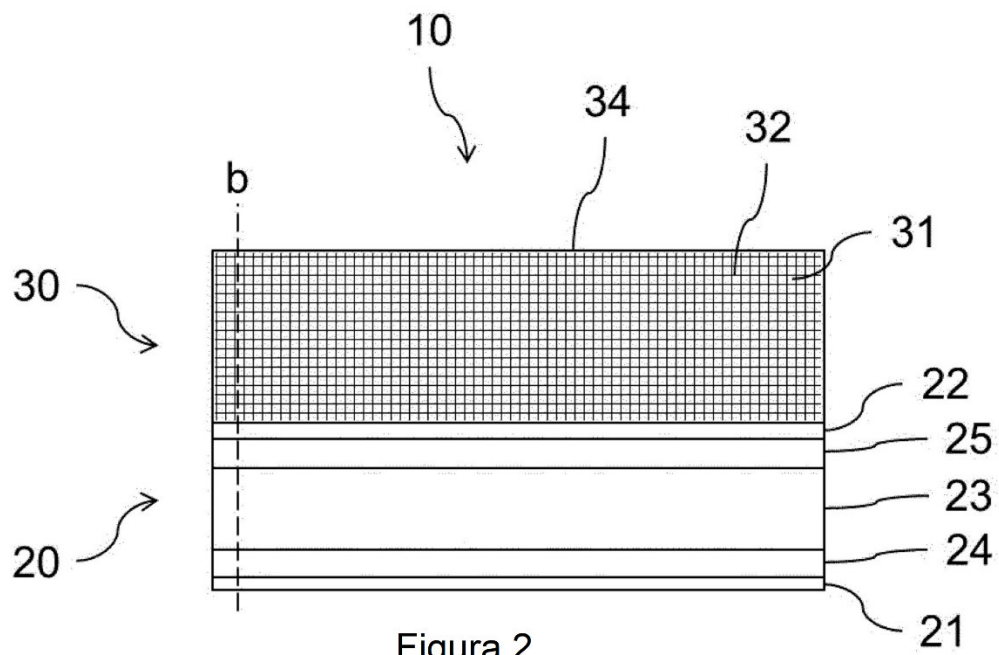


Figura 2

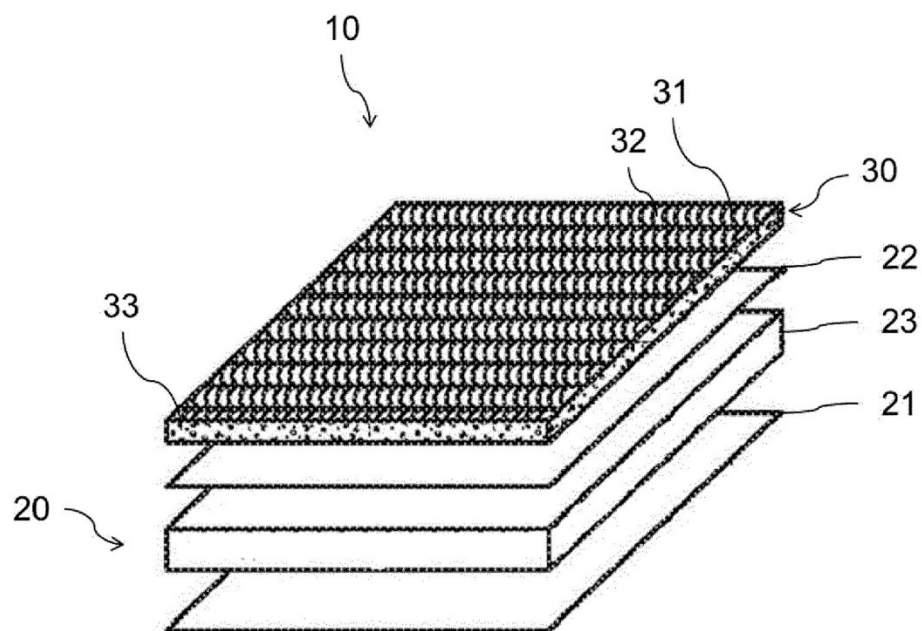


Figura 3

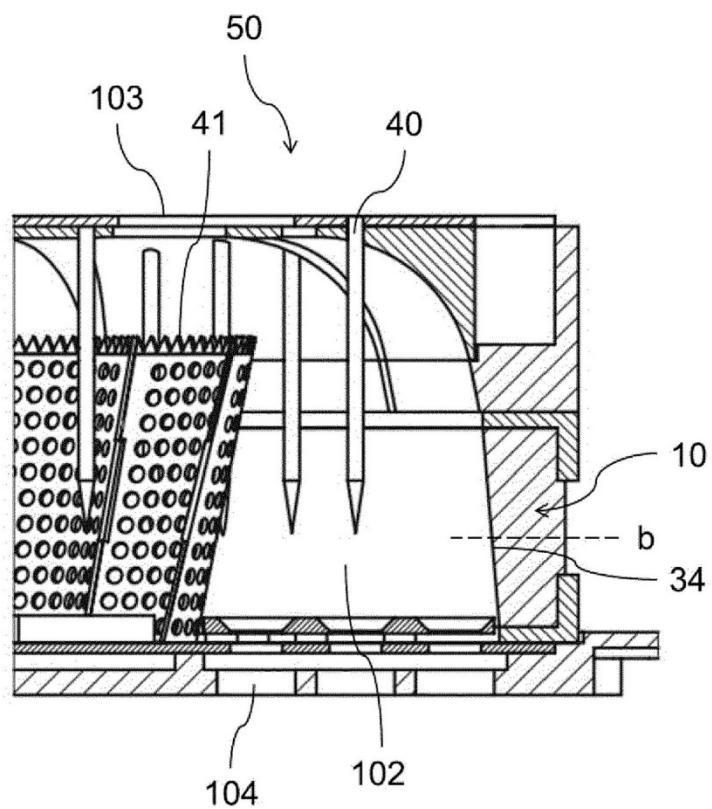


Figura 4

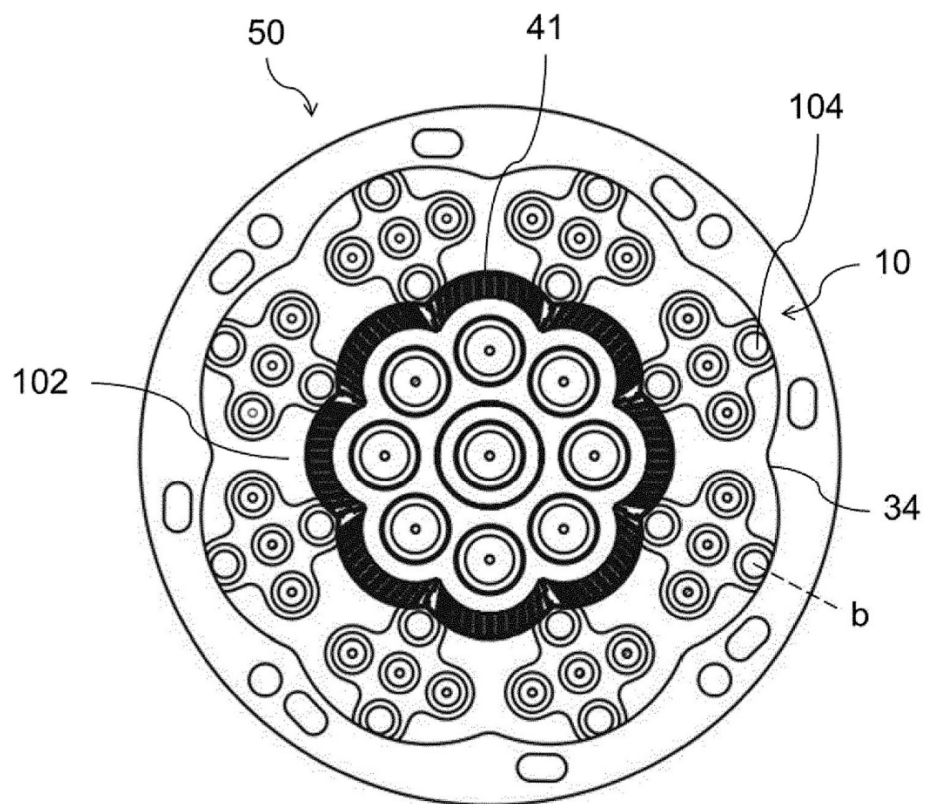


Figura 5

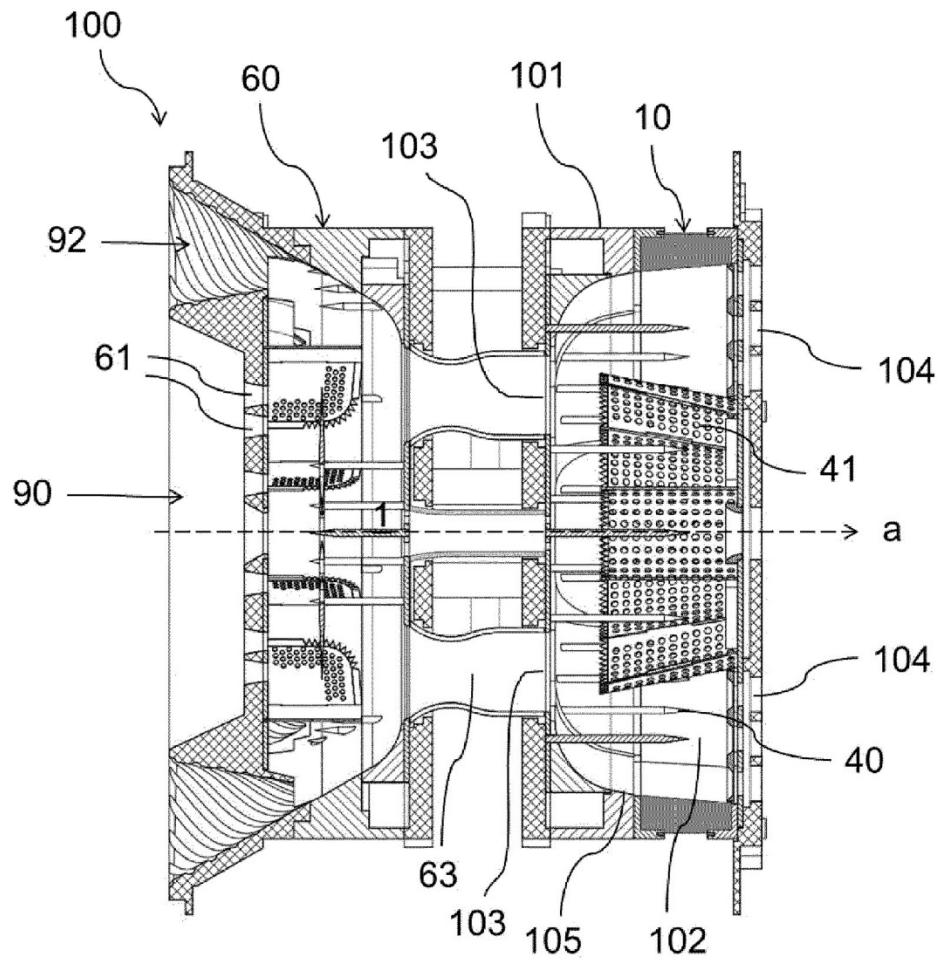


Figura 6