

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 141**

51 Int. Cl.:

H01J 61/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2016** **E 16002252 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018** **EP 3168860**

54 Título: **Dispositivo y método de producción de radiación**

30 Prioridad:

16.11.2015 CZ 20150815

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

08.07.2019

73 Titular/es:

TOMAS BATA UNIVERSITY IN ZLÍN (50.0%)
Nám. T. G. Masaryka 5555
76001 Zlín, CZ y
INSTITUT "JOZEF STEFAN" (50.0%)

72 Inventor/es:

LEHOCKÝ, MARIÁN;
STLOUKAL, PETR;
SEDLARÍK, VLADIMÍR;
HUMPOLÍČEK, PETR;
VESEL, ALENKA;
MOZETIC, MIRAN;
ZAPLOTNIK, ROK y
PRIMC, GREGOR

74 Agente/Representante:

DE PABLOS RIBA, Juan Ramón

ES 2 719 141 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).

DISPOSITIVO Y MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE RADIACIÓN

Descripción

5

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención está relacionada con un dispositivo de producción de radiación ultravioleta (UV), así como con un método de producción de tal radiación UV. En concreto es la radiación UVA y UVB con una cantidad insignificante de radiación en el espectro visible e infrarrojo. El dispositivo y el método de producción de radiación UV de conformidad con la presente invención se pueden aplicar en muchos tratamientos de materiales, tales como en la destrucción de bacterias, de virus, de esporas, de hongos y en la posible esterilización de materiales sensibles al calor, así como en el curado por UV de capas finas de materiales sensibles al calor.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Los efectos de la radiación UV se están usando a día de hoy para varias aplicaciones, tales como la activación de materiales poliméricos que se utilizan previamente a la pintura, a la impresión, al encolado o a la deposición de varios revestimientos, la esterilización de diferentes objetos, incluyendo dispositivos y componentes que se utilizan en la práctica médica, y la cura de polímeros con el fin de mejorar la resistencia al rayado. Dependiendo de la aplicación en concreto, el espectro adecuado de la radiación UV podría ser UVA (desde unos 320 a unos 400 nm), UVB (desde unos 280 a unos 320 nm), UVC (desde unos 200 a unos 280 nm) o la combinación de dos o más tipos de radiación UV. La radiación a una longitud de onda menor se llama VUV (vacío ultravioleta).

20

25

Otra clasificación divide la radiación UV a UV cercano (300 – 400 nm), UV medio (200 – 300 nm), UV lejano (122 – 200 nm) y UV extremo (desde 10 hasta 122 nm).

30

35

Muchos usos prácticos utilizan la radiación UV cercana (UVA y una parte de la UVB) puesto que la energía fotónica no permite que las moléculas de oxígeno se disocien en el aire y que por consiguiente se produzca un ozono nocivo. Por otra parte, los mejores efectos germicidas se obtienen usando el espectro de UV medio (UVC y B), mientras que la cura de las películas finas poliméricas se consiguen utilizando tanto una radiación UV de espectro cercano o medio. La radiación en el espectro UV lejano y en el espectro VUV se limita en la práctica, ya que las moléculas de aire absorben la radiación. Además, los materiales económicos para las bombillas UV como el vidrio de cuarzo son sólo transparentes para las longitudes de onda por encima de unos 200 nm. Para todas las aplicaciones mencionadas, la solución ideal sería un lámpara con una alta eficiencia energética y un amplio continuo de radiación UV que cubra tanto el espectro UVA como el espectro UVB, y al menos una parte del espectro UVC. Además,

40

la fuente ideal tendrá una vida útil prolongada, la cual a día de hoy está limitada a unas pocas 1000 horas para las lámparas de mercurio estándar.

Las lámparas UV clásicas utilizan vapor de mercurio. El mercurio se evapora utilizando un método apropiado y se excita al pasar la corriente eléctrica a través del vapor de mercurio.

5 Los átomos de mercurio excitados se relajan hasta quedarse en un estado de reposo mediante la radiación emitida por dipolos eléctricos, de manera que producen una radiación bastante intensa tanto en un rango visible como en un rango ultravioleta (UV) del espectro. A día de hoy las lámparas de mercurio son muy utilizadas, a pesar del hecho de que representan un peligro para el medio ambiente si las bombillas utilizadas no se eliminan correctamente. Otra
10 desventaja de las lámparas de mercurio es la eficiencia energética, ya que sólo se transmite una pequeña parte de la energía a la radiación UV. La mayoría de la energía se gasta para calentar la bombilla y una parte importante también para la radiación en el espectro visible.

Por lo tanto, existe la necesidad de que se optimicen las fuentes de luz UV para que sean ecológicamente favorables y para que tengan una alta eficiencia energética. Dispositivos
15 novedosos como las fuentes de radiación UV han sido sujetos de numerosas solicitudes de patentes, así como de patentes concedidas.

El primer grupo de fuentes de luz UV innovadoras se basa en herramientas sólidas emisoras, tales como el diodo emisor de luz (LED) o el revestimiento fluorescente.

Por ejemplo, la patente publicada CN 102563453 divulga un dispositivo complejo que
20 es adecuado para emitir radiación UV en un espectro amplio de longitudes de onda. La fuente de luz tiene uno o más emisores UV en estado sólido para emitir luz en longitudes de onda únicas en un espectro de entre 240 y 400 nm. La luz que emite cada uno de los emisores tiene un ancho de banda del orden de 10-20 nm y se dirige hacia un material sólido. Los emisores UV están encerrados en una carcasa que se puede unir a cualquier material que tenga
25 sensores. La desventaja de tal fuente de luz UV reside principalmente en el hecho de que su intensidad disminuye durante el tiempo de uso.

También se encuentra la fuente de luz UV china que se divulga en la realización del modelo de utilidad CN202501224 de una fuente de luz de un diodo emisor de luz ultravioleta (LED UV) que se utiliza para resolver con gran eficiencia un problema de disipación del calor
30 de un circuito de LED UV. La fuente de LED UV incluye un sustrato de fijación, el circuito de LED UV y un aparato de refrigeración por agua. El sustrato de fijación se utiliza para arreglar el circuito de LED UV y el aparato de refrigeración por agua. El aparato de refrigeración por agua incluye un canal de conducción del calor de circulación de agua. El circuito de LED UV incluye un módulo de embalaje de LED UV. Un módulo de conducción de calor del módulo de
35 embalaje de LED UV entra en contacto con el canal de conducción de calor de circulación de agua. Dicho tipo de fuente de luz UV muestra la misma desventaja que el anterior, pues su intensidad cae durante el tiempo de uso.

Otra solución protegida es la CN202902229, la cual divulga un radiador de fuente de energía UV inteligente que se compone de una carcasa y de un cuadro de potencia que está
40 instalado dentro de la carcasa. Hay láminas radiantes que están colocadas sobre la superficie

inferior del cuadro de potencia, un ventilador que está colocado sobre la superficie de la lámina radiante y una ranura de ventilación que está guardada dentro de la carcasa. A través de la lámina radiante que está colocada sobre la superficie inferior del cuadro de potencia, del ventilador que está colocado sobre la superficie de la lámina radiante, y de la ranura de ventilación que está guardada dentro de la carcasa, el calor que se genera al accionar la fuente de energía UV se disipa a tiempo por medio de las láminas radiantes y se envía al aire a través del ventilador que está pegado a la superficie de la lámina radiante y a la ranura de ventilación dentro de la carcasa, de manera que la función de refrigeración de la fuente de energía UV mejora y la vida útil de la fuente de energía UV se prolonga. Sin embargo, la fuente de energía UV descrita es bastante complicada y, además, el tiempo de uso de la descarga individual es limitado.

La patente publicada CN203176741 enseña una fuente libre de mercurio de radiación UV de una vida útil prolongada de unas 10000 horas. El sistema de excitación UV incluye una pistola electrónica que se utiliza para generar un haz de electrones y una pantalla fluorescente, donde la pantalla fluorescente se proporciona con una superficie de pantalla fluorescente translúcida, un polvo fluorescente UV que se utiliza para emitir la radiación UV que está recubierto sobre la superficie de pantalla fluorescente para formar una capa de polvo fluorescente, y la pistola electrónica está situada enfrente de la superficie de pantalla fluorescente. El sistema de excitación UV que aplica el haz de electrones para excitar la fuente de luz UV fluorescente puede proporcionar varios vatios de energía de radiación, y el ancho de pulsos de línea espectral se garantiza por las características del polvo fluorescente. La necesidad de este polvo fluorescente es la principal desventaja de dicha fuente de luz UV.

La patente publicada CN 203288562 enseña una fuente de luz de radiación UV plana que se acciona mediante una matriz de emisores de campo que se compone de una placa anódica. La placa anódica se proporciona con una capa de polvo fluorescente UV y la fuente de luz también se compone de una matriz de cátodo de emisores de campo, que está situada enfrente de la placa anódica. Un haz de electrones se puede generar al aplicar la matriz de cátodo de emisores de campo y el polvo fluorescente UV de la capa de polvo fluorescente UV se puede utilizar para emitir la luz ultravioleta. En comparación con las fuentes de luz UV tradicionales, la fuente de luz de radiación UV plana ofrece las ventajas de que su rendimiento es libre de mercurio, ahorra energía, tiene una vida útil larga y ofrece una buena calidad de iluminación. En comparación con la fuente de luz UV que se acciona con la pistola electrónica de emisión térmica tradicional, la fuente de luz de radiación UV plana ofrece las ventajas de que su apariencia es fina, la fuente de luz se puede utilizar para diferentes propósitos y el diseño de la estructura de la emisión de campo es adecuada para que se produzca a gran escala. La desventaja que presenta es la misma que se observó en la anterior: la necesidad del polvo fluorescente.

La patente publicada WO 2015038433 divulga una fuente de emisión de luz compleja para aplicaciones de curación. La fuente de emisión de luz se compone de una primera carcasa que tiene una pared superior y una o más paredes laterales. La pared superior y una o

más paredes laterales definen un primer cercado que tiene un primer extremo abierto. La fuente de emisión de luz también se compone de una multitud de dispositivos de emisión de luz que están colocados dentro del primer cercado de la primera carcasa. Un lateral de cada uno de la multitud de dispositivos de emisión de luz está orientado hacia fuera desde el primer extremo abierto del primer cercado. La multitud de dispositivos de emisión de luz está configurada para emitir luz desde el primer extremo abierto para producir un área sustancialmente uniforme de iluminación sobre una parte opuesta de una superficie de un objetivo. El dispositivo descrito es bastante complicado y en consecuencia cabe esperar que su uso tenga un tiempo limitado.

La solicitud de patente JP 2009054460 enseña un método para seleccionar un espectro apropiado de radiación UV. La fuente de luz para la irradiación UV se compone de una lámpara de irradiación UV y una película de silicato que absorbe una composición de longitud de onda de una parte de la luz que se genera mediante la lámpara de irradiación UV y que contiene uno o más tipos de óxidos metálicos. La longitud de onda de la luz absorbida puede variar dependiendo de los tipos y de un ratio de composición del metal seleccionado. La desventaja se puede ver en la necesidad de utilizar una película de silicato y en el alcance limitado de la longitud de onda de la luz absorbida dependiendo de los tipos de óxidos metálicos que se utilicen.

Los dispositivos que utilizan fuentes de luz UV sólidas son ventajosos desde el punto de vista de que proporcionan radiación continua. Sin embargo, la desventaja frecuente es que pueden proporcionar radiación UV principalmente con el alcance limitado de las longitudes de onda.

Se puede mencionar aquí un dispositivo ejemplar que proporciona luz desde fuentes de luz que funcionan de conformidad con principios físicos diferentes:

La patente publicada WO2014060592 divulga un dispositivo complejo que se compone de una cámara que tiene varias cámaras de plasma con gas, donde la cámara tiene al menos un área transparente a la luz UV y/o a la luz VUV. Un primer grupo de cámaras de plasma está lleno de un gas ionizable que contiene mercurio y un segundo grupo de cámaras de plasma está lleno de un gas que forma excímeros cuando se excita adecuadamente. Por lo tanto, el dispositivo es adecuado para utilizar la radiación de diferentes átomos que contienen mercurio. A pesar de las ventajas mencionadas anteriormente, la desventaja general del dispositivo descrito es la relación entre el peligro para el medio ambiente con el uso de mercurio.

De forma paralela al grupo descrito anteriormente de fuentes de luz UV que se basan en emisores sólidos, a día de hoy existe otro grupo de fuentes de luz UV que se basan en varios tipos de átomos.

Una solución ejemplar de conformidad con la patente publicada JP2012222260 divulga una fuente de radiación UV con una fuerte radiación en el espectro UV extremo. El dispositivo se compone de un tubo con electrodos positivos y negativos, y una fuente de energía DC adecuada permite la creación de plasma gaseoso dentro del tubo entre los electrodos. El tubo está lleno de átomos predeterminados que se excitan por electrones de plasma y que emiten

luz por radiación emitida por dipolos. La corriente eléctrica a través del dispositivo es grande, de manera que los electrodos se calientan durante su funcionamiento y por eso la refrigeración mediante agua corriente es esencial. El mismo hecho se puede considerar como una clara desventaja de esta fuente de luz UV.

5 La patente publicada WO0109924 divulga una fuente de luz ultravioleta que se compone de una lámpara ultravioleta, de una fuente de energía de microondas para excitar la lámpara ultravioleta mencionada y de un cercado para rodear la lámpara ultravioleta, donde el cercado se compone de una guía de ondas ópticamente transparente. La bombilla ultravioleta no tiene electrodos. La bombilla es parcialmente un tubo de vacío que se compone de un
10 elemento o de una mezcla de elementos en forma de vapor. El mercurio es el elemento preferido pero las alternativas incluyen mezclas de gas inerte con compuestos de mercurio, sodio o azufre. Los halogenuros y las amalgamas también son adecuadas. La clara desventaja de tal lámpara UV reside de nuevo en el uso peligroso del mercurio.

La patente publicada US2012248301 divulga una fuente de ionización de fotoemisión
15 UV-LED. Dicha fuente proporciona la ionización de analitos que incluyen especies moleculares volátiles y residuos orgánicos. La fuente de luz UV-LED produce luz UV de bajo consumo (de 200 nm a 400 nm) que produce electrones de fotoemisión de varias superficies de conducción. Estos electrones de fotoemisión proporcionan una ionización directa e indirecta de analitos que incluyen residuos orgánicos de trazas sin la necesidad de campos eléctricos elevados. La
20 fuente descrita se centra en la destrucción de las moléculas orgánicas de residuos gaseosos residuales. Sin embargo, no permite la cura, por lo que no es adecuada para el curado por UV de las capas finas y otros usos similares.

La patente publicada DE10044655 divulga una fuente de iones que tiene una cámara de ionización y una fuente de luz de excimeros UV/VUV para generar iones por luz directa
25 dentro de un gas de muestra. La fuente de luz está provista de una lámpara de deuterio, de una lámpara de cátodo hueco y micro, de una lámpara puntual micro, de una lámpara de descarga de DC, de una lámpara de descarga de barrera o de una lámpara UV/VUV de haz de electrones, con un cañón de electrones, una membrana entre el cañón de electrones y un espacio de gas que contiene un extraño gas terrestre o una mezcla de gases, y elementos
30 ópticos para representar el volumen de la emisión de luz dentro del espacio de ionización. Este dispositivo, de tal complicada estructura, presenta desventajas teniendo en cuenta también la necesidad del gas terrestre.

La patente publicada KR100832398 divulga una lámpara ultravioleta de circonio sin electrodos y un dispositivo de esterilización de líquidos que se usa con dicha lámpara. Los
35 gérmenes en el agua se desactivan al iluminar rayos ultravioleta que tienen una longitud de onda principal de 262,1nm. Un dispositivo de esterilización de líquidos incluye una parte emisora de rayos ultravioleta plural y un par de dispositivos de resonancia. La parte emisora de rayos ultravioleta incluye una lámpara de rayos ultravioleta y un tubo de protección. El par de dispositivos de resonancia incluye un generador de muy alta frecuencia y guías de ondas.
40 Ambos extremos de la parte del tubo de la lámpara están unidos estrechamente a los agujeros

abiertos del par de dispositivos de resonancia. Un proveedor de aire está instalado sobre la parte superior de una guía de ondas de los dispositivos de resonancia. Un difusor que comunica con la guía de ondas y que tiene una boquilla de difusión que está montada sobre él, está instalado sobre la parte inferior de las guías de ondas. El punto débil del dispositivo en cuanto a su uso es el hecho de que no es capaz de curar estructuras cuadradas o espaciales.

La patente publicada US5191460 divulga una fuente de luz UV que incluye una cápsula sin electrodos de un material que transmite UV lleno de vapor de yodo. Se proporciona un medio de energizar el vapor de yodo en un estado de plasma por un suministro de magnetrón, detríodo de energía o de estado sólido. Se utiliza un circuito para modular el medio energizante para imprimir sobre la descarga de plasma los datos codificados. También hay un medio de filtrado alrededor de la cápsula para filtrar el ruido de fondo del plasma. Las ventajas que ofrecen el método y el aparato son el aumento en la frecuencia del pulso, la conversión fiel de los datos pulsados eléctricamente dentro de los pulsos ópticos con un porcentaje de error bajo, una disminución en las probabilidades de intercepción y una comunicación fuera del alcance visual. La fuente de luz UV descrita es interesante desde el punto de vista de que es un tipo de fuente bastante diferente en comparación con las fuentes mencionadas anteriormente. Sin embargo, su desventaja es el uso del yodo.

La patente publicada DE19613357 divulga una fuente de luz pulsada con una cabeza de lámpara y un contenedor de gases resistente al gas de reacción y a la radiación de luz. Se puede generar una descarga de gas dentro del contenedor. El dispositivo también tiene al menos un primer electrodo, por ejemplo un electrodo catódico o un electrodo principal, formado para proporcionar un área de descarga amplia. El electrodo está hecho de un material resistente química y eléctricamente y está conectado eléctricamente al contenedor de gases. El dispositivo también tiene al menos un segundo electrodo, por ejemplo un electrodo anódico formado para proporcionar un área de descarga amplia y que está conectado eléctricamente a un potencial positivo de una fuente de alto voltaje. Un separador de electrodos, por ejemplo un compartimento de lámpara, se proporciona de tal manera que se forma un área de descarga entre los electrodos cuando la lámpara se puede utilizar. Un dispositivo de encendido automático genera una descarga de gas directa y homogénea entre los electrodos. Un circuito de alto voltaje genera el pulso de alta tensión necesario con un rápido ritmo de aumento. Al menos una ventana de salida de luz, que permite el paso de la luz desde la lámpara y que es químicamente resistente, se proporciona en la pared del compartimento de la lámpara o del contenedor. Un sistema de control monitoriza y regula todos los valores de funcionamiento necesarios de la lámpara y de la recogida de gas. Un llenado de gas o de una mezcla de gases se proporciona para la emisión de luz respectiva. Una variedad de gases son apropiados, preferiblemente gases nobles a una presión de entre 0,1 y 20 bares. La complicada estructura de la solución es evidente.

El artículo "*An optically pumped ultraviolet laser on SO ($B3\Sigma^- - X3\Sigma^-$)*" de H C Miller et al. en Chem. Phys. 181 (2-3), páginas 250-254 (1991; ISSN: 0009-2614), divulga un láser UV con una fuente de radiación basada en moléculas de SO de conformidad con el preámbulo de

la reivindicación número 1. Sin embargo, ahí el SO se crea dentro del tubo láser por el SO mediante irradiación a 193 nm (excímer ArF) y un bombeo adicional con una radiación de 256 nm.

5 Las fuentes de luz UV de conformidad con las patentes citadas anteriormente enseñan métodos o dispositivos que se basan en especies atómicas y que pueden eliminar o reducir algunas de las desventajas que se observan en métodos y dispositivos anteriores, pues pueden proporcionar un alcance más amplio de longitud de onda. Su punto débil es la radiación discreta y su eficiencia, ya que es relativamente baja. Por otra parte, el mayor alcance de longitudes de onda que se alcanzan normalmente incluye la radiación UV compleja con una
10 cierta cantidad de radiación en el espectro visible o cercano infrarrojo, por lo tanto puede ser difícil o imposible evitar el recalentamiento de las superficies tratadas, lo cual no es conveniente, particularmente en lo que respecta a los materiales sensibles al calor.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15 Las desventajas y deficiencias mencionadas anteriormente con respecto a los dispositivos actuales para producir radiación UV prácticamente se reducen o se eliminan al utilizar un dispositivo de producción de radiación ultravioleta (UV) de conformidad con la presente invención. El fundamento de la invención se basa en el hecho de que el dispositivo
20 está provisto de un suministro continuo de moléculas de óxido de azufre con un contenido de electrones libres dentro del tubo luminoso mencionado, de manera que dicho tubo luminoso contiene una cantidad estable de moléculas de óxido de azufre (SO) y una cantidad estable de electrones libres. El dispositivo de conformidad con la invención puede tener el tubo luminoso con una forma lineal y que esté cerrado en sus extremos a través de bridas de vacío que están
25 provistas ya sea de una apertura de entrada o de una apertura de salida para el óxido de azufre con el contenido de electrones libres. El tubo luminoso lineal puede contener un tubo insertado colocado de forma coaxial que pasa a través de al menos una brida de vacío donde las paredes del tubo insertado mencionado son transparentes para la radiación UVA y UVB, y el dispositivo está tan adaptado que el objeto se puede colocar dentro del tubo insertado, dicho
30 objeto está diseñado para el tratamiento por radiación UVA y UVB. Este tubo insertado también puede pasar a través de ambas bridas de vacío opuestas donde los rodillos de transporte están colocados cerca de las bridas de vacío, y dichos rodillos de transporte están adaptados para el movimiento del objeto que tiene una dimensión longitudinal que sobrepasa la dimensión pertinente del dispositivo, dentro del tubo insertado.

35 El dispositivo de conformidad con la invención puede tener más tubos luminosos, de forma ventajosa puede tener un conjunto de tubos luminosos que están adaptados para estar espaciados alrededor del objeto que está diseñado para el tratamiento por radiación UVA y UVB. Los tubos luminosos no sólo pueden ser lineales, sino que también, por ejemplo, pueden tener una forma toroidal.

El dispositivo de conformidad con la invención está provistode forma ventajosa de una cubierta reflectante que está creadaa partir de de un material reflectante de radiación UV.

5 El fundamento del método de conformidad con la invención se basa en los siguientes pasos: el tubo luminoso se llena de moléculas de óxido de azufre (SO) con una cantidad estable de electrones libres, donde las moléculas de SO se suministran y se drenan dentro/fuera del tubo luminoso de tal manera que la presión dentro del tubo luminoso, así como la cantidad de electrones libres permanecen constantes.

10 Durante el método de conformidad con la invención, el tubo luminoso puede contener moléculas de SO a una temperatura comprendida entre 200 y 600 K, preferiblemente entre 300 y 350 K, y con una presión constante comprendida entre 1 y 10000 Pa, preferiblemente entre 30 y 100 Pa. Los electrones libres presentes en el tubo luminoso pueden tener el promedio de energía cinética comprendido entre 0,1 y 10 eV, preferiblemente entre 2 y 8 eV. Estos electrones libres pueden tener una densidad de entre 10^{14} y 10^{18} m^{-3} , preferiblemente entre 10^{15} y 10^{17} m^{-3} .

15 La ventaja principal del dispositivo de conformidad con la invención es la eliminación casi completa del efecto térmico inmediato que es el típico de las fuentes de luz UV actuales y que causa el calentamiento simultáneo del material que se está tratando por radiación UV.

20 La presente invención se distingue de los enfoques comunes en que utiliza moléculas de doble átomo adecuadas para la excitación mediante electrones de baja energía (normalmente entre 2 y 6 eV) y que son capaces de emitir radiación UV al pasar de estar excitados a estar en el estado de reposo. La lista de las moléculas de doble átomo adecuadas es limitada, ya que muchas moléculas como el N_2 , el O_2 , el H_2 , el F_2 , el Cl_2 y similares no cumplen los criterios anteriores debido a las leyes de la mecánica cuántica. La excepción es la molécula de hidrógeno, la cual es capaz de emitir radiación continua si se excita hasta el estado altamente energético, pero la disociación a átomos padre impide la alta eficiencia energética de tales fuentes de luz UV.

25 Específicamente, la mayoría de la energía de electrones se gasta en la disociación y en la ionización de las moléculas, así como en la excitación de los átomos que emiten luz ya sea en el espectro visible (serie de Balmer) o en el espectro UV extremo (serie de Lyman).

30 Para el dispositivo y para el método de conformidad con la invención, las moléculas de óxido de azufre (SO) se utilizan como la fuente de radiación UV intensiva. Una cámara adecuada hecha a partir de un material transparente para la radiación UVA, UVB y UVC (vidrio de cuarzo en la realización preferida) está llena de moléculas de SO que están excitadas por los electrones de baja energía, normalmente con una función de distribución de energía
35 Maxweliana que alcanza su nivel máximo a una energía de unos 4 eV. Tales electrones son capaces de excitar las moléculas de SO a estados radiativos, pero la probabilidad de la disociación por el impacto de electrones a átomos padre es pequeña. La mayoría de la energía de electrones se gasta de este modo para la excitación de las moléculas de SO hasta los estados radiativos más que para la disociación. La eficiencia energética de la fuente de luz UV

de conformidad con la invención es superior en comparación con las fuentes gaseosas de radiación UV conocidas.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las realizaciones ejemplares de la invención se representan utilizando el conjunto de dibujos que se compone de 7 figuras que muestran:

- 10
- Figura 1: un dispositivo de producción de radiación UV de conformidad con la invención apropiado para el tratamiento de objetos pequeños en un proceso por lotes;
 - Figura 2: un dispositivo de producción de radiación UV de conformidad con la invención adecuado para el tratamiento de objetos infinitos en un proceso continuo;
- 15
- Figura 3: un dispositivo de producción de radiación UV de conformidad con la invención determinado para el tratamiento de objetos grandes tanto en un proceso por lotes como en un proceso continuo;
- 20
- Figura 4: una realización alternativa del dispositivo de producción de radiación UV de conformidad con la invención, diseñado para el tratamiento de objetos grandes tanto en un proceso por lotes como en un proceso continuo;
 - Figura 5: espectro - comparativo de una fuente de luz UV comercial para curar polímeros;
- 25
- Figura 6: temperatura - comparativa de una capa fina de un revestimiento curado por UV basado en acrilato depositado sobre la superficie de una lámina de estireno-acrilonitrilo (SAN) mediante un instrumento para capa de impresión tras la curación con una fuente de luz UV comercial para curar polímeros;
- 30
- Figura 7: espectro de un dispositivo de producción de radiación UV de conformidad con la invención.

35

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION – EJEMPLOS

La parte fundamental del dispositivo de conformidad con la invención es el tubo luminoso 1 (ver las Figs. que van de la 1 a la 4), ya sea en una realización simple o en una
40 realización múltiple, el cual contiene una cantidad estable de moléculas de óxido de azufre

(SO) y una cantidad estable de electrones libres. El medio energético de producción de radiación UV dentro del tubo luminoso 1 se asegura permanentemente a través de la brida de vacío 2 al llenar el tubo luminoso 1 de vacío con moléculas de SO y suministrando de forma continua dichas moléculas. Las moléculas de SO están continuamente excitadas por los electrones que también se presentan en su volumen. Las moléculas de SO presentes se drenan simultáneamente a través de la brida de vacío opuesta 2'. Los valores de temperatura y de presión respectivos de las moléculas de SO para las realizaciones individuales, así como los valores de la densidad de los electrones libres se mencionan en los siguientes ejemplos.

10 Ejemplo 1

Una realización de conformidad con el ejemplo 1 es apropiada para producir radiación UV para el tratamiento de objetos pequeños en un proceso por lotes, tal y como se muestra esquemáticamente en la Fig. 1. Un tubo luminoso 1 tiene una forma lineal y está hecho del material transparente para la radiación UV, específicamente de vidrio de cuarzo, y está estrechamente conectado en sus dos extremos a las bridas de vacío 2, 2', las cuales están provistas de una apertura de entrada/salida que se puede cerrar y que está diseñada para la evacuación y para el llenado/drenado de las moléculas de SO que tienen un contenido de electrones libres. Hay un tubo insertado 3 que está colocado de forma coaxial dentro del tubo luminoso 1 donde el diámetro del tubo insertado 3 es 100 mm menor que el del tubo luminoso 1. El tubo insertado 3 está hecho del material transparente para la radiación UV, específicamente de vidrio de cuarzo, y está estrechamente conectado en sus dos extremos a las bridas de vacío 2, 2', por tanto la presión dentro del tubo insertado 3 se corresponde con el valor de la presión atmosférica y es independiente del valor de la presión dentro del tubo luminoso 1, respectivamente entre sus paredes y las paredes del tubo insertado 3. El tubo luminoso 1 está en ese espacio cerrado (fuera del espacio del tubo insertado 3) a través de las bridas de vacío que primero se evacúan y posteriormente se llenan de moléculas de SO. Las moléculas de SO están continuamente excitadas por los electrones libres que también están presentes dentro del espacio que está lleno de las moléculas de SO, de modo que las moléculas de SO excitadas emiten radiación UV.

Un objeto 4 que está diseñado para el tratamiento por radiación UV se coloca dentro del tubo insertado 3 y se expone a la radiación UV durante el período de tiempo necesario hasta alcanzar el efecto deseado. Una cubierta reflectante 5 que rodea el tubo luminoso 1 permite la radiación UV, que se emite mediante las moléculas de SO desde el tubo luminoso 1 a través de sus paredes y que pasa alrededor del objeto 4, de su reflejo posterior y de su interacción adicional con el objeto 4. La cubierta reflectante 5 también protege el ambiente del dispositivo de la radiación UV. La cubierta reflectante 5 tiene un diámetro mayor que el del tubo luminoso 1, pero el hueco entre las partes es muy pequeño (normalmente de tan sólo un milímetro) con el fin de evitar que se dé una absorción significativa de radiación UV en el aire entre el tubo luminoso 1 y la cubierta reflectante 5. Un hueco tan pequeño también hace que el dispositivo

sea compacto. La longitud del tubo luminoso 1 se elige conforme a las dimensiones longitudinales del objeto 4 que se va a tratar. Normalmente el diámetro interior del tubo insertado 3 tiene unos pocos milímetros más que la dimensión transversal del objeto 4, de manera que el objeto 4 encaja dentro del tubo insertado 3. La distancia entre la pared exterior del tubo insertado 3 y la pared interior del tubo luminoso 1 está comprendida entre 10 y 100 mm. La mayor distancia conlleva una radiación más extensa de las moléculas de SO, y de este modo un tratamiento más intensivo del objeto 4. Los grandes diámetros del tubo luminoso 1 no son viables, por tanto los diámetros típicos del tubo luminoso 1 se encuentran entre los 30 y los 300 mm. Si la dimensión transversal del objeto 4 es mayor a unos 250 mm esta realización es menos adecuada y el tratamiento se logra mejor utilizando la realización que se describe en el Ejemplo 3.

El método de producción de radiación UVA y UVB que utiliza el dispositivo descrito incluye los siguientes pasos:

El tubo luminoso 1 se evacúa a través de la brida de vacío 2 y después se llena continuamente de moléculas de SO que tienen un contenido de electrones libres. Al mismo tiempo, las moléculas que están excitadas por los electrones se drenan continuamente desde el extremo opuesto del tubo luminoso 1 a través de la segunda brida de vacío 2', de tal manera que la presión interna dentro del tubo luminoso 1 se mantiene en un valor constante de 1000 Pa. La temperatura dentro del tubo luminoso 1 se mantiene en el valor de 200°K. Los electrones libres que tienen una densidad de electrones de 10^{17} m^{-3} tienen el valor promedio de su energía cinética a 8 eV y las moléculas de SO excitadas pueden emitir radiación UV.

En determinados casos (no se ven en los dibujos) falta el tubo insertado 3 y el objeto 4 se coloca directamente dentro del tubo luminoso 1. Las bridas de vacío 2, 2' están hechas de tal manera que permiten que se apriete el tubo luminoso 1 que contiene el objeto insertado 4, de manera que el aire ambiente no entra en el tubo luminoso 1 que está lleno de moléculas de SO que están excitadas por los electrones con el fin de emitir radiación UV. Tales casos se eligen normalmente cuando el objeto 4 no interactúa químicamente con las moléculas de SO o cuando se requiere la interacción.

Ejemplo 2

Esta realización del dispositivo de conformidad con la invención se aprecia para el tratamiento de materiales infinitos o de materiales con grandes diámetros longitudinales. El dispositivo se muestra esquemáticamente en la Fig. 2. El tubo luminoso 1 de nuevo tiene una forma lineal y está hecho de un material transparente para la radiación UV, específicamente de vidrio de cuarzo, donde está estrechamente conectado en sus dos extremos a las bridas de vacío 2, 2', las cuales están provistas de una apertura de entrada/salida que se puede cerrar y que está diseñada para la evacuación y el llenado/drenado de las moléculas de SO que tienen un contenido de electrones libres. La realización de este ejemplo es similar a la del anterior, la única diferencia reside en el hecho de que el objeto 4 que tiene una forma longitudinal se

mueve a través del tubo insertado 3 mediante rodillos de transporte 6. La longitud del objeto 4 no está limitada en esta realización. Sin embargo, la dimensión transversal del objeto 4 está limitada de conformidad con la realización previa que se ha descrito en el Ejemplo 1.

El método de producción de radiación UV que utiliza el dispositivo mencionado es similar al método que ya se ha mencionado en el Ejemplo 1. El lugar para producir la radiación UV es el tubo luminoso 1 donde la presión se mantiene en un valor constante de 1 Pa y el valor de temperatura se mantiene constante a 600°K. Los electrones libres que tienen una densidad de electrones de 10^{15} m^{-3} tienen el valor promedio de su energía cinética a 2 eV y por tanto las moléculas de SO excitadas pueden emitir radiación UV dentro del tubo luminoso 1.

Ejemplo 3

Esta realización del dispositivo de conformidad con la invención, adecuada para el tratamiento de objetos 4 con dimensiones casi arbitrarias, se presenta esquemáticamente en la Figura 3. Un conjunto de tubos luminosos 1 lineales se utiliza en esta realización, los cuales están hechos del material transparente para la radiación UV, específicamente de vidrio de cuarzo. Los tubos luminosos 1 que crean la radiación UV están montados de forma paralela entre sí dentro de una cubierta reflectante 5. Normalmente, habrá 12 tubos luminosos 1 colocados ahí longitudinalmente a lo largo de la cubierta reflectante 5, tal y como se muestra esquemáticamente en la Figura 3. El objeto 4 grande que se va a tratar por radiación UV está colocado y cerrado entre el conjunto de tubos luminosos 1 que están rodeados por la cubierta reflectante 5, normalmente en el eje central de dicho espacio, tal y como se muestra esquemáticamente en la Figura 3.

El método de producción de radiación UV que utiliza el dispositivo descrito incluye los siguientes pasos:

Los tubos luminosos 1 primero se evacúan y después se llenan de moléculas de SO con una presión que se mantiene en el valor de 30 Pa a un valor de temperatura de 300°K. Las moléculas de SO están continuamente excitadas por los electrones que también se presentan dentro del volumen lleno de gas de SO, de manera que las moléculas de SO emiten radiación UV. Los electrones libres que tienen una densidad de electrones de 10^{18} m^{-3} tienen el valor promedio de su energía cinética a 10 eV. La radiación se emite desde cada tubo luminoso 1 dentro de todo el ángulo sólido. La cubierta reflectante 5 que se puede ver en la Fig. 3 sirve para reflejar la radiación UV, de manera que la eficiencia del tratamiento para los objetos 4 grandes se mejora varias veces en comparación con el caso en el que falte la cubierta reflectante 5. Además, el reflector evita la radiación UV del ambiente, por lo que también sirve como una protección UV. Aun así, en determinados casos la cubierta reflectante 5 podría faltar.

En esta realización ni el diámetro de la cubierta reflectante 5 ni los tubos luminosos 1 son limitados, por lo que se pueden tratar objetos 4 de cualquier tamaño y forma. Se prefiere la sección circular de la cubierta reflectante 5, tal y como se muestra esquemáticamente en la Fig. 3, pero la cubierta reflectante 5 podría ser de cualquier otra forma, por ejemplo ovalada o de

sección multiangular. La cubierta reflectante 5 también podría estar hecha de placas unidas entre sí. La longitud de los tubos luminosos 1 no es limitada, pero las realizaciones viables utilizan tubos luminosos 1 de una longitud de hasta unos pocos metros. El objeto 4 grande también se podría mover o girar en esta realización, al igual que en la realización descrita en el
 5 Ejemplo 2.

Ejemplo 4

La realización de algunas realizaciones de conformidad con el Ejemplo 3 anterior está
 10 limitada en cuanto a la longitud del dispositivo que se ilustra esquemáticamente en la Fig. 3. Si se requiere un dispositivo con una longitud extremadamente grande, se aprecia la realización del dispositivo de conformidad con el Ejemplo 4, donde la longitud del objeto 4 que se está tratando es prácticamente ilimitada. La realización mencionada de conformidad con el Ejemplo
 15 4 se presenta esquemáticamente en la Fig. 4. En esta realización, las moléculas de SO que están excitadas están emitiendo radiación UV, las moléculas de SO mencionadas se mantienen unidas con los electrones libres dentro del conjunto de tubos luminosos 1 toroidales, los cuales están montados en la circunferencia interior de la cubierta reflectante 5. Al menos dos tubos luminosos 1 toroidales están previstos ahí, pero en la realización de conformidad con la Fig. 4 se utilizan muchos tubos luminosos 1 toroidales como éstos.

20 El método de producción de radiación UV que utiliza el dispositivo descrito se realiza tal y como se explica a continuación:

Los tubos luminosos 1 toroidales primero se evacúan y después se llenan con moléculas de SO con una presión que se mantiene en el valor de 100 Pa a un valor de temperatura de
 25 350°K. Las moléculas de SO están continuamente excitadas por los electrones con una densidad de electrones de 10^{14} m^{-3} que tienen el valor promedio de su energía cinética a 0,1 eV. La radiación que se produce de esta manera se emite desde cada tubo luminoso 1 toroidal dentro de todo el ángulo sólido. La cubierta reflectante 5 que se puede ver en la Fig. 4 sirve para reflejar la radiación UV, por lo tanto la eficiencia del tratamiento para cada objeto 4 mejora significativamente, al igual que en las realizaciones mencionadas anteriormente. Aquí no hay
 30 un límite en la longitud del dispositivo, ya que se podría utilizar un número ilimitado de tubos luminosos 1 toroidales. El mayor diámetro viable de los tubos luminosos 1 toroidales es de aproximadamente 1 m.

La comparación de los efectos del dispositivo de conformidad con la invención con las propiedades de los tipos conocidos de fuentes de luz UV que están disponibles en el mercado
 35 es la siguiente:

Mayores desventajas de las lámparas UV comerciales que utilizan la radiación de los átomos excitados, ya que tienen una baja eficiencia energética, más bien un espectro discreto de radiación y no son capaces de evitar el calentamiento de los objetos que se exponen a la radiación por un tiempo prolongado. Las desventajas se hacen evidentes en las Figs. 5 y 6.

Una capa fina de un revestimiento curado por UV basado en acrilato se depositó sobre la superficie de una lámina de estireno-acrilonitrilo (SAN) mediante un instrumento para capa de impresión y se expuso a la radiación a partir de una fuente de luz UV comercial para curar polímeros. La lámpara utiliza vapor de mercurio como fuente de radiación. El espectro de la lámpara se midió con un espectrómetro óptico. El espectro se muestra en la Fig. 5. La radiación más intensiva de esta lámpara no aparece en el espectro UV, sino más bien en el espectro visible a unos 550, 570 y 440 nm. Hay una línea en el espectro UVA a 360 nm y una línea en el límite entre el rango UVA y el visible a unos 400 nm. También hay una línea en el límite entre el espectro UVA y el UVB a unos 315 nm. La temperatura de la capa fina de un revestimiento curado por UV basado en acrilato, el cual se deposita sobre la superficie de la lámina de estireno-acrilonitrilo (SAN) mediante un instrumento para capa de impresión, se midió con un pirómetro de infrarrojos tras la exposición continua a la radiación desde la lámpara comercial. La temperatura de muestra de polímeros se grafica en la Figura 6 versus el tiempo de radiación.

La temperatura aumentó desde el valor original previo al tratamiento (esto es, a temperatura ambiente) en 50°K en menos de 20 segundos, por lo que fue mucho antes de que se pudiera lograr la curación. El calentamiento se debe principalmente a la absorción de la radiación visible desde la fuente comercial. Tal efecto térmico no es deseable en las aplicaciones prácticas, ya que muchos materiales cambian las propiedades estructurales y funcionales a temperaturas tan elevadas. Por lo tanto, la lámpara comercial cuyo espectro se muestra en la Figura 1 no es adecuada para un tratamiento continuo y prolongado.

La Figura 7 muestra un espectro del dispositivo de conformidad con la invención presentada. Ahora la intensidad de cualquier línea atómica es marginal en comparación con la extensión continua, amplia y extensiva desde el rango azul del espectro (longitud de onda de unos 500 nm) a través del espectro UVA hacia el espectro UVC. Los picos continuos se encuentran prácticamente en el límite entre la radiación UVA y la UVB. La ausencia de radiación extensiva en las longitudes de onda más que en el espectro UV evita que se calienten los materiales que están expuestos a la radiación desde el dispositivo de conformidad con la invención. La temperatura de la capa fina de un revestimiento curado por UV basado en acrilato, el cual está depositado sobre la superficie de la lámina de estireno-acrilonitrilo (SAN) mediante un instrumento por capa de impresión, se midió con un pirómetro de infrarrojos tras la exposición continua a la radiación desde el dispositivo de conformidad con la invención. Ninguna desviación de la temperatura ambiente alcanzó el límite de detección del pirómetro utilizado para determinar la temperatura de la superficie de la muestra (prácticamente de 5°K), incluso cuando los tiempos del tratamiento fueron de 10 minutos.

El espectro que se muestra en la Fig. 7 es óptimo para curar polímeros, así como para activar materiales poliméricos que se utilizan previamente a la impresión, a la pintura, al encolado o a la deposición de un revestimiento. También es adecuado para la esterilización de dispositivos sensibles al calor, ya que contiene una radiación sustancial en el espectro UVC. Tal espectro de las moléculas de SO se debe a la elección apropiada de energía de los

electrones libres que se utilizan para la excitación de los estados radiativos del SO. La energía de electrones debería ser lo suficientemente alta para permitir la excitación y lo suficientemente baja para evitar la disociación extensiva de las moléculas de SO para los átomos padre. La energía de disociación de la molécula de SO es de 5,3 eV, la cual es el umbral de energía para que los electrones sean capaces de disociar la molécula. La probabilidad de disociación entonces aumenta vertiginosamente con el aumento de la energía de electrones, de manera que los electrones que tienen la energía por encima de 10 eV disociarán la molécula más que excitarla. En la realización utilizada para medir el espectro de la Fig. 7, los electrones eran de una distribución Maxwelliana sobre la energía cinética con una temperatura de unos 4 eV. Por consiguiente, una proporción sustancial de electrones es capaz de excitar las moléculas de SO a estados que irradian en el espectro UV (400 nm corresponde a 3,1 eV), pero menos de un 1% tiene la energía por encima de 10 eV donde la disociación se vuelve significativa.

La distribución óptima de electrones sobre la energía cinética sería discreta con la energía justo por debajo del umbral de disociación, pero tal solución no es viable. Por tanto, el dispositivo de conformidad con la invención utiliza electrones de una distribución próxima a la Maxwelliana. Para conseguir el espectro que se muestra en la Figura 7 los electrones eran casi de una distribución Maxwelliana con una temperatura de 4 eV. La densidad de electrones era de aproximadamente $1 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$, que es un valor lo suficientemente alto para asegurar la excitación extensiva para los estados radiativos, pero no lo suficiente como para disociar las moléculas de SO de forma extensiva. Tales temperatura y densidad de electrones se pueden obtener al calentar de forma continua los electrones en la fase gaseosa mediante un campo eléctrico apropiado. Se puede aplicar tanto el campo DC como el campo AC. En la realización preferida se aplica el campo AC.

25 APLICABILIDAD INDUSTRIAL

El dispositivo de producción de radiación UV y el método de producción de tal radiación caracterizado por un régimen de calor muy estable se recomienda para que se utilice preferiblemente para la activación o curación de polímeros sensibles al calor. La invención también se puede aplicar con éxito para la desinfección de bacterias, virus y esporas de hongos, así como para la esterilización de las superficies de algunos objetos y materiales. El régimen de calor ligero sin recalentamiento, que se necesita para el tratamiento de todos los materiales sensibles al calor, también podrá usarse aquí.

35 Lista de los elementos numerados en los dibujos:

- 1- tubo luminoso
- 2, 2'- bridas de vacío
- 3- tubo insertado
- 4- objeto (a ser tratado)

- 5- cubierta reflectante
- 6- rodillos de transporte

5

10

15

20

25

30

35

40

Reivindicaciones

- 5 1. Un dispositivo de producción de radiación UV, el cual proporciona preferiblemente radiación UVA y UVB con una cantidad insignificante de radiación en el espectro visible o cercano infrarrojo, dicho dispositivo se compone de al menos un tubo luminoso que está cerrado contra el aire ambiente y cuyas paredes son transparentes para la radiación UVA y UVB y dicho tubo luminoso contiene moléculas de óxido de azufre. El dispositivo **está caracterizado por** un medio para un suministro continuo de moléculas de óxido de azufre que tienen un contenido de electrones libres dentro del tubo luminoso (1) mencionado, de manera que dicho tubo luminoso (1) contiene una cantidad estable de moléculas de óxido de azufre (SO) y una cantidad estable de electrones libres.
- 15 2. Dispositivo de conformidad con la reivindicación número 1, **donde** el tubo luminoso (1) tiene una forma lineal y está cerrado en sus extremos mediante bridas de vacío (2, 2'), las cuales están provistas ya sea de una apertura de entrada o de una apertura de salida para el óxido de azufre que tiene un contenido de electrones libres.
- 20 3. Dispositivo de conformidad con las reivindicaciones números 1 y 2, **donde** el tubo luminoso (1) contiene un tubo insertado (3) colocado de forma coaxial, el cual pasa a través de al menos una brida de vacío (2) donde las paredes de dicho tubo insertado (3) son transparentes para la radiación UVA y UVB, y el dispositivo se adaptade tal manera que un objeto (4) puede colocarse dentro del tubo insertado (3), dicho objeto (4) está diseñado para el tratamiento por radiación UVA y UVB.
- 25 4. Dispositivo de conformidad con la reivindicación número 1, **donde**dicho dispositivo tiene una cubierta reflectante (5) que se crea a partir del material reflectante de radiación UV.
- 30 5. Dispositivo de conformidad con las reivindicaciones números 1 y 3, **donde** el tubo insertado (3) pasa a través de ambas bridas de vacío (2, 2') y hay rodillos de transporte (6) que están colocados cerca de las bridas de vacío (2, 2'), dichos rodillos de transporte (6) están adaptados para el movimiento del objeto (4), cuya dimensión longitudinal sobrepasa la dimensión pertinente del dispositivo, a través del tubo insertado (3).
- 35 6. Dispositivo de conformidad con la reivindicación número 1, **donde**dicho dispositivo se compone de al menos dos tubos luminosos (1), de forma ventajosa de un conjunto de tubos luminosos (1) que están adaptados para estar espaciados alrededor del objeto (4), el cual está diseñado para el tratamiento por radiación UVA y UVB.

7. Dispositivo de conformidad con las reivindicaciones números 1 y 6, **donde** los tubos luminosos (1) tienen una forma toroidal.
- 5 8. Método de producción de radiación UV utilizando el dispositivo de conformidad con la reivindicación número 1, **donde** el tubo luminoso (1) está lleno de moléculas de óxido de azufre (SO) con una cantidad estable de electrones libres, donde las moléculas de SO se suministran y se drenan dentro/fuera del tubo luminoso (1), de tal manera que la presión dentro del tubo luminoso (1) así como la cantidad de electrones libres permanecen constantes.
- 10
9. Método de producción de radiación UV utilizando el dispositivo de conformidad con la reivindicación número 8, **donde** el tubo luminoso (1) contiene moléculas de SO a una temperatura comprendida entre 200 y 600 K, preferiblemente entre 300 y 350 K.
- 15
10. Método de producción de radiación UV utilizando el dispositivo de conformidad con la reivindicación número 8, **donde** el tubo luminoso (1) contiene moléculas de SO con una presión comprendida entre 1 y 10000 Pa, preferiblemente entre 30 y 100 Pa.
- 20
11. Método de producción de radiación UV utilizando el dispositivo de conformidad con la reivindicación número 8, **donde** el tubo luminoso (1) contiene electrones libres que tienen el promedio de energía cinética comprendido entre 0,1 y 10 eV, preferiblemente entre 2 y 8 eV.
- 25
12. Método de producción de radiación UV utilizando el dispositivo de conformidad con la reivindicación número 8, **donde** el tubo luminoso (1) contiene electrones libres que tienen una densidad comprendida entre 10^{14} y 10^{18} m^{-3} , preferiblemente entre 10^{15} y 10^{17} m^{-3} .

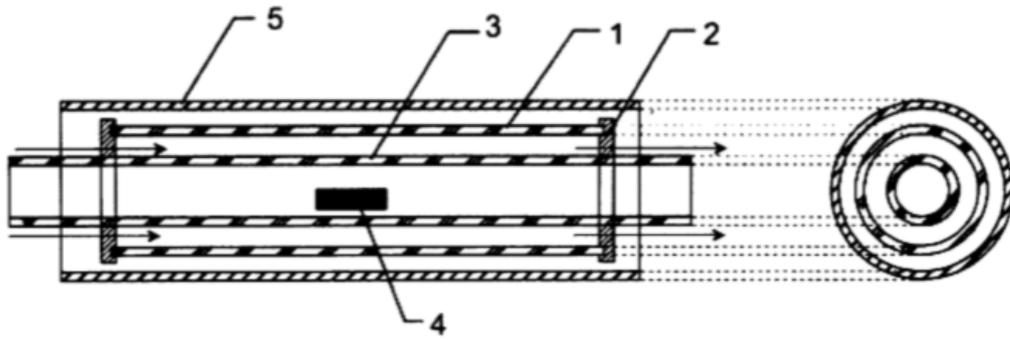


Fig. 1

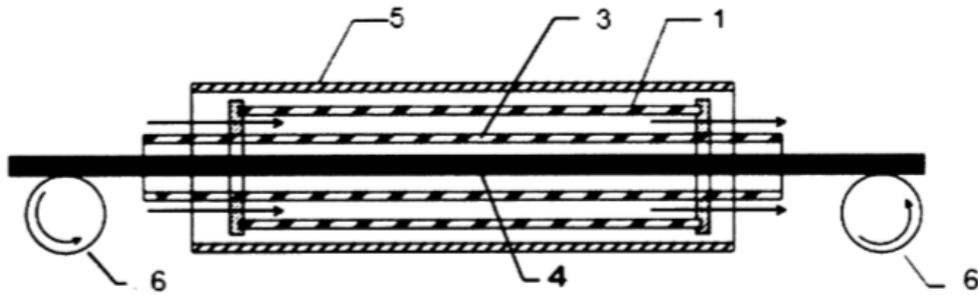


Fig. 2

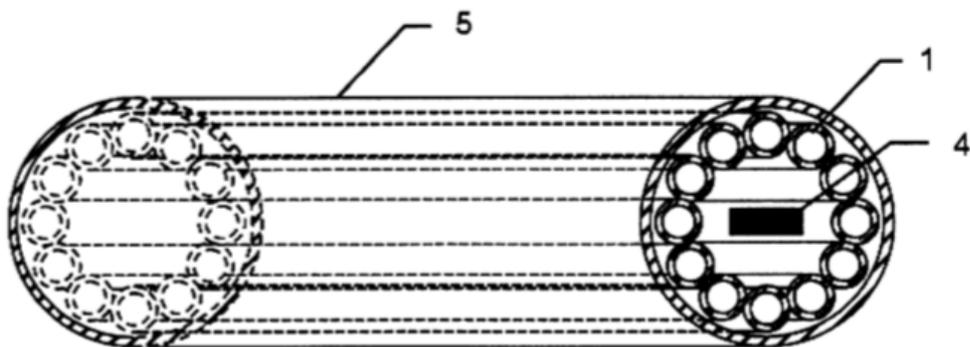


Fig. 3

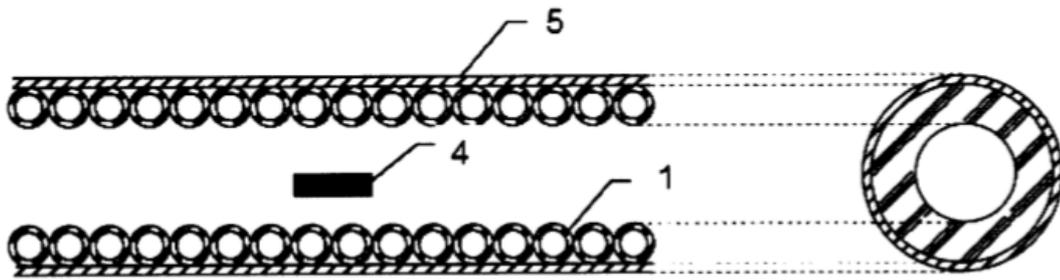


Fig. 4

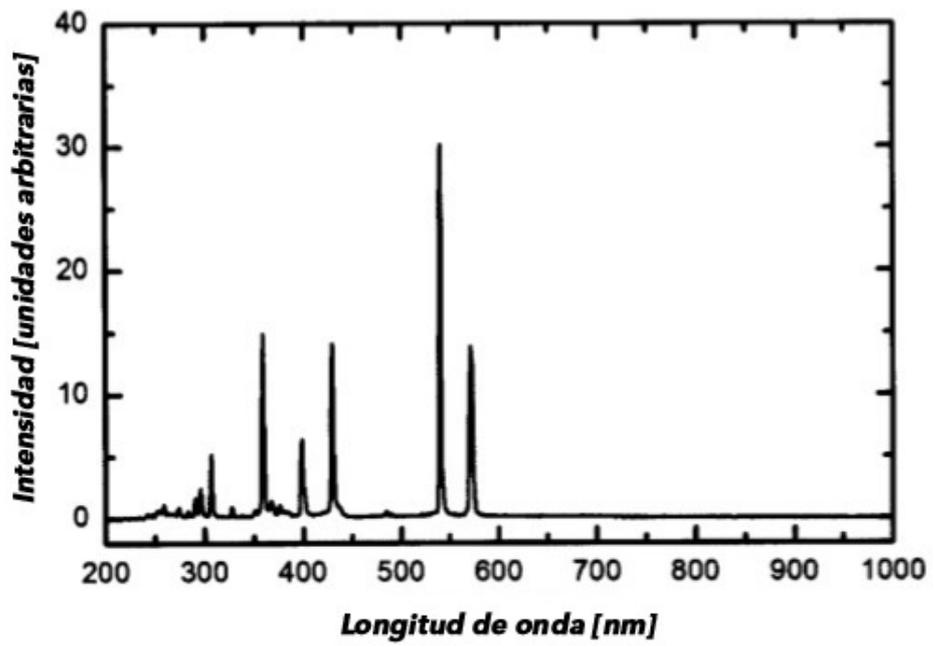


Fig. 5

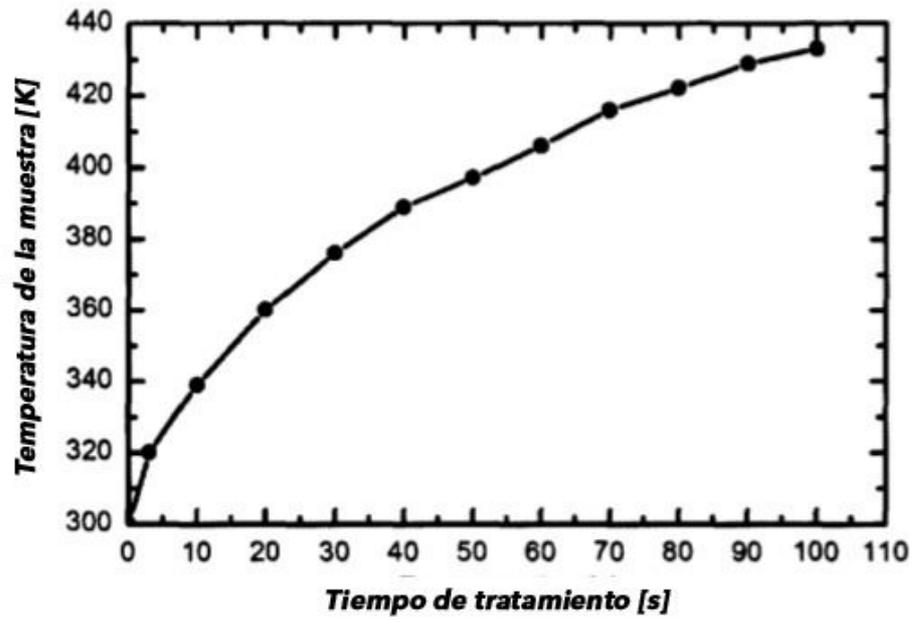


Fig. 6

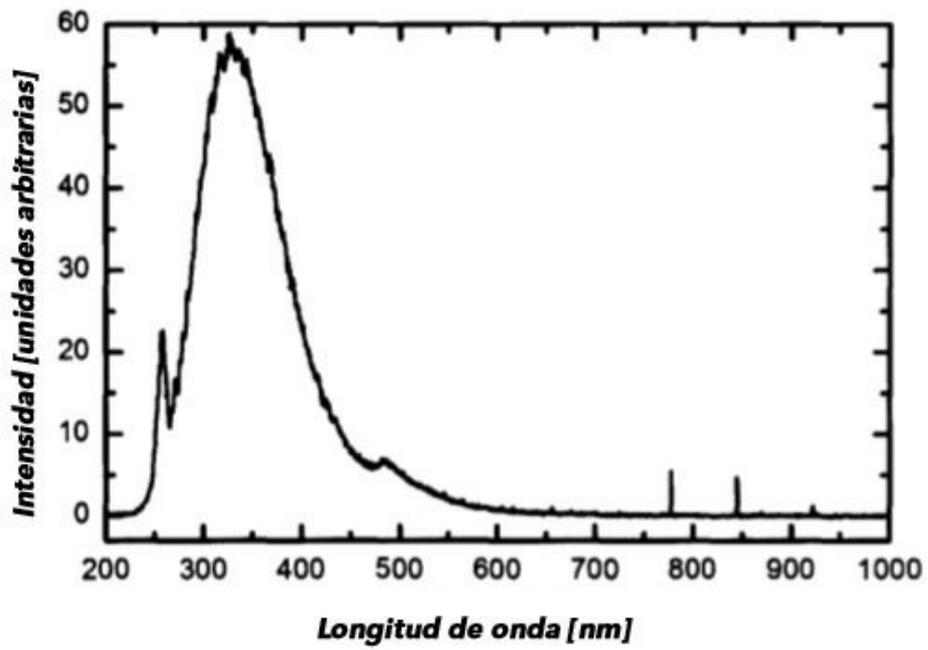


Fig. 7