(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 331 034**

(21) Número de solicitud: 200602528

(51) Int. Cl.:
***C02F 1/30*** (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación: **04.10.2006**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **18.12.2009**

Fecha de la concesión: **09.06.2010**

(45) Fecha de anuncio de la concesión: **22.06.2010**

(45) Fecha de publicación del folleto de la patente: **22.06.2010**

(73) Titular/es: **DEPURACIÓN POR LÁSER-INFRARROJO DELAIR, S.L.**
**Recondo, 2 – 5º G**
**47007 Valladolid, ES**

(72) Inventor/es: **Fernández Fernández, Marcelino y García García, Julio Luis**

(74) Agente: **Molero Moraleda, Felipe**

(54) Título: **Dispositivo para tratamiento y desinfección de sólidos y fluidos mediante radiación láser.**

(57) Resumen:
Dispositivo para tratamiento y desinfección de sólidos y fluidos mediante radiación láser.
Consiste en un dispositivo a base de una lente divergente (L) de apertura variable adaptado al cabezal terminal de un generador láser que emite radiación dentro del espectro de longitud de onda entre 0,38 y 1000 $\mu$m. La lente divergente (L) de forma poligonal, cilíndrica o esférica se utiliza para ampliar el campo de cobertura, distribuyendo el rayo láser (R) sobre la superficie a tratar, irradiando energía calorífica en espacios cerrados y abiertos a tenor de la masa contaminante a eliminar. Sustituyendo a la lente divergente (L), para tratamientos en arquetas, depósitos o similares, se puede utilizar un dispositivo consistente en un elemento metálico (S) reflectante de forma semiesférica, cónica o poligonal ubicado en el fondo de la cavidad, que se encuentra totalmente revestida de una lámina metálica (Lm) igualmente reflectante, de Aluminio, Cobre, Acero inoxidable u otro material similar.

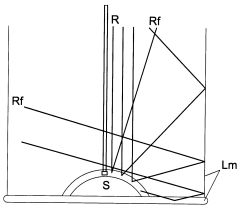

FIG. 2

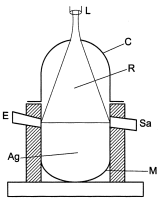

FIG. 4

ES 2 331 034 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo para tratamiento y desinfección de sólidos y fluidos mediante radiación láser.

### Objeto de la invención

La invención tiene por objeto el tratamiento, desinfección y limpieza de todo tipo sólidos y fluidos (líquidos y gases), caracterizada por utilizar generadores láser de emisión en onda pulsada y continua entre los limites de 0,38 a 1000 $\mu$m, a los que se les instala en su cabezal terminal (acoplador de salida) un dispositivo consistente en una lente divergente de seleniuro de zinc (ZnSe), arseniuro de galio (GaAs), fluorita ($CaF_2$), germanio (Ge), cuarzo ($SiO_2$) u otro material similar, de apertura variable a tenor de la superficie a tratar. El dispositivo, para tratamientos en arquetas, depósitos o similares, puede consistir en un elemento metálico reflectante de forma semiesférica, cónica o poligonal, ubicado en el fondo de la cavidad, que se encuentra totalmente revestida de una lámina metálica igualmente reflectante de Aluminio, Cobre, Acero inoxidable u otro material análogo. Se encuentra en el campo de aplicación de la tecnología láser Visible (VIS) e Infrarrojo (IR) para la desinfección de microorganismos y limpieza de superficies.

### Antecedentes

**DELAIR** como propietaria de la patente nº 9201708 "Dispositivo con láser para la depuración de aguas contaminadas", ha venido realizando durante estos últimos años los correspondiente trabajos de Investigación y Desarrollo para la innovación de la patente y su aplicación a diferentes campos.

Partiendo de la fuente de los distintos volúmenes del "**The Infrared & Electro Optical System Hanfbook**" y tomando como base el diagrama (figura 3) de la página 266 del **VOLUME 1**. "**Sources of Radiation**", en función de la longitud de onda (Wavelength) en $\mu$m, obtenemos el coeficiente de Absorción (Absorption Coefficient) en $cm^{-1}$ para cada tipo de radiación. Con dichos parámetros y por aplicación de la **Ley de Beerschen**, hemos calculado la profundidad de penetración de la Radiación en el agua (Tabla 1), y realizado el correspondiente comparativo energético con la radiación ultravioleta (Tabla 2).

**TABLA 1**

Profundidad de penetración en el agua

$\mathbf{I_t = I_0 e^{-\alpha.cd}}$ Ley de Beerschen

$I_t$ = Intensidad transmitida

$I_0$ = Intensidad luz incidente

$\alpha$=Coeficiente de absorción

c =Concentración= m/Pm =$1x10^{-3}/100= 10^{-5}$

d = Profundidad de penetración

T= Transmitancia = 0,60

$LI_t = LI_0 - \alpha.cd.Le \qquad \alpha.cd = LI_0 - LI_t$

$\alpha.cd = L\,\frac{I_0}{I_t} \qquad I_t = I_0.T$

$\alpha.cd = L\,\frac{1}{0,60} \qquad \alpha.cd = L\ 1,667$

$\alpha.cd = 0,51 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{d = \frac{0,51}{\alpha.c}}$

**Para generador láser de ND:YAG**

Coeficiente absorción $\alpha = 0,8$

$\mathbf{d = \frac{0,51}{0,8x10^{-5}} = 63.750\ cm = 637,50\ m}$

**TABLA 2**

Comparativo energético UV - IR

$\mathbf{N_t = N_0.e^{-\alpha Jt}}$

$N_0$ y $N_t$ =Nº de bacterias antes y después

$\alpha$=Coeficiente de absorción

Jt=Potencia

$LN_t = LN_0 - \alpha.Jt.Le$

$\alpha.Jt = LN_0 - L\,N_t \qquad \alpha.Jt = LN_0/N_t$

$LN_0/N_t = Ln \quad \Rightarrow \quad \mathbf{Jt = Ln / \alpha}$

1. Para Ultravioleta
   $\lambda_1 = 254\ N_m = 0,254\ \mu m \qquad \alpha_1 = 0,05$
   $J_1\ t_1 = Ln/0,05$
2. Para generador láser IR de CO2
   $\lambda_2 = 10,6\ \mu m \qquad \alpha_2 = 8$
   $J_2\ t_2 = Ln/8$
3. **Potencias para una misma concentración**

$Ln = 0,05\ J_1\ t_1$

$Ln = 8\ J_2\ t_2$

$0,05\ J_1\ t_1 = 8\ J_2\ t_2 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{J_1\ t_1 = 160\ J_2\ t_2}$

Para eliminar la misma concentración de microorganismos se necesita una potencia de irradiación UV 160 veces mayor que para IR.

Al ser el aire y el agua medios transmisores de la radiación, hemos procedido a efectuar las correspondientes pruebas en el Centro de Tecnología Láser de Castilla y León, con distintas aguas y 2 tipos de rayos láser de diferente longitud de onda ($\lambda_1$ = 1,06 $\mu$m y $\lambda_2$ 10,6 $\mu$m), sin efectuar tratamiento previo alguno de Desbaste - Tamizado - Coagulación - Floculación - Decantación o Filtración. Dichas pruebas se encuentran debidamente certificadas por dicho Centro y por el Laboratorio Agroalimentario **EPTISA** y resumidas en las Tablas 3 y 4.

Con posterioridad y en id6nticas circunstancias el Laboratorio **ALCORA S.A.**, ha realizado los correspondientes Análisis de aguas de la Presa de Navacerrada, antes y después de ser sometidas a irradiación mediante un generador

láser de Nd:YAG facilitado por ROFIN BAASEL ESPAÑA, que nos confirmaron su efecto desinfectante tal y como reflejamos en la Tabla 5.

TABLA 3
Agua del Canal del Duero

| Parámetros | Agua canal sin tratar | Agua canal tratada con IR |
|---|---|---|
| Sulfatos | 5 mg /l. | 4 mg / l. |
| Nitritos | 0,01 mg /l. | 0,00 mg / l. |
| Oxidabilidad | 2,30 mg /0,2l. | 1,82 mg /0,2 l. |
| Total gérmenes | 7.480 /ml. | 2.600 / ml. |
| Coliformes Totales | 2.800 /100 ml. | 240 / 100 ml. |
| Coliformes Fecales | 880 /100 ml. | 43 /100 ml. |
| Estreptococos Fecales | 20 /100 ml. | 0 / 100 ml. |

TABLA 4
Agua de la EDAR de Palencia

| Parámetros | Agua EDAR sin tratar | Agua EDAR tratada con IR |
|---|---|---|
| DQO | 15 mg / l. | 4 mg / l. |
| DBO5 | 10 mg / l. | 3 mg / l. |
| Coliformes Totales | 76.000/100 ml. | 24.000 /100 ml. |
| Coliformes Fecales | 46.000/100 ml. | 11.000/100 ml. |

TABLA 5

Agua de la Presa de Navacerrada

| Parámetros | Agua Presa Navacerrada sin Tratar | Agua Presa Navacerrada Tratada 99M |
|---|---|---|
| Oxidabilidad | 4 mg/l $O_2$ | 1,5 mg/l $O_2$ |
| Coliformes Totales | 1100 ufc/ml | 20 ufc/ml |
| Coliformes Fecales | 460 ufc/ml | 15 ufc/ml |
| Estreptococos Fecales | 7 ufc/ml | < 3 ufc/ml |

**Descripción de la invención**

La radiación desde el espectro visible al infrarrojo lejano comprende las longitudes de onda $\lambda$ entre 0,38 y 1000 $\mu$m., y en lo referente a la radiación infrarroja hemos de resefiar que no se puede ver sino sentirla en forma de calor.

La desinfección por Radiación es un proceso físico definido por la transferencia de energía electromagnética de una fuente generadora láser al material genético celular de un organismo situado en un sólido o fluido. Los efectos de esta energía son los de incapacitar a la célula a reproducirse y eliminarla por calentamiento, debido a la gran sensibilidad de los microorganismos a las temperaturas altas. La radiación emitida produce reacciones foto-físicas activando los procesos dinámicos en la molécula y la activación electrónica en los átomos, originando un calentamiento en distintos niveles y cambiando a energía calorífica.

La efectividad de la radiación es una relación directa de la cantidad de energía calorífica que es absorbida por los microorganismos. Esta dosis es el producto de la intensidad y el tiempo de exposición a la intensidad. La mayoría de los microorganismos requieren un nivel muy bajo de energía para ser destruidos.

La tendencia actual es la de buscar recursos hídricos alternativos disponibles para riegos agrícolas o de jardines, usos industriales o servicios higiénicos, etc. La reutilización del agua es un elemento del desarrollo y la gestión de los recursos hídricos que proporciona opciones innovadoras y alternativas para la agricultura, el abastecimiento municipal y la industria. Las posibilidades de reutilización de las aguas residuales tratadas son numerosas y variadas, destacando como destino más frecuente el riego agrícola, por lo que la necesidad de reutilizar las aguas residuales se irá incrementando cada vez más. La agricultura en áreas áridas y semiáridas depende casi absolutamente del riego, y

la demanda de agua para riego representa un porcentaje que supera en muchos casos el 80% de la demanda total de agua.

Los elementos presentes en las aguas residuales, que pueden limitar su uso en riego, son los siguientes Sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable (DQO o DB05), patógenos (virus, bacterias, Protozoos o helmintos), nutrientes (carga excesiva de nitrógeno, fósforo ó potasio), materia orgánica nobiodegradable (fenoles, pesticidas y organoclorados), el pH del agua, metales pesados (cadmio, mercurio, cinc y otros), conductividad eléctrica (derivada de la presencia de iones Na, Ca, Mg, Cl, ó B), cloro residual: (concentraciones de radicales de cloro libre mayores que 0,5 mg/l limitan la aplicación a cultivos sensibles).

Para ello es necesario un tratamiento terciario que garantice los aspectos higiénico-sanitarios de calidad adecuada para su reutilización según el uso requerido. Con respecto a la presencia de Coliformes totales, Coliformes fecales, Estreptococos fecales y otros microorganismos, las tecnologías actuales no son lo suficientemente eficaces, por lo que en muchos casos se acude a la cloración, tratamiento que en presencia de compuestos orgánicos da lugar a la formación de trihalometanos u organohalogenados, de carácter cancerígeno, por lo que los cauces receptores no han de llevar vertidos superiores a 0,1 mg/l.

El destino del agua reutilizada, riego de hortalizas de consumo crudo, etc..., impone una alta exigencia de calidad sanitaria, lo que hace preciso la incorporación de un tratamiento de desinfección o terciario, al agua procedente de la depuradora municipal. El Ozono que se utiliza como desinfectante en general, por la facilidad con que desprende oxigeno, es un producto químico oxidante, al tratarse de un componente que se disocia en radicales libres reactivos. Oxida a los nitritos, sulfuros, sulfitos,..., pasándolos a nitratos y sulfatos, y deja el iodo libre en las disoluciones de yoduros. Fomenta cuando se combinan algunos subproductos de ozonización con procesos secundarios de desinfección la formación de Trihalometanos (THM), con un carácter marcado tóxico, mutagénico o cancerígeno.

Las aguas residuales, una vez que han recibido tratamiento secundario en la EDAR, son almacenadas en un depósito de captación cubierto, en el que se dispone de un centro de elevación y una estación de filtrado. Las aguas filtradas reciben un tratamiento terciario de desinfección mediante ozono, con el fin de eliminar los microorganismos presentes en el agua y hacerla apta para su uso en riego.

Un proceso de filtración y posterior tratamiento terciario de desinfección con irradiación en una arqueta de paso (figura 4), mediante dispositivo con generador láser VIS y/o IR en vez de ozono, resultaría:

- más eficaz.

- menos costoso.

- no entrañaría riesgo alguno para la salud humana.

*Tratamiento de la sangre*. La sangre comprende glóbulos rojos y blancos, y una parte líquida sin células, el plasma. La sangre representa 1/13 del peso total del cuerpo humano (5 litros en una persona de 65 kg. de peso) y circula por las arterias y las venas. Es de color rojo vivo en las arterias y oscuro en las venas.

Está constituida por tres grupos celulares: hematíes o glóbulos rojos, leucocitos o glóbulos blancos y plaquetas. o trombocitos. Las plaquetas y tos glóbulos rojos están exentos de núcleo y tienen tamaños, formas y funciones más o menos estándar. Los glóbulos blancos, sin embargo, tienen variadas formas, colores y sus funciones también difieren bastante de una clase a otra. Son las únicas células sanguíneas que pueden cumplir funciones fuera del torrente circulatorio.

Los glóbulos rojos o hematíes son células de 7-8 $\mu$m de diámetro mayor, en su interior llevan una sustancia. llamada hemoglobina que le confiere el color a la sangre, especializados en el transporte de oxigeno ($O_2$) y dióxido de carbono ($CO_2$) entre los tejidos y la circulación pulmonar. En cada milímetro cúbico de sangre existen de 4,5 a 5,5 millones de ellos, que constituyen el 45% del volumen sanguíneo.

Los glóbulos blancos o leucocitos son células de 6-18 $\mu$m de diámetro con funciones inmunitarias que se encuentran en la sangre, según su tipo, su número oscila entre los 5.000 y los 9.000 por milímetro cúbico.

Las plaquetas o trombocitos, son células encargadas de la primera fase de la coagulación, por lo que sus funciones están limitadas al torrente sanguíneo. Son fragmentos de citoplasma celular de 3 $\mu$m de diámetro.

Los virus, son entidades orgánicas compuestas tan sólo de material genético, rodeado por una envuelta protectora, son causa de muchas enfermedades distintas en los seres humanos, animales, y plantas. Los virus más pequeños miden entre 18 y 20 nanómetros de ancho, los de mayor tamaño son los alargados; algunos miden varios micrómetros de longitud, pero no suelen medir más de 100 nanómetros de ancho (0,1 $\mu$m).

Si en un recipiente de acero inoxidable u otro material metálico reflectante, colocamos como elemento divisorio una membrana semipermeable con poros de 1-2 $\mu$m y realizamos Osmosis Inversa, el agua junto con los organismos contaminantes pasa al otro lado a través de la membrana, quedando separada del resto de los componentes. Concentrando

sobre esa zona y en relación con los microorganismos a eliminar, una pequeña cantidad de energía electromagnética de longitud de onda entre 0,38 y 1.000 $\mu$m (VIS-IR), mediante una lente divergente adaptada al cabezal terminal de un generador láser (figura 5), aprovechando las propiedades de la radiación y su transformación en energía térmica en su interacción con la materia viva, y al ser el aire y el agua medios de transmisión, permite depurar y desinfectar dicho medio, destruyendo los microorganismos en segundos, utilizando una potencia de emisión muy baja.

*Tratamiento de zumos, cerveza, leche, huevos líquidos, etc...* Se irradia con una lente divergente adaptada al cabezal terminal de un generador láser y en pequeñas intensidades, en función de la cantidad de microorganismos a depurar, a fin de no perturbar los nutrientes, ya que se trata de scattering o difusión múltiple de luz láser y, por lo tanto, calienta más y destruye más bacterias que en el agua, pero si transmite calor en exceso modifica las propiedades nutrientes. Evidentemente es un método rápido y efectivo, pero deberá iniciarse con intensidades bajas, en relación con la masa bacteriológica a eliminar.

Debido al spreating espacial y al spreating angular disminuye la transmisión total y, por lo consiguiente absorbe y calienta depurando las bacterias, pero sin excederse en la potencia para no destruir las vitaminas.

Transmisión a lo largo de la muestra. El cambio en la intensidad de propagación a una distancia dx es proporcional a la intensidad y una constante. Esta constante es dada por el coeficiente de extinción:

$$\beta_{ext} = \beta_{absorción} + \beta_{difusión}$$

$$I_x = I_0.e^{-\beta.x} = I_0.e^{-\beta_{extensión}.\,espesor} \qquad \text{LEY DE BEER}$$

I = Intensidad láser T

La transmisión es el cociente de la intensidad transmitida con la incidente. $e^{-\beta_{extensión}.\,expesor} = \frac{I_x}{I_o}$

Esto, en el caso que el medio sea homogéneo al propagarse el haz de láser a su través.

En el caso de que las propiedades de difusión de la muestra varíen a lo largo de la trayectoria, la transmisión es: $T = e^{-\beta_{extensión}.\,ds}$.

Al aumentar la densidad y por tanto la concentración de partículas, aumenta el coeficiente de absorción y por consiguiente el poder de depuración comparado con el $H_2O$.

Para cualquier tipo de radiación láser, sabiendo el espesor, la intensidad incidente del láser y midiendo la intensidad transmitida, se calcula el coeficiente $\beta_{extinción}$ y el poder de depuración.

Medición de la intensidad transmitida.

Sabiendo la intensidad del láser incidente, que atraviesa las muestras de espesor 30 cm. en el caso de leche y zumos y 5 mm para huevo liquido; con un foto-tubo se mide la intensidad transmitida.

Conociendo la intensidad transmitida, la intensidad incidente y el espesor, calculamos el coeficiente $\beta_{extinción}$ y el poder depurador de la intensidad del láser incidente.

Sabemos, por la curva para el agua:

$$\beta_{extinción} \approx \beta_{absorción}$$

$$\beta_{extinción} = (\beta_{absorción\ para\ el\ agua} + \text{densidad de la muestra-1}).\ \beta_{absorción\ para\ el\ agua}$$

Midiendo la densidad, podemos saber aproximadamente el $\beta_{extinción}$ respecto del $\beta_{absorción}$ del agua.

El $\beta_{absorción}$ del agua se toma de la curva de transmisión para el láser a emplear.

Si la leche tiene una densidad de 1,1 gr./cm$^3$(Kg/l), se tiene:

$$\beta_{extinción} \approx \beta_{absorción\ para\ el\ agua} + (1'1\text{-}1).\ \beta_{absorción\ del\ agua}$$

Tomando como densidad del agua (1 Kg/l), para un láser de longitud de onda $\lambda$=1'06 $\mu$m., en la curva de transmisión obtenemos un coeficiente de absorción $\alpha$ = 0,8 cm$^{-1}$.

$$\beta_{extinción} = 0{,}8 + (1{,}1\text{-}1).\ 0{,}8 = 0{,}8 + 0{,}1 \times 0{,}8 = 0{,}88 \approx 0{,}9$$

Cálculo de la potencia necesaria por aplicación de la Ley de Beer.

Si el espesor para leche o zumos es x=5 cm, para una determinada potencia, se puede calcular la intensidad transmitida mediante la ecuación de Beer:

$$I = I_o.e^{-\beta extinción.espesor}$$

a).- Para una Potencia de 100 vatios

$$I = 100\ \frac{vatios}{cm^2}.e^{-0,9 \times 5} \qquad e = 2,7183$$

$$LI = lg\ 100 - 4,5\ lg\ 2,7183 = 2 - 4,5 \times 0,435 = 2 - 1,96 = 0,04$$

$$I = antlg\ 0,04 = \underline{1,10\ vatios/cm^2}$$

b).- Para una Potencia de 20 vatios

$$I = 20\ \frac{vatios}{cm^2}.e^{-0,9 \times 5} \qquad e = 2,7183$$

$$L\ I = L\ 20 - 4,5.\ Le = 3 - 4,5 \times L\ 2,7183 = 3 - 4,5 \times 1 = -1,5$$

$$I = antL\ (-1,5) = \underline{0,22\ vatios/cm^2}$$

*Efecto de pasterización de la cerveza por irradiación infrarroja*. Generalmente la cerveza se elabora con levadura, malta de cebada, lúpulo y agua. La elaboración se inicia desde los molinos de malta, que vierten a un tanque de infusión, donde se macera a 65 grados de temperatura. Luego se separa la malta del líquido y se pasa a un tanque de cocción, donde permanece durante hora y media. Una vez que sale del tanque, se le baja la temperatura rápidamente hasta los 10 grados, para evitar la aparición de contaminación. Se deposita en recipientes de acero y fermenta 2 veces, una primera tanda de 1 semana y otra de 40 días, se filtra y embotella.

Todos los métodos existentes de pasteurización y de filtración estéril pueden tener un impacto negativo en la cerveza. El láser de radiación infrarroja puede ser usado en nuevos métodos no destructivos de pasteurización de la cerveza porque no causa ionización molecular y no es perjudicial para la calidad de la cerveza. La exposición a corto plazo de la cerveza a la radiación infrarroja láser suprime elevadamente la propagación de la levadura y elimina las bacterias. La alta capacidad de penetración de la radiación infrarroja permite el tratamiento de la cerveza embotellada. La "pasteurización infrarroja láser" no tiene desventajas en cuanto a la calidad del producto y debido a su consumo muy bajo de energía, su bajo precio y la gran disponibilidad de láseres infrarrojos, resulta más barata que cualquiera de los otros métodos usados actualmente por las industrias cerveceras.

*Tratamiento de piensos y harinas*. La elaboración de piensos compuestos en el mundo es superior a los 600 millones de toneladas, de las que a España corresponden unos 14 millones.

Entre las principales materias primas que intervienen en el proceso y que se almacenan en silos o depósitos, para su posterior molienda y tratamiento, cabe mencionar, la soja, el maíz y el trigo, materias primas contaminadas que afectan a la contaminación de los piensos terminados.

Los microorganismos que más afectan son las bacterias, los coliformes, la presencia de hongos en el maíz y algunas contaminaciones por salmonella en la soja.

En el Reino Unido utilizando tratamientos por calor lograron reducir la contaminación por salmonella en alimentos para aves del 30% al 6% en 3 años. La gran importancia económica de fabricación de piensos en nuestro país permite la incorporación de nuevas tecnologías a su proceso de elaboración, por lo que el tratamiento mediante emisión estimulada de radiación VIS o/y IR dentro de la longitud de onda germinicida $\lambda$ entre 0,38 y 1000 $\mu$m. produciría un efecto calorífico provocando la eliminación de los microorganismos contaminantes.

*Tratamiento de aguas en Piscinas*. Todas las piscinas, precisan de una desinfección para reducir el total de microorganismos en el agua. Tradicionalmente han sido usados los desinfectantes basados en el cloro, que originan problemas debido a la formación de subproductos clorados, como las cloraminas. La formación de cloraminas es debido a la reacción del cloro con amoniaco (o urea), que son vertidos por los bañistas. Estas cloraminas causan "ojos rojos", irritación de piel, olor característico y pueden ser cancerígenos.

Mediante la utilización de un sistema de desinfección por radiación VIS o/y IR, la concentración de cloraminas se reduce considerablemente, al descender en gran medida la dosificación de cloro.

Para la aplicación del sistema de Láser IR en la esterilización (desinfección) de piscinas, se tendrá que considerar si se trata de una piscina ya existente, o por el contrario, de nueva construcción. En el esquema la recirculación se divide en dos partes:

En la primera parte incorporamos una recirculación, que también puede ser con bomba independiente, en el que una parte del agua, en el tiempo aleatorio debe pasar toda el agua de la piscina, por la arqueta de tratamiento Láser.

La segunda es un sistema tradicional de filtro de arenas, para mantener una escasa turbiedad en el agua mejorar así el rendimiento del Láser.

En una tercera etapa se produce la dosificación de cloro o tratamiento químico alternativo y termostatación si la hubiere, reincorporando el agua a la pileta de baño. Solo con esta actuación se reduce la cantidad de don necesario en un cincuenta por ciento. No obstante todo esto, siguiendo una serie de conductas en la limpieza reduciremos mucho más esta cantidad. De una parte en el proceso de limpieza del filtro, bajaremos el nivel del agua hasta la línea discontinua B (figura 6) recurriendo luego a una hipercloración invirtiendo la recirculación desde la salida habitual hasta la canaleta que previamente hemos vaciado, tratando de esta manera las tuberías de conducción para evitar el desarrollo de colonias en codos etc.; en este momento reponemos el nivel del agua, y aunque hemos hecho hipercloración, este volumen es muy pequeño en comparación con la capacidad total de la cubeta de baño por lo que podremos ajustar la cantidad de cloro solo al mantenimiento de la misma, llegándose a valores del veinte por ciento o menos.

Empleando los medios de limpieza de fondos, paredes y esquinas desviaremos el agua del limpiafondos después de filtrada hacia la unidad de láser.

La figura 6 muestra un ejemplo de instalación de radiación VI o/y IR en una piscina.

*Tratamiento de Aire Acondicionado y Quirófanos*. La radiación láser de emisión en onda pulsada y continua entre los limites de 0,38 a 1000 $\mu$m, elimina los microorganismos, por lo que este sistema se puede utilizar para tratar el agua y purificar el aire en instalaciones de aire acondicionado, quirófanos, y limpieza y desinfectado de torres de refrigeración. Las figuras 7, 8 y 9, muestran un ejemplo de purificación en conductos de aire acondicionado, aire en quirófanos y agua de torres de refrigeración.

*Tratamiento y limpieza de revestimientos exteriores*. Este procedimiento es de aplicación general, pues sin dañar la superficie realiza una limpieza integral, pudiéndose utilizar sobre policromias y superficies frágiles.

El procedimiento es menos agresivo y más rápido para la piedra y otros materiales, requiriendo un menor esfuerzo para el operario, que como única protección necesita utilizar solamente unas gafas protectoras.

El láser funciona por la amplificación de la energía, en este caso un intenso haz, que produce un flujo de luz coherente de longitud de onda específica. Este tipo de láser emite luz infrarroja y también visible, la mayor parte de esta energía se convierte de inmediato en calor superficial (efecto principal del láser) que calienta la capa de suciedad, provocando su vaporización.

Al mismo tiempo el resto de luz pasa sobre el material originando una ligera expansión térmica y una contracción de la superficie que provoca una onda de choque y un efecto sonoro. La explosión de la capa de suciedad vaporizada contribuye al efecto de choque y colabora a eliminarla. La densidad de este tratamiento, transforma en unos segundos la capa negra de suciedad en una superficie limpia, sin que ésta pierda sus propiedades originales.

**Descripción de las figuras**

La figura 1 corresponde al dispositivo, consistente en una lente divergente (L) de seleniuro de zinc (ZnSe), arseniuro de galio (GaAs), fluorita ($CaF_2$), germanio (Ge), cuarzo ($SiO_2$) u otro material similar, de apertura variable a tenor de la superficie a tratar. La lente divergente (L) de forma poligonal, cilíndrica o esférica se utiliza para ampliar el campo de cobertura, distribuye el rayo láser (R) irradiando energía calorífica en espacios cerrados y abiertos a tenor de la masa contaminante a eliminar.

La figura 2 muestra el dispositivo, para tratamientos en arquetas, depósitos o similares, se trata de un elemento metálico (S) reflectante de forma semiesférica, cónica o poligonal, ubicado en el fondo de la cavidad, que se encuentra totalmente revestida de una lámina metálica (Lm) igualmente reflectante de Aluminio, Cobre, Acero inoxidable u otro material análogo. Las abreviaturas representan:

R: Radiación láser

S: Semiesfera

Lm: Lámina metálica reflectante

$R_f$: Radiación reflectada

La figura 3 es copia del diagrama de la página 266 del **VOLUME 1** "**Sources of Radiation**". En abscisas se indican las Longitudes de Onda en $\mu$m, mediante las que obtenemos en ordenadas el Coeficiente de Absorción en $cm^{-1}$ para cada tipo de radiación.

La figura 4 se refiere a la desinfección del agua a su paso por una arqueta, mediante irradiación láser. Las abreviaturas representan:

A: Agua

L: Lente divergente

E: Entrada agua

Sa: Salida agua

Lm: Lámina metálica de Aluminio anodizado o similar

C: Caperuza metálica del mismo material

R: Radiación láser

La figura 5, representa el proceso de desinfección de sangre realizando osmosis inversa previamente a la desinfección. Las abreviaturas empleadas son las siguientes:

L: Lente divergente (Dispositivo láser)

P: Presión

Ms: Membrana semipermeable con poros de 1-2 $\mu$m

La figura 6 corresponde al sistema de desinfección de agua en piscinas. Las abreviaturas utilizadas representan:

1. Esterilización por irradiación láser.

2. Filtrado y Bombeo.

3. Calefactado y pequeña cloración.

A. Rebosadero

B. Nivel del agua en el proceso de limpieza del filtro.

La figura 7 trata de una sección transversal y otra longitudinal de un conducto de aire acondicionado, donde las líneas rojas, representan el efecto de reflexión del haz láser en el interior del conducto metálico. Las abreviaturas empleadas son las siguientes.

4. Generador láser.

L. Lente divergente

La figura 8 corresponde a la purificación del aire en quirófanos y otros recintos mediante un generador láser de pequeñas dimensiones y reducida potencia. La abreviatura utilizada R, representa la Radiación emitida.

La figura novena corresponde a la desinfección del agua en torres de refrigeración mediante un generador láser de similares características al anterior. La abreviatura utilizada R, representa la Radiación emitida.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para tratamiento y desinfección de sólidos y fluidos mediante radiación láser, de especial aplicación en el tratamiento y desinfección de la sangre, líquidos para consumo humano y otros usos, piensos y harinas, aguas de piscinas y riego, aire acondicionado, quirófanos y otros recintos, limpieza de revestimientos exteriores y pasterización de cerveza, por aplicación de radiación visible y/o infrarroja en espacios cerrados y abiertos, para eliminar por calentamiento la materia contaminante, que absorbe la radiación transmitida por el aire y el medio a tratar y que se constituyen mediante generadores láser y lentes divergentes, esencialmente **caracterizado** porque el generador láser que emite radiación pulsada o continua, dentro del espectro de longitud de onda $\lambda$ entre 0,38 y 1000 $\mu$m, presenta adaptada a su cabezal terminal una lente divergente (L) de apertura variable y su radiación (R) es susceptible de incidir sobre un elemento metálico (S) reflectante de forma semiesférica, cónica o poligonal ubicado en el fondo de una cavidad, produciendo un efecto multiplicador de la radiación.

2. Dispositivo para tratamiento y desinfección de sólidos y fluidos mediante radiación láser, según la primera reivindicación, **caracterizado** porque la lente divergente (L) de apertura variable a tenor de la superficie a tratar, está constituida por seleniuro de zinc (ZnSe), o arseniuro de galio (GaAs), o fluorita ($CaF_2$), o germanio (Ge), o cuarzo ($SiO_2$), u otro material similar.

3. Dispositivo para tratamiento y desinfección de sólidos y fluidos mediante radiación láser, según la primera y segunda reivindicaciones, en su aplicación para tratamiento microbiológico de líquidos contenidos en el interior de una cavidad, **caracterizado** porque la cavidad está revestida interiormente de una lámina metálica (Lm) reflectante de la radiación (R), de aluminio, cobre, acero inoxidable u otro material similar, que dispone en el fondo de un elemento (S) reflectante de forma semiesférica, cónica o poligonal.

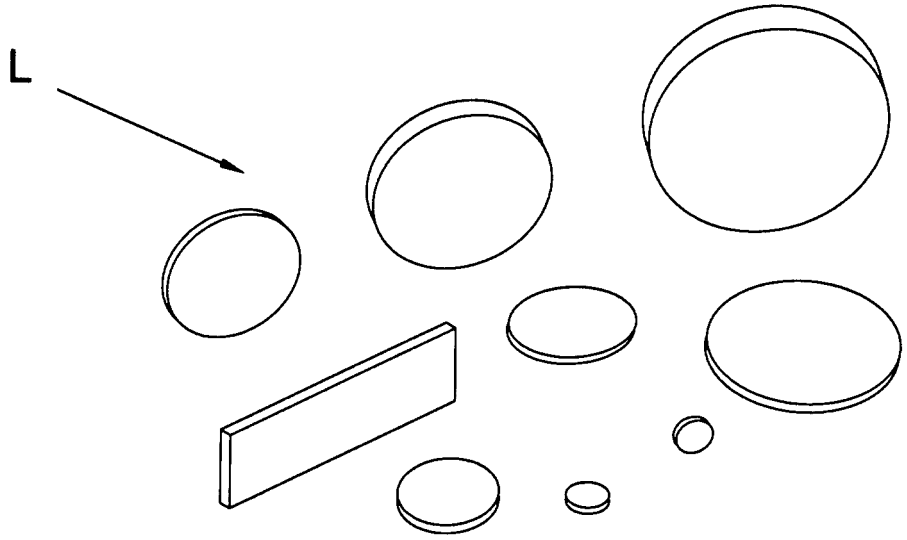


FIG. 1

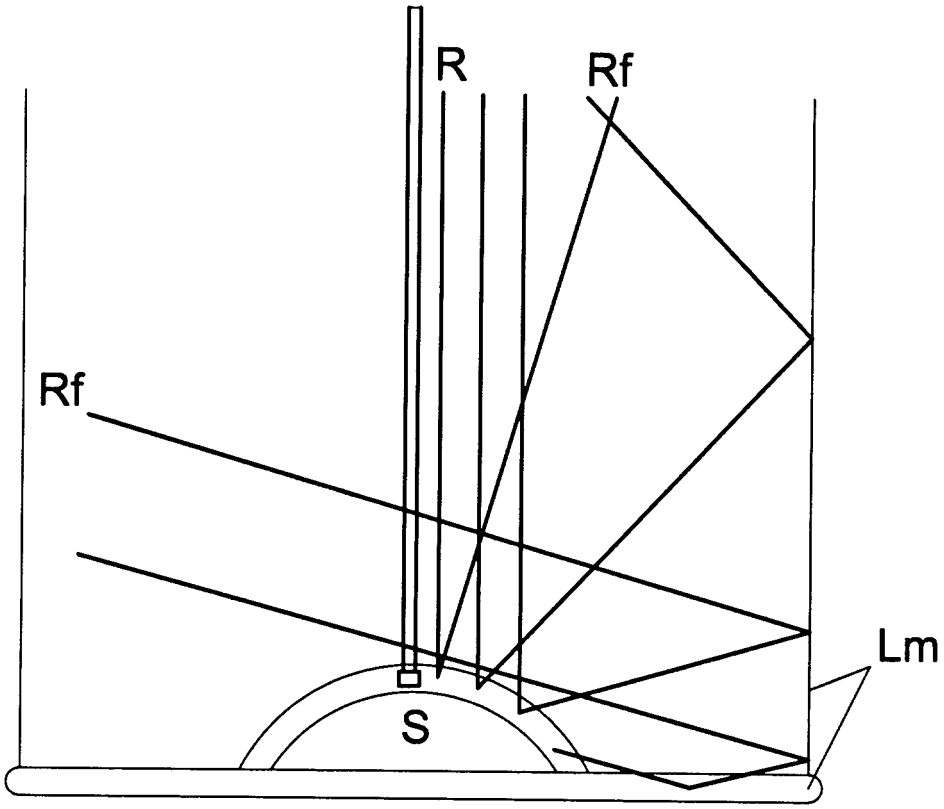


FIG. 2

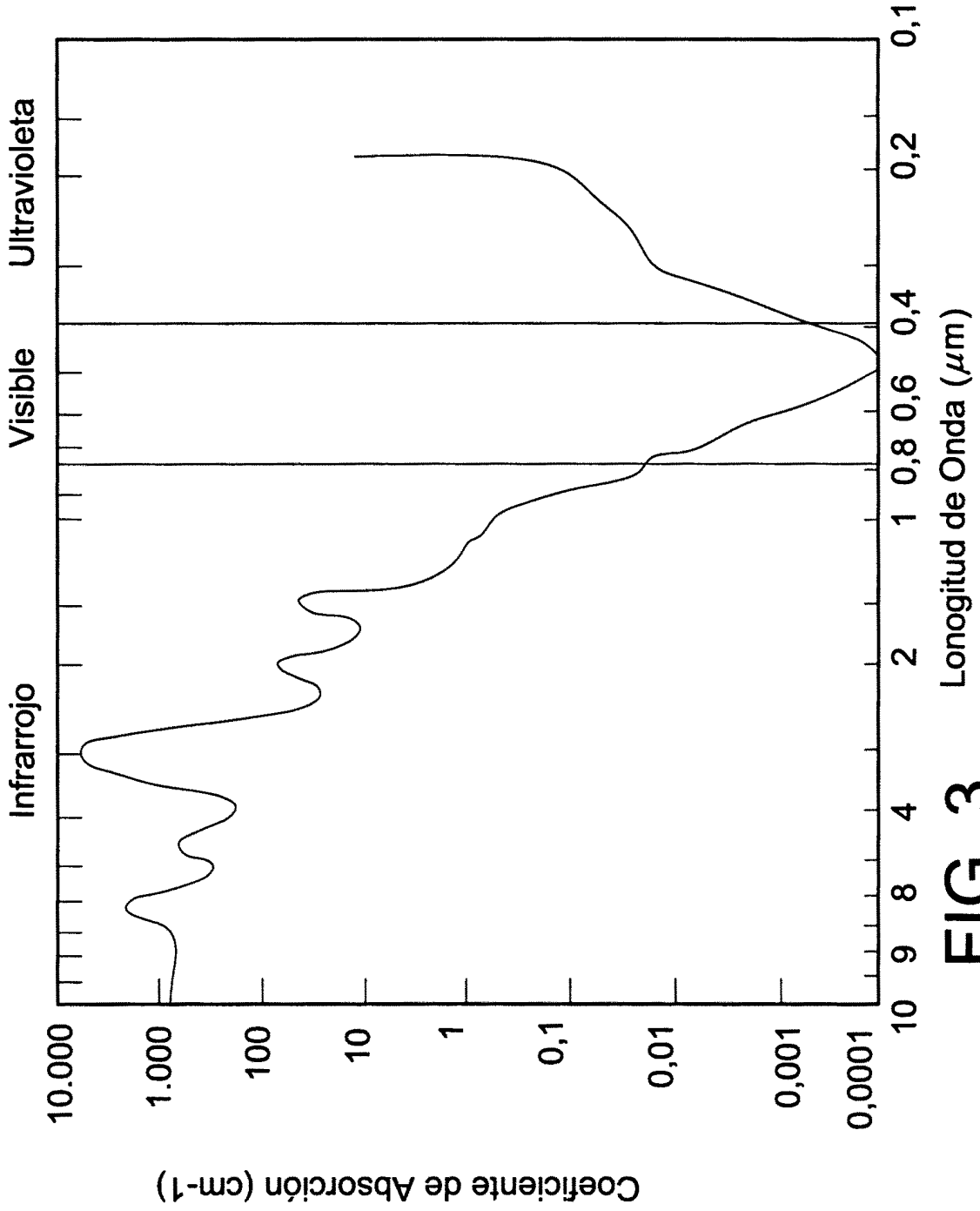
Infrarrojo
Visible
Ultravioleta
10.000
1.000
100
10
1
0,1
0,01
0,001
0,0001
Coeficiente de Absorción (cm-1)
10
9
8
4
2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0,1
Lonogitud de Onda (μm)

FIG. 3

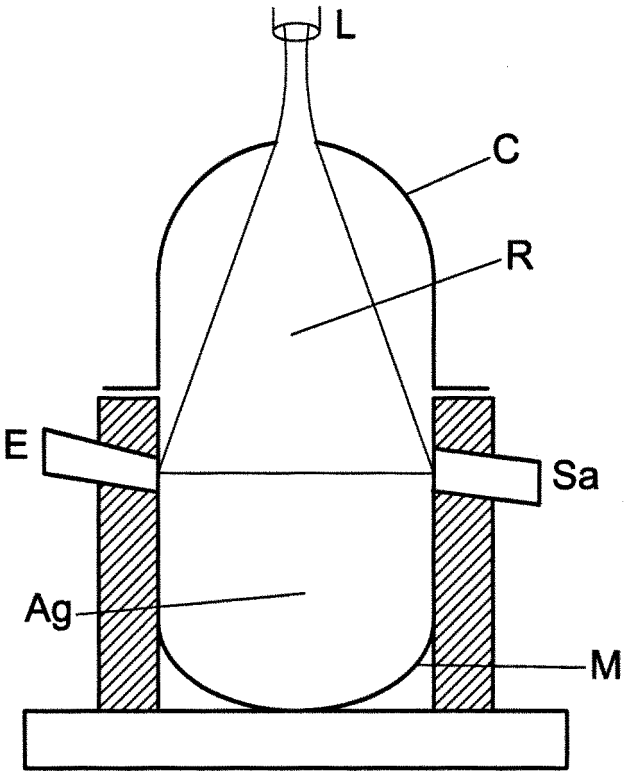


FIG. 4

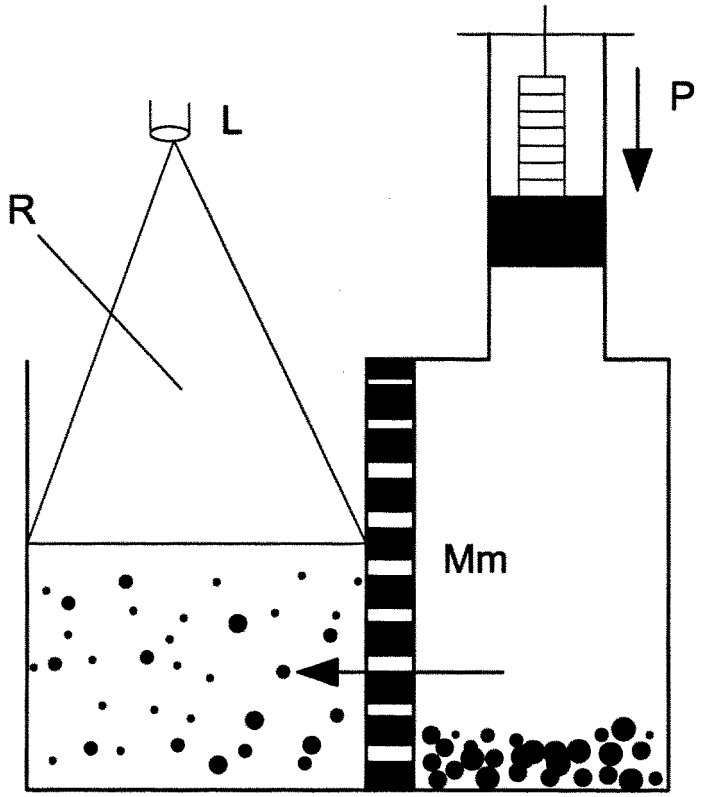


FIG. 5

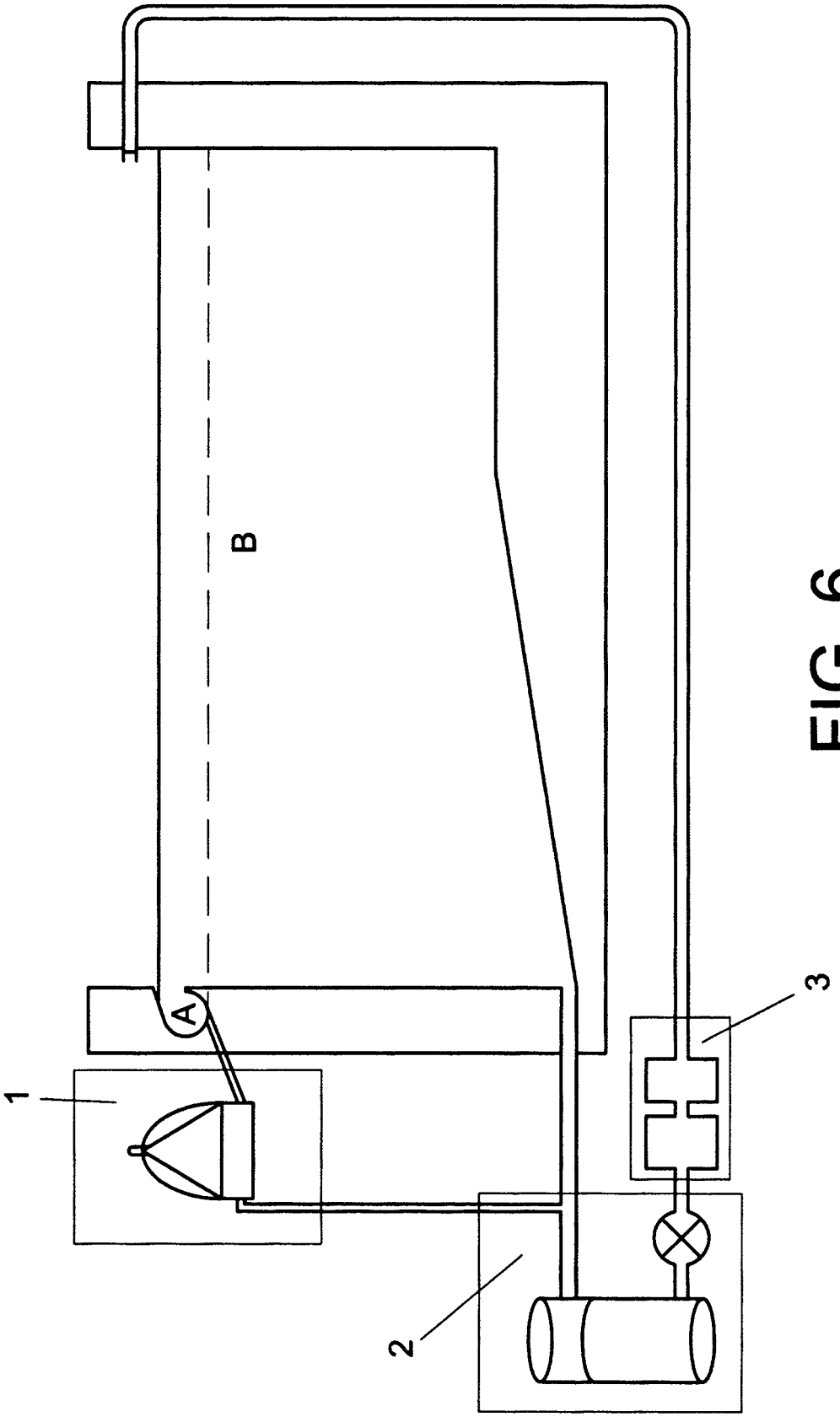


FIG. 6

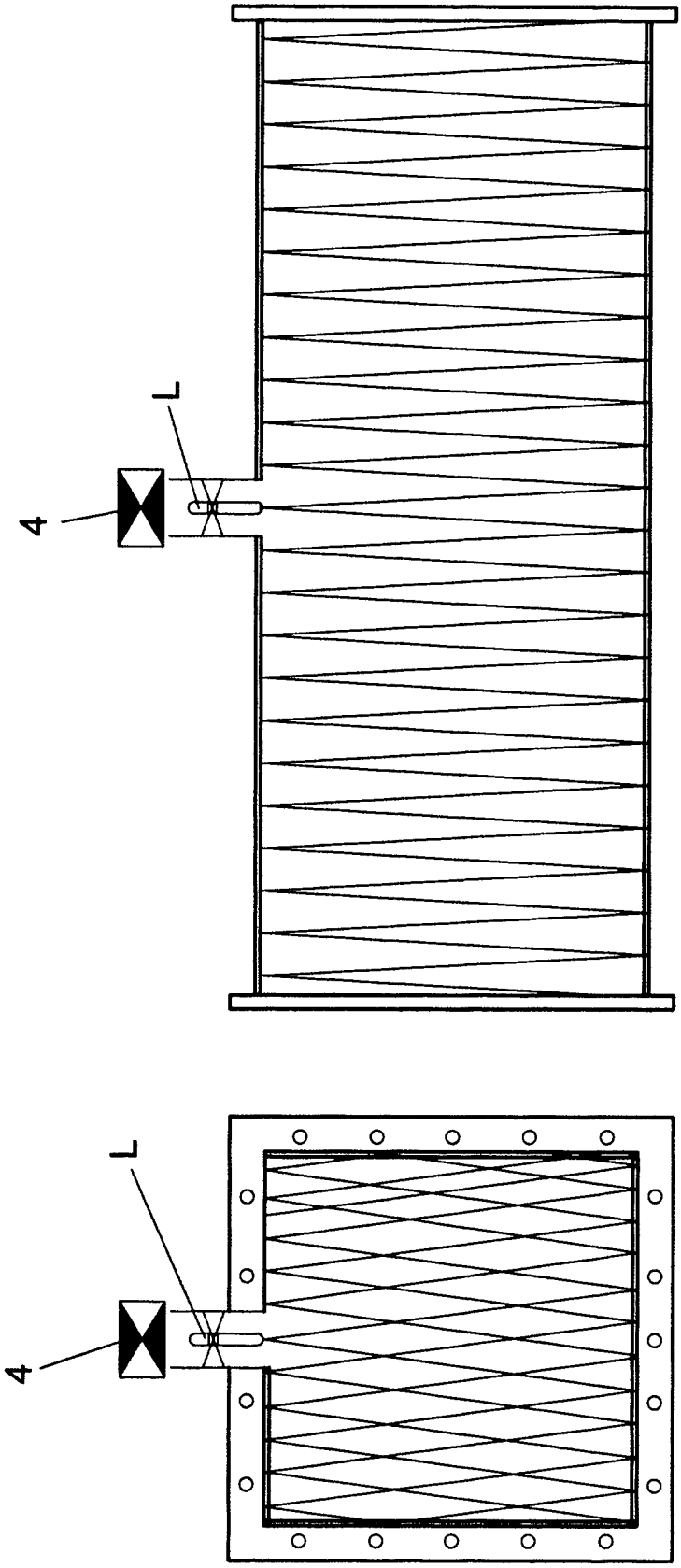


FIG. 7

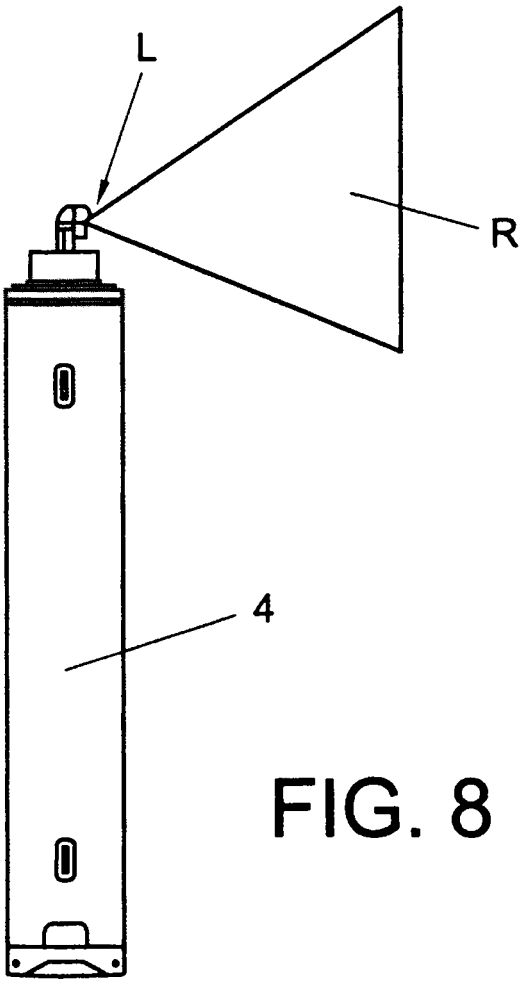


FIG. 8

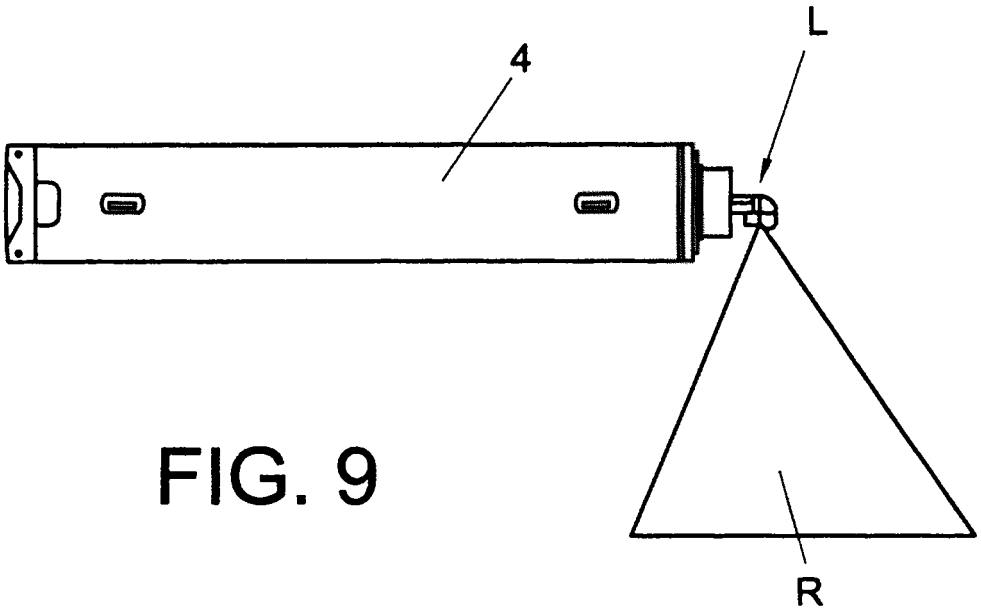


FIG. 9