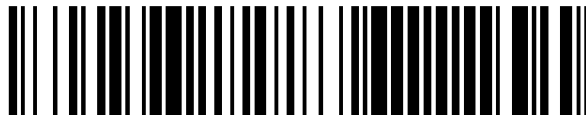


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 306 687**

21 Número de solicitud: 202231490

51 Int. Cl.:

A61L 9/20	(2006.01)	A23L 3/28	(2006.01)
F24F 8/22	(2011.01)	B01D 53/86	(2006.01)
F24F 8/26	(2011.01)	B01D 53/66	(2006.01)
C02F 1/32	(2006.01)		

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

28.12.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

09.04.2024

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)
Pabellón de Gobierno, Avda. los castros s/n
39005 Santander (Cantabria) ES

72 Inventor/es:

LÓPEZ HIGUERA, José Miguel;
APORTA LITAGO, Iñaki;
QUINTELA INCERA, María Ángeles;
VALDIANDE GUTIÉRREZ, José Julián y
LAAROSI, Ismail

54 Título: **FILTRO RECIRCULANTE MULTIMODAL DESACTIVADOR DE PATÓGENOS EN FLUIDOS
MEDIANTE FOTONES ENERGÉTICOS Y EQUIPO PURIFICADOR**

ES 1 306 687 U

DESCRIPCIÓN

Filtro recirculante multimodal desactivador de patógenos en fluidos mediante fotones energéticos y equipo purificador

5

Campo de la invención

La presente invención se encarta en los campos de la Fotónica y de la Fluídica y, más específicamente, en el uso de tecnologías de la luz para filtrar microorganismos patógenos en flujos de fluidos. Más concretamente, se sitúa en el área de los filtros multimodales que utilizan fotones energéticos dentro de la región ultravioleta (UV) del espectro electromagnético.

10

Antecedentes de la invención

15 A) General

Es bien conocido en el estado del arte, la utilización de fotones en el rango de 100 a 400 nm (denominada luz ultravioleta) para la desactivación de gérmenes nocivos para la salud tanto contenidos en superficies como en fluidos, incluyendo líquidos y gases. Las radiaciones de luz integradas por fotones con propiedades desactivantes de gérmenes, se conocen como radiaciones UV germicidas RUVG (que en inglés se anota como UVGI).

20

La luz ultravioleta se clasifica en cuatro rangos de longitud de onda: UV-A, desde aproximadamente 400 nm a 315 nm; UV-B desde aproximadamente 315 nm a 280 nm; UV-C desde aproximadamente 280 nm a 200 nm y, UV-V desde 200 nm a 100 nm conocido como ultravioleta en vacío.

25

La subregión UVA comprende fotones de longitudes de onda entre 315 nm y 400 nm que pueden ser perjudiciales para la piel debido, entre otras, por su potencial para generar especies reactivas de oxígeno en el rango de longitudes de onda comprendidas entre 315- 340 nm. La subregión UVB contiene fotones que pueden generar quemaduras en la piel habiéndose relacionado con la fotocarcinogénesis y el fotoenvejecimiento. Los fotones de la subregión UV del vacío, UVV, puede ser nocivos para la salud por su capacidad de reacción inmediata con átomos de oxígeno y moléculas orgánicas incluso en dosis bajas. Estas radiaciones pueden convertir el oxígeno del aire en ozono que ofrece propiedades germicidas y es insano para la salud humana. Finalmente, se ha demostrado que una gran variedad de bacterias y de virus absorben los fotones de energías correspondientes a la subregión UVC (200nm a 280nm) que se conoce como "germicida" por su potencial para desactivarlos o incluso, destruirlos, si reciben la dosis fotónica adecuada.

35

40

Radiaciones fotónicas dentro de la subregión UVC, pueden dañar el ácido desoxirribonucleico (ADN) y/o el ácido ribonucleico (ARN) evitando la viabilidad de su reproducción. Pueden desactivar bacterias, virus y otros patógenos y destruir su capacidad de multiplicarse y, por tanto, también si no se toman las precauciones debidas causar efectos nocivos para el ser humano.

45

Los fotones en el rango UV-C causan daño efectivo al ácido nucleico de los microorganismos al formar enlaces covalentes entre ciertas bases adyacentes en el ADN [1]. La formación de estos enlaces evita que el ADN se "descomprima" para la replicación, y el organismo no puede producir moléculas esenciales para el proceso de vida, ni puede reproducirse. De hecho, cuando un organismo no puede producir estas moléculas esenciales, no puede replicarse, muere. Las energías de los fotones que más impacto germicida producen están relacionadas con la capacidad de absorción de los mismos por parte del germen concreto a desactivar. No obstante,

50

hay una gran variedad de microorganismos que presentan absorciones máximas (absorben preferencialmente) los fotones de energías en el entorno de 4,68 eV (265nm) proporcionando, por tanto, una zona del espectro de luz que ofrece gran eficiencia germicida. Su eficacia desactivadora dependerá del tipo de patógeno, del medio en el que se encuentra y de la dosis fotónica que reciba. A modo de ejemplo, se citan dosis requeridas para desactivar al 90% ($1 - \log_{10}$) de los siguientes microorganismos [2]:

a) Situados en platillos Petri, para *Streptococcus pyogenes* y el *Ebola*, las dosis requeridas son de 1.93mJ /cm² y 0,4mJ / cm² a 265 nm, respectivamente.

b) En agua, para el *Aspergillus Fumigates* la dosis requerida es de 12.48mJ/cm² a 254 nm.

c) En el aire, para el *virus Variola* la dosis requerida se encuentra en el entorno de 4.25mJ/cm² a 254nm.

Dosis que deberán aumentar si se requieren niveles de desactivación superiores al 90% indicado. Las dosis fotónicas deberán, así mismo, modificarse si las radiaciones se hacen con flujos de fotones de otras energías (de otras longitudes de onda) [3].

En tiempos recientes las radiaciones dentro de la subregión UVC más profunda o lejana (220 nm a 200 nm) ha cobrado relevancia por ser radiaciones que penetran mucho menos en los tejidos biológicos que las correspondientes a las UVC germicidas (anteriormente mencionadas) por lo que dañarían de manera insignificante o nula la superficie de los mismos pero dado el tamaño de los virus, los dañarían por lo que es otra región UVC a considerar como germicida pero con coeficientes de absorción de los gérmenes patógenos diferentes [3]. Son de interés por su posibilidad potencial de no dañar (o mínimamente afectar) la salud de seres vivos (animales, seres humanos).

B) Desactivación de coronavirus mediante fotones energéticos

Al principio de la pandemia COVID-19 se disponía de conocimiento científico concerniente a la desactivación de diferentes tipos de coronavirus tales como los SARS- CoV-1 [4] y los MERS-CoV [5] mediante radiaciones UVC. Siendo los coronavirus SARS-CoV2 causantes de la enfermedad COVID-19 "parientes cercanos" de los citados, que presentan estructuras muy similares, organismos como la Asociación Internacional de Ultravioleta (IUVA) y los científicos especializados [6-8] presagiaron que, con gran probabilidad, éstos podrían ser desactivados mediante radiaciones fotónicas UVC adecuadas lo que, a fecha de la presentación de esta patente es una evidencia científica. Se ha demostrado que los coronavirus son muy sensibles a las radiaciones UVC y que los SARS-CoV 2 y sus futuras mutaciones pueden ser desactivados con niveles del 90% ($1 - \log_{10}$) mediante dosis fotónicas que se encuentran entre 2mJ /cm² y 10, 6mJ /cm² [9] lo que está en correlación con dosis requeridas para el mismo nivel de desactivación de otros patógenos importantes como los *Staphylo-coccus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* or *Candida albicans* [10].

C) Fuentes de fotones para inactivar microorganismos.

Para el logro de estas radiaciones fotónicas, se requieren de fuentes de fotones energéticos que históricamente han sido logradas a base de lámparas de vapor de mercurio con baja y media presión, lámparas de amalgama, lámparas de deuterio y de xenón o de micro- plasma [11]. Es de resaltar que las más utilizadas han sido las de mercurio de baja presión y que, todas ellas, presentan algunos inconvenientes que se han de resaltar. ofrecen corta vida útil lo que supone reemplazos frecuentes de las mismas, aumentando el coste de mantenimiento de los sistemas

en que se integran; consumos de energía grandes debido al método de descarga de alta presión de estas lámparas y, debido a la tecnología complica el control y la modulación de los flujos fotónicos que emiten.

- 5 En los últimos años, el desarrollo de la tecnología LED ha permitido el desarrollo de LED UV que emiten fotones en el rango UV-A, UV-B y UV-C y que pueden solventar los problemas presentados por las lámparas de mercurio [12]. Por un lado, los LED UV permiten una alternativa de desinfección de menor riesgo puesto que su estructura cristalina estable garantiza una gran resistencia a golpes mecánicos o ambientales, evitando la ruptura y la contaminación por
- 10 mercurio. Por otro lado, presentan una instalación flexible en función de la aplicación, con un diseño compacto y un menor coste. Además, no se ven afectados por los ciclos de encendido/apagado, a diferencia de las lámparas de mercurio que están limitadas a 4/5 ciclos por día para no afectar a su vida útil. Otra de las ventajas que presentan los LED UV respecto a las lámparas UV típicas, es que se puede regular la intensidad de radiación con gran precisión y
- 15 que, además se pueden pulsar lo que influye en la dosis requerida para la desactivación [12]. Por último, los LED UV son monocromáticos y están disponibles en múltiples longitudes de onda, lo que permite un rendimiento específico en función de la aplicación o el patógeno.

D) El calor como desactivador de microorganismos

- 20 De acuerdo a la Organización Mundial para la Salud (WHO en inglés), una mayoría de gérmenes patógenos (bacterias, virus y protozoos) pueden ser desactivados cuando se les somete a temperaturas superiores a 65-70 grados centígrados lo que, en cualquier caso, reduce su periodo de vida útil.

E) La fotocátalisis como medio para eliminar contaminantes

- Mediante reacciones químicas activadas o promovidas por luz, la energía luminosa se puede transformar en energía química en la superficie de un catalizador o sustrato, consistente en un
- 30 material semiconductor que acelera la velocidad de reacción. Mediante fotocátalisis se originan tanto reacciones de oxidación como de reducción que pueden culminar en la eliminación de contaminantes en el medio ambiente que rodean al catalizador. En base a procesos de fotocátalisis se pueden eliminar contaminantes tales como NOx, SOx, compuestos orgánicos volátiles (VOCs), CO, metil mercaptano, formaldehído, compuestos orgánicos clorados,
- 35 compuestos poli-aromáticos. Como elementos catalizadores se utilizan óxidos de Titanio, de Paladio, de Plata, entre otros, siendo de todos ellos, el más utilizado el dióxido de titanio TiO₂ y compuestos derivados.

Resumen

- 40 A fecha de los corrientes, es un hecho científicamente probado el potencial germicida de las radiaciones luminosas integradas por fotones de energías encartadas dentro de la región ultravioleta. La dosis de fotones requerida para la destrucción o desactivación de microorganismos patógenos, es dependiente de sus características de absorción de los
- 45 patógenos, del estado del medio en el que se encuentren (gaseoso, líquido o sólido), sus tipologías (tipo de material, tipo de líquido, tipo gas) y condiciones (humedad, temperatura etc.). En términos generales los microorganismos patógenos más habituales (incluidos los coronavirus) presentan un pico de absorción de fotones UV dentro de la subregión que se ubica entorno a fotones de 4,68 eV (que corresponde a longitudes de onda del espectro
- 50 electromagnéticos en el entono a 265nm) siendo considerable también en la parte más lejana o profunda de la subregión (UVC). Además de las dosis con fotones de diferentes energías existen indicios científicos de la influencia del orden de su secuencia de irradiación en la viabilidad de

vida de los microorganismos patógenos [13]. Los flujos de fotones con energía dentro de la subregión UVV al interactuar con el aire generan ozono (O₃) que es un potente germicida (destruye las membranas celulares de microorganismos), pero a la vez dañino para la salud de los seres humanos y animales de compañía. Temperaturas superiores a 65-70 grados centígrados contribuyen a la destrucción o al menos a reducir muy substancialmente la vida de gérmenes patógenos. Por otro lado, como un elemento adicional de multimodalidad, se pueden añadir los efectos descontaminantes originados mediante reacciones fotocatalíticas en base a catalizadores basados en óxidos semiconductores como el dióxido de titanio, sin descartar otras posibilidades.

A pesar del potencial germicida y antimicrobiano de los fotones ultravioleta (UV), su uso en entornos públicos (en presencia de humanos y animales de compañía) se ve limitado por el hecho probado de que las radiaciones UV pueden, potencialmente, ser tanto cancerígenas como cataractogénicas [6,8], pudiendo, además generar ozono.

Para vidas más saludables de los seres humanos es de considerar la conveniencia de medios ambiente en los que conviven y/o desarrollan su actividad que contengan la menor densidad (o carga) de gérmenes patógenos. Además, los virus que originan la enfermedad COVID-19 se introducen a través de la boca la nariz y los ojos lo que unido a la demostración científica de la importancia en la infección de su propagación mediante aerosoles, es vital tanto para evitar infecciones potenciales como para desarrollar vidas más saludable el logro de medio ambientes, que presenten cargas virales muy reducidas.

Referencias

[1] P. Schubert, L. Johnson, D. C. Marks, and D. V. Devine, "Ultraviolet-based pathogen inactivation systems: untangling the molecular targets activated in platelets," *Frontiers in medicine*, vol. 5, p. 129, 2018.

[2] Fatma Vatansever, Cleber Ferraresi, Marcelo Victor Pires de Sousa, Rui Yin, Ardeshir Rinch, Sulbha K Sharma & Michael R Hamblin, Can biowarfare agents be defeated with light? *Virulence*, pp 796-825, <https://doi.org/10.4161/viru.26475>, 2013.

[3] D. Welch, M. Buonanno, V. Grilj, I. Shuryak, C. Crickmore, A. W. Bigelow, et al., "Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases," *Scientific Reports*, vol. 8, pp. 1-7, 2018.

[4] Y. Tsunetsugu-Yokota, "Large-scale preparation of UV-inactivated SARS coronavirus virions for vaccine antigen," in *SARS and Other Coronaviruses*, ed: Springer, 2008, pp. 119-126.

[5] K. Bedell, A. H. Buchaklian, and S. Perlman, "Efficacy of an Automated Multiple Emitter Whole-Room Ultraviolet-C Disinfection System Against Coronaviruses MHV and MERS-CoV," *infection control & hospital epidemiology*, vol. 37, pp. 598- 599, 2016.

[6] D. Welch, M. Buonanno, V. Grilj, I. Shuryak, C. Crickmore, A. W. Bigelow, et al., "Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases," *Scientific Reports*, vol. 8, pp. 1-7, 2018.

[7] I. H. Hamzavi, A. B. Lyons, I. Kohli, S. Narla, A. Parks-Miller, J. M. Gelfand, et al., "Ultraviolet germicidal irradiation: possible method for respirator disinfection to facilitate reuse during COVID-19 pandemic," *Journal of the American Academy of Dermatology*, 2020.

[8] R. Mijic and A. Turchin. Ubiquitous Far-Ultraviolet Light Could Control the Spread of Pandemics Covid-19 and Other [Online]. Available: <https://www.lesswrong.com/posts/L8KGSDchPpNo48PCM/ubiquitous-far-ultraviolet-light-could-control-the-spread-of>.

[9] Martin Heßling, Katharina Hönes, Petra Vatter, Christian Lingenfelder Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies, *GMS Hyg Infect Control*, doi: 10.3205/dgkh000343, May 2020.

[10] Kowalski W. Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009

[11] M. E. Allash, L. M. Vasilyak, N. P. Eliseev, O. A. Popov, and D. V. Sokolov, "Testing and analysis of characteristics of low-pressure mercury and amalgam bactericidal uv lamps by various manufacturers," *Light & Engineering*, vol. 27, 2019.

[12] K. Song, M. Mohseni, and F. Taghipour, "Application of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LEDs) for water disinfection: A review," *Water research*, vol. 94, pp. 341- 349, 2016.

[13] KaiSongFariborz et al, Microorganisms inactivation by wavelength combinations of ultraviolet light-emitting diodes, *Science of The Total Environment*, Volume 665, 15 May 2019, Pages 1103-1110, doi.org/10.1016/j.scitotenv 2019.02.041

Resumen de la invención

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un filtro recirculante multimodal que desactiva gérmenes en general, y microorganismos patógenos en particular, contenidos en un fluido mediante fotones de energías dentro de la región UV, que comprende: a) un conducto de entrada por el que fluye un fluido de entrada; y b) un conducto de acoplo/desacoplo al final del cual i) parte del fluido que atraviesa dicho conducto de acoplo/desacoplo fluye hacia el conducto de salida como flujo en el conducto de salida; y ii) la parte restante del flujo que atraviesa el conducto de acoplo/desacoplo se acopla a un conducto recirculante fluyendo por el mismo como flujo acoplado al conducto recirculante y que, tras un retardo de t segundos se acopla al flujo de entrada, tal que tras atravesar la zona del conducto de acoplo/desacoplo parte de este flujo se vuelve a acoplar al conducto recirculante lo que, al repetir M recirculaciones causa que la fracción del flujo del fluido que recircula, permanezca en el interior del filtro $M \cdot \tau$ segundos, tiempo que combinado con las intensidades de al menos una fuente de fotones energéticos, posibilita que los patógenos reciban las dosis de fotones, de energías específicas, requeridas para su desactivación o aniquilación.

En una posible realización, el filtro recirculante incluye elementos adicionales de hardware y software para la excitación, control, monitorización temporización etc, de las fuentes de fotones energéticos UV así como lo referente a parámetros del fluido circulante (tamaño de partículas, humedad, temperatura, etc.).

En una posible realización, se sitúa, estratégicamente, al menos una fuente fotónica en la región del conducto de acoplo/desacoplo (idénticas o no) que iluminan/"bombardean", secuencialmente, con fotones de energías UV, los patógenos contenidos en el fluido que fluye por el conducto de acoplo/desacoplo. En otra posible realización, estratégicamente, se sitúa al menos una fuente fotónica en la región del conducto de recirculación (idénticas o no) que iluminan/"bombardean", secuencialmente, con fotones de energías UV, los patógenos contenidos en el fluido que fluye por el conducto recirculante. En otra posible realización, existen al menos una fuente fotónica en

la región del conducto de acoplo/desacoplo y al menos una fuente fotónica en la región del conducto recirculante.

5 En una posible realización, en la zona del conducto de acoplo/desacoplo, de longitud suficiente para que el fluido tarde en atravesarla un tiempo considerable, se sitúa al inicio de la misma una o varias fuentes de fotones de energías dentro del espectro UVV, seguidas de fuentes de fotones del espectro UVC germicidas y desactivantes de ozono.

10 En una posible realización, en el inicio del conducto de recirculación, se sitúa una o varias fuentes de fotones de energías dentro del espectro UVV seguidas de fuentes de fotones del espectro UVC germicidas y desactivantes de ozono.

15 En una posible realización, al menos una de las fuentes de fotones de energía UV se modulan en intensidad.

20 En una posible realización, el filtro comprende un dispositivo calefactor para elevar la temperatura del fluido que por ellas fluye y, como un elemento multimodal más, incrementar el efecto germicida del filtro recirculante. En una posible realización, el dispositivo calefactor se sitúa al inicio del conducto de acoplo/desacoplo. Alternativamente, el dispositivo calefactor se sitúa al inicio del conducto de recirculación.

25 En una posible realización, el filtro comprende un dispositivo fotocatalizador para eliminar contaminantes como NO_x, SO_x, compuestos orgánicos volátiles (VOCs), CO, metil mercaptano, formaldehído, compuestos orgánicos clorados, compuestos poli- aromáticos, etc. En una posible realización, el dispositivo fotocatalizador se sitúa al inicio del conducto de acoplo/desacoplo. Alternativamente, el dispositivo fotocatalizador se sitúa al inicio del conducto de recirculación.

30 En una posible realización, las paredes interiores de las cavidades objeto de esta invención, de cualquier función perimetral de la sección transversal, son recubiertas de aluminio tratado y conformado de al menos un 70% de reflectividad óptica en UVV a las frecuencias de trabajo.

35 En una posible realización, el filtro se concatena en una cascada de N filtros y da lugar a un nuevo filtro recirculante multimodal global de orden N. En una posible realización, el filtro es recirculado añadiendo un conducto recirculante y dando lugar a un filtro de orden N Recirculado. En una posible realización, los filtros concatenados son idénticos. En otra posible realización, los filtros concatenados no son idénticos.

40 En una posible realización el filtro además comprende: i) un prefiltro de entrada, situado a la entrada del flujo del fluido entrante del medio ambiente, configurado para filtrar las partículas y gérmenes más voluminosos; ii) un filtro de entrada concatenado con el prefiltro de entrada que, filtra las partículas y gérmenes que hayan atravesado el prefiltro de entrada y que se encuentra concatenado con el filtro de la invención; iv) un dispositivo impulsor del fluido; v) un filtro de salida como elemento configurado para lograr un mayor nivel de purificación y para minimizar la salida al exterior de restos de gérmenes o microorganismos desactivados o aniquilados o destruidos y
45 que, puede posibilitar la eliminación de olores ("odores") consecuencia de los procesos previos.

Breve descripción de las figuras

50 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión y el alcance de la invención que, además, posibiliten entender un ejemplo preferente de realización práctica de la misma y, faciliten el entendimiento de las reivindicaciones, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de figuras, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estas figuras:

- La figura 1 muestra una vista esquemática y conceptual de una realización del filtro de la invención, de acuerdo a las siguientes referencias:

- 5 1.- Conducto de entrada a la estructura
- 2.- Flujo de entrada, F_e
- 3.- Conducto de acoplo/desacoplo
- 10 4.- Conducto de salida de la estructura
- 5.- Flujo en el conducto de salida, $F_s = F_e (1 - K)$ siendo K el coeficiente de acoplo al conducto recirculante ($0 < K < 1$)
- 15 6.- Conducto recirculante
- 7.- Flujo acoplado al conducto recirculante, $F_r = F_e \cdot K$
- 20 8.- Flujo recirculante acoplado a 3 tras un retardo τ .
- 9.- Fuentes fotónicas, F_{fx} en la región del conducto de acoplo/desacoplo (una, varias o ninguna).
- 10.- Fuentes fotónicas, F_{fx} en la región del conducto recirculante (una, varias o ninguna).
- 25 - La Figura 2 muestra las secciones de iluminación en la región del conducto de acoplo/desacoplo. Iluminación fotónica secuencial mediante fuentes fotónicas consecutivas, de acuerdo a las siguientes referencias:
- 30 9.1.- Fuente/s, F_{F1} , en la sección i del conducto de acoplo/desacoplo
- 9.2.-Fuente/s, F_{F2} , en la sección 2 del conducto de acoplo/desacoplo
- 9.i-1.- Fuente/s, F_{F1-i} , en la sección $i-1$ del conducto de acoplo/desacoplo
- 35 - La Figura 3 muestra las secciones de iluminación en la región del conducto recirculante. Iluminación fotónica secuencial de la región del conducto recirculante del flujo de fluido mediante fuentes fotónicas consecutivas, de acuerdo a las siguientes referencias:
- 40 10.i- Fuente/s, F_{F1} , en la sección, del conducto recirculante
- 10.1+1.- Fuente/s, F_{F1+1} , en la sección $i+1$ del conducto recirculante
- 10.n.- Fuente/s, F_{Fn} , en la sección n del conducto recirculante.
- 45 - La Figura 4 muestra una concatenación de orden N del filtro de la invención, de acuerdo a las siguientes referencias:
- 50 11.- Flujos de entrada del fluido que contiene los gérmenes, F_e , y de salida F_s .

12.- Unidades una, dos,...N del filtro FIRFOP (idénticas o no) concatenadas.

- La Figura 5 muestra el filtro de la invención concatenado de orden N y recirculante, de acuerdo a las siguientes referencias:

5

13.- FIRFOP concatenado N veces FIRFOP^N

14.- Conducto recirculante, iluminado o no, que retorna el flujo desacoplado ($F_e \cdot K'$) de la salida ($F_s = F_e \cdot (1 - k')$) hacia la entrada. K' es la constante de acoplo al conducto recirculante ($0 < K' < 1$).

10

- La Figura 6 muestra una forma de implementación del filtro de la invención, de acuerdo a las siguientes referencias:

15.- Sección primera de del conducto de acoplo/desacoplo, iluminada o no. En ella se acopla el flujo de fluido proveniente por el conducto recirculante.

15

16, 17, 18, 19.- Secciones intermedias 16, 17, 18, 19 del conducto de acoplo/desacoplo, iluminadas o no.

20.- Sección última del conducto de acoplo/desacoplo, iluminada o no. En ella se acopla una porción del flujo de fluido proveniente por el conducto de acoplo/desacoplo y se acopla al inicio del conducto recirculante.

20

21.- Conducto recirculante, iluminado o no, que retorna el flujo desacoplado ($F_e \cdot k$) de la salida ($F_s = F_e \cdot (1 - K)$) hacia la entrada; k es la constante de acoplo al conducto recirculante ($0 < k < 1$)

25

- La Figura 7 muestra una forma de implementación de un equipo purificador de fluidos, en base al filtro de la invención, de acuerdo a las siguientes referencias:

22.- Prefiltro de entrada

30

23.- Filtro de entrada. En caso de ser el fluido aire, puede ser o no HEPA; puede o no ser Fotocatalítico Puede ser HEPA y Fotocatalítico

24.- Filtro recirculante multimodal mediante fotones energéticos, objeto de esta invención

35

25.- Dispositivo impulsor del fluido. Origina el flujo del fluido a través de las cavidades del filtro objeto de la invención.

26.- Filtro de salida. En caso de ser el fluido aire, puede ser o no HEPA.

40

27.- Flujo de fluido entrante

28.- Flujo de fluido saliente filtrado.

45

Descripción detallada de la invención

En este texto, el término "comprende" y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Además, los términos "aproximadamente", "sustancialmente", "alrededor

50

de", "unos", etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

- 5 Las características del sistema de la invención, así como las ventajas derivadas de las mismas, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos antes enumerados.

10 Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

15 A continuación se describe el filtro recirculante, multimodal (denominado por los inventores FIRFOP) que, mediante fotones energéticos desactiva y/o destruye o aniquila gérmenes o / y microorganismos patógenos en flujos de fluidos entrantes al mismo. Se entiende que un filtro es multimodal cuando se utilizan diferentes efectos con propiedades biocidas para optimizar su capacidad de desactivación o/y aniquilación de patógenos.

20 El filtro objeto de esta invención, combinado apropiadamente con otros componentes o/y dispositivos posibilita la consecución de equipos sistemas purificadores que pueden, alcanzar altos niveles de desinfección pudiendo, incluso, alcanzar niveles tan altos de desinfección que podrían considerarse de esterilización de los fluidos. El filtro de la invención es habilitador de fluidos libres de agentes patógenos como bacterias, virus y similares que son perjudiciales para el ser humano. Como caso particular, es habilitador potencial de medios ambientes con "cargas" reducidas, despreciables o nulas de patógenos, incluidos los coronavirus causantes de la enfermedad COVID-19 y sus variantes.

30 Como premisas científico-técnicas claves a tener en cuenta para entender esta invención se señalan:

35 a) La desactivación/aniquilación de un patógeno se logra cuando: i) recibe dosis adecuadas de fotones de energías apropiadas (germicidas) que, generalmente presentan un valor mínimo de dosis requeridas (umbral) para que le desactive (elimine su capacidad de reproducción) o que le destruya o aniquile; ii) cuando recibe dosis de energía caloríficas elevadas (se le somete a temperaturas por encima de un umbral 60-70 °C durante un tiempo mínimo); iii) cuando es situado en ambientes que contienen concentraciones adecuadas de ozono (O₃) que es un agente biocida y, por tanto, no debe interaccionar con los tejidos de humanos y animales de compañía vivos, por sus efectos perjudiciales para la salud.

40 b) Que dentro de la región ultravioleta del espectro electromagnético: i) la capacidad de absorción de fotones por parte de los gérmenes patógenos, depende del tipo de germen y del medio en el que se encuentra; ii) una gran variedad de patógenos ofrecen un pico de absorción cuando se irradian con fotones entorno 4,68 eV (que corresponde a longitudes de onda del espectro electromagnéticos en el entono a 265nm); iii) que también presentan efecto germicida cuando se irradian con fotones dentro de la región lejana de la región UVC (fotones de energías comprendidas entre 5,63 Ev y 6,20 Ev); iv) que irradiando en aire con fotones de energía dentro de la región más lejana del ultravioleta (fotones de energías comprendidas dentro de 6,20 Ev y 50 12,40 Ev) se genera ozono; v) que el ozono se reduce a oxígeno molecular (no perjudica a la salud humana) al ser irradiado con fotones de la parte inicial de la subregión UVC del espectro de la luz.

c) Que ha sido demostrado que la viabilidad de vida de organismos patógenos, además de lo anteriormente expresado, tiene dependencia con la energía de los fotones con los que se irradia y con la secuencia de irradiación de los patógenos con fotones de diferentes energías.

d) Que coronavirus como el SARS-CoV2 y una amplísima gama de microorganismos patógenos han sido desactivados/destruidos mediante radiaciones con fotones de energías correspondientes a la región UV de la luz.

Con las premisas mencionadas, en mente, se pasa a describir más detalladamente la invención, de acuerdo con las figuras descritas y especialmente con la figura 1.

El filtro de la invención comprende un conducto de entrada 1 del fluido, por el que penetra un flujo de entrada 2. potencial contenedor de los gérmenes nocivos. Dicho flujo de entrada 2 tras atravesar una zona de un conducto de acoplo/desacoplo 3, en parte se acopla a un conducto recirculante 6 (véase en la figura 1 la referencia 7). Este flujo acoplado al conducto recirculante 7, toma el valor $(F_e \cdot k)$; siendo k la constante de acoplo al conducto recirculante 6 y pudiendo tener valores entre cero y la unidad ($0 < k < 1$) El resto del flujo de entrada no desacoplado (véase en la figura 1 la referencia 5, equivalente al flujo en el conducto de salida 5) $(F_e \cdot (1-k))$ prosigue hacia el conducto de salida 4.

Las dimensiones de las cavidades de los diferentes conductos del filtro objeto de la invención han de ser adaptadas en función de los flujos de fluido que han de circular a través de ellas. De cualquier función perimetral de la sección transversal, el diseño las cavidades de los conductos de la estructura FIRFOP, han de observar las reglas de dinámica de fluidos a los efectos de eficiencia y eficacia y de cumplir los correspondientes flujos a través de la mismas, en general y, en particular, para minimizar los efectos de rozamiento de los fluidos sobre las paredes que, en última instancia, representan pérdidas energéticas y ruido que, con vista a posibilitar su uso práctico en confort, han de minimizarse.

El flujo acoplado al conducto recirculante 7 $(F_e \cdot k)$ desplaza por su interior y, tras retardarse τ segundos, mediante una zona de acoplo (véase en la figura 1 la referencia 8, equivalente al flujo recirculante acoplado al conducto de desacoplo/acoplo tras un retardo τ), se acopla al flujo de entrada 2. De nuevo, tras atravesar la zona del conducto de acoplo/desacoplo 3 parte de este flujo (flujo de entrada 2+ flujo recirculante acoplado al conducto de desacoplo/acoplo tras un retardo τ) se vuelve a acoplar al conducto recirculante 6 se desplaza por su interior y, tras un retardo de segundos, mediante la zona de acoplo, se acopla de nuevo al flujo entrante 2 y, así, tras sucesivas recirculaciones parte del flujo en el conducto de acoplo/desacoplo 3 recircula M veces por el conducto recirculante 6 pudiendo permanecer dentro de la cavidad del filtro hasta $\tau \cdot M$ segundos, lo que contribuye a garantizar que los gérmenes reciban, al menos, las dosis de fotones energéticos necesarias e interaccionen, suficientemente, con otros agentes biocidas, que procedan, antes de salir por el conducto de salida 4, hacia el medio ambiente de destino. Tanto los conductos de entrada 1 como de salida 4 del filtro objeto de esta invención, pueden tener elementos de conexión que, en general, serán de tipo "hembra" en la entrada y "macho" a la salida, para facilitar su conexión con otros subsistemas con los que se integre.

Los patógenos contenidos en el fluido son irradiados, secuencialmente, con fuentes de fotones energéticos (F_{Fx}) con las intensidades requeridas para su desactivación (en consonancia con el tiempo en que los patógenos permanecerán dentro de la estructura objeto de la invención siendo irradiados. En una posible realización, existe al menos una fuente fotónica en la región del conducto de acoplo/desacoplo 9 que genera patrones de fotones de energías idénticas o diferentes que, irradia adecuadamente (y secuencialmente -como se ilustra en la figura 2- en las

- diferentes secciones de la citada zona) los patógenos contenidos en el fluido circulante (fuentes F_{F1} , F_{F2} ... F_{Fi-1}). En otra posible realización, existe al menos una fuente fotónica en la región del conducto recirculante 10 que genera patrones de fotones de energías idénticas o diferentes que, irradia adecuadamente (y secuencialmente como se ilustra en la figura 3- en las diferentes secciones de la citada zona) a los patógenos contenidos en el fluido recirculante (fuentes F_{Fi+1} , F_{Fi+2} ... F_{Fn-1} , F_{Fn}). En otra posible realización, existen al menos una fuente fotónica en la región del conducto de acoplo/desacoplo 9 y al menos una fuente fotónica en la región del conducto recirculante 10.
- En todos los casos, con el fin de maximizar la interacción de los fotones con los patógenos y, consiguientemente su desactivación/aniquilación de forma efectiva y eficiente, las fuentes de fotones energéticos (dentro de la zona UV), en conjunción con la estructura de la cavidad interior, han de configurar patrones de distribución espacial de los fotones que posibiliten una integral de solapamiento máxima con la distribución espacial del fluido al atravesarla. En todo caso, las paredes interiores de los conductos en las zonas de iluminación de esta invención han de ofrecer máximas reflectividades ópticas (especulares y/o dispersivas). Así mismo, la estructura de la cavidad deber realizarse con materiales que ofrezcan buenas conductividades térmicas a efecto de contribuir a la evacuación eficiente del calor. Ello, sin despreciar otras posibilidades, se puede lograr con materiales de aluminio (Al) convenientemente conformados y tratados.
- Siempre que se garantice la desactivación del ozono (conversión de oxígeno O_3 altamente reactivo- en oxígeno O_2 molecular) las primeras fuentes de fotones del conducto de acoplo/desacoplo 3 o las primeras fuentes de fotones del conducto recirculante 6, pueden ser de fotones de energías dentro del rango entre 6,20 eV y 12,40 eV, radiaciones en aire generadoras de ozono, que pueden ser, o no, seguidas de fuentes de fotones en el rango de 5,63 eV y 6,20 eV y, en todo caso son seguidas por fuentes fotónicas desactivantes del ozono y a la vez germicidas en la subregión inicial del UVC.
- En posibles realizaciones, como elementos adicionales de multimodalidad, el filtro de la invención puede incluir además: i) un elemento que, estratégicamente situado en el conducto de entrada 1, eleve la temperatura del fluido para incrementar el efecto germicida global del filtro; ii) situado en las zonas iniciales del conducto de acoplo/desacoplo 3 o/y del conducto recirculante 6, se puede añadir y, sobre todo donde se irradie con fotones de la subregión del vacío o la C de la región UV, focatalizadores realizados en la paredes internas de las cavidades del filtro recirculante efectuados en base a óxidos de alguno de los elementos con capacidad catalizadora.
- Por razones de mayor eficiencia energética, mayor periodo de vida útil (MTBF), mayor capacidad de conformar las distribuciones fotónicas requeridas para maximizar la integral de solapamiento entre las distribuciones de los fluidos (que transportan los patógenos) y por su capacidad de ser moduladas en intensidad, y, también, por razones ecológicas y seguridad, las fuentes de fotones energéticos deberán ser, preponderantemente, de estado sólido (por ejemplo, fuentes LED, LASER) en vez de estado gaseoso (por ejemplo, lámparas de gas de mercurio de baja o media presión).
- Aunque no se indica explícitamente, esta invención incluye toda la electrónica, optoelectrónica y software requeridos para excitar y controlar óptimamente las fuentes de fotones, pudiendo, si procede, aportar datos relevantes sobre el fluido objeto del filtro (tamaño de partículas, humedad, temperatura, etc.)
- Como se observa en las figuras 4 y 5, el filtro recirculante de la invención, puede concatenarse en una cascada de N filtros dando lugar a un nuevo filtro, FIRFOP^N 13 recirculante multimodal global de orden N que ofrece prestaciones superiores de filtrado de patógenos (mayores niveles

de desactivación/eliminación). Asimismo, un filtro FIRFOP^N puede ser recirculado añadiendo un anillo o conducto recirculante 14 dando lugar a un filtro de orden N Recirculado (FIRFOP^{NR}) como se indica en la Figura 5.

5 Además, a los efectos de conformar un purificador de fluidos en general y del aire del medio ambiente, en particular, el filtro objeto de esta invención (FIRFOP), incluyendo cualquiera de sus variantes, se asocia adecuadamente con otros componentes y/subsistemas. Sin excluir otras posibilidades, comprende (véase figura 7):

10 Un prefiltro de entrada 22, situado a la entrada del flujo del fluido entrante 27 del medio ambiente, para filtrar las partículas y gérmenes más voluminosos.

Un filtro de entrada 23 concatenado con el prefiltro de entrada 22 que, filtra las partículas y gérmenes que han atravesado el prefiltro de entrada 22. Preferentemente, sin descartar otras
15 opciones, es un filtro tipo HEPA o/y fotocatalizador.

El filtro recirculante multimodal mediante fotones energéticos 24 objeto de esta invención concatenado con el filtro de entrada 23 anterior, desactiva los gérmenes en general y, en particular, los microorganismos patógenos.
20

Un dispositivo impulsor del fluido 25. En términos generales sigue al filtro objeto de esta invención pero, también puede situarse a la entrada delante o detrás del prefiltro de entrada 22. Según convenga, también se pueden situar dos dispositivos impulsores del fluido, uno previo a la entrada y otro a la salida.
25

Un filtro de salida 26 como elemento para lograr un mayor nivel de purificación y para minimizar la salida al exterior de "odores" u olores y restos de gérmenes o microorganismos desactivados o aniquilados o destruidos.

30 En la figura 7 se representa además, el flujo del fluido entrada para ser purificado 27 y el flujo del fluido saliente filtrado 28, ya purificado, impulsado hacia el medio ambiente.

Con un purificador adecuadamente construido en base al filtro de la invención se pueden alcanzar altísimos niveles de purificación (como por ejemplo 99,99% o 4-log₁₀ o superiores).
35

Asimismo, la situación adecuada del filtro de la invención, en un purificador de aire estándar, lo eleva a purificador de microorganismos patógenos

REIVINDICACIONES

1. Filtro recirculante multimodal configurado para desactivar gérmenes en general, y microorganismos patógenos en particular, contenidos en un fluido mediante fotones de energías dentro de la región UV, que comprende: a) un conducto de entrada (1) por el que fluye un fluido de entrada (2); y b) un conducto de acoplo/desacoplo (3) al final del cual i) parte del fluido que atraviesa dicho conducto de acoplo/desacoplo (3) fluye hacia el conducto de salida (4) como flujo en el conducto de salida (5); y ii) la parte restante del flujo que atraviesa el conducto de acoplo/desacoplo (3) se acopla a un conducto recirculante (6) fluyendo por el mismo como flujo acoplado al conducto recirculante (7).
2. El filtro recirculante de la reivindicación anterior, que incluye elementos adicionales de hardware y software para la excitación, control, monitorización o temporización, de las fuentes de fotones energéticos UV así como lo referente a parámetros del fluido circulante (tales como tamaño de partículas, humedad o temperatura).
3. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se sitúa, estratégicamente, al menos una fuente fotónica en la región del conducto de acoplo/desacoplo (9) que iluminan/"bombardean", puntualmente en el caso de una fuente fotónica- o sucesivamente en el caso de al menos dos fuentes fotónicas-, con fotones de energías UV, los patógenos contenidos en el fluido que fluye por el conducto de acoplo/desacoplo (3).
4. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que estratégicamente, se sitúa al menos una fuente fotónica en la región del conducto de recirculación (10) que iluminan/ bombardean", puntualmente en el caso de una fuente fotónica- o sucesivamente en el caso de al menos dos fuentes fotónicas-, con fotones de energías UV, los patógenos contenidos en el fluido que fluye por el conducto recirculante (6).
5. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en la zona del conducto de acoplo/desacoplo (3), se sitúa al inicio de la misma una o varias fuentes de fotones de energías dentro del espectro UVV, seguidas de fuentes de fotones del espectro UVC germicidas y desactivantes de ozono.
6. El filtro de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en el inicio del conducto de recirculación (6), se sitúa una o varias fuentes de fotones de energías dentro del espectro UVV seguidas de fuentes de fotones del espectro UVC germicidas y desactivantes de ozono.
7. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de las fuentes de fotones de energía UV se modulan en intensidad.
8. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un dispositivo calefactor para elevar la temperatura del fluido que por los conductos del filtro fluye.
9. El filtro recirculante de la reivindicación anterior, en donde el dispositivo calefactor se sitúa al inicio del conducto de acoplo/desacoplo (3).
10. El filtro recirculante de la reivindicación 8, en donde el dispositivo calefactor se sitúa al inicio del conducto de recirculación (6).
11. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un dispositivo fotocatalizador para eliminar contaminantes.

12. El filtro recirculante de la reivindicación anterior, en donde el dispositivo fotocatalizador se sitúa al inicio del conducto de acoplo/desacoplo (3).
- 5 13. El filtro recirculante de la reivindicación 11, en donde el dispositivo fotocatalizador se sitúa al inicio del conducto de recirculación (6).
14. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las paredes interiores de las cavidades objeto de esta invención, son recubiertas de aluminio tratado.
- 10 15. El filtro recirculante de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que se concatena en una cascada de N filtros y da lugar a un nuevo filtro recirculante multimodal global de orden N.
- 15 16. El filtro recirculante de la reivindicación anterior, el cual es recirculado añadiendo un conducto recirculante (14) y dando lugar a un filtro de orden N Recirculado.
- 20 17. Equipo purificador caracterizado porque comprende: i) un prefiltro de entrada (22), situado a la entrada del flujo del fluido entrante (27) del medio ambiente, configurado para filtrar las partículas y gérmenes más voluminosos; ii) un filtro de entrada (23) concatenado con el prefiltro de entrada (22) que, filtra las partículas y gérmenes que hayan atravesado el prefiltro de entrada (22) y que se encuentra concatenado con el filtro recirculante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, iv) un dispositivo impulsor del fluido (25); v) un filtro de salida (26).

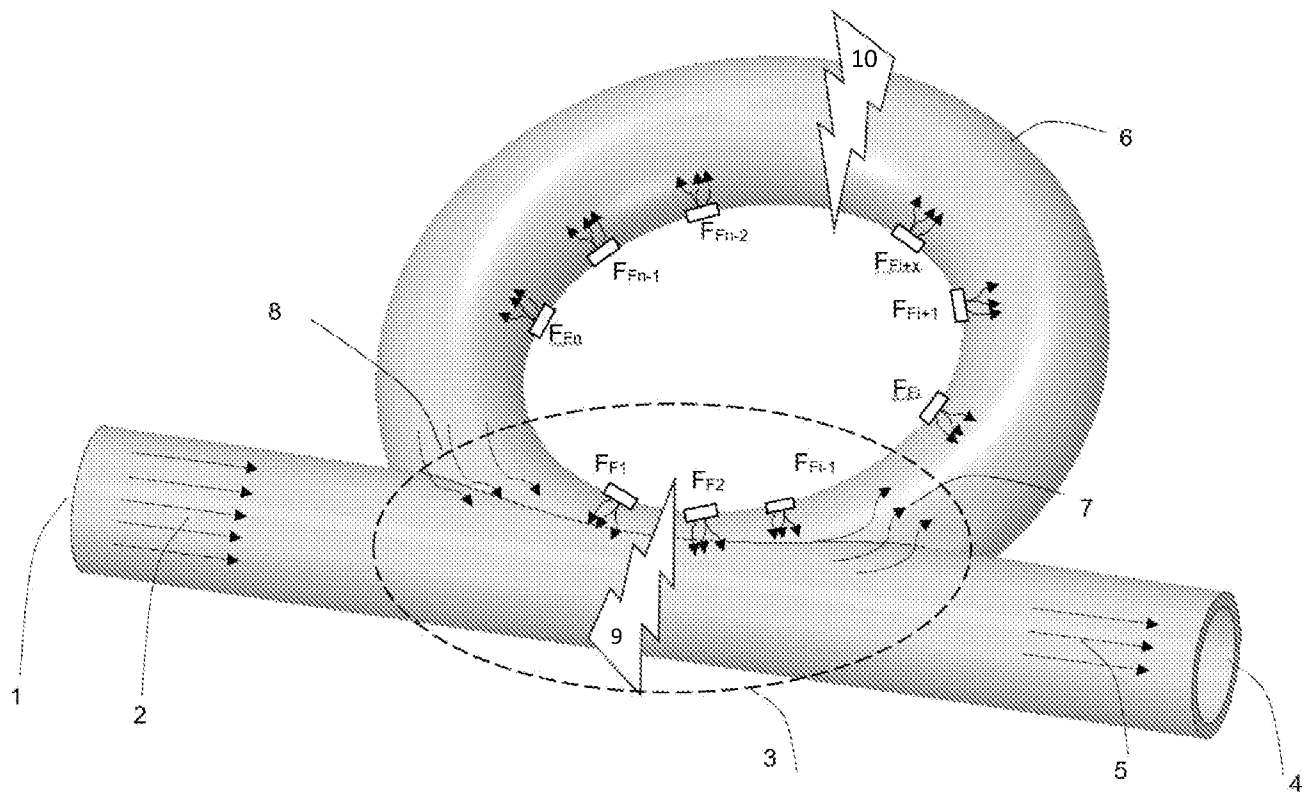


Figura 1

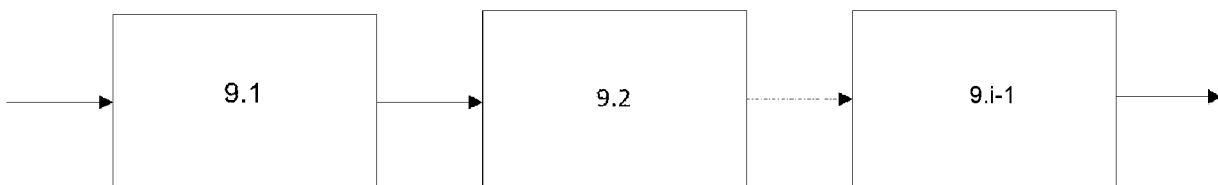


Figura 2

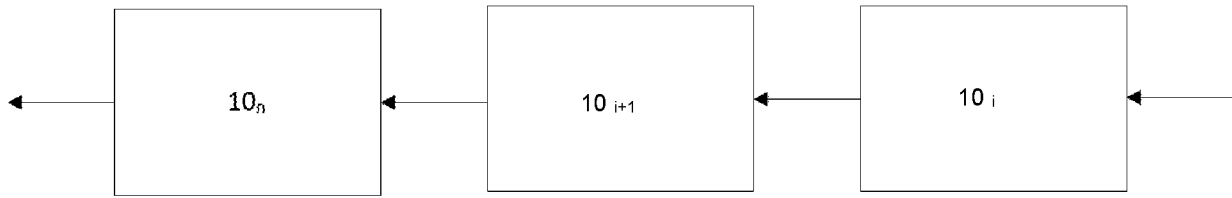


Figura3

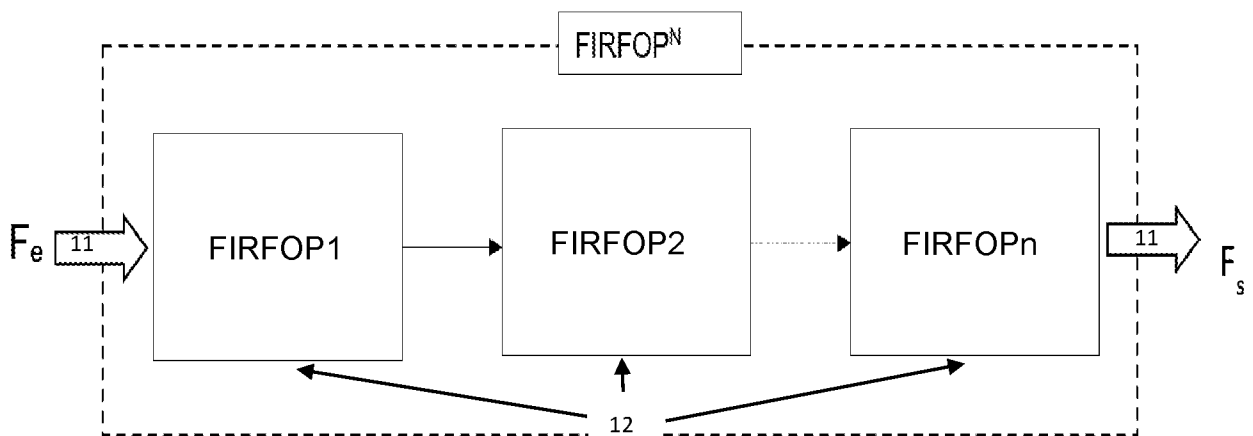


Figura 4

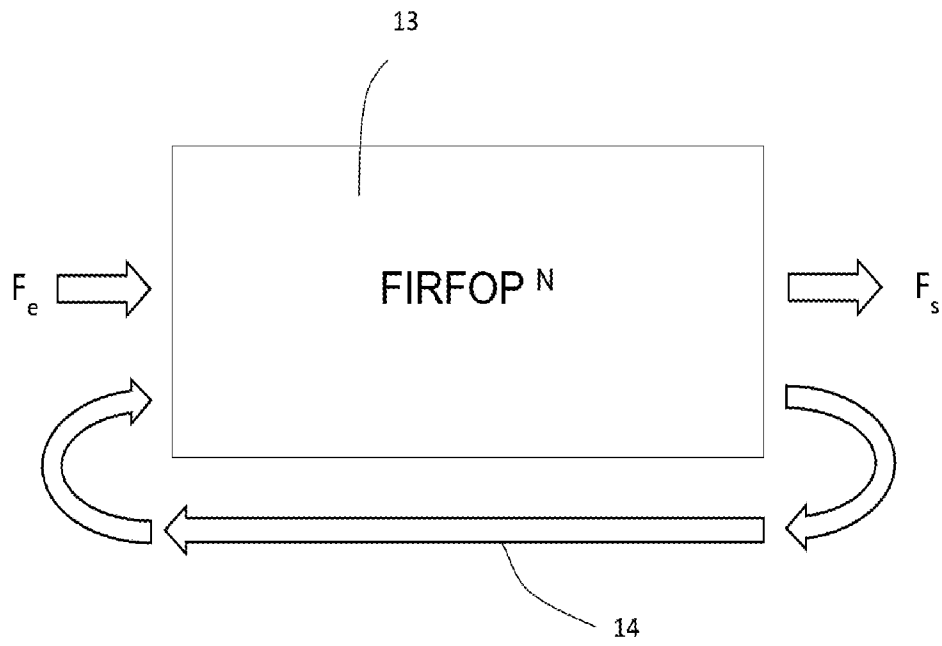


Figura 5

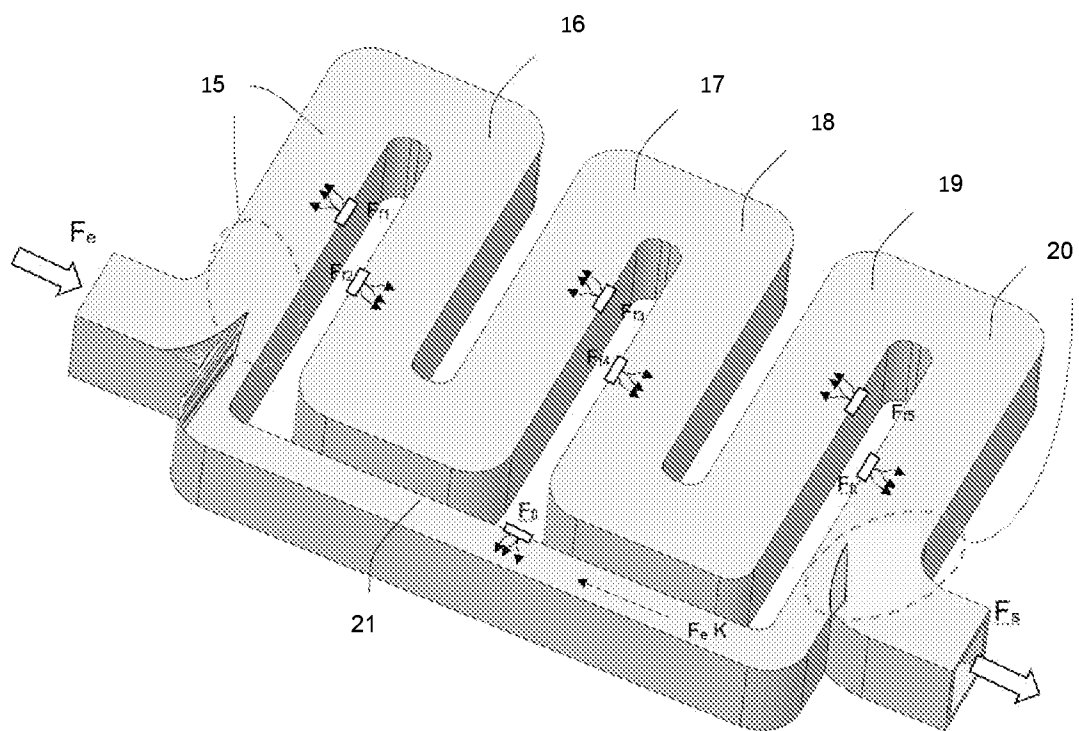


Figura 6

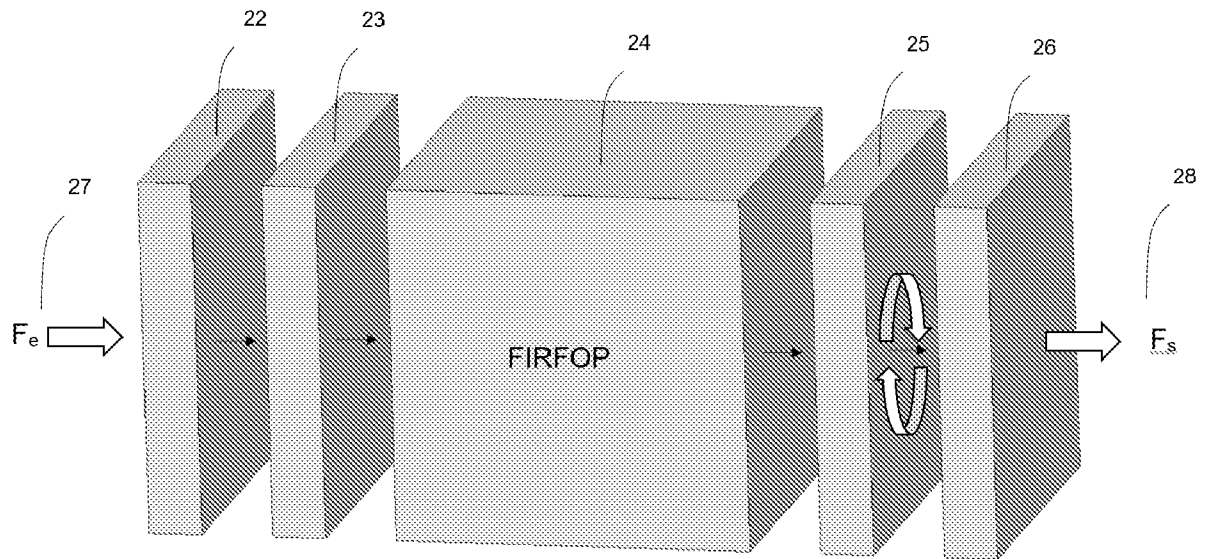


Figura 7