

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 026 410**

51 Int. Cl.:

B01D 53/38 (2006.01)

B01D 53/88 (2006.01)

C02F 1/72 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2021** **PCT/IB2021/000607**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.03.2023** **WO23047146**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2021** **E 21794187 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 4405083**

54 Título: **Dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales, disposición de dispositivos flotantes y método de tratamiento de gas correspondiente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.06.2025

73 Titular/es:

IGNASI CLOTET S.L.U. (100.00%)
Av. del Canal, 19
25230 Mollerussa, ES

72 Inventor/es:

CLOS PIJUÁN, JOAN y
CABA MUNTADA, JOAN

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 3 026 410 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales, disposición de dispositivos flotantes y método de tratamiento de gas correspondiente

Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, comprendiendo dicho dispositivo flotante una primera superficie que, en utilización, está orientada hacia la superficie de aguas residuales, una segunda superficie, opuesta a dicha primera superficie.

La invención también se refiere a una disposición de dispositivos flotantes para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, tal como un estanque, un lago, una piscina, un tanque o similares.

La invención también se refiere a un método para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, tal como un estanque, un lago, una piscina, un tanque o similares.

Estado de la técnica

Las aguas residuales generadas a partir de una variedad de industrias, incluyendo granjas, mataderos, industria de procesamiento de alimentos, industria láctea y otras, representan una grave amenaza para el medio ambiente y sus ecosistemas si no se tratan de manera apropiada. Típicamente, las corrientes de aguas residuales procedentes de estas industrias están cargadas de sólidos y contienen grandes cantidades de materia orgánica de origen tanto vegetal como animal. Por tanto, tales corrientes de agua requieren tratamiento en plantas de purificación especializadas antes de que puedan liberarse al medio ambiente.

Resulta habitual que las aguas residuales de estos orígenes se almacenen en depósitos de aguas residuales, tales como, estanques, lagos, piscinas, tanques, embalses o similares de diferentes formas y tamaños. Dichas aguas residuales almacenadas pueden almacenarse durante meses a la espera de ser utilizadas con fines de irrigación o fertilización en campos, durante periodos específicos del año cuando se permite la irrigación y fertilización con dichas aguas residuales. Las aguas residuales almacenadas son ricas en materia orgánica y el oxígeno se agota rápidamente creando condiciones anaerobias. En tales condiciones anaerobias, los microorganismos anaerobios pueden convertir materiales orgánicos en compuestos orgánicos estables, tales como, dióxido de carbono y metano. Este es el motivo por el cual el almacenamiento de aguas residuales se utiliza habitualmente como etapa de tratamiento anaerobio para reducir la carga orgánica o la demanda química de oxígeno (DQO) de aguas residuales antes de que puedan utilizarse dichas aguas residuales con fines de irrigación o fertilización y/o transportarse a una planta en la que se realizan otros tratamientos secundarios de modo que dichas aguas residuales puedan devolverse de manera segura al medio ambiente. Aunque dicho tratamiento anaerobio favorece la degradación de compuestos orgánicos que se produce en las aguas residuales, representa una fuente de contaminantes en forma de gases que son emitidos por las aguas residuales a la atmósfera. Ejemplos de dichos gases son, por un lado, los productos finales de la degradación anaerobia, tales como, dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄).

Por otro lado, otros compuestos gaseosos, tales como, por ejemplo, óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH₃) o sulfuro de hidrógeno (H₂S), se generan como subproductos del metabolismo de microorganismos en dichas condiciones anaerobias que se producen en las aguas residuales. Dichos gases pueden emitirse en grandes cantidades a la atmósfera y representan una amenaza para el medio ambiente y sus ecosistemas. Dichos gases no solo comprometen la calidad del aire de las zonas circundantes, sino que también pueden provocar lluvias ácidas que pueden tener efectos perjudiciales en plantas, animales e infraestructura, incluso en ubicaciones alejadas del sitio de emisión, debido a su capacidad de ser transportados por las nubes y el viento, provocando importantes daños medioambientales y económicos. Estos gases también son conocidos por su efecto invernadero y sus emisiones están contribuyendo a empeorar el problema del calentamiento global y sus consecuencias en todo el mundo. Por último, algunos de dichos gases, tales como, metano o sulfuro de hidrógeno, son responsables de olores muy desagradables emitidos con frecuencia a partir de dichas instalaciones de almacenamiento de aguas residuales, forzando a ubicarlas alejadas de comunidades habitadas.

En la actualidad, hay soluciones limitadas para gestionar las emisiones de dichos gases emitidos a partir de aguas residuales en dichas instalaciones de almacenamiento de aguas residuales.

Una estrategia implica la recogida y el tratamiento de los gases generados aguas abajo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Esto requiere realizar el almacenamiento de aguas residuales en sitios cerrados, de modo que los gases queden contenidos y puedan recogerse. Es necesario transportar los gases al sitio de tratamiento, y con frecuencia no hay ninguno disponible cerca de los sitios industriales o agrícolas en los que se almacenan dichas aguas residuales. El tratamiento de las corrientes gaseosas recogidas implica varias etapas, tales como, lavado, condensación, adsorción sobre adsorbentes secos o húmedos, que requieren, con frecuencia, tratamientos

químicos específicos para cada tipo de gas, y que requieren, por tanto, una infraestructura costosa que, a su vez, genera residuos adicionales que exigen un tratamiento adicional. Debe tenerse en cuenta que, en sitios industriales que no disponen de dichas infraestructuras disponibles, los gases deben transportarse a las plantas de tratamiento, con el consiguiente aumento de los costes asociados.

Una segunda estrategia, con frecuencia la única solución rentable disponible, es minimizar las emisiones cubriendo el depósito de aguas residuales. Se ha desarrollado una variedad de sistemas para cubrir dichos sitios con el objetivo de minimizar la evaporación y controlar la temperatura de la masa de líquido, limitando, por tanto, las emisiones de gases y olores.

Por ejemplo, el documento EP1697234B1 divulga un producto para cubrir superficies de líquido con el propósito de reducir la evaporación a partir del líquido o estabilizar la temperatura del líquido.

Sin embargo, aunque ayudan a gestionar las emisiones de gases emitidos por aguas residuales, ninguno de estos sistemas es adecuado para el tratamiento de dichos gases. Además, estos sistemas de recubrimiento no son estancos a los gases al 100 % y, por consiguiente, todavía permiten que gases no tratados escapen al medio ambiente. Es aún peor, cuando es necesario sustituir las cubiertas. En este caso, los gases que se han acumulado bajo las mismas se liberan inevitablemente a la atmósfera.

El documento US 2001/008657 A1 divulga un cuerpo flotante / que se hunde para la purificación, que puede utilizar de manera eficiente capas funcionales fotocatalíticas, retirando fácilmente productos de descomposición y que puede además mantener la función fotocatalítica incluso durante un fallo de electricidad o tras apagar la luz, y un tanque de purificación que utiliza de manera eficiente el cuerpo de flotación/hundimiento.

El documento CN 111359600 A divulga una bola de tratamiento de contaminantes gaseosos residuales cargada con TiO_2 nanométrico modificado compuesto. La bola de tratamiento de contaminantes gaseosos residuales y aguas residuales comprende una bola microporosa activa, el TiO_2 nanométrico modificado compuesto y un oxidante fuerte o fotosensibilizador extraído de plantas, en la que el TiO_2 nanométrico modificado compuesto y el oxidante fuerte o fotosensibilizador extraído de plantas se cargan secuencialmente sobre la bola microporosa activa.

El documento FR 2963572 A1 divulga un dispositivo para cubrir una superficie de un tanque que contiene un líquido que emite efluentes gaseosos perjudiciales, que comprende elementos libres con balasto dispuestos sobre una superficie de una capa. Los elementos libres son menos densos que el líquido y tienen un diseño externo con un material con propiedades catalíticas y un gradiente de densidad. Los elementos libres tienen forma esférica, presentan una densidad de 0.8-1.2, y comprenden un núcleo que presenta una superficie externa, que está cubierta con un material. El núcleo está realizado a partir de un material que incluye metales con densidad débil, corcho, poliestireno y plásticos.

Por tanto, existe una importante necesidad de proporcionar mejores sistemas para tratar los gases emitidos por aguas residuales que sean fáciles de desplegar y rentables.

Sumario de la invención

Un objetivo de la invención es proporcionar un dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales del tipo indicado al comienzo, que proporcione una manera más sencilla y más eficaz de tratar gases *in situ*.

Este objetivo se alcanza mediante un dispositivo flotante del tipo indicado al comienzo, caracterizado por que dicho dispositivo flotante comprende además una superficie fotocatalítica dispuesta sobre por lo menos parte de la superficie de dicho dispositivo flotante, de tal manera que, en utilización, es decir, cuando el dispositivo flotante está flotando sobre la superficie de aguas residuales, cuando dichos gases emitidos por dichas aguas residuales fluyen por dicha superficie fotocatalítica, dichos gases se tratan mediante fotocatálisis.

El dispositivo flotante de la invención permite el tratamiento de gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales de una manera sencilla.

En el contexto de la invención, el término "*aguas residuales*" se refiere a agua usada, que se ha obtenido a partir de procesos industriales, incluyendo agricultura, ya sea como producto final, pero también como subproducto en un proceso industrial intermedio. Por tanto, las aguas residuales según la invención pueden contener sustancias, tales como, productos químicos, compuestos orgánicos volátiles, materia orgánica, escoria, aceite, jabón u otros residuos que hacen que esta agua emita gases que deben tratarse y que no deben liberarse al medio ambiente sin una purificación previa.

En el contexto de la invención, el término "*depósito*" se refiere a cualquier instalación de contención de aguas residuales, tal como, un estanque, un lago, una piscina, un tanque, un embalse o similares.

En el contexto de la invención, la expresión “*superficie fotocatalítica*” se refiere a una superficie que tiene propiedades fotocatalíticas. Esta superficie fotocatalítica puede formarse disponiendo una capa de material con propiedades fotocatalíticas mediante varios métodos de recubrimiento. Los ejemplos de dichos métodos incluyen recubrimiento por inmersión, recubrimiento con rodillos, pulverización, recubrimiento por centrifugación, recubrimiento por flujo o cualquier otra técnica que permita depositar una capa de dicho material con propiedades fotocatalíticas sobre la superficie del dispositivo flotante. Alternativamente, esta superficie fotocatalítica puede formarse fabricando el dispositivo fotocatalítico mediante la utilización de un primer material con propiedades fotocatalíticas o de un segundo material que comprende el primer material con propiedades fotocatalíticas de tal manera que, una vez formada, la superficie de dicho dispositivo fotocatalítico conserve las propiedades fotocatalíticas.

En el contexto de la invención, las “*propiedades fotocatalíticas*” son tales que la superficie fotocatalítica puede realizar la fotocatalisis. Esto significa que la superficie fotocatalítica reacciona con moléculas (H_2O) cuando se expone a luz UV generando radicales hidroxilo (OH) y oxígeno (O) altamente reactivos.

La evaporación en la superficie de las aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales genera vapor de agua que se emite junto con los gases. La superficie fotocatalítica cataliza una serie de reacciones químicas que conducen a la división fotocatalítica de moléculas de agua y a la generación de radicales OH y O altamente reactivos alrededor de dicha capa fotocatalítica tras la activación mediante luz UV.

La luz UV puede ser natural (es decir, luz solar durante el día) o artificial (es decir, lámparas de LED UV durante la noche). Los radicales OH y O pueden reaccionar con moléculas orgánicas presentes en los gases emitidos por dichas aguas residuales, tratándolas por tanto mediante fotocatalisis. Por ejemplo, gases hidrocarbonados, tales como, metano (CH_4), que fluyen por, o entran en contacto con, la capa fotocatalítica, convirtiéndolos en compuestos inocuos, tales como, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Dichos radicales OH y O también pueden reaccionar con contaminantes gaseosos ricos en nitrógeno, tales como, óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NOx) o amoníaco (NH_3), convirtiéndolos en nitrógeno atmosférico inocuo (N_2) mediante diferentes reacciones.

En el contexto de la invención “*fluir por dicha superficie fotocatalítica*” significa fluir de manera muy próxima a dicha superficie fotocatalítica, incluso en contacto con dicha superficie fotocatalítica con el fin de tratar los gases mediante fotocatalisis.

Preferentemente, el dispositivo flotante según la invención es un dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales *in situ*.

En el contexto de la invención, el término “*in situ*” en general, y más particularmente en la expresión “*tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales in situ*”, significa que los gases emitidos no se transportan a una ubicación diferente para ser tratados con el dispositivo flotante de la invención y, por tanto, son tratados en la ubicación en la que se emiten. Los gases pueden fluir o difundir una determinada distancia sobre las aguas residuales antes de alcanzar el dispositivo flotante, pero no se requiere ninguna etapa de transferencia de los gases o de conducción de los gases hacia un reactor o estación de tratamiento.

La invención incluye además varias características preferidas que son objeto de las reivindicaciones dependientes y cuya utilidad se destacará a continuación en la descripción detallada de una forma de realización de la invención.

Preferentemente, dichas aguas residuales están contenidas en un depósito de aguas residuales abierto.

Dicho dispositivo flotante puede presentar una variedad de formas diferentes, tales como, una forma poliédrica, o una forma esférica, y otras variaciones no limitativas de dichas formas.

Preferentemente, para aumentar la superficie fotocatalítica por la cual pueden fluir gases emitidos por las aguas residuales y obtener un tratamiento más óptimo de los gases, al tiempo que se cubre de manera óptima la mayor parte de la superficie de aguas residuales, el dispositivo flotante comprende además una sección prismática que conecta dicha primera y segunda superficies, presentando dicha sección prismática una sección transversal de una de entre el grupo que consiste en triangular, cuadrangular o hexagonal. Esto permite reducir considerablemente el tamaño del dispositivo flotante y utilizar una pluralidad de dispositivos flotantes idénticos dispuestos formando una disposición de dispositivos flotantes para cubrir la superficie de aguas residuales en una especie de disposición de puzle.

Preferentemente, una pluralidad de dichos dispositivos flotantes pueden disponerse por sí mismos para formar una disposición de dispositivos flotantes. En esta disposición de dispositivos flotantes, por lo menos un primer lado de dicha sección prismática de cada dispositivo flotante de dicha pluralidad de dispositivos flotantes está enfrentado a segundo lado de la sección prismática de un dispositivo flotante contiguo, de tal manera que la disposición de dispositivos flotantes cubra por lo menos una parte de la superficie de dichas aguas residuales contenidas en dicho depósito de aguas residuales.

Preferentemente, dicha superficie fotocatalítica está dispuesta sobre la superficie de dicha sección prismática. Esto garantiza que los gases emitidos por las aguas residuales se traten lo antes posible después de salir de la superficie de aguas residuales. Además, la superficie de la superficie prismática se extiende a lo largo de la trayectoria de gases, obteniendo, por tanto, un tratamiento más eficiente de los gases, ya que la superficie de dicha sección prismática del dispositivo flotante está expuesta a gases emitidos por las aguas residuales en cuanto alcanzan la superficie de aguas residuales. Esta forma de realización es particularmente ventajosa cuando se despliega una pluralidad de dispositivos flotantes sobre unas aguas residuales para formar una disposición de dispositivos flotantes. A continuación, los gases emitidos a partir de dichas aguas residuales son dirigidos para fluir a través de los espacios entre los dispositivos flotantes y fluyen por la superficie fotocatalítica dispuesta sobre la superficie de dicha sección prismática y tratados mediante fotocátalisis. Por tanto, el hecho de disponer la superficie fotocatalítica sobre la superficie de dicha sección prismática de los dispositivos flotantes da como resultado un tratamiento mejorado de gases emitidos por las aguas residuales y una cantidad reducida de gas no tratado emitido al medio ambiente.

Preferentemente, para aumentar la superficie fotocatalítica disponible en el dispositivo flotante y aumentar su capacidad de tratamiento, dicho dispositivo flotante comprende además por lo menos una primera abertura que se extiende en la dirección desde dicha primera superficie hasta dicha segunda superficie, definiendo dicha por lo menos una primera abertura una primera superficie interna, y dicha superficie fotocatalítica está dispuesta por lo menos sobre dicha primera superficie interna de dicha al menos una primera abertura. Por tanto, los gases emitidos por las aguas residuales fluyen a través de esta por lo menos una primera abertura y fluyen por la superficie fotocatalítica dispuesta sobre la superficie interna para ser tratados mediante fotocátalisis. Preferentemente, para simplificar la producción del dispositivo y forzar el gas a fluir por la superficie fotocatalítica, dicha por lo menos una primera abertura se extiende en una dirección que, en utilización del dispositivo, es vertical.

Preferentemente, dicho dispositivo flotante comprende además una pluralidad de primeras aberturas, extendiéndose cada primera abertura de entre la pluralidad de primeras aberturas en la dirección desde dicha primera superficie hasta dicha segunda superficie, y definiendo cada primera abertura una primera superficie interna, y dicha superficie fotocatalítica está dispuesta por lo menos sobre dicha primera superficie interna de cada primera abertura. El número de primeras aberturas puede ajustarse dependiendo de las aguas residuales que van a tratarse, proporcionando, de ese modo, unos medios para ajustar la capacidad de tratamiento y el flujo de gases a través de dicho dispositivo flotante según necesidades particulares. Preferentemente, dicha pluralidad de primeras aberturas se extienden en una dirección que, en utilización del dispositivo, es vertical.

Preferentemente, dicha primera superficie del dispositivo flotante es convexa. En esta forma de realización, la forma de la primera superficie enfrentada al agua es convexa. Esto evita que el gas emitido por las aguas residuales quede atrapado bajo el dispositivo flotante y no fluya por la superficie fotocatalítica. Los gases generados en las aguas residuales ascienden a través de las aguas residuales y alcanzan el dispositivo flotante. La forma convexa de la primera superficie dirige los gases hacia el borde del dispositivo flotante, lo cual evita que queden atrapados bajo dicho dispositivo flotante y garantiza que salgan de las aguas residuales, de modo que puedan fluir por la superficie fotocatalítica y puedan ser tratados mediante fotocátalisis.

Ejemplos preferidos de formas convexas para la primera superficie de dicho dispositivo flotante son una superficie en forma de cúpula o una superficie piramidal de múltiples facetas. Estas formas permiten de manera eficiente que los gases suban a través de la masa de aguas residuales y alcancen dicha primera superficie para dirigirse hacia el borde del dispositivo flotante.

Preferentemente, dicha primera superficie presenta una pendiente de por lo menos el 1 % desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante, ascendiendo desde dicho borde hasta dicho centro del dispositivo flotante. Esta pendiente de por lo menos el 1 % resulta ventajosa para garantizar que los gases no queden atrapados bajo el dispositivo flotante.

Preferentemente, dicha segunda superficie del dispositivo flotante es convexa. La forma convexa de dicha segunda superficie evita la acumulación de sólidos encima de dicha segunda superficie y permite que se limpie más fácilmente por agua de lluvia o por un operario mediante una manguera, una pistola de agua a presión o similar, o por medio de un sistema de limpieza por pulverización o chorro automatizado o similar, previsto sobre la superficie de aguas residuales. Esto es importante, ya que cualquier exceso de partículas sólidas u otros residuos que puedan acumularse sobre dicha segunda superficie del dispositivo flotante y pueden conllevar el bloqueo de la superficie fotocatalítica.

Ejemplos preferidos de formas convexas para dicha segunda superficie del dispositivo flotante son una superficie en forma de cúpula o superficie piramidal de múltiples facetas.

Preferentemente, dicha segunda superficie es convexa y presenta una pendiente de por lo menos el 1 % desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante. Esta pendiente de por lo menos el 1 % resulta ventajosa para garantizar que el agua de lluvia o procedente del lavado pueda fluir hacia los bordes del dispositivo flotante y no

se acumula encima del mismo. Adicionalmente, la forma convexa de dicha segunda superficie resulta ventajosa para el autoensamblaje de una pluralidad de dispositivos flotantes de la invención para formar una disposición de dispositivos flotantes según la invención, cuando dicha pluralidad de dispositivos flotantes se despliegan sobre las aguas residuales, puesto que evita el apilamiento o la acumulación de la pluralidad de dispositivos flotantes unos encima de otros. Después de que la pluralidad de dispositivos flotantes se haya desplegado sobre la superficie de aguas residuales, un primer dispositivo flotante que cae encima de un segundo dispositivo flotante se deslizará sobre la segunda superficie convexa de dicho primer dispositivo flotante y se colocará por sí mismo en una posición adyacente al mismo. Esto resulta particularmente beneficioso en combinación con una forma convexa de la primera superficie, tal como se describió anteriormente.

Preferentemente, dicho dispositivo flotante comprende además una pluralidad de nervaduras que sobresalen de por lo menos dicha primera superficie y/o de por lo menos dicha segunda superficie, extendiéndose cada una de dichas nervaduras desde el borde hasta el centro de dicho dispositivo flotante. La presencia de nervaduras que sobresalen de la primera superficie, la segunda superficie o ambas, resuelve el problema de aumentar la superficie del dispositivo flotante expuesta a los gases emitidos por las aguas residuales sin aumentar excesivamente el volumen ni el peso del dispositivo flotante. El aumento de la superficie del dispositivo flotante resulta ventajoso, dado que permite más espacio para disponer una superficie fotocatalítica y, por tanto, tratar más gases mediante fotocátalisis.

Más preferentemente, dichas nervaduras definen una trayectoria en forma de arco desde dicho borde hasta dicho centro del dispositivo flotante. El hecho de que cada una de dichas nervaduras defina una trayectoria en forma de arco desde el borde del dispositivo flotante hasta el centro del dispositivo flotante tiene la ventaja de aumentar la superficie de las nervaduras y, por tanto, la superficie de las nervaduras expuesta a gases. Esto aumenta el área en la que puede disponerse una superficie fotocatalítica, aumentando, de este modo, la cantidad de gases que pueden tratarse mediante fotocátalisis con el dispositivo flotante.

La presencia de nervaduras, particularmente sobre la primera superficie que, en utilización, es la superficie enfrentada a la superficie de aguas residuales, también mejora la estabilidad del dispositivo flotante, evitando el volteo involuntario del dispositivo flotante e impidiendo que sea arrastrado por el viento.

Más preferentemente, la altura de dichas nervaduras aumenta desde dicho borde hasta dicho centro del dispositivo flotante. El hecho de que la altura de dichas nervaduras aumente desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante permite que el dispositivo flotante mantenga su forma de volumen convexo, evitando, por tanto, que una pluralidad de dispositivos flotantes se apilen unos encima de otros y contribuyendo al autoensamblaje de dicha pluralidad de dispositivos flotantes para formar una disposición de dispositivos flotantes según la invención cuando se disponen sobre las aguas residuales.

Más preferentemente, por lo menos una nervadura de entre dicha pluralidad de nervaduras comprende una segunda abertura, extendiéndose dicha segunda abertura a través de dicha nervadura en la dirección desde dicha primera superficie hasta dicha segunda superficie y definiendo una segunda superficie interna, y dicha superficie fotocatalítica está dispuesta por lo menos sobre dicha segunda superficie interna. Preferentemente, dichas nervaduras de dicha pluralidad de nervaduras se extienden en una dirección que, en utilización del dispositivo, es vertical.

La presencia de una segunda abertura en por lo menos una nervadura de dicha pluralidad de nervaduras que extiende la nervadura en una dirección desde la primera superficie hasta la segunda superficie del dispositivo flotante y define una segunda superficie interna aumenta la cantidad de trayectorias a través del dispositivo flotante para que las atraviesen los gases. La segunda superficie interna definida por la segunda abertura en por lo menos una nervadura proporciona una ubicación particularmente ventajosa de la superficie fotocatalítica que va a disponerse en el dispositivo flotante y aumenta la superficie disponible para que se produzca la fotocátalisis. Dicha por lo menos una nervadura que comprende una segunda abertura fomenta activamente el flujo de gas desde la superficie de las aguas residuales a través del dispositivo flotante debido al efecto de apilamiento o efecto chimenea creado por la diferencia en temperatura entre los gases que entran en las aberturas en las nervaduras y los gases que salen del dispositivo flotante a través del lado opuesto después de haber atravesado el dispositivo flotante. Este efecto de apilamiento puede fomentarse adicionalmente calentando la superficie de las nervaduras al exponerlas a luz solar o a calor artificial, por ejemplo, con lámparas de IR o similares, lo que favorece la circulación de gas por la superficie fotocatalítica sobre dichas superficies internas definidas por dichas segundas aberturas.

Preferentemente, dicha superficie fotocatalítica está dispuesta de tal manera que cubra completamente dicho dispositivo flotante. En el contexto de la invención, debe entenderse que la expresión *"cubre completamente"* significa todas las superficies del dispositivo flotante. Esta forma de realización preferida de la invención resulta ventajosa, ya que proporciona un área fotocatalíticamente activa máxima disponible en el dispositivo flotante y maximiza la generación de radicales OH y O alrededor del dispositivo flotante, maximizando su capacidad de tratar gases emitidos por las aguas residuales. Además, esta forma de realización preferida simplifica el procedimiento de fabricación de dicho dispositivo flotante, eliminando la necesidad de colocar la superficie fotocatalítica en

ubicaciones específicas, y permitiendo utilizar métodos rentables, tales como, recubrimiento por inmersión.

Preferentemente, dicha superficie fotocatalítica comprende nanopartículas de óxido de metal. Los óxidos de metal son fotocatalizadores eficientes debido a la combinación favorable de su estructura electrónica, propiedades de absorción de la luz, características de transporte de carga y vidas útiles de excitación. Además, las nanopartículas de óxido de metal se benefician de las propiedades inherentes de los materiales a escala nanométrica y, por tanto, son fotocatalizadores más eficientes, debido a su razón de superficie con respecto a volumen aumentada. Las nanopartículas de óxido de metal son fotocatalizadores eficientes en las condiciones de alta humedad y exposición a UV alrededor de la superficie fotocatalítica que cubre por lo menos parcialmente los dispositivos flotantes de la invención.

Preferentemente, dicha superficie fotocatalítica comprende por lo menos unas nanopartículas de óxido de metal de entre el grupo que consiste en nanopartículas de óxido de titanio, nanopartículas de dióxido de sílice, dióxido de circonio, nanopartículas de trióxido de aluminio y nanopartículas de óxido de metal-zeolita o una mezcla de las mismas.

En una forma de realización preferida, la superficie fotocatalítica comprende nanopartículas de dióxido de titanio, y dicha superficie fotocatalítica comprende además una o más nanopartículas de un óxido de metal de entre el grupo que consiste en nanopartículas de dióxido de sílice, dióxido de circonio, nanopartículas de trióxido de aluminio y nanopartículas de óxido de metal-zeolita.

Las nanopartículas compuestas por dióxido de titanio son un fotocatalizador preferido para incluir en la superficie fotocatalítica dispuesta sobre el dispositivo flotante. El dióxido de titanio es económico, tiene una elevada estabilidad química y los orificios fotogenerados son altamente oxidantes, lo que favorece en gran medida la formación de radicales OH y O por la superficie fotocatalítica que permiten tratar mediante fotocatálisis los gases emitidos por las aguas residuales.

La invención también se refiere a una disposición de dispositivos flotantes para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, caracterizado por que comprende una pluralidad de dispositivos flotantes según la invención dispuestos de manera adyacente entre sí, estando dicha primera superficie orientada hacia la superficie de aguas residuales, y presentando dicha pluralidad de dispositivos flotantes tantos dispositivos flotantes dispuestos adyacentes entre sí que dicha disposición cubre por lo menos el 95 % de dicha superficie de aguas residuales. La disposición de dispositivos flotantes de la invención resuelve el problema de mejorar la eficiencia de tratar los gases emitidos por las aguas residuales mediante el dispositivo flotante. La disposición de dispositivos flotantes se forma cuando se despliega una pluralidad de dispositivos flotantes según la invención sobre la superficie de las aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, de tal manera que estén situados adyacentes entre sí, maximizando la superficie cubierta con la separación más próxima de unos a otros. Resulta ventajoso cubrir la máxima superficie de aguas residuales contenidas en el depósito de aguas residuales posible para evitar que los gases no tratados escapen a la atmósfera. Al cubrir por lo menos el 95 % de la superficie de las aguas residuales contenidas en el depósito de aguas residuales con dicha disposición de dispositivos flotantes, se fuerza que los gases emitidos a partir de dichas aguas residuales fluyan a través de los espacios entre dichos dispositivos flotantes y fluyan por la superficie fotocatalítica dispuesta por lo menos sobre una parte de la superficie de los dispositivos flotantes.

Combinar una pluralidad de dispositivos flotantes para formar una disposición flotante según la invención es una manera eficiente de utilizar dicho dispositivo flotante para tratar gases. Es especialmente preferido utilizar dispositivos flotantes que presentan una sección prismática que conecta dicha primera y segunda superficies, presentando dicha sección prismática una sección transversal de una de entre el grupo que consiste en triangular, cuadrangular o hexagonal. Esta clase de secciones transversales prevén la creación de una estructura de puzle para maximizar la superficie cubierta.

Disponiendo una pluralidad de dispositivos flotantes de tal manera que por lo menos un lado de la sección prismática de un primer dispositivo flotante esté enfrentado a un lado de la sección prismática de un dispositivo flotante contiguo, se crea una pluralidad de espacios entre los dispositivos flotantes y los gases emitidos por las aguas residuales son dirigidos para fluir a través de dichos espacios para alcanzar la atmósfera, fluyendo, por tanto, por la superficie fotocatalítica dispuesta sobre por lo menos una parte de cada dispositivo flotante. Así pues, la disposición de dispositivos flotantes según la invención maximiza la cantidad de gases emitidos por las aguas residuales que son tratados mediante fotocatálisis, minimizando la cantidad de gases no tratados que alcanzan la atmósfera y minimizando la cantidad de gases no tratados que se emiten a la atmósfera.

De manera especialmente preferida, dicha disposición de dispositivos flotantes cubre el 99 % de la superficie de las aguas residuales contenidas en el depósito de aguas residuales.

Finalmente, la invención también se refiere a un método para tratar gases emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, comprendiendo dicho método las siguientes etapas: disponer una pluralidad de dispositivos flotantes según la invención de manera adyacente entre sí, estando dicha primera superficie

orientada hacia la superficie de aguas residuales, y presentando dicha pluralidad de dispositivos flotantes tantos dispositivos flotantes dispuestos adyacentes entre sí que dicha disposición cubra por lo menos el 95 % de dicha superficie de aguas residuales, exponer dicha pluralidad de dispositivos flotantes a luz UV, de tal manera que, cuando dichos gases emitidos por dichas aguas residuales fluyen por dicha superficie fotocatalítica, dichos gases son tratados mediante fotocátalisis, de tal manera que vapor de agua presente en la superficie de las aguas residuales puede dividirse de manera fotocatalítica en radicales OH y O.

El método según la invención proporciona una manera más sencilla y más eficaz para tratar los gases *in situ*.

Asimismo, la invención también incluye otras características de detalle ilustradas en la descripción detallada de varias formas de realización de la invención y en las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características adicionales de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción, en la que, sin ningún carácter limitativo, se divulgan formas de realización preferidas de la invención, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una vista superior de una primera forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales según la invención.

La figura 2 muestra una vista frontal de la primera forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales de la figura 1.

La figura 3 muestra una vista en sección transversal esquemática a lo largo del plano C-C de la primera forma realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales de la figura 1.

La figura 4 muestra una vista superior de una primera forma de realización de la disposición de dispositivos flotantes para tratar gases emitidos por aguas residuales según la invención que comprende una pluralidad de dispositivos flotantes, tales como, el mostrado en las figuras 1 a 3.

La figura 5 muestra una vista frontal de la disposición de la figura 4, con una representación esquemática de la trayectoria seguida por los gases para ser tratados a través de dicha disposición flotante.

La figura 6 muestra una vista detallada del espacio entre dos dispositivos flotantes adyacentes de la disposición flotante mostrada en la figura 4 y 5 y una representación esquemática del tratamiento fotocatalítico de gases emitidos por aguas residuales.

La figura 7 muestra una vista superior isométrica de una segunda forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales según la invención.

La figura 8 muestra una vista detallada de la segunda forma de realización del dispositivo flotante de la figura 7.

La figura 9 muestra una vista inferior isométrica de la segunda forma de realización del dispositivo flotante de la figura 7.

La figura 10 muestra una vista superior de la segunda forma de realización del dispositivo flotante mostrado en las figuras 7 a 9.

La figura 11 muestra una vista detallada superior de la parte central del dispositivo flotante mostrado en la figura 10.

La figura 12 muestra una vista frontal de la segunda forma de realización del dispositivo flotante mostrado en las figuras 7 a 9.

La figura 13 muestra una vista superior de una segunda forma de realización de la disposición de dispositivos flotantes según la invención que comprende una pluralidad de los dispositivos flotantes mostrados en las figuras 7 a 12.

La figura 14 muestra una vista en sección esquemática del depósito de aguas residuales con la segunda forma de realización de la disposición de dispositivos flotantes según la invención mostrada en la figura 13.

La figura 15 muestra una vista frontal de una parte de la segunda forma de realización de la disposición de dispositivos flotantes de las figuras 13 y 14 con una representación esquemática de los gases que fluyen a través de dicha disposición de dispositivos flotantes.

La figura 16 muestra una vista detallada del espacio entre dos dispositivos flotantes adyacentes mostrados en las figuras 13 a 15 y una representación esquemática del tratamiento fotocatalítico de gases emitidos por aguas residuales.

La figura 17 muestra una vista superior isométrica de una tercera forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales según la invención.

La figura 18 muestra una vista detallada de la tercera forma de realización del dispositivo flotante de la figura 17.

La figura 19 muestra una vista inferior isométrica de la tercera forma de realización del dispositivo flotante de la figura 17.

La figura 20 muestra una vista superior de la tercera forma de realización del dispositivo flotante de las figuras 17 a 19.

La figura 21 muestra una vista detallada superior de la parte central de la tercera forma de realización del dispositivo flotante de las figuras 17 a 20.

La figura 22 muestra una vista frontal de la tercera forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos de las figuras 17 a 21.

La figura 23 muestra una vista superior isométrica de una cuarta forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales según la invención.

La figura 24 muestra una vista inferior isométrica de la cuarta forma de realización del dispositivo flotante de la figura 23.

La figura 25 muestra una vista superior de la cuarta forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases de las figuras 23 a 24.

La figura 26 muestra una vista detallada superior de la parte central del dispositivo flotante de las figuras 23 a 25.

La figura 27 muestra una vista lateral de la cuarta forma de realización del dispositivo flotante de las figuras 23 a 27.

La figura 28 muestra una vista isométrica superior de una quinta forma de realización del dispositivo flotante para tratar gases emitidos por aguas residuales según la invención.

La figura 29 muestra una vista isométrica inferior de la quinta forma de realización del dispositivo flotante de la figura 28.

La figura 30 muestra una vista superior de la quinta forma de realización del dispositivo flotante de las figuras 28 a 29.

La figura 31 muestra una vista frontal de la quinta forma de realización del dispositivo flotante de las figuras 28 a 30.

La figura 32 muestra una vista en sección de la quinta forma de realización del dispositivo flotante a través del plano E-E mostrado en la figura 30.

La figura 33 muestra una vista en sección de la quinta forma de realización del dispositivo flotante a través del plano F-F mostrado en la figura 30.

La figura 34 muestra una vista en sección de la quinta forma de realización del dispositivo flotante a través del plano G-G mostrado en la figura 30.

Descripción detallada de formas de realización de la invención

Las figuras 1 a 3 muestran una primera forma de realización del dispositivo flotante 1 para tratar unos gases 16 emitidos por las aguas residuales W contenidas en un depósito de aguas residuales. El dispositivo flotante 1 comprende una primera superficie 2 que, en utilización, está orientada hacia la superficie de aguas residuales. En el contexto de la invención, "*orientada hacia la superficie de aguas residuales*" debe entenderse que, en utilización, dicha primera superficie 2 está por lo menos parcialmente en contacto con la superficie de aguas residuales. El

dispositivo flotante 1 comprende además una segunda superficie 4, opuesta a la primera superficie 2. En el contexto de la invención, la expresión “*opuesta a dicha primera superficie*” significa que dicha segunda superficie 4 está en el lado opuesto a la primera superficie 2 con respecto al plano de flotación horizontal P. La primera superficie 2 es convexa y está conformada a modo de una pirámide de múltiples facetas. La segunda superficie 4 también es convexa y también está conformada a modo de una pirámide de múltiples facetas. En una forma de realización alternativa, dicha primera y segunda superficies 2, 4 pueden presentar forma de cúpula.

En esta forma de realización particular no limitativa, el dispositivo flotante 1 comprende además una sección prismática 6 que conecta la primera y segunda superficies 2, 4, presentando la sección prismática 6 una sección transversal hexagonal.

El dispositivo flotante 1 comprende además una superficie fotocatalítica 8 dispuesta sobre por lo menos parte de la superficie de dicho dispositivo flotante 1. Gracias a esta superficie fotocatalítica 8, en utilización, los gases 16 emitidos por las aguas residuales fluyen por la superficie fotocatalítica 8 para ser tratados mediante fotocátalisis.

En esta forma de realización del dispositivo flotante 1 según la invención, la superficie fotocatalítica 8 está dispuesta sobre la superficie de la sección prismática 6. A título ilustrativo, la superficie fotocatalítica 8 se muestra como una zona de puntos en las figuras 2 y 3.

En el contexto de la invención, la superficie fotocatalítica 8 es una superficie que tiene actividad fotocatalítica. La actividad fotocatalítica significa que dicha superficie fotocatalítica puede generar radicales hidroxilo (OH) y oxígeno (O) altamente reactivos dividiendo de manera fotocatalítica moléculas de agua (H₂O) cuando se exponen a luz UV. En esta forma de realización, la superficie fotocatalítica comprende nanopartículas de dióxido de titanio y las nanopartículas de dióxido de titanio proporcionan las propiedades fotocatalíticas a la superficie fotocatalítica. En formas de realización alternativas, pueden utilizarse otras nanopartículas de óxido de metal. Los ejemplos de dichas otras nanopartículas de óxido de metal incluyen nanopartículas de dióxido de sílice, dióxido de circonio, nanopartículas de trióxido de aluminio y nanopartículas de óxido de metal-zeolita o una mezcla de las mismas.

Las figuras 4 a 6 muestran una primera forma de realización de la disposición de dispositivos flotantes 100 para tratar unos gases 16 emitidos por las aguas residuales contenidas en un depósito según la invención. La disposición de dispositivos flotantes 100 comprende una pluralidad de dispositivos flotantes 1 según la invención, en particular una pluralidad de dispositivos flotantes, tales como, el mostrado en las figuras 1 a 3 están dispuestos de manera adyacente entre sí, estando la primera superficie 2 orientada hacia la superficie de aguas residuales. Además, la pluralidad de dispositivos flotantes 1 tiene tantos dispositivos flotantes 1 dispuestos adyacentes entre sí que la disposición cubre por lo menos el 95 % de dicha superficie de aguas residuales P. En esta forma de realización particular, no se muestran los límites de las superficies de aguas residuales definidos por el depósito.

En esta disposición, la sección prismática 6 de un primer dispositivo flotante 1 está enfrentada a un lado de la sección prismática 6 de un dispositivo flotante contiguo 1 para minimizar el espacio entre los mismos. En el contexto de la invención, “*dos lados enfrentados entre sí*” pueden estar en contacto o adyacentes entre sí, estando dichos lados en paralelo entre sí. La disposición de dispositivos flotantes 100 está formada a partir de una pluralidad de dispositivos flotantes 1 que se despliegan sobre la superficie de cualquier agua residual, preferentemente, aguas residuales almacenadas en un estanque, un lago, una piscina, un depósito, un tanque, embalses o similares y forman una disposición de dispositivos flotantes 100 según la invención.

Una vez desplegada sobre la superficie de aguas residuales contenidas en un depósito, la disposición de dispositivos flotantes 100 cubre la superficie de dichas aguas residuales casi completamente y de manera preferida por lo menos el 95 % de la superficie de aguas residuales. El número de dispositivos flotantes de entre la pluralidad de dispositivos flotantes 1 necesarios para cubrir completamente la superficie de aguas residuales dependerá de la superficie que va a cubrirse y puede ajustarse como corresponda.

La figura 2 muestra una vista frontal de una parte de la disposición flotante 100. La disposición flotante 100 comprende una pluralidad de espacios 30 entre dos dispositivos flotantes adyacentes 1, correspondiendo los espacios 30 a la superficie de contacto entre un lado de una sección prismática 6 de un primer dispositivo flotante 1 con un lado de la sección prismática 6 de un dispositivo flotante 1 contiguo.

La superficie fotocatalítica 8 está dispuesta sobre la sección prismática 6 de los dispositivos flotantes 1 y permite que se produzca la fotocátalisis en dichos espacios 30. La evaporación en la superficie de la masa de agua P (línea de rayas y puntos) genera vapor de agua 32. Cuando se exponen los dispositivos flotantes 1 a una luz UV 18, ya sea luz solar durante el día o una lámpara UV artificial (LED o similar) durante la noche, dichas nanopartículas de dióxido de titanio en la superficie fotocatalítica 8 reaccionan con dicho vapor de agua 32 que se ha acumulado en dichos espacios 30 generando radicales OH y O libres 34.

Los gases 16 generados en las aguas residuales migran hasta la superficie de aguas residuales P. Dichos gases 16 comprenden dióxido de carbono y metano, productos finales de la degradación anaerobia de materia orgánica mediante microorganismos presentes en la masa de aguas residuales, y otros compuestos gaseosos (es decir,

NO_x, NH₃, H₂S) que se generan como subproductos de metabolismo de microorganismos en condiciones anaerobias. Cuando se encuentran con las primeras superficies 2 de la pluralidad de dispositivos flotantes 1 comprendidos en la disposición de dispositivos flotantes 100, los gases 16 son dirigidos hacia los espacios 30 entre dos dispositivos flotantes 1. Ahí, los componentes orgánicos contenidos en dichos gases 16, tales como, CH₄, reaccionan con los radicales OH y O₃ y se descomponen en CO₂ y H₂O. Los compuestos ricos en nitrógeno contenidos en dichos gases 16, tales como, NH₃ y NO_x también reaccionan con dichos radicales OH y O₃ y se convierten en N₂ gaseoso. Después de atravesar la disposición de dispositivos flotantes 100, los gases tratados 26 presentan una concentración reducida de compuestos tóxicos.

Las siguientes formas de realización comparten la mayor parte de las características de las formas de realización anteriormente descritas. Por tanto, a continuación solo se describen las características que son diferentes de las formas de realización anteriores, mientras que, para las características en común, se hace referencia a los párrafos anteriores.

Las figuras 7 a 12 muestran una segunda forma de realización del dispositivo flotante 1 para tratar unos gases 16 emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales 44 según la invención.

En esta segunda forma de realización, el dispositivo flotante 1 comprende una primera superficie 2 que, en utilización, está orientada hacia la superficie de aguas residuales. El dispositivo flotante 1 comprende además una segunda superficie 4, opuesta a la primera superficie 2.

En esta forma de realización, la primera superficie 2 y la segunda superficie 4 del dispositivo flotante 1 son convexas. La primera superficie 2 y la segunda superficie 4 tienen forma de cúpula y presentan una pendiente del 2.5 % desde el centro hasta el borde del dispositivo flotante 1. En esta forma de realización preferida, el dispositivo flotante 1 comprende además una primera abertura 10 que se extiende en la dirección desde la primera superficie 2 hasta dicha segunda superficie 4, en particular en la dirección vertical en utilización. En formas de realización alternativas, esta dirección puede estar inclinada con respecto al plano vertical. La primera abertura 10 define una superficie interna 11, y la primera abertura 10 está dispuesta en el centro de dicho dispositivo flotante 1.

La figura 11 muestra una vista detallada del centro de dicho dispositivo flotante 1 con la primera abertura 10. El dispositivo flotante 1 comprende además seis nervaduras 12 que sobresalen de la primera superficie 2 y la segunda superficie 4, extendiéndose cada una de las nervaduras desde dicho borde hasta dicho centro de dicho dispositivo flotante 1. Las nervaduras 12 definen una trayectoria en forma de arco desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante 1. En esta forma de realización, la altura de las nervaduras 12 aumenta desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante 1.

Cada segunda nervadura de entre dicha pluralidad de nervaduras 12 comprende una segunda abertura 14. Esta segunda abertura 14 se extiende a través de la nervadura 12 en la dirección desde la primera superficie 2 hasta la segunda superficie 4, en la dirección vertical. Además, esta segunda abertura 14 define una segunda superficie interna 15. En esta forma de realización, la superficie fotocatalítica 8 está dispuesta de tal manera que cubra completamente el dispositivo flotante 1 y comprende nanopartículas de dióxido de titanio. En el contexto de la invención, debe entenderse que la expresión “*cubre completamente*” se refiere a todas las superficies del dispositivo flotante 1, incluyendo la primera superficie 2, la segunda superficie 4, la sección prismática 6, las nervaduras 12 y la primera superficie interna 11 y las segundas superficies internas 15 de dicha por lo menos una primera abertura 10 que se extiende a través del dispositivo flotante 1 y las segundas aberturas 14 que se extienden a través de las nervaduras 12, están cubiertas por la superficie fotocatalítica 8 que comprende nanopartículas de óxido de titanio. Sin embargo, sería posible hacer que la superficie fotocatalítica cubra únicamente una parte de la superficie del dispositivo flotante, preferentemente que cubra zonas altamente expuestas a los gases 16 emitidos por la masa de aguas residuales, tales como, la sección prismática 6 o la primera y segunda superficies internas 11, 15 de la primera y segunda aberturas 10, 14 previstas en el dispositivo flotante 1 y las nervaduras 12, respectivamente.

Las figuras 13 a 16 muestran una segunda forma de realización de la disposición de dispositivos flotantes 100 para tratar aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales 44 según la invención. La disposición flotante 100 comprende una pluralidad de dispositivos flotantes 1 según la invención dispuestos de tal manera que la primera superficie 2 está orientada hacia la superficie de aguas residuales y que por lo menos un lado de la sección prismática 6 de cada dispositivo flotante 1 está enfrentado a un lado de la sección prismática 6 de un dispositivo flotante 1 contiguo. Los dispositivos flotantes 1 mostrados en las figuras 7 a 12 pueden desplegarse sobre la superficie de aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales 44, tales como, aguas residuales almacenadas en un estanque, un lago, una piscina, un depósito, un tanque, un embalse o cualquier estructura similar, incluyendo cualquiera de las construidas directamente sobre el terreno y formar dicha disposición de dispositivos flotantes 100.

El número de dispositivos flotantes 1 necesarios para formar la disposición de dispositivos flotantes 100 dependerá de la superficie de aguas residuales que vaya a cubrirse. La figura 14 muestra cómo se cubre la superficie de aguas residuales por lo menos al 95 %.

La figura 15 muestra una representación esquemática de gases 16 emitidos a partir de la masa de aguas residuales W que interaccionan con la disposición de dispositivos flotantes 100. Los gases 16 que alcanzan la superficie P de la masa de aguas residuales W se encuentran con dichos dispositivos flotantes 1 y pueden atravesar la disposición de dispositivos flotantes 100 a través de los espacios 30 entre los dispositivos flotantes 1 para ser tratados mediante fotocátalisis.

La figura 16 muestra una representación esquemática de unos gases 16 que atraviesan la disposición de dispositivos flotantes 100 a través del espacio 30 y que son tratados mediante fotocátalisis. Cuando se encuentran con las primeras superficies 2 de la pluralidad de dispositivos flotantes comprendidos en la disposición de dispositivos flotantes 100, los gases 16 son dirigidos hacia los espacios 30 entre dos dispositivos flotantes 1. Ahí, componentes orgánicos contenidos en dichos gases 16, tales como CH_4 , reaccionan con los radicales OH y O 34 y se descomponen en CO_2 y H_2O . Los compuestos ricos en nitrógeno contenidos en dichos gases 16, tales como, NH_3 y NO_x , también reaccionan con dichos radicales OH y O 234 y se convierten en N_2 gaseoso. Dicho tratamiento fotocatalítico de los gases emitidos 16 también se produce a medida que los gases 16 atraviesan el dispositivo flotante a través de las segundas aberturas 14 previstas en las nervaduras 12 y fluyen por las segundas superficies internas 15 de las segundas aberturas 14. Los gases 16 son atraídos a las segundas aberturas 14 en las nervaduras 10 debido al efecto de chimenea generado por la diferencia de temperaturas entre la superficie de las aguas residuales y el aire encima del dispositivo flotante 1 y son forzados a fluir por la superficie fotocatalítica y a ser tratados mediante fotocátalisis. Después de atravesar la disposición flotante 100, los gases tratados 26 presentan una concentración reducida de compuestos tóxicos.

Las figuras 17 a 22 muestran una tercera forma de realización del dispositivo flotante 1 para tratar unos gases 16 emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales según la invención. La tercera forma de realización comparte todas las características de la segunda forma de realización anteriormente descrita del dispositivo flotante según la invención. Adicionalmente, en esta tercera forma de realización, cada nervadura 12 de entre la pluralidad de nervaduras comprende una segunda abertura 14. La segunda abertura 14 se extiende a través de la nervadura 12 en la dirección desde dicha primera superficie 2 hasta dicha segunda superficie 4 y define una segunda superficie interna 15.

En esta forma de realización, la superficie fotocatalítica 8 está dispuesta de tal manera que cubra completamente el dispositivo flotante 1 y comprende nanopartículas de dióxido de titanio. Sin embargo, son posibles disposiciones alternativas de la capa fotocatalítica 8, preferentemente que cubren zonas altamente expuestas a los gases 16 emitidos por la masa de aguas residuales, tales como, la sección prismática 6 o la primera y segunda superficies internas 11, 15 de la primera y segunda aberturas 10, 14 previstas en el dispositivo flotante 1 y las nervaduras 12, respectivamente.

Las figuras 23 a 27 muestran una cuarta forma de realización del dispositivo flotante 1 para tratar los gases 16 emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales según la invención. La cuarta forma de realización comparte todas las características con la primera forma de realización del dispositivo flotante para tratar los gases 16 emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales anteriormente descrita.

En esta cuarta forma de realización, el dispositivo flotante 1 comprende además por lo menos una primera abertura 10 que se extiende en la dirección desde dicha primera superficie 2 hasta dicha segunda superficie 4, definiendo dicha por lo menos una primera abertura 10 una superficie interna. En esta forma de realización, dicha primera superficie 2 y dicha segunda superficie 4 son convexas. La primera superficie 2 y la segunda superficie 4 tienen forma de cúpula y presentan una pendiente del 2.5 % desde el centro hasta el borde del dispositivo flotante 1. En esta forma de realización, el dispositivo flotante 1 comprende además una pluralidad de nervaduras 12 que sobresalen de la primera superficie y la segunda superficie 4, extendiéndose cada una de las nervaduras desde el borde hasta el centro de dicho dispositivo flotante 1. Las nervaduras 12 definen una trayectoria en forma de arco desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante. En esta forma de realización, la altura de dichas nervaduras 12 aumenta desde el borde hasta dicho centro del dispositivo flotante 1.

Las figuras 28 a 34 muestran una quinta forma de realización del dispositivo flotante 1 para tratar los gases 16 emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales según la invención. Dicho dispositivo flotante 1 comprende una primera superficie 2 que, en utilización, está orientada hacia la superficie de aguas residuales. El dispositivo flotante 1 comprende además una segunda superficie 4, opuesta a dicha primera superficie 2. En esta forma de realización preferida, dicha primera superficie 2 y dicha segunda superficie 4 son convexas. La primera superficie 2 y la superficie 4 están dispuestas de manera alternada, de tal manera que definen un perfil en forma de onda en el plano E-E, ortogonal al plano de flotación horizontal. En particular, la primera y segunda superficies 2, 4 definen una pluralidad de colinas 4a y valles 6a desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante 1. En esta forma de realización, el dispositivo flotante 1 comprende además una pluralidad de primeras aberturas 10 que se extienden en la dirección desde dicha primera superficie 2 hasta dicha segunda superficie 4, definiendo dicha por lo menos una primera abertura 10 una pluralidad de primeras superficies internas 11. Una de entre dicha pluralidad de primeras aberturas 10 está ubicada en el centro del dispositivo flotante 1. Las

primeras aberturas 10 restantes de entre la pluralidad de primeras aberturas tienen forma de ranura y están dispuestas de manera uniforme sobre la superficie del dispositivo flotante 1 definiendo una serie de trayectorias radiales desde el borde hasta el centro del dispositivo flotante 1.

5 Ejemplo 1: tratamiento de gases emitidos a partir de aguas residuales generadas en un matadero de codornices utilizando una forma de realización preferida de la disposición de dispositivos flotantes de la invención.

10 Un matadero de codornices genera 100 m³/día de aguas residuales trabajando 12 h al día, en días laborables, para un total de 500 m³/semana. Trabajando 220 días/año, esto da como resultado 22.000 m³ de aguas residuales generadas al año.

15 Se realiza una primera etapa de retirada de sólidos para retirar sólidos gruesos a partir de dichas aguas residuales W. En esta forma de realización, dicha primera etapa de retirada de sólidos se realiza en un separador de plumas. A continuación, se realiza una segunda etapa de retirada de sólidos para retirar sólidos finos de dichas aguas residuales W en un separador de sólidos finos de 800 µm. A continuación, se realiza una etapa de digestión anaerobia durante la cual dichas aguas residuales W se almacenan en un lago anaerobio rectangular (15 m x 30 m x 5.5 m) con una capacidad de 2500 m³ lleno a 4/5 de su capacidad para conservar espacio vacío para emergencias o picos de exceso de producción.

20 Los lodos del fondo del lago anaerobio, acumulados durante picos de exceso de producción, se retiran regularmente utilizando un camión cisterna o un tractor y pueden utilizarse para fertilizar cultivos.

25 Como tratamiento secundario, dichas aguas residuales W del lago anaerobio se hacen circular a un reactor biológico que funciona 365 días/año con una velocidad de flujo promedio de 60 m³/día, y que es alimentado a una velocidad de flujo de 2.5 m³/h.

30 La planta de tratamiento secundario es un reactor rectangular con una capacidad de 1000 m³ (20 m x 12,5 m x 4 m) conectado a la salida del lago anaerobio. En particular, la WTP es un reactor de nitrificación-desnitrificación que alterna ciclos de aireación con ciclos anóxicos, conectado a un decantador secundario que envía el agua tratada a la estación de tratamiento municipal, y los lodos a un pozo desde el cual un camión cisterna puede recogerlos para su utilización para fertilizar cultivos.

35 La siguiente tabla muestra parámetros de agua para aguas residuales en la entrada del lago de aguas residuales, a la salida de dicho lago de aguas residuales y a la salida de dicha planta de tratamiento secundario antes de enviarse a la estación de tratamiento municipal.

PARÁMETROS DE AGUA	Corriente de entrada (kg/día)	Corriente de entrada (kg/año)	Corriente de salida (kg/año)	Corriente de salida a partir del reactor de NDN (mg/l)
COD (demanda química de oxígeno); mg de O ₂ /l	4700	103400	100885	150
SS (sólidos en suspensión); mg/l	834	18348	16300	80
Nitrógeno total (Kjeldahl); mg de N/l	700	15400	13724,65	50
NH ₃ (nitrógeno de amoníaco); mg/l de NH ₃ /l	500	11000	9324,65	48
TP (fósforo total); mg de fósforo/l	200	4400	3800	8
Aceites y grasa; mg/l	30	660	30	0
pH; UpH	8,7	8,7	8,7	8,7

40 Las aguas residuales W almacenadas en el lago anaerobio emiten gases que comprenden compuestos tóxicos y olores desagradables. Pueden monitorizarse utilizando una campana de recogida de gases equipada con sensores para metano (CH₄), amoníaco (NH₃), óxido nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂) conectados a un registrador de datos con registro diario que puede monitorizar continuamente la composición de dichos gases emitidos.

45 Para tratar dichos gases emitidos a partir de dichas aguas residuales W almacenadas en dicho lago anaerobio, que eliminan compuestos tóxicos y olores desagradables a partir de dichos gases, está dispuesta una pluralidad de dispositivos flotantes 1, tales como, los dispositivos flotantes mostrados en las figuras 7 a 12, para cubrir por lo menos parcialmente la superficie de aguas residuales, de tal manera que dicha primera superficie 2 esté orientada

5 hacia la superficie de aguas residuales y que por lo menos un lado de la sección prismática 6 de un primer dispositivo flotante 1 esté enfrentado a un lado de la sección prismática 6 de un dispositivo flotante contiguo 1. En esta forma de realización, cada dispositivo flotante está formado de polipropileno. La sección transversal de cada dispositivo flotante es hexagonal con un diámetro de 20 cm, de modo que cada dispositivo flotante tiene una superficie total de 260 cm², de la cual 5,5 cm² son aberturas en la superficie de aguas residuales 10. Por tanto, en esta forma de realización, el 97 % de la superficie de aguas residuales está cubierta por dicha pluralidad de dispositivos flotantes. En esta forma de realización, dichos dispositivos flotantes 1 comprenden una superficie fotocatalítica 8, siendo dicha superficie fotocatalítica 8 una capa fotocatalítica 8 que comprende nanopartículas de óxido de titanio aplicada utilizando un procedimiento de recubrimiento por inmersión sobre la superficie de dichos dispositivos flotantes durante la fabricación. Una vez dispuestos, dicha pluralidad de dispositivos flotantes 1 se exponen a luz UV procedente de luz solar durante el día, de tal manera que dichos gases 16 en dicha superficie fotocatalítica 8 son tratados mediante fotocatálisis. La luz UV durante el día procede de la luz solar.

15 Se mide la composición de gases 16 emitidos por dichas aguas residuales almacenadas en un lago anaerobio antes y después de implementar el método según la invención. En la siguiente tabla, se muestran los resultados:

PARÁMETROS DE AGUA	EMISIONES DE GASES TANQUE ANAEROBIO (kg/día) sin disposición fotocatalítica	EMISIONES DE GASES TANQUE ANAEROBIO (kg/año) sin disposición fotocatalítica	EMISIONES DE GASES TANQUE ANAEROBIO (kg/año) con disposición fotocatalítica	REDUCCIÓN / AUMENTO %
NH ₃ (nitrógeno de amoníaco); kg de NH ₃ /día	4,59	1675,35	75,4	-95,5
CH ₄ (metano); kg de CH ₄ /día	6,89	2514,85	113,2	-95,5
N ₂ O (óxido nitroso); kg de N ₂ O/día	0,23	83,95	3,8	-95,5
Olores, %	100	36500	1	-99
CO ₂ (dióxido de carbono); kg de CO ₂ /día	1,7	620,5	3022,2	79,5
N ₂ (N ₂ atmosférico); kg de N ₂ /día	0,1	36,5	1680,1	97,8

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo flotante (1) para tratar unos gases (16) emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, comprendiendo dicho dispositivo flotante (1)

[a] una primera superficie (2) que, cuando el dispositivo flotante está flotando sobre la superficie de aguas residuales, está orientada hacia dicha superficie de aguas residuales (P),

[b] una segunda superficie (4), opuesta a dicha primera superficie (2), y

[c] una superficie fotocatalítica (8) dispuesta sobre por lo menos parte de la superficie de dicho dispositivo flotante (1), de tal manera que, cuando el dispositivo flotante está flotando sobre la superficie de aguas residuales, cuando dichos gases (16) emitidos por dichas aguas residuales fluyen por dicha superficie fotocatalítica, dichos gases son tratados mediante fotocatalisis,

caracterizado por que dicho dispositivo flotante (1) comprende asimismo

[d] por lo menos una primera abertura (10) que se extiende en la dirección desde dicha primera superficie (2) hasta dicha segunda superficie (4), definiendo dicha por lo menos una primera abertura (10) una superficie interna, y

[e] dicha superficie fotocatalítica (8) está dispuesta por lo menos sobre dicha superficie interna de dicha una primera abertura (10).

2. Dispositivo flotante (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende asimismo

[a] una sección prismática (6) que conecta dicha primera y segunda superficies (2, 4),

[b] presentando dicha sección prismática (6) una sección transversal de entre el grupo que consiste en triangular, cuadrangular o hexagonal.

3. Dispositivo flotante (1) según la reivindicación 2, **caracterizado por que** dicha superficie fotocatalítica (8) está dispuesta sobre la superficie de dicha sección prismática (6).

4. Dispositivo flotante (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** dicha primera superficie (2) es convexa.

5. Dispositivo flotante (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** dicha segunda superficie (4) es convexa.

6. Dispositivo flotante (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** dicho dispositivo flotante (1) comprende asimismo una pluralidad de nervaduras (12) que sobresalen de por lo menos dicha primera superficie (2) y/o de por lo menos dicha segunda superficie (4), extendiéndose cada una de dichas nervaduras desde el borde hasta el centro de dicho dispositivo flotante (1).

7. Dispositivo flotante (1) según la reivindicación 6, **caracterizado por que** dichas nervaduras (12) definen una trayectoria en forma de arco desde dicho borde hasta dicho centro de dicho dispositivo flotante.

8. Dispositivo flotante (1) según cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado por que** la altura de dichas nervaduras (12) aumenta desde dicho borde hasta dicho centro de dicho dispositivo flotante.

9. Dispositivo flotante según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** al menos una nervadura (12) de entre dicha pluralidad de nervaduras comprende una segunda abertura (14), extendiéndose dicha segunda abertura (14) a través de dicha nervadura (12) en la dirección desde dicha primera superficie hasta dicha segunda superficie y definiendo una segunda superficie interna (15), y por que dicha superficie fotocatalítica (8) está dispuesta por lo menos sobre dicha segunda superficie interna.

10. Dispositivo flotante (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** dicha superficie fotocatalítica (8) está dispuesta de tal manera que cubre completamente dicho dispositivo flotante (1).

11. Dispositivo flotante (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** dicha superficie fotocatalítica (8) comprende unas nanopartículas de óxido de metal.

12. Dispositivo flotante (1) según la reivindicación 11, **caracterizado por que** dicha superficie fotocatalítica (8) comprende por lo menos unas nanopartículas de óxido de metal de entre el grupo que consiste en nanopartículas de dióxido de titanio, nanopartículas de dióxido de sílice, dióxido de circonio, nanopartículas de trióxido de aluminio

y nanopartículas de óxido de metal-zeolita o una mezcla de las mismas.

- 5 13. Disposición de dispositivos flotantes (100) para tratar unos gases (16) emitidos por aguas residuales contenidas en un depósito de aguas residuales, **caracterizada por que** comprende una pluralidad de dispositivos flotantes (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 dispuestos de manera adyacente entre sí, estando dicha primera superficie (2) orientada hacia la superficie de aguas residuales, y presentando dicha pluralidad de dispositivos flotantes (1) tantos dispositivos flotantes (1) dispuestos de manera adyacente entre sí que dicha disposición cubre por lo menos el 95 % de dicha superficie de aguas residuales (P).
- 10 14. Método para tratar unos gases (16) emitidos por aguas residuales (W) contenidas en un depósito de aguas residuales, **caracterizado por que** dicho método comprende las siguientes etapas:
- 15 [a] disponer una pluralidad de dispositivos flotantes según las reivindicaciones 1 a 12 de manera adyacente entre sí, estando dicha primera superficie (2) orientada hacia la superficie de aguas residuales, y presentando dicha pluralidad de dispositivos flotantes (1) tantos dispositivos flotantes (1) dispuestos adyacentes entre sí que dicha disposición cubre por lo menos el 95 % de dicha superficie de aguas residuales (P),
- 20 [b] exponer dicha pluralidad de dispositivos flotantes (1) a luz UV, de tal manera que, cuando dichos gases (16) emitidos por dichas aguas residuales fluyen por dicha superficie fotocatalítica, dichos gases son tratados mediante fotocátalisis.

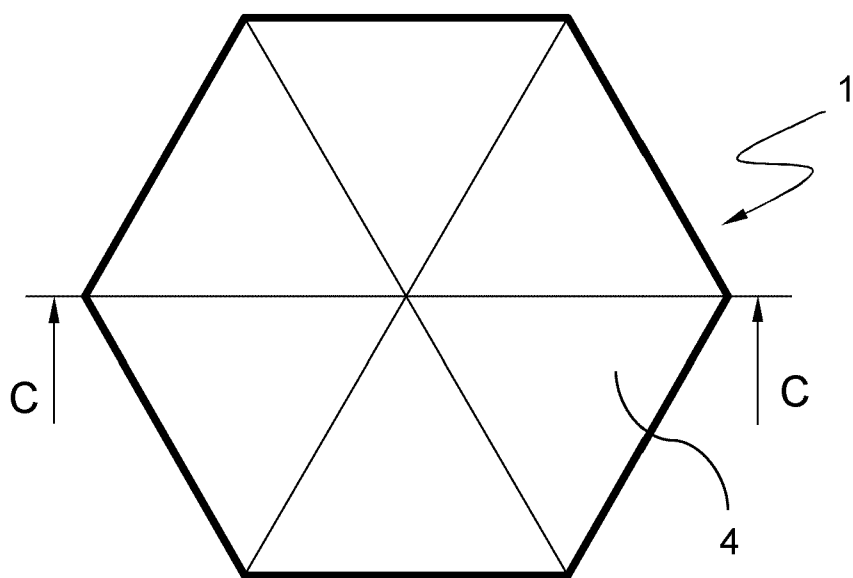


FIG. 1

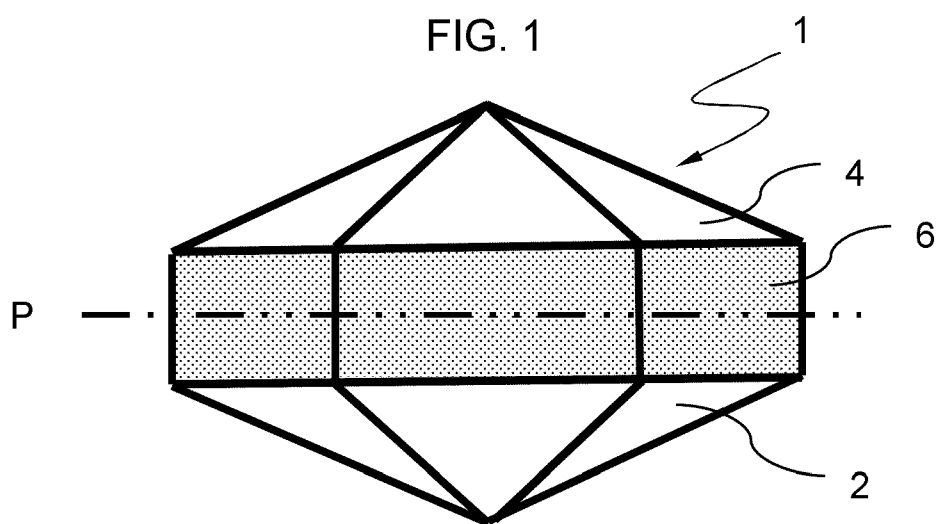


FIG. 2

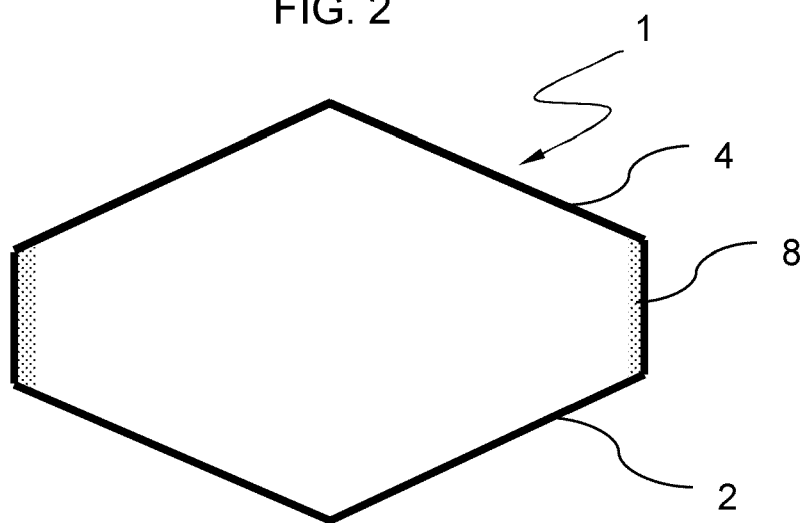
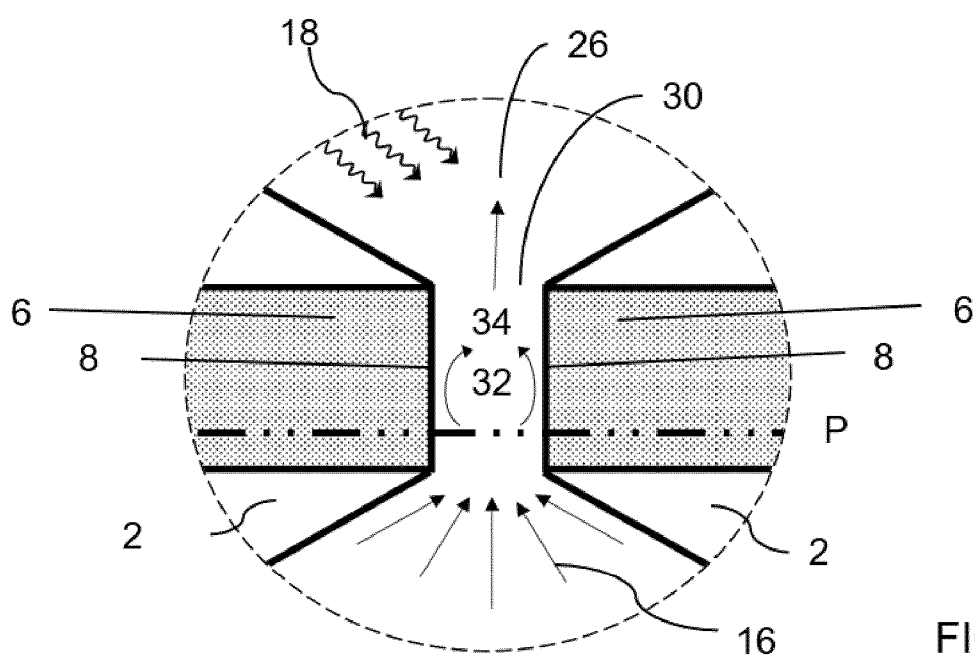
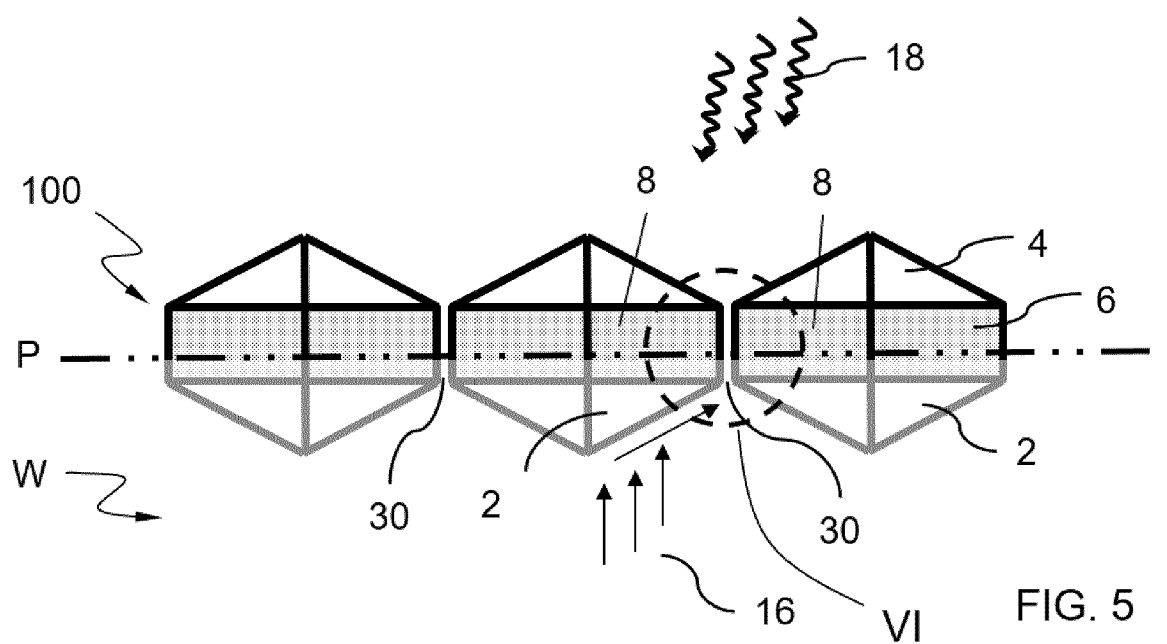
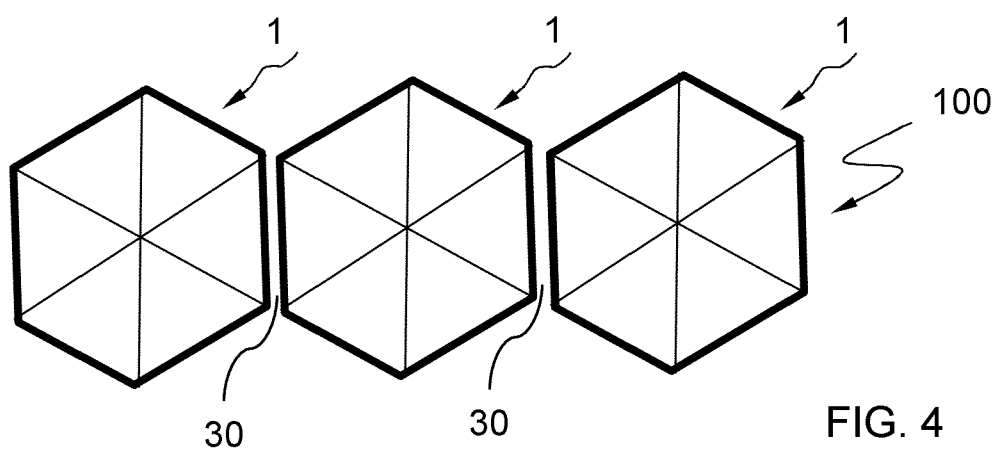
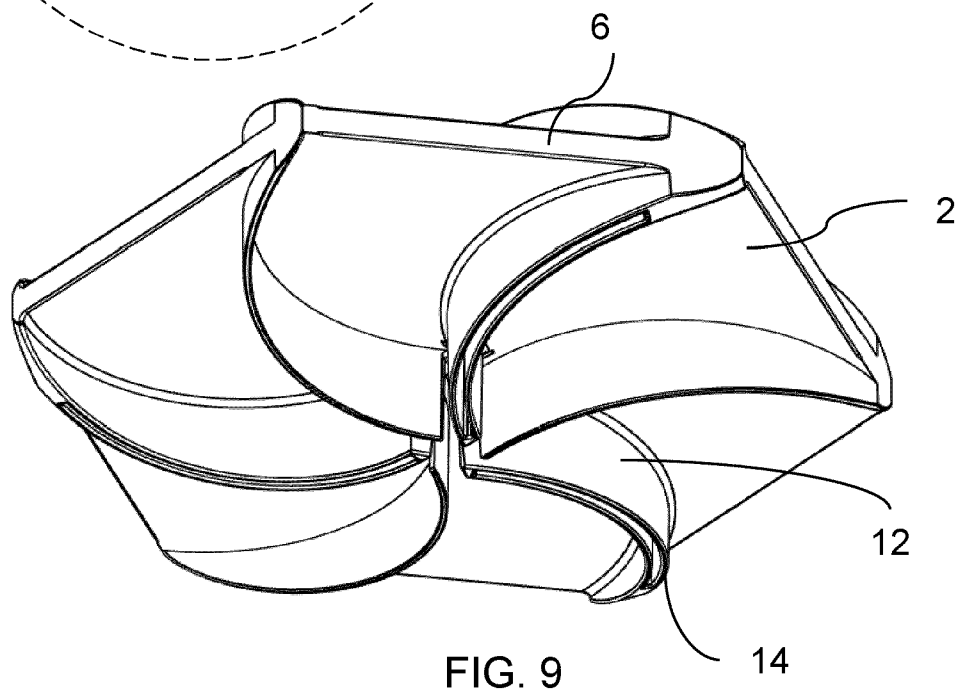
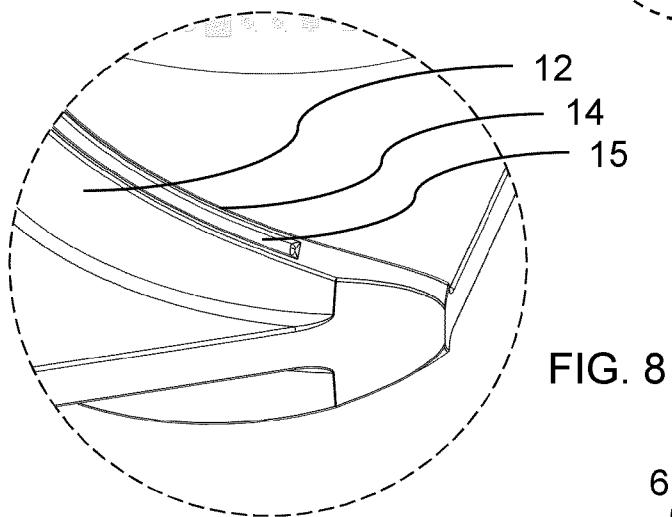
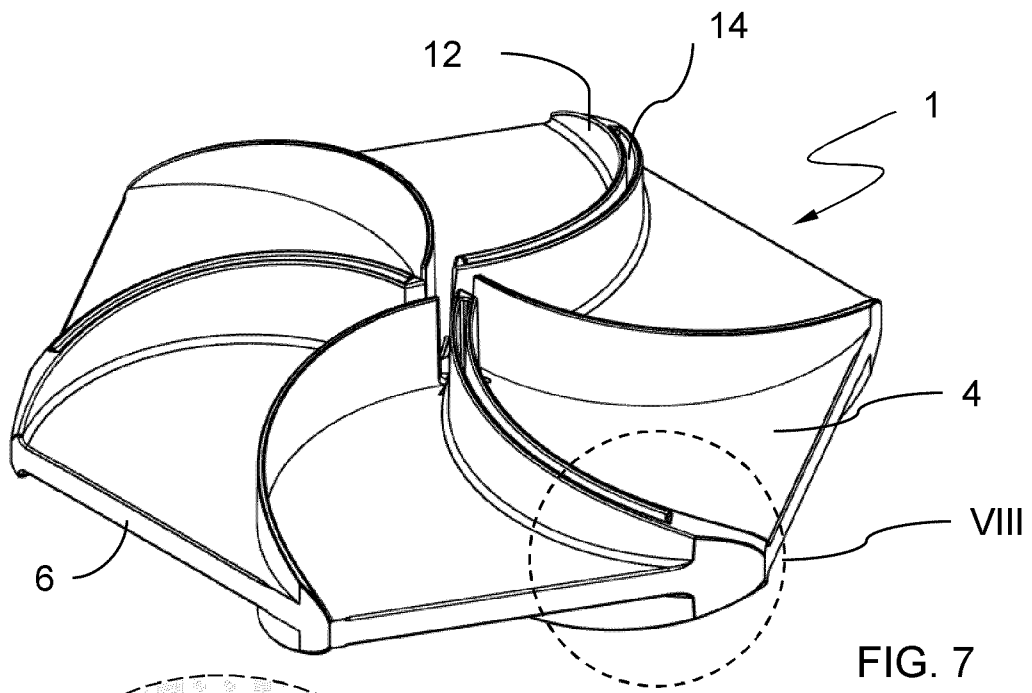


FIG. 3





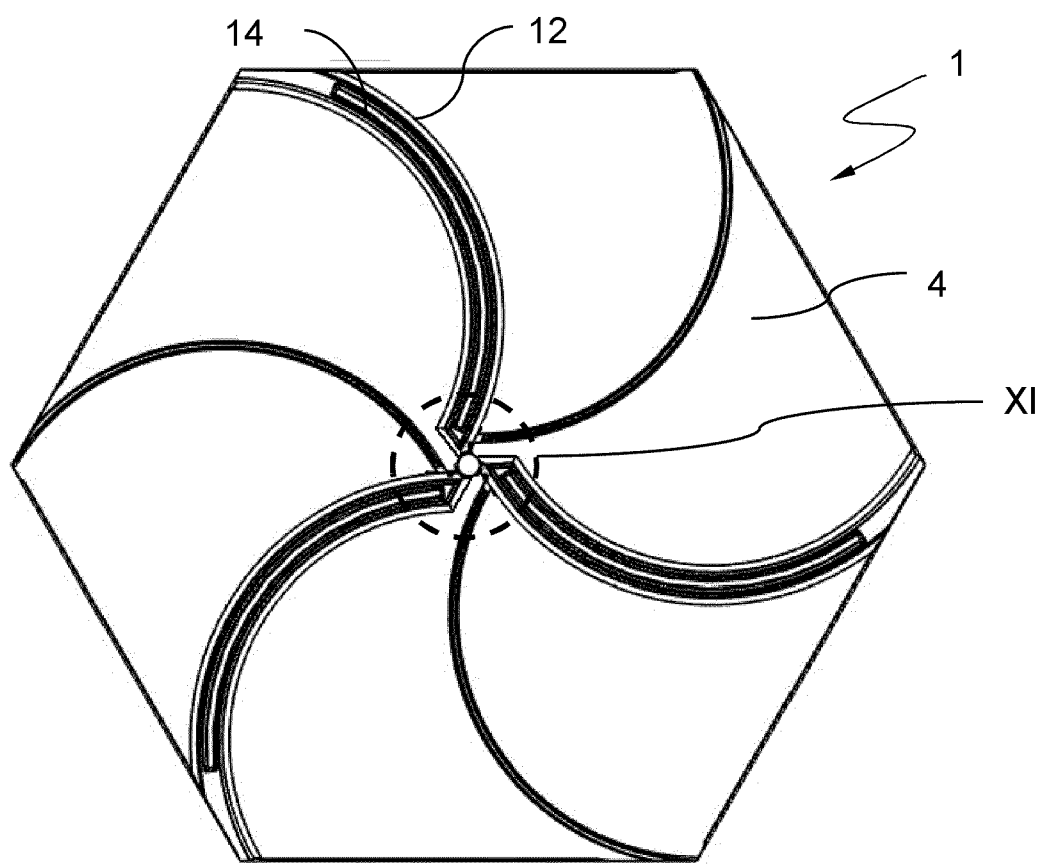


FIG. 10

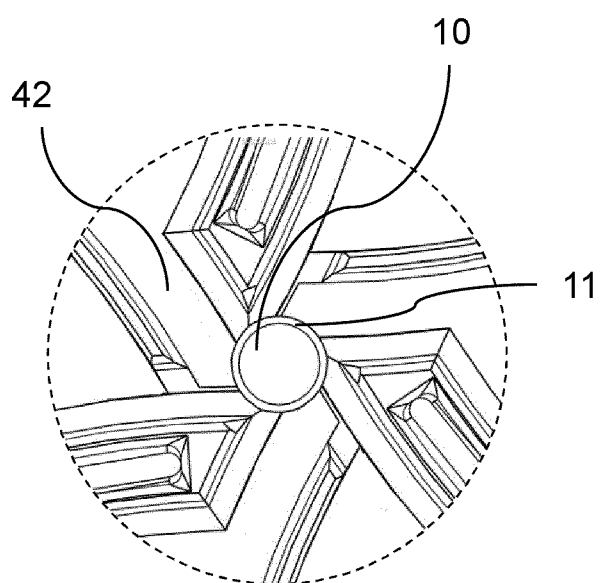


FIG. 11

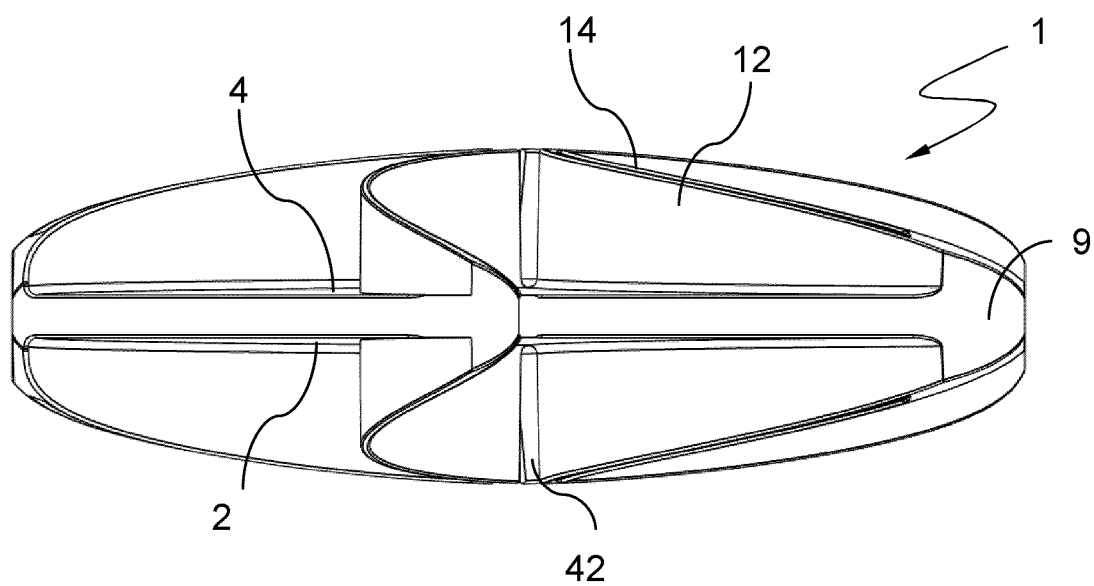


FIG. 12

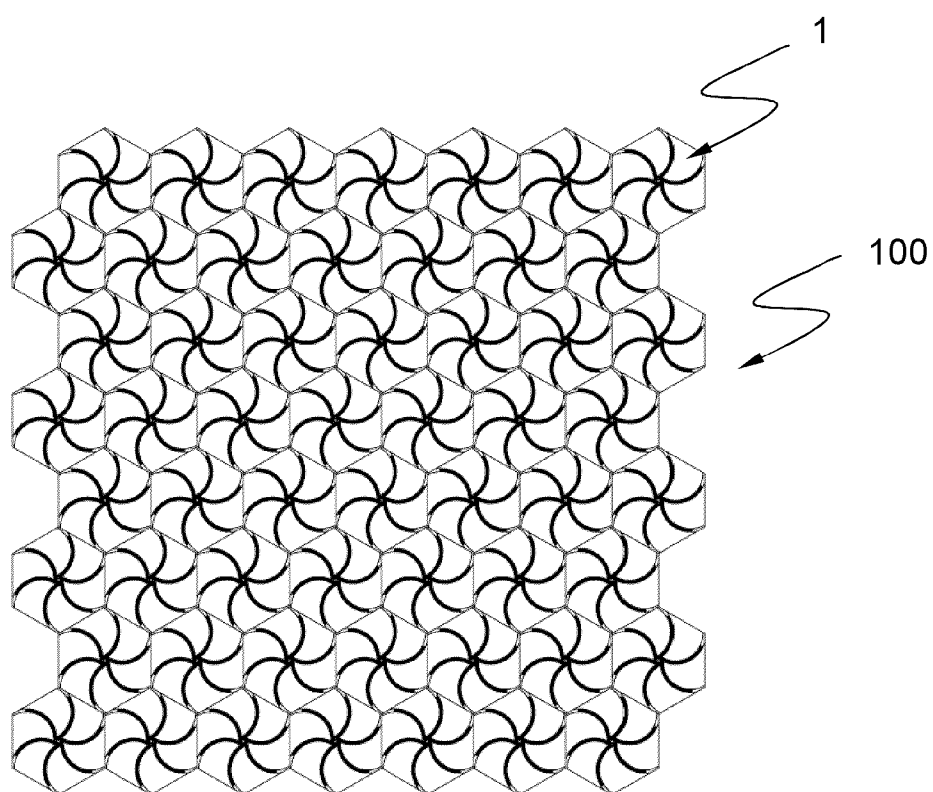


FIG. 13

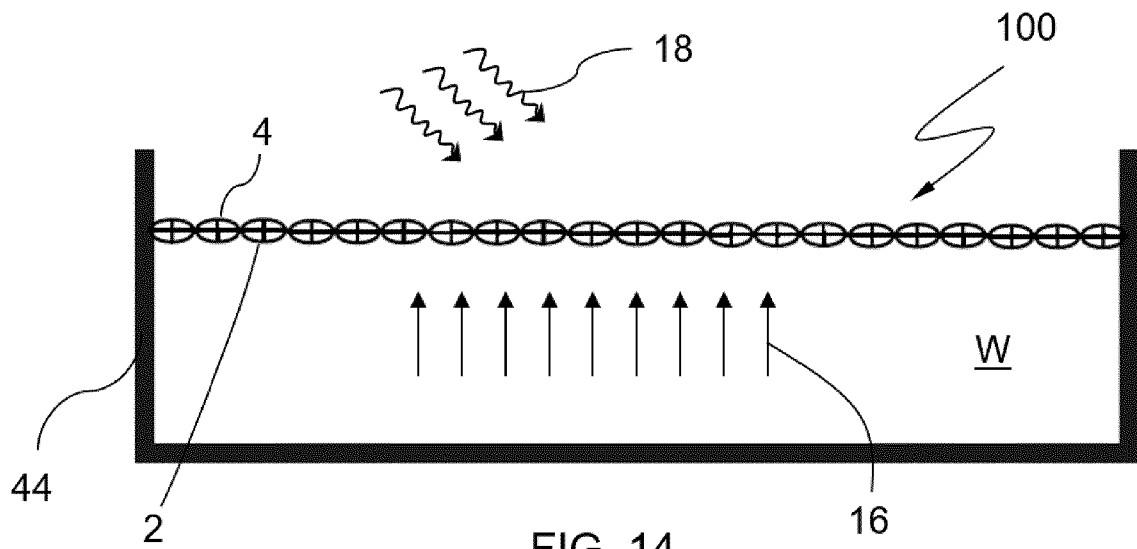


FIG. 14

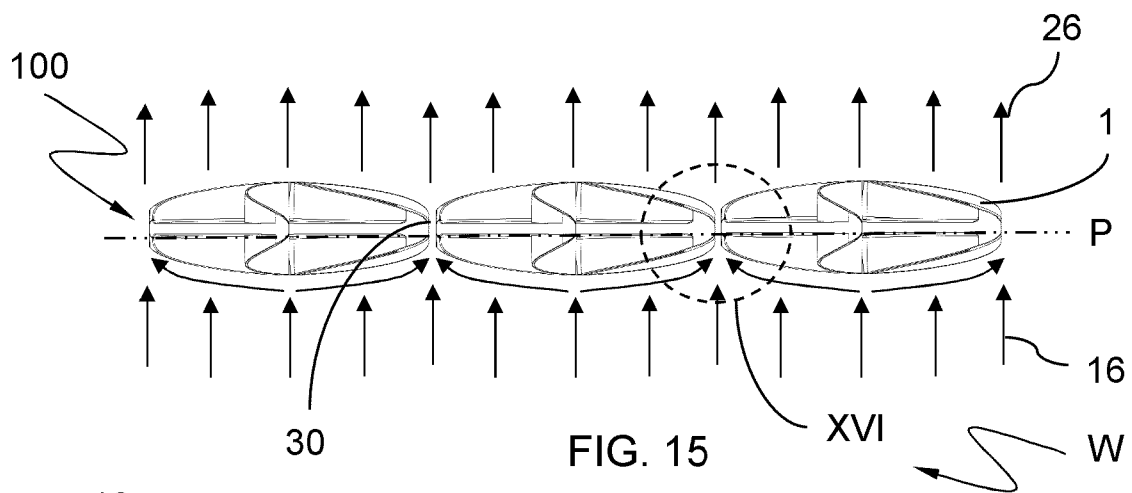


FIG. 15

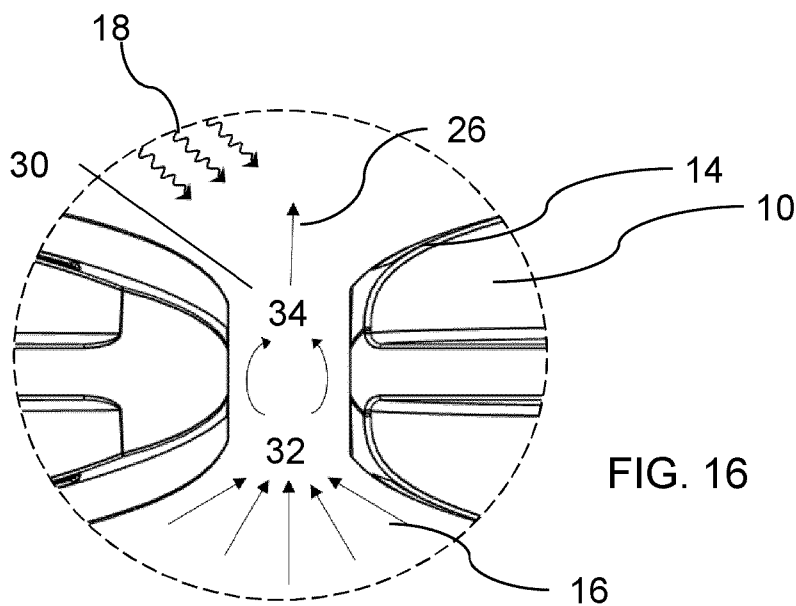
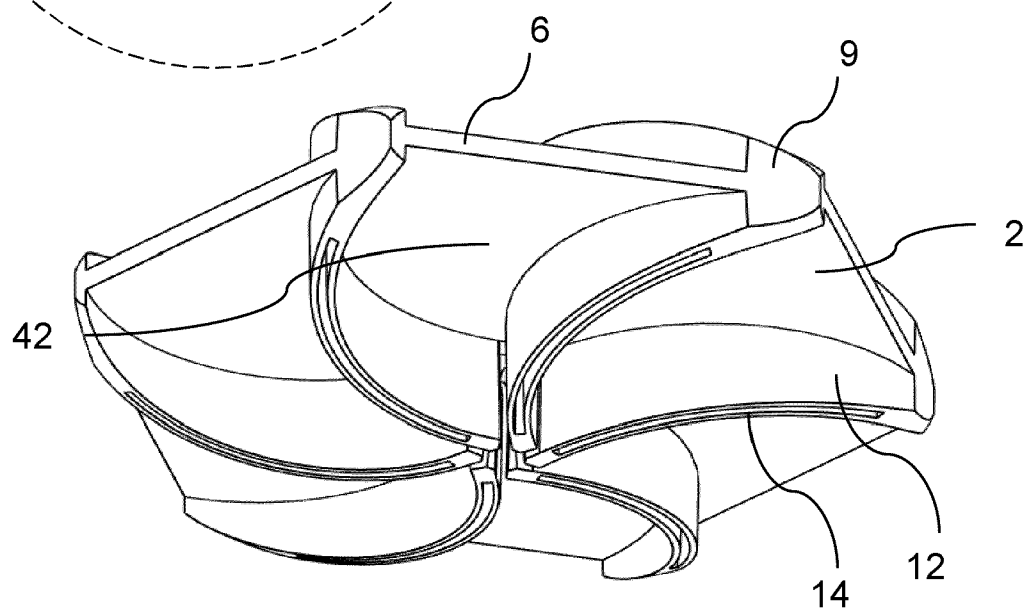
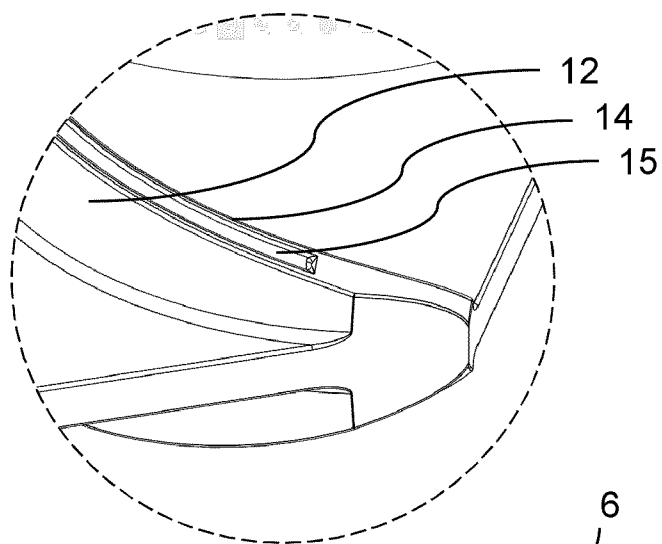
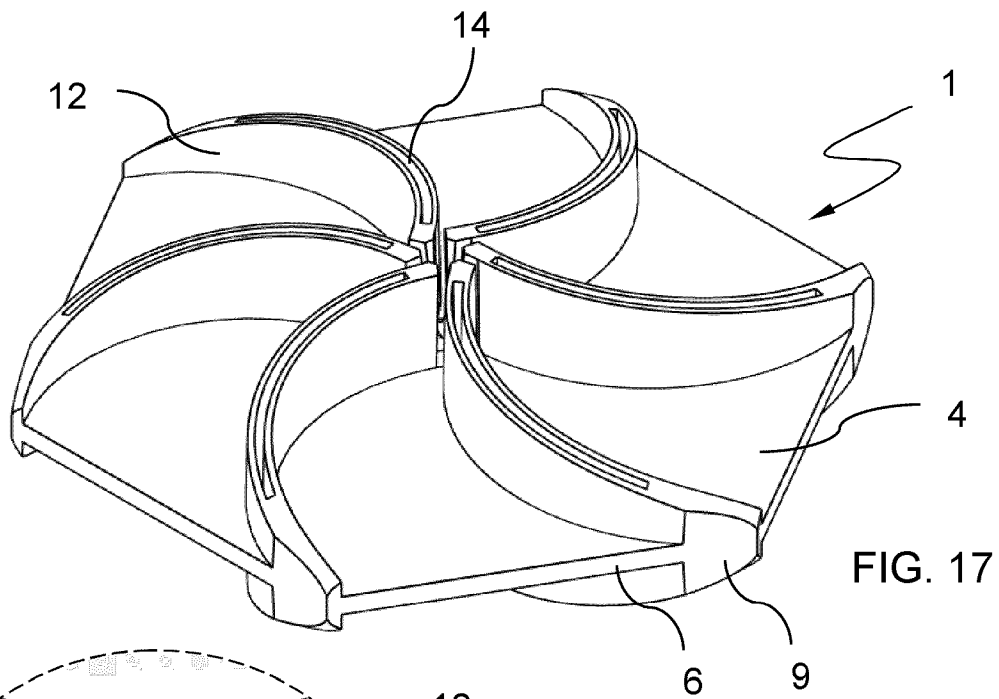
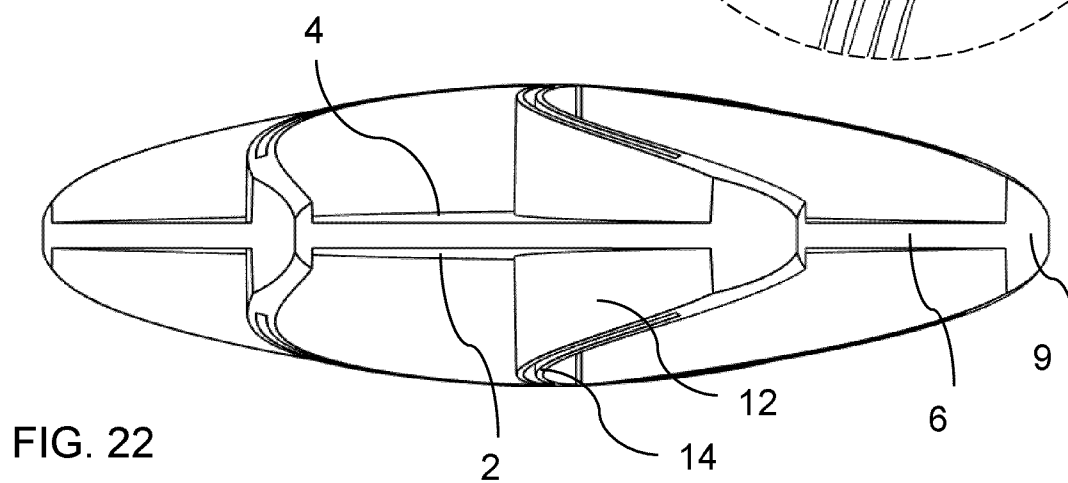
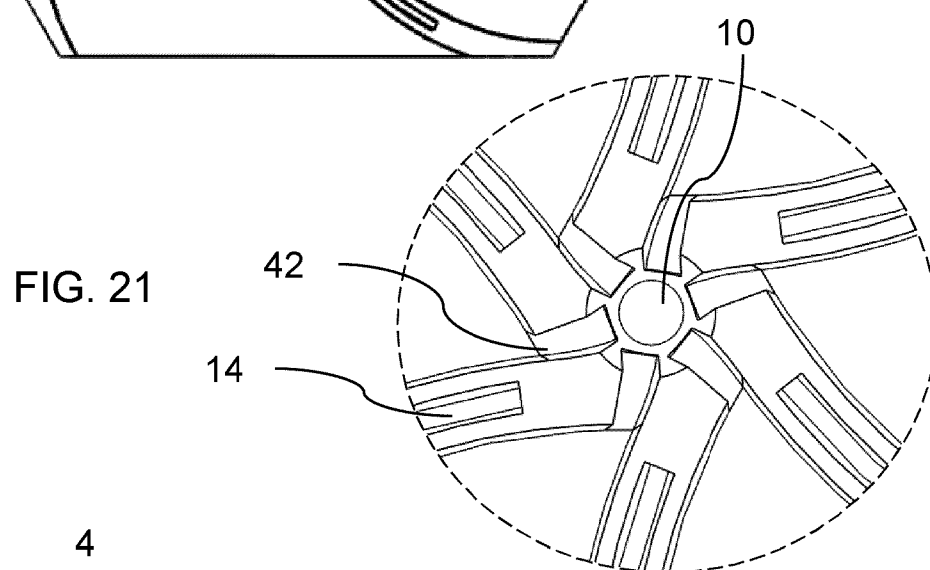
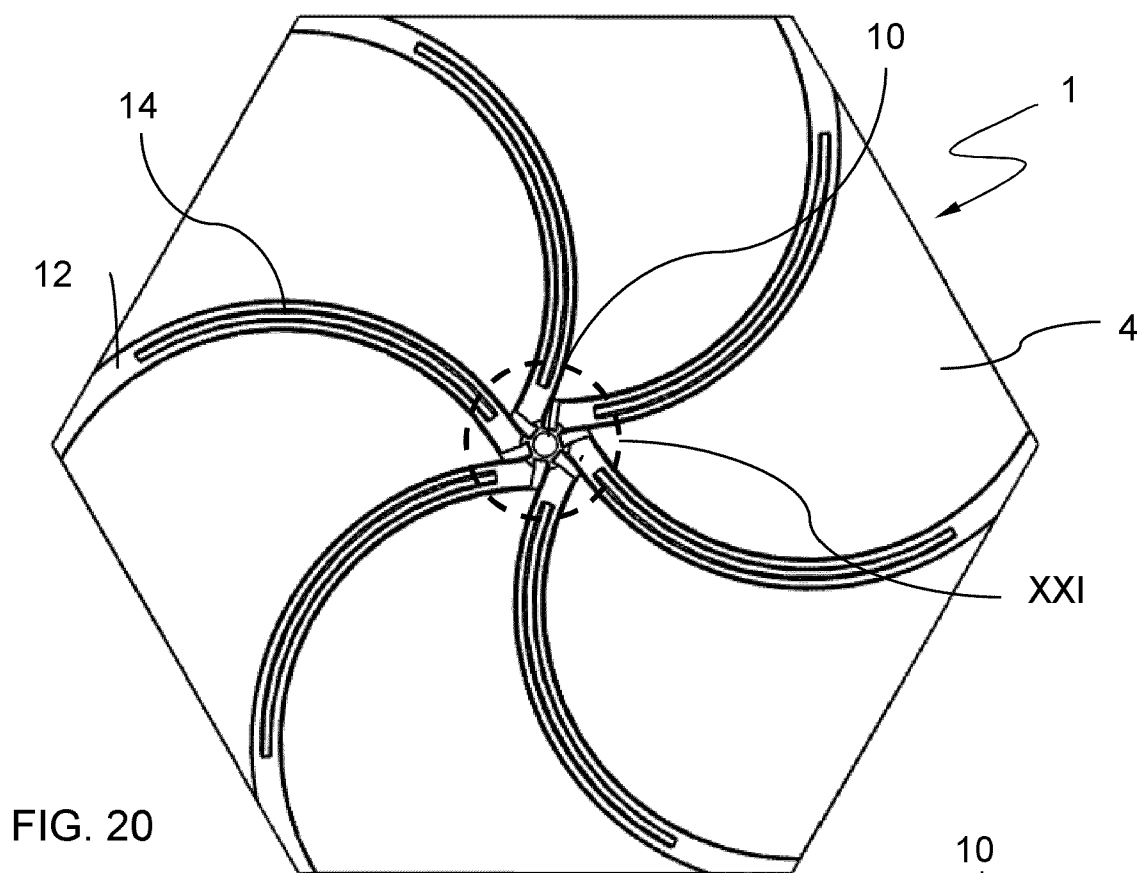


FIG. 16





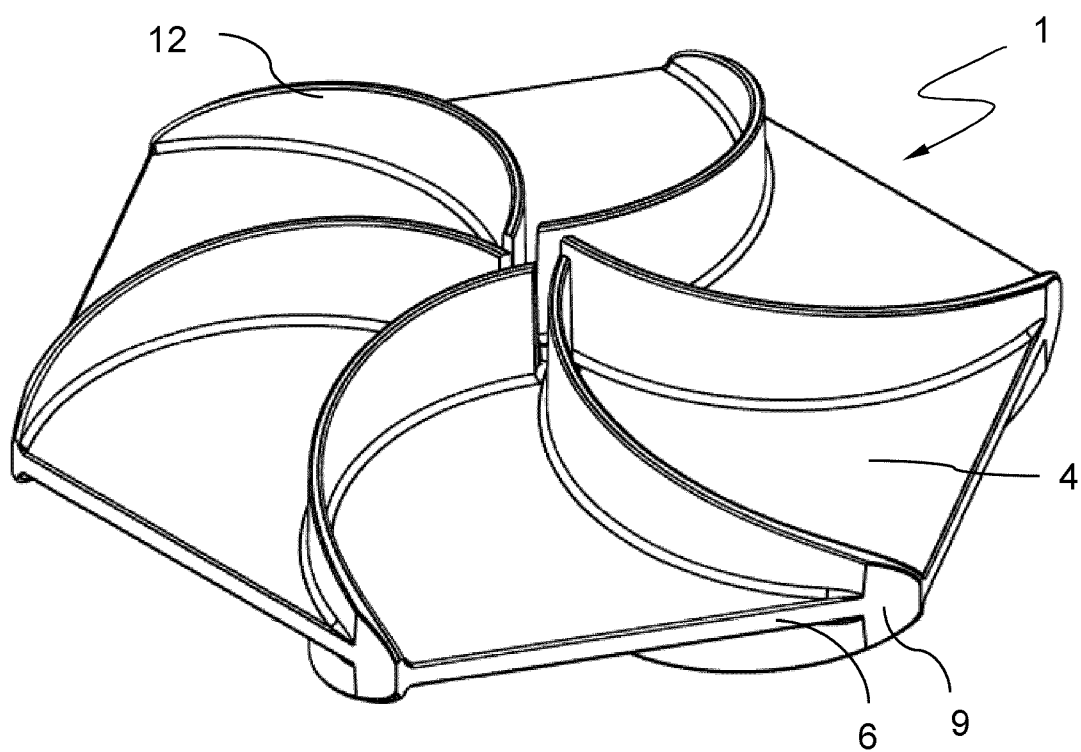


FIG. 23

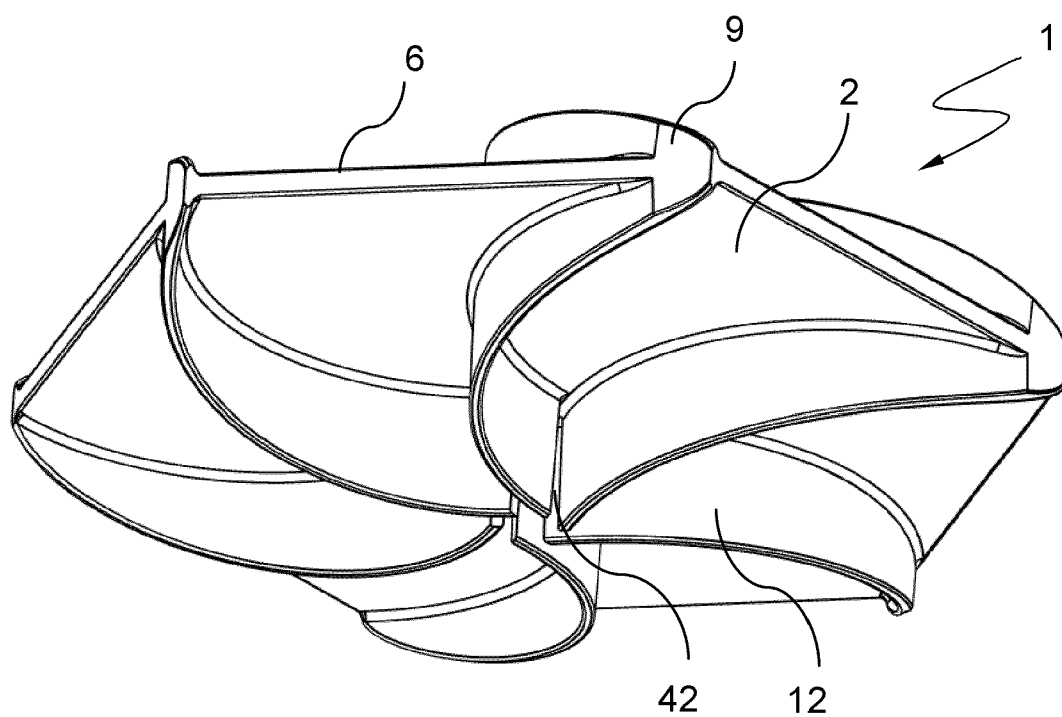
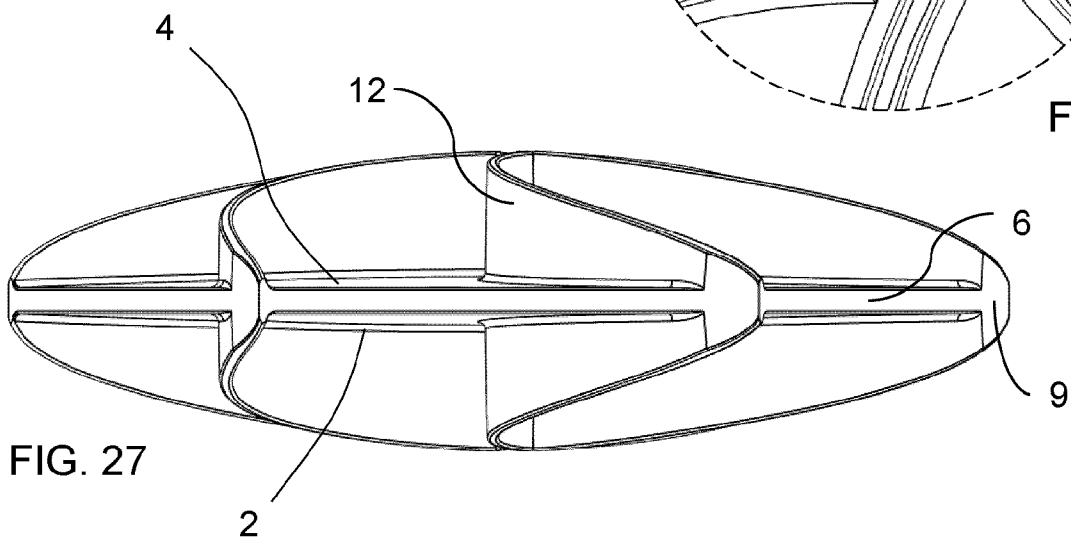
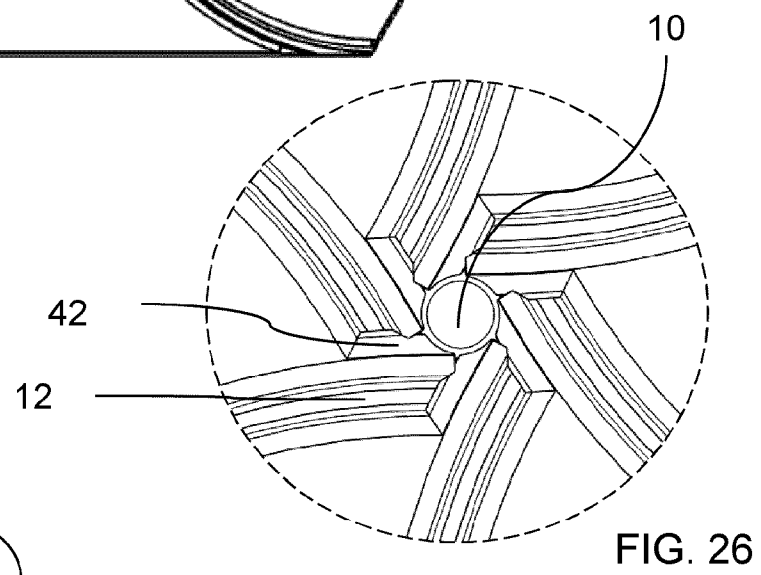
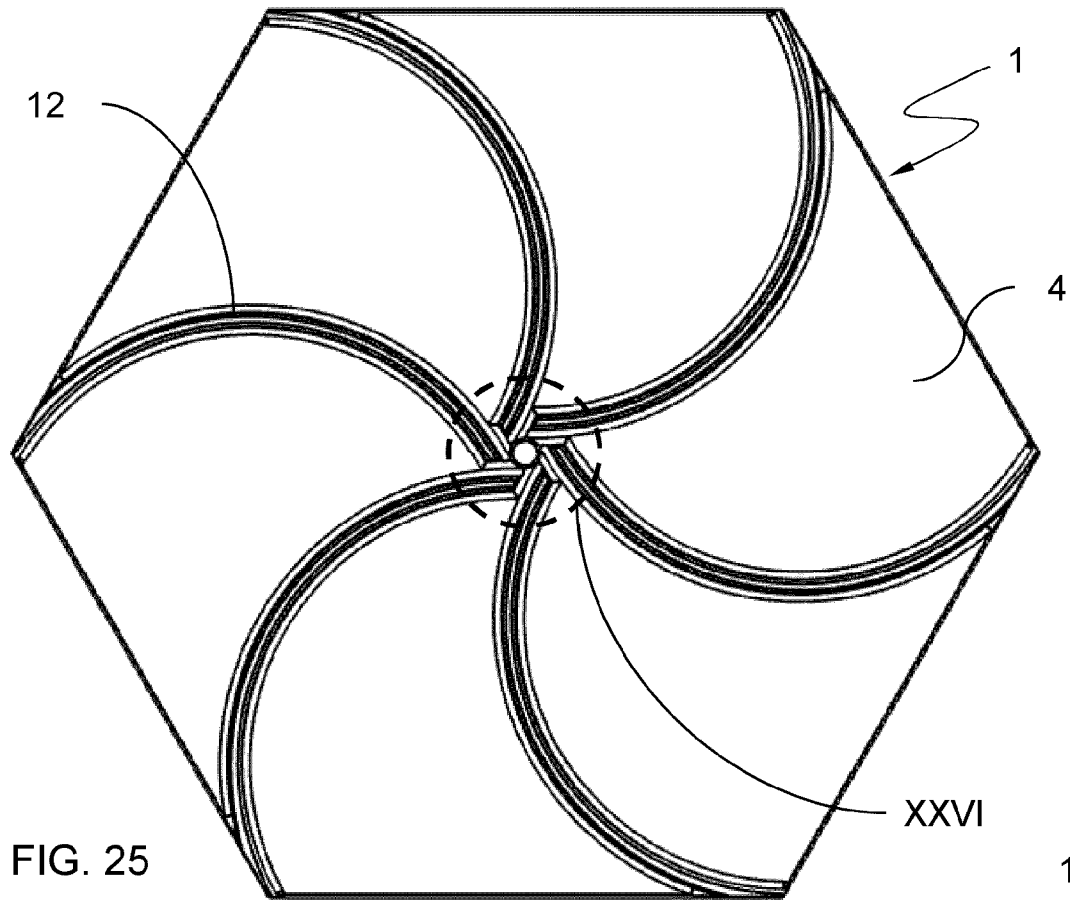


FIG. 24



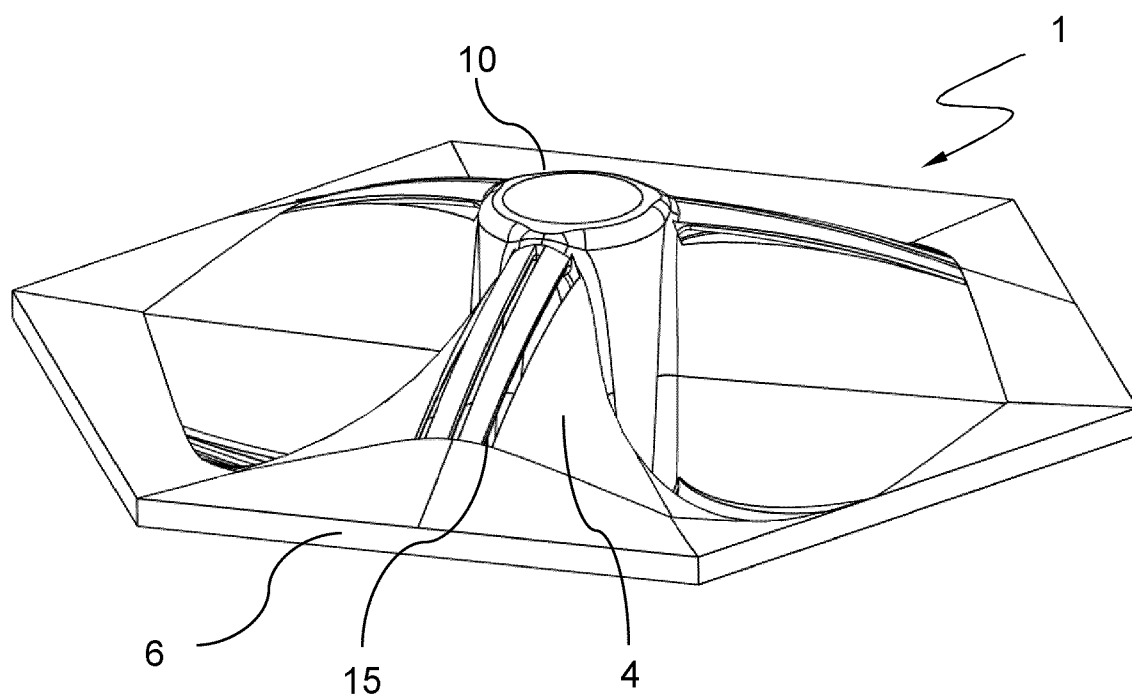


FIG. 28

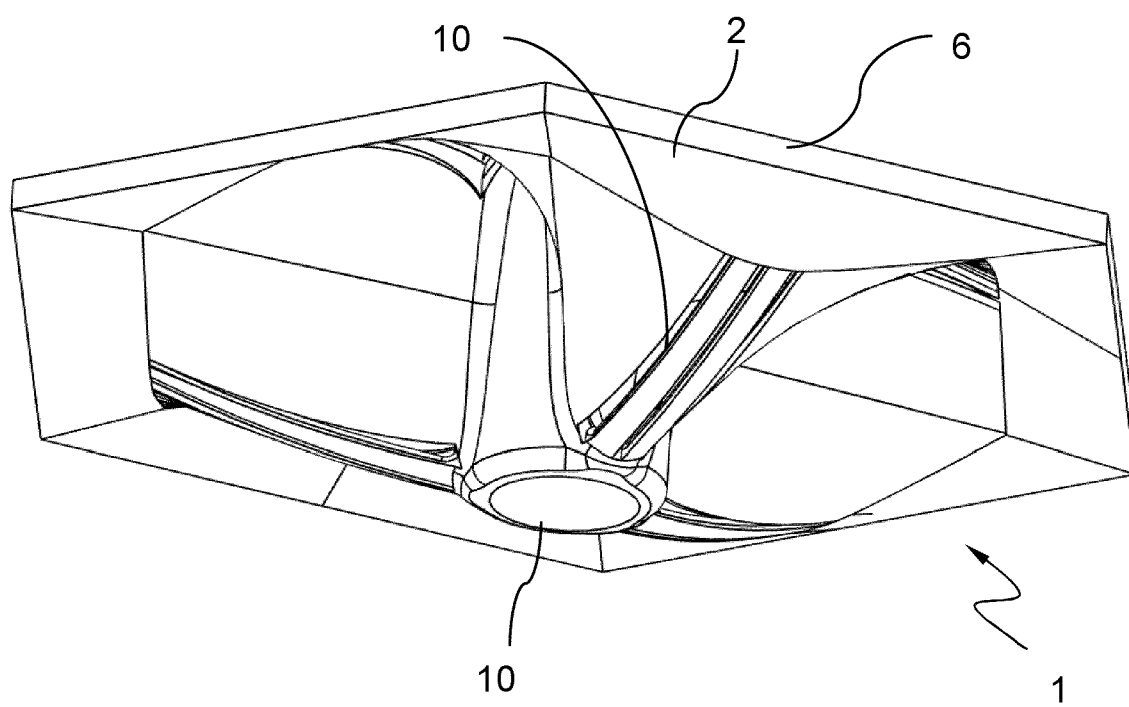


FIG. 29

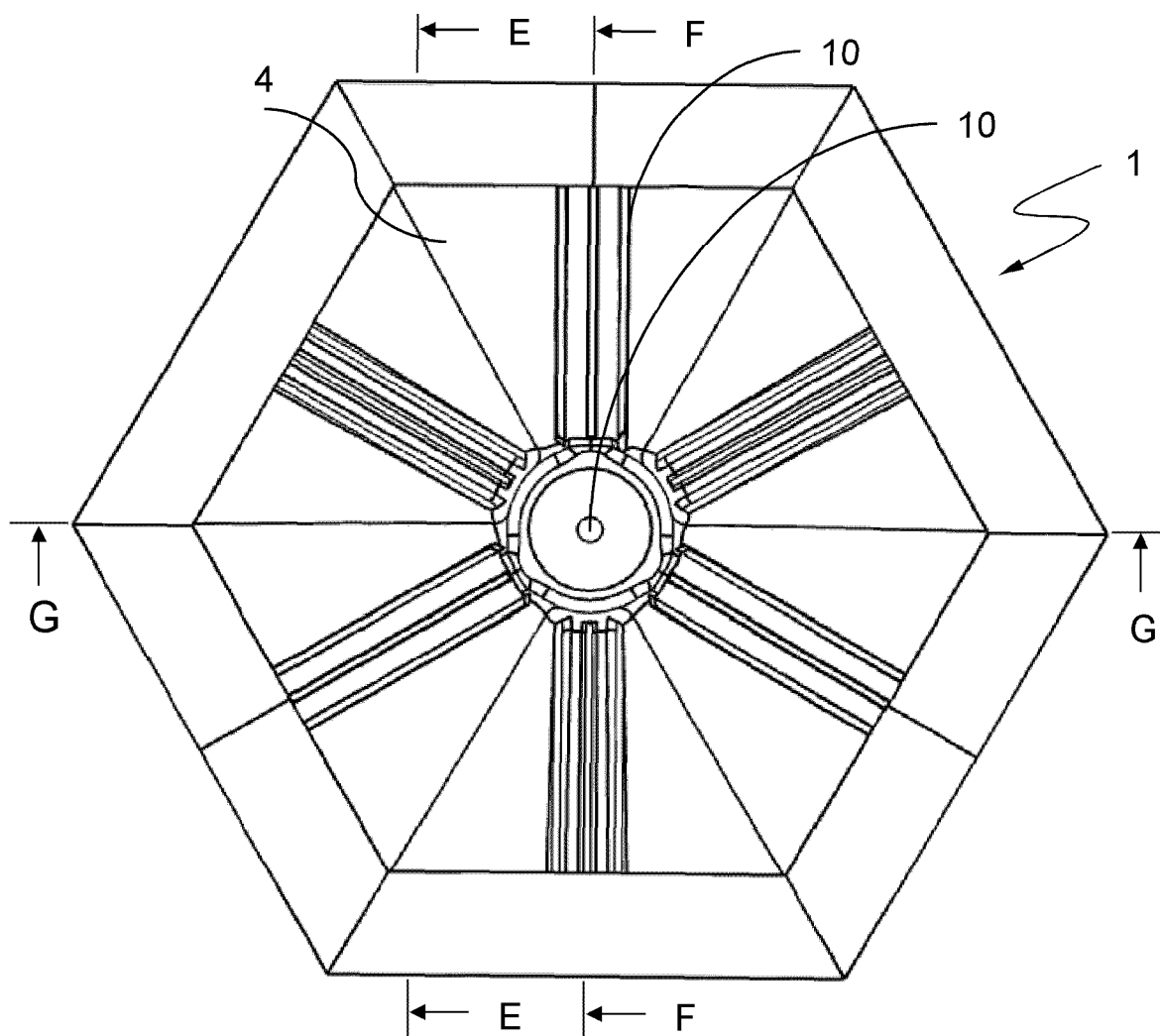


FIG. 30

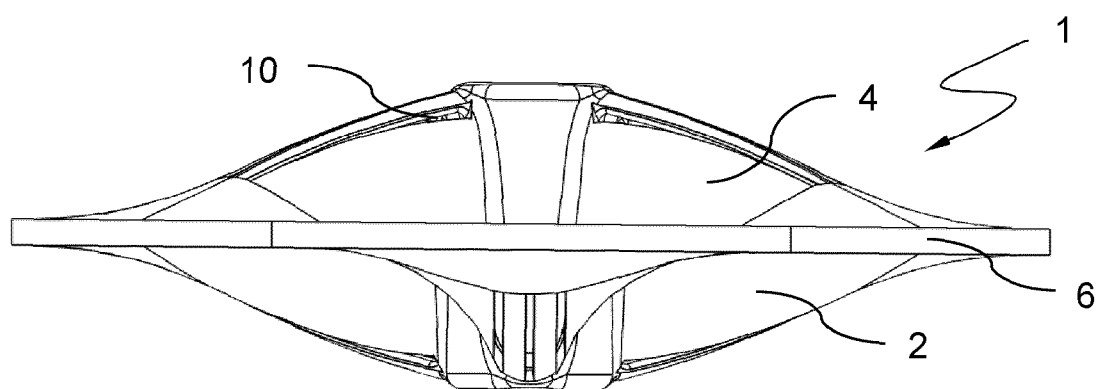


FIG. 31

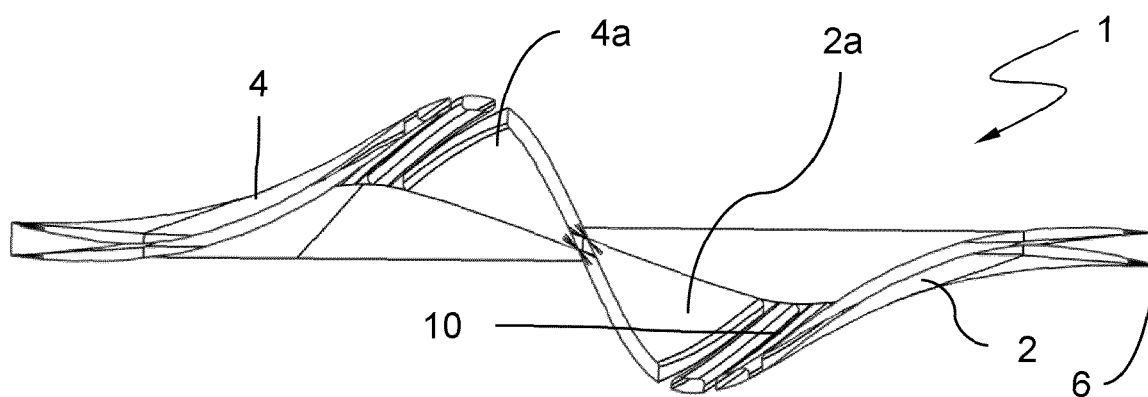


FIG. 32

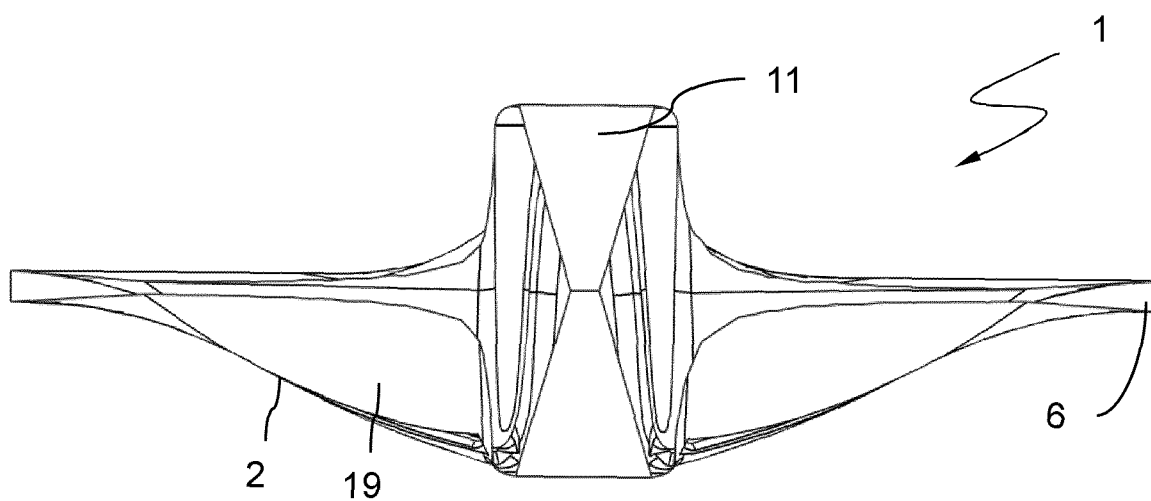


FIG. 33

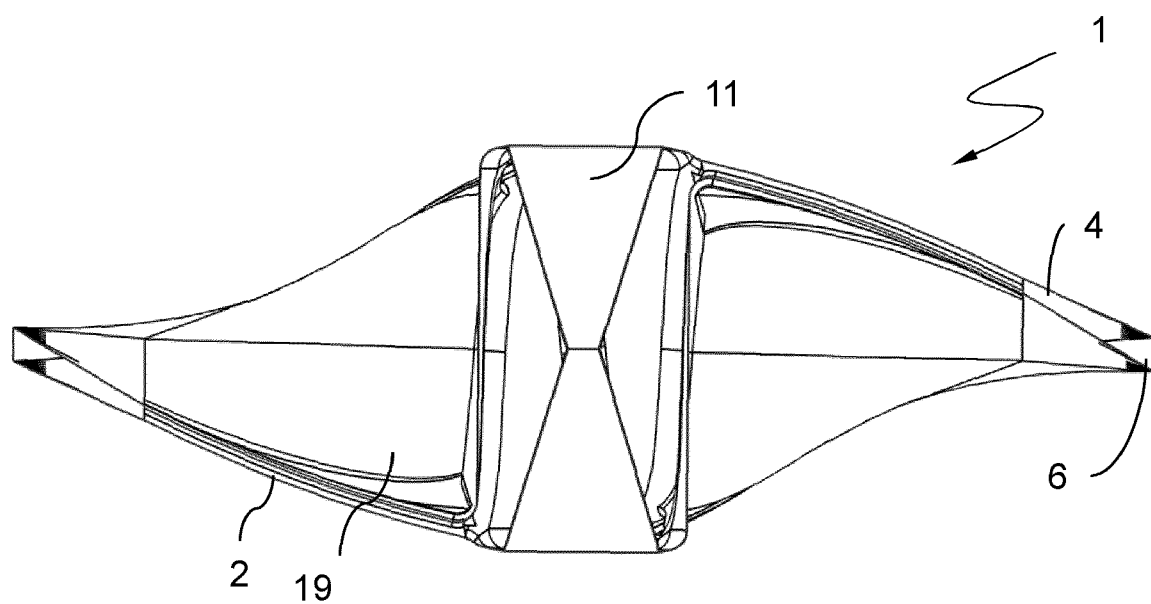


FIG. 34