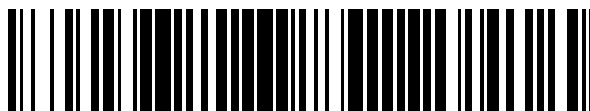


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 097**

51 Int. Cl.:

**F15D 1/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09729557 .0**

96 Fecha de presentación: **07.04.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2274523**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2011**

54 Título: **APARATO DE MODIFICACIÓN DE FLUJO DE FLUIDO.**

30 Prioridad:  
**10.04.2008 GB 0806504**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.03.2012**

73 Titular/es:  
**Imperial Innovations Limited  
Electrical and Electronic Engineering Building  
Level 12, Imperial College London Exhibition  
Road  
London SW7 2AZ, GB**

72 Inventor/es:  
**VASSILICOS, John Christos y  
SEOUD, Richard Elian**

74 Agente/Representante:  
**Linage González, Rafael**

ES 2 377 097 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**

Aparato de modificación de flujo de fluido

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a aparatos para modificar las propiedades de un campo de flujo. Se pueden usar realizaciones de la invención para controlar el mezclamiento de fluidos, la transferencia de momento, calor y masa dentro y entre fluidos, el ruido acústico, las oscilaciones en fluidos, el enfriamiento de microchips, las vibraciones estructurales y las reacciones químicas. Las aplicaciones particulares para las que hay realizaciones de la invención particularmente bien adecuadas incluyen juntas de laberinto, sistemas de ventilación, combustores, reactores químicos y frenos y aerofrenos silenciosos, así como eficientes, en plataformas y/o vehículos aéreos, terrestres y marítimos.

**15 Antecedentes de la invención**

Es bien conocido que el mezclamiento de fluidos se puede conseguir creando un flujo turbulento de fluido en un campo de flujo de fluido. Una manera de crear flujo turbulento es introducir un bloqueo dentro del campo de flujo de fluido. Sin embargo, es importante garantizar que ningún bloqueo que cause turbulencia, y por lo tanto mezclamiento, sea excesivo. Idealmente, el cociente de bloqueo no debería superar el 40%.

Un aparato de mezclamiento bien conocido que se considera que consigue un mezclamiento satisfactorio con un cociente de bloqueo aceptable es la mezcladora de gas (fluido) SMV® que es fabricada por SULZER CHEMTECH LIMITED de Winterthur, Suiza. La mezcladora SMV® se usa a menudo en combinación con rejillas de Corrsin para mejorar el mezclamiento conseguido por estas rejillas. Sin embargo, la mezcladora de gas (fluido) SMV® es una pieza de maquinaria relativamente compleja y voluminosa que requiere una cuidadosa instalación en un campo de flujo de fluido antes de su uso.

La solicitud internacional de patente nº PCT/EP2007/053414, publicada con el número WO 2007/113335, describe diversos tipos de aparatos de modificación de flujo de fluido en forma de rejillas fractales. Estas rejillas representan, cada una, una mejora sobre la rejilla de Corrsin y se ha encontrado que muestran un alto grado de control de turbulencia de una manera económica y eficiente.

Es un objeto de la presente invención mejorar el mezclamiento en las rejillas de la solicitud internacional de patente publicada con el número WO 2007/113335.

**Sumario de la invención**

En concordancia con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de modificación de flujo de fluido para crear turbulencia en un fluido cuando dicho fluido se está moviendo con relación al aparato de modificación de flujo de fluido en un campo de flujo de fluido, comprendiendo el aparato:

una pluralidad de elementos de creación de turbulencia dispuestos en una configuración fractal, teniendo cada elemento de creación de turbulencia una primera porción superficial contra la que puede fluir el fluido y una segunda porción superficial a lo largo de la cual puede fluir el fluido;

un inserto para la disposición en el aparato como para obstruir el flujo de fluido entre dichas segundas porciones superficiales adyacentes de al menos dos elementos de creación de turbulencia; y

un soporte para sostener los elementos de creación de turbulencia en el fluido como para permitir el movimiento del fluido con relación a los elementos de creación de turbulencia y dicho inserto.

Unas realizaciones de la invención incorporan de este modo uno o más insertos con elementos de creación de turbulencia dispuestos en una configuración fractal; de esta manera, tales aparatos de modificación de flujo de fluido ejemplares son significativamente menos voluminosos y complejos que mezcladoras alternativas conocidas, proporcionando a la vez niveles de mezclamiento similares, si no mejorados, con respecto a los conseguidos por dispositivos conocidos de mezclamiento.

En una realización preferida de la invención, el inserto se puede unir a cada uno de al menos dos elementos de creación de turbulencia, de tal manera que la disposición de los insertos es simétrica con respecto a un punto central del campo de flujo de fluido. Se ha observado que la disposición simétrica de los insertos mejora significativamente el mezclamiento conseguido por el aparato de modificación de flujo de fluido.

El inserto está hecho preferiblemente de un material sustancialmente rígido. En una realización adicional preferida de la invención, el inserto es poroso o está perforado. La inclusión de poros o perforaciones en el inserto proporciona un mayor efecto de mezclamiento.

5 Preferiblemente, el elemento de creación de turbulencia al que se puede unir el inserto es el elemento de creación de turbulencia en las más estrechas proximidades a un punto central del campo de flujo de fluido. Se ha observado que la colocación de un inserto cerca del punto central del campo de flujo de fluido tiene un impacto significativo sobre la capacidad de mezclamiento del inserto.

10 En una realización adicional preferida de la invención, el inserto se puede unir a la primera porción superficial del elemento de creación de turbulencia, de tal manera que al menos un extremo de la primera porción superficial queda expuesto. Dejar al menos un extremo del elemento de creación de turbulencia da como resultado al menos dos esquinas libres del elemento de creación de turbulencia. Puesto que las esquinas son en sí mismas útiles en el mezclamiento de fluido, es preferible no cubrirlas con un inserto que podría tener un efecto perjudicial sobre su capacidad de mezclamiento.

15 En una realización preferida todavía adicional de la invención, los elementos de creación de turbulencia están dispuestos en estructuras, comprendiendo cada estructura una pluralidad de miembros alargados, y el inserto está unido a cada uno de al menos dos miembros alargados en la estructura, de tal manera que la disposición de los insertos sobre los al menos dos miembros alargados es simétrica con respecto a un punto central de la estructura.

20 Ventajas y características adicionales de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas de la invención, dada a modo de ejemplo solamente, que está hecha con referencia a los dibujos que se acompañan.

**Breve descripción de los dibujos**

25 La figura 1a es un diagrama esquemático de un conducto en el que pueden operar aparatos de modificación de fluido de acuerdo con una realización de la invención;

30 la figura 1b es un diagrama esquemático que muestra vistas de lado y desde un extremo de una sección de túnel de viento dispuesta para acomodar aparatos de modificación de fluido de acuerdo con realizaciones de la invención;

las figuras 2a y 2b son diagramas esquemáticos que muestran diferentes realizaciones de los aparatos de modificación de fluido de la técnica anterior;

35 las figuras 3a y 3b son diagramas esquemáticos que muestran realizaciones adicionales de los aparatos de modificación de fluido de la técnica anterior;

la figura 4 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una primera realización de la invención;

40 la figura 5 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una segunda realización de la invención;

45 la figura 6 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una tercera realización de la invención;

la figura 7 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una cuarta realización de la invención;

50 la figura 8 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una quinta realización de la invención;

la figura 9 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una sexta realización de la invención;

55 la figura 10 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una séptima realización de la invención;

60 la figura 11 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una octava realización de la invención;

la figura 12 muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de acuerdo con una novena realización de la invención;

65 las figuras 13a-13h muestran una representación gráfica de datos de medición de campo cercano tomados en la dirección axial a lo largo de una línea central del conducto mostrado en la figura 1b para aparatos de modificación de fluido de acuerdo con cada una de las ocho realizaciones de aparatos de modificación de fluido mostradas en las

figuras 4-11 respectivamente;

5 las figuras 14a-14h muestran una representación gráfica de datos de medición aguas arriba tomados en la dirección axial a lo largo de una línea central del conducto mostrado en la figura 1b para aparatos de modificación de fluido de acuerdo con cada una de las ocho realizaciones de aparatos de modificación de fluido mostradas en las figuras 4-11 respectivamente;

10 la figura 15a muestra un diagrama esquemático de un aparato de modificación de fluido de la invención que se está usando como aerofreno; y

la figura 15b muestra un diagrama esquemático de una disposición que comprende una pluralidad de los aerofrenos mostrados en la figura 15a fijados a una porción de un ala de aeronave.

15 En las figuras, los mismos números de referencia se usan para hacer referencia a las mismas partes y los mismos pasos de proceso; con relación a cualquier parte dada, a las realizaciones diferentes de ella se las asigna el mismo número de referencia que se utiliza en otras realizaciones, aumentado en 100.

### Descripción detallada de la invención

20 Como se describió anteriormente, las realizaciones de la invención tratan sobre conseguir un mezclamiento mejorado en un campo de flujo de fluido, siendo generado el campo de flujo mediante movimiento relativo entre el fluido y un cuerpo. En una primera disposición, este movimiento relativo se genera mediante un fluido F que fluye a través de un conducto tal como el conducto 101, mostrado parcialmente abierto en la figura 1a. El conducto 101 puede ser cualquier canal adecuado para llevar fluido, de sección transversal rectangular, circular o cualquier otra adecuada, y capaz de acomodar aparatos 100 de modificación de fluido en él.

30 En una disposición, el conducto 101 comprende un túnel de viento, que, como es conocido en la técnica, comprende típicamente una sección 101a de contracción para dirigir el fluido adentro de una sección 101b de pruebas, dentro de la cual están situados aparatos 100 de modificación de fluido, y una sección 101c de salida, que actúa para difundir el fluido a medida que sale del conducto. El túnel de viento facilita la medición de los efectos de los aparatos 100 de modificación de fluido sobre el campo de flujo. La sección 101b de pruebas del túnel de viento comprende una sección transversal rectangular, de anchura T y de altura H, y el aparato 100 de modificación de fluido se extiende a lo ancho de toda la sección transversal de la sección 101b de pruebas.

35 Volviéndose ahora a la figura 2a, se describirá una primera disposición de un aparato convencional 100 de modificación de fluido, denominado aquí en lo sucesivo rejilla. La rejilla 100 comprende una pluralidad de elementos de rejilla o de creación de turbulencia que están dispuestos simétricamente con respecto al eje "x" de la sección 101b de pruebas; cada elemento de rejilla tiene una primera porción superficial contra la cual puede fluir fluido y una segunda superficie a lo largo de la cual puede fluir fluido. Los elementos de rejilla están seleccionados como para generar turbulencia dentro del flujo de fluido a su través y, en esta disposición, los elementos de rejilla están materializados como miembros generalmente alargados, sustancialmente uniformes a lo largo de su longitud. Los elementos de rejilla están dispuestos como cuatro conjuntos de estructuras 102, 103, 104, 105, que incluyen cada uno tres miembros alargados. Un primer miembro alargado está unido a un segundo miembro alargado y un tercer miembro alargado por sus respectivos extremos, de manera que está unido a los miembros alargados segundo y tercero a medio camino a lo largo de sus respectivas longitudes.

50 Los respectivos miembros alargados están unidos de manera separable entre sí, o son integrales entre sí, y están configurados de tal manera que cualquier estructura dada es parte de una lámina plana. Se apreciará que los miembros individuales de una estructura dada están adosados a los de otra estructura: la rejilla 100 está configurada de tal manera que esos miembros adosados se aplican entre sí como para impedir el movimiento relativo entre estructuras individuales mientras el fluido fluye a su través.

55 Aunque no se muestra en los dibujos, la rejilla 100 también incluye un soporte para aplicar la rejilla 100 a un mecanismo de posicionamiento dentro del túnel de viento 101b, estando configurado el soporte como para posibilitar el movimiento relativo entre la rejilla 100 y el fluido.

60 El número de estructuras que forman un conjunto dado está limitado por una condición de simetría, que especifica que, con la excepción de estructuras en el último conjunto, se requiere que cada extremo no conectado de un miembro alargado en un conjunto dado esté adosado a una estructura del siguiente conjunto. Consiguientemente, los elementos de rejilla están dispuestos en una configuración fractal, puesto que la rejilla 100 comprende un patrón geométrico que se repite a diversas escalas y se puede subdividir en partes, cada una de las cuales es una copia más pequeña de la rejilla en su conjunto. La rejilla de la figura 2a tiene cuatro conjuntos de estructuras.

65 La figura 2b muestra una rejilla 100 de una configuración alternativa que tiene cuatro conjuntos de estructuras.

Volviéndose ahora a las figuras 3a y 3b, se describirán configuraciones alternativas adicionales de la rejilla

- convencional 200; en estas configuraciones, los elementos de rejilla comprenden una pluralidad de estructuras, cada una en forma de polígono. En los ejemplos mostrados en las figuras 3a y 3b, el polígono está materializado como un cuadrado, pero podría ser alternativamente una estructura triangular, rectangular, hexagonal o cualquier otra que comprenda miembros juntados en una configuración de extremo con extremo. En el ejemplo mostrado en la figura
- 5 3a, hay cuatro conjuntos de estructuras 202, 203, 204, 205, pero en la figura 3b se muestran cinco conjuntos de estructuras. Se apreciará a partir de lo que antecede que una rejilla puede comprender diversos números de estructuras y en verdad conjuntos de estructuras, y no se debe limitar a los cuatro o cinco conjuntos de estructuras ilustrados en las figuras que se acompañan.
- 10 En cuanto a las rejillas mostradas en las figuras 2a y 2b, los elementos de rejilla de acuerdo con la segunda configuración están dispuestos en una configuración fractal, puesto que las rejillas comprenden un patrón geométrico que se repite a diversas escalas y se puede subdividir en partes, cada una de las cuales es una copia más pequeña de la rejilla en su conjunto.
- 15 La figura 4 muestra una rejilla 300 en concordancia con una primera realización de la invención. La rejilla 300 es de una configuración similar a las rejillas convencionales 200 mostradas en las figuras 3a y 3b. Sin embargo, la rejilla 300 tiene adicionalmente un inserto 306, con forma generalmente rectangular, unido a una primera porción superficial (contra la que fluye fluido) de cada miembro alargado de estructura 302, que es la única estructura que abarca un punto central 307 del campo de flujo de fluido dentro de su linde. La disposición de los insertos 306 en la
- 20 estructura 302 es tal que los insertos 306 son simétricos con respecto al punto central 307 del campo de flujo de fluido, coincidiendo el punto central 307 con un punto central de la estructura 302. Como se puede ver en la figura 4, los insertos 306 tienen una anchura mayor que los miembros alargados de la estructura 302, de tal manera que cada inserto 306 se solapa o sobresale más allá de los bordes del respectivo miembro alargado que cubre. Se apreciará que los insertos 306 obstruyen el flujo de fluido entre miembros alargados de respectivas estructuras o, más
- 25 precisamente, entre segundas superficies de los diversos miembros alargados. Además, se ha de apreciar que los insertos 306 se solapan a partes de miembros alargados que corresponden a dos diferentes conjuntos de estructuras 302 y 303. Es preferible dejar al menos alguna de las esquinas de la estructura 302 expuesta porque las esquinas generan en sí mismas vórtices, y por lo tanto proporcionan un buen mezclamiento.
- 30 Los insertos 306 están hechos de un material que es sustancialmente rígido, de manera que los insertos 306 pueden aguantar el flujo de fluido contra sus respectivas superficies 308 de recepción de fluido. Si los insertos 306 son incapaces de resistir el flujo de fluido, empezarán a oscilar, lo cual es indeseable. Los materiales adecuados para los insertos 306 dependerán de las diversas aplicaciones de la invención pero incluyen membranas de plástico, plexiglás y otros materiales a base de plásticos o acrílicos, aluminio y otros metales adecuados. En una disposición,
- 35 los insertos 306 se pueden unir a los miembros alargados de la estructura 302 usando medios de unión conocidos, incluyendo el pegado mecánico y adhesivo. Preferiblemente, están unidos de manera liberable a los miembros alargados pero se pueden posicionar alternativamente sobre los miembros alargados por mediación de un soporte separado o un componente similar.
- 40 La figura 5 muestra una rejilla 400 en concordancia con una segunda realización de la invención. La rejilla 400 incluye la disposición de insertos 406 descrita en la primera realización de la invención pero también incluye un conjunto adicional de insertos 409 que están dispuestos simétricamente alrededor de una periferia exterior de cada una de un segundo conjunto de estructuras 403 con respecto a un punto central 410 de cada estructura 403 de
- 45 segundo nivel. La periferia exterior es la periferia de cada estructura 403 de segundo nivel que está más lejos desde el punto central 410 de la estructura (correspondiendo esto a una esquina de la primera estructura 402), siendo la periferia interior la periferia más cercana al punto central 410. Aunque los insertos 409 también son de forma sustancialmente rectangular, son más pequeños que los insertos 406 porque el área superficial de los miembros alargados del segundo conjunto de estructuras 403 es más pequeña que la de los miembros alargados de la primera estructura 402. Los insertos 409 están unidos a un total de cuatro estructuras 403 de segundo nivel y la disposición
- 50 de insertos 409 en cada estructura 403 de segundo nivel es simétrica con respecto al punto central 407 del campo de flujo de fluido.
- Los insertos 409 están unidos a la periferia exterior de cada estructura 403 de segundo nivel y también cada uno se solapa a un borde de una estructura 404 de tercer y 405 de cuarto nivel. En efecto, los insertos 407 están dispuestos
- 55 en un hueco entre una periferia exterior de cada estructura 403 de segundo nivel y sus respectivas estructuras 404 de tercer y 405 de cuarto nivel. Sin embargo, en contraste a los insertos 406 que se solapan a la estructura 402 en la región de su periferia exterior, los insertos 409 no se solapan ni a la periferia interior ni a la exterior de cada estructura 403 de segundo nivel (aunque tal configuración se podría considerar como una alternativa).
- 60 Como en la primera realización de la invención y en todas las restantes realizaciones discutidas más adelante, los insertos 409 están hechos de un material sustancialmente rígido. Los medios de unión de los insertos 409 a cada estructura 403 pueden ser cualesquiera o una combinación de los descritos con relación a la primera realización de la invención. Esto se aplica a las realizaciones adicionales discutidas más adelante.
- 65 Los insertos 409 podrían estar dispuestos alternativamente de manera que se solapasen a las estructuras 403 de una manera similar a los insertos 406 en la estructura 402, es decir de manera que los insertos 409 se solapasen a

las estructuras 403. Tal solapamiento de los insertos 409 con las estructuras 403 puede ser necesario si la integridad estructural de los insertos 409 es de tan bajo nivel que se requiere el refuerzo de los insertos 409, por ejemplo. En este caso, las estructuras 403 servirían para reforzar los insertos 409.

5 En la figura 6, la rejilla 400 tiene insertos adicionales 411 unidos simétricamente alrededor de una periferia interior de cada una del segundo conjunto de estructuras 403, de manera que los insertos 411 están dispuestos simétricamente con respecto al punto central 410 de cada estructura 403 de segundo nivel y están situados en un hueco entre la periferia interior de cada estructura 403 de segundo nivel y sus respectivas estructuras 404 de tercer y 405 de cuarto nivel. Cada inserto 409 y 411 es sustancialmente del mismo tamaño y los insertos 409 y 411 de cada estructura 403 de segundo nivel son efectivamente imágenes especulares una de otra con respecto a cada respectivo miembro alargado de esa estructura 403.

15 En la realización de la invención mostrada en la figura 7, la disposición de insertos de la segunda realización de la invención está combinada con cuatro insertos adicionales 512 con forma sustancialmente cuadrada que están dispuestos a lo largo de una periferia exterior de los insertos 506. Cada inserto 512 está dispuesto aproximadamente en el punto medio del inserto 506 y está situado en la periferia exterior de él, de tal manera que cae dentro de un hueco entre estructuras adyacentes 505 de cuarto nivel. La disposición de los insertos 512 es simétrica con respecto al punto central 507 del campo de flujo de fluido.

20 La figura 8 muestra una realización adicional de la invención en la que la disposición de insertos de la figura 7 está complementada con un conjunto adicional de cuatro insertos 513, con forma sustancialmente cuadrada, que están dispuestos en las periferias interiores de los insertos 506. Cada inserto 513 está dispuesto en el punto medio aproximado del inserto 506 en el que está situada la periferia interior, de tal manera que cae dentro de un hueco entre estructuras adyacentes 505 de cuarto nivel y es simétrico con el inserto 512 con respecto a una línea central a través del inserto 506. Los insertos 513 también están dispuestos simétricamente con respecto a un punto central 507 del campo de flujo de fluido.

30 En la figura 9, la realización de la figura tiene un conjunto adicional de ocho insertos 514 con forma sustancialmente cuadrada, cada uno de los cuales está dispuesto adyacente a y a cada lado de cada inserto 512 de manera que los insertos 514 se solapan cada uno con la estructura 505 de cuarto nivel. Como en las realizaciones anteriores descritas, los insertos 514 están dispuestos simétricamente con respecto al punto central 507 del campo de flujo de fluido.

35 La realización de la invención mostrada en la figura 10 incluye todos los insertos de la figura 9 además de otros ocho insertos 516 con forma sustancialmente cuadrada que están dispuestos alrededor de la periferia interior del inserto 506. Cada inserto 516 está dispuesto a cada lado de un inserto 513, de manera que los insertos 513, 516 a lo largo de la periferia interior de cada inserto 506 forma efectivamente una imagen especular de los insertos 512, 514 que se encuentran a lo largo de la periferia exterior de cada inserto 506. Los insertos 516 también son simétricos con respecto al punto central 507.

40 En la figura 11, otros cuatro insertos 517 con forma sustancialmente cuadrada se muestran en la rejilla 500. Cada inserto 517 está posicionado en la periferia interior de la estructura 504 de tercer nivel que está más cerca del punto central 507. Aunque los insertos 517 están dispuestos simétricamente con respecto al punto central 507, no hay simetría en su disposición dentro de la estructura 504 de tercer nivel. Sin embargo, esta disposición consigue satisfacer el mezclamiento de fluido sin causar una inversión de flujo.

50 La figura 12 muestra una realización adicional de la invención en la que la rejilla 600 tiene un número de insertos 606 con forma rectangular similar a los descritos en relación con la figura 4 anterior, y un inserto rectangular adicional 618 que cubre dos estructuras adyacentes 604 de tercer nivel. Las estructuras 604 de tercer nivel que están cubiertas por el inserto 618 están en el mismo plano horizontal y una de las estructuras 604 está situada a una distancia máxima del punto central 607 del campo de flujo de fluido. Además, la realización de la figura 12 tiene un inserto 619 con forma triangular que se solapa a una pluralidad de estructuras 602, 603, 604 y 605 de primer, segundo, tercer y cuarto nivel. Un inserto alargado 620 con forma rectangular también está dispuesto diagonalmente a lo ancho de la rejilla de manera que se solapa a un cierto número de estructuras 603, 604 y 605 de segundo, 55 tercer y cuarto nivel.

60 Se apreciará que el tamaño de cada inserto está limitado en cierta medida por la geometría de la o las estructuras que está cubriendo el inserto. Por ejemplo, si un inserto está destinado a solaparse a una estructura, debería ser suficientemente profundo (en un sentido vertical) para sobresalir más allá de la periferia interior y/o exterior de la estructura en cuestión de manera que pueda interferir efectivamente con el flujo de fluido.

65 En las figuras 13a-13h y 14a-14h se muestran gráficos que ilustran el efecto sobre el mezclamiento de cada una de las realizaciones descritas anteriormente. Los gráficos muestran la variación del coeficiente de varianza (CoV) con la distancia (en centímetros) desde la rejilla aguas arriba de la rejilla y en el campo cercano aguas abajo; como es bien conocido, un bajo coeficiente de varianza indica mejor mezclamiento. Las figuras 13a y 14a representan gráficos para el aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 4, las figuras 13b y 14b muestran los del aparato de flujo de

5 fluido mostrado en la figura 5, las figuras 13c y 14c muestran los del aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 6, las figuras 13d y 14d muestran los del aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 7, las figuras 13e y 14e muestran los del aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 8, las figuras 13f y 14f muestran los del aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 9, las figuras 13g y 14g muestran los del aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 10 y las figuras 13h y 14h muestran los del aparato de flujo de fluido mostrado en la figura 11. Una comparación de las figuras 13a-13h con las figuras 14a-14h revela que se aprecia un coeficiente de varianza más bajo aguas debajo de la rejilla que aguas arriba de la rejilla. Sin embargo, el coeficiente de varianza tanto aguas arriba como aguas debajo de la rejilla representa una mejora sobre el coeficiente de varianza obtenido con rejillas de la técnica anterior que no tienen insertos. Hay un cierto grado de inversión de flujo cerca y aguas arriba de la rejilla. Esta inversión de flujo afecta al flujo de fluido aguas arriba de la rejilla y mejora el mezclamiento en esa región. También es posible el transporte de material contra el gradiente de presión.

15 Las realizaciones anteriores se deben entender como ejemplos ilustrativos de la invención. Se prevén realizaciones adicionales de la invención. Por ejemplo, aunque las superficies de los insertos descritos anteriormente, contra las que está destinado a fluir fluido, tienen todas una forma sustancialmente regular, también sería posible que los insertos tuvieran una superficie de recepción de fluido de forma irregular. De manera similar, los insertos podrían adoptar la forma de otros polígonos regulares, tales como triángulos (como se muestra en la figura 12). Además, se podrían usar insertos con forma irregular en combinación con insertos en forma de polígonos regulares.

20 Además, se pueden introducir agujeros en los insertos para mejorar el mezclamiento. Tales agujeros podrían estar en forma de poros o perforaciones en los insertos.

25 Se han sugerido materiales específicos para los insertos en la descripción anterior, pero se apreciará que sería adecuado cualquier material que posibilite que los insertos resistan la oscilación como resultado del flujo de fluido.

30 Se apreciará que las configuraciones de insertos descritas anteriormente han demostrado todos unos resultados de mezclamiento satisfactorios, pero estas no son las únicas configuraciones aceptables de insertos. Sería aceptable cualquier disposición de insertos que consiga un mayor grado de mezclamiento pero mantenga un cociente de bloqueo en la región del 10-40%. La disposición de insertos no está limitada a configuraciones que son simétricas con respecto al centro del campo de flujo de fluido o con respecto al centro de una estructura particular (como se demuestra por la disposición mostrada en la figura 12).

35 En algunas de las realizaciones descritas anteriormente, los insertos se usan para cubrir sustancialmente los miembros alargados o de creación de turbulencia en la rejilla. Sin embargo, en otras realizaciones no hay apenas ningún solapamiento de los insertos con los miembros de creación de turbulencia y los insertos están dispuestos en gran medida en huecos entre esos miembros. Ninguna de estas disposiciones se prefiere particularmente y ciertas configuraciones demostrarán ser más satisfactorias que otras en diferentes aplicaciones de la invención.

40 Los insertos pueden ser de naturaleza homogénea o no homogénea. De manera similar, se puede usar una mezcla de insertos homogéneos y no homogéneos.

45 Además de las configuraciones de rejilla discutidas anteriormente, la rejilla podría tener una configuración en la que las estructuras incluyeran una estructura con dos miembros alargados, en la que un miembro alargado está unido al otro miembro alargado en un punto del camino a lo largo de las respectivas longitudes de los miembros alargados como para formar una estructura con forma de cruz.

50 Se ha apreciado por los inventores que se puede realizar un mezclamiento satisfactorio de una manera sencilla con rejillas de acuerdo con realizaciones de la invención, sin aumentar el cociente de bloqueo hasta un nivel inaceptable. Aunque esta observación se hizo con relación al agua, se debería aplicar igualmente a otros fluidos, siempre que el flujo sea un flujo de una sola fase.

55 Aunque las realizaciones del aparato de modificación de flujo de fluido descritas anteriormente tienen insertos dispuestos en ellas, se apreciará que se podría suministrar un aparato de flujo de fluido con un conjunto de insertos para que un usuario los insertase en el aparato de modificación de flujo de fluido en concordancia con sus propias preferencias. De manera similar, los elementos de creación de turbulencia se podrían suministrar por separado para la inserción en el aparato de modificación de flujo de fluido por parte del usuario.

60 En vista del hecho de que aparatos de modificación de fluido de acuerdo con realizaciones de la invención tienen un efecto beneficioso sobre el mezclamiento en campos de flujo de fluido, se pueden usar realizaciones de la invención en aplicaciones tales como aerofrenado (por ejemplo para aviones); control aerodinámico de flujo de fluido alrededor de vehículos automóviles y motocicletas; control de características del viento en aplicaciones de navegación; entre otras muchas. En tales aplicaciones, se apreciará que el movimiento relativo está inducido por el movimiento físico de la rejilla con relación al fluido circundante, en cuyo caso la estructura de soporte estaría fijada, por ejemplo, al ala del avión. Alternativamente, el movimiento relativo se podría proporcionar por el movimiento por parte tanto de la rejilla como del fluido.

La figura 15a muestra un aerofreno que comprende una rejilla 700 de acuerdo con una realización de la invención (aunque los insertos de la rejilla 700 se han omitido en el dibujo para mejorar la claridad), estando conectado el aerofreno de manera abisagrada a un ala 1400 de aeronave entre el borde 1401 de ataque y el borde 1403 de fuga de la misma. La disposición de fijación para conectar el aerofreno fractal 700 al ala 1400 incluye preferiblemente un mecanismo de descenso y de ascenso, cuyo funcionamiento puede ser dependiente de la velocidad del aire y estar controlado por un sistema de actuación (empleándose tal configuración en mecanismos convencionales de aletas auxiliares móviles de ala de borde de ataque). En la figura 15b está ilustrado un ejemplo de disposición, que muestra una pluralidad de aletas auxiliares móviles que se están desplegando, comprendiendo cada aleta auxiliar móvil aerofrenos fractales 700. Como principio general de diseño, el tipo de rejilla fractal y su adaptación se pueden determinar como funciones de un cierto número de diversos parámetros fractales, aerodinámicos y estructurales. En verdad, aunque el ejemplo mostrado en la figura 15b muestra una configuración geométrica similar entre respectivos aerofrenos fractales, cada uno o alguno de los aerofrenos fractales individuales podría tener alternativamente diferentes configuraciones, en términos de estructuras que forman un aerofreno dado y/o de dimensión fractal  $D_f$  y/o de cociente de grosor  $t$ .

Además, el aparato de modificación de fluido se puede usar para reducir vibraciones estructurales que de otro modo se inducirían por carga aerodinámica.

Además, el aparato de modificación de fluido de acuerdo con realizaciones de la invención se podría usar en juntas laberínticas y sistemas de ventilación y en el mezclamiento de productos químicos en reactores químicos, en donde se puede crear turbulencia sin intermitencia, proporcionando por lo tanto un mejor mezclamiento. También se pueden conseguir altas intensidades de turbulencia con caídas de presión relativamente bajas. Las realizaciones de aparato de modificación de fluido descritas anteriormente también se podrían usar en cámaras de combustión. Como con reactores químicos, se podría crear turbulencia sin intermitencia y la probabilidad de extinción se reduciría. El intervalo de velocidades de flujo a las que se puede producir la combustión sin craqueo también se podría aumentar y hay un potencial significativo para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno.

Otras aplicaciones de realizaciones de la invención incluyen la transferencia de calor, masa y momento y/o las oscilaciones de flujo, específicamente como medio para controlar el ruido acústico y/o la transferencia de calor a las paredes de un canal (puesto que la invención mejora el mezclamiento dentro del canal y, por ello, aplanar el perfil de transferencia de calor a lo ancho de una sección transversal de canal dada).

Debe entenderse que cualquier característica descrita con relación a cualquier realización puede usarse sola o en combinación con otras características descritas, y también se puede usar en combinación con una o más características de cualquier otra realización, o cualquier combinación de cualquier otra realización. Además, también se pueden emplear equivalentes o modificaciones no descritas anteriormente sin salir del alcance de la invención, que está definido en las reivindicaciones que se acompañan.



**REIVINDICACIONES**

1. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido para crear turbulencia en un fluido cuando dicho fluido se está moviendo con relación al aparato (100) de modificación de flujo de fluido en un campo de flujo de fluido, comprendiendo el aparato:
- una pluralidad de elementos de creación de turbulencia dispuestos en una configuración fractal, teniendo cada elemento de creación de turbulencia una primera porción superficial contra la que puede fluir el fluido y una segunda porción superficial a lo largo de la cual puede fluir el fluido;
- un inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) para la disposición en el aparato (100) como para obstruir el flujo de fluido entre dichas segundas porciones superficiales adyacentes de al menos dos elementos de creación de turbulencia; y
- un soporte para sostener los elementos de creación de turbulencia en el fluido como para permitir el movimiento del fluido con relación a los elementos de creación de turbulencia y dicho inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620).
2. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) puede unirse a cada uno de al menos dos elementos de creación de turbulencia, de tal manera que la disposición de los insertos es simétrica con respecto a un punto central del campo de flujo de fluido.
3. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) está hecho de un material sustancialmente rígido, de tal manera que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) es capaz de aguantar sustancialmente el flujo de fluido contra él.
4. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) está hecho de plástico o metal.
5. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) tiene una superficie de recepción de fluido contra la que puede fluir fluido y la superficie de recepción de fluido tiene una forma irregular.
6. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) tiene una superficie de recepción de fluido contra la que puede fluir fluido y la superficie de recepción de fluido tiene forma de polígono regular.
7. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) es poroso o está perforado.
8. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) es no homogéneo.
9. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) se puede unir a la primera porción superficial de un elemento de creación de turbulencia, de manera que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) cubre al menos parcialmente la primera porción superficial del elemento de creación de turbulencia.
10. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) está dispuesto para sobresalir más allá de un borde de la primera porción superficial del elemento de creación de turbulencia.
11. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, en el que el elemento de creación de turbulencia al que se puede unir el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) es el elemento de creación de turbulencia en las más estrechas proximidades a un punto central del campo de flujo de fluido.
12. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con la reivindicación 9, 10 u 11, en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) se puede unir a la primera porción superficial del elemento de creación de turbulencia, de tal manera que al menos un extremo de la primera porción superficial queda expuesto.
13. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en

el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) está adaptado para estar dispuesto en un hueco entre elementos de creación de turbulencia.

5 14. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las estructuras incluyen una estructura que comprende una pluralidad de miembros alargados de tal manera que cada miembro está en una relación de extremo con extremo con otro miembro alargado, de tal manera que la estructura está en forma de polígono, y en el que el inserto (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) está unido a cada uno de los miembros alargados en la estructura, de tal manera que la disposición de los insertos (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) en los al menos dos miembros alargados es simétrica con respecto a un punto central de la estructura.

10 15. Aparato (100) de modificación de flujo de fluido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos de creación de turbulencia incluyen al menos dos tipos diferentes de elemento, incluyendo un primer tipo de elemento y un segundo tipo de elemento, estando dispuesto el primer tipo de elemento a un primer nivel de la configuración fractal y estando dispuesto el segundo tipo de elemento a un segundo nivel de configuración fractal, y en el que los insertos (306; 406; 409; 411, 512; 513; 514; 516; 517; 606; 618; 619; 620) están unidos a al menos alguno de los elementos de creación de turbulencia en el primer nivel de la configuración fractal y a al menos alguno de los elementos de creación de turbulencia en el segundo nivel de la configuración fractal.

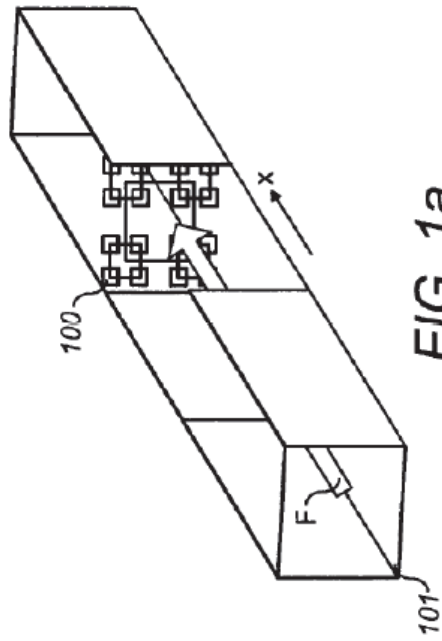


FIG. 1a

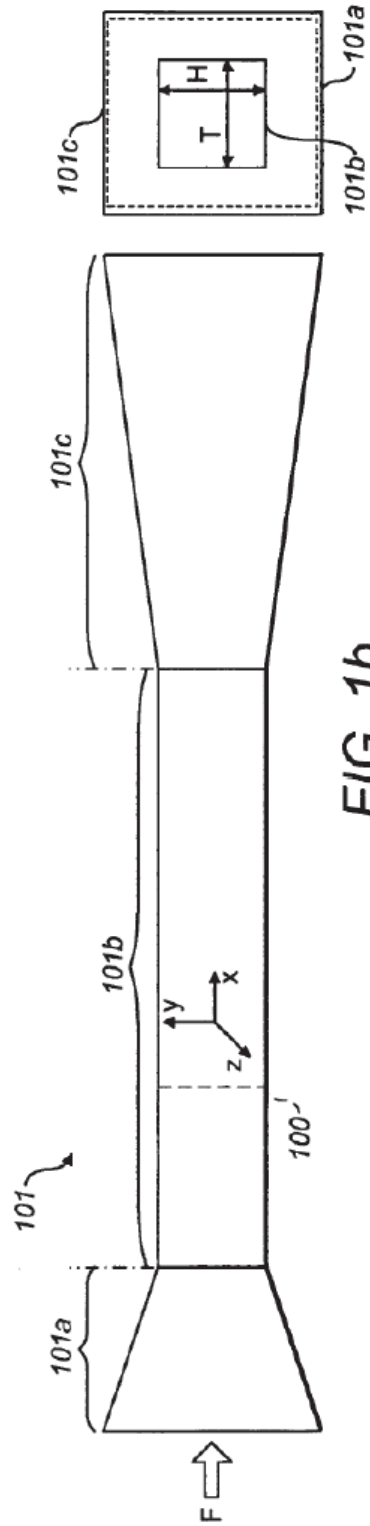


FIG. 1b

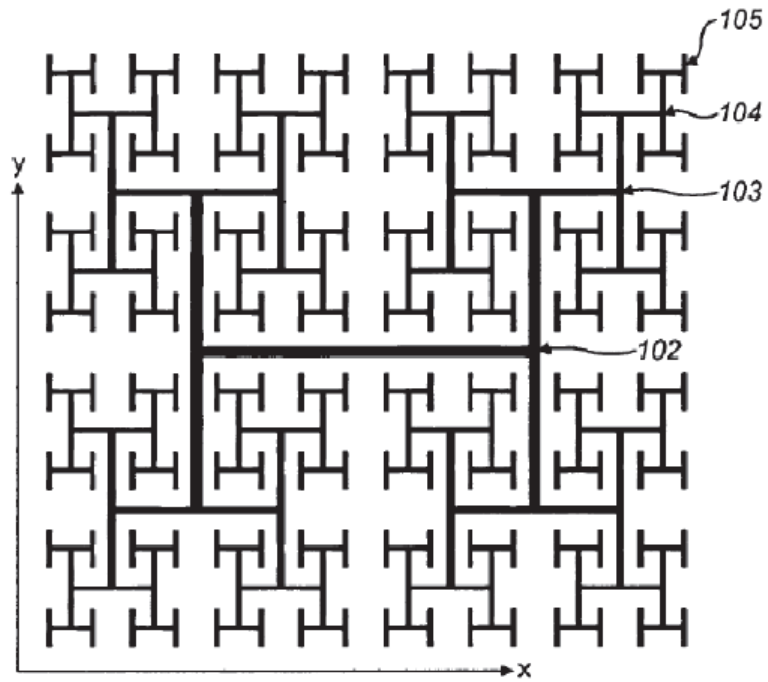


FIG. 2a

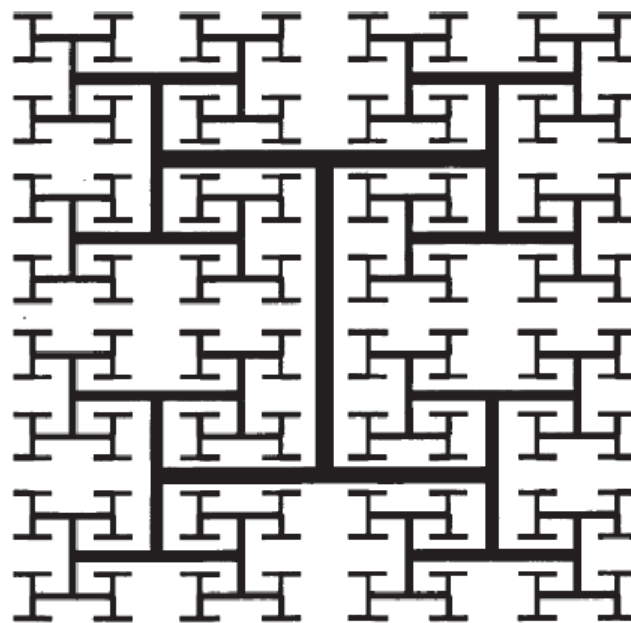


FIG. 2b

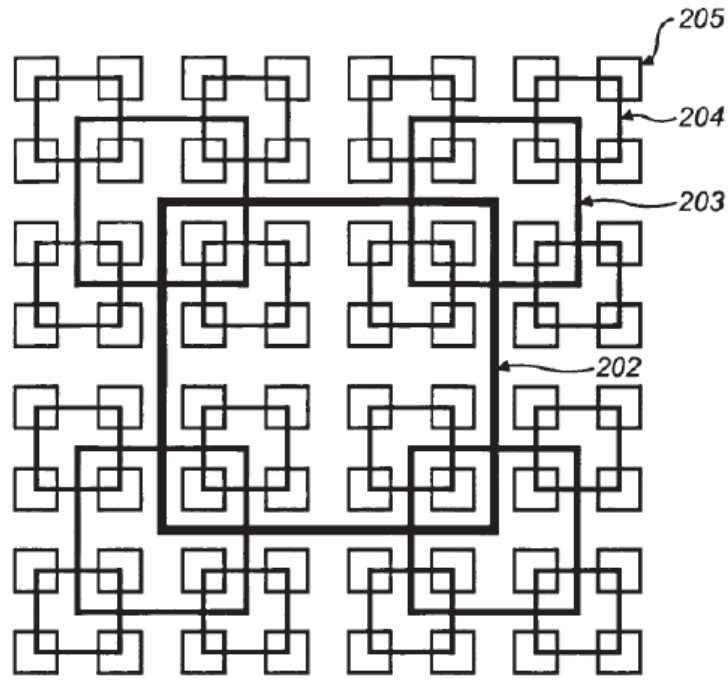


FIG. 3a

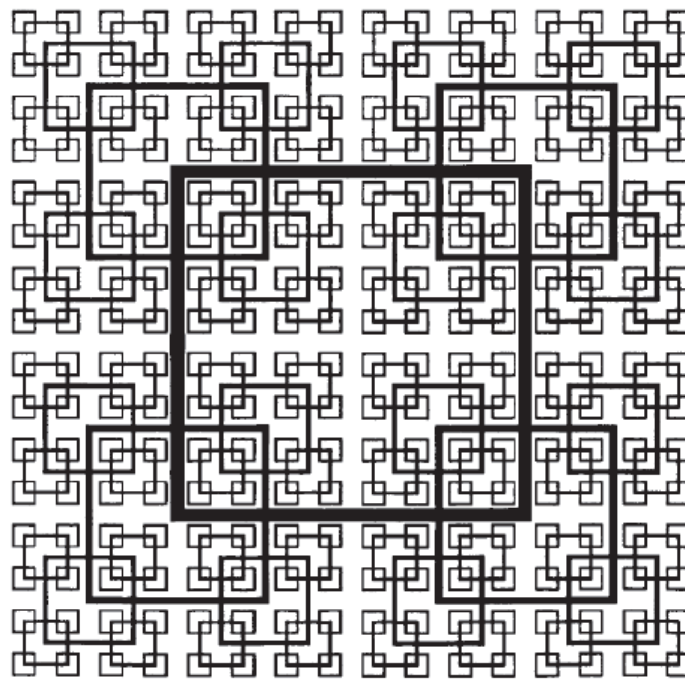


FIG. 3b

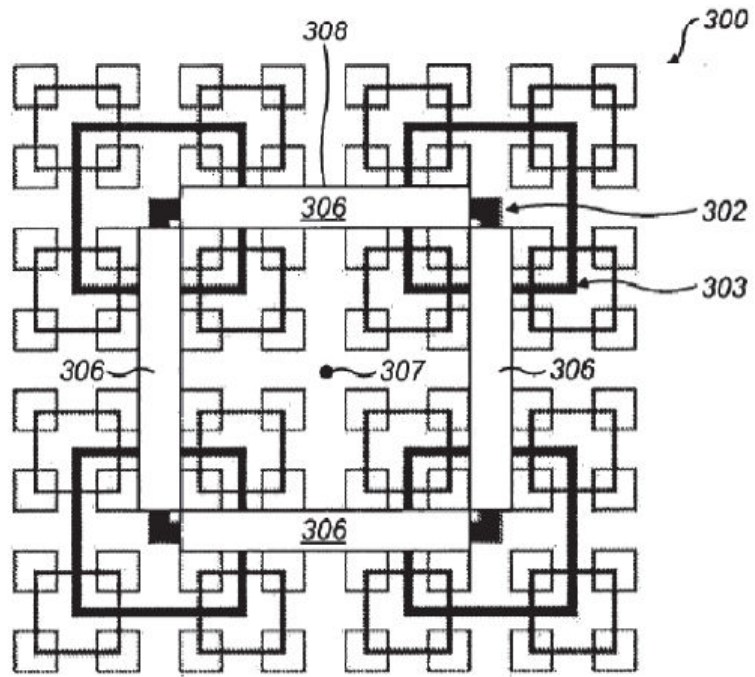


FIG. 4

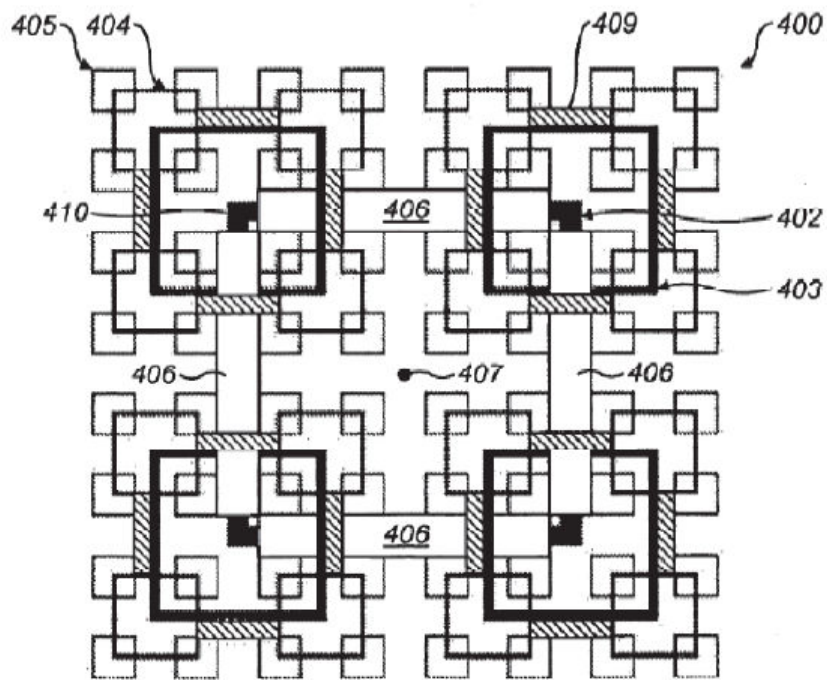


FIG. 5

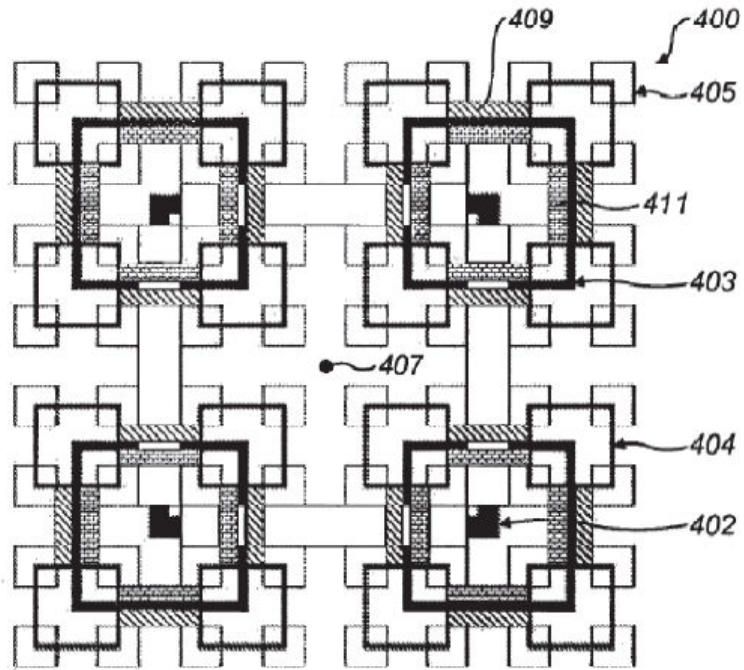


FIG. 6

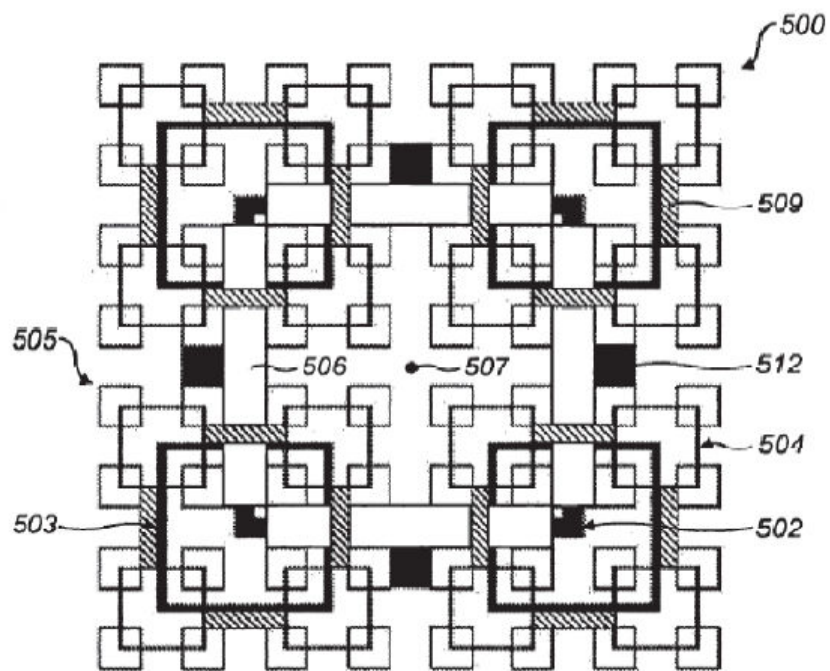


FIG. 7

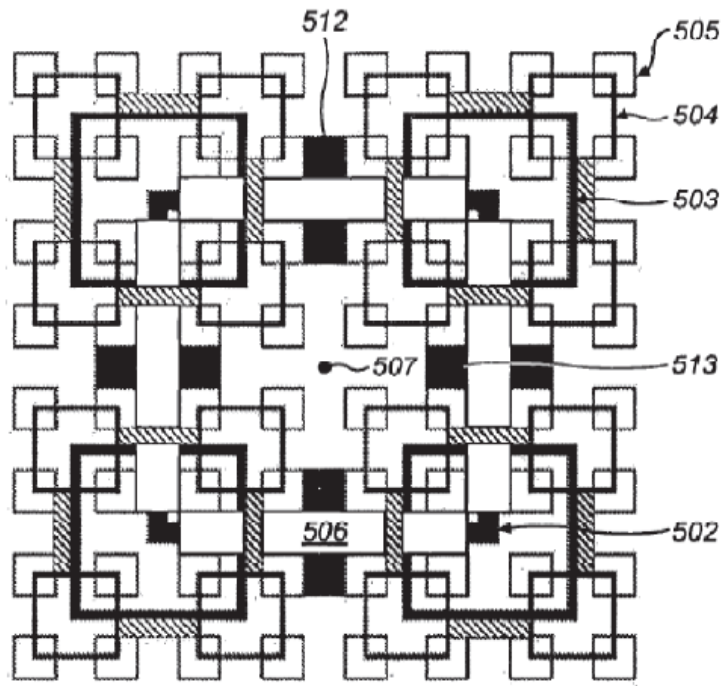


FIG. 8

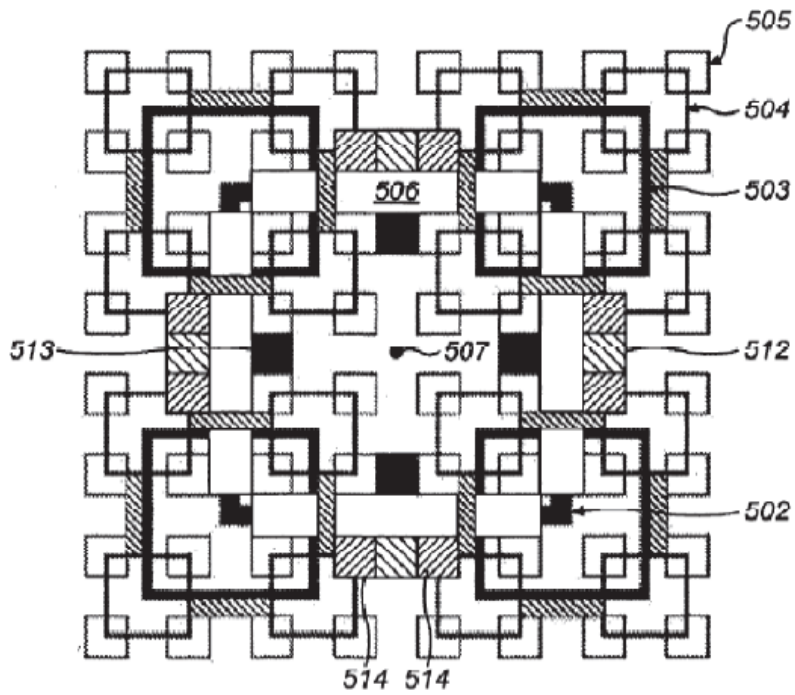


FIG. 9



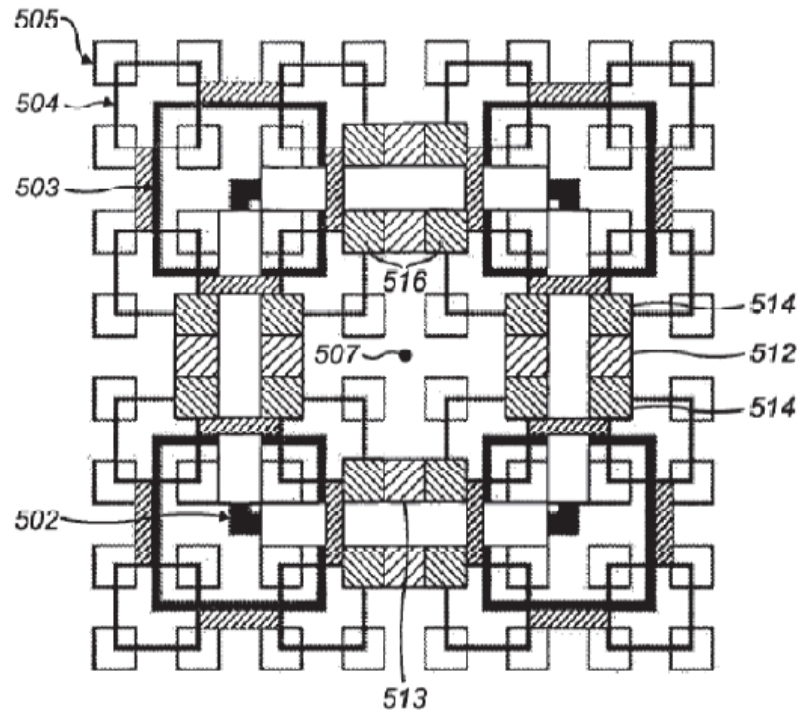


FIG. 10

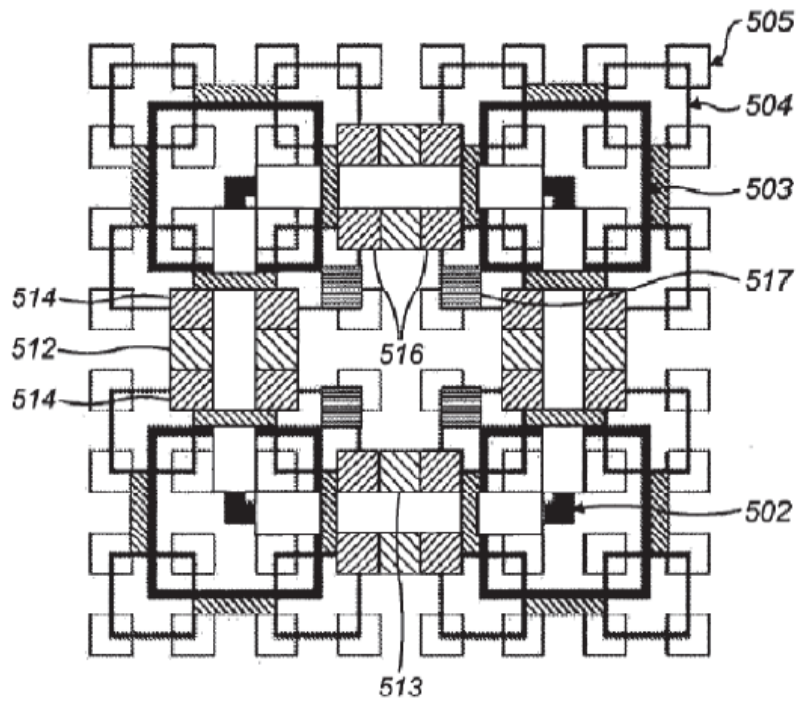


FIG. 11

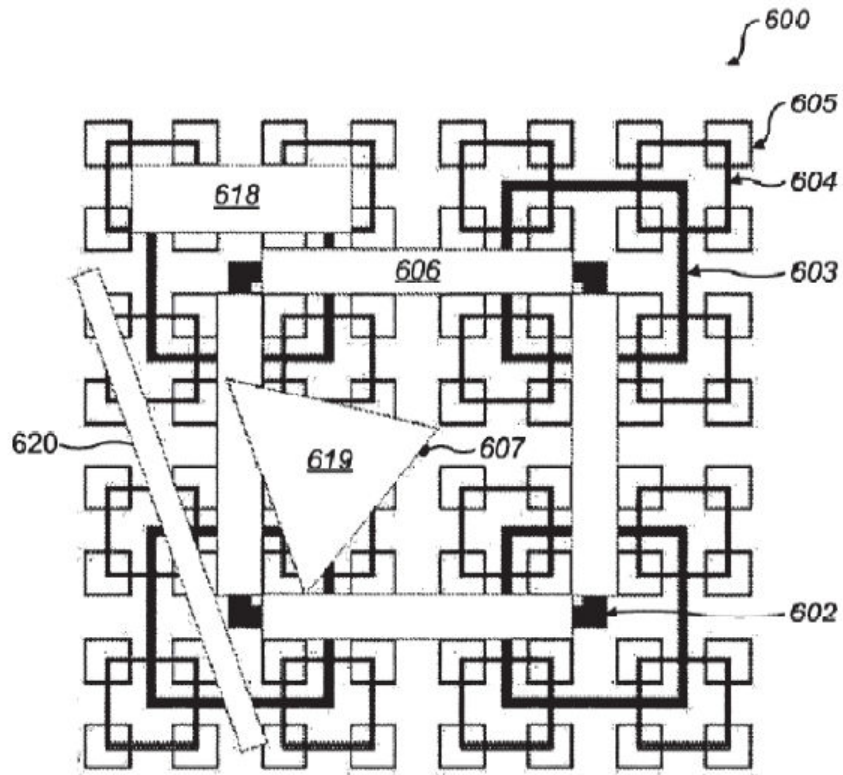
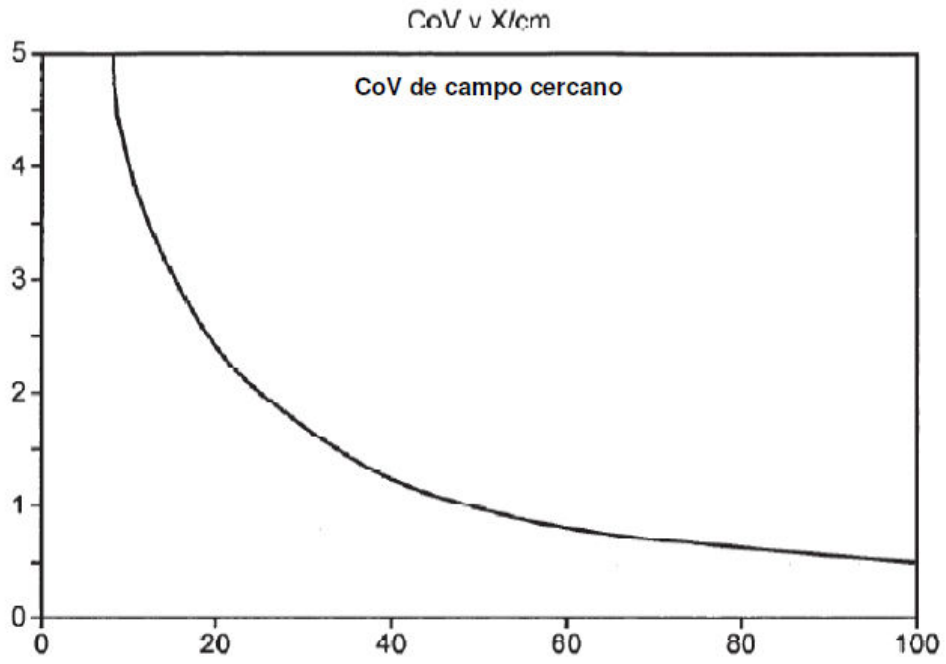
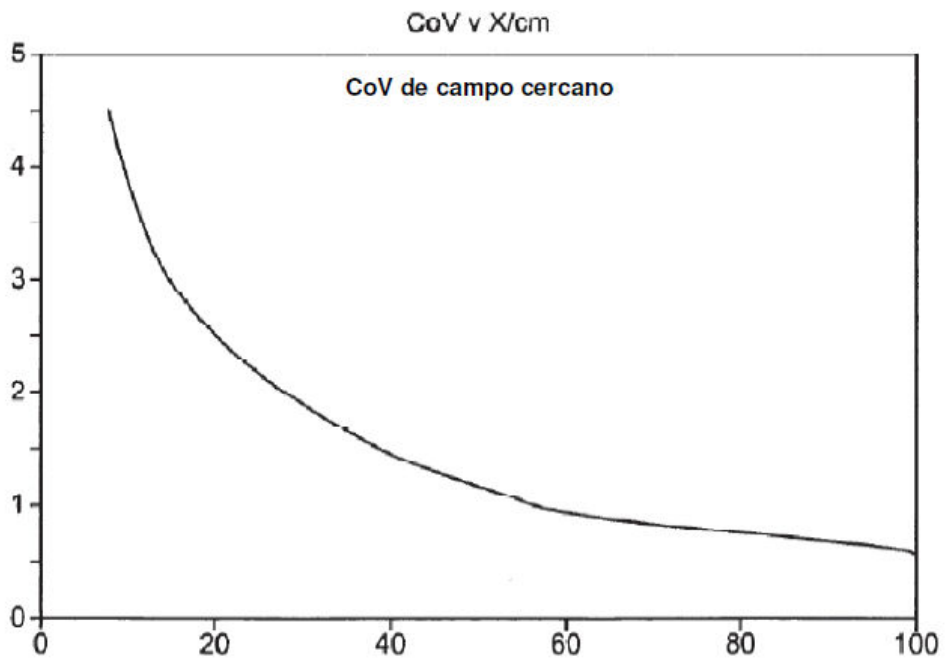


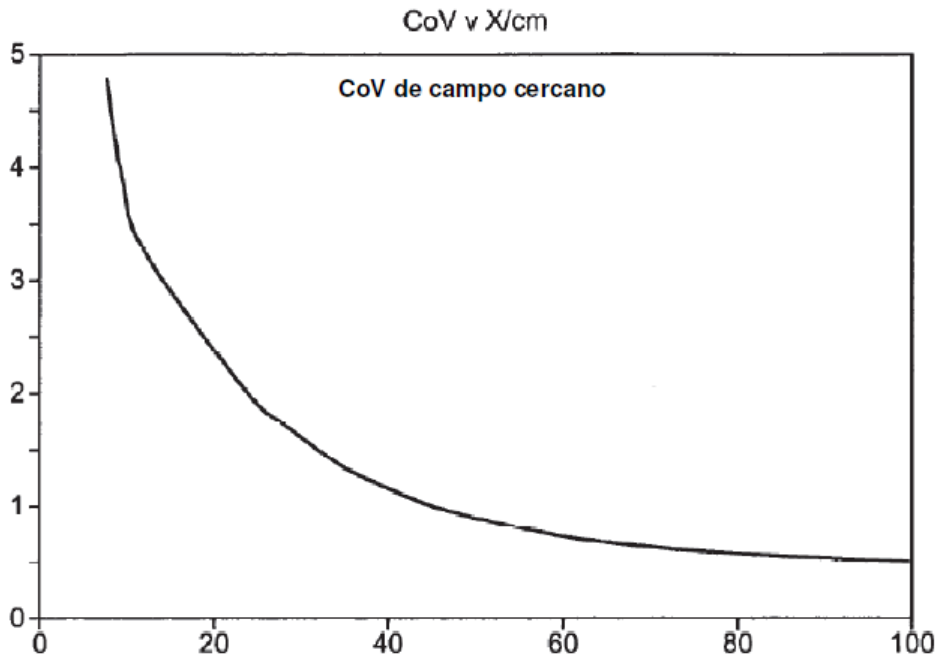
FIG. 12



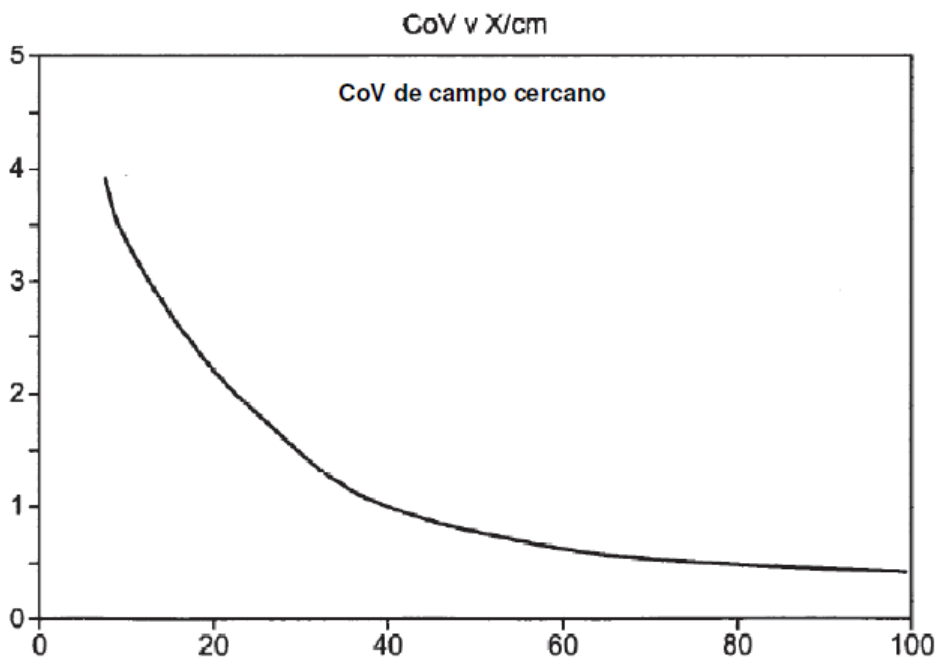
**FIG. 13a**



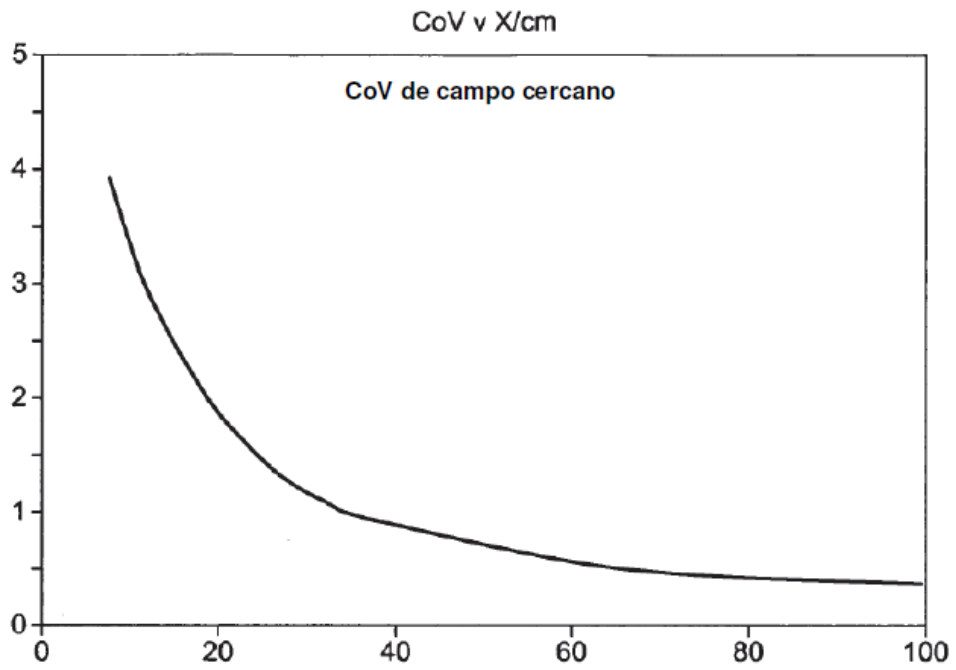
**FIG. 13b**



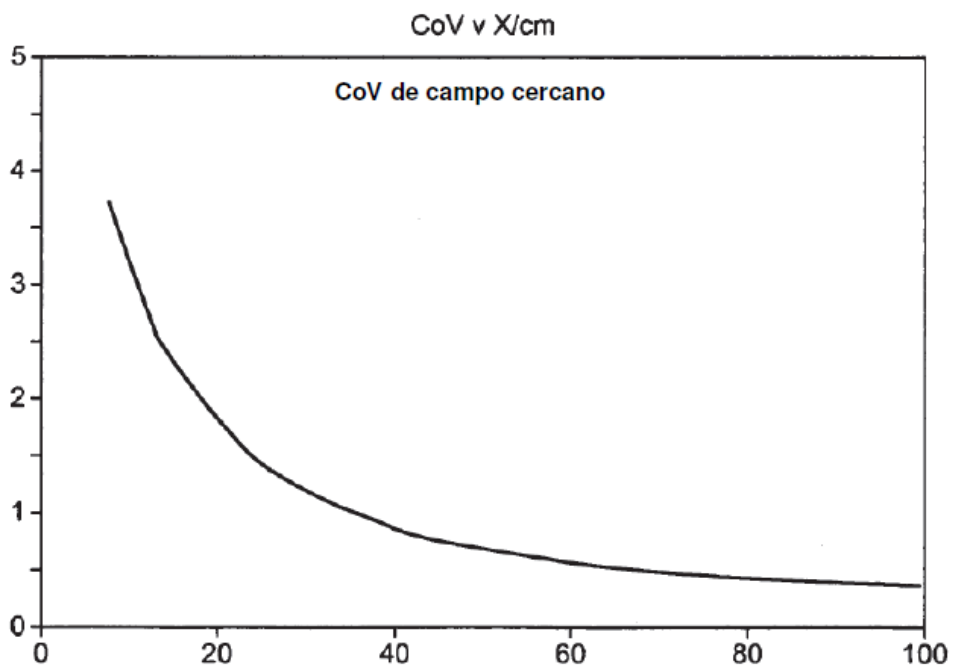
**FIG. 13c**



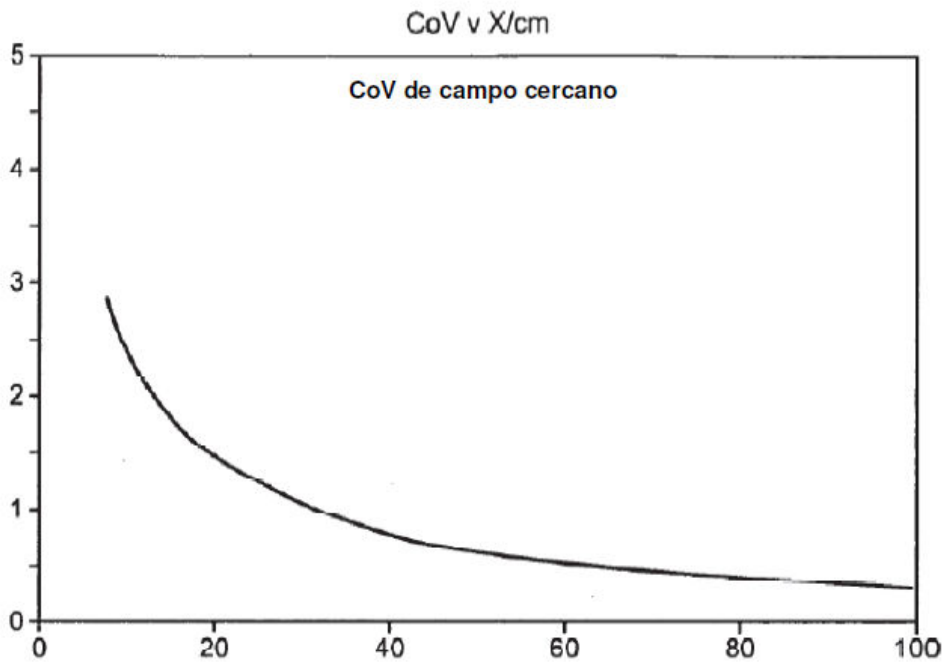
**FIG. 13d**



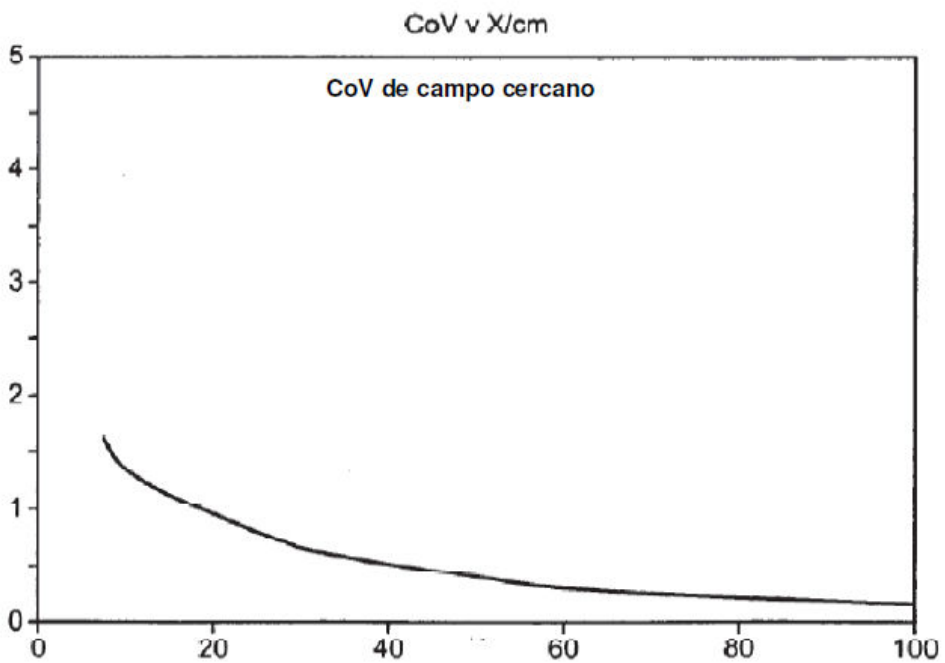
*FIG. 13e*



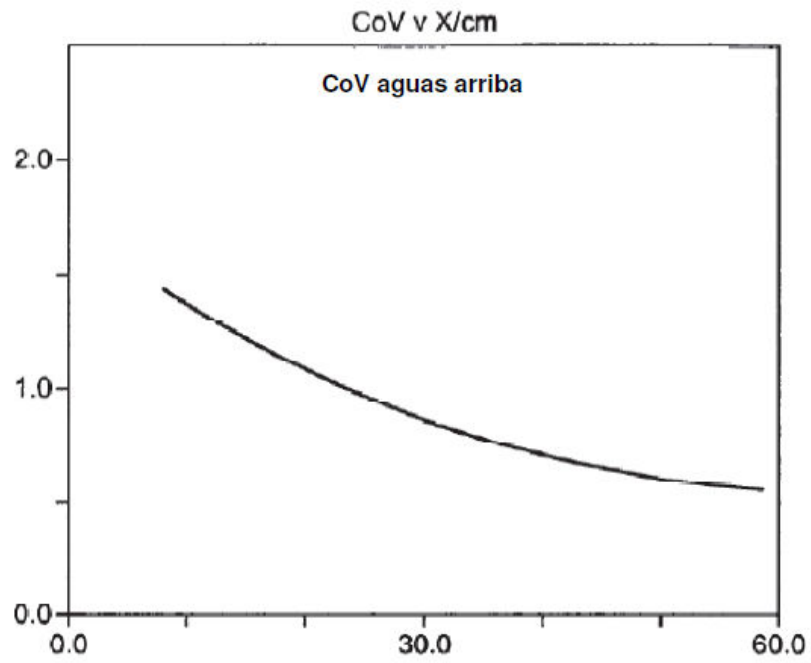
*FIG. 13f*



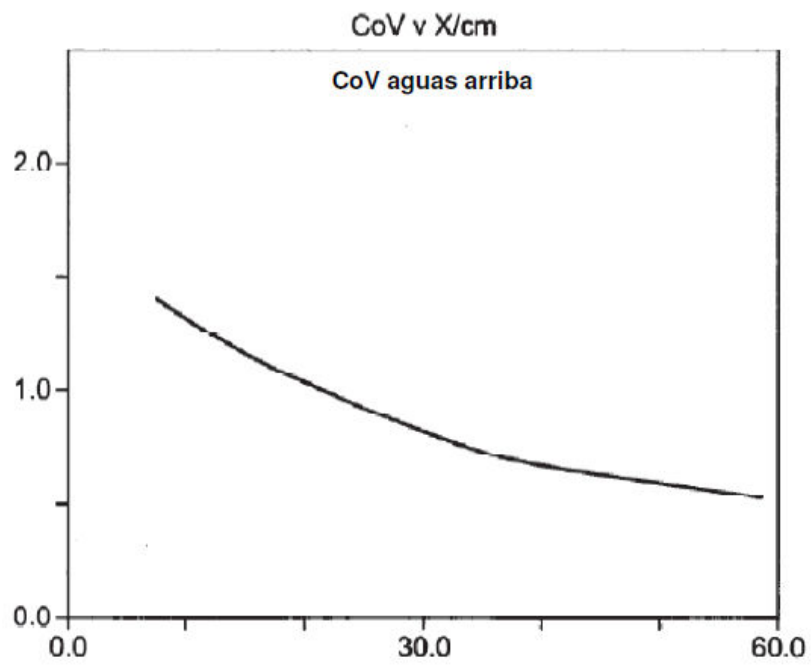
*FIG. 13g*



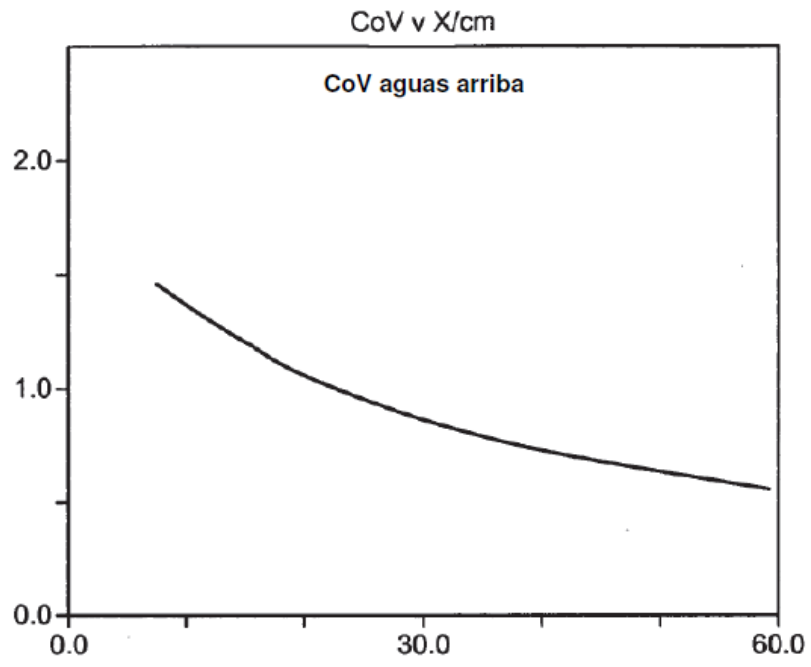
*FIG. 13h*



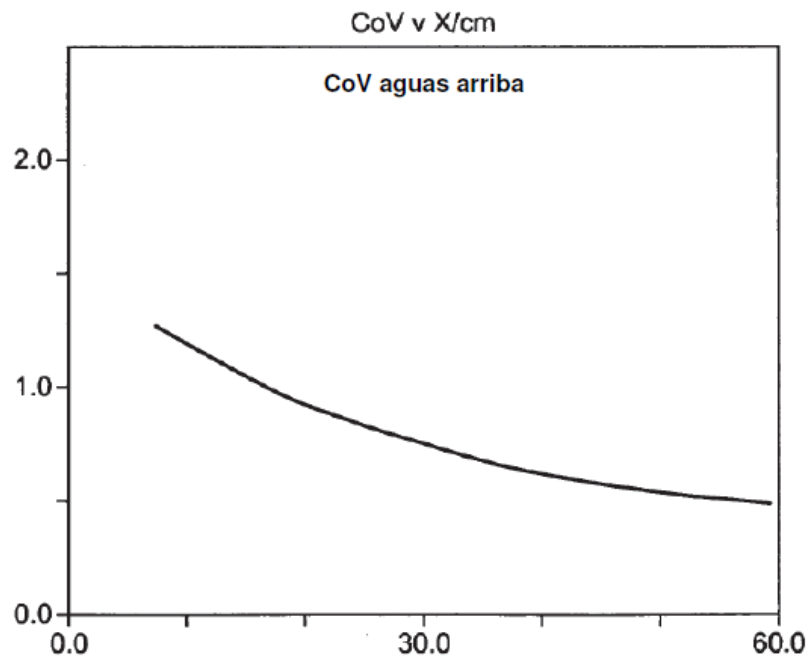
**FIG. 14a**



**FIG. 14b**

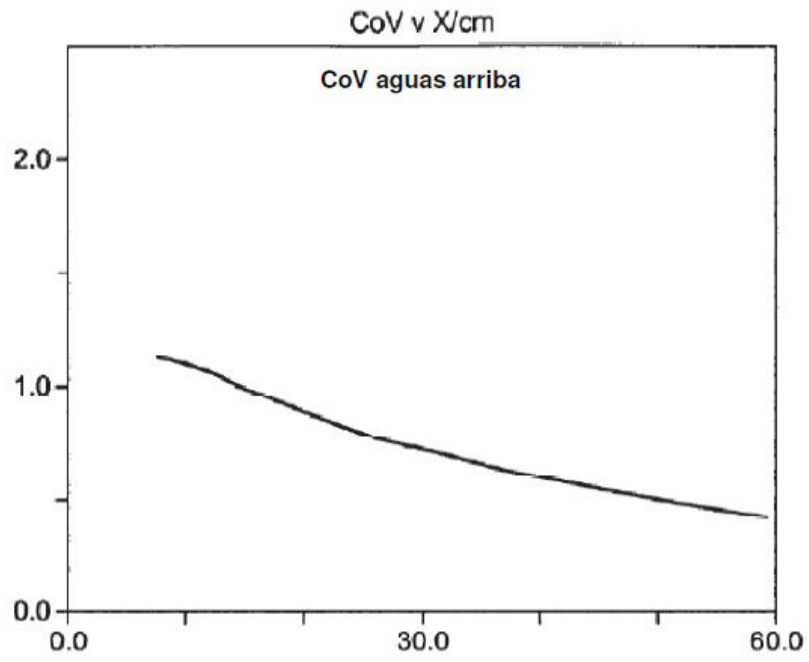


**FIG. 14c**

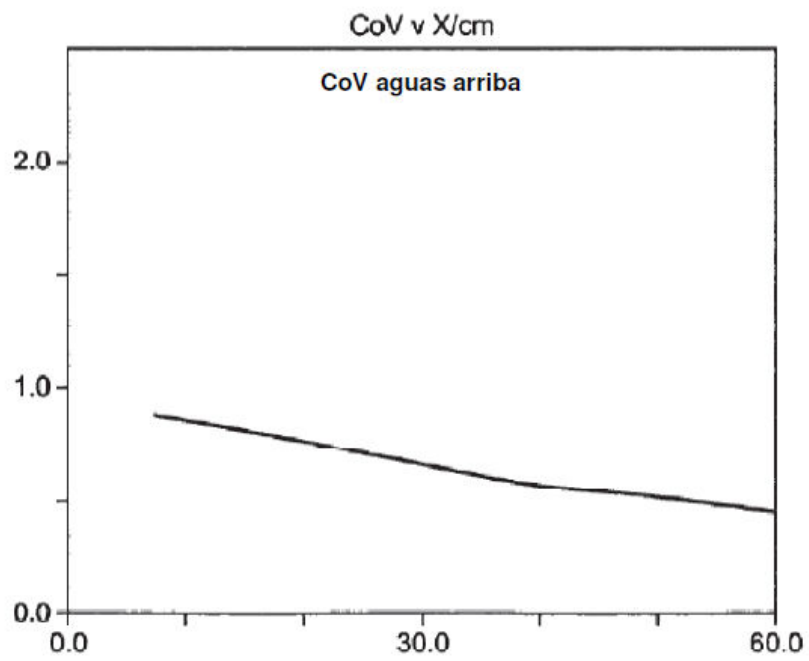


**FIG. 14d**

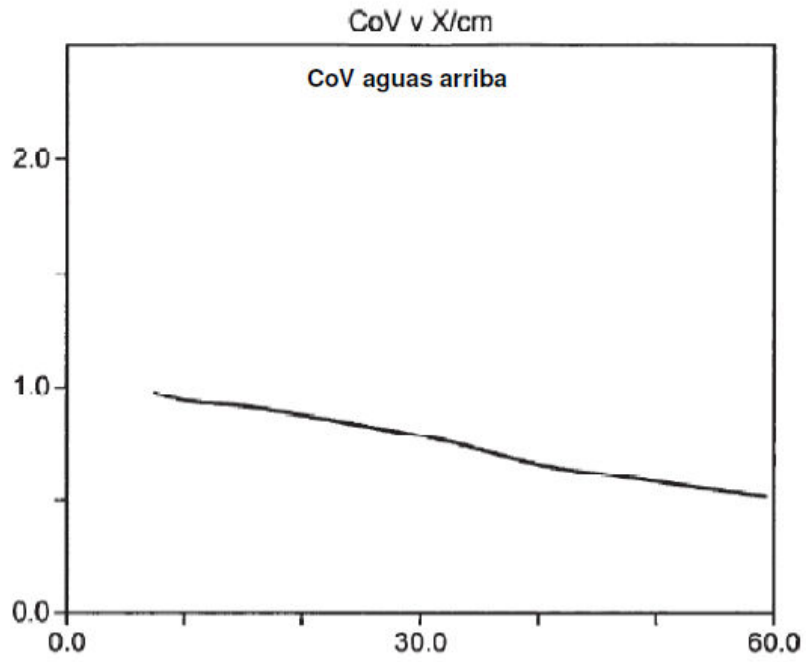




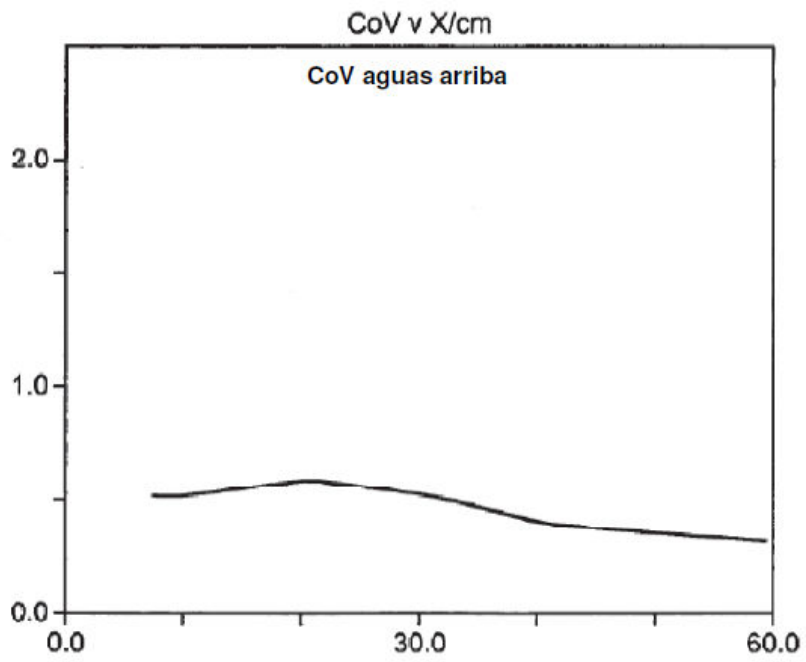
**FIG. 14e**



**FIG. 14f**



**FIG. 14g**



**FIG. 14h**

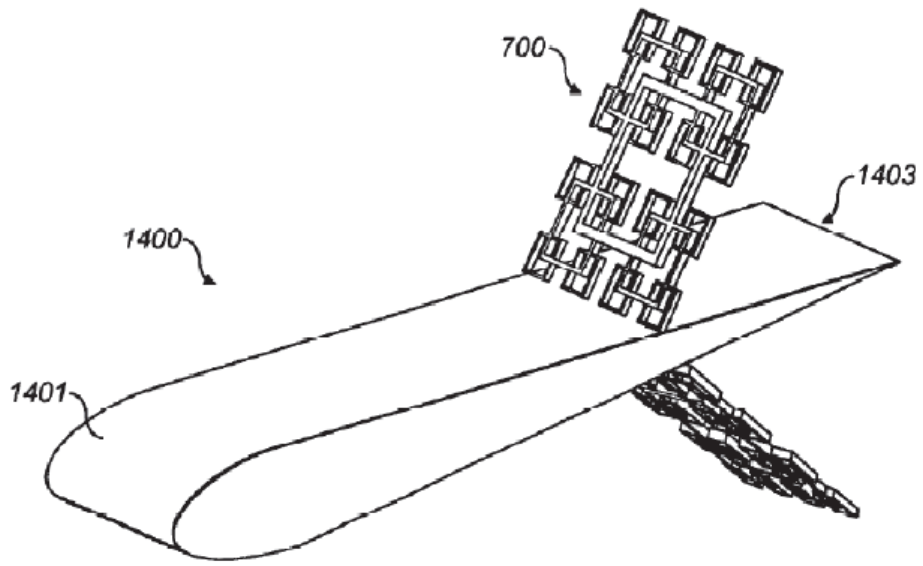


FIG. 15a

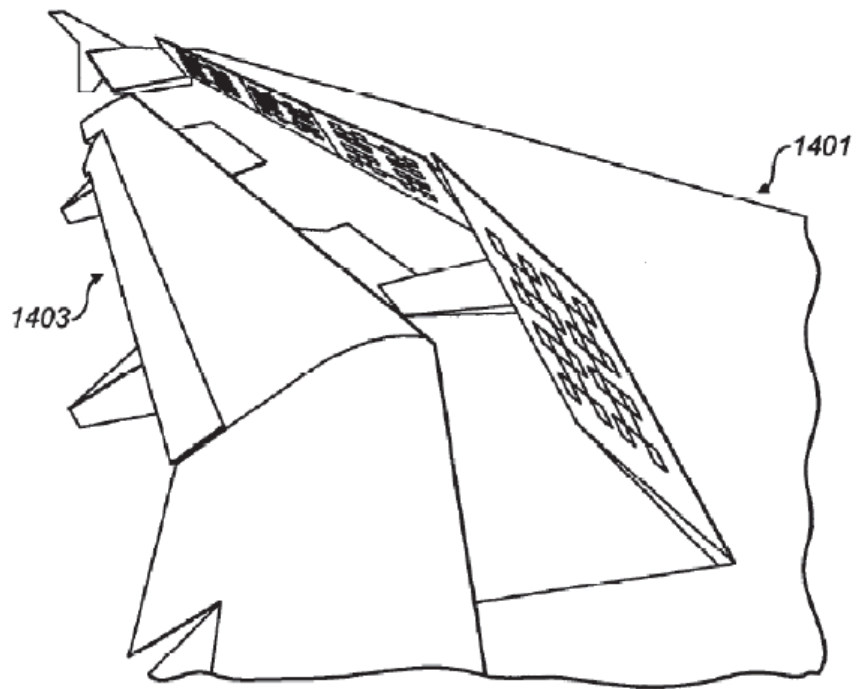


FIG. 15b