

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 299**

51 Int. Cl.:

**A61B 1/00** (2006.01)

**A61B 5/00** (2006.01)

**A61B 1/002** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2014 PCT/US2014/035608**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.11.2014 WO14179191**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2014 E 14791511 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2943110**

54 Título: **Sondas ópticas de exploración frontal**

30 Prioridad:

**01.05.2013 US 201313874738**

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

**03.10.2017**

73 Titular/es:

**NOVARTIS AG (100.0%)  
Lichtstrasse 35  
4056 Basel, CH**

72 Inventor/es:

**LIN, DEAN;  
PARTO, KAMBIZ;  
SCHMIDTLIN, EDOUARD y  
WHEATLEY, BARRY**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 635 299 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

Sondas ópticas de exploración frontal

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere, en general, a dispositivos quirúrgicos y, más en particular, a sondas ópticas de exploración frontal.

10 Antecedentes

Las técnicas de formación de imágenes ópticas generan imágenes de objetivos tales como partes de un cuerpo, por ejemplo, el interior de un ojo. Ejemplos de tales técnicas incluyen la formación de imágenes interferométricas (por ejemplo, tomografía de coherencia óptica (OCT)), la formación de imágenes espectroscópicas (por ejemplo, fluorescencia), la formación de imágenes Raman, la formación de imágenes ópticas de onda difusa y técnicas de formación de imágenes con dos fotones. Determinadas técnicas, tales como las técnicas de formación de imágenes interferométricas, usan un sistema de exploración para realizar un barrido con un rayo de luz a través del objetivo para formar imágenes del objetivo. Elementos ópticos tales como espejos y lentes pueden usarse para mover el rayo de luz.

20 El estado actual de la técnica está representado en los documentos US 6.485.413 B1, US 6.239.895 B1, US 2007/066871 A1 y US 2012/310042 A1.

Breve resumen

25 Según la invención, una sonda con un sistema de exploración incluye una cánula, elementos ópticos y un sistema de movimiento. Los elementos ópticos incluyen una fibra óptica y una lente de índice de gradiente (GRIN). La fibra óptica tiene un eje de fibra que se extiende hacia un eje de fibra imaginario, y está configurada para transmitir un rayo de luz. La lente GRIN tiene un perímetro GRIN y un eje óptico de lente GRIN, y está configurada para refractar el rayo de luz. El sistema de movimiento mueve un primer elemento óptico con respecto a un segundo elemento óptico en una trayectoria cerrada de modo que el eje óptico de lente GRIN se alinea sustancialmente con el eje de fibra imaginario en al menos un punto de la trayectoria y el perímetro GRIN interseca el eje de fibra imaginario en al menos dos puntos de la trayectoria.

35 Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán en mayor detalle y a modo de ejemplo formas de realización de ejemplo de la presente divulgación con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

40 la FIGURA 1 ilustra un ejemplo de una sonda con un sistema de exploración que explora según ciertas formas de realización;  
 las FIGURAS 2A a 2C ilustran un ejemplo de un sistema de exploración que explora según ciertas formas de realización;  
 las FIGURAS 3A a 3D ilustran un ejemplo de un sistema de movimiento que explora según ciertas formas de  
 45 realización; y  
 la FIGURA 4 ilustra un ejemplo de un procedimiento de exploración que un sistema de exploración puede implementar según ciertas formas de realización.

Descripción de formas de realización de ejemplo

50 Haciendo referencia a continuación a la descripción y a los dibujos, se muestran en detalle formas de realización de ejemplo de los aparatos, sistemas y procedimientos dados a conocer. La descripción y los dibujos no pretenden ser exhaustivos o limitar o restringir de otro modo las reivindicaciones a las formas de realización específicas mostradas en los dibujos y dadas a conocer en la descripción. Aunque los dibujos representan posibles formas de realización, los dibujos no están necesariamente a escala y determinadas características pueden haberse exagerado, eliminado o seccionado parcialmente para ilustrar mejor las formas de realización.

La FIGURA 1 ilustra un ejemplo de una sonda 10 con un sistema de exploración 28 que explora según ciertas formas de realización. En la forma de realización ilustrada, la sonda 10 incluye una fuente de luz 20 y un alojamiento 26 acoplados de la manera mostrada. Un sistema de exploración 28 está dispuesto dentro del alojamiento 26. El sistema de exploración 28 incluye uno o más elementos ópticos 29 (incluida una fibra óptica 22) y un sistema de movimiento 30. En un ejemplo de funcionamiento, la fuente de luz 20 proporciona un rayo de luz 34 que se transmite a través de la fibra óptica 22 a otros elementos ópticos 29. El sistema de movimiento 30 mueve uno o más de los elementos ópticos 29 con el fin de proporcionar un rayo de luz de exploración 34.

65

La fuente de luz 20 puede ser un láser que genera luz. Ejemplos de láser incluyen láseres de gas, láseres de colorante, láseres de vapor de metal, láseres de estado sólido, láseres de semiconductor, láseres de fibra y láseres supercontinuos. La luz puede tener cualquier gama espectral adecuada, por ejemplo de entre 750 nanómetros (nm) y 950 nm.

5 El alojamiento 26 (que es una cánula) puede tener cualquier tamaño y forma adecuados. El alojamiento puede tener una forma tubular (o cilíndrica) de cualquier longitud y diámetro adecuados, tales como una longitud en el intervalo comprendido entre una y dos pulgadas (entre 2,54 cm y 5,08 cm), un diámetro externo (OD) en el intervalo comprendido entre 0,05 y 0,02 pulgadas (entre 0,5 mm y 1,27 mm) , y un diámetro interno (ID) en el intervalo  
10 comprendido entre 0,04 y 0,01 pulgadas (0,25 mm y 1 mm) (aunque, evidentemente, puede ser más grande o más pequeño). El tamaño puede depender del calibre (ga) de la cánula. Por ejemplo, cánulas de 20 ga pueden tener aproximadamente un OD de 0,0365 pulgadas (0,93 mm) y un ID de 0,031 pulgadas (0,79 mm); cánulas de 23 ga pueden tener aproximadamente un OD de 0,0255 pulgadas (0,65 mm) y un ID de 0,021 pulgadas (0,53 mm); y cánulas de 25 ga pueden tener aproximadamente un OD de 0,0205 pulgadas (0,52 mm) y un ID de 0,0156 pulgadas (0,39 mm). Esta divulgación contempla cánulas incluso más pequeñas (de mayor calibre).

El sistema de exploración 28 recibe un rayo de luz 34 y realiza un barrido con el rayo de luz 34 para proporcionar un rayo de luz de exploración 34. El sistema de exploración 28 incluye uno o más elementos ópticos 29 y un sistema de movimiento 30. Un elemento óptico 29 puede ser cualquier elemento óptico adecuado que pueda reflejar, refractar y/o difractar luz. Ejemplos de elementos ópticos incluyen fibras ópticas (por ejemplo, la fibra óptica 22), lentes (por ejemplo, una lente de índice de gradiente (GRIN), prismas, espejos u otros elementos que pueden reflejar, refractar y/o difractar luz. Un elemento óptico 29 tiene un eje óptico. Por ejemplo, la fibra óptica 22 tiene un eje de fibra. Para entender mejor la descripción del movimiento relativo entre elementos ópticos 29, puede considerarse que el eje óptico de un elemento óptico 29 se extiende más allá de los límites físicos del elemento a modo de eje imaginario.  
20 Por ejemplo, puede considerarse que el eje de fibra se extiende hacia un eje de fibra imaginario. En determinadas formas de realización, el eje óptico de un elemento óptico 29 puede tener características específicas. Por ejemplo, los rayos que luz que pasan a través del eje óptico de una lente GRIN pueden proporcionarse con cero grados de refracción.

30 La fibra óptica es generalmente una fibra transparente que funciona como una guía de ondas para transmitir luz desde una fuente de láser 20. La fibra óptica 22 puede incluir un núcleo de fibra ópticamente transmisor rodeado por un material de revestimiento que presenta un índice de refracción generalmente bajo con respecto al núcleo de fibra. La fibra óptica 22 puede comprender cualquier material adecuado, por ejemplo, vidrio y/o plástico. La fibra óptica 22 puede incluir capas adicionales dependiendo de los requisitos de una aplicación particular. La fibra óptica 22 tiene un eje de fibra que es normalmente el eje óptico del núcleo de fibra.  
35

El sistema de movimiento 30 puede mover un elemento óptico 29 de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el elemento óptico puede trasladarse, girar alrededor de un eje u orbitar alrededor de un eje. Un movimiento de traslación es generalmente un movimiento lineal. Un movimiento de rotación de un objeto es un movimiento alrededor de un eje del objeto. Un movimiento orbital de un objeto es un movimiento alrededor de un eje externo al objeto. El sistema de movimiento 30 puede mover un elemento óptico en una trayectoria cerrada en la que el punto inicial de la trayectoria coincide sustancialmente con el punto de finalización.  
40

El sistema de movimiento 30 puede mover un elemento óptico 29 usando cualquier mecanismo de movimiento adecuado. Como ejemplo, un motor eléctrico (por ejemplo, un motor piezoeléctrico) puede usarse para mover un elemento óptico 29. Como otro ejemplo, pueden usarse placas electrostáticas para mover un elemento óptico 29 tratado con un material metalizado. Como otro ejemplo adicional, un elemento óptico 29 puede moverse con un dispositivo neumático y/o uno o más resortes. En determinadas formas de realización, el sistema de movimiento 30 puede controlarse mediante uno o más medios legibles por ordenador codificados con un programa informático.  
45

Las FIGURAS 2A a 2C y 3A a 3D ilustran un ejemplo de un sistema de exploración 28 y de un sistema de movimiento 30 que pueden implementar el ejemplo de un procedimiento de exploración ilustrado en la FIGURA 4 según determinadas formas de realización. En el ejemplo ilustrado, el sistema de exploración 28 incluye elementos ópticos 29 y el sistema de movimiento 30. Los elementos ópticos 29 incluyen una fibra óptica 40 y una lente GRIN 42. La fibra óptica 40 transmite un rayo de luz 34 a una lente GRIN 42. La fibra óptica 40 tiene un eje de fibra 44 que se extiende hacia un eje de fibra imaginario 46. La lente GRIN 42 tiene un eje óptico de lente GRIN 48 y un perímetro GRIN 50.  
50

El sistema de movimiento 30 está acoplado a al menos uno de los elementos ópticos 29 y mueve un primer elemento óptico 29 con respecto a un segundo elemento óptico 29 en una trayectoria cerrada 52 para proporcionar un rayo de luz que explora un patrón bidimensional de un objetivo. El sistema de movimiento 30 puede mover la fibra óptica 40 y/o la lente GRIN 42. Por ejemplo, el sistema de movimiento 30 puede mover la lente GRIN 42 con respecto a la fibra óptica 40 y/o mover la fibra óptica 40 con respecto a la lente GRIN 42.  
60

En el ejemplo de las FIGURAS 3A a 3D, el sistema de movimiento 30 incluye un cilindro 33 que gira alrededor de un eje de cilindro 35. La lente GRIN 42 está dispuesta dentro del cilindro 33 de manera que el eje de cilindro 35 es  
65

sustancialmente paralelo al eje óptico 48 de la lente GRIN, pero está separado del eje óptico 48 de la lente GRIN. El cilindro 33 puede tener cualquier tamaño adecuado. Por ejemplo, el cilindro 33 puede tener aproximadamente la misma longitud que la lente GRIN 42 y tener un radio 37 que es mayor que, aproximadamente dos veces mayor que, el radio 39 de la lente GRIN 42. En determinadas formas de realización, la lente GRIN 42 está acoplada a la superficie interna del cilindro 33.

La trayectoria cerrada 52 puede tener cualquier forma adecuada, por ejemplo circular o elíptica. Además, la lente GRIN 42 puede moverse a lo largo de la trayectoria cerrada 52 a cualquier velocidad adecuada. En ciertos ejemplos, la lente GRIN 42 puede moverse a velocidad constante, que puede expresarse como el número de trayectorias por unidad de tiempo, es decir, trayectoria/tiempo. La unidad de trayectoria/tiempo puede tener cualquier valor adecuado, por ejemplo un valor en el intervalo comprendido entre 10 hercios (Hz) y 100 Hz.

Según ciertos procedimientos de exploración, el eje óptico 48 de la lente GRIN se alinea sustancialmente con (por ejemplo, coincide con) el eje de fibra imaginario 46 en al menos un punto de la trayectoria, y el perímetro GRIN 50 interseca el eje de fibra imaginario 46 en al menos dos puntos de la trayectoria 52. Por ejemplo, en un procedimiento de exploración particular, el procedimiento inicia el movimiento de la lente GRIN 42 con respecto a la fibra óptica 40 a lo largo de la trayectoria cerrada 52. En la etapa 110 (mostrada en las FIGURAS 2A, 3A y 4), la lente GRIN 42 está en la zona de exploración superior, donde un primer punto del perímetro GRIN 50 interseca el eje de fibra imaginario 46. En este punto, el rayo de luz 34 incide en la lente GRIN 42 en un punto alejado del eje óptico 48 de la lente GRIN, cerca de o en el perímetro 50 de la lente GRIN. El contacto descentrado proporciona un rayo de luz 34 que sale de la superficie distal de la lente GRIN 42 en un ángulo 54. En general, el ángulo 54 disminuye a cero a medida que el rayo de luz 34 se acerca al eje óptico 48 de la lente GRIN, y aumenta a medida que el rayo de luz 34 se acerca al perímetro GRIN 50.

En la etapa 112 (mostrada en las FIGURAS 2B, 3B y 4), la lente GRIN 42 está en la zona de exploración central, donde el eje óptico 48 de la lente GRIN está alineado con el eje de fibra imaginario 46. El rayo de luz 34 se propaga a lo largo del eje óptico 48 de la lente GRIN. En la etapa 114 (mostrada en las FIGURAS 2C, 3C y 4), la lente GRIN 42 está en la zona de exploración superior, donde un segundo punto del perímetro GRIN 50 interseca el eje de fibra imaginario 46. En este punto, el rayo de luz 34 incide en la lente GRIN 42 lejos del eje óptico 48 de la lente GRIN, cerca de o en el perímetro 50 de la lente GRIN. El contacto descentrado proporciona un rayo de luz 34 que sale de la superficie distal de la lente GRIN 42 en un ángulo 54. El ángulo 54 en la etapa 114 es opuesto al ángulo 54 en la etapa 110. La Figura 3D ilustra una parte de la trayectoria cerrada 52 en la que el rayo de luz 34 no pasa a través de la lente GRIN 42.

En este ejemplo, la lente GRIN 42 se mueve con respecto a la fibra óptica 40. En otros ejemplos, la fibra óptica 40 puede moverse con respecto a la lente GRIN 42 o puede moverse con respecto a la lente GRIN 42 y la fibra óptica 40.

Un componente (por ejemplo el sistema de exploración 28 y/o el sistema de movimiento 30) de los sistemas y aparatos dados a conocer en el presente documento puede incluir una interfaz, lógica, memoria y/u otro elemento adecuado, donde cualquiera de ellos puede incluir hardware y/o software. Una interfaz puede recibir datos de entrada, enviar datos de salida, procesar los datos de entrada y/o de salida y/o realizar otras operaciones adecuadas. Puede usarse lógica para llevar a cabo las operaciones de un componente, por ejemplo pueden ejecutarse instrucciones para generar datos de salida a partir de datos de entrada. La lógica puede codificarse en memoria y puede realizar operaciones cuando se ejecuta en un ordenador. La lógica puede ser un procesador, tal como uno o más ordenadores, uno o más microprocesadores, una o más aplicaciones y/u otra lógica. Una memoria puede almacenar información y puede comprender uno o más medios de almacenamiento tangibles, legibles por ordenador y/o ejecutables por ordenador. Ejemplos de memoria incluyen memoria de ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM) o memoria de solo lectura (ROM)), medios de almacenamiento masivo (por ejemplo, un disco duro), medios de almacenamiento extraíbles (por ejemplo, un disco compacto (CD) o un disco de vídeo digital (DVD)), una base de datos y/o almacenamiento en red (por ejemplo, un servidor), y/u otros medios legibles por ordenador.

En formas de realización particulares, las operaciones de las formas de realización (por ejemplo, el control de exploración del rayo de luz 34) pueden llevarse a cabo por uno o más medios legibles por ordenador codificados con un programa informático, software, instrucciones ejecutables por ordenador y/o instrucciones que pueden ser ejecutadas por un ordenador. En formas de realización particulares, las operaciones pueden realizarse mediante uno o más medios legibles por ordenador que almacenan, están implementados y/o codificados con un programa informático y/o que presentan un programa informático almacenado y/o codificado.

Aunque esta divulgación se ha descrito en lo que respecta a determinadas formas de realización, modificaciones (tales como cambios, sustituciones, adiciones, omisiones y/u otras modificaciones) de las formas de realización resultarán evidentes a los expertos en la técnica. Por consiguiente, pueden realizarse modificaciones en las formas de realización sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, pueden realizarse modificaciones en los sistemas y aparatos dados a conocer en el presente documento. Los componentes de los sistemas y aparatos pueden estar integrados o separados, y las operaciones de los sistemas y aparatos pueden llevarse a cabo por un

número mayor o menor de componentes, o por otros distintos. Como otro ejemplo, pueden realizarse modificaciones en los procedimientos dados a conocer en el presente documento. Los procedimientos pueden incluir un número mayor o menor de etapas, u otras diferentes, y las etapas pueden llevarse a cabo en cualquier orden adecuado.

- 5 Otras modificaciones son posibles sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, la descripción ilustra formas de realización en aplicaciones prácticas particulares, aunque otras aplicaciones resultarán evidentes a los expertos en la técnica. Además, en la técnica descrita en el presente documento se producirán nuevos desarrollos, y los sistemas, aparatos y procedimientos dados a conocer se utilizarán con tales nuevos desarrollos.
- 10 El alcance de la invención no debe determinarse con referencia a la descripción. Según los estatutos de patentes, la descripción explica e ilustra los principios y modos de funcionamiento de la invención usando formas de realización a modo de ejemplo. La descripción permite a otros expertos en la técnica utilizar los sistemas, aparatos y procedimientos en varias formas de realización y con varias modificaciones, pero no debe usarse para determinar el alcance de la invención.
- 15 El alcance de la invención debe determinarse con referencia a las reivindicaciones y al alcance total de equivalencias relacionadas con las reivindicaciones. Todos los términos de las reivindicaciones deben interpretarse con sus construcciones razonables más generales y con sus significados habituales entendidos por los expertos en la técnica, a no ser que se indique explícitamente lo contrario en el presente documento. Por ejemplo, el uso de
- 20 artículos en singular, tal como "un", "el", etc., debe enumerar uno o más de los elementos indicados, a no ser que una reivindicación haga referencia, por el contrario, a una limitación explícita. Como otro ejemplo, "cada" se refiere a cada miembro de un conjunto o a cada miembro de un subconjunto de un conjunto, donde un conjunto puede incluir cero, uno o más de un elemento. En resumen, la invención puede modificarse y el alcance de la invención debe determinarse no con referencia a la descripción, sino con referencia a las reivindicaciones y al alcance total de sus
- 25 equivalencias.

**REIVINDICACIONES**

1. Una sonda (10) con un sistema de exploración (28), que comprende:

5 una pluralidad de elementos ópticos (29), que comprenden:

una fibra óptica (22, 40), que presenta un eje de fibra (44) que es el eje óptico de la fibra, estando configurada la fibra óptica para transmitir un rayo de luz (34), extendiéndose el eje de fibra (44) hacia un eje de fibra imaginario (46) que está en la misma dirección que el eje de fibra; y  
10 una lente de índice de gradiente (GRIN) (42) que presenta un perímetro GRIN (50) y un eje óptico de lente GRIN (48), donde la lente GRIN está configurada para recibir el rayo de luz desde la fibra óptica y refractar el rayo de luz; y

15 un sistema de movimiento (30) que comprende un cilindro (33) que presenta un eje de cilindro (35), donde la lente GRIN (42) está dispuesta de manera descentrada dentro del cilindro de manera que el eje de cilindro es sustancialmente paralelo a pero está separado del eje óptico (48) de la lente GRIN,

caracterizada por que

20 la sonda comprende una cánula (26);  
la pluralidad de elementos ópticos (29) y el sistema de movimiento (30) están dispuestos dentro de la cánula (26); y  
el sistema de movimiento (30) está configurado para hacer girar el cilindro (33) alrededor del eje de cilindro (35) para mover la lente GRIN descentrada de manera separada de la fibra óptica en un trayectoria cerrada  
25 sustancialmente circular (52), de modo que la lente GRIN no rota alrededor del eje óptico (48) de la lente GRIN, sino que el eje óptico de la lente GRIN está sustancialmente alineado con el eje de fibra imaginario (46) en al menos un punto de la trayectoria, y el perímetro GRIN (50) interseca el eje de fibra imaginario (46) en al menos dos puntos de la trayectoria (52).

30 2. Un procedimiento de exploración de sonda que usa la sonda de la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento:

transmitir un rayo de luz (34) a través de una fibra óptica (22, 40);  
35 iniciar la rotación del cilindro (33) alrededor del eje de cilindro (35) moviendo así la lente GRIN descentrada (42) a lo largo de una trayectoria cerrada sustancialmente circular (52) con respecto a y de manera separada de la fibra óptica, de modo que la lente GRIN no rota alrededor del eje óptico (48) de la lente GRIN, sino que el eje óptico de la lente GRIN se alinea sustancialmente con el eje de fibra imaginario (46) en al menos un punto de la trayectoria, y el perímetro GRIN (50) interseca el eje de fibra imaginario (46) en al menos dos puntos de la trayectoria (52).

40 3. El sistema de exploración según la reivindicación 1, en el que la lente GRIN se mueve en una unidad de trayectoria/tiempo en el intervalo comprendido entre 10 Hz y 100 Hz.

45 4. El procedimiento de exploración según la reivindicación 2, en el que la lente GRIN se mueve en una unidad de trayectoria/tiempo en el intervalo comprendido entre 10 Hz y 100 Hz.

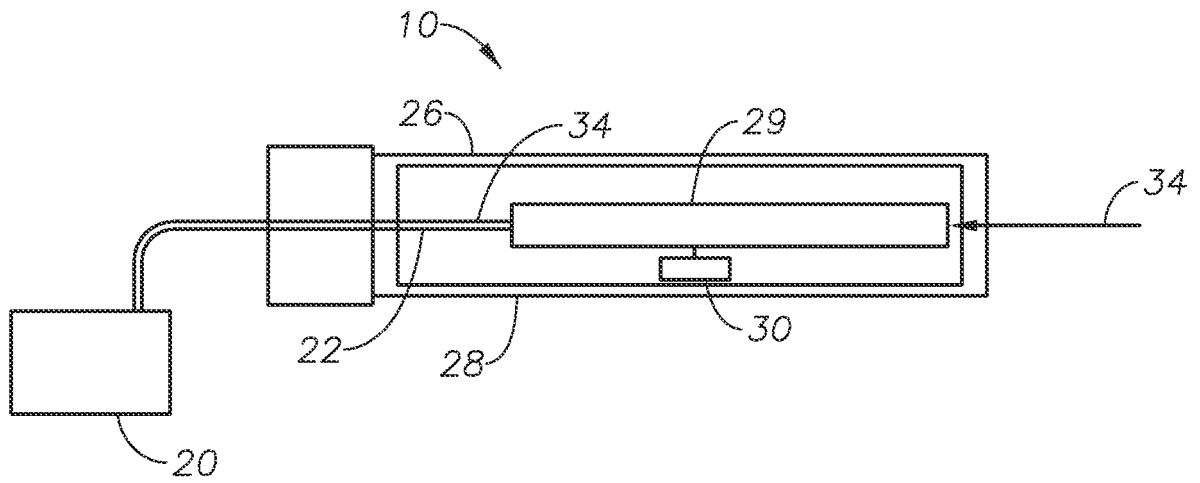


FIG. 1

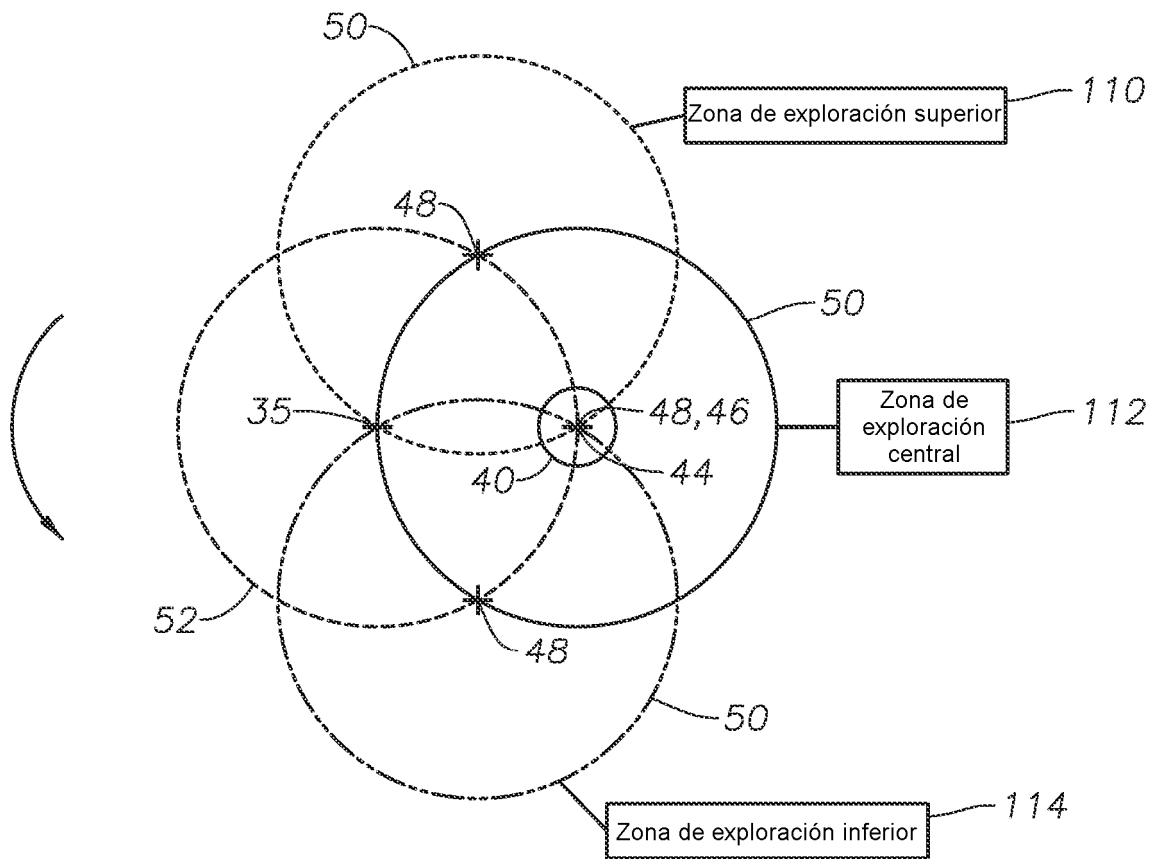


FIG. 4

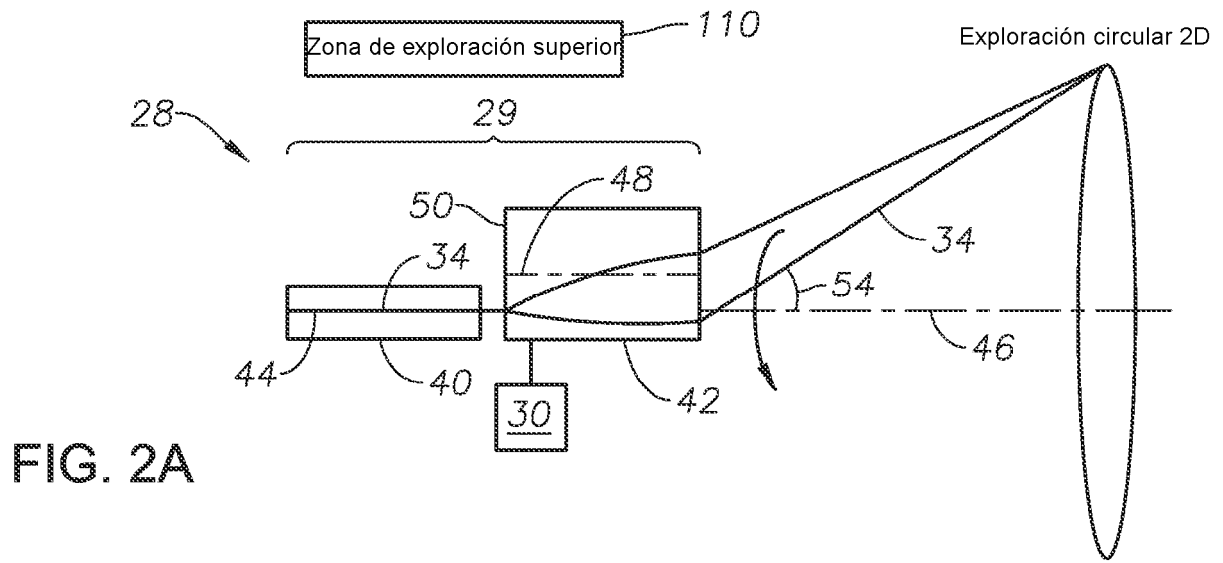


FIG. 2A

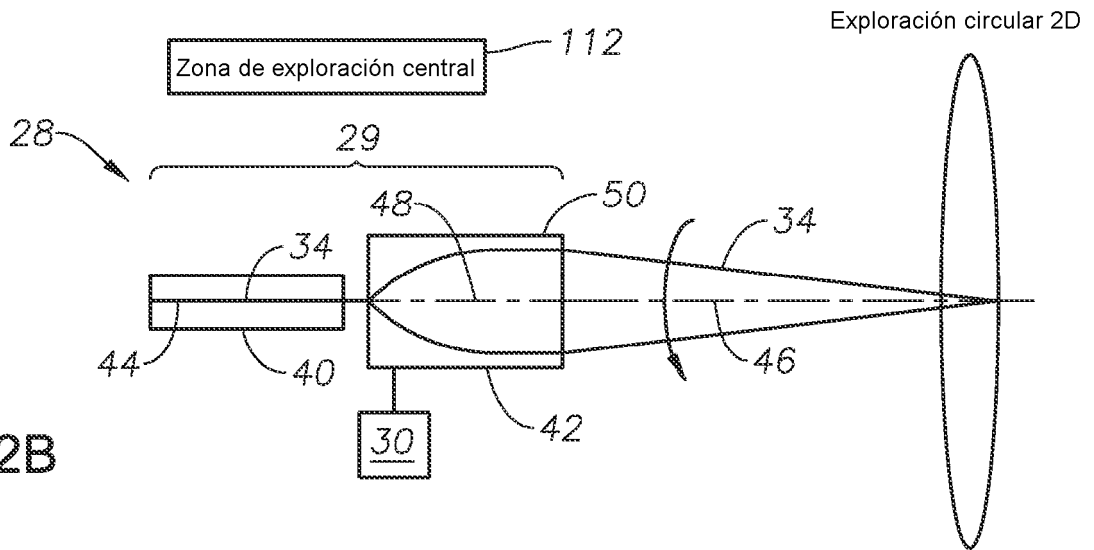


FIG. 2B

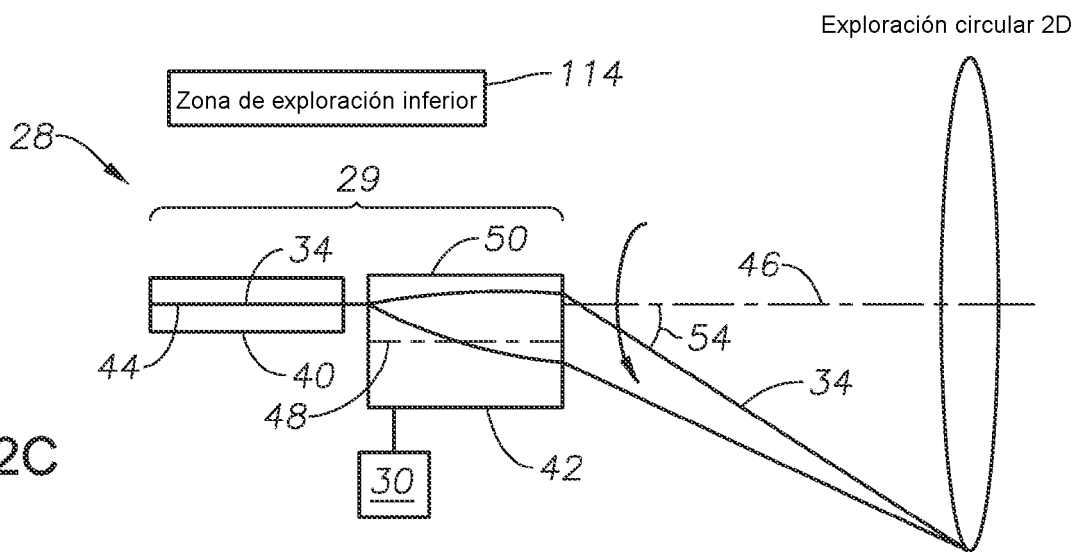


FIG. 2C



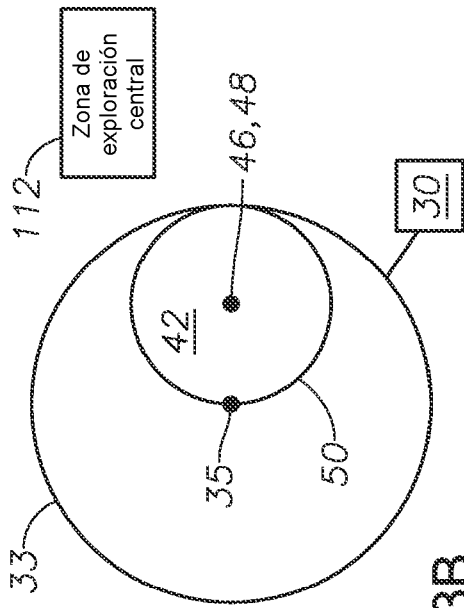


FIG. 3B

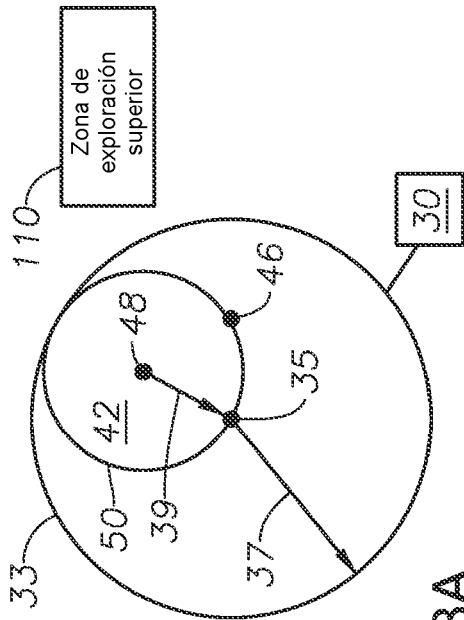


FIG. 3A

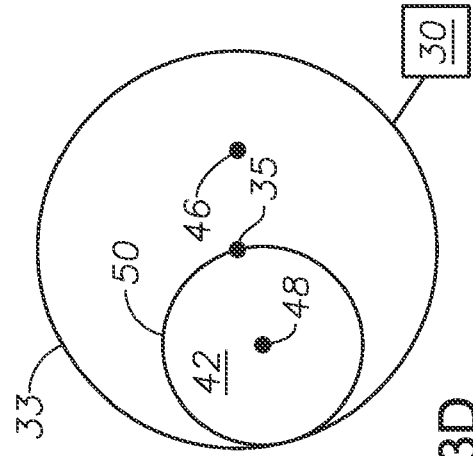


FIG. 3D

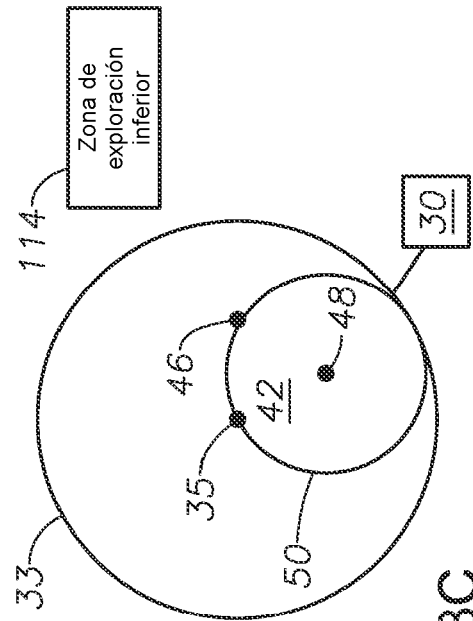


FIG. 3C