

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 002 664**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/26** (2006.01)

**G02B 23/24** (2006.01)

**G02B 23/26** (2006.01)

**A61B 5/00** (2006.01)

**G02B 27/09** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2018 E 18161608 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024 EP 3376270**

54 Título: **Sonda óptica y ensamblaje de la misma**

30 Prioridad:

**13.03.2017 US 201762470693 P**  
**16.01.2018 US 201815872625**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.03.2025**

73 Titular/es:

**GO!FOTON HOLDINGS, INC. (100.00%)**  
**28 World's Fair Drive**  
**Somerset, NJ 08873, US**

72 Inventor/es:

**TAKEUCHI, KENICHIRO y**  
**SATO, AKIMITSU**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 3 002 664 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

Sonda óptica y ensamblaje de la misma

Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de U.S. No. 62/470,693, presentada el 13 de marzo de 2017, y está relacionada con la patente de U.S. No. 9,069,122, presentada el 13 de marzo de 2013, y la solicitud provisional de U.S. No. 61/849,819, presentada el 12 de octubre de 2012.

Campo

10 La presente divulgación se refiere en general a dispositivos y sistemas ópticos y a métodos para su fabricación. En particular, la presente divulgación se refiere a la compensación del astigmatismo causado por un componente óptico de un dispositivo y sistema óptico, así como a ensamblajes para proporcionar funciones de detección óptica e iluminación dentro de estructuras internas.

Antecedentes

15 Los dispositivos y sistemas ópticos se utilizan a menudo para encaminar una señal óptica a través de ellos y emitir la señal óptica de modo que la señal óptica emitida se dirija hacia un objetivo. Por ejemplo, un dispositivo óptico puede utilizarse para encaminar la luz suministrada desde una fibra óptica a través de varios componentes ópticos, tales como lentes y otros elementos transparentes, por ejemplo, tubos de vidrio o plástico transparentes, del dispositivo, antes de emitir la luz de modo que la luz emitida se enfoque en una ubicación predeterminada externa al dispositivo.

20 En un dispositivo óptico, las propiedades ópticas de los componentes ópticos a través de los cuales pasa la luz o que reflejan o refractan la luz pueden determinar las características de transmisión de la luz emitida desde el dispositivo óptico. Como es bien sabido, la luz se compone de conjuntos de rayos que viajan en dos planos, conocidos como planos tangencial y sagital, que son ortogonales entre sí. Cuando la luz viaja a través de un componente óptico del dispositivo óptico, las propiedades ópticas y la geometría de las superficies exteriores del componente óptico pueden hacer que los dos planos de rayos de la luz emitida desde el componente óptico  
25 tengan diferentes líneas o puntos focales, lo que es una condición conocida como astigmatismo.

Un dispositivo óptico a menudo incluye un componente óptico para compensar el astigmatismo que se espera que sea causado por otro componente óptico del dispositivo, de modo que los dos planos de rayos que constituyen la luz emitida desde el dispositivo óptico puedan enfocarse en un mismo punto o línea focal. Por ejemplo, una sonda óptica que opera para emitir luz que tiene una línea de enfoque o cintura de haz en una  
30 ubicación objetivo externa a la sonda a veces incluye un tubo transparente a través del cual se emite la luz desde la sonda. El tubo de la sonda actúa como un lente óptico que causa astigmatismo en la luz que pasa a través de él. Por lo tanto, la sonda óptica incluye otro componente óptico, tal como un prisma óptico, a través del cual pasa la luz antes de que pase a través del tubo, y que provoca astigmatismo en la luz que compensa el astigmatismo que se espera que provoque el tubo. El astigmatismo provocado por el otro componente óptico,  
35 por lo tanto, proporciona la condición deseable de que la luz emitida desde la sonda óptica tenga un astigmatismo mínimo o nulo.

Existe una necesidad continua de un componente óptico que pueda compensar el astigmatismo provocado por otro componente óptico en un dispositivo óptico y donde el componente óptico pueda fabricarse con relativa  
40 facilidad y a bajo coste. El documento US 2012/243251 A1 se refiere a un dispositivo emisor de luz lateral. El dispositivo emisor de luz lateral está libre de variaciones y degradación en la calidad del haz y reducción en la confiabilidad causada por el adhesivo, puede producirse fácilmente y tiene un diámetro exterior pequeño para poder usarse en un vaso sanguíneo delgado y similares. El problema descrito anteriormente se resuelve mediante el dispositivo emisor de luz lateral, que incluye una fibra óptica, un lente de varilla fusionada a un extremo de la fibra óptica y un prisma que tiene una sección poligonal fusionada a una superficie de extremo  
45 distal del lente de varilla. El documento JP H11 56786 A busca permitir que un dispositivo de sonda se inserte en un canal de un endoscopio, para realizar de manera estable el escaneo de una luz de baja interferencia y para obtener un tomograma estable. Una cuarta fibra monomodo 9, que introduce una luz de baja interferencia en un árbol flexible hueco 45 insertado en el interior de una envoltura tubular insertable 42, se inserta en un canal de pinzas de un endoscopio, con el extremo posterior de la misma soportado de manera rotatoria junto  
50 con el árbol flexible 45 por una parte de conector 41. La parte del conector 41 está conectada con una junta rotatoria de luz, con lo que una rotación de un rotor se transmite por el árbol flexible 45 a un cuerpo extremo frontal 44 en su lado extremo frontal para irradiar la luz de baja interferencia introducida por la cuarta fibra monomodo 9 a un lado del tejido del organismo a través de un lente GRIN 51 y un micropisma 52, para escanear de manera estable la luz de baja interferencia radialmente mediante una rotación circunferencial, de  
55 modo que se pueda obtener un tomograma estable.

Breve resumen

La invención proporciona una sonda óptica como se define en la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas están definidas por las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

- 5 A modo de descripción únicamente, se describen en este documento realizaciones de la presente divulgación con referencia a las figuras adjuntas, en las que:
- La figura 1A es una vista en perspectiva de un ensamblaje óptico;
- La figura 1B es una vista en perspectiva del ensamblaje óptico de la figura 1A mostrado en relación con otro componente óptico;
- 10 La figura 2A es una vista en perspectiva de otro ensamblaje óptico con un componente óptico del mismo omitido;
- La figura 2B es una vista en perspectiva del ensamblaje óptico de la figura 2A mostrado incluyendo el componente óptico omitido de la figura 2A;
- La figura 3A es una vista en perspectiva de una placa de la que se ha cortado un prisma, de acuerdo con una realización de la presente divulgación;
- 15 La figura 3B es una vista en perspectiva del prisma cortado de la placa de la figura 3A;
- La figura 4A es una vista en perspectiva de una sonda óptica de acuerdo con una realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- La figura 4B es una vista en sección transversal de la sonda óptica de la figura 4A a lo largo de las líneas 4B-4B;
- 20 La figura 4C es una vista en sección transversal de una sonda óptica de acuerdo con otra realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- La figura 5A es una vista en perspectiva de una sonda óptica de acuerdo con otra realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- 25 La figura 5B es una vista en sección transversal de la sonda óptica de la figura 5A a lo largo de las líneas 5B-5B;
- La figura 6 es una vista en sección transversal de una sonda óptica de acuerdo con otra realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- La figura 7A es una vista en perspectiva de una sonda óptica de acuerdo con otra realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- 30 La figura 7B es una vista en sección transversal de la sonda óptica de la figura 7A a lo largo de las líneas 7B-7B;
- La figura 8A es una vista en perspectiva de una sonda óptica de acuerdo con una realización de la invención reivindicada;
- 35 La figura 8B es una vista en sección transversal de la sonda óptica de la figura 8A a lo largo de las líneas 8B-8B;
- La figura 9 muestra vistas laterales en sección transversal de una sonda óptica de acuerdo con otra realización de la invención reivindicada;
- La figura 10 es una vista en sección transversal de una porción distal de una sonda óptica de acuerdo con otra realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- 40 La figura 11A es una vista en perspectiva de un ensamblaje de componentes ópticos de acuerdo con otra realización que no forma parte de la invención reivindicada;
- La figura 11B es una vista en sección transversal del ensamblaje de componentes ópticos de la figura 8A a lo largo de las líneas 8B-8B; y
- 45 Las figuras 12 y 13 son vistas en sección transversal de porciones de respectivos sistemas ópticos en uso en el sistema vascular de un paciente.

Descripción detallada

En las figuras 1A-3B se utiliza un sistema de coordenadas x-y-z que tiene ejes x, y y z mutuamente ortogonales y se hace referencia a él en la descripción a continuación para describir la configuración de los componentes ópticos de la presente divulgación, donde los ejes x, y, z forman los planos x-y, x-z e y-z. Además, se hace referencia a las líneas axiales x, y y z para describir las características estructurales de un componente óptico que se extiende en una dirección paralela a o a lo largo de los ejes x, y y z, respectivamente.

Se describe un ensamblaje óptico 50 con referencia a las figuras 1A y 1B. El ensamblaje óptico 50 incluye una fibra óptica 5, un sistema de lentes ópticas 10 y un componente óptico o prisma 20. El sistema de lentes 10 puede incluir una o más lentes ópticas (no mostradas) que transmiten la luz suministrada desde la fibra óptica 5 al componente óptico 20. El componente óptico 20 está acoplado al sistema de lentes 10 en una interfaz óptica 15. La interfaz óptica 15 está formada por una superficie plana 17 del sistema de lentes 10 que mira y está en contacto con una superficie plana 29 del componente óptico 20. El componente óptico 20 está hecho de un material transparente, tal como plástico o vidrio, y está configurado en forma de un prisma que tiene superficies dispuestas para reflejar y luego emitir luz suministrada desde el sistema de lentes 10 en una dirección predeterminada.

Con referencia nuevamente a las figuras 1A-1B, el componente óptico 20 tiene la forma de un prisma triangular que incluye la superficie plana 29, una superficie plana 27 y una superficie plana 25. La superficie 29 se extiende en un plano paralelo al plano x-y. La superficie 25 se extiende en un plano paralelo al plano x-z. La superficie 27 y la superficie 29 definen un ángulo  $\theta$ , por ejemplo, 45 grados, entre ellas.

A continuación se describe el efecto que tiene el componente óptico 20 sobre la luz que pasa a través del componente óptico 20 y luego se emite desde el componente óptico 20 en la superficie 25. Para simplificar, se supone que un haz de luz I suministrado desde la fibra 5 al sistema de lentes 10 es transmitido por el sistema de lentes 10 de modo que el haz de luz I viaja en la dirección del eje z cuando incide sobre la superficie 29 del componente óptico 20, y que el haz de luz I que incide sobre la superficie 29 del componente óptico 20 no tiene astigmatismo. El haz de luz I que incide sobre la superficie 29 viaja a través del componente óptico 20 en la dirección del eje z hasta la superficie plana 27. Con base en el ángulo de incidencia del haz de luz I en la superficie 27, que forma un ángulo  $\theta$  con respecto a la superficie 29, la superficie 27 refleja el haz I en la dirección R, donde la dirección R está generalmente en la dirección del eje y, hacia la superficie 25. El haz de luz reflejado I se emite entonces desde el componente óptico 20 en la superficie 25. Se supone además que el haz de luz reflejado I que se emite en la superficie 25 no tiene astigmatismo.

El haz de luz I que se emite desde el componente óptico 20 en la superficie 25 se forma a partir de rayos que viajan en los planos ortogonales x-y e y-z, como se representa mediante las formas planas A, B, respectivamente. Como se muestra en la figura 1A, dado que la superficie 25 es plana, es decir, no curva, las cinturas del haz j, i, es decir, la ubicación en la que el tamaño del punto del haz es mínimo, en el plano x-y (forma plana A) y el plano y-z (forma plana B), respectivamente, están en la misma posición.

El posicionamiento de un elemento transparente 40, por ejemplo, un lente, en el trayecto de la luz emitida desde el componente óptico 20 en la superficie 25 puede tener un efecto sobre la luz emitida, donde el efecto depende de la forma y las propiedades ópticas del elemento 40. Como se muestra en la figura 1B, un elemento transparente 40, tal como un lente cóncavo que tiene superficies 30 y 32 con forma cóncava, puede posicionarse sobre la superficie 25 del componente óptico 20 de manera que la luz reflejada emitida en la superficie 25 pase a través de la superficie 30, la porción 31 del lente 40 entre las superficies 30 y 32, y luego se emita desde el elemento 40 en la superficie 32. Como se muestra en la figura 1B, después de que la luz emitida en la superficie 25 pasa a través del lente cóncavo 40, la cintura del haz i en el plano y-z (forma B) está más cerca de la superficie 25 que la cintura del haz j en el plano x-y (forma A).

El efecto que un lente, que tiene superficies curvas, tal como el lente cóncavo 40, y es externa a un primer componente óptico de un dispositivo óptico, y a través de la cual pasa la luz emitida desde el primer componente óptico, tiene sobre la luz emitida desde el primer componente óptico, se puede compensar haciendo que la luz pase a través de otro segundo componente óptico con una superficie curva, es decir, otro lente, del dispositivo óptico antes de que la luz se emita desde el primer componente óptico del dispositivo óptico hacia el lente externa. Como se discutió anteriormente (véase figura 1B), la forma curva de las superficies 30 y 32 del lente 40 puede hacer que la luz emitida desde el componente óptico 20 tenga astigmatismo.

Al proporcionar otro segundo componente óptico en forma de un lente con superficies curvas a través de las cuales pasa la luz antes de ser emitida desde un primer componente óptico de un dispositivo óptico hacia un lente externo, se puede provocar astigmatismo en la luz emitida desde el primer componente óptico para compensar el astigmatismo provocado por el lente externo, de modo que la luz emitida en última instancia desde un sistema óptico que incluye el dispositivo óptico y el lente externo tenga un astigmatismo mínimo o nulo.

En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, como se muestra en las figuras 2A-2B, un ensamblaje óptico 100 incluye un componente óptico 150 que tiene una superficie cóncava 155. El ensamblaje óptico 100 es sustancialmente similar al ensamblaje óptico 50 con la excepción de que el componente óptico

20 ha sido reemplazado por el componente óptico 150. El ensamblaje óptico 100 incluye fibra óptica 5 y sistema de lentes ópticas 10, como en el ensamblaje óptico 50, y el componente óptico 150. El componente óptico 150 es similar al componente óptico 20 con la excepción de que el componente óptico 150 incluye la superficie cóncava 155 en lugar de la superficie plana 25. El componente óptico 150 está acoplado al sistema de lentes 10 en la interfaz óptica 15, que está formada por la superficie plana 17 que entra en contacto con la superficie plana 29 del componente óptico 150.

La superficie cóncava 155 es una curva plana definida entre un primer borde 163, que se extiende en una dirección de una línea axial  $x_1$ , y un segundo borde 165, que se extiende en una dirección de una línea axial  $x_2$ . La curva plana de la superficie 155 se extiende en una dirección negativa del eje y desde cada uno de los primeros y segundos bordes 163, 165, formando una superficie cóncava que se abulta hacia dentro en una dirección que se aleja de un plano x-z imaginario V, que se extiende a través de los bordes 163, 165 del componente 150. La superficie cóncava 155 tiene una dimensión longitudinal que se extiende en una dirección del eje x y una línea axial  $x_3$  se extiende a través de puntos de mayor profundidad a lo largo de la longitud longitudinal de la superficie cóncava 155. En algunas realizaciones del componente óptico 150, el borde 163 de la superficie cóncava 155 es también el borde de la superficie plana 29 de modo que la superficie cóncava 155 y la superficie plana 29 comparten un borde común que se extiende en línea recta, y el borde 165 de la superficie cóncava 155 es también el borde de la superficie plana 27 de modo que la superficie cóncava 155 y la superficie plana 27 comparten un borde común que se extiende en línea recta. De modo similar al ensamblaje óptico 50, cuando un haz de luz I incide sobre la superficie 27 del componente óptico 25 del ensamblaje 100, el haz de luz entra y pasa a través del componente 150 y es reflejado por la superficie 27 en la dirección R generalmente en la dirección del eje y y hacia la superficie cóncava 155.

Como se muestra en la figura 2A, la superficie cóncava 155 está adaptada de tal manera que la luz emitida desde el componente óptico 150 en la superficie 155 tiene las características de que la porción de la luz emitida que está en el plano y-z (representada por la forma plana C) tiene una cintura de haz k que está a una primera distancia D1 del plano x-z imaginario V, y la porción de la luz emitida que está en el plano x-y (representada por la forma plana D) tiene una cintura de haz 1 que está a una segunda distancia D2 del plano V, donde la primera distancia D1 es mayor que la segunda distancia D2. En particular, la porción de la luz emitida en el plano x-y (representada por la forma plana D) se propaga alejándose de la superficie 155 como una porción de haz convergente que converge hacia la cintura del haz 1 en la segunda distancia D2, y luego se propaga como una porción de haz divergente desde la segunda distancia D2 hasta distancias mayores que la segunda distancia D2 desde el plano V. En otras palabras, la porción de la luz emitida que está en el plano x-y (representada por la forma plana D) se propaga como una porción de haz divergente, es decir, que se ensancha, a medida que aumenta la distancia que la porción de haz se propaga alejándose desde una distancia D2 desde la superficie 155. La porción de la luz emitida en el plano y-z (representada por la forma plana C) se propaga alejándose de la superficie 155 como una porción de haz convergente que converge a una cintura de haz k después de propagarse una primera distancia D1 desde el plano V, que es una distancia mayor desde la superficie 155 que la distancia que la porción de la luz emitida en el plano x-y (representada por la forma plana D) se propaga antes de converger a la cintura de haz 1. La primera distancia D1 desde el plano V en la que se ubica la cintura de haz k de la porción en el plano y-z es una función de la concavidad de la superficie 155, de modo que cuanto mayor sea la concavidad de la superficie 155 en la dirección del eje y negativo, mayor será la primera distancia D1. Por el contrario, cuanto menor sea la concavidad de la superficie 155 en la dirección del eje y negativo, menor será la primera distancia D1.

El grado de concavidad de la superficie 155 puede seleccionarse en vista de la curvatura de las superficies de un componente óptico externo, tal como las superficies 30, 32 del componente 40, a través de las cuales debe pasar la luz emitida en la superficie 155, de modo que la luz emitida desde el componente óptico 150 y que luego pasa a través del componente externo 40 se emita desde el componente 40 con un astigmatismo mínimo o nulo.

Como se muestra en la figura 2B, el componente 150 puede estar provisto de la superficie curva 155 de modo que las cinturas del haz k, 1 en el plano y-z (forma plana C) y en el plano x-y (forma plana D) respectivamente del haz de luz I emitido desde el lente 40 estén a la misma distancia del plano imaginario V.

Durante el uso, el ensamblaje óptico 100 puede usarse para iluminar objetos o estructuras. Los usos médicos del ensamblaje óptico 100 pueden incluir la iluminación de estructuras corporales internas durante un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo. El ensamblaje óptico 100 puede estar adaptado de manera que el tamaño del punto del haz de luz emitido desde el ensamblaje 100 pueda corresponderse con las estructuras que se desean iluminar. En una realización, el haz de luz emitido desde el ensamblaje 100 puede ser elíptico y tener un tamaño de punto de aproximadamente entre 5 y 100  $\mu\text{m}$ . En una realización que no forma parte de la invención reivindicada, el ensamblaje 100 puede estar adaptado para proporcionar que el tamaño del punto del haz de luz emitido pueda facilitar la iluminación e identificación de células particulares, por ejemplo, células cancerosas.

Un método de fabricación del componente óptico 150 se describe con referencia a las figuras 3A y 3B. Como se muestra en la figura 3A, se proporciona una placa P, por ejemplo, un vidrio o un polímero. El componente

5 óptico 150 se puede cortar a partir de la placa P. La forma del componente óptico 150 se forma cortando la forma deseada a partir de la placa P. Las superficies planas 27 y 29 se pueden formar utilizando una herramienta, tal como un láser u otro instrumento de corte, que corta en profundidad, en una dirección del eje x, en la placa P. Además, la superficie cóncava 155 se puede formar utilizando la misma herramienta y cortando en profundidad en la placa P, en una dirección del eje x, a lo largo de un radio de curvatura deseado G. La forma del componente óptico 150, por lo tanto, se puede formar completamente cortando solo en profundidad, en una dirección del eje x, en la placa P. La fabricación del componente óptico 150 se realiza fácilmente simplemente cortando en profundidad en la placa, y no hay necesidad de realizar ningún corte o conformación adicional después de la extracción del componente óptico 150 de la placa P, después de dicho corte.

10 Con referencia ahora a las figuras 4A y 4B, la sonda óptica 200 incluye generalmente fibra óptica 205, encapsulado 209, espaciador 210, primer componente óptico 220 que como en este ejemplo puede ser un lente GRIN, segundo componente óptico 250 que como en este ejemplo puede ser, pero no se limita a, un lente prismática, cubierta interior 260 que como en este ejemplo puede tener la forma de una envoltura o tubo, cubierta exterior 265 que como en este ejemplo puede tener la forma de una envoltura o tubo, y cubierta exterior 270 que como en este ejemplo puede tener la forma de una envoltura o tubo, y tapa de extremo 275.

20 La fibra óptica 205 puede ser, entre otras cosas, una fibra óptica convencional. La fibra óptica 205 puede estar formada por un núcleo, un revestimiento que rodea el núcleo y una cobertura 206 que rodea el revestimiento. La cobertura 206 puede ser un recubrimiento, tal como entre otros, un acrílico, uretano o epoxi, que en algunas disposiciones puede aplicarse y curarse sobre el revestimiento de la fibra óptica en el momento en que se fabrica la fibra. Una porción de la cobertura 206 puede retirarse para exponer el revestimiento. Una porción de fibra óptica cubierta 205 que incluye la porción de revestimiento expuesta de la fibra óptica 205 puede extenderse a través y estar rodeada circunferencialmente por el encapsulado 209 y en contacto con la superficie 210A del espaciador 210 que es sustancialmente perpendicular a un eje longitudinal definido por la fibra óptica 205. El encapsulado 209 puede estar hecho de un adhesivo, tal como, pero no limitado a, epoxi, de modo que al curarse la superficie exterior de la porción de fibra óptica 205 dentro del encapsulado 209 pueda adaptarse y mantenerse rígidamente mediante el encapsulado. De esta manera, el encapsulado 209 puede autoadherirse al espaciador 210 de modo que una superficie de extremo de la fibra óptica 205 se mantenga en contacto con la superficie 210A del espaciador. Además, la fibra óptica 205 preferiblemente puede fusionarse a la superficie 210A del espaciador 210, tal como calentando la fibra, antes de aplicar el encapsulado 209 sobre la fibra. En tales disposiciones, se puede retirar una porción de la cobertura 206 para exponer el revestimiento de la fibra óptica 205 y, después de fusionar la fibra a la superficie 210A del espaciador 210, se puede aplicar un recubrimiento 207 (véase, por ejemplo, la figura 8B), que puede ser, entre otros, un recubrimiento de epoxi, uretano, acrílico o poliimida, al revestimiento de la fibra óptica. En algunas de tales disposiciones, se puede aplicar una mayor cantidad de recubrimiento 207 cerca de la interfaz de la fibra óptica 205 y el espaciador 210, de modo que el recubrimiento sea más grueso en esa región que en cualquier otro lugar a lo largo del revestimiento recubierto de la fibra óptica (como se muestra en la figura 8B, por ejemplo). De esta manera, el extremo distal de la fibra óptica 205 puede tener un mejor soporte para evitar la separación de la fibra óptica del espaciador 210 durante velocidades de rotación más altas de la sonda óptica.

40 Como en el ejemplo mostrado, el espaciador 210 puede tener sustancialmente la forma de una varilla cilíndrica y puede ser transparente de modo que un haz de luz emitido por la fibra óptica 205 entre en el espaciador en la superficie 210A y pase a través del espaciador. En algunas disposiciones, el espaciador 210 puede estar hecho de vidrio, aunque no se limita a ello. El espaciador 210 y el primer componente óptico 220 pueden tener superficies de extremo complementarias, es decir, facetas, dispuestas en ángulos oblicuos respecto de cada uno de sus ejes longitudinales, lo que puede reducir la reflexión del haz de vuelta a la fibra óptica 205 a partir de un haz de luz emitido desde la fibra óptica. De esta manera, como se muestra, las superficies de extremo complementarias del espaciador 210 y del primer componente óptico 220 pueden estar en contacto entre sí. El primer componente óptico 220 y el espaciador 210 pueden estar unidos entre sí, tal como pero no limitado a, mediante un adhesivo, tal como pero no limitado a, epoxi, aplicado a lo largo de sus superficies de extremo complementarias o calentándolos para fusionar sus superficies de extremo complementarias.

50 El segundo componente óptico 250 puede ser sustancialmente el mismo que el componente óptico 150 descrito anteriormente en este documento y, por lo tanto, las características del segundo componente óptico 250 con numerales de referencia similares a los de las características del componente óptico 150 tienen esencialmente la misma forma y sirven esencialmente para el mismo propósito que las características correspondientes del componente óptico 150. De esta manera, un haz de luz emitido desde la fibra óptica 205 puede pasar a través del espaciador 210, pasar a través del primer componente óptico 220, ingresar al segundo componente óptico 250 a través de la primera superficie plana 229, reflejarse en la superficie plana en ángulo 227 y emitirse desde la superficie de salida 255, que puede ser una superficie cóncava como en el ejemplo mostrado o, alternativamente, una superficie plana, del segundo componente óptico. Un primer extremo del segundo componente óptico 250 que incluye y define una primera superficie 229 puede fijarse mediante un adhesivo 230, tal como mediante epoxi, a la superficie de interfaz óptica, es decir, la faceta 215, en un extremo del primer componente óptico 220 opuesto al extremo del primer componente óptico que tiene la superficie complementaria a la superficie de extremo en ángulo oblicuo del espaciador 210. En algunas disposiciones, la superficie en ángulo plana 227 puede recubrirse con un recubrimiento reflectante 231 para evitar la unión de

posibles contaminantes en la superficie en ángulo de modo que una interfaz de la superficie en ángulo y el recubrimiento reflectante proporcione una reflexión interna completa o sustancialmente completa de la luz que incide sobre la superficie en ángulo desde el interior del segundo componente óptico 250. Los posibles contaminantes pueden incluso incluir un recubrimiento adhesivo sobre el recubrimiento reflectante que puede usarse para añadir resistencia mecánica. El recubrimiento 231 puede ser una resina polimérica, que puede ser, entre otras cosas, una película delgada dieléctrica aplicada mediante un proceso conocido de deposición de película delgada, o una metalización aplicada mediante una técnica de evaporación conocida por los expertos en la materia. Dicho recubrimiento dieléctrico puede estar hecho, entre otras cosas, de un polímero o una combinación de polímeros, o, más preferiblemente, puede estar formado por capas apiladas, por ejemplo, capas alternadas, de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) u otro óxido metálico que puede depositarse, por ejemplo, mediante un proceso de evaporación para formar recubrimientos evaporados o un proceso de deposición física de vapor (PVD), tal como la pulverización catódica. En una disposición preferida, el recubrimiento dieléctrico puede incluir cuatro (4) capas alternadas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{TiO}_2$ . Los metales reflectantes adecuados para la metalización pueden ser, entre otros, aluminio, plata y oro. En algunas otras disposiciones, la superficie plana en ángulo 227 puede no estar recubierta cuando la superficie en ángulo está expuesta directamente al aire, y en dichas disposiciones la interfaz de la superficie en ángulo con el aire puede proporcionar una reflexión interna completa o sustancialmente completa de la luz que incide sobre la superficie en ángulo desde el interior del segundo componente óptico 250. Por lo tanto, el recubrimiento 231 puede proporcionarse de manera que la reflexión interna en la superficie plana en ángulo 227 sea la misma o sustancialmente la misma que cuando el recubrimiento está ausente y la superficie en ángulo está expuesta directamente al aire.

Como se muestra además en las figuras 4A y 4B, la cubierta interior 260 puede extenderse a lo largo de una longitud de y rodear circunferencialmente el encapsulado 209, el espaciador 210 y el primer componente óptico 220, así como una porción del segundo componente óptico 250. Como en el ejemplo mostrado, la cubierta interior 260 puede ser un tubo delgado que, en algunas disposiciones, puede estar formado por una resina polimérica tal como, pero no limitada a, tereftalato de polietileno (PET) que puede contraerse por calor para formar diversos componentes y un adhesivo tal como epoxi. La tubería de PET, cuando se utilizan, pueden estar recubiertos con un adhesivo en cualquier porción de la tubería que interactúe con otros componentes. De esta manera, la cubierta interior 260 puede adherirse a la totalidad o al menos a porciones de las superficies externas de cada uno del encapsulado 209, el espaciador 210 y el primer componente óptico 220 de manera que la cubierta interior pueda adaptarse a estos componentes. Como resultado, el encapsulado 209, el espaciador 210 y el primer componente óptico 220 pueden fijarse juntos y mantenerse en alineación axial a lo largo de un eje longitudinal común.

La cubierta exterior 265 puede fijarse o adherirse de otro modo a la cubierta interior 260, tal como mediante un adhesivo que puede ser, entre otros, un pegamento de alta resistencia, por ejemplo, epoxi curable por calor, un adhesivo a base de uretano o un adhesivo acrílico. La cubierta exterior 265 puede ser, entre otros, una bobina de torque para recibir y ejercer torque sobre todo el ensamblaje de la sonda óptica 200. De esta manera, la cubierta exterior 265 y, como resultado, la sonda óptica 200, pueden rotarse mediante un motor unido a alta velocidad hasta al menos 10,000 rpm. Para resistir estas velocidades de rotación, la cubierta exterior 265 puede tener múltiples capas de bobinas enrolladas, y preferiblemente dos (2) o más capas de dichas bobinas que pueden estar enrolladas en direcciones alternas. La cubierta exterior 265 puede estar hecha de metales, tal como acero inoxidable, entre otros.

Como se muestra, la cubierta exterior 265 puede extenderse a lo largo de solo una porción de la cubierta interior 260. De esta manera, el resto de la cubierta interior 260 puede fijarse a la tapa de extremo 275, como se muestra. La cubierta exterior 265 también puede fijarse a la tapa de extremo 275 mediante un adhesivo, tal como pero sin limitarse a, un epoxi. La tapa de extremo 275 puede moldearse mediante una resina polimérica, por ejemplo, una resina de alta viscosidad tal como pero sin limitarse a, un epoxi curable por calor, un adhesivo a base de uretano o un adhesivo acrílico. La tapa de extremo 275 puede extenderse distalmente desde su unión con la cubierta interior 260 hasta más allá del segundo componente óptico 250 de modo que la tapa de extremo rodee el segundo componente óptico 250 con la excepción de la abertura de la tapa 276. La abertura de la tapa 276 puede tener un diámetro suficientemente grande de modo que un haz de luz reflejado desde la superficie plana en ángulo 227 y que salga por la superficie de salida 255 del segundo componente óptico 250 pueda pasar a través de la tapa de extremo 275 sin obstrucciones. La abertura de la tapa 276 también puede tener un diámetro suficientemente pequeño de modo que la tapa de extremo pueda obstruir la salida del segundo componente óptico 250 de la abertura de la tapa en caso de que el segundo componente óptico se desprenda de su unión al primer componente óptico 220.

Como se muestra, el adhesivo 230 puede extenderse alrededor de una porción de una circunferencia de la primera superficie plana 229 del segundo componente óptico 250, cubriendo una porción de una o más superficies laterales 228, la superficie plana en ángulo 227 y la superficie de salida 255 que se extienden desde el segundo componente óptico. Como se muestra en la figura 4B, el adhesivo 230 puede extenderse hasta una superficie interior de la cubierta interior 260 de manera que el adhesivo 230 esté unido por el segundo componente óptico 250 y la cubierta interior. De esta manera, la cubierta interior 260 puede proporcionar un soporte adicional para mantener la posición del segundo componente óptico 250 contra el primer componente

óptico 220, especialmente en respuesta a fuerzas de corte que pueden impartirse sobre el segundo componente óptico durante la rotación a alta velocidad de la sonda óptica 200.

5 En algunas disposiciones, como se muestra, la cubierta exterior 270 puede extenderse a lo largo de solo una porción de la cubierta exterior 265 y a lo largo de solo una porción de la tapa de extremo 275 en su diámetro máximo. Como se muestra además, la cubierta exterior 270 puede cubrir la abertura de la tapa 276. De esta manera, la cubierta exterior 270 puede proporcionar una barrera adicional para evitar que el segundo componente óptico 250 salga por la abertura de la tapa 276 en caso de que el segundo componente óptico se desprenda de su unión al primer componente óptico 220. La cubierta exterior 270 puede ser lo suficientemente delgada como para que la cubierta no actúe como un lente para enfocar o dispersar de manera no deseada la luz que sale por la superficie de salida 255 del segundo componente óptico 250 que pasa a través de la cubierta, es decir, de manera que la cubierta cause poco o ningún "efecto de lente", como saben los expertos en la materia.

15 Como se muestra en la figura 4C, en una disposición alternativa, la sonda óptica 200A puede ser la misma o sustancialmente la misma que la sonda óptica 200 con la excepción de que la sonda óptica 200A puede incluir el adhesivo 230A en lugar del adhesivo 230. A diferencia del adhesivo 230, el adhesivo 230A puede cubrir sustancialmente el segundo componente óptico 250 y estar además unido por la tapa de resina 275. En tales disposiciones en las que el adhesivo 230A rodea la superficie en ángulo 227 del segundo componente óptico 250, el segundo componente óptico puede incluir un recubrimiento reflectante 231 que cubre la superficie en ángulo para proporcionar una reflexión interna completa o sustancialmente completa de la luz en la superficie en ángulo del segundo componente óptico.

25 Con referencia ahora a las figuras 5A y 5B, la sonda óptica 300 puede ser sustancialmente la misma que la sonda óptica 200 con la excepción de que la sonda óptica 300 puede incluir una cubierta exterior 365 y una tapa de extremo 375 en lugar de la cubierta exterior 265 y la tapa de extremo 275, respectivamente. La cubierta exterior 365 puede ser sustancialmente la misma que la cubierta exterior 265 con la excepción de que la cubierta exterior 365 puede incluir una pluralidad de orificios 367A, 367B para insertar un adhesivo tal como, pero sin limitarse a, un adhesivo epoxi, de uretano o acrílico. La tapa de extremo 375 puede ser sustancialmente la misma que la tapa de extremo 275 con la excepción de que la tapa de extremo 375 puede no entrar en contacto con la cubierta interior 260. En cambio, la tapa de extremo 275 puede estar moldeada a presión o pegada en la cubierta exterior 365 de manera que la tapa de extremo pueda mantenerse en posición durante la traslación y la rotación a alta velocidad de la sonda óptica 300.

35 Como se muestra en la figura 6, la sonda óptica 400 puede ser sustancialmente la misma que la sonda óptica 200 con la excepción de que la sonda óptica 400 puede incluir una cubierta interior 460, una cubierta exterior 465, una tapa de extremo 475 y un adhesivo 430 en lugar de la cubierta interior 260, la cubierta exterior 265, la tapa de extremo 275 y el adhesivo 230, respectivamente. La cubierta interior 460 puede ser sustancialmente la misma que la cubierta interior 260 con la excepción de que la cubierta interior 460 puede extenderse únicamente a lo largo de porciones del encapsulado 209 y del espaciador 210. La cubierta exterior 465 puede ser sustancialmente la misma que la cubierta exterior 265 con la excepción de que la cubierta exterior 465 puede tener una cara de extremo 466 que rodea circunferencialmente al espaciador 210 y que está dispuesta en un ángulo oblicuo con respecto al eje longitudinal de la fibra óptica 205. La tapa de extremo 475 puede ser sustancialmente la misma que la tapa de extremo 275 con la excepción de que la tapa de extremo 475 puede extenderse proximalmente para rodear circunferencialmente el espaciador 210 y puede tener una cara de extremo 476 que sea complementaria a la cara de extremo 466 de la cubierta exterior 465. Alternativamente, la cubierta exterior puede extenderse más en una dirección distal hasta el primer componente óptico 220 y la tapa de extremo puede tener una longitud correspondiente más pequeña. En cualquiera de las alternativas, se puede aplicar adhesivo 430, como se muestra, para extenderse proximalmente de manera que el adhesivo se encuentre y se una a la cubierta interior 460. De esta manera, el adhesivo 430 puede proporcionar un soporte aún mayor del segundo componente óptico 250 durante la traslación y la rotación a alta velocidad de la sonda óptica 400. En algunas disposiciones alternativas, la cubierta interior puede extenderse hasta el primer componente óptico 220 y el adhesivo 430 puede extenderse proximalmente una distancia correspondientemente más corta para encontrarse y unirse a la cubierta interior mientras que aún proporciona un soporte adicional al segundo componente óptico 250.

45 Además, como se muestra, el adhesivo 430 puede llenar una porción sustancial de un espacio definido entre la tapa de extremo 475 y el primer componente óptico 220, proporcionando un soporte aún mayor del segundo componente óptico 250. En algunos casos en los que el adhesivo 430 rodea la superficie en ángulo 227 del segundo componente óptico 250, el segundo componente óptico puede incluir un recubrimiento reflectante 231 que cubre la superficie en ángulo para proporcionar una reflexión interna completa o sustancialmente completa de la luz en la superficie en ángulo del segundo componente óptico. Además, debido a las caras de extremo en ángulo complementarias 466, 476, la cubierta exterior 465 puede impartir torque sobre la tapa de extremo 475 durante la rotación de la cubierta exterior en dichas disposiciones.

60 Como se muestra en las figuras 7A y 7B, la sonda óptica 500 puede ser sustancialmente la misma que la sonda óptica 400 con la excepción de que la sonda óptica 500 puede incluir una cubierta exterior 565 y una tapa de

extremo 575 en lugar de la cubierta exterior 465 y la tapa de extremo 475, respectivamente. La cubierta exterior 565 puede ser sustancialmente la misma que la cubierta exterior 465 con la excepción de que la cubierta exterior 565 puede incluir una cara de extremo 566 que define un surco 567 en lugar de la cara de extremo 466. La tapa de extremo 575 puede ser sustancialmente la misma que la tapa de extremo 475 con la excepción de que la tapa de extremo 575 puede tener la cara de extremo 576 en lugar de la cara de extremo 476, en cuyo caso la cara de extremo 576 puede incluir la chaveta 577 que puede recibirse en el surco 567 de la cara de extremo 466 de la cubierta exterior 565. De esta manera, la cubierta exterior 565 puede impartir torque sobre la tapa de extremo 575 durante la rotación de la cubierta exterior.

Como se muestra en las figuras 8A y 8B, la sonda óptica 700 puede ser sustancialmente la misma que la sonda óptica 200 con la excepción de que la sonda óptica 700 puede no incluir el encapsulado 209 y la tapa de extremo 275, puede incluir una combinación de cubierta interior 760 y cubierta exterior 770 en lugar de una combinación de cubierta interior 260, tapa de extremo 275 y cubierta exterior 270, cubierta exterior 765 en lugar de cubierta exterior 265, fibra óptica 705 en lugar de fibra óptica 205, y primer adhesivo 730 en lugar de adhesivo 230, y adicionalmente puede incluir segundo adhesivo 735. La cubierta interior 760 puede ser sustancialmente la misma que la cubierta interior 260 con la excepción de que la cubierta interior 760 puede actuar como una funda que se extiende alrededor y solo a lo largo del espaciador 210 y el primer componente óptico 220. Al igual que la cubierta interior 260, la cubierta interior 760 puede extenderse distalmente más allá del primer componente óptico 220. La cubierta exterior 770 puede extenderse a lo largo y cubrir directamente una porción distal de la cubierta exterior 765, cubrir directamente una porción de la fibra óptica 705 (sin la cobertura 706) con la excepción del adhesivo que se puede aplicar entre la cubierta exterior y la fibra óptica como se analiza más adelante en este documento, cubrir directamente la totalidad de la cubierta interior 760 y cubrir directamente el segundo componente óptico 250. De esta manera, la cubierta exterior 770 puede ser el componente más externo en el extremo distal de la sonda óptica 700 en el que la cubierta exterior puede cubrir la mayor parte del extremo de la sonda óptica 700. Como se muestra, la cubierta exterior 770 puede definir una abertura en su extremo distal de modo que, a diferencia de la sonda óptica 200, la sonda óptica 700 puede estar expuesta a su entorno. De esta manera, la cubierta interior 760, una combinación de la cubierta interior, el espaciador 210 y el primer componente óptico 220, o una combinación de la cubierta interior, el espaciador, el primer componente óptico y el segundo componente óptico 250 pueden insertarse a través de la abertura definida en el extremo distal de la cubierta exterior. La cubierta exterior 765 puede ser sustancialmente la misma que la cubierta exterior 265 con la excepción de que la cubierta exterior 765 puede tener una cara de extremo distal 766 que rodea circunferencialmente la fibra óptica 705 (sin la cobertura 706). La cubierta exterior 765 puede definir un paso 767 en su extremo distal en el que la cubierta exterior 770 se extiende sobre el paso de manera que la cubierta exterior y la cubierta exterior forman una superficie exterior continua e ininterrumpida de la sonda óptica 700.

En algunas disposiciones, como se muestra en la figura 8B, el primer adhesivo 730, que puede ser, entre otros, un adhesivo epoxi, de uretano o acrílico, se puede aplicar a la misma región adyacente al primer componente óptico 220 y al segundo componente óptico 250, pero también se puede aplicar de manera distal y, en general, por debajo de la superficie en ángulo 227, que puede estar recubierta con un recubrimiento reflectante 231 (véase la figura 4B), del segundo componente óptico 250 y también se puede aplicar, como se muestra, para extenderse de manera proximal. De esta manera, el primer adhesivo 730 puede unir cualquiera de los siguientes elementos, o, como se muestra, todos ellos, la cubierta interior 760 al espaciador 210 y al primer componente óptico 220, la cubierta exterior 770 a la cubierta interior 760 y la cubierta exterior 770 a la cubierta exterior 765. Siguiendo con referencia a la figura 8B, la fibra óptica 705 (sin la cobertura 706) puede estar unida directamente al espaciador 210, o al primer componente óptico 220 en algunas disposiciones alternativas sin el espaciador, y puede tener un grosor tal que la cubierta exterior 770 esté separada de una superficie expuesta de la fibra óptica para formar una brecha definida por la superficie expuesta de la fibra óptica, la cubierta exterior, el espaciador (o alternativamente el primer componente óptico) y la cubierta exterior 765. De esta manera, esta brecha, que inicialmente durante la fabricación es una brecha de aire, permite la variación en cualquiera o ambas de la concentricidad de la fibra óptica 705 y el espaciador 210 y los diámetros de la fibra óptica y el espaciador.

Como se muestra, la totalidad de esta brecha puede llenarse con un segundo adhesivo 735, que puede ser, entre otros, un adhesivo epoxi, de uretano o acrílico, o en disposiciones alternativas, un material de relleno resiliente, por ejemplo, un polímero resiliente, con la excepción de que el primer adhesivo 730 puede aplicarse entre el segundo adhesivo y la cubierta exterior 770. Como en este ejemplo, el segundo adhesivo 735 o el material de relleno resiliente pueden ser más blandos, es decir, más compresibles, que el primer adhesivo 730. El uso de adhesivo en la brecha puede proporcionar soporte para la fibra óptica 705 durante la rotación de la sonda óptica 700. En disposiciones alternativas, la totalidad de la brecha puede llenarse con un segundo adhesivo 735 o el material de relleno resiliente, o la totalidad de la brecha puede llenarse con el primer adhesivo 730. En otras disposiciones más, la brecha puede no llenarse en absoluto, de modo que la brecha permanece como una brecha de aire. De esta manera, se pueden evitar las tensiones que pueden ser causadas por fuerzas desiguales que actúan en diversas regiones a lo largo de la interfaz de la fibra óptica 205 y el primer adhesivo 730 debido al relleno de la brecha cuando se utiliza el segundo adhesivo 735 o el material de relleno resiliente.

Con referencia a la figura 8B, al fabricar la sonda óptica 700, una porción distal de la fibra óptica 705 después de retirar la cobertura de fibra 706 de una porción de la fibra óptica se puede unir mediante un adhesivo o fusionar de otro modo a un extremo proximal del espaciador 210. Por ejemplo, un extremo distal de la fibra óptica 705 se puede fusionar preferiblemente al extremo proximal del espaciador 210 mediante soldadura u otro método de calentamiento elevado. En otro ejemplo, se puede aplicar un adhesivo alrededor de una circunferencia de la fibra óptica 705 y al espaciador 210 en el que el adhesivo también se puede aplicar entre el extremo distal de la fibra óptica y el espaciador o en el que se puede aplicar un recubrimiento antirreflectante a uno o ambos extremos distales de la fibra óptica y el espaciador. A continuación, el primer componente óptico 220 puede unirse mediante un adhesivo o fusionarse de otra manera, tal como mediante soldadura u otro método de calentamiento elevado, al espaciador 210 o al segundo componente óptico 250. A continuación, la cubierta exterior 765 puede deslizarse sobre las porciones retiradas y no retiradas de la fibra óptica 705. A continuación, la cubierta interior 760 puede deslizarse proximalmente sobre el espaciador 210 y el primer componente óptico 220 unidos, que en algunas disposiciones pueden tener un adhesivo, tal como el primer adhesivo 730, aplicado previamente a una o ambas superficies, de modo que un extremo proximal de la cubierta interior esté alineado con el espaciador 210. Una cantidad del primer adhesivo 730, que puede ser solo una gota, puede aplicarse al espaciador 210 o al primer componente óptico 220 a través del orificio 760A de la cubierta interior 760, en el ejemplo mostrado, el espaciador 210. A continuación, se puede aplicar un primer adhesivo adicional 730 sobre cualquiera o la totalidad de una superficie exterior de la cubierta interior 760, el paso 767 de la cubierta exterior 765 y una superficie interior de la cubierta exterior 770. A continuación, la cubierta exterior 770 se puede deslizar proximalmente sobre la cubierta interior 760 y sobre el paso 767 de la cubierta exterior 765, aunque en disposiciones alternativas la cubierta exterior y la cubierta interior se pueden formar como un componente monolítico integral en la misma forma que la combinación de la cubierta exterior 770 y la cubierta interior 760 que se muestra en las figuras 8A y 8B, de modo que el componente tiene diversas regiones escalonadas. La cubierta exterior 770 puede incluir un orificio 770A en el que la cubierta exterior puede estar preferiblemente posicionada de manera que el orificio esté posicionado axialmente entre un extremo distal de la cubierta exterior 765 y un extremo proximal de la cubierta interior 760. De esta manera, el paso 767 de la cubierta exterior 765 puede tener un tamaño tal que una porción proximal de la cubierta exterior 770 próxima al orificio 770A de la cubierta exterior pueda extenderse sobre el paso de la cubierta exterior de manera que la cubierta exterior y la cubierta exterior formen una superficie exterior continua e ininterrumpida de la sonda óptica 700.

Se puede aplicar un primer adhesivo adicional 730 o, preferiblemente, un segundo adhesivo 735 a través del orificio 770A y en la brecha definida por la superficie expuesta de la fibra óptica 705, la cubierta exterior 770, el primer componente óptico 220 y la cubierta exterior 765. En disposiciones alternativas de la sonda óptica 700 sin ninguno o ambos del orificio 760A de la cubierta interior 760 y el orificio 770A de la cubierta exterior 770, se puede aplicar adhesivo, respectivamente, a la combinación del espaciador 210 y el primer componente óptico 220 y a la brecha definida por la superficie expuesta de la fibra óptica 705, la cubierta exterior 770, el primer componente óptico 220 y la cubierta exterior 765.

En algunas disposiciones, la cubierta exterior 770 puede estar hecha, entre otras cosas, de metales, tal como acero inoxidable, y diversos polímeros, tal como entre otras cosas, poliimida. Cuando está hecha de acero inoxidable o poliimida, la cubierta exterior 770 puede mecanizarse en una forma deseada, tal como la que se muestra mejor en la figura 8A. En algunas disposiciones, la cubierta exterior 770 puede moldearse sobre la cubierta exterior 765. En algunas de dichas disposiciones, la cubierta exterior 770 y la cubierta interior 760 pueden ser un componente monolítico en forma de una única parte moldeada continua y además pueden tener la misma forma que la combinación de cubierta exterior 770 y cubierta interior 760 que se muestra en las figuras 8A y 8B. En algunas disposiciones alternativas, tal como para velocidades de rotación relativamente bajas que preferiblemente pueden ser menores o aproximadamente iguales a 3000 rpm, la cubierta exterior puede apoyarse en el extremo distal de la cubierta exterior en lugar de solapa con la cubierta exterior.

Con referencia ahora a la figura 9, la sonda óptica 800 puede ser sustancialmente la misma que la sonda óptica 700 con la excepción de que la sonda óptica 800 puede incluir además una tapa de extremo 875. En tal disposición, la tapa de extremo 875 puede estar unida al extremo distal de la sonda óptica 700. Como se muestra, la tapa de extremo 875 puede aplicarse en forma de una envoltura delgada transparente que puede rodear circunferencialmente una porción distal y el extremo distal de la cubierta exterior 770. Como en este ejemplo, la tapa de extremo 875 puede estar hecha, entre otras cosas, de tereftalato de polietileno (PET) u otros plásticos que pueden ser resistentes a líquidos y, en algunos casos, resistentes a la humedad, hasta una presión máxima experimentada en el torrente sanguíneo de un ser humano u otro ser vivo, como corresponda. Durante la fabricación de la sonda óptica 700, la sonda óptica 800 puede formarse aplicando resina PET alrededor de una porción distal y sobre el extremo distal de la cubierta exterior 770. La resina PET puede luego curarse mediante la aplicación de calor a la sonda óptica 700. De esta manera, la resina PET puede endurecerse y encogerse. Como se muestra, al encogerse, la resina PET curada puede formar secciones planas en regiones en las que la resina se aplica sobre orificios o aberturas, por ejemplo, sobre la abertura distal 777 definida por el extremo distal de la cubierta exterior 770 o sobre la abertura lateral 776 de la cubierta exterior 770. El grosor de la tapa de extremo 875 puede estar en el rango de preferiblemente aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ , y más preferiblemente aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ . De esta manera, se puede

evitar que los materiales líquidos y, en algunos casos, la humedad, entren en la cubierta exterior 770 a través de la abertura distal 777 o la abertura lateral 776, mientras que al mismo tiempo se puede minimizar la interferencia en las emisiones de luz a través de la tapa de extremo 875.

5 Como se muestra en la figura 10, la sonda óptica 900 puede ser sustancialmente la misma que la sonda óptica 800 con la excepción de que la sonda óptica 900 puede incluir la tapa de extremo 975 en lugar de la tapa de extremo 875. La tapa de extremo 975 puede ser sustancialmente la misma que la tapa de extremo 875 con la excepción de que una porción distal de la tapa de extremo 975 puede tener la forma de un tubo. Como se muestra, la porción tubular de la tapa de extremo 975 puede estrecharse en una dirección distal. En tales disposiciones, el adhesivo 976, que puede ser, entre otros, un adhesivo epoxi, de uretano o acrílico, se puede aplicar en un extremo distal de la tapa de extremo 975 de modo que el adhesivo proporcione una barrera completa a los líquidos que ingresan en la tapa de extremo. De esta manera, la tapa de extremo 975 puede proporcionar una barrera más fuerte configurada para resistir mayores fuerzas de compresión en el extremo distal de la sonda óptica 900 en relación con la tapa de extremo 875 de la sonda óptica 800.

15 Con referencia ahora a las figuras 11A y 11B, el segundo componente óptico 650 puede estar unido al primer componente óptico 220 como se muestra y puede usarse en lugar del segundo componente óptico 250. El segundo componente óptico 650 puede ser sustancialmente el mismo que el componente óptico 150 con la excepción de que el segundo componente óptico 650 puede tener una superficie plana truncada 629, una superficie plana truncada (angulada) 627 y una superficie de salida cóncava truncada 655 en lugar de la superficie plana 29, la superficie plana 27 y la superficie cóncava 155 del componente óptico 150 y además puede tener un perímetro más grande que el componente óptico 150 alrededor de un eje que se extiende en una dirección perpendicular a la superficie plana truncada 629 y que pasa a través de la superficie plana truncada 627. La superficie plana truncada 629 puede incluir cuatro bordes primarios 681-684 y cuatro bordes secundarios 686-689 que se extienden entre pares de cada uno de los bordes primarios. En la disposición mostrada, los cuatro bordes primarios 681-684 son de igual tamaño y los cuatro bordes secundarios 686-689 son de igual tamaño, aunque en disposiciones alternativas, estos bordes pueden tener tamaños diferentes de al menos algunos de sus bordes homólogos. Los extremos de cada uno de los cuatro bordes secundarios 686-689 pueden enfrentarse a puntos en el diámetro exterior del primer componente óptico 220 cuando el segundo componente óptico 650 está correctamente alineado con el primer componente óptico, de modo que la totalidad de un perfil del segundo componente óptico 650 se encuentra dentro de la superficie de interfaz óptica 215 del primer componente óptico. De esta manera, una abertura más grande, como se representa mediante el círculo inscrito 690, está formada por la superficie plana truncada 629 del segundo componente óptico 650 que la proporciona por la superficie plana 29 del componente óptico 150. Como resultado, más luz del primer componente óptico 220 puede ingresar al segundo componente óptico 650 en la superficie plana 629 que la que puede ingresar en la superficie 29 del componente óptico 150. Deseablemente, la superficie de salida truncada 655 puede tener una configuración truncada predeterminada con respecto a la superficie cóncava 155 del componente óptico 150, la superficie angulada truncada 627 puede tener una configuración truncada predeterminada con respecto a la superficie angulada 27, y la superficie de salida 655 puede tener una configuración cóncava predeterminada, para proporcionar que toda o sustancialmente toda la luz que ingresa en la superficie plana 629 salga del segundo componente óptico 650 en la superficie de salida 655 y para maximizar la cantidad de luz que sale del segundo componente óptico que ingresa al segundo componente óptico en la superficie plana 629.

45 Durante el uso, la sonda óptica 200, 300, 400, 500, 700, 800, 900 o cualquier sonda óptica similar que utilice un segundo componente óptico 650 en lugar del segundo componente óptico 250, se puede utilizar para iluminar objetos o estructuras. En algunas disposiciones, la sonda óptica 200 se puede utilizar para ciertos procedimientos médicos, incluyendo la iluminación de estructuras corporales internas, tal como puede ser necesaria para la tomografía de coherencia óptica (OCT) u otras técnicas de obtención de imágenes médicas, durante procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos. Durante dichos procedimientos, la sonda óptica 200, 300, 400, 500, 700, 800, 900 se puede mover a lo largo de estructuras corporales internas, por ejemplo, un vaso sanguíneo, a través de un catéter, que puede ser tubería de catéter, preferiblemente sin fricción con el catéter y que se hace rotar mediante una junta rotatoria u otra conexión mecánica. La sonda óptica 200, 300, 400, 500, 700, 800, 900 puede estar configurada de tal manera que el tamaño del punto de un haz de luz emitido desde la sonda pueda corresponderse con las estructuras que se desean iluminar. En una disposición, el haz de luz emitido desde la sonda 200, 300, 400, 500, 700, 800, 900 puede ser elíptico y tener un tamaño de punto de aproximadamente entre 5 y 100  $\mu\text{m}$ . En una realización, la sonda 200, 300, 400, 500, 700, 800, 900 puede estar configurada de tal manera que el tamaño del punto del haz de luz emitido facilite la iluminación e identificación de células particulares, por ejemplo, células cancerosas.

60 Con referencia a la figura 12, en un ejemplo, la sonda óptica 200, 800, 900 puede ser parte de un sistema óptico respectivo 1000A, 1000B, 1000C en el que la sonda óptica respectiva puede insertarse en un tubo del catéter 1010 y en el que la sonda óptica respectiva puede estar unida al ensamblaje conector y motor 1020. El ensamblaje conector y motor 1020 puede incluir un conector óptico 1025 para transmitir un haz de luz a la sonda óptica respectiva 200, 800, 900. El ensamblaje conector y motor 1020 puede suministrar además una fuerza rotacional a la cubierta exterior 765 para provocar una rotación del segundo componente óptico 250, 650 unido. De esta manera, en el ejemplo, la sonda óptica 200, 800, 900 puede facilitar la iluminación de la

arteria 99 para identificar anomalías de la arteria como se ha comentado anteriormente. La sonda óptica 200 incluye una cubierta exterior 270 y la sonda óptica 800, 900 incluye una tapa de extremo respectiva 875, 975, de modo que la sonda óptica puede operar en un entorno líquido o húmedo, tal como en el ejemplo que se muestra en el que se añade líquido de lavado al catéter 1010 a través del tubo lateral 1012 del catéter.

- 5 Con referencia ahora a la figura 13, en otro ejemplo, la sonda óptica 200, 300, 400, 500, 700, 800, 900 puede ser parte de otro sistema óptico sustancialmente similar al sistema óptico 1000A, 1000B, 1000C con la excepción de que este sistema alternativo puede incluir el catéter 1110 en lugar del catéter 1010. El catéter 1110 puede ser sustancialmente el mismo que el catéter 1010 con la excepción de que el catéter 1110 incluye la punta 1111, que como se muestra puede ser puntiaguda, que separa el sistema óptico del líquido o de otro modo del entorno húmedo de la arteria 99 exterior al catéter y generalmente no incluye un tubo lateral tal como el tubo lateral 1012 del catéter 1010.

- 10 Se debe entender además que la divulgación expuesta en este documento incluye cualquier combinación posible de las características particulares expuestas anteriormente, ya sea que se divulguen específicamente en este documento o no. Por ejemplo, cuando se divulga una característica particular en el contexto de un aspecto, disposición, configuración o realización particular, esa característica también se puede utilizar, en la medida de lo posible, en combinación con y/o en el contexto de otros aspectos, disposiciones, configuraciones y realizaciones particulares de la tecnología, y en la tecnología en general.

- 15 Además, aunque la tecnología en este documento se ha descrito con referencia a realizaciones particulares, se debe entender que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios y aplicaciones de la presente tecnología. Por lo tanto, se debe entender que se pueden realizar numerosas modificaciones a las realizaciones ilustrativas y que se pueden idear otras disposiciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

- 20 Además, la divulgación anterior debe tomarse a modo de ilustración en lugar de a modo de limitación, ya que la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Una sonda óptica (700, 800) que comprende:  
un ensamblaje de fibra óptica que incluye una fibra óptica (705);  
5 un ensamblaje de lente óptica que incluye un primer lente (220) que tiene una primera superficie de extremo del lente y un segundo lente (250, 650) que tiene una segunda superficie de extremo del lente enfrentada a la primera superficie de extremo del lente, una segunda superficie en ángulo de lente generalmente plana (227, 627), y una segunda superficie de salida de lente (255, 655) dispuesta de tal manera que la luz reflejada por la segunda superficie en ángulo de lente se dirige hacia la segunda superficie de salida de lente,  
10 en donde la segunda superficie de extremo del segundo lente está unida a la primera superficie de extremo del lente mediante un primer adhesivo (730),  
en donde la segunda superficie de extremo del lente está dispuesta en un ángulo predeterminado con respecto a la segunda superficie en ángulo del lente de modo que un haz de luz que entra en el segundo lente en la segunda superficie de extremo del lente se refleja en la segunda superficie en ángulo del lente, y  
en donde el segundo lente es un lente prismático; y  
15 una primera cubierta (760, 770) unida y que rodea circunferencialmente el ensamblaje de fibra óptica, caracterizado porque:  
el primer adhesivo (730) o un segundo adhesivo (735) une el primer lente a la primera cubierta, y porque el primer adhesivo (730) rodea al menos parcialmente circunferencialmente la segunda superficie de extremo del lente y está delimitado por la primera cubierta.  
20 2. La sonda óptica de la reivindicación 1, en donde el primer lente y el segundo lente están configurados de manera que un haz de luz que sale del primer lente por la superficie de extremo del primer lente entra en el segundo lente por la superficie de extremo del segundo lente.  
3. La sonda óptica de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la superficie de salida del segundo lente es una superficie cóncava que se curva hacia adentro hacia el interior del segundo lente.  
25 4. La sonda óptica de la reivindicación 2 o 3, en donde el primer lente es un lente GRIN, además la sonda óptica que comprende una varilla espaciadora de vidrio (210) posicionada dentro de la primera cubierta entre el lente GRIN y la fibra óptica.  
5. La sonda óptica de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende además una envoltura (875), en donde la fibra óptica define un eje longitudinal, en donde la primera cubierta define una abertura (776) desplazada radialmente respecto del eje longitudinal y superpuesta a la superficie de salida del segundo lente, y en donde la envoltura cubre la abertura.  
30 6. La sonda óptica de la reivindicación 5, en donde al menos una porción de la envoltura que cubre la abertura es plana.  
7. La sonda óptica de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una segunda cubierta (765) que se superpone o se solapa a la primera cubierta.  
35 8. La sonda óptica de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera cubierta incluye una funda interior (760) y una funda exterior (770) unida a la funda interior y rodeándola circunferencialmente.  
9. La sonda óptica de la reivindicación 8, en donde la primera cubierta incluye además una bobina de torque (765) unida a la funda exterior.  
40 10. La sonda óptica de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde  
el primer lente (220) tiene una primera superficie de extremo del lente generalmente plana (215) que define un borde ovalado; y  
el segundo lente (650) tiene cuatro bordes primarios (681, 682, 683, 684) y al menos dos bordes secundarios (686, 687, 688, 689) que conectan pares de los bordes primarios, cada uno de los bordes primarios se extiende  
45 sustancialmente en una línea recta entre dos puntos espaciados en el borde ovalado del primer lente,  
en donde el primer lente y el segundo lente están configurados de tal manera que un haz de luz que sale del primer lente en la primera superficie de extremo del lente entra en el segundo lente en la segunda superficie de extremo del lente (629).

11. La sonda óptica de la reivindicación 10, en donde al menos uno de los bordes secundarios de la segunda superficie de extremo del lente está curvado.
12. La sonda óptica de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera cubierta rodea sustancialmente el primer y el segundo lente.
- 5 13. La sonda óptica de la reivindicación 12, que comprende además una segunda cubierta (765) que se solapa a la primera cubierta.
14. La sonda óptica de la reivindicación 13, en donde la segunda cubierta es una bobina de torque configurada para ejercer un torque tal que el segundo lente rota alrededor de un eje longitudinal definido por la fibra óptica.

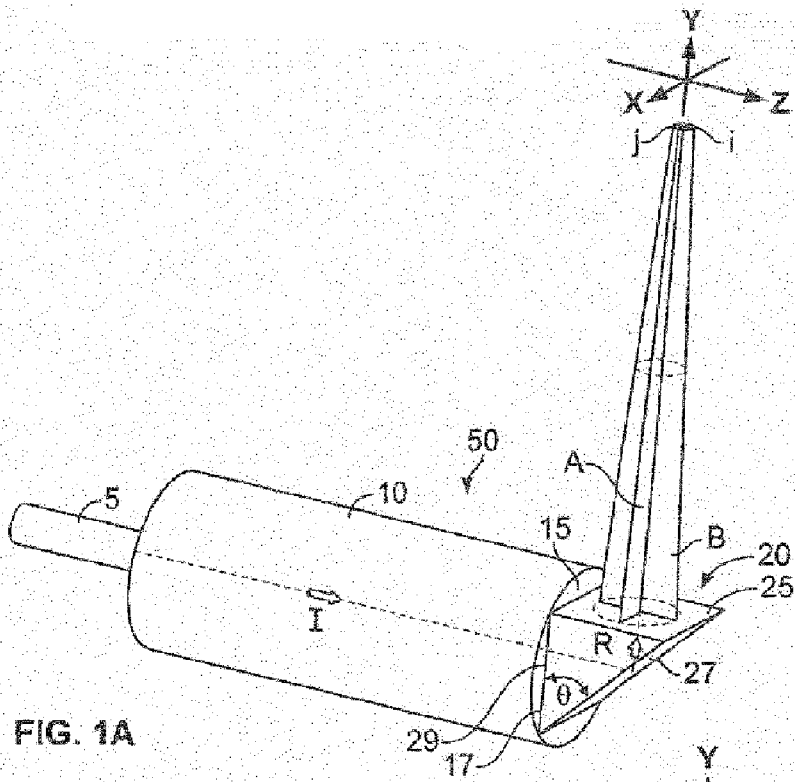


FIG. 1A

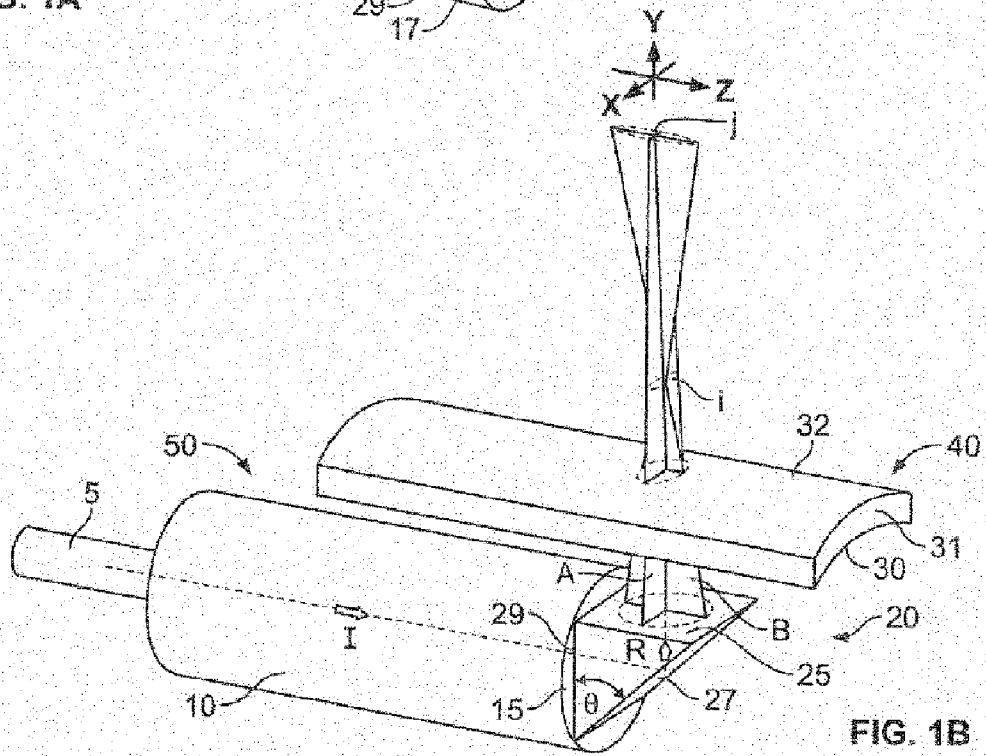


FIG. 1B



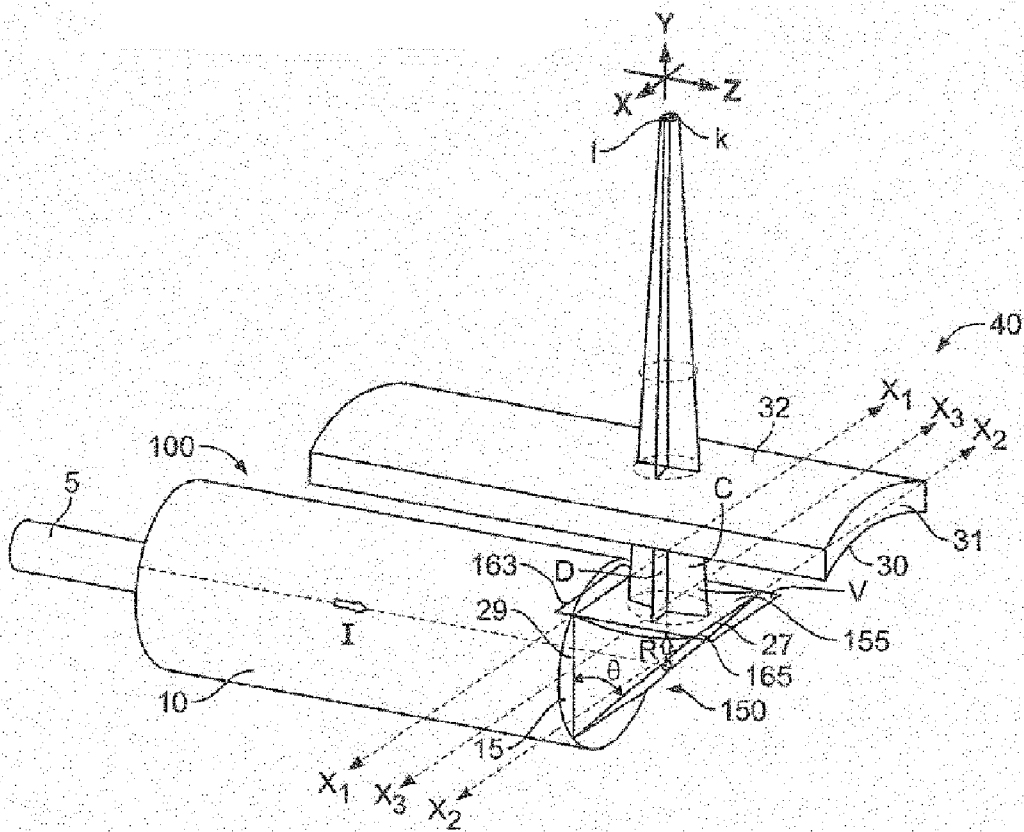


FIG. 2B

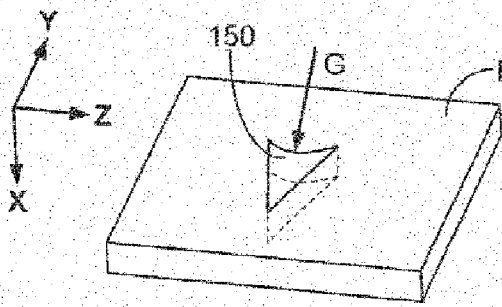


FIG. 3A

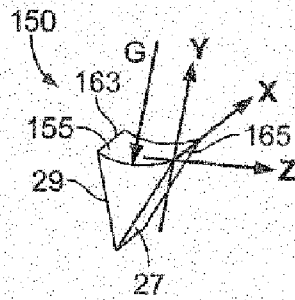


FIG. 3B

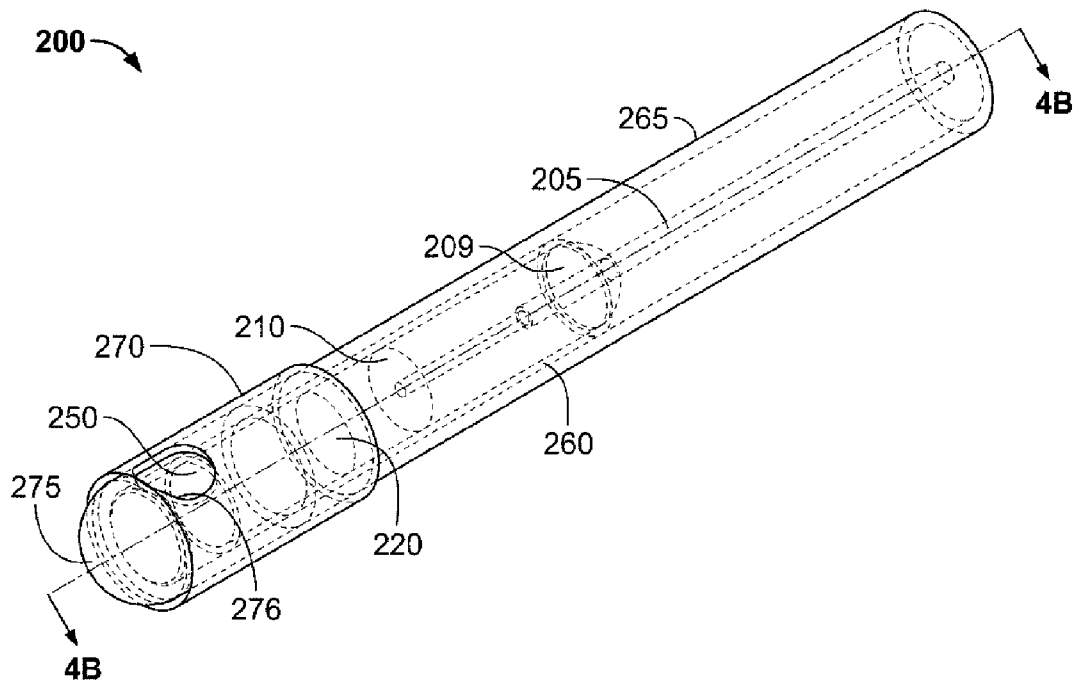


FIG. 4A

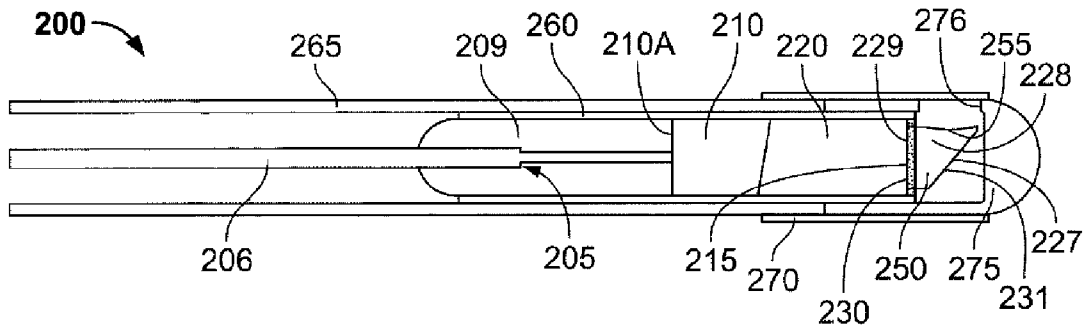


FIG. 4B

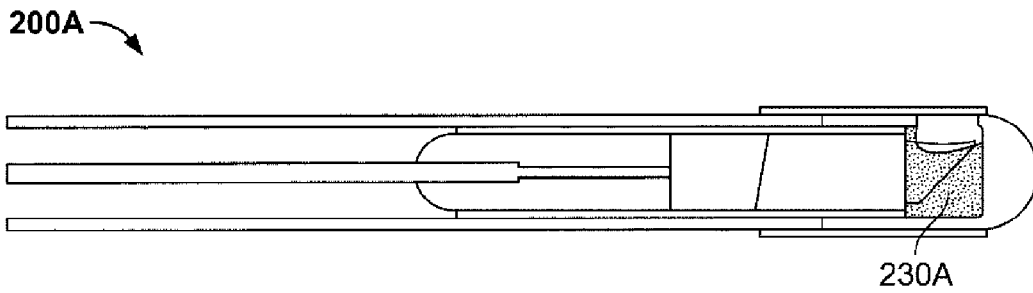
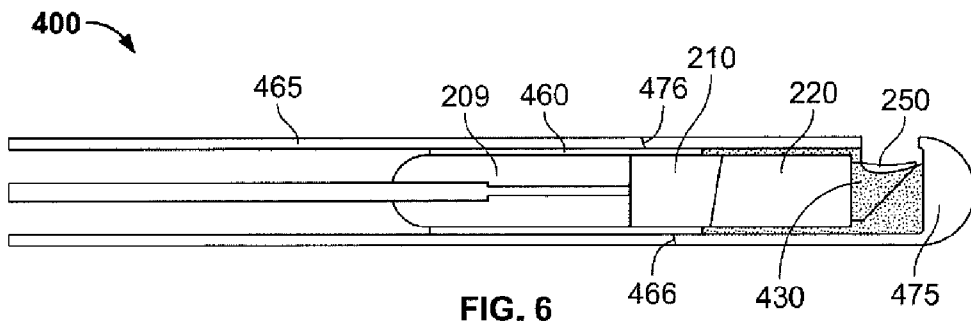
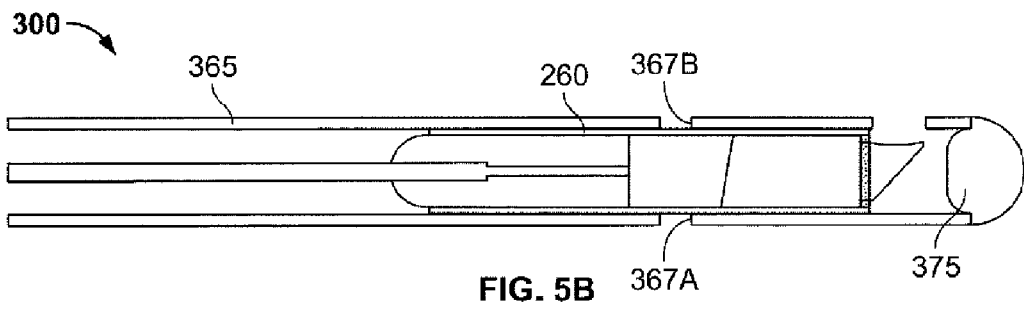
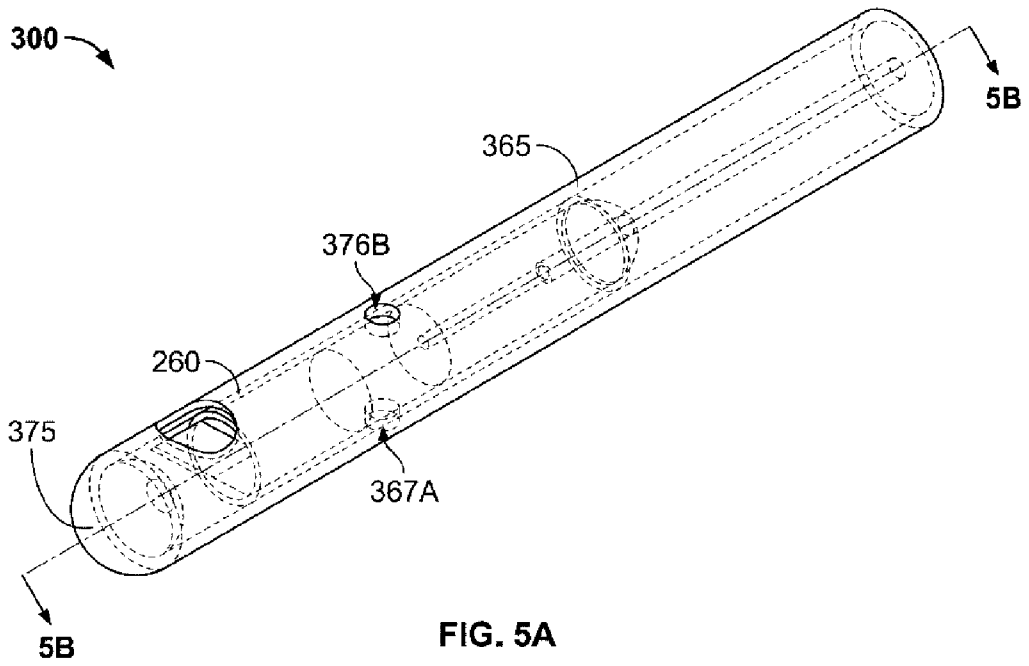


FIG. 4C



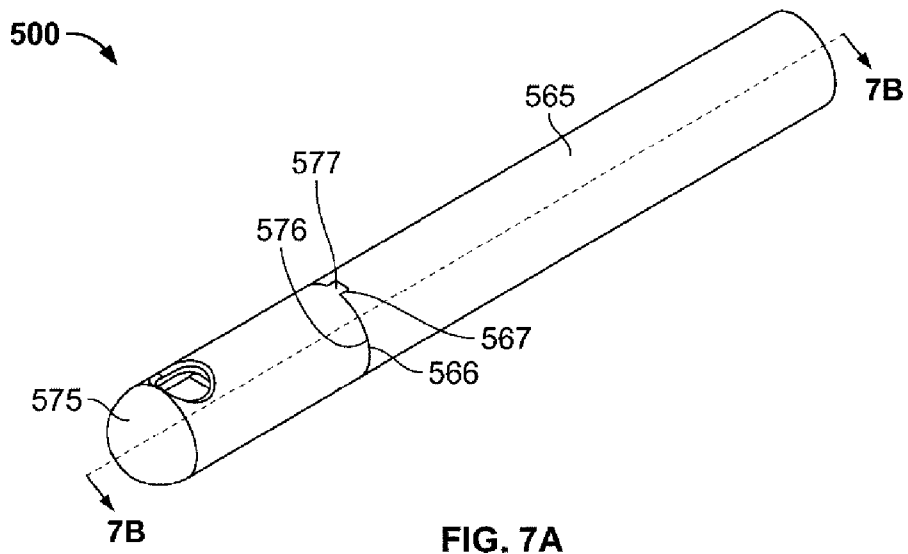


FIG. 7A

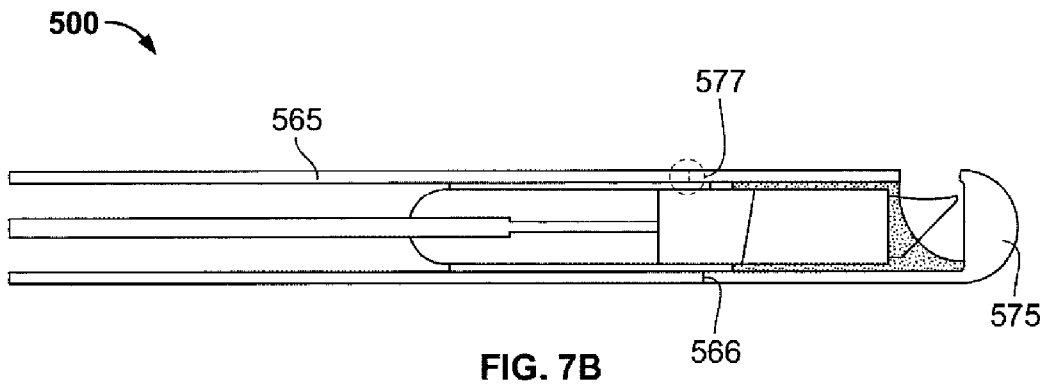


FIG. 7B

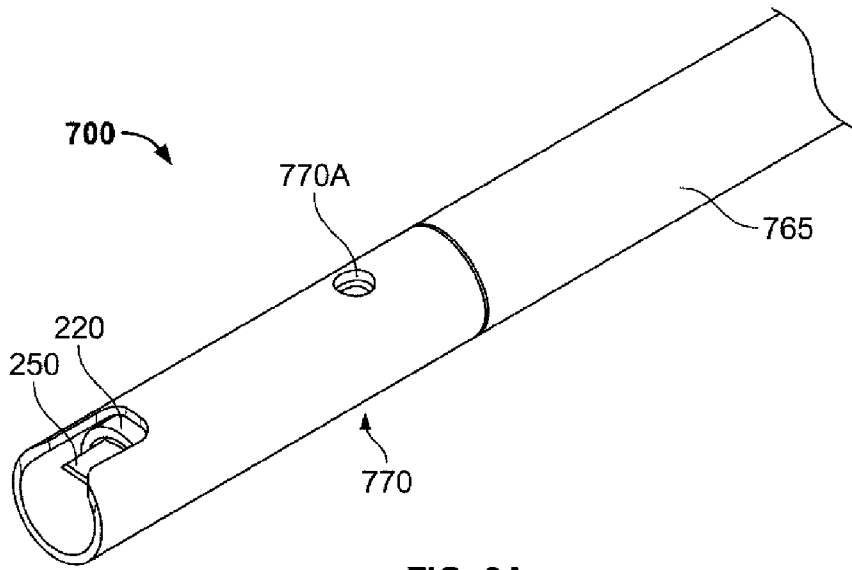


FIG. 8A

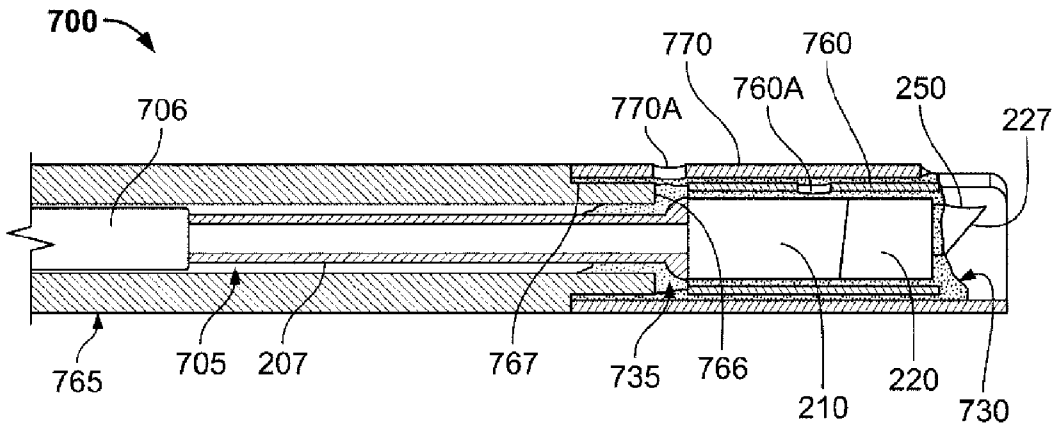


FIG. 8B

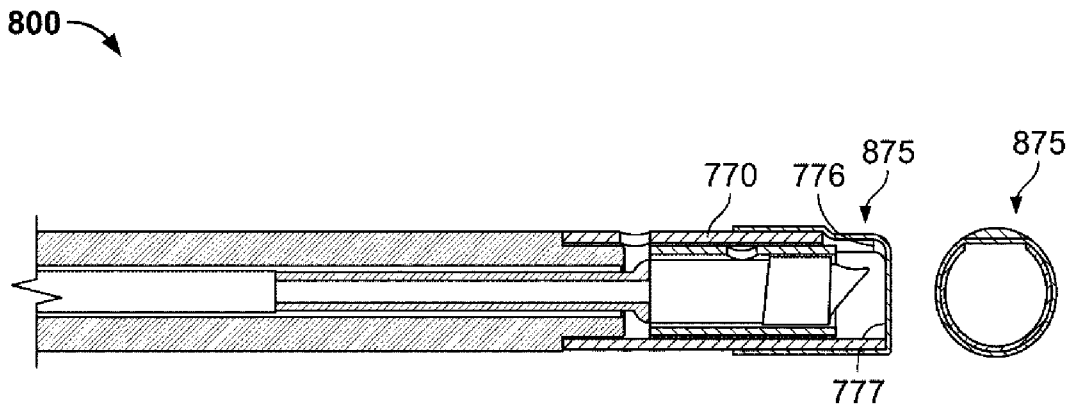


FIG. 9

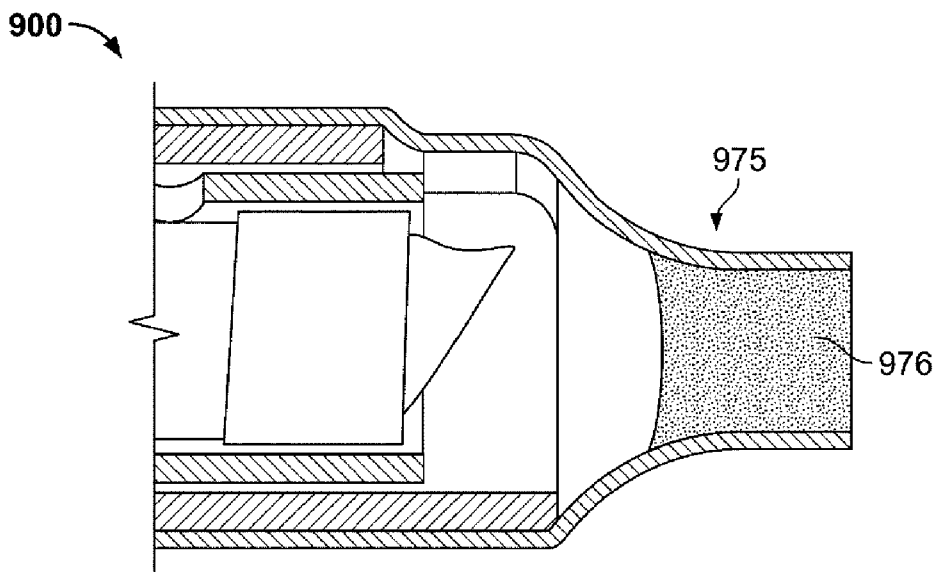
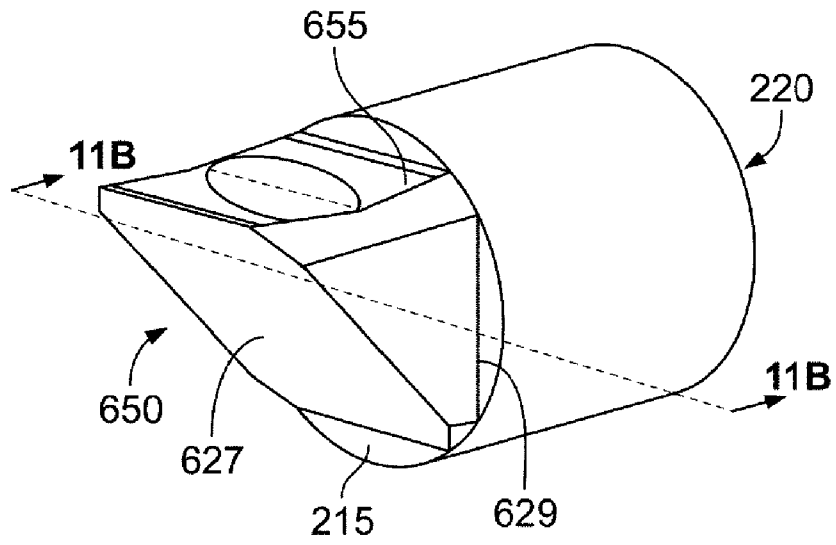
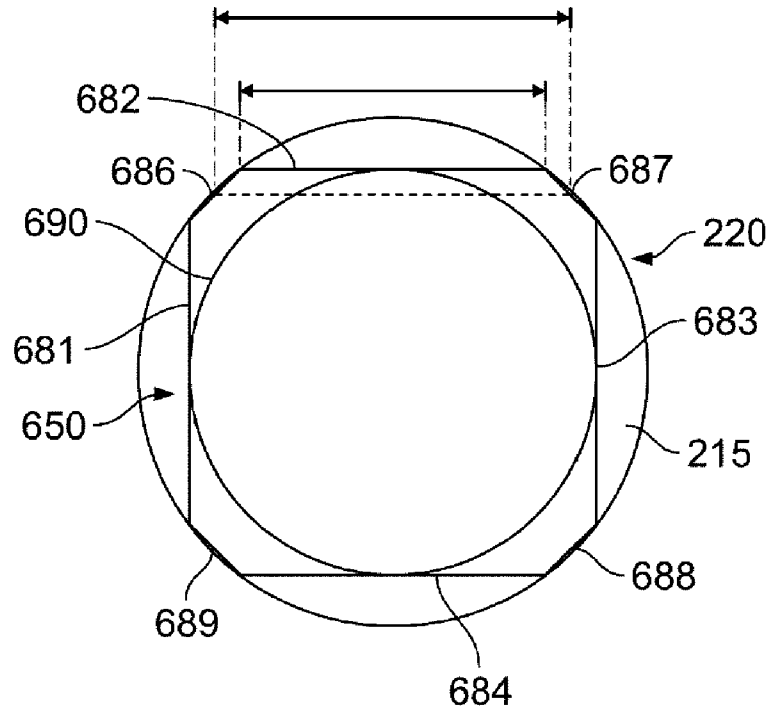


FIG. 10



**FIG. 11A**



**FIG. 11B**

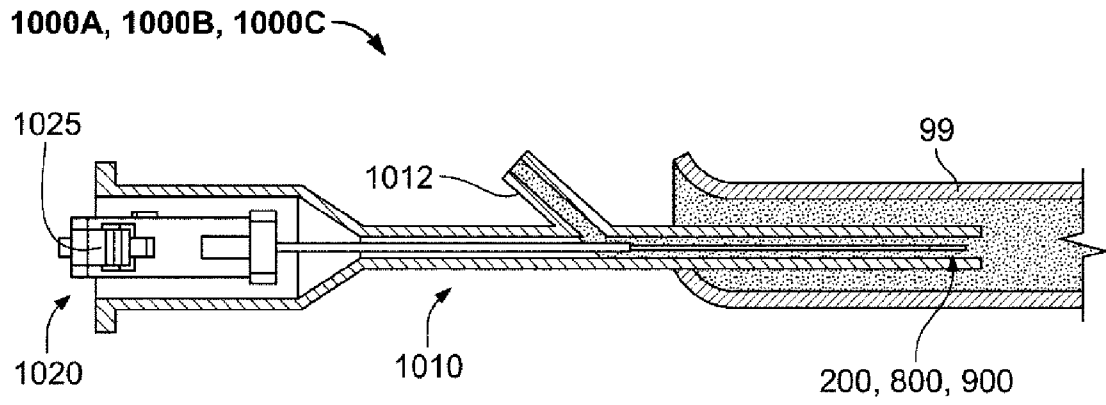


FIG. 12

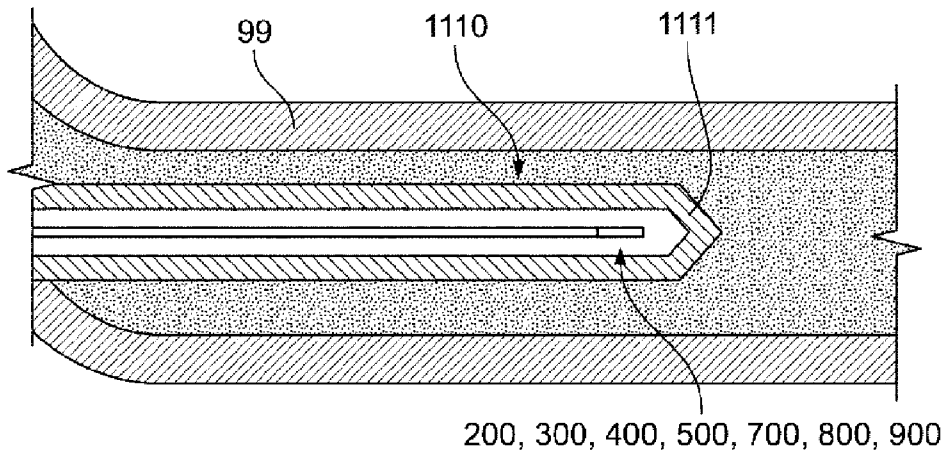


FIG. 13