

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 697**

51 Int. Cl.:
A61F 9/007 (2006.01)
A61B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08100732 .0**
- 96 Fecha de presentación: **22.01.2008**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1949877**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.07.2008**

54 Título: **Sonda de iluminación térmicamente robusta**

30 Prioridad:
23.01.2007 US 886140 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.09.2012

73 Titular/es:
**Novartis AG
Lichtstrasse 35
4056 Basel, CH**

72 Inventor/es:
**Smith, Ronald T.;
Auld, Jack R. y
Lin, Dean Y.**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

ES 2 387 697 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 de iluminación térmicamente robusta.

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere, en general, a sondas de iluminación. Más particularmente, la presente invención se refiere a sondas de iluminación con puntas de fibra distales. Aún más particularmente, las formas de realización de la presente invención se refieren a puntas de sondas de iluminación térmicamente robustas.

10

Antecedentes de la invención

Las fibras ópticas son útiles en muchas aplicaciones de iluminación. Por ejemplo, pueden utilizarse como guías de luz en aplicaciones médicas y otras en las que es necesario que brille luz brillante en un sitio quirúrgico o en un objetivo. Generalmente, las sondas de luz están realizadas en fibras ópticas plásticas debido a sus muchas características deseables. Por ejemplo, las fibras ópticas plásticas pueden ser muy flexibles, fáciles de formar, presentan una apertura numérica ("NA") relativamente alta, y son generalmente menos costosas que las fibras de vidrio. Además, son más fáciles de estirar y presentan formas estrechas formadas decreciente formadas en las mismas en comparación con las fibras de vidrio. Las fibras ópticas plásticas comercialmente disponibles son flexibles incluso a diámetros de calibre 20, con las mismas es sencillo obtener proximalmente formas de campana, y presentan una NA de hasta 0,63. Adicionalmente, los enlaces ópticos, conectores e instalaciones asociadas con las fibras ópticas plásticas son relativamente menos costosos en comparación con las fibras ópticas de vidrio. Las fibras ópticas de vidrio son rígidas a diámetros de calibre 20, difíciles de acampanar en el extremo proximal, y relativamente más costosas de instalar y mantener.

15

20

25

Un inconveniente a la hora de fabricar las sondas de luz de fibras ópticas plásticas es que son vulnerables a la deformación de las puntas distales si tocan cualquier material absorbente como sangre o tejido humano. Como ejemplo, la figura 1 muestra el extremo distal de una sonda de endoiluminación sencilla 100 que consiste en una fibra óptica plástica 101 y una cánula de acero 103. La fibra óptica plástica 101 es una guía de onda dieléctrica cilíndrica constituida por un núcleo rodeado por una capa de envainado de una manera conocida. La fibra óptica plástica 101 transmite luz a lo largo de su eje mediante el proceso de reflexión interna total, un fenómeno óptico conocido por los expertos en la materia. El núcleo de una fibra óptica plástica 101 es altamente transparente desde un punto de vista óptico y puede transmitir cantidades muy grandes de flujo 105 luminoso de luz blanca sin dañar la fibra óptica plástica 101. Esto es posible porque la absorbancia de la fibra óptica es muy baja. Por tanto, grandes cantidades de luz pueden pasar a través de la fibra plástica sin calentarla hasta el punto de deformación o ablandamiento.

30

35

Sin embargo, si cualquier material absorbente, tal como una gota de sangre o un frotis de tejido humano, toca el extremo de la sonda 100, puede producirse rápidamente el siguiente ciclo descontrolado:

40

- El tejido absorbente absorbe una parte de luz visible y se calienta hasta una temperatura muy alta (por ejemplo, aproximadamente 130°C o más);
- estando en contacto físico con la fibra óptica, el tejido caliente hace que la punta de la fibra se caliente;
- la temperatura de la punta de la fibra supera el punto de ablandamiento de la fibra;
- las fuerzas compresivas lineales formadas almacenadas en la fibra sólida se liberan, haciendo que la punta de la fibra retroceda y que el diámetro de la punta de fibra aumente;
- a medida que la punta retrocede dentro de la cánula, la luz emitida desde la fibra ilumina ahora la punta distal de la cánula, haciendo que se caliente;
- la cánula caliente hace que la fibra adyacente se caliente más allá de la temperatura de ablandamiento y eventualmente se deforme; y
- muy rápidamente, la deformación de la punta de fibra hace que la sonda sea ineficiente.

45

50

55

Debido a esta cadena de reacciones, cuando la energía de luz se proporciona a una punta de fibra obstruida, la temperatura de la punta puede aumentar muy rápidamente, haciendo que la punta se deforme y, en algunos casos, haciendo que la punta adopte una "forma de hongo". Una sonda de fibra que ya no funciona no es deseable, aunque no es necesariamente un riesgo para la seguridad. Sin embargo, si la sonda de luz se inserta en un sitio quirúrgico a través de una pequeña incisión, la forma de hongo de la punta de fibra podría significar que la incisión necesitaría agrandarse para ajustarse a la punta de sonda deformada. La mitigación actual es instruir al cirujano para que limite la salida de luz de la fuente de iluminación.

60

65

Como ejemplo, una sonda de araña es útil en la iluminación de un área grande de un sitio quirúrgico. En cirugía oftálmica, y en particular en cirugía vitreoretinal, es deseable ver en la medida de lo posible una gran parte de la retina. Por tanto, una sonda de araña se inserta algunas veces a través de un pequeño orificio de incisión en la esclerótica. Si la fibra óptica plástica en una sonda de araña se deformara en una bola de diámetro aumentado, redondeada, lo que puede ocurrir si contaminantes absorbentes tocan la punta, la punta agrandada sería más difícil de sacar a través del orificio de incisión. Como resultado, la retirada de la sonda podría requerir que el cirujano agrandara la incisión para evitar una rotura de la herida. Aunque esto no presenta un riesgo para el paciente, no es conveniente para el cirujano y afecta al flujo normal de la cirugía.

Por tanto, se necesita una nueva solución para disfrutar de las ventajas de las fibras ópticas plásticas sin el problema de la deformación de las puntas distales. Las formas de realización de la invención dadas a conocer en la presente memoria pueden tratar esta y otras necesidades.

El documento WO 2006/088938 A (Alcon Inc.) describe un endoiluminador de alto rendimiento global que presenta una fibra óptica de punta distal realizada en vidrio que presenta una sección estrechada.

Sumario de la invención

Las formas de realización de la presente invención proporcionan una nueva solución al problema de la deformación de las puntas distales de sondas de iluminación. Específicamente, las formas de realización de la presente invención proporcionan sondas de iluminación que presentan fibras ópticas plásticas con puntas distales térmicamente robustas, según las siguientes reivindicaciones.

En la invención, el extremo distal de una fibra óptica plástica se une a una parte distal de alta temperatura, que es de longitud corta, está realizada en un material de alta temperatura y presenta una forma apropiada para guiar la luz en una aplicación deseada. En algunas formas de realización, la parte distal de alta temperatura puede estar moldeada, mecanizada o formada. En algunas formas de realización, la parte distal de alta temperatura comprende una o más secciones realizadas en (un) material(es) de alta temperatura que puede(n) transmitir luz tal como puntas de plástico de alta temperatura. Son posibles otros materiales de alta temperatura adecuados.

En formas de realización de la invención, el extremo distal de una fibra óptica plástica se une a una parte distal de alta temperatura utilizando un adhesivo óptico. Pueden incluirse componentes adicionales para reforzar la unión óptica y/o servir para (un) propósito(s) adicional(es). Como ejemplo, el extremo distal de una fibra óptica plástica puede unirse a una parte distal de alta temperatura dentro de una cánula de acero, un manguito, un conector óptico o similares. Como otro ejemplo, el extremo distal de una fibra óptica plástica puede unirse a una parte distal de alta temperatura dentro de y a un borne de plástico formado por una o más partes. Dependiendo de la configuración, un componente tal como un borne de plástico puede servir para anclar la sonda de iluminación en una posición fija, para permitir un flujo de fluido, o ambos. Otras funciones también son posibles. En algunas formas de realización, la sonda de iluminación puede incorporar un componente óptico en el extremo distal de alta temperatura tal como una bola de zafiro de forma particular que puede funcionar como lente gran angular.

En algunos casos, puede ser necesario recubrir una parte de la parte distal de alta temperatura con un recubrimiento reflectante para garantizar que los rayos de luz atrapados dentro de la parte no escapen cuando el lado de la parte está en contacto con cualquier cosa menos aire (por ejemplo, adhesivo, cánula, esclerótica, etc.). Los recubrimientos adecuados pueden incluir plata, aluminio, recubrimientos dicroicos de alta reflectancia, etc.

Las formas de realización de la presente invención proporcionan muchas ventajas sobre la técnica anterior. Por ejemplo, a diferencia de una punta de fibra distal convencional, una punta de sonda de iluminación térmicamente robusta no se deforma cuando algunos contaminantes absorbentes tocan la punta, permitiendo de ese modo que los usuarios disfruten de las ventajas y los beneficios de las fibras ópticas plásticas sin tener que preocuparse de los problemas e inconvenientes provocados por la deformación de las puntas distales.

Breve descripción de los dibujos

Puede adquirirse un entendimiento más completo de la presente invención y de las ventajas de la misma haciendo referencia a la siguiente descripción, tomada junto con los dibujos adjuntos en los que los números de referencia similares indican características similares y en los que:

la figura 1 es una representación esquemática de una sonda de endoiluminación sencilla que consiste en una cánula de acero y una fibra óptica plástica con una punta de fibra distal convencional que tiende a la deformación cuando el material absorbente toca el extremo de la sonda;

la figura 2 es una representación esquemática de una sonda de endoiluminación térmicamente robusta según una realización de la presente invención;

la figura 3 es una representación esquemática de una sonda de araña térmicamente robusta según otra realización de la presente invención;

5 la figura 4 es una representación esquemática de una sonda gran angular de zafiro térmicamente robusta según aún otra realización de la presente invención;

la figura 5 es una representación esquemática de una cánula de infusión iluminada térmicamente robusta según una realización de la presente invención;

10 la figura 6 es una representación esquemática de una fibra óptica de vidrio que se estrecha en el extremo distal y ensanchada en el extremo proximal adecuada para implementar algunas formas de realización de la invención tal como en una cánula de infusión iluminada térmicamente robusta;

15 la figura 7 es una representación esquemática de una fibra óptica de vidrio que presenta un manguito protector que encierra la parte ensanchada en el extremo proximal de la fibra óptica de vidrio;

20 la figura 8 es una representación esquemática de una fibra óptica plástica que une una fibra óptica de vidrio que presenta un manguito protector que encierra la parte ensanchada en el extremo proximal de la fibra óptica de vidrio dentro de un conector óptico, formando una sonda de iluminación con una punta térmicamente robusta, según una realización de la presente invención; y

la figura 9 es una representación esquemática de una cánula reflectante de manera omnidireccional adecuada para implementar una sonda de iluminación térmicamente robusta según una realización de la presente invención.

25 Descripción detallada

Las formas de realización preferidas de la invención se ilustran en las figuras, utilizándose números de referencia similares para hacer referencia a partes correspondientes y similares de los diversos dibujos.

30 Las diversas formas de realización de la presente invención proporcionan sondas de iluminación que presentan fibras ópticas plásticas con puntas distales térmicamente robustas. Las formas de realización de la invención pueden aplicarse a fibras ópticas plásticas de todos los calibres (por ejemplo, 20, 23, 25, etc.). La tendencia actual es hacia el calibre 25 y particularmente el calibre 23, instrucciones de diámetro más pequeño que permiten heridas sin sutura en la esclerótica. La sonda de iluminación térmicamente robusta puede ser parte de un sistema quirúrgico (por ejemplo, un dispositivo iluminador oftálmico) útil en muchos procedimientos médicos, tales como en cirugía vitreoretinal/de segmento posterior. Un iluminador oftálmico a modo de ejemplo puede comprender una pieza de mano para proporcionar un haz de luz relativamente incoherente desde una fuente de luz (por ejemplo, una fuente de luz de xenón, una fuente de luz halógena o similares) a través de un cable de fibra óptica a un área quirúrgica. Las formas de realización de las sondas de iluminación térmicamente robustas dadas a conocer en la presente memoria pueden implementarse para su utilización con cualquier pieza de mano apropiada, tal como la pieza de mano Alcon-Grieshaber Revolution-DSP® comercializada por Alcon Laboratories, Inc., de Fort Worth, Texas. El extremo distal de la pieza de mano se acopla a un vástago (cánula) o similar configurado para alojar una sonda de iluminación dada a conocer en la presente memoria. En una realización, la sonda de iluminación térmicamente robusta es un artículo quirúrgico desechable. Se considera y los expertos en la materia comprenderán que el alcance de la presente invención no está limitado a la oftalmología, sino que puede aplicarse generalmente a otras áreas de cirugía en las que puede requerirse iluminación de calibre más alto, de alto rendimiento global.

50 La figura 2 es una representación esquemática de una sonda de endoiluminación térmicamente robusta 200 según una realización de la presente invención. A diferencia de la sonda 100 de la figura 1, un vástago 208 (por ejemplo, una cánula de acero de calibre 25) aloja dos tipos diferentes de fibras ópticas: una fibra óptica plástica 202 y una fibra óptica de vidrio 206, unidas entre sí con un adhesivo óptico 204. El adhesivo óptico 204 puede ser cualquier adhesivo de calidad óptica de adaptación de índice tal como se conocerá por los expertos en la materia (por ejemplo, el adhesivo óptico Dymax 142-M, que se cura rápidamente con la exposición a la luz ultravioleta o visible de baja longitud de onda). De manera similar, el vástago 208 puede ser de acero inoxidable o un polímero biocompatible adecuado (por ejemplo, PEEK, poliimida, etc.) tal como se conocerá por los expertos en la materia. Dentro de esta descripción, el vástago 208 aloja lo que se denomina la fibra óptica distal, cuyo extremo aguas arriba se acopla ópticamente a la fibra óptica proximal alojada dentro del cable óptico que conecta la pieza de mano y la fuente de luz. La fibra óptica proximal se acopla ópticamente a la fuente de luz. Para un mejor rendimiento de flujo luminoso, la fibra térmicamente robusta debe presentar un diámetro proximal y una NA igual a o mayor que el diámetro distal y una NA de la fibra plástica. Para evitar que el haz emitido presente no uniformidades angulares, el diámetro proximal de la fibra térmicamente robusta debe coincidir con el diámetro distal de la fibra plástica lo más posible, y las dos fibras deben alinearse espacialmente muy bien.

65 En una realización, la fibra óptica plástica 202 y la fibra óptica de vidrio 206 se unen ópticamente entre sí con el adhesivo óptico 204 para formar la fibra óptica distal. El vástago 208 puede fijarse a la fibra óptica distal de cualquier manera conocida por los expertos en la materia. La fibra óptica de vidrio 206 proporciona la parte de alta

temperatura de la sonda de iluminación 200 que no se deformará mientras se emite luz durante una cirugía. La fibra óptica plástica 202 proporciona un conducto óptico flexible para recibir luz desde una fuente de luz (por ejemplo, a través de una fibra óptica proximal y/u otros acoplamientos ópticos).

5 La figura 3 es una representación esquemática de una sonda de araña térmicamente robusta 300 también dada a conocer. En este ejemplo, la fibra óptica plástica 302 entra en y se une a una punta de plástico de alta temperatura
 10 moldeada y mecanizada 306 en un borne de plástico 310. El borne 310 puede estar configurado para anclar la sonda 300 en la esclerótica de modo que no se mueva durante la cirugía. El borne 310 puede proporcionar una unión mecánica o de otro modo soportar la adhesión entre la fibra óptica plástica 302 y la punta de plástico de alta temperatura 306. Más específicamente, el adhesivo óptico 304 se extiende entre la fibra óptica plástica 302 y la punta de plástico de alta temperatura 306 a la separación entre las mismas y el borne de plástico 310 de modo que existe una adhesión entre la fibra óptica plástica 302, el borne 310 y la punta de plástico de alta temperatura 306.

15 Tal como se ilustra en la figura 3, la punta de plástico de alta temperatura 306 presenta un extremo proximal que hace tope con la fibra óptica plástica 302 y una sección de sección que se estrecha que emite luz en su extremo distal. La sección de sección decreciente puede fabricarse mediante mecanizado, torneado con diamante, fundición, o moldeado por inyección. La punta de plástico de alta temperatura 306 es una varilla de plástico de alta temperatura esculpida que no presenta vaina para impedir que la luz escape. Su NA es, por tanto, dependiente del índice de refracción de la sección que se estrecha y del índice de refracción de un medio circundante. Por ejemplo,
 20 si la sección de sección que se estrecha está expuesta al aire, la NA de la sección que se estrecha será esencialmente 1. Esta NA es mucho mayor que la NA del haz de luz que pasa a través de la sección que se estrecha; por tanto, la transmitancia de la luz a través de la sección que se estrecha puede ser de hasta el 100%. Si es probable que la sección que se estrecha esté expuesta a líquido (por ejemplo, disolución salina desde dentro de un ojo), la NA resultante se reduce pero en algunos casos todavía es razonablemente alta. Por ejemplo, si el material de la punta de plástico de alta temperatura 306 presenta un índice de refracción de 1,53 y la punta se sumerge en una disolución salina que presenta un índice de refracción de aproximadamente 1,36, la NA resultante es de 0,70. Sin embargo, si la punta de plástico de alta temperatura 306 toca o bien un líquido de alto índice de refracción, tal como aceite o adhesivo óptico, que normalmente presenta un índice de refracción de 1,5 o superior, o bien un material absorbente tal como el borne 310 o la esclerótica, la luz saldrá de la punta de plástico hacia el medio ambiente y se perderá. Para impedir que esto suceda, se aplica un recubrimiento reflectante 312 en el exterior de la punta de plástico de alta temperatura 306 para confinar la luz dentro de la punta de plástico de alta temperatura 306 (es decir, de modo que la luz no escape). El recubrimiento reflectante 312 puede ser un metal reflectante o recubrimiento dieléctrico. Como una posibilidad, se utiliza un recubrimiento de plata. La longitud del recubrimiento de plata puede depender de la configuración particular de la sonda de luz así como de la probabilidad de que la punta de plástico de alta temperatura esté expuesta a un medio circundante distinto del aire o líquido de bajo índice de refracción. Aunque la plata refleja aproximadamente el 98% de la luz, no es reflectante al 100% y por tanto no proporciona una "reflexión interna total". En este caso, podría ser deseable minimizar la longitud del recubrimiento de plata. Por otro lado, el recubrimiento de plata podría ser necesario para proteger la varilla de plástico de alta temperatura de la exposición a medios menos deseables (por ejemplo, el adhesivo óptico 304 que se extiende desde el borne 310, el fluido desde un sitio quirúrgico, etc.).

La figura 4 es una representación esquemática de una sonda gran angular de zafiro térmicamente robusta 400 según aún otra realización de la presente invención. Como la sonda 200 de la figura 2, el vástago 408 aloja dos tipos diferentes de fibras ópticas: la fibra óptica plástica 402 y la fibra óptica de vidrio 406, unidas entre sí con adhesivo óptico 404. El adhesivo óptico 404 puede ser cualquier adhesivo de calidad óptica de adaptación de índice (por ejemplo, el adhesivo óptico Dymax 142-M). De manera similar, el vástago 408 puede ser de acero inoxidable o un polímero biocompatible adecuado (por ejemplo, PEEK, polimida, etc.). En este ejemplo, el vástago 408 está configurado para integrar una bola de zafiro 414 que funciona como una lente gran angular. El vástago 408 puede fijarse a la fibra óptica plástica 402 y a la fibra óptica de vidrio 406 de cualquier manera conocida por los expertos en la materia. Tanto la fibra óptica de vidrio 406 como la bola de zafiro 414 son materiales de alta temperatura que no se deformarán mientras se emite luz durante una cirugía.

La figura 5 es una representación esquemática de una cánula de infusión iluminada térmicamente robusta 500 también dada a conocer. La cánula de infusión iluminada 500 puede combinar un canal de fluido y una sonda de iluminación para proporcionar flujos de fluido, presurización al ojo e iluminación, eliminando de manera ventajosa la necesidad de tener tres sondas por separado insertadas en un sitio quirúrgico. En este ejemplo, un tubo de plástico flexible 516 proporciona un canal para el flujo de fluido y se fija a la tapa o borne de plástico 510. La fibra óptica plástica 502 y la varilla de plástico de alta temperatura 506 están unidas entre sí dentro del borne 510 con adhesivo óptico 504. El adhesivo óptico 504 se extiende por la separación entre la fibra óptica plástica 502 y la varilla de plástico de alta temperatura 506 hacia la separación que rodea la junta para proporcionar una adhesión al borne 510 para colocar la fibra óptica plástica 502 de manera apropiada a lo largo del eje de la cánula. Sin embargo, no es necesario que la fibra esté centrada lateralmente en relación con el eje de la cánula. Su rendimiento óptico no se verá afectado incluso si está a lo largo del lado de la cánula que toca la pared interna de la cánula. El tubo de plástico 516 y la fibra óptica plástica 502 pueden alojarse en una funda protectora (no mostrada).

65

El borne 510 está configurado particularmente para recibir de manera precisa o de otro modo conectarse con apriete a la cánula de trocar 508. La cánula de trocar 508 está configurada para adaptarse al extremo aguas abajo del borne 510, para albergar la trayectoria de flujo de fluido desde el tubo de plástico 516, y para alojar la varilla de plástico de alta temperatura 506, que puede o no ser coaxial con la trayectoria de flujo de fluido. Como el borne 310 de la figura 3, el borne 510 y la cánula 508 pueden moldearse o mecanizarse de plástico u otro material biocompatible. La cánula 508 puede funcionar para anclar la sonda 500 en una posición fija (por ejemplo, en la esclerótica). Como una posibilidad, la cánula 508 está constituida por dos partes, una cánula de PEEK o poliimida o acero cilíndrica que está fijada o unida a otro borne moldeado normalmente por inyección en plástico.

Si la varilla de plástico de alta temperatura 506 va a exponerse a un medio absorbente tal como la esclerótica o un medio de alto índice de refracción tal como adhesivo óptico o aceite, la parte que está expuesta se recubre con un recubrimiento reflectante 512 para impedir que la luz escape. El extremo distal de la cánula de trocar 508 puede esculpirse para facilitar su entrada a través de una incisión en un sitio quirúrgico. El extremo distal de la varilla de plástico de alta temperatura 506 puede estar moldeado, mecanizado o formado (por ejemplo, formación térmica por láser) para presentar una sección que se estrecha en una forma predeterminada. Una forma de sección que se estrecha que de manera eficaz esparce la luz por un intervalo amplio de ángulos logrando al mismo tiempo altas eficiencias de emisión es el concentrador parabólico compuesto (CPC), en forma de cono. El recubrimiento reflectante 512 puede ser un metal reflectante (por ejemplo, plata) o un recubrimiento dieléctrico (por ejemplo, Teflón® o pila dieléctrica multicapa).

La figura 6 es una representación esquemática de una fibra óptica de vidrio con sección que se estrecha en el extremo distal y ensanchada en el extremo proximal 600 adecuada para implementar algunas formas de realización de la invención tal como en una cánula de infusión iluminada térmicamente robusta. En una realización, la fibra 600 es una fibra FSU disponible de *Polymicro*. Presenta varias características únicas que la hacen una candidata adecuada como parte distal de alta temperatura de una sonda de iluminación térmicamente robusta. Por ejemplo:

- Presenta una vaina 604 de Teflón® de $475 \mu \pm 13 \mu$ ($9,0 \mu \pm 3,0 \mu$ en espesor de vaina) con un índice de refracción muy bajo ($\sim 1,30 - 1,33$) que permite que la fibra 600 logre una apertura numérica muy alta (NA) de 0,66. La NA es una medida del ángulo de aceptación de una fibra óptica para propagar la luz.
- Su extremo distal 601 presenta una sección que se estrecha para dar una forma similar a un concentrador parabólico compuesto (CPC), en forma de cono. Esto puede realizarse por medio de formación térmica por láser, utilizando un control de precisión de un láser de alta temperatura para formar el extremo distal 601 en una forma predefinida. Al realizar esta etapa, la vaina de Teflón® (desarrollado por *DuPont*) se quema en la región ('a' + 'b') de formación por láser. La región sin sección que se estrecha 'a' debe ser lo más corta posible. Como ejemplo, la región de sección que se estrecha esculpida 'b' puede ser de $723,8 \mu$. Mientras que el núcleo 603 de sílice expuesto al descubierto ($457 \mu \pm 10 \mu$) toque nada más que aire o la disolución salina, la luz quedará predominantemente confinada dentro del núcleo 603 de fibra.
- Su extremo proximal plano, pulido 602 se ensancha linealmente. De nuevo, esto puede realizarse por medio de formación térmica por láser, utilizando un control de precisión de un láser de alta temperatura para ensanchar el extremo proximal de la fibra. Al realizar esta etapa, el revestimiento de Teflón® se quema en la región (w4) de formación por láser. Como ejemplo, la región ensanchada w5 puede ser de aproximadamente $3100 \mu - 4500 \mu$ con un diámetro (d) de $737 \mu \pm 10 \mu$ en el extremo proximal 602. La longitud total de fibra 600 (w1) puede ser de $12'' \pm 0,25''$ con una parte recubierta en amortiguador 605 de silicona de $552 \mu \pm 30 \mu$. Las secciones no recubiertas (w2 y w3) pueden ser de $11,0 \text{ mm} \pm 1,0 \text{ mm}$ y $9,0 \text{ mm} \pm 1,0 \text{ mm}$, respectivamente.

Es importante que este núcleo 603 expuesto al descubierto en la región ensanchada proximal se exponga únicamente al aire. La figura 7 es una representación esquemática de un componente óptico 700 que comprende la fibra óptica de vidrio 600 que presenta un manguito 707 protector que encierra la parte ensanchada en el extremo proximal de la fibra óptica de vidrio 600 en aire 711. La fibra 600 está unida al manguito 707 protector, que puede estar realizado en vidrio, con adhesivo 704. El manguito 707 de vidrio protector toca el núcleo 603 ensanchado en el extremo proximal al descubierto de la fibra 600 sólo en los puntos 709 de contacto, alrededor de la periferia de la fibra 600 en el extremo proximal extremo de la misma. Esto minimiza la fuga de luz desde el núcleo ensanchando a la región circundante.

La figura 8 es una representación esquemática de una junta 800 entre fibras que comprende la fibra óptica plástica 802 que une el componente óptico 700 y la fibra óptica de vidrio de alta NA, alta temperatura 600 dentro del conector óptico 820. Según una realización de la presente invención, una sonda de fibra de iluminación térmicamente robusta, de alto rendimiento puede montarse fácilmente uniéndolo el extremo proximal de la fibra óptica de vidrio 600 al extremo distal de la fibra óptica plástica 802 utilizando un adhesivo óptico 804 y el conector 820, que está especialmente diseñado para albergar el elemento óptico 700 que presenta un manguito protector que encierra la parte ensanchada en el extremo proximal de la fibra óptica de vidrio 600.

La figura 9 es una representación esquemática de una cánula reflectante de manera omnidireccional adecuada para implementar una sonda de iluminación térmicamente robusta según una realización de la presente invención. En este ejemplo, la sonda de fibra de alto rendimiento global 900 se conecta a un conector ACMI 930 y comprende una fibra óptica plástica 910 unida de manera óptica a una cánula reflectante de manera omnidireccional, hueca. La cánula presenta un núcleo hueco de aire rodeado por una "vainas" que es un recubrimiento cilíndrico con propiedades especiales.

Los recubrimientos convencionales consisten en (1) pilas de recubrimiento dieléctricas, que presentan alta reflectividad y poca absorción pero una longitud de onda y selectividad angular intensa, y (2) recubrimientos de metal que son reflectores omnidireccionales con pérdidas por absorción y reflectancia menor del 100%. Los recubrimientos especiales descritos en la presente memoria son similares a los recubrimientos dieléctricos, pero consisten en materiales dieléctricos cuyos índices de refracción son tan diferentes que el recubrimiento resultante combina lo mejor de las pilas dieléctricas y los recubrimientos metálicos, la reflectancia ultra-alta omnidireccional sobre anchos de banda angulares y espectrales amplios. Esencialmente, se crea una banda prohibida unidimensional en el recubrimiento que impide que los fotones entren en la estructura de recubrimiento. Puesto que no pueden entrar en la estructura de recubrimiento, no pueden transmitir o absorber y por tanto no tienen otra opción más que reflejar.

La tecnología está probada para longitudes de onda de infrarrojo y si se adaptan para trabajar en la banda de longitud de onda visible podrían conseguir posiblemente una reflectancia del 100% dentro de la cánula hueca. Por tanto, la fibra de núcleo hueco que se estrecha 920 y la fibra de núcleo hueco recta 925 podrían tener posiblemente una NA de fibra de hasta 1,0 (es decir, una alta transmitancia para los rayos fuera del eje de hasta 90 grados fuera del eje) a través del espectro visible en comparación con la NA de fibra comercialmente disponible actualmente más alta de 0,63 (la fibra de *Toray*).

En la práctica, puede haber algunas pérdidas por atenuación, posiblemente de hasta 0,65 dB/m. Para una fibra de 100" (2,54 metros) de longitud esto significa que sólo se transmite el 68% de la luz. Sin embargo, el 68% de un haz de NA de 1,0 proporciona significativamente más del 95% de luz que un haz de NA de 0,63. Además, la fibra especializada probablemente sólo sería una longitud corta de varias pulgadas utilizada en el extremo distal extremo, de modo que las pérdidas por atenuación resultantes serían pequeñas.

Si una fibra especializada de este tipo puede estrecharse, entonces un diseño de alto rendimiento global tal como se muestra en la figura 9 es una posibilidad. Más específicamente, la fibra de *Toray* 910 de NA de 0,63 transportaría de manera eficiente luz desde un iluminador de fibra (por ejemplo, un iluminador de xenón de Alcon's Accurus) al extremo distal. En ese punto, la fibra de núcleo hueco que se estrecha 920 forzaría al haz a un diámetro más estrecho, provocando que la anchura angular de haz (es decir, la NA de haz) aumente. Para una NA de fibra de 1, el haz después de la sección que se estrecha se transportará de manera eficiente a través de la sección recta de diámetro estrecho 925 de la fibra 900. Obsérvese que llenar la fibra de núcleo hueco con BSS o aceite afectará a sus propiedades de propagación de flujo luminoso. Si esta fibra especializada no puede presentar una sección que se estrecha, entonces se necesitaría una varilla de plástico o de vidrio que se estrecha (quizá con recubrimiento de plata en la superficie lateral para confinar la luz dentro de la sección decreciente) para acoplar la luz de la fibra proximal plástica a la cánula distal de núcleo hueco.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a formas de realización particulares, debe entenderse que las formas de realización son ilustrativas y que el alcance de la invención no se limita a estas formas de realización. Son posibles muchas variaciones, modificaciones, adiciones y mejoras a las formas de realización descritas anteriormente. Se considera que estas variaciones, modificaciones, adiciones y mejoras entran dentro del alcance de la invención tal como se detalla en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sonda de iluminación térmicamente robusta (200, 300, 400, 500), que comprende:
 - 5 una fibra óptica plástica (202, 302, 402, 502);
 - una parte distal de alta temperatura (206, 306, 406, 506, 600); y
 - 10 un alojamiento (208, 310, 408, 508);
 - en la que la fibra óptica plástica está ópticamente acoplada a la parte distal de alta temperatura para transmitir luz a través de la parte distal de alta temperatura, estando unida la fibra óptica plástica a la parte distal de alta temperatura dentro del alojamiento,
 - 15 en la que la parte distal de alta temperatura es una fibra óptica de vidrio que presenta una vaina (604) y un núcleo (603) adaptados para permitir que la fibra logre una apertura numérica de 0,66, caracterizada porque el núcleo está expuesto en un extremo distal (601) y el extremo distal (601) se estrecha para dar un concentrador parabólico compuesto, en forma de cono.
- 20 2. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que el alojamiento es una cánula (508) realizada en acero inoxidable o en un material biocompatible.
3. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que la parte distal de alta temperatura (600) está realizada en uno o más materiales de alta temperatura.
- 25 4. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 3, en la que la parte distal de alta temperatura (600) presenta un extremo distal esculpido (601).
5. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 3, en la que la parte distal de alta temperatura (600) presenta un extremo proximal ensanchado (602).
- 30 6. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que una parte de la parte distal de alta temperatura está recubierta con un recubrimiento reflectante (312, 512, 604) y en la que el recubrimiento dieléctrico reflectante es un Teflón® o un recubrimiento apilado dieléctrico multicapa.
- 35 7. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que el recubrimiento de metal reflectante (312, 512) es de plata.
8. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que el alojamiento está realizado en uno o más materiales biocompatibles, incluyendo plástico.
- 40 9. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que el alojamiento (508) está configurado para anclar la sonda de iluminación térmicamente robusta en una posición fija durante una cirugía.
- 45 10. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que el alojamiento (408) está configurado para integrar un lente (414) gran angular de visión en el extremo distal de la parte distal de alta temperatura.
- 50 11. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que el alojamiento (508) está configurado para alojar un canal (516) para el flujo de fluido, además de la transmisión de luz a través de la fibra óptica plástica (502) y la parte distal de alta temperatura (506) ópticamente unidas.
12. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 11, en la que el alojamiento comprende un borne (510) conectado a una cánula (508).
- 55 13. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 12, en la que el extremo distal de la cánula (508) está achaflanado para entrar en un sitio quirúrgico a través de una incisión.
- 60 14. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 12, que comprende además un adhesivo óptico (504) que une la fibra óptica plástica (502) y la parte distal de alta temperatura (506), extendiéndose el adhesivo óptico por el exterior de un borne de plástico (510) para colocar la fibra óptica plástica en una posición deseada.
- 65 15. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, que comprende además un adhesivo óptico (204, 304, 404, 504) que une la fibra óptica plástica (202, 302, 402, 502) y la parte distal de alta temperatura (206, 306, 406, 506, 600).

16. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 15, en la que el adhesivo óptico proporciona adhesión entre la fibra óptica plástica, la parte distal de alta temperatura y el alojamiento.
- 5 17. Sonda de iluminación térmicamente robusta según la reivindicación 1, en la que la parte distal de alta temperatura es una cánula hueca reflectante omnidireccional (900) cuya superficie interna está recubierta con un recubrimiento reflectante que consiste en materiales dieléctricos que crean, en la banda de longitud de onda visible, una banda prohibida unidimensional en el recubrimiento reflectante que impide que los fotones entren en la cánula.

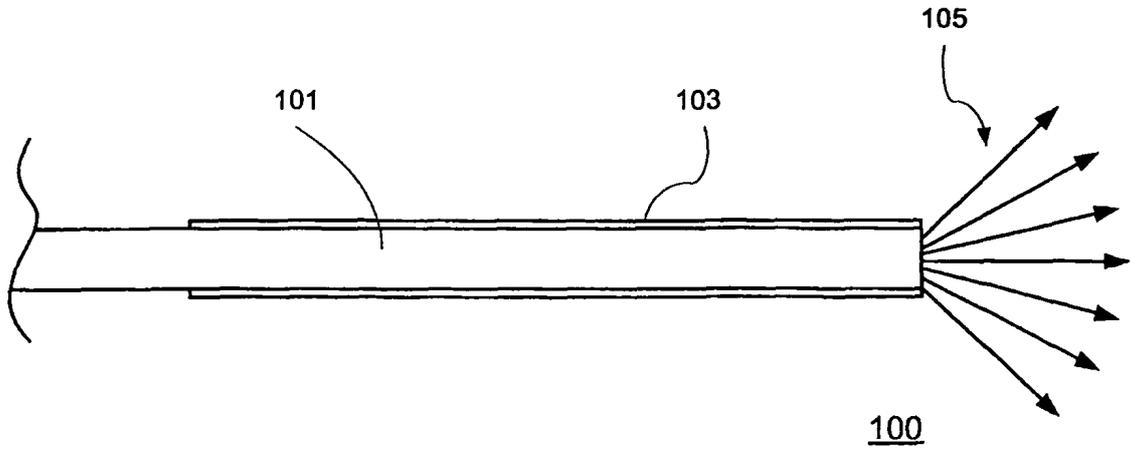


FIG. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

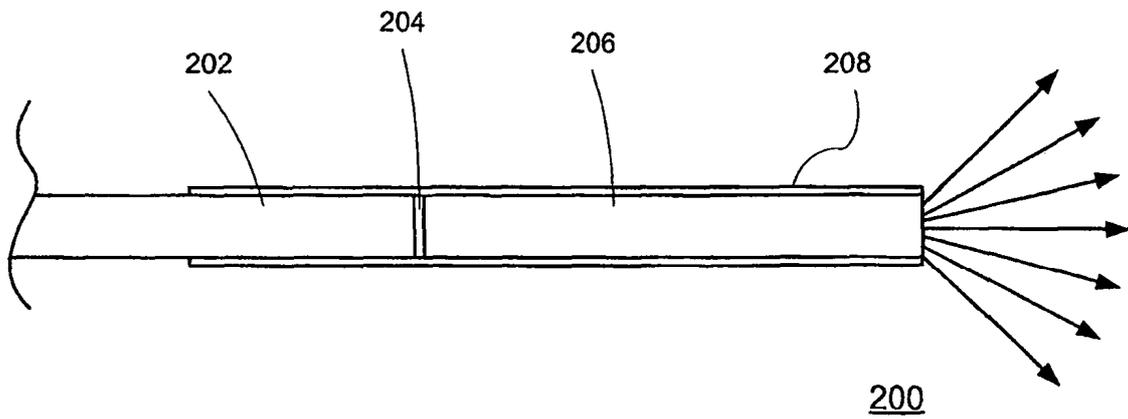


FIG. 2

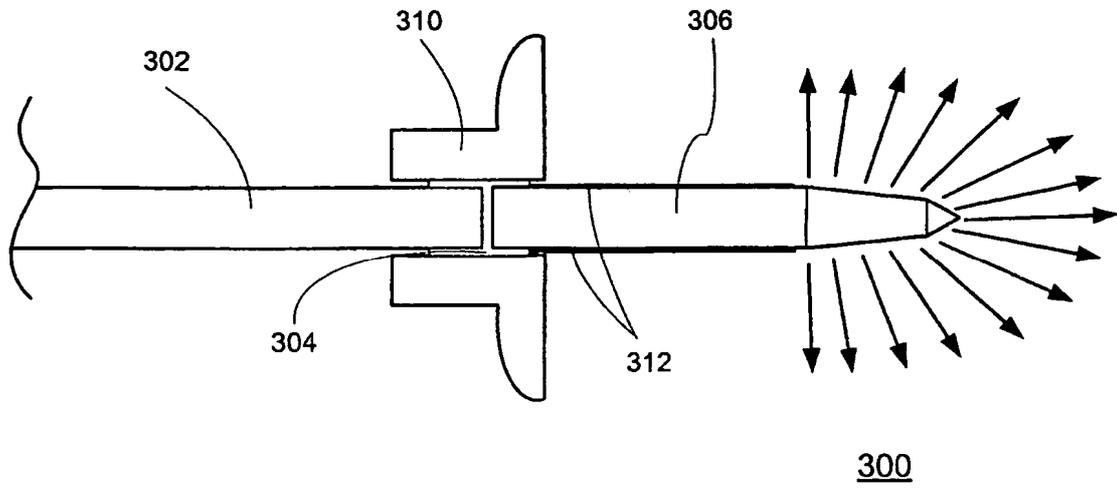


FIG. 3

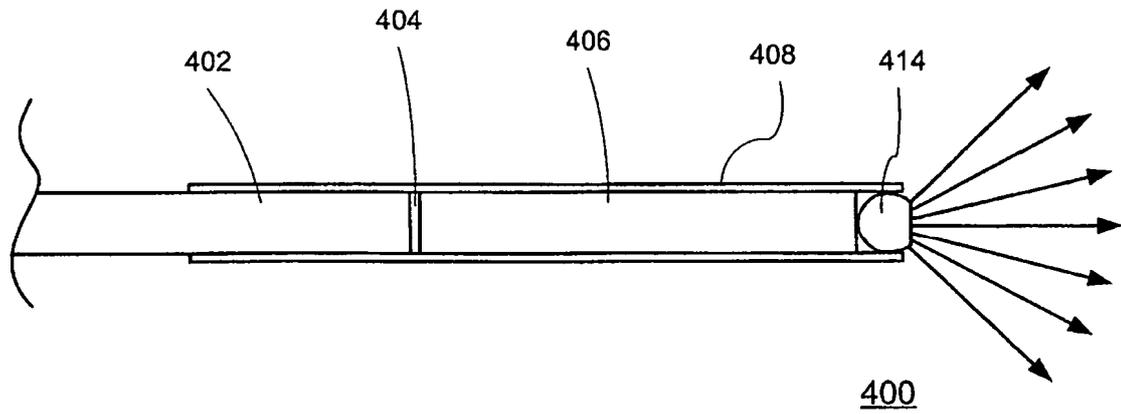


FIG. 4

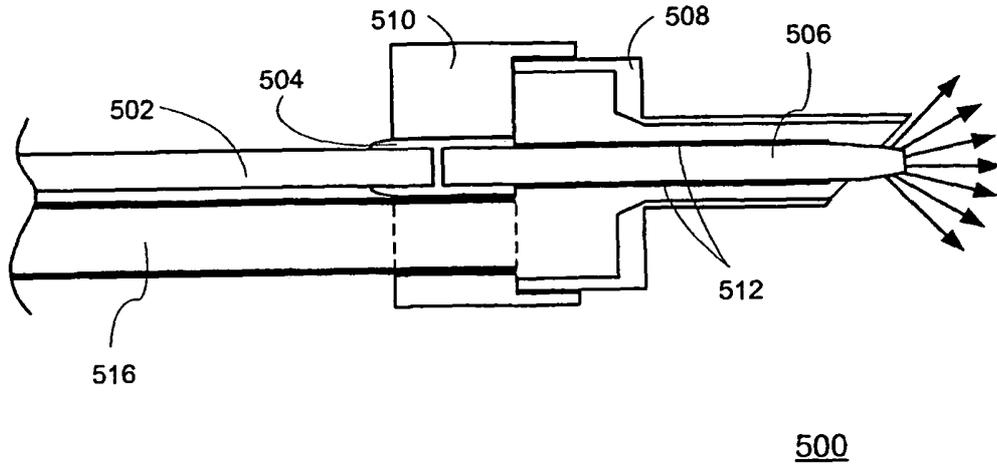


FIG. 5

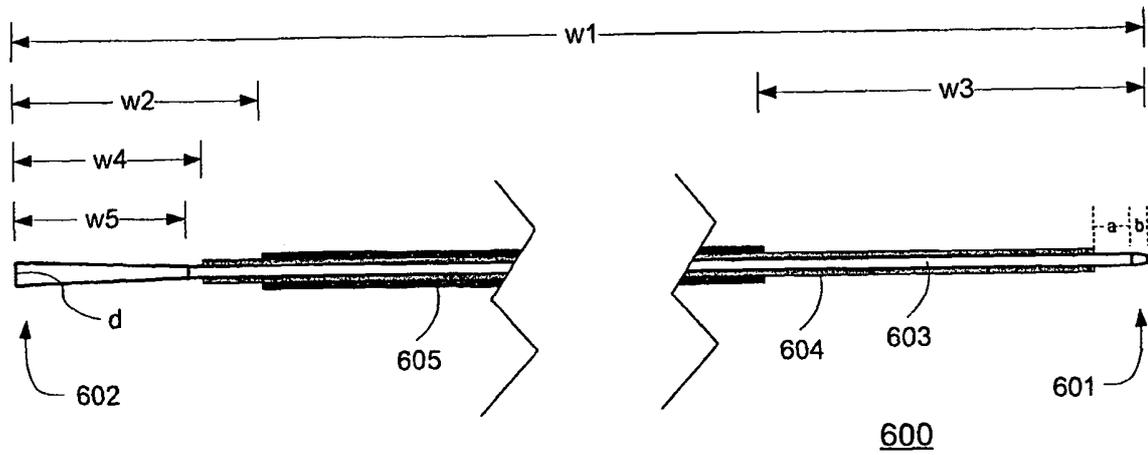


FIG. 6

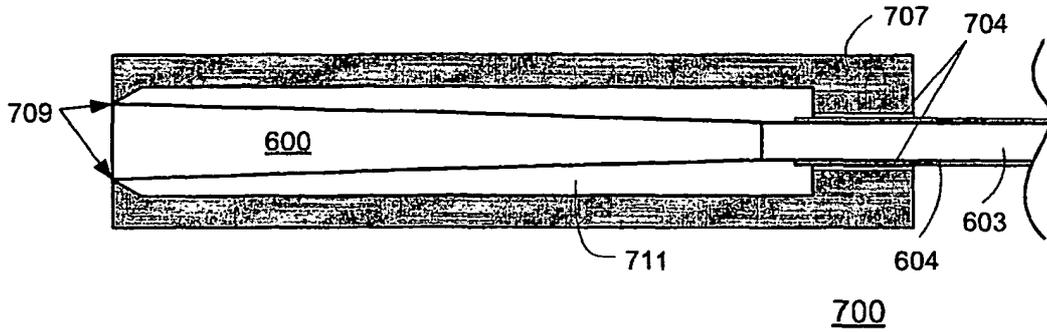


FIG. 7

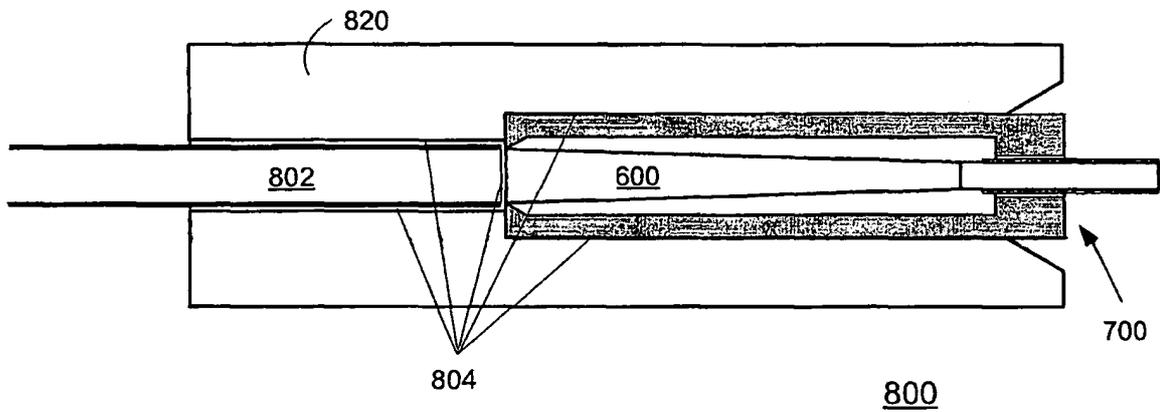


FIG. 8

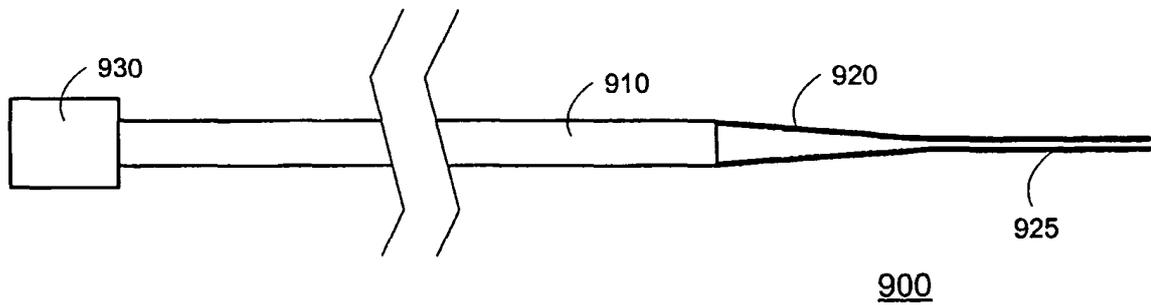


FIG. 9