

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 531**

51 Int. Cl.:

G01M 11/00 (2006.01)

G02B 6/42 (2006.01)

G01J 1/42 (2006.01)

G01J 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2012 PCT/SE2012/051420**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13095272**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2012 E 12859820 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2795282**

54 Título: **Aparato para monitorizar el rendimiento del proceso de un sistema de láser con un cable de fibra óptica de potencia**

30 Prioridad:

19.12.2011 SE 1100933

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

11.03.2019

73 Titular/es:

**OPTOSKAND AB (100.0%)
Aminogatan 30
431 53 Mölndal , SE**

72 Inventor/es:

**BLOMSTER, OLA;
BERGSTRAND, HANS y
BLOMQVIST, MATS**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 703 531 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato para monitorizar el rendimiento del proceso de un sistema de láser con un cable de fibra óptica de potencia

5 La presente invención se refiere a un aparato para monitorizar el rendimiento de un cable de fibra óptica de alta potencia, específicamente un cable de fibra óptica realizado para transmitir niveles de potencia hasta y superiores a 20 kW. Generalmente, el cable de fibra óptica tiene un extremo de entrada para un haz de luz incidente y un extremo de salida en el que el haz de luz sale de la fibra óptica, y en el que al menos uno de los extremos está dotado de un dispositivo de conector que tiene medios de sensor para monitorizar el estado del cable de fibra óptica.

10 En aplicaciones industriales se usan frecuentemente fibras ópticas para transmitir alta potencia óptica. Específicamente se usan en operaciones de corte y soldadura por medio de radiación láser de alta potencia, pero este tipo de fibras ópticas también puede usarse en otras aplicaciones industriales tales como operaciones de calentamiento, detección o trabajo en entornos de altas temperaturas. Mediante las fibras ópticas es posible diseñar sistemas de fabricación flexibles para transmitir el haz de láser desde la fuente de láser de alta potencia a la pieza de trabajo. Una fibra óptica normalmente tiene un núcleo de vidrio interior y una capa circundante transparente, un así denominado revestimiento, que tiene un índice de refracción inferior al del núcleo de vidrio. La función del revestimiento es mantener el haz óptico confinado en el núcleo.

15 20 Durante mucho tiempo, los láseres de CO₂ fueron los principales protagonistas en el mercado de láseres industriales de alta potencia. Sin embargo, a comienzos de los años 90, el láser Nd:YAG comenzó a ser una herramienta para aplicaciones de alta potencia y el desarrollo de tecnología de fibra óptica para este tipo de láseres se ha convertido en un tema de actualidad.

25 Al diseñar sistemas de fibra óptica para radiación láser de alta potencia es importante que la fibra no esté dañada de ningún modo debido a que la radiación de una fibra dañada o "con fugas" puede causar lesiones personales serias. Por tanto se conoce previamente comprobar el estado de la fibra mediante sistemas de monitorización específicos. Véanse, por ejemplo, los documentos US 4.812.641, DE 4032967, DE 3246290, DE 3031589, US 2009/23851 y US 5.497.442. Sin embargo, es importante detectar daños en la fibra óptica no solamente por razones de seguridad sino también para prevenir daños secundarios en otras partes del sistema debido a dichos daños o imperfecciones en la fibra.

30 Un punto débil de los sistemas de detección mencionados anteriormente es el hecho de que la detección de los daños se produce demasiado tarde. Cuando se detecta la radiación de la fibra dañada, pueden haberse producido ya daños secundarios en el sistema óptico.

35 En el documento WO 03/016854 se describe un dispositivo en el que está dispuesto un detector para captar la radiación distribuida sustancialmente de manera radial desde la radiación óptica incidente en conexión con las partes de entrada y/o salida de la fibra. Si esta radiación distribuida sustancialmente de manera radial supera un cierto nivel, esto se usa como una indicación de un daño en la zona de entrada y/o salida de la fibra. El detector está dispuesto en conexión con o a una distancia del extremo de entrada o salida de la fibra y la radiación distribuida de manera radial se dispone entonces para su transmisión al detector mediante óptica.

40 Sin embargo, en aplicaciones industriales que usan láseres de alto brillo en niveles de potencia hasta y superiores a 20 kW y, de manera similar, láseres de diodo que superen 10 kW, existe una creciente demanda para monitorizar de forma continua el estado de los componentes incluso en componentes pasivos tales como cables de fibra óptica. Con los cables de fibra óptica diseñados según la interfaz estándar de fibra de la industria automovilística europea existe una demanda para monitorizar y manejar niveles extremos de pérdidas de potencia. En el documento US 2006/013532 A1 se muestra un ejemplo adicional de monitorización de un proceso de láser.

45 También existe una demanda para proporcionar un conector más resistente y flexible que no tenga detectores y óptica dispuestos a una distancia del extremo de entrada o salida de la fibra tal y como se describe en el documento WO 03/016854.

50 Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de sensores muy rápido y fiable para monitorizar el rendimiento del láser.

55 Según la invención, los medios de sensor están ubicados en el interior del dispositivo de conector y dispuestos para monitorizar y controlar el proceso de aplicación del láser durante la acción así como la detección de condiciones específicas dentro del dispositivo de conector, tal como luz dispersa, temperaturas o similares.

60 Según la invención, los sensores están conectados a un circuito de enclavamiento de fibra para activar una interrupción de enclavamiento cuando las señales medidas son superiores a los niveles umbral y en los que la comparación de las señales a los valores umbral está integrada en el interior del dispositivo de conector. Los valores umbral se podrían establecer a continuación en valores absolutos o diferenciados.

65

Según la invención, los sensores están conectados al circuito de enclavamiento de fibra en un circuito de bucle cerrado.

En lo sucesivo, la invención se describirá con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que

la figura 1 ilustra esquemáticamente un modelo de conectores de fibra óptica de entrada y salida con sensores según la invención,

la figura 2 ilustra un diseño de fibra óptica con capilar de vidrio y separador de modalidades,

la figura 3 ilustra un diseño de fibra óptica con capilar de vidrio, separador de modalidades y cilindro de vidrio, preferiblemente un cilindro de vidrio realizado de cuarzo,

la figura 4 ilustra un diseño de fibra óptica con agua de enfriamiento en el interior del conector,

la figura 5 ilustra un diseño de fibra óptica en el que el cilindro de vidrio separa la luz en diferentes longitudes de onda, y

la figura 6 ilustra un circuito de enclavamiento de fibra según la invención.

La figura 1 ilustra esquemáticamente un modelo del extremo 1 de entrada y del extremo 2 de salida de una fibra 3 óptica. La fibra 3 óptica está dotada de un conector 4 del lado de entrada en el extremo 1 de entrada y un conector 5 del lado de salida en el extremo 2 de salida. La fibra 3 óptica en sí tiene un diseño convencional que tiene un núcleo, por ejemplo de vidrio de cuarzo, y un revestimiento circundante con un índice de refracción inferior al del núcleo de vidrio, por ejemplo, realizado de vidrio o algún polímero que tenga un índice de refracción adecuado. La función del revestimiento es mantener la radiación dentro del núcleo de modo que la radiación se transmite a través de la fibra en su dirección longitudinal hasta que sale de la fibra en el extremo 2 de salida.

El núcleo y el revestimiento son partes ópticamente activas de la fibra. En el exterior del revestimiento hay capas adicionales dispuestas en la forma de una capa intermedia y una envoltura 6 con el fin de aumentar la resistencia mecánica de la fibra. El material intermedia más común es un material de tipo caucho de silicona. Para la resistencia mecánica, es importante que la capa intermedia se adhiera bien a la superficie de revestimiento. El material de la envoltura puede ser por ejemplo acrilato, nailon o Tefzel, un material tipo teflón. Las disposiciones de la capa de envoltura, intermedia, de revestimiento y de núcleo son conocidas en sí mismas y no se describirán con detalle en el presente documento.

Para cumplir las demandas de una interfaz de fibra general, definida por la industria automovilística europea, el conector 4 del lado de entrada tiene un diseño exterior adaptado para conectar la fibra a la fuente de láser y el conector 5 del lado de salida tiene un diseño exterior adaptado a la interfaz de fabricación. Con respecto a un diseño interno de conectores de fibra de este tipo, se hace referencia a los documentos EP 0619508, EP 1982221, EP 2162774 y EP 2191311 que ilustran cilindros de vidrio de cuarzo en ambos extremos de fibra para pérdidas de potencia mínimas y enfriamiento por agua interior que absorbe de forma efectiva la luz retrorreflejada de la pieza de trabajo.

El haz 7 de láser incidente en la dirección hacia delante se enfoca en la superficie de extremo del extremo 1 de entrada de fibra por medio de óptica en la forma de una lente 8 o espejos. El haz 9 saliente en el extremo de salida de la fibra se enfoca por medio de un sistema 10 de espejo y lente óptica adecuado en la pieza 11 de trabajo para la aplicación de láser industrial. La fuente de láser usada para este tipo de proceso de láser industrial es normalmente un láser de estado sólido tal como un láser de fibra, un láser de disco o un láser Nd:YAG para el que pueden utilizarse fibras ópticas. Para este tipo de láseres resulta común la alta potencia óptica que puede causar lesiones a las personas así como daños al sistema óptico si la radiación no se transmite correctamente a través de la fibra. Incluso una pequeña imperfección en la fibra puede convertirse en crítica y causar lesiones personales serias así como daños materiales.

Esa parte de la fibra que está más expuesta a la radiación es la entrada o la salida y por consiguiente es aquí donde suele producirse el daño. Un daño en esta parte da lugar a una radiación distribuida también en una dirección más o menos radial desde la fibra. En la figura 1 se ilustra la luz 12 retrorreflejada (luz de proceso) desde el proceso de láser en el extremo de salida de la fibra. También se ilustra la radiación dispersa distribuida en la forma de haz de luz o luz 13 de proceso que sale de la fibra a través de las capas de revestimiento y la envoltura, radiación que se detecta mediante los medios 14 de sensor que se describirán adicionalmente a continuación.

Como ya se ha mencionado, los conectores 4,5 de fibra podrían diseñarse para pérdidas de potencia mínimas y dotarse de enfriamiento por agua interior que absorbe de forma efectiva la luz retrorreflejada de la pieza 11 de trabajo. Como ya se ha mencionado en la parte introductoria, también se conoce previamente proporcionar un fotodetector para captar la radiación distribuida para prevenir daños, véase el documento WO 03/016854. En dicha publicación WO se menciona que el detector puede disponerse para captar la radiación directa o indirectamente por

medio de un difusor transparente. Aquí se menciona además que el fotodetector está dispuesto preferiblemente en conexión con la parte de entrada de la fibra, o a una cierta distancia desde este extremo.

5 Sin embargo, existe una demanda de monitorización más rápida, precisa y fiable del estado de los componentes de los cables de fibra óptica cuando puedan producirse niveles extremos de pérdidas de potencia. También existe una demanda para proporcionar un conector más resistente y flexible sin tener detectores y óptica dispuestos a una distancia del extremo de entrada o salida de la fibra tal y como se describe en el documento WO 03/016854.

10 Según la invención, los medios 14 de sensor están ubicados en el interior y preferiblemente en la parte trasera del dispositivo de conector y están dispuestos para monitorizar y controlar el proceso de aplicación del láser durante la acción así como la detección de las condiciones específicas dentro del dispositivo de conector, tal como luz dispersa, temperaturas o similares. Los sensores están conectados a un circuito de enclavamiento de fibra para activar una interrupción de enclavamiento cuando las señales medidas son superiores a los niveles umbral. Específicamente, los medios 14 de sensor integrados están dispuestos para captar la luz dispersa que sale de la fibra en la dirección sustancialmente radial. Los medios de sensor están dispuestos entonces para captar un haz de luz, que es el haz de láser que va desde la fuente de láser hacia el proceso de aplicación, así como una luz de proceso, que es la luz enviada de vuelta desde el proceso de aplicación. El haz de luz consiste sólo en la longitud de onda enviada por la fuente de láser, mientras que la luz de proceso del proceso de aplicación consiste no solamente en las reflexiones del haz de láser contra las partes en el proceso sino también en todas las otras longitudes de onda dependiendo del material usado en el proceso de aplicación y en cómo se realiza el proceso.

20 Dependiendo de la interfaz mecánica alrededor de la fibra óptica, es posible usar la pequeña cantidad de luz que sale de la fibra óptica para un control del proceso y una monitorización de seguridad. La luz de láser usada para el procesamiento de material va en la dirección hacia delante. La luz desde el proceso en sí mismo va en la dirección hacia atrás y puede ser detectada por los medios 14 de sensor a través del revestimiento y las capas intermedias y a través de la envoltura. Los medios de sensor están ubicados en la parte trasera del conector óptico, que es un lugar perfecto para poner los sensores. Al poner los sensores aquí quedan bien protegidos del polvo y de otros efectos relacionados con el proceso. La precisión y la fiabilidad se mantendrán y al cambiar las fibras, podrá accederse fácilmente a la misma señal con una cierta desviación.

30 Como ya se ha mencionado, las señales que van a los medios de sensor pueden venir o bien del haz en la dirección hacia delante o bien del haz de luz y la luz de proceso retrorreflejados del proceso de aplicación. Pueden usarse conjuntamente los dos conectores para distinguir entre el haz de luz de la dirección hacia delante y el haz de luz de la dirección retrorreflejada. El haz de luz retrorreflejado puede verse en los dos conectores, pero será más fuerte en el interior del conector 5 del lado de salida.

35 El haz de luz, que es la luz en la dirección hacia delante, puede usarse para monitorizar el haz que va a la fibra y usar la señal de los medios 14 de sensor para alinear la fibra correctamente. La luz de proceso puede usarse para monitorizar el proceso y la aplicación. Al observar la luz de proceso con los medios de sensor es posible calificar el proceso o realizar ajustes.

40 Los medios de sensor incluyen en este caso tres sensores de luz de fotodiodo separados, un sensor 15 de luz IR, un sensor 16 de luz RGB y un sensor 17 de luz UV, diodos de un tipo adecuado para detectar luz dispersa. Este tipo de sensores de luz reacciona a la luz dispersa lo que lo convierte en el más rápido de los sensores. Cualquier valor de luz aumentado en el interior del conector detectado por los sensores es una indicación de fallo de la fibra. Los sensores se encuentran orientados directamente hacia el núcleo desnudo de la fibra óptica. Al usar luz, la reacción rápida de los sensores de luz es una herramienta valiosa para evitar daños adicionales en el sistema de láser. Además es posible usar el valor del sensor o de los sensores como ayuda a la hora de alinear la fibra con respecto a una FCU (unidad de acoplamiento de fibra).

50 Preferiblemente también están dispuestos sensores 18 de temperatura absoluta y sensores 19 de humedad dentro del conector de fibra. Un sensor de temperatura absoluta dentro del dispositivo de conector mide la temperatura absoluta en el interior del conector de fibra. El uso deseado es supervisar la temperatura absoluta. Es una buena indicación de la estabilidad a largo plazo de la fibra. Un sensor de delta T integrado mide la diferencia en temperatura entre el agua de enfriamiento entrante y saliente, véanse figuras 4-5 a continuación. Este es un modo de supervisar las pérdidas de potencia en el conector de fibra. La desalineación de la fibra y una limpieza deficiente del cilindro de cuarzo son algunos ejemplos de las condiciones que se reflejan directamente como pérdidas de potencia en el conector de fibra. Además, un flujo de agua insuficiente puede verse como un valor de delta T alto. El sensor 19 de humedad para medir la humedad en el interior del conector de fibra también está ubicado dentro del conector. El uso pretendido es detectar cualquier fuga de agua en el conector.

60 En la figura 2 se ilustran medios 14 de sensor para un diseño de fibra óptica con capilar 20 de vidrio y separador 21 de modalidades. Se conoce previamente usar disposiciones como separador de modalidades y capilar de vidrio para manipular la luz retrorreflejada para aumentar o reducir la señal a los sensores de luz. El separador 21 de modalidades eliminará la luz en el interior del revestimiento al espacio 22 óptico. Desde el espacio 22 óptico, la luz puede transmitirse a los sensores 14 de luz en la parte trasera del conector a través del tubo 20 capilar de vidrio.

Una luz retrorreflejada a través del tubo capilar de vidrio a los detectores de luz se indica mediante 23 en la figura 2. El haz de luz o la luz de proceso también saldrá de la fibra óptica a través de la capa intermedia y la envoltura y se detectará del mismo modo que la luz a través del capilar 20 de vidrio.

5 En la figura 3 se ilustran medios 14 de sensor en combinación con un diseño de fibra óptica con capilar 20 de vidrio, separador 21 de modalidades y cilindro 24 de vidrio. Se conoce previamente sellar el espacio óptico y añadir un buen rendimiento al diseño de conector por medio de un cilindro 24 de vidrio, con o sin un recubrimiento AR, que termina la entrada del conector. Como en la figura 2, una luz retrorreflejada a través del tubo capilar de vidrio a los detectores de luz se indica también en la figura 3.

10 En la figura 4 se ilustran medios 14 de sensor en combinación con un diseño de fibra óptica con agua 26 de enfriamiento en el interior del conector detrás de un cilindro 24 de vidrio y un capilar de vidrio (cuarzo). En este caso, el espacio óptico se llena con agua para enfriar el conector y absorber una luz retrorreflejada que no usa la aplicación láser. El agua de enfriamiento se encuentra flotando justo detrás del cilindro 24 de vidrio y circundando la fibra óptica y el separador de modalidades. El agua se encuentra también circundando el capilar 20 de vidrio, que es el transmisor de luz entre el espacio óptico y la parte trasera del conector en el que están ubicados los sensores 14 de luz. Una luz retrorreflejada a través del tubo capilar de vidrio a los detectores de luz se indica mediante 25 en la figura 4.

20 Midiendo la temperatura del agua entrante $T_{entrada}$ y la temperatura del agua saliente T_{salida} , puede calcularse la temperatura diferencial dT . Junto con la señal de los sensores de luz, esto es un fuerte indicador de retroalimentación de la aplicación en la que se usa el haz de láser. Estas dos señales (señal del sensor de luz y señal de temperatura diferencial) pueden monitorizarse y asistir con los ajustes al proceso de aplicación en un circuito de bucle cerrado.

25 Esto al final mejorará la calidad y la eficacia en el proceso de láser.

En la figura 5 se ilustran medios 14 de sensor en combinación con un diseño de fibra óptica con agua 26 de enfriamiento en el interior del conector detrás de un cilindro 27 de vidrio y un capilar 20 de vidrio (cuarzo) y en el que el cilindro 27 de vidrio separa la luz en diferentes longitudes de onda. Al usar el cilindro 27 de vidrio como terminación de la fibra óptica, la luz de proceso se dividirá en un espectro 28 en el interior del cilindro de vidrio. El enfoque cambiará debido a las diferentes longitudes de onda que cruzan los materiales con diferentes índices de refracción. Esto aumentará finalmente la señal a los sensores 14 de luz a través del capilar 20 de vidrio. Una luz retrorreflejada a través del tubo 20 capilar de vidrio a los detectores de luz se indica mediante 28 en la figura 5.

35 Todos los sensores descritos hasta el momento están conectados al circuito de enclavamiento de fibra, en el que las funciones que permiten la interrupción de enclavamiento se activan cuando las señales medidas son superiores a los niveles 31 umbral, tal como se ilustra en la figura 6. Para la comparación en 32, el nivel umbral podría establecerse a continuación en un valor absoluto o un valor diferencial (que cambia de nivel).

40 Se trata de un sistema de interrupción de enclavamiento muy rápido ya que el control de las señales está integrado en la electrónica en el interior del conector de fibra. Además, debido a que pueden registrarse todas las señales es posible evaluar qué sucedió en el interior del conector antes del caso de la interrupción de enclavamiento. La comunicación a los conectores de fibra óptica se proporciona preferiblemente a través de una interfaz CAN. Por tanto es fácil desarrollar el control principal del láser existente para controlar también los mensajes CAN desde los sensores 14 de luz.

50 Los sensores están conectados al circuito de enclavamiento de fibra en una configuración de circuito de bucle cerrado, en la que el bucle principal en la electrónica del sensor de conector de fibra mide los parámetros por ejemplo cada 10 ms. Se realiza la comparación con el nivel umbral establecido en cada iteración. El tiempo de interrupción para la unidad de relés es aproximadamente 3 ms. Entonces, el tiempo para que el sensor interrumpa el circuito de enclavamiento es menos de 20 ms. El tiempo de respuesta es el tiempo para que un sensor reaccione e interrumpa el circuito de enclavamiento. Siempre hay una cantidad de tiempo para calentar un material, este tiempo no se incluye en el tiempo de respuesta. Por esta razón, dichos sensores son los más rápidos debido a que reaccionan a la luz. Los sensores pueden establecerse en diferentes valores umbral que pueden controlar la unidad de relés en el circuito de enclavamiento e interrumpir el enclavamiento en un valor establecido. Los valores umbral pueden establecerse mediante un ordenador que se usa además para monitorizar el proceso de aplicación del láser.

60 La invención no se limita a los ejemplos descritos anteriormente, sino que puede variarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para monitorizar el rendimiento del proceso de un sistema de láser con un cable (3) de fibra óptica de alta potencia, específicamente un cable de fibra óptica realizado para transmitir niveles de potencia hasta y superiores a 20 kW, que tiene un extremo (1) de entrada para un haz de luz incidente y un extremo (2) de salida en el que el haz de luz sale de la fibra óptica, y en el que al menos uno de los extremos está dotado de un dispositivo (4,5) de conector que tiene medios (14) de sensor para monitorizar el estado del cable de fibra óptica, caracterizado porque
 - los medios (14) de sensor están ubicados en el interior del dispositivo (4,5) de conector y dispuestos para monitorizar y controlar un proceso de aplicación de láser durante la acción así como la detección de las condiciones dentro del dispositivo de conector, captando la luz dispersa en la forma de haz de luz, que es el haz de láser que va desde la fuente de láser hacia el proceso de aplicación, así como la luz de proceso, que es la luz enviada de vuelta desde el proceso de aplicación del láser;
 - un circuito (30) de enclavamiento de fibra está ubicado en el interior del dispositivo (4,5) de conector; y
 - los medios (14) de sensor están conectados al circuito (30) de enclavamiento de fibra en un circuito de bucle cerrado, para activar una interrupción de enclavamiento cuando las señales medidas son superiores a los niveles (31) umbral; y en el que la comparación de las señales a los valores umbral está integrada en la electrónica en el interior del dispositivo (4,5) de conector, para reducir el tiempo de respuesta del circuito de enclavamiento de fibra.
2. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos niveles (31) umbral se han establecido en niveles absolutos.
3. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos niveles (31) umbral se han establecido en niveles diferenciales.
4. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios (14) de sensor están ubicados en la parte trasera del dispositivo (4,5) de conector.
5. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios (14) de sensor están dispuestos para captar la luz dispersa que sale del cable (3) de fibra sustancialmente en la dirección radial.
6. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios (14) de sensor están dispuestos para captar una luz retrorreflejada que sale de un tubo (20) capilar de vidrio que circunda el cable de fibra.
7. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios (14) de sensor comprenden al menos un sensor de luz de fotodiodo, por ejemplo un sensor (15) de luz IR, un sensor (16) de luz RGB o un sensor (17) de luz UV.
8. Aparato según la reivindicación 7, caracterizado porque los medios (14) de sensor comprenden tres sensores de luz de fotodiodo, por ejemplo un sensor (15) de luz IR, un sensor (16) de luz RGB y un sensor (17) de luz UV.
9. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios (14) de sensor comprenden además un sensor (18) de temperatura absoluta en el interior del dispositivo (4,5) de conector para medir la temperatura absoluta en el interior del conector de fibra.
10. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios (14) de sensor comprenden además un sensor (19) de humedad en el interior del dispositivo (4,5) de conector para medir la humedad en el interior de la fibra para detectar cualquier fuga de agua en el conector.
11. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado porque la información procedente de los medios (14) de sensor se utiliza para retroalimentación al proceso de aplicación del láser para el control de calidad del proceso.
12. Aparato según la reivindicación 11, caracterizado porque la información procedente de los medios (14) de sensor se implementa en un circuito de bucle cerrado para regular el proceso de aplicación del láser para el resultado del proceso deseado.

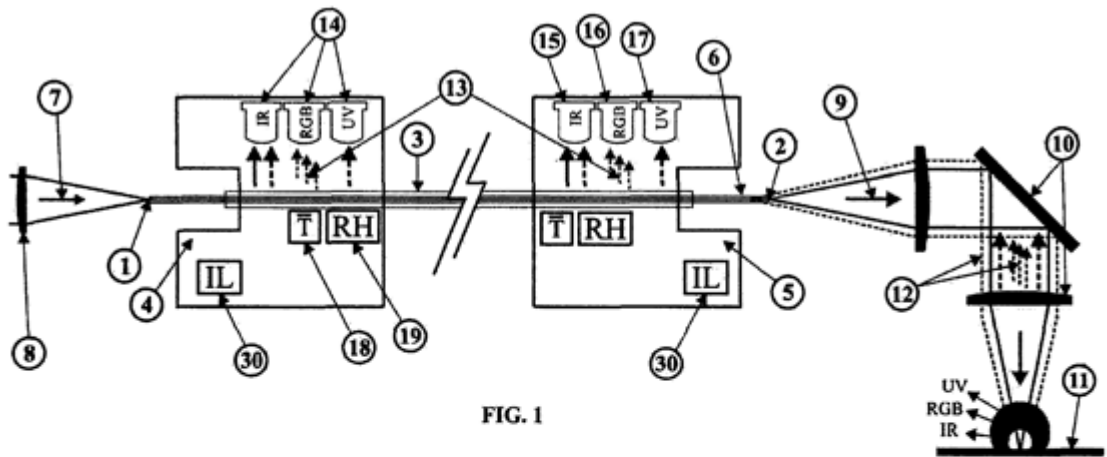


FIG. 1

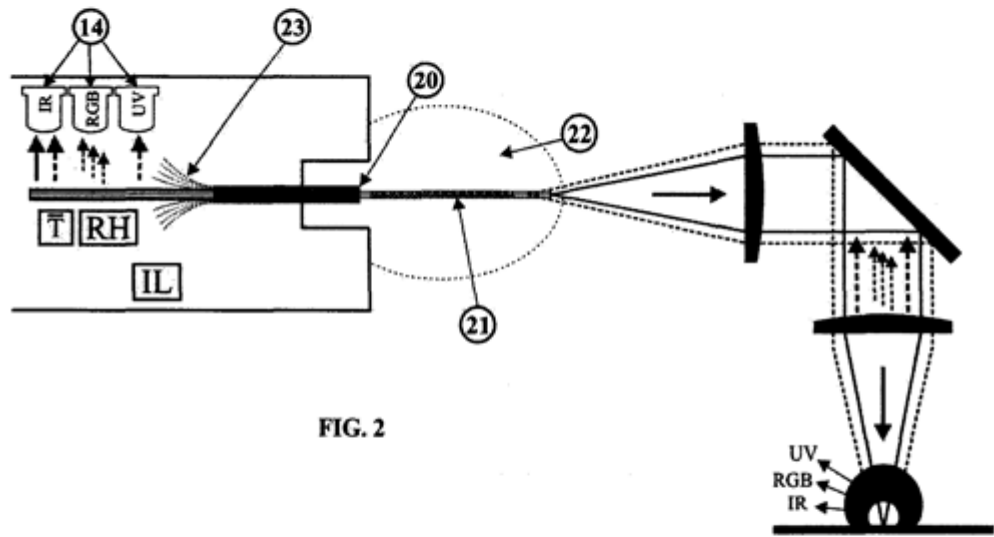


FIG. 2

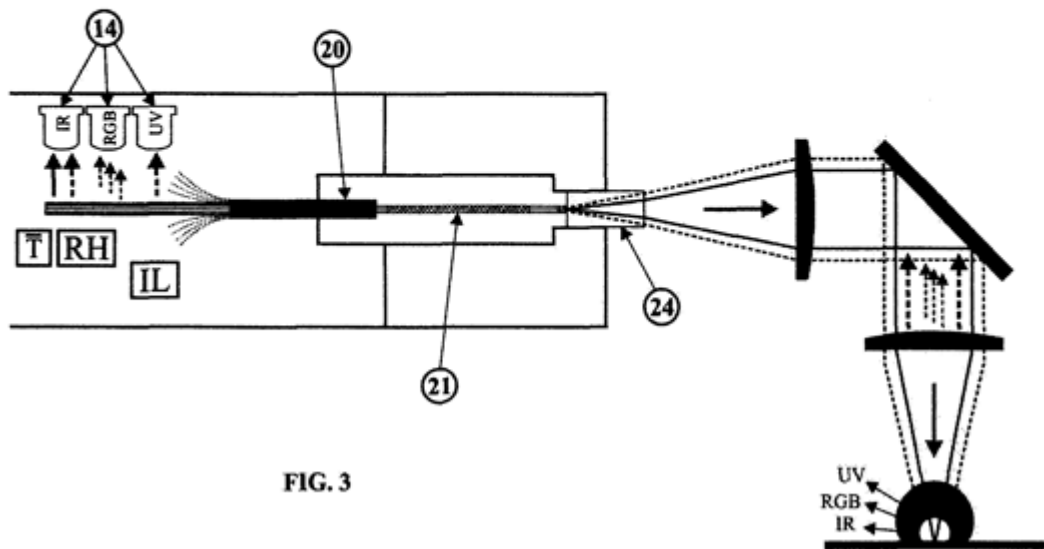


FIG. 3

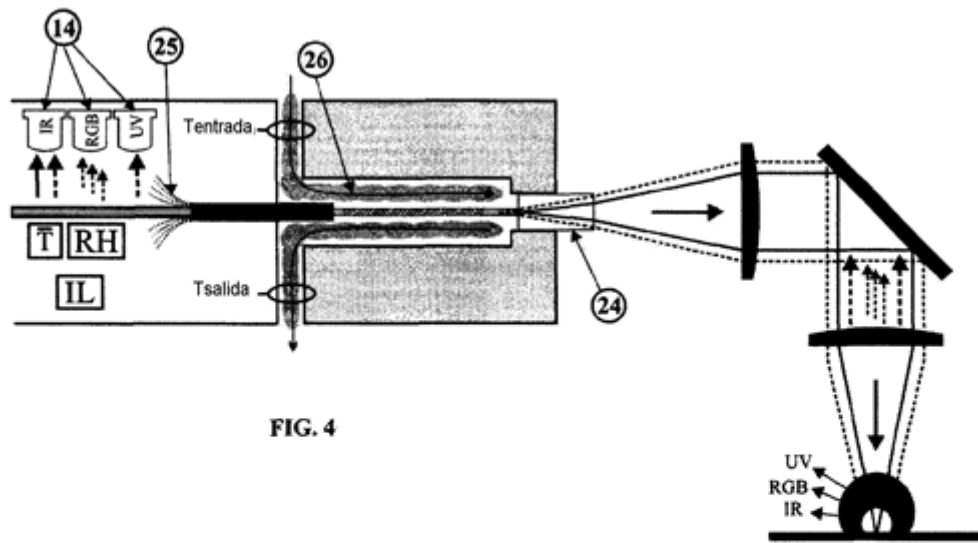


FIG. 4

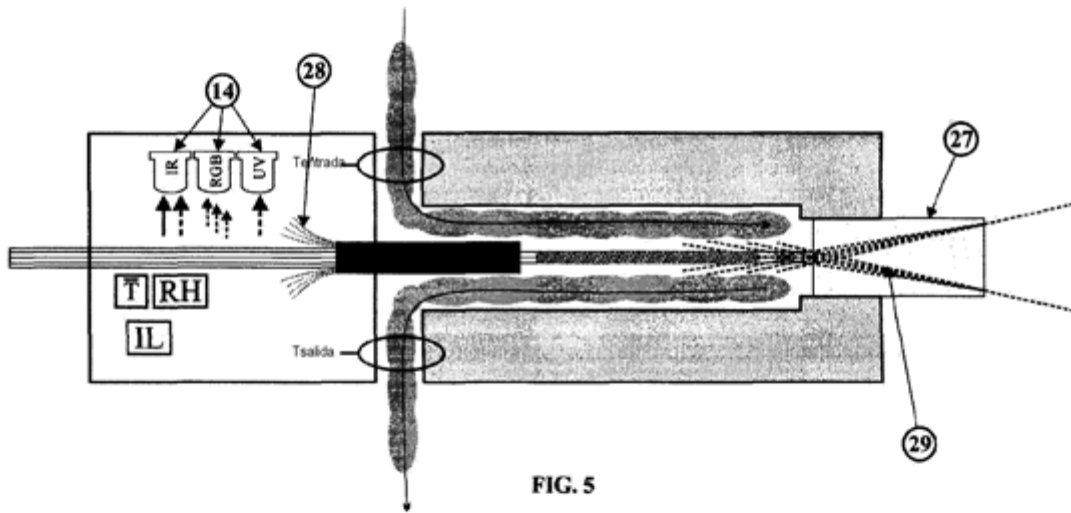


FIG. 5

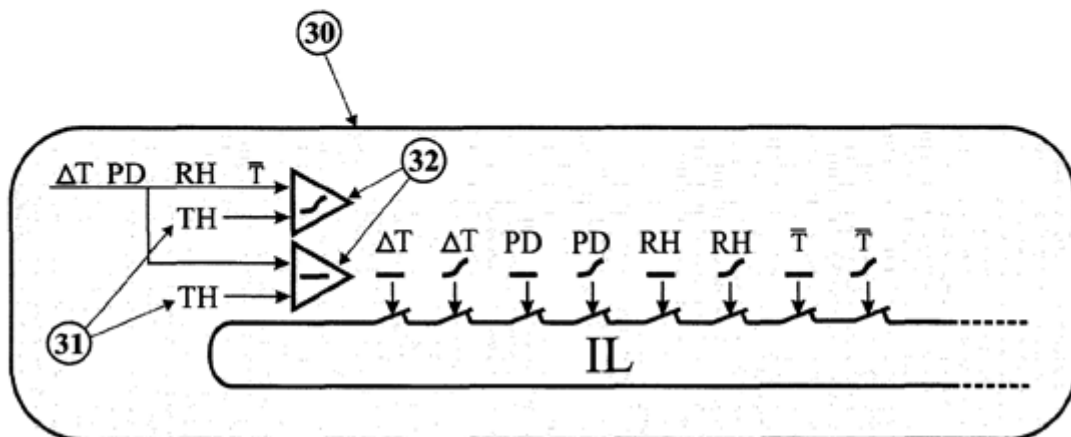


FIG. 6