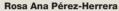


Láseres de fibra óptica

Desde su desarrollo en los años 60 hasta nuestros días, los láseres de fibra óptica han ido incrementando su importancia en diversos ámbitos de nuestra vida. Ya sea en la medicina, la electrónica de consumo o la industria, las mejoras introducidas por este tipo de láseres han hecho que constituyan una de las principales líneas de investigación en nuestros días. En este artículo se presenta una breve descripción de los láseres de fibra óptica y sus aplicaciones.



[rosa.perez@unavarra.es]

y Manuel López-Amo

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Pública de Navarra

"Los láseres
de fibra óptica
representan una
nueva generación de
láseres relativamente
compactos, es decir,
de menor peso y
tamaño que los
convencionales;
además, pueden
alcanzar niveles de
potencia de decenas,
centenas e incluso
miles de vatios"

os láseres de fibra óptica aportan frente a otros láseres una serie de ventajas tanto económicas como técnicas para su aplicación industrial. Las características técnicas que los hacen competitivos son su menor tamaño, su mayor eficiencia y la simplicidad de sus sistemas de enfriamiento.

Un láser de fibra óptica es un dispositivo en el que el medio activo que proporciona la ganancia es habitualmente una fibra óptica dopada con algún tipo de elemento de las denominadas tierras raras. Las más usadas son el erbio (Er³+), el neodimio (Nd³+), el yterbio (Yb³+), el tulio (Tm³+), o el praseodimio (Pr³+). Todos estos elementos usados como dopantes en el interior de una fibra óptica sirven para realizar amplificadores de fibra dopada, que son los elementos esenciales de un láser de fibra.

Existen iqualmente una serie de efectos no lineales tales como la dispersión estimulada Raman (stimulated Raman scattering), la amplificación estimulada Brillouin (stimulated Brillouin scattering) o el mezclado de cuatro ondas (four-wave mixing) que pueden también proporcionar ganancia en una fibra óptica sin necesidad de usar dopantes y, de ese modo, servir como medio de ganancia para un láser de fibra óptica. Los láseres de fibra óptica pueden usarse bien para generar radiación de onda continua (CW) o como generadores de pulsos ópticos ultracortos.

Los láseres de fibra óptica suponen una innovación tecnológica muy importante que está pasando rápidamente de los laboratorios de investigación a distintas aplicaciones en la industria, gracias a los numerosos productos ya comercializados.

Estos dispositivos representan una nueva generación de láseres relativamente compactos, es decir, de menor peso y tamaño que los convencionales; además, puede alcanzar niveles de potencia de decenas, centenas e incluso miles de vatios. Las aplicaciones de láseres con tal potencia son muy variadas, incluyendo procesos industriales, mecanizado de piezas, soldadura, medida remota y control de contaminantes en la atmósfera (monitorización ambiental) [1].

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los láseres, ya sean de gas o de estado sólido, necesitan un medio que proporcione ganancia a las longitudes de onda que se pretenden emitir y una realimentación y filtrado selectivo en longitud de onda que favorezca la emisión estimulada frente a la emisión espontánea.

Para realizar esta realimentación selectiva en longitud de onda se utilizan configuraciones ópticas que van desde la pareja de espejos que forman un resonador Fabry-Perot a estructuras más elaboradas realizadas en semiconductor o con fibras ópticas. En cualquier caso y por costumbre, todas estas estructuras reciben el nombre de cavidades, aunque sean bien sólidas.

Los láseres de fibra soportan normalmente un buen número de modos de resonancia longitudinales dentro de su cavidad debido al gran ancho de banda de la ganancia espectral de la amplificación en fibra óptica (>30 nm) y al relativamente pequeño espaciado entre estos modos (< 100 MHz).

El ancho de banda espectral de salida de un láser puede superar los 10 nm funcionando en modo de onda continua.

Algunas aplicaciones de estos láseres requieren una operación de ancho de línea muy estrecha y con un único modo cuya longitud de onda pueda ser sintonizada sobre el ancho de banda.

Se han utilizado diversos métodos para realizar láseres de fibra óptica con un ancho de línea suficientemente estrecho para aplicaciones como las telecomunicaciones [2]. De entre ellos, las redes de difracción de Bragg en fibra óptica (Fiber Bragg Grating, FBG) son los componentes preferidos para este propósito, dado que pueden fabricarse con un espectro de reflectividad de menos de 0,1 nm. Resulta también interesante destacar que el gran ancho de banda de estos láseres de fibra óptica es muy útil para sintonizarlos sobre un rango de longitudes de onda superior a los 50 nm [2].

Los láseres que emiten múltiples longitudes de onda resultan de gran interés en el ámbito de las telecomunicaciones y la multiplexación de sensores. Estos láseres tienen además un gran potencial para caracterizar fibras ópticas y componentes para la multiplexación en longitud de onda (WDM). Las características deseables de estas fuentes ópticas serían las siguientes: se necesita un gran número de canales sobre un rango ancho de longitudes de onda, potencias de salida moderadas (del orden de 100 µW por canal) con una buena relación de señal a ruido óptica (OSNR por sus siglas en inglés), una buena ecualización en potencia entre las líneas emitidas, una operación de un único modo longitudinal para cada línea de emisión láser, que sean sintonizables y que tengan una posición apropiada en la parrilla de frecuencias de la ITU.

Los láseres de fibra cubren gran parte de estos requisitos como fuentes de emisión multilínea. Su fácil fabricación ha dado lugar a muchos diseños avanzados. El principal desafío en la realización de un láser de emisión multilínea usando fibra dopada con tierras raras es el hecho de que los iones de dichos materiales se saturan prácticamente de forma homogénea a temperatura ambiente, impidiendo una operación multilínea estable.

El término "láseres de fibra óptica" normalmente hace referencia a láseres que utilizan la fibra óptica como medio de ganancia, aunque algunos dispositivos que emplean un amplificador óptico de semiconductor y un resonador de fibra han sido catalogados también como láseres de fibra (o láseres de fibra/semiconductor). En la mayoría de los casos y como ya se ha comentado con anterioridad, este medio de ganancia es una fibra dopada con iones de tierras raras y uno o varios diodos láser que se utilizan como bombeo óptico [3].

Como es bien sabido, el término láser significa amplificación de luz por emisión estimulada de radiación y consta de una fuente óptica con una cavidad por la que sale un haz de luz monocromático y muy directivo. La principal característica de dicho haz es la de ser altamente coherente lo que permite en ciertas aplicaciones focalizar una gran cantidad de potencia óptica por unidad de superficie.

Por otro lado, las fibras ópticas han proporcionado un notable impulso al desarrollo de las telecomunicaciones durante las últimas cuatro décadas. Para ello, se han creado una serie de dispositivos adicionales, muchos de ellos fabricados también con fibras ópticas; como acopladores, filtros y amplificadores. Estos dispositivos son intrínsecamente de bajas pérdidas y pueden interconectarse fácilmente dentro de las redes de telecomunicación [4].

La importancia de los sistemas de fibra óptica con multiplexación en longitud de onda (WDM) ha crecido exponencialmente durante la primera década de este siglo. La técnica de multiplexación en longitud de onda se utiliza tanto en telecomunicaciones como en redes de multiplexación de sensores. Para los sistemas WDM se necesita generar múltiples portadoras ópticas, que permiten el incremento de la capacidad del sistema de una forma eficiente y económica. Los láseres de fibra óptica son especialmente apropiados para este tipo de sistemas, especialmente para multiplexar sensores de fibra óptica.

Como se ha comentado con anterioridad, un dispositivo clave fabricado con fibra óptica es la red de difracción de Bragg o FBG, que puede utilizarse para reflejar o filtrar luz en el propio núcleo de la fibra con el fin de evitar el uso de componentes externos de óptica de volumen y disminuir las pérdidas de potencia óptica.

Una red de Bragg consiste de una modulación periódica del índice de refracción del núcleo de una fibra óptica, por lo general monomodo [4].

En un FBG la longitud de onda de la luz que es reflejada viene dada por la siguiente ecuación:

$$\lambda_{Bragg} = 2 \cdot n_{eff} \cdot \Lambda$$

donde $n_{\rm eff}$ es el índice de refracción efectivo del núcleo de la fibra y Λ es el periodo de la red de difracción. En la ecuación anterior se puede ver que la longitud de onda de Bragg puede variar con un cambio en el periodo de la red de difracción o del índice de refracción efecto. El primero sería el caso de una variación de tensión y el segundo de una modificación en la temperatura, razón por la cual las FBG se utilizan habitualmente como

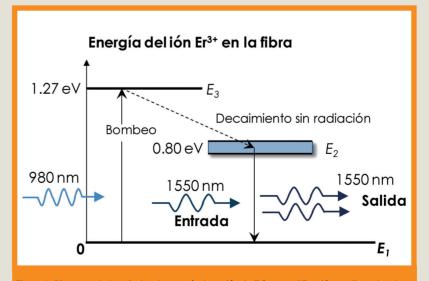


Figura 1. Diagrama de los niveles de energía de un ión de E_1^{3+} y amplificación mediante bombeo de E_1 a E_3 , obteniendo emisión estimulada desde E_2 hasta E_1 . La línea discontinua indica transiciones sin radiación.

Figura 2. Configuración básica de un láser de fibra óntica.



sensores de estos dos parámetros. Son ideales para un amplio rango de aplicaciones y suponen un elemento clave en el campo de las comunicaciones ópticas y como sensores de fibra óptica, además de tener aplicaciones en láseres de fibra óptica [5].

DISEÑO DE LÁSERES DE FIBRA ÓPTICA

Los láseres de fibra óptica pueden diseñarse usando una gran cantidad de alternativas de cavidad láser [2]. Como se ha mencionado, uno de los tipos más sencillos de cavidad láser es la llamada cavidad Fabry-Perot, que puede realizarse situando la fibra óptica amplificadora entre dos espejos de alta reflectividad. En el caso de los láseres de fibra, los espejos a menudo se sitúan en el extremo final de las fibras para así evitar las pérdidas de difracción.

Uno de los láseres de fibra óptica más utilizados hoy en día es el láser de fibra dopada con erbio (EDFL) ya que pueden operar en varias regiones de longitudes de onda que van desde el visible hasta el infrarrojo lejano. Resulta de particular interés la región situada en torno a los 1,55 µm dado que coincide con la zona de bajas pérdidas de las fibras de sílice utilizadas en las comunicaciones ópticas y en la multiplexación de sensores de fibra.

Para conseguir la ganancia en estos láseres se emplean amplificadores de fibra dopada con erbio que consisten en una fibra cuyo núcleo ha sido dopado con iones Er3+ y que, con un bombeo apropiado, dichos iones pueden consequir que la fibra alcance una ganancia óptica gracias a la emisión estimulada. En términos muy simplificados, el principio de operación es el siguiente: cuando el ión de Er3+ es introducido en el material, tiene una energía de base de E₁, la energía más baja posible para el ión de Er3+ (figura 1). Existen dos niveles de energía convenientes para bombear ópticamente el ión de Er3+. El primero es E₂ y el segundo E₃ está aproximadamente 1,27 eV por encima del nivel de energía de base.

Estos dos niveles corresponden a las longitudes de onda de 0,98 y 1,48 µm. De hecho, se han desarrollado láseres de semiconductor que trabajan en estas longitudes de onda con el único propósito de servir como bombeo de las fibras dopadas con erbio. Su uso ha dado lugar a una gran variedad de láseres de fibra comerciales que emiten en la zona de los 1,55 µm.

Introduciendo potencia óptica "de bombeo" en la fibra dopada a cualquiera de estas longitudes de onda se consigue la inversión de población entre los niveles $\rm E_1$ y $\rm E_2$. Por ejemplo, al bombear a 0,98 µm (figura 1) los electrones del nivel $\rm E_1$ promocionan al nivel $\rm E_3$ y desde ahí a una banda de energía intermedia $\rm E_2$. Este paso se realiza mediante una transición que no produce fotones y el tiempo de vida medio de los electrones en este nivel es de unos 10 ms.

De este modo, más y más electrones se acumulan en E_2 , que se encuentran a 0,8 eV por encima del nivel base de energía E_1 . La acumulación de electrones en E_2 conlleva la inversión de población entre E_2 y E_1 . La diferencia de niveles de energía $E=E_2$ - E_1 =0,80 eV corresponde con longitudes de onda de la banda de 1550 nm, por lo que al alcanzar la inversión de población tendremos ganancia por emisión estimulada en este rango de longitudes de onda.

Este amplificador óptico, dentro de la cavidad del láser de fibra, comenzará generando inicialmente fotones por emisión espontánea dentro de la banda de amplificación del erbio. Posteriormente, y ya por emisión estimulada, generará una emisión láser a las longitudes de onda que vengan forzadas por la cavidad.

Por otro lado, dependiendo de las características del bombeo que se aplique, se puede obtener una emisión de luz continua (continuous wave, CW) o pulsada mediante las técnicas de conmutación de la ganancia, o la de retención de modo (mode locking); o mediante la colocación de un absorbente saturable a la salida.

La figura 2 muestra un ejemplo de una configuración básica de un láser de fibra óptica dopada. La luz de "bombeo" es introducida desde el extremo izquierdo a través de un espejo hasta el núcleo de la fibra dopada. La luz láser generada se extrae a través del extreme derecho del montaje.

Existen varias alternativas para evitar que la luz del bombeo pase a través de los espejos dieléctricos. Por ejemplo, una posibilidad podría ser aprovechar las ventajas de los acopladores de fibra. Es posible diseñar un acoplador de fibra tal que la mayor parte de la potencia de bombeo llegue a la fibra dopada sin sufrir la atenuación de un espejo. Dichos acopladores se conocen como acopladores de multiplexación en longitud de onda (WDM). Otra solución es la de usar redes de Bragg de fibra óptica como espejos [6]. Como es bien sabido, una red de Bragg puede actuar como un espejo de

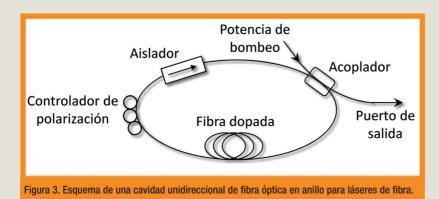




Figura 4. Caracterización de un láser en anillo multilínea de fibra óptica.

alta reflectividad para la longitud de onda del láser al mismo tiempo que es transparente al bombeo. El uso de dos de estas redes de difracción daría también lugar a una cavidad Fabry-Perot todo-fibra [7]. Una ventaja adicional de las redes de Bragg es que el láser puede ser forzado a operar con un único modo longitudinal [8]. Una tercera propuesta hace uso de cavidades en anillo de fibra óptica en combinación o no con redes Bragg [9].

Estas cavidades se utilizan normalmente para obtener un comportamiento unidireccional del láser. En el caso de los láseres de fibra óptica, una ventaja adicional es que una cavidad en anillo se realiza si usar espejos.

En el diseño más simple, dos puertos de un acoplador se conectan de manera que formen una cavidad láser en anillo al incluir a la fibra dopada entre una entrada y una salida del acoplador, como se puede ver en el esquema de la figura 3.

Para asegurar un funcionamiento unidireccional, se puede utilizar un aisla-



dor dentro del lazo de fibra. Sin embargo, se han realizado varias configuraciones alternativas de láseres de fibra óptica, donde los acopladores pueden eliminarse de la cavidad en anillo mediante el uso de circuladores [8] [10]

En teoría también sería necesario al-

Figura 5. Evolución del número de publicaciones en revistas y congresos científicos relacionadas con los láseres de fibra óptica desde su aparición hasta el año 2008. (Fuente: www.scopus.com)



Figura 6. Porcentaje de publicaciones relacionadas con los láseres de fibra óptica desde su aparición hasta el año 2008 distribuida por países. (Fuente: ISI Web of knowledge)

gún dispositivo para controlar la polarización de la luz que circula por el anillo de fibra óptica como por ejemplo un controlador de polarización. Este controlador de polarización proporciona un mecanismo dentro de la cavidad para compensar la dependencia entre la polarización y la ganancia. Sin embargo, algunos trabajos previos [10] han demostrado que, en la práctica, este elemento posee una influencia mínima en el caso de tener un láser en régimen multimodo.

Son posibles otros muchos diseños de cavidades de fibra óptica. Por ejemplo, utilizando dos cavidades Fabry-Perot acopladas. En el esquema más simple, uno de los espejos se separa del final de la fibra una distancia determinada. La reflectividad del 4% de las transiciones fibra-aire actúa como un espejo de baja reflectividad que acopla la cavidad de fibra con el espejo separado por aire que a su vez forma una segunda cavidad. Normalmente no se desea generar una segunda cavidad, y por este motivo, todas las terminaciones de fibra del sistema que no se usan tienen que ir inmersas en un gel adaptador de índice para evitar reflexiones indeseadas.

La figura 4 muestra el desarrollo experimental de un láser de fibra óptica obteniéndose en este caso, 3 emisiones láser simultáneamente.

Muchos láseres presentan fluctuaciones en la intensidad de su potencia de salida que aparece bien como una secuencia de pulsos estrechos o como un pequeño rizado superpues"En la actualidad, cerca de 70 empresas de todo el mundo comercializan láseres de fibra óptica"

to sobre la señal de salida del láser de onda continua.

Se ha demostrado que estas inestabilidades pueden degradar significativamente las características de funcionamiento de los sistemas láser de fibra óptica. Se han realizado diferentes estudios de sus posibles causas. Los principales motivos que influyen en la estabilidad son: la potencia de bombeo [11], la longitud de la fibra dopada [12], el factor de acoplo utilizado [13], la longitud total de la cavidad [12], las pérdidas en la cavidad [14] así como la influencia de efectos tales como el llamado efecto de quemado espectral de huecos (spectral hole-burning) [15]. Sin embargo, otros factores como por ejemplo el control de la polarización [12], no parecen tener un gran efecto sobre dichas inestabilidades como ya se ha comentado con anterioridad.

Como muestra del interés despertado por este tipo de dispositivos, la figura 5 muestra la evolución del número de publicaciones en revistas y congresos científicos relacionados con este tipo de láseres, mostrando una clara tendencia de subida desde su aparición hasta el año 2008. Del mismo modo, la figura 6 muestra el porcentaje de publicaciones relacionadas con estos láseres también desde su aparición hasta el año 2008, distribuida por países.

APLICACIONES

Desde que se empezaron a comercializar en la década pasada, este tipo de láseres se han vuelto omnipresentes. Se pueden encontrar en decenas de aplicaciones en muchos sectores de la sociedad actual. Estas incluyen campos tan dispares como la electrónica de consumo, las tecnologías de la información, caracterización de componentes y materiales en ciencia, métodos de diagnóstico en medicina, así como el mecanizado, soldadura o sistemas de corte en sectores industriales y militares.

El continuo aumento de la potencia de salida de estos láseres está abriendo una gran cantidad de nuevas aplicaciones para muchos de ellos, los cuales empezaron con unas potencias de salida de decenas de vatios y ahora pueden alcanzar varios kilovatios. En un principio, estos láseres se comercializaron para la industria de las telecomunicaciones y después fueron integrándose en el campo de aplicaciones como la soldadura y corte de materiales a medida que su potencia de salida iba incrementando [16].

En muchas de estas aplicaciones, los

Tabla	a 1 Resumen de	la oferta co	omercial de láseres pulsados de	fibra óptica.
Material	Longitud de onda (nm)	Potencia máxima	Aplicaciones	Empresas
Erbio (fibra dopada)	1055-1090	18 W	Aviación/Automoción Medicina/ Biomedicina Investigación de materiales	Rofin-Baasel Inc
	1525-1565	1-10 nJ	Comunicaciones Medicina/ Biomedicina	Calmar Optcom Inc
	1530-1565	1 W	Control de calidad Procesado e investigación de materiales	Calmar Optcom Inc
	1550-1580		Sensado remoto Comunicaciones	PolarOnyx Inc
Yterbio (fibra dopada)	1030-1040	300 W	Procesado de silicio Taladrado de materiales Grabado de materiales	EOLITE Systems
	1030-1070	10 W	Micro-mecanizado Corte de polímeros y silicio	IPG Photonics Corp
	1030-1080		Sensado remoto Comunicaciones	PolarOnyx Inc
	1050-1090	5 W	Comunicaciones Procesado de semiconductores	Nufern
	1060-1090	10 W	Comunicaciones Procesado de semiconductores	Nufern
Yterbio (glass)	1020-1080	1-10 nJ	Control de calidad Sensado remoto	Calmar Optcom Inc

Tabla 2	Resumen de la ofert	ta comercial	de láseres de fibra óptica de or	nda continua (CW).
Material	Longitud de onda (nm)	Potencia máxima	Aplicaciones	Empresas
Erbio (fibra dopada	980-1550	10 W	Soldadura de materiales Robótica	Lasea SA
	1085-1095		Control de calidad Sensado remoto	Japan Laser Corp
	1530-1620	2 kW	Soldadura Manipulación de metales	IPG Photonics Corp
	1535-1565		Procesado de materiales Sensado remoto	PolarOnyx Inc
Ti	1800-2100	2 kW	Corte, soldadura y mecanizado de diversos materiales	IPG Photonics Corp
Yterbio (fibra dopad	a) 1030-1080		Procesado de materiales Biotecnología	PolarOnyx Inc
	1060-1080	1,2 W	Procesado de materiales Sensado	Lumics GmbH
	1060-1070		Procesado y corte de materiales	Laser Photonics
	1060-1070	50 W	Construcción Corte y grabado de materiales	Rofin-Baasel Inc
	1080-1090	50 W	Instrumental médico Procesado de materiales Soldadura	Nufern
	1030-1120	50 kW	Corte y soldadura de materiales	IPG Photonics Corp

beneficios de los láseres se deben a sus propiedades físicas. Por ejemplo, un haz láser altamente coherente puede enfocarse por debajo de su límite de difracción que, a longitudes de onda visibles, corresponde solamente a unos pocos nanómetros. Cuando se enfoca un haz de un láser potente sobre un punto, éste recibe una enorme densidad de energía. Esta propiedad permite al láser grabar gigabytes de información al realizar cavidades microscópicas en un CD, DVD o Blu-ray. También permite a un láser de media o baja potencia al-

canzar intensidades muy altas y usarlo para cortar, quemar o incluso sublimar materiales.

A continuación se enumeran algunas de las ventajas de los láseres de fibra óptica frente a otros tipos de láseres:

- La luz sale por una fibra flexible: el hecho de que la luz se genere y salga del láser por una fibra permite desarrollar fácilmente un elemento de enfoque móvil. Esto resulta interesante para láseres de corte de metales o telas, soldadura o grabado de metales y polímeros.
- Alta potencia de salida: los láseres
- de fibra pueden tener regiones activas de varios kilómetros de largo, y así producir y soportar unas ganancias y potencias ópticas muy altas. Los niveles de potencia de salida continua pueden ser de kilovatios dado la buena relación entre el volumen y el área superficial de la fibra, lo que permite un enfriamiento eficiente.
- Alta calidad óptica: las propiedades del guiado de la luz en las fibras reduce o elimina la distorsión térmica en el camino óptico, produciendo una difracción limitada, o un haz óptico de gran calidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/200/Articulos/Laseres/Laseres00.htm [2] P. R. Morkel, "Rare Earth Doped Fiber Lasers and Amplifiers", CRC Press, 2001.

[3] http://www.rp-photonics.com/fiber_lasers.html [4] H. H. Cerecedo Núñez y M. D. Iturbe Castillo. "Rejillas de Bragg en Núcleo de Fibra Óptica de Vidrio", Revista Mexicana de Física, Vol. 44, No. 2, pp. 198, (1998).

[5] Agrawal, "G. P. Nonlinear Fiber Optics". Cap 10, Academic Press, London, 1995.

[6] R. P. Kashyap, "All-fibre narrow band reflection gratings at 1500 nm", Electronics Letters, Vol. 26, No. 11, pp. 730-732, (1990).

[7] G. A. Ball, "Standing-wave monomode erbium fiber laser", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 3, No. 7, pp. 613-615, (1991).

[8] R. A. Pérez-Herrera, M. Fernández-Vallejo, S. Díaz, M. A. Quintela, M. López-Amo y J. M. López-Higuera, "Stability comparison of two quadruple-wavelength switchable erbium-doped fiber lasers", Optical Fiber Technology, Vol. 16, No. 4, pp. 205-211, (2010).

[9] L. Talaverano, S. Abad, S. Jarabo y M. López-Amo, "Multiwavelength Fiber Laser Sources with Bragg-Grating Sensor Multiplexing Capability," Journal of Lightwave Technology, Vol. 19, No. 4, pp. 553-558. (2001).

[10] R. A. Pérez-Herrera, M. A. Quintela, M. Fernández-Vallejo, A. Quintela, M. López-Amo y J. M. López-Higuera, "Stability comparison of two ring resonator structures for multiwavelength fiber lasers using highly doped Er-fibers", IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol. 27, No. 14, pp. 2563-2569, (2009).

[11] R. A. Pérez-Herrera, "Experimental optimization in terms of power stability and output power of highly Er-doped fiber lasers with single and hybrid cavities", Fiber and Integrated Optics, Vol. 29, No. 2, pp. 106-120, (2010).

[12] F. Liegeois, "Mid-term stability of a fiber ring laser with a wavelength-tunable Fabry-Perot filter", in Proceedings of SPIE, Vol. 5480, No. 36, pp. 36-45, (2004).

[13] C. H. Yeh, "Dual-Wavelength S-Band Erbium-Doped Fiber Double-Ring Laser", Laser Physics, Vol. 18, No. 12, pp. 1553-1556, (2008).

[14] V. Deepa, "Linewidth characteristics of a filterless tunable erbium doped fiber ring laser", Journal of Applied Physics, Vol. 102, No. 8, art. no. 083107-4. (2007).

[15] Y. Liu, "Stable room-temperature multi-wavelength lasing realization in ordinary erbium-doped fiber loop lasers", Optics Express, Vol. 14, No. 20, pp. 9293-9298, (2006).

[16] http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=36248

[17] http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/200/Articulos/Laseres/Laseres03.htm
[18]http://www.optoiq.com/index/lasers-for-manufacturing/display/ils-article-display/247670/articles/industrial-laser-solutions/volume-21/issue-2/features/high-power-fiber-lasers-gain-market-share.html

• Tamaño compacto: aunque más voluminosos que los láseres de semiconductor, los láseres de fibra óptica son compactos comparados con sus homónimos de gas con unos niveles potencia comparables, dado que la fibra puede ser curvada y enrollada para así ahorrar espacio.

• Fiabilidad: los láseres de fibra muestran una alta estabilidad ante vibraciones, un largo tiempo de vida y una operación prácticamente libre de mantenimiento.

Como ya se ha señalado, estos láseres se utilizan en procesos de fabricación, para grabar o marcar metales, plásticos y vidrio. A modo de resumen se muestra un listado de otras aplicaciones de este tipo de láseres en la vida cotidiana:

- Medicina: Operaciones sin sangre, tratamientos quirúrgicos, ayudas a la cicatrización de heridas, tratamientos de piedras en el riñón, operaciones de vista, operaciones odontológicas.
- Industria: Cortado, guiado de maquinaria y robots de fabricación, mediciones de distancias precisas mediante láser.
- Defensa: Guiado de misiles balísticos, alternativa al radar, cegado a la tropas enemigas.
- Ingeniería Civil: Guiado de máquinas tuneladoras en túneles, diferentes aplicaciones en la topografía como mediciones de distancias a lugares inaccesibles.
- Investigación: Espectroscopia, interferometría láser, LIDAR, telemetría.
- Desarrollos en productos comerciales: Impresoras láser, CD, lectores de código de barras, punteros láser, termómetros, hologramas, aplicaciones en iluminación de espectáculos.
- Tratamientos cosméticos y cirugía estética: Tratamientos de acné, celulitis, tratamiento de las estrías, depilación.

Los láseres de fibra óptica prometen alcanzar aún mayores niveles de potencia óptica, ya que la tecnología no está limitada por el diseño de las fibras ópticas, sino por la potencia disponible de bombeo con las agrupaciones de diodos láser de semiconductor. Por otro lado, es posible configurar los láseres de fibra óptica de forma oscilador maestro-amplificador de potencia (MOPA por sus siglas en inglés), lo que permite obtener láseres de alta potencia y pulsados, con una duración de pulso de picosegundos (billonésima parte de un segundo) y femtosegundos (milbillonésima parte de un segundo). Se estima que con este tipo de configuración se pueden lograr potencias de hasta cien kilovatios [17].

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado
dentro de los proyectos
dentro de los proyectos
TEC2007-67987-C02-02-01.
TEC2010-20224-C02-01.

SITUACIÓN DEL MERCADO DE LOS LÁSERES DE FIBRA ÓPTICA

Resumiendo, los mayores beneficios de la tecnología de los láseres de fibra óptica son los siguientes: una eficiencia mayor del 27%, una larga vida de los diodos de bombeo, un mantenimiento prácticamente gratuito, una misma unidad puede cortar, soldar o incluso taladrar, baja divergencia del rayo, y un relativo bajo coste. Estos láseres son compactos y transportables y ofrecen un óptimo funcionamiento ya que no requieren calentamiento, el tamaño del haz de salida con varía con la potencia y tiene un gran rango dinámico.

En la actualidad, cerca de 70 empresas de todo el mundo comercializan este tipo de láseres de fibra óptica. Las tablas 1 y 2 muestran algunas de las principales características y posibles aplicaciones tanto para los láseres pulsados como para los de onda continua así como algunas de las empresas que los distribuyen.

Dadas estas prestaciones, y dada su disponibilidad comercial cada vez más abundante, la aceptación de la tecnología de los láseres de fibra óptica ha ido creciendo uniformemente en todo el mundo [18].

A día de hoy, el procesado de materiales con láser de fibra óptica es una tecnología real de sustitución. Es decir, muchas compañías están comenzando a llevar a cabo su producción con la ayuda de estos láseres y están comenzando a ver como un signo de expansión y mejora la sustitución de sus viejos láseres.

Otra área donde los láseres de fibra óptica están incrementando su mercado es en el campo de las aplicaciones móviles donde, debido a su reducido tamaño, estos láseres pueden transportarse fácilmente.

Actualmente existen láseres de fibra comerciales con niveles de potencia de salida de hasta 50 kW. Estos dispositivos han demostrado unas prestaciones nunca conseguidas hasta ahora en cuanto a velocidad y profundidad de penetración. Este hecho ha dado lugar a la expansión de los láseres de fibra en el ámbito del procesado de materiales.

35
Revistas
profesionales

Boletines digitales

Z3Guías sectoriales

16 Catálogos ON LINE 16 Revistas corporativas







































































Además le ofrecemos...

• Servicio de documentación

entación 912 972 130

• Servicio de información CIC

902 202 209 912 972 006

Revistas de empresaEventos sectoriales

912 972 023

Atención al suscriptor

902 999 829

Teléfono de Atención al Cliente

) 912 972 000

www.grupotecnipublicaciones.com

Líderes en servicios de información sectorial