

Láser de Neodimio: vidrio en forma de lámina

Nd:glass laser with slab geometry

A. Tourón, L. Fidalgo, D. Krygier, M. Kovalsky, A.Hnilo, P.Diodati

Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP)
Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la defensa (CITEDEF) – CONICET
Juan Bautista de La Salle 4397 (B1603ALO) Villa Martelli, Pcia. de Buenos Aires
e-mail: dkrygier@citedef.gov.ar, pdiodati@citedef.gov.ar
Recibido: 28/10/2014; aceptado: 01/03/2015

En ocasión de las Reuniones AFA del año 2007 y 2009, informamos acerca de las dificultades encontradas y de los avances parciales obtenidos en pos de la construcción de un láser de estado sólido cuyo medio activo consistiera de una delgada lámina de Nd en vidrio iluminada con una batería de diodos láser. El propósito de esa primera etapa del proyecto era avanzar posteriormente en el diseño y operación de un láser de pulsos ultracortos que aprovechara por un lado la geometría del medio activo, y por otro el gran ancho de banda que presenta el Nd al emplear vidrio como medio soporte, a fin de obtener pulsos de muy corta duración.

En esta oportunidad informamos acerca de la obtención por vez primera de dicho dispositivo operando finalmente como emisor láser, incluyendo los detalles de diseño que permitieron alcanzar el umbral de operación láser, y caracterizando el dispositivo a través de sus principales parámetros de funcionamiento de acuerdo a los ensayos practicados hasta el momento.

Palabras clave: Nd:Vidrio, laser en forma de lámina

In the 2007 and 2009 AFA meetings we have reported the difficulties afforded and the partial advances obtained in order to build a solid state laser based on a thin slab of Neodymium doped Glass pumped by a diode stack laser. The purpose of these first steps was to design and operate a new ultra-short pulsed laser, taking advantage of a particular geometry for the active medium and the wide bandwidth provided by the Neodymium ion when Glass is used as the support material, in order to get pulses having very short duration.

In this case we report for the first time laser emission obtained with our own design, including relevant details to get laser threshold. Laser characterization was performed recently by measuring the most important operating parameters of this configuration.

Keywords: Nd:Glass, slab laser

INTRODUCCIÓN

Las ventajas y posibilidades que ofrece una fuente láser de pulsos ultracortos (ML) son, desde hace tiempo, ampliamente conocidas ⁽¹⁾, y encuentran aplicación en los más diversos ámbitos de la investigación científica básica y aplicada.

Este trabajo presenta el desarrollo de una variante de este tipo de facilidad en una versión de bajo costo basada en una cavidad láser de diseño sencillo, que a nuestro entender constituye una opción interesante en función de los proyectos que se llevan adelante en nuestro grupo de trabajo. En particular, para su empleo en tareas de micro-maquinado láser, así como también para el estudio de la dinámica de fenómenos no lineales.

Es en tal sentido que, hace un tiempo, iniciamos las tareas para la construcción de un prototipo láser de estado sólido que cumpla con dichos requerimientos ⁽²⁾, y cuyo estado de avance informamos a continuación.

CAVIDAD DE OSCILACIÓN

El dispositivo láser que construimos, en su versión actual, emplea como medio activo una delgada lámina de Nd cuyo material soporte es un vidrio silicatado (LG680).

La transición láser ocurre centrada en 1060nm y el ancho de banda de la emisión esperado es de unos 36nm ⁽³⁾. La excitación óptica es provista en dirección perpendicular al eje de la cavidad de oscilación (bombeo transversal), por

una juntura lineal de diodos láser (LD) que aportan 150W de potencia pico alrededor de los 810nm, correspondiendo a una de las principales bandas de absorción del medio

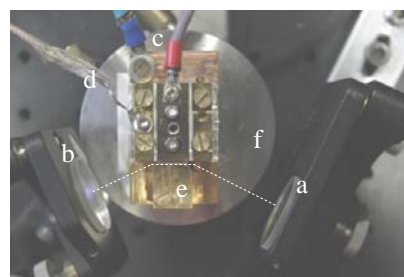


Figura 1: Cavity Óptica. a: Espejo de fondo, b: espejo de salida, c: alimentación de corriente, d: termistor, e: módulo de excitación por diodos láser, f: plataforma giratoria de paso micrométrico

activo.

La configuración adoptada para la cavidad óptica es “del tipo V” y se ilustra en la figura 1.

EL MEDIO ACTIVO

El material empleado como medio activo consiste de una delgada lámina de vidrio de corte trapezoidal (figura 2), que constituye la matriz sólida donde se encuentra disperso el ion activo de Nd³⁺.

El corte de las caras laterales fue realizado en ángulo de Brewster, y obedece a la necesidad de minimizar las pérdidas ópticas por reflexión, ya que las mismas se

hallan desprovistas del recubrimiento antireflectante correspondiente. Por otro lado la cara de la lámina que enfrenta al bombeo, posee un ancho aproximado de 1cm replicando las dimensiones de la juntura emisora y

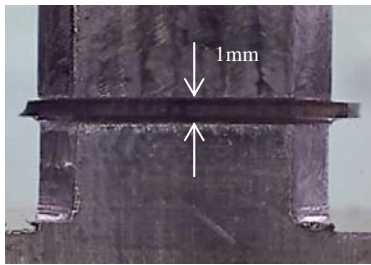


Figura 2: Montaje de la lámina, vista frontal.

presenta un espesor de tan sólo 1mm correspondiente al mínimo valor requerido para soportar la potencia del bombeo sin que se destruya la oblea ⁽²⁾.

MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL

A partir de los ensayos completados durante el desarrollo del prototipo, fue posible identificar distintas dificultades específicas que impedían alcanzar el umbral de operación del láser. Entre ellas se cuentan:

- La formación de una lente térmica dentro del material activo, que introduce una fuerte distorsión óptica.
- La potencia óptica de bombeo insuficiente.
- Las tensiones mecánicas de origen térmico, que dieron lugar a rajaduras en el vidrio inutilizando completamente la lámina.
- Las pérdidas ópticas excesivas.
- La alineación incorrecta de la cavidad, originada esencialmente, en la diferencia de los caminos recorridos al atravesar la lámina, por emplear un láser de alineación cuya longitud de onda difiere de la que corresponde a la transición láser del Nd³⁺.

A fin de superar estos inconvenientes, se adoptaron las siguientes modificaciones:

- Se reemplazó el láser de alineación por un “puntero verde”, que emite la radiación fundamental de 1064nm requerida, además de la segunda armónica de 532nm.
- Se reemplazó el láser de bombeo por una batería de diodos láser cuasi-continuo de mayor potencia, que opera con corrientes más elevadas y un factor de mérito inferior al 20%. Esto permite, además, reducir sensiblemente la carga térmica depositada sobre el medio activo.
- Se incorporó una nueva fuente regulada de corriente para controlar el LD, que permite ajustar la repetición y duración de los pulsos de la descarga.

SISTEMA EMISOR LÁSER

Luego de incluir estas modificaciones se logró finalmente obtener emisión láser en $\lambda=1060\text{nm}$ trabajando con una cavidad de 10cm de largo con un espejo de alta reflectividad (HR) y otro parcialmente reflectante de R=94%, que constituye el espejo de salida.

A continuación se indican las mediciones realizadas, a fin de caracterizar los principales parámetros de funcionamiento del dispositivo.

RECTA DE POTENCIA

Primeramente se relevó la curva de eficiencia óptica en

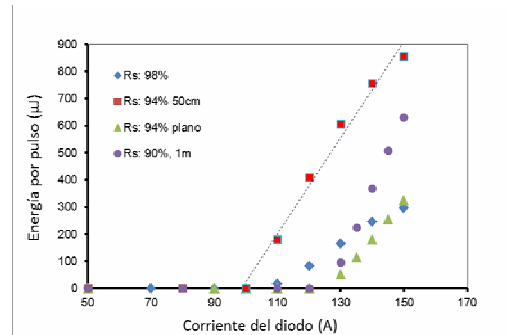


Figura 3: Curva de eficiencia

función de la corriente de operación del diodo, empleando espejos de salida con diferente reflectividad para acoplar la emisión de salida.

LÍMITES DE OPERACIÓN DEL LÁSER

Las limitaciones propias de la fuente de alimentación del LD, y fundamentalmente la energía del bombeo fijada por el valor de corriente y la duración de pulso, establecen una región acotada de trabajo dentro de la cual el sistema emisor opera como láser.

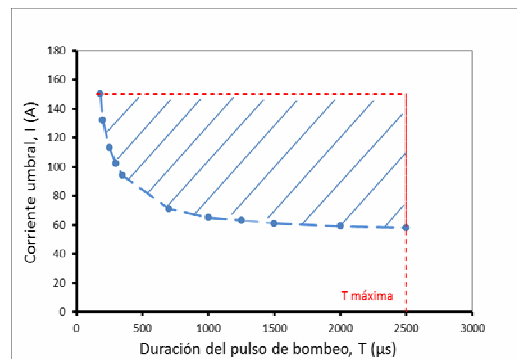


Figura 4: Condición umbral para operar el láser

La curva que delimita la parte inferior de dicha región (figura 4), que se obtuvo llevando el láser a la condición umbral para cada punto de trabajo, corresponde idealmente a una hipérbola cuya constante representa una medida estimada de la energía umbral.

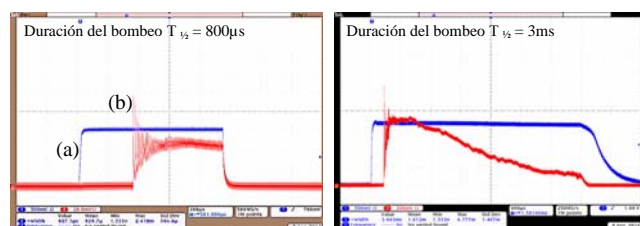


Figura 5: Evolución temporal del pulso. (a) Pulso de corriente del diodo, (b) Emisión láser.

DESARROLLO TEMPORAL DEL PULSO

A través de un osciloscopio digital de 1GHz modelo Tektronix DPO4102B se registraron simultáneamente las señales del pulso de corriente aplicado sobre el LD y la del fotodetector que recibe la radiación proveniente del láser proveniente del espejo de salida de la cavidad.

Según se aprecia en la figura 5, la traza de la señal láser no reproduce fielmente la forma del bombeo. En el caso (a) se advierte la presencia de oscilaciones de relajación que decaen gradualmente hacia el final del pulso. Al extender aún más la duración del pulso de bombeo, en la imagen (b), se observa que la amplitud de la señal láser va disminuyendo hasta prácticamente extinguirse casi por completo.

CARACTERIZACIÓN ESPECTRAL

En última instancia con la ayuda de un espectrómetro sensible en la región visible del espectro, se registraron las curvas correspondientes a la radiación del láser de Nd, y también la del láser auxiliar empleado para alinear la cavidad.

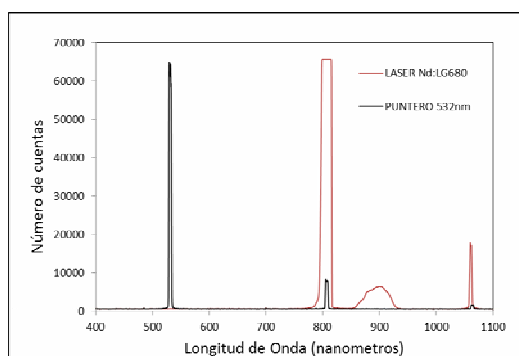


Figura 6: Curva espectral.

COMENTARIOS FINALES

En vista de los resultados obtenidos, confirmamos que los factores críticos para alcanzar el umbral de emisión láser fueron:

- . El reemplazo de la fuente de bombeo por otra de mayor potencia.
- . La operación de dicha fuente en modo pulsado, pudiendo así incrementar los niveles de corriente sin dañar el diodo de bombeo.
- . La reducción de los efectos de calentamiento inducidos dentro de la lámina, conseguida al trabajar con pulsos de corta duración y a menor repetición.
- . También resultó crucial para alinear correctamente la cavidad, el contar con un haz de referencia cuya λ fuera lo más próxima posible a los 1060nm.

Por otro lado, se reconoce que aún persisten dificultades de origen térmico, que se manifiestan especialmente al operar el láser con pulsos de bombeo de larga duración (del orden de unos pocos ms), que van deteriorando la calidad de la emisión láser, y en definitiva la inhiben por completo.

Esta última cuestión, sería conflictiva con una eventual operación del láser en régimen continuo para posteriormente generar pulsos ultracortos, cómo se pretendía originalmente.

Referencias

1. P.French, "The generation of ultrashort laser pulses", Rep. Prog. Phys. 58 p 169 (1995).
2. D.Krygier, M.Agüero, L.Fidalgo, M.Kovalsky, A.Hnilo, F.P. Diodati, Lámina de Nd:Vidrio irradiada transversalmente por batería de diodos láser", Anales AFA Vol.19, p55 (2007).
3. SCHOTT AG, Laser Glass Specs LG680 (2006).
4. W.Koehler, Solid-State Laser Engineering, Springer-Verlag (1992).