

Láser de CO₂

V. Aboites, H. Sotelo, J. Castro,
R. Alcántara, A. Saavedra y R. Flores

Laboratorio de Láseres, Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.

(recibido el 21 de noviembre de 1986; aceptado el 28 de mayo de 1987)

Resumen. Se describe el diseño y construcción de un láser longitudinal de CO₂ de 15 Watts CW hecho en nuestra institución haciendo uso al 100% de elementos nacionales.

Abstract. A description of the design and construction of a longitudinal CO₂ laser providing 15 Watts CW made in our institution using a 100% of national components is done.

PACS: 42.60.By

1. Introducción

La utilización de láseres de CO₂ en aplicaciones industriales es bien conocida y ha sido explotada desde hace varias décadas en industrias automotrices, aeronáuticas, electrónicas, textiles y plásticas, por mencionar sólo algunas, y en áreas tan diversas como corte, soldadura, microsoldadura, perforación y tratamiento de materiales [1, 2].

Debido a esto, en nuestra institución estamos trabajando en el desarrollo de láseres de CO₂ de baja y mediana potencia ($\lesssim 300$ W).

Los principios teóricos del funcionamiento de un láser de CO₂ son detallados en varios textos (*e.g.*, Refs. 1, 3) y no serán aquí mencionados.

El diseño y construcción de láseres simples de CO₂ ha sido el objeto de varias publicaciones (*e.g.*, ver Refs. 4, 5, 6 y 7). Sin embargo, en todos estos casos el resultado es un instrumento de indudables cualidades pedagógicas, pero que requeriría un sustancial

perfeccionamiento tecnológico —por ejemplo, en el diseño de las cabezas láser— para pretender una posible utilización industrial.

Las características esenciales para la construcción de estos sistemas en el país consideramos que son las siguientes:

- i. Disponibilidad al 100% de todos los elementos necesarios para su construcción. Esto es esencial para evitar que el diseño dependa de elementos de importación, generalmente costosos, cuyo bloqueo en su suministro implicaría la interrupción de la producción del instrumento.
- ii. Versatilidad del diseño mecánico. Es esencial que un diseño que pretenda poder utilizarse industrialmente tenga la versatilidad de diseño suficiente para que una reparación o el cambio de cualquier pieza de éste pueda realizarse en el mínimo de tiempo posible, de preferencia sólo algunos minutos.

Enseguida se describirá la construcción de un láser que reúne las características anteriores. Láseres con potencias nominales de 100 y 200 W continuos están en proceso de construcción siguiendo esencialmente este diseño con algunas modificaciones aquí mismo indicadas.

2. Cabezas láser

Para satisfacer la segunda característica antes mencionada se diseñaron cabezas láser como se muestran en la Fig. 1 (veáse también Fig. 2). Los puntos importantes a notar son los siguientes:

- i. Los tubos (interno y externo para flujo de gas y agua, respectivamente) son introducidos a las cabezas láser a presión y sellados por O-rings sin necesidad de pegamentos de ninguna clase. Esto permite que en caso de fractura o necesidad (*e.g.*, para colocar tubos más largos y aumentar la potencia de salida del láser) la sustitución de un tubo y puesta en marcha nuevamente

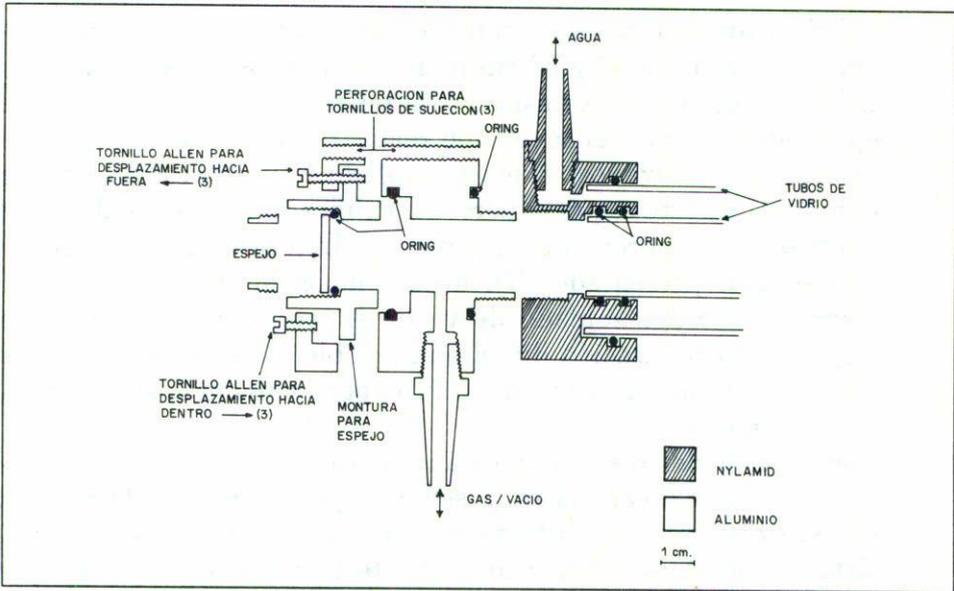


FIGURA 1. Diagrama mecánico de las cabezas láser utilizadas.

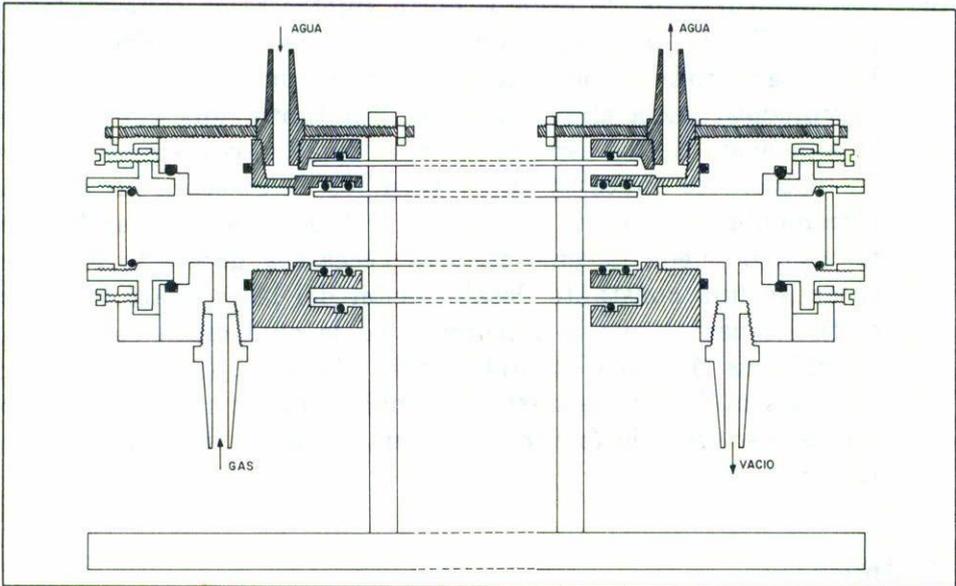


FIGURA 2. Corte longitudinal del láser construido.

del láser puede realizarse en menos de quince minutos. En nuestro caso tubos de 30 y 50 cm fueron utilizados indistintamente. Además, dado que las mismas cabezas láser toman la función de electrodos se evita el tener que realizar soplado de vidrio para insertar los electrodos. El evitar soplado de vidrio es importante debido a que éste requiere personal calificado para su realización además de proporcionar un producto final más costoso y frágil que el aquí presentado. Un último inconveniente de un tubo láser que incluya soplado de vidrio es que la fractura de éste implica una reparación difícil o imposible, además de que no es posible cambiar la longitud del tubo para aumentar su potencia si así se desea.

- ii. Los espejos del resonador están colocados en monturas insertadas en la cabezas láser y selladas por medio de O-rings a éstas, evitando así la utilización de fuelles metálicos flexibles. Esto proporciona un diseño bastante más económico y simple de fabricación que el uso de fuelles flexibles.
- iii. Las monturas de los espejos están sujetas a las cabezas láser por medio de dos juegos de tres tornillos milimétricos *allen*. Un juego produce movimiento hacia adentro del láser y otro movimiento hacia afuera de éste. Por tanto, una vez lograda la alineación de los espejos láser, el firme ajuste simultáneo y en direcciones opuestas de los tornillos de sujeción inmoviliza totalmente la posición del espejo. Debido a esto el cambio de un espejo puede hacerse cuantas veces sea necesario sin que se cause una constante desalineación del láser. Para lograrlo es fundamental que la estructura en la cual están sostenidas las cabezas láser sea bastante rígida. Por otra parte, el utilizar tornillos milimétricos *allen* es también mucho más económico que el uso de micrómetros, los cuales en su mayoría son de importación.

3. Optica

Para la construcción de los espejos láser se utilizaron tres ti-

pos de sustratos: vidrio, latón y cobre. Se utilizó un resonador cóncavo-paralelo en donde el espejo cóncavo fue tallado con radios de curvatura de 3, 6, 8 y 12 m y utilizado como espejo de alta reflectividad. En todos los casos (para los espejos convexos y planos) una película delgada de cobre 99.99% fue depositada en las superficies de los espejos dando una reflectividad inicial de 98.9%. Todos los espejos fueron hechos con un diámetro de 25 mm.

Típicamente un láser de CO₂ utiliza para la ventana de salida (en nuestro caso la ventana plana) sustratos de materiales que transmiten a 10.6 μm como el ZnSe o Ge con películas delgadas para lograr transmitancias del 20 al 10%. En nuestro caso no se optó por esta solución ya que materiales como los anteriores no son producidos en el país y por tanto requieren de importación. En su lugar se optó por realizar una perforación central en el espejo plano de 1 a 3.5 mm de diámetro para permitir la salida del 20 al 10% (dependiendo del diámetro) de la radiación confinada en la cavidad. En el lado externo del espejo plano se le adhirió un pequeño cristal de NaCl para sellar completamente la perforación y permitir tanto el realizar vacío en la cavidad láser como la salida de la radiación a 10.6 μm (véase la Fig. 3).

Después de varias pruebas se decidió por facilidad de fabricación construir el sustrato del espejo cóncavo de vidrio y el sustrato del espejo plano de níquel con una perforación de 2.5 mm. Este diámetro de perforación se encontró que era el óptimo para obtener la máxima potencia de salida que fue de $\sim 10\text{--}15$ W —medida con un detector Coherent modelo 201— para un tubo de 50 cm dependiendo fuertemente del grado de oxidación de la película de cobre. El espejo cóncavo utilizado en este caso fue de un radio de curvatura de 6 m. Como es de esperarse, el diámetro de la perforación central del espejo de salida determina también el diámetro del haz de salida. La divergencia calculada para el haz fue de 1.4×10^{-4} rad.

Aunque un láser de CO₂ puede emitir en un gran número de longitudes de onda, en particular entre 9 μm y 11 μm la línea más intensa ocurre a 10.6 μm , no se realizó ningún análisis espectral de la radiación láser obtenida. Esto principalmente debido a que

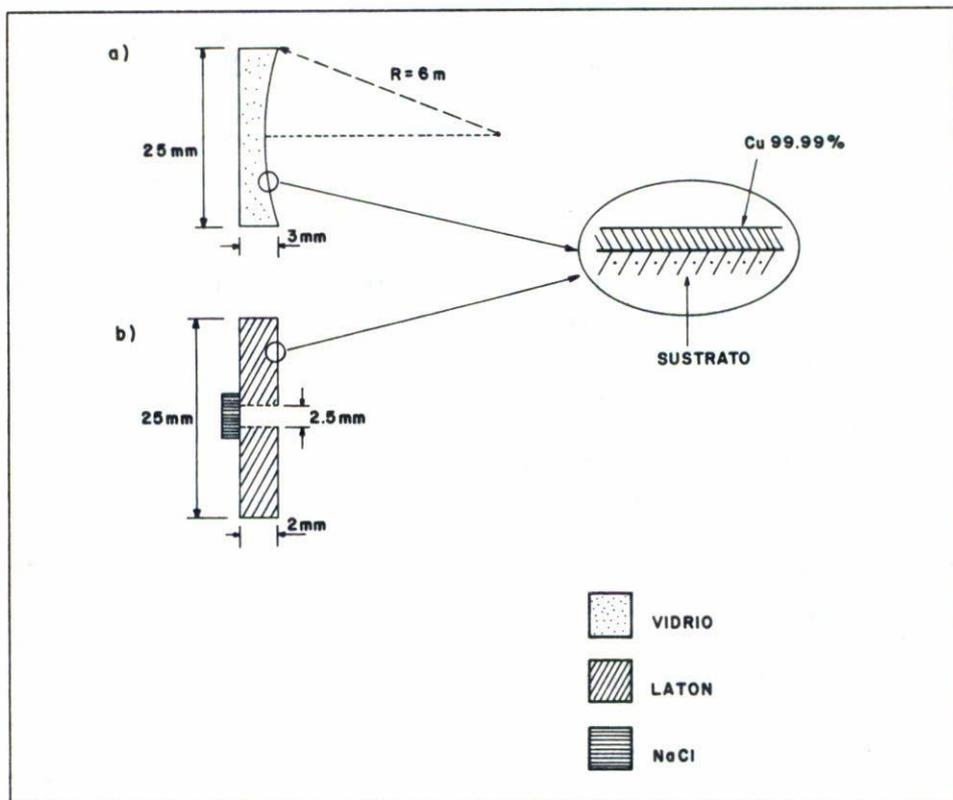


FIGURA 3. Espejos usados para el resonador láser: a) Espejo cóncavo de alta reflectancia; b) Espejo plano con transmitancia parcial.

para casi cualquier aplicación industrial de este tipo de láser la monocromaticidad del haz carece de importancia debido a que ésta implicaría una disminución de la potencia de salida.

4. Circuito eléctrico

El láser opera con corriente alterna proveniente de un circuito como el mostrado en la figura 4. Los parámetros de operación fueron:

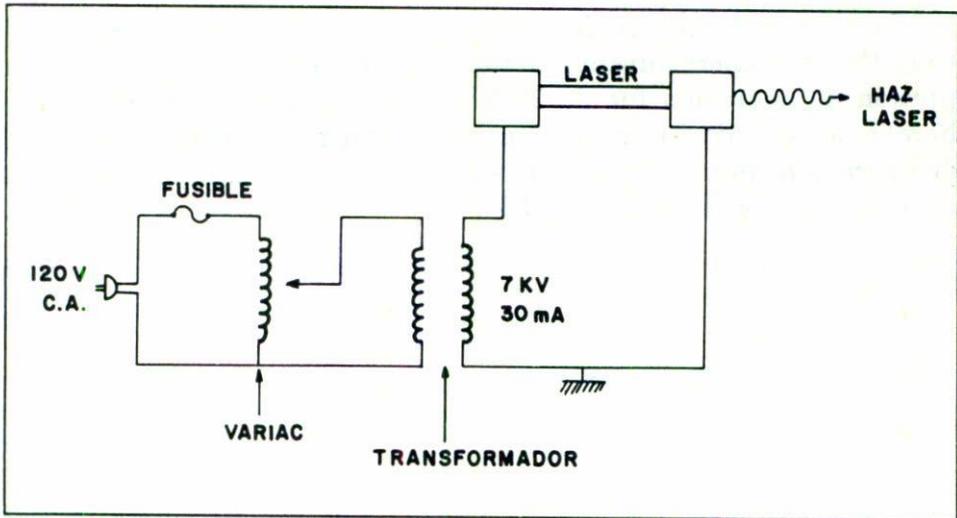


FIGURA 4. Diagrama eléctrico del circuito empleado para excitar el láser.

Voltaje = 7 kV, Corriente = 30 mA. Los cuales son fácilmente obtenibles con un transformador para anuncios comerciales de neón.

Este circuito presenta claras ventajas en simplicidad y costo sobre un diseño equivalente para operación con corriente directa. En particular, de este modo se evita un calentamiento por bombardeo electrónico en el ánodo, típico de láseres excitados con C.D.

A pesar de que la cabeza láser de salida está aterrizada y no presenta problemas de manipuleo se recomienda por seguridad contener el láser con alguna cubierta eléctricamente aislante.

5. Enfriamiento y mezcla gaseosa

Durante su operación el láser fue enfriado, por seguridad eléctrica, con un circuito cerrado de agua destilada; sin embargo, una vez que se obtuvo un elevado grado de confiabilidad en el láser fue usado un circuito abierto de agua común para su enfriamiento. Esto tiene la ventaja del constante desperdicio de agua.

La mezcla de gas usado en una proporción de 13.5:4.5:82.0 N₂-CO₂-He es comercialmente obtenible por la compañía Infra. La presión de operación fue de 20 Torr y lograda con una económica bomba de vacío de fabricación nacional. Una gráfica típica de presión de operación contra potencia de salida se muestra en la figura 5 para un voltaje interelectródico de 7 kV.

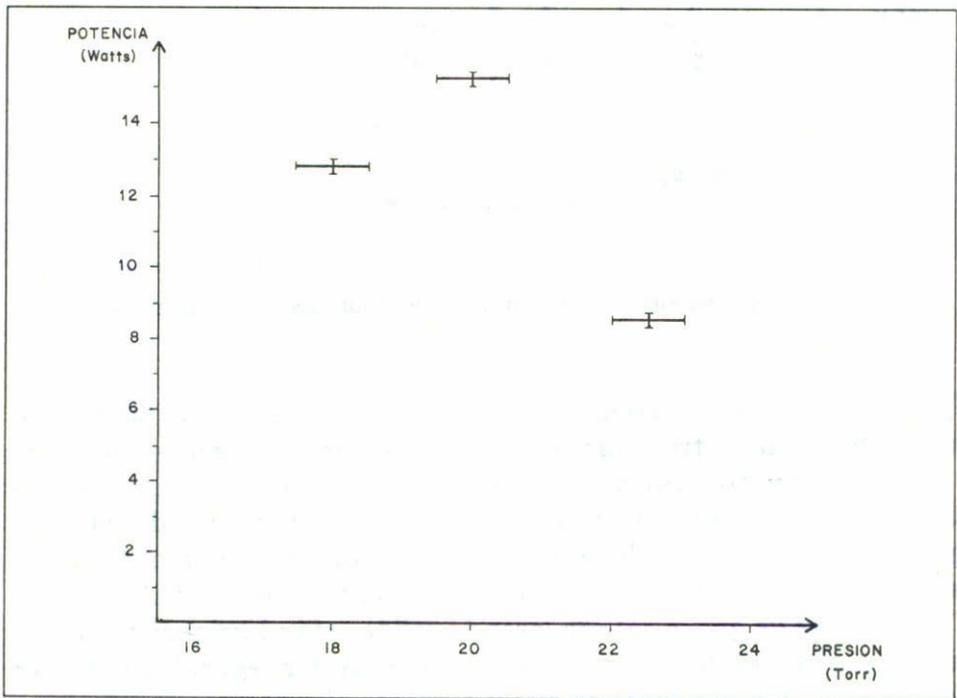


FIGURA 5. Gráfica de potencia de salida contra presión. El punto óptimo de operación es de 20 Torr.

6. Conclusiones

Se describe la construcción de un láser de CO₂ utilizando el 100% de elementos nacionales con características de diseño funcionales y

próximas a las que consideramos debe reunir un prototipo en vías de comercialización.

El principal problema encontrado al someter el diseño a largos tiempos de operación fue el calentamiento de las cabezas láser, el cual aun cuando no fue excesivo sugirió la necesidad de refrigerar las cabezas láser sobre todo pensando en la construcción de láseres mayores.

Un segundo problema encontrado está en la oxidación causada en las películas de cobre usadas para recubrir los espejos del resonador lo cual indica el uso de oro para recubrir los espejos.

Independientemente del interés en mejorar el diseño aquí presentado, se sugiere la construcción de este tipo de láseres en escuelas o facultades de ingeniería o física para explotar sus cualidades pedagógicas.

Agradecimientos

Se agradece ampliamente el interés y la eficiente colaboración de los Laboratorios y Talleres de Electrónica, Películas Delgadas, Pulido Optico y Mecánica del CIO.

Referencias

1. V. Aboites, G.E. Torres-Cisneros, *Láseres, una introducción*, CIO. Reporte Técnico No. 7, (1986).
2. Coherent Inc., *Láseres*, McGraw-Hill (1980).
3. W.W. Duley, *CO₂ Lasers*, Academic Press (1973).
4. C.L. Stong, *Scientific American*, No. 9, Sep. (1971).
5. R.E. Iannini, "Build your own Laser", *Tab. Books* (1983).
6. F.G. McAleese, "The Laser experimenter handbook", *Tab. Books* (1979).
7. S. Godoy *et al.*, *Rev. Soc. Mex. Inst.* 2, No. 6 (1986) 3.