

UTILIZACIÓN DE MICROONDAS PARA EXCITAR UN LÁSER DE CO₂

I. J. RIOS, C. F. MOSQUERA, J. L. LADAGA, G. D. SANTIAGO

Laboratorio de Láser - Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires
Paseo Colón 850 - (1063) Ciudad de Buenos Aires - Argentina
e-mail: cmosque@fi.uba.ar

Un magnetrón (frecuencia 2.45 GHz y 600 watt de potencia), operado en forma continua, excita la mezcla láser de CO₂ confinada en el último tramo -rectangular- de una guía de onda. La mezcla gaseosa de CO₂ se confina en una guía rectangular de 15 mm por 900 mm, acoplada con la guía principal mediante un tramo compuesto de dos bocinas electromagnéticas; la primera del tipo sectorial H y a continuación otra del tipo sectorial E. Con este esquema de bombeo, se mide la ganancia de pequeña señal.

A commercial magnetron operated by DC power, excites a CO₂ laser mixture. The gaseous mixture is placed in a rectangular waveguide of 15 mm by 900 mm, coupled with the principal rectangular waveguide by two horns; one of them is sectorial H and the other is sectorial E. With this device we measured the small signal gain.

I. INTRODUCCIÓN

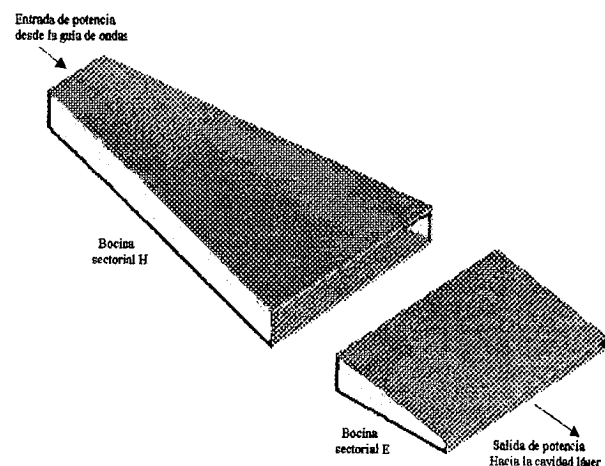
Los láseres de CO₂ excitados por microondas tienen, en su mayoría, confinado el medio activo en un tubo de vidrio transversal a la dirección de propagación de las microondas. El calor generado en la descarga es removido del medio mediante una circulación forzada con caudales tan elevados^{(1),(2)} como 1200 m³/hora, a altas velocidades, lo que exige costosos dispositivos de bombeo y un circuito de recirculación con intercambiadores de calor.

La idea de enfriar la mezcla gaseosa por difusión es atrayente. En este sentido se diseñó⁽³⁾ un dispositivo en el que la mezcla láser estuviera confinada en una guía de ondas de sección rectangular de forma tal que, aunque la evacuación del gas fuera relativamente lenta, la cercanía con las paredes metálicas permitiera la difusión del calor hacia el ambiente. Habiendo logrado el funcionamiento de un láser de 30 cm de longitud de la cavidad en estas condiciones, se acometió la tarea de escalarlo a una cavidad de longitud igual a 90 cm.

II. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Las microondas generadas por un magnetrón de uso comercial (de frecuencia 2.45 GHz y 600 watts de potencia, operado en forma continua y tensión catódica de -3.9 kV) se propagan en un primer tramo de guía de onda de sección rectangular de dimensiones interiores 94 mm por 44 mm, lo que asegura que sólo propague el modo TE₁₀. El magnetrón se acopla a la guía mediante un orificio en la cara ancha por el que su antena penetra 22 mm. La compensación de la parte reactiva de la impedancia del generador se logra mediante un pistón móvil en un extremo de la guía. En base a experiencias anteriores, la distancia entre la pared frontal del pistón de sintonía y el eje de la antena del magnetrón se mantuvo constante e igual a 15 mm. La mezcla gaseosa (CO₂: N₂: He en proporción 1: 1: 8) es confinada en una cavidad rectangular de 15 mm de alto, 900 mm de ancho y 60 mm de profundidad. Estas dimensiones representan un

incremento de tres veces del volumen activo, con relación al dispositivo láser de las mismas características antes reportado⁽³⁾ por los autores. Las secciones de ambas guías rectangulares se adaptaron mediante un tramo compuesto de dos bocinas⁽⁴⁾; la primera (en el sentido de avance de la propagación de la potencia de microondas) del tipo sectorial H y a continuación otra del tipo sectorial E.



A fin de disminuir el desfase del campo eléctrico entre el centro y las paredes de los costados en la parte más ancha de la guía sectorial H -a la salida de la radiación-, se colocó un tramo de poliuretano ($\epsilon_r = 2.6$) de forma de segmento circular con una flecha de 10 cm y la cuerda hacia la bocina sectorial E.

El tramo de guía rectangular en el que se encuentra confinada la mezcla gaseosa termina eléctricamente en un cortocircuito que se puede ubicar a longitudes de 30 mm (un cuarto de longitud de onda en el vacío) ó 25 mm de la zona en que se realiza la medición. Mediante dos láminas, una de teflón (hacia la guía sectorial E) y otra de policarbonato (previa al cortocircuito), se cierra la celda para el gas.

Los gases ingresan por un orificio realizado en el centro de una de las caras anchas y son extraídos

lateralmente con flujo lento (figura 1): el caudal es de $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

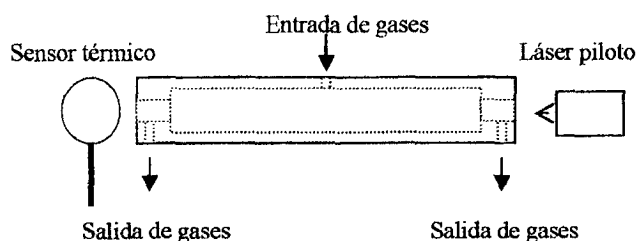


Figura 1.

Sobre las caras laterales angostas se ubican sendos agujeros de 15 mm de diámetro cerrados con ventanas de ZnSe, a través de los cuales pasa el haz del láser piloto de CO₂ con el que se efectúa la medición de la ganancia de pequeña señal de la mezcla confinada en la guía rectangular. El centro de las ventanas se encuentra a 8 mm de la plancha de teflón. El láser piloto funciona alternativamente en las líneas 10P20 y 10P22 pues no dispone de red selectora de línea. Su potencia, medida a la salida de la celda sin excitar es de 2 a 5 watts con un modo de aproximadamente 5 mm de diámetro; esto asegura que la intensidad resultante permanezca lejos de la intensidad de saturación del medio y dentro del régimen de pequeña señal. La potencia del láser se midió con un medidor de potencia desde un sensor térmico Coherent modelo LM 100.

III. MEDICIONES

Determinación de la ganancia de pequeña señal

Se observa que la descarga se extiende a lo largo de los 90 cm de longitud de la cavidad. Esto marca una diferencia a lo observado con la cavidad de 30 cm de longitud que sólo registraba descarga luminiscente en una zona centrada de alrededor de 20 cm de longitud.

Una de las características de la descarga es que se concentra en la zona inmediata a la ventana de ingreso de la guía rectangular donde se encuentra la mezcla láser (adyacente a la boca de la guía sectorial E). O sea, se deposita una parte considerable de la potencia de microondas en una pequeña zona del gas lo que dificulta la medición de ganancia.

Para lograr una mayor penetración de las microondas en la cavidad que contiene la mezcla láser y que la descarga tenga lugar en el volumen cerrado por las ventanas de ZnSe, se realizaron mediciones con dos posiciones del cortocircuito final: a 25 y a 30 mm de la línea que une el centro de las ventanas. Además se insertó un escalón metálico de 3 mm de altura, transversal al sentido de avance de las microondas (figura 2) y de un largo de 8 mm en dicha dirección. En estas condiciones se logró aumentar el volumen encendido y desplazarlo hacia la zona de interés. Modificando la corriente anódica del magnetrón se controló la potencia entregada y la intensidad del campo eléctrico.

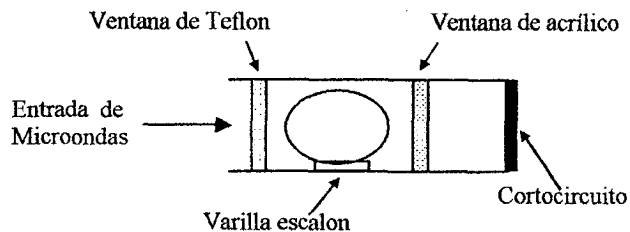


Figura 2.

En tabla 1 se dan las determinaciones de la ganancia para distintas presiones. En ellas, el cortocircuito final está a 25 mm de la zona de medición y la intensidad de corriente anódica es de 75 mA.

P (Torr)	Ganancia (%)
20	25.0
25	40.7
30	31.5

Tabla 1.

Dado que la longitud de camino óptico del haz del láser piloto en el plasma fue de 90 cm, la máxima ganancia es 40.7% correspondiente a un valor del coeficiente de ganancia de pequeña señal de 0.4 m^{-1} .

Funcionamiento como láser

La cavidad óptica se cerró con un espejo cóncavo de reflexión total y de 10 m de radio de curvatura, y otro espejo plano de germanio de 90% de reflectividad. En estas condiciones se logró la emisión láser en onda continua para diferentes posiciones del cortocircuito final que cierra la guía y para distintos escalones que modifican la geometría de la cavidad. El mejor resultado se obtuvo con el cortocircuito a 25 mm de la línea central que une las ventanas y con un resalto dentro de la cavidad proporcionado por una varilla cilíndrica de 5 mm de diámetro: para una presión de 33 Torr y una corriente anódica de 100 mA se logró una emisión láser estable de 6.6 W. El modo de emisión es, predominantemente, el TEM_{1,1}, contenido dentro de un círculo de 11 mm de diámetro. El rendimiento, tomado como cociente entre la potencia emitida por el láser (6.6 W) y la entregada al magnetrón (390 W), es de 1.7%. Si se considera que la potencia de microondas efectiva que alcanza la cavidad en la que se encuentran los gases es el 70% de la absorbida desde la fuente de tensión, entonces el rendimiento trepa al 2.4%.

En la figura 3 se grafica la intensidad del láser en función de la potencia eléctrica suministrada al magnetrón ($3.9 \text{ kV} \times I_{\text{anódica}}$) para distintas presiones de los gases.

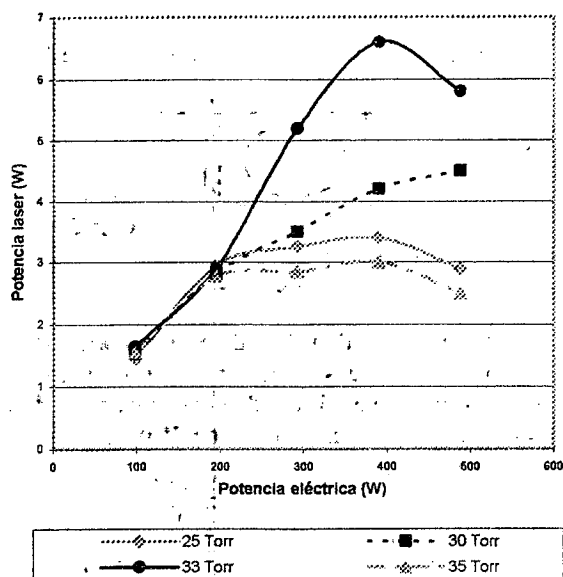


Figura 3.

III. CONCLUSIONES

Las experiencias realizadas confirman que tanto el volumen de la descarga como la homogeneidad de la misma, son principalmente función de la geometría de la cavidad.

Comparando con el láser ya reportado⁽³⁾ se puede afirmar que el diseño actual presenta un rango dinámico de funcionamiento más amplio. El dispositivo actual puede emitir radiación láser con intensidades entre 1 y 7 watts, según sea la presión de los gases y la intensidad de la corriente anódica. Además, pese a que la densidad de potencia entregada al medio activo es aproximadamente igual, la mayor longitud del dispositivo actual permitió excitar otros modos que permiten utilizar un mayor volumen de la descarga.

Se verifica también que el camino de enfriar el gas por difusión del calor hacia las paredes metálicas en vez de lograrlo mediante la circulación forzada de los gases a alta velocidad, es posible.

IV. CUESTIONES DE VIDA

Uno de nosotros, nuestro querido Juan Ladaga, ha sido sometido recientemente a un trasplante (aún está internado en la Fundación Favaloro) porque su hígado ya no cumplía su función y su vida corría peligro. Nos congratulamos que se esté recuperando con la normalidad de estos casos y deseamos fervientemente tener muy pronto trabajando junto a nosotros a ese gran tipo que es Juan.

Referencias

- 1 - B. Freisinger et al, SPIE, **1276**, 29-40 (1990).
- 2 - T. Ikeda et al, IEEE, JQE, **30**, 2657-2662 (1994).
- 3 - I. J. Rios et al, ANALES AFA 2001, aceptado para su publicación.
- 4 - S. Silver "Microwave Antenna. Theory and Design" McGraw - Hill Book Company, Inc. (1949).