

EXCITACIÓN DE UN LÁSER DE CO₂ MEDIANTE MICROONDAS

L.J. RIOS, C.F. MOSQUERA, J.L. LADAGA, C.A. RAFFO, G.D. SANTIAGO, G.E. COLANGELO

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

Mediante un magnetrón de uso comercial operado en forma continua se excita una mezcla láser de CO₂ confinada en una guía rectangular de 15 mm por 282 mm de sección, acoplada a la guía rectangular principal mediante dos bocinas; la primera del tipo sectorial H y a continuación otra del tipo sectorial E. Con este esquema de excitación de la mezcla láser, 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 282 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. 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) 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. La mezcla gaseosa (CO₂: N₂: He en proporción 1: 1: 8) es confinada en una cavidad rectangular de 15 mm de alto, 282 mm de ancho y 50 mm de profundidad, con el fin de aumentar la densidad del flujo electromagnético de microondas⁽¹⁾ que la ilumina. Las secciones de ambas guías rectangulares se adaptaron mediante un tramo compuesto de dos bocinas⁽²⁾; 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.

En la guía rectangular que aloja al magnetrón y en la zona hacia la que se desplaza el flujo de potencia de microondas, se practicó una ranura en la parte central de la cara ancha -de 25 cm por 5mm- por la que se introducen 3.5 mm de una pequeña antena mediante la que se capta parte de la radiación de la guía y con la que se determina la relación de onda estacionaria (ROE). El detector, que se acopla a la antena mediante un atenuador de 20 dB, es un monitor de potencia Narda modelo 462B. La antena puede ser desplazada a lo largo de la ranura y variar la longitud que penetra en la guía.

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) ó 40 mm de la zona en que se realiza la medición. Mediante dos láminas, una de teflón (hacia la guía sectorial E) y otra de acrílico (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). Sobre las caras anchas se soldaron caños para refrigeración con agua.

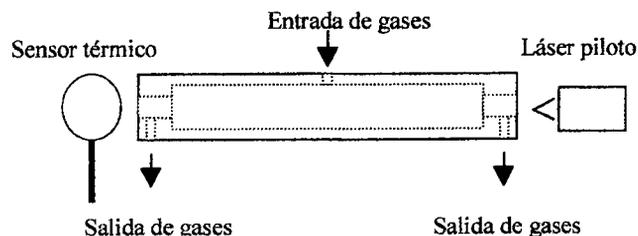


Figura 1.

Sobre las caras laterales angostas se practican 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. Este láser 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 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.

II. MEDICIONES

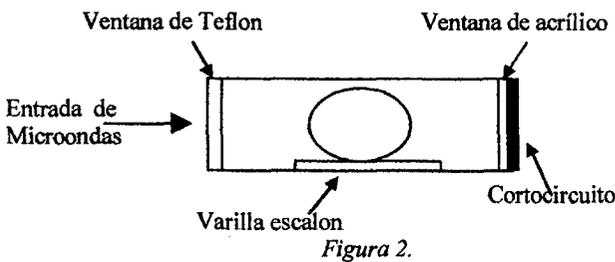
Determinación de la ganancia de pequeña señal

Una vez que se enciende la descarga, se observa que ésta 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 que provoca un gran calentamiento de la mezcla. En estas condiciones el nivel láser inferior se puebla considerablemente, lo que impide la medición de ganancia.

Para disminuir la temperatura de la mezcla gaseosa sin recurrir a métodos que se sustentan en una convección forzada de los gases a alta velocidad, y aumentar el volumen encendido, se ensayaron como alternativas:

- 1.- inclusión, dentro de la cavidad que contiene el gas, de pequeños resaltos que favorezcan la descarga en las posiciones deseadas;
- 2.- disminución de la potencia entregada por el magnetrón por ajuste de la tensión anódica de alimentación;
- 3.- leve aumento del caudal de renovación de la mezcla;
- 4.- refrigeración externa de la cavidad.

Si bien el conjunto de alternativas coadyuvó a facilitar la medida de la ganancia de pequeña señal, las determinantes fueron las señaladas en los ítem 1 y 2. Las modificaciones geométricas consistieron en insertar un escalón metálico de 3 mm transversal al sentido de avance de las microondas (figura 2), como también modificar la posición del cortocircuito final. En estas condiciones, variando la presión de la mezcla se logró aumentar el volumen encendido y desplazarlo dentro de la cavidad. Disminuyendo la potencia entregada por el magnetrón se redujo la intensidad del campo eléctrico acercándolo al valor umbral para encender el plasma.



En tabla 1 se dan las determinaciones de la ganancia para distintas presiones y diferentes posiciones del pistón de sintonía (d: distancia entre la pared frontal del pistón de sintonía y el eje de la antena del magnetrón):

p(Torr)\d(mm)	Ganancia (%)			
	12	15	18	21
10	0.0	9.4	1.7	0.0
15	3.7	13.2	1.7	0.0
20	12.3	9.3	7.1	3.2
25	6.0	3.7	7.3	3.0
30	3.9	1.8	3.6	0.0

Tabla 1.

Dado que la longitud de camino óptico del haz del láser piloto en el plasma fue de aproximadamente 25 cm, la máxima ganancia es 13.2% (figura 3) correspondiente a un valor del coeficiente de ganancia de pequeña señal de 0.5 m^{-1} . Los valores logrados son aceptables en comparación a los reportados en experiencias similares de excitación por microondas⁽³⁾ con flujo de gases a velocidades elevadas ($0.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).

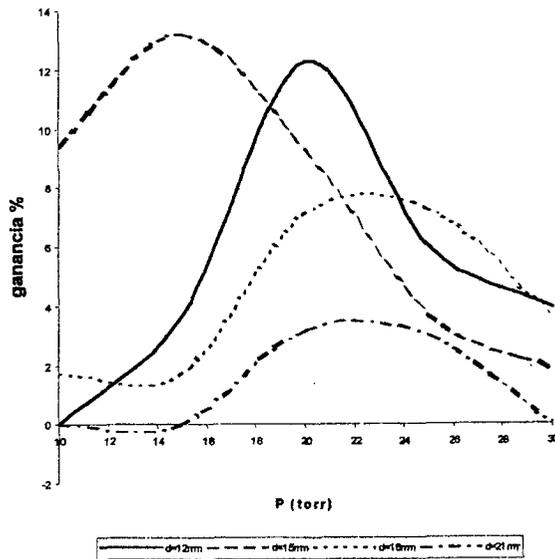


Figura 3.

Determinación de la R. O. E.

Se determinó la R.O.E. en función de la distancia d entre el pistón de sintonía y la antena del magnetrón, para presiones de 15 y 20 Torr del plasma en la mezcla láser (figuras 4 y 5).

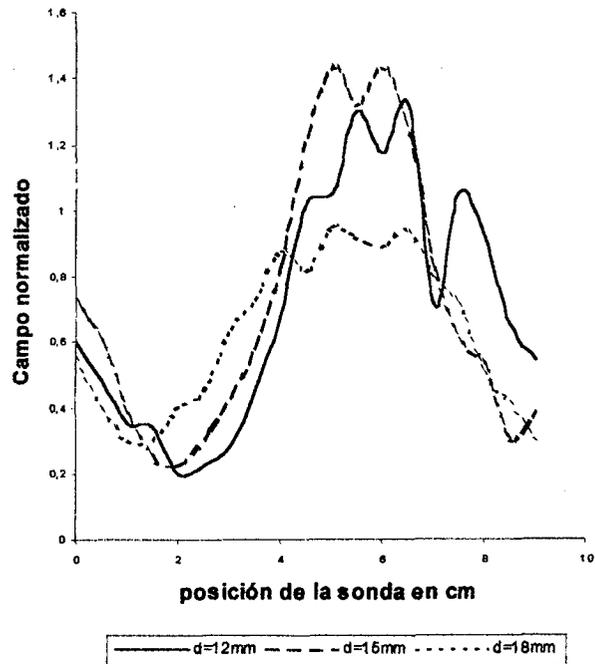


Figura 4: Campo normalizado en la guía (P=15Torr)

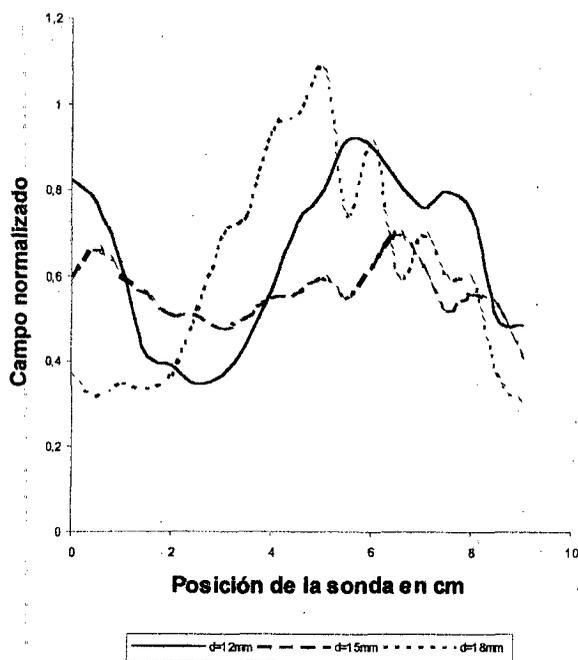


Figura 5: Campo normalizado en la guía (P=20Torr)

Los valores obtenidos para la ROE y el módulo del coeficiente de reflexión se dan en tabla 2.

d(mm)	P = 15 Torr			P = 20 Torr		
	12	15	18	12	15	18
ROE	6.60	6.50	3.17	2.63	1.71	3.60
$ \rho $	0.74	0.74	0.52	0.45	0.26	0.56
R	0.54	0.54	0.27	0.20	0.07	0.32
T	0.46	0.46	0.73	0.80	0.93	0.68

Tabla 2.

$|\rho|$: Módulo del coeficiente de reflexión
 R: Coeficiente de reflexión de potencia
 T: Coeficiente de transmisión de potencia

De los valores del coeficiente de transmisión de potencia se concluye que la mayor transferencia de potencia al plasma es de 93% que se obtiene cuando la presión de la mezcla gaseosa es de 20 Torr y la distancia d es de 15 mm. Dada la geometría de la cavidad se desprende que el plasma ocupa un volumen entre 70 y 120 cm³.

Funcionamiento como láser

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, se cerró la cavidad óptica y se obtuvo una emisión láser de onda continua de 0.5 W.

III. CONCLUSIONES

Las experiencias sugieren que tanto el volumen de la descarga como la homogeneidad de la misma, son principalmente función de la geometría de la cavidad. Asimismo se apreció que la intensidad del campo

eléctrico de mantenimiento del plasma es casi el mismo que el campo crítico de encendido.

Para mejorar la inversión de población en el plasma, es necesario disminuir la potencia entregada por unidad de volumen, lo que por ende disminuirá la temperatura. La baja potencia entregada por el dispositivo está asociada a la alta temperatura del gas en la cavidad.

Las vías que se seguirán para lograr esto son mantener el encendido del plasma en las cercanías del campo crítico y aumentar su volumen, hasta que abarque toda la cavidad. Para ello se realizarán sucesivas modificaciones en la geometría de la misma.

Todo esto está orientado a que el láser funcione sin necesidad de que el flujo de gases se efectúe a caudales tan elevados^{(3),(4)} como 1200 m³/hora que implican o equipos para vacío de elevado costo y gran tamaño, o formas de recirculación forzada de los gases a alta velocidad.

Referencias

- 1 - K. G. Handy and J. E. Brandelik, J. Appl. Phys. 49, 3753 (1978).
- 2 - S. Silver "Microwave Antenna. Theory and Design" McGraw - Hill Book Company, Inc. (1949).
- 3 - B. Freisinger et al, SPIE, 1276, 29-40 (1990).
- 4 - T. Ikeda et al, IEEE, JQE, 30, 2657-2662 (1994).