

# ABSORCION DE RADIACION DE 2.7 MICROMETROS EN CO<sub>2</sub> A ALTAS TEMPERATURAS

C.F.Mosquera, D.Frega y C.A.Raffo

Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires,  
Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires.

Se calculó el coeficiente de absorción de CO<sub>2</sub> puro para la línea 1P(8) del láser de HF ( $\lambda = 2,7826 \mu\text{m}$  equivalente a una energía de  $3594 \text{ cm}^{-1}$ ) a presiones de 1, 1.5, 2 y 8 atm y temperaturas de 100, 200, 300, 400, 500 y 600°C. Se observa para las diferentes presiones, un máximo de la absorción para temperaturas alrededor de 500°C. A temperaturas mayores o menores el coeficiente de absorción disminuye, debido a la competencia entre la absorción del nivel fundamental y los que se pueblan con el incremento de la temperatura.

## INTRODUCCION

Dada la posibilidad de obtener radiación láser de CO<sub>2</sub> cuando una mezcla de 1 atm de CO<sub>2</sub> y 9 atm de He es bombeada ópticamente con la línea 1P(6) del láser de HF [1], es importante medir el coeficiente de absorción del CO<sub>2</sub> puro y en mezclas con He a diferentes presiones, para la banda de emisión de  $2.7 \mu\text{m}$  del láser de HF [2].

La investigación del coeficiente de absorción del CO<sub>2</sub> a temperaturas elevadas se ha efectuado mediante el bombeo óptico con un láser de CO<sub>2</sub>. Sucintamente, uno de los caminos seguidos fue medir el coeficiente de absorción de las mezclas de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y He normalmente utilizadas en los láseres de CO<sub>2</sub>, mediante radiación de  $10,6 \mu\text{m}$ , en un rango de 290 a 650 °K [3], con el objetivo de obtener las temperaturas de equilibrio en láseres TEA de CO<sub>2</sub>. Otro camino tiene por objeto conocer la dependencia del coeficiente de absorción del CO<sub>2</sub> puro con la temperatura para utilizar dicho gas como absorbente saturable y lograr "mode locking" en láseres de CO<sub>2</sub> de alta presión [4], [5]. También se utilizó una celda con CO<sub>2</sub> a una temperatura de 400°C para eliminar de la emisión de un láser de CO<sub>2</sub> la banda regular y lograr así su funcionamiento en las bandas secuenciales [6].

La investigación de la absorción de radiación de  $2.7 \mu\text{m}$  por CO<sub>2</sub> puro a altas temperaturas no ha sido realizada hasta ahora, al menos en conocimiento de los autores. A temperaturas de 500°C aproximadamente, los niveles (0 11 0), (1 00 0, 0 20 0)<sub>III</sub> y otros están fuertemente poblados.

Siguiendo la línea de trabajo iniciada en [2] se decidió investigar la absorción del CO<sub>2</sub> a alta temperatura y presión, pero en la longitud de onda de emisión del láser de HF.

Se estimó que la radiación del láser de HF, además de ser absorbida a partir del nivel fundamental, podría serlo a partir de niveles que se pueblan fuertemente a alta temperatura, dentro de la escalera vibracional de las "hot bands" en particular la transición (0 11 0)  $\rightarrow$  (1 11 1). Si esta absorción presentara saturación sería posible, mediante la introducción de una celda con CO<sub>2</sub> a dicha temperatura en la cavidad resonante del láser de HF, producir pulsos "mode-locked".

Los valores experimentales aportados son la primera parte de un trabajo teórico y experimental de más largo alcance, uno de cuyos objetivos es explorar la posibilidad de "mode locking" en el láser de HF.

## DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Es el reseñado en [2] y se reitera en la fig.1. La celda fue modificada: ahora consta de un cuerpo cilíndrico en cuyo interior hay arrollada una resistencia para calefaccionar y una termocupla para controlar la temperatura. Las ventanas son de NaCl, están ubicadas perpendicularmente al haz de radiación y fueron pulidas en el laboratorio. La longitud ópticamente activa es de  $10,3 \text{ cm}$ .

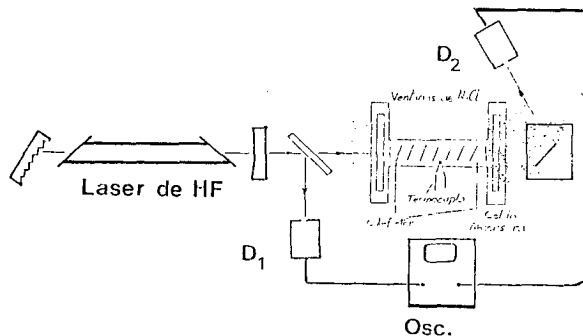


Figura 1: Esquema del dispositivo experimental.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Tabla I se dan los coeficientes de absorción  $k$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) medidos para distintas presiones y temperaturas. En la fig. 2 se representan los valores experimentales. Las curvas que los ajustan son polinomios de tercer grado cuyos coeficientes se dan en la Tabla II.

De las figuras y las tablas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

-Con el aumento de la presión el mínimo del coeficiente de absorción se desplaza hacia los valores de menor temperatura: aproximadamente  $250^\circ\text{C}$  para 2 atm, alrededor de  $130^\circ\text{C}$  a 8 atm.

-Con excepción del comportamiento a 1 atm, en todos los casos el coeficiente de absorción tiene un valor máximo en torno a los  $500^\circ\text{C}$  y luego decrece.

-El polinomio que mejor ajusta a los datos experimentales es de grado 3.

Tal como se plantea en la introducción, la posible explicación del fenómeno observado es que en los niveles vibracionales de la molécula de  $\text{CO}_2$ , la población rotacional máxima se desplaza de  $j = 16$  para  $T = 300^\circ\text{K}$  a  $j = 23$  para  $T = 600^\circ\text{K}$ . Esto desintonizaría el acoplamiento entre la línea 1P(8) del láser de HF y la transición entre el nivel fundamental (0 00 0) y los niveles (1 00 1, 0 20 1)<sub>I,II</sub> [1],[2], con una correlativa disminución del coeficiente de absorción. Este efecto se sumaría a la disminución de la absorción provocado por el desdoblamiento del nivel fundamental al crecer la temperatura.

A temperaturas mayores de  $600^\circ\text{K}$ , comienzan a poblarse significativamente los niveles (0 11 0), (0 20 0) y (1 00 0, 0 20 0)<sub>I,II</sub> con energías de  $672.2\text{ cm}^{-1}$  el primero y aproximadamente  $1351\text{ cm}^{-1}$  los últimos, con respecto al nivel fundamental.

En particular, el aumento en la población del nivel (0 11 0) permitiría un incremento del coeficiente de absorción, pues la línea 1P(8) del láser de HF se acoplaría con la transición (0 11 0)  $\rightarrow$  (1 11 1) (fig.3) dentro de las denominadas "hot bands".

Por arriba de  $800^\circ\text{K}$  el coeficiente de absorción vuelve a decrecer. Esto puede ser explicado por el mismo mecanismo anterior de pérdida de sintonía entre la radiación y los modos vibracionales de la molécula de  $\text{CO}_2$ , por el desplazamiento de la población mayoritaria hacia mayores valores de energía rotacional ( $j = 27$  para  $T = 800^\circ\text{K}$ ), así como por cambios en la población relativa de los

niveles a temperatura mayores que  $800^\circ\text{K}$  (fig.2).

El comportamiento de la absorción en general puede explicarse por el hecho que la absorción desde el nivel fundamental compite, a alta temperatura, con la que tiene lugar desde el nivel (0 11 0), y esto puede presentar un mínimo y un máximo como el medido, según sean las variaciones relativas de las poblaciones de los diferentes niveles vibro-rotacionales con la temperatura.

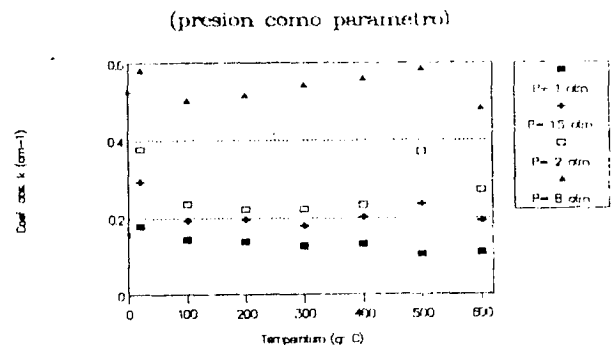


Figura 2: Coeficiente de absorción.

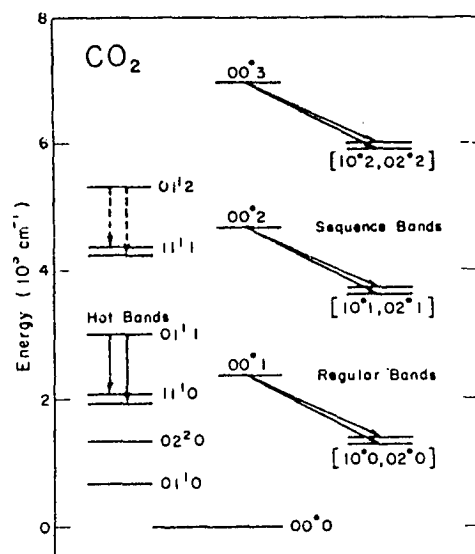


Figura 3: Bandas de absorción del  $\text{CO}_2$  a altas temperaturas.

REFERENCIAS

Series	1	2	3	4
pre-sión	1 atm	1.5 atm	2 atm	8 atm
T °C	k (cm <sup>-1</sup> )	k (cm <sup>-1</sup> )	k (cm <sup>-1</sup> )	k (cm <sup>-1</sup> )
20	0.179	0.293	0.378	0.580
100	0.144	0.194	0.237	0.501
200	0.139	0.197	0.223	0.516
300	0.127	0.181	0.223	0.542
400	0.131	0.200	0.234	0.559
500	0.105	0.236	0.371	0.585
600	0.109	0.192	0.272	0.481

Tabla I: Los valores de T=20 °C son de ref [2].

$$k = b_0 + b_1T + b_2T^2 + b_3T^3$$

k (cm<sup>-1</sup>); T (°C); P (atm)

P	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
1	0.182	-3.77E-4	8.76E-7	-7.7E-10
1.5	0.317	-0.002	5.06E-6	-4.76E-9
2	0.427	-0.003	8.96E-6	-8.33E-9
8	0.604	-0.001	6.34E-6	-6.98E-9

Tabla II

1. K.Stenersen and G.Wang, IEEE, JQ 22, 2236 (1986).
2. C.F.Mosquera, P.A.Sorichetti, D.Frega, R.Doti, J.Furnari y C.A.Raffo, Anales AFA 2, 131 (1990).
3. A.M.Robinson and E.F.Girczyc, Appl.Opt.19, 1969 (1980).
4. A.F.Gibson, M.F.Kimmatt and C.A.Rosito, Appl.Phys.Lett. 18, 546 (1971).
5. C.A.Rosito, tesis de Ph.D. de la Universidad de Essex (1976).
6. J.Reid and K.Siensen, Appl. Phys. Lett. 29, 250 (1976).