

# Características del circuito de excitación en láseres de $N_2$ con alta eficiencia

C.E. Fellows\*, A. Dias Tavares Jr., Z. Moreira Gomez y C. A. Massone

*Laboratório de Espectroscopia y Laser, Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, CP 100296, Niterói, CEP 24210 RJ Brasil*

(recibido el 2 de septiembre de 1987; aceptado el 6 de octubre de 1988)

**Resumen.** En este trabajo se presenta un análisis de las características del circuito de excitación para láseres de  $N_2$  de alta eficiencia (3%). Se han analizado diferentes configuraciones geométricas y/o eléctricas, y los resultados obtenidos se comparan con otros previamente publicados. Se analiza la manera en que la eficiencia de funcionamiento del láser es modificada por variaciones en parámetros del circuito eléctrico.

**PACS:** 42.60.-v; 42.60.By; 42.60.Lh

## 1. Introducción

Desde el descubrimiento de emisión estimulada en el sistema  $2+$  (banda 0-0, básicamente) del nitrógeno molecular, se ha realizado un esfuerzo considerable tanto teórico como experimental en dirección a un mayor conocimiento de los mecanismos responsables por la emisión estimulada, y procurando obtener los máximos valores de potencia de pico de emisión posibles [1-7].

Debido al gran número de aplicaciones que este láser ofrece, es de gran interés la obtención de valores elevados de eficiencia de funcionamiento. Recientemente se ha publicado un trabajo [8] que destaca la importancia de la "condición de resonancia" entre los circuitos de carga y de excitación en relación a la situación de máxima potencia láser de emisión. El circuito utilizado en la Ref. [8] estaba basado en el sistema publicado por R. Polloni [9].

La forma como los valores de impedancia modifican las características del láser de  $N_2$  ha sido objeto de estudios previos por Nagata y Kimura [10], entre otros. Estos autores detectaron modificaciones que se generan en las condiciones de funcionamiento del láser de  $N_2$  para potencia máxima de emisión, cuando las distancias entre los capacitores y el canal de excitación son alteradas (variando así los valores de impedancia que el pulso eléctrico encuentra en su camino hacia el canal de descarga; éste tiene una dimensión longitudinal de 30 cm).

Finalmente, este trabajo realiza un estudio de los resultados presentados en [8] relacionándolos con los de [10], permitiendo explicar ambos con un único modelo.

---

\*Dirección actual: Laboratoire Aimé Cotton, Orsay, Francia.

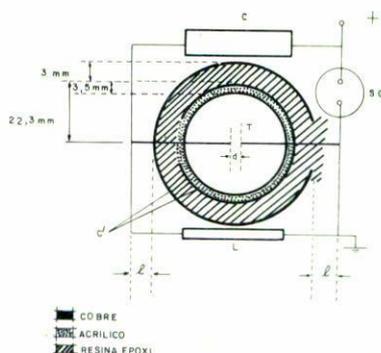


FIGURA 1. Circuito del láser. C (capacitores de titanato de bario) = de 0.23 nF a 6.18 nF;  $C' = 0.276$  nF ó 2.3 nF;  $l = 4$  ó 1 cm;  $d =$  distancia interelectródica = 3mm; SG = "spark-gap"; L = inductancia; T = tubo de descarga láser.

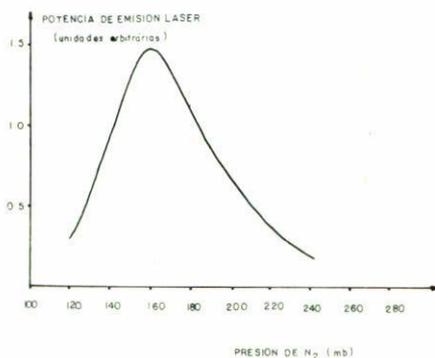


FIGURA 2. Comportamiento de la potencia de emisión láser del  $N_2$  en función de la presión de  $N_2$  (mb), para  $C' = 0.276$  nF,  $V = 23$  kV,  $C = 0.235$  nF y  $l = 1$  cm.

## 2. Equipo experimental utilizado y procedimiento experimental

El circuito empleado para excitación se muestra en la Fig. 1. El valor de  $C'$  (capacitor coaxial y concéntrico con el canal de descarga) fue de 0.276 nF o de 2.3 nF. C (capacitor principal de carga) varió de 0.23 nF a 6,18 nF (capacitores de bario marca Sprague). La distancia entre los electrodos del canal de descarga fue mantenida constante en un valor de 3 mm.

El estudio de las características de la emisión estimulada se realizó para los dos valores mencionados de  $C'$  y para dos valores diferentes de  $l$  (distancia variable entre  $C'$  y C), modificando así el valor de la impedancia  $Z$  y manteniendo constante al mismo tiempo los valores de capacidad. Los valores de  $l$  estudiados fueron 4 y 1 cm.

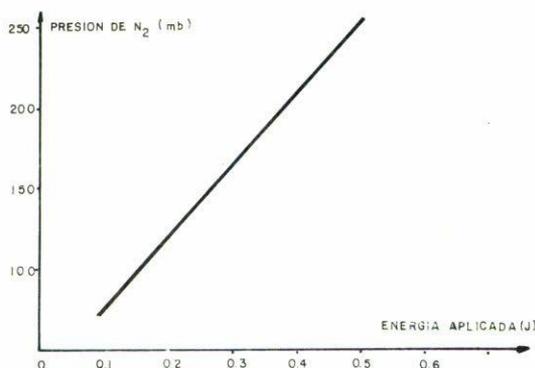


FIGURA 3. Variación de la presión óptima de N<sub>2</sub> para máxima potencia láser de emisión (mb) en función de la energía aplicada (J), para C = 2.28 nF, C' = 0.276 nF y l = 1cm.

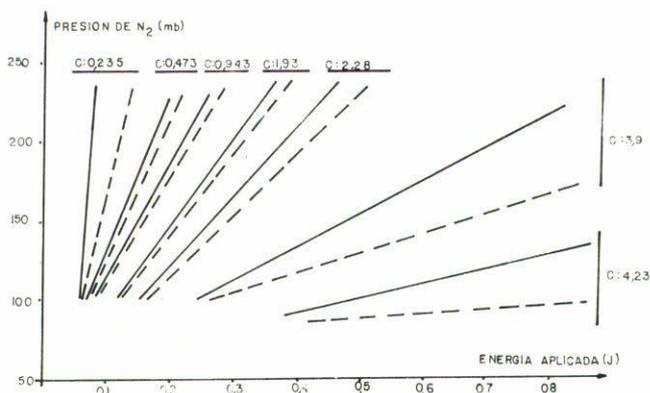


FIGURA 4. Variación de la presión óptima de N<sub>2</sub> para máxima potencia láser de emisión (mb) en función de la energía aplicada, para diferentes valores de C, con a) l = 4cm y C' = 0.276 nF (---) y b) l = 1 cm, C' = 0.276 nF (—).

Los valores de potencia de emisión del láser fueron determinados con un fotodiodo de vacío ITL 1850 conjuntamente con un osciloscopio Tektronix 7104. Los filtros neutros utilizados y el fotodiodo de vacío fueron calibrados por comparación contra un láser comercial de N<sub>2</sub> de potencia conocida.

### 3. Resultados

El comportamiento típico de la potencia de emisión del láser N<sub>2</sub> en función de la presión del gas se muestra en la Fig. 2 [capacidades del circuito (C y C') y voltaje de carga (V) fijos]. La Tabla I muestra las variaciones en los valores de C y V efectuadas para el caso l = 4 cm, C' = 0.276 nF. Las mismas variaciones en C y V

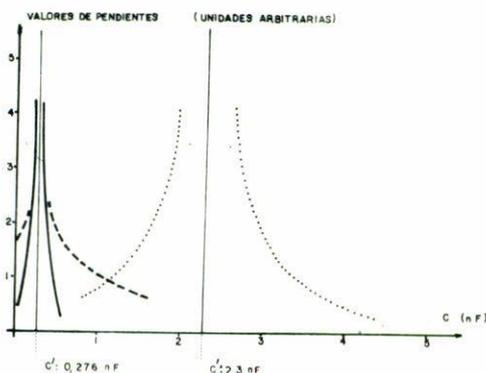


FIGURA 5. Variación de los valores de pendientes de cada recta en función de los valores de  $C$  para a)  $l = 4$  cm,  $C' = 0.276$  nF (— · — · —); b)  $l = 1$  cm,  $C' = 0.276$  nF (—) y c)  $l = 1$  cm,  $C' = 2.3$  nF (· · · · ·). Los resultados muestran la criticidad de las condiciones para máxima potencia láser de emisión en relación con los valores de  $C$ ,  $C'$  y  $l$ .

se efectuaron para  $l = 4$  cm,  $C' = 0.276$  nF y  $l = 1$  cm,  $C' = 2.3$  nF. En todos los casos analizados se determinó el par de valores presión de  $N_2$  vs energía aplicada que maximizaba la potencia láser de emisión. La Fig. 3 muestra la variación de este par de valores para  $C = 2.28$  nF,  $C' = 0.276$  nF y  $l = 1$  cm.

Cada valor de  $C$  permitió determinar una recta y, para un par de valores  $C'$ ,  $l$  constantes, la Fig. 4 muestra la familia de rectas determinada (en este caso se presentan los resultados para  $l = 4$  cm,  $C' = 0.276$  nF y para  $l = 1$  cm,  $C' = 0.276$  nF).

La pendiente de cada una de estas rectas presenta una conexión inmediata con los valores de eficiencia del circuito, por cuanto a mayor pendiente menor es el incremento de energía necesario para hacer el láser funcionar a la máxima presión de  $N_2$  posible. En función de esto, los valores de pendiente mencionados fueron graficados en la Fig. 5 en función de  $C$ .

#### 4. Discusión

En primer lugar, analicemos los resultados mostrados en la Fig. 4. En las dos familias de curvas presentadas el valor de  $C'$  es 0.276 nF y se percibe claramente que el máximo del valor de pendiente en ambos casos se da para el valor de  $C = 0.235$  nF  $\cong C'$ . Esto corresponde a la condición de "resonancia" en el circuito eléctrico ya sugerido en [8] como crítico para máxima eficiencia de excitación. En otras palabras, estamos en la condición

$$f_1 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \left(\frac{1}{LC}\right)^{1/2} \rightarrow f_2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \left(\frac{1}{LC'}\right)^{1/2}$$

C(nF)	V(kV)	E(J)
0.24	23	0.06
	25	0.07
	28	0.09
0.47	17	0.07
	19	0.09
	21	0.10
	22	0.11
	24	0.14
0.94	14	0.09
	17	0.14
	19	0.17
	22	0.23
0.98	14	0.10
	16	0.13
	18	0.16
	20	0.20
1.43	30	0.64
	32	0.73
	34	0.83
1.69	26	0.57
	28	0.66
	30	0.76
1.95	14	0.19
	16	0.25
	18	0.32
	20	0.39
	26	0.66
	27	0.71
	28	0.76
3.22	23	0.85
	25	1.00
	27	1.17
3.22	23	0.85
	25	1.00
	27	1.17
4.23	14	0.42
	16	0.54
	18	0.69
	20	0.85

TABLA I. Valores aplicados de C, V y E para el caso  $l = 4$  cm,  $C = 0.276$  nF.

siendo  $f_1$  la frecuencia de resonancia propia del circuito de carga (C+L+“Spark-gap”) y  $f_2$  la correspondiente al circuito de excitación (C'+L+tubo de descarga).

Por otro lado, la misma Fig. 4 permite también observar la influencia del valor de  $l$ . Nagata y Kimura [10] ya detectaron una modificación del óptimo de la presión de  $N_2$  para máxima potencia láser de emisión cuando la distancia entre el canal de descarga y los capacitores que generaban el pulso de excitación era modificada. Se percibe de esta figura que a medida que  $l$  aumenta (cualquiera que sea el valor de C) la pendiente de las rectas determinadas disminuye, mostrando una disminución de la eficiencia de excitación por aumento de impedancia del sistema transmisor de excitación.

Finalmente, del análisis de la Fig. 5 puede concluirse:

a) que para los dos valores de C' analizados las pendientes de las rectas se maximizan para valores de  $C \cong C'$  disminuyendo sensiblemente cuando nos alejamos de esta condición. Esto es en un todo semejante a la condición de resonancia entre dos circuitos acoplados con la importante diferencia de haber sido construido tomando como base características de funcionamiento del láser para máxima potencia de emisión en lugar de valores eléctricos del circuito.

b) que para un valor dado de C' (por ejemplo  $C' = 0.276$  nF en la Fig. 5) la condición de “resonancia” se mantiene para dos valores diferentes de  $l$ , dando una menor criticidad en la determinación del máximo para resonancia para el valor de impedancia mayor (en un todo de acuerdo con lo que se espera en un análisis de parámetros puramente eléctricos).

## 5. Conclusiones

En primer lugar, se ha realizado un análisis del funcionamiento de un láser de  $N_2$  cuando se modifican diferentes características del circuito de excitación. Como una consecuencia de este análisis, se ha estudiado la condición de eficiencia máxima para el funcionamiento del sistema. Esto se ha realizado analizando exclusivamente la situación de máxima potencia láser de emisión. Con este estudio sistemático ha sido posible unir y explicar los resultados de [8] y [10] con un único modelo.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas) y TWAS (Third World Academy of Sciences).

Los autores agradecen a R. Francke (UFRGS) y A. Scalabrin (UNICAMP) por su colaboración. Especialmente se desea agradecer a CEPEL (Electrobrás) por el préstamo del osciloscopio Tektronix 7104.

## Referencias

1. J.D. Shipman Jr., *Appl. Phys. Lett.* **10** (1967) 3.
2. A.W. Ali, *Appl. Opt.* **8** (1969) 993.
3. D.Basting, P.F. Schafer y R. Steyer, *Opt. Electr.* **4** (1972) 43.
4. H. M. von Bergmann, V. Hasson y D. Preussler, *Appl. Phys. Lett.* **27** (1975) 553.
5. H. Strohwalde y H. Saltzmann, *Appl. Phys. Lett.* **28** (1976) 272.
6. A. Dias Tavares Jr., C.E. Fellows y C.A. Massone *Appl. Phys.* **B38** (1985) 259.
7. H. Silva Reis, A. Dias Tavares Jr., C. A. Massone y M.S.Z. Chagatai, *J. Phys.* **E19** (1986) 471.
8. B. Oliveira dos Santos, C.E. Fellows, J. B. Oliveira e Souza y C. A. Massone, *Appl. Phys.* **B41** (1986) 241.
9. R. Polloni, *Opt. & Quant. Electr. Lett.* **8** (1976) 565.
10. Y. Nagata y Y. Kimura, *J. Phys.* **E6** (1973) 1193.

**Abstract.** An analysis of a 3% efficiency  $N_2$  laser excitation circuit has been made. Different geometrical and/or electrical configurations were analyzed, and results have been compared with those previously reported. The way capacitance and impedance values modify laser system efficiency is discussed.