

EXCITADOR POR COMPRESIÓN MAGNÉTICA PARA UN LÁSER DE GaAs

G. F. Fochesatto,

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICET.

C. A. Rosito,

Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones, Zupriategui 4380 (1603) Villa Martelli y
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Buenos Aires, Paseo Colón 850 (1063), Buenos Aires.

G. D. Santiago

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Buenos Aires, Paseo Colón 850 (1063), Buenos Aires.

Presentamos un excitador por compresión magnética de pulsos (MPC) diseñado para bombardear un diodo láser de GaAs. Interponiendo dicho sistema entre el interruptor y el láser se pueden obtener reducidos tiempos de conmutación y altas corrientes pico. Se ha construido y evaluado un dispositivo experimental, en el que se usa un MOSFET canal N como llave primaria y un circuito MPC diseñado en base a núcleos toroidales de ferrite de bajo costo. Se han medido reducciones de hasta cinco veces en el ancho del pulso de corriente.

We present a magnetic pulse compression (MPC) exciter conceived for pumping a GaAs diode laser. The extremely short rise and fall times, and the correspondingly high peak currents required for efficient excitation of these lasers can be obtained by interposing a MPC system between the primary switch and the laser. An experimental system, using an N-channel MOSFET as a primary switch and a MPC circuit designed around low cost ferrite cores, has been assembled and evaluated. Five-fold reduction in current pulse width has been achieved.

La excitación de diodos láser de GaAs ha sido efectuada con varios circuitos en los que se conmutan corrientes del orden de 10-100 A en tiempos del rango 10-100 ns.

Distintos dispositivos de estado sólido han sido utilizados en los que aparece siempre un compromiso entre velocidad de conmutación y capacidad de corriente.

La técnica de compresión magnética de pulsos basada en la transferencia de energía por medio de elementos magnéticos no lineales^{1,2}, permite excitar láseres que exigen elevadas corrientes pico de corta duración.

Esto permite obtener elevados valores de di/dt sobre la carga sin exigir al dispositivo primario de conmutación.

La Fig. 1 muestra una de las configuraciones más utilizadas. En ésta se produce la transferencia de la energía almacenada en C_1 hacia C_2 a través de la inductancia lineal L_1 . Al elevarse la tensión sobre C_2 entra en saturación el inductor no lineal IS, produciéndose una rápida transferencia de energía de C_2 al láser.

En general el diseño de estos circuitos se basa en estimaciones efectuadas a partir de modelos lineales utilizando parámetros en los estados límites^{3,4}.

En este trabajo presentamos una modelización más detallada del comportamiento de estos sistemas de excitación. Para esto es necesario introducir en las ecuaciones diferenciales la característica B-H de los materiales magnéticos, en régimen pulsado y en condiciones similares a las de trabajo. A partir de los ensayos se han determinado los parámetros α, β, ν que mejor aproximan las curvas $B-H^{5-6-7}$ según la expresión:

$$B = \alpha[\text{tgh}(\beta H) + \nu H]$$

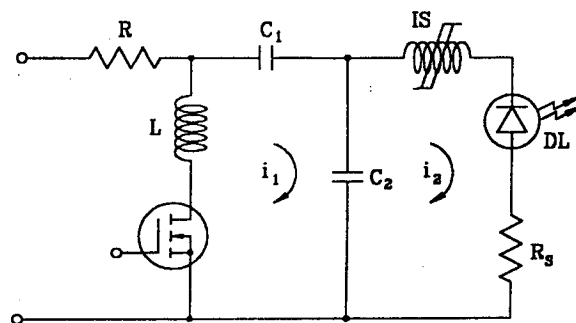


Fig. 1: Circuito estudiado.

$$B = \alpha[\text{tgh}(\beta H) + \nu H]$$

Los núcleos de mejor desempeño han sido los modelos cuyos parámetros son:

N-27: $\alpha = 0.412$ Tesla
 $\beta = 0.0189$ m/A
 $\nu = 0.00014$ m/A

G-26: $\alpha = 0.341$ Tesla
 $\beta = 0.0104$ m/A
 $\nu = 0.00023$ m/A

La Fig. 2 muestra la característica magnética de dichos materiales.

Estos datos fueron utilizados en la resolución numérica de las ecuaciones diferenciales normalizadas⁷ del circuito de la Fig. 1, las que se muestran a continuación:

$$\frac{d^2 \hat{i}_1}{dt} + \frac{pd \hat{i}_1}{\lambda dt} + \frac{2}{\lambda} \hat{i}_1 - \frac{1}{\lambda} \hat{i}_2 = 0$$

$$\left[\text{sech}^2 \left(\frac{\hat{i}_2}{2} \right) + \frac{\nu}{\beta} \right] \left(\frac{d^2 \hat{i}_2}{dt} \right) - \text{sech}^2 \left(\frac{\hat{i}_2}{2} \right) \text{tgh} \left(\frac{\hat{i}_2}{2} \right) \left(\frac{d \hat{i}_2}{dt} \right) +$$

$$\frac{\gamma d \hat{i}_2}{\lambda dt} + \frac{1}{\lambda} \hat{i}_2 - \frac{1}{\lambda} \hat{i}_1 = 0$$

Estas ecuaciones dependen de la sección del núcleo S_m , el largo del circuito magnético L_m y otros parámetros adimensionales los que se detallan a continuación:

$$i_0 = \frac{L_m}{2\beta} \quad \Phi_0 = \alpha S_m \quad \hat{\Phi} = \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad \hat{i}_0 = \frac{i}{i_0}$$

$$L_2 = \alpha \beta \frac{S_m}{L_m} \quad R_0 = \sqrt{\frac{L_2}{C}} \quad T_0 = \sqrt{L_2 C} \quad \rho = \frac{R_s}{R_0}$$

$$\gamma = \frac{R_l}{R_0} \quad \lambda = \frac{L_1}{L_2} \quad \hat{u} = \frac{U}{i_0 R_0} \quad \hat{t} = \frac{t}{T_0}$$

El diodo láser constituye una carga alineal que se puede aproximar como una batería que simula la caída de tensión directa en la juntura y una resistencia dinámica serie.

Las Figs. 3 y 4 muestran predicciones para el

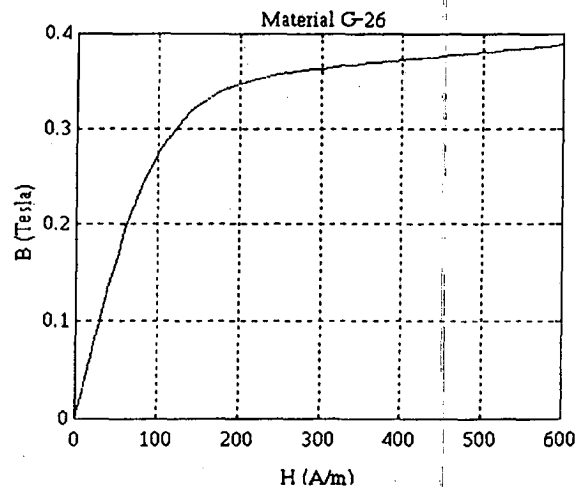
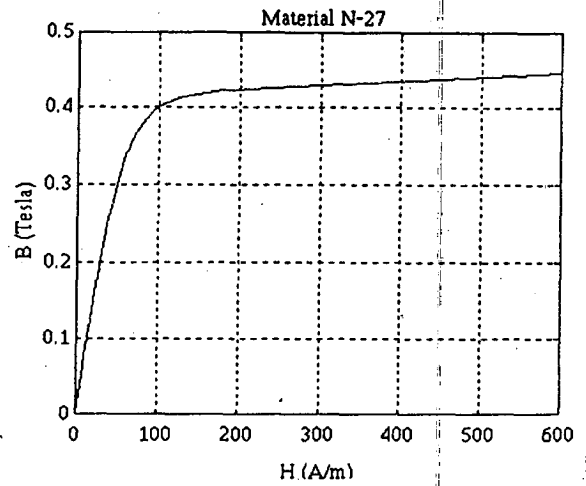


Fig. 2: Característica magnética de los materiales utilizados.

núcleo N-27 variando distintos parámetros del sistema. De ellas puede obtenerse la magnificación de corriente M definida como el cociente entre las corrientes pico de la segunda a la primera celda.

Asimismo se puede calcular el factor de compresión temporal δ definido como la razón entre los anchos de pulso en cada malla. De las figuras mencionadas se observa que los factores M y δ aumentan significativamente al incrementarse la energía inicial almacenada en C_1 . Un comportamiento similar se observa al reducirse la resistencia de carga R_1 .

Las Figs. 5 y 6 comparan los resultados experimentales para los datos arriba mencionados, con la predicción del modelo. Se verifica una buena concordancia entre ambas.

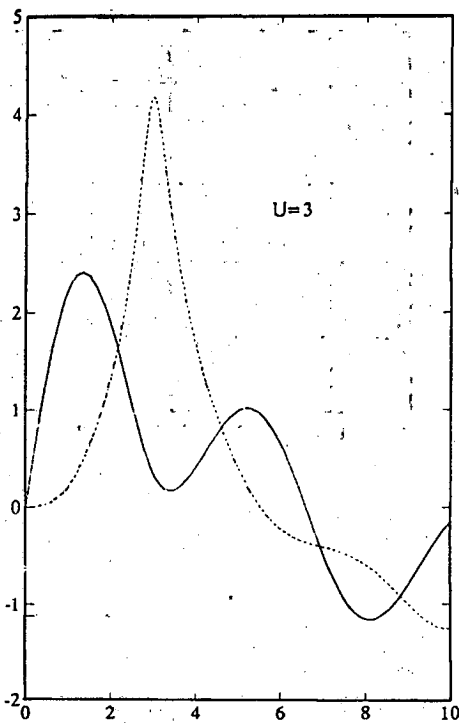


Fig. 3: Predicciones del modelo para el núcleo N-27 para distintos parámetros del sistema.

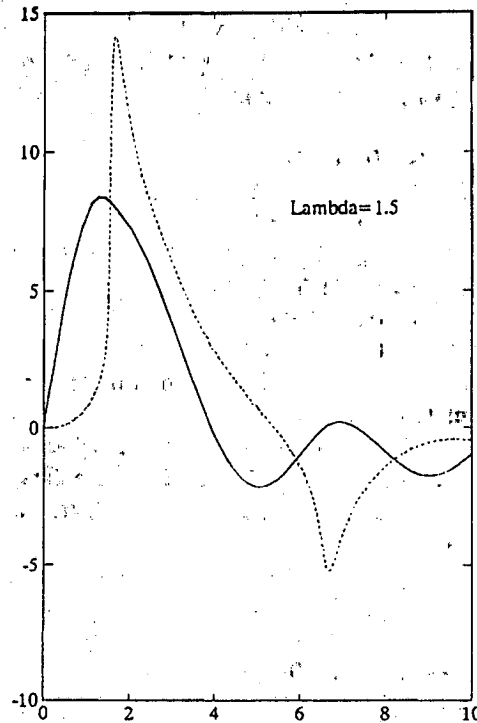


Fig. 4: Predicciones del modelo para el núcleo N-27 para distintos parámetros del sistema.

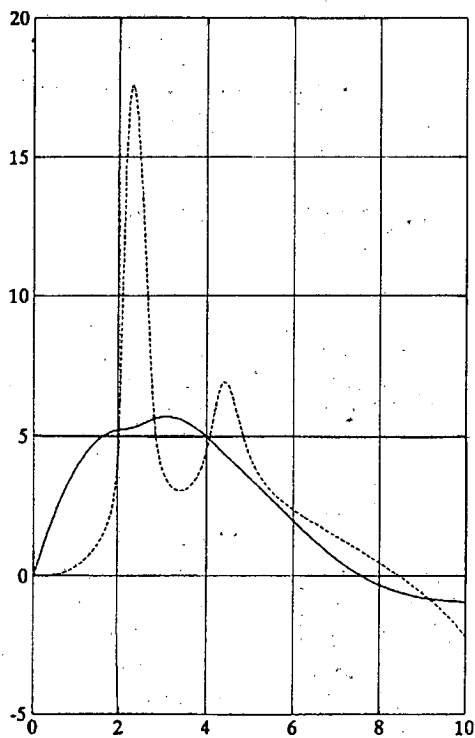


Fig. 5: Comparación de resultados experimentales con las predicciones del modelo.

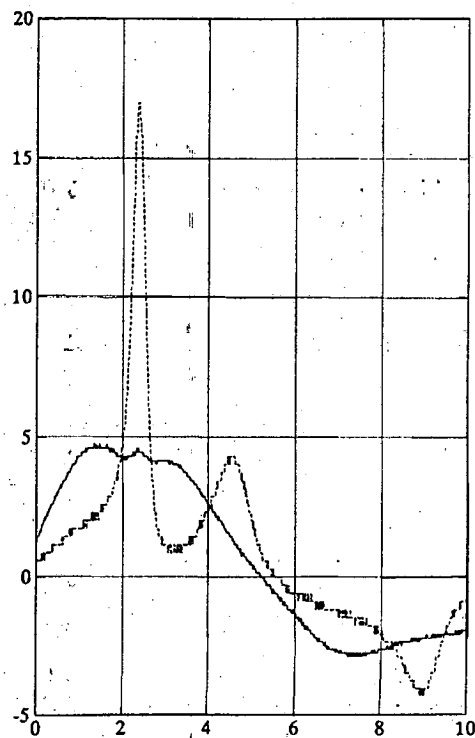


Fig. 6: Comparación de resultados experimentales con las predicciones del modelo.

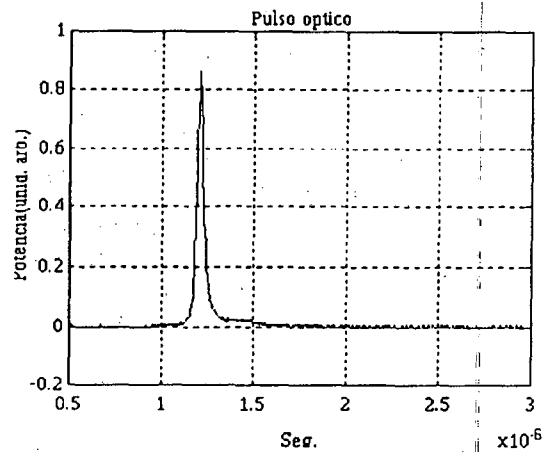
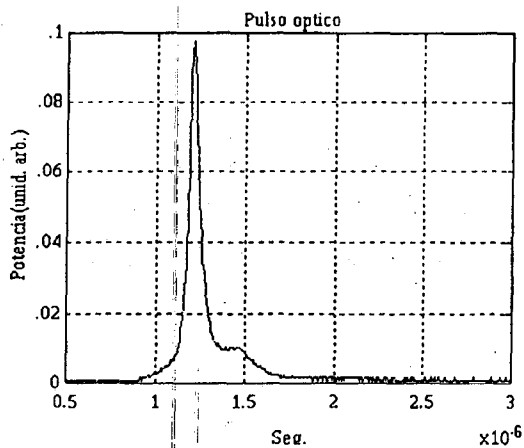
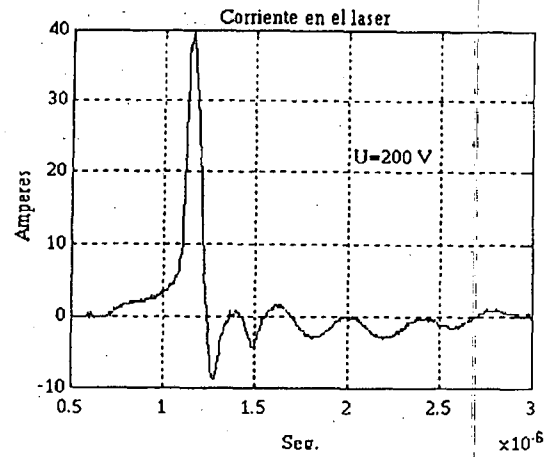
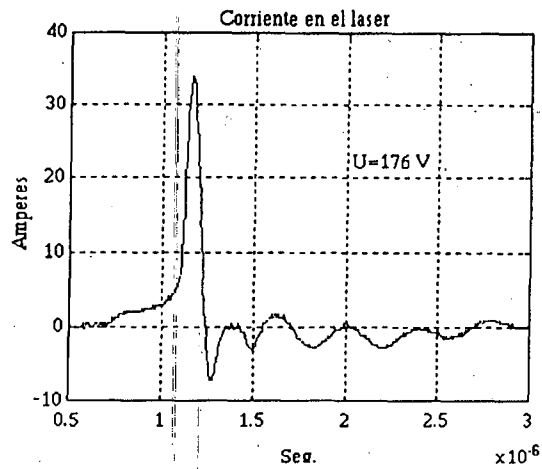


Fig. 7: Corriente de excitación y pulso óptico para la tensión de excitación indicada.

Fig. 8: Corriente de excitación y pulso óptico para la tensión de excitación indicada.

Los valores circuitales en este caso fueron:

- $C_1 = C_2 = 98 \text{ nF}$
- $L_1 = 20.7 \text{ } \mu\text{Hy}$
- IS: 2 núcleos toroidales R-34/12.5 material N-27
- $R_s = 0.7 \Omega$
- $R_1 = 0.1 \Omega$
- $U_{c1}(0) = 216 \text{ V}$

Si bien el núcleo N-27 permitió verificar el modelo, su respuesta en frecuencia es insuficiente para excitar adecuadamente un diodo láser, por lo que se lo reemplazó por un núcleo Iskra 26 G.

Las Figs. 7, 8 y 9 muestran la corriente de excitación y el pulso óptico para tres tensiones de alimentación y los siguientes valores circuitales:

- $C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$
- $L_1 = 1.05 \text{ } \mu\text{Hy}$
- IS: 1 núcleo Iskra 26 G
- $R_s = 0.1 \Omega$
- $R_1 = 0.7 \Omega$

De las figuras anteriores se puede observar que el sistema es capaz de conseguir magnificaciones de corriente de hasta 5 veces por celda y reducción en

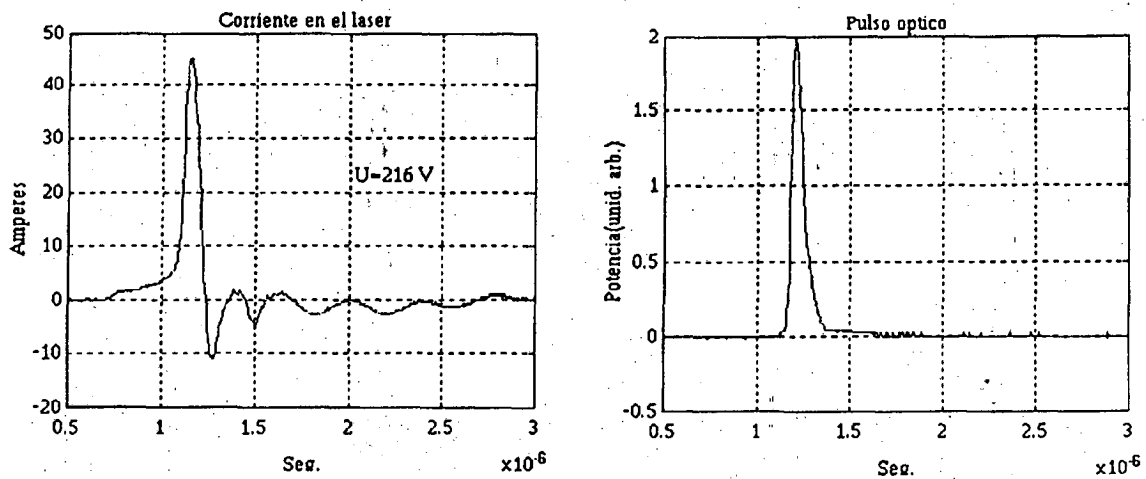


Fig. 9: Corriente de excitación y pulso óptico para la tensión de excitación indicada.

el largo de pulso del mismo orden.

Los anchos de pulso obtenidos (aproximadamente 50 ns FWHM) se comparan ventajosamente con los obtenidos por otros métodos tales como los generados por transistores en modo avalancha los que se caracterizan por una baja estabilidad.

REFERENCIAS

1. J. M. Hueber *et al.* Optics Comm. Vol. 85, (1991).
2. I. Smilanski *et al.* Appl. Phys. Lett. 40 (7), 1 (1982).

3. W. S. Melville. Proceeding I.E.E., pp 185-207 (1950).
4. A. D. Hasley, *et al.* The Bell System Technical Journal. (1955).
5. Chic Wen Chen. *Magnetism and Metallurgy of the Soft Magnetic Materials*. Dover Publications, Inc. New York (1986).
6. *The Physics of Engineering Solids*. T.S. Hutchinson and D. C. Baird. John Wiley and Sons (1963).
7. G. J. Foschesatto, J. Niedbalski, C. A. Rosito, G. D. Santiago. *Opt. Pura y Aplicada* (1992).