

Sistema analógico y digital para el control de un obturador con aplicaciones a la espectroscopía de lente térmica

R. Gutiérrez Fuentes, J.L. Jiménez Pérez
Cicata-IPN, Legaria 694, Col. Irrigación, 11500, México D.F.

A. Cruz-Orea
Physics Department, CINVESTAV-IPN, A.P. 14-740, 07360 México D.F., México
(Recibido: 31 de octubre de 2006; Aceptado: 3 de noviembre de 2006)

Se diseña y construye un circuito electrónico analógico para controlar un dispositivo electrónico, para el disparo de un obturador (modelo *UNIBLITZ VMM-D1*). Paralelamente se desarrolla un programa en Labview para el control computarizado de este mismo dispositivo. El circuito analógico proporciona un tiempo de apertura mínimo de 10 ms. Por su parte el programa en Labview nos proporciona un tiempo de apertura de 5 ms y con la opción de regular el número y la frecuencia de los pulsos del obturador. Este obturador es utilizado para proporcionar pulsos de 40 mW de potencia de un haz láser de Ar^+ , generando gradientes térmicos en muestras líquidas. En este trabajo reportamos la aplicación de este obturador para generar los gradientes térmicos en una solución conteniendo nanopartículas de oro en agua con la finalidad de obtener su difusividad térmica mediante la técnica de lente térmica. Finalmente discutimos las ventajas y desventajas de los dos modos de control.

Palabras clave: Efecto térmico; Técnicas fototérmicas; Líquidos; Instrumentación electrónica

It was designed and performed an analogical electronic circuit to control a shutter driver (model *UNIBLITZ VMM-D1*). Parallel to this it was developed a Labview program for a computerized control of the same device. The analogical circuit provides a minimum opening time of 10 ms. On the other hand the program in Labview provides a minimum time for opening of 5 ms and also with the option to regulate the number and the frequency of the shutter pulses. This shutter is used to provide pulses with 40mW of power from an Ar^+ laser beam, generating thermal gradients in liquid samples. In this work we reported the application of this shutter to generate thermal gradients in a solution containing gold nanoparticles in water with the purpose of obtaining its thermal diffusivity by means of the thermal lens technique. Finally we discussed the advantages and disadvantages between the performed shutter controls.

Keywords: Termal effects; Photothermal techniques; Liquids; Electronic Instrumentation

1. Introducción

En las técnicas fototérmicas es importante la generación de gradientes térmicos y el control de estos gradientes para diferentes aplicaciones en la caracterización térmica y óptica de materiales [1]. Una forma de generar estos gradientes es por medio de pulsos de luz, los cuales pueden controlarse con diferentes dispositivos como: shutter (obturador), chopper (modulador) y Q-Switching (obturador) etc., que pueden producir pulsos luminosos del orden de milisegundos y con sistemas más complejos se pueden generar pulsos que llegan al orden de 100 fs (femtosegundos) [2,3].

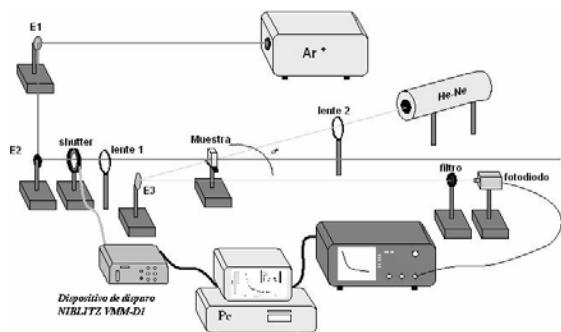


Figura 1. Montaje experimental típico para la lente térmica.

Para optimizar nuestros recursos se mejoró un dispositivo que dispara el obturador (modelo *UNIBLITZ VMM-D1*) [7]. Este dispositivo carece de un control de disparo interno, y por lo tanto se debe proporcionar en forma externa en diferentes modos. Utilizamos dos de estos modos para controlar este equipo, uno de forma análoga y otro de forma digital. De los dos controles podemos generar, por medio del shutter un pulso de luz láser de Ar^+ . Este pulso incide sobre una muestra líquida en la que genera un gradiente térmico, haciendo variar su índice refracción del líquido con su temperatura, esto nos induce a formar una lente térmica, al hacer incidir un segundo láser de prueba de He-Ne en esta región donde es posible detectar la variación de intensidad por medio de un fotodetector. Esta señal de voltaje es registrada a través de un osciloscopio y después llevada a una computadora donde se registran y se procesan los datos [4,5]. En la Fig. 1 se muestra el montaje experimental de la lente térmica.

En este trabajo presentamos el diseño y construcción de un circuito que controla el obturador y un programa en Labview para el mismo propósito. Un circuito analógico compuesto de un circuito astable y otro monoestable genera pulsos con intervalos de tiempo de 10 ms a 2 s permitiendo variar la frecuencia de estos pulsos con una

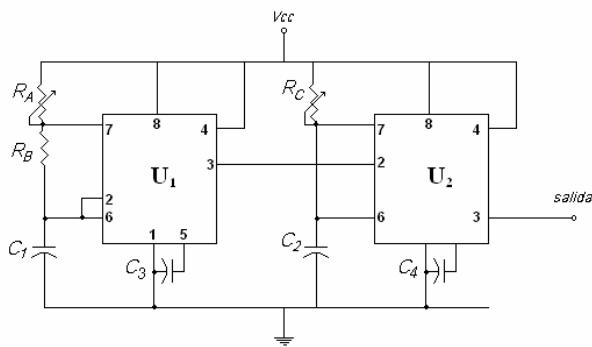


Figura 2. Esquema del circuito electrónico controlador del shutter; R_A , C_1 , son calculados de acuerdo a la ecuación 1; R_C , C_2 , se calculan con la ecuación 2; $V_{CC} = 10$ volts, C_3 y $C_4 = 10$ nF

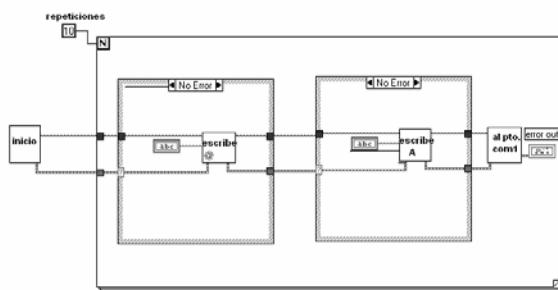


Figura 3. diagrama de bloques del programa para el control del dispositivo de disparo, en labview 7.

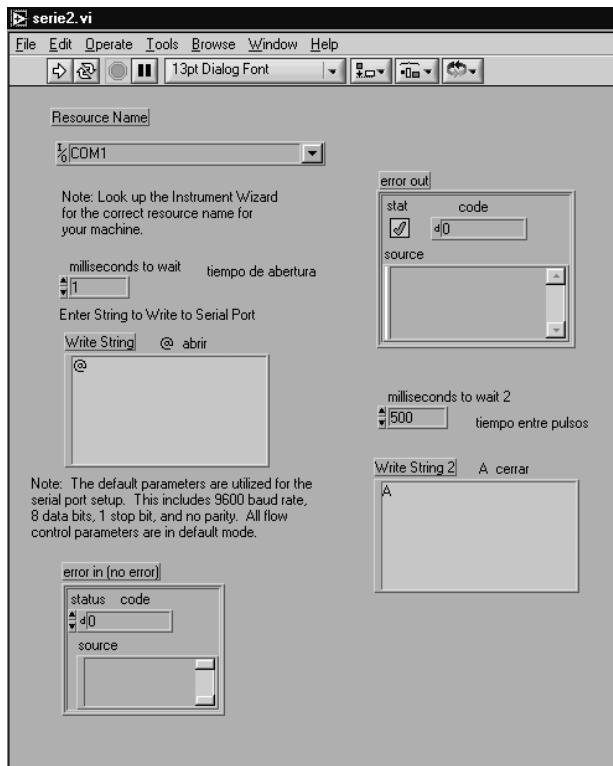


Figura 4. panel frontal del programa en labview 7 para el control del dispositivo de disparo.

resistencia variable en el circuito astable y la elección de la duración del pulso variando otra resistencia en el circuito monoestable. Por su parte el programa en Labview proporciona pulsos desde de 5 ms hasta cientos de segundos, y frecuencia de los pulsos desde 50 Hz. También cuenta con la opción de programar el número de pulsos que deseemos aplicar sobre la muestra. Esto puede servir para tomar medidas de la difusividad térmica de la muestra seleccionando el tiempo de exposición, en forma automática. Finalmente se presenta la señal típica de lente térmica de una muestra de agua conteniendo nanopartículas de oro.

2. Diseño del circuito y programa para el dispositivo de disparo.

En las Figs. 1-4 mostramos el esquema experimental típico para la técnica de la lente térmica, el circuito electrónico, el diagrama de bloques del programa en Labview y en panel frontal para el control del shutter utilizado en esta técnica respectivamente. En el circuito electrónico utilizamos dos integrados LM555 (U₁ y U₂), en la configuración astable y monoestable respectivamente [8]. En la salida del circuito astable (terminal 3) obtenemos un tren de pulsos negativos que provocan que el circuito monoestable se dispare. La ecuación 1 nos indica la frecuencia de este tren de pulsos, que es la frecuencia en la que el circuito astable estará operando, si deseamos que el tiempo entre pulsos este en el rango de 8 s a 23 s, entonces C₁ será de 2.2 μ F, R_B= 270 K Ω y R_A será un resistor variable de 1 M Ω por lo tanto la frecuencia de operación del circuito ira de 0.125 Hz a 0.04 Hz. En el momento que el circuito monoestable recibe un pulso negativo proveniente del circuito astable (ver Fig. 5), este se dispara y de acuerdo a la ecuación 2 podemos operar en tiempos de 10 ms a 2 s si hacemos que C₂ sea igual a 2.2 μ F y R_C sea una resistencia variable de 1 M Ω . La salida del controlador se toma de la terminal 3 de U₂ (ver Fig. 2) y se conecta al dispositivo de disparo UNIBLITZ VMM-D1 en la terminal de disparo análogo (Fig. 8).

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C_1} \quad (1)$$

$$T_{alto} = 1.1R_C C_2 \quad (2)$$

Por otra parte el diagrama de bloques programa en Labview es mostrado en la Fig. 3. Este sistema consiste en dos bloques encerrados en un lazo de repetición del número de veces que sea requerido. El primer bloque proporciona el carácter '@' por el puerto serie, que es el comando que abre el obturador, además de tener un tiempo de retardo después de escribir '@' y pasar al siguiente bloque, este tiempo es escrito en milisegundos y su duración depende de la muestra que se analice. El bloque dos escribe un carácter "A" que proporciona el cierre del obturador, también cuenta con un tiempo de retardo después de

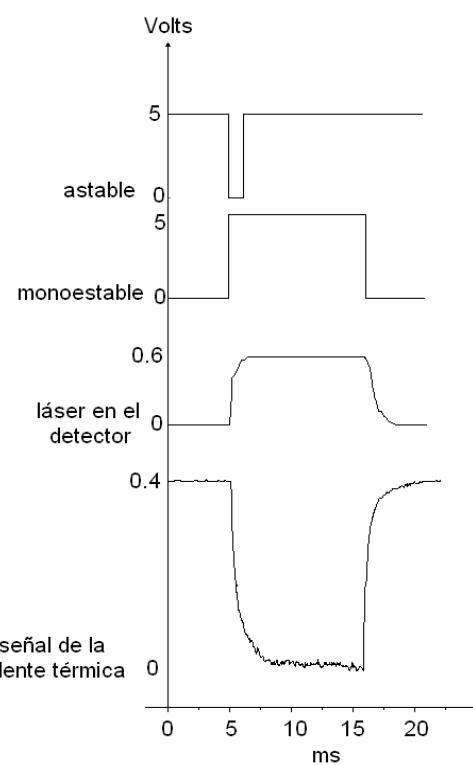


Figura 5. Señal de las diferentes etapas del control electrónico del obturador y la curva característica de la lente térmica. Tomado con un osciloscopio Hewlett-Packard 54502A, grabado y enviado a una PC, a través de una GPIB interface bus.

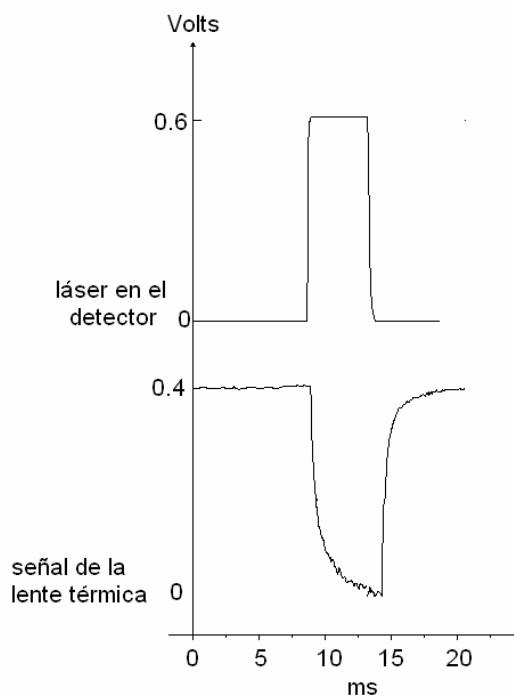


Figura 6. Señal de un pulso dado por el obturador controlado por el programa en Labview. Y su respuesta en la lente térmica.

escribir “A”, este segundo tiempo es el que se interpone entre cada uno de los pulsos de apertura. El programa entrega los datos al puerto serie, y son enviados hasta el conector RS-232C del dispositivo de disparo (ver Fig. 9).

En la figura 4 se muestra el panel frontal del programa en Labview para el control del dispositivo de disparo.

3. Resultados.

En la figura 5 mostramos la Señal de las diferentes etapas del control electrónico del obturador y la curva característica de la lente térmica. Tomado con un osciloscopio Hewlett-Packard 54502A, grabado y enviado a una PC, a través de una tarjeta GPIB. En la figura 6 mostramos las señales dadas por el programa en Labview medido con el mismo osciloscopio. Con el circuito electrónico obtenemos pulsos en el rango de tiempo de 10 ms a 2 s, que podría variar si cambiamos los elementos electrónicos, pero para nuestra aplicación este rango de tiempo es óptimo. También el rango de tiempo entre los pulsos de 8 s a 23 s podría cambiarse, pero de igual forma este rango es óptimo para nuestra aplicación. Para el caso del control con el programa en Labview podemos obtener pulsos que se pueden medir por el detector a partir de 5 ms hasta cientos de segundos y la frecuencia de estos pulsos puede ir de igual forma de 5 ms a cientos de segundos. Estos pulsos corresponden al láser de Ar^+ , operando en 514 nm y potencia de 40 mW. Con uno de estos pulsos obtenemos un calentamiento de la muestra generando una variación del índice de refracción en la región que da origen al gradiente térmico, su duración dependerá del tiempo crítico de la muestra [6]. En la figura 7 mostramos una curva típica experimental para la lente térmica, después de que el láser de prueba He-Ne atraviesa una muestra de agua con nanopartículas de oro, y después de ser irradiada por un pulso de láser de Ar^+ con una duración de 35 ms. Como observamos el gradiente térmico de la muestra decrece exponencialmente con el tiempo [5,6]. De este gradiente térmico obtuvimos la difusividad térmica de la muestra dando un valor de $13.5 \pm 0.2 (10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s})$ [6]. Estos experimentos serán utilizados para la determinación de la difusividad térmica en líquidos que contengan nanopartículas metálicas.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el funcionamiento de dos modos de controlar el dispositivo de disparo de un obturador. El circuito electrónico tiene la ventaja de no necesitar una computadora para ser operado, tampoco necesita una fuente externa pues el dispositivo de disparo proporciona un voltaje de 10 V. para alimentar circuitos de control. El programa en Labview cuenta con la ventaja de proporcionar tiempos más exactos y de mayor duración, además queda la posibilidad de optimizar el programa para la adquisición de datos de forma automática y lograr un muestreo a diferentes tiempos además de almacenar esos datos en la computadora para su posterior análisis. Estos

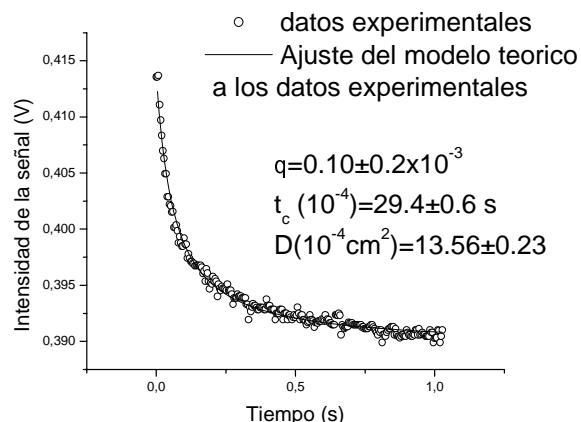


Figura 7. Curva experimental de la respuesta de la lente térmica, para una muestra de agua con nanopartículas de Au.

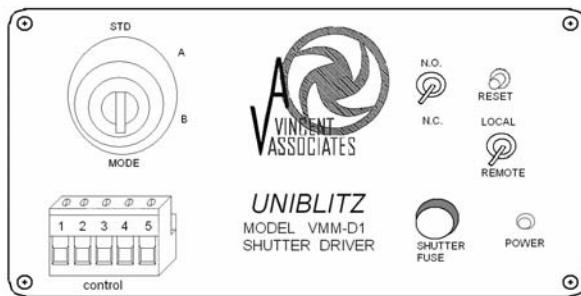


Figura 8. Panel de control del dispositivo de disparo, Terminal 1 de control a tierra y Terminal 3 entrada de disparo.

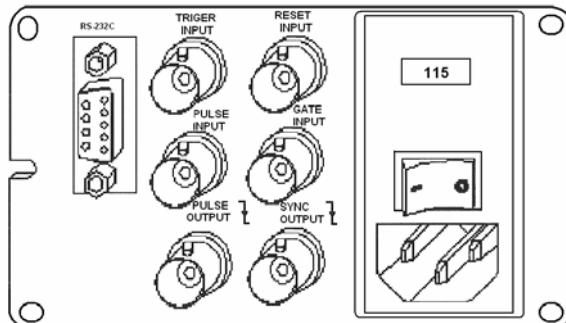


Figura 9. Terminales de control del dispositivo de disparo.

dos modos de controlar el dispositivo de disparo del obturador se utilizaran para generar gradientes térmicos y determinar difusividades térmicas por medio de la técnica de lente térmica.

Agradecimientos

Los autores agradecemos al CONACYT, CGPI-IPN, COFAA por el apoyo a través de los proyectos para la realización de este trabajo.

Referencias

- [1] M. Franko, C.D. Tran, Rev. Sci. Instrum. **67**, 1 (1996).
- [2] J.C., W. Randolph, Ultrashort laser pulse phenomena, (Academic Press, San Diego 1996).
- [3] M. A. Garcia Arthur, R. R. Rojo, N. Jamasbi and M. Mohebi, Rev. Mex. Fis. **49**, 258 (2003).
- [4] J. P. Gordon, R.C.C. Leite, R.S. Moore, S.P.S. Porto and J.R. Whinnery, J. Appl. Phys. **36**, 3 (1965).
- [5] J. Shen, R.D. Lowe and R.D. Snook, Chemical Physics **165**, 385 (1992).
- [6] J. F. Sanchez Ramirez, J.L. Jimenez Perez, A. Cruz Orea, R. Gutierrez Fuentes, A. Bautista, and U. Pal, J. of Nanoscience and Nanotechnology, **6**, 1 (2006).
- [7] UNIBLITZ, VMM-D1, User Manual, 14-0020, Version 1.4. USA 2002..
- [8] R. Boylestad, Electronica teoria de circuitos. Ed. Prentice Hall 1992.