

MODULACIÓN DE UN DIODO LASER CON UN TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO METAL-ÓXIDO-SEMICONDUCTOR

Diego Sabino Hernández, Jaime Hugo Puebla Lomas, Roberto Vázquez Arreguin
Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Computo.
Av. Juan de Dios Bátiz s/n esquina Miguel Othón de Mendizabal. Col. Lindavista
C.P. 07738, México, D. F.
chamkawil@hotmail.com , jpuebla@ipn.mx, ksouze@prodigy.net.mx

1. Resumen

Para aplicaciones industriales es necesario que los sistemas experimentales sean portátiles, por ejemplo la medición de la concentración de elementos contaminantes en agua o la caracterización de procesos que tienen lugar en plantas u otros organismos deben desarrollarse in-situ e in-vivo. La necesidad de hacer portable el sistema, nos lleva a desarrollar un Driver que controle de manera automática la intensidad de potencia y la modulación del Láser, para medir la temperatura del respectivo material a analizar. Se presenta la implementación de las características de un transistor de efecto de campo metal-oxido-semiconductor como herramienta para la modulación del Diodo Laser. El resultado es un driver efectivo y de bajo costo que se puede utilizar en diversos fenómenos fototermicos.

2. Introducción.

Las técnicas fototérmicas han demostrado sus potencialidades para la medición de propiedades térmicas de materiales. En particular la técnica fotopiroeléctrica (FPE) ofrece la ventaja de facilitar la realización de mediciones a diferentes temperaturas de una manera relativamente fácil y barata. Debido al buen contacto térmico que tiene lugar entre el sensor piroeléctrico y muestras líquidas o semilíquidas, la técnica FPE se ha convertido en una herramienta muy útil para la detección de transiciones de fase en estos sistemas y para el estudio de fenómenos que pueden tener lugar cerca de los llamados puntos críticos. Ello abre muchas expectativas para su uso a nivel industrial, por lo que la propuesta de sistemas experimentales compactos, baratos y portátiles se hace impetuosa. Respecto a la fuente de luz modulada para excitar la señal FT se explorará el

uso de diodos láser (DL) y diodos emisores de luz (DEL) de potencias moderadas disponibles a bajo costo en una amplia región espectral y que pueden modularse en un rango de frecuencias muy amplio. Cada vez resulta más común, por su practicidad, el uso de técnicas fotoacústicas para la identificación de sustancias concretas. El uso de estas técnicas, implica entre otras muchas cosas, la modulación de una fuente de radiación a la que se expone la muestra para obtener su caracterización [1]. En la mayoría de los casos se opta por potentes lámparas que se modulan con dispositivos externos. Todo este conjunto le aporta robustez al experimento, además de encarecerlo [2]. Encontrar fuentes de radiación modulables que impliquen un menor costo y que además sigan siendo prácticas es el objetivo de este trabajo. Un diodo laser con una modulación adecuada puede ser el sustituto viable para este tipo de fuentes. El empleará una señal TTL, la cual va a ser generada por medio de un Microcontrolador de mediana escala PIC16F876. Haciendo uso de un driver permitirá la correcta modulación del Diodo Laser para así obtener los resultados de modulación esperados en un rango amplio de frecuencias a través de su corriente de alimentación. Es importante aclarar que este proyecto es parte de otro sistema el cual se encargara de recoger la información por medio de una cámara fotoacustica, en la cual será incorporado un micrófono para la obtención de datos. Posteriormente esta información será amplificada por medio de un Lock-in amplifiers, cuya función es la de amplificar señales de muy baja amplitud. Finalmente a través de una Interface

Grafica de Usuario (IGU) será mostrada en pantalla las graficas de los resultados obtenidos.

3. Desarrollo

Para implementar una fuente de radiación útil es necesario tener varias consideraciones. Una de ellas es el tipo de muestra que se busca caracterizar; pues este factor determina, entre otras cosas, la potencia necesaria de la fuente para generar las señales fotoacústicas óptimas [3]. También es pertinente determinar la configuración del experimento, en algunos casos el espacio es limitado, y se busca un arreglo con dimensiones pequeñas. Para este trabajo se consideraron muestras del tipo biológicas y un espacio reducido para la elaboración del experimento. Para la etapa de control y acondicionamiento de nuestro sistema. El circuito que se muestra en la figura 1. Muestra el esquema de la etapa de control que se encargara de manipular los Transistores de Efecto de Campo, es importante destacar que los Diodos emisores de luz se polarizan a diferentes voltajes, debido a esto será necesario utilizar reguladores de voltaje según sea el caso del Diodo emisor de Luz que se polarice.

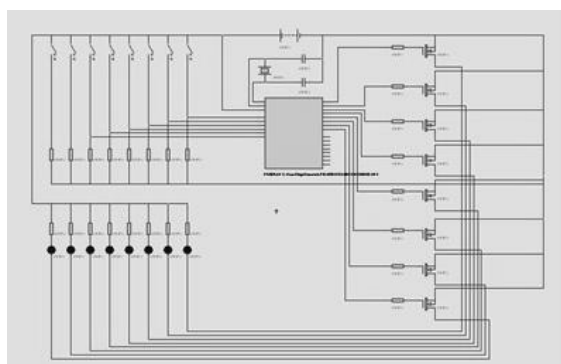


Figura 1. Esquemático de la etapa de Control

1.1. CARACTERÍSTICAS DEL DIODO LASER EMPLEADO.

Una de las ventajas que ofrecen los diodos laser es su versatilidad. Se pueden encontrar con facilidad diodos con diferentes longitudes de onda y potencia, dependiendo de la aplicación que se busca darles [4]. Para este caso es necesario irradiar muestras biológicas, lo que significa que para obtener una adecuada penetración en éstas, un

diodo laser cuya longitud de onda este entre los 600nm-1200nm puede realizar dicha tarea [5]. En cuanto a la potencia del diodo se refiere, considerando que las muestras son pequeñas, la potencia no debe ser superior a los 10 mW.

En nuestro proyecto empleamos los Diodos Laser infrarrojos AlGaAs de la marca EGISMOS con una longitud de onda de 780nm y una potencia de 5mW, con clave D6mm con un costo no mayor a los 30 dólares. La justificación de utilizar estos Diodos Laser fue debido a que es un laser semiconductor además contiene sustancias que sin ser aislantes poseen una conductividad menor a los metales. El diodo más utilizado en la actualidad es el de arseniuro de galio (AsGa), que puede presentarse en el mercado con diferentes longitudes de onda. *AsGa con*λ= 780 , 830 y 904 nm (*láseres infrarrojos*). *AsGa con*λ= 630 , 633 , 650 y 670 nm (*láseres rojos*).

El medio activo es una unión p-n en la cual mediante el paso de una corriente superior a un umbral dado se produce la inversión de la población a través de una recombinación de portadores de carga liberándose energía en la unión en forma de fotones, los cuales son reflejados en las caras pulidas de nuevo hacia la unión provocando la retro-alimentación óptica necesaria para sostener la emisión. Pueden funcionar en modo CW (Continuos way o régimen continuo) con una eficiencia muy superior al 50%. Son los láseres más eficientes, baratos y pequeños, y se han mantenido como líderes en muchas aplicaciones científico-tecnológicas. Por ejemplo uno de ellos fue con una longitud de onda de 780nm y una potencia de 5mW, con clave D6mm con un costo no mayor a los 30 dólares. En total se utilizaron ocho Diodos Laser a diferentes longitudes de onda, con voltajes de polarización también diferentes. Dentro de las especificaciones de cada Diodo Laser viene detallado las características eléctricas de cada uno de ellos. A continuación se describe las características eléctricas más importantes para nuestro caso que es la modulación por amplitud de pulso del Diodo Laser. En la figura 2 se muestra la variación de la potencia emitida por el diodo láser

EGISMO empleando, que se empleo en el presente trabajo, en función de la corriente aplicada. En ella se pueden observar dos regiones: en la primera el comportamiento es lineal y corresponde a corrientes bajas donde el diodo se comporta como un LED común, la segunda región corresponde a corrientes en las que el diodo ya se comporta como un láser pero aún conserva el comportamiento lineal. Este comportamiento es típico de los diodos láser cuando operan en modo libre, es decir sin ningún tipo de retroalimentación.

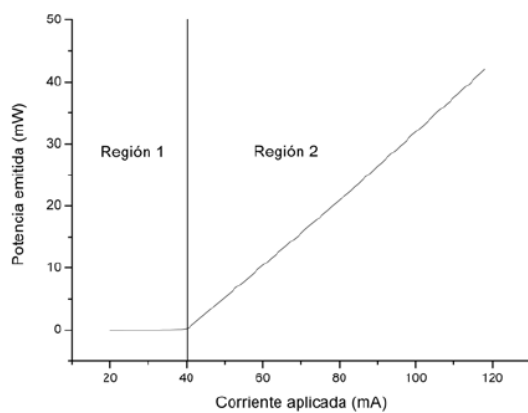


Figura 2. Diagrama de potencia emitida (P) vs corriente aplicada (I) diodo láser EGISMO empleado en el presente trabajo.

Las dos regiones mencionadas están separadas por una zona de inflexión, ésta indica que la corriente ha adquirido un valor lo suficientemente grande para lograr la inversión de población e iniciar la emisión láser. Dado que el comportamiento observado en estas regiones es lineal es posible encontrar el valor de la corriente donde las líneas de ajuste se interceptan, a este valor se le conoce como la corriente umbral y corresponde al valor de la corriente en que la emisión láser se estabiliza.

En la figura 3. Se tienen la longitud de onda y la potencia que son los parámetros que definen las características más importantes del tipo de Diodo Laser que se utilizo para nuestro caso .Cabe mencionar que la grafica que se describe en la figura 3 solo es una representación de longitud de onda contra Potencia de un Diodo Laser. En el primero de estos la emisión estimulada se produce

en una región relativamente ancha del semiconductor, que en la zona de ganancia y en la que resuenan los modos longitudinales que son permitidos dentro del semiconductor.

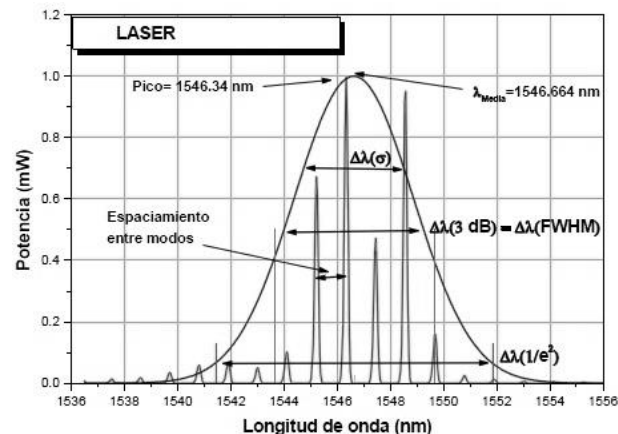


Figura 3. Espectros y parámetros de emisión de un Diodo Laser.

Es importante resaltar que se tuvo cuidado con cada uno de ellos al polarizarlo ya que estos diodos laser son sensibles a las variaciones de voltaje. Así mismo tomamos un cuidado especial para no bajar por debajo de la corriente umbral así como de mantenerse en la zona en la que la eficiencia de modulación es lineal con la frecuencia. En algunos dispositivos se puede llegar a la región de los GHz. Como inconvenientes a estas posibilidades, cabe destacar la inestabilidad del espectro que presenta en relación a la temperatura y a la potencia.

1.2. MODULACIÓN DE LA FUENTE

Proceso al cual está enfocado este trabajo. La modulación del diodo laser es necesaria para obtener una exposición distinta en cada uno de los experimentos, los que implica distintos resultados. La exposición de la muestra a la fuente de radiación va de 10, hasta cientos de nanosegundos. Esta exposición es controlada por un pulso cuadrado en niveles TTL, de 4.5v a 5.v. Para el control de la exposición se utilizan transistores que se basan en el campo eléctrico para controlar la conductividad de un canal en un material semiconductor. Sin embargo, la característica adicional de un transistor de tipo

Metal/Óxido/Semiconductor es que el terminal de puerta (G) está construido por este material. El óxido es aislante, con lo que la corriente de puerta es prácticamente nula, mucho menor que en los transistores de uso común.

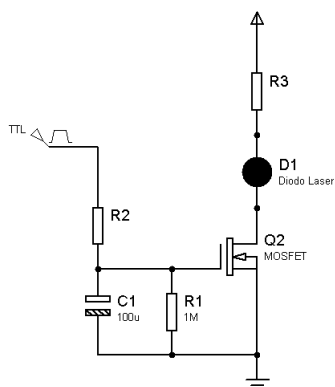


Figura 4. Diagrama del Modulador.

En la figura 4 se muestra el diagrama de conexión de los componentes necesarios para la modulación del diodo laser utilizando las propiedades de un MOSFET (Q2).

Las resistencias R2 y R3 varían dependiendo de la potencia requerida por el diodo laser. Mientras que C1 y R1 están conectados de tal manera que funcionen como un filtro pasa bajas, evitando la generación de ruido incluso cuando la señal de entrada TTL esté trabajando en frecuencias altas.

4. Resultados

La figura 5 representa las señales de voltaje que entran al circuito como una señal TTL (1) y además la alimentación que recibe el diodo laser (2).

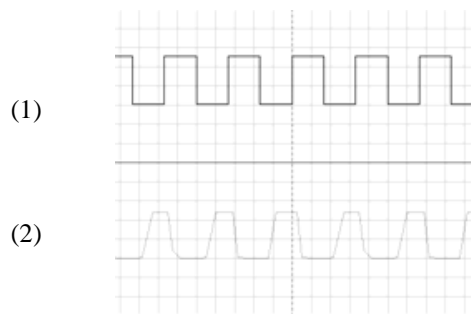


Figura 5. Comportamiento del circuito.

Se puede observar que aunque existe un desfase en la alimentación de diodo laser, con respecto a la señal de entrada TTL, el circuito se comporta como un modulador en una forma estable. Cabe señalar que aunque para este experimento la alimentación del diodo laser es de 5V al igual que la señal TTL. El mismo circuito puede ser utilizado con voltajes superiores de alimentación. Dentro de las pruebas realizadas con el diodo laser se tienen las siguientes figuras. En la figura 6 se muestra las dimensiones de los diodos laser que empleamos en el proyecto, así como la intensidad del haz de luz que emite el diodo laser.



Figura 6. Características del Diodo Laser empleado.

En la figura 7 se muestra el equipo que se empleó para Modular por Amplitud de Pulso, el Diodo Laser.

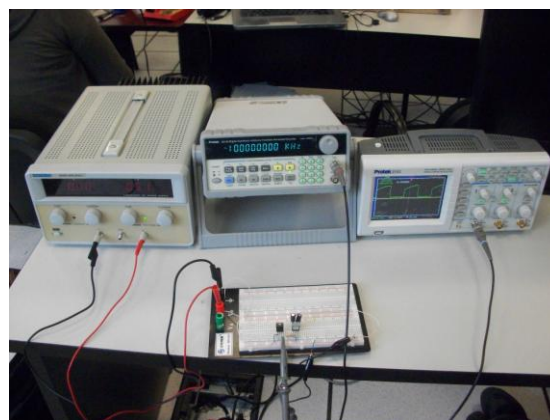


Figura 7. Equipo empleado para las pruebas.



Figura 8. Manipulación del Laser en la Modulación por Amplitud

Es importante recordar que dado que esta parte es apenas la primera etapa de un proyecto multidisciplinario queda pendiente la cámara fotoacústica, que es en donde se va a encontrar la muestra para obtener resultados de la técnica fototérmica que aquí se está desarrollando para dicho proyecto multidisciplinario.

5. Conclusiones

La implementación de un dispositivo MOSFET para la modulación de un diodo laser puede sustituir complejos arreglos con lámparas o láseres de gas acoplados a otros dispositivos para la radiación de muestras en técnicas fotoacústicas. Reduciendo su costo y el espacio necesario para este tipo de experimentos.

6. Bibliografía

- [1] Akiyuki Minamide; Yoshiaki Tokunaga **Material Evaluation with New Modulation Method in Photoacoustic Technique.** 10.1109/ULTSYM.2009.0632
- [2] Zoltán Bozóki; Miklós Szakáll; Árpád Mohácsi, Gábor Szabó; Zsolt Bor **Diode Laser Based Photoacoustic Humidity Sensors.** Sensors and Actuators B 91 219-226 (2003)

- [3] V. Horká; S. Civis, Li-Hong Xu; R.M. Lees **Laser Diode Photoacoustic detection in the infrared and near infrared spectral Ranges.** The analyst PAPER DOI: 10.1039/b503838c 2005.
- [4] Thomas J. Allen; Paul C. Beard **Dual wavelength laser diode excitation source for 2D photoacoustic imaging.** Biomedical Thermoacoustics Proc. Of SPIE Vol. 6437 64371U-1.
- [5] Thomas J. Allen; Paul C. Beard **Pulsed near-infrared Laser Diode Excitation System for Biomedical Photoacoustic Imaging.** Optics Letters. Vol.31, No. 23. 2006.
- [6] Kindereit, U.; Woods, G.; Jing Tian; Kerst, U.; Leihkauf, R.; Boit, C. **Quantitative Investigation of Laser Beam Modulation in Electrically Active Devices as Used in Laser Voltage Probing.** Volume: 710.1109/TDMR.2007.898074.
- [7] Dharamsi, A.N.; Lu, Y.; Bullock, A.M. **Effects of amplitude and frequency modulation with diode lasers, using higher harmonic detection** Volume: 2 10.1109/LEOS.1995.484739.
- [8] Takamiya, S.; Kitasawa, F.; Nishizawa, J.-I. **Amplitude modulation of diode laser light in millimeter-wave region.** Volume: 56. 10.1109/PROC.1968.6202.
- [9] Streifer, W.; Yevick, D.; Paoli, T.; Burnham, R. **Analysis of cleaved coupled-cavity (C³) diode lasers - Part II: Frequency modulation, above threshold operation, and residual amplitude modulation.** Volume: 21.10.1109/JQE.1985.107279.
- [10] Arce-Diego, J.L.; Giuliani, G.; Cepeda-Echevarria, R.M.; Pereda-Cubian, D.; Fernandez-Fernandez, L.A. **Effects of undesired external reflections on a laser diode feedback interferometer for measurement of displacements without ambiguity.** Volume: 2.10.1109/LEOS.2001.968983