

Sistema Mecatrónico de Instrumentación para Fotoluminiscencia

Díaz de León Zapata Ramón y Jasso Aranda José Cruz.

Instituto Tecnológico de San Luis Potosí
Av. Tecnológico S/N, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P.

Resumen

Se presenta el trabajo de implementación y automatización de un sistema de fotoluminiscencia utilizando la plataforma de programación LabView (marca registrada de National Instruments) para el control de los equipos de medición y los actuadores correspondientes con interfaz de hardware ad-hoc por medio de un PIC18F4550.

Palabras clave: Fotónica, Fotoluminiscencia, Espectroscopía, instrumentación, automatización.

1. Introducción

Prácticamente todos los materiales son capaces de emitir fotones (luz) cuando se les hace incidir sobre su superficie una luz láser. Tal emisión de fotones es propia de cada material y su análisis nos permite conocer la composición química y en nuestro caso particular, la estructura física de algunos sólidos (caracterización espectroscópica por fotoluminiscencia, PL por sus siglas en inglés)[1] con el fin de conocer sus propiedades ópticas para la posterior construcción de estructuras láser con semiconductores.

Si bien existen otras técnicas de caracterización óptica, como la Fotorelectancia y Fotorelectancia Diferencial[2] entre otras, los requerimientos de los experimentos que se pretenden llevar a cabo exigen únicamente la técnica de PL.

Cabe mencionar que las estructuras laser tienen en la actualidad una enorme importancia y potencial de mercado debido a sus múltiples aplicaciones, entre las que figuran las telecomunicaciones, medicina (cirugía oftálmica y tratamientos de la piel entre otros) instrumentos de medición, entretenimiento (reproductores de CD-DVD)[2] etc.

Para llevar a cabo estos análisis de PL, se precisa el manejo de equipo de medición y control que, si bien pueden operar manualmente, resulta más conveniente su realización de manera automática, además de aprovechar el potencial de las computadoras más recientes y el apoyo de la programación visual para darle valor agregado, como análisis de datos a la par de la medición, comparaciones con datos previos y su almacenamiento con formatos enriquecidos.

2. El Sistema de Fotoluminiscencia.

El sistema de fotoluminiscencia[2] (Figura 1) consta de:

- a) Un "dedo frío". Se trata de un soporte para un par de tubos concéntricos en medio de los cuales se aplica ultra alto vacío con ayuda de una bomba mecánica-turbo molecular para que mantenga una temperatura muy baja (aproximadamente 77 K) y evitar la condensación en la ventana debida a la diferencia de temperatura con el exterior. El enfriamiento se logra al llenar con nitrógeno líquido el tubo de diámetro más pequeño.

- b) Un laser de alta potencia para provocar la excitación de los electrones en el material a estudiar y su consecuente emisión de fotones.
- c) Algunas lentes especiales que filtran señales ópticas no deseadas y otras que ayudan a concentrar la emisión en un haz puntual de fotones.
- d) Un “Chopper” o sistema de estrobo que permite conocer la frecuencia exacta con la que se está emitiendo la luz laser para evitar el ruido en las lecturas.
- e) Un “monocromador” o sistema capaz de descomponer la luz recibida en sus respectivas longitudes de onda, donde será evidente que el color característico del objeto será el que genere una lectura de mayor amplitud en la medición.
- f) Un fotodetector, que amplifica la señal óptica para que pueda ser leída por el instrumento de medición.
- g) Un “lock-in” o instrumento de medición capaz de realizar mediciones de alta precisión y de intensidades muy bajas de la señal a medir (misma que proviene del fotodetector), además de tomar la referencia del “chopper” para evitar lecturas que no estén relacionadas con la emisión de la muestra (elimina lecturas de ruido ambiente).



Figura 1. Sistema de Fotoluminiscencia.

Una medición típica consiste en que, una vez que el laser (independientemente del color de éste) incide sobre la superficie de la muestra, ésta emite en un rango específico de longitudes de onda, todas simultáneamente y son recolectadas estas emisiones dispersas a través de una lente colimadora que las direcciona puntualmente hacia el “monocromador”; éste descompone ese haz emitido por la muestra en todas las longitudes de onda de que el instrumento sea capaz, o en el rango de nuestro interés a través del accionamiento manual de una perilla o por el control de un motor a pasos desde una computadora. Por cada movimiento que realiza el motor a pasos, se avanza en una fracción de la longitud de onda o en el rango que el usuario desee analizar y es retransmitida hacia la salida del instrumento, donde se ha colocado el “fotodetector”, el cual convierte la señal óptica (de luz) en señal eléctrica (voltaje) que es a su vez entregada al “lock-in” que se encarga de tomar la lectura del voltaje únicamente cuando ésta señal coincide con la del “chopper” y además la convierte en caracteres que son transmitidos vía serial a un equipo de cómputo cuando éste se lo solicita. Adicionalmente la computadora al recibir el dato lo grafica y almacena para su análisis posterior o in situ.

2.1 El hardware y los periféricos.

La primera etapa consiste en automatizar el monocromador, para lo cual se le ha adaptado un motor a pasos con su respectiva electrónica de control, misma que ha sido aprovechada para construirle un puerto serial por USB embebido y que pueda ser conectado a cualquier sistema de cómputo (en nuestro caso una computadora portátil) que cuente con este tipo de puerto. Fue utilizado un microprocesador PIC18F4550 para interfaz de hardware y responde a un típico protocolo serial RS232C, en el cual la computadora le envía la cantidad de pasos que debe dar el motor y el sentido de giro.

La programación del PIC18F4550 se desarrollo enteramente en lenguaje C sobre la plataforma de desarrollo MPLAB de la empresa Microchip.

Se requiere además otro control por puerto serial para el instrumento de medición (lock-in), para lo cual fue utilizado un cable comercial convertidor USB-Serial RS232C.

Cabe resaltar que el proyecto de interfaz[3] con el PIC18F4550 es en sí mismo todo un proyecto que además resalta la ventaja de no depender de ninguna interfaz de hardware propietaria, sin embargo no se ahonda en detalles de este sub proyecto por cuestiones meramente de espacio.

2.2 El software (interfaz humano-máquina).

En la actualidad, se requiere el desarrollo de aplicaciones profesionales estables y eficientes con tiempos de diseño e implementación muy reducidos, razón por la cual se ha decidido utilizar la plataforma de programación visual para interfaces humano-máquina desarrollado por National Instruments[4].

En las Figuras 2 y 3 se aprecian, respectivamente, la pantalla para el usuario y un fragmento de la pantalla del programa, donde se puede apreciar, además, que el código escrito es prácticamente nulo, ya que la programación en sí se realiza con la correcta asociación de los iconos y sus terminales a manera de “alambres”.

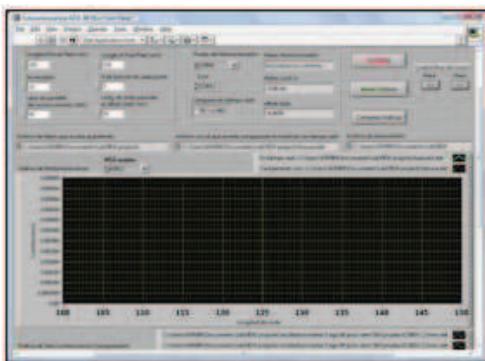


Figura 1. Pantalla de usuario del software de control del sistema de fotoluminiscencia.

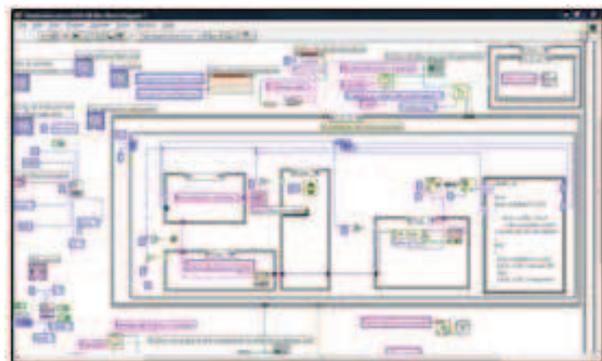


Figura 1. Segmento del código fuente del control del sistema de fotoluminiscencia.

Como suele (y de hecho debe) hacerse en la programación visual, se comienza por el diseño de la interfaz de usuario y a partir de ahí se continúa con la programación de cada “control” colocado en pantalla, la ventaja de LabView consiste en que cada control colocado en pantalla está

representado por un pequeño dibujo con terminales, de éste modo son mínimas las cosas que hay que escribir como código, y de ser necesario, se realizan en lenguaje C, que se ha convertido prácticamente en un estándar en la programación. Es pertinente mencionar también, que existe la posibilidad de crear controles personalizados si es que no hubiera uno que satisfaga nuestras necesidades y la programación de estos objetos completamente personalizados se realiza con programación orientada a objetos y ya no sería con programación visual, aunque esos casos suelen ser remotos.

Dadas las características de espacio para la escritura del presente artículo resulta inapropiado colocar el algoritmo completo o cada pantalla de diseño del programa (por ser eminentemente visual) sin embargo dejo a disposición del lector, un correo electrónico donde pueden solicitar la información adicional si así lo requieren: ramondz@hotmail.com.

2.3 Implementación y uso.

Con el fin de apreciar de manera global el proceso completo de una medición de fotoluminiscencia y, por ende el funcionamiento del sistema propuesto, se presenta en la figura 4 el diagrama general de flujo correspondiente. Existe el manejo de interrupciones que no se anexa, pero cuya función se avoca a posibles errores y su adecuado manejo y avisos al usuario durante la ejecución de las mediciones.

La fase de implementación y prueba se realizó en el laboratorio de fotoluminiscencia del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí con el objetivo de localizar y calcular las dimensiones de un pozo cuántico construido en un sustrato de silicio (Si 100) donde le fue depositada una capa de aluminio-galio-arsénico (AlGaAs)[5]. Las fotoemisiones de la muestra se aprecian en la figura 5, donde el uso del programa ha demostrado su utilidad, sencillez de operación incremento en la velocidad y precisión de las mediciones al suprimirse el error humano en el control manual del equipo.



Figura 5. Fotoluminiscencia de un pozo cuántico de AlGaAs sobre un sustrato de silicio.

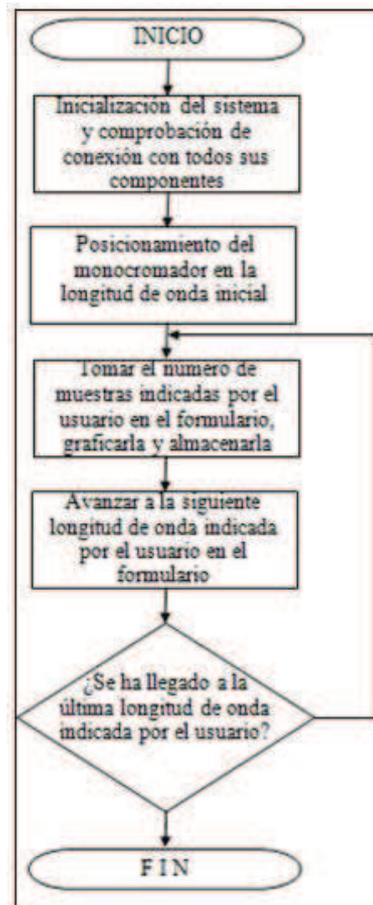


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de medición de fotoluminiscencia.

3. Conclusiones.

Es significativamente apreciable la sencillez con la que el usuario es capaz de realizar una medición de fotoluminiscencia, donde sólo se requieren los conocimientos básicos de computación. Así también, el presente programa y el hardware asociado han contribuido a optimizar el tiempo invertido en las mediciones, así como poder llevar éstas a cabo sin intervención humana alguna, además de facilitar la lectura e incluso análisis de los datos mientras se está llevando a cabo una medición.

Si bien los procesos de automatización parecieran ser triviales, son escasos los esfuerzos por realizarlos cuando al parecer las cosas así han funcionado por años, es por ello que se hace una atenta invitación a involucrarse a fondo con la actualización de sistemas automáticos a las nuevas plataformas de programación y control, así como automatizar equipos que, si bien pudieran ser relativamente viejos, sus funciones siguen siendo óptimas, por lo que se evitan gastos innecesarios y a la vez se moderniza el proceso de captura de información en los experimentos que, lejos de ser un maquillaje que embellezca la pantalla de la computadora, son en realidad más herramientas para que las investigaciones arrojen resultados interesantes invirtiendo ese tiempo que se perdía en el análisis manual de los datos.

Como nota final, se hace mención de que previo a la presente automatización, las mediciones realizadas se almacenaban y no era posible ver el avance sino hasta que se terminaba la medición, además de que la representación gráfica se realizaba con ayuda de un software externo e independiente al sistema, como puede ser EXCEL de Microsoft u Origin Lab de MicroCal, lo que implicaba tediosos e innecesarios pasos adicionales.

4. Perspectivas futuras.

El presente trabajo es únicamente una implementación funcional que resuelve y supera las expectativas de control de fotoluminiscencia, sin embargo, existen muchas oportunidades de mejora que se irán aplicando conforme los usuarios manifiesten nuevas inquietudes susceptibles de ser adicionadas al programa, así como la intención de extrapolar lo aquí expuesto para que sirva en los experimentos de reflectancia diferencial, donde el principio de funcionamiento es similar, pero requiere un aparato más de control denominado "modulador fotoelástico" que puede ser controlado también desde la computadora.

Referencias.

- [1] Lara V. I. "*Crecimiento y caracterización óptica de películas semiconductoras III-V y su aplicación a la fabricación de láseres semiconductores*", Tesis Doctoral, IICO-UASLP, páginas 34 y 35, 2007.
- [2] Gonzalez F. J. "*Crecimiento y caracterización de estructuras láser basadas en InGaAs*", Tesis Maestría, IICO-UASLP, 2008.
- [3] PICDEM FS USB Demonstration Board User's Guide, Microchip Technology Inc., 2008