

CONTROL DE TEMPERATURA DE MATERIALES USANDO ENFRIADORES TERMO-ELÉCTRICOS

Zamudio López, Karina (1), Dr. Vargas Rodríguez, Everardo (2), Flores Balderas, Adán (3)

¹[CNMS, Escuela De Nivel Medio Superior Moroleón (Pénjamo)] | Dirección de correo electrónico: [zamudio_kjoanna@hotmail.com]

²[Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [evr@ugto.mx]

³[Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [adanfb@ugto.mx]

Resumen

Nuestro propósito específico es conocer el comportamiento de un Thermo-Electric Cooler (TEC), para lograr controlar la temperatura de dicho dispositivo y que este a su vez se pueda modificar la temperatura de diferentes materiales de manera controlada. De esta manera se muestra que es posible cambiar las propiedades ópticas de los materiales de una manera controlada de una manera sencilla, aplicando voltaje al TEC. Finalmente, se presentan resultados simulados y experimentales que muestran los cambios de las propiedades termo-ópticas del silicio.

Abstract

In this work the behavior of a Thermo-Electric Controller (TEC) is characterized to control its temperature and that consequently the temperature of other materials can be modified. In this way it is shown that it is possible to change the optical properties of material in a simple way, by just changing the voltage applied to the TEC. Finally simulated and experimental results are presented showing the changes of the thermo-optic properties of silicon.

Palabras Clave

Materiales; TEC; Termistor; Reflexión; Temperatura;

INTRODUCCIÓN

Para desarrollar una aplicación de sensado se debe elegir adecuadamente un material con características específicas que contribuyan a la aplicación. Por eso es necesario conocer, entre otras, sus propiedades ópticas, térmicas, magnéticas, químicas, mecánicas, etcétera.

Las propiedades térmicas existen cuando un sólido recibe energía en forma de calor, el material absorbe calor, lo transmite y se expande. Estos tres fenómenos dependen respectivamente de tres propiedades del material: a) la **capacidad calorífica** o su equivalente calor específico, b) **conductividad térmica** y c) **coeficiente de dilatación** [1].

Otras propiedades importantes de los materiales son las **ópticas**, las cuales hacen referencia a la reacción de un material cuando interactúa con la luz. De manera general de acuerdo a las propiedades ópticas los materiales se dividen en: **transparentes**: que son aquellos transmiten la mayor parte de la luz y tienen poca absorción y reflexión; **traslúcidos**: donde la luz se transmite difusamente, la luz es dispersada en el interior y por último los **opacos**: que no permiten que la luz los atraviese. Todo esto respecto a la **reflexión**, **transmisión** y **absorción** de la luz [2].

Dado lo anterior poniendo todo en panorama, sabemos que algunos materiales si son expuestos a temperatura sus propiedades cambian tales como su volumen, otros cambian sus características ópticas (índice de refracción). Por lo que en este trabajo implementamos un sistema controlado para el cambio de temperatura en materiales. Este sistema está basado el uso de Enfriadores Termoeléctricos (Thermo-Electric Controller, TEC). Finalmente mostramos los efectos ópticos observados en el silicio cuando cambiamos la temperatura con el TEC.

MATERIALES Y MÉTODOS

Espectroscopia Infrarroja: reflexión

La espectroscopia infrarroja se fundamenta en la absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración y rotación. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria para que se dé una transición vibracional o rotacional de la molécula. Es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja. De esta manera un espectro infrarrojo es capaz de describir las características de transmisión, absorción y reflexión de un material si se complementa adecuadamente el equipo.

Interferómetro de Fabry-Perot

Un interferómetro de Fabry-Perot se puede formar de diferentes formas, una forma sencilla es por ejemplo con una oblea de material cuyos lados estén pulidos, planos y paralelos entre ellos. Para nuestro experimento usamos obleas de silicio (Si). El espectro de reflexión de un Interferómetro de Fabry-Perot (R_{FPI}) puede ser calculada por medio de la fórmula de Airy, la cual está descrita como:

$$R_{FPI}(n_1, T, d, \lambda) = 1 - \frac{1}{1 + \frac{4R[n_1(\lambda, T)]}{(1 - R[n_1(\lambda, T)])^2} \sin^2 \left[\frac{4\pi n_1(\lambda, T) d \cos \theta}{2\lambda} \right]} \quad (1)$$

donde $n_1(\lambda, T)$ es el índice de refracción del material y que depende de la longitud de onda λ y la temperatura T , d es el espesor de la oblea y $R[n_1(\lambda, T)]$ es la reflectividad del material la cual está definida de la siguiente manera:

$$R[n_1(\lambda, T)] = \left(\frac{n_1(\lambda, T) - 1}{n_1(\lambda, T) + 1} \right)^2 \quad (2)$$

Thermo-Electric Controller (TEC)

Un enfriador termoeléctrico es un dispositivo que posee dos caras, al aplicarle corriente eléctrica a dicho dispositivo se genera una diferencia de temperatura entre las caras, de manera tal que se transmite todo el calor a una sola de las caras, mientras que la otra tiene una temperatura muy baja.

El propósito específico de este proyecto es conocer el comportamiento de dicho TEC y por consiguiente poder lograr controlar la temperatura de dicho dispositivo. Esto es necesario para poder caracterizar los efectos ópticos en materiales de acuerdo a como se vaya cambiando la temperatura del TEC. Para poder alcanzar una adecuada búsqueda por resultados concretos y concisos fueron necesarios bastantes equipos, que no solo fue indispensable aprender su funcionamiento, sino que también fue necesario conocer el marco teórico de cada uno de ellos mediante investigaciones muy extensas. Es decir, sobre qué se basa tal aparato para llegar a tales resultados. Algunos de los equipos y dispositivos que usamos son los siguientes: Fuente de Alimentación (Imagen 1), Multímetro (Imagen 2), Termistor (Imagen 3), TEC (Imagen 4), Analizador de Espectros FTIR (Imagen 5), Analizador de Espectros OSA (Imagen 6), Arduino (Imagen 7) y disipador de calor.



Imagen 4. Enfriador Termoeléctrico (TEC).

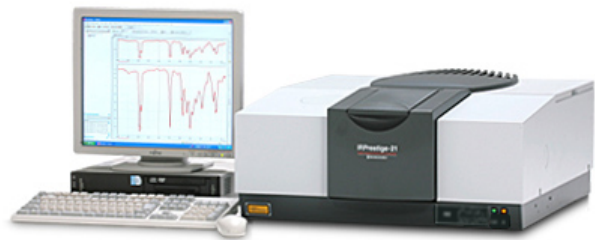


Imagen 5. Analizador de espectros FTIR.



Imagen 1 Fuente de alimentación (voltaje y corriente).



Imagen 6. Analizador de espectros ópticos (OSA)



Imagen 2. Multímetro Digital



Imagen 7. Arduino uno



Imagen 3. Termistor

Lo primero es conocer las características específicas del TEC, el cual es muy importante mencionar que el voltaje máximo que se le puede aplicar es de 3.6V y una corriente máxima de 5.6 A, y saber que, la cara en la cual trabajaremos

será la “fría” para analizarla y elaborar todo nuestro sistema de experimentación.

Para realizar la caracterización necesitamos aplicarle voltaje al TEC, por lo que requerimos una fuente de alimentación (Imagen 1). El voltaje suministrado al TEC sirve para generar la diferencia de temperatura en sus caras. En este paso para tener la seguridad de que el valor de voltaje y de corriente que nos arroja la fuente es correcto utilizamos el multímetro (Imagen 2).

Posteriormente es necesario medir la temperatura que existe en la cara “fría”. Esto se puede hacer de diferentes formas, una de ellas por ejemplo es usar un termistor (Imagen 3), el cual varía su resistencia cuando va cambiando la temperatura. También se puede medir usando un circuito integrado (LM 35) el cual cambia su voltaje conforme la temperatura varía, estos cambios pueden ser medidos con un microcontrolador, en nuestro caso usamos una tarjeta Arduino Uno (Imagen 7). Realizando la caracterización obtuvimos que el TEC por sí solo no era capaz de transferir el calor a solo una de sus caras. Por lo que agregamos un dissipador de calor en la cara “caliente”. Esto se basa en la segunda ley de la termodinámica, transfiriendo el calor de la parte caliente que se desea disipar al aire. De esta manera se pudo evitar el sobrecalentamiento de del TEC y obtener un funcionamiento óptimo del mismo (Imagen 4).

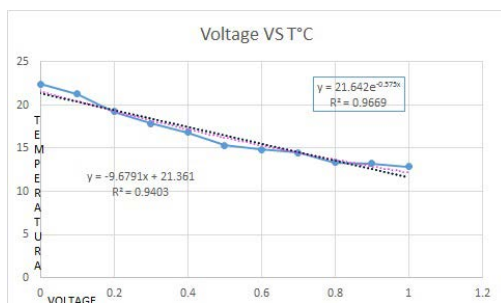


IMAGEN 9. Temperatura de la cara fría del TEC en función del voltaje suministrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez caracterizada la respuesta del TEC, se procedió a estudiar los efectos en las propiedades de un material al variar su temperatura. Nuestro material base de experimentación fueron obleas

de silicio de 200 micras y 70 micras. Esas obleas se comportan como un interferómetro de Fabry-Perot. Usando la ecuación (1) se puede calcular el espectro de reflexión del interferómetro. Lo único que es necesario considerar es que el índice de refracción depende de la temperatura y cambia de manera diferente para cada material. En nuestro caso empleamos silicio y su índice de refracción está dado por:

$$n_1(\lambda, T) = 3.41696 + \frac{0.138497}{\lambda^2 - 0.028} + \frac{0.013924}{(\lambda^2 - 0.028)^2} - 2.09 \times 10^{-5} \lambda^2 + 1.48 \times 10^{-7} \lambda^4 + 1.5 \times 10^{-4} (T - T_0) \quad (3)$$

Donde T_0 es la temperatura de referencia (293 K) y λ es la longitud de onda. Conociendo esta función se puede simular computacionalmente el espectro de la oblea de silicio para diferentes temperaturas. En la Imagen 10 se puede observar que se esperaba que el espectro del interferómetro se desplace cuando va cambiando la temperatura.

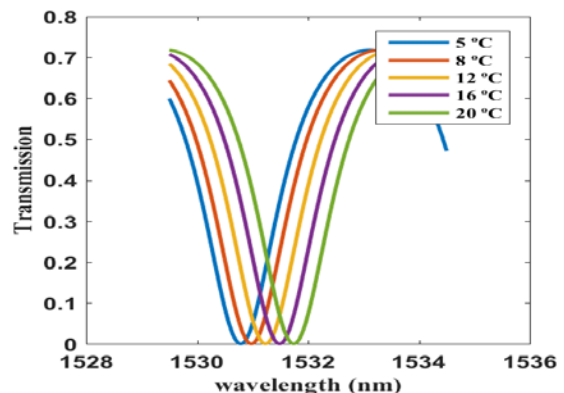


IMAGEN 10. Espectros simulados de la oblea de silicio considerando diferentes temperaturas.

Para poder observar experimentalmente estos cambios en las propiedades del silicio utilizamos el FTIR (Imagen 6) que nos ayuda a obtener un espectro reflexión). Sin embargo con el FTIR no fue posible obtener resultados con la precisión esperada, lo cual consideramos se debe a la resolución del FTIR usado en el experimento. Por lo que fue necesario utilizar un analizador de espectros ópticos (OSA), este equipo generalmente se utiliza para caracterizar fuentes de luz (LED y láseres) y opera en la región espectral de 600 a 1700 nm. Llevando a cabo todo

el método experimental con el OSA se obtuvieron los resultados mostrados en la Imagen 11.

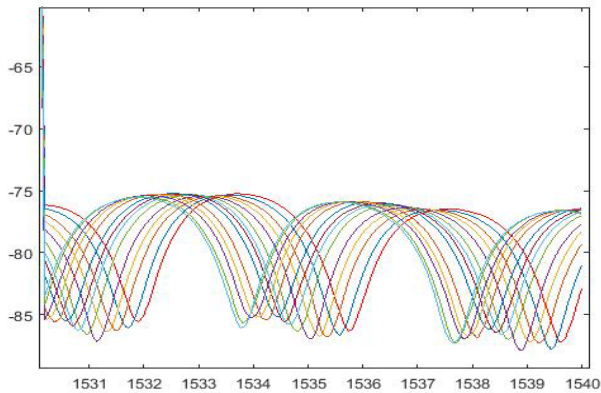


IMAGEN 11. Espectro de reflexión de la oblea de silicio medido con el OSA, en la región de 1530 nm.

Para obtener estos espectros se empleó una oblea de silicio de 70 micras, se aplicó voltaje de 0 a 2.6, en intervalos de 0.2 V. En cada cambio de voltaje se dio un tiempo de espera de 5 minutos para volver a adquirir el espectro de reflexión, esto para que nuestro TEC regulase su temperatura y la oblea alcance la misma temperatura. En la Imagen 12 se muestra un detalle (zoom) del espectro de reflexión de la oblea de silicio, en el que se puede apreciar con mayor claridad cómo se desplaza el espectro conforme varía la temperatura de la oblea. En esta imagen la línea verde nos indica el espectro de la oblea cuando se aplica un voltaje de 0 V (temperatura ambiente), mientras que la línea azul es el espectro cuando se aplican 2.6 V.

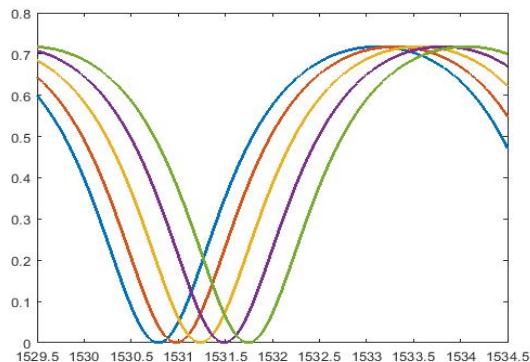


IMAGEN 12. Detalle del espectro de la oblea en 1531 nm.

CONCLUSIONES

El trabajar con algunos materiales se necesita ser muy cuidadoso, dado que si no tomamos en cuenta algunas precauciones nuestros resultados podrían ser modificados fácilmente. Por lo que usar dispositivos como el TEC puede mejorar los procesos de caracterización termo-óptica, de materiales debido a que son muy sensibles a pequeñas perturbaciones que las propiedades físicas o mecánicas.

AGRADECIMIENTOS

Para comenzar, estoy muy agradecida con el Dr. Everardo Vargas, dado que adapto el proyecto para un alumno de CNMS. Me parece que para mí fue muy un paso muy grande el que se me haya permitido participar en este proyecto, dado que inicie deseando conocimiento y experimentación, sin embargo, terminé más que satisfecha, con un acervo de información maravillosa. Retribuyo, además a la Universidad de Guanajuato por facilitar estas oportunidades y colocarlas a nuestro alcance, para que alumnos como yo de bachillerato general puedan llevar a cabo un Verano de Investigación.

Además, pero no menos importantes agradezco a mis padres, mi familia, por darme también la oportunidad de apoyarme en todo momento.

A todos los administrativos, docentes que hacen que día a día estos sueños se vayan cumpliendo para muchos de nosotros.

REFERENCIAS

- [1] Grupo Investigación Física (2014), Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm11/trb11_2.html
- [2] Bizarro Sordo Monserrat, Fundamentos de Matemáticas para Materiales (2014) UNAM. Recuperado de: <http://www.iim.unam.mx/mbizarro/Propiedades%20Opticas.pdf>
- [3] Mata Hernández Gloria, González Pozo Virgilio Sistemas de comunicaciones electrónicas, Pearson Educación, 2003.