



Modelo fotoacústico obtenido para una fuente periódica rectangular de calor: Estudio de la temperatura y presión en función de la frecuencia

J. Bruno Rojas Trigos^{1,2} y A. Calderón²

¹ Departamento de Ciencias Básicas, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ciencia y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN No. 2580. Colonia Barrio La Laguna Ticomán, 07340 México D.F

² Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

Resumen

En el presente trabajo se pretende construir un modelo matemático, basado en el proceso de difusión [1,2], que explique la generación y comportamiento de ondas de calor en el interior de una celda fotoacústica [4] de geometría cilíndrica, considerando que la fuente de calor es proporcionada por un haz de luz monocromática modulada como una onda periódica rectangular. Ya anteriormente se presentaron las soluciones de la ecuación de difusión para la celda cerrada, bajo las condiciones de frontera adecuadas [5]. En esta ocasión, presentamos las predicciones de las variaciones de presión en la cámara de gas de la celda fotoacústica, y el comportamiento del modelo bajo diferentes frecuencias de modulación; comparando las predicciones de este con el modelo (denominado por nosotros como modelo SP) con las del modelo usual, dado por Rosencwaig y Gersho (denominado modelo RG en el presente reporte).

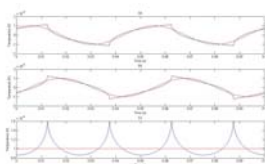
Introducción

A mediados de la década de los setenta, del siglo pasado, aparece publicado un artículo de Rosencwaig y Gersho en donde se establece la teoría básica del efecto fotoacústico [3,4]. A partir de este trabajo, comienza a aparecer en la literatura el concepto de onda térmica, y su posterior utilización en el desarrollo de técnicas fototérmicas [4] de caracterización de materiales. Sin embargo, las condiciones con las que el modelo usual trata la generación de ondas térmicas, claramente no se adhieren a las condiciones experimentales reales, por lo que nos hemos dado a la tarea de construir un modelo matemático que represente mejor las condiciones experimentales que prevalecen en los experimentos de caracterización mediante este tipo de técnicas.

Modelo Matemático

Consideremos una celda fotoacústica cerrada formada por una base de aluminio, una muestra de silicio, y una cámara de gas; de longitudes de 0.1mm, 0.5mm y 5 mm respectivamente. Utilizando las soluciones de la ecuación de difusión dentro de la celda fotoacústica cerrada para los modelos RG y SP, determinamos las curvas teóricas de Temperatura vs. Tiempo para la superficie de la muestra a una frecuencia de modulación fija de 20 Hz, comparándolas entre ellas, como se muestra en la figura 1.

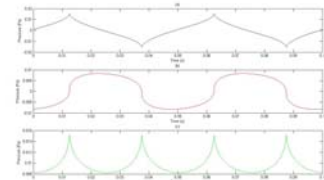
Figura 1. Comparación de la temperatura superficial, a $x = 0$, para los modelos RG (línea roja) y SP (línea azul): (a) Parte real; (b) Parte imaginaria; (c) Módulo



Posteriormente, calculamos el valor promedio de la temperatura dentro de la cámara de gas, tomando como longitud de difusión térmica la predicha por

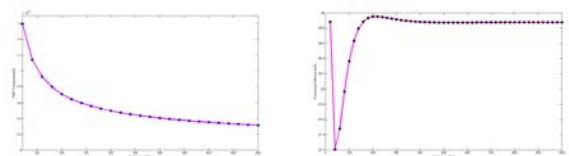
el modelo RG [3]; esto debido a que aún cuando nuestro modelo predice la existencia de una superposición de ondas térmicas, cada una con su propia longitud de difusión térmica, la sucesión de longitudes de difusión térmica converge a la propuesta por Rosencwaig. Con este valor promedio, se determinan las variaciones de presión acústica, mostradas en la figura 2.

Figura 2. Variaciones de presión en la cámara de gas de la celda fotoacústica, predichas por el modelo SP: (a) Parte real; (b) Parte imaginaria; (c) Módulo.



Finalmente, mostramos la dependencia que el modelo SP predice para los valores RMS de la temperatura superficial de la muestra, en función de la frecuencia de modulación del haz incidente. Como se ve en las figuras 3 y 4, los valores RMS de la temperatura decrecen rápidamente con la frecuencia, pero en el modelo SP lo hacen a una tasa menor que la predicha por el modelo RG, y al menos en una buena parte del rango de frecuencias normalmente usadas, la diferencia porcentual es prácticamente constante (58%).

Figura 3-4. Valores RMS de la temperatura superficial de la muestra, a $x = 0$, predichas por el modelo SP.-Diferencia porcentual entre los valores RMS de la temperatura superficial de la muestra entre los modelos



Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo a este trabajo.

Referencias

- [1] *The Mathematics of Diffusion*. J. Crank. Oxford University Press (Segunda Edición), New York 1975.
- [2] *Conduction of Heat in Solids*. H. S. Carslaw and J. C. Jaeger. Clarendon Press Oxford (Segunda Edición), New York 1959.
- [3] *Photothermal Science and Techniques*. Darryl Almond. Chapman & Hall (Primera Edición), London U.K., 1996.
- [4] *Estudio de la Difusión del Calor en semiconductores...* J. A. Calderón Arenas. Tesis (D.C.) CINESTAV-IPN, México 1997.
- [5] *Modelo fotoacústico obtenido para...* J. Bruno Rojas Trigos. XVI Simposio de Tecnología Avanzada CICATA-IPN, México 2008.