

# Efecto Resonante en el Circuito Equivalente de una Línea de Transmisión desde la Perspectiva de la Reflexión Anisotrópica

Investigación

J. del R. Diosdado-Castillo<sup>1</sup>, Y. F. López-Álvarez<sup>1</sup>, J. R. Molina-Contreras<sup>1</sup>,  
F. J. Villalobos-Piña<sup>1</sup>, R. Trejo-Vazquez<sup>1</sup>, P. L. Muñoz-López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Ags., México  
Tel. (449) 910 50 02 Fax (449) 970-0423 E-mail: rmolina@correo.ita.mx

## Resumen

En éste trabajo se reportan los hallazgos del efecto resonante en el circuito equivalente de una línea de transmisión. La medición de la señal, se hizo utilizando el principio de la reflexión anisotrópica. Nuestros resultados sugieren que debido a la reflexión anisotrópica, pueden generarse solitones cuando la línea de transmisión es un circuito resonante.

**Palabras clave:** Efecto resonante, Línea de transmisión, Reflexión anisotrópica.

## Abstract

In this work, we report on new findings on the resonant effect due to a transmission line equivalent circuit by means of the measure of the anisotropic signal reflection. Our results suggest that due to the anisotropic signal reflection, it can be generated soliton waves when the transmission line is a resonant circuit.

**Keywords:** Resonant Effect, Transmission Line, Anisotropic Reflection.

## Introducción

La espectroscopia de reflectancia por anisotropía (RAS) es una prueba óptica de superficies no destructiva que tiene la capacidad de operación en un amplio rango de ambientes. RAS mide la diferencia de reflectancia ( $\Delta r$ ) entre dos direcciones ortogonales en el plano de la superficie (x,y), normalizada a la reflectancia media  $r$ , de un haz de luz linealmente polarizado incidiendo normalmente sobre la superficie de una muestra cúbica:

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{2(r_x - r_y)}{r_x + r_y} \quad (1)$$

Donde las reflectancias  $r$  corresponden a las amplitudes de reflexión complejas de Fresnel.

RAS puede ser usada para medir anisotropía en muchos sistemas. Por ejemplo, entidades de forma anisotrópica de un material isotrópico que estén alineadas en una dirección común sobre un sustrato isotrópico pueden generar una señal RAS.

RAS es sensitiva a la estructura de la superficie electrónica en la región del nivel de Fermi (EF), y se han identificado algunas características en el espectro de RA asociadas a semiconductores limpios y superficies de metal con transiciones electrónicas entre estados de superficie. Esta asociación le ha permitido a RAS ser una prueba sensitiva del comportamiento de los estados de la superficie.

El potencial de RAS como una prueba óptica de superficies no destructiva fue reportado en principio en los 80s [1-11]; y el primer trabajo fue dirigido al estudio de superficies semiconductoras III-V. El ímpetu por el desarrollo de RAS, primeramente por Aspnes y colaboradores [1-8], estuvo centrado en la necesidad de contar con una prueba óptica en tiempo real que permitiera aplicarla en los sistemas de crecimiento de semiconductores. Los escritos originales se refieren a la técnica como espectroscopia por reflectancia diferencial (RDS). Posteriormente se aplicó el termino RAS a la técnica [10] para distinguirla de los métodos espectroscópicos ‘estáticos’ para el estudio de superficies tales como la reflectancia diferencial y la electro reflectancia. Técnicas estas que comparan la diferencia de la señal reflejada debido a un haz de luz incidente linealmente polarizado y alineado a lo largo de las direcciones ortogonales de una muestra de cristal simple en experimentos separados. RAS ha estado incrementando sus aplicaciones en campos de mayor relevancia inmediata para desarrollos tecnológicos tales como el ensamble de películas moleculares, fabricación de dispositivos de cristal líquido y el sensado remoto de tensión.

Experimentalmente, RAS puede ser considerada como una técnica de elipsometría espectroscópica (SE) [11-23], una técnica que permite la determinación experimental directa de la función dieléctrica de los materiales sin la necesidad de comprometerse con un análisis Kramers-Kronig de la reflectividad espectral. En la SE aplicada a semiconductores, la luz polarizada linealmente incide en la muestra a un ángulo cercano al ángulo Brewster [13]. En contraste, en la RAS, la

luz lineal polarizada se hace incidir prácticamente a incidencia normal sobre la superficie de la muestra.

La interpretación del espectro RA de las superficies cristalinas sin embargo, no es trivial ya que la respuesta de la superficie bajo investigación depende de la función dieléctrica compleja tanto de la región de superficie como del bulto, y la función dieléctrica es una cantidad difícil de calcular en términos de primeros principios incluso para el bulto de un sólido cristalino.

En este trabajo, se reportan los hallazgos del efecto resonante en el circuito equivalente de una línea de transmisión cuando se asume que dicho circuito tiene un comportamiento equivalente a un sistema de capas y se analiza desde la perspectiva de la reflectancia diferencial. Nuestros resultados sugieren que el comportamiento resonante del circuito equivalente de la línea de transmisión podría asociarse al de un circuito generador de solitones.

### Desarrollo experimental

Para comprobar el efecto resonante, se construyó el circuito que muestra la Fig.1

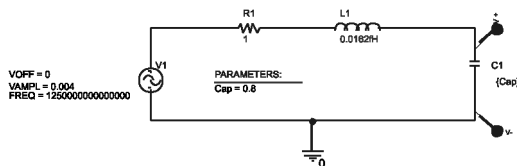


Fig. 1 Circuito RCL serie.

Circuito que fue simulado con Pspice para frecuencias en el rango de los 240 a los 560 nm. El circuito fue construido proponiendo un capacitor de 1fF y calculando el inductor asumiendo que para una longitud de onda de 240 nm, el circuito resonaría a una frecuencia de 1250x1012 Hz. Se simuló el mismo circuito para valores 0.5, 0.8 0.9, 1.1, 1.2 y 2 fF en el valor del capacitor. Los resultados que se reportan en este trabajo, se obtuvieron para un circuito como el que muestra la Fig.2 y que corresponde al circuito equivalente de una línea transmisión.

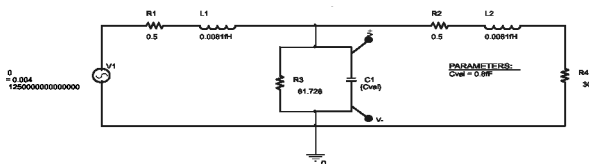


Fig. 2 Circuito equivalente de una línea de transmisión.

El circuito de la Fig.2, se construyó asumiendo un circuito simétrico, visto desde ambos extremos de la línea, en cuyo caso, el valor de la inductancia y el

de la resistencia, se dividen entre dos. En el circuito, la conductancia y el dieléctrico de la línea están representados respectivamente por una conductancia de 61.72 ohms y un capacitor que tomó valores de: 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 y 1.2 fF. Para obtener la respuesta aplicando los principios de la reflexión anisotrópica, primero se excitó el circuito con una fuente de voltaje senoidal y se midió el valor RMS en el capacitor y después se excitó al mismo circuito con una fuente de voltaje cosenoidal y se midió igualmente el valor RMS en capacitor. Obtenidos estos valores, se restaron y se dividieron entre la suma.

### Resultados

La fig. 3 muestra la forma de línea de la reflexión anisotrópica cuando el valor del capacitor que representa el dieléctrico en el circuito equivalente de la línea de transmisión es de 0.8 fF.

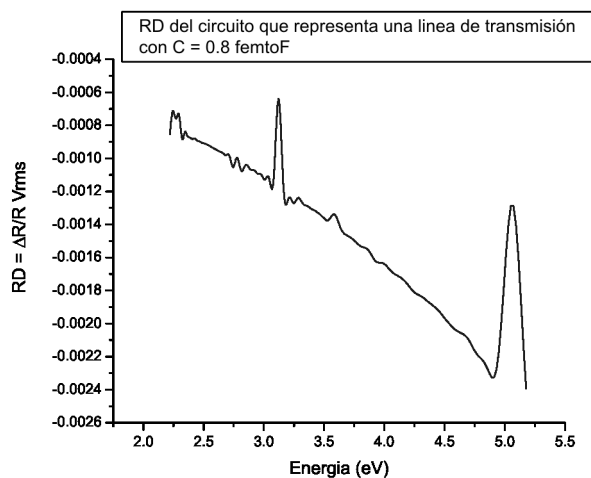


Fig. 3 Forma de línea de la reflexión anisotrópica para un valor de 0.8fF en el circuito equivalente de una línea de transmisión.

En este caso, tal como puede verse, la forma de línea muestra dos picos resonantes alrededor de 3.1 y 5.1 eV cuando el valor del capacitor que representa el dieléctrico en el circuito equivalente de la línea de transmisión es de 0.8 fF. Pero si se simula el circuito con una valor de 0.9 fF para el capacitor, se observa un cambio considerable en la forma de línea, tal como puede verse en la Fig. 4, ya que ambos picos resonantes se corren hacia las bajas energías con la particularidad de que el pico que estaba en 3.1 eV, ha sufrido además una disminución considerable de amplitud. En cambio, el pico que estaba en 5.1 eV, además de recorrerse hasta los 4.7 eV, parece que ha ganado en amplitud.

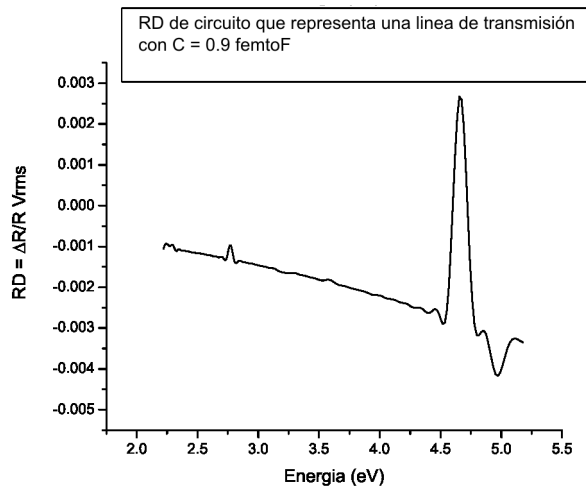


Fig. 4 Forma de línea de la reflexión anisotrópica para un valor de 0.9fF en el circuito equivalente de una línea de transmisión.

Así, si consideramos que los solitones son una clase especial de pulsos que se propagan sin cambiar su forma, tal como se observa en el pico ubicado alrededor de los 5.1 y los 4.7 eV respectivamente en las figuras 3 y 4, podemos asumir que nuestros resultados sugieren la generación de solitones en su acepción de un mono pulso, aplicando el principio de la reflexión anisotrópica a una línea de transmisión sin tener que cambiar los capacitores por varactores para hacer de una línea de transmisión normal, una línea de transmisión no lineal tal como se sugiere en [4]. Ahora bien, si se asume que la dispersión surge de la periodicidad estructural y que la no linealidad compensa la dispersión en una línea de transmisión no lineal (LTNL), y que por este efecto se propaga una onda especial que conserva su forma como el soliton eléctrico, debe decirse entonces que nuestros resultados, sugieren un comportamiento similar en una línea de transmisión sin alterar, generando tales formas de línea propagándose primero por la línea de transmisión una señal senoidal seguida de una cosenoidal y restando luego sus valores RMS medidos en el capacitor y dividiéndolos entre la suma de tales valores RMS. Las Figs. 5 y 6, que corresponden a las formas de línea de la reflexión anisotrópica cuando los valores de los capacitores que representan el dieléctrico en el circuito equivalente de la línea de transmisión son de 1 y 1.1 fF, confirman lo que se ha dicho.

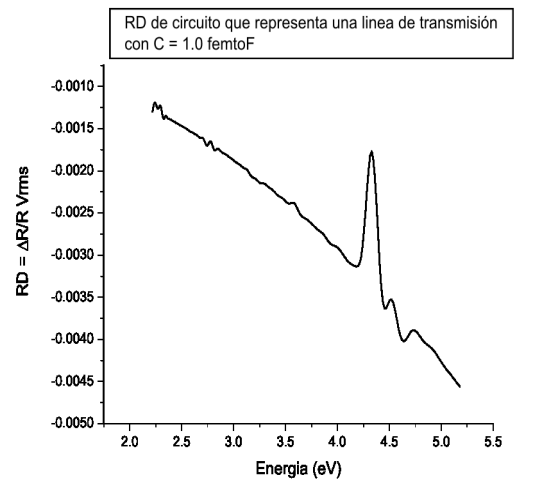


Fig. 5 Forma de línea de la reflexión anisotrópica para un valor de 1.0 fF en el circuito equivalente de una línea de transmisión.

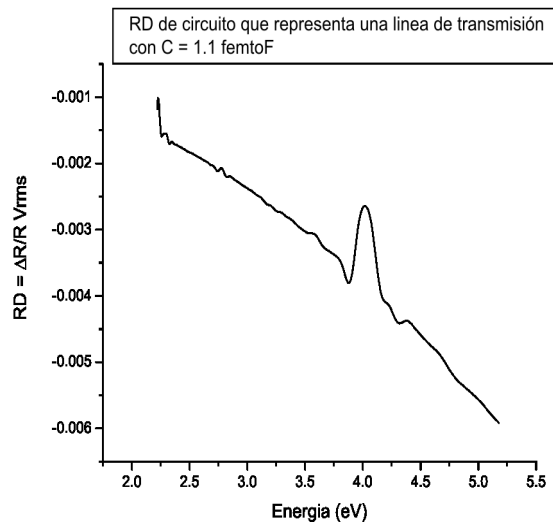


Fig. 6 Forma de línea de la reflexión anisotrópica para un valor de 1.1 fF en el circuito equivalente de una línea de transmisión.

### Conclusiones

Aunque nuestros resultados distan de ser concluyentes, es claro que el comportamiento anisotrópico de la reflexión en una línea de transmisión sugiere la generación de solitones a pesar del valor de la componente capacitiva en el circuito equivalente de la línea de transmisión. Por otro lado, el hecho de que las señales de excitación utilizadas abarquen una región del espectro visible, sugiere además que se trata de un soliton óptico, y que puede generarse bajo el principio de la reflexión anisotrópica en una línea de transmisión.

### Referencias

- [1] Aspnes D E and Studna A A (1985) *Phys. Rev. Lett.* 54 1956
- [2] Aspnes D E (1985) *J. Vac. Sci. Technol. B* 3 1498
- [3] Aspnes D E, Harbison J P, Studna A A and Florez L T (1987) *Phys. Rev. Lett.* 59 1687
- [4] Aspnes D E and Studna A A (1987) *J. Vac. Sci. Technol. A* 5 546
- [5] Aspnes D E, Harbison J P, Studna A A and Florez L T (1988) *Appl. Phys. Lett.* 52 957
- [6] Aspnes D E, Harbison J P, Studna A A and Florez L T 1988 *J. Vac. Sci. Technol. A* 6 1327
- [7] Harbison J P, Aspnes D E, Studna A A and Florez L T (1988) *J. Vac. Sci. Technol. B* 6 740
- [8] Harbison J P, Aspnes D E, Studna A A, Florez L T and Kelly M K (1988) *Appl. Phys. Lett.* 52 2046
- [9] Richter W (1993) *Phil. Trans. R. Soc. A* 344 453
- [10] Berkovits V L, Makarenko I V, Minashvili T A and Safarov V I 1985 *Solid State Commun.* 56 449
- [11] Jenkins T E (1999) *J. Phys. D: Appl. Phys.* 32 R45
- [12] Vedam K (1998) *Thin Solid Films* 313–314 1
- [13] Azzam R M A and Bashara N M (1977) *Ellisometry and Polarised Light* (Amsterdam: Elsevier)
- [14] Zettler J T (1997) *Prog. Cryst. Growth Charact.* 35 27
- [15] Sobiesierski Z, Westwood D I and Matthai C C (1998) *J. Phys.: Condens. Matter* 10 1
- [16] Richter W (ed) (1995) *Proc. US-European Workshop on Optical Characterization of Electronic Materials, Phys. Status Solidi* a 152 7
- [17] McGilp J (ed) (1998) *Proc. 5th Workshop on Epioptics, Phys. Status Solidi* a 170 179
- [18] Borensztein Y (ed) (1999) *Proc. Surface and Interface Optics 99, Phys. Status Solidi* a 175 1
- [19] Heraeus W E (2001) *Seminar: Optical Spectroscopy at Interfaces, OSI-2001* ed C Cobet et al, *Phys. Status Solidi* a 188 1209
- [20] B S Mendoza (ed) (2003) *Proc. 5th Int. Conf. on Optics of Surfaces and Interfaces OSI-V, Phys. Status Solidi* a 240 2915
- [21] 2004 *Epioptics-7, Proc. 24th Int. Summer School in Solid State Physics (Erice, 2002)* ed A Cricenti (Singapore: World Scientific) 1334 P Weightman et al
- [22] Esser N, Geurts J, Rossow U and Zahn R T (ed) (2001) *Phys. Status Solidi* a 184 1
- [23] Cardona M (1969) *Modulation spectroscopy Solid State Phys.* (New York: Academic) (Suppl. 11).

**Artículo recibido:** 12 de enero de 2009

**Aceptado para publicación:** 27 de mayo de 2009