

**XXX**

REUNIÓN BIENAL  
DE LA REAL SOCIEDAD  
ESPAÑOLA DE FÍSICA

Y

15º ENCUENTRO IBÉRICO PARA  
LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

**LIBRO DE RESÚMENES**

*Edita:*

**Real Sociedad Española de Física**

*Coordinación editorial:*

**Enrique Cárballo**

**Departamento de Física Aplicada  
de la Facultad de Ciencias de Ourense**

*Imprime:*

**Imprenta Deputación Provincial de Ourense**

*ISBN:* 84-689-3266-3

*Depósito Legal:* OU-121/05

## Aplicación del método de diferencias finitas en el dominio temporal (DFDT) para el estudio de redes de difracción

M. L. Álvarez<sup>1</sup>, C. Pascual<sup>1</sup>, C. Neipp<sup>1</sup>, A. Márquez<sup>1</sup>, I. Pascual<sup>2</sup> y A. Beléndez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante, Apartado de correos 99, 03080 Alicante; e-mail: cristian@dfists.ua.es

<sup>2</sup>Departamento Interuniversitario de Óptica, Universidad de Alicante, Apartado de correos 99, 03080 Alicante

### I. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DFDT A REDES DE DIFRACCIÓN

Durante los últimos años, el estudio de la interacción de la radiación electromagnética en elementos ópticos difractivos ha recibido un interés creciente, particularmente el estudio de redes de difracción de diferentes tipos. El interés en este tipo de estructuras es debido, en parte, a que una red de difracción es el elemento periódico más sencillo que se puede almacenar en un material fotosensible. Por tanto el problema básico en la teoría de holografía de volumen es describir con precisión las propiedades de este tipo de estructuras. Generalmente los diferentes modelos propuestos tienen como objetivo la resolución de las ecuaciones de Maxwell en el medio periódico. Sin embargo, aunque la idea parece simple y precisa, existen diferentes teorías mediante las que se pretende resolver el problema. En este trabajo proponemos resolver las ecuaciones de Maxwell utilizando el algoritmo de diferencias finitas en el dominio temporal (DFDT) propuesto inicialmente por Yee<sup>1</sup>.

El estudio se realizó con el objeto de predecir el comportamiento de una red de difracción frente a la incidencia de una onda plana polarizada perpendicularmente al plano de incidencia (polarización TE). La permitividad dieléctrica relativa para una red de difracción por transmisión sinusoidal se puede expresar según:

$$\epsilon_r = \epsilon_{r0} + \epsilon_{r1} \cos(Ky) \quad [1]$$

donde  $\epsilon_{r0}$  es la permitividad dieléctrica promedio del material y  $\epsilon_{r1}$  es la modulación de la permitividad dieléctrica,  $K$  es el módulo del vector de red definido como:  $K = 2\pi/\Lambda$ , siendo  $\Lambda$  el periodo de la red.

Para polarización TE las expresiones de las ecuaciones de Maxwell en diferencias finitas son<sup>2</sup>:

$$H_x|_{i,j}^{n+1/2} = H_x|_{i,j}^{n-1/2} + \frac{\Delta t}{\mu_{i,j}\Delta} \left( E_z|_{i,j-1/2}^n - E_z|_{i,j+1/2}^n \right) \quad [2]$$

$$H_y|_{i,j}^{n+1/2} = H_y|_{i,j}^{n-1/2} + \frac{\Delta t}{\mu_{i,j}\Delta} \left( E_z|_{i+1/2,j}^n - E_z|_{i-1/2,j}^n \right) \quad [3]$$

$$E_z|_{i,j}^{n+1} = E_z|_{i,j}^n + \frac{\Delta t}{\epsilon_{i,j}\Delta} \left( H_y|_{i+1/2,j}^{n+1/2} - H_y|_{i-1/2,j}^{n+1/2} + H_x|_{i,j-1/2}^{n+1/2} - H_x|_{i,j+1/2}^{n+1/2} \right) \quad [4]$$

donde  $H$  y  $E$  denotan campo magnético y eléctrico respectivamente,  $\Delta t$  es el incremento temporal,  $\Delta$  es el espaciado del mallado en las direcciones  $x$  e  $y$ , mientras que  $\mu_{ij}$  y  $\epsilon_{ij}$  se refieren a los valores de la permeabilidad magnética y la permitividad dieléctrica para la posición  $i,j$  del mallado.

La región en la que se calcularon los valores del campo eléctrico y magnético se dividió en tres zonas: una zona interna denominada zona de campo total donde se incluyeron las fuentes del campo incidente y la red de difracción, una zona más externa denominada zona de campo dispersado donde se analizó el campo dispersado por la red de

difracción y una zona más externa donde se situó un material absorbente con el objeto de evitar reflexiones artificiales en los extremos del mallado.

Las ecuaciones en diferencias finitas en el medio absorbente utilizadas son:

$$H_x|_{i,j}^{n+1/2} = e^{-\frac{\sigma \cdot \Delta t}{\mu_0}} H_x|_{i,j}^{n-1/2} + \frac{1}{\sigma^* \Delta} \left( 1 - e^{-\frac{\sigma \cdot \Delta t}{\mu_0}} \right) \left( E_z|_{i,j-1/2}^n - E_z|_{i,j+1/2}^n \right) \quad [5]$$

$$H_y|_{i,j}^{n+1/2} = e^{-\frac{\sigma \cdot \Delta t}{\mu_0}} H_y|_{i,j}^{n-1/2} + \frac{1}{\sigma^* \Delta} \left( 1 - e^{-\frac{\sigma \cdot \Delta t}{\mu_0}} \right) \left( E_z|_{i+1/2,j}^n - E_z|_{i-1/2,j}^n \right) \quad [6]$$

$$E_z|_{i,j}^{n+1} = e^{-\frac{\sigma \cdot \Delta t}{\epsilon_0}} E_z|_{i,j}^n + \frac{1}{\sigma^* \Delta} \left( 1 - e^{-\frac{\sigma \cdot \Delta t}{\mu_0}} \right) \left( H_y|_{i+1/2,j}^n - H_y|_{i-1/2,j}^n + H_x|_{i,j-1/2}^{n+1/2} - H_x|_{i,j+1/2}^{n+1/2} \right) \quad [7]$$

## II. RESULTADOS

La onda plana incidente se generó inicialmente a partir de un campo eléctrico en un mallado unidimensional y proyectando los valores en la superficie de separación entre la zona de campo total y campo dispersado.

En la figura 1 se muestra una simulación numérica en la que se ha generado una onda plana en la zona de campo total que forma un ángulo de 22.5° con la horizontal incidiendo sobre una red de difracción por transmisión de 1200 líneas/mm. En esta figura se ha representado el campo eléctrico en función del tiempo y de la posición en un eje paralelo al vector de red (eje  $y$ ). Puede observarse el esperado patrón de interferencia producido por la interferencia del orden cero y el orden -1.

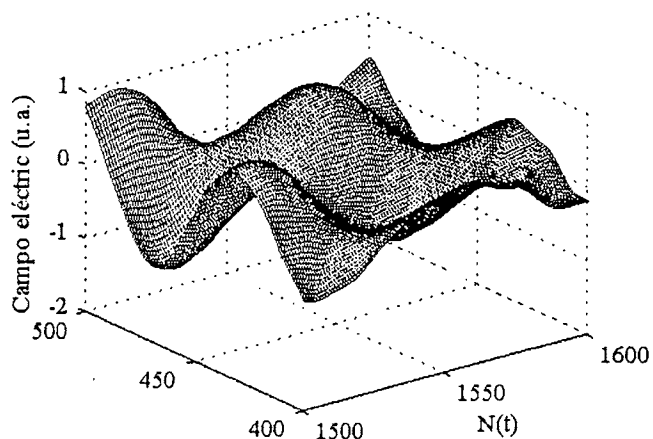


Figura 1. Campo eléctrico en función del número de celdas en el eje  $y$  así como del número de intervalos temporales

*Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado con subvención de la "Generalitat Valenciana" bajo los proyectos GV04A/574 y GV04A/565.*

### Referencias

<sup>1</sup> K. S. Yee, IEEE Trans. Ant. and Propag. 14, 302-307 (1966).

<sup>2</sup> A. Taflove, Computational Electrodynamics (Artech House, Boston-London, 1995).