



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Simulación de metamateriales mediante métodos numéricos en electromagnetismo

Descripción general (resumen y metodología):

Descripción y resumen de contenidos

Este TFG propone analizar, mediante simulaciones numéricas FDTD (Finite-Difference Time-Domain), la respuesta electromagnética de metamateriales de índice negativo —en concreto, de aquellos conocidos como doblemente negativos (DNG), para los que la permitividad (ϵ) y la permeabilidad (μ) adoptan valores negativos en un determinado ancho de banda.

El trabajo se estructura en

- Revisión del marco teórico y estado del arte.
- Revisión de las ecuaciones de Maxwell en medios dispersivos.
- Fundamentos físicos de los metamateriales y condiciones para la aparición de índice de refracción negativo.
- Aplicaciones relevantes (superlentes, cloaking, etc.).

Metodología

- Introducción rigurosa al método FDTD: discretización espacial y temporal, estabilidad (criterio de Courant) y errores de dispersión numérica.
- Implementación de condiciones absorbentes (PML), fuentes pulsadas y modelos de dispersión Drude-Lorentz para $\epsilon(\omega)$ y $\mu(\omega)$.

Actividades a desarrollar

El alumno tendrá acceso a códigos y soporte para el uso del simulador OpenSEMBA disponible bajo <https://github.com/OpenSEMBA>, para utilizar herramientas ya implementadas para la simulación de los problemas planteados en los objetivos descritos más abajo.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

General

Dominar el uso de simulaciones FDTD para caracterizar el comportamiento de metamateriales DNG y extraer conclusiones físicas de interés científico y tecnológico.

Específicos

1. Comprender la teoría electromagnética de medios dispersivos y negativos.
2. Adquirir habilidades prácticas en la configuración, ejecución y depuración de códigos FDTD profesionales.
3. Implementar modelos de dispersión Drude-Lorentz y validar los resultados frente a soluciones analíticas o datos de la literatura.
4. Simular la interacción de ondas planas y gaussianas con capas DNG, evaluando coeficientes de reflexión, transmisión e índice de refracción efectivo.
5. Realizar un estudio paramétrico (frecuencia, ángulo de incidencia, espesor, pérdidas) cuantificando fenómenos de resonancia, retrorreflexión y superlente.

Bibliografía básica:

1. FDTD Modeling of Metamaterials: Theory and Applications Yang Hao and Raj Mittra, Artech House, 2009
2. X. Fu, Y. Han, J. Wang, J. Yang y T. Cui, «2nd-Order Debye relaxation in electromagnetic metasurfaces for wideband dispersion engineering», Light: Science & Applications, vol. 14(143), 2025
3. N. Ullah, M. T. Islam, W. H. Yong, A. M. Alenezi, H. H. Goh, T. A. Kurniawan, M. S. Soliman y M. S. Islam, «Design and experimental validation of a compact dual-band double negative metamaterial for energy harvesting applications», Scientific Reports, vol. 15 (14521), 2025

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Conocimientos previos de Electromagnetismo, métodos numéricos y programación.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: SALVADOR GONZÁLEZ GARCÍA

Ámbito de conocimiento/Departamento: ELECTROMAGNETISMO

Correo electrónico: salva@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: