

УДК 621.373.826:539.122

МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТО-ОПТИЧНОГО ЕФЕКТУ ФАРАДЕЯ В ФОТОННО-КРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУРАХ

Новицький В.В., Демиденко Є.Є.

e-mail: vladyslav.novytskyi@nure.ua, yevhen.demydenko@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ФОЕТ
м. Харків, Україна

Numerical simulation of the Faraday magneto-optical effect in gyrotropic medium is performed. Free package MEEP with Python interface is used for three-dimensional model development. Electric field components are calculated for different parameters of the system. The influence of external magnetic field and system parameters on the polarization plane rotating is investigated. Calculations results will be used for development of the models for simulation of the plane wave interaction with gyrotropic photonic crystal structures in the Faraday configuration.

Магнітооптичний ефект Фарадея, відкритий у 1845 р., залишається фундаментальним явищем для розробки сучасних фотонних пристроїв. Цей ефект, який проявляється у повороті площини поляризації світла при проходженні через намагнічене середовище, набуває особливого значення в контексті розвитку інтегральної оптики та фотонних кристалів. Останні дослідження демонструють, що в атомарно тонких напівпровідниках можна досягти гігантського ефекту Фарадея з константою Верде, яка має значення порядку -1.9×10^7 град $T^{-1} \text{cm}^{-1}$, що відкриває нові можливості для створення ультратонких оптичних пристроїв [1].

В даній роботі проведено чисельне моделювання магнітооптичного ефекту Фарадея в анізотропному середовищі (рис. 1). Побудована модель є базовою для дослідження магнітооптичних ефектів в різноманітних оптоелектронних та фотонно-кристалічних системах. Чисельне моделювання проводилось з використанням програмного пакету MEEP (MIT Electromagnetic Equation Propagation) з Python-інтерфейсом [2]. Цей інструмент дозволяє розв'язувати рівняння Максвелла методом скінченних різниць у часовій області (FDTD) з урахуванням складної геометрії фотонних кристалів та нелінійних ефектів. Для моделювання гіротропних середовищ використовувалась вбудована модель дисперсії Лоренца, модифікована для врахування магнітооптичних ефектів.

У ході дослідження були розраховані координатні компоненти електричного поля хвилі з плоскою поляризацією, яка пройшла через гіротропне середовище уздовж силових ліній зовнішнього магнітного поля. Результати розрахунків дозволяють визначити кут повороту площини поляризації хвилі. Особлива увага приділялась вивченню залежності кута повороту площини поляризації від параметрів намагніченого середовища, та індукції зовнішнього магнітного поля.

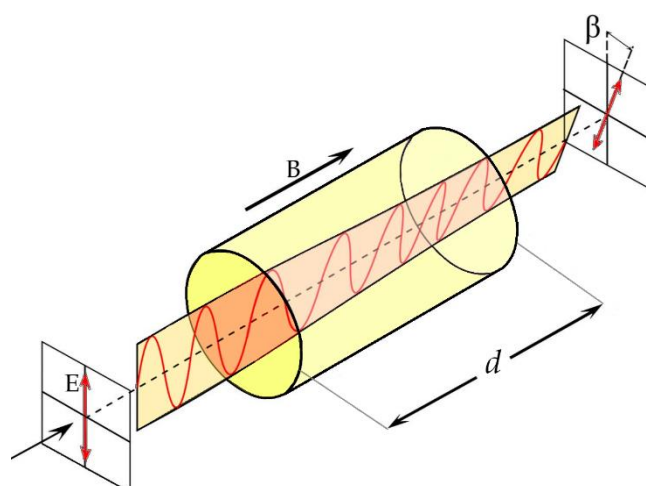


Рисунок 1 – Схема ефекту Фарадея у гіротропному середовищі.

Проведено верифікацію побудованої моделі на основі порівняння отриманих результатів з результатами аналітичних обчислень. Це дозволило визначити значення параметрів вбудованої моделі Лоренца, які забезпечують вірогідність результатів чисельних розрахунків.

Проведене моделювання демонструє можливість використання магнітооптичного ефекту Фарадея в фотонно-кристалічних структурах [3, 4]. Розроблена модель дозволяє оптимізувати параметри структур для досягнення максимальної ефективності перетворення поляризації при мінімальних втратах, які виникають при проходженні хвиль через гіротропні середовища. Результати роботи створюють основу для подальшої розробки компонентів інтегральної оптики з керованими магнітним полем характеристиками.

Список використаних джерел:

1. Carey B. et al. Giant Faraday rotation in atomically thin semiconductors. *Nature Communications*. 2024. Vol. 15. P. 3082.
2. Oskooi A. F. et al. MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method. *Computer Physics Communications*. 2010. Vol. 181. P. 687–702.
3. Демиденко Є.Є., Новицький В.В. Моделювання Брегівського хвилеводу з анізотропними оболонками. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: матеріали 29-го Міжнар. молодіж. форуму, 16-18 квіт. 2024 р. Харків, 2024. Т. 1. С. 123–124.*
4. Новицький В.В., Демиденко Є.Є. Фотонно-кристалічний хвилевід з гіротропними елементами. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: матеріали 29-го Міжнар. молодіж. форуму, 16-18 квіт. 2024 р. Харків, 2024. Т. 1. С. 121–122.*