

УДК 621.373.826:539.122

ДИСПЕРСІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІРОЕЛЕКТРИЧНИХ ФОТОННИХ КРИСТАЛІВ

Демиденко Є.Є., Новицький В.В.

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

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

A two-dimensional model of the photonic crystal with gyrotropic elements is considered. The effect of external magnetic field on the dispersion characteristics of the photonic crystal is numerically investigated. The effect of the external magnetic field on the band diagrams of the photonic crystal shows the change of the frequency band gap parameters. This result points to a possibility of controlled photonic crystal devices being built in microwave, terahertz and optical ranges.

В даній роботі розглядаються гіроелектричні фотонні кристали, що представляють собою особливий клас матеріалів, електричні властивості яких змінюються під впливом зовнішнього магнітного поля. Це явище виникає внаслідок анізотропії кристалічної структури та специфічними механізмами взаємодії з електромагнітними хвилями [1, 2].

Гіроелектричні кристали демонструють залежність діелектричних властивостей від напрямку поширення електромагнітної хвилі. Дисперсійні властивості можуть змінюватися під впливом зовнішніх електричних і магнітних полів. Це особливо важливо в прецизійних оптичних системах і сенсорах, які працюють у широкому температурному діапазоні.

Антимонід індію (InSb) є одним із перспективних матеріалів у дослідженнях гіроелектричних ефектів. Це напівпровідниковий кристал із вузькою забороненою зоною, що характеризується високою рухливістю носіїв заряду та чутливістю до магнітного поля. InSb демонструє унікальні дисперсійні характеристики в інфрачервоному діапазоні [3]. Його властивості можуть змінюватися під дією магнітного поля, що впливає на закономірності поширення хвиль і дозволяє використовувати цей матеріал у пристроях з регульованими оптичними параметрами У результаті, при збільшенні напруженості магнітного поля та відповідній зміні елементів тензору діелектричної проникності антимоніду індію змінюються умови поширення електромагнітних хвиль та виникають різноманітні фізичні явища, обумовлені магнітооптичними властивостями матеріалу [4].

Головним чинником, що визначає ці зміни, є підвищення рухливості носіїв заряду під дією магнітного поля. Крім того, у середовищі з InSb можливе виникнення односпрямованих крайових мод, які є нечутливими до розсіювання та зворотного поширення [5].

На рис. 1а представлено схему двовимірного фотонного кристалу, що складається з циліндричних елементів, виготовлених з антимоніду індію та

розташованих у вузлах квадратної решітки. На рис. 1б представлено дисперсійну діаграму цього фотонного кристалу, розраховану для ТЕ поляризації випромінювання (вектор магнітного поля спрямований уздовж циліндрів). На діаграмі видно дві фотонні заборонені зони, параметри яких залежать від зовнішнього магнітного поля.

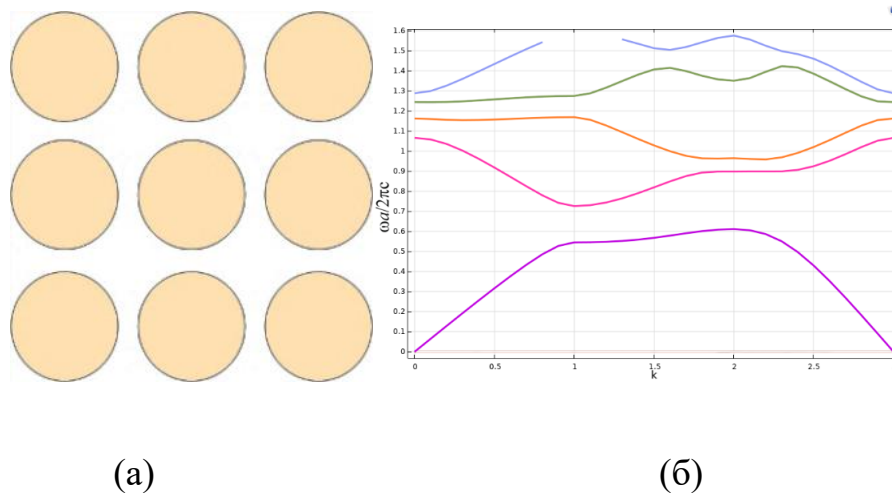


Рисунок 1 – (а) Схема фотонного кристалу з гіроелектричними елементами. (б) Дисперсійна характеристика фотонного кристалу за умови наявності зовнішнього магнітного поля

Результати проведених розрахунків дисперсійних характеристик гіроелектричного фотонного кристалу дозволили визначити основні закономірності впливу величини зовнішнього магнітного поля на ширину та розташування фотонних заборонених зон.

Список використаних джерел:

1. Gong Q. and Hu X. Photonic crystals: Principles and applications. Singapore: Pan Stanford Publishing, .
2. Демиденко Є.Є., Новицький В.В. Моделювання Бреггівського хвилеводу з анізотропними оболонками // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті : матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму, С. 123–124.
3. Xu B. et al. A terahertz circulator based on magneto photonic crystal slab // Photonics. 2023. Vol. 10(4). 360.
4. Демиденко Є.Є., Новицький В.В. Характеристики керованого Бреггівського хвилеводу з гіротропними оболонками // Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті: матеріали 28-го Міжнар. молодіж. форуму, С. 120–121.
5. He, L., Shen, Q., Xu, J. *et al.* One-way edge modes in a photonic crystal of semiconductor at terahertz frequencies // Sci. Rep. 2018. Vol. 8. 8165.