

УДК 621.373.826:539.122

## МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОННО-КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ З АСИМЕТРИЧНИМИ РЕЗОНАНСАМИ

Корсун Г.А.

e-mail: [hryhorii.korsun@nure.ua](mailto:hryhorii.korsun@nure.ua)

Науковий керівник – д.ф.м.н., с.н.с. Одаренко Є.М.

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

A photonic crystal waveguide with a resonator and additional elements in the waveguide channel is considered. The MEEP package is used to model and study the dispersion and spectral characteristics of the photonic crystal system. Symmetrical and asymmetric spectral characteristics are obtained for different schemes of the photonic crystal system. The asymmetric line can be identified as a Fano-like resonance. The influence of the values of the material parameters, the dimensions and the location of additional elements on the spectral characteristics of the photonic crystal system is studied.

Фотонно-кристалічні структури відкривають нові можливості для створення компактних і високоефективних оптичних пристроїв завдяки здатності контролювати поширення світла на масштабах довжини хвилі [1, 2]. Одним із перспективних напрямків розвитку таких систем є використання мікрорезонаторів, зв'язаних із хвилеводами, для реалізації оптичних модуляторів, перемикачів та сенсорів. У таких системах форма спектральної характеристики відіграє ключову роль.

У даній роботі розглядається двовимірна фотонно-кристалічна структура, яка складається з хвилеводу, зв'язаного з одиночним мікрорезонатором, та двох частково відбиваючих елементів, розташованих у хвилеводному каналі. Один з варіантів схеми досліджуваної системи представлений на рис. 1. Як показано в [3], подібні структури можуть забезпечити перемикання між повним відбиттям і повним пропусканням при зміні частоти в межах, менших за ширину резонансу.

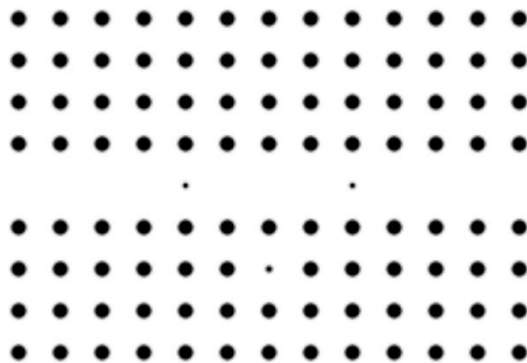


Рисунок 1 – Схема фотонно-кристалічної структури.

Моделювання структури виконано за допомогою пакету MEEP, що базується на методі скінчених різниць у часовій області (FDTD) [4]. Фотонний кристал утворено квадратною ґраткою діелектричних циліндрів із діелектричною проникністю 11.56 (кремній) та радіусом  $0.2a$ , де  $a$  – стала ґратки, тобто її просторовий період. Хвилеводний канал сформовано видаленням одного ряду циліндрів. Резонатор, розташований за межами хвилеводного каналу, створено зменшенням радіуса одного циліндра до  $0.1a$ . Частково відбиваючі елементи реалізовано у вигляді двох циліндрів радіусом  $0.05a$ , розташованих у хвилеводному каналі.

У результаті моделювання отримано спектральні характеристики пропускання для структури з відбиваючими елементами та без них. У структурі без додаткових елементів спостерігається симетричний Лоренцівський провал на резонансній частоті, що відповідає режиму вузькосмугового відбивача. Наявність додаткових відбиваючих елементів у хвилеводному каналі призводить до суттєвої зміни форми резонансної кривої. Вона стає асиметричною з різкою зміною коефіцієнту проходження в межах смуги резонансу. Фактично відбувається перехід від режиму повного відбиття до режиму повного пропускання хвилі через фотонно-кристалічний хвилевід.

Таким чином, розглянута фотонно-кристалічна структура демонструє явище різкого асиметричного резонансу, подібного до резонансу Фано. Виявлена властивість може бути використана для створення надкомпактних оптичних перемикачів, модуляторів та сенсорів із низькою енергією перемикання. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення впливу матеріальних та геометричних параметрів на характеристики таких структур.

#### Список використаних джерел:

1. Joannopoulos J. D., Johnson S. G., Meade R. D., Winn J. N. Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. Princeton: Princeton University Press, 2nd edition, 2008. 286 p.
2. Demydenko E. E., Novytskyi V. V., Odarenko E. N., Shmat'ko A. A. Tunable photonic crystal waveguides with gyrotropic elements // 17th Int. Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (09-12 October 2024). Lviv-Slavske, 2024. P. 325–328.
3. Fan S. Sharp asymmetric line shapes in side-coupled waveguide-cavity systems // Applied Physics Letters. 2002. Vol. 80, No. 6. P. 908–910.
4. Oskooi A. F., Roundy D., Ibanescu M., Bermel P., Joannopoulos J. D., Johnson S. G. MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method // Computer Physics Communications. 2010. Vol. 181. P. 687–702.