УДК 621.372.82:535.3

НЕВЗАЄМНІ ВЛАСТИВОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ФОТОННО-КРИСТАЛІЧНИХ ХВИЛЕВОДІВ

Сологуб М.К.
e-mail: mykyta.solohub@nure.ua
Науковий керівник – д.ф.м.н., с.н.с. Одаренко Є.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ФОЕТ
м. Харків, Україна

Nonreciprocal light transport in a modified photonic crystal waveguide is considered. The symmetry breaking consists of modifying the radii of two rows of rods symmetrically adjacent to the waveguide channel. Free package MEEP is used to simulation the signal propagation in the photonic crystal waveguide. Transmission spectra were obtained for diametrically opposite directions of signal propagation in the modified photonic crystal waveguide. It should be noted that structure under investigation does not contain any gyrotropic elements.

Останні роки ознаменувалися значними успіхами в галузі розроблення та виготовлення перспективних фотонних мікро- та наноструктур, таких як фотонно-кристалічні хвилеводи [1, 2]. Сучасні оптичні пристрої, що інтегруються на чіпи, вимагають створення механізмів для невзаємного розповсюдження світла з метою ефективного керування потоками енергії та ізоляції ланцюгів від небажаних зворотних сигналів [3].

Фотонно-кристалічні хвилеводи — це складні мікроструктури, які забезпечують можливості для керування поширенням оптичних сигналів. Однією з найбільш цікавих особливостей таких структур є використання дефектів різних типів уздовж хвилеводного каналу для забезпечення несиметричного поширення світла [4]. Це явище можна використовувати для створення оптичних діодів, які дозволяють сигналу проходити лише в одному напрямку, що є базовим елементом для оптичних обчислювальних систем.

У даній роботі побудована двовимірна модель модифікованого фотонно-кристалічного хвилеводу, створеного у масиві діелектричних стрижнів, розташованих у вузлах решітки з квадратною елементарною коміркою. Матеріалом стрижнів є оксид алюмінію (Al_2O_3) з діелектричною проникністю 9,7969 (коефіцієнт заломлення n=3,13). Хвилевід формується шляхом видалення одного ряду стрижнів, тобто через реалізацію лінійного дефекту періодичності структури. Для порушення просторової інверсійної симетрії було змінено радіуси діелектричних стрижнів, розташованих на границях хвилеводного каналу (рис. 1).

Чисельні розрахунки проведено для різних значень діелектричної проникності модифікованих стрижнів та їх радіусів.

Рисунок 1 – Схема модифікованого фотонно-кристалічного хвилеводу.

Моделювання методом скінченних різниць у часовій області (FDTD) [5] показало, що у одному напрямку світло розсіюється в оболонці хвилеводного каналу та швидко загасає, тоді як у зворотному – проходить через хвилевід.

Результати розрахунків свідчать про можливість оптимізації невзаємних властивостей досліджуваної фотонно-кристалічної структури шляхом підбору параметрів модифікованої частини хвилеводу. Додатковою перевагою такої системи є відсутність гіротропних елементів і, відповідно, зовнішніх полів.

Список використаних джерел:

1. Odarenko E., Shmat'ko A., Sashkova Y., et al. Formation and Tuning of Frequency Comb-Like Signal in Photonic Crystal Coupled-Cavities Waveguides // 5th Int. Conf. on Advanced Information and Communication Technologies (21-25 November 2023). Lviv, Ukraine, 2024. P. 1–4.

2. Demydenko E. E., Novytskyi V. V., Odarenko E. N., Shmat'ko A. A. Tunable photonic crystal waveguides with gyrotropic elements // 17th Int. Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (09-12 October 2024). Lviv, 2024. P. 325–328.

3. Giden I. H., Yilmaz D., Turduev M., et al. Theoretical and experimental investigations of asymmetric light transport in graded index photonic crystal waveguides // Applied Physics Letters. 2014. 104. 031116.

4. Rahal H., Abdelmalek F. Asymmetric transmission in modified photonic crystal waveguides // Optik. 2016. Vol. 127. Issue 4. P. 1993–1996.

5.Oskooi A. F., Roundy D., Ibanescu M., et al. MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method // Computer Physics Communications. 2010. 181. P. 687–702.