

УДК 621.372.8

## МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОННО-КРИСТАЛІЧНОГО ХВИЛЕВОДУ НА ОСНОВІ РЕШІТКИ КАГОМЕ

Саєнко Є.О.

e-mail: yehor.saienko@nure.ua

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

A two-dimensional model of a microstructured optical waveguide based on a Kagome lattice has been developed in this work. The waveguide consists of a hollow core surrounded by a periodic arrangement of air holes forming a Kagome lattice. A perfectly matched layer is used as a boundary condition to minimize reflections at the outer edges of the simulation domain. Numerical simulations using the finite element method (FEM) provide spatial distributions of the electromagnetic field components, allowing for an in-depth analysis of mode propagation.

Мікроструктуровані оптичні волокна є перспективним класом хвилеводів, що мають унікальні властивості, засновані на фотонно-кристалічній структурі оболонки. Однією з найбільш досліджуваних конфігурацій є хвилевід з решіткою Кагоме, що забезпечує ефективне керування світлом усередині порожнистого ядра [1-2].

Механізм спрямованого розповсюдження світла в таких хвилеводах базується на ефекті фотонної забороненої зони та механізмі так званого пригніченого зв'язку (Inhibited Coupling). На відміну від традиційних оптоволоконних хвилеводів, що використовують механізм повного внутрішнього відбиття, решітка Кагоме створює двовимірну періодичну структуру, яка запобігає витоку енергії мод із порожнистого ядра завдяки слабкому просторовому перекриттю мод ядра та оболонки [3-5]. В цьому випадку оболонка хвилеводу може не мати фотонних заборонених зон.

Для аналізу характеристик електромагнітного поля всередині фотонно-кристалічного волоконного хвилеводу була створена двовимірна модель на основі методу скінченних елементів. На рис. 1 представлені схеми перетинів досліджуваних хвилеводів. Темний колір відповідає діелектричному середовищу, білий колір – повітрю.

Базова структура, яка фактично представляє собою мікроструктурований волоконний хвилевід, представлена на рис. 1а. В цьому випадку періодична структура формується з діелектричних трубчастих елементів, які можуть мати різну товщину стінок. На рис. 1б представлена гібридна схема фотонно-кристалічного волоконного хвилеводу, оболонка якого формується на основі трубчастих елементів та решітки Кагоме.

Проведені в роботі чисельні розрахунки показали, що ефективність локалізації електромагнітної енергії в порожнистому каналі досліджених

хвилеводів суттєво залежить від параметрів структури їх оболонок. Отримані просторові розподіли компонентів електромагнітного поля в перетинах хвилеводів та основні експлуатаційні характеристики розглянутих систем.

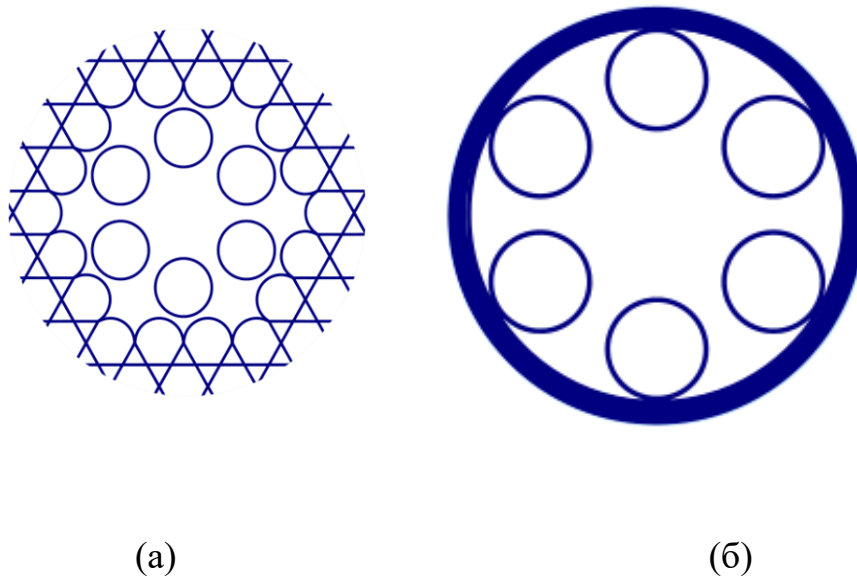


Рисунок 1– Схематичні зображення перетинів мікроструктурованих волоконних хвилеводів.

Використання гібридної конфігурації фотонно-кристалічного мікроструктурованого хвилеводу, що об'єднує решітку Кагоме та трубчасту оболонку, дозволяє досягти мінімальних втрат для розглянутих параметрів досліджуваної системи. Крім того, отримані результати підтверджують можливість одномодової передачі світла в такому хвилеводі.

#### Список використаних джерел:

1. Koshiba M., Saitoh K. Numerical modeling of photonic crystal fibers // *Journal of Lightwave Technology*. 2005. Vol. 23, No. 11. P. 3588–3598.
2. Benabid F., Knight J. C., Antonopoulos G. Russell, P. St. J. Stimulated Raman scattering in hydrogen-filled hollow-core photonic crystal fiber // *Science*. 2002. Vol. 298, No. 5592. P. 399–402.
3. Mangan B. J., Knight J. C., Birks T. A., Russell P. St. J., Roberts P. J., Allan D. C. Low-loss hollow-core photonic crystal fiber // *Optics Express*. 2004. Vol. 12, No. 5. P. 835–840.
4. F. Amrani, J. H. Osório, F. Delahaye, F. Giovanardi, L. Vincetti, B. Debord, F. Gérôme, F. Benabid. Low-loss single-mode hybrid-lattice hollow-core photonic-crystal fibre // *Light: Science & Applications*. 2021. Vol. 10. P. 7.
5. Odarenko E.N., Hnatenko O.S. Photonic crystal fibers with triangular and Kagome structures for fiber optic gyroscopes // *Journal of Nano - and Electronic Physics*. 2024. Vol. 16, No. 6, 06029.