

УДК 53.082.5:535.14

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОКУСУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАДІЄНТНОЇ ЛІНЗИ ЛЮНЕБУРГА

Цівінський В.М.

Науковий керівник – д.ф.м.н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ФОЕТ
м. Харків, Україна

тел. +38(097) 233-72-17, email: vitalii.tsivinskyi@nure.ua

This work is devoted to investigation of the focusing properties of gradient Luneburg lens. The analysis of the gradient lens is performed using a three-dimensional computer model. Incidence of the light ray bundle on the gradient spherical lens is considered. Patterns of the ray trajectories are calculated at both outside and inside gradient lens. Effect of the focal shift parameter on trajectories pattern is investigated. Developed computer model can be used for investigation of different type of gradient lenses.

Широкі використання оптичного діапазону у сучасних системах зв'язку радіолокації, медицини, технології та ін. Майже всі пристрої для управління та обробки оптичних сигналів включно лінзові елементи. Один з найбільш відомих різновидів лінз - це градієнтна лінза (1,2). Їх особливість полягає у тому, що показник заломлення матеріалів, з яких вона зроблена, змінюється в межах лінзи. Також пристрої мають незвичайні властивості. Найбільш відомі різновиди градієнтних лінз – це лінзи Люнебурга, Максвелла та Ітона-Ліпмана.

У даній роботі розглядається тривимірна комп'ютерна модель градієнтної лінзи Люнебурга, побудована з використанням пакета COMSOL Multiphysics. Використовується модуль «Геометрична оптика», що дозволяє будувати променеві траєкторії даної моделі під час проходження світла через градієнтну лінзу. Побудована у роботі модель є досить універсальною. Вона дозволяє використовувати різноманітні функції для визначення просторового розподілу показника заломлення в градієнтній лінзі сферичної форми. Лінзі Люнебурга відповідає такий просторовий розподіл показника заломлення:

$$n = \frac{1}{f} \sqrt{1 + f^2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$$

де r – радіальна координата від центру лінзи, а R – радіус лінзи. Безрозмірний фокальний параметр f визначає місце розташування фокуса променів. При виконанні умови $f = 1$ фокусна точка розташована на поверхні лінзи. Такий режим є найчастіше використовуваним на практиці.

На рис. 1 представлений хід променів світла, що падають на градієнтну лінзу Люнебурга.

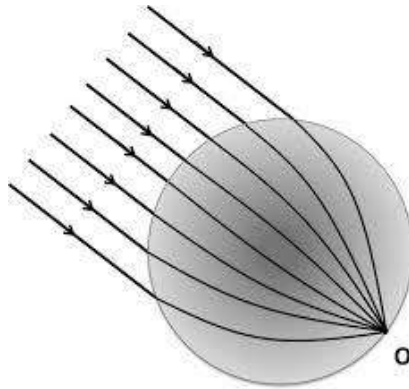


Рисунок 1 – Схема градієнтної лінзи Люнебурга та проходження променів світла через неї.

З рисунку видно, що промені світла збираються у фокальній точці, яка розташована на поверхні лінзи діаметрально протилежно напрямку падіння випромінювання. Ця властивість лінзи Люнебурга використовується для формування антенних пристроїв, здатних фіксувати довільний напрямок приходу сигналу.

Моделюється падіння паралельних променів на градієнтну лінзу. Засоби візуалізації відображають траєкторії променів всередині та зовні лінзи, які стають криволінійними через нерівномірний розподіл показника заломлення. Це забезпечує якісне фокусування світла на поверхні лінзи.

Зміна значення фокального параметра призводить до зсуву точки фокусування уздовж осі падіння світлових променів. Таким чином можна формувати лінзи, які забезпечують фокусування паралельного пучка променів як за межами лінзи, так і всередині неї.

Список використаних джерел:

- 1) с. Gomez, Perez, M. V., Bao, C., Gradient-Index Optics Fundamentals and Applications.
- 2) Marchand Erich, W. (1978). Gradient index optics. Physics Division, Research Laboratories, Eastman Kodak Company, Rochester, New York.
- 3) Leger, Adviser, Di Lin, James, R. (2015). Metrology and design of gradient-index optical materials.
- 4) G. Beadie, E. Fleet, A. Rosenberg, P. Lane and others (2008). Gradient Index Optics. Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)