

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ В ПРОСТОРОВО-ПЕРІОДИЧНИХ НЕЛІНІЙНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Мусієнко В.В.

Науковий керівник – ст. викл., к.ф.-м.н. Глухов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф МЕЕПП, тел.(057)702-14-84)

e-mail. vitalina.musienko@nure.ua

The conditions of phase matching in the regular domain structure environment, investigation of equations that describe the spread of electromagnetic waves in the space-periodic nonlinear environments. Examples of such environments can be crystalline solids. Equally important role is artificially created periodic structures such as multilayer optical filters.

Дослідження шаруватих середовищ методом Флоке -Блоха є актуальним для вивчення електромагнітних процесів в матеріалах електроніки, таких як метаматеріали, фотонні кристали, елементи інтегральної оптики.

Розглянемо рівняння Максвелла для шаруватого середовища з квадратичною нелінійністю, що допоможе нам проаналізувати умову фазового узгодження. Одновимірне періодичне середовище, у загальному випадку, буде являти собою шар товщиною L (рис. 1), що заповнений середовищем, яке періодично змінюється уздовж осі z діелектричною проникністю $\mathcal{E}(z)$.

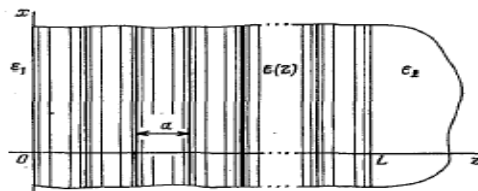


Рис. 1. - шар середовища з одновимірної періодичністю.

Проаналізуємо нормальне падіння плоскої світлової хвилі на одновимірну періодичну структуру за допомогою рівняння Хілла. Саме його ми і візьмемо в якості основного рівняння, що описує поширення світла в одновимірному періодичному середовищі. Для періодичного середовища власне рішення рівняння Хілла відповідно до теореми Флоке можемо зобразити у вигляді:

$$E_1(z) = \Phi_1(z) \exp(i\mu z), \quad (1)$$

Ми використовуємо метод Флоке-Блоха для вирішень задач поширення хвиль в періодичних структурах або середовищах, що повторюються

(кристалах). Використовуються такі способи як стандартна теорія зв'язаних хвиль[1], модифікована теорія зв'язаних хвиль, теорія збурень, двохвильова динамічна теорія дифракцій та дифракція Брегга [2] оптика несинусоїдальних хвиль та метод фазової координати. Всі ці теорії засновані на теоремі Флоке-Блоха, і представлена нами у вигляді періодичної функції.

Розглянемо генерацію другої гармоніки в нелінійних періодичних структурах. Візьмемо рівняння Максвелла для немагнітного середовища, розкладемо його по базису та за допомогою ряду перетворень отримаємо хвильове рівняння:

$$\operatorname{rot}^2 \vec{E} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 (\vec{\epsilon} \vec{E})}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{P}^{NL}}{\partial t^2} \quad (2)$$

Після перетворимо до виду, подібного до рівняння Гельмгольца та розіб'ємо по компонентах в Декартових координатах. Опустимо координатні індекси і отримаємо:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 E}{dz^2} + \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \varepsilon(z) E &= 0 \\ \frac{d^2 E}{dz^2} + \left(\frac{2\omega}{c}\right)^2 \varepsilon(z) E &= 4\pi \left(\frac{2\omega}{c}\right)^2 \chi E(\omega) E(\omega) \end{aligned} \quad (3)$$

У наближенні заданого поля права частина нижнього рівняння системи (3) розглядається як змушуюча сила. У світлі наведених вище викладок, коректність рівняння Хілла очевидна. В результаті проведеної роботи, була проаналізована одновимірна задача про генерацію другої гармоніки в середовищі, лінійний відгук якої змінюється в залежності від координати по періодичному закону та розглянуте рівняння Максвелла для шаруватого середовища з квадратичною нелінійністю. Важливий результат полягає в тому, що умова фазового узгодження має дещо іншу форму, ніж класична (для однорідних анізотропних середовищ).

Література:

1. Burtyka M.V., Glukhov O.V., Yakovenko V.M. Interaction of hot electrons with two-dimensional gas in semiconductor superlattices. *Solid-State Electronics*. Vol. 34, 1991, pp. 559-564.
2. Sjoberg D., Engstrom C., Kristensson G. et al. A Floquet-Bloch Decomposition of Maxwell's Equations, Applied to Homogenization, Department of Electrosience Electromagnetic Theory Lund Institute of Technology Sweden. — 2004. — <http://www.es.lth.se/teorel/Publications/TEAT-7000-series/TEAT-7119.pdf>