

## МІКРОЕЛЕКТРОННА ТА НАНОЕЛЕКТРОННА ТЕХНІКА

УДК 621.372.543

## ЕФЕКТИВНІСТЬ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КРИСТАЛІВ

Назарько А. І., Тимофєєва Ю. Ф., Нелін Є. А.

Електромагнітними кристалами (ЕК) називають фотонні кристали (ФК) радіодіапазону на основі несиметричних мікросмужкових ліній передачі. ФК, як і природні кристали, характеризуються зонною діаграмою з чергуванням дозволених та заборонених зон (ЗЗ). ФК становлять основу різноманітних пристроїв обробки сигналів. ЕК використовують і як аналоги більш складних в конструктивно-технологічному відношенні ФК оптичного діапазону з подальшою їх реалізацією масштабуванням.

ФК — періодичні структури, утворені хвильовими неоднорідностями. Ефективність фотоннокристалічних пристроїв визначається зонною вибірністю ФК. Для створення високоефективних пристроїв значний інтерес становить дослідження ефективності окремих неоднорідностей ФК. Підвищення ефективності неоднорідностей дозволить зменшити їх кількість, необхідну для формування заданих характеристик пристроїв.

В роботі виконано порівняльний аналіз ефективності поодиноких та подвійних неоднорідностей тривимірним електромагнітним моделюванням за допомогою програмного пакета Microwave Studio [1].

## Поодинокі неоднорідності

Розглянемо неоднорідності таких типів: 1) отвір в заземленому шарі мікросмужкової лінії; 2) отвір в заземленому шарі і наскрізний отвір в діелектрику; 3) отвір в заземленому шарі і ненаскрізний металізований отвір в діелектрику. Отвори круглі. Перші два типи є найбільш поширеними в конструкціях ЕК. Третій запропоновано в роботі.

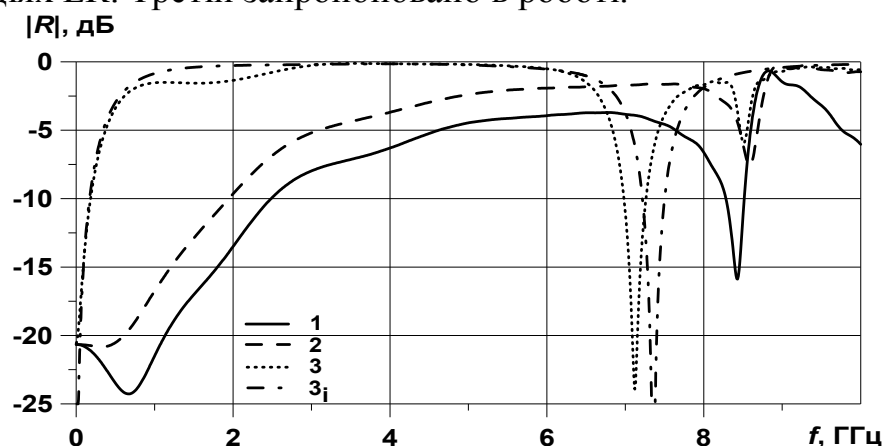


Рис. 1. Частотні залежності коефіцієнта відбиття поодинокі неоднорідності: 1, 2, 3, 3<sub>i</sub> відповідають типам неоднорідностей

На рис. 1 та рис. 2 наведено характеристики поодинокій неоднорідності. Залежність  $\beta_i$  відповідає одновимірній імпедансній моделі [2]. Товщина діелектрика 2,1 мм, товщина мідної фольги 50 мкм, ширина смужкового провідника 2,5 мм, діаметр неоднорідності 8 мм, товщина діелектрика неоднорідності 3 0,1 мм, відносна діелектрична проникність 7,0, тангенс кута діелектричних втрат 0,0025 на частоті 10 ГГц.

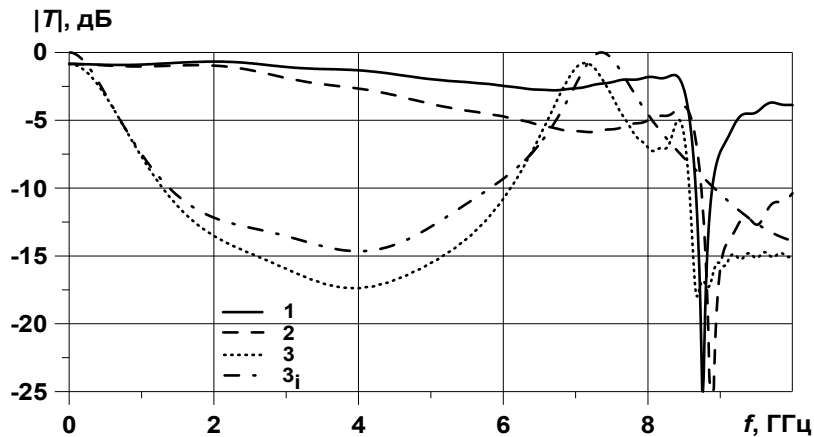


Рис. 2. Частотні залежності коефіцієнта проходження поодинокій неоднорідності: 1, 2, 3,  $3_i$  відповідають типам неоднорідностей.

Характеристики ілюструють формування ЗЗ ЕК. Як і очікувалося, неоднорідність 2 більш ефективна, ніж неоднорідність 1. Звернемо увагу, що неоднорідність 3 має сформовану ЗЗ. Таким чином, вже декілька таких неоднорідностей достатньо для ЕК. На відміну від неоднорідностей 1 і 2 неоднорідність 3 у першому наближенні можна моделювати наочною одновимірною імпедансною моделлю. У порівнянні з однорідним середовищем неоднорідності 1 і 2 збільшують хвильовий імпеданс, а неоднорідність 3 зменшує. Хвильовий імпеданс мікросмужкової лінії дорівнює 50 Ом, а неоднорідності 3 — 5 Ом.

Мінімальні значення коефіцієнта проходження в ЗЗ відповідно дорівнюють -2,8 дБ, -5,9 дБ і -17,4 дБ.

### Подвійні неоднорідності

Моделювання подвійної неоднорідності дозволяє проаналізувати ефективність одного періоду ЕК. На рис. 3 приведено характеристики подвійної неоднорідності, утвореної двома поодинокими неоднорідностями відповідних типів з розглянутими параметрами. Відстань між неоднорідностями 7 мм. Для взаємного порівняння характеристик частоту нормовано до середньої частоти ЗЗ  $f_0$ . Подвійна неоднорідність 1 і 2 типу достатня для формування ЗЗ. Середні частоти ЗЗ, мінімальні значення коефіцієнта проходження в ЗЗ, відносна ширина ЗЗ по перших нулях відповідно дорівнюють 4,5 ГГц, 5,72 ГГц, 3,84 ГГц; -6,6 дБ, -16 дБ, -38,4 дБ; 1,0; 1,08; 1,44. Неоднорідність 3 має ЗЗ майже в 1,5 рази більш широку, ніж неоднорід-

ність 1, яка найчастіше використовується в конструкціях ЕК. Характеристики 3 і 3<sub>i</sub> в межах ЗЗ практично співпадають, що ілюструє прийнятність імпедансної моделі.

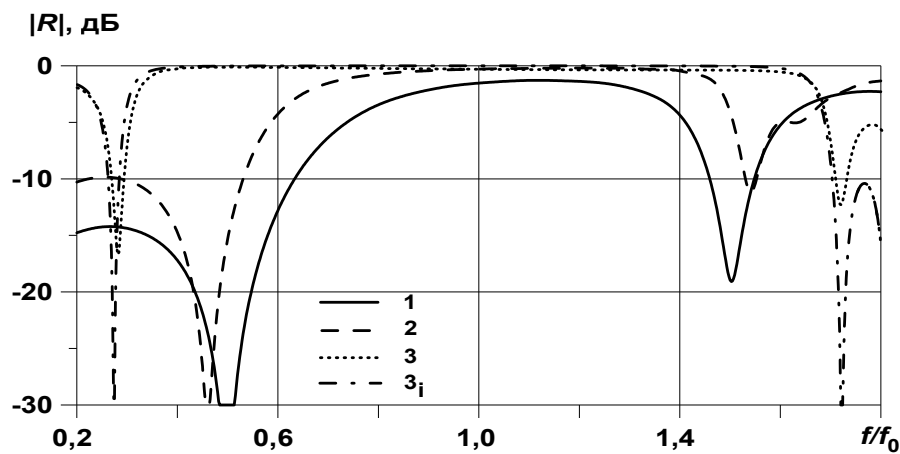


Рис. 3. Частотні залежності коефіцієнта відбиття подвійної неоднорідності: 1, 2, 3, 3<sub>i</sub> відповідають типам неоднорідностей.

### Висновки

Моделювання поодиноких та подвійних неоднорідностей дозволяє проаналізувати особливості формування зонної діаграми ЕК. Поодинокі неоднорідності у формі металізованого отвору в діелектричній основі мас сформовану ЗЗ, що становить значний інтерес для високоефективних ЕК.

### Література

1. Бойко В. О., Березянський Б. М., Нелін Є. А. Моделювання тривимірних кристалопоподібних структур // Вісн. НТУУ «КПІ». Серія — Радіотехніка. Радіоапаратобудування — 2007. — Вип. 35. — С. 106—110.
2. Назарько А. І., Тимофєєва Ю. Ф., Нелін Є. А., Іванов О. М. Моделювання мікросмужкового аналога фотонного кристала // Вісн. НТУУ «КПІ». Серія — Радіотехніка. Радіоапаратобудування — 2008. — Вип. 36. — С. 101—103.

*Назарько А. І., Тимофєєва Ю. Ф., Нелін Є. А. Ефективність неоднорідностей електромагнітних кристалів. Проаналізована ефективність поодиноких та подвійних неоднорідностей електромагнітних кристалів. Наведені характеристики, що ілюструють результати моделювання.*

**Ключові слова:** фотонні кристали, електромагнітні кристали

*Назарько А. И., Тимофеева Ю. Ф., Нелин Е. А. Эффективность неоднородностей электромагнитных кристаллов. Проанализирована эффективность одиночных и двойных неоднородностей электромагнитных кристаллов. Приведены характеристики, иллюстрирующие результаты моделирования.*

**Ключевые слова:** фотонные кристаллы, электромагнитные кристаллы

*Nazarko A. I., Timofeeva J. F., Nelin E. A. Efficiency of electromagnetic crystals discontinuities. Efficiency of electromagnetic crystals single and double discontinuities is analyzed. Characteristics illustrating results of modeling are presented.*

**Key words:** photonic crystals, electromagnetic crystals