
ТЕХНІКА ТА ПРИСТРОЇ НВЧ ДІАПАЗОНУ. АНТЕННА ТЕХНІКА

УДК 621.372.543

МІКРОСМУЖКОВИЙ ФІЛЬТР НА ОСНОВІ ДВОВИМІРНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ

*Біденко П. С., студент, Назарько А. І., асистент
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Вступ

Мікросмужкові фільтри знайшли широке застосування завдяки високим конструктивно-технологічним параметрам. Традиційні топологічні елементи фільтрів реалізують прямокутними відрізками зі ступінчастою залежністю хвильового опору [1]. Такі хвильові неоднорідності мають розмірність $n=1$. Неоднорідності більшої розмірності дозволяють розширити можливості при формуванні частотних характеристик. Позначимо неоднорідність розмірності n як i^n (*inhomogeneity*). Найбільш ефективні i^3 -неоднорідності, однак їх виготовлення потребує додаткових технологічних операцій.

Структури на основі i^2 -неоднорідностей на сигнальній поверхні дозволяють зберегти конструктивно-технологічні параметри традиційних мікросмужкових фільтрів. Такі неоднорідності використовують в електромагнітних кристалах з періодичною зміною ширини провідника, а також як резонатори круглої форми [2].

Постановка задачі

Розглянемо реалізацію вузькосмугових мікросмужкових фільтрів на основі i та i^2 -неоднорідностей (відповідно i - та i^2 -фільтри). На відміну від [2], круглі i^2 -неоднорідності використано як трансформатори опору. Розрахунки виконаємо згідно моделі неоднорідної лінії передачі (1D-модель) та в середовищі Microwave Studio (3D-модель).

Структури фільтрів

На рис. 1 показано структури фільтрів. Неоднорідності сформовано на сигнальній поверхні змінною шириною провідника. Сигнальний провідник виконано з'єднанням смужкових відрізків і дрогового провідника. Фільтр утворено п'ятьма хвильовими областями: трьома низькоомними і двома високоомними. Ці області формують двобар'єрну імпедансну структуру (рис. 2). Середня область — резонаторна, крайні i - та i^2 -неоднорідності відповідно квадратні і круглі.

Конструктивні параметри фільтрів: ширина 13 мм, довжина 48,2 мм,

ширина зовнішніх і внутрішніх відрізків смужкового провідника, а також діаметр i^2 -неоднорідності дорівнюють відповідно 1,1 мм і 8 мм, діаметр дротового провідника 0,1 мм, довжина середнього відрізка 14,2 мм, матеріал діелектрика Rogers RO3010, товщина діелектрика 1,28 мм, відносна діелектрична проникність 11,1, $\text{tg}\delta=0,0015$ на частоті 10 ГГц, товщина металізації 0,035 мм. Хвильовий опір зовнішніх відрізків 50 Ом.

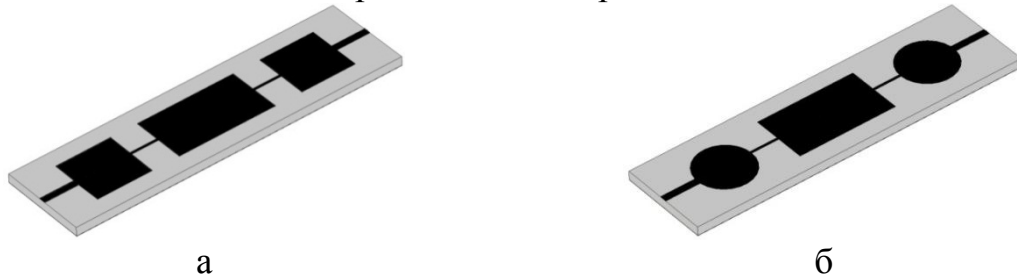


Рис. 1. Структури фільтрів: а — i ; б — i^2

В 1D-моделі хвильовий опір Z та ефективна діелектрична проникність ϵ_e визначаються формулами [2]:

$$\left. \begin{aligned} Z &= \eta \epsilon_a^{-0,5} \ln(8W^{-1} + 0,25W) \\ \epsilon_a &= \epsilon_+ + \epsilon_- \left[(1 + 12W^{-1})^{-0,5} + 0,04(1 - W)^2 \right] \end{aligned} \right\} W \leq 1,$$

$$\left. \begin{aligned} Z &= \eta \epsilon_a^{-0,5} [W + 1,393 + 0,677 \ln(W + 1,444)]^{-1} \\ \epsilon_a &= \epsilon_+ + \epsilon_- (1 + 12W^{-1})^{-0,5} \end{aligned} \right\} W > 1,$$

де $W = w/h$, $\epsilon_+ = (\epsilon + 1)/2$, $\epsilon_- = (\epsilon - 1)/2$, w — ширина провідника; h і ϵ — товщина і відносна діелектрична проникність основи; $\eta=120\pi$ [Ом].

Імпедансні залежності

Розглянемо особливості імпедансних залежностей, розрахованих згідно 1D-моделі (рис. 2). В i -фільтрах електромагнітні хвилі відбиваються

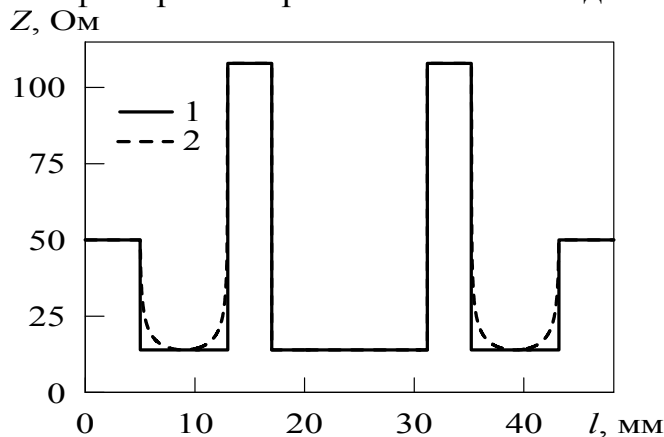


Рис. 2. Імпедансні залежності фільтрів: 1 — i ; 2 — i^2

зосереджено на межі областей з різними хвильовими опорами. Суміжні відбивачі протифазні. Середня частота і ширина першої смуги відбиття від i -неоднорідності визначаються відстанню між її відбивачами, що дорівнює довжині неоднорідності.

Відбиття від i^2 -неоднорідності має розподілений характер. Замінімо розподілені відбивачі кожної з половин i^2 -неоднорідності еквівалентними зосередженими відбивачами. Відстань між еквівалентними відбивачами приблизно вдвічі менша діаметра i^2 -неоднорідності. В результаті розширюється перша смуга відбиття, приблизно вдвічі зростає її середня частота і розширюється верхнечастотна смуга подавлення i^2 -фільтра.

Амплітудно-частотні характеристики (АЧХ)

1D- і 3D-АЧХ i -фільтра мають такі параметри: середня частота 3,77 ГГц і 3,61 ГГц, смуга пропускання за рівнем -3 дБ 40 МГц і 38 МГц, мінімум зі сторони нижніх частот $-29,2$ дБ і $-28,3$ дБ. Внесені втрати згідно 3D-моделі складають 2,3 дБ. Середня частота 1D-АЧХ вища, оскільки 1D-модель не враховує реактивності на межах областей з різними хвильовими опорами. Зміщення середньої частоти 1D-АЧХ компенсується при $\varepsilon = 12,15$.

На рис. 3 приведено АЧХ i -фільтра з компенсацією зміщення 1D-АЧХ. 1D- і 3D-АЧХ добре узгоджуються. АЧХ близькі в області нижніх і робочих частот, мають однаковий характер в області верхніх частот з деяким зміщенням по частоті.

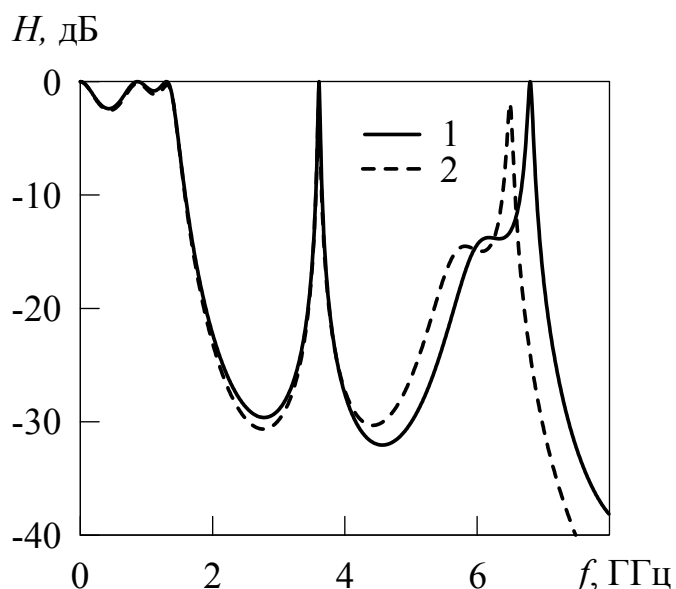


Рис. 3. АЧХ i -фільтра: 1 — 1D-модель; 2 — 3D-модель

3D-АЧХ на рис. 4 ілюструють покращення подавлення у верхнечастотній смузі i^2 -фільтра: за рівнем -20 дБ смуга розширюється з 1,59 ГГц до 2,13 ГГц, а мінімальний рівень зменшується з $-28,0$ дБ до $-31,5$ дБ. Смуги пропускання i - та i^2 -фільтрів співпадають, внесені втрати i^2 -фільтра скла-

дають 2 дБ. Як і у попередньому випадку, 1D- і 3D-АЧХ добре узгоджуються.

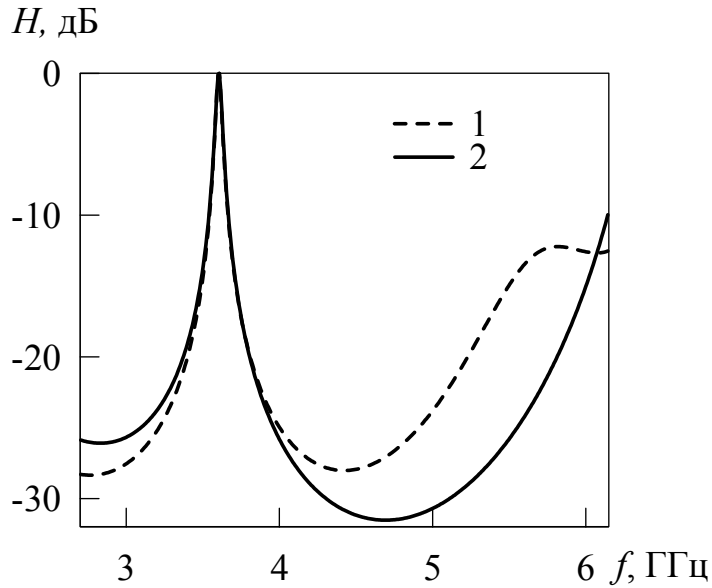


Рис.4. АЧХ i - та i^2 -фільтрів

Висновки

Неоднорідності i^2 дозволяють покращити подавлення у верхнечастотній смузі у порівнянні з i -неоднорідностями. Для моделювання i - та i^2 -фільтрів, принаймні на перших етапах проектування, можна використовувати значно простішу 1D-модель, що потребує набагато менше обчислювальних ресурсів у порівнянні з 3D-моделлю.

Література

1. Петров А. С. Планарные фильтры СВЧ. Состояние разработок и концепции развития // Зарубежная радиоэлектроника. — 1997. — №6. — С. 40-51.
2. Hong Jia-Sheng, Lancaster M. J. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. — New York: Wiley. — 2001. — 488 p.

Біденко П. С., Назарько А. І. Мікросмушковий фільтр на основі двовимірних неоднорідностей. Розглянуто реалізацію вузькосмугових мікросмушкових фільтрів на основі одновимірних та двовимірних неоднорідностей. Проаналізовано особливості імпедансних залежностей структур фільтрів. Показано, що двовимірні неоднорідності як відбивачі електромагнітних хвиль мають розширені смуги відбиття. Приведено амплітудно-частотні характеристики, розраховані згідно одновимірної моделі неоднорідної лінії передачі та тривимірної моделі в середовищі Microwave Studio. Показано, що одновимірна модель забезпечує прийнятні результати з суттєвим зменшенням обчислювальних ресурсів. В амплітудно-частотній характеристиці фільтра на основі двовимірних неоднорідностей значно розширена верхнечастотна смуга подавлення.

Ключові слова: мікросмушковий фільтр, двовимірні неоднорідності.

Біденко П. С., Назарько А. І. Микрополосковый фильтр на основе двумерных неоднородностей. Рассмотрена реализация узкополосных микрополосковых фильтров

на основе одномерных и двумерных неоднородностей. Проанализированы особенности импедансных зависимостей структур фильтров. Показано, что двумерные неоднородности как отражатели электромагнитных волн имеют расширенные полосы отражения. Приведены амплитудно-частотные характеристики, рассчитанные согласно одномерной модели неоднородной линии передачи и трехмерной модели в среде *Microwave Studio*. Показано, что одномерная модель обеспечивает приемлемые результаты с существенным снижением вычислительных ресурсов. В амплитудно-частотной характеристике фильтра на основе двумерных неоднородностей значительно расширена верхнечастотная полоса подавления.

Ключевые слова: микрополосковый фильтр, двумерная неоднородность

Bidenko P. S., Nazarko A. I. Microstrip filter based on 2D inhomogeneities. Realization of microstrip narrow-band filters based on 1D- and 2D-inhomogeneities are considered. Features impedance dependencies of filter structures are analyzed. There are illustrated, that 2D-inhomogeneities, as electromagnetic waves reflectors, have expanded reflection bandwidth. Amplitude-frequency characteristics that calculated in accordance with 1D-model of nonuniform transmission line and with 3D-model from Microwave Studio program package are presented. There are illustrated, that 1D-model provides acceptable results and significant decrease of computational resources. Amplitude-frequency characteristic of filter based on 2D-inhomogeneities have significant expanded reflection bandwidth.

Keywords: microstrip filter, 2D inhomogeneity.