

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОСМУЖКОВИХ СТРУКТУР В ЯКОСТІ ФІЛЬТРІВ В МІКРОСИСТЕМНІЙ ТЕХНІЦІ

Анотація. В наш час є актуальне застосування мікросмужкових структур, проте вони мають деякі обмеження щодо використання. Якщо розглянути звичайні мікросмужкові лінії то вони мають обмеження смуги пропускання з малим імпедансом, низький коефіцієнт підсилення, великі розміри та проблеми з поляризацією. Але після успішної реалізації смугових фільтрів, вже в наш час мікросмужкові структури використовують досить широко. Результати роботи розробників в цій галузі задовільнили головні критерії застосування таких структур, що дало змогу знизити ціни на виробництво фільтрів, зменшення їх розмірів та дало змогу використовувати їх у широкосмуговому діапазоні. В даній статті представлена основна концепція застосування мікросмужкових структур в якості смугових фільтрів, а також показано застосування смугових фільтрів в сучасних технологіях та запропоновано топологію смугового фільтру.

Ключові слова: мікросмужкова структура, смуговий фільтр, НВЧ, РЕА

A.G. MARINICH, M.F. BOGOMOLOV

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute. Igor Sikorsky", Kyiv

APPLICATION OF MICROSTRIP STRUCTURES AS FILTERS IN MICROSYSTEM TECHNOLOGIES

Annotation - This paper presents the basic concept of the use of microstrip structures as bandpass filters, and application of bandpass filters in modern technologies and proposes a bandpass filter topology.

In our time, microstrip structures are relevant, but they have some usage restrictions. When considering conventional microstrip lines, they have bandwidth limitation with low impedance, low gain, large size and polarization problems. But after successful implementation of bandpass filters, now microstrip structures are used quite widely.

The relevance of this topic determines such issues as the development of compact device sizes, their low cost and high efficiency. For example, MW receiving and transmitting integrated modules having dozens or even hundreds of individual functional nodes such as filters, amplifiers, directional splitters, adder, antennas, and the like. It should be noted that among the large variety of frequency selective and control devices used in modern REA, band and broadband filters are most widely used. It is known that band filters are a system of interconnected resonators, each of which, in turn, is a microstructure structure executed, usually on a substrate with high dielectric permeability, the other side of which is completely covered with a metal layer or with holes in it, the so-called screen or grounded base.

The results of the developers in this area satisfied the main criteria for the use of such structures, which made it possible to reduce the prices for the production of filters, reduce their size and allow them to be used in the broadband band. This article presents the basic concept of the use of microstrip structures as bandpass filters, as well as the use of bandpass filters in modern technologies is shown and a strip filter topology is proposed. The given structure in the article is good in application as bandpass filters, which is determined by the given characteristics. By selecting the optimal dimensions of the filter topology, we can get good selective properties, reduce production costs, and widespread use in microsystem technology. However, there are a number of factors that determine the errors in their implementation and production, in contrast to the simulated parameters in the simulation systems of three-dimensional structures

Keywords: microstrip structure, bandpass filter, MW, REA

ВСТУП. Актуальність даної теми визначає такі питання як розробка компактних розмірів пристроїв, їх малої ціни та високої ефективності. Наприклад, приймально-передавальні інтегральні модулі НВЧ техніки, що мають десятки та навіть сотні окремих функціональних вузлів таких як: фільтри, підсилювачі, направлені розгалужувачі, суматори, антени і т.п. Слід зазначити що, серед великого різноманіття частотно-вибіркових та керуючих пристроїв, що використовуються в сучасній РЕА найбільше застосування мають смугові та широкосмугові фільтри. Відомо, що смугові фільтри являють собою систему взаємопов'язаних резонаторів кожен з яких, в свою чергу представляє собою мікросмужкову структуру виконану, як правило, на підкладці з високою діелектричною проникністю, друга сторона якої повністю покрита металевим шаром або з отворами у ньому, так званим екраном або заземленою основою [1].

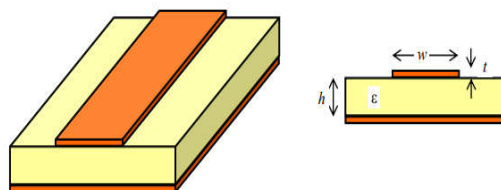


Рис. 1. Конструкція мікросмужкової лінії передачі

Виклад основного матеріалу. На рис.1 зображено загальну структуру мікросмужкової лінії. У техніці НВЧ часто застосовують відкриті (неекрановані) мікросмужкові резонатори. Власна добротність Q_0 без екранування МПР порівняно невелика: $Q_0 \approx 200$ (на частоті 1 ГГц) для підкладки з матеріалу «Полікор» ($\varepsilon = 9.8$) товщиною 1 мм, і $Q_0 \approx 400$ у МПР на підкладці з матеріалу ТБНС $\varepsilon = 80$ [2].

Можна виділити три основні механізми втрат, які визначають власну добротність мікросмужки: омичні втрати в смужці провідника, діелектричні втрати в підкладці та втрати на випромінювання. Оскільки застосовувані у НВЧ-техніці матеріали підкладок мають малі діелектричні втрати $tg\delta < 10^{-4}$, а втрати на випромінювання можна мінімізувати, екрануючи мікросмужкові фільтри. Основним механізмом втрат є перший з перерахованих вище так як збережена резонатором енергія пропорційна частоті, а поверхневий опір провідника зростає пропорційно квадратному кореню з частоти, то у смужкових резонаторів добротність росте з частотою пропорційно квадратному кореню з неї.

Сильний вплив на власну добротність мікросмужкових резонаторів надають неоднорідності провідника, такі як перепади ширини або вигини. При цьому в більшості випадків вони її зменшують, і тільки тоді, коли при введенні неоднорідності буде зменшуватися фізична довжина резонатора, добротність буде зростати за рахунок зменшення втрат на випромінювання [1].

Селективні властивості таких фільтрів визначаються в першу чергу коефіцієнтами крутизни схилів амплітудно-частотної характеристики АЧХ поблизу робочої смуги пропускання рис.2. Ці коефіцієнти залежать від ширини смуги пропускання Δf_3 , виміряної за рівнем -3дБ, і ширини смуг частот Δf_l і Δf_h , виміряних від частоти f_0 до низькочастотного і високочастотного схилів на рівні L_{stop} . Крім того, селективність фільтра характеризується також величиною втрат L_0 в смузі пропускання, рівнем придушення L_{stop} в смугах загородження і шириною високочастотної смуги загородження $\Delta f_{l_{stop}}$, яка обмежується другий, паразитного, пропускну здатністю.

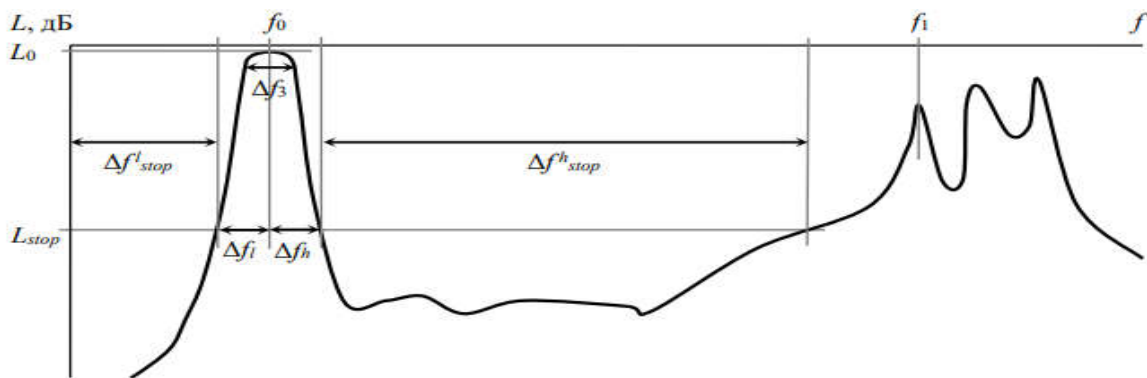


Рис. 2. Основні параметри АЧХ фільтра, що визначають його селективність

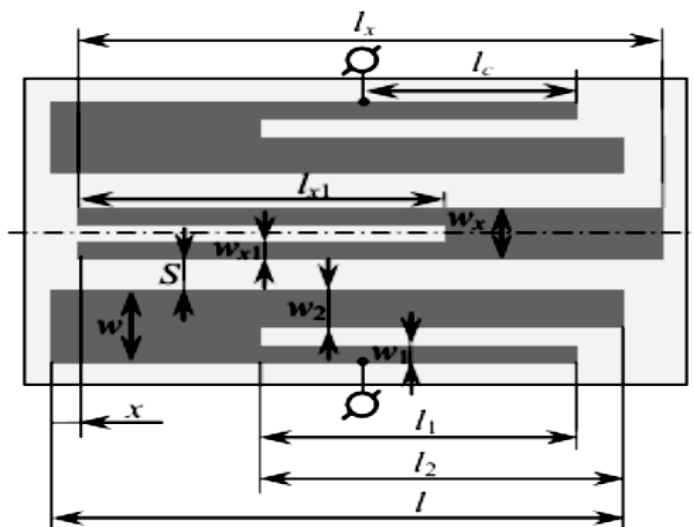


Рис.3. Зображення топології запропонованої смужкової структури

Експериментальні результати. При створенні та вивченні нових конструкцій селективних НВЧ фільтрів, перед конструкторами постають головні питання, як покращити їх селективні властивості, підвищити технологічність виготовлення топології фільтрів, та зменшити їх розміри. Особливо важливим

при конструюванні таких резонаторних структур є вибір форми смугових провідників, що дозволить зменшити їх габарити без погіршення їх селективних властивостей. В даній статті описано використання смугового фільтру на двох окремих резонаторах, з діелектричною проникністю $\varepsilon = 80$ та товщиною $h=1$ мм. Головна ідея розробки полягає в зменшенні габаритів мікросмужкових структур та покращення їх селективних властивостей. Дана структура має топологію, що має рівну симетрію вздовж горизонтальної осі, та реалізована на трьох резонаторах представлених на рис.3.

Для налаштування смуги пропускання сформованими неоднорідностями потрібно так оптимально підібрати взаємодію резонаторів в фільтрі, що при цьому ширина w та довжина l окремих відрізків крайніх резонаторів буде відрізнятися між собою ($w_1 \neq w_2$ та $l_2 \neq l_1$). Також повинні відрізнятися розміри центрального резонатора відносно сусідніх резонаторів та додатково потрібно їх витягнути як показано на рис.2.

При налаштуванні фільтра з відносною смугою пропускання $\Delta f/f_0 = 20\%$, його розміри складають в мм : $l=18.7$, та $l_2=11.8$, $l_x=19$, $l_{x1}=11.8$, $l_c=6.0$, $w=3.1$, $w_1=0.8$, $w_2=1.6$, $w_x=2.2$, $w_{x1}=0.8$, $S=1.3$, суміщення центрального резонатора $x=1.0$. Розрахована за допомогою системи аналізу трьохвимірного моделювання АЧХ фільтру представлена на рис.4.

Висновки. Згідно характеристик що наведені на рис.4 на смузі пропускання спостерігається дві смуги затухання НВЧ потужності, які значно збільшують прямокутність її високочастотний та низькочастотних схил характеристики.

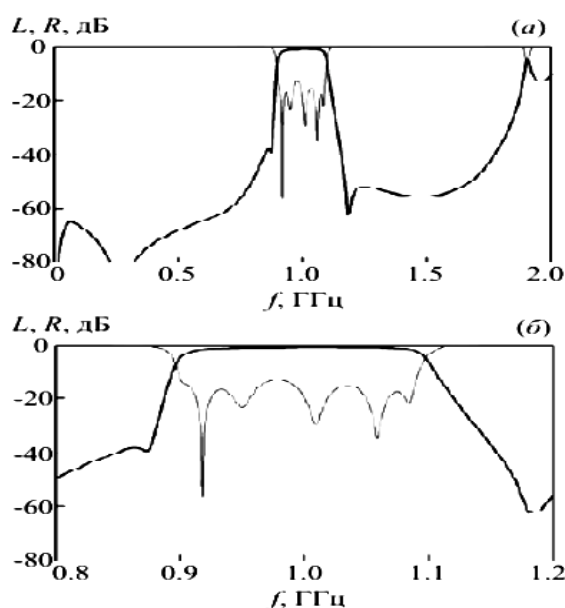


Рис.4. АЧХ смугового фільтра (а) та її фрагмент (б)

Таким чином представлений смуговий фільтр на підкладці з діелектричною проникністю $\varepsilon = 80$ являє собою окремі розподілені смугові провідники. Високі селективні властивості пояснюються близьким розташуванням шести резонаторів що зображені на топології.

Література

1. В.И. Вольман Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств; под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1982. – 328 СБ.А. 2.
2. Беляев Б.А. Исследование микрополосковых резонаторов и устройств СВЧ на их основе. Часть I // Препринт № 415Ф ИФ СО АН СССР, Красноярск. – 1987. – 55 С

Reference

1. V.I. Volman Manual for calculating and designing microwave plug devices; under ed. VI Wolman - M.: Radio and Communications, 1982. - 328 SB.A. 2
2. B.A Belyaev. Investigation of microstrip resonators and MW devices on their basis. Part I // Preprint № 415Ф ИФ СО АН USSR, Krasnoyarsk. - 1987 - 55 p

Рецензія/Peer review : 10.1.2018 р.

Надрукована/Printed :9.4.2018 р.

Рецензент :