

Дослідження нових ефектів електромагнітної взаємодії в твердотільних планарних резонаторах і розвиток теорії фільтрів для засобів телекомунікацій

Исследование новых эффектов электромагнитного взаимодействия в твердотельных планарных резонаторах и развитие теории фильтров для средств телекоммуникаций

Research of new effects of electromagnetic coupling in solid-state planar resonators and development of filters theory for Telecommunications

1. Номер державної реєстрації теми - 0108U000572, № реєстрації в університеті 2605-ф
2. Науковий керівник- д.т.н., с.н.с. Захаров О.В., Захаров А.В., Zakharov A.V.
3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Була розвинута теорія побудови малогабаритних планарних фільтрів с покращеними характеристиками для засобів телекомунікацій. Теорія включає новий напрямок побудови мікрохвильових смуго-пропускаючих фільтрів, який стосується малогабаритних гребінчастих та решітчастих фільтрів смужкової конструкції з великою діелектричною сталою. Донедавна цей напрямок не розвився через існуючі "наукові" заборони. Новий напрямок виник на основі нових ефектів електромагнітної взаємодії між резонаторами в смужкових структурах гребінчастого і решітчастого типів, які були встановлені в процесі дослідження.

На основі встановлених нових ефектів електромагнітної взаємодії в твердотільних планарних резонаторах здійснено розвиток теорії і практики побудови фільтрів для засобів телекомунікацій. Створені на основі нових знань смужкові і мікросмужкові фільтри з покращеними характеристиками є конкурентоспроможними і заслуговують подальшого розвитку.

Показано, що значення K_0 додатні, вони зростають по мірі збільшення відносної діелектричної проникності смужкових ліній ϵ_r , їх товщини b і частоти f .

Вперше показана принципова можливість використання смужкових гребінчастих і решітчастих структур, відповідно з $\lambda/4$ і $\lambda/2$ резонаторами, в якості смуго-пропускаючих фільтрів. Тривалий час вважалося, що ці структури є всезапираючими.

Розроблено методику синтезу гребінчастих і решітчастих смуго-пропускаючих фільтрів з відрізків симетричних смужкових ліній передачі.

Проведено дослідження нового ефекту електромагнітної взаємодії між резонаторами мікросмужкової і смужкової конструкції, яке полягає в залежності коефіцієнта зв'язку від форми східчастих резонаторів. Встановлено характерні особливості цієї залежності.

Показано, що по сукупності показників нові смужкові і мікросмужкові фільтри для засобів телекомунікацій є конкурентоздатними в порівнянні з моноблочними керамічними фільтрами і фільтрами на коаксіальних діелектричних резонаторах. Розроблено методику побудови таких фільтрів.

(рос.)

Была развита теория построения малогабаритных планарных фильтров с улучшенными характеристиками для средств телекоммуникаций. Теория включает новое направление построения микроволновых полосно-пропускающих фильтров, которое касается малогабаритных гребенчатых и решетчатых фильтров полосковой конструкции с большой диэлектрической постоянной. До недавнего времени это направление не развивалось из-за существующие "научные" запреты. Новое направление возникло на основе новых эффектов электромагнитного взаимодействия между резонаторами в полосковых структурах гребенчатого и решетчатого типа, которые были установлены в процессе исследования.

На основе установленных новых эффектов электромагнитного взаимодействия в твердотельных планарных резонаторах осуществлено развитие теории и практики построения фильтров для средств телекоммуникаций. Созданные на основе новых знаний полосковые и микрополосковые фильтры с улучшенными характеристиками являются конкурентоспособными и заслуживают дальнейшего развития.

Показано, что значения K_0 положительны, они возрастают по мере увеличения относительной диэлектрической проницаемости полосковых линий ϵ_r , их толщины b и частоты f .

Впервые показана принципиальная возможность использования полосковых гребенчатых и решетчатых структур, соответственно с $\lambda/4$ и $\lambda/2$ резонаторами, в качестве полосно-пропускающих фильтров. Длительное время считалось, что эти структуры являются всезапирающими.

Разработана методика синтеза гребенчатых и решетчатых полосно-пропускающих фильтров из отрезков симметричных полосковых линий передачи.

Проведено исследование нового эффекта электромагнитного взаимодействия между резонаторами микрополосковой и полосковой конструкции, который заключается в зависимости коэффициента связи от формы ступенчатых резонаторов. Установлены характерные особенности этой зависимости.

Показано, что по совокупности показателей новые полосковые и микрополосковые фильтры для средств телекоммуникаций являются конкурентоспособными по сравнению с моноблочными керамическими фильтрами и фильтрами на коаксиальных диэлектрических резонаторах. Разработана методика построения таких фильтров.

(англ.)

It developed the theory of the construction of small-sized planar filters with improved characteristics for telecommunication facilities. The theory involves the construction of a new direction of microwave bandpass filters, which concerns small comb and lattice filters stripline design with high dielectric constant. Until recently, this trend did not develop because there is a "scientific" prohibitions. The new trend has arisen on the basis of new effects of the electromagnetic interaction between the resonators in strip comb structures and lattice-type, which were established during the investigation.

Based on the set of new effects of the electromagnetic interaction in solid-state planar resonators implemented the theory and practice of construction of filters for telecommunications facilities. Created on the basis of new knowledge strip and microstrip filters with improved characteristics are competitive and merit further development.

It is shown that the value K_0 is positive, they increase with increasing relative permittivity ϵ_r strip lines, their thickness and the frequency f .

For the first time the possibility of using the comb strip and grid structures, respectively, with the $\lambda / 4$ and $\lambda / 2$ resonators as a bandpass filter. For a long time it was believed that these structures are all locking.

A method of synthesis of comb lattice and band-pass filters of segments of symmetric stripline transmission lines.

A study of the new effect of the electromagnetic interaction between the resonators microstrip and stripline design, which is based on the shape of the coupling coefficient stepped resonators. The characteristic features of this dependence.

It is shown that the set of indicators on the new strip and microstrip filters for telecommunications facilities are competitive in comparison with monoblock ceramic filters and coaxial dielectric resonators. A method for constructing such filters is worked out.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право).

Отримано 4 патенти:

1. Патент на корисну модель „Перестроюваний смуговий фільтр”, № 90713 від 10.06.2014. Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Пінчук Л.С.

2. Патент на корисну модель „Мікросмужковий фільтр”. № 97166 від 10.03.2015, бюл. 5/2015. Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Пінчук Л.С.
3. Патент на корисну модель „Мікросмужковий фільтр”. № 100137. Бюл. № 13 від 10.07.2015. Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Трубаров І.В., Пінчук Л.С.
4. Патент на корисну модель „Смужковий смуго-пропускаючий гребінчастий фільтр”. № 102012. Бюл. № 19/2015 від 12.10.2015. Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Трубаров І.В., Пінчук Л.С.

Подано заявку на патент:

Патент на корисну модель «Двоюрисний планарний фільтр». Заявка номер U201509876 від 12.10.2015. Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Трубаров І.В., Пінчук Л.С.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Створена теорія дозволяє здійснити подальшу мініатюризацію фільтрів для засобів телекомунікацій, зокрема для стільникової телефонії. Об'єм існуючих моноблочних фільтрів для стільникових апаратів може бути зменшено в 1.5-1.6 рази за рахунок зменшення товщини. На основі нової теорії вперше був створений і протестований найтонкіший смуговий фільтр. Його товщина складає всього 1 мм, центральна частота смуги пропускання 2.4 ГГц. Крім менших розмірів, нові полоскові фільтри мають і більш різноманітні частотні характеристики. Зокрема, вони можуть забезпечувати широку смугу загородження і постійний час затримки сигналу, що не під силу існуючим моноблочним фільтрам

6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).

Малогобаритні фільтри для стільникової телефонії випускаються високотехнологічними компаніями розвинутих держав. В інших країнах ці елементи не випускаються. Це є основним мотивом їх просування на ринок.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Міністерство освіти та науки України, вищі навчальні заклади при підготовці фахівців та наукових кадрів телекомунікаційного профілю.

Державний департамент зв'язку та інформації при формуванні засад щодо впровадження в Україні перспективних телекомунікаційних технологій.

Отримані теоретичні результати у вигляді науково обґрунтованих методів побудови планарних фільтрів з покращеними характеристиками можуть бути застосовані при проектуванні та виробництві нового покоління засобів телекомунікацій.

У подальшому, потенціальними замовниками та користувачами результатів можуть бути вітчизняні підприємства: НВП „Сатурн” (м. Київ), АТ „Радіо телекомунікаційні системи” (м. Київ), АТ „Міррад” (м. Київ), ВАТ „АТ НДІ РВ” (м. Харків), ДБ „Оріон-Навігація” (м. Сміла) та інші.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Лабораторні зразки.

9. Існуючі результати впровадження.

Впроваджено в навчальний процес в НТУУ «КПІ», написано навчальний посібник ...

10. Форма участі інвестора (яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті%, частка від прибутку%, інше)

Не оцінювалась

11. Обсяг інвестицій (необхідна для результатів проекту сума інвестицій в доларах США).

Не оцінювалась

12. Мета інвестицій (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).
Не оцінювалась

13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

Науково-дослідний інститут телекомунікацій НТУУ «КПІ», т. 204-98-21.

14. Фото або декілька слайдів презентації з фото розробки в електронному вигляді (рекламного характеру). Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.

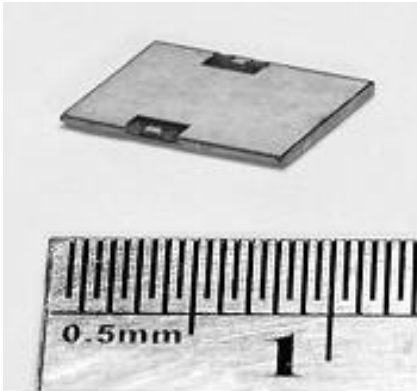


Фото 1. Найтонкіший на даний час (1 мм) смужковий фільтр, працюючий на частоті 2.4 ГГц.

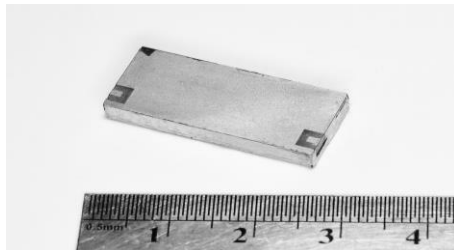


Фото 2. Малогабаритний смужковий смуго-пропускаючий фільтр для великої потужності (20 Вт), який працює на частоті 2.4 ГГц.

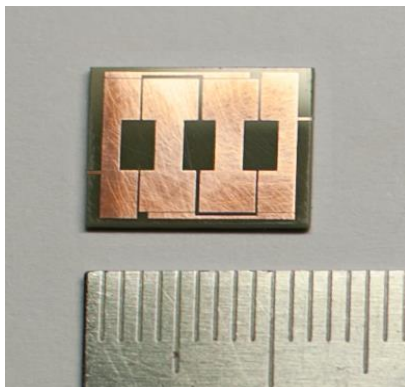
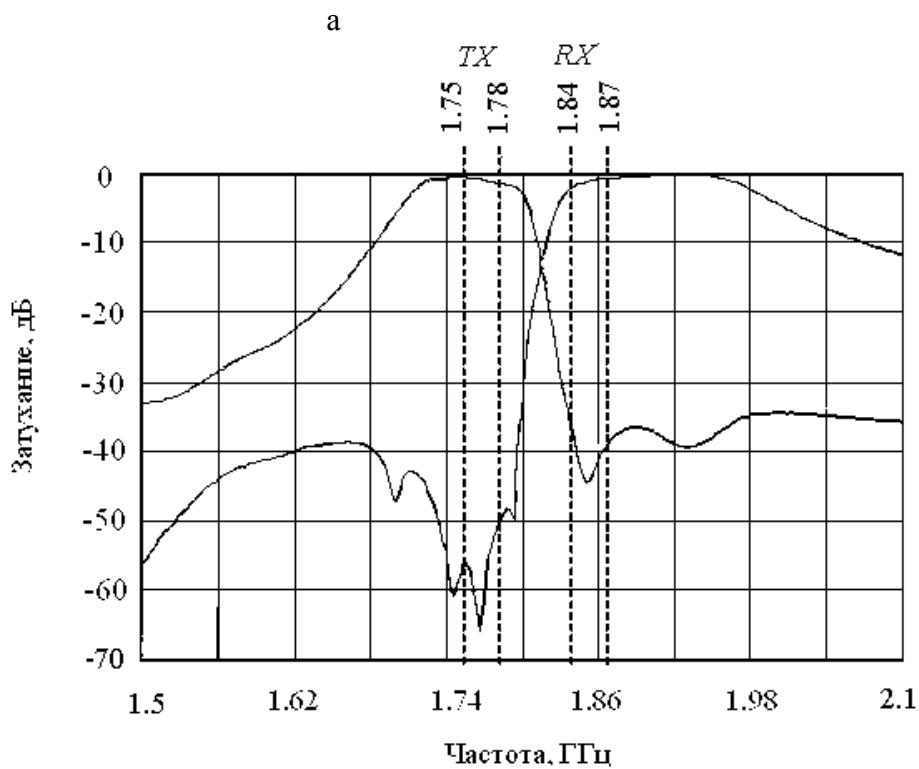
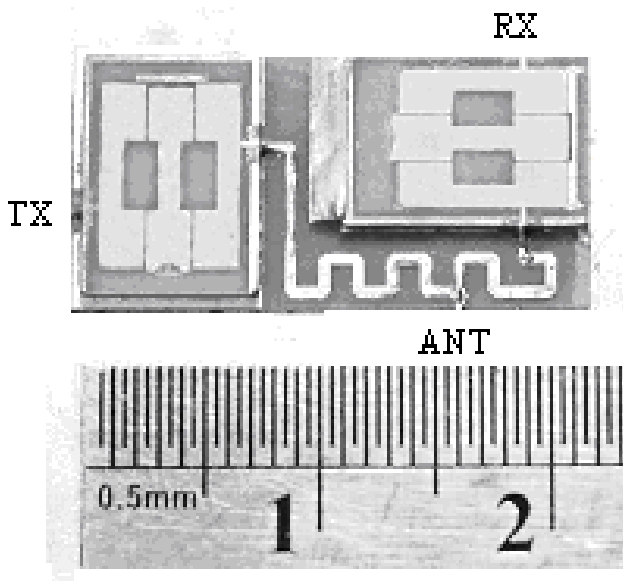


Фото 3. Високовибірковий мікро-смужковий фільтр для систем стільникової телефонії PCS , DCS



б

Рис. 1 Мікро-смужковий дуплексер для системи зв'язку KPCS: а – фотографія; б – виміряні частотні характеристики.

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

1. Захаров А.В., Ильченко М.Е. Полосно-пропускающие фильтры решетчатого типа на основе полуволновых резонаторов из отрезков симметричных полосковых линий передачи. Радиотехника и электроника. 2015, том 60, № 7, с. 759 – 765.
2. Захаров А.В., Ильченко М.Е., Пинчук Л. С. Зависимость коэффициента связи между четвертьволновыми резонаторами от параметров гребенчатых полосковых фильтров. Известия вузов. Радиоэлектроника. 2015, том 58, № 6. Стр. 52 - 60.
3. Захаров А. В., Ильченко М. Е. Широкополосные планарные фильтры с расширенной полосой заграждения. Радиотехника и электроника, 2016, том 61, № 2. В печати.
4. Захаров А. В., Ильченко М. Е., Трубаров И.В., Пинчук Л. С. Полосковые фильтры задержки. Известия вузов. Радиоэлектроника. 2016, том 59, № 2. В печати
5. Захаров А.В., Ильченко М.Е., Корпач В.Н. Особенности коэффициентов связи планарных ступенчато-импедансных резонаторов на высших резонансных частотах и их использование для подавления паразитных полос пропускания // Радиотехника и электроника. - 2014. – Т. 59. № 6, С. 602 - 608.
6. Захаров А.В., Ильченко М.Е., Пинчук Л.С. Коэффициенты связи между ступенчато-импедансными резонаторами в полосковых полосно-пропускающих фильтрах решетчатого типа. Известия вузов. Радиоэлектроника. Том 57, № 5, 2014. Стр. 35-43.
7. Захаров А.В., Ильченко М.Е. Тонкие полосно-пропускающие фильтры, содержащие отрезки симметричных полосковых линий передачи. Радиотехника и электроника. - 2013, Т.58, № 7 с. 716-725.
8. Захаров А.В. Полосковые гребенчатые фильтры на керамических материалах с высокой диэлектрической проницаемостью. Радиотехника и электроника. - 2013, Т.58, № 3, стр. 300 - 308.
9. Захаров А. В., Шелковников Б. Н. Добротность резонаторов, содержащих отрезки линий передачи и несколько конденсаторов. Радиотехника и электроника. - 2013, Т.58, № 4, стр. 422.
10. Захаров А.В., Ильченко М.Е. Микроволновые ступенчатые резонаторы с комбинированной перестройкой частоты Радиотехника и электроника. - С. 195-202, том 59, № 2, 2014.
11. Захаров А.В., Ильченко М.Е., Корпач В.Н., Пинчук Л.С. Эффекты взаимодействия микрополосковых резонаторов, которые позволяют расширить полосу заграждения полосно-пропускающих фильтров. // Матер. 23-й Международной Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013). Севастополь, 8–13 сентября 2013 г. – Севастополь: Вебер, 2013. С. 665 – 666.
12. Захаров А.В., Ильченко М.Е., Пинчук Л.С. Малогабаритные микрополосковые фильтры с симметричными частотными характеристиками. Материалы 24-ой Международной конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо 2014). 7-13 сентября 2014, г. Севастополь..
13. Trubin A., Trubarov I. Microwave Antennas Using Microstrip Line With Orthogonally Placed Dielectric Resonator // IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking, BlackSeaCom 2014, pp. 102 – 106.

Статті, прийняті до опублікування:

1. А.В. Захаров. Построение резонаторов из отрезков нерегулярных линий передачи// Радиотехника и электроника.
2. А.В. Захаров, М.Е. Ильченко, И.В.Трубаров .Планарные трехрезонаторные полосно-пропускающие фильтры с перекрестной связью// Радиотехника и электроника.

3. А.В. Захаров, М.Е. Ильченко, И.В.Трубаров. Гребенчатые фильтры на основе симметричных полосковых линий передачи // Радиотехника и электроника.

16. Надати ключові слова до розробки

Ключові слова: смуго-пропускаючий фільтр, планарні резонатори, резонансна частота, коефіцієнт зв'язку.