

T•Comm
Телекоммуникации и транспорт
ТОМ 9. №5-2015

Журнал включен в перечень периодических научных изданий, рекомендованный ВАК Минобрзования России для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций.

Учредитель
ООО "Издательский дом Медиа Паблишер"

Главный редактор
Тихвинский Валерий Олегович

Издатель
Дымкова Светлана Сергеевна
ds@media-publisher.ru

Редакционная коллегия

Аджемов Артём Сергеевич
(д.т.н., профессор, ректор МТУСИ), Россия

Алексеев Евгений Борисович
(д.т.н., профессор, МТУСИ), Россия

Бугаев Александр Степанович
(академик РАН), Россия

Вааль Альберт
(д.т.н., старший научный сотрудник Ганноверского университета им. Лейбница на кафедре коммуникационной техники), Германия

Головачев Юлиус
(управляющий консультант Delecon International GmbH), Германия

Дулкейтс Эрик
(д.т.н., старший исполнительный директор корпорации Delecon), Силиконовая долина, США

Зубарев Юрий Борисович
(д.т.н., член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, зам. председателя экспертного совета ВАК по электронике, радиотехнике и связи), Россия

Кирхгесснер Юрий
(д.т.н., Директор Insiteology Ltd.), Великобритания

Корбетт Ровэлл
(д.т.н., директор по исследованиям в научно-исследовательском центре China Mobile Research Institute, профессор университета Назарбаева), Гонконг (Китай), США

Кузовкова Татьяна Алексеевна
(д.н., декан экономического факультета МТУСИ), Россия

Кюркчан Александр Гаврилович
(д.ф.н., профессор ФГОУ ВПО МТУСИ), Россия

Сейлов Шахмаран Журсинбекович
(д.н., Президент Казахской академии инфокоммуникаций), Казахстан

Сысоев Николай Николаевич
(д.ф.н., декан физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова), Россия

Шарп Майлз
(д.н., вице-президент европейского института стандартизации – ETSI), Великобритания

www.media-publisher.ru

СОДЕРЖАНИЕ

РЕПОРТАЖ

- 27-я Международная выставка "Связь-Экспокомм-2015" и первый большой Медиа-коммуникационный форум 5 54

- Навигационный рынок – перезагрузка. Новые маршруты 7 57

СВЯЗЬ

- Вишневский В.М., Кришнамурти А., Козырев Д.В., Ларионов А.А., Иванов Р.Е.**
Методы исследования и проектирования широкополосных беспроводных сетей вдоль протяженных транспортных магистралей 9 63

- Зельманов С.С.**
Энергетический обнаружитель одиночных импульсных помех с фиксированным и следящим порогом 16 69

- Игнатов А.В., Шувалов В.П.**
Надежность сетей абонентского доступа LR-PON 25 74

- Симаков Д.В., Кучин А.А.**
Анализ статистических характеристик Интернет-трафика в магистральном канале 31 79

- ЭЛЕКТРОНИКА. РАДИОТЕХНИКА**

- Кухаренко А.С., Елизаров А.А.**
Анализ физических особенностей метаматериалов и частотно-селективных СВЧ-устройств на их основе 36 86

- Лемешко Н.В., Захарова С.С.**
Критерий декомпозиции линейных проводников при расчете электромагнитных полей 42 91

- Локтев Д.А.**
Определение геометрических параметров объекта с помощью анализа серии его изображений 47 91

ТРАНСПОРТ

- Шаталова Н.В., Бахарев Т.С.**
Методы и геоинформационные технологии, применяемые для расчета пораженности территории линейно-эрзационными процессами в социально значимых зонах в условиях насыщенности территории города транспортными инженерно-техническими сооружениями 69

- Птицын Г.А.**
Поиск способов уменьшения активного транзита 74

ЭКОНОМИКА

- Артемьева Г.С., Куликова К.Н., Резникова Н.П.**
Совершенствование контрольной функции в межгосударственной организации специальной компетенции для перехода к менеджменту, ориентированному на результаты 79

ПУБЛИКАЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

- Иевлев О.П.**
Парadoxы современных телекоммуникационных сетей 86

- Леваков А.К., Соколов А.Н., Соколов Н.А.**
Модели входящего потока заявок в пакетных сетях 91

CONTENT

REPORT

- 27th International Exhibition
"ExpoComm-2015" and the first Media
and communications forum 5
Navigation market - reload. New routes 7

COMMUNICATIONS

- Vishnevsky V.M., Krishnamoorthy A.,
Kozyrev D.V., Larionov A.A., Ivanov R.E.
Methods for research and building up
the broadband wireless Communication
networks along the long transport routes 9

- Zelmanov S.S.
Energetik detector of single impulse
interference with fixed and tracing threshold 16

- Ignatov A.V., Shuvalov V.P.
The reliability of subscriber access
networks LR-PON 25

- Simakov D.V., Kuchin A.V.
Analysis of statistical characteristics
of the internet-traffic in a backbone link 31

ELECTRONICS. RADIO ENGINEERING

- Kukharenko A.S., Yelizarov A.A.
Analysis of metamaterial physical features
and constituted frequency-selective devices 36

- Lemeshko N.V., Zakharova S.S.
Criterion decomposition linear conductor
electromagnetic fields in calculating 42

- Loktev D.A.
The definition of geometric parameters
of the object by analyzing a series of images 47

Rysin Yu.S.

Nonstandardized parameters of acoustic
signals and noises affecting a per person 54

Shkolniy S.I.

Method of DVB SFN optimization 57

Varlamov O.V.

Method of organization global digital radio
broadcasting network in the LW BAND

TRANSPORT

63

Shatalova N.V., Baharev T.S.

Methods and geo-information technologies
used for evaluation of territory infestation
with linear erosion processes in socially
important areas under conditions of transport
engineering and technical constructions
density of urban territory 69

Piltsyn G.A.

Research in active transit reducing 74

ECONOMY

79

Reznikova N.P., Artemieva G.S., Kulikova K.N.

Improvement of control function in the
interstate specialized organization for the
transition to result-oriented management 79

PUBLICATIONS IN ENGLISH

Ievlev O.P.

The paradoxes of modern
telecommunication networks 86

Levakov A.K., Sokolov A.N., Sokolov N.A.

Models of incoming traffic
in packet networks 91

T•Comm

Telecommunications and transport

Volum 9. №5-2015

The journal is included in the list of scientific publications, recommended Higher Attestation Commission Russian Ministry of Education for the publication of scientific works, which reflect the basic scientific content of candidate and doctoral theses.

Founder
"Media Publisher", Ltd.

Publisher
Dymkova Svetlana Sergeevna
ds@media-publisher.ru

Editor in Chief
Dr. Valery Tikhvinskii

Editorial board

Adzhemov Artem S.
Professor, Rector MTUCI, Russia

Alekeev Evgeny B.
Full Professor, MTUCI, Russia

Bugaev Alexander S.
Academician of the RAS, Russia

Corbett Rowell
Full Professor, Electronic & Electrical Engineering Nazarbayev University, Hong Kong (China), USA

Golovachyov Julius
Managing Consultant Deteccon International GmbH, Germany

Dulkeyts Eric
Ph.D, chief executive officer of the corporation Deteccon, USA

Kirhgessner Yuri
Ph.D, Director Incoteksys Ltd., United Kingdom

Kuzovkova Tatjana A.
Ph.D, Dean of the Faculty of Economics MTUCI, Russia

Kyurkchan Alexander G.
Doctor of sciences, Professor MTUCI, Russia

Seilov Shakhmaran Zh.
Ph.D, President of the Kazakh Academy of Infocomm, Kazakhstan

Sharpe Michael
Ph.D, vice-president of the European Standards Institute – ETSI, United Kingdom

Sysoev Nikolai N.
Doctor of sciences, Dean of the Faculty of Physics of Moscow State University, Lomonosov, Russia

Waal Albert
Ph.D, Senior Research Fellow University of Hanover, Leibniz at the Department of Communications Technology, Germany

Zubarev Yuri B.
Ph.D, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of Russia, Deputy Chairman of the Expert Council WAC electronics, radio and communications, Russia

All articles and illustrations are copyright. All rights reserved.
No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of Media Publisher Joint-Stock Company

© "Media Publisher", 2015

www.media-publisher.ru



АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТАМАТЕРИАЛОВ И ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ

Кухаренко Александр Сергеевич,
к.т.н., с.н.с., Филиал открытого акционерного общества
"Объединенная ракетно-космическая корпорация"
"Научно-исследовательский институт космического приборостроения",
Москва, Россия, alexk.05@mail.ru

Елизаров Андрей Альбертович,
д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики", Москва, Россия,
a.yelizarov@hse.ru

Ключевые слова: метаматериал, расширение
полосы, полосно-запирающие структуры,
частотно-селективные устройства,
грибовидные структуры

Одним из перспективных путей развития современной электродинамики и электроники СВЧ является исследование метаматериалов, представляющих собой композитные соединения, свойства которых обусловлены искусственно созданной периодической системой из макроскопических элементов. Однако эти структуры обладают общим недостатком – узкой рабочей полосой, что объясняется их резонансными свойствами. Проведен анализ физических особенностей метаматериалов и конструкций частотно-селективных СВЧ-устройств, выполненных на основе грибовидных полосно-заграждающих структур. Предложены способы расширения рабочей полосы указанных устройств, заключающиеся в формировании двухслойных или многослойных топологических структур, в которых слои образованы импедансными частотно-селективными поверхностями. Первый предложенный способ получения такой поверхности заключается в создании дополнительного слоя проводящих пластин, имеющих омический контакт с металлизированными переходными отверстиями, которые в свою очередь также имеют омический контакт с пластинами верхней импедансной поверхности и с плоскостью заземления. Второй предложенный способ заключается в формировании промежуточной импедансной поверхности из периодически расположенных на плоскости вложенных колышевых разомкнутых резонаторов. Причем такие резонаторные кольца располагаются в промежуточном слое структуры непосредственно под верхними пластинами концентрических вокруг металлизированного переходного отверстия, не имея омического контакта с ним, диаметр внешнего кольца не превышает длины верхней пластины. Показано, что использование в конструкциях грибовидных полосно-заграждающих структур промежуточных импедансных поверхностей позволяет создавать СВЧ-устройства на основе объемных метаматериалов с расширенной полосой пропускания и возможностью ее перестройки, а также многодиапазонные частотно-селективные устройства. С использованием программных средств AWR Design Environment (Microwave Office v.9.0) выполнено численное моделирование таких СВЧ-устройств, демонстрирующее эффект расширения рабочей полосы, и приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие их соответствие с результатами моделирования. Показано, что интерес к исследованию грибовидных полосно-заграждающих структур обусловлен перспективностью их использования для создания частотно-селективных СВЧ-устройств с улучшенными характеристиками, в частности, специальных экранов отсечки многолучности прецизионных антенн для систем геодезии и навигации, а также пространственных фильтров для развязки элементов в антенных решетках.

Для цитирования:

Кухаренко А.С., Елизаров А.А. Анализ физических особенностей метаматериалов и частотно-селективных СВЧ-устройств на их основе // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Том 9. – №5. – С. 36-41.

For citation:

Kukharenko A.S., Yelizarov A.A. Analysis of metamaterial physical features and constituted frequency-selective devices . T-Comm. 2015. Vol 9. No.5, pp. 36-41. (in Russian).

Введение

Современный этап исследования физических свойств метаматериалов подтверждает их преимущества при создании частотно-селективных поверхностей, развязывающих фильтров, экранов и покрытий, обеспечивающих радиомаскировку, и других СВЧ-устройств [1-3].

Метаматериал с грибовидной структурой впервые описан Сивенпайпером в работе [4]. Он конструктивно представляет собой экранированную с одной стороны однослоиную диэлектрическую плату с периодически расположенными рядами сквозных отверстий, в каждом из которых закреплены идентичные металлические элементы в виде распределенных колебательных контуров, связанных емкостными зазорами, и имеющих геометрические размеры, много меньшие рабочей длины волн.

Интерес к исследованию грибовидных полосно-заграждающих структур обусловлен перспективностью их использования для создания частотно-селективных СВЧ-устройств с улучшенными характеристиками, в частности, специальных экранов отсечки многолучевости и прецизионных антенн для систем геодезии и навигации [5], а также пространственных фильтров для развязки элементов в антенных решетках [6].

Однако, наряду с обладанием уникальными свойствами [2, 3], грибовидные метаматериалы имеют существенный недостаток – узкую рабочую полосу, что объясняется их резонансной природой. Настоящая работа посвящена анализу физических особенностей грибовидных метаматериалов и методов расширения полосы заграждения частотно-селективных СВЧ-устройств на их основе.

I. Грибовидные полосно-заграждающие структуры

Распределенные колебательные контуры грибовидного метаматериала (рис.1) могут быть представлены эквивалентной схемой (рис.2), содержащей индуктивности, образованные цилиндрическими металлическими ножками, соединенными с экраном, и емкости, сформированные между соседними контурами. Такая конструкция представляет собой линию передачи с отрицательной дисперсией, обладающую отрицательной фазовой скоростью и положительной групповой скоростью. Каждый из идентичных колебательных контуров при изменении геометрических размеров может иметь резонансную частоту от 0,1 до 100 ГГц.

При расположении параллельно рассматриваемым поверхностям СВЧ-излучателя, например, горизонтального вибратора, в нем возникает зеркально отраженный ток, эквивалентный наличию второго излучателя. Причем этот ток будет противофазен току при наличии импедансной металлической поверхности, и синфазен в случае поверхности, образованной метаматериалом. Таким образом, при синфазных токах, наличие отражения усиливает излучение вибратора, а при противофазных токах излучение вибратора будет компенсировано. Следует также подчеркнуть еще одно преимущество метаматериала – поверхностный ток не затекает на обратную сторону экранированной диэлектрической платы, что полностью уничтожает обратное излучение, всегда возникающее в излучающей структуре с импедансной металлической поверхностью [7].

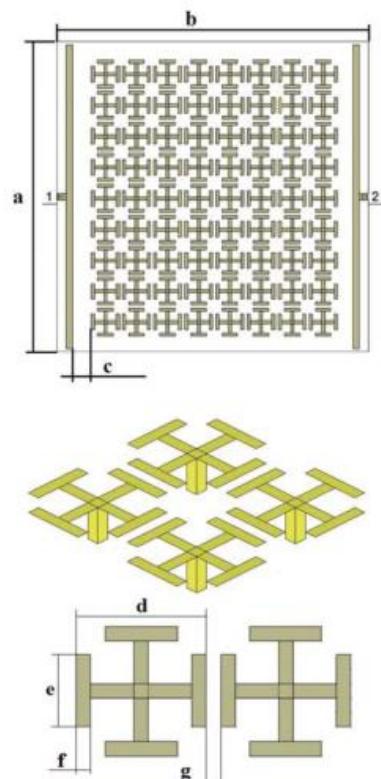


Рис. 1. Грибовидная полосно-загирающая структура.
Размеры: a=b=100 мм; c=7 мм; d=9 мм; e=5 мм; f=g=1 мм

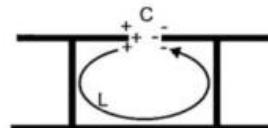


Рис. 2. Образование эквивалентных индуктивности и емкости между двумя распределенными колебательными контурами

Частотно-селективные свойства метаматериала подтверждаются результатами численного эксперимента, полученными с помощью программных средств AWR Design Environment (Microwave Office v.9.0). На рис.3 показаны зависимости комплексного коэффициента передачи S_{21} от частоты, полученные для структуры с импедансной металлической поверхностью (кривая 1) и частотно-селективной структуры с топологией, выполненной по рис.1 на подложке с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4,4$ и толщиной 2 мм (кривая 2).

Сравнение данных характеристик показывает более чем тысячекратный рост затухания колебаний у метаматериала (95,9 дБ против 50,8 дБ, обеспечиваемых импедансной металлической поверхностью) на частоте резонанса структуры 4070 МГц.

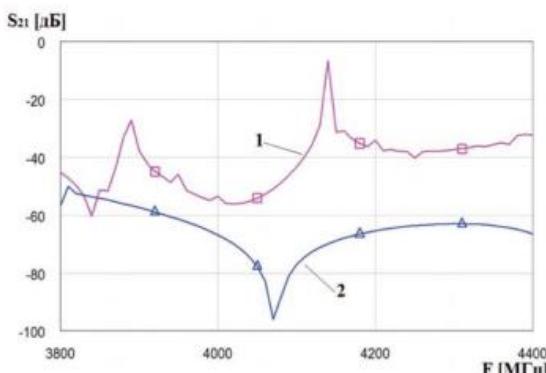


Рис. 3. Зависимости параметра S_{21} от частоты для импедансной металлической поверхности (1) и полосно-заграждающей структуры на метаматериале (2)

2. Грибовидные полосно-заграждающие структуры с расширенной полосой

Резонансная природа метаматериала не позволяет, к сожалению, обеспечивать развязку в широкой полосе частот. Так рассмотренная выше конструкция частотно-селективной СВЧ-структуры обеспечивает полосу заграждения 37 МГц по уровню (-80) дБ.

В работе [8] А. Санадой, К. Калосом и Т. Ито была описана грибовидная полосно-заграждающая структура, в которой между «шляпками грибков» и земляной плоскостью вводился дополнительный слой периодически расположенных проводящих пластин, не имеющих омического контакта ни между собой, ни с металлизированными переходными отверстиями (рис. 4). За счет влияния этих пластин, эквивалентная емкость между соседними элементами структуры увеличивается, что приводит к уменьшению резонансной частоты полосно-заграждающей структуры в целом при сохранении ее геометрических размеров. Однако этот прием не позволяет расширить рабочую полосу.

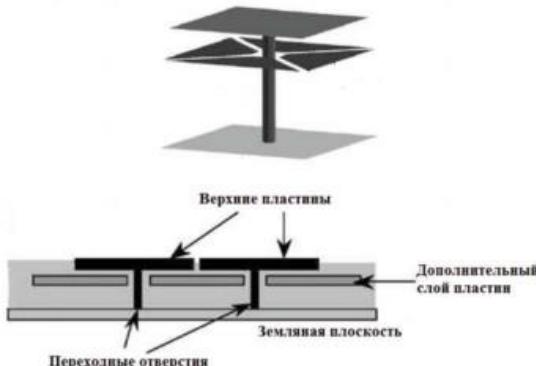


Рис. 4. Грибовидная полосно-заграждающая структура с дополнительным слоем периодически расположенных проводящих пластин

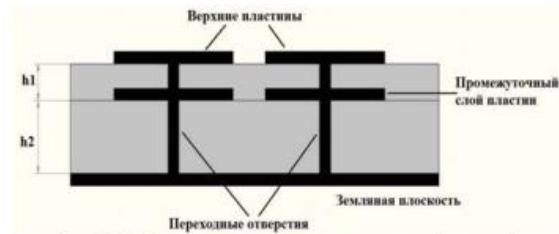


Рис. 5. Грибовидная структура с расширенной полосой заграждения

Одним из возможных способов расширения рабочего диапазона частотно-селективных СВЧ-устройств на основе грибовидных полосно-заграждающих структур является использование двухслойной диэлектрической подложки, в которой под верхними проводящими пластинами расположен дополнительный слой пластин такой же формы и размера, и также имеющих омический контакт с металлизированными переходными отверстиями (рис. 5).

Предлагаемая конструкция представляет собой две последовательно включенные грибовидные структуры, отличающиеся лишь длинами металлизированных переходных отверстий, которые определяют эквивалентные индуктивности контуров. Так эквивалентная индуктивность L_1 определяется суммарной толщиной подложек h_1+h_2 , а эквивалентная индуктивность L_2 – толщиной диэлектрической подложки h_2 . В общем случае h_1 не равно h_2 . Таким образом, имея разные значения эквивалентных индуктивностей, структуры имеют различные, но близкие друг к другу резонансные частоты, которые совместно образуют более широкую полосу заграждения по сравнению с полосой обычной грибовидной структуры.

3. Частотно-селективные СВЧ-устройства на объемных метаматериалах

Другим способом расширения рабочей полосы частотно-селективных СВЧ-устройств на основе высокометаллизированных поверхностей является применение многослойных печатных плат с расположенным в промежуточных слоях (между каждым колебательным контуром и экраном) проводниками в виде кольцевых разомкнутых резонаторов, представляющих собой вложенные друг в друга и разомкнутые с противоположных сторон изолированные кольца или многоугольники (рис. 6) [1-3, 9].

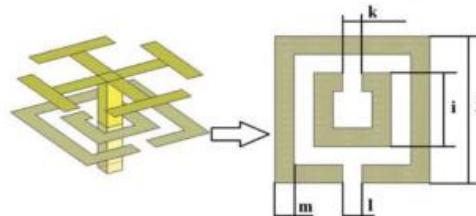


Рис. 6. Конструкция частотно-селективного СВЧ-устройства на метаматериале с кольцевыми разомкнутыми резонаторами.
Размеры: $i=4$ мм; $j=8$ мм; $k=l=m=1$ мм

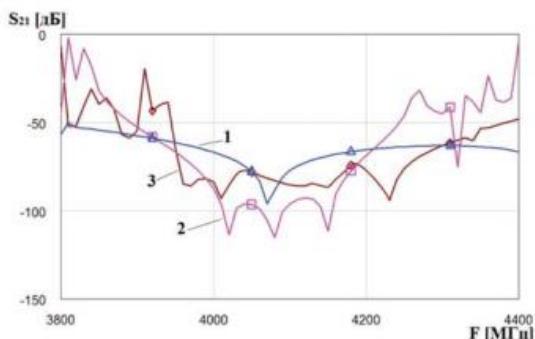


Рис. 7. Зависимости параметра S_{21} от частоты для полосно-заграждающих структур на однослоином (1), двухслойном (2) метаматериале и метаматериале с промежуточным слоем резонаторных колец (3)

Объединение нескольких высококомпенсированных топологических поверхностей формирует объемный композитный метаматериал, на основе которого могут быть созданы многодиапазонные или широкополосные частотно-селективные СВЧ-устройства, обладающие расширенной полосой заграждения и возможностью ее перестройки.

На рис. 7 показаны результаты численного моделирования полосно-заграждающей структуры с топологией распределенных колебательных контуров, изображенной на рис. 6 (кривая 3), в сравнении с топологией по рис. 5 (кривая 2) и по рис. 1 (кривая 1). Во всех трех случаях структуры имели одинаковые геометрические размеры, включая размеры крестообразных проводников. Относительная диэлектрическая проницаемость материала подложек $\epsilon = 4,4$, толщина – 2 мм.

Сравнение результатов расчета показывает, что структура по рис. 5 имеет больший по сравнению с традиционной гибридной конструкцией уровень затухания до (-115,2) дБ, и обеспечивает развязку на уровне (-80) дБ в полосе заграждения 3986–4175 МГц. Таким образом, введение в метаматериал дополнительного слоя проводящих пластин позволило в 5 раз (до 189 МГц) расширить рабочую полосу структуры без изменения ее габаритных размеров.

Полосно-заграждающая структура на метаматериале с кольцевыми разомкнутыми резонаторами демонстрирует рабочую полосу 3957–4242 МГц при затухании 80–94,7 дБ. Тем самым достигается более чем семикратное расширение полосы заграждения – до 285 МГц по сравнению с традиционной гибридной конструкцией.

4. Экспериментальное исследование частотно-селективного СВЧ-устройства на метаматериале

Экспериментальное исследование одного из рассмотренных выше частотно-селективных СВЧ-устройств на метаматериале выполнено с помощью векторного анализатора ZVB-4 компании Rodhe & Schwarz. Макет однослоиной гибридной полосно-заграждающей структуры, изготовленный на основе печатной платы из стеклотекстолита ($\epsilon = 4,6$) с габаритными размерами 100x50 мм и

толщиной 2 мм, показан на рис. 8. Геометрические размеры крестообразных проводников соответствуют рис. 1.

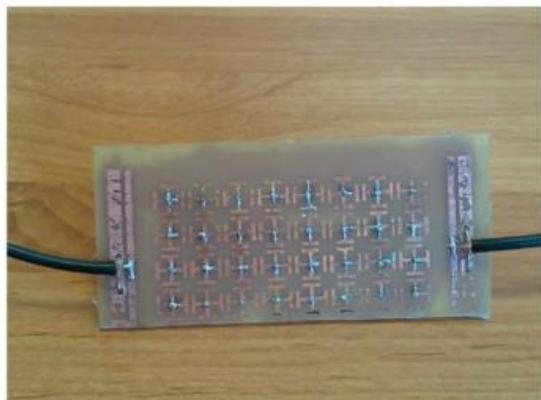


Рис. 8. Экспериментальный макет полосно-заграждающей структуры на метаматериале

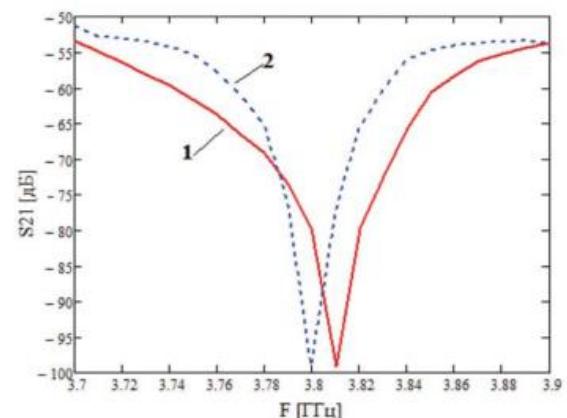


Рис. 9. Зависимости комплексного коэффициента передачи от частоты для макета полосно-заграждающей структуры на метаматериале: 1 – рассчитанная численно в программе AWR, 2 – полученная экспериментально

Результаты численного моделирования (кривая 1), выполненного с помощью AWR Design Environment (Microwave Office v.9.0) и эксперимента (кривая 2), показаны на рис. 9. Сравнительный анализ полученных кривых показывает, что затухание комплексного коэффициента передачи S_{21} , полученное численно, составляет 99,2 дБ на резонансной частоте 3810 МГц, а измеренное экспериментально – 99,0 дБ на частоте 3801 МГц. Разница в резонансных частотах составляет 9 МГц (0,25%), что вызвано погрешностями изготовления макета и находится в допустимых пределах. Следовательно, полученные результаты компьютерного моделирования можно считать достоверными.

Заключение

В работе предложены два оригинальных способа расширения рабочей полосы гибовидных метаматериалов без увеличения их габаритных размеров. Первый из них заключается в формировании между импедансной и земляной поверхностями метаматериала дополнительной импедансной поверхности, топология которой повторяет по форме и размеру проводящий рисунок, формирующий первую импедансную поверхность, и расположена строго под ней.

Другой способ заключается в формировании промежуточной импедансной поверхности из периодически расположенных на плоскости непосредственно под пластинами, формирующими верхнюю импедансную поверхность, вложенных кольцевых разомкнутых резонаторов, не имеющих омического контакта ни между собой, ни с верхними пластинами, ни с металлизированным переходным отверстием. Такая структура позволяет создавать не только широкополосные, но и многодиапазонные метаматериалы.

При помощи численного моделирования наглядно продемонстрирован эффект расширения в 5-7 раз полосы запирания частотно-селективных СВЧ-устройств, выполненных на основе предложенных метаматериалов, по сравнению с аналогичными устройствами на основе традиционной гибовидной конструкции. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие достоверность данных численного моделирования.

Литература

1. Вендики И.Б., Вендики О.Г. Метаматериалы и их применение в технике сверхвысоких частот (обзор) // Журнал технической физики. – 2013. – Т.83. – Вып.1. – С.3-28.
2. Metamaterials Handbook: Vol. I. Phenomena and Theory of Metamaterials. – 926 p.; Vol. II. Applications of Metamaterials. – 724 p. / Ed. by F.Capolino, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
3. Engheta N., Ziolkowsky R. W. Metamaterials – physics and engineering exploration. Danvers: John Wiley & Sons Inc., 2006. – 414 p.
4. Sievenpiper D., Zhang L., Broas R.J., Alexopolous N.G., Yablonovitch E. High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band // IEEE Trans. MTT. – 1999. – Vol. 47. – № 11. – P.2059-2074.
5. Бойко С.Н., Веселаго В.Г., Виноградов Е.А., Жуков А.А. Малогабаритные антенны на основе метаматериалов (практические аспекты) // Антенны, 2012. – № 12. – С. 32-41.
6. Бойко С.Н., Елизаров А.А., Закиррова Э.А., Кухаренко А.С. Исследование малогабаритного развязывающего СВЧ фильтра на метаматериале // Материалы международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП – 2014», Саратов, 2014. – Т.1. – С.218-225.
7. Froozesh A., Shafai L. Investigations into the application of artificial magnetic conductors to bandwidth broadening, gain enhancement and beam shaping of low profile and conventional monopole antennas. // IEEE Trans. AP. – 2011. – Vol.59. – №1, pp.4-20.
8. Sanada A., Caloz C., Itoh T. Planar distributed structures with negative refractive index // IEEE Trans. MTT. – 1999. – Vol. 52. – № 4, pp.1252-1263.
9. Caloz Ch., Itoh T. Electromagnetic metamaterials: transmission line theory and microwave applications (the engineering approach) – New Jersey: A John Wiley & Sons Inc., 2006. – 352 p.

softline®

Services Software Cloud

ИТ-архитектура
вашего бизнеса

40

T-Comm Том 9. #5-2015



ANALYSIS OF METAMATERIAL PHYSICAL FEATURES AND CONSTITUTED FREQUENCY-SELECTIVE DEVICES

Kukharenko A.S., Russia, Moscow, alexk.05@mail.ru

Yelizarov A.A., Russia, Moscow, a.yelizarov@hse.ru

Abstract

One of modern electrodynamics and microwave electronics evolution ways is investigation of metamaterials, which are composite unions, which properties are caused by artificially made periodic macro element system. But these structures have an overall mismatch - a narrow working band, which is caused by its resonant nature. An analysis of metamaterial physical properties and constructions of frequency-selective microwave devices, based on mushroom-type band-gap structures is presented. Ways of the mentioned devices band width extension which are in forming double or multilayer structures, where layers are formed by impedance frequency-selective structures, are suggested. The first suggested way is forming an additional layer of conducting plates having a contact with vias, which also have a contact with top impedance surface plates and with ground plane. The second suggested way is to form the middle impedance plane from resonant inserted rings, periodically placed on a plane. Resonant rings should be placed in the middle layer of the structure under the top plates concentrically around the via, having no contact with them, the external ring diameter shouldn't be larger than the plate length. It is shown, that using of middle impedance surfaces in mushroom-type band-gap constructions allows creating microwave devices based on 3-D metamaterials with extended bandwidth and a possibility of its readjusting and also multiband frequency-selective devices creation. Using AWR Design Environment (Microwave Office v.9.0) software a numerical analysis of microwave devices demonstrating a band width extension effect is made, and experimental data matching with the numerical analysis are shown. It is shown, that an interest to mushroom-type frequency-selective structures investigation is caused by perspective of using such devices for creation of frequency-selective microwave devices with better characteristics, in particular of special multipath mitigating ground planes for navigation systems and square filters for antenna element decoupling in antenna arrays.

Keywords: metamaterial, bandwidth extension, EBG structures, frequency-selective devices, mushroom-type structures.

References

1. Vendik I.B., Vendik O.G. Ghurnal tehnicheskoy phiziky, 2013. Vol.83. No.1, pp.3-28. (in Russian).
2. Metamaterials Handbook: Vol. I. Phenomena and Theory of Metamaterials, 926 p.; Vol. II. Applications of Metamaterials, 724 p. / Ed. by F.Capolino, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
3. Engheta N., Ziolkowsky R.W. Metamaterials – phisics and engineering exploration, Danvers, John Willey and sons inc., 2006. 414 p.
4. Sievenpiper D., Zhang L., Broas R.J., Alexopolous N.G., Yablonovitch E. High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band, IEEE Trans. MTT. 1999. Vol. 47. No. 11, pp. 2059-2074.
5. Boyko S.N., Veselago V.G., Vinogradov Y.A., Ghukov A.A., Antenny. 2012. No 12, pp. 32-41. (in Russian).
6. Boyko S.N., Yelizarov A.A., Zakirova E.A., Kukharenko A. S. APEP-2014 conference, Saratov. 2014. Vol. 1, pp. 218-225. (in Russian).
7. Froozesh A., Shafai L. Investigations into the application of artificial magnetic conductors to bandwidth broadening, gain enhancement and beam shaping of low profile and conventional monopole antennas. IEEE Trans. AP. 2011. Vol. 59. No. 1, pp. 4-20.
8. Sanada A., Caloz C., Itoh T. Planar distributed structures with negative refractive index. IEEE Trans. MTT. 1999. Vol. 52. No 4, pp.1252-1263.
9. Caloz Ch., Itoh T. Electromagnetic metamaterials: transmission line theory and microwave applications (the engineering approach), New Jersey, A John Wiley & Sons Inc., 2006, 352 p.

Information about authors: Kukharenko A.S., Ph. D., head researcher, Branch of "United Rocket and Space Corporation" "Institute of Space Device Engineering", Moscow, Russia.
Yelizarov A.A., Ph. D., professor, National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia.

For citation:

Kukharenko A.S., Yelizarov A.A. Analysis of metamaterial physical features and constituted frequency-selective devices . T-Comm. 2015. Vol 9. No.5, pp. 36-41. (in Russian).