

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Турулин И.И.* Электроника и микропроцессорная техника. Ч. 1. Аналоговая и аналого-цифровая электроника: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – 154 с.
2. *Полищук А.* Программируемые аналоговые ИС Anadigm: структуры и принципы построения // Современная электроника. – 2005. – № 1. – С. 24-27.
3. *Редькин П.П.* Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments: архитектура, программирование, разработка приложений – М.: Изд. дом «Додэка-XXI», 2006. – 608 с.
4. *Самойлов Л.К.* Комплексная оценка параметров набора интегральных устройств для аналого-цифрового преобразования сигнала // Труды международной конференции ПЭМ-2006. п. Дивноморск, 2006.
5. *Галалу В.Г.* Преобразователи код–напряжение с суммированием токов на аттенуаторах лестничного типа. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 186 с.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н. Е.А. Заковоротнов.

Самойлов Леонтий Константинович

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: samoilov@tti.fep.sfedu.ru.

347928, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2.

Тел.: 88634311193.

Кафедра автоматизированных систем научных исследований и экспериментов; заведующий кафедрой.

Samoilov Leonty Konstantinovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: samoilov@tti.fep.sfedu.ru.

2, Shevchenko Street, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634311193.

The Department of Automated Research Systems; Head the Department.

УДК 621.396

М.С. Китайский, А.О. Касьянов, С.И. Заковоротный

**ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОНКОПЛОСКОСТНЫХ
РАДИОПОГЛОТИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ
ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ РЕШЕТКИ МИКРОПОЛОСКОВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ**

Приведены результаты численного моделирования эффекта поглощения микроволновой энергии при рассеянии плоской электромагнитной волны на конструкции в виде периодической решетки микрополосковых элементов с магнитодиэлектриком, обладающим магнитными потерями. Рассмотрена математическая модель микрополосковой отражательной антенной решетки, задача рассеяния плоской электромагнитной волны, результаты расчета коэффициента отражения для разных топологий микрополоски и толщин подложки.

Микрополосковый переизлучатель; численное исследование; поглощение микроволновой энергии; коэффициент отражения.

M.S. Kitaiskiy, A.O. Kasyanov, S.I. Zakovorotniy

**THE ELECTRODYNAMIC ANALYSIS OF THE THIN-FILM RADIO
ABSORBERS CONTAINING FREQUENCY-SELECTIVE ARRAY
OF MICROSTRIP ELEMENTS**

The results of numerical simulation of the effect of absorption of microwave thermal energy in the scattering of plane electromagnetic waves on structures in the form of a periodic lattice of microstrip elements magnetodielectrics having with magnetic losses, the mathematical model of the microstrip reflector with respect to the antenna array, the scattering problem of a plane electromagnetic wave the results of the calculation of the reflection coefficient for different topologies and microstrip substrate thickness.

The microstrip reradiator; numerical research; absorbing microwave energy; reflection factor.

Введение. За последнее время получено множество материалов, в основном искусственных, применяющихся для поглощения СВЧ-энергии электромагнитного поля. Для электромагнитных полей высокой интенсивности используются пирамидальные конструкции из поглощающего материала. Варьируя геометрические размеры пирамид, конфигурацию их расположения, а также поглощающие свойства материала, достигают желаемых характеристик поглощающего покрытия. Часто подобные покрытия используются в безэховых камерах для создания условий, близких к условиям неограниченного пространства. Однако из-за своих громоздких размеров такие решения не находят применения в военных системах и системах связи. В таких системах представляют интерес поглотители, имеющие малые размеры и массу. Технические требования, предъявляемые к материалу поглотителя, часто противоречивы. Он должен быть легким, иметь небольшую толщину, заданную частоту поглощения и полосу поглощения, заданный уровень поглощения и т.д. Удовлетворить всем требованиям в каждом конкретном приложении только выбором материала очень трудно. Поэтому возникает интерес исследования возможности регулирования основными параметрами поглощения конструкции за счет параметров самой конструкции. В качестве материалов с магнитными потерями могут использоваться: Са-ферриты, Вг-ферриты, железокремниевые ферриты, искусственные материалы с ферритовыми микроэлементами [1].

Описание модели и результаты численных экспериментов. Для анализа явлений поглощения использована математическая модель микрополосковой отражательной антенной решетки, для которой решена задача рассеяния плоской электромагнитной волны [2]. Модель конструкции представляет собой бесконечный металлический экран с нанесенным на него слоем материала – поглотителя (магнитодиэлектрика). Аналогом такого поглотителя является конструкция, описанная, например, в [3]. На поверхности подложки образована бесконечная двоякопериодическая решетка микрополосковых элементов произвольной формы (рис.1). В модели также предусмотрена возможность введения в состав конструкции штырей с произвольным поверхностным импедансом, шунтирующих микрополосковый элемент на экран [4]. Численное решение задачи получено применением метода моментов, а именно его модификацией – метода Галеркина, к системе интегральных уравнений, описывающих волновой процесс рассеяния плоской волны дифракционной решеткой [5]. При проведении численного эксперимента предполагалось, что материал подложки обладает только магнитными потерями. Относительная магнитная проницаемость $\mu = \mu' - j \cdot \mu''$ выбрана равной $\mu' = 5$, $\mu'' = 2$. Относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_r = 3$. Полагается, что проницаемости не зависят от частоты. Исследуется зависимость коэффициента отражения по основной гармонике от геометрических размеров структуры и для различных топологий микро-

полоскового элемента. Во всех экспериментах $\lambda_0 = 0,1$ м. На рис. 1 изображены исследовавшиеся топологии единичных ячеек.

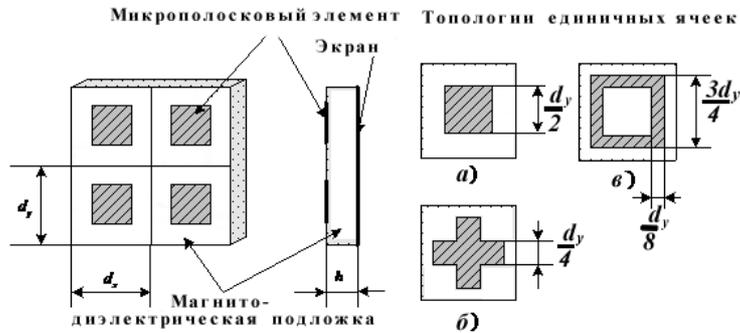


Рис.1. Конструкция поглотителя

На рис. 2 представлены результаты расчета коэффициента отражения (КО) для разных топологий микрополоска и толщин подложки. Исследованные топологии единичных ячеек приведены на рис. 1: тип а), тип б), тип в). Размер единичной ячейки $d_x \times d_y = 0,05 \cdot \lambda_0 \times 0,05 \cdot \lambda_0$ остается неизменным, изменяется только толщина подложки в пределах от $0,09 \cdot \lambda_0$ до $0,17 \cdot \lambda_0$.

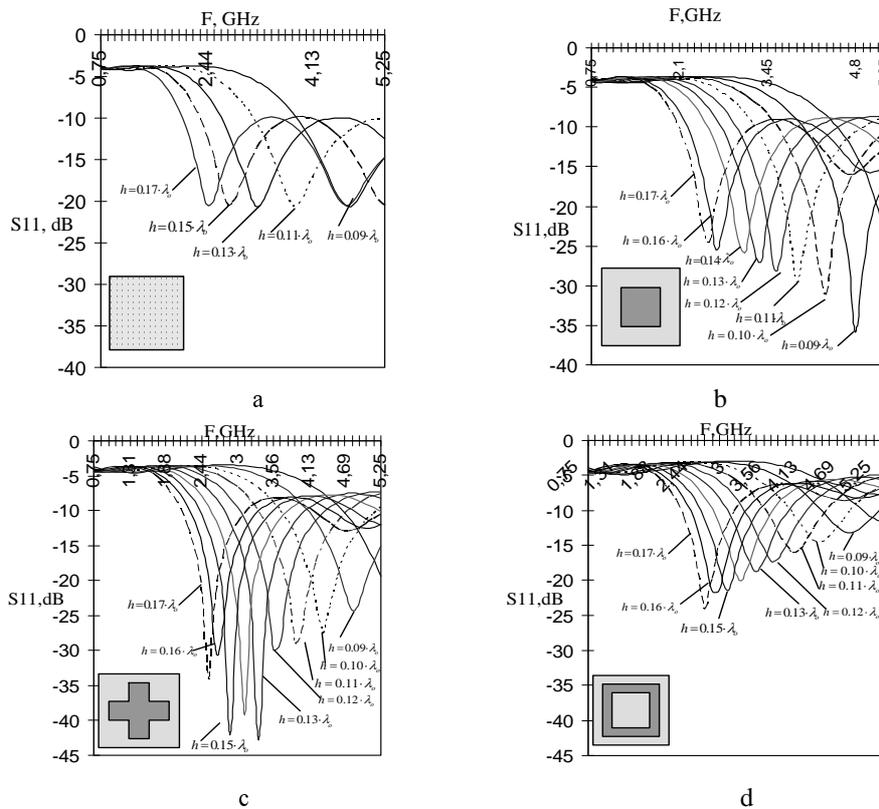


Рис. 2. Модуль КО разных структур в зависимости от толщины подложки h

Приведенные на рис. 2,а частотные характеристики КО соответствуют случаю отсутствия микрополоска, на рис. 2,б – конструкции с топологией типа а), на рис. 2,с – конструкции с топологией типа б) и, наконец, на рис. 2,д – конструкции с топологией типа в). Из приведенных результатов видно, что резонансная частота поглощения при уменьшении толщины подложки h увеличивается. Причем, в случае отсутствия микрополоска уровень поглощения остается постоянным. Структуры типов а) и б) позволяют значительно увеличить уровень поглощения. Структура типа в) по сравнению со структурой типа а) выигрыша не дает. Следует отметить, что общей чертой приведенных на рис. 2 частотных характеристик КО является высокая добротность резонанса поглощения.

На рис.3 представлены результаты расчета коэффициента отражения для разных значений периода решетки. Период изменяется в пределах $d_x = d_y = 0,04 \cdot \lambda_0 \dots 0,15 \cdot \lambda_0$, толщина подложки $h = 0,175 \cdot \lambda_0$.

Анализ полученных кривых позволяет сделать главный вывод: резонансная частота поглощения от периода решетки не зависит. Период решетки влияет только на уровень поглощения. Структура типа б) позволяет регулировать уровень поглощения в более широких пределах, чем структура типа а). Полоса поглощения также мало зависит от периода.

На рис. 4 представлены результаты расчета коэффициента отражения при разных углах падения электромагнитной волны. Размер единичной ячейки $d_x \times d_y = 0,05 \cdot \lambda_0 \times 0,05 \cdot \lambda_0$ и толщина подложки $h = 0,175 \cdot \lambda_0$ остаются неизменными.

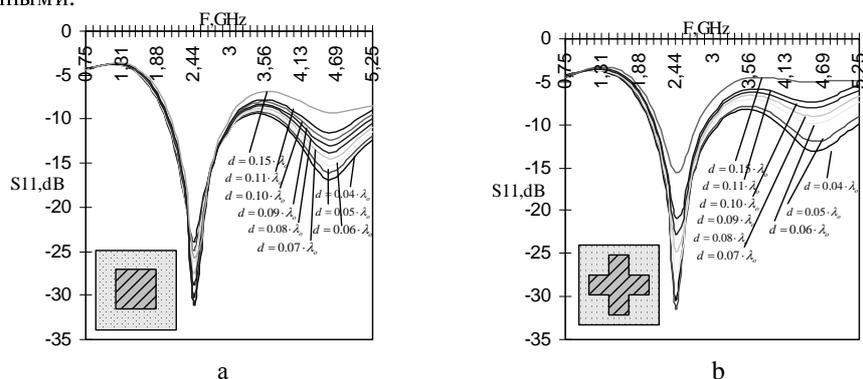


Рис.3. Модуль КО разных структур в зависимости от периода

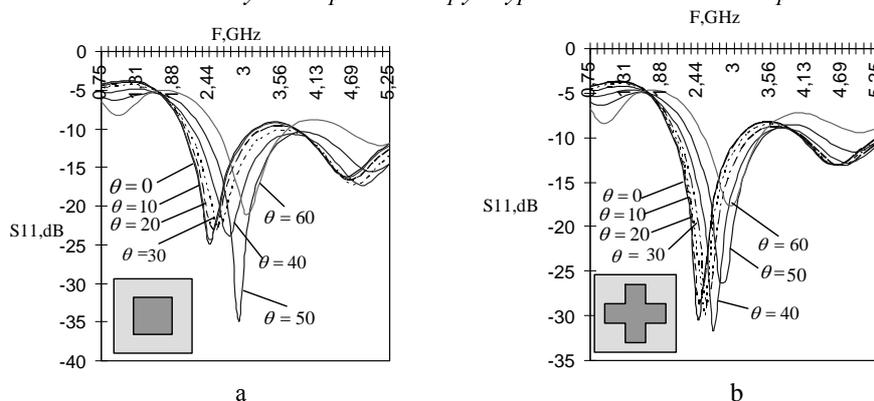


Рис. 4. Модуль КО разных структур в зависимости от угла падения θ

Характерной особенностью кривых, полученных в данном эксперименте, является смещение резонансной частоты поглощения в область более высоких частот при увеличении угла падения.

Как указывалось выше, при проведении численных исследований полагалось, что материал подложки микрополосковой отражательной антенной решетки обладает лишь магнитными потерями, причем параметры материала подложки с частотой не изменяются. Интересным с точки зрения построения широкополосных радиопоглощающих покрытий является использование магнитодиэлектриков, параметры которых изменяются с изменением частоты. Для иллюстрации сказанного, обратимся к результатам моделирования, представленным на рис. 5. На рис. 5,а приведена частотная зависимость модуля КО для топологии микрополоскового элемента, изображенного на рис. 1,б. При этом $d_x = d_y = 0,45 \cdot \lambda$, $h = 0,03 \cdot \lambda$, с изменением частоты изменяется только лишь ϵ'' , а $\epsilon' = 1$ и $\mu = 1$. Как видно из графика, значительное поглощение СВЧ-энергии по-прежнему происходит в узкой полосе частот. На рис. 5,б приведена частотная зависимость модуля КО для слоя магнитодиэлектрика толщиной $h = 0,032 \cdot \lambda_0$ с частотно-зависимыми параметрами, расположенного на проводящем экране. Зависимости действительной и мнимой частей ϵ и μ от частоты для радиопоглощающего материала ТФ-30 приведены на рис. 6 и 7. Из графика на рис. 5,б видно, что поглощение СВЧ-энергии происходит в значительно более широкой полосе частот, однако уровень поглощения оказался меньше в сравнении с предыдущими случаями.

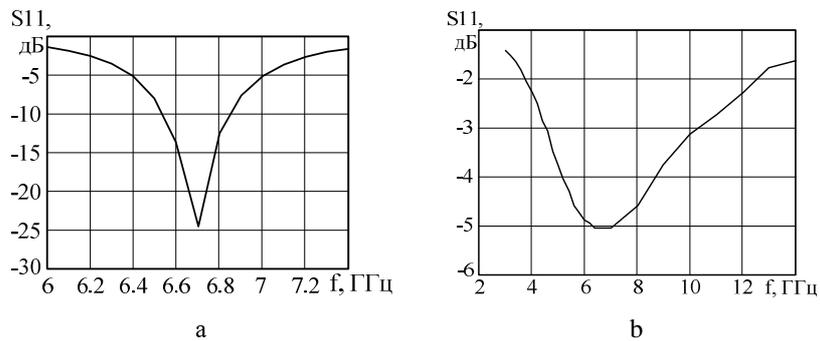


Рис. 5. Модуль КО для различных структур

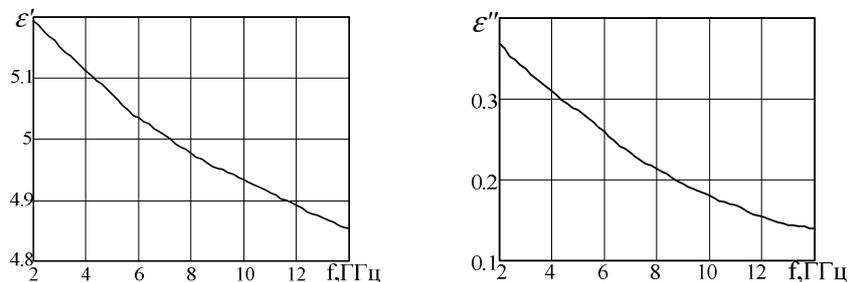


Рис. 6. Частотная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости

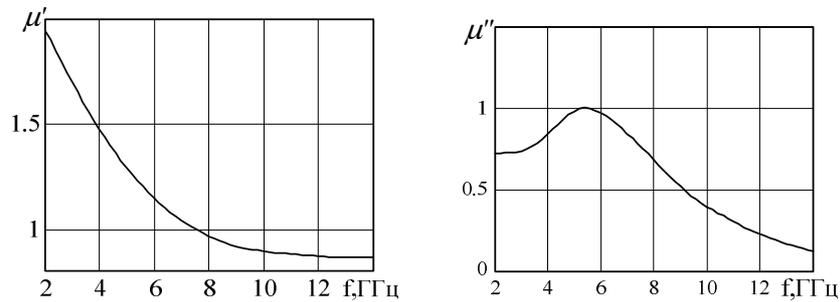


Рис. 7. Частотная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости

Выводы. Из проведенного исследования можно сделать несколько выводов. Кривые поглощения носят резонансный характер. Значительного уровня поглощения удастся достичь только в узкой полосе частот. Резонансная частота поглощения не зависит от формы микрополоскового элемента и периода решетки, а зависит только от толщины магнитодиэлектрика. Этот результат расходится с результатами приведенными, например, в [3]. Введение в состав конструкции штырей, шунтирующих каждый микрополосковый элемент с экраном, незначительно влияет на поглощающие свойства покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.stewardmaterials.com>
2. Barry J. Rubin, Henry L. Bertony Reflection from a periodically perforated plane using a sub-sectional current approximation // IEEE Trans. Antennas and Propag., 1983. – Vol. AP-31, № 6, November. – P. 829-836.
3. Matsuhiro Amano, Youji Kotsuka - A Novel Microwave Absorber with Surface-Printed Conductive Line Patterns // IEEE MTT-Symposium Digest. – 2002. – P. 1193–1196.
4. Заковоротный С.И., Касьянов А.О. Математическая модель микрополосковой отражательной антенной решетки // Сб. науч. статей «Радиоконтроль». – 2006. – № 9.
5. Марков Г.Т., Петров Б.М., Грудинская Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Сов. радио, 1979. – 376 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.М. Чекрыгина.

Китайский Максим Сергеевич

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: kitaiskii_maksim@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634389358.

Кафедра антенн и радиопередающих устройств; ассистент.

Касьянов Александр Олегович

E-mail: kasao@mail.ru.

Тел.: 88634388844.

Кафедра антенн и радиопередающих устройств; доцент.

Заковоротный Сергей Иванович

E-mail: sapsan666_z@mail.ru.

Кафедра антенн и радиопередающих устройств; аспирант.

Kitaiskiy Maxim Sergeevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: kitaiskii_maksim@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634389358.

The Department of Antennas and Radio Transmitters; Assistant.

Kasyanov Alexander Olegovich

E-mail: kasao@mail.ru.

Phone: 88634388844.

The Department of Antennas and Radio Transmitters; Associate Professor.

Zakovorotniy Sergey Ivanovich

E-mail: sapsan666_z@mail.ru.

The Department of Antennas and Radio Transmitters; Postgraduate Student.

УДК 658.012.011

Е.Ю. Косенко, В.В. Шадрина, О.В. Косенко

ЗАДАЧА ВЫЯВЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Выявление статистических зависимостей между параметрами структуры и факторами, влияющими на эти характеристики, позволяет унифицировать процесс проектирования информационно-управляющих систем. В основу данного подхода положены методы корреляционного анализа. Предложена методика выявления нормативов, позволяющая решить задачу синтеза организационной структуры системы.

Граф организационной структуры; метод синтеза; моделирование.

E.J. Kosenko, V.V.Shadrina, O.V.Kosenko

PROBLEM OF REVEALING OF STATISTICAL DEPENDENCES BETWEEN PARAMETERS OF STRUCTURE OF INFORMATION SYSTEM

Revealing of statistical dependences between parameters of structure and the factors influencing these characteristics allow to unify process of designing of information-operating systems. Methods of the correlation analysis are put in a basis of the given approach. The technique of revealing of the specifications, allowing to solve a problem of synthesis of organizational structure of system is offered.

Count the organizational structure; method of synthesis; simulation.

Современные тенденции создания информационно-управляющих систем направлены на унификации процедур и технологий реализации основных этапов данного процесса. В основном это обусловлено достаточно большим опытом практической реализации информационно-управляющих систем. В связи с чем сформировался теоретический и практический задел по оценке влияния отдельных факторов и параметров на организационную структуру системы.

Как показано в [1], организационная структура системы информационного обеспечения в общем виде представляется как симбиоз аппаратной и программной архитектуры, а также и структуры информационных потоков между элементами и подсистемами (2.1), которые определяются процессами функционирования предприятия. Ядром организационной структуры является структура информационных потоков.