

УДК 538.56

ДИСПЕРСИОННЫЕ ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

М.А. ВИЛЬКОЦКИЙ, Л.М. ЛЫНЬКОВ, ФАРХАТ АЛИ СААД

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П.Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 4 декабря 2012

Рассмотрены возможности использования дисперсионных экранов, представляющих собой планарные конструкции, образованные резонансными элементами проволочного и щелевого типа для разрушения информационных потоков, распространяющихся в электромагнитных полях. Эта возможность заключается в том, что такие экраны могут иметь большую дисперсию коэффициента передачи в комплексной плоскости, что приводит к разрушению структуры импульсных широкополосных сигналов. Вместе с тем, такие структуры могут иметь узкие полосы частот, в которых дисперсионные характеристики позволяют осуществлять связь либо узкополосное пространственно-частотное заграждение.

Ключевые слова: защита информации, экранирование, открытый резонатор.

Введение

Защита информационных объектов пассивными методами заключается в создании системы экранов, замкнутых экранирующих оболочек либо сетевых фильтров, направленных на уменьшение уровня собственного излучения источника информации в области частот, где его излучение имеет наибольший уровень и информативность.

Достоинством пассивного способа является его скрытность для обнаружения. Пассивная система не демаскирует месторасположение источника возможной утечки информации. Однако современные высокочувствительные системы приема радиосигналов способны выделять и обрабатывать внутрисистемные сигналы секретных информационных объектов в том случае, если их местоположение локализовано с необходимой точностью. Точность может колебаться в пределах от единиц метров до десятков километров в зависимости от способа и месторасположения канала утечки информации (наземный, надводный, воздушный, космический).

Целью данной работы является выработка рекомендаций по использованию дисперсионных экранов в качестве пассивного средства защиты информации по каналу ЭМИ.

В настоящее время основные усилия исследователей и разработчиков направлены на создание малогабаритных и широкополосных материалов поглощающего типа. Это важное направление, однако иногда объекты, обрабатывающие важную информацию, имеют в своем составе устройства связи, радиолокации и навигации. Экранировка таких объектов принципиально невозможна с помощью широкополосных материалов как, поглощающего так и экранирующего типа. Одним из возможных направлений в решении таких задач может явиться применение пассивных экранов с сильно выраженными дисперсионными свойствами.

Свойства дисперсионных металлодиэлектрических экранов

Возможность практической реализации таких фильтров заключается в разработке металлодиэлектрических периодических экранов на основе резонансных элементов проволочного либо щелевого типов, а также их комбинаций. В силу принципа двойственности [1] такие экра-

ны имеют аналогичные характеристики рассеяния при замене магнитного и электрического полей на их поверхностях.

Теорема двойственности утверждает, что если первичные поля удовлетворяют соотношениям $E_2^0 = -H_1^0$; $H_2^0 = E_1^0$, то полные поля E_1, H_1 (в первой задаче) и E_2, H_2 (во второй задаче) связаны между собой в нижнем полупространстве $z > 0$ следующим образом: $E_2 = H_1 - H_1^0$; $H_2 = -(E_1 - E_1^0)$.

В том случае если такие структуры располагаются поочередно в одной конструкции, то они по своим свойствам отличаются от классических диэлектриков. Имеются работы, в которых показано, что подобные экраны могут иметь свойства резонаторов с непрерывным спектром, а также служить основой поглощающих и «невидимых» экранов [2–6]. Некоторое представление о свойствах конструкций из таких материалов может быть получено на основе описания их как однородных материалов, имеющих отрицательные константы диэлектрической и магнитной проницаемости в определенных частотных диапазонах

Типичная геометрия периодического экрана показана на рис. 1. На рис. 2 приведены некоторые геометрии единичных элементов, образующих экран.

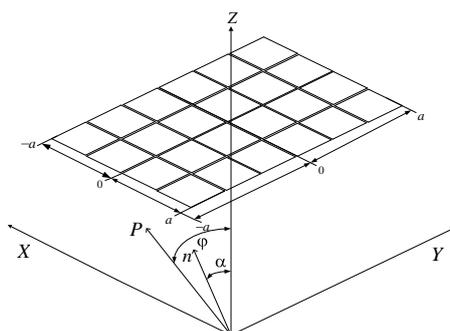


Рис. 1. Геометрия образца экрана

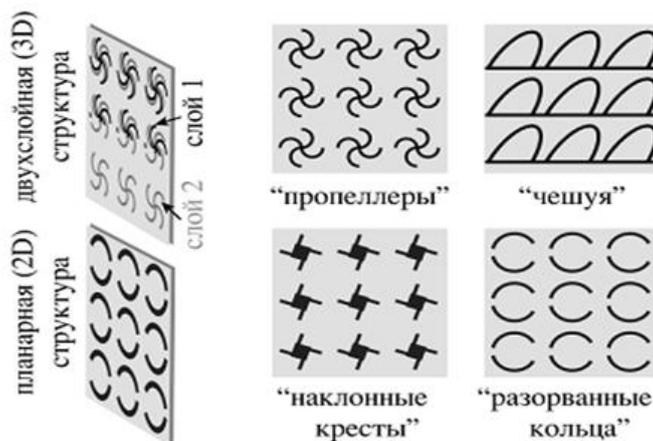


Рис. 2. Планарные и объемные дисперсионные экраны, образованные элементами различной формы

Изучение свойств экранов, предназначенных для систем защиты от возможных утечек информации, как правило, заключается в оценке их амплитудочастотных характеристик. Однако, определяющими параметрами таких экранов затруднения возможности распознавания информации являются фазовые характеристики.

Известно, что характеристики сигнала во временной области связаны обратным преобразованием Фурье:

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega.$$

Поскольку подынтегральная функция комплексна, то она в значительной степени зависит от первой производной фазового множителя.

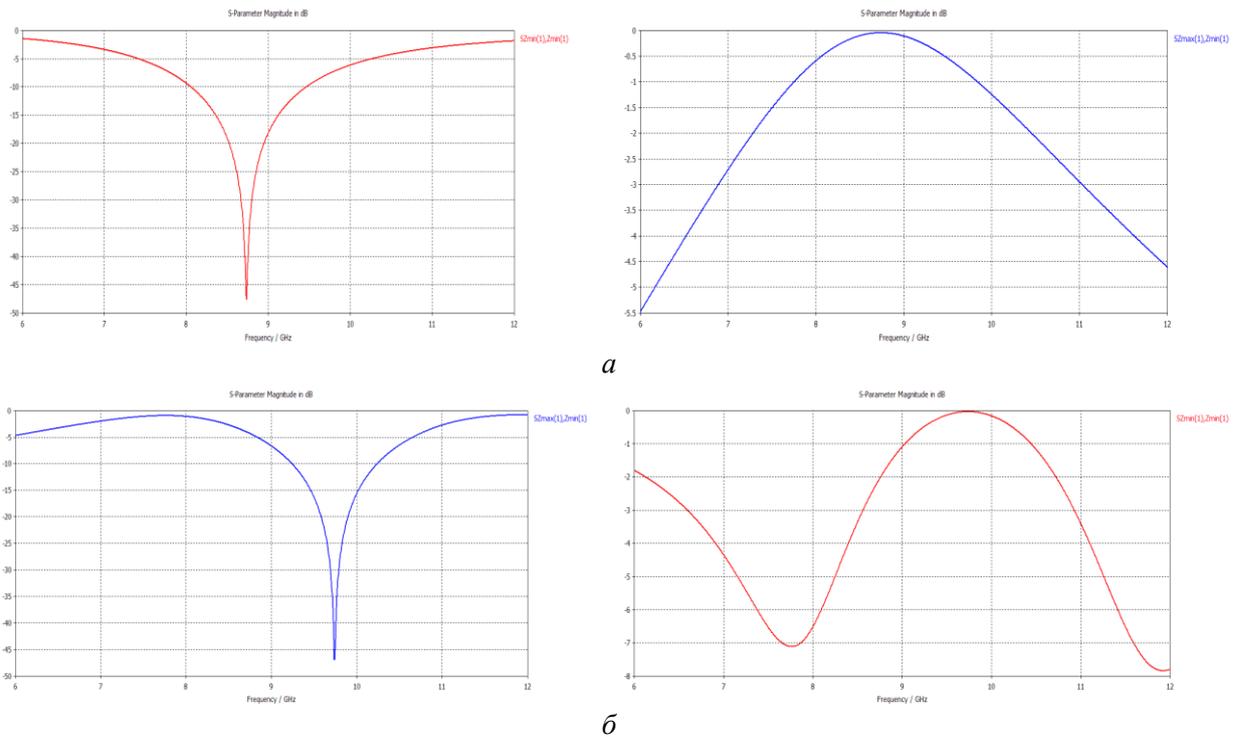


Рис. 3. Типичные амплитудочастотные характеристики дисперсионных экранов: *a* – щелевого типа; *б* – двухслойного со слоями взаимодополнительного типа

Моделирование характеристик взаимодополнительных экранов

Основные задачи моделирования заключались в том, чтобы получить комплексные характеристики рассеяния на экранах и экранирующих конструкциях. При этом основное внимание было уделено анализу фазовых характеристик, которые для импульсных сигналов могут определять защитные параметры. Предварительные исследования показали, что применение таких экранов по эффективности может превосходить сетчатые и сплошные экраны. Расчеты проводились с помощью программного обеспечения CST. Анализировались конструкции из поочередно расположенных щелевых и проволочных экранов различных геометрий. Выяснилось, что в области низких частот экранирующие свойства приближаются к свойствам сплошных металлических экранов. С приближением к частоте основной моды одиночного элемента амплитудная характеристика становится изрезанной, и появляются участки с противоположной относительно свободного пространства фазовой дисперсией. При этом матрица рассеяния экрана невзаимная.

На рис. 4 приведены коэффициенты рассеяния двухслойного экрана с нижней собственной частотой одиночного элемента 10 ГГц толщиной 1 мм. На рис. 5 коэффициенты рассеяния при расстоянии между слоями 10 мм.

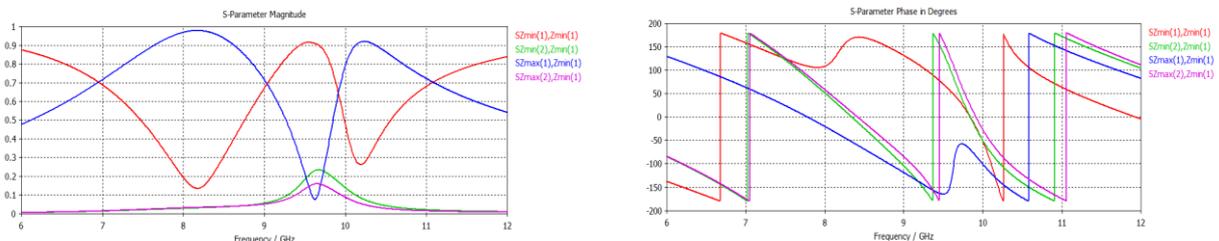


Рис. 4. Коэффициенты рассеяния двухслойного экрана

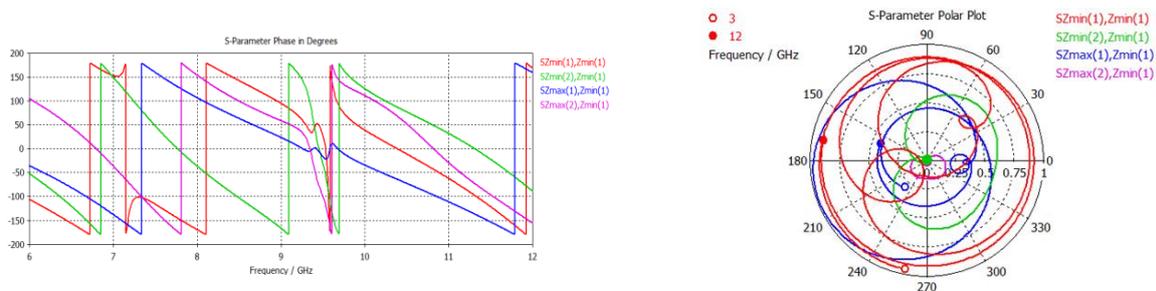


Рис. 5. Коэффициенты рассеяния при расстоянии между слоями 10 мм

Видно, что в области низких частот наклон фазовых характеристик слабо зависит от частоты. При повышении частоты появляются участки с сильной дисперсией.

Заключение

Исследование характеристик планарных конструкций экранов взаимодополнительного типа показали, что они обладают сильно выраженными дисперсионными свойствами и представляют собой пространственно частотный фильтр. Информационный сигнал, проходя через дисперсионный экран, испытывает фазовые и амплитудные искажения, по своему принципу сходные с искажениями в системах кодирования радиотехнических сигналов. Восстановление импульсных характеристик такого сигнала и выделение из него информации затрудняются в связи с неизвестными характеристиками пространственно-частотного фильтра.

Экраны на основе таких конструкций могут применяться для защиты информации, содержащейся в широкополосных сигналах, одновременно обеспечивая окна прозрачности в узкой полосе частот. Такая задача возникает в том случае, если информационная система должна содержать в своем составе радиоканал для приема либо передачи информации.

DISPERSION ELECTROMAGNETIC RADIATION SHIELDS FOR THE INFORMATION PROTECTION SYSTEMS

M.A. VILKOTSKI, L.M. LYNKOU, FARHAT ALI SAAD

Abstract

The possibilities of using dispersion shields which are planar structures formed by resonant elements of wire and slot-type against information leakage via electromagnetic emanation. Such shields can have a large variance in the transmission coefficient of the complex plane, which leads to destruction of the structure of pulsed broadband signals. However, such structures may have narrow frequency bands in which the dispersion characteristics allow signal transmission implementation either creation of frequency space barrier in the narrow band.

Список литературы

1. *Вайнштейн Л.А.* Электромагнитные волны. М., 1957.
2. *Wang J.F., Qu S.B., Fu Z.T. et.al.* / Progress In Electromagnetics Research Letters. 2009. Vol. 7. P. 15–24.
3. EPN: suppliers, new products, European electronic product news. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.epn-online.com. – Дата доступа: 1.11.2012.
4. *Барыкина Е.И.* Математические модели отрицательной рефракции электромагнитных волн в диспергирующих, инверсных и анизотропных средах: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Ульяновск, 2009.
5. *Степанов В.А., Щербакова О.В.* // Радиоэлектроника. 2005. Вып. 1. С. 87–92.
6. «Природа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elementy.ru/lib/magazines/priroda>. – Дата доступа: 5.11.2012.