



DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.9.11>

УДК: 621.396.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДЯЩИХ СВОЙСТВ ДВУХГАММАДИОННОЙ СОГЛАСОВАННОЙ КОНФИГУРАЦИИ ДЛЯ ПРОВОДЯЩЕГО УЧАСТКА ПЕРЕДАЮЩЕЙ ЛИНИИ ПОЛОСКОВОГО ТИПА

И.В. Малышев, Н.И. Дубченко

«Южный федеральный университет»
347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, д.2

Статья поступила в редакцию 1 мая 2024 г.

Аннотация. В статье приведены результаты электродинамического моделирования проводящих свойств участка микроволновой линии передачи полоскового типа, содержащего поверхностную двухгаммадионную конфигурацию из напыленного проводящего материала. Исследования показали возможности возникновения и использования режекторно-селективных свойств такой структуры, а также методы управления частотными и передающими параметрами. Полученные результаты представляют интерес для разработчиков узлов микроволнового диапазона.

Ключевые слова: гаммадионный элемент, линия передачи полоскового типа, резонансная частота, коэффициент передачи.

Автор для переписки: Дубченко Никита Иванович, ndubchenko@sfedu.ru

Введение

В последнее время разработчики микроволновых устройств все чаще уделяют внимание возможности создания эффективных фильтрующих поверхностных структур, представляющих собой киральноподобные элементы, которые могут быть использованы в различных местах подложки [1]. Если эти элементы представляют собой некие периодически ориентированные структуры в объеме проводящей подложки или излучающих элементов, то они представляют собой метаматериалы, которые обладают особыми специфическими свойствами проводимости и при определенных условиях значительно улучшают электродинамические свойства передающего узла [2].

Однако, в современных публикациях довольно редко можно обнаружить исследования, посвященные электродинамическим свойствам отдельных гаммадионных простых структур, которые могут быть применены для частотной селекции.

1. Описание топологической схемы

В настоящей работе проведено исследование, основанное на компьютерном электродинамическом моделировании нескольких гаммадионных элементов на примере конструкции рис. 1.

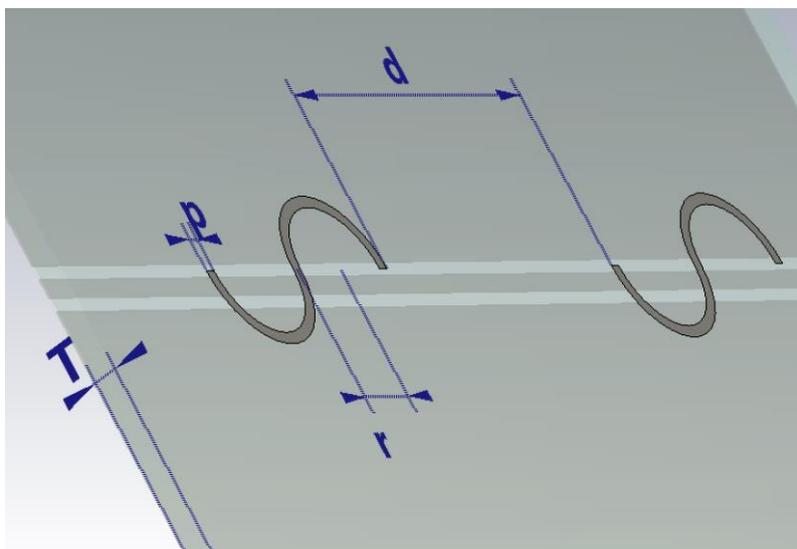


Рис. 1. Исследуемая ячейка с двумя плоскими гаммадионами.

Проводящая полосковая линия передачи (возможно и копланарного типа) размещена на нижней части данной конструкции, а пара гаммадионов на верхней ее части [3,4]. В качестве подложки использовался стеклотекстолит с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4,3$ и относительной магнитной проницаемостью $\mu = 1,0$. Толщина диэлектрической подложки во всех случаях была постоянной и равнялась $T = 1,6$ мм. Материал двух плоских гаммадионов – РЕС или идеально проводящий материал. Толщина гаммадионов постоянна $p = 0,5$ мм. Оба гаммадиона имеют равную длину $L = 2\pi r$, которая выбиралась из соображений диапазона частот, в котором проводились исследования (от 5 до 20 ГГц).

Расчет данной модели проводился при помощи программного пакета CST Studio Suite. В качестве оптимизируемых параметров были выбраны коэффициент передачи S_{21} и резонансная частота, которая определялась как соответствующая наибольшему или наименьшему значению параметра S_{21} .

Два гаммадиона располагаются друг за другом над проводящей линии на расстоянии d от конца одного и начала другого (рис.1). При этом управляющими параметрами АЧХ являлись радиус гаммадиона r и расстояние между ними d .

2. Результаты электродинамического моделирования

Проведение практического анализа полученной проводящей конфигурации (рис.1) показал связь резонансной частоты с радиусом гаммадиона в виде рис.2.

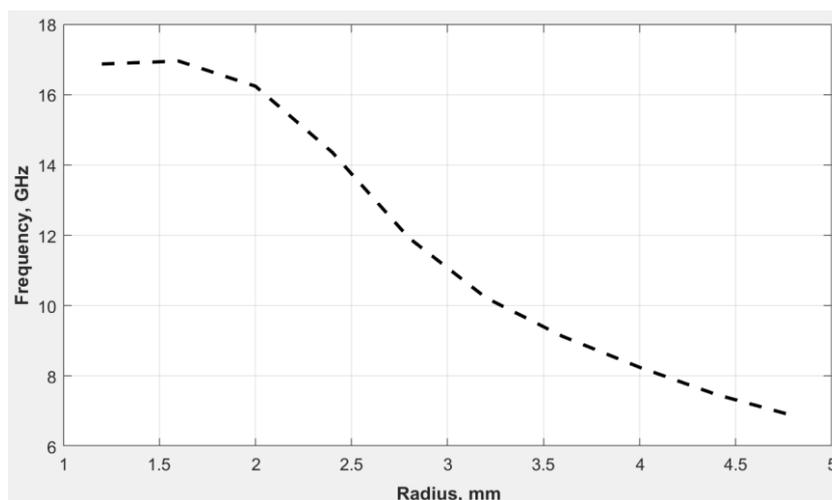


Рис. 2. Зависимость резонансной частоты от радиуса закругления гаммадиона.

Этому графику (рис.2) соответствует также полученная характеристика коэффициента передачи S_{21} , полученная на рис.3.

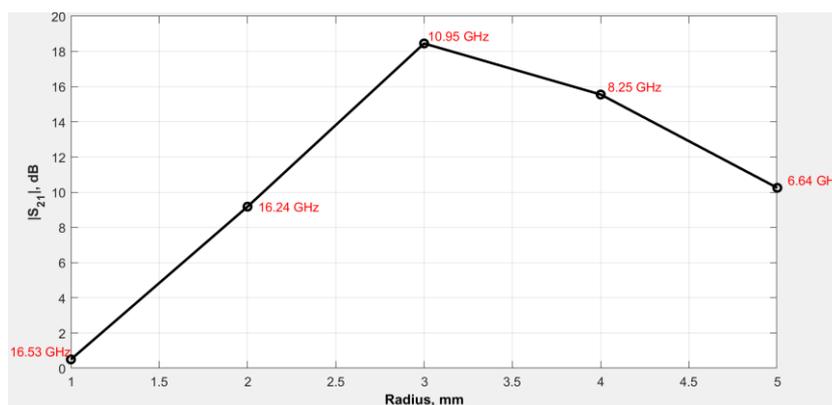


Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи S_{21} от радиуса закругления гаммадиона.

Полученные характеристики позволяют сделать вывод, что выбранная конфигурация представляет собой режекторный фильтр, АЧХ которого приведена на рис.4.

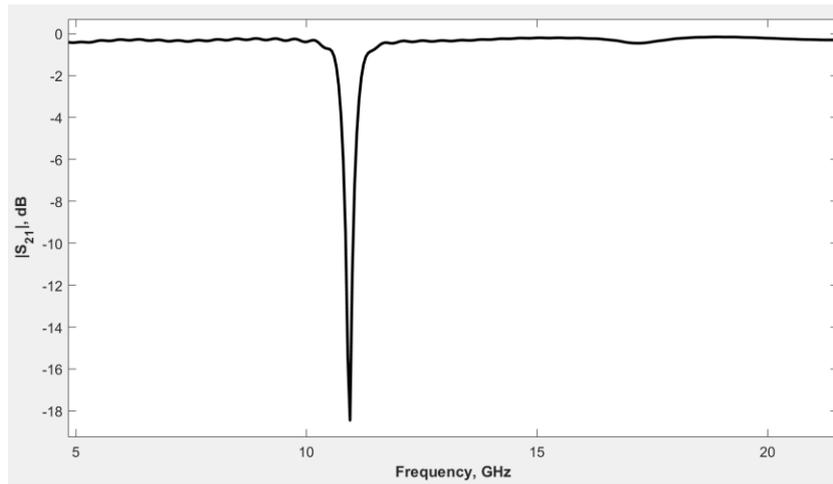
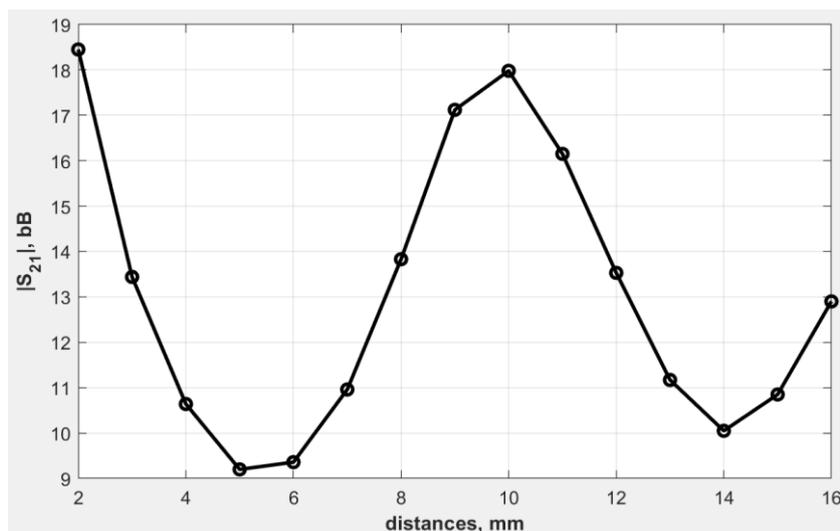
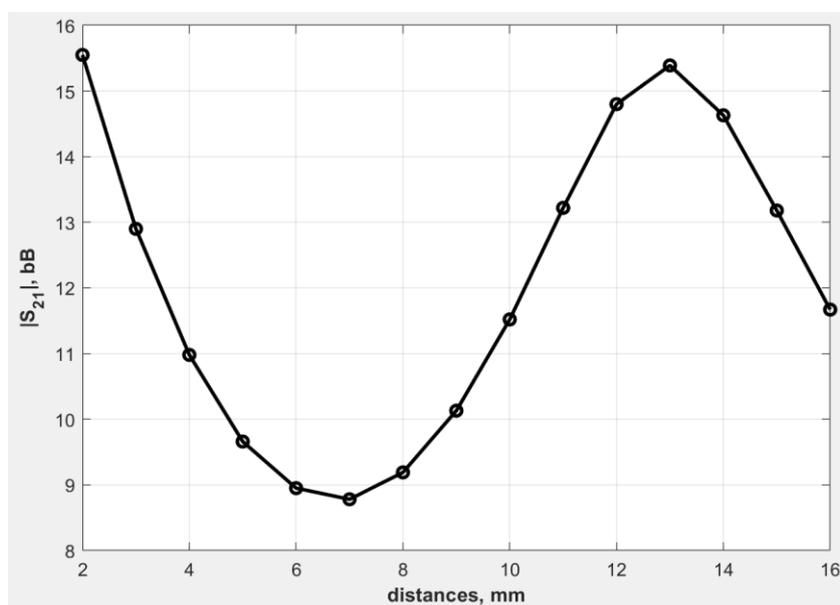


Рис. 4. АЧХ структуры при закруглении гаммадиона $r = 3$ мм.

При этом можно обнаружить, что величина затухания будет периодически менять свое значение в зависимости от расстояния между гаммадионами d , причем эта периодичность довольно характерна проиллюстрирована на рис.5 а)-б).



а)



б)

Рис. 5. Зависимость коэффициента передачи S_{21} от расстояния между гаммадионами: а) радиус закругления $r = 3$ мм; б) радиус закругления $r = 4$ мм.

Из вышеизложенного очевидно, что существуют условия как прямой пропорциональности, так и условия обратной пропорциональности зависимости коэффициента передачи S_{21} от расстояния между гаммадионами d . В любом случае, расстояние между гаммадионами является управляющим элементом для изменения параметра S_{21} . Следующим важным выводом, который был обнаружен при электродинамическом анализе – резонансная частота, обеспечивающая максимумы S_{21} , является практически постоянной

величиной, то есть на величину резонансной частоты, при котором наблюдается максимум S_{21} , не влияет расстояние между гаммадионами d .

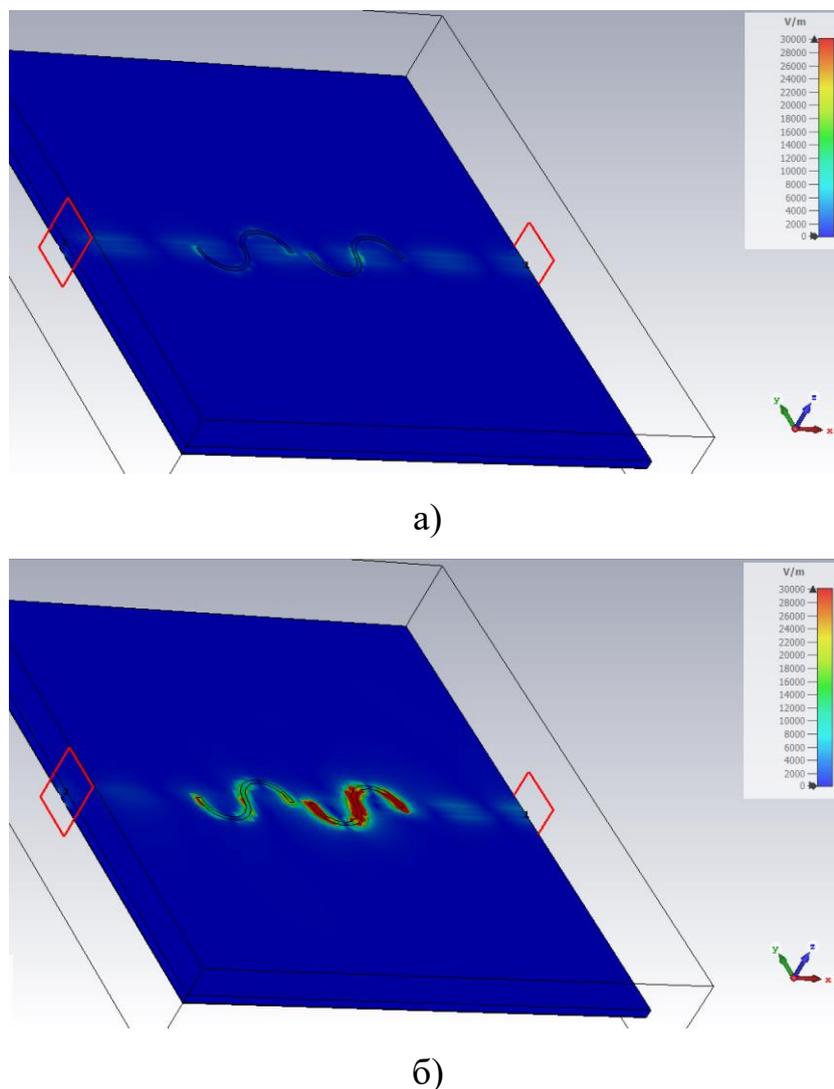


Рис. 6. Распределение ЭМП при радиусе закругления гаммадиона $r = 3$ мм и расстоянии $d = 1$ мм на: а) соседней нерезонансной частоте $f = 9$ ГГц; б) резонансной частоте $f = 10,95$ ГГц.

На рис. 6 показано распределение напряженности электромагнитного поля на резонансной и соседней нерезонансной частоте, что подтверждает частотно-селективные возможности такой конфигурации [5].

Заключение

Из вышеизложенного можно заключить, что гаммадионные конфигурации, расположенные на противоположной поверхности от передающей линии, могут представлять собой эффективные режекторные

частотно-селективные элементы, применение которых в составе передающих линий полоскового типа позволяет легко реализовать заданные параметры радиоэлектронных микроволновых устройств.

Литература

1. Аралкин М.В., Дементьев А.Н., Осипов О.В. Математические модели киральных метаматериалов на основе многозаходных проводящих элементов //Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2020. – Т. 23. – №. 1. – С. 8-19. <https://doi.org/10.18469/1810-3189.2020.23.1.8-19>
2. Osipov O.V., Panin D.N., Pocheptsov A.O. Study of the electrodynamic characteristics of metamaterials based on single and double-threaded thin-wire spiral elements // (in Russian) Information technologies. Radioelectronics. Telecommunications. – 2015. – №. 5–2. – С. 134-141.
3. Malyshev I.V., Dubchenko N.I. Analysis of the Frequency-Selective Properties of Single-Pass Gammadion Inclusions in the Composition of Microwave Strip Type Transmission Lines //2023 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW). – IEEE, 2023. – С. 156-159. <https://doi.org/10.1109/RSEMW58451.2023.10201958>
4. Parshina N.V., Dubchenko N.I. Investigation of Two Coupled Gammadions Rotational Processes in the Conductive Properties Study of the Stripe-Type Passive Structure //2023 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW). – IEEE, 2023. – С. 152-155. <https://doi.org/10.1109/RSEMW58451.2023.10202005>
5. Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника. – 2007.

Для цитирования:

Мальшев И.В., Дубченко Н.И. Исследование проводящих свойств двухгаммадионной согласованной конфигурации для проводящего участка передающей линии полоскового типа. // Журнал радиоэлектроники. – 2024. – №. 9. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.9.11>