

Антенная решётка на кольцевом эллиптическом резонаторе

Э.Ю. Седышев, Р.И. Соковых

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Аннотация: Рассмотрена возможность создания излучателя на основе кольцевого резонатора с эллиптической поляризацией, и его питание с помощью микрополосковой линии. Произведено макетирование примитивных излучателей, и проведен ряд экспериментов.

Ключевые слова: кольцевой резонатор, излучатель, эллиптическая поляризация

1. Введение

Антенны на полосковых линиях нашли широкое применение в радиоэлектронике, они востребованы в системах радиосвязи, навигации, радиоэлектронных системах доступа [1,2,3,4].

В настоящее время хорошо изучены спиральные структуры [5], они позволяют принимать и передавать сигналы с круговой поляризацией в широком диапазоне частот. Задача нашей работы заключается в создании узкополосного излучателя с эллиптической поляризацией в планарном исполнении [6].

Антенны классифицируются по самым разнообразным критериям, среди которых есть деление по характеристике волны: стоячая, бегущая.

Структуры со стоячей волной по ряду технических характеристик проигрывают устройствам на бегущей волне, хотя геометрически они более компактны. В работе за основу взята структура с бегущей волной, по аналогии с антенной Беверджа. Режим бегущей волны обеспечивает кольцевой эллиптический резонатор бегущей волны. Все макеты, рассматриваемые далее, имеют «землю» с обратной стороны подложки.

2. Создание макетов и экспериментальные исследования

Построим 3D – модель кольцевого эллиптического резонатора в качестве излучателя (рис. 1).

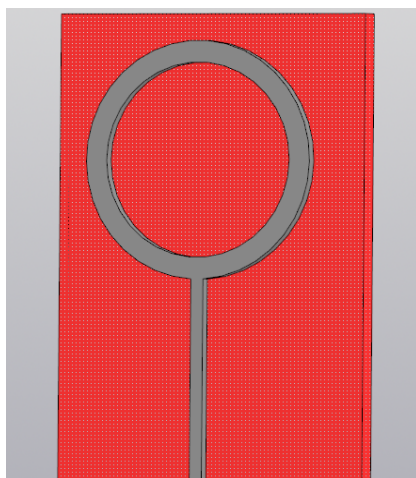


Рисунок 1. 3-D модель излучателя на основе кольцевого резонатора.

Для данной модели излучателя создадим эквивалентную схему (рис.2) и рассчитаем в RFSimm параметр S11 (рис. 3). Расчёты произведем для макета с использованием подложки толщиной $h = 500$ мкм, геометрия устройства приведена в таблице 1.

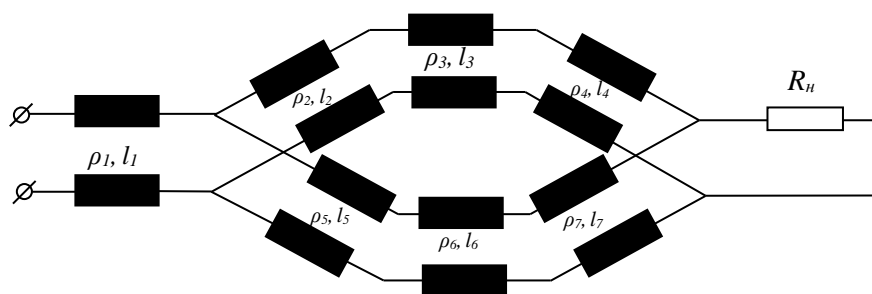


Рисунок 2. Эквивалентная схема макета.

Таблица 1. Обозначение и номиналы элементов.

| Обозначение | Номинал (Ом, мм) |
|---------------|--------------------|
| ρ_1, l_1 | 39.73 Ом, 56 мм |
| ρ_2, l_2 | 13 Ом, 27.7 мм |
| ρ_3, l_3 | 13 Ом, 27.7 мм |
| ρ_4, l_4 | 13 Ом, 27.7 мм |
| ρ_5, l_5 | 13 Ом, 27.7 мм |
| ρ_6, l_6 | 13 Ом, 27.7 мм |
| ρ_7, l_7 | 13 Ом, 27.7 мм |
| R_n | 120 π Ом |

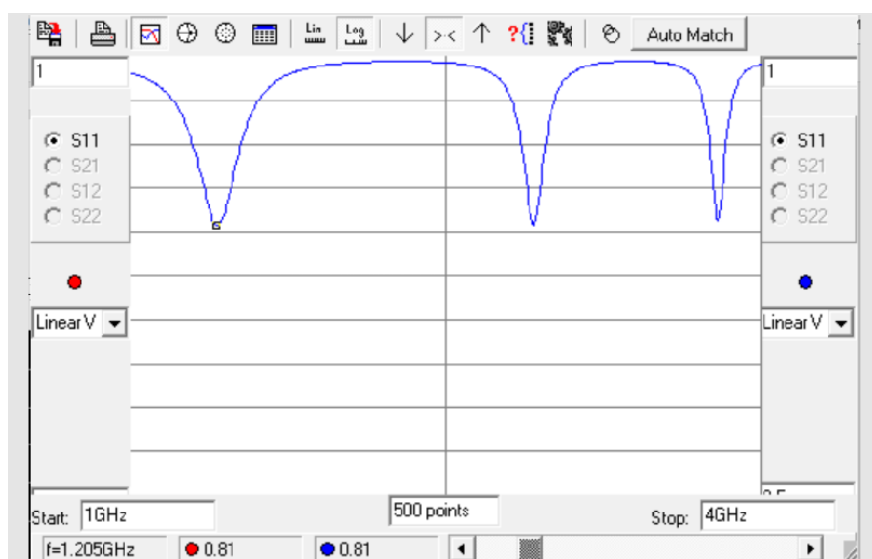


Рисунок 3. График S11.

В качестве первого макета был синтезирован излучатель на основе кольцевого эллиптического резонатора с использованием диэлектрической подложки из гофрированного полистирола (рис. 4.1). Данная структура имела одну резонансную частоту в L, S - диапазонах, излучение было крайне неустойчивым. Используя диэлектрик с другими характеристиками (технический полипропилен, рис. 4.2), был исследован еще один макет излучателя измененных размеров на основе кольцевого эллиптического резонатора с элементами согласования. Результат был получен более устойчивый. Каждый излучатель подсоединялся к измерительному стенду микрополосковой линией.



Рисунок 4.1. Излучатель на основе кольцевого резонатора с использованием подложки из гофрированного полистирола.



Рисунок 4.2. Излучатель на основе кольцевого резонатора с использованием подложки из технического пропилена.

На рисунках 5 и 6 продемонстрирована работа кольцевого резонатора в качестве излучателя в L, S - диапазонах. Эксперимент показал, что кольца имеют несколько близких резонансных частот. КСВН макетов находится в пределах 3 единиц. Очевидно, что структура излучает электромагнитную волну. Самой близкой по природе излучения к нашему кольцевому резонатору является щелевая круговая антенна.

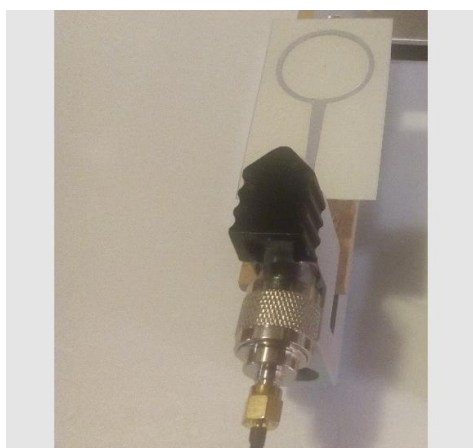


Рисунок 5. Схема подключения излучателя.

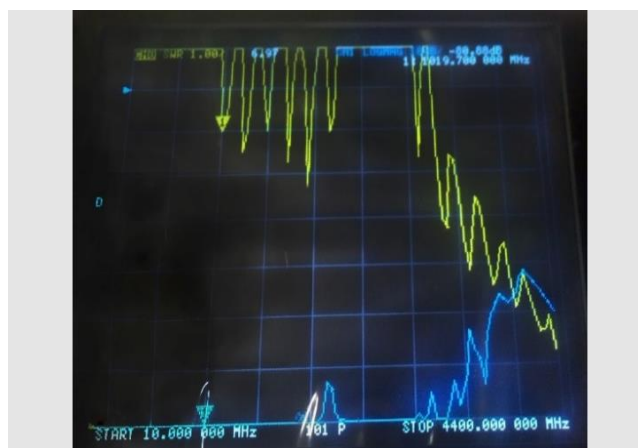


Рисунок 6. Характеристики кольцевого резонатора в качестве излучателя.

Следующим этапом работы было создание кольцевого резонатора в качестве излучателя с использованием диэлектрической подложки из полиуретана и низким волновым сопротивлением (рис.7). В результате эксперимента была получена характеристика КСВН (рис. 8) на частоте 1.399 ГГц с КСВН=1.5.



Рисунок 7. Кольцевой резонатор в качестве излучателя с подложкой из полиуретана.

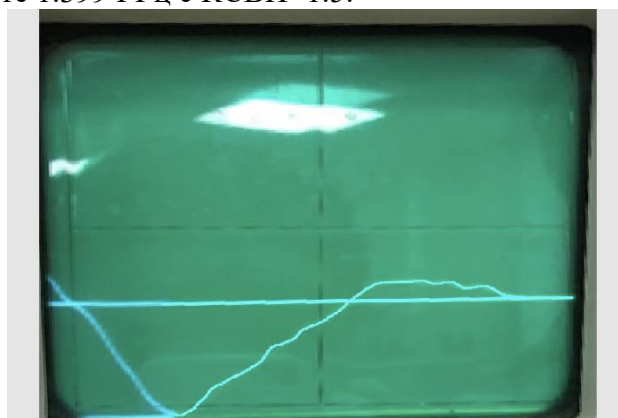


Рисунок 8. КСВН кольцевого излучателя.

Завершающим этапом работы был синтезирован щелевой излучатель на основе микрополоскового кольцевого резонатора. (рис. 9, 10, 11).



Рисунок 9. Макет излучателя с щелями на верхней стороне.



Рисунок 10. Характеристики макета щелевого излучателя.



Рисунок 11. Макет излучателя с щелями на нижней стороне.

3. Заключение

Таким образом, проведено исследование возможности использования кольцевого эллиптического резонатора в качестве излучателя. Питание излучателя микрополосковой линией позволяет получить удовлетворительный КСВН. В результате работы была предложена антенная система, работающая в узком частотном диапазоне с возможностью управления диаграммой направленности.

Экспериментально была доказана возможность излучения предложенной антенной системой сигнала с эллиптической поляризацией.

Список литературы:

1. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. М.: Связь, 1978. 431с.
2. Папилов К.Б. Малогабаритные многослойные печатные антенны: диссертация... кандидата технических наук: 05.12.07 / Папилов Константин Борисович. Москва, 2015. – 170 с.
3. Безгин А.А., Савочкин А.А. Печатная антенна круговой поляризации Argos – 2 // Мат. 5-ой всероссийской конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ». Санкт-Петербург, 2015. С.301-304.
4. Воскресенский Д.И., Овчинникова Е.В. и др. Широкополосная микроволновая антенна. Пат. RU157955U1 Российская Федерация; заявитель и патентообладатель Фед. гос. бюдж. обр. учрежд. высш. проф. обр-я Моск. авиационный ин-т. - №RU2014153321/08U; заявл. 29.12.2014; опубл. 20.12.2015.
5. Бочаров Е. И., Лепихин К. А., Седышев Э. Ю. Исследование спиральных структур с экраном. // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2020. Т. 3. С. 404-407.
6. Седышев Э. Ю., Соковых Р. И. Кольцевой эллиптический резонатор в качестве излучателя. // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. X Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т. СПб.: СПбГУТ, 2021. Т. 3. С. 427-432.