

Исследование характеристик микроволнового трансформатора сопротивлений

И.А. Денисов, В.В. Мещеряков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: в данной работе проведено экспериментальное исследование параметров микроволнового трансформатора сопротивлений. Получены результаты параметров коэффициента отражения (S_{11}), коэффициента передачи (S_{21}). Представлены способы увеличения ширины полосы пропускания в диапазоне частот от 4 до 10 ГГц.

Ключевые слова: трансформатор сопротивлений, коэффициент отражения, коэффициент передачи, ширина полосы пропускания, волновое сопротивление

1. Введение

В данный момент активно разрабатывается технология UWB (Ultra-wide band) [1], целью которой является создание беспроводной связи на малых расстояниях при низких затратах энергии при использовании в качестве несущей сверхширокополосные сигналы с низкой спектральной плотностью мощности. Диапазон рабочих частот для технологии UWB находится от 3 ГГц до 10,6 ГГц [2], а скорость передачи данных может достигать до 480 Мбит/с на расстоянии до 3 м. В связи с нарастающей популярностью использования сверхширокополосных сигналов специально для UWB устройств был создан новый стандарт связи IEEE 802.15.4 [3].

2. Исследование

В данной работе использована двуслойная структура устройства, трансформирующего микрополосковую линию передачи с волновым сопротивлением 50 Ом на дифференциальную линию с волновым сопротивлением 100 Ом [4]. Эквивалентно данную структуру можно представить в виде двух направленных ответвителей на связанных линиях [5], у которых одно из четырех плеч образует дифференциальную линию для обеспечения согласования антенн на 100 Ом.

Модель структуры и основные параметры геометрических размеров, изменяемые в процессе моделирования приведены на рисунке 1, среди них: $L_g = 19,2$ мм – длина структуры; $W = 12$ мм – ширина структуры; $w_g = 8$ мм – ширина земли; $w_m = 0,64$ мм – ширина полосков; $w = 0,15$ мм ширина зазора направленных ответвителей; $h = 2,2$ мм – длина и ширина радиальных заглушек; $w_c = 1$ мм – ширина зазора дифференциальной линии. В качестве подложки выбран материал Arlon AD1000 с толщиной 1,27 мм и диэлектрической проницаемостью 10,6.

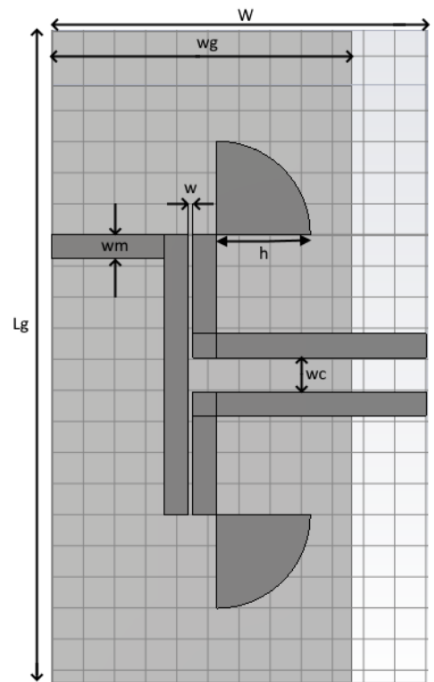


Рисунок 1. Структура трансформатора

По результатам моделирования данный трансформатор должен иметь во всем рабочем диапазоне частот коэффициент отражения (S_{11}) не более -10 дБ, коэффициент передачи (S_{21}), не менее -2 дБ, сопротивление на входе микрополосковой линии 50 Ом, сопротивление на выходе дифференциальной линии 100 Ом.

3. Результаты и анализ моделирования

В данной работе приведены результаты моделирования в программе CST Studio Suite. Построены графики зависимостей коэффициента отражения и коэффициента передачи от частоты.

На рисунке 2 представлены параметры S_{11} и S_{21} для первого варианта модели трансформатора. Для данной модели ширина полосы пропускания с максимальным уровнем потерь -10 дБ составила $3,5$ ГГц в диапазоне частот от 4 до $7,5$ ГГц. Полученные результаты удовлетворяют лишь часть заявленных требований, необходимо было расширить ширину полосы пропускания в сторону больших частот вплоть до 10 ГГц.

Экспериментальным путем было обнаружено, что изменение размеров радиальных заглушек и ширины земли приводит к уменьшению отражения сигнала от входа трансформатора в диапазоне частот от 7 до $8,5$ ГГц, также обнаружено, что уменьшение ширины зазора направленных ответвителей приводит к уменьшению коэффициента отражения от входа в рабочей полосе частот. Минимальное значение ширины зазора ограничено технологическими возможностями и равно $0,15$ мм, поэтому при расчете модели трансформатора ширина зазора не менялась.

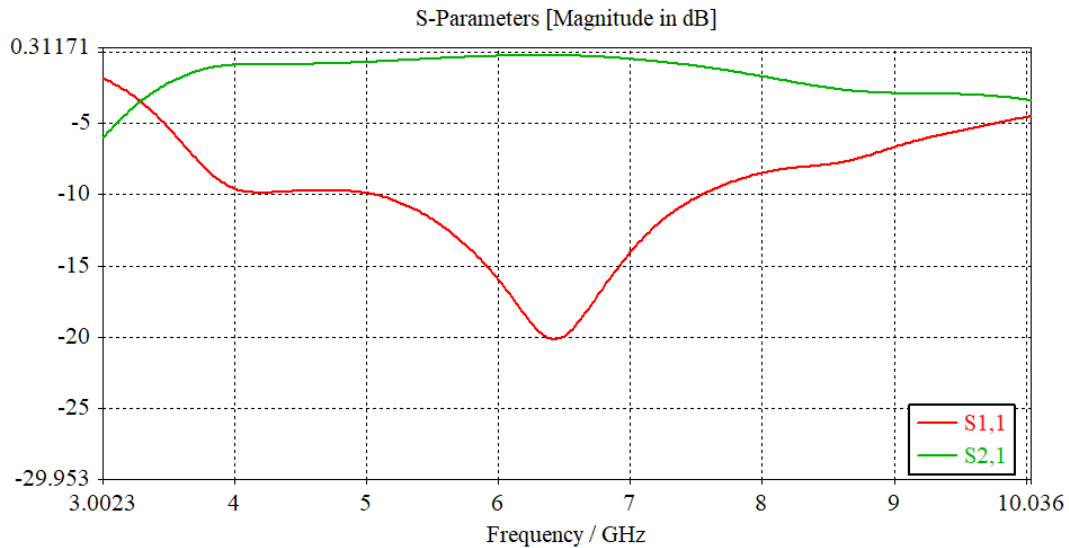


Рисунок 2. Параметры S11 и S21 первой модели трансформатора

Во второй модели трансформатора были учтены выявленные зависимости радиальных заглушек и ширины земли от коэффициента отражения. Результаты моделирования приведены на рисунке 3.

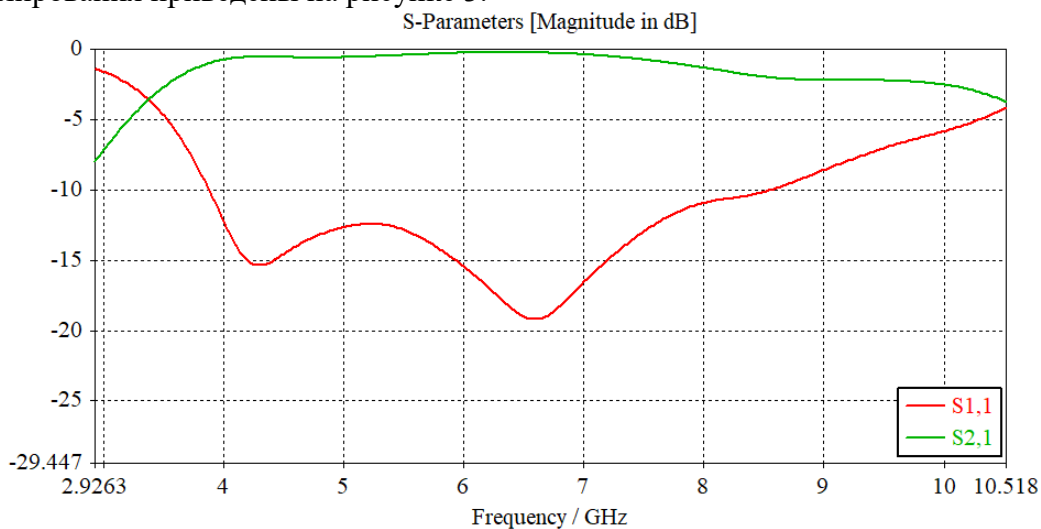


Рисунок 3. Параметры S11 и S21 второй модели трансформатора с увеличенным размером радиальных заглушек

Размеры радиальных заглушек были увеличены на 0,5 мм, а ширина земли на 1,6 мм. Дальнейшее увеличение размеров радиальных заглушек приводит к увеличению потерь в диапазоне от 4 до 6 ГГц.

Ширина полосы пропускания во второй модели трансформатора увеличилась примерно на 1 ГГц и в общей сложности составила 4,5 ГГц. Относительная ширина полосы пропускания составила 0,78%, что на 8% ниже требуемой для диапазона от 4 до 10 ГГц. Для достижения лучших результатов может быть добавлена еще одна радиальная заглушка на еще одно плечо нижнего направленного ответвителя.

4. Заключение

В данной работе проведено исследование устройства, трансформирующее микрополосковую линию передачи с волновым сопротивлением 50 Ом на дифференциальную линию с волновым сопротивлением 100 Ом. По результатам моделирования в программе CST Studio suite можно сказать, что полученная структура

трансформатора практически удовлетворяет заданным требованиям. В ходе исследования появились дополнительные способы увеличения ширины полосы пропускания, Данное устройство может быть использовано для трансформации сопротивления на частотах от 3,8 до 8,5 ГГц.

Список литературы

1. Ramesh Garg, Inder Bahl, Maurizio Bozzi, Microstrip Lines and Slotlines // Artech House, 2013
2. Recommendation ITU-R SM.1755-0, Characteristics of ultra-wideband technology, 2006
3. IEEE Computer Society, IEEE Std 802.15.4 – 2011, IEEE-SA Standards Board
4. Su Sheng, C.K. Ong, Coupled microstrip line microwave phase shifter using ferroelectric thin film varactors // Journal of Applied Physics 111, 044506 (2012). Vol. 2. – P. 044506.
5. Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), Report ITU-R M.2410-0 (11/2017)