

К вопросу синтеза объёмного интегрального сумматора СВЧ

А.С. Леонтьев, Э.Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Аннотация: Работа посвящена вопросам проектирования объёмных интегральных схем СВЧ, рассматриваются проектирование и макетирование устройства распределения мощности, построенного на полосковых линиях. Интерфейсы предложенного сумматора расположены в разных слоях ОИС СВЧ. Синтезированы отдельные узлы сумматора и устройство в целом. Проведён эксперимент, сделаны выводы о работоспособности исследуемого устройства распределения мощности.

Ключевые слова: СВЧ, делитель мощности, сумматор, симметричная полосковая линия, микрополосковая линия, полосковая линия, ослабление, волновое сопротивление, ДПЛ, ТПЛ, ИПЛ

1. Введение

Одной из главных тенденций развития микроволновой техники является переход от гибридных к объёмным интегральным схемам СВЧ. Актуальным становится вопрос коммутации слоёв и распределения мощности между ними.

2. Подготовка образцов и экспериментальные результаты

Предлагаемая структура микроволнового сумматора представляет собой СПЛ разделённую на две МПЛ, расположенные в разных слоях ОИС СВЧ. Металлизированные слои являются общими для всех используемых типов линий. Конструкция равномерно распределяет поле между плечами микроволнового делителя, что должно обеспечить ослабление на уровне - 3 дБ.

В конструкции делителя используются множество типов линий. Для расчётов волновых сопротивлений СПЛ и МПЛ линий используются [1] и [2]. Также используются несколько переходных устройств: линия с инверсией фазы (ИПЛ), двухпроводная (ДПЛ) и трёхпроводная (ТПЛ) полосковые линии, а также микроволновый переход между ДПЛ и МПЛ линиями.

Для расчёта переходных линий была выбрана модель экспоненциального плавного перехода (рисунок 1), описанная в [3]. Согласно источнику [3], "экспоненциальным считается переход, у которого волновое сопротивление изменяется вдоль координаты «x» по экспоненциальному закону"

$$\rho(x) = \rho(0) \cdot e^{\alpha x} \quad , \quad (1)$$

где α – постоянная; $\rho(0)$ – волновое сопротивление в начале координат.

Если принять, что постоянная распространения $\gamma(x) = \gamma = const$, то закон изменения волнового сопротивления примет вид

$$\rho(x) = \rho(0) \cdot e^{\ln(R)\frac{x}{l}} \quad , \quad (2)$$

где $\ln(R)$ – коэффициент формы кривой волнового сопротивления.

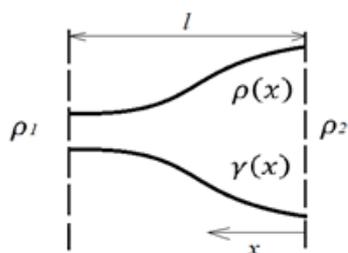


Рисунок 1. Плавный переход.

Линия с инверсией фазы (ИПЛ) представляет собой НПЛ (рисунок 2), у которой верхняя и нижняя пластины меняют свои топологии таким образом, что линия преобразуется в такую же перевернутую НПЛ. Важно отметить, что сигнал, прошедший через любую ИПЛ сдвигается по фазе на 180° .

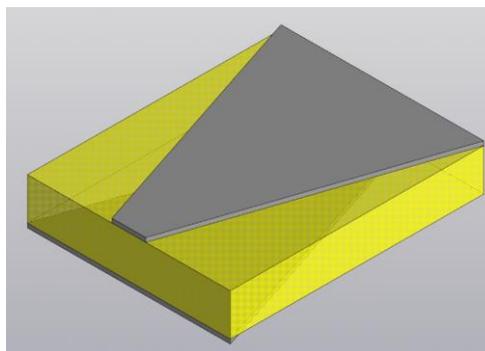
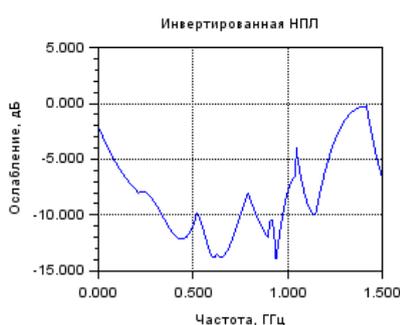


Рисунок 2. Исследование линии с инверсией фазы.

Масштабный макет ИПЛ был исследован в нижней части СВЧ диапазона. Средняя величина ослабления у ИПЛ зафиксирована на уровне -10 дБ, однако на частотах порядка 1400 МГц величина ослабления не достигает -1 дБ.

Двухпроводная полосковая линия, также известная как ленточная линия [4] обладает хорошей характеристикой ослабления (рисунок 3). Исследованный макет обладает ослаблением на уровне $-0,5$ дБ в диапазоне $(2 - 4)$ ГГц.

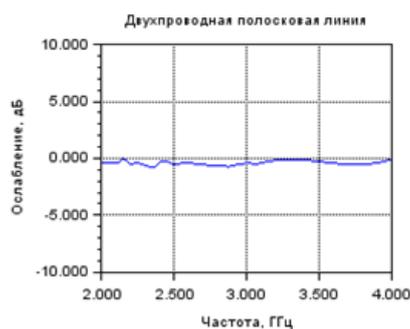
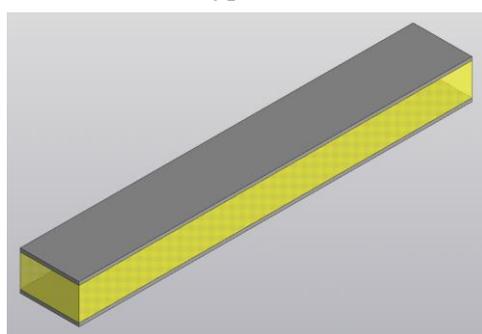


Рисунок 3. Исследование двухпроводной полосковой линии.

Поле внутри ДПЛ, как и в ТПЛ распределено равномерно, что позволяет использовать эти линии как элементы согласования топологически схожих типов линий.

Заключительным этапом синтеза стало создание Т - делителя СПЛ с переходом на две МПЛ (рисунок 4). Синтезируемое устройство представляет собой СПЛ распределённую на две МПЛ, включающее в себя ранее рассмотренные типы линий. У модели удалена часть диэлектрика для лучшей различимости слоёв.

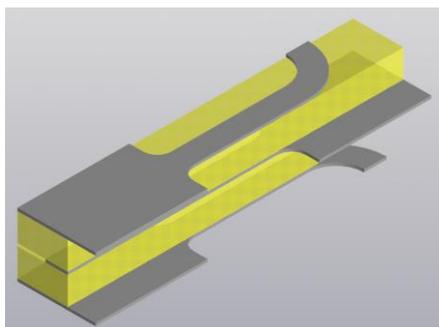


Рисунок 4. Структура исследуемого делителя мощности.

Результаты эксперимента представлены на рисунке 5. Исследованный макет делителя мощности обладает величиной ослабления на уровне -4 дБ в диапазоне частот (1 – 1,3) ГГц, что близко к ожидаемому значению -3 дБ.

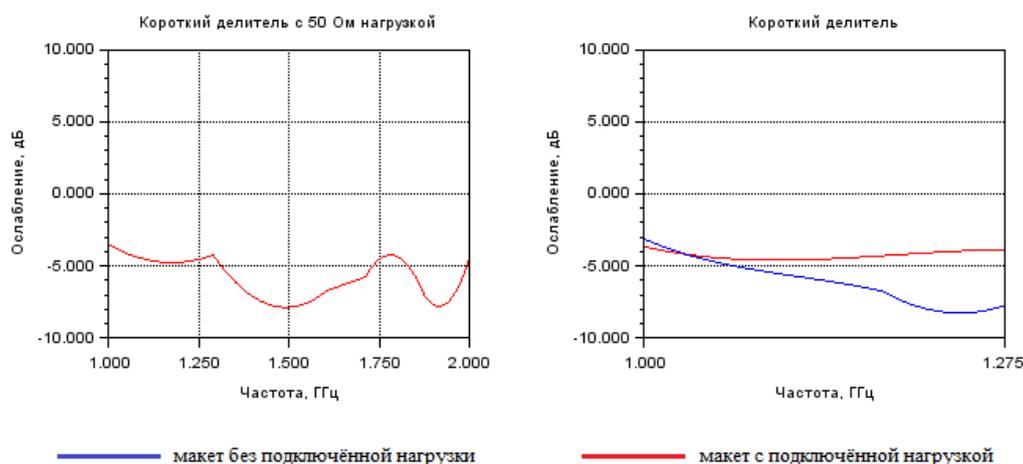


Рисунок 5. Исследование делителя мощности в диапазоне (1 – 2) ГГц

3. Заключение

Разработанный микроволновый сумматор с вводом/выводом энергии в разных слоях ОИС СВЧ является работоспособным в нижней части СВЧ диапазона. Используя принцип электродинамического подобия, рабочий диапазон сумматора можно повторять на различных участках СВЧ, изменяя масштаб конструкции. Использование промышленной технологии изготовления, однозначно, позволит добиться улучшения характеристик устройства.

Список литературы

1. М.А.Р. Ганстон. Справочник по волновым сопротивлениям фидерных линий СВЧ. Перевод с английского под редакцией А.З. Фрадина. «Связь». Москва 1976.
2. В.И. Вольман. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. «Радио и связь». 1982.
3. А.Л. Фельдштейн, Л.Р. Явич, В.П. Смирнов. Справочник по элементам волноводной техники. «Советское радио». Москва 1967.
4. В.М. Родионов. Сборник номограмм «Линии передачи и антенны сверхвысоких частот», под ред. Л.С. Бененсона. «Советское радио». Москва 1965.