

11, ноябрь 2015

УДК 621.396.6

Исследование особенностей проектирования микрополосковых устройств миллиметрового диапазона

Васильева М.О., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Кафедра «Технологии приборостроения»*

Научный руководитель: Федоркова Н.В., к.т.н., доцент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Кафедра «Технологии приборостроения»*

bauman@bmstu.ru

В настоящее время в системах беспроводной связи и сетях передачи информации осуществляется переход от сантиметрового диапазона радиоволн к миллиметровому (ММ). ММ диапазоном называется такая полоса частот, в которой длина волны меньше 1 мм, т.е. частоты от 30 до 300 ГГц. В связи с расширением областей прикладного использования волн ММ диапазона потребность в приемниках этого диапазона становится массовой.

В этом диапазоне устройства могут изготавливаться как в волноводном, так и в микрополосковом исполнении. При этом микрополосковое исполнение значительно проще и экономичнее. Конструктивная реализация таких устройств усложняется, т.к. возникает множество конструкторско-технологических проблем, отсутствующих в сантиметровом диапазоне.

Одной из них является влияние вида топологического рисунка микрополосковой платы на амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) устройства.

На характер изменения АЧХ устройства в ММ диапазоне влияют различные неоднородности соединения между собой отрезков микрополосковых линий. Влияние заключается в том, что в электрическую схему устройства они вносят дополнительно емкостное, индуктивное сопротивления или сопротивление потерь, а также свойство трансформатора сопротивлений. Поэтому задача исследования состояла в том, как неоднородности топологии влияют на рабочие характеристики наиболее широко

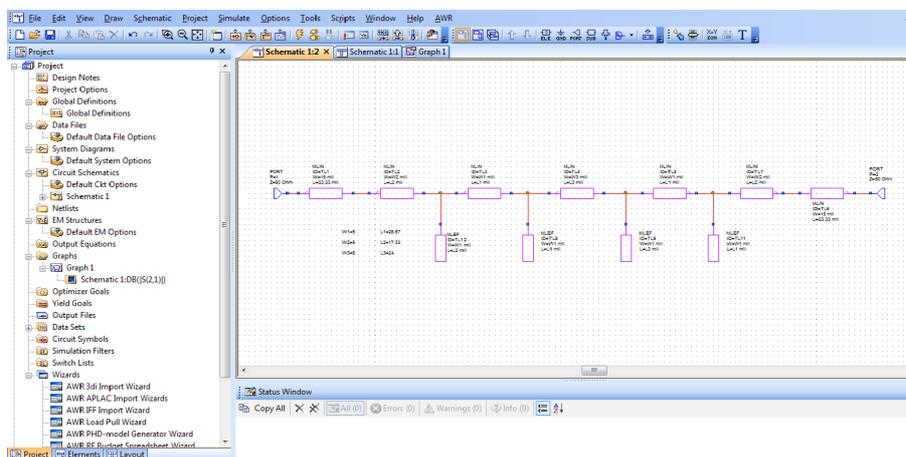
применяемых устройств: фильтра нижних частот на разомкнутых шлейфах (ФНЧ), полосно-пропускающего фильтра на связанных полуволновых резонаторах (ПФ).

Для решения задачи было использовано программное обеспечение AWR Design Environment. Данная программа позволяет осуществлять схемный анализ активных и пассивных устройств с учетом влияния неоднородностей топологии.

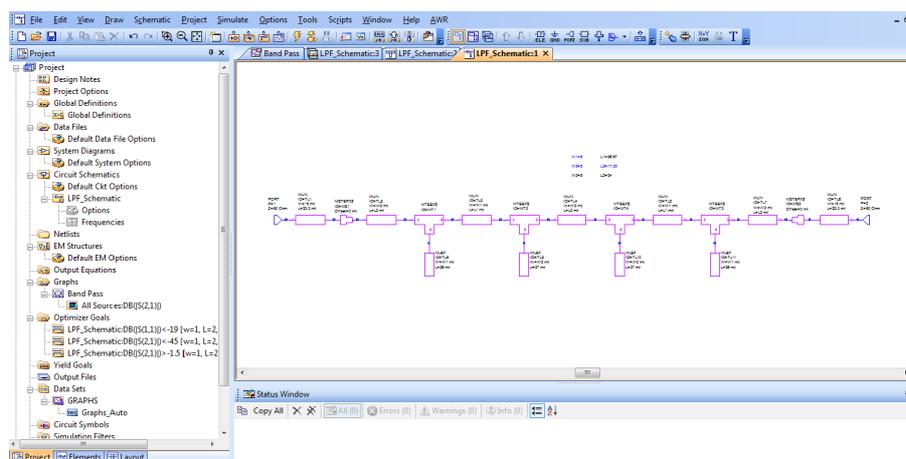
В процессе исследования были разработаны модели расчета характеристик устройств для диапазона частот порядка 30 ГГц без учета влияния неоднородностей топологии и с учетом их влияния.

- **Влияние неоднородностей топологии на характеристики фильтров нижних частот на разомкнутых шлейфах.**

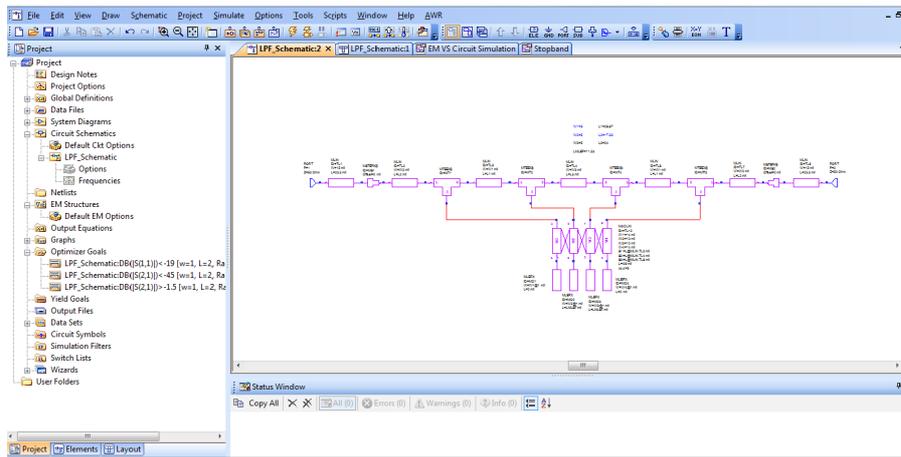
Для анализа данного устройства были учтены неоднородностей в виде скачка ширины полосы, Т-соединения и взаимной электромагнитной связи между шлейфами (рис. 1).



а



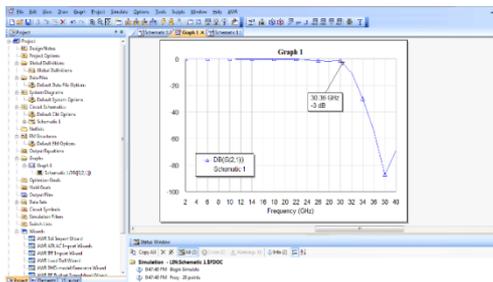
б



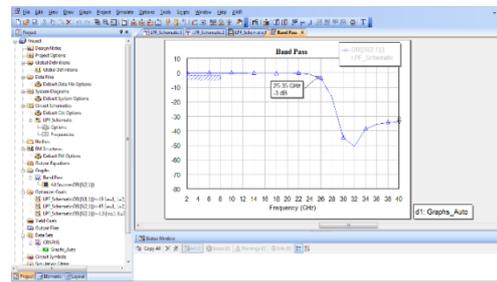
в

Рис. 1. Модели расчета ФНЧ: **а** – без учета влияния неоднородностей; **б** – с учетом влияния неоднородностей в виде скачка ширины полоски и Т-соединения; **в** – с учетом влияния неоднородностей в виде скачка ширины полоски, Т-соединения и излучения

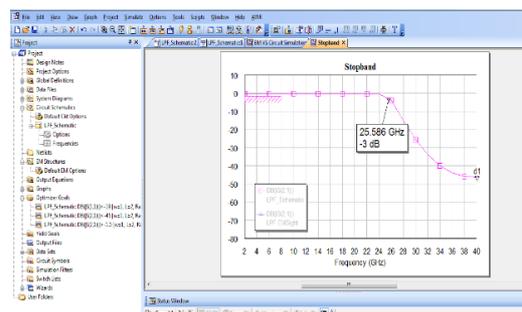
Результаты расчета АЧХ переходного затухания фильтра $|S(2,1)|$ приведены на рисунке 2.



а



б



в

Рис. 2. АЧХ ФНЧ: **а** – без учета влияния неоднородностей; **б** – с учетом влияния неоднородностей в виде скачка ширины полоски и Т-соединения; **в** – с учетом влияния неоднородностей в виде скачка ширины полоски, Т-соединения и излучения

Результаты исследования влияния неоднородностей в виде ступеньки, Т-соединения и излучения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ результатов расчета ФНЧ

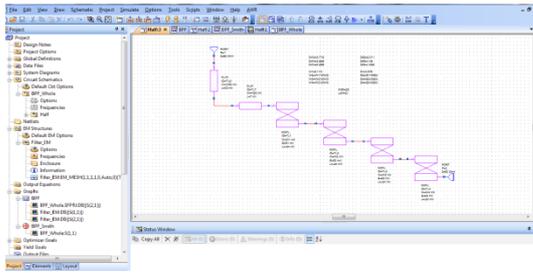
Параметры	а	б	в
	Без учета неоднородностей	С учетом скачка ширины полосы и Т-соединения	С учетом ступеньки, излучения и Т-соединения
Ширина полосы пропускания по уровню 3 дБ	30 ГГц	25 ГГц	26 ГГц

Сравнение результатов расчета АЧХ показывает, что влияние неоднородности в виде Т-соединения и ступеньки уменьшает полосу пропускания на 16,5 %; совместное влияние Т-соединения, скачка ширины и электромагнитной связи между шлейфами уменьшает полосу пропускания на 15,72 %.

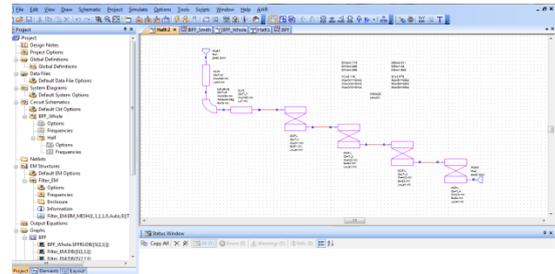
Анализ показал, что для данного типа конструкции ФНЧ достаточно учитывать только Т-соединение и ступеньки.

- **Влияние неоднородностей топологии на характеристики полосно-пропускающего фильтра на связанных полуволновых резонаторах.**

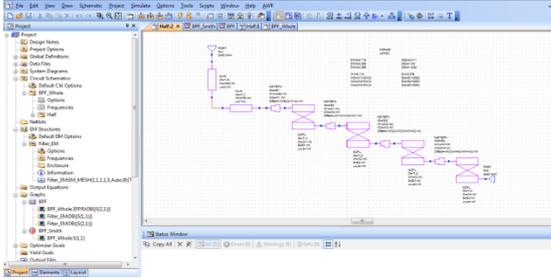
Для данного устройства произведен аналогичный анализ, при этом учитывалось влияние неоднородностей в виде поворота и ступеньки (рис. 3).



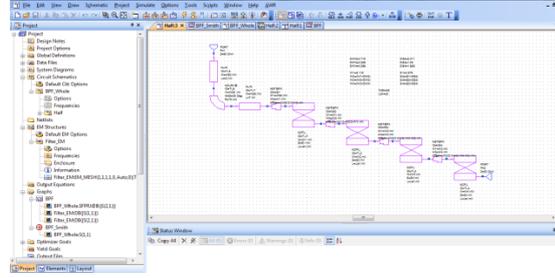
а



б



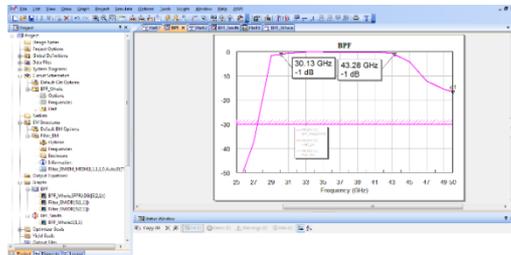
в



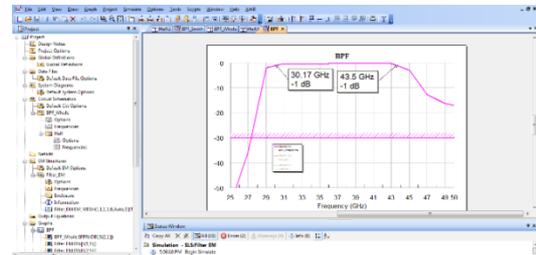
г

Рис. 3. Модели расчета ПФ: **а** – без учета неоднородностей; **б** – с учетом влияния неоднородностей в виде поворота; **в** – с учетом влияния неоднородностей в виде ступеньки; **г** – с учетом влияния неоднородностей в виде поворота и ступеньки

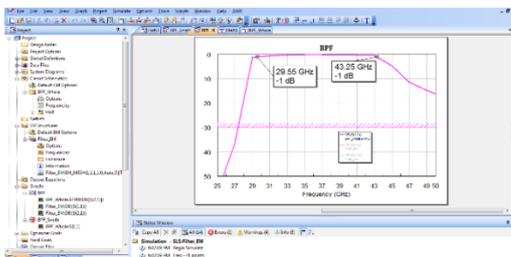
Результаты расчета АЧХ переходного затухания фильтра $|S(2,1)|$ приведены на рисунке 4.



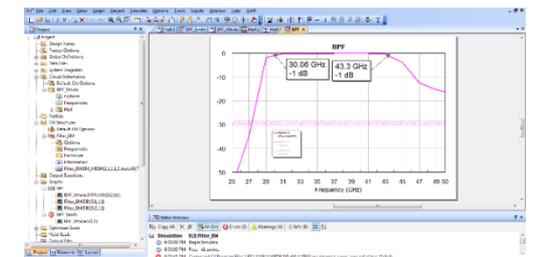
а



б



в



г

Рис. 4. АЧХ ПФ: **а** – без учета неоднородностей; **б** – с учетом влияния неоднородностей в виде поворота; **в** – с учетом влияния неоднородностей в виде ступеньки; **г** – с учетом влияния неоднородностей в виде поворота и ступеньки

Результаты исследования влияния неоднородностей в виде ступеньки и поворота приведены в таблице 2.

Таблица 2

Анализ результатов расчета ПФ

Параметры	а	б	в	г
	Без учета неоднородностей	С учетом поворота	С учетом ступеньки	С учетом поворота и ступеньки
Ширина полосы пропускания по уровню 1 дБ	13.15 ГГц	13.33 ГГц	13.7 ГГц	13.24 ГГц

Таким образом, влияние неоднородностей на АЧХ ПФ в ММ диапазоне (табл. 2) заключается в следующем: неоднородности в виде поворота сужают ширину полосы пропускания на 1 % по уровню затухания 1 дБ; неоднородности в виде ступеньки расширяют ширину полосы пропускания на 1 % по уровню затухания 1 дБ; все неоднородности в виде ступеньки и поворота приводят к сужению ширины полосы пропускания на 1 % по уровню затухания 1 дБ.

На основании полученных данных исследований особенностей проектирования микрополосковых устройства миллиметрового диапазона можно дать следующие рекомендации по конструированию топологии плат:

- При проектировании конструкции ФНЧ на разомкнутых шлейфах достаточно учитывать только влияние неоднородностей в виде Т-соединения и ступеньки.
- При проектировании конструкции ПФ на связанных полуволновых резонаторах неоднородности в виде поворота и ступеньки можно не учитывать.

Список литературы

1. Неганов В.А., Яровой Г.П. Теория и применение устройств СВЧ: учебное пособие для вузов / под ред. В.А. Неганова. М.: Радио и связь, 2006. 720 с.

2. Неганов В.А., Осипов. О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие для вузов / под ред. В.А. Неганова, С.Б. Раевского. М.: Радио и связь, 2005. 648 с.
3. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office / под ред. В.Д. Разевига. М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 496 с.
4. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи. М.: Высшая школа, 2002. 509 с.