АЛЕКСАНДР ПЛОТНИКОВ,АНДРЕЙ ЩЕРБИНА

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ КОАКСИАЛЬНО-МИКРОПОЛОСКОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НА БАЗЕ ГЕРМОВВОДОВ НПФ «МИКРАН»

В статье рассмотрен процесс разработки и создания коаксиально-микрополосковых переходов (КМП) для применения в качестве панельных СВЧ-разъемов. Показан процесс выбора типа конструкции и гермоввода. Приводится описание, а также выполняется сравнение и анализ результатов моделирования и результатов, полученных при исследовании изготовленных образцов.

## ВВЕДЕНИЕ

Описываемые изделия создавались авторами в рамках проектов по разработке широкополосных многоканальных приемных устройств и предназначены для межмодульной коммутации радиочастотных сигналов в диапазоне 1–40 ГГц.

При выборе элементов коммутации, авторы принимали во внимание такие факторы, как:

- рабочая полоса частот;
- потери;
- КСВ;
- возможность герметичного монтажа;
- возможность многоразового выполнения цикла «монтаж-демонтаж»;
- программа импортозамещения;
- цена изделия и/или комплектующих.

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Рассматривалось два варианта исполнения разъемов: готовое изделие и сборка. В процессе исследования рынка внимание было уделено как отечественным, так и импортным КМП типа 2,92; 2,4 и 1,85 мм (рис. 1).

В результате анализа и исследования было принято решение разработать КМП с фланцевой установкой в модуль собственного производства на базе гермовводов МК100 М и переходов ПКМ2–40–05 Р-0.3 М НПФ «Микран», г. Томск (рис. 2). Конструктивно они представляют собой внешний проводник (корпус) и центральный проводник (штырь), герметично спаянные между собой изолятором. В качестве изолятора обычно используют стекло с низкой диэлектрической проницаемостью (например, С52–1). Металлические проводники изготавливают из сплава ковар, согласованного по коэффициенту термического расширения со стеклом, и покрывают материалом высокой проводимости (золотом). Гермовводы могут иметь разную длину центрального проводника [1].

Основным аргументом в пользу этого решения стала экономическая выгода. Все без исключения готовые изделия как отечественных, так и импортных производителей удовлетворяют требуемым радиочастотным параметрам, а также позволяют осуществлять герметичный монтаж и многоразово выполнять цикл «монтаж-демонтаж», однако денежные затраты на изготовление сборки на базе гермоввода объективно меньше, чем при покупке готового изделия.

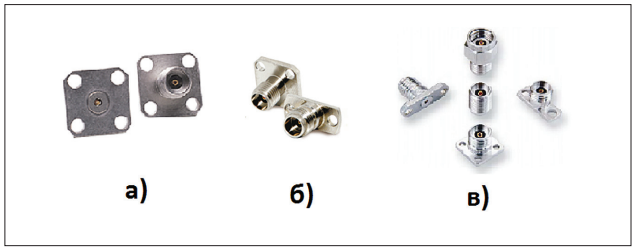


**Рис. 1.** КМП и КВП разных производителей: Anritsu K104F-R (а), Микран ПКМ2-40-05Р (б) и Southwest Microwave 2.92 mm (K) Connectors (в)

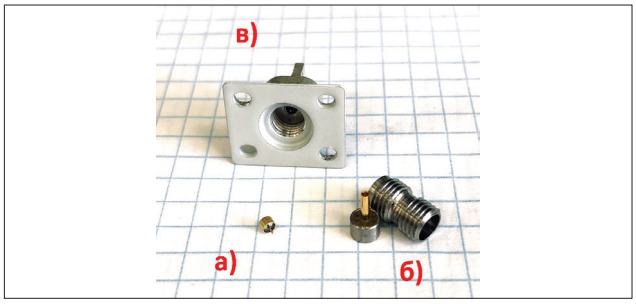


**Рис. 2.** Гермоввод МК100М (а), переход ПКМ2-40-05Р-0.3М (б) и фланец (в)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРКИ

Моделирование разработанных сборок выполнялось на базе доступных программных пакетов, специально разработанных для расчетов электромагнитных (ЭМ) структур. Предварительный расчет сделан в NI Microwave Office, а моделирование различных макетов выполнено в CST Studio 2018.

Базовым расчетным для моделирования является метод пространственной дискретизации, в котором пространство задачи разбивается на дискретные ячейки (сетку). При этом в решающем устройстве реализуется метод конечных разностей во временной области как частный случай метода конечного интегрирования. Очень важная особенность решения во временной области — пропорциональная зависимость требуемых вычислительных ресурсов от размеров структуры. В настоящее время на современном персональном компьютере с помощью метода конечных разностей во временной области можно выполнить расчет структур размером примерно до 15 длин волн. В некоторых программах этот метод называется FEM — Finite Element Method (метод конечных элементов).

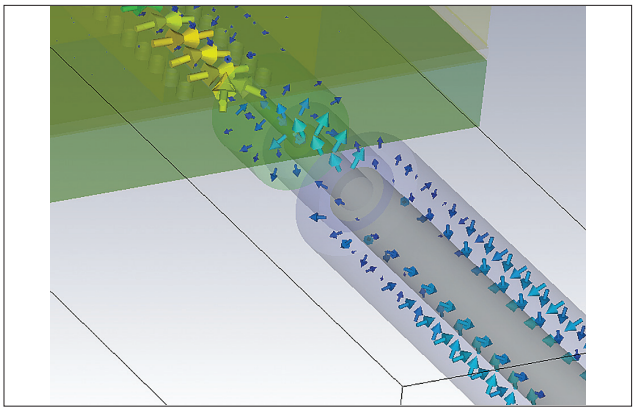

**Рис. 3.** Распределение E-компоненты ЭМ-поля в модели

Существующие программные пакеты предоставляют широкий спектр функций и позволяют производить моделирование и расчет микрополосковых и волноводных структур, а также рупорных, больших зеркальных антенн, и даже сложных моделей, таких как автомобиль или сотовый телефон. Для расчета перечисленных структур используются различные алгоритмы расчета, каждый из которых наиболее оптимально выполняет конкретную задачу, как, например, расчет S-параметров или анализ переходных процессов в цепи. Также возможна поддержка 3D-визуализации результатов (рис. 3).

При моделировании сборок (рис. 4) были использованы следующие материалы: цельнометаллический корпус из дюралюминия Д16 ГОСТ 4784–97, стекло марки С52–1, сплав ковар и золото.

Был произведен анализ трех моделей:

- полная модель фланцевого КМП;
- полная модель фланцевого КМП + переход на копланарную линию передачи;
- полная модель двух фланцевых КМП с переходами на копланарную линию передачи длиной 30 мм.

На рис. 5 представлены S-параметры описанных моделей.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗДЕЛИЯ

Для исследования изделия были изготовлены макетные печатные платы длиной 30 мм на базе подложки RO4003 толщиной 0,203 мм фирмы Rogers (рис. 6).

Был собран измерительный стенд, содержащий:

- векторный анализатор цепей ZVA-40 фирмы Rohde & Shwarz;
- ВЧ-кабели КСА40 Б-05 Р-05 Р, НПФ «МИКРАН»;
- исследуемый макет.

Результаты измерения представлены на рис. 7. Таким образом, было измерено 53 фланцевых КМП. Статистка дает следующие результаты: из 53 измеренных КМП, 73% показывают хорошие, ожидаемые параметры, которые согласуются с моделью и в которых нет резонансов. У оставшихся 27% наблюдаются резонансы в области высокой частоты (36–43 ГГц).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате произведенных исследований стало очевидно, что реальное изделие достаточно точно согласуется с моделью. Изготовленные фланцевые КМП обладают хорошими параметрами, даже на верхнем участке частотного диапазона. Несмотря на то что изготовленные КМП по основным параметрам уступают готовым изделиями, о которых мы упоминали в разделе «Особенности выбранной конструкции», полученные значения удовлетворяют требованиям ТЗ. Наиболее же важным фактором является экономическая выгода, получаемая при использовании описанных фланцевых КМП.

На данный момент авторы работают над рядом актуальных проблем, связанных с описанным изделием:

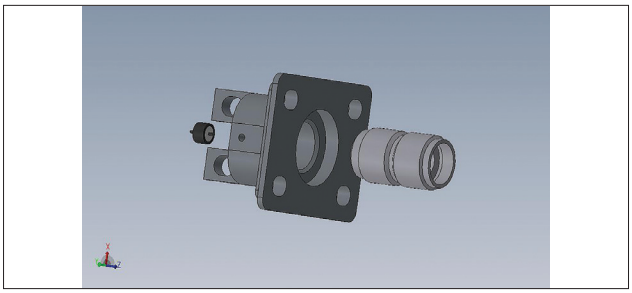

**Рис. 4.** Модель КМП

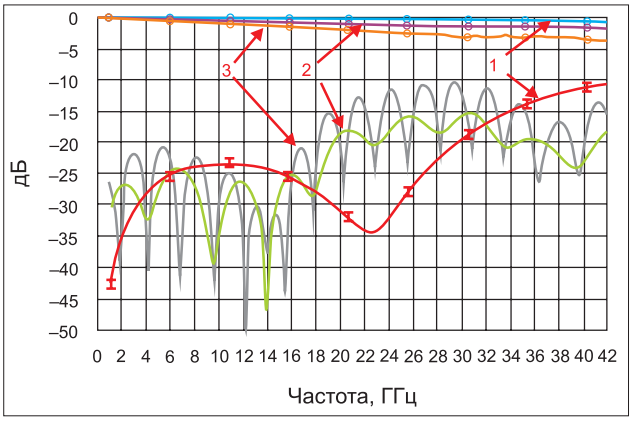


**Рис. 5.** S21 моделей: 1 — модель КМП; 2 — модель КМП с переходом; 3 — модель двух КМП с копланарной линией

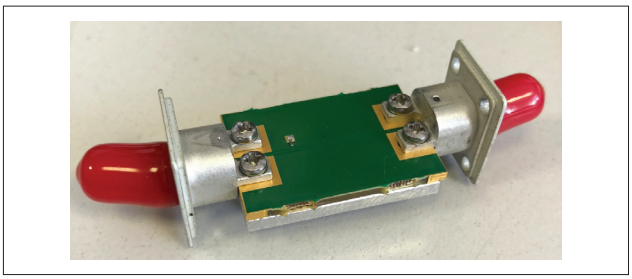

**Рис. 6.** Макет

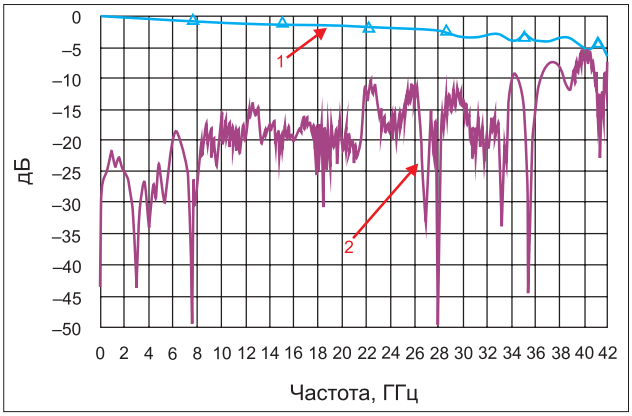


**Рис. 7.** S-параметры макета: 1 — S21; 2 — S11

- улучшение статистических показателей, о которых говорилось в разделе «Исследование изготовленного изделия»;
- модификация конструкции и методики сборки с целью приблизить получаемые от КМП параметры к параметрам упомянутых аналогов;
- разработка микрополосково-волноводных переходов на базе гермовводов МК100 М.

## ЛИТЕРАТУРА

*1.* www.micran.ru/sites/micran_ru/tmpl/micran_ru/p/pdf/Soedinitely_web.pdf