

Коаксиально-микрополосковый переход с использованием копланарной линии

12, декабрь 2014

Николаев С. В., Токарева В. В.

УДК: 621.372.512

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

tokarevav.v.061012@gmail.com

Введение

При проектировании СВЧ-устройств различного типа достаточно часто применяются принципы построения на микрополосковых линиях (МПЛ). При этом для соединения отдельных устройств и блоков широко используются коаксиальные линии (КЛ) передачи. Макетная отработка активных и пассивных компонент микрополоскового СВЧ-тракта требует реализаций проектируемых узлов, максимально адаптированных для экспериментальных исследований, а большинство современных анализаторов СВЧ-цепей имеют коаксиальные входы. Поэтому при проектировании устройств на МПЛ важной задачей является разработка коаксиально-микрополосковых переходов (КМПП) [1].

КМПП служат для преобразования волны типа Т коаксиальной линии в волну типа квази-Т микрополосковой линии. КМПП в значительной степени определяют КСВН и коэффициент передачи СВЧ-устройства в целом. Однако КМПП являются крайне чувствительными к погрешностям изготовления, таким как зазор между печатной платой и корпусом изделия или коаксиального разъема, поперечное смещение оси центрального проводника относительно МПЛ, дефекты пайки [2, 4].

Существование конструкции или линейки универсальных КМПП, оптимальной для использования в широком круге задач, принципиально невозможно по причине наличия ряда особенностей и ограничений для различных случаев применения: тип и геометрические размеры выхода коаксиального разъема (качественное различие и отличительные особенности миниатюрных коаксиальных соединителей подробно отражены в [2, 5]), электрические характеристики и толщина материала подложки, наличие у КМПП дополнительных согласующих свойств между трактами с различным сопротивлением и т.д. В задачах, связанных с измерением узлов на МПЛ существуют специальные методики учёта КМПП, для чего зачастую изготавливается специальный макет, содержащий только места

переходов и микрополосковый тракт [8]. Конструкция КМПП помимо малого уровня отражения должна обладать минимальной излучающей способностью [6].

Одними из наиболее часто применяемых в настоящее время путей для реализации измерительных оснасток и макетов конструкции МКПП в случае подложки с прямолинейным краем являются конструкции с корпусным монтажом [6,10] и применение торцевого коннектора с дополнительными заземлёнными контактными площадками на сигнальном слое [4]. В данной статье предлагается реализация КМПП со структурой, включающей промежуточный участок копланарной линии оптимизированной длины, что является её отличительным от существующих аналогов признаком и позволяет обеспечить низкий коэффициент отражений и малые потери на излучение в широкой полосе частот.

1. Теоретическое обоснование разработки

Сложность реализации КМПП непосредственным соединением коаксиальной и микрополосковой линий передачи обусловлена различием в структуре электромагнитных полей [4]. Поле основного типа волны в коаксиальной линии обладает аксиальной симметрией, в то время как в микрополосковой – лишь относительно продольной плоскости, что показано на рис. 1а и 1б.

Копланарная линия (КПЛ) по структуре поля основного типа волны занимает промежуточное положение между коаксиальной и микрополосковой, обладает симметрией относительно вертикальной продольной плоскости и схожей структурой поля относительно плоскости расположения проводников, что показано на рис. 1в. В данной работе предложен КМПП с КПЛ в качестве переходного звена между коаксиальным соединителем и МПЛ.

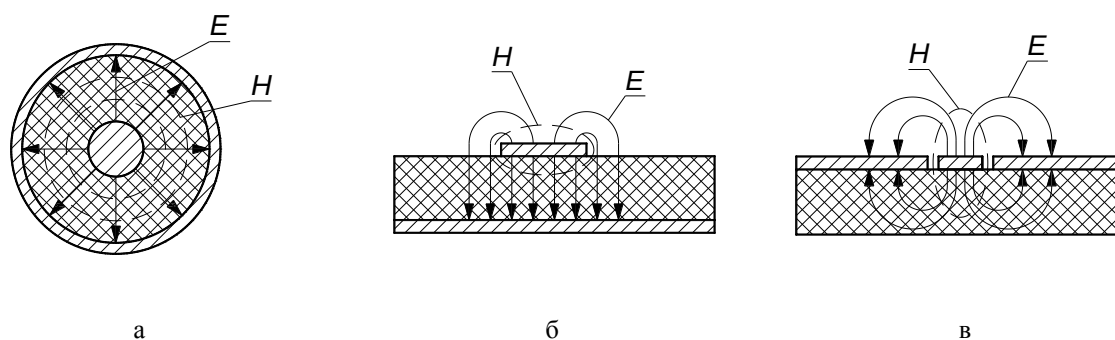


Рис. 1. Структура электромагнитных полей в линиях передачи:

а – коаксиальной, б – микрополосковой, в – копланарной

Для проектирования описанного узла необходима проработка перехода с КЛ на КПЛ (рис. 2а), перехода с КПЛ на МПЛ (рис. 2б), а также перехода КЛ-КПЛ-МПЛ в сборе (рис. 2в).

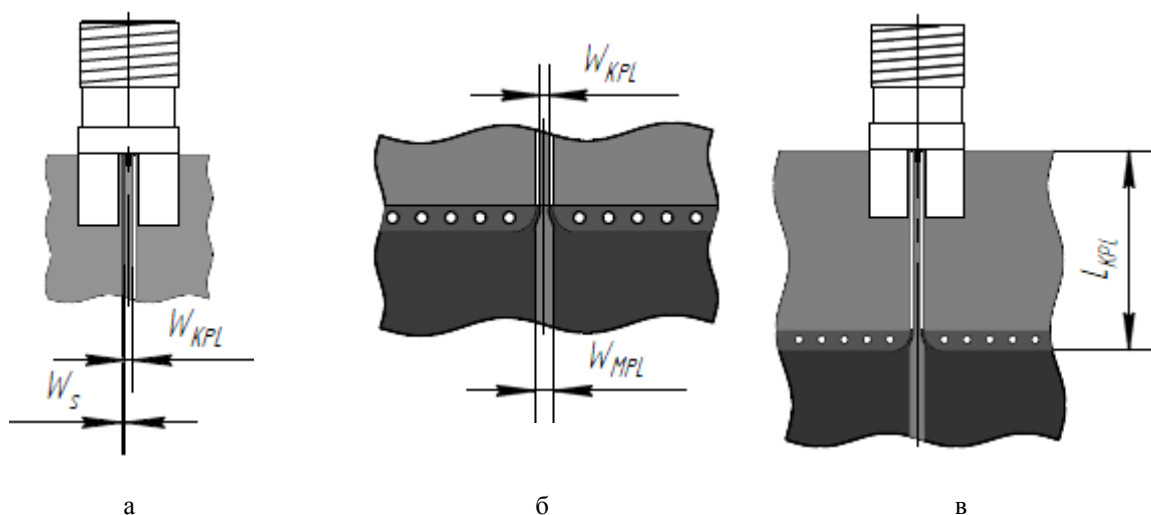


Рис. 2. Общий вид перехода:
а - КЛ-КПЛ, б - КПЛ-МПЛ, в - КЛ-КПЛ-МПЛ

Оптимизация переходов КЛ-КПЛ и КПЛ-МПЛ может проводится независимо с последующим выбором их взаимного положения по критерию минимума амплитуды коэффициента отражений. Рассматриваемый вариант перехода КЛ-КПЛ близок по принципу функционирования к [7], но обладает равным габаритом «земли» в обеих линиях и отличной топологией металлизации окрестности места перехода.

2. Макетная реализация

При проектировании в качестве подложки использовался Rogers TMM10i (относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 9,8$, тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta_s = 0,002$, толщина 1,02 мм), аналог поликора по электрическим характеристикам, а в качестве коаксиального разъема – разъем типа SMA 142-0761-841 фирмы Emerson Network Power.

Параметры КПЛ выбраны для обеспечения ее волнового сопротивления 50 Ом, исходя из диаметра центральной жилы КЛ и соотношения [3]

$$Z \approx \frac{60\pi}{K(k)\sqrt{(\epsilon - 1)/2}},$$

где $K(k)$ – полный эллиптический интеграл первого рода;

$$k = (2W_S - W_{KPL}) / (2W_S + W_{KPL}).$$

Таким образом, ширина полоска $W_{KPL} = 0,44$ мм, а ширина щели $W_S = 0,23$ мм (рис. 2а).

Переход с КПЛ на МПЛ осуществляется посредством плавного изменения ширины полоска с $W_{KPL} = 0,44$ мм на $W_{MPL} = 0,98$ мм (рис. 2б). При этом участки металлизации, выполняющие роль земли, плавно отдаляются от центрального полоска и соединяются металлизированными отверстиями с земляным слоем МПЛ, граница которого проходит ортогонально полосковой линии под началом участка с плавным переходом. Совместная проработка перехода КЛ-КПЛ-МПЛ, в том числе выбор длины КПЛ, проводится с целью минимизации отражений. Итоговая длина КПЛ составляет $L_{KPL} = 13,2$ мм (рис. 2в). Результирующие характеристики перехода в целом и его частей по результатам моделирования методом конечных разностей во временной области представлены на рис. 3. При этом амплитуда коэффициента отражений в полосе частот (8...10) ГГц не превышает минус 24 дБ.

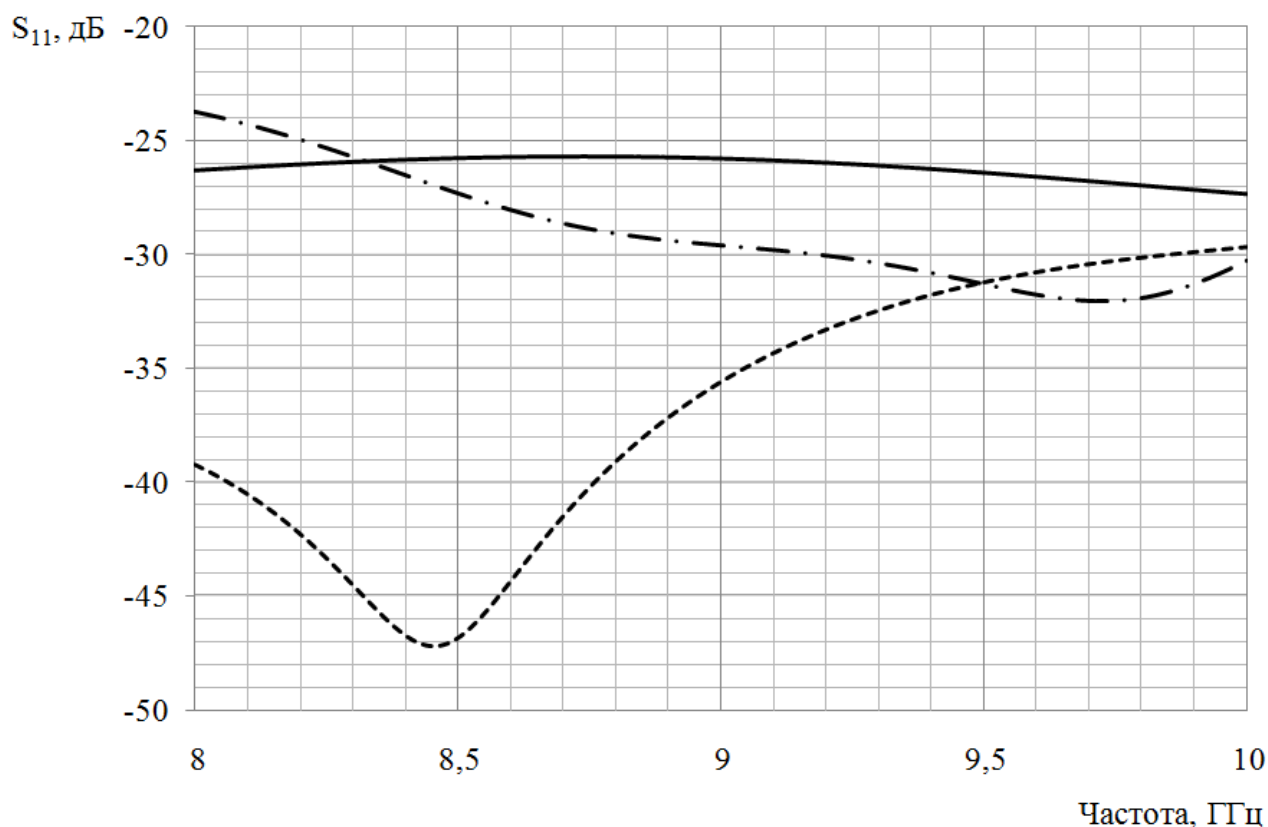


Рис. 3. Зависимость амплитуды коэффициента отражений от частоты для переходов: — КЛ-КПЛ, -- КПЛ-МПЛ, * - КЛ-КПЛ-МПЛ

На основании разработанной топологии изготовлен опытный образец перехода с SMA-разъема на МПЛ и обратно. Фотографии образца представлены на рис. 4. На рис. 5 показаны зависимости, характеризующие его КСВН по входному 50-омному коаксиальному входу в сравнении с результатами моделирования в диапазоне частот (0...10) ГГц.

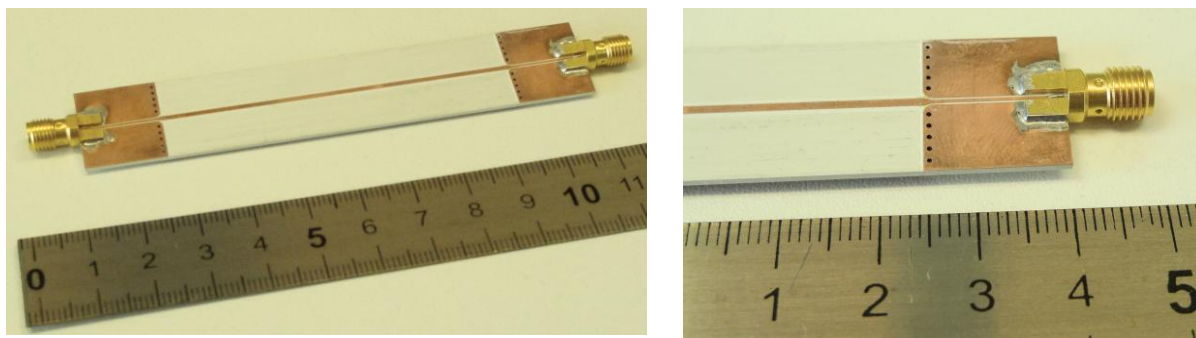


Рис. 4. Опытный образец перехода

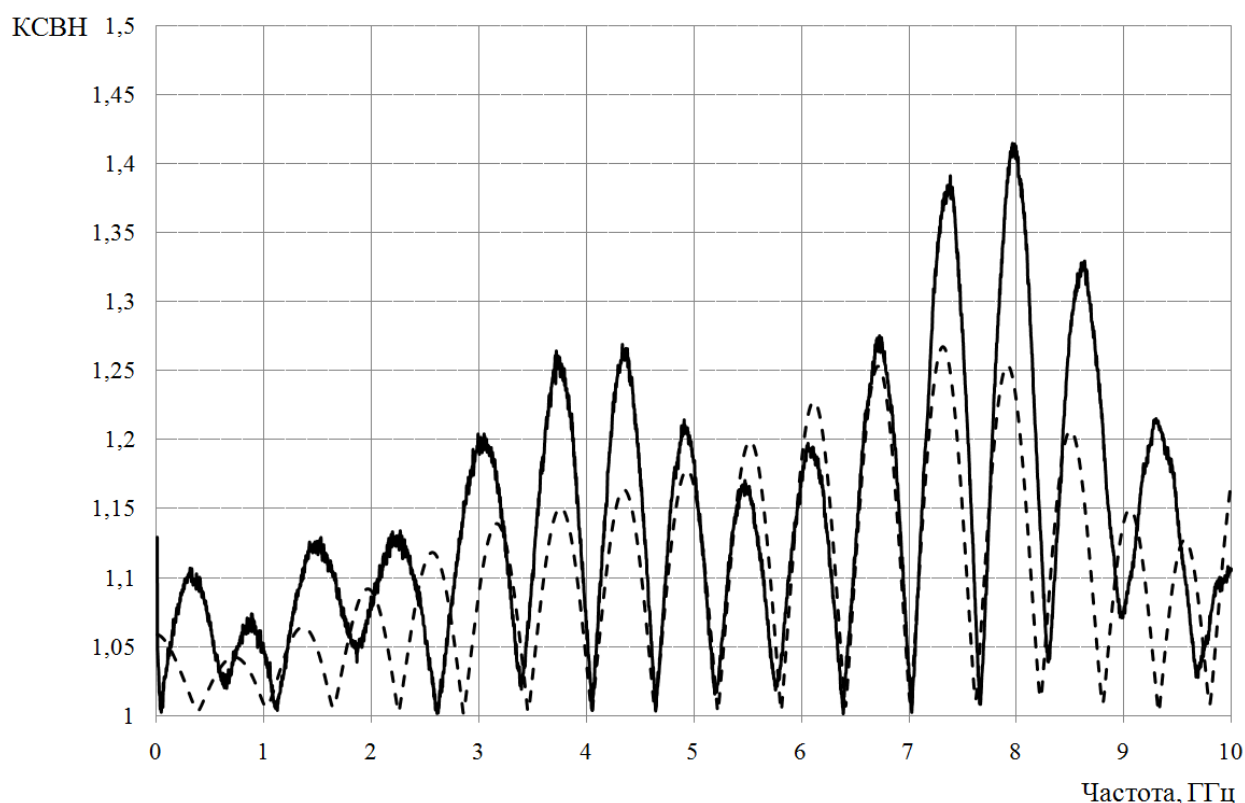


Рис. 5. Зависимость КСВН по коаксиальному входу от частоты для перехода: - опытный образец, - - модель

Результаты измерений электрических характеристик свидетельствуют о достаточном соответствии модели реальному опытному образцу. Участки со всплесками КСВН с большой долей вероятности обусловлены неточностью изготовления опытного образца и пайки разъемов.

Заключение

Таким образом, предложен вариант конструкции КМПП, обоснован выбор схемы его построения исходя из оптимального преобразования структуры поля в переходе, проведено моделирование и изготовлен опытный образец перехода КЛ-КПЛ-МПЛ-КПЛ-КЛ, под-

тверждено обеспечение электрических характеристик макета СВЧ-узла в широком диапазоне частот.

Описанная конструкция КМПП может найти применение при макетировании отдельных узлов печатных плат.

Статья выпущена в рамках НИОКТР «Реализация комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства радиолокационного комплекса для системы управления воздушным движением с удаленной диспетчеризацией», выполняемой МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с ОАО «РТИ» в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, в целях реализации постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства», при финансовой поддержке по проекту Министерства образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Pozar D.M. Microwave engineering. 4th ed. John Wiley&Sons, 2012. 736 p.
2. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. Издание второе. М.: Техносфера, 2006. 216 с.
3. Нефедов Е.И. Техническая электродинамика. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 416 с.
4. Holzman E. Essentials of RF and microwave grounding. Artech House Inc., 2006, 226 p.
5. Джуринский К.Б. Миниатюрные радиочастотные соединители М.: ЗАО «Радиант-Элком», 2013. 56 с.
6. Precise Measurements Using coaxial-to-microstrip Transition Through Radiation Suppression / O. Moravek, K. Hoffman; M. Polivka; L. Jelinek // Transactions on Microwave Theory and Technics. Vol.61, Issue 8, Part 1, 2013. pp. 2956-2961.
7. Compact and Broadband Transition of microstrip to Finite-Ground Coplanar Waveguide / Liang Han, Ke Wu, Wei Hong, Xiao-Ping Chen // Proceedings of the 38th European Microwave conference. Amsterdam, Netherland. October 2008. pp. 480-483.
8. Dunsmore J.P. Handbook of microwave component measurements with advanced VNA techniques. John Wiley&Sons Ltd., 2012. 636 p.
9. Тюкаев Р.Р. Защитные покрытия и их влияние на характеристики микрополосковых устройств // Электронный журнал «Молодёжный научно-технический вестник» №9, 2013. 11 с. [<http://sntbul.bmstu.ru/doc/616289.html>].
10. Микрополосковые фотонные кристаллы и их использование для измерения параметров жидкостей / А.В. Абрамов и др. // Журнал технической физики, 2010, том 80, вып. 8. С. 143-148.