

Современная отечественная база коаксиальных радиокомпонентов для модулей и блоков СВЧ

К. Джуринский, к. т. н.¹

УДК 621.389 | ВАК 2.2.2

На большом фактическом материале рассмотрено существующее положение в области отечественных коаксиальных радиокомпонентов. Приведены достижения отечественных предприятий за последние 10 лет в области радиочастотных соединителей: соединители с предельными частотами 40, 50 и 65 ГГц, импортозамещающие соединители многих серий, инструментальные соединители и аксессуары коаксиального тракта. Рассмотрены миниатюрные герметичные СВЧ-вводы и низкочастотные вводы, не уступающие по своим параметрам зарубежным аналогам. Представлены основные характеристики отечественных герметичных помехоподавляющих фильтров, широко применяемых в изделиях отечественной микроэлектроники.

Элементная база коаксиальных радиокомпонентов является основой для создания современных модулей, блоков и радиоэлектронных систем СВЧ. В ее состав входят [1]:

- соединители см- и мм-диапазонов длин волн: прямые и угловые, герметичные и негерметичные, магнитные и немагнитные, приборные, панельные, для поверхностного монтажа на печатные платы, кабельные (под гибкий и полужесткий кабель), коаксиально-микрополосковые переходы (КМПП), внутрисерийные и межсерийные адаптеры (в нашей стране их принято называть переходами);
- миниатюрные герметичные металлостеклянные СВЧ-вводы с волновым сопротивлением 50 Ом;
- помехоподавляющие фильтры для цепей питания и управления;
- низкочастотные вводы и изоляционные стойки.

СОЕДИНИТЕЛИ СМ- И ММ-ДИАПАЗОНОВ ДЛИН ВОЛН

Соединители см- и мм-диапазонов длин волн являются важнейшей составной частью базы коаксиальных радиокомпонентов для модулей и блоков СВЧ, так как они обеспечивают эффективный (без искажений и потерь) ввод и вывод СВЧ-сигналов. Разработка и выпуск радиочастотных соединителей является самостоятельной, быстро развивающейся областью техники. На сегодняшний

день в мире насчитывается около 60 серий соединителей, в каждую из которых входят десятки и сотни типоразмеров (модификаций) [1].

В настоящее время развитие радиочастотных соединителей происходит в следующих направлениях:

- импортнезависимость;
- резкий рост объемов производства;
- повышение предельной рабочей частоты;
- улучшение основных параметров и повышение надежности;
- миниатюризация;
- возможность установки на печатные платы по технологии поверхностного монтажа;
- повышение радиационной стойкости.

Несомненно, что стране, прежде всего ее оборонно-промышленному комплексу (ОПК), нужны собственные радиочастотные соединители. Импортнезависимость предполагает воспроизведение необходимых в первую очередь соединителей на основе собственных сил и технологических возможностей и означает гарантированную защищенность жизненно важной аппаратуры. Однако полная замена всех зарубежных соединителей в настоящее время не по силам отечественной промышленности. К тому же многие последние зарубежные разработки в этой области (соединители с предельной частотой более 65 ГГц, около сотни модификаций приборных соединителей типа SMP и др.) в настоящее время не являются достаточно востребованными.

В силу известных обстоятельств в нашей стране возникла необходимость резкого (в разы) увеличения объемов

¹ АО «НПП «Исток» им. Шокина».

Пределная частота

Год	1930	1942	1958	1960	1976	1983	1989	1989	2014
ГГц	0,2	11	18	26	34	40	65	110	145

Опорные диэлектрические шайбы соединителей

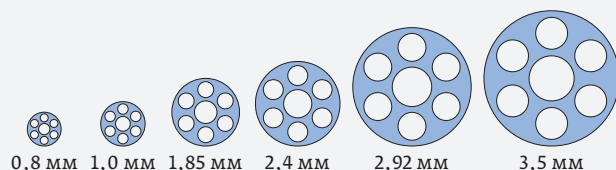


Рис. 1. Пределная частота и опорные шайбы соединителей

производства соединителей и всех других радиокомпонентов. Просто созданием вторых и третьих смен работы здесь не обойтись. Требуется серьезная перестройка производства, проведение НИР и ОКР по совершенствованию технологии производства и созданию аналогов зарубежных соединителей. Кроме того, имеются проблемы с обеспечением возросшего объема комплектующих деталей соединителей и других радиокомпонентов. Детали эти миниатюрные, с высокой точностью размеров (до 10 мкм) и чистотой поверхности. Для их изготовления с воспроизводимыми размерами требуются специальные обрабатывающие центры, как правило зарубежные.

Продвижение соединителей в сантиметровый и миллиметровый диапазоны длин волн показано на рис. 1. С ростом частоты размеры коаксиальной линии соединителей уменьшаются, она должна быть воздушной, а центральный проводник соединителя должен быть закреплен в диэлектрической шайбе [1]. Его диаметр у соединителя розетка с предельной частотой 34 ГГц равен 1,52 мм, а у соединителя с предельной частотой 145 ГГц – 0,35 мм. При этом диаметр штыря ответного соединителя 0,8 мм вилка равен всего 0,2 мм. С ростом предельной частоты соединители становятся все более повреждаемыми, и работа с ними начинает напоминать работу хирурга в операционной.

Радиационная стойкость соединителей лимитируется низкой стойкостью (всего 0,5 Мрад) широко применяемого в них фторопласта Ф4. Для частичного решения этой проблемы вместо фторопласта может быть применен отечественный модифицированный фторопласт «Арфлон» с такими же параметрами, но с радиационной стойкостью 200–300 Мрад.

Приблизительно до 2010 года существовало значительное отставание отечественных радиочастотных соединителей от зарубежных аналогов. Вынужденное применение

зарубежных соединителей в отечественных изделиях СВЧ-диапазона было обусловлено [1]:

- необходимостью обеспечить высокие выходные параметры разрабатываемых изделий (не секрет, что зарубежные соединители по своим параметрам превосходили отечественные серийно выпускаемые аналоги, а чаще их вообще не имели);
- использованием зарубежной аппаратуры для измерения параметров изделий;
- поставкой изделий в экспортном исполнении.

Для преодоления отставания Минпромторг создал и финансировал Федеральную целевую программу создания минимально необходимой унифицированной номенклатуры соединителей, удовлетворяющих требованиям основных потребителей этой продукции и имеющих такие же конструктивные и электрические характеристики, как и аналоги ведущих зарубежных компаний. Основные работы были выполнены АО «Завод Атлант» и ФГУП ПО «Октябрь», одну работу выполнило АО «НПП «Исток» им. Шокина».

В настоящее время радиочастотные соединители выпускают девять отечественных предприятий.

ФГУП ПО «Октябрь» (ПО «Октябрь») г. Каменск-Уральский

ПО «Октябрь» осуществляет крупносерийное производство широкой номенклатуры радиочастотных соединителей с приемкой 1,5 и 9 – рис. 2 [2]. Это предприятие уже более 60 лет на российском рынке соединителей. В последние годы его продукция обновляется в результате выполнения работ в рамках Федеральной целевой программы. В рекламных материалах ПО «Октябрь» рассматривается более 700 наименований соединителей в диапазоне частот 0,5–40 ГГц. В то же время очень многие выпускаемые соединители были разработаны много лет назад,



Рис. 2. Соединители ФГУП ПО «Октябрь»



Рис. 3. Соединители АО «НПФ «Микран»

имеют предельную рабочую частоту менее 18 ГГц, по своим параметрам и конструктивному исполнению уступают зарубежным аналогам и не полностью соответствуют требованиям современной микроэлектроники СВЧ.

АО «НПФ «Микран» («Микран»), г. Томск

«Микран» – современное инновационное предприятие, работающее в области телекоммуникации и связи, электронной компонентной базы СВЧ и изделий на ее основе, а также контрольно-измерительной аппаратуры диапазона СВЧ [3]. Среди основных соединителей этого предприятия переходы внутрисерийные и межсерийные, а также коаксиально-микроросконовые переходы в диапазоне частот от 18 до 65 ГГц – рис. 3 [4].

«Микран» разработал и выпускает современные инструментальные и метрологические переходы и необходимые аксессуары коаксиального тракта.

АО «Завод Атлант» («Атлант»), г. Изобильный

АО «Завод Атлант» – специализированное предприятие по разработке и серийному производству электрических соединителей с годовым выпуском до 123 млн шт., в том



Рис. 5. Соединители «ИРЗ»: а – соединители SMP; б – соединители SMA и типа IX по ГОСТ РВ 51914-2002

числе и радиочастотных. Начиная с 2016 года предприятие выполнило несколько опытно-конструкторских работ по Федеральной целевой программе. Это позволило ему в короткие сроки наладить серийное производство широкой номенклатуры импортозамещающих радиочастотных соединителей с предельной частотой до 65 ГГц, ранее не изготавливавшихся в нашей стране – рис. 4 [5].

ОАО «Иркутский релейный завод» («ИРЗ»)

«ИРЗ» – современное хорошо оснащенное предприятие, которое в содружестве с компанией «Радиант» (Москва) и АО «НПП» «Исток» в короткие сроки освоило разработку и производство радиочастотных соединителей, прежде всего типов SMA и SMP и кабельных сборок на их основе – рис. 5 [6]. «ИРЗ» входит в перечень стратегических предприятий оборонно-промышленного комплекса России

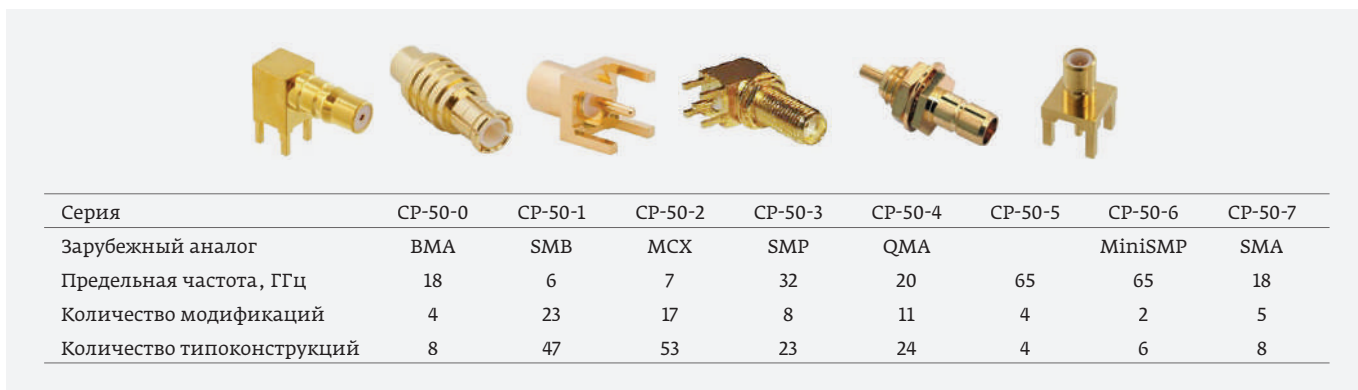


Рис. 4. Соединители АО «Завод Атлант»



Рис. 6. Некоторые переходы и соединители «Таир»

и поставляет соединители SMA и широкую номенклатуру соединителей SMP (предельная частота 40 ГГц) с приемкой 1 и 5. «ИРЗ» является разработчиком и изготовителем отечественных переходов розетка-розетка (bullet) и скользящих контактов. Предприятие планирует разработать и производить микроминиатюрные зарубежные соединители SMPM с предельной частотой 65 ГГц по стандарту MIL-STD-348B, а также соединители SMP повышенной вибростойкости.

ООО «Амитрон Электроникс» («Амитрон»), Москва

«Амитрон» – единственная частная компания в нашей стране, работающая в области радиочастотных соединителей с 2001 года. «Амитрон» предлагает потребителям более 90 типонаименований коаксиальных радиокомпонентов, в том числе соединители в трактах 3,5/1,52 мм (тип IX) и SMA, 7/3,04 мм (тип III) и N и многие типы зарубежных соединителей по собственным техническим условиям [7]. «Амитрон» сертифицирован в системе СДС «Военный регистр».

ООО «Таир» («Таир») г. Томск

«Таир» является стратегическим партнером компании «Планар» (г. Челябинск), разрабатывающей векторные анализаторы цепей высокого качества. Основная продукция компании «Таир» – компоненты СВЧ-тракта: переходы измерительного класса с предельной частотой 18 и 32 ГГц, блочные коаксиально-микроразветвляющие переходы, соединители торцевые и для установки в отверстия печатных плат – рис. 6 [8].

Это молодое предприятие отличается способностью создавать новые соединители и другую продукцию в короткие сроки.

АО «Антекс» («Антекс»), г. Фрязино

«Антекс» (RU Connectors) с апреля 2019 года входит в состав особой экономической зоны технико-внедренческого типа «Исток». Основная задача «Антекс» – разработка и освоение производства фазостабилизированных кабелей и кабельных сборок на их основе. Наряду с этим «Антекс» является партнером АО «Завод Атлант» и предлагает потребителям



Рис. 7. Кабельные соединители CP50-292 АО «Соединитель»

широкую номенклатуру отечественных и зарубежных соединителей [9]. Продукция АО «Антекс» поставляется заказчику по собственным техническим условиям.

АО «Соединитель», г. Миасс, Челябинская обл.

АО «Соединитель» – компания, основанная в постсоветский период (1963 г.) для разработки и выпуска кабельных соединителей, предназначенных для фазостабилизированных кабельных сборок. Это предприятие в последние годы разработало кабельные соединители CP50-292 с предельной частотой до 40 ГГц – рис. 7 [10]. КСВн этих соединителей менее 1,22, величина потерь 0,5 дБ, экранное затухание менее (-50) дБ. При их разработке создана оригинальная технология точного литья полимера опорной шайбы совместно с установленным на нее центральным проводником.

АО «НПП «Исток» им. Шокина» («Исток»), г. Фрязино

АО «НПП «Исток» им. Шокина» с 1981 года производит герметичные приборные радиочастотные соединители – рис. 8 [1]. Созданы герметичные коаксиально-микроразветвляющие переходы с предельной частотой 40 ГГц, в том числе и фланцевые составные



Рис. 8. Некоторые соединители АО «НПП «Исток»

(в сочетании с СВЧ-вводами). Разработаны соединители для работы на частотах до 18 ГГц при давлении окружающей среды 100 атм., а также приборные адаптеры четырех типов розетка-розетка (тип IX) с предельной частотой 22 ГГц. «Исток» впервые в нашей стране разработал серию импортозамещающих миниатюрных защелкиваемых соединителей SMP с предельной частотой 40 ГГц: вилка приборная герметичная; кабельные соединители – розетки прямые и угловые под полужесткий отечественный и зарубежный кабель; герметичные адаптеры SMP (вилка-вилка) и SMP (вилка) – SMA (розетка) и др.

Продвижению работ по созданию отечественных радиочастотных соединителей препятствуют следующие обстоятельства:

- во-первых, устаревшие как по уровню параметров, так и в части методик их измерения отечественные стандарты на радиочастотные соединители 1985, 1989 и 2002 года издания;
- во-вторых, отсутствие выпуска в нашей стране следующих материалов: стекла с диэлектрической проницаемостью 4,1, полимеров для диэлектрических шайб и компаундов с низкой диэлектрической проницаемостью, а также качественного графита для оправок, применяемых при пайке металлостеклянных узлов.

Таблица 1. Отечественные СВЧ-вводы

Предприятие	Обозначение СВЧ-вводов	Диаметр центрального проводника, мм
АО «НПП «Исток» им. Шокина»	ТС3.575.343,-01,02,-03 КРПГ.433434.080 КРПГ.433434.062,-01	0,3
	КРПГ.433434.015,-02	0,4
	КРПГ.433434.015-01,-03,-04,-05, ТС3.575.560 КРПГ.433434.048	0,5
	КРПГ.433434.003,-01,-02,-03,-04 ТС3.575.425,-01	0,6
	АО «НПФ «Микран»	МК100А, МК100Б, МК100В, МК100М, МК100МС
ОАО «Иркутский релейный завод»	ПКГс-50-006-3,50-В, ПКГс-50-006-3,50Р-В	1,3
	ПКГс-50-008-4,60-В, ПКГс-50-008-4,60Р-В	1,0
АО «Завод Атлант»	СЦНК.301111.001	0,5



Рис. 9. СВЧ-вводы АО «НПП «Исток»

Кроме того, необходимо понимать, что последние отечественные разработки – это копирование зарубежных аналогов, что, по сути, предполагает запрограммированное отставание. Отечественных патентов на изобретения в этой области ничтожно мало. Специалистов в области коаксиальных и волноводных радиокомпонентов не выпускают университеты страны.

МИНИАТЮРНЫЕ ГЕРМЕТИЧНЫЕ СВЧ-ВВОДЫ

Миниатюрные герметичные металлостеклянные СВЧ-вводы с волновым сопротивлением 50 Ом применяют для внутрисхемных и межблочных соединений, а также в составе коаксиально-микроразветвляющих переходов в изделиях микроэлектроники СВЧ [1]. Конструктивно они представляют собой внешний проводник (корпус) и центральный проводник, герметично спаянные между собой и изолятором из стекла с низкой диэлектрической проницаемостью. Металлические проводники изготавливают из сплава 29НК (ковар). Наибольшее количество типов СВЧ-вводов (22) разработало и выпускает АО «НПП «Исток» – рис. 9 [1]. Диаметр центрального проводника вводов 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6 мм – табл. 1. Покрытие металлических поверхностей вводов: Ni3Zn-Co(99,9)3, Ni3Zn2 или O-Вн (99,7)6. Предельная рабочая частота вводов – 40 ГГц, вносимые потери – менее 0,25 дБ.

Отдельные типы вводов выпускают АО «НПФ «Микран» [3], ОАО «Иркутский релейный завод» [5], АО «Завод Атлант» [4] и некоторые другие изготовители.

АО «НПФ «Микран» разработало серию миниатюрных СВЧ-вводов МК100 с золотым покрытием [4]. Диаметр центрального проводника вводов 0,3 мм, его длина от 3,17 до 11,8 мм, длина корпуса 1,4 мм. Предельная



ПОРТАТИВНЫЕ

ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ серии «КОМПАКТ»

S5045 S5065 S5085



Диапазон частот от 9 кГц до 4,5 / 6,5 / 8,5 ГГц
Динамический диапазон измерений: 130 дБ (тип.)
Диапазон выходной мощности: -55...+5 дБм
16 логических независимых измерительных каналов



ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИИ
ЦЕНЫ и ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ



один из САМЫХ ЛЕГКИХ ВАЦ
в продукции «ПЛАНАР»

DEMO

ПРЕДОСТАВИМ ДЕМО ПРИБОР
ПО ВАШЕМУ ЗАПРОСУ

planarchel.ru
8 800 222 12 11



рабочая частота вводов 40 и 50 ГГц, КСВН менее 1,3, вносимые потери не более 0,5 дБ. Вводы предназначены для составных коаксиально-микрополосковых переходов мм-диапазона длин волн.

«Иркутский релейный завод» выпускает СВЧ-вводы двух типов: в корпусе диаметром 10,5 мм и длиной 3 мм с центральным проводником диаметром 1,3 мм и в корпусе диаметром 9 мм и длиной 3 мм с центральным проводником диаметром 1,0 мм [6]. Материал покрытия вводов М1.НЗ.Зл-Ко(99,9)З.

АО «Завод Атлант» выпускает СВЧ-ввод СЦНК.301111.001 для сочетания с вилкой приборной СР-50-1002Ф в составном коаксиально-микрополосковом переходе [5]. Размеры СВЧ-ввода: диаметр центрального проводника 0,5 мм, длина 5,6 мм, диаметр корпуса 4 мм, длина корпуса 1,75 мм. Предельная рабочая частота ввода 18 ГГц, КСВН – 1,25.

МИНИАТЮРНЫЕ ГЕРМЕТИЧНЫЕ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Обеспечение электромагнитной совместимости современных радиоэлектронных устройств является все большей проблемой вследствие усложнения устройств, их миниатюризации, повышения частотного диапазона и уровня пропускаемой мощности. Основное средство подавления меж- и внутрисистемных кондуктивных помех, а также развязки по СВЧ в цепях питания, управления и коммутации постоянного и переменного токов – это помехоподавляющие фильтры нижних частот.

Главными параметрами фильтров с разными электрическими схемами являются: вносимое затухание, электрическая емкость, рабочие ток и напряжение, сопротивление изоляции, рабочий диапазон температур и герметичность. Герметичность, определяемая скоростью натекания гелия менее $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³·Па/с, является обязательным параметром фильтров, применяемых в герметизированных модулях и блоках СВЧ повышенной надежности и долговечности [1, 13, 14].

Существуют два способа герметизации фильтров. Первый – заливка обоих торцов корпуса фильтра



Рис. 10. Фильтры АО «НПП «Исток»

термостойким эпоксидным компаундом, иногда с последующим нанесением изоляционного лака. Этот способ использован во всех серийно выпускаемых отечественных фильтрах: Б7-2, Б14, Б23А, Б23, Б24, Б28 и др. Герметичность этих фильтров не регламентируется. Второй способ – применение спая металлического корпуса и центрального вывода фильтра со стеклянным изолятором. В этом случае обеспечивается скорость натекания гелия менее $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³·Па/с при контроле фильтров при помощи гелиевого течеискателя.

Серийное производство помехоподавляющих фильтров в нашей стране осуществляют АО «Кулон» [11] и АО «Гириконд» [12] (Санкт-Петербург). Фильтры этих предприятий конкурентоспособны с зарубежными аналогами по основным параметрам: номинальная электрическая емкость, вносимое затухание в широком диапазоне частот и миниатюрность. Однако все серийно выпускаемые помехоподавляющие фильтры этих предприятий герметизированы эпоксидным компаундом и поэтому не имеют требуемого уровня герметичности. Кроме того, монтаж фильтров в корпуса изделий возможен только путем вклеивания или низкотемпературной пайки припоями типа ПОСК50-18 (температура плавления 145 °С). Соединение выводов фильтров с электрической схемой необходимо также выполнять пайкой припоями ПОСК50-18 или ПСрОС-58. При этом рекомендуется применять теплоотвод от контактного узла фильтра, так как перегрев приводит к размягчению компаунда и смещению вывода, а также к возникновению трещин в керамическом корпусе [13].

В АО «НПП «Исток» разработана серия миниатюрных герметичных LC-фильтров для подавления электромагнитных помех в цепях питания и управления устройств СВЧ [14]. Внешний вид фильтров показан на рис. 10.

Разработаны миниатюрные безрезьбовые (10 типов), резьбовые (3 типа) и кабельный (для подвода напряжения с помощью радиочастотного кабеля) фильтры. Все фильтры герметизированы металлокерамическим спаем для обеспечения их герметичности, радиационной стойкости и допустимой температуры кратковременного нагрева до 280 °С. Диаметр центрального проводника всех фильтров равен 0,8 мм. На корпусах резьбовых фильтров выполнена резьба М4×0,5 или М3×0,5. Покрытие металлических

ООО
СМП



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Катушки индуктивности на токи до 10 А
- U.FL разъемы и pigtail со SMA



Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780



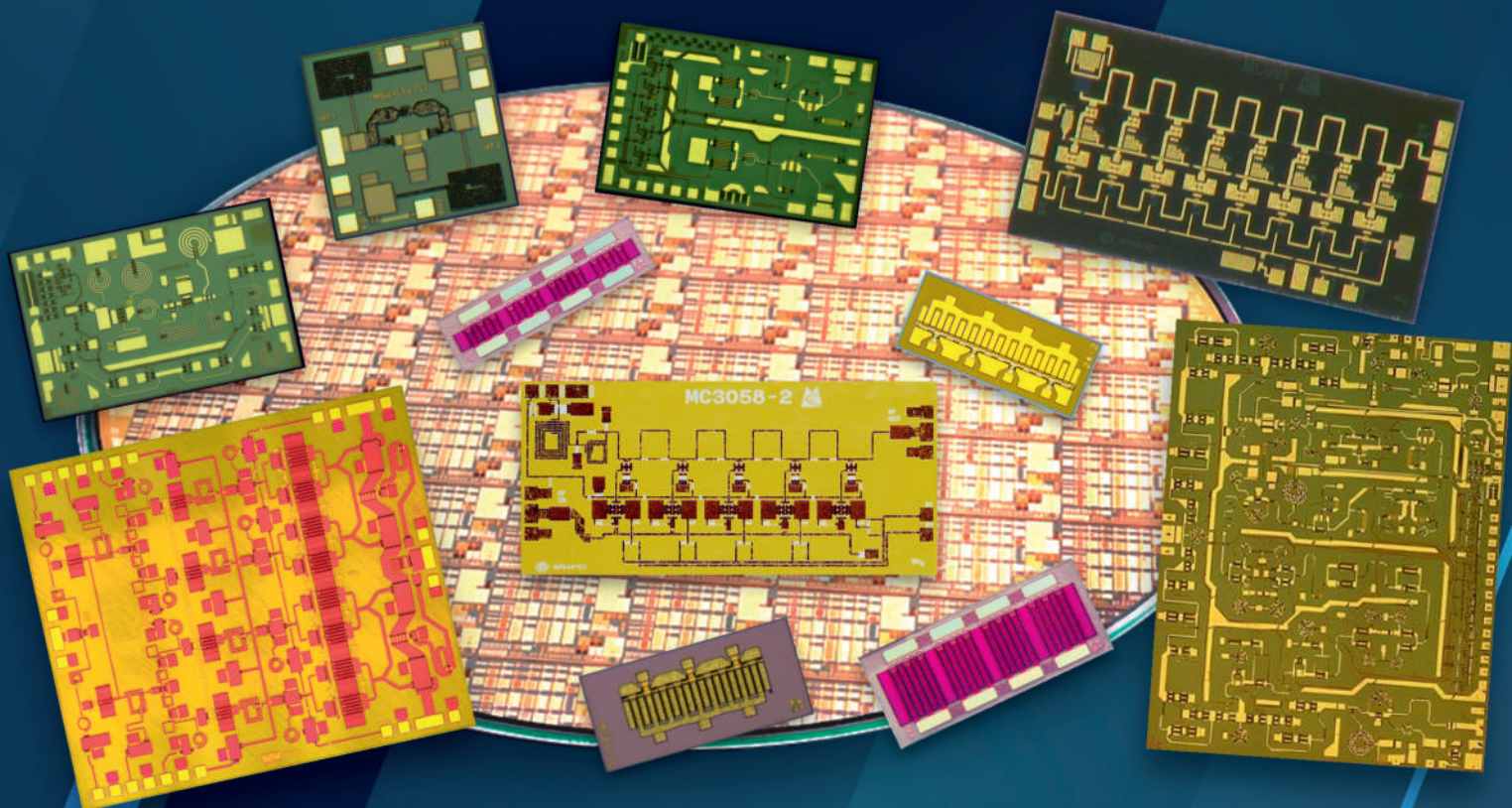
МИКРОВОЛНОВЫЕ
СИСТЕМЫ

ИНТЕЛЛЕКТ • КАЧЕСТВО НАДЕЖНОСТЬ

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО СВЧ GaAs и GaN ТРАНЗИСТОРОВ, МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И МИКРОМОДУЛЕЙ
- СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СВЧ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА
- НАИЛУЧШЕЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА / КАЧЕСТВО / СРОКИ



СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА СЕРТИФИЦИРОВАНА НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ИСО9001



Область применения

- Широкополосная связь и телекоммуникации
- Контрольно-измерительные приборы
- Радиорелейная и спутниковая связь
- Специальная и космическая аппаратура
- Радиолинии «точка-точка», «точка-многоточка»

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»

Москва, Щёлковское шоссе, д. 5, стр. 1
Тел.: +7(499) 644-21-03
e-mail: mwsystems@mwsystems.ru
www.mwsystems.ru

Таблица 2. Вносимое затухание фильтров АО «НПП «Исток»

Емкость фильтра, пФ	Вносимое затухание, дБ, на частоте, ГГц				
	0,01	0,1	1,0	10	18
5000	10	20	35	50	60
3000	8	15	30	45	60
2500	5	12	25	40	50
1500	–	5	15	30	40
50–100	–	–	<3	10	25

Таблица 3. Геометрические размеры и состав покрытия вводов и стоек

Обозначение	Геометрические размеры, мм			Состав покрытия
	l_1	l_2	L	
Вводы (рис. 11а)				
ТС3.575.337, КРПГ433434.005	2,35	2,6	7,5	НЗ.О-Ви(99,7)6
ТС3.575.337-01	4,50	1,5	7,5	НЗ.Зл2
ТС3.575.337-02	4,50	2,0	10,5	НЗ.О-Ви(99,7)6
ТС3.575.337-03, КРПГ433434.005-02	2,35	2,6	7,5	НЗ.Зл2
ТС3.575.337-04	4,50	1,5	7,5	НЗ.О-Ви(99,7)6
ТС3.575.337-05	4,50	2,0	10,5	НЗ.Зл2
ТС3.575.337-06	4,50	5,0	14,5	НЗ.О-Ви(99,7)6
ТС3.575.337-07	4,50	3,8	12,0	НЗ.О-Ви(99,7)6
ТС3.575.337-08	4,50	3,8	12,0	НЗ.Зл2
КРПГ433434.005-01	2,35	5,5	10,5	НЗ.О-Ви(99,7)6
КРПГ433434.005-03	2,35	5,5	10,5	НЗ.Зл2
Изоляционные стойки (рис. 11б)				
ТС4.886.004, КРПГ687213.001-01	2,35	2,6	5,2	НЗ.О-Ви(99,7)6
КРПГ687213.001	2,35	1,5	4,2	НЗ.О-Ви(99,7)6
КРПГ687213.001-02	2,35	1,5	4,2	НЗ.Зл2
КРПГ687213.001-03	2,35	2,6	5,2	НЗ.Зл2

поверхностей фильтров: НЗ.Пд-Н(80)6. Разработанные фильтры не имеют отечественных аналогов.

Фильтры имеют следующие основные параметры:

- электрическая емкость: 5000; 3000; 2500; 1500; 50–100 пФ;
- номинальное напряжение: 100 В;
- номинальный ток: 3 А;
- диапазон рабочих температур: минус 60...125 °С;
- масса фильтров менее 0,5 г, масса кабельного фильтра 1,4 г;
- герметичность (скорость натекания): $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³·Па/с.

Величина вносимого затухания фильтров в зависимости от частоты представлена в табл. 2 [14].

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ВВОДЫ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СТОЙКИ

АО «НПП «Исток» серийно выпускает 23 модификации миниатюрных герметичных низкочастотных металлокерамических вводов для подачи напряжения питания и изоляционных стоек для вибропрочных проводных соединений – рис. 11 [14]. Геометрические размеры и состав покрытия вводов и стоек приведены в табл. 3.

Освоена технология изготовления низкочастотных вводов с числом выводов до 30 и более.

Отдельные низкочастотные вводы выпускают также Иркутский релейный завод [6] и «Микран» [4]. Основная сложность производства вводов состоит в необходимости изготовления точных оправок из графита для пайки в среде азота. Для этого необходим мелкозернистый износостойчивый графит, который не удается найти среди отечественных производителей.

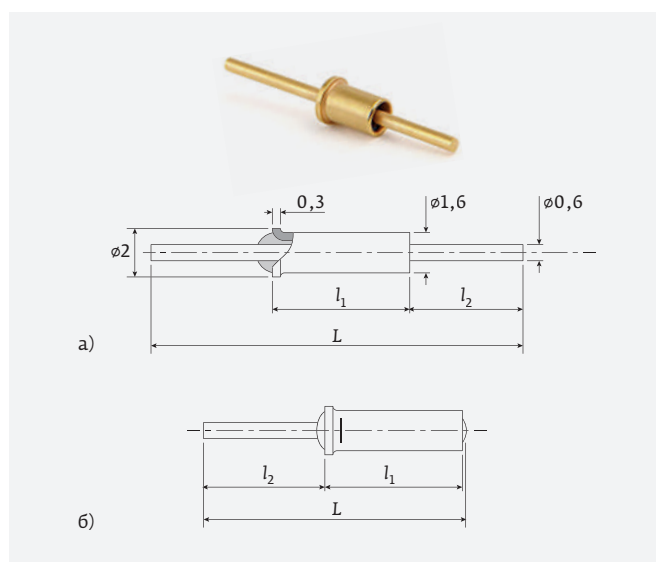


Рис. 11. Низкочастотные вводы (а) и изоляционные стойки (б)

* * *

Можно сделать следующие выводы.

- За последние годы значительно расширена номенклатура и улучшены основные параметры отечественных коаксиальных радиокомпонентов. Созданы многие типы радиочастотных соединителей – аналогов зарубежных компаний, однако полностью освободиться от необходимости применения зарубежных соединителей пока еще не удалось.
- По основным параметрам отечественные СВЧ и низкочастотные вводы не уступают зарубежным аналогам.
- Отечественные герметичные помехоподавляющие фильтры по электрическим параметрам аналогичны зарубежным аналогам, но уступают им по величине электрической емкости. Совершенствование отечественных миниатюрных фильтров зависит прежде всего от разработки дисковых монокристаллических конденсаторов диаметром 2–3 мм с допуском менее 0,2 мм.
- Для развития направления «Радиокомпоненты» необходимы создание отечественных материалов, корректировка устаревших стандартов и развитие автоматизированной металлообработки деталей радиокомпонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Джуринский К. Б.** Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры. Под редакцией д. т. н. Борисова А. А. Изд-во ЗАО «Медиа Групп Файн-стрит», С.-Петербург, 2014, 427 с.
2. Электрические соединители от производителя ФГУП ПО «Октябрь». <https://sr-eywa.ru>.
3. АО «НПФ «Микран» – ведущий производитель СВЧ. <https://www.micran.ru>.
4. Соединители общего применения. <https://www.micran.ru>.
5. Соединители радиочастотные – Завод Атлант. <https://zavodatlant.ru>.
6. Новые разработки – Иркутский релейный завод. <https://irzirk.ru>.
7. ООО «Амитрон Электроникс». amel.promportal.ru.
8. Переходы и соединители коаксиальные. Каталог НПК «Таир», 2022. www.npktair.com.
9. Каталоги Антекс (Ruconnectors). Соединители радиочастотные кабельные. Переходники коаксиальные радиочастотные (прецизионные измерительные). <https://ruconnectors.ru>.
10. АО «Соединитель». Радиочастотные соединители. <https://soedinitel.com>.
11. Конденсаторы и фильтры ОАО «Кулон». www.kulon.spb.ru.
12. Керамические помехоподавляющие фильтры АО «Гириконд». www.giricond.ru.
13. **Джуринский К.** Отечественные и зарубежные помехоподавляющие фильтры для микроэлектроники СВЧ. Какие лучше? // «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес». 2005. № 1. С. 42–45.
14. **Джуринский К.** Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. М. «ТЕХНОСФЕРА», 2006, 216 с.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1600 руб.

НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ИНЖЕНЕРА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДОВЫХ МЕТОДИК ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА ЦЕПЕЙ Дансмор Джоэль П.

Пер. с англ. и науч. ред. Е. Ю. Харитонова, Е. В. Андропова, А. С. Бондаренко
Издание осуществлено при поддержке компании Keysight Technologies

В книге рассмотрен широкий круг измерительных задач в СВЧ-диапазоне. В центре внимания – измерения активных и пассивных устройств с использованием новейших методик векторного анализа цепей, методики их калибровки, подходы к анализу полученных результатов. Приведены практические примеры измерений параметров таких устройств, как кабели и соединители, линии передачи, фильтры, направленные ответвители и др.

Автор книги – инженер-разработчик с 30-летним стажем – работал над широчайшим кругом измерительных задач в СВЧ-диапазоне: от компонентов сотового телефона до спутниковых мультимплексов.

Книга станет прекрасным практическим руководством для инженеров-метрологов и разработчиков ВЧ- / СВЧ-устройств, занимающихся моделированием и тестированием как отдельных узлов радиоэлектронной аппаратуры, так и законченных изделий, к примеру систем спутниковой связи, радиолокации и радионавигации. Крайне полезной данная книга будет и в процессе обучения студентов радиотехнических специальностей.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2019. – 736 с.,
ISBN 978-5-94836-505-3

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru