

Разработка и производство коаксиальных радиокомпонентов для микроэлектроники СВЧ

К. Джуринский, к. т. н.¹, О. Карлявина¹, С. Мосалова¹

Коаксиальные радиокомпоненты предназначены для передачи сигналов на частотах до 40 ГГц с микрополосковой линии на радиочастотный кабель, подвода питающих напряжений и управляющих сигналов, а также для подавления межсистемных и внутрисистемных электромагнитных помех в современных герметизированных устройствах микроэлектроники СВЧ. Рассмотрим элементную базу коаксиальных радиокомпонентов, разработанных и выпускаемых АО «НПП «Исток» им. Шокина», а также особенности импортозамещения в области радиочастотных соединителей.

АО «НПП «Исток» им. Шокина» разработало и выпускает следующие типы герметичных коаксиальных радиокомпонентов.

1. Коаксиально-микрополосковые переходы (КМПП) с предельной частотой 18 ГГц, «розетка» с метрической (M6×0,75) и дюймовой (0,250-36UNS) резьбой – 4 типа, в том числе 2 типа составных фланцевых КМПП, заменяемых в полевых условиях [1].
2. КМПП с предельной частотой 33 ГГц «розетка» и «вилка» с метрической (M6×0,75) и дюймовой (0,250-36UNS) резьбой – 4 типа (патент РФ на изобретение 1764477, приоритет от 2 января 1990 года).
3. КМПП составной фланцевый в канале 7,0/3,04 мм с предельной частотой 18 ГГц.
4. Адаптеры герметичные с предельной частотой 26 ГГц «розетка – розетка» с метрической и дюймовой резьбой – 4 типа (патент РФ на полезную модель № 131533, приоритет от 18 марта 2013 года).
5. Адаптеры герметичные с предельной частотой 18 ГГц «розетка – розетка» для работы при повышенном до 100 атмосфер давлении – 2 типа.
6. Микроминиатюрные защелкиваемые соединители типа SMP с предельной частотой 40 ГГц:
 - кабельные «розетки» для отечественных и зарубежных кабелей: прямые с предельной частотой 40 ГГц – 3 типа, угловые с предельной частотой 26,5 ГГц – 3 типа;
 - адаптер герметичный с предельной частотой 40 ГГц «вилка – вилка» (патент РФ на полезную модель № 130150, приоритет от 20 декабря 2012 года);
 - «вилка» приборная герметичная с полным защелкиванием и скользящим соединением – 2 типа.
7. Миниатюрные герметичные СВЧ-вводы (волновое сопротивление 50 Ом) с центральными проводниками диаметром 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6 мм – 21 тип.
8. Миниатюрные резьбовые и безрезьбовые герметичные фильтры помех с электрической емкостью 1500–4500 пФ и максимальной величиной вносимого затухания 60 дБ для цепей питания – 10 типов.
9. Миниатюрные герметичные фильтры помех с электрической емкостью 70...90 и 140...170 пФ и максимальной величиной вносимого затухания 20 дБ для цепей управления – 2 типа.
10. Миниатюрные низкочастотные вводы и изоляционные стойки с центральным проводником диаметром 0,6 мм – 15 типов.
11. Многовыводные (до 60 выводов) герметичные металлокерамические узлы по техническим требованиям заказчиков.

РАДИОЧАСТОТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Внешний вид и конструкции стандартных (в соответствии с ГОСТ РВ51914-2002) радиочастотных соединителей с метрической и дюймовой резьбой показаны на



Рис. 1. Стандартные радиочастотные соединители с дюймовой и метрической резьбой

¹ АО «НПП «Исток» им. Шокина».

Таблица 1. Основные технические характеристики радиочастотных соединителей

| Обозначение соединителя (тип по ГОСТ РВ51910-2002), технические условия | Максимальный КСВН в диапазоне частот, ГГц | | | СВЧ- потери, дБ | Экранное затухание, дБ | Масса, г | Рис. |
|--|---|--------|--------|-----------------------|------------------------------|-------------|------|
| | 1...10 | 1...18 | 1...33 | | | | |
| КРПГ.434511.015 (IX), КРПГ.434511.015 ТУ | - | 1,3 | - | 0,25 | -90 | 1,0 | 2-1 |
| ТС2.236.072 (IX), «розетка» ТС0.223.014 ТУ | 1,15 | 1,25 | 1,40 | 0,30 | -90 | 1,2 | 2-2 |
| ТС2.236.072-01 (IX), «розетка» ТС0.223.014 ТУ | 1,10 | 1,25 | 1,40 | 0,30 | -90 | 1,2 | 2-1 |
| ТС2.236.074 (IX), «вилка» ТС0.223.020 ТУ | 1,15 | 1,30 | 1,43 | 0,35 | -90 | 2,4 | 2-3 |
| КРПГ.434511.004-02 и КРПГ.434511.004-03(IX) с СВЧ-вводами КРПГ.433434.015-02, КРПГ.433434.015-03, КРПГ.434511.004 ТУ | - | 1,35 | - | 0,40 | -60 | 2,0 | 2-4 |
| КРПГ.468562.024 (IX) «розетка-розетка» КРПГ.468562.024ТУ | - | 1,25 | - | 0,30 | -60 | 1,8 | 2-5 |
| КРПГ.434511.016 (III) «розетка» с СВЧ-вводом КРПГ.433434.048; КРПГ.434511.016 ТУ | - | 1,30 | - | 0,30 | -60 | 25 | 2-6 |

рис. 1 и 2, защелкиваемых микроминиатюрных радиочастотных соединителей типа SMP – на рис. 3 и 4, а технические характеристики соединителей приведены соответственно в табл. 1 и 2.

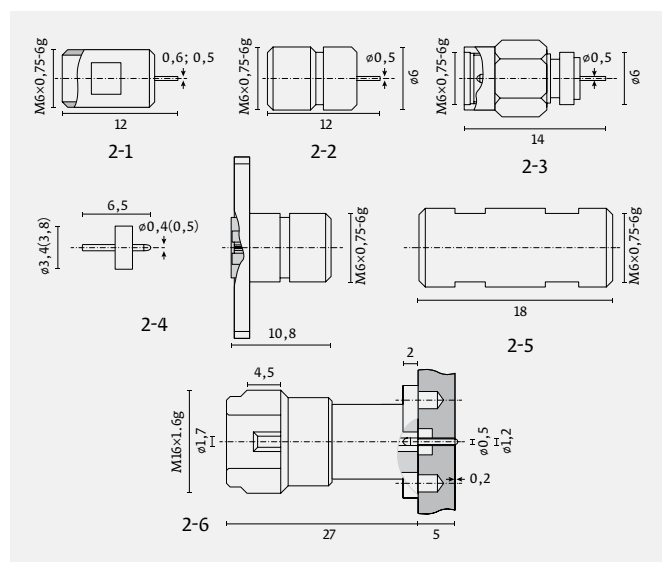


Рис. 2. Конструкции стандартных радиочастотных соединителей. Обозначения соединителей приведены в табл. 1

Материалы и покрытия

- корпус – нержавеющая сталь, бериллиевая бронза, сплав 29НК, латунь, покрытие – износостойкое золото;
- гнездовой контакт – бериллиевая бронза, покрытие – износостойкое золото Ni.Зл-Ко(99,9)З – сплав золото-кобальт по подслою никеля; центральный проводник – сплав 29НК, покрытие – износостойкое золото.

КМПП или СВЧ-ввод соединяются с МПЛ тонкой перемычкой, припаянной или приваренной к торцу центрального проводника и полоску МПЛ. Область соединения – уязвимое место при циклическом изменении температуры и механических воздействиях. Для повышения надежности и улучшения технологии сборки разработано соединение с применением скользящего контакта – рис. 5 [1].

Скользящий контакт представляет собой покрытую золотом миниатюрную цангу из термически упроченной



Рис. 3. Внешний вид радиочастотных соединителей типа SMP

Таблица 2. Технические характеристики соединителей типа SMP

| Обозначение соединителя (КРПГ.434511.019ТУ) | Максимальный КСВН (в диапазоне частот, ГГц) | Потери СВЧ, дБ | Экранное затухание, дБ | Масса, г | Рис. |
|---|---|----------------|------------------------|----------|------|
| Прямые кабельные соединители «розетка»: | | | | | |
| КРПГ.434511.020 – кабель 0,047', РК50-1-24. | 1,4 (0-40) | 0,63 | -65 | 0,25 | 4-1 |
| КРПГ.434511.020-01 – кабель РК50-1-23. | | | | | |
| КРПГ.434511.020-02 – кабель 0,085', РК50-1,5-22 | | | | | |
| Угловые кабельные соединители «розетка»: | | | | | |
| КРПГ.434511.019 – кабель 0,047', РК50-1-24. | 1,5 (0-26,5) | 0,51 | -65 | 0,5 | 4-2 |
| КРПГ.434511.019-01 – кабель РК50-1-23. | | | | | |
| КРПГ.434511.019-02 – кабель 0,085', РК50-1,5-22 | | | | | |
| Вывод приборный «розетка» КРПГ.433434.054 | 1,4 (0-40) | 0,63 | -65 | 0,1 | 4-3 |
| Адаптер герметичный «вилка – вилка» КРПГ.434511.021 | 1,5 (0-40) | 0,51 | -65 | 0,64 | 4-4 |

бериллиевой бронзы БрБ2, оканчивающуюся лепестком для соединения с МПЛ. При сборке скользящий контакт надевают на центральный проводник, а лепесток припаивают или приваривают к полоску МПЛ. При воздействии температуры и вибрации контакт скользит по поверхности центрального проводника соединителя, что предотвращает образование напряжений в соединении с МПЛ. АО «НПП «Исток» им. Шокина» разработало конструкцию скользящего контакта (патент РФ на полезную модель № 162470, приоритет 12 октября 2015 года), которая реализована Иркутским релейным заводом [2].

МИНИАТЮРНЫЕ ГЕРМЕТИЧНЫЕ СВЧ-ВВОДЫ

Герметичные металlostеклянные вводы с волновым сопротивлением 50 Ом используют для внутрисхемных

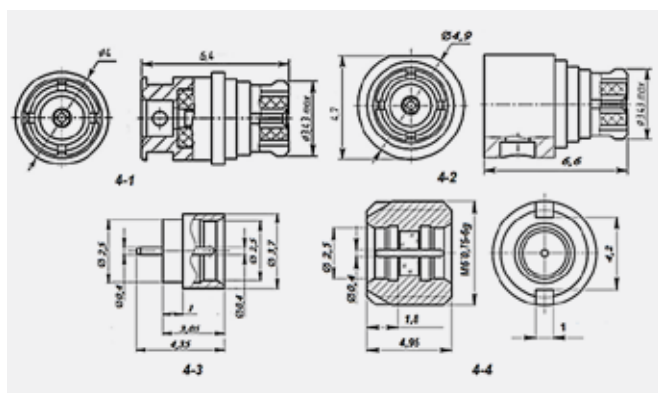


Рис. 4. Конструкции соединителей типа SMP. Обозначения соединителей приведены в табл. 2

и межблочных соединений, а также в составе составных коаксиально-микрополосковых переходов в изделиях микроэлектроники СВЧ. Внешний вид и конструкции разработанных СВЧ-вводов показаны на рис. 6 и 7, а их геометрические размеры и состав покрытия металлических поверхностей приведены в табл. 3.

Технические характеристики

Потери СВЧ, менее 0,1 дБ
 Сопротивление изоляции, более 5 000 МОм
 Герметичность $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³ Па / с
 Диапазон рабочих температур -60...125 °С

МИНИАТЮРНЫЕ ГЕРМЕТИЧНЫЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ВВОДЫ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ СТОЙКИ

Герметичные низкочастотные вводы предназначены для ввода напряжений питания и низкочастотных

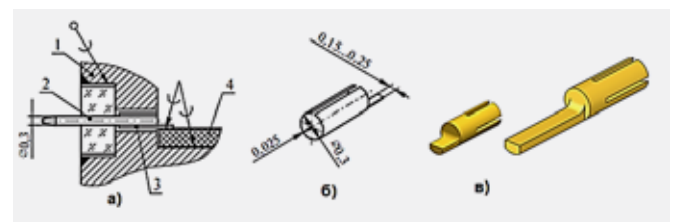


Рис. 5. Соединение СВЧ-ввода с МПЛ при помощи скользящего контакта (а), конструкция контакта (б) и его внешний вид (в): 1 – корпус изделия, 2 – СВЧ-ввод, 3 – скользящий контакт, 4 – плата с МПЛ

сигналов, изоляционные стойки – для обеспечения внутренних вибропрочных соединений в герметизированных изделиях микроэлектроники СВЧ. Внешний вид и конструкции разработанных в АО «НПП «Исток» им. Шокина» низкочастотных вводов, изоляционных стоек и некоторых многовыводных металlostеклянных узлов показаны на рис. 8, а их геометрические размеры и состав покрытия металлических поверхностей приведены в табл. 4.

Технические характеристики

Сопротивление изоляции, не менее 5 000 МОм
Герметичность $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³ Па/с
Диапазон рабочих температур – 60...125 °С

МИНИАТЮРНЫЕ ГЕРМЕТИЧНЫЕ ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Помехоподавляющие фильтры предназначены для подавления межсистемных и внутрисистемных электромагнитных помех в цепях питания, а также для развязки по СВЧ в радиоэлектронной аппаратуре. АО «НПП «Исток» им. Шокина» выпускает не имеющие отечественных аналогов миниатюрные герметичные резьбовые и безрезьбовые L–C-фильтры нижних частот, а также кабельный фильтр для подвода питающего напряжения при помощи радиочастотного кабеля.

Внешний вид и конструкции помехоподавляющих фильтров АО «НПП «Исток» им. Шокина» показаны на рис. 9, а их технические характеристики приведены в табл. 5.

Технические характеристики

Герметичность $1,3 \cdot 10^{-11}$ м³ Па/с
Сопротивление изоляции, не менее 5 000 МОм
Допустимая температура кратковременного нагрева 260 °С
Номинальное напряжение 100 В
Номинальный ток 5 А
Диапазон рабочих температур –60...125 °С
Покрытие металлических поверхностей ... НЗ.Пд-Н(80)6
Масса, не более 0,6 г; 1,4 г (фильтр № 10)

Кабельный фильтр «розетка» работает в сочетании со стандартными вилками СР-50-724 ФВ, СР-50-726 ФВ, выпускаемыми по техническим условиям ВРО.364.049 ТУ.

ОБ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ РАДИОЧАСТОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

Оборонно-промышленному комплексу (ОПК) страны нужны собственные радиочастотные соединители [3]. Но полная замена всех зарубежных соединителей в настоящее время не по силам отечественной промышленности, так как номенклатура импортных

Таблица 3. Геометрические размеры и состав покрытия металлических поверхностей СВЧ-вводов

| Обозначение | Геометрические размеры, мм | | | | | Состав покрытия металлических поверхностей |
|--------------------|----------------------------|-----|-----|----------------|------|--|
| | D | d | l | l ₁ | L | |
| ТС3.575.343 | 2,4 | 0,3 | 1,0 | 4,0 | 6,0 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| ТС3.575.343-01 | 2,4 | 0,3 | 2,0 | 2,0 | 6,0 | НЗ.Зл2, НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| ТС3.575.343-02 | 2,4 | 0,3 | 2,0 | 2,0 | 4,6 | НЗ.Зл2, НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.015 | 3,4 | 0,4 | 2,0 | 1,8 | 7,5 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.015-01 | 3,8 | 0,5 | 2,0 | 1,8 | 7,5 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.015-02 | 3,4 | 0,4 | 2,0 | 1,8 | 6,5 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.015-03 | 3,8 | 0,5 | 2,0 | 1,8 | 6,5 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.015-04 | 3,8 | 0,5 | 2,0 | 3,5 | 9,2 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.015-05 | 3,8 | 0,5 | 2,0 | 3,5 | 11,0 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.003 | 4,7 | 0,6 | 2,0 | 0,95 | 7,5 | НЗ.Зл2 |
| КРПГ.433434.003-01 | 4,7 | 0,6 | 2,0 | 0,95 | 7,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.003-02 | 4,7 | 0,6 | 2,0 | 6,5 | 12 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.003-03 | 4,7 | 0,6 | 2,0 | 0,95 | 6,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.003-04 | 4,7 | 0,6 | 2,0 | 2,75 | 7,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.068 | 3,4 | 0,8 | 4,5 | 3,0 | 13,0 | НЗ.Зл2 |
| ТС3.575.425 | 4,7 | 0,6 | 6,0 | 2,7 | 10,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| ТС3.575.425-01 | 4,7 | 0,6 | 3,5 | 1,6 | 7,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.048 | Рис. 7, г | | | | | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |
| КРПГ.433434.030 | 3,8 | 0,5 | 2,0 | 3,8 | 9,5 | НЗ.Зл2, НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| КРПГ.433434.030-01 | 3,8 | 0,5 | 2,0 | 7,8 | 13,5 | НЗ.Зл2, НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| ТС3.575.560 | 2,4 | 0,5 | - | 2,0 | 6,5 | Н1.Зл-Ко(99,9)3 |

Примечание. Технические условия – ТС0.357.004 ТУ.

изделий разрослась до многих сотен наименований. К тому же некоторые перспективные зарубежные соединители невозможно воспроизвести в разумные сроки вследствие многолетнего отсутствия нужных

специалистов, необходимых материалов, технологий и оборудования.

По нашему мнению, объектом разработки и серийного производства в ближайшее время должны стать



Рис. 6. Внешний вид СВЧ-вводов

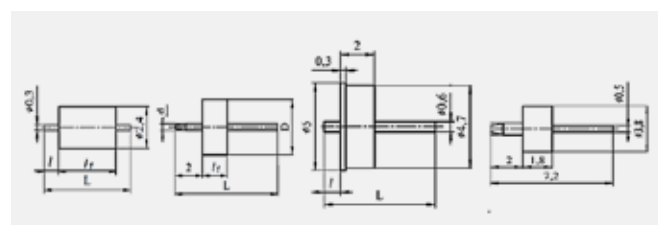
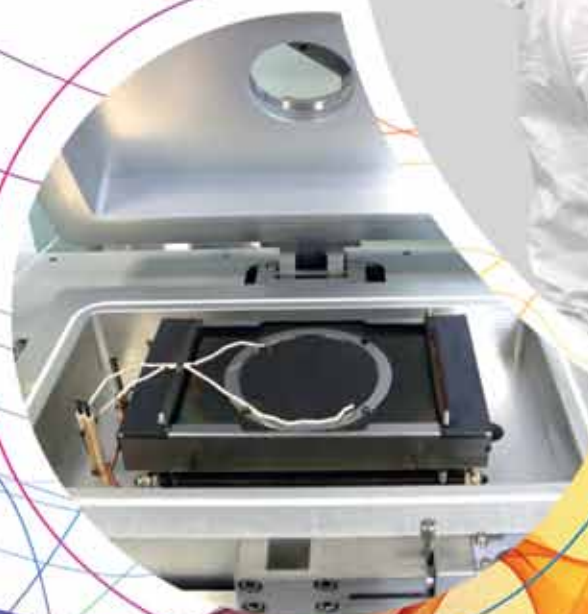


Рис. 7. Конструкции СВЧ-вводов. Номера вводов приведены в табл. 3

ОБНОВЛЕННАЯ СИСТЕМА БЫСТРОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА **STE RTA100**

Проверенное технологическое решение для воспроизводимой термической активации омических контактов к гетероструктурам на основе **GaN** и **GaAs**



 **SemiTEq**

ОТ ЗАМЫСЛА ДО ВОПЛОЩЕНИЯ

Обеспечивает работу с пластинами до $\varnothing 100\text{мм}$ при максимальной температуре до 1000°C

Высокая степень однородности нагрева по пластине и воспроизводимость параметров процесса "Run-to-Run"

Улучшенная эргономика реактора, облегчающая процесс загрузки-выгрузки пластин и техническое обслуживание

ЗАО «НТО»
пр. Энгельса, 27
Санкт-Петербург, 194156, Россия
Тел.: +7 812 601 06 05,
Факс: +7 812 313 54 29
sales@semiteq.ru

www.semiteq.ru

Таблица 4. Геометрические размеры и состав покрытия металлических поверхностей низкочастотных вводов и изоляционных стоек

| Номер ввода, стойки | Обозначение | Геометрические размеры, мм | | | Состав покрытия металлических поверхностей |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------|------|--|
| | | l_1 | l_2 | L | |
| Вводы (рис. 8б) | | | | | |
| 1 | ТС3.575.337, КРПГ433434.005 | 2,35 | 2,6 | 7,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 2 | ТС3.575.337-01 | 4,50 | 1,5 | 7,5 | НЗ.Зл2 |
| 3 | ТС3.575.337-02 | 4,50 | 2,0 | 10,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 4 | ТС3.575.337-03, КРПГ433434.005-02 | 2,35 | 2,6 | 7,5 | НЗ.Зл2 |
| 5 | ТС3.575.337-04 | 4,50 | 1,5 | 7,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 6 | ТС3.575.337-05 | 4,50 | 2,0 | 10,5 | НЗ.Зл2 |
| 7 | ТС3.575.337-06 | 4,50 | 5,0 | 14,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 8 | ТС3.575.337-07 | 4,50 | 3,8 | 12,0 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 9 | ТС3.575.337-08 | 4,50 | 3,8 | 12,0 | НЗ.Зл2 |
| 10 | КРПГ433434.005-01 | 2,35 | 5,5 | 10,5 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 11 | КРПГ433434.005-03 | 2,35 | 5,5 | 10,5 | НЗ.Зл2 |
| Изоляционные стойки (рис. 8в) | | | | | |
| 12 | ТС4.886.004, КРПГ687213.001-01 | 2,35 | 2,6 | 5,2 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 13 | КРПГ687213.001 | 2,35 | 1,5 | 4,2 | НЗ.О-Ви(99,7)6 |
| 14 | КРПГ687213.001-02 | 2,35 | 1,5 | 4,2 | НЗ.Зл2 |
| 15 | КРПГ687213.001-03 | 2,35 | 2,6 | 5,2 | НЗ.Зл2 |

Примечание. Технические условия – ТСО.357.003ТУ

миниатюрные герметичные радиочастотные соединители широкого применения, работающие в широком диапазоне частот 0...50 ГГц. Соединители должны быть радиационно-стойкими (для устройств космического назначения), изготовлены из отечественных материалов, предусматривать модификации для поверхностного монтажа на печатные платы.

Проблемы, возникающие при воспроизведении зарубежных соединителей, рассмотрены в работе [4]. Отметим главную из них – отсутствие производства в нашей стране ряда стратегически важных материалов, необходимых для создания указанных соединителей, а именно:

- радиационно-стойких полимерных изоляционных материалов для замены широко применяемого фторопласта Ф4. За рубежом разработаны и широко

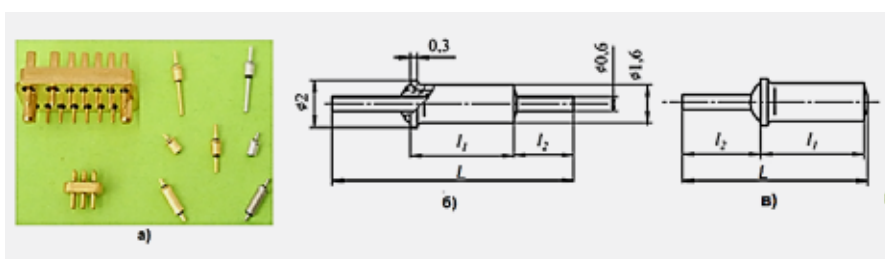


Рис. 8. Внешний вид и конструкции металлостеклянных узлов (а), низкочастотных вводов (б) и изоляционных стоек (в)

применяются радиационно-стойкие полимеры Torlon, Ultem, Noryl (PPO) и др. [5];

- стекла с диэлектрической проницаемостью 4,0–4,1 и тангенсом угла диэлектрических потерь $20 \cdot 10^{-4}$ – аналога зарубежного стекла Corning 7070. Большая часть герметичных зарубежных соединителей с предельной частотой 26,5–65 ГГц выполнена с применением стекла Corning 7070 [1];

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ



БЕЗМАСОЧНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Многоканальные лазерные генераторы изображений
- Проектная норма 0.35, 0.6 μm
- Опция прямого рисования
- $\varnothing 200, 150, 100 \text{ mm}$
- Высокая точность совмещения



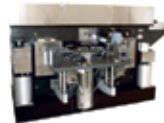
КОНТАКТНАЯ ЛИТОГРАФИЯ

- Ручная и автоматизированная загрузка
- Двусторонняя литография
- Высокая точность совмещения
- Низкий уровень генерации дефектов
- Высокая энергоэффективность



ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

- Диапазон UV, DUV
- Проектная норма 90, 130 nm
- 16/32-лучевая архитектура
- Фазосдвигающие шаблоны
- Быстрая переналадка пластин — шаблон



СТЕПЕРЫ

- Проектная норма 0.35, 0.8 μm
- Автоматический масштаб
- Двустороннее совмещение
- $\varnothing 100, 150, 200 \text{ mm}$
- Твердотельный источник света



КОНТРОЛЬ ФОТОШАБЛОНОВ

- Проектная норма 90, 130, 250 nm
- Твердотельный лазер
- Контроль методом Die-to-DB, Die-to-Die
- Высокая производительность



КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ

- Контроль привносимых дефектов пластин без топологии
- Автоматический микро и макро контроль дефектов пластин с топологией
- Высокая производительность



РЕМОНТ ФОТОШАБЛОНОВ

- Фемтосекундный / пикосекундный лазер
- 0.2 / 0.5 μm min элемент
- Размер шаблона 7"x7"
- Устранение прозрачных и непрозрачных дефектов



АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЕ

- Контроль микроразмеров
- Контроль неплоскостности
- Контроль координат
- Визуальный контроль
- Контроль толщин
- Контроль рассовмещения



- Единое таможенное пространство
- 55-летний опыт разработки и производства прецизионного оптико-механического оборудования
- Высокий уровень применяемых технологий и современного оборудования
- Полный цикл разработки и производства
- Высококвалифицированный персонал
- Высокое качество изделий подтверждено национальными и международными стандартами
- Возможность комплексной поставки оборудования. В том числе, адаптированного для Российского рынка программного обеспечения для поддержки процессов изготовления фотошаблонов и 3D-моделирования для фотолитографии компании GenISys (Германия)



Таблица 5. Основные технические характеристики помехоподавляющих фильтров

| № п.п. | Обозначение фильтров | Ем-кость, пФ | Вносимое затухание, дБ, не менее, на частотах, ГГц | | | | | Геометрические размеры, мм (рис. 4) | | | | | | | |
|--------|----------------------|--------------|--|-----|-----|----|----|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|------|----------------|--------|----------------|
| | | | 0,01 | 0,1 | 1,0 | 10 | 18 | D | D ₁ | l ₁ | l ₂ | L | l ₃ | M | l ₄ |
| 1 | ТС2.263.017 | | | | | | | 4,0 | 3,4 | 4,0 | 8,0 | 13,0 | 2,5 | - | - |
| 2 | ТС2.263.017-01 | ≥4500 | 15 | | 30 | | 55 | - | - | - | 8,0 | 13,0 | 2,5 | M4×0,5 | 3,2 |
| 3 | ТС2.263.017-02 | | | | | | | 4,0 | 3,4 | 6,0 | 8,0 | 14,5 | 4,0 | - | - |
| 4 | КРПГ.433553.001 | | | | | | | - | - | - | 6,0 | 10,0 | 2,5 | M4×0,5 | 3,5 |
| 5 | КРПГ.433553.001-01 | ≥2500 | 5 | 15 | 30 | 45 | 55 | 4,0 | 3,4 | 2,5 | 6,0 | 10,0 | 2,5 | - | - |
| 6 | КРПГ.433553.001-02 | | | | | | | 4,0 | 3,4 | 3,5 | 6,0 | 10,0 | 2,5 | - | - |
| 7 | КРПГ.433553.002 | | | | | | | 3,2 | 2,6 | 3,5 | 6,0 | 10,0 | 2,5 | - | - |
| 8 | КРПГ.433553.002-01 | ≥2500 | - | 5 | 15 | 30 | 45 | - | - | - | 6,0 | 10,0 | 2,5 | M3×0,5 | 2,5 |
| 9 | КРПГ.433553.002-02 | ≥1500 | - | 3 | 10 | 25 | 35 | 3,2 | 2,6 | 1,4 | 4,0 | 8,0 | 2,5 | - | - |
| 10 | КРПГ.433553.003 | ≥2500 | | 15 | 30 | 45 | 55 | | | | | | | | Рис. 9 |
| 11 | КРПГ.433553.005 | 140–170 | - | 3 | 10 | 15 | 25 | | | | | | | | |
| 12 | КРПГ.433553.005-01 | 70–90 | - | - | 10 | 15 | 25 | 4,0 | 3,4 | 2,5 | 6,0 | 13,0 | 4,0 | - | - |

Примечание. Технические условия на фильтры № 1–3 – ТСО.226.004ТУ, фильтры № 4–9 – ТСО.028.052ТУ, фильтр № 10 – КРПГ.433553.003ТУ, фильтры № 11–12 – КРПГ.433553.005ТУ.

- клея-герметика с диэлектрической проницаемостью приблизительно 2,9 и допустимой температурой нагрева 270...290 °С, необходимого при разработке миниатюрных соединителей для поверхностного монтажа на печатные платы.

Кроме того, необходимо корректировать при соединительные размеры и электрические параметры,

предусмотренные отечественными стандартами на радиочастотные соединители: ГОСТ РВ 51914-2002, ГОСТ 13317-89 и ГОСТ 20265-83. В ГОСТ РВ 51914-2002 и 20265-83 требуется ввести широко применяемый тип соединителей 2,92 мм с предельной частотой 40 ГГц [1].

ЛИТЕРАТУРА

- Джуринский К. Б. Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры / Под ред. д. т. н. Борисова А. А. – СПб: Изд-во ЗАО «Медиа Группа Файн-стрит». 2014. 426 с.
- www.irkirz.ru. Новые разработки.
- Евсеев В., Наливкин И. Импортозамещение ЭКБ и развитие радиоэлектроники. Обсуждение проблемы // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2014. № 8. С. 156–159.
- Джуринский К. Радиочастотные соединители. Импортозамещение или снижение зависимости от импорта // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2017. № 8. С. 66–71.
- Джуринский К., Прокимов А., Смирнова Ю. Перспективные изоляционные материалы для радиочастотных кабелей и соединителей // Компоненты и технологии. 2017. № 2. С. 105–113.

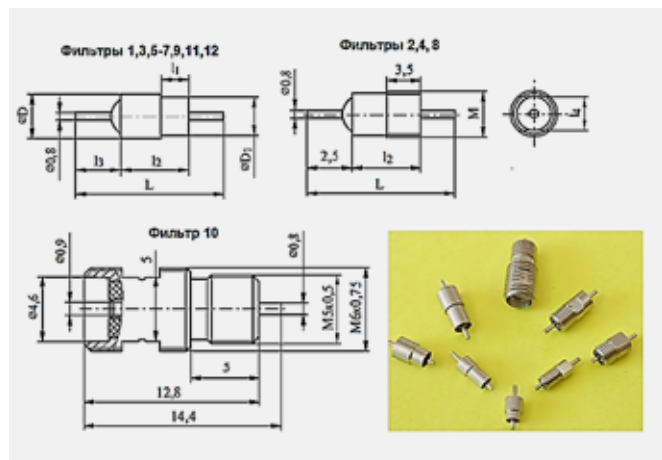


Рис. 9. Конструкции и внешний вид фильтров. Номера фильтров приведены в табл. 5



МИЛАНДР
ГРУППА КОМПАНИЙ



**25 ЛЕТ НА РЫНКЕ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

**МИКРОСХЕМЫ
ПРИБОРЫ
СИСТЕМЫ**

124498, РФ
г. Москва, Зеленоград,
Георгиевский пр-т, д. 5
Тел.: +7 (495) 981-54-33
Факс: +7 (495) 981-54-36
info@milandr.ru

WWW.MILANDR.RU