

Особенности конструкции и применения СВЧ-вводов для соединителей миллиметрового диапазона

Кива Джурицкий (kbd.istok@mail.ru)

В статье рассматриваются особенности конструкции и применения современных импортных и отечественных СВЧ-вводов для соединителей миллиметрового диапазона. Приводятся их основные типоразмеры и характеристики. Обсуждаются проблемы, возникающие как при производстве СВЧ-вводов, так и при их монтаже.

Рабочий диапазон частот коаксиальных соединителей миллиметрового диапазона длин волн (далее соединители мм-диапазона) начинается с 30 ГГц. В эту группу входят следующие соединители: 3,5 мм (предельная рабочая частота 33 ГГц), 2,92 мм (40 ГГц), 2,4 мм (50 ГГц), 1,85 мм (65 ГГц), 1,0 мм (110 ГГц) и 0,8 мм (145 ГГц) [1–4]. В настоящее время разработаны и выпускаются составные (field replaceable – заменяемые в полевых условиях) соединители мм-диапазона, представляющие собой сочетание миниатюрного СВЧ-ввода и, собственно, соединителя, часто называемого СВЧ-разъёмом, с цапговым соединением между ними [2, 3]. При этом СВЧ-разъём чаще всего выполнен в виде фланцевой конструкции – прямоугольный или квадратный фланец, прикручиваемый 2 или 4 винтами к стенке корпуса изделия (см. рис. 1а).



Рис. 1. Составные соединители мм-диапазона: а) фланцевые; б) резьбовые

Реже разъём выполняется в виде резьбовой конструкции, вкручиваемой в корпус (см. рис. 1б).

Герметичность соединителей обеспечивает миниатюрный металлокерамический СВЧ-ввод, впаиваемый в корпус изделия. Ввод представляет собой спай стеклянного изолятора с металлической втулкой (наружный проводник) и центральным проводником. Изоляторы (стеклянные таблетки) СВЧ-вводов изготавливают из монолитного или порошкового стекла. Для изготовления изоляторов СВЧ-вводов с предельной рабочей частотой до 40 ГГц применяют боросиликатное стекло марки Corning 7052 с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=4,9$, тангенсом угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta=80 \times 10^{-4}$. Для изготовления вводов с рабочей частотой более 40 ГГц все зарубежные компании применяют стекло марки Corning

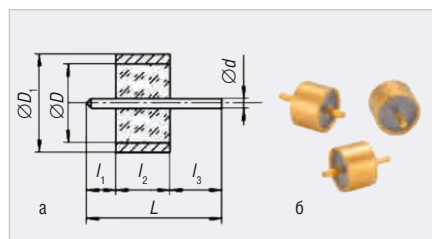


Рис. 2. Конструкция СВЧ-ввода (а) и его внешний вид (б)

7070: $\epsilon=4,1$, $\text{tg}\delta=20 \times 10^{-4}$. В нашей стране единственная марка стекла, применяемого для изготовления изоляторов СВЧ-вводов, – С52-1: $\epsilon=5,2$, $\text{tg}\delta=95 \times 10^{-4}$. На рисунке 2 показаны основные размеры СВЧ-вводов и их внешний вид.

Расчётные значения предельной частоты в зависимости от размеров коаксиальной линии СВЧ-вводов, заполненной стеклами с разной диэлектрической проницаемостью, приведены в таблице 1.

Для воздушной коаксиальной линии отношение $D_1/d=2,3$ [2, 3]. Для СВЧ-вводов с предельной частотой 125 ГГц компания Thunderline-Z рекомендует применять вводы с центральным проводником диаметром 0,127 мм, наружным диаметром изолятора из стекла Corning 7070 – 0,68 мм и наружным диаметром ввода 1,52 мм.

ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СВЧ-ВВОДЫ

За рубежом герметичные СВЧ-вводы выпускают многие американские компании, несколько европейских, а также компании Юго-Восточной Азии. В России СВЧ-вводы мм-диапазона выпускают несколько предприятий. СВЧ-вводы отечественных и зарубежных компаний представлены в таблице 2. Размеры в примечаниях таблицы 2 соответствуют обозначениям, приведённым на рисунке 2. Фактическое количество производителей значительно больше, прежде всего, за счёт компаний Юго-Восточной Азии. Кроме того, многие крупные компании, разрабатывающие и выпускающие соединители мм-диапазона, сами не производят СВЧ-вводы, а приобретают их у специализированных компаний. Рассмотрим СВЧ-вводы некоторых производителей.

Компания Dynawave, начиная с 1985 года, выпускает герметичные металлокерамические СВЧ-вводы 3 типоразмеров для составных соединителей 2,4 мм с предельной рабочей частотой 50 ГГц. Для соединителей 2,92 и 2,4 мм разработаны СВЧ-вводы 48 типоразмеров, отличающихся только длиной центрального проводника l_1, l_2, l_3

Таблица 1. Предельная частота коаксиальной линии СВЧ-вводов

Диаметр центрального проводника, d , мм	Предельная частота и размеры коаксиальной линии, заполненной стеклами с разной диэлектрической проницаемостью					
	Corning 7052 ($\epsilon=4,9$)		Corning 7070 ($\epsilon=4,1$)		С 52-1 ($\epsilon=5,2$)	
	$f_{\text{пред}}, \text{ГГц}$	$D_1, \text{мм}$	$f_{\text{пред}}, \text{ГГц}$	$D_1, \text{мм}$	$f_{\text{пред}}, \text{ГГц}$	$D_1, \text{мм}$
0,23	–	–	64,2	1,22	–	–
0,28	42,0	1,78	52,7	1,51	38,8	1,88
0,30	41,0	1,93	49,9	1,62	36,2	2,01
0,38	30,9	2,4	38,8	2,05	28,6	2,52
Отношение D_1/d	6,35		5,35		6,7	

(см. рис. 2). Предельная рабочая частота этих вводов 46–49 ГГц. Для составных соединителей 3,5 и 2,92 мм компания выпускает СВЧ-вводы 4 типоразмеров. Предельная рабочая частота этих вводов 41–42 ГГц. Наконеч, для соединителей 3,5 мм, а также SMA разработаны СВЧ-вводы 18 типоразмеров с предельной частотой 37 ГГц.

Компания Sinclair Manufacturing (Hermetic Solutions Group) производит 30 различных герметичных СВЧ-вводов с наружным диаметром D_1 от 1,27 до 2,49 мм для составных соединителей мм-диапазона. Вводы предназначены для герметичного соединения с корпусами из алюминиевых сплавов и титана.

Компания Special Hermetic Products (SHP) свыше 60 лет является одним из мировых лидеров производства герметичных металлокерамических вводов и соединителей на их основе. SHP выпускает 16 типов стандартных СВЧ-вводов с использованием стекла марок Corning 7052 и Corning 7070 для применения в изделиях с корпусами из алюминиевых сплавов. Кроме того, разработаны шесть типов прецизионных вводов с диаметром центрального проводника 0,23 и 0,3 мм и предельной частотой 65 ГГц. Центральный проводник ввода скруглен с одного конца, реже – с обоих концов. SHP имеет высокий уровень технологии пайки металлокерамических узлов: контролируются степень окисления металла, отсутствие в спае микротрещин и менисков стекла, качество покрытия вводов. Компания гарантирует герметичность вводов на уровне 10^{-8} см³/с (при давлении гелия 1 атм).

Компания Southwest Microwave разработала СВЧ-вводы 8 типоразмеров с изолятором из стекла Corning 7070 (см. рис. 3). Вводы с центральным проводником диаметром 0,23 мм предназначены для работы с составными коаксиально-микроволновыми переходами с предельной частотой 40, 50, 65 и 110 ГГц. Вводы с центральным проводником диаметром 0,3 и 0,38 мм применяют на частотах 40 и 50 ГГц, а с диаметром 0,46 мм – на частотах 30 и 40 ГГц. Диапазон рабочих температур СВЧ-вводов: –55...+300°C.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНЫХ ВВОДОВ ДЛЯ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ММ-ДИАПАЗОНА

Основные электрические параметры (КСВН и величина потерь) гер-

Таблица 2. СВЧ-вводы зарубежных и отечественных компаний

Производитель	d / D_1 , мм	f , ГГц	Источник	Примечания
США				
Thunderline-Z; Southwest Microwave; Delta Electronics Manufacturing; Anoisn Electronics; Sinclair Manufacturing	0,23 / 1,7 0,30 / 1,93 0,38 / 2,50	40; 50; 65 40; 50 40	www.thunderlinez.com, www.southwestmicro-wave.com, www.deltarf.com, www.anoisn.com, www.sinclairmfg.com	Стёкла: Corning 7070 Corning 7052
Special Hermetic Products	0,23 / 2,0 0,30 / 1,93 0,38 / 2,5	65 49 40	www.shp.com	Стекло Corning 7070
Dynawave	0,23 / 1,6 0,28 / 1,93 0,30 / 1,93 и 2,50 0,33 / 1,98 0,38 / 2,50	50 46–50 46–48 41–42 37	www.dynawave.com	Стёкла: Corning 7070 Corning 7052
M/A-COM (TE Connectivity); Gilbert Corning; Amphenol (SV Microwave)	0,30 / 2,46 0,38 / 2,46 0,23 / 1,7 0,30 / 1,93	40 30 50; 65 40	www.te.com www.corninggilbert.com www.svmicrowave.com	Стёкла: Corning 7070 Corning 7052
Франция, Швейцария				
Radiall (Франция)	0,30 / 1,93; 2,46 0,38 / 2,50	46 40	www.radiall.com	–
Huber+Suhner (Швейцария)	0,30 / 1,93	40	www.hubersuhner.com	–
Юго-Восточная Азия				
Anritsu Corporation (Япония, США)	0,23 / 1,7 0,3 / 1,93	65 40	www.anritsu.com	–
Waka Manufacturing (Япония)	0,15 / 1,4 0,2 / 1,7 0,3 / 1,93	110 67 40	www.waka.co.jp	Corning 7070, порошковое
Giga Lane Co., Ltd. (Корея)	0,3 / 2,0	50	www.gigalane.com	$l_2=1,6$ мм, $L=7,94$ мм
Bo-jiang Technology; Frontlynk Technologies (Тайвань)	0,3 / 1,93	67	www.bojiang.com.tw www.frontlynk.com	Corning 7070, порошковое
Chengdu AINFO Inc. (Китай)	0,30 / 2,0; 0,38 / 2,50	40; 50; 65 40; 50	www.ainfoinc.com	–
Xi'an Elite Electronic Industry (Китай)	0,23 / 1,7; 0,25 / 1,7; 0,30 / 1,9; 2,0; 2,5; 4,4	40; 50	www.xa-elite.com.cn	44 типа. Стёкла Corning 7070 и 7052
Cmptel Electronics (Китай)	0,23 / 1,73; 0,31 / 1,93; 0,38 / 2,49	40; 50	www.cmptel.com	–
Российская федерация				
АО «НПП «Исток» им. Шокина»	0,3 / 2,4	40	www.istokmw.ru	$l_2=2$ мм $l_2=4$ мм $L=6$ мм ТС3.575.343, ТС3.575.343-01 Покрытие: Н1.3л2
	0,4 / 3,4	36		$l_2=1,8$ мм. КРПГ.433434.015, КРПГ.433434.015-02 Покрытие: Н3.3л-Ко (6)
АО «НПФ «Микран»	0,30 / 1,93	40	www.micran.ru	$L=3,17$ мм $L=6$ мм $L=11,8$ мм МК100А, МК100Б, МК100В. Покрытие: износостойкое золото
	0,30 / 2,25	50		$L=3,17$ мм, $L=4$ мм. МК100М, МК100МС. Покрытие: износостойкое золото

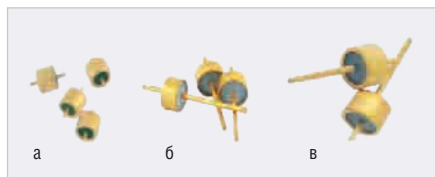


Рис. 3. СВЧ-вводы компании Southwest Microwave с размерами проводников:

а) 0,23/1,7 мм; б) 0,3/1,93 мм; в) 0,38/2,4 мм

метичных коаксиальных соединителей миллиметрового диапазона во многом зависят от точности изготовления металлокерамического СВЧ-ввода. С ростом предельной частоты СВЧ-вводы становились всё миниатюрнее, технология их изготовления усложнялась и достигла своего апогея в виде соединителя 1,0 мм с предельной частотой 110 ГГц. Этот соединитель предназначен для применения в автомобильном радаре, беспроводной локальной сети, высокоскоростных оптических и электрических преобразователях и в сверхширокополосной измерительной аппаратуре. Оригинальный дизайн этого соединителя был разработан Юлиусом Боткой и Полом Уотсоном из компании Hewlett-Packard в конце 1980-х годов. Конструкция герметичных СВЧ-вводов японской компании Waka для составных соединителей мм-диапазона показана на рисунке 4.

Для изготовления металлических деталей СВЧ-вводов традиционно используется железо-никель-кобальтовый сплав ковар (сплав ASTM F-15), коэффициент теплового расширения (КТР) которого близок к КТР стандартных боросиликатных стёкол. Диаметр центрального проводника СВЧ-ввода соединителя 1,0 мм равен всего 150 мкм с допуском ±5 мкм, что только в 2,5–3,0 раза больше диаметра человеческого волоса. Внутренний диаметр наружного проводника ввода равен 1,0 мм с допуском ±5 мкм. Кроме того, для надёжного соединения СВЧ-ввода с фланцевым соединителем необходимо обеспечить расположение центрального и наружного проводников ввода с соосностью не хуже 5 мкм. Для упрощения введения центрального проводника диаметром 150 мкм в цангу соединителя сопрягаемый конец проводника выполняют конической формы. Обеспечить конусность методами механической обработки, включая шлифование, не удалось. Для решения этой задачи применяется анодное травление [5].

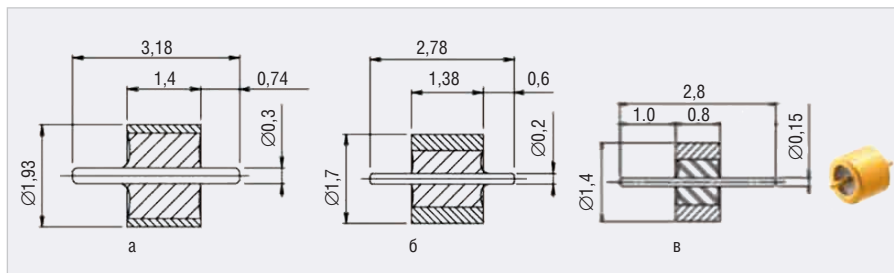


Рис. 4. СВЧ-вводы компании Waka: а) 01S0745-00 для соединителей 2,92 мм; б) 01S0743-00 для соединителей 1,85 мм; в) 01S0742-00 для соединителей 1,0 мм

Необходимо также учесть, что с ростом частоты f уменьшается глубина скин-слоя (δ) [3]:

$$\delta = 50300 \times \sqrt{\rho / \mu_r} \times f,$$

где μ_r – магнитная проницаемость, ρ – проводимость.

Так как глубина скин-слоя на частоте 110 ГГц для сплава железо-никель-кобальт, покрытого золотом, не превышает 0,3 мкм, поверхности проводников коаксиальной линии СВЧ-ввода должны быть микроскопически гладкими: высота неровностей должна составлять менее 1 мкм.

Значительно повышаются и требования к точности изготовления стеклянного изолятора. Размеры стеклянного заполнения коаксиальной линии СВЧ-ввода зависят от размеров проводников линии и размеров применяемой стеклянной таблетки. Высоту таблетки с внутренним диаметром d_1 и наружным диаметром D_1 рассчитывают по формуле: $V_1 = V_2$, где V_1 – объём стеклянной таблетки до пайки СВЧ-ввода, а V_2 – объём стекла, заполняющего внутреннее пространство СВЧ-ввода. Эту формулу можно записать в виде:

$$(D_1^2 - d_1^2) \times b_1 = (D_2^2 - d^2) \times b_2,$$

где D_1, d_1, b_1 – наружный, внутренний диаметры и высота таблетки до пайки СВЧ-ввода, D_2 – наружный диаметр изолятора в спаянном СВЧ-вводе, d – диаметр центрального проводника, b_2 – высота изолятора в спаянном СВЧ-вводе:

$$b_2 = (D_1^2 - d_1^2) \times b_1 / (D_2^2 - d^2).$$

При столь малых размерах СВЧ-ввода точность размеров стеклянной таблетки не должна превышать ±10 мкм. Такую точность, по-видимому, чрезвычайно сложно обеспечить при изготовлении стеклянной таблетки из порошка стекла по «керамической технологии». К тому же спечённая таблетка после пайки СВЧ-ввода имеет трудно контролируемую газовую пористость. В результате этого неконтролируемым образом изменяется диэлектрическая проницаемость стекла. Это приво-

дит к невоспроизводимости волнового сопротивления и КСВН СВЧ-ввода. Сложно обеспечить высокую точность размеров стеклянных таблеток, изготавливаемых и из стеклянных капилляров. В этом случае необходимо вводить в технологию изготовления операции шлифовки капилляра по наружному диаметру и тонкой шлифовки по торцам таблетки. На параметры СВЧ-ввода может влиять точность внутреннего диаметра исходного стеклянного капилляра, но её влияние меньше, чем влияние наружного диаметра и высоты таблетки.

Проблемой для обеспечения минимального КСВН являются конусообразные наплывы стекла (выплески стекла) в месте выхода центрального проводника СВЧ-ввода из изолятора. Выплески приводят к тому, что цанговый контакт СВЧ-разъёма упирается в его торцевую поверхность, создавая обрыв наружного проводника коаксиальной линии («земли» по СВЧ). Если же соединитель попытаться стянуть плотнее, то ламели его цанги раскрываются на выступающем наплыве стекла, нарушая их плотный контакт с центральным проводником СВЧ-ввода. В результате этого образуется дополнительная неоднородность, приводящая к рассогласованию КСВН, в основном, в области высоких частот (более 30 ГГц). Поэтому неслучайно компания Thunderline-Z в качестве подтверждения высокого уровня своей технологии приводит отсутствие менисков в выпускаемых СВЧ- вводах.

Стандартная технология изготовления металлокерамических спаев включает в себя предварительное окисление металлических деталей, закрепление всех компонентов спая в графитовой оснастке, а затем пайку в высокотемпературной печи. Требования к точности изготовления графитовой оснастки для высокотемпературной (более +900°C) пайки СВЧ-вводов значительно повышаются. Поскольку центральный проводник должен быть почти иде-

ально концентричен с наружным проводником (соосность не хуже 5 мкм), размеры допусков на графитовой оснастке должны быть очень маленькими. Так как графит по своей природе анизотропный и довольно хрупкий материал, для изготовления оснастки миниатюрных СВЧ-вводов применяют графит высокой чистоты со средним размером зерна не более 5 мкм [5].

Кроме того, все монтажные операции (сборка и демонтаж после пайки) необходимо выполнять с использованием оптического микроскопа при увеличении до 40 крат [5]. При таком увеличении даже небольшая вибрация на рабочем месте или неустойчивость рук оператора создают проблемы при сборке.

ДЕФЕКТЫ В МЕТАЛЛОСТЕКЛЯННОМ СПАЕ СВЧ-ВВОДА

В спаих стекла с металлом всегда имеются внутренние напряжения: радиальные, тангенциальные и аксиальные. Эти напряжения могут быть коэффициентными, вызванными различием в коэффициентах термического расширения (КТР) стекла и металла, временными и остаточными. Причиной возникновения временных и остаточных напряжений под действием градиента температуры является низкая теплопроводность стёкол всех марок. Чтобы не произошло разрушение стекла в спае, необходимо, чтобы сумма всех напряжений не превышала предела прочности стекла.

Основные дефекты спаия стекла с металлом – это трещины и отлипание стекла. Природа этих дефектов одинакова: недопустимо высокие напряжения в стекле. Если стекло имеет слабую адгезию к металлу, то происходит его отлипание от металла. При сильной адгезии в стекле, как в самом слабом звене спаия, возникают трещины. Радиальная трещина в стекле возникает, если КТР стекла больше КТР центрального проводника. Если КТР стекла меньше КТР центрального проводника, возможно появление круговой трещины [6]. Трещины и отлипания возникают из-за неправильного выбора конструкции спаия и соединяемых материалов, недопустимо высоких скоростей нагрева и охлаждения, плохого отжига спаия.

Другой распространённый дефект спаев – пузыри в стекле. Появление пузырей в стекле обусловлено недостаточным обезуглероживанием металлических деталей спаия

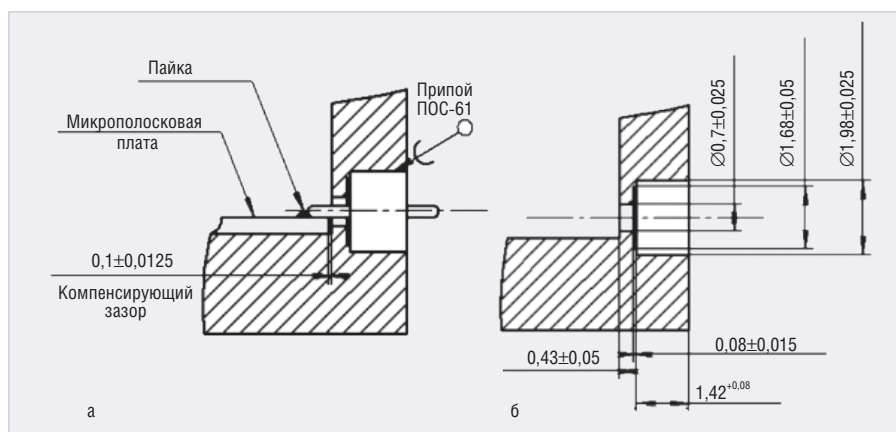


Рис. 5. СВЧ-ввод МК100А: а) установка в корпус изделия; б) разделка корпуса под установку ввода

(пузырьки CO_2) вследствие завышенного содержания углерода в металле, а также низкой температурой и малой продолжительностью отжига металлических деталей перед пайкой СВЧ-ввода. Кроме того, причиной появления пузырей может быть плохая предварительная очистка стеклянных изоляторов. Из-за этого также ухудшается адгезия стекла к металлу. Отдельные мелкие разрозненные пузыри не представляют опасности. Однако пузыри размером более 1/3 ширины спаия и сплошные пузыри в виде цепочек ослабляют спаий: ухудшают его прочность и герметичность.

Нередко возникает брак по геометрическим размерам и форме спаия. Он вызван неправильным выбором размеров стеклянного изолятора и металлической детали, ошибками при конструировании оснастки для пайки и несоблюдением температурно-временного режима пайки. Ещё один дефект – сильное окисление металла, обусловлено наличием в защитной среде молекул воды и кислорода.

ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКЕ СВЧ-ВВОДОВ В КОРПУС ИЗДЕЛИЯ

СВЧ-вводы устанавливают в корпусе изделия низкотемпературной пайкой. Для обеспечения требуемого уровня КСВН необходимо предусмотреть в корпусе воздушную коаксиальную секцию и компенсирующую ступеньку. На рисунке 5а показан пример установки СВЧ-ввода МК100А (АО «НПФ «Микран») с центральным проводником $\text{Ø}0,3$ мм, наружным проводником $\text{Ø}1,93$ и длиной 1,4 мм. На рисунке 5б приведена разделка корпуса под установку этого ввода с указанием размеров воздушной секции и компенсирующей ступеньки.

Центральный проводник СВЧ-ввода должен быть соединён с полоском микрополосковой линии (МПЛ). В области перехода с МПЛ на коаксиальную линию СВЧ-ввода на относительно коротком расстоянии должно происходить превращение ТЕМ-волны, распространяющейся в коаксиальной линии, в квази-ТЕМ-волну в МПЛ. Необходимо, чтобы соединение центрального проводника с полоском МПЛ, а наружного проводника СВЧ-ввода с корпусом изделия обеспечивало оптимальные параметры согласования, достаточную механическую прочность и устойчивость к воздействию внешних факторов.

На рисунке 5а показано соединение «внахлест», когда центральный проводник лежит на полоске МПЛ, осуществляемое низкотемпературной пайкой. Соединение «внахлест» допустимо применительно к измерительной аппаратуре, не подвергающейся воздействию смены температур и вибрациям. В изделиях микроэлектроники СВЧ его применение нежелательно, так как при циклическом изменении температуры из-за разности коэффициентов термического расширения материалов корпуса и платы оно подвержено разрушению. В таких случаях рекомендуется применять перемычки, соединяющие торец центрального проводника с полоском МПЛ [3]. Однако при этом возникает проблема соединения перемычкой тонкого центрального проводника диаметром менее 0,3 мм с узким полоском МПЛ.

Поэтому для СВЧ-вводов мм-диапазона целесообразно применение скользящего контакта. Скользящий контакт представляет собой миниатюрную трубку из термически упрочнённой бериллиевой бронзы, покрытую износостойким золотом, раз-

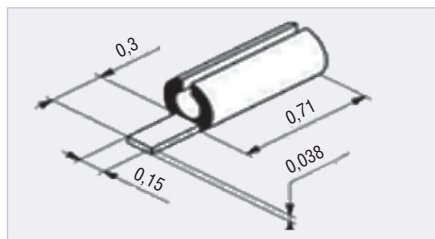


Рис. 6. Скользящий контакт для СВЧ-вводов с центральным проводником $\varnothing 0,3$ мм [3]

резанную вдоль продольной оси и имеющую на одном конце лепесток для соединения с МПЛ. Для центрального проводника $\varnothing 0,3$ мм конструкция скользящего контакта показана на рисунке 6 [3].

Основное назначение скользящего контакта – повышение надёжности соединения МПЛ и центрального проводника СВЧ-ввода при температурных, вибрационных и ударных воздействиях. К тому же применение скользящих контактов существенно облегчает сборку изделий с большим количеством СВЧ-вводов, расположенных близко друг к другу.

При сборке скользящий контакт, представляющий собой цангу, аккуратно, при наблюдении в микроскоп, надевают на центральный проводник СВЧ-ввода. Лепесток скользящего контакта размещают на полоске МПЛ и припаивают или приваривают (термокомпрессионной сваркой или сваркой расщеплённым электродом) к нему. При воздействии температу-

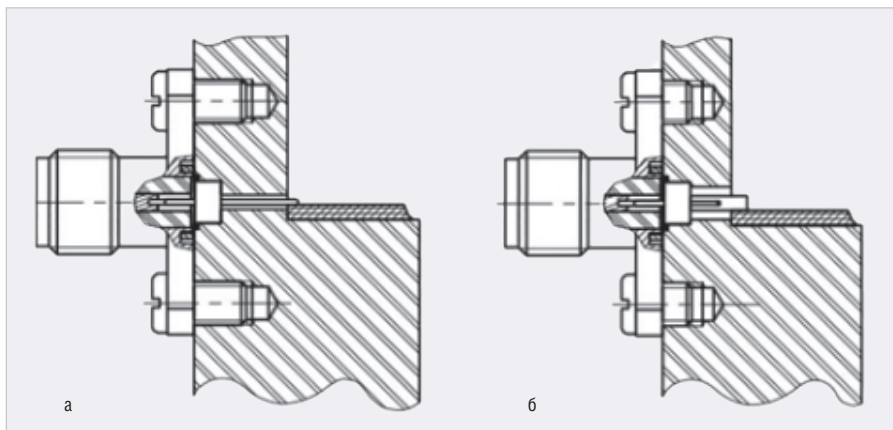


Рис. 7. Соединение СВЧ-ввода составного соединителя с МПЛ: а) без скользящего контакта; б) со скользящим контактом

ры и вибраций контакт скользит по поверхности центрального проводника СВЧ-ввода, что предотвращает образование напряжений в соединении с МПЛ.

Соединение СВЧ-ввода фланцевого составного соединителя с МПЛ без скользящего контакта и со скользящим контактом показано на рисунке 7. При применении скользящего контакта необходимо увеличить диаметр воздушной коаксиальной секции D_c : $D_c = 2,3 \times d_k$, где d_k – наружный диаметр скользящего контакта. Увеличение диаметра D_c облегчает изготовление корпуса изделия и очистку этой секции от флюса в случае флюсовой пайки СВЧ-ввода в корпус изделия.

В настоящее время разработку и выпуск скользящих контактов осу-

ществляют по крайней мере 4 зарубежные компании. Компания Anritsu выпускает серию контактов для соединения с центральными проводниками диаметром 0,3 и 0,4 мм. Huber+Suhner ограничилась выпуском скользящих контактов только для диаметра проводника 0,3 мм. Компании Radiall и Applied Engineering Products выпускают скользящие контакты для диаметров центрального проводника 0,3 и 0,38 мм. Кроме этого Applied Engineering Products выпускает контакт для диаметра проводника 0,46 мм. В России производство скользящих контактов оригинальной конструкции [7] освоил Иркутский релейный завод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джурицкий К.Б., Кривооручко В.И. Радиочастотные коаксиальные соединители с предельной частотой 145 ГГц. Конец эволюции соединителей? Современная электроника. №7. 2019.
2. Джурицкий К.Б. Радиочастотные соединители, адаптеры и кабельные сборки. – М., ООО «Ваш Формат», 2018. 400 с.
3. Джурицкий К.Б. Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры. Под редакцией д.т.н. Борисова А.А. Изд-во ЗАО «Медиа Групп Файнстрит, С-Петербург, 2014. 426 с.
4. Джурицкий К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М., «Техносфера», 2006. 216 с.
5. Powers M. Precision glass-to-metal seals for high frequency microwave applications. Conference Paper, April 2000.
6. Common Problems with Glass-to-Metal Seal Design. Elan Technology, www.elantechnology.com.
7. Джурицкий К.Б., Коцюба А.М., Легенкин С.А. Патент на полезную модель №162470. Скользящий контакт в диапазоне СВЧ. Заявка № 2015143629. Приоритет полезной модели 12 октября 2015 года. ©

IF/RF & Microwave Design
Advantex

СВЧ-блоки
 Синтезаторы частот до 20 ГГц, -140 дБн/Гц @ 1 ГГц, при отстройке 10 кГц, умножители частот
 Атенюаторы, управляемые напряжением до 26 ГГц
 Усилители до 20 ГГц, 0.5 Вт
 I/Q модуляторы / демодуляторы, смесители, фильтры

Приборы
 Генераторы сигналов, электронные аттенюаторы, I/Q-модуляторы

www.advantex.ru



Простой выбор источника питания

Компания XP Power предлагает широкий ряд стандартных и конфигурируемых устройств электропитания AC/DC и DC/DC. Источники питания сочетают подтверждённую надёжность с габаритами и ценой, соответствующими практически любому требованию.



Источники питания открытого типа

- от 5 до 350 Вт
- Компактная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Конфигурируемые источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Работа от одно- и трёхфазной сети
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Для монтажа на DIN-рейку

- от 5 до 960 Вт
- Сверхкомпактные
- AC/DC- и DC/DC-преобразователи



Корпусированные источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



DC/DC-преобразователи

- от 0,25 до 750 Вт
- Монтаж в отверстия печатной платы и поверхностный монтаж
- Для железнодорожного и медицинского оборудования



Высоковольтные источники питания

- До 500 кВ и 200 кВт
- Конструкция модульного типа и для монтажа в стойку
- Входное напряжение переменное и постоянное

