

# Радиочастотные соединители с предельной частотой 40 ГГц: перспективы применения в отечественных изделиях СВЧ

Кива Джурицкий (Москва)

Автор выражает благодарность А.А. Прокимову за полезные критические замечания при подготовке статьи к публикации

**Соединители с предельной частотой 40 ГГц в настоящее время широко применяют в микроэлектронике сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн. За рубежом эти соединители выпускают десятки компаний США, Европы и Юго-Восточной Азии.**

**Статья посвящена зарубежным и отечественным соединителям этого диапазона частот и перспективам их использования в отечественной микроэлектронике СВЧ.**

## Эволюция соединителей: от SMA до 2,92 мм

Одна из главных тенденций развития микроэлектроники СВЧ – продвижение в область всё более высоких частот. Для этого потребовались радиочастотные соединители сначала сантиметрового, а затем и миллиметрового диапазонов длин волн. На рисунке 1 показаны предельные частоты соединителей основных типов [1].

Предельной можно считать верхнюю частоту применения соединителя с ещё приемлемыми параметрами согласования. Предельная частота всегда меньше теоретической предельной частоты, при которой в коаксиальной линии соединителя существует только основная TEM-волна.

С середины 1960-х годов и до наших дней в микроэлектронике СВЧ доминирует базовый соединитель SMA с предельной частотой 18 ГГц, имеющий коаксиальную линию размерами 4,1/1,27 мм, заполненную фторопластом (см. рис. 2) [2, 3]. В таблице 1 приведены конструктивные параметры соединителей SMA.

Для создания микроэлектронных устройств К- и К<sub>a</sub>-диапазонов частот необходимы были более высокочастотные (чем SMA) соединители. Первым шагом в этом направлении было создание соединителей 3,5 мм с предельной частотой 34 ГГц (соединители 3,5; 2,9; 2,4; 1,85 и 1,0 мм названы так по размеру внутреннего диаметра наружного проводни-

ка коаксиальной линии). За основу был взят соединитель SMA. Из него удалили фторопластовый изолятор, заменив его воздухом, и уменьшили размеры коаксиальной линии до 3,5/1,52 мм (см. рис. 3) [2]. Крепление внутреннего проводника и герметизация соединителя были выполнены при помощи опорной диэлектрической шайбы. Первым в серии соединителей 3,5 мм стал APC 3,5 (Amphenol Precision Connector 3.5 mm), разработанный в 1976 году компаниями Amphenol и Hewlett Packard (ныне Agilent). Соединитель 3,5 мм совместим с базовым соединителем SMA, так как в них использовано одинаковое резьбовое соединение «вилки» и «розетки» (резьба 1/4"×36 UNS). За счёт уменьшения внутреннего диаметра наружного проводника коаксиальной линии в соединителе 3,5 мм более чем в 2 раза (по сравнению с соединителем SMA) увеличена толщина стенки корпуса в области совмещения наружных проводников «вилки» и «розетки». Поэтому соединители 3,5 мм имеют более жёсткую конструкцию и стабильные электрические параметры.

В таблице 2 приведены конструктивные параметры соединителей 3,5 мм.

В настоящее время соединители 3,5 мм выпускаются несколькими компаниями для применения в радиоизмерительной аппаратуре.

Коаксиальная линия с размерами 2,92/1,27 мм и предельной частотой 40 ГГц была впервые реализована в 1973 году Maury Microwave Corporation в соединителе MPC2 – первом радиочастотном соединителе миллиметрового диапазона длин волн [4]. Однако этот соединитель не нашёл применения из-за высокой стоимости и несовместимости с SMA. В 1974 году компания Maury создала усовершенствованный соединитель MPC3, по присоединительным размерам совместимый с SMA. Аналогичный соединитель WMP4 был разрабо-

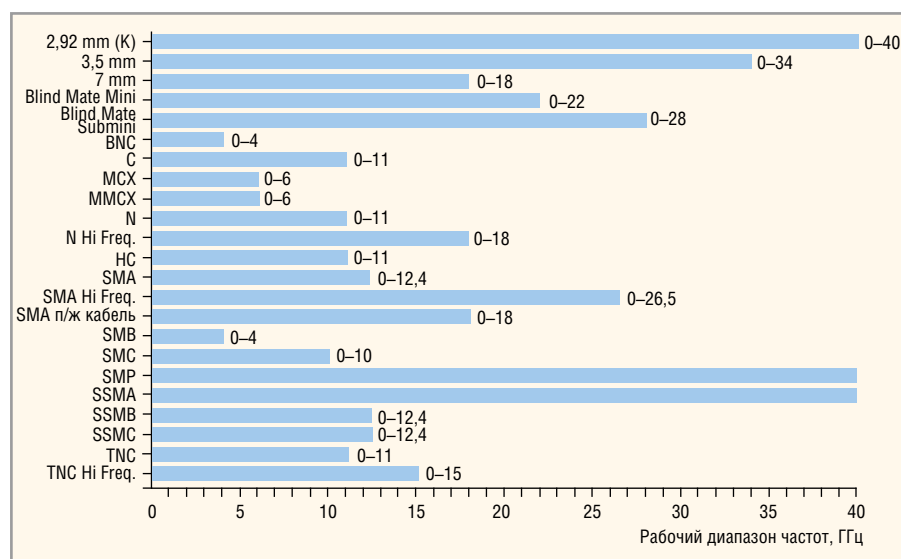


Рис. 1. Диаграмма предельных частот радиочастотных соединителей (обозначения типов соединителей согласно [1])

тан и фирмой Weinschel Engineering. Однако и эти соединители не были востребованы, так как в то время ещё не сформировались области их применения и отсутствовала необходимая радиоизмерительная и метрологическая аппаратура. Лишь спустя десятилетие, в 1983 году Билл Олдфилд из компании Wiltron (ныне входит в Anritsu Corporation) создал первый приборный соединитель, который был назван К, т.к. он перекрывает всю К-область частот (12,4...40 ГГц). Одновременно была разработана и необходимая измерительная аппаратура, в частности автоматический скалярный анализатор для диапазона частот 0,1...40 ГГц.

Соединитель К состоит из миниатюрного металлокерамического ввода с волновым сопротивлением 50 Ом и собственно резьбового или фланцевого соединителя с воздушной коаксиальной линией размерами 2,92/1,27 мм (см. рис. 4) [2, 5].

Диаметр центрального проводника ввода – 0,3 мм, наружного проводника – 1,9 мм, длина – 1,4 мм. Изолятор ввода изготовлен из стекла Corning 7070 с диэлектрической проницаемостью 4,0 и тангенсом угла диэлектрических потерь  $2,1 \times 10^{-3}$ . Ввод спаивают в корпус изделия, его центральный проводник соединяют с гнездовым контактом соединителя, который закрепляют на корпусе изделия винтами или вкручивают в него (см. рис. 5) [6].

Такая конструкция соединителя К позволяет в случае выхода из строя быстро производить его замену в полевых условиях (Field Replaceable Connector). Интерфейс и внешний вид «розетки» и «вилки» соединителей 2,9 мм показаны на рисунке 6, а конструктивные параметры – в таблице 3 [2, 6, 7].

Внутренний проводник соединителя с обеих сторон имеет гнездовые контакты с четырьмя ламелями и закреплён в опорной диэлектрической шайбе из материала Rexolite. Опорная шайба снижает предельную частоту соединителя, поэтому с ростом частоты

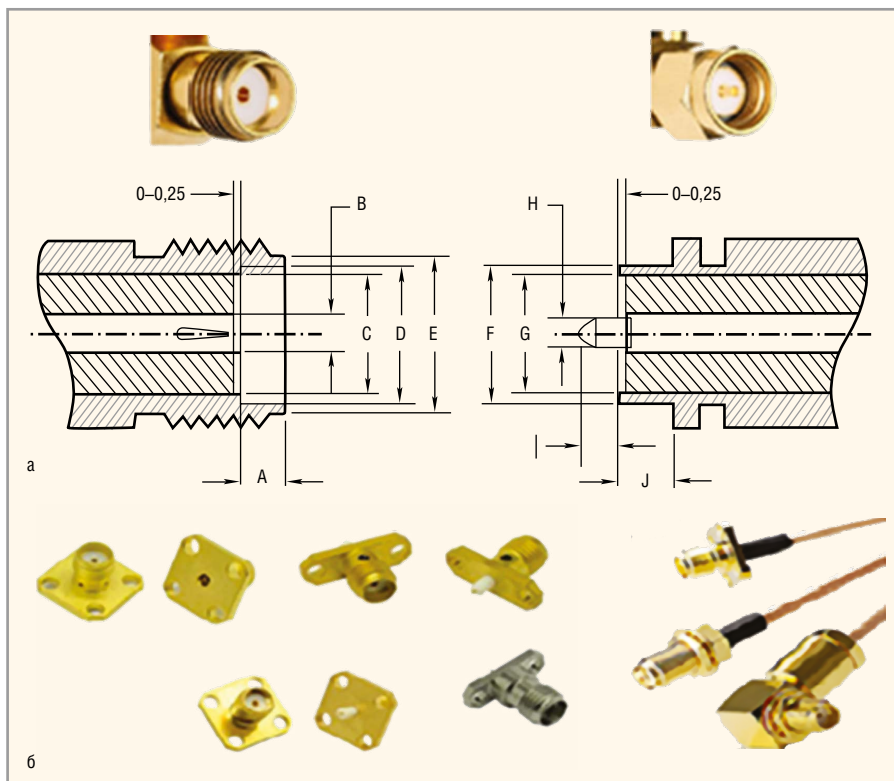


Рис. 2. Соединители SMA: а – интерфейс; б – внешний вид

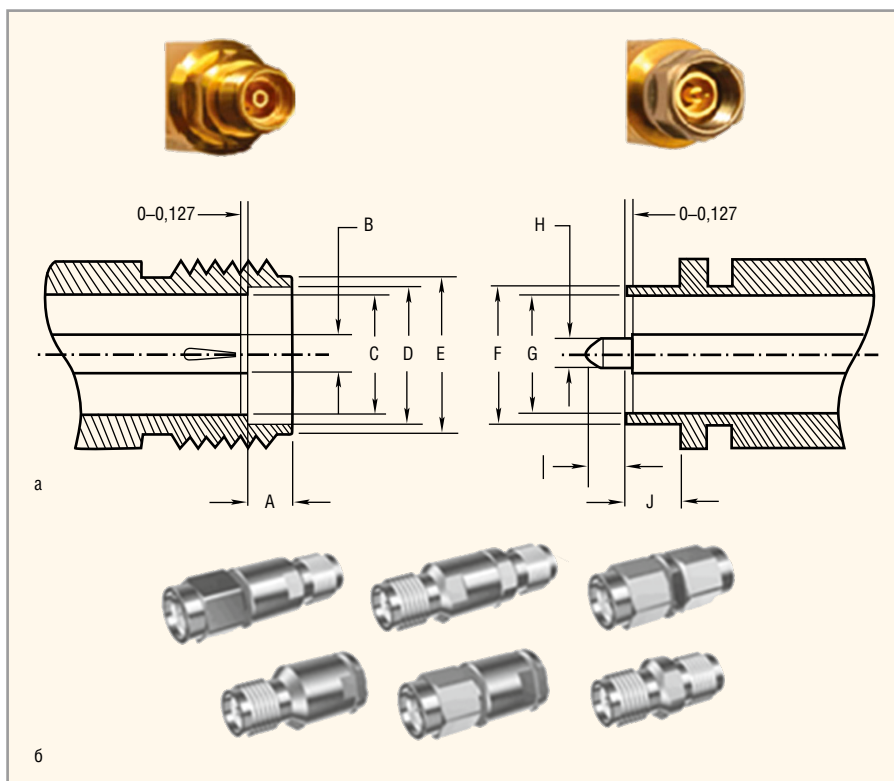


Рис. 3. Соединители 3,5 мм: а – интерфейс; б – внешний вид кабельных соединителей и адаптеров

Таблица 1. Конструктивные параметры соединителей SMA

Размеры	«Розетка»		Размеры	«Вилка»	
	min, мм	max, мм		min, мм	max, мм
A	1,89	1,98	F	4,52	4,59
B	1,27	1,30	G	4,1	4,13
C	4,10	–	H	0,90	0,93
D	–	4,60	I	1,52	2,54
E	5,28	5,49	J	–	–

Таблица 2. Конструктивные параметры соединителей 3,5 мм

Размеры	«Розетка»		Размеры	«Вилка»	
	min, мм	max, мм		min, мм	max, мм
A	1,91	1,96	F	4,53	4,59
B	1,51	1,52	G	3,49	3,51
C	3,49	3,51	H	0,90	0,93
D	4,58	4,60	I	1,52	1,78
E	5,28	5,38	J	2,34	2,40

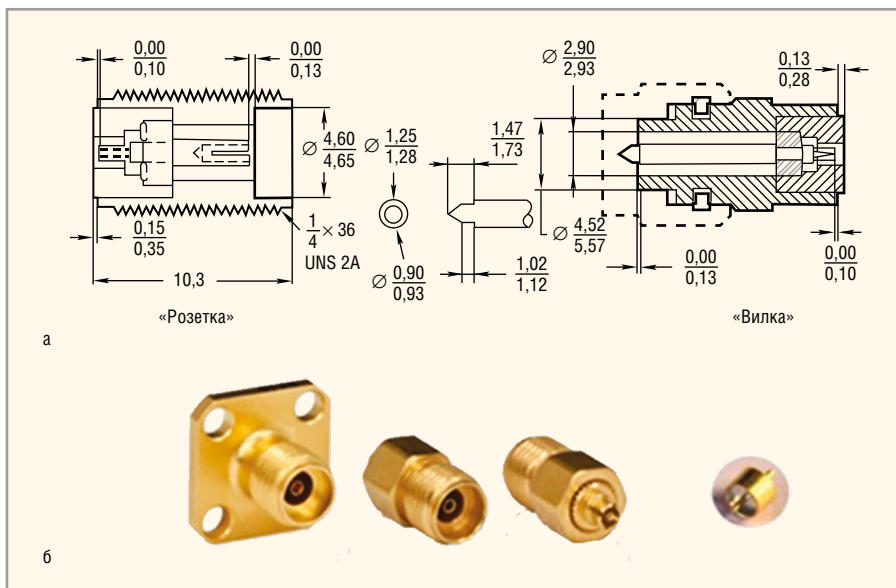


Рис. 4. Резьбовой соединитель К: а – интерфейс; б – внешний вид

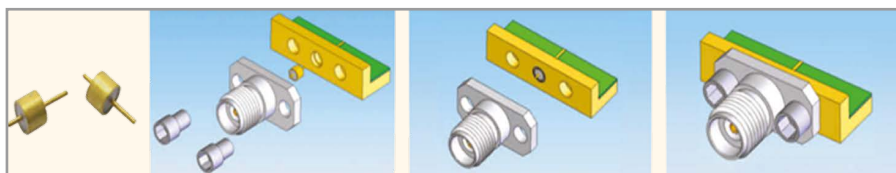


Рис. 5. Монтаж составных соединителей К

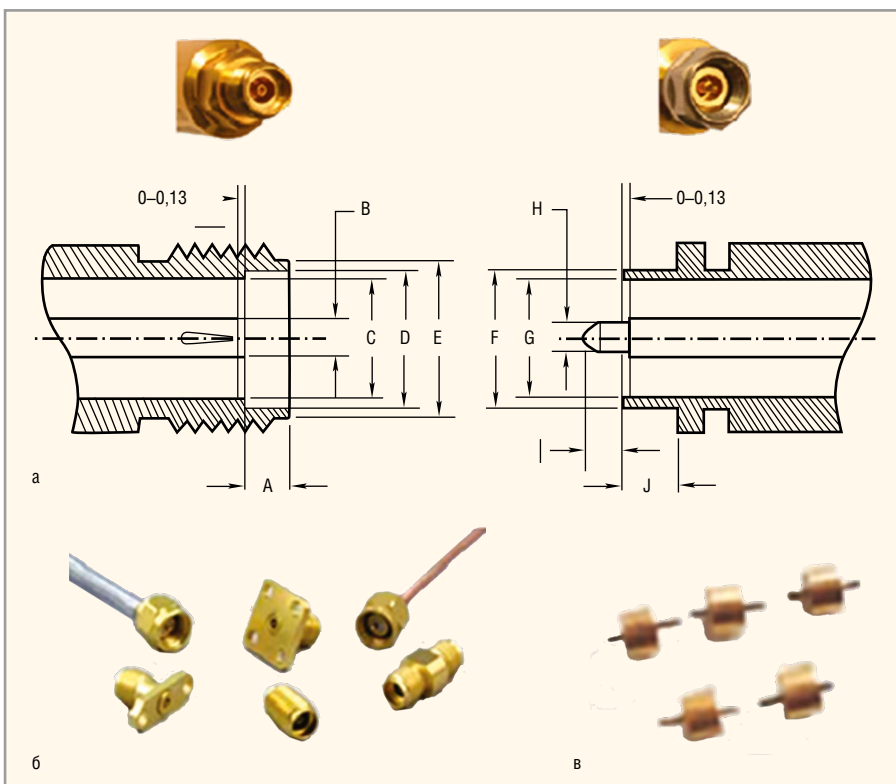


Рис. 6. Соединители 2,9 мм: а – интерфейс; б – внешний вид

Таблица 3. Конструктивные параметры соединителей 2,9 мм

Размеры	«Розетка»		Размеры	«Вилка»	
	min, мм	max, мм		min, мм	max, мм
A	1,91	1,96	F	4,53	4,60
B	1,26	1,28	G	2,91	2,93
C	2,91	2,93	H	0,90	0,93
D	4,60	4,65	I	1,91	1,96
E	5,28	5,38	J	2,34	2,44

ты для существования в коаксиальной линии соединителя только ТЕМ-волны необходимо не только уменьшать поперечные размеры коаксиальной линии, но и снижать величину эффективной диэлектрической проницаемости опорной шайбы. Диэлектрическую проницаемость опорной шайбы уменьшают, замещая часть материала изолятора воздухом. В соединителе К опорная шайба выполнена со ступенчатыми несквозными отверстиями, что позволило снизить диэлектрическую проницаемость с 2,58 до 2,0 и поднять предельную рабочую частоту до 41,6 ГГц.

Соединитель К по своим присоединительным размерам совместим с соединителями SMA и APC 3,5. При этом параметры согласования пары каждого из этих соединителей с соединителем К лучше, чем для пары однотипных соединителей. Присоединительные и установочные размеры всех соединителей 2,92 мм регламентированы международными стандартами MIL-C-39012 и MIL-STD-348.

В таблице 4 представлены зарубежные компании-производители соединителей с коаксиальной линией 2,92/1,27 мм и фирменные обозначения выпускаемых ими соединителей. Данные, приведённые в этой таблице, не претендуют на исчерпывающую полноту. Существуют и другие компании-производители соединителей с коаксиальной линией 2,92/1,27 мм. Однако либо они выпускают всего 1–2 типа соединителей, либо отсутствует необходимая информация о параметрах соединителей.

Сравнительные параметры зарубежных соединителей SMA, 3,5 мм и 2,92 мм, а также соединителей 2,92 мм отечественных предприятий НПФ «Микран» и ООО «Амитрон Электроникс» представлены в таблице 5. В этой таблице приведены типичные параметры соединителей, усреднённые по данным разных компаний. Фактические параметры каждого конкретного соединителя даются в его спецификации (Data Sheet). Так, например, КСВН соединителей 2,92 мм компании Giga Lane менее 1,2 в диапазоне частот 0...27 ГГц и менее 1,25 на частотах 27...40 ГГц, экранное затухание менее –100 дБ. К-соединители 2,92 мм компании Delta Electronics имеют КСВН менее 1,15 в диапазоне частот 0...18 ГГц и не более 1,3 в диапазоне частот 18...40 ГГц, экранное затухание

хание – 100 дБ на частотах до 2,5 ГГц. На рисунке 7 приведены частотные зависимости допустимой пропускаемой мощности для соединителей разных типов [8].

Допустимая мощность уменьшается с ростом частоты, и для соединителей 2,92 мм она меньше, чем для соединителей SMA и 3,5 мм.

Соединители 2,92 мм имеют лучшие электрические параметры по сравнению с базовыми соединителями SMA [8]:

- усилие соединения «вилки» и «розетки» соединителей 2,92 мм меньше, чем у соединителей SMA и 3,5 мм. Результатом малого усилия является уменьшение износа центральных контактов и повышение надёжности соединителей 2,92 мм [8];
- толщина стенки наружного проводника соединителя 2,92 мм приблизительно в 3,5 раза больше, чем у соединителя SMA – 0,85 по сравнению с 0,25 мм соответственно. Это обеспечивает более надёжный контакт наружных проводников и повышение жёсткости конструкции;
- в отличие от соединителей SMA не требуется закрепление внутреннего проводника в корпусе при помощи эпоксидного компаунда, что улучшает экранное затухание (радиогерметичность) соединителей 2,92 мм;
- в соединителях 2,92 мм длина штыря кабельной «вилки» уменьшена, а сам штырь скруглён. В результате уменьшения длины штыря сначала происходит контактирование наружных проводников, и лишь после этого штырь входит в гнездо «розетки». Это позволяет исключить вероятность отгибания ламелей гнездового контакта и его повреждения при расположении пары соединителей («вилки» и «розетки») под углом друг к другу в момент стыковки.

**ОБЗОР СОЕДИНИТЕЛЕЙ ЗАРУБЕЖНЫХ КОМПАНИЙ**

В таблице 6 представлены различные типы соединителей с коаксиальной линией 2,92/1,27 мм зарубежного и отечественного производства.

**Прямые и угловые кабельные соединители («розетка» и «вилка»)**

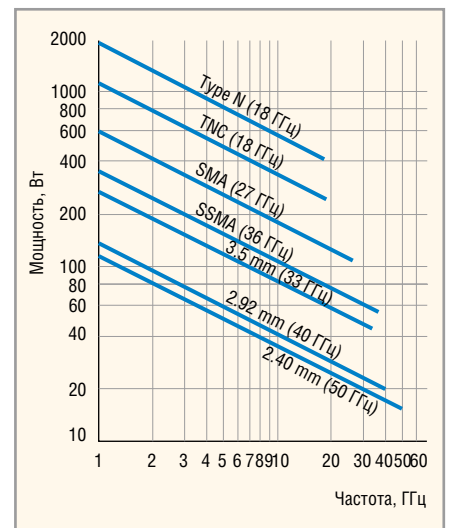
Выпускается большое количество соединителей, предназначенных для работы с полужёсткими кабелями – 0,047”, RG405 (0,085”), 0,118”, RG402 (0,141”). Заделку кабеля в соедини-

тель производят пайкой (Solder), резе – прижимом (Clamp). Производители предлагают прямые и угловые (радиусные) стандартные, панельные (фланцевые) и проходные (Bulkhead) кабельные соединители «вилка» и «розетка» (см. рис. 8).

Наибольшая номенклатура кабельных соединителей у компаний Precision Connector, Spectrum Elektrotechnik и Southwest Microwave.

**Составные фланцевые и резьбовые соединители в сочетании с герметичными СВЧ-вводами**

Составные соединители «вилка» и «розетка» работают в сочетании с металлокерамическими СВЧ-вводами (диаметры центральных проводников



**Рис. 7. Частотная зависимость допустимой пропускаемой мощности радиочастотных соединителей разных типов**

**Таблица 4. Соединители зарубежных компаний с предельной частотой 40 ГГц**

№ п/п	Название компании	Фирменное обозначение соединителей
1	Southwest Microwave, Inc. (Microwave Products Division), США www.southwestmicrowave.com	2.92 mm «JK» Series
2	Precision Connector, Inc., США, www.precisionconnector.com	2.92 mm Series
3	Carlisle Interconnect Technologies, США, www.carlisleit.com (Tensolite Corp., США. www.Tensolite.com)	
4	Giga Lane Co., Ltd., Корея, www.gigalane.com	
5	Delta Electronics Manufacturing, США, www.deltarf.com	SMK (2.92 mm)
6	Emerson Network Power /Johnson Connectivity Solution, США www.EmersonNetworkPower.com	SMK-50 Ohm Connectors (2.92mm)
7	Huber+Suhner AG, Швейцария, www.hubersuhner.com	SK Series
8	Frontlynk Inc., Тайвань, www.frontlynk.com	2.92 (K)
9	Jyebao Co.Ltd., Тайвань, www.jyebao.com.tw	K Series
10	Anritsu Corporation, Microwave Measurement Division, Япония / США www.us.anritsu.com	
11	Molex Inc. (Molex RF/Microwave), США, www.molex.com	
12	SigaTek Microwave Communication Components, США www.sigatek.com	
13	Microwave Town Company LLC, США, www.microwavetown.com	
14	Dynawave Inc., США, www.dynawave.com	
15	Chin Nan Precision Electronics Co., Ltd., Тайвань, www.chinnan.com.tw	
16	Fairview Microwave Inc., США, www.fairviewmicrowave.com	
17	SHF Communication Technologies AG, Германия www.shf.de (Kawashima Manufacturing Co., Ltd., Япония. www.kmco.biz)	
18	Cmptel Electronics Co.Ltd., Китай, www.cmptel.com	
19	Chengdu AINFO Inc. (A-INFO), Китай, www.ainfoinc.com	
20	SGMC Microwave Company, Австралия, www.sgmcmicrowave.com	
21	Pasternack Enterprises, Inc., США, www.pasternack.com	
22	Anoison Electronics, США, www.anoison.com	
23	SRI Connector Gage Co., США, www.sricconnectorgage.com	2.9 mm
24	Field Components, Inc. США, www.fieldcomponents.com	
25	Radiall Corp., Франция, www.radiall.com	
26	Samtec Corp., США, www.samtec.com	SMA-2.9
27	San-tron Inc., США, www.santron.com	SMA 2.92
28	JC Electronic Corporation, Япония, www.jcel.com	S292 (2.92 mm)
29	Spectrum Elektrotechnik GmbH, Германия, www.spectrum-et.org	K 2.92 mm
30	Amphenol / SV Microwave Inc., США, www.svmicrowave.com	2.92 mm (K)
31	Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH, Германия www.rosenberger.de	SVK (2.92 mm)
		RPC-2.92



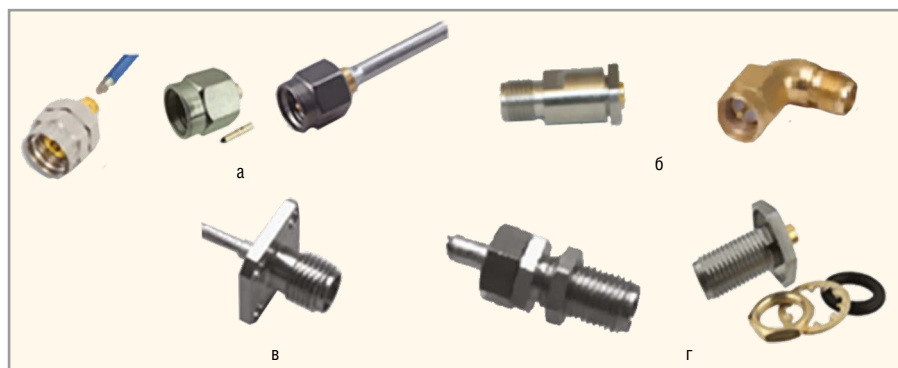


Рис. 8. Кабельные соединители: а – прямые, б – угловые, в – панельные, г – проходные



Рис. 9. Составные фланцевые и резьбовые соединители: «розетки» и «вилки» с прямоугольными и квадратными фланцами

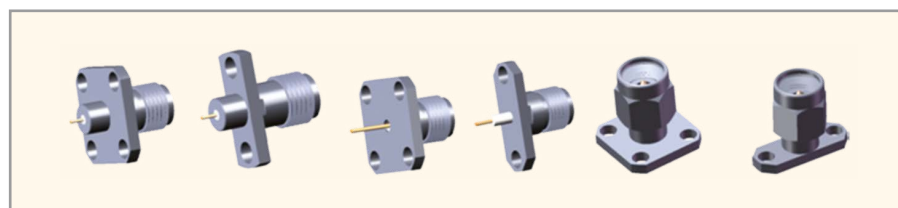


Рис. 10. Панельные выводы энергии «розетка» и «вилка»

Таблица 5. Параметры соединителей SMA, 3,5 и 2,92 мм

Параметры соединителей	SMA	3,5 мм	2,92 мм		
			Зарубежные	Отечественные	
				«Микран»	«Амитрон»
Волновое сопротивление, Ом	50				
Теоретическая предельная частота, ГГц	27	38,8	46,5		
Рабочий диапазон частот, ГГц	0...18 (стандартные) 0...27 (улучшенной конструкции)	0...34 (0...26,5) оптимально	0...45 (0...40) оптимально	0...40	
Рабочее напряжение, В	335	500	250	200	250
Напряжение пробоя, В	750	1500	750	–	750
Экранное затухание соединителей, дБ, (на частоте $f$ , ГГц)	$-(100 - f)$ (для кабельных соединителей)	-90 (26,5)	-90	-100	–
Максимальный КСВН в рабочем диапазоне частот	1,08...1,25	1,15	1,4	1,25	–
Высокочастотные потери, дБ, (на частоте $f$ , ГГц)	$0,07\sqrt{f}$	$0,15\sqrt{f}$	$0,04\sqrt{f}$	–	–
Допустимая мощность, Вт	см. рис. 7				
Сопротивление изоляции, МОм, более	5000			1000	–
Сопротивление контактов, МОм:					
центрального	3	2	3	10	3
наружного	2,5	1	2	10	2
Момент затягивания гайки при соединении, Н·см	80...110				
Количество соединений и разъединений «вилки» и «розетки», не менее	500			3000	500
Диапазон рабочих температур, °С	-65...+165	-65...+90	-65...+90	-5...+40	-65...+165

выводов 0,23; 0,3; 0,38; 0,46 или 0,51 мм). Выпускают соединители с прямоугольными фланцами размерами 5,7 × 15,9 и 5,7 × 14,0 мм и с квадратными фланцами 12,8 × 12,8 и 9,5 × 9,5 мм (см. рис. 9).

Большое количество составных соединителей выпускают компании Southwest Microwave, Giga Lane, Microwave Town, Delta Electronics, A-INFO.

**Панельные фланцевые выводы СВЧ-энергии («розетка» и «вилка»)**

Созданы панельные (Panel Mount) соединители с круглым центральным проводником (Receptacle Round Contact Connectors), с выступающим фторопластовым изолятором (Receptacle Exposed Teflon Connectors) и с выступающим центральным проводником (Receptacle Blunt Post Contact Connectors) (см. рис. 10).

Компании Microwave Town и Cmpter Electronics выпускают наибольшее количество типов панельных соединителей (выводов энергии).

**Соединители для установки на печатные платы**

Следует отметить, что соединители 2,92 мм (так же, как N, SMA и QMA) из-за своих достаточно больших раз-

меров не находят широкого применения при монтаже на печатные платы во всё более компактных изделиях микроэлектроники СВЧ. Номенклатура этих соединителей ограничена. Внешний вид соединителей для установки на печатные платы показан на рисунке 11.



Рис. 11. Соединители для установки на печатные платы

### Одноканальные и межканальные адаптеры

Разработаны одноканальные адаптеры «вилка – вилка», «розетка – розетка» и «вилка – розетка», а также межканальные адаптеры для перехода к соединителям типов N; SMA; 3,5; 2,4; 1,85 мм и SMPM (см. рис. 12).

Большинство компаний-производителей соединителей 2,92 мм одновременно выпускают одноканальные адаптеры (прямые, угловые, панельные и проходные) и межканальные адаптеры. Большое количество

адаптеров производят компании Rosenberger, A-INFO, Anritsu, Fairview Microwave, SigaTek, Precision Connector, SRI Connector Gage, Pasternack, Cmptor Electronics.

### ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ С КООКСИАЛЬНОЙ ЛИНИЕЙ 2,92/1,27 мм

НПФ «Микран» (г. Томск) разработала следующие соединители 2,92 мм [9]:

- составные коаксиально-микроразъемные переходы «розетка» и «вилка»;
- резьбовые (с метрической резьбой М6 × 0,75 и дюймовой резьбой 1/4" × 36 UNS) и фланцевые (с прямоугольными и квадратными фланцами);
- одноканальные и межканальные адаптеры (см. табл. 6).

Коаксиально-микроразъемные переходы применяют в комплекте с СВЧ-вводами серии МК100. Созда-

Таблица 6. Номенклатура зарубежных и отечественных соединителей 2,92 мм

Компания	Количество типов соединителей 2,92 мм								
	Прямые и угловые кабельные «вилка» и «розетка»			Составные соединители для сочетания с СВЧ-вводами		Выводы СВЧ-энергии		Адаптеры	
	стандартные	панельные	проходные	фланцевые	резьбовые	панельные	для печатных плат	одноканальные	межканальные
<i>Зарубежные производители</i>									
Southwest Microwave	14	16	–	40	8	4	8	5	4
Precision Connector	39	2	1	–	–	2	–	6	11
Carlisle	8	–	7	7	1	2	–	7	–
Giga Lane	–	–	–	32	–	3	–	5	–
Delta Electronics	7	4	2	24	2	3	–	6	–
Emerson /Johnson	2	–	–	4	2	–	–	3	–
Huber + Suhner	2	–	1	4	2	–	–	–	–
Frontlynk	8	–	–	4	–	–	–	3	–
Jyebao	4	2	1	–	–	2	1	4	2
Anritsu	3	–	–	4	2	–	–	7	28
SigaTek	–	–	–	16	2	–	–	29	10
Dynawave	4	2	2	26	6	–	–	11	–
Microwave Town	–	–	–	44	4	44	4	10	5
Chin Nan	1	–	4	1	–	1	–	–	–
Fairview Microwave	3	–	2	–	–	–	–	19	20
SHF Communication	–	–	–	2	2	–	–	6	–
A-INFO	–	–	–	44	4	53	4	10	23
SGMC Microwave	8	–	–	–	–	6	–	7	–
Pasternack	5	–	2	5	2	–	–	7	17
SRI Connector Gage	45	–	2	3	2	7	4	16	16
Field Components	5	–	–	4	–	–	–	1	1
Radiall	5	–	–	4	3	–	–	9	4
Samtec	2	–	–	2	–	–	–	–	–
San-tron	5	–	–	15	–	3	–	–	–
Anoison	1	–	–	2	1	3	–	3	–
JC Electronic	9	3	2	4	–	–	5	5	–
<b>Cmptor Electronics</b>	1	–	–	8	1	26	2	8	20
Spectrum Elektrotechnik	67	10	5	7	–	10	–	5	12
Amphenol / SV Microwave	4	2	3	2	1	1	1	3	8
Rosenberger	14	1	–	1	1	–	–	19	20
<i>Отечественные предприятия</i>									
Микран	–	–	–	4	4	–	–	3	4
Амитрон Электроникс	4	–	–	4	–	–	–	–	–



Рис. 12. Одноканальные (а) и межканальные (б) адаптеры



Рис. 14. Адаптеры 2,92 мм: а – одноканальные «розетка – розетка», б – «вилка – вилка», в – «розетка – вилка»; г – межканальные «розетка 2,92 мм – розетка 2,4 мм», д – «вилка 2,92 мм – розетка 2,4 мм»

ны одноканальные адаптеры «розетка – розетка», «вилка – вилка», «розетка – вилка» и межканальные адаптеры с разным сочетанием «вилка» и «розетка» для перехода в канал 2,4/1,04 мм (см. рис. 13 и 14). Параметры соединителей НПФ «Микран» приведены в таблице 5.

Корпуса соединителей изготовлены из нержавеющей стали, центральные проводники – из упрочнённой бериллиевой бронзы, покрытой износостойким золотом. На соединителях НПФ «Микран» применена следующая маркировка: наличие двух кольцевых маркёров на корпусе соединителя соответствует дюймовой резьбе 1/4" × 36 UNS, отсутствие маркёров соответствует метрической резьбе M6 × 0,75.

На сегодняшний день компания **ООО «Амитрон Электроникс»** (г. Москва) освоила и серийно выпускает более 90 типов различных коаксиальных радиокомпонентов [10]. В их числе и соединители типа К: кабельные «вилки» и «розетки» и составные фланцевые соединители (см. табл. 6). Параметры соединителей приведены в таблице 5.

### Перспективы применения соединителей 2,92 мм в отечественных изделиях микроэлектроники СВЧ

Применение рассмотренных соединителей позволяет:

1) решить проблему совместимости отечественных изделий в диапазоне частот до 40 ГГц с зарубежной радиоизмерительной аппаратурой компаний Agilent, Anritsu, Rohde&Schwarz (в настоящее время такой аппаратурой оснащены многие отечественные предприятия-производители изделий микроэлектроники);

2) улучшить выходные параметры изделий: применение соединителей 2,92 мм в изделиях с рабочей частотой до 40 ГГц позволяет снизить величины КСВН и потерь по сравнению с соединителями SMA и их отечественными аналогами;

3) решить проблему совместимости с зарубежными соединителями других типов: SMA, 3,5 мм, W SMA.

Для того чтобы соединители 2,92 мм были востребованы в отечественных изделиях, необходимо решить две основные задачи.

1. Ввести канал 2,92/1,27 мм в отечественные стандарты по радиочастотным соединителям. В настоящее время этот канал отсутствует в ГОСТ РВ 51914-2002 для соединителей общего применения и в ГОСТ 13317-89 для измерительных соединителей.

2. Создать в нашей стране серийное производство этих соединителей и необходимых аксессуаров (нагрузки согласованные, нагрузки короткого замыкания и холостого хода,



Рис. 13. Коаксиально-микроволновые переходы

наборы калибровочных мер, адаптеры и др.).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Соединители 2,92 мм занимают промежуточное положение между соединителями SMA (предельная частота 18 ГГц, улучшенный вариант – до 27 ГГц) и 2,4 мм (предельная частота 50 ГГц). Соединители SMA уступают соединителям 2,92 мм по частотному диапазону. Соединители 2,4 мм стандартизированы в нашей стране (ГОСТ 13317-89 и ГОСТ РВ 51914-2002, тип I), однако у них пока нет широкого применения, стоимость их высока, и они требуют исключительно бережного обращения из-за возможности повреждения тонких центральных проводников.

Соединители 2,92 мм сочетают преимущества соединителей SMA и 2,4 мм. Применение этих соединителей в отечественных изделиях миллиметрового диапазона длин волн обеспечит улучшение параметров и повышение надёжности отечественной микроэлектроники СВЧ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. www.ssicable.com.
2. www.sigatek.com.
3. www.gigalane.com.
4. Mario A. Maury, Jr. Microwave Coaxial Connector Technology: A continuing Evolution Maury Microwave Corporation. 13 December. 2005. Maury Connector guide.
5. www.carlisleit.com
6. www.us.anritsu.com
7. www.EmersonNetworkPower.com
8. www.southwestmicrowave.com
9. www.micran.ru
10. www.amel.ru
11. Джуринский К. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники. СВЧ. Издание второе. М. Техносфера. 2006.

