

# История радиочастотных соединителей. Соединители общего применения

## Часть 2

К. Джуринский, к. т. н.<sup>1</sup>

УДК 621.389 | ВАК 2.2.2

Основным направлением развития радиочастотных соединителей являются: продвижение в область все более высоких частот, миниатюризация, повышение надежности, улучшение основных параметров и удобства применения. Во второй части статьи рассматриваются соединители мм-диапазона: 2.4 mm (предельная частота 50 ГГц), 1.85 mm (65 ГГц), 1.0 mm (110 ГГц), 1.35 mm (90 ГГц), 0.8 mm (145 ГГц).

### СОЕДИНИТЕЛИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА Соединитель 2.92 mm (соединитель К)

Все до сих пор рассмотренные соединители предназначены для работы в сантиметровом диапазоне длин волн (на частотах менее 30 ГГц). Но уже в 1970-х годах возникла необходимость в соединителях, кабелях и адаптерах, пригодных для работы в миллиметровом диапазоне длин волн (мм-диапазоне). Эта задача оказалась непростой, так как было необходимо заменить коаксиальную линию, заполненную диэлектриком, на воздушную линию (снизить до единицы величину диэлектрической проницаемости) и значительно уменьшить размеры линии.

Работы по созданию соединителей мм-диапазона начались еще в первой половине 1970-х годов. Американские компании Alford Manufacturing Company, Omni-Spectra, Maury Microwave Corporation (Maury), Weinschel Engineering, Kelvin Microwave Corporation в 1973–1975 годах создавали оригинальные соединители с предельной частотой 40 ГГц. Но ни один из этих соединителей не получил распространения либо из-за несовместимости с соединителем SMA, либо из-за сложности конструкции и высокой стоимости [8].

И лишь спустя несколько лет, в 1983 году, Билл Олдфилд (В. Oldfield), работавший в компании Wiltron, США (ныне – Anritsu), разработал соединитель типа К с предельной частотой 40 ГГц [15]. Название этого соединителя означает, что он перекрывает  $K_a$ -область частот (26–40 ГГц).

Соединитель К имеет следующие основные характеристики:

- волновое сопротивление: 50 Ом;
- рабочий диапазон частот: 0–40 ГГц (и даже 0–46 ГГц);

- размеры воздушной коаксиальной линии: 2,92/1,27 мм;
- максимальный КСВн: 1,4;
- потери СВЧ:  $0,04 \sqrt{f_{\text{ГГц}}}$ , дБ;
- экранированное затухание менее: –90 дБ;
- допустимая пропускаемая мощность на частоте 1 ГГц: 450 Вт;
- рабочий диапазон температур: от –65 до 165 °С.

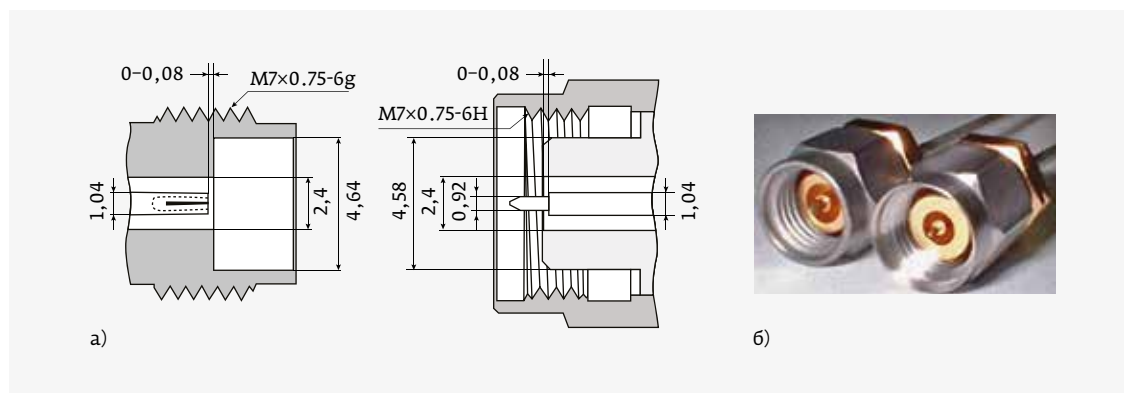
Соединитель К – первый радиочастотный соединитель, который до сих пор широко применяют в изделиях микроэлектроники мм-диапазона. Он особенно ценен в качестве коаксиально-микроразъемного перехода (КМРП) для передачи сигнала с микроразъемной линией (МРЛ) на радиочастотный кабель (рис. 14).

Диаметр центрального проводника металлокерамического ввода 0,3 мм, изолятор выполнен из стекла с диэлектрической проницаемостью 4,0. Соединитель К по своим присоединительным размерам совместим с соединителем SMA.



Рис. 14. Соединители К, заменяемые в полевых условиях

<sup>1</sup> АО «НПП «Исток» им. А. И. Шокина», kbd.istok@mail.ru.



**Рис. 15.** Интерфейс соединителя 2.4 mm (а), внешний вид соединителей 2.4 mm розетка и вилка (б)

### Соединители 2.4 mm и 1.85 mm

Соединители 2.4 mm (предельная частота 50 ГГц) и 1.85 mm (предельная частота 65 ГГц) были созданы практически в одно время. В их создании активно участвовали американские компании Hewlett Packard (ныне – Agilent Technologies), Amphenol и M/A-COM Omni Spectra. Но, по-видимому, основной вклад внесли ведущие специалисты Hewlett-Packard Julius Botka (Джулиус Ботка) и Paul Watson (Пол Уотсон). Их доклад «Комплексное многофункциональное решение для коаксиальных соединений с частотой 50 или 65 ГГц» на микроволновой конференции в Дублине (Ирландия) в 1986 году считается отправной точкой создания этих соединителей [16].

Соединитель 2.4 mm резьбового типа, в котором впервые применена метрическая резьба M7×0,75-6g, с воздушной коаксиальной линией размерами 2,4/1,04 мм известен также как соединитель OS-2,4 или OS-50. Внешне он похож на соединитель SMA, но не может соединяться с ним и с соединителем 2.92 mm без использования прецизионных адаптеров. Интерфейс соединителя 2.4 mm и его внешний вид показаны на рис. 15.

Наружный проводник соединителя имеет большую толщину стенки – 1,2 мм (у соединителей K – 0,8 мм, у SMA – 0,25 мм). Благодаря этому улучшен контакт по наружным проводникам вилки и розетки и повышена жесткость конструкции соединителя. Разработаны

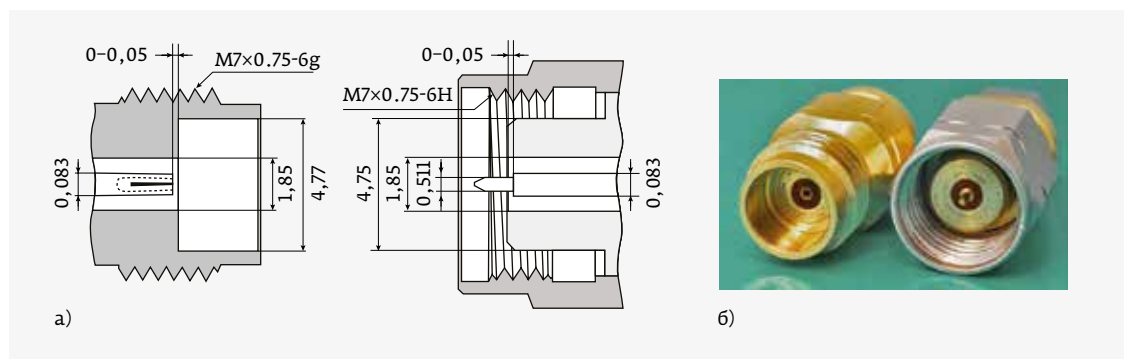
соединители 2.4 mm общего применения, инструментальные и метрологические (имеют самую высокую стоимость).

Основные характеристики соединителя 2.4 mm:

- диапазон рабочих частот: 0–50 ГГц;
- волновое сопротивление: 50 Ом;
- высокочастотные потери:  $0,05 \sqrt{f_{\text{ГГц}}}$ , дБ;
- максимальный КСВн: 1,3;
- экранное затухание менее:  $(-120 - f)$  дБ;
- рабочее напряжение: 400 В;
- количество соединений и разъединений: 500 мин.;
- диапазон рабочих температур: –65...165 °С;
- интерфейс согласно стандарту IEEE 287-2007.

Соединители 2.4 mm применяют при создании широкополосной радиоизмерительной аппаратуры, а также в изделиях микроэлектроники СВЧ на монолитных интегральных схемах.

Соединитель 1.85 mm называют еще V-соединителем, так как он перекрывает V-диапазон частот (50–75 ГГц). По разным данным этот соединитель был создан компаниями Hewlett-Packard и Anritsu (авторы Julius Botka и Bill Oldfield). В соединителе 1.85 mm реализована воздушная коаксиальная линия размерами 1,85/0,83 мм и использованы базовые решения, примененные при создании соединителя 2.4 mm. В обоих соединителях 1.85 mm и 2.4 mm применена резьба M7×0,75-6g, что делает их



**Рис. 16.** Интерфейс (а) и внешний вид розетки и вилки соединителя 1.85 mm (б)

совместимыми между собой. Метрическая резьба применена специально, чтобы во избежание повреждения не путать эти дорогостоящие соединители с менее точными соединителями, такими как SMA.

Интерфейс и внешний вид соединителя 1.85 mm показаны на рис. 16.

Основные характеристики соединителя 1.85 mm:

- диапазон рабочих частот: 0–65 ГГц;
- волновое сопротивление: 50 Ом;
- высокочастотные потери:  $0,05 \sqrt{f_{\text{ГГц}}}$ , дБ;
- максимальный КСВн: 1,3;
- экранное затухание менее:  $(-120 - f)$  дБ;
- рабочее напряжение: 500 В;
- количество соединений и разъединений: 500 мин.;
- диапазон рабочих температур:  $-65 \dots 165$  °С;
- интерфейс согласно стандарту IEEE 2007.

Соединители 1.85 mm применяют в устройствах локальной связи мм-диапазона, в системах наведения ракет и узкополосных радаров, а также в радиоизмерительной аппаратуре.

## Соединители 1.0 mm

В соединителе 1.0 mm, другое название W-соединитель (по частотному диапазону его применения 75–110 ГГц), была впервые реализована воздушная коаксиальная линия с размерами 1/0,434 мм, выполненными с точностью 5 мкм – рис. 17.

Этот соединитель был создан Б. Олдфилдом (компания Anritsu) в 1989 году с использованием опыта разработки соединителей 2.4 mm и 1.85 mm компании Hewlett-Packard [17]. Диаметр ответного штыря вилки равен всего 0,25 мм. Разрезное гнездо с четырьмя ламелями длиной 1 мм и шириной паза между ними 0,06 мм имеет толщину стенки 0,09 мм. Внутренний проводник соединителя закреплен в диэлектрической шайбе со специально подобранным согласованием. Естественно, что при столь малых размерах внутренних проводников розетки и вилки их соосность в момент соединения должна быть близка к идеальной.

Закрепление соединения вилки и розетки достигается при помощи накидной гайки с метрической резьбой

M7×0,75-6g. Соединитель 1.0 mm совместим с соединителями 2.4 mm и 1.85 mm. Для совместимости с соединителями других типов необходимы соответствующие адаптеры.

Основные характеристики соединителя 1.0 mm:

- диапазон рабочих частот: 0–110 ГГц;
- волновое сопротивление: 50 Ом;
- высокочастотные потери: 0,7 дБ макс.;
- максимальный КСВн: 1,4;
- количество соединений и разъединений: 500 мин.;
- диапазон рабочих температур:  $-55 \dots 125$  °С;
- интерфейс – согласно стандарту IEC 61169-31.

Соединитель 1.0 mm был признан важным компонентом для разработки автомобильных радаров, беспроводной локальной сети, высокоразрядных оптических преобразователей, сверхширокополосных тестовых систем. Однако надо учитывать, что это дорогой соединитель, его стоимость не менее 1000 долл.

## Соединители SMP

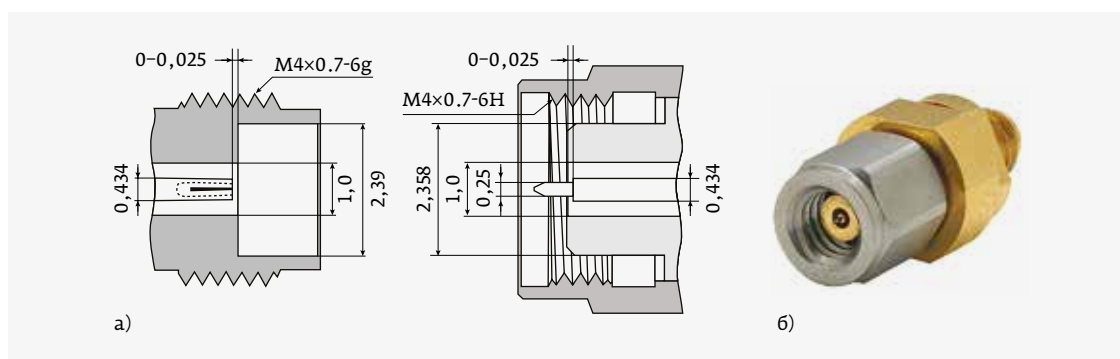
Создание компанией Gilbert Corning (США) в 1980-х годах соединителей GPO (Gilbert Push-On) ознаменовало собой освоение мм-диапазона длин волн микроминиатюрными радиочастотными соединителями, работающими по принципу защелкивания (Push-On, Snap-On). В вилках применяют полное защелкивание в них кабельных соединителей розетка (full detent), ограниченное защелкивание (limited detent) и скользящее соединение (smooth bore) – рис. 18.

Во всех этих случаях применяемый соединитель розетка один и тот же. В первом случае  $\varnothing A = 2,9^{+0,1}$  мм, во втором –  $\varnothing A = 3,0^{+0,1}$  мм. При скользящем соединении на внутренней поверхности корпуса вилки отсутствует канавка для защелкивания пружинящей входной части розетки.

Разработаны разнообразные конструктивные варианты соединителя SMP [8].

Основные характеристики соединителя SMP:

- диапазон рабочих частот: 0–40 ГГц;
- волновое сопротивление: 50 Ом;



**Рис. 17.** Интерфейс (а) и внешний вид вилки соединителя 1.0 mm (б)

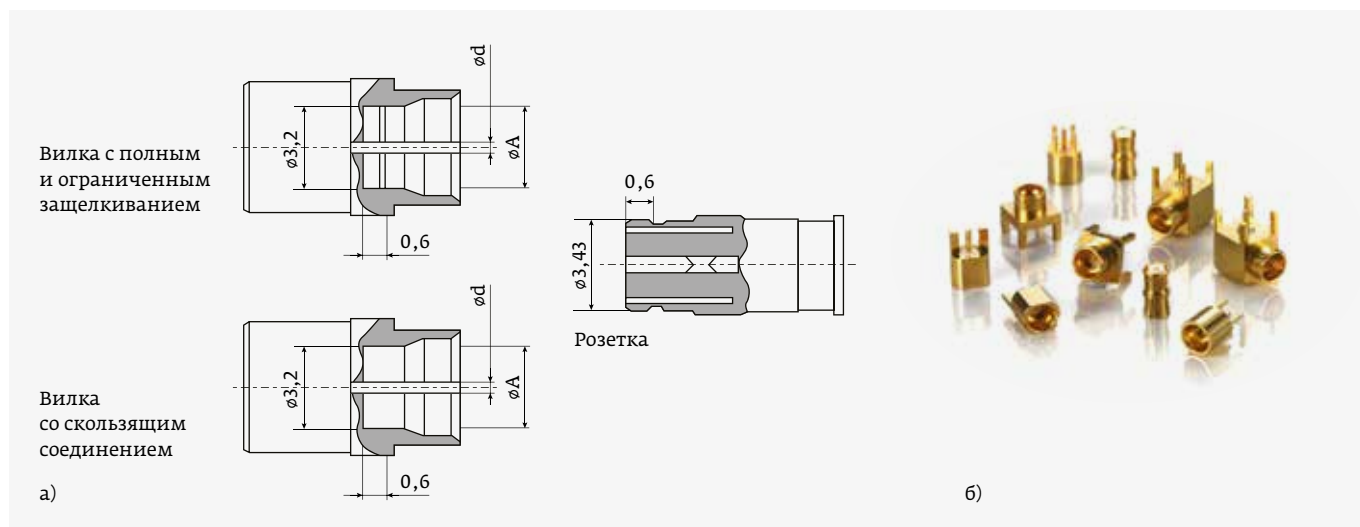


Рис. 18. Соединитель SMP: а – конструкция розетки и вилок; б – внешний вид соединителя

- высокочастотные потери:  $0,12 \sqrt{f_{\text{ГГц}}}$ , дБ;
- максимальный КСВН: 1,5;
- рабочее напряжение: 335 В;
- допустимая пропускаемая мощность 65 Вт на частоте 2,2 ГГц;
- диапазон рабочих температур:  $-55 \dots 125$  °С;
- интерфейс – согласно стандарту MIL-STD-348A.

Благодаря миниатюрности и высоким электрическим параметрам эти соединители нашли применение в сложных многофункциональных СВЧ-модулях с высокой плотностью компоновки для систем аэронавигационного и аэрокосмического назначения, активных фазированных решеток, радаров и других изделий специального назначения.

В последующие годы были созданы соединители SMPM или MINI-SMP (предельная частота 65 ГГц), G3PO или SMPS (предельная частота 100 ГГц), а также соединители P-SMP и SMP-MAX с предельной частотой 10 ГГц, допустимой передаваемой мощностью до 300 Вт на частоте 2,7 ГГц.

### СОЕДИНИТЕЛИ, СОЗДАННЫЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ЛЕТ Соединители для мобильной и сотовой связи

К этим соединителям наряду с общими требованиями (низкий уровень КСВН и прямых потерь в рабочем диапазоне частот, высокие значения рабочего напряжения и допустимой пропускаемой мощности, большой срок службы и др.) предъявляют специальные требования: возможность наружного применения с высоким классом защиты IP 68, удобство эксплуатации и, главное, низкий уровень интермодуляционных искажений.

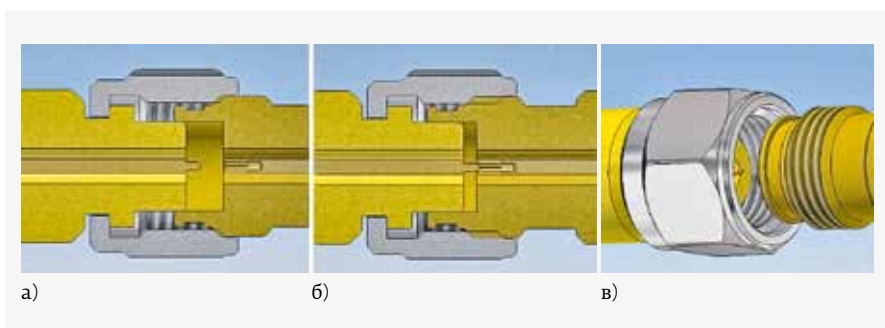
Первые соединители для антенных систем и базовых станций для мобильной и сотовой связи – соединители 7/16 создал еще в 1949 году G. Spinner (Георг Шпиннер) – основатель немецкой компании Spinner GmbH. В настоящее время размеры и вес соединителей стали серьезной проблемой из-за необходимости миниатюризации оборудования мобильной связи. Поэтому, начиная с 2012 года, ведущие компании: Spinner, Telegärtner, Rosenberger и Huber+Suhner – объединили свои усилия и совместно разработали серию соединителей 4.3-10 – рис. 19 [18].

Соединитель 4.3-10 приблизительно на 40% миниатюрнее и на 60% легче соединителя 7/16. Затем компания Telegärtner создала еще более миниатюрный соединитель 2.2-5. Спустя всего лишь пять лет после создания соединителя 4.3-10 ведущие производители радиочастотных соединителей Rosenberger, Huber+Suhner и Radiall совместными усилиями



Рис. 19. Соединители 7/16, 4.3-10, 2.2-5, NEX10 и 1.5-3.5

разработали миниатюрные коаксиальные соединители NEXIO в диапазоне частот 0–20 ГГц для применения в небольших сотовых сетях 4G и 5G [18]. И, наконец, компания Telegärtner разработала самые миниатюрные из всех соединители 1.5-3.5, предназначенные для мобильной и сотовой связи нового поколения. Размеры фланца фланцевого соединителя 1.5-3.5 меньше приблизительно на 47%, чем у соединителя 2.2-5, и на 75%, чем у соединителя 4.3-10 – рис. 19 [18].



**Рис. 20.** Схема соединения вилки и розетки соединителя 1,35 мм: а – наружных проводников; б – внутренних проводников; в – 3D-вид соединения

### Соединители с предельной частотой 90 ГГц

В 2014–2018 годах объединенными усилиями компаний Rosenberger, Rohde & Schwarz и Spinner был разработан соединитель 1.35 мм (E-connector, диапазон частот 60–90 ГГц) [18]. К этому времени уже были созданы соединители 1.85 мм (V-connector) с предельной частотой 65 ГГц и 1.0 мм (W-connector) с предельной частотой 110 ГГц. Соединитель W перекрывал диапазон E (60–90 ГГц) и, казалось бы, что разрабатывать соединитель специально для E-диапазона не было необходимости. Однако из-за физических ограничений коаксиальной линии соединителя 1.0 мм его конструкция была недостаточно жесткой и легко повреждаемой. К тому же область применения этого соединителя достаточно ограничена: радиоизмерения и различные лабораторные исследования.

Поскольку рынки автомобильной и спутниковой связи в настоящее время стали достаточно большими, потребовался более прочный и надежный соединитель, который обеспечивал бы работу устройств на частотах не менее 90 ГГц. Коаксиальная линия соединителя 1.35 мм имеет следующие размеры: диаметр наружного проводника – 1,35 мм, внутреннего проводника – 0,6 мм. Диаметр штыря кабельной вилки равен 0,29 мм. На корпусах вилки и розетки выполнена метрическая резьба с мелким шагом – M5,5×0,5 мм, что обеспечивает надежное соединение при механических воздействиях на соединители. В дополнение к резьбовому соединению вилки и розетки предусмотрено их соединение защелкиванием (lock-on). Для этого на корпусе розетки есть стопорная канавка, в которой защелкивается вилка при соединении с розеткой – рис. 20.

Основные характеристики соединителя 1.35 мм:

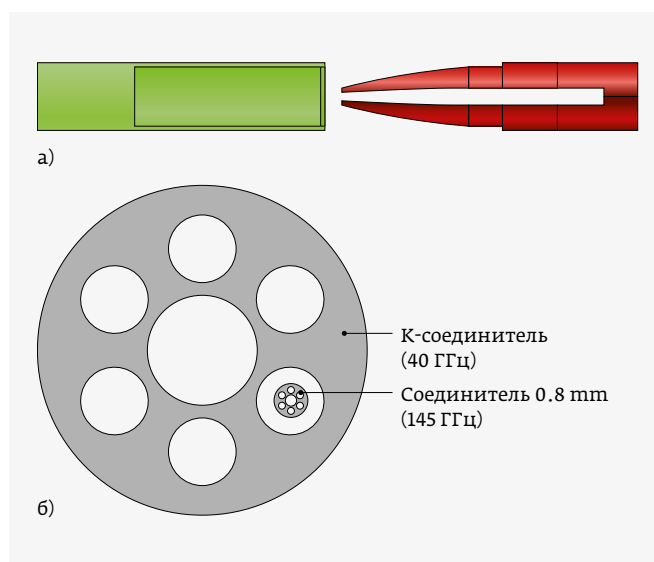
- диапазон рабочих частот: 0–90 ГГц;
- волновое сопротивление: 50 Ом;
- высокочастотные потери: 0,05 дБ;
- максимальный КСВн: 1,29;
- экранное затухание менее: (–90) дБ;
- количество соединений и рассоединений: 3000;

- интерфейс – согласно стандарту IEEE 287-2007.

Соединители 1,35 мм закрыли пробел в частотном диапазоне между 65 ГГц (соединитель 1,85 мм) и 110 ГГц (соединитель 1,0 мм) и удачно подошли для радиочастотных применений на частотах 60–90 ГГц (датчики автомобилей с автономным управлением, различные приложения 5G).

### Соединители с предельной частотой 145 ГГц

Выдающимся достижением Билла Олдфилда, ведущего специалиста компании Anritsu, является разработка соединителя 0.8 мм E-диапазона частот (110–170 ГГц) с предельной частотой 145 ГГц [17]. С ростом предельной частоты соединители мм-диапазона имеют все меньшие диаметры проводников коаксиальной линии. Поэтому



**Рис. 21.** Внутренние проводники (а) и опорная шайба (б) соединителя 0.8 мм

центральным вопросом при конструировании этих соединителей является разработка конструкции внутреннего проводника и диэлектрической шайбы, а также способа закрепления в ней внутреннего проводника, а самой шайбы – в корпусе соединителя. Прежде всего, оказалось невозможным разрезать гнездовой контакт с шириной прорезей 25 мкм, чтобы получить 4 ламели, так как не существовали фрезы толщиной менее 50 мкм. Б. Олдфилд предложил сделать гнездо с наружным диаметром 0,35 мм без прорезей и с очень тонкой стенкой, а штырь увеличенного диаметра сделать разрезным (с ламелями) с шириной прорезей 0,05 мм – рис. 21а. Такой контакт он назвал the lobster claw («коготь омара»).

Вторая проблема заключалась в создании технологии изготовления из полимера Ultem 1000 миниатюрной опорной диэлектрической шайбы соединителя. С повышением частоты размеры шайбы значительно уменьшаются. Диаметр шайбы разрабатываемого соединителя

0.8 mm в пять раз меньше диаметра шайбы К-соединителя с предельной частотой 40 ГГц – рис. 21б. Не менее сложно было закрепить в шайбе внутренний проводник и полученную сборку в корпусе соединителя. Трудности удалось преодолеть, и были изготовлены вилка и розетка соединителя 0.8 mm, а также внутрисерийные адаптеры и кабельные сборки.

Соединители 0.8 mm имеют следующие параметры:

- рабочий диапазон частот: 0–145 ГГц;
- волновое сопротивление: 50 Ом;
- высокочастотные потери: 0,7 дБ;
- максимальный КСВн: 1,67;
- рабочее напряжение: 335 В;
- допустимая пропускаемая мощность: 6 Вт;
- диапазон рабочих температур: –54...125 °С.

Соединители 0.8 mm и аксессуары коаксиального тракта в этом диапазоне частот впервые в мире были применены в разработанном компанией Anritsu широкополосном

## 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*

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

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.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)

векторном анализаторе цепей VectorStar™ ME7838D. Этот анализатор позволяет измерять характеристики устройств на печатных платах в диапазоне частот от 75 МГц до 145 ГГц.

\* \* \*

К настоящему времени созданы более 50 серий радиочастотных соединителей, которые выпускают сотни производителей во всем мире. В данной статье рассмотрена только часть из них, выбранные, исходя из следующих соображений: «пионерские» разработки, соединители все более высоких частот, соединители с новыми способами соединения вилки и розетки.

## ВЫДАЮЩИЕСЯ СОЗДАТЕЛИ РАДИОЧАСТОТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

**Е. С. Quackenbush** (1906–1987) – канадский радиоинженер и изобретатель. Ему принадлежат около пятидесяти патентов в области радиочастотной техники. Работал в американской компании Amphenol.

**Paul Neill** (1882–1968) – американский инженер-электрик Bell Labs (США) в 1940-х годах. Он участвовал в создании соединителей N, BNC и TNC.

**Carl Concelman** (1912–1975) – инженер-электрик компании Amphenol, изобрел разъем C и совместно с Paul Neill создал соединители BNC и TNC.

**О. М. Salati** – американский инженер и профессор электротехники Пенсильванского университета. Во время работы в Hazeltine Corporation в 1951 году получил патент США № 2.540.012, послуживший основой для создания соединителя BNC.

**James Cheal** – разработчик соединителя SMA, работавший в области радаров и микроволновых датчиков в Bendix Research Laboratories, компаниях Omni-Spectra и Southwest Microwave.

**John Harold Brayant** (1997–1920) – доктор философии и электротехники, автор 14 патентов в области электротехники, главный инженер исследовательских лабораторий корпорации Bendix, президент компании Omni-Spectra, профессор Мичиганского университета.

**Winsent MacHenry** (1928–2015) – инженер корпорации Bendix, автор девяти патентов в области миниатюрных радиокomпонентов, сопредседатель компании Omni-Spectra, соучредитель компании Southwest Microwave, разработчик большой серии микроволновых датчиков.

**Bill Oldfield** – с 1990 по 2001 год инженер компании Anritsu, США. Известен как изобретатель соединителей K с предельной частотой 40 ГГц и W (110 ГГц), а также соединителя с предельной частотой 145 ГГц. Автор 25 статей и 31 патента на изобретения в области СВЧ-техники. Занимал пост председателя Комитета IEEE по стандартам.

**Jilius Botka**, уроженец Венгрии, ведущий специалист компании Hewlett-Packard (ныне – Agilent Technologies),

руководитель научно-исследовательского проекта Agilent по микроволновым компонентам и стандартам. Совместно с Полом Уотсоном в 1980-х годах разработал соединители 2.4 mm с диапазоном частот 0–50 ГГц, 1.85 mm (0–60 ГГц). Автор 15 патентов, в том числе на соединители мм-диапазона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. What is an RF Connector – Coaxicom. <https://coaxicom.com>.
2. The History of M, N, SMA and BNC Antenna Connector – Ailunce. <https://www.ailunce.com>. Июль. 2019 г.
3. **Brayant J. H.** Coaxial transmission lines, related two-conductor transmission lines, connectors and components: historical perspective // IEEE TRANS. 1984. Vol. MTT-32. № 9.
4. **Maugy M. A.** Microwave coaxial connector technology: a continuing evolution // [www.maugymw.com](http://www.maugymw.com).
5. HN – HB Radiofrequency – Halberd Bastion. <https://halberdbastion.com>.
6. C – HB Radiofrequency – Halberd Bastion. <https://halberdbastion.com>.
7. BNC – HB Radiofrequency – Halberd Bastion. <https://halberdbastion.com>.
8. **Джуринский К. Б.** Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры / Под ред. д. т. н. Борисова А. А. СПб: Изд-во ЗАО «Медиа Групп Файн-стрит», 2014. 426 с.
9. Amphenol Continues Their Tradition of Innovation | 2012–06–13. <https://www.microwavejournal.com>.
10. 60-Year-Old SMA Connector Design Still Popular. <https://connectorsupplier.com>
11. **Джуринский К. Б.** Новые имена на российском рынке радиочастотных соединителей: компания Southwest Microwave Inc. // Компоненты и технология. 2009. № 6. С. 35–40.
12. **Джуринский К., Сотников А.** Эволюция радиочастотных соединителей для электроники СВЧ. В поиске компромиссных решений. Ч. 1. Соединители SMA // СВЧ-электроника. 2017. № 1. С. 21–26.
13. **Джуринский К. Б.** Радиочастотные соединители, адаптеры и кабельные сборки. М.: ООО «Ваш формат», 2018. 400 с.
14. Преимущества соединителей типа BMA перед SMA. [www.micran.ru](http://www.micran.ru).
15. **Janine Love.** Looking back across 50 years of microwave engineering. 08.02.11. <https://www.eetimes.com>.
16. **Botka J., Watson P.** A complete 'multigrade solution' in coaxial connections to 50 or 65 GHz // Proc. 16th Eur. Microw. Conf., Sep. 8–12, 1986, pp. 127–132.
17. **Oldfield B.** The importance of coax connector design above 110 GHz // Anritsu Tech. Rev. Sep. 2014. Vol. 34. No. 22. PP. 40–44.
18. **Кищинский А. А., Джуринский К. Б.** Твердотельные усилители СВЧ диапазона. Новые радиочастотные соединители. М.: Ваш формат, 2022. 432 с.

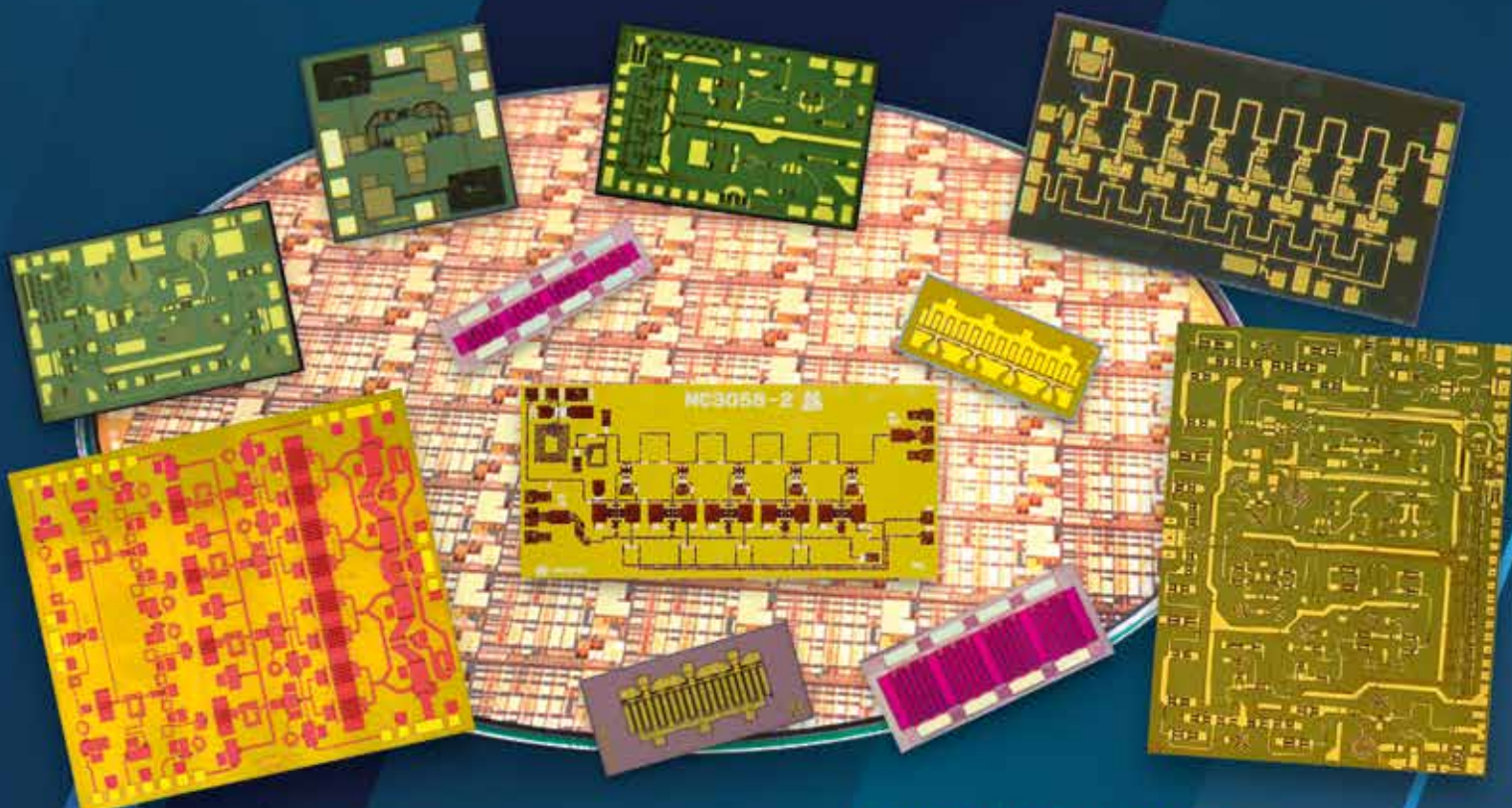


МИКРОВОЛНОВЫЕ  
СИСТЕМЫ

## 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](mailto:mwsystems@mwsystems.ru)  
[www.mwsystems.ru](http://www.mwsystems.ru)