

## Соединители с предельными частотами 40 и 65 ГГц фирмы Corning Gilbert

Фирма Corning Gilbert Inc. (США) не так известна на российском рынке радиочастотных соединителей, как, например, Rosenberger, Amphenol, Molex, Tyco, Radiall. Между тем эта фирма уже в течение 50 лет разрабатывает и производит широкую номенклатуру миниатюрных и микроминиатюрных коаксиальных радиочастотных соединителей для широкополосных систем связи и телекоммуникаций на сверхвысоких частотах (СВЧ). Фирмой Corning Gilbert были выполнены пионерские разработки микроминиатюрных соединителей GPO, GPPO и G3PO в частотном диапазоне до 65 ГГц, работающих на принципе защелкивания (snap-on). Такие соединители первоначально создавались для обеспечения сверхвысокочастотных соединений в системах военного назначения: спутниковых, беспроводной связи, телекоммуникаций, радаров. В настоящее время эти соединители все более широко применяют в устройствах СВЧ с высокой плотностью компоновки. Взаимозаменяемые аналоги соединителей GPO и GPPO — SMP и мини-SMP (SMPM) в настоящее время выпускают более 30 фирм США, Германии, Франции, Швейцарии и Китая [1, 2].

Кива ДЖУРИНСКИЙ,  
к. т. н.  
Сергей ВЫХОДЦЕВ  
vykhodtss@corning.com

### Соединение защелкиванием

Соединение защелкиванием наружных проводников пары соединителей «розетка» и «вилка» (рис. 1) производится следующим образом. Стыкуемая часть «розетки» представляет собой пружинный элемент с четырьмя или шестью продольными прорезями (с ламелями), изготовленный из термически упрочненной бериллиевой бронзы. На внутренней поверхности «вилки» сделана канавка. При введении в «вилку» пружинящая часть «розетки» сжимается на гладкой поверхности  $\varnothing A$  и затем, распружинившись в канавке, защелкивается в ней.

Фирмой Corning Gilbert разработаны соединители с одним из трех уровней защелкивания: полное (full detent), ограниченное (limited detent) и скользящее соединение (smooth bore). Полное защелкивание или блокировка используется в соединителях, работающих в условиях жесткой вибрации (рис. 1а). Для разъединения «вилки» и «розетки» требуется специальный инструмент — экстрактор.

В варианте ограниченного защелкивания  $\varnothing A$  приблизительно на 0,1 мм больше, чем в случае полного защелкивания (табл. 1). Поэтому стыкуемая часть «розетки» сжимается меньше и происходит неполное защелкивание (рис. 1а). Разъединение пары соединителей возможно и без применения экстрактора.

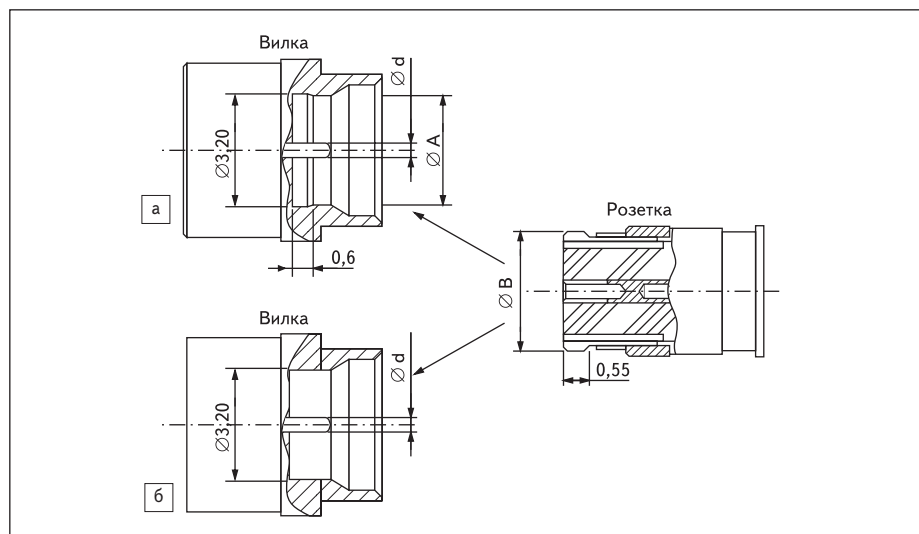


Рис. 1. Соединение защелкиванием (размеры приведены в таблице 1): а) полное и ограниченное защелкивание; б) скользящее соединение

Таблица 1. Типичные величины усилия и количества соединений и разъединений соединителей GPO, GPPO и G3PO

Тип соединителя	Уровень защелкивания	Усилие, Н		Допустимое количество соединений и разъединений	Размеры, мм		
		соединения	разъединения		A	B, макс	$\varnothing d$
GPO	полное	40	31	100	2,9	3,43	0,38
	ограниченное	31	22	500	3,0		
	скользящее соединение	9	2,2	1000	3,1		
GPPO	полное	20	29	100	2,16	2,41	0,30
	скользящее соединение	11	6,7	500	2,25		
G3PO	полное	16	27	100	—	1,60	0,23
	скользящее соединение	7	11	500	—		

Скользящее соединение осуществляется за счет распруживания «вилки» в «розетке» с гладкой (без канавки) внутренней поверхностью (рис. 16). Типичное применение этого варианта — соединение и разъединение материнской и дочерней печатных плат.

Разновидностью скользящего соединения является соединение catcher с mitt. Главное его отличие — широкая заходная фаска под углом 45° на корпусе «вилки». Благодаря этому еще больше облегчается соединение «вилки» и «розетки» в случае их несоосности в момент стыковки.

Соединители GPO выпускаются во всех трех вариантах: полное и ограниченное защелкивание и скользящее соединение, GPPO и G3PO — только в вариантах полное защелкивание и скользящее соединение.

Для «вилки» разных уровней защелкивания применяют один и тот же ответный соединитель «розетка». Соединение внутренних проводников «розетки» и «вилки» — стандартное цанговое, как и у соединителей большинства других типов.

Уровень защелкивания характеризуется величиной усилия соединения и разъединения пары соединителей, а также допустимым количеством соединений и разъединений «розетки» и «вилки» без ухудшения параметров соединителей (табл. 1).

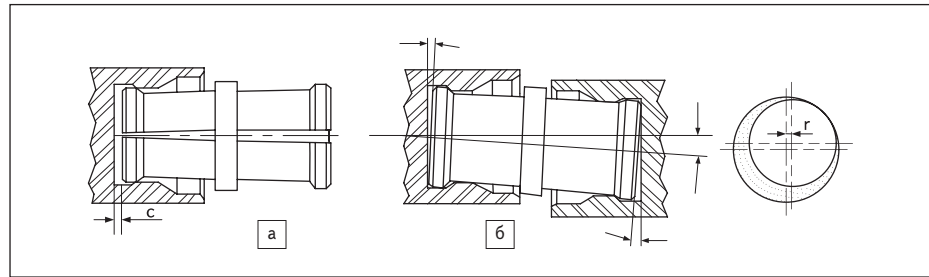


Рис. 2. Смещение пары соединителей: а) аксиальное; б) радиальное

Таблица 2. Величина КСВН при максимальном аксиальном и радиальном смещении

Тип соединителя	Уровень защелкивания	Максимальное аксиальное смещение, мм	КСВН	Максимальное радиальное смещение, мм	КСВН
GPO	полное	0,25	1,10	±0,25	1,10
	ограниченное				
	скользящее соединение	0,45	1,30		
GPPO	полное	0,25	1,15	±0,25	1,35
	скользящее соединение	0,45	1,30		
G3PO	полное	0,20	1,20	±0,25	1,40
	скользящее соединение	0,25	1,35		

### Соединение пары «розетка» и «вилка» при их смещении

В момент соединения «розетки» и «вилки» возможно их аксиальное и радиальное смещение. Предельной считается такая величина

на смещения, при которой еще не происходит существенного ухудшения КСВН пары соединителей.

Под аксиальным смещением в данном случае понимается величина зазора (с на рис. 2а) между сопрягаемыми поверхностями «розет-

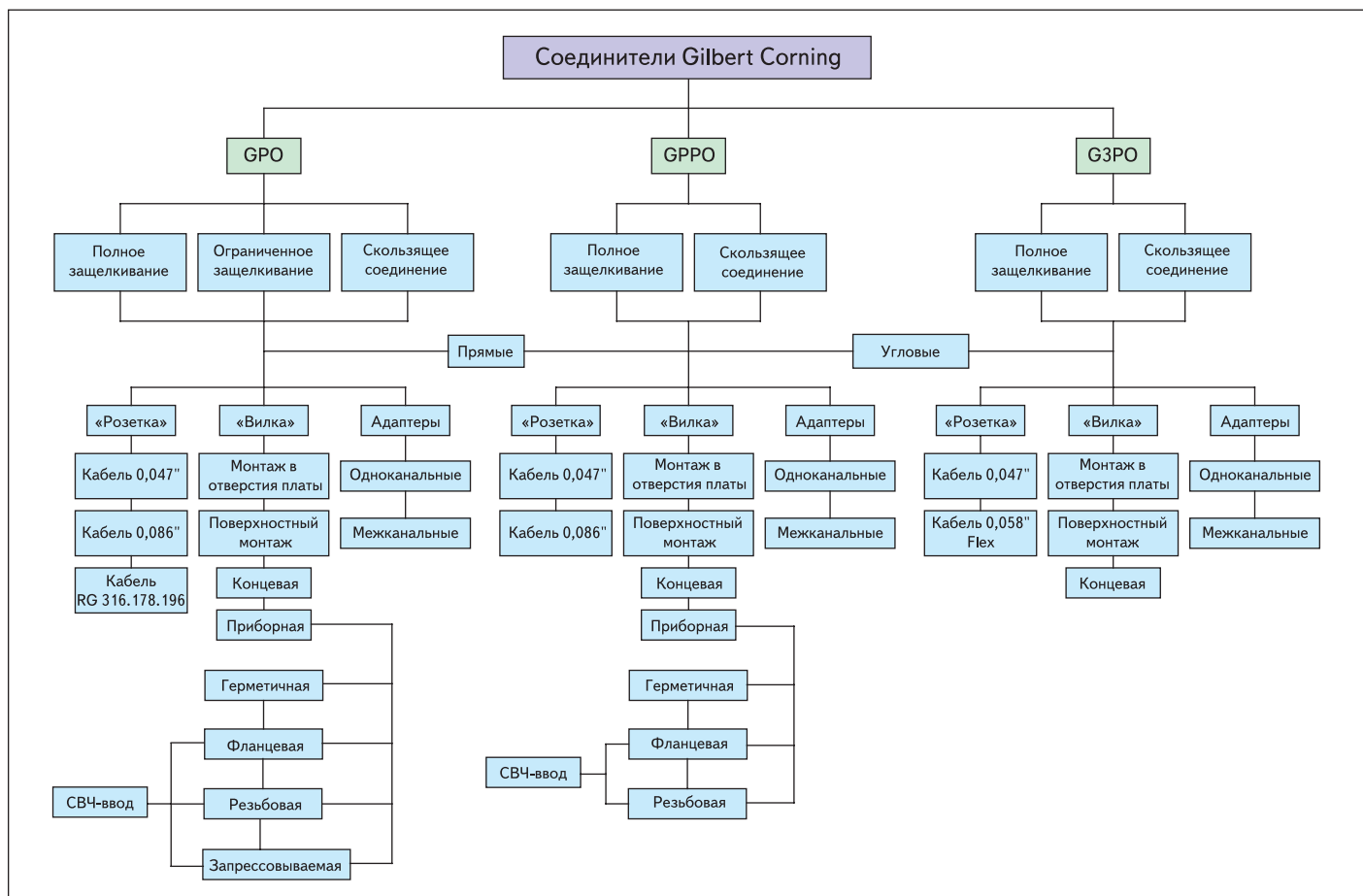


Рис. 3. Классификация соединителей Corning Gilbert

ки» и «вилки» (reference plane). Важным преимуществом соединителей Corning Gilbert является обеспечение оптимальных параметров согласования даже при значительном радиальном смещении ( $r$  на рис. 26). Это особенно важно в случае, когда две «вилки», каждая из которых установлена на свою печатную плату, соединяются при помощи адаптера «розетка-розетка». При этом допустимая величина смещения зависит от длины адаптера.

В таблице 2 приведены типичные величины КСВН соединителей Corning Gilbert в зависимости от максимального аксиального и радиального смещения «розетки» и «вилки».

Независимо от уровня защелкивания максимум КСВН приходится на частоту приблизительно 20 ГГц для соединителей GPO и 50 ГГц — для соединителей GPPO.

### Классификация соединителей

На рис. 3 приведена классификация соединителей Corning Gilbert. Разработаны и выпускаются герметичные и негерметичные «вилки»: приборные, для установки в отверстия печатных плат (PCB surface mount) и для поверхностного монтажа на платы (surface mount). Разновидностью двух последних «вилков» являются «вилки», устанавливаемые на концах печатной платы (edge mount). Созданы кабельные соединители «розетка» и «вилка» под полужесткий кабель 0,047", 0,086" (RG-405), 0,058" Flex и гибкий кабель RG-316, 178, 196, большое число кабельных сборок, одноканальных и межканальных адаптеров (рис. 4). Кроме того, на базе выпускаемых соединителей Corning Gilbert производит разнообразные нагрузки, а также все необходимые инструменты и оснастку для работы с соединителями.

Соединители Corning Gilbert изготовлены с высокой точностью размеров и чистой обработкой поверхностей (0,8 мкм). Они соответствуют военным стандартам MIL-STD-348 и MIL-PRF-39012, европейским стандартам 94007/94008 DESC и совместимы (взаимозаменяемы) с соединителями SMP и Mini SMP. Соединители изготавливаются в соответствии с европейской директивой RoHS (Restriction of Hazardous Substances) о запрете применения свинца и других вредных веществ, вступившей в действие с 1 июля 2006 года.



Рис. 4. Соединители Corning Gilbert

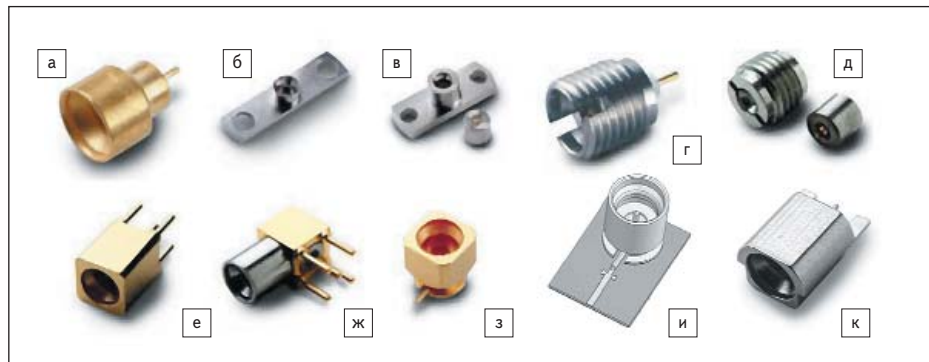


Рис. 5. «Вилки»: а) приборная; б, в) фланцевые составные с СВЧ- вводами; г) негерметичная резьбовая; д) составная резьбовая с СВЧ-вводом; е, ж) для монтажа в отверстия печатной платы; з, и) для поверхностного монтажа; к) концевая

### Соединители «вилка»

Corning Gilbert выпускает широкую номенклатуру соединителей «вилка»: приборные герметичные и негерметичные, резьбовые, фланцевые, для установки в металлизированные отверстия печатных плат, для поверхностного монтажа и установки на конце платы (рис. 5).

### Приборные «вилки»

Приборная «вилка», монтируемая в стенку корпуса изделия, имеет несколько вариантов конструктивного исполнения. Наиболее часто применяют герметичную «вилку» с внутренним металlostеклянным спаем центрального проводника (рис. 6, табл. 3).

Корпус и центральный проводник вилки изготовлены из железо-никель-кобальтового сплава 29НК (ковар, за рубежом — сплав F15). В качестве диэлектрика использовано стекло Corning 7070 с диэлектрической проницаемостью 4,1. Герметичные «вилки» GPPO имеют КСВН не более 1,25 в диапазоне частот до 26,5 ГГц и менее 1,35 на частотах от 26,5 до 40 ГГц. Следует обратить внимание на то, что почти половина таких «вилков» выпускается с волновым сопротивлением не 50, а 63 Ом.

В негерметичных «вилках» в качестве диэлектрика применен фторопласт (PTFE).

Кроме того, разработаны различные составные «вилки». Такая «вилка» представляет собой отдельный корпус без центрального проводника (shroud) с внутренней геометрией, обеспечивающей защелкивание, который на-

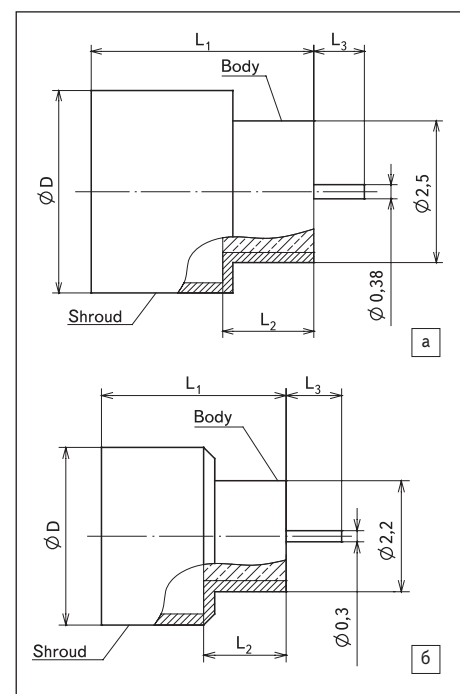


Рис. 6. Герметичные приборные «вилки»: а) GPO; б) GPPO

девают на металlostеклянный СВЧ — ввод, установленный в стенку корпуса изделия. В этом случае ввод является внутренним, а shroud — наружным проводником соединителя. Shroud может быть фланцевым с двумя крепежными отверстиями (shroud 2 holes flange mount), резьбовым (shroud thread-in mount) или для пресовой посадки в стенку корпуса изделия (shroud press-in mount).

Таблица 3. Герметичные приборные «вилки» Corning Gilbert

№№ п.п.	Особенности конструкции	Уровень защелкивания	Размеры, мм (рис. 6)			
			Ø D	L1	L2	L3
<b>GPO (22 модификации)</b>						
1	Full Shroud, full body	полное, ограниченное, скользящее соединение	4,2	4,6	1,8	0,8; 1,3; 1,8; 2,3
2	Half Shroud, full body		3,7	3,6	1,8	
4	Half Shroud, Short body		3,7	3,1	1,3	
<b>GPPO (7 модификаций)</b>						
1	Full Size	полное, скользящее соединение catcher s mitt	3,3	3,6	1,5	0,8; 1,3; 1,8; 2,3
2	Full Size CM		3,7	3,6	1,5	

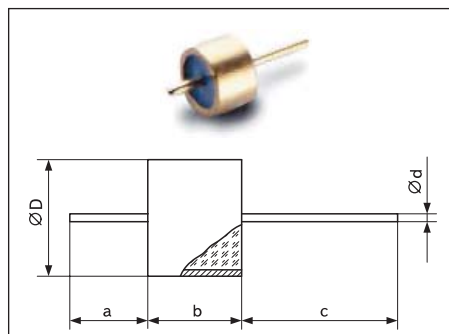


Рис. 7. Металлостеклянные СВЧ-вводы

Таблица 4. Геометрические размеры СВЧ-вводов

Тип соединителя	Размеры, мм (рис. 7)				
	ØD	Ød	a	b	c
GPO	2,5	0,38	1,5	1,6	1,3; 3,2; 5,1
GPPO	1,9	0,30	1,2	1,4	3,2

Shroud обычно изготавливают из нержавеющей стали.

Выпускаются фланцевые негерметичные, герметичные и составные «вилки» GPO с полным и ограниченным защелкиванием и скользящим соединением. «Вилки» GPPO имеют максимальный КСВН 1,25 на частотах до 26,5 ГГц и 1,35 — в диапазоне частот 26,5–40 ГГц.

Конструкция СВЧ-вводов показана на рис. 7, а их геометрические размеры приведены в таблице 4.

Фирма Corning Gilbert разработала и выпускает приборные резьбовые «вилки» GPO с резьбой 10-48 UNS-2A и 0,250-36 UNS-2A (31 модификация), «вилки» GPPO с резьбой 0,164-64 UNS-2A, 0,250-36 UNS-2A и даже с метрической резьбой M6x0,75-6g (17 модификаций). «Вилки» GPO имеют все 3 уровня защелкивания, «вилки» GPPO — 2 уровня. Резьбовые «вилки» изготавливают либо с центральным проводником и фторопластовым изолятором, либо в виде сочетания shroud с металлостеклянным СВЧ-вводом. Максимальный КСВН резьбовых «вилкок» обоих типов — 1,35 в диапазоне частот до 40 ГГц. Для вкручивания «вилки» в корпус изделия на торцевой поверхности shroud сделана прорез для инструмента.

#### «Вилки» для установки в отверстия печатной платы

В настоящее время созданы все необходимые компоненты для монтажа непосредственно на печатные платы, в том числе и соединители «вилки», монтируемые низкотемпературной пайкой в металлостеклянные отверстия в платах (рис. 5е, ж).

Переход с коаксиальной на микрополосковую линию из-за различия в структурах этих линий и используемых материалах является серьезной проблемой при применении соединителей для монтажа в отверстия платы. В связи с этим соединители имеют ограниченный

рабочий частотный диапазон и более высокий уровень КСВН. Для обеспечения контролируемого импеданса такого перехода необходимо в каждом конкретном случае рассчитывать и создавать на печатной плате систему металлостеклянных контактных площадок в области установки соединителя (footprint).

Corning Gilbert выпускает большую номенклатуру прямых (PCB mount) и угловых (right angle PCB mount) «вилкок»:

- GPO — 26 прямых и 8 угловых с полным и ограниченным защелкиванием и скользящим соединением;
- GPPO — 16 прямых и 4 угловых с полным защелкиванием и скользящим соединением;
- G3PO — 2 прямые.

#### «Вилки» для поверхностного монтажа на печатную плату

Эти соединители (SMT mount) были специально разработаны под требования технологии поверхностного монтажа. Соединитель монтируют низкотемпературной пайкой на полосок и контактные площадки микрополосковой или копланарной линии (footprint). В случае копланарной линии не всегда необходимы сквозные металлостеклянные отверстия в печатной плате.

Соединители для поверхностного монтажа обеспечивают высокую плотность компоновки, высокую производительность сборки, снижение стоимости изделий и имеют преимущества по сравнению с соединителями для монтажа в отверстия. Достижение оптимальных параметров затруднено вследствие неконтролируемого импеданса перехода с коаксиальной на микрополосковую или копланарную линию, недостаточного электромагнитного экранирования и ряда других причин. КСВН соединителей Corning Gilbert не превышает 1,3 в диапазоне частот до 20 ГГц. Следует особо подчеркнуть, что высокий уровень параметров обеспечивается только при оптимальной конструкции footprint. Расчет этой области производится по специальным программам на основе граничного элементного анализа.

«Вилки» для поверхностного монтажа (рис. 5з, и) Corning Gilbert выпускает в вариантах полное и ограниченное защелкивание и скользящее соединение:

- GPO — 13 наименований;
- GPPO — 16 наименований, в том числе 8 — прямых, 2 — угловых, 4 — для микрополосковой линии и 2 — для копланарной линии;
- G3PO — 1 модификация (скользящее соединение).

Корпус «вилки» изготавливают из латуни, центральный проводник — из латуни или бериллиевой бронзы. В качестве диэлектрика используют фторопласт, торлон (полиимидный материал) и другие материалы. Все металлические детали покрывают золотом по подслою никеля.

#### «Вилки», устанавливаемые на концах печатной платы

Как следует из названия этих соединителей (Edge mount, концевые «вилки»), их устанавливают низкотемпературной пайкой на концах микрополосковых линий. Концевые «вилки» (рис. 5к) имеют лучшие параметры согласования, чем стандартные коаксиально-микрополосковые переходы, перпендикулярные микрополосковой линии. Концевые вилки эффективно применяют в микрополосковых устройствах СВЧ, использующих тонкие (толщиной до 0,2 мм) диэлектрические подложки печатных плат.

Фирмой Corning Gilbert разработаны прямые и угловые «вилки» с полным защелкиванием и скользящим соединением. Предпочтительнее угловая конструкция «вилки», так как она обеспечивает параллельность коаксиальной линии соединителя и микрополосковой линии на плате.

Corning Gilbert выпускает следующие типы концевых «вилкок»:

- GPO — 15 наименований;
- GPPO — 12 наименований (полное защелкивание и скользящее соединение) с КСВН менее 1,25 на частотах до 26,5 ГГц;
- G3PO — 2 наименования (полное защелкивание и скользящее соединение) с КСВН менее 1,2 на частотах до 40 ГГц.

#### Кабельные соединители «розетка»

Кабельные соединители, прямые и угловые, выполнены в основном в варианте «розетка» (рис. 8). Они предназначены для работы с миниатюрным полужестким кабелем 0,086" (RG-405), 0,047" и 0,058" Flex. Соединители GPO могут применяться также и в сочетании с гибким кабелем RG-178, 196 и 316. Для соединителей G3PO применяют полужесткий кабель 0,047", а также 0,058" Flex. Подготовленный к установке кабель заводят в соединитель и припаивают его центральный проводник к гнездовому контакту, а наружный проводник — к корпусу соединителя. Для удобства монтажа кабеля в задней стенке углового соединителя предусмотрено отверстие. После пайки его закрывают металлической крышечкой.

В случае прямого соединителя гнездовой контакт поставляется отдельно, к нему припаивают центральный проводник кабеля и затем сборку монтируют в корпус соединителя. Прямые соединители для полужест-



Рис. 8. Кабельные соединители: а, б) прямой; в) угловой

кого кабеля имеют низкий максимальный уровень КСВН:

- GPO — 1,1 на частотах до 26,5 ГГц;
- GPPO — 1,1 на частотах до 26,5 ГГц и 1,2 — до 40 ГГц;
- G3PO — 1,1 на частотах до 26,5 ГГц и 1,25 — до 65 ГГц.

На корпусе «розетки» могут быть установлены антиударное кольцо (anti — rock ring) и кольцо из резины, поглощающей СВЧ (EMI — ring). При нажатии на антиударное кольцо экстрактором происходит сжатие стыкуемой части «розетки», и ее можно извлечь из «вилки». Оно также предохраняет соединитель от неправильных действий оператора. Применение кольца из поглощающей резины улучшает электромагнитное экранирование соединителя.

Корпус и гнездовой контакт «розетки» изготавливают из бериллиевой бронзы, упрочненной термической обработкой, антиударное кольцо — из латуни или бериллиевой бронзы, а изолятор — из фторопласта. Металлические детали соединителя покрывают слоем золота толщиной 1–2 мкм по подслою никеля.

Фирма Corning Gilbert выпускает широкую номенклатуру кабельных соединителей различного конструктивного исполнения: GPO — 59, GPPO — 23 и G3PO — 5 наименований.

## Адаптеры

Разработаны и выпускаются большое число одноканальных (in-series adaptors) и межканальных (between series adaptors) адаптеров. Одноканальные адаптеры «GPO–GPO», «GPPO–GPPO» и «G3PO–G3PO» получили название «blindmate interconnect» или «bullet» (дословно — «пуля») (рис. 9). Эти миниатюрные адаптеры (вес — менее 0,1 г) имеют низкий уровень КСВН: «GPO–GPO» — 1,15 до 26,5 ГГц, «GPPO–GPPO» — 1,15 до 40 ГГц и «G3PO–G3PO» — 1,25 до 65 ГГц. Их основное назначение — гибкая связь между печат-



Рис. 9. Одноканальные адаптеры «розетка–розетка»: а) G3PO–G3PO на 10-центовой монете; б) GPO–GPO

Таблица 5. Адаптеры фирмы Corning Gilbert

Тип соединителя	GPO «вилка»	GPO «розетка»	GPPO «вилка»	GPPO «розетка»	G3PO «вилка»	G3PO «розетка»
1,85-мм «вилка»	+	+	+	+	+	+
1,85-мм «розетка»	+	+	+	+	+	+
2,4-мм «вилка»	+	+	+	+	+	+
2,4-мм «розетка»	+	+	+	+	+	+
2,92-мм «вилка»	+	+	+	+	+	+
2,92-мм «розетка»	+	+	+	+	+	+
SMA «вилка»	+	+	+	+	+	+
SMA «розетка»	+	+	–	+	–	–
GPO «вилка»	+	–	+	+	+	+
GPO «розетка»	+	+	–	–	–	–
GPPO «вилка»	–	–	+	–	–	–
GPPO «розетка»	–	–	–	+	–	–
G3PO «розетка»	–	–	–	–	–	+

Примечание: + и – означают соответственно наличие или отсутствие данного типа адаптера.

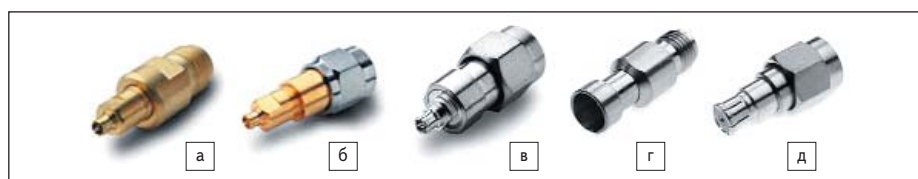


Рис. 10. Межканальные адаптеры Corning Gilbert

ными платами, на которых установлены соединители «вилка».

Межканальные адаптеры разработаны для сочетания с соединителями SMA, 2,92-мм, 2,4-мм, 1,85-мм (табл. 5, рис. 10). Они необходимы для соединения со стандартными разъемами радиоизмерительной аппаратуры (векторные измерители КСВН и ослабления, анализаторы спектра и др.), а также для стыковки модулей СВЧ с разными разъемами.

## Кабельные сборки

Фирма Corning Gilbert выпускает не только широкую номенклатуру кабельных соединителей, но и многочисленные кабельные сборки на их основе:

- соединителей GPO с полужестким кабелем 0,086", Storm Products 120 и 421-720, а также с гибким кабелем RG -178,316 для работы в диапазоне частот до 26,5 ГГц;
- соединителей GPPO с полужестким кабелем 0,086", 0,047" и Storm Products 421-721 для работы на частотах до 65 ГГц;
- соединителей G3PO с полужестким кабелем 0,047" и кабелем 0,058" Flex на частоты до 65 ГГц.

## Параметры соединителей

Основные электрические и механические параметры приборных соединителей Corning Gilbert представлены в таблице 6.

Допустимая средняя пропускаемая мощность для соединителей Corning Gilbert в зависимости от частоты представлена на рис. 11.

Приведенные данные получены при условии: давление окружающей среды взято на

уровне моря, температура равна 20 °С. При других значениях температуры и давления необходимо вводить поправочные коэффициенты. При повышении температуры выше 20 °С и понижении давления допустимая мощность уменьшается.

Качество соединителей Corning Gilbert гарантируется высоким уровнем производства и системой контроля (в соответствии с MIL-PRF-39012) их конструкции и внешнего вида, герметичности, усилия и количества соединений и разъединений, КСВН, сопротивления изоляции, напряжения пробоя и некоторых других параметров. Периодические испытания соединителей на воздействие механических и климатических факторов проводятся согласно стандарту MIL-STD-202.

## Применение соединителей

Возросший интерес производителей изделий микроэлектроники СВЧ к соединителям Corning Gilbert обусловлен тремя факторами: миниатюрность, возможность быстрого соединения и высокий уровень параметров в диапазоне частот до 40 и 65 ГГц. Соединители GPPO приблизительно на 30% меньше соединителей GPO, в свою очередь соединители G3PO на 30% миниатюрнее GPPO.

Основное применение соединителей всех типов — межплатные соединения в современных модульных конструкциях изделий СВЧ с высокой плотностью монтажа. В этом случае на одной из плат устанавливаются соединитель «вилка» с полным или ограниченным защелкиванием, а на другой — «вилку» со скользящим соединением. Соединение «вилка» производят при помощи адаптера «ро-

Таблица 6. Параметры приборных соединителей Corning Gilbert

Параметр	Тип соединителя		
	GPO	GPPO	G3PO
<b>Электрические параметры</b>			
Волновое сопротивление, Ом	50		
Рабочий диапазон частот, ГГц	0–40	0–65	0–100
Максимальный КСВН (в диапазоне частот, ГГц)	1,15 (0–26,5) 1,5 (26,5–40)	1,1 (0–26,5) 1,3 (26,5–40)	1,1 (0–26,5) 1,25 (26,5–40)
Прямые потери СВЧ, дБ, на частотах $f$ , ГГц	$0,1 \sqrt{f}$		
Экранное затухание, дБ, для пары соединителей с полным защелкиванием (на частотах, ГГц)	–80 (до 3) –65 (3–25)	–80 (до 3) –65 (3–25)	–80 (до 3) –65 (3–26,5)
Минимальное сопротивление изоляции, МОм	5000		
Напряжение пробоя, В (на уровне моря)	500	325	250
Сопротивление проводников, Ом:			
внутреннее	$6 \cdot 10^{-3}$		
наружное	$2 \cdot 10^{-3}$		
Рабочий диапазон температур, °С	–65...+165		
<b>Механические параметры</b>			
Гарантированное количество циклов соединение – рассоединение, усилие соединения, усилие рассоединения	Указаны в таблице 1		
Усилие удержания внутренних проводников, Н (не менее)	6,7	6,7	3,4
Допустимое смещение пары соединителей: аксиальное, радиальное	Указаны в таблице 2		

Предельная частота соединителей G3PO приведена для адаптера «розетка–розетка»

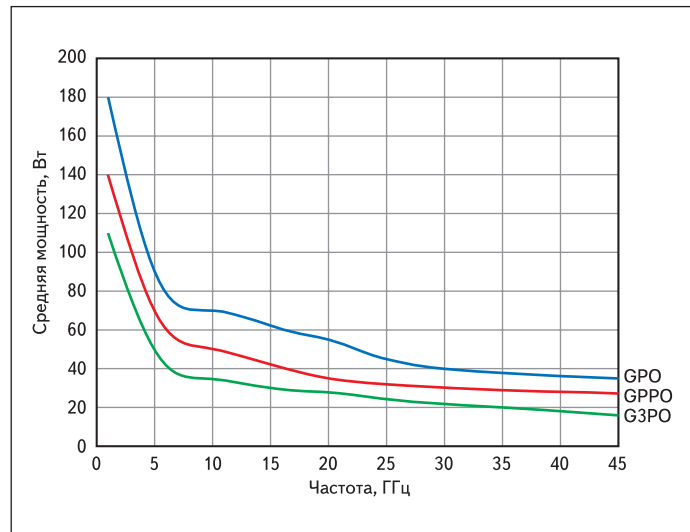


Рис. 11. Средняя допустимая мощность соединителей в зависимости от частоты

зетка–розетка» («blindmate interconnect»). При рассоединении плат адаптер остается на плате с «вилкой» с защелкиванием. Расстояние между платами может быть разным в зависимости от длины примененного адаптера. Благодаря скользящему соединению обеспечиваются приемлемый уровень параметров, многократность и надежность соединения плат даже при значительном аксиальном и радиальном смещении пары соединителей.

Второе важное применение соединителей — многофункциональные модули СВЧ с высокой плотностью компоновки. В таких модулях нет возможности разместить стандартные резьбовые соединители. Благодаря жесткой конструкции соединители с полным защелкиванием сохраняют свои параметры при работе в условиях вибраций и ударных нагрузок. Поэтому они нашли применение в модулях СВЧ аэронавигационного и аэрокосмического назначения, в активных фазированных решетках, радарх и других изделиях специального назначения. В качестве примера на рис. 12 показаны многовыводные блоки (сборки) соединителей GPPO (Multi-position Block) для изделий с плотной компоновкой компонентов. Выпускаются 4-, 6- и 8-выводные сборки. Расстояние между центрами соединителей — всего 3,6 мм. 6-позиционная сборка весит 2,4 г. Сборки работают на частотах до 65 ГГц, при этом КСВН равен 1,1 в диапазоне частот до 26,5 ГГц и 1,3 на частотах до 50 ГГц.



Рис. 12. Многовыводные сборки соединителей GPPO

## Заключение

Применение соединителей Corning Gilbert открывает новые возможности для совершенствования изделий микроэлектроники СВЧ: расширение частотного диапазона, увеличение плотности компоновки и дальнейшая миниатюризация, повышение производительности монтажа и снижение стоимости, повышение воспроизводимости параметров и надежности изделий. ■

Авторы благодарят А. Н. Турикова за помощь в подготовке статьи к печати.

## Литература

1. Джуринский К. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. М.: Техносфера, 2006.
2. Джуринский К., Чебунин М. Соединители SMP. Новые возможности для микроэлектроники СВЧ // Компоненты и технология. 2008. № 1.