

Рекомендации по применению соединителей типа SMA для печатных плат

Амитрон Электроникс

Москва

Июль 2024г.



Данный документ носит рекомендательный характер и создан в целях демонстрации способов применения краевых и вертикальных соединителей типа SMA (и аналогичных им типа IX var.1), производимых и поставляемых ООО «Амитрон Электроникс». С некоей долей эти рекомендации применительны к аналогичным соединителям других производителей.

Структурно документ разделён на несколько частей: общие рекомендации, примеры работы вертикальных и краевых соединителей в базовом варианте и с небольшими изменениями.

Читателям-потенциальным пользователям соединителей следует понимать, что работа коаксиально-полоскового перехода (КПП) в большей степени зависит от топологии платы, чем от внутренней структуры соединителя. А указанное значение частоты и КСВ относится не к самому соединителю, а к итоговому переходу. Амитрон Электроникс в свою очередь поставляет качественные соединители, выполненные по международным стандартам и отечественным ГОСТам.

Если у вас возникнут вопросы – пишите нам!

Оглавление

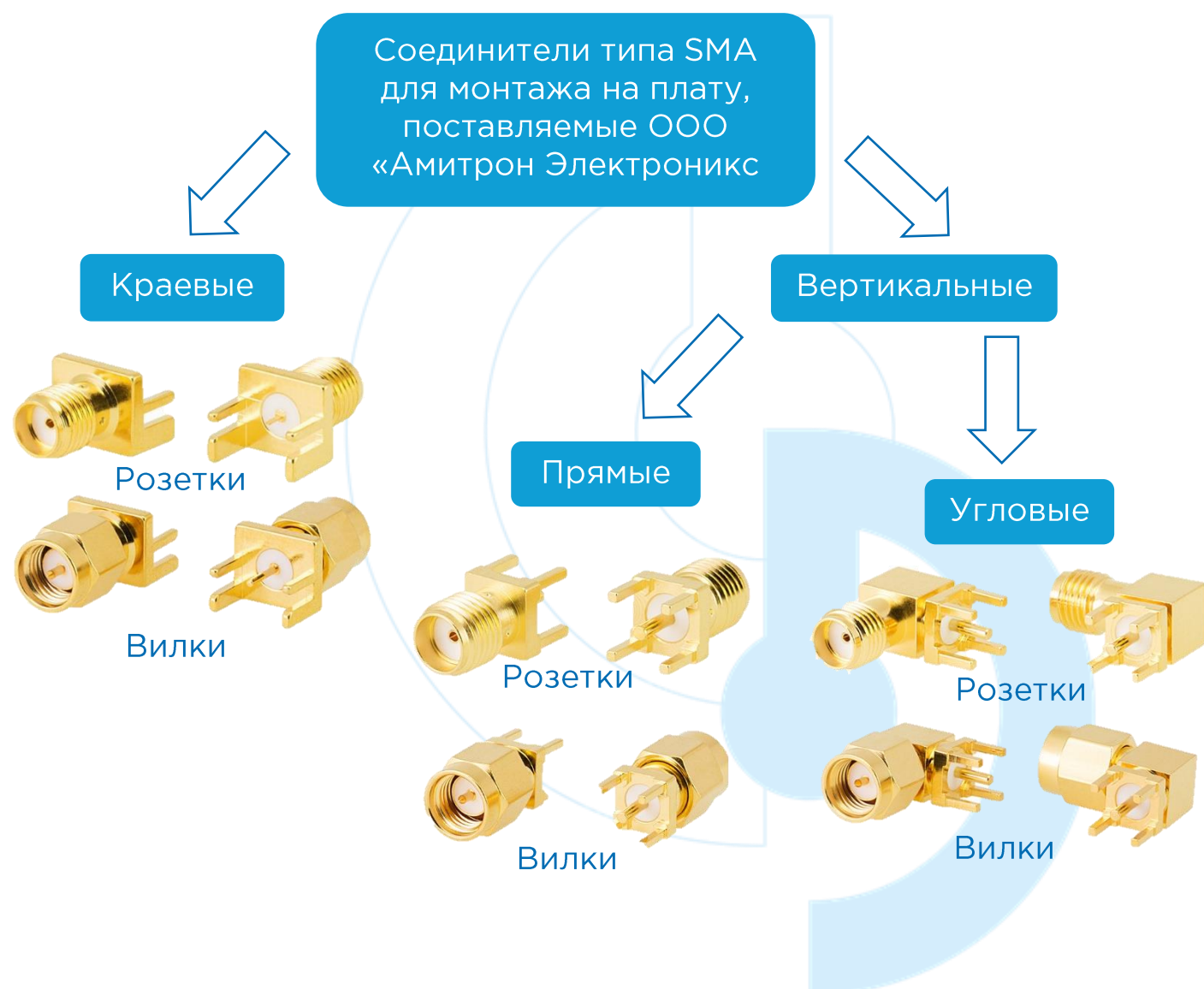
Общие рекомендации	4
Варианты конструкции.....	4
Типы печатных линий передач.....	5
Выбор соединителя в зависимости от выбранного типа линии.....	5
Общие рекомендации по монтажу.....	7
S-параметры некоторых соединителей на платах.....	8
Краевые соединители	8
SMA-РПМП-Х-1-077	8
SMA-КНDC80XX	13
SMA-КНС19а	15
SMA-КНD9.....	17
SMA-КНDC	19
SMA-ЖНС5а	22
Выводы по подразделу	24
Вертикальные соединители.....	25
SMA-РПМП-Х-1-055.....	25
SMA-РПМП-Х-1-337.....	30
SMA-КНD	32
SMA-КWHD.....	36
SMA-РПМУ-Х-1-341	37
SMA-РПМУ-Х-1-076.....	38
Выводы по подразделу	43

Общие рекомендации

В данном разделе описаны основные типы соединителей, устанавливаемых на плату, даны общие рекомендации по дизайну топологии печатной платы, а также рекомендации по монтажу.

Варианты конструкции

Соединители такого типа делятся на краевые и вертикальные. По типу монтажа вертикальные делятся на *through hole* (монтируемые в отверстия в плате) и поверхностного монтажа. Краевые соединители обычно имеют ножки, которые ложатся на печатную плату. Дополнительно бывают нестандартные типы (в каталоге ООО «Амитрон Электроникс» не представлены). По направлению вывода интерфейса вертикальные делятся на прямые и угловые



Типы печатных линий передач

Современные СВЧ-устройства в основном создаются на основе печатных плат. Печатные линии передачи (ЛП) бывают: микрополосковые, копланарные, симметричные, щелевые и др. Наиболее часто используются микрополосковые ЛП и копланарные линии передачи с экранами на обеих сторонах платы и металлизированными отверстиями (рис.1).

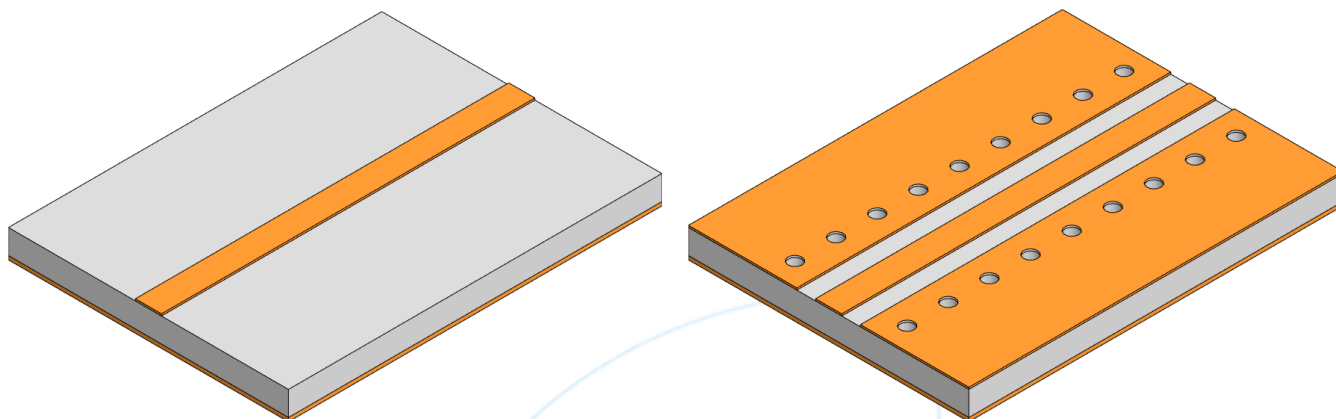


Рис 1. Микрополосковая (слева) и Копланарная (справа) линии передачи

При проектировании СВЧ устройств рекомендуется использовать специальную СВЧ подложку в качестве диэлектрика-основы печатной платы. Такие материалы обладают стабильной диэлектрической проницаемостью и низким значением тангенса угла диэлектрических потерь.

Выбор соединителя

Чаще всего выбор в пользу краевого или вертикального соединителя обусловлен конструкцией разрабатываемого устройства. В разнообразии краевых соединителей следует выбирать соединитель, зев которого подходит под толщину печатной платы. Большинство соединителей имеют стандартный размер зева 1,73 мм (на плату толщиной 1,5 мм). Более тонкие платы можно использовать совместно с металлическими пластинами-подложками, что увеличивает толщину платы, а также, что очень важно, препятствует изгибу платы во время использования. В ассортименте компании представлены соединители для плат толщиной от 0,5 мм до 3,5 мм.

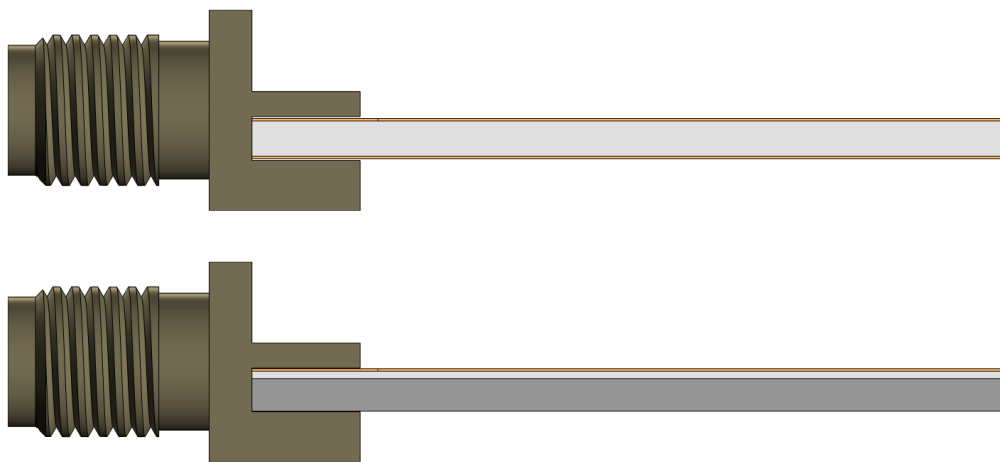


Рис 2. Краевой соединитель типа SMA со стандартным размером зева 1,73 мм с платой подходящей толщины (сверху) и с тонкой платой, дополненной металлической пластиной (снизу)

Краевые соединители имеют различные типы контакта, который ложится на печатную плату. Стандартный диаметр центрального контакта для интерфейса SMA – 1,27 мм. Также в ассортименте компании представлены варианты соединителей с более тонким штырём (до 0,5 мм). И специальные варианты с сечением в виде прямоугольника.

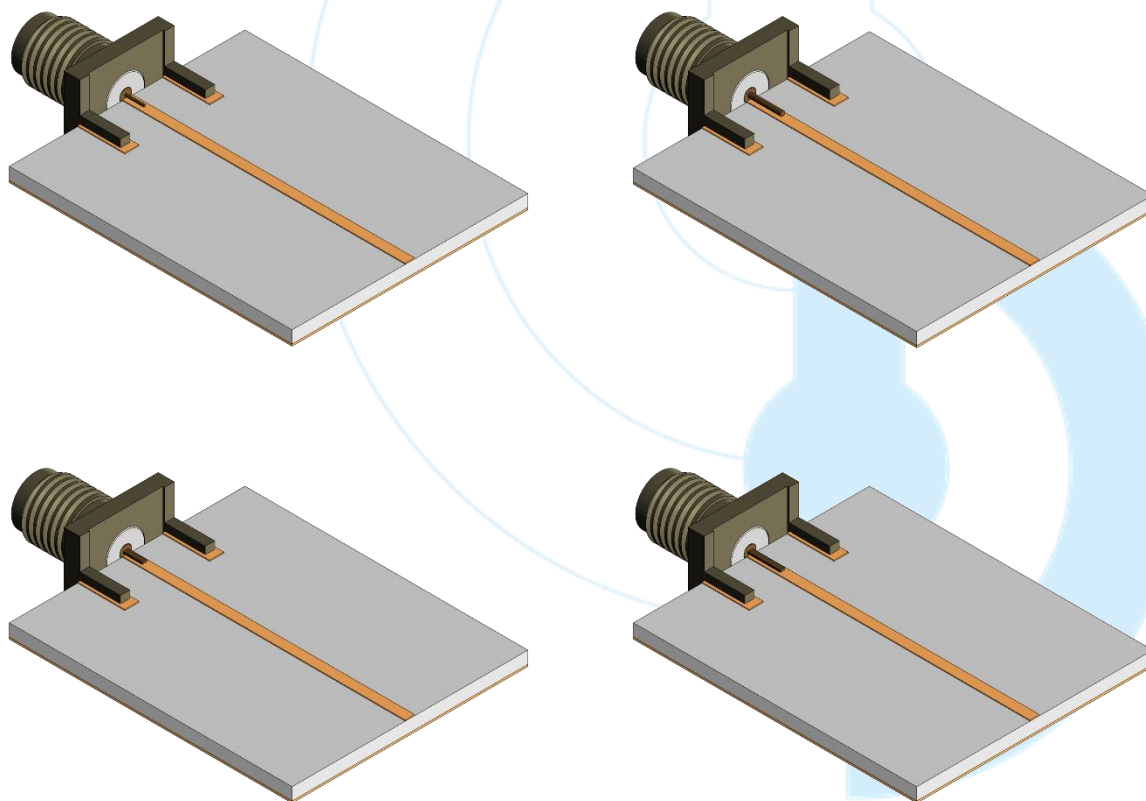


Рис 3. Разные типы центральных штырей у краевых соединителей

Конфигурацию штыря рекомендуется выбирать исходя из ширины 50-омной линии на выбранном материале. При большой разнице возникнет неоднородность, которая приведёт к увеличению уровня КСВ. При необходимости использования совместно узкого контакта на относительно толстой подложке можно а) сделать локальное обужение полоска *taper* или б) использовать копланарную линию передачи и подобрать её параметры так, чтобы центральный проводник ЛП был примерно равен по ширине диаметру контакта или ширине прямоугольника в случае, если центральный штырь оканчивается плоской частью.

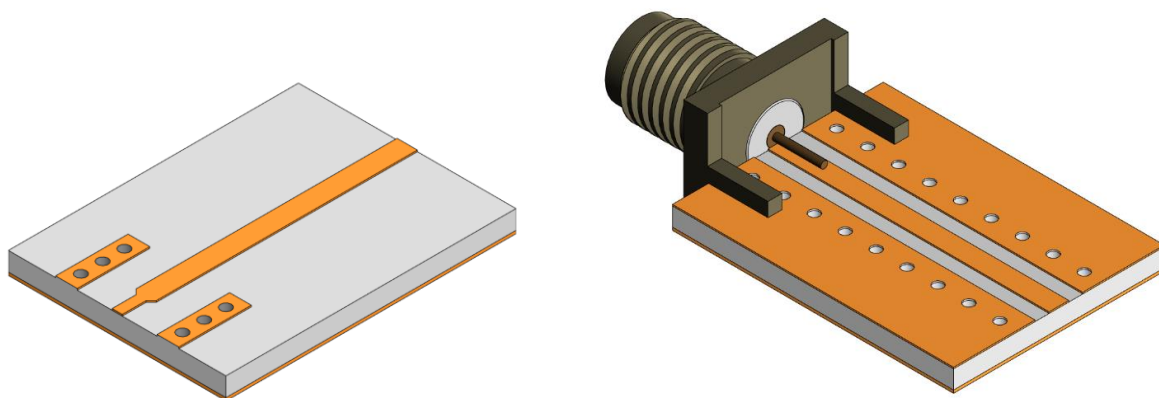


Рис 4. Локальное обужение микрополосковой линии (слева) и копланарная линия передачи (справа)

Общие рекомендации по монтажу

Работа КПП во многом также зависит от качества монтажа. Рекомендуется избегать так называемой «холодной пайки», поверхность припоя должна быть гладкая и ровная. Следует избегать излишков припоя. Соединитель должен плотно прилегать к плате, не должно быть щелей между платой и краевым соединителем и между платой и специальными уступами на ножках вертикального соединителя (рис 5).

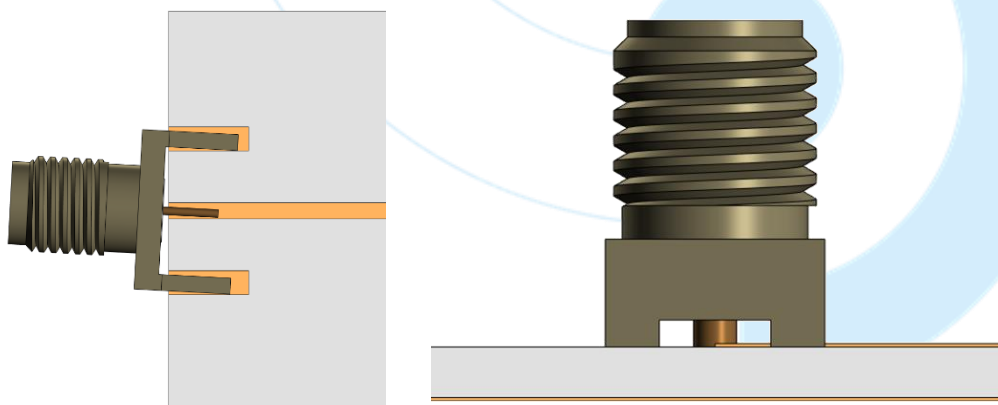


Рис 5. Рекомендуется не допускать щелей между соединителем и платой



S-параметры некоторых соединителей на платах

В данном разделе представлены результаты измерений соединителей ООО «Амитрон Электроникс» на печатных платах с микрополосковыми и копланарными типами линий. Подложка – Rogers 4003 толщиной 0,508 мм, финишное покрытие – иммерсионное золото. Все платы имеют длину 64 мм.

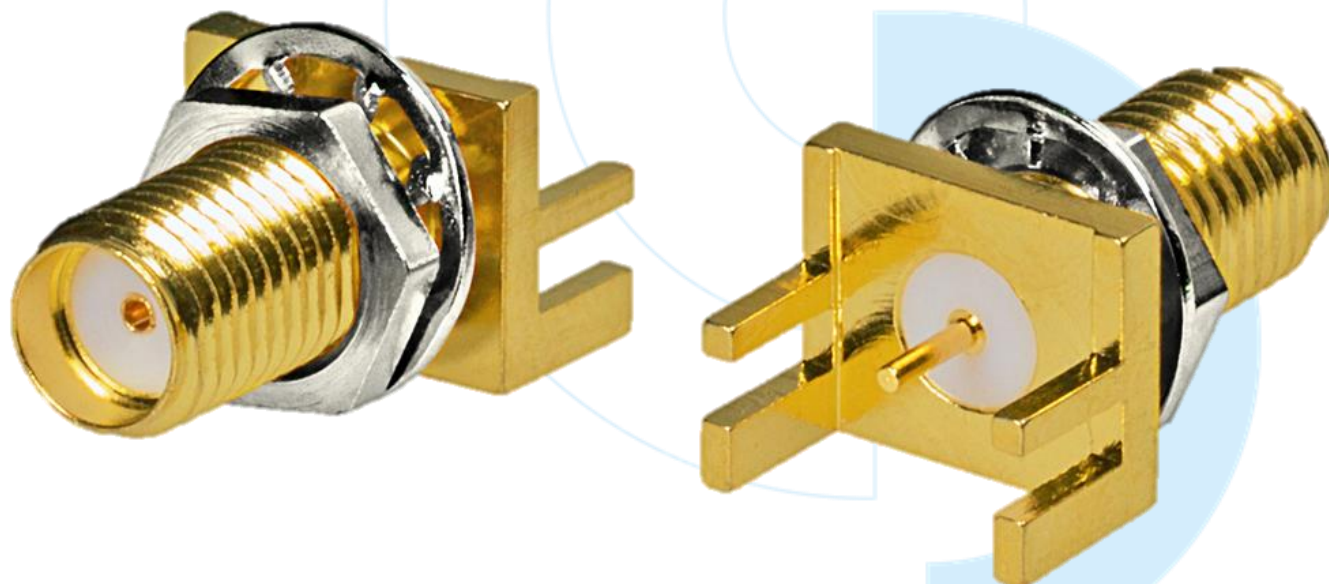
Структурно раздел поделён на две части: краевые соединители и вертикальные соединители. Каждый соединитель протестирован на нескольких типах плат. У каждой линии есть номер, данные S-параметров представлены в виде двух графиков – КСВ (сверху) и потери в дБ (снизу). Каждая пара графиков подписана номером соответствующей платы.

Примечания:

- все графики приведены «как есть», без математических преобразований
- диапазон в данных рекомендациях обычно оценивается по уровню КСВ 1,3 при условии отсутствия неравномерностей на графике потерь
- разные группы графиков часто имеют разный диапазон частот

Краевые соединители

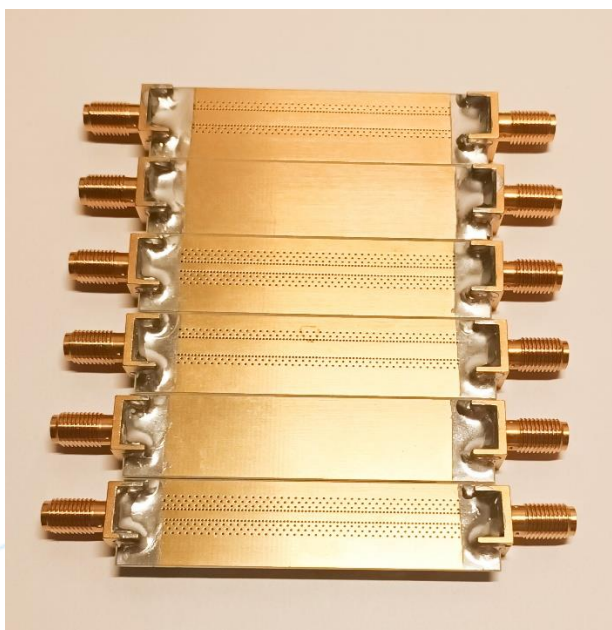
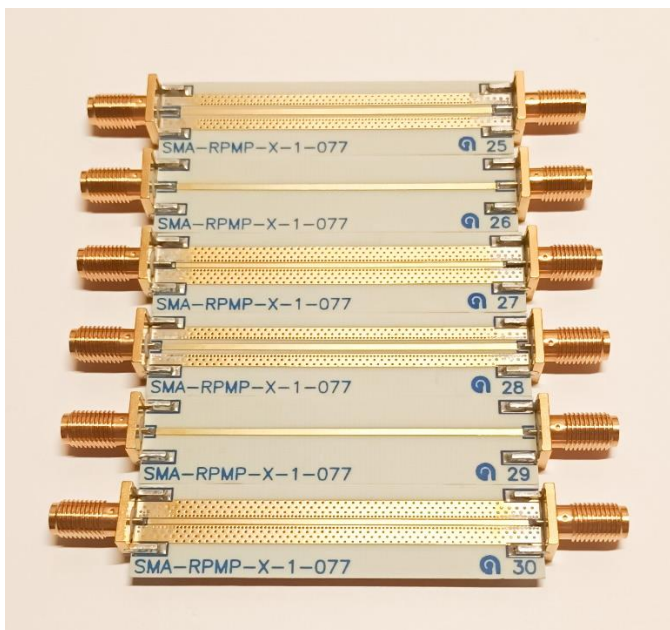
SMA-РМП-Х-1-077



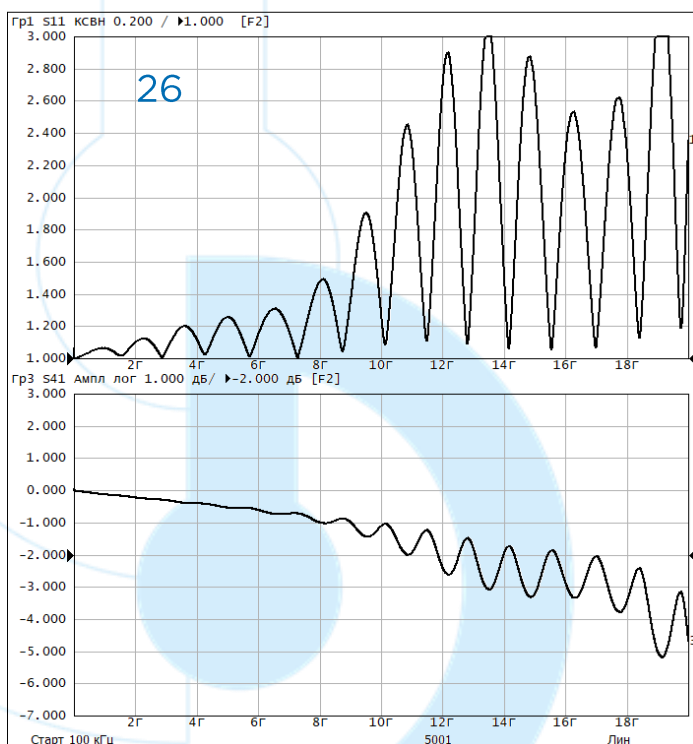
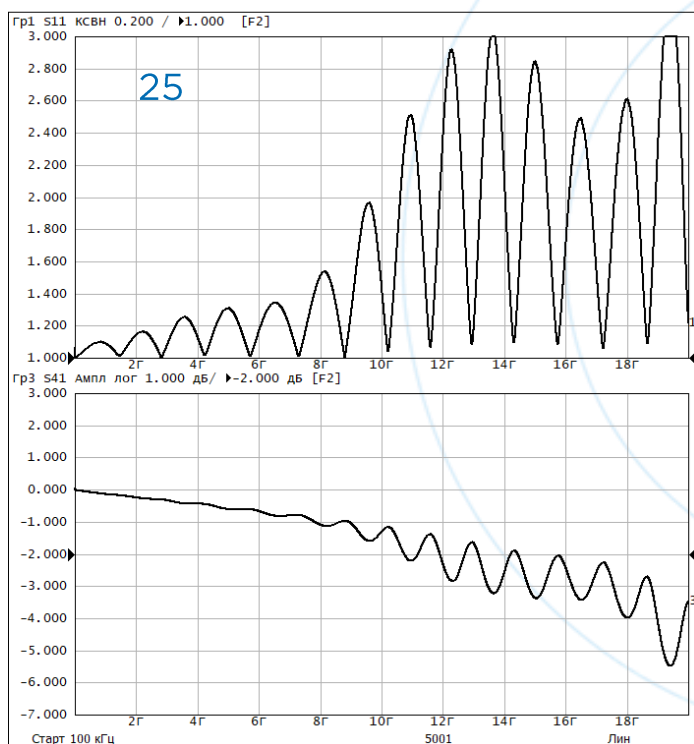
Штырь у данного соединителя имеет длину 2,6 мм и диаметр 0,5 мм.

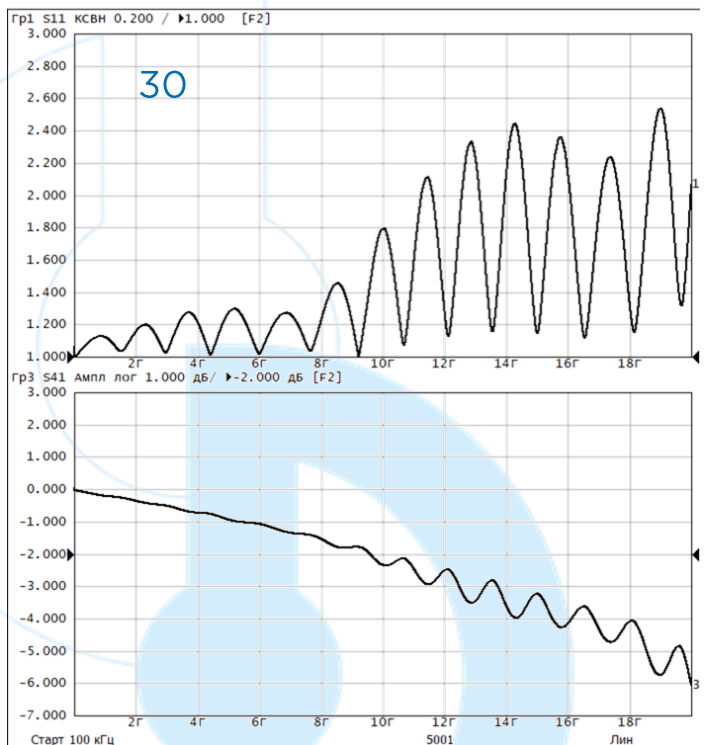
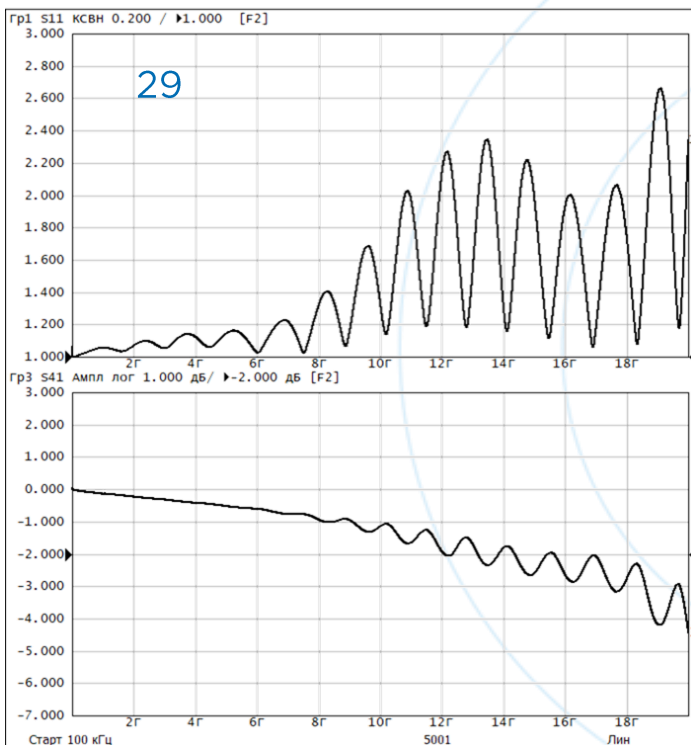
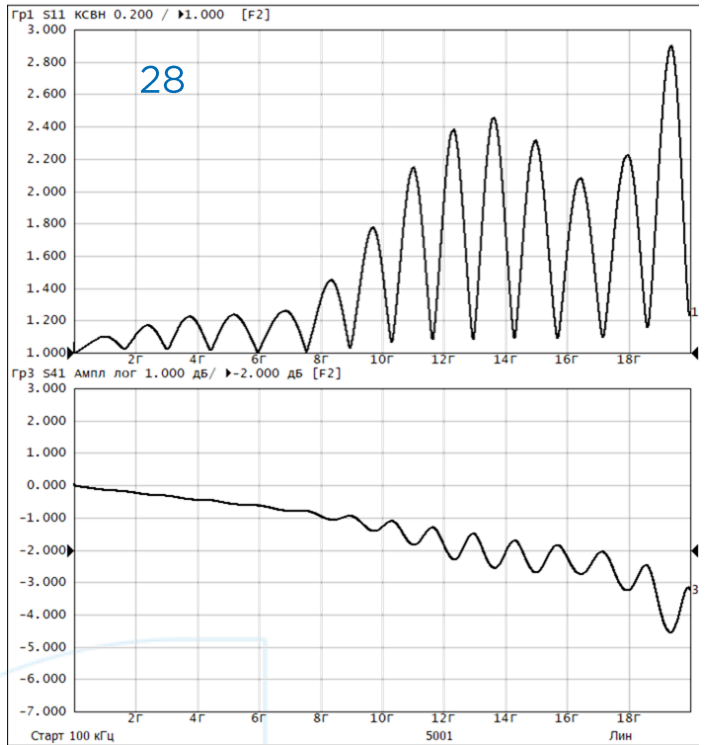
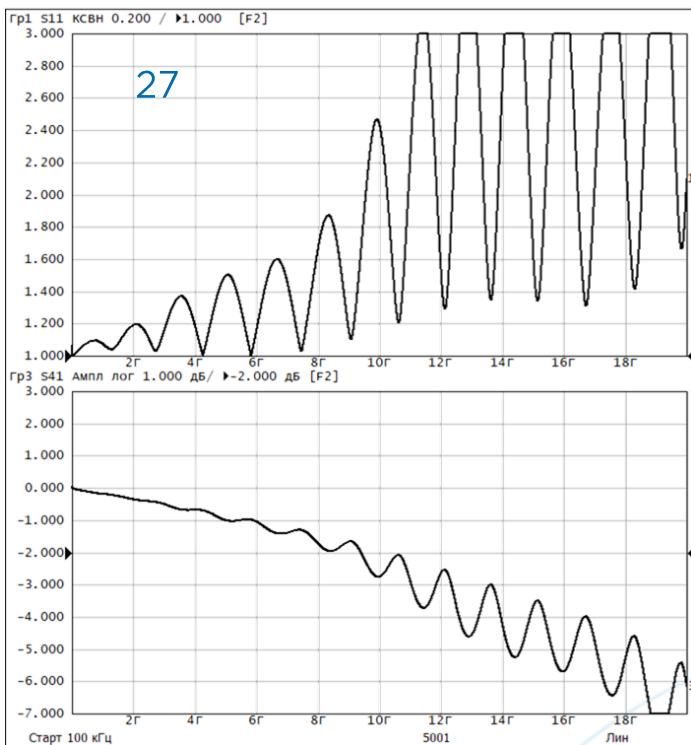
Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 6 плат с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями

ширины центрального проводника и зазора до экранов. Три верхние платы на фото - с соединителем «как есть». Три нижние платы - с укороченным центральным штырём.



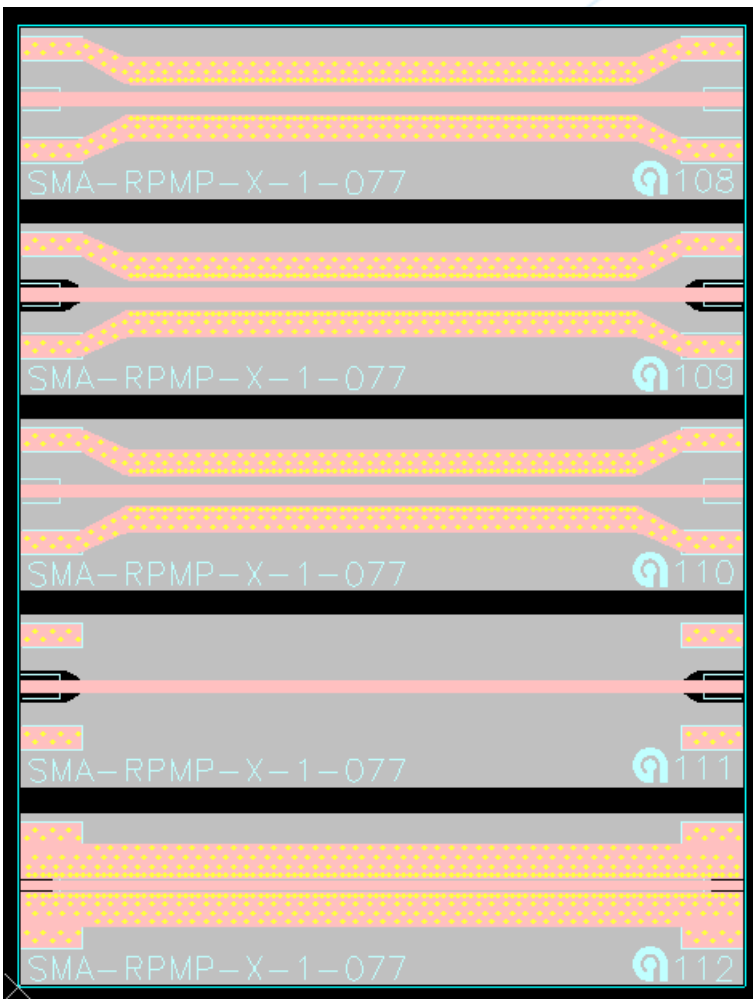
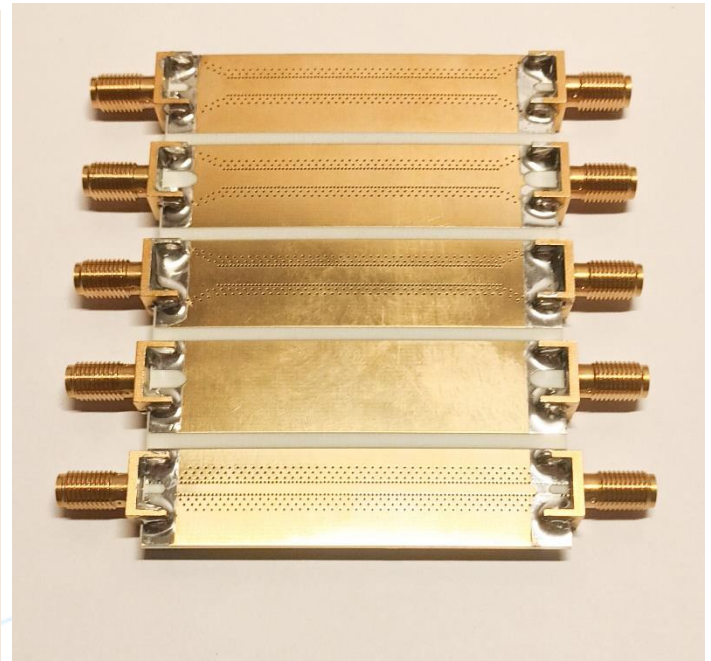
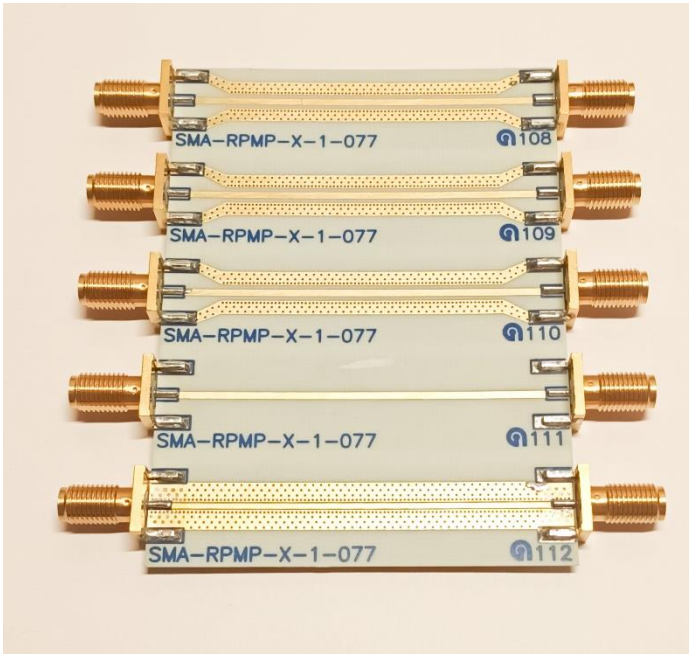
Результаты измерений представлены ниже:





Выводы: платы с укороченным штырём работают немного лучше (ниже уровень КСВ и чуть шире диапазон рабочих частот). Рабочий диапазон до 8 ГГц.

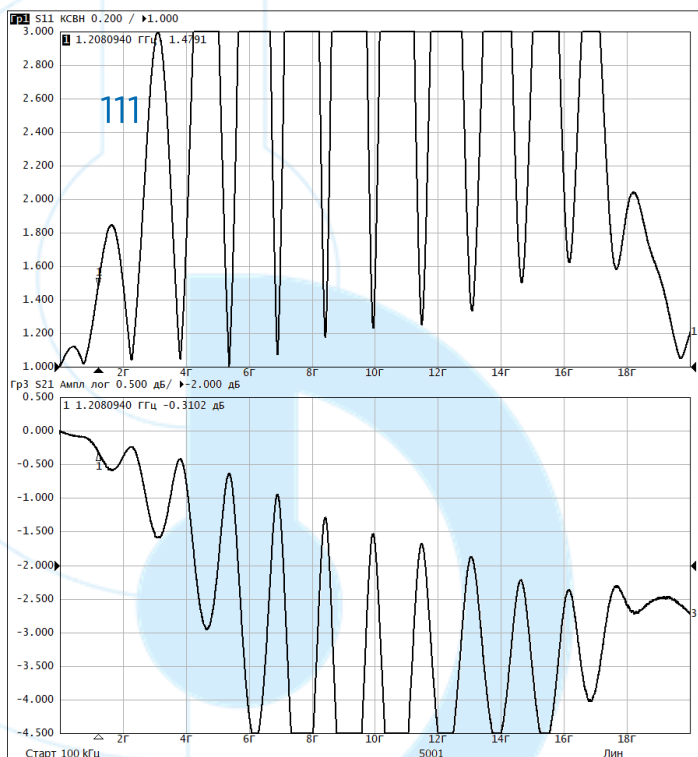
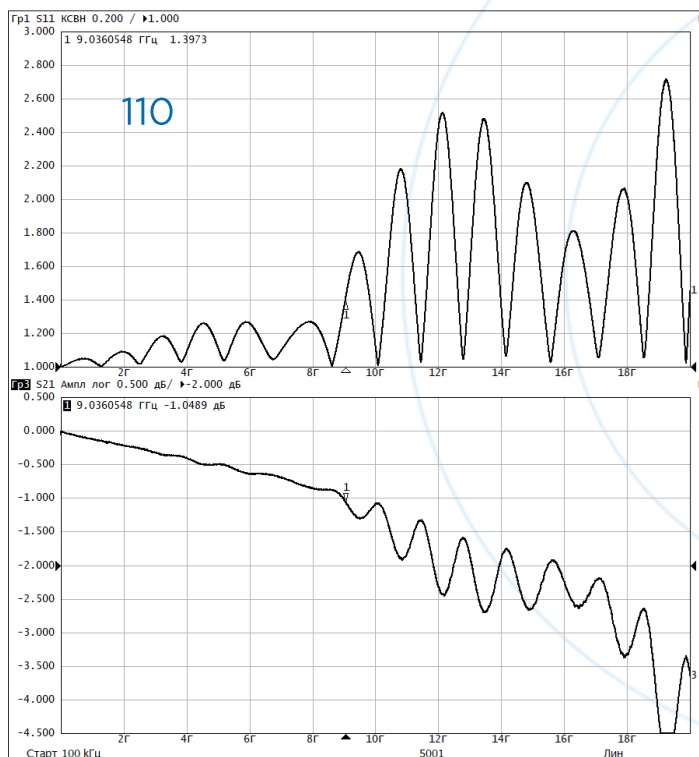
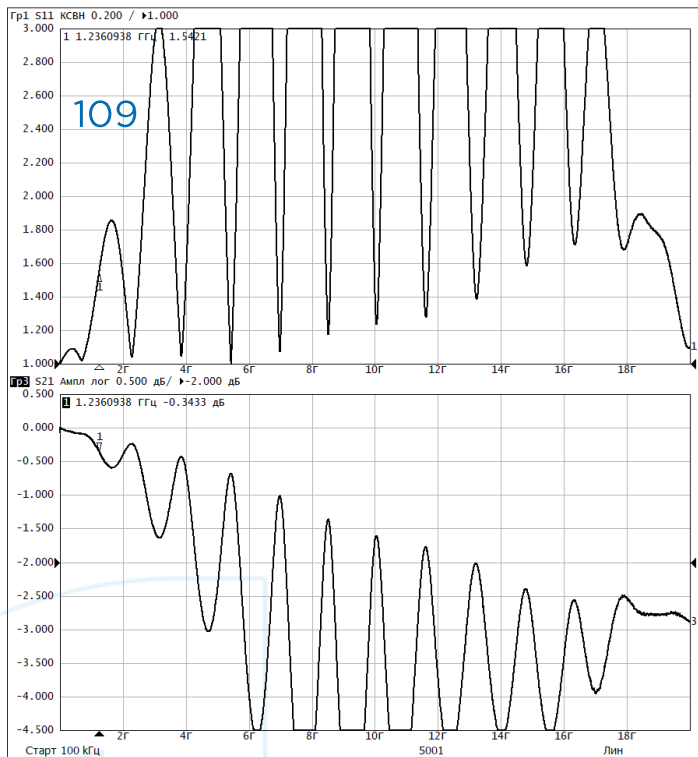
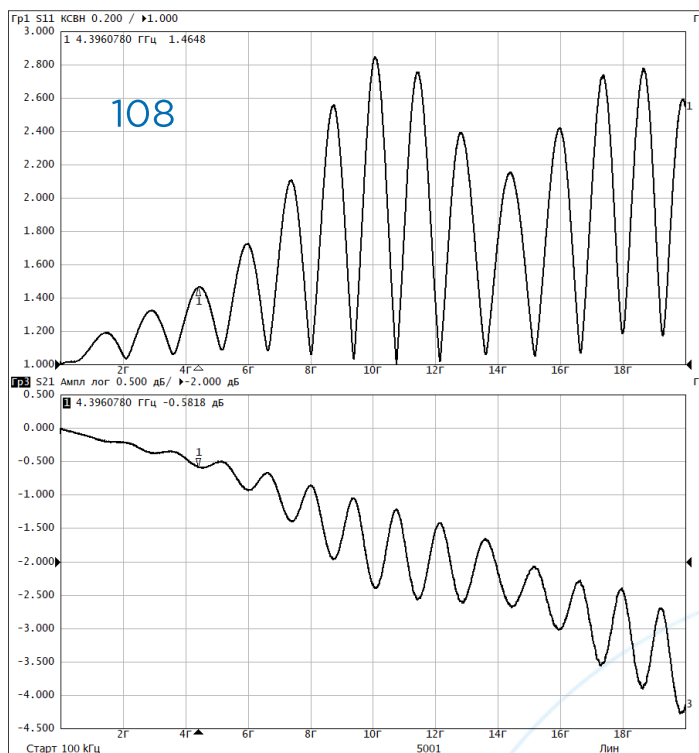
Дополнительные примеры с нестандартной топологией плат:

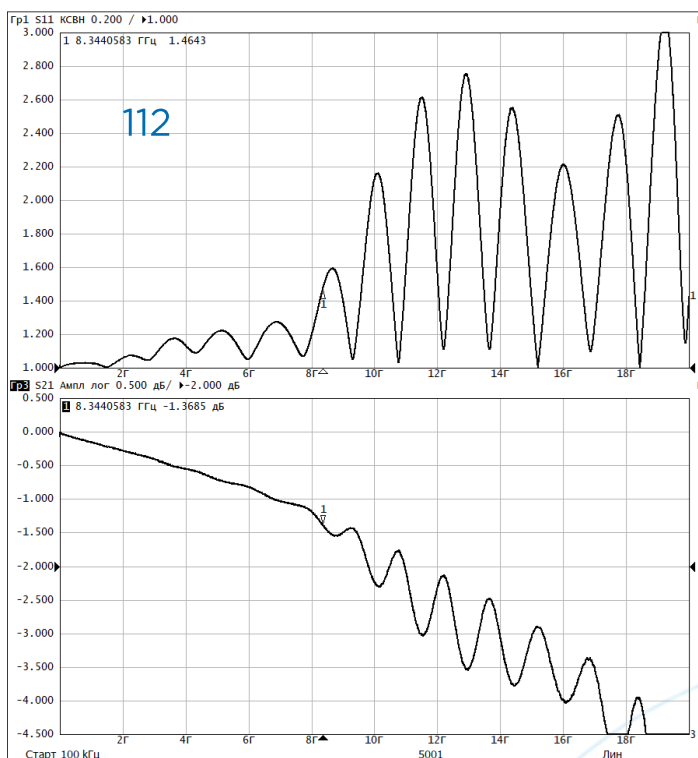


108..110 – платы со слабосвязанной копланарной линией, которая расширяется к краю, в месте посадочного места соединителя. На платах 108 и 109 дополнительно есть *defected ground structure (DGS)* в виде полуовала в месте центрального штыря. Существуют исследования, что такая структура может улучшить согласование и переход между коаксиальной линией передачи и плоской (печатной ЛП) реализуется лучше.

Такие же структуры с нижней стороны плат реализованы в платах 111 (микрополосковая ЛП) и 112 (сильносвязанная копланарная ЛП).

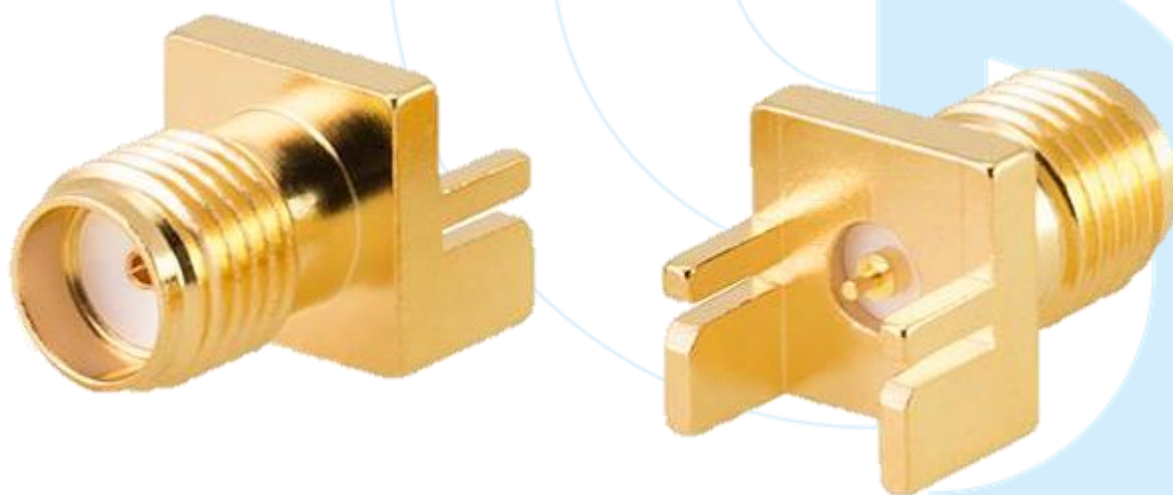
Результаты измерений представлены ниже:





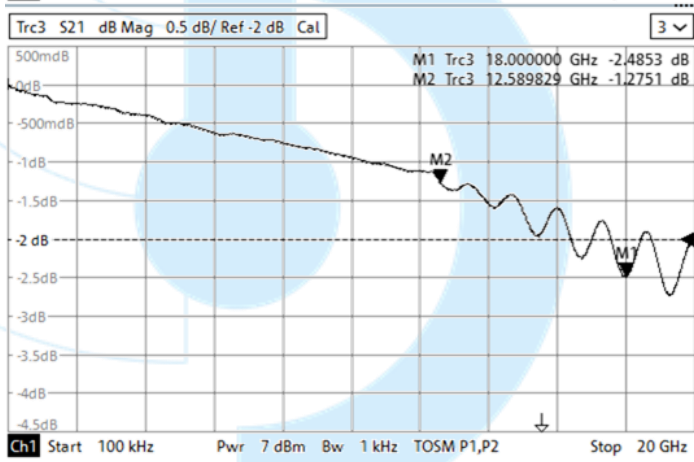
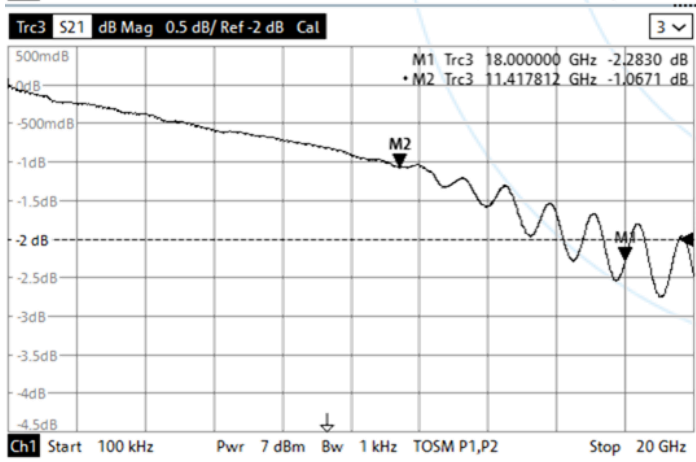
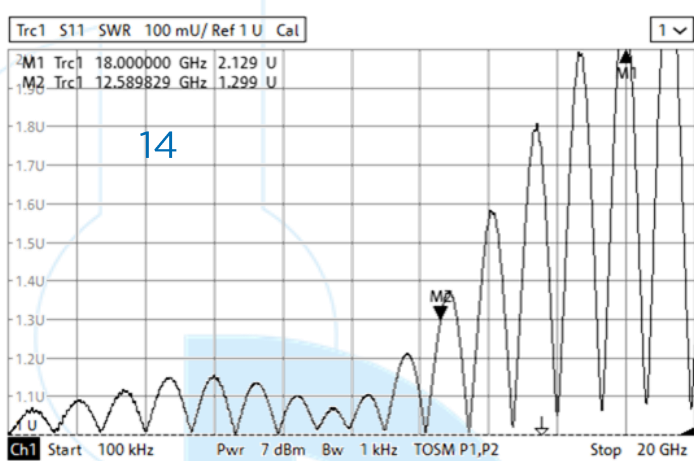
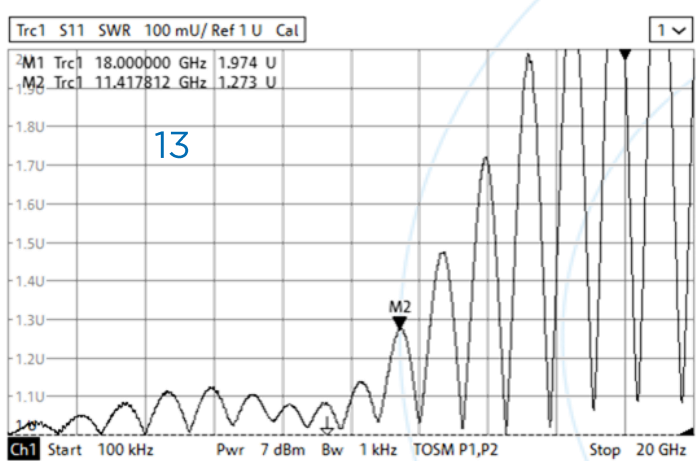
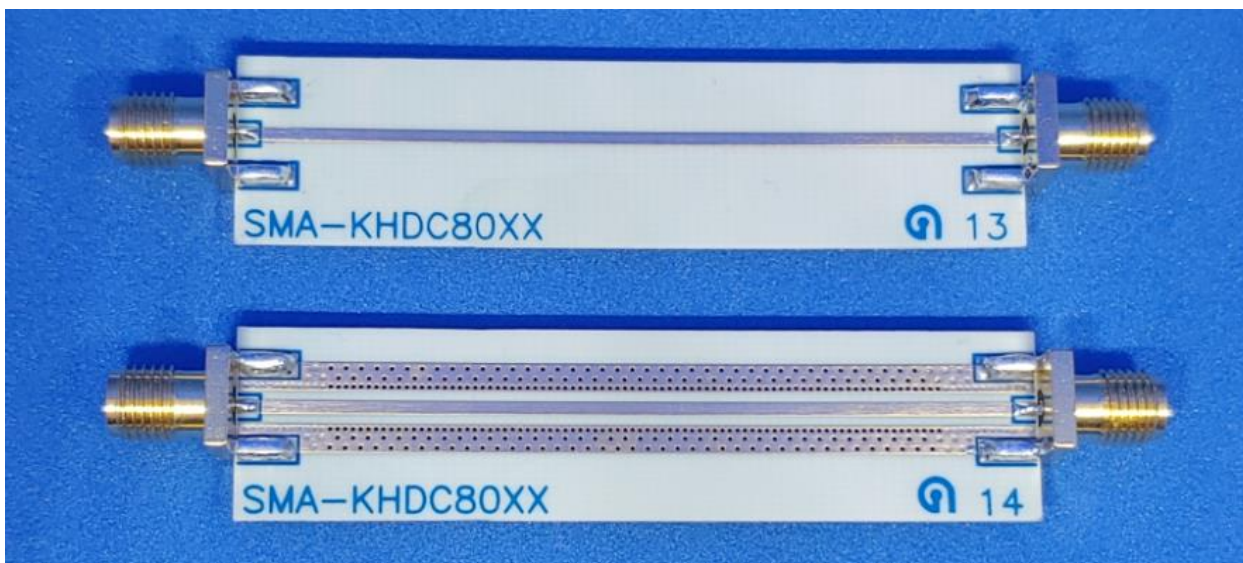
Вывод: топологии 108, 109 и 111 – неудачные, однако такой способ улучшения согласования может быть актуален для других типов соединителей и подложек; сравнивая номера 110 и 25 можно сделать вывод, что локальное расширение может положительно влиять на работу КПП; сравнивая номера 27 и 112, можно сделать вывод, что DGS в данном случае улучшает согласование, особенно в области частот ниже 8 ГГц.

SMA-KHDC80XX



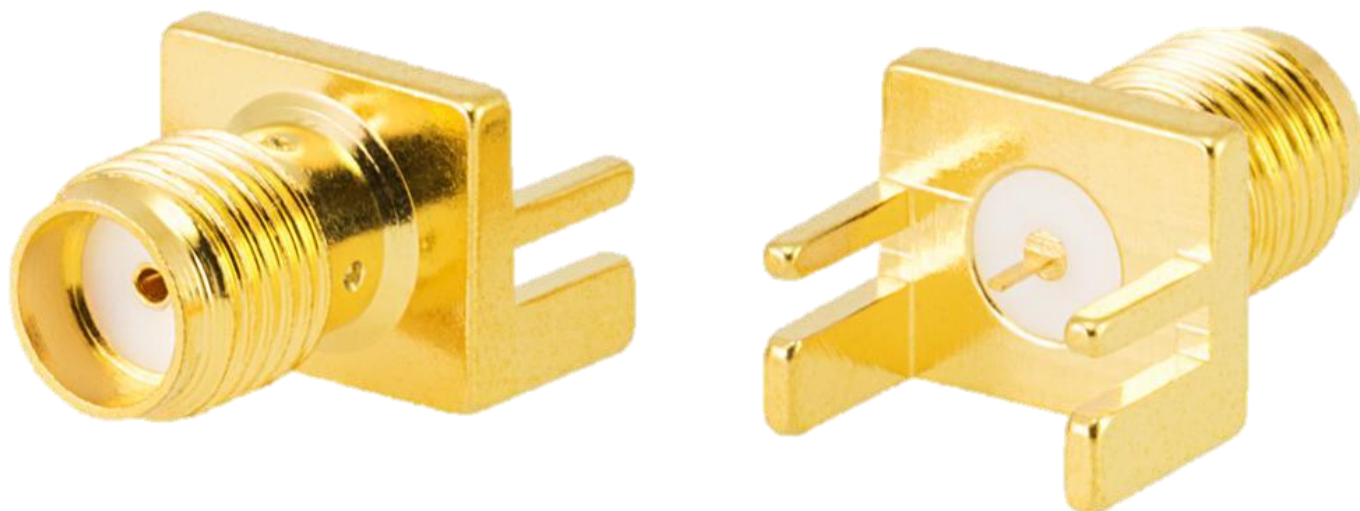
Данный соединитель представлен в нескольких вариантах с разной шириной зева под платы разной толщины. Соединитель характеризуется расширенным диапазоном частот.

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 2 платы с различными типами линий передач: микрополосковая и копланарная.



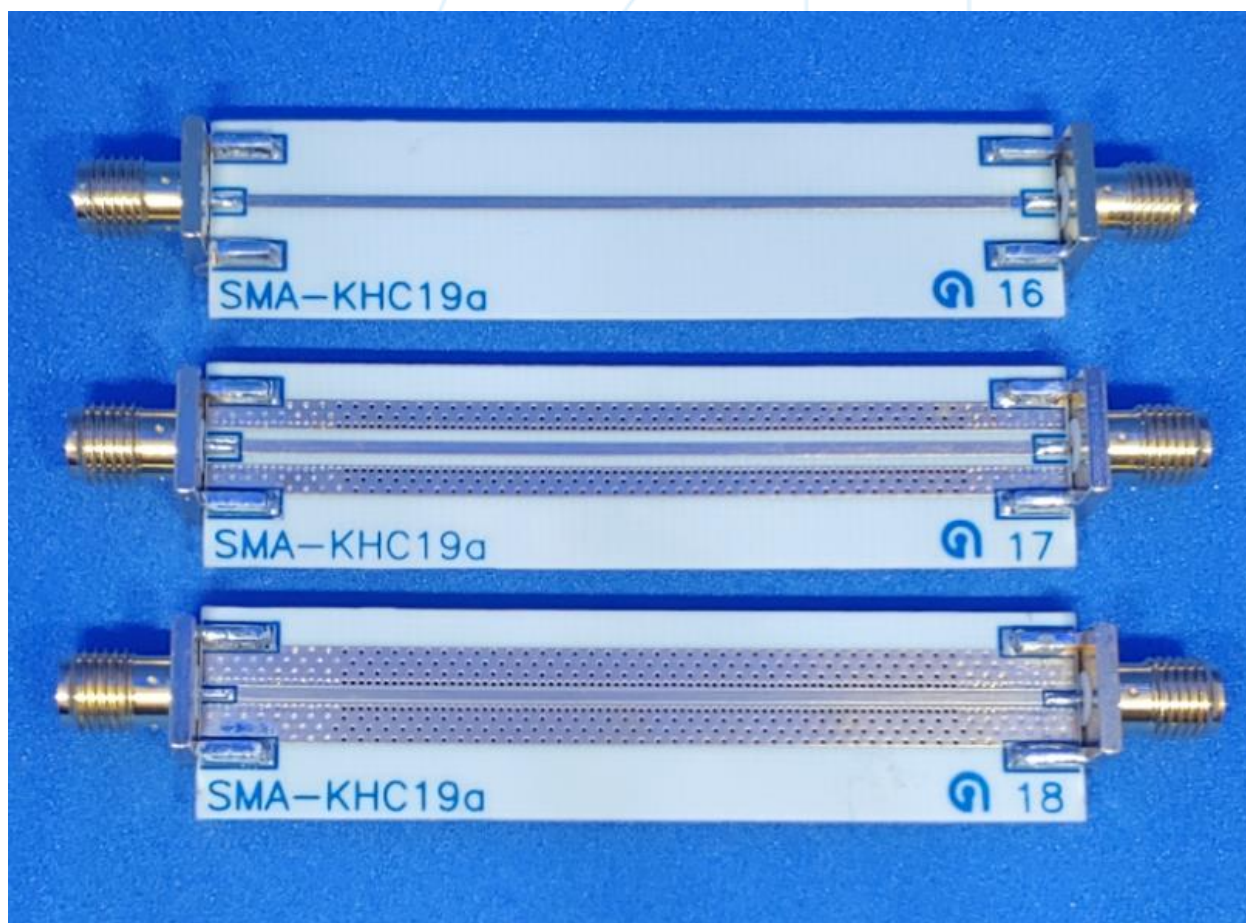
Вывод: соединитель действительно имеет более широкий рабочий диапазон по сравнению с соединителями стандартной конструкции. Диапазон до 13 ГГц.

SMA-KHC19a

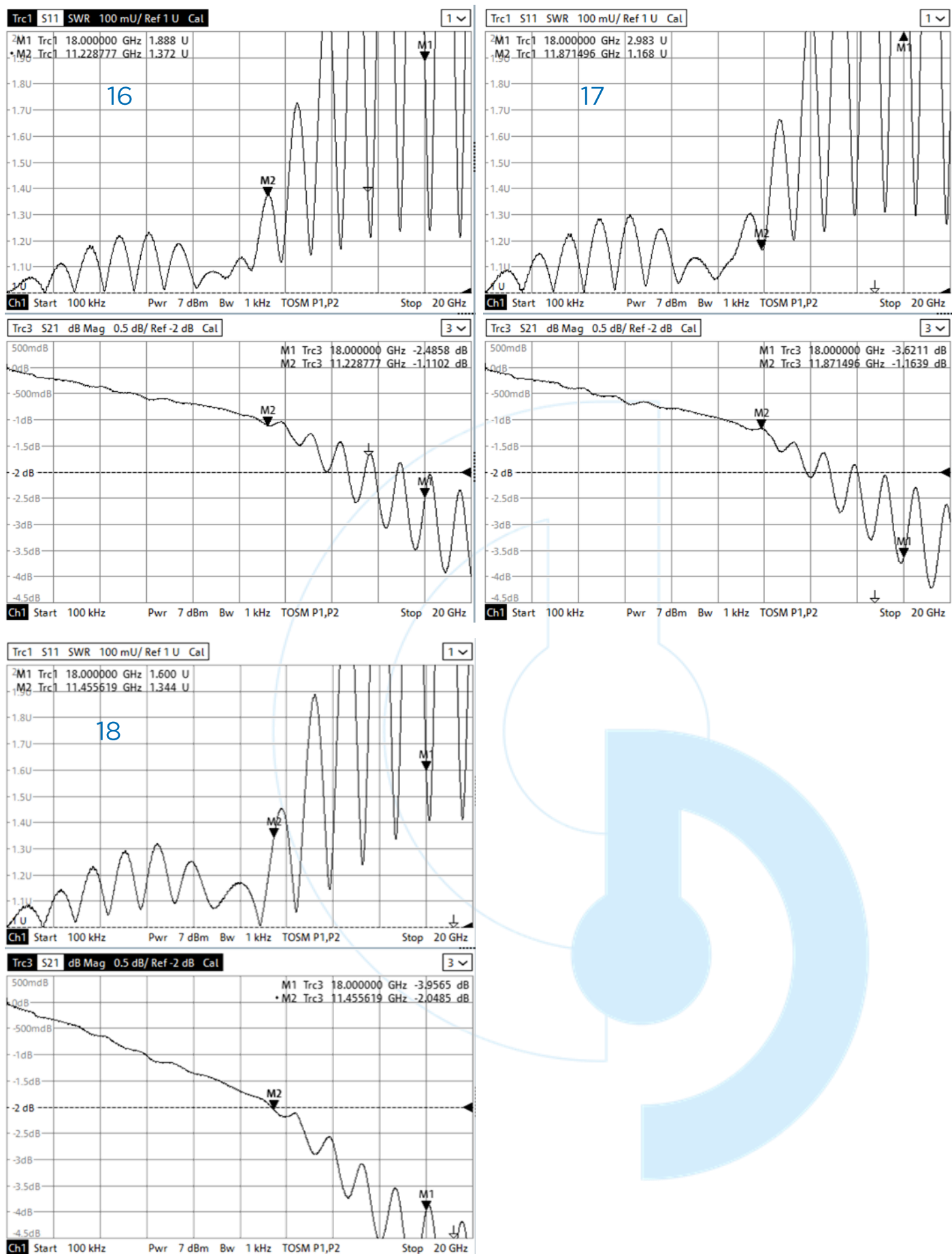


Штырь данного соединителя является прямоугольником в сечении.
Размер: 0,5 x 0,25 мм²

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 3 платы с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями ширины центрального проводника и зазора.

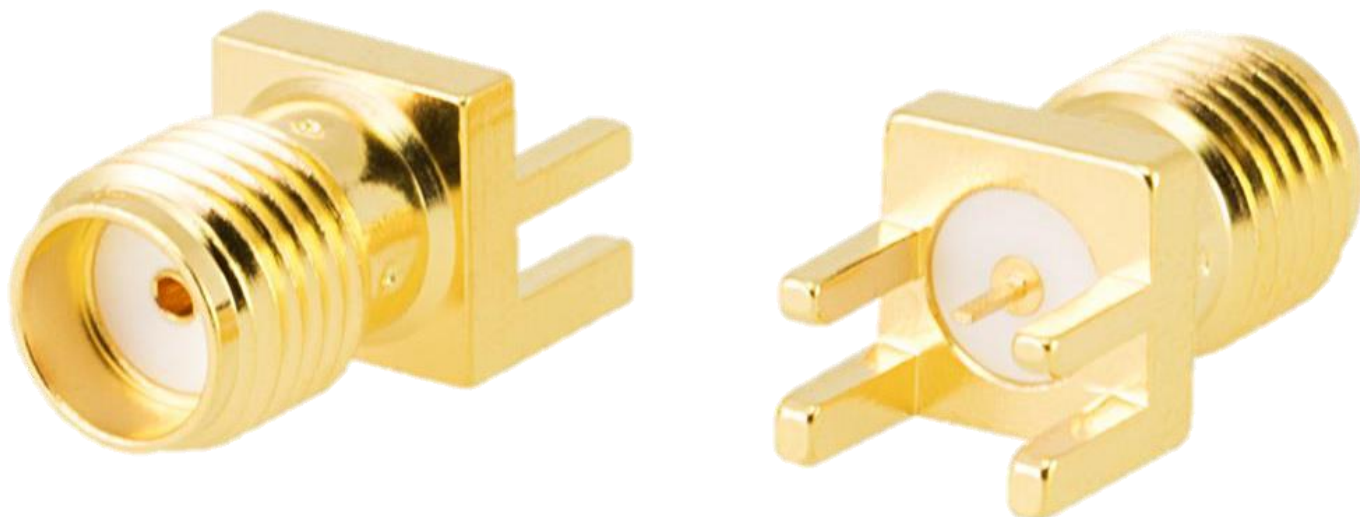


Результаты измерений представлены ниже:



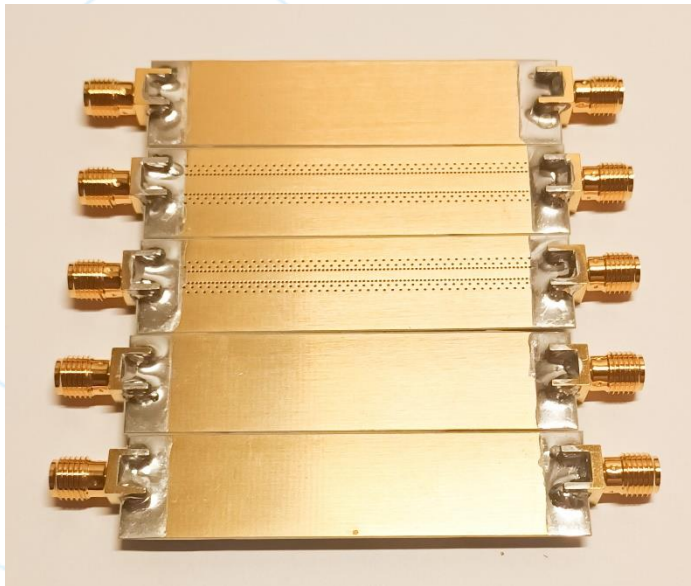
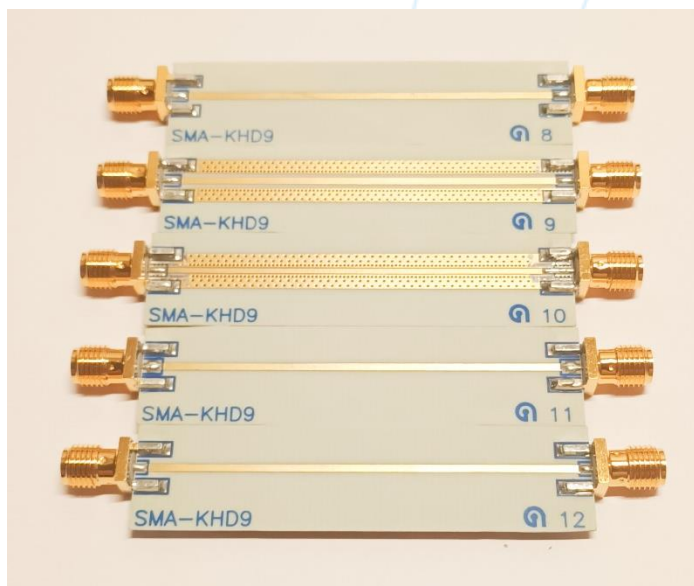
Вывод: рабочий диапазон до 12 ГГц.
ООО «Амитрон Электроникс» amel.ru

SMA-KHD9

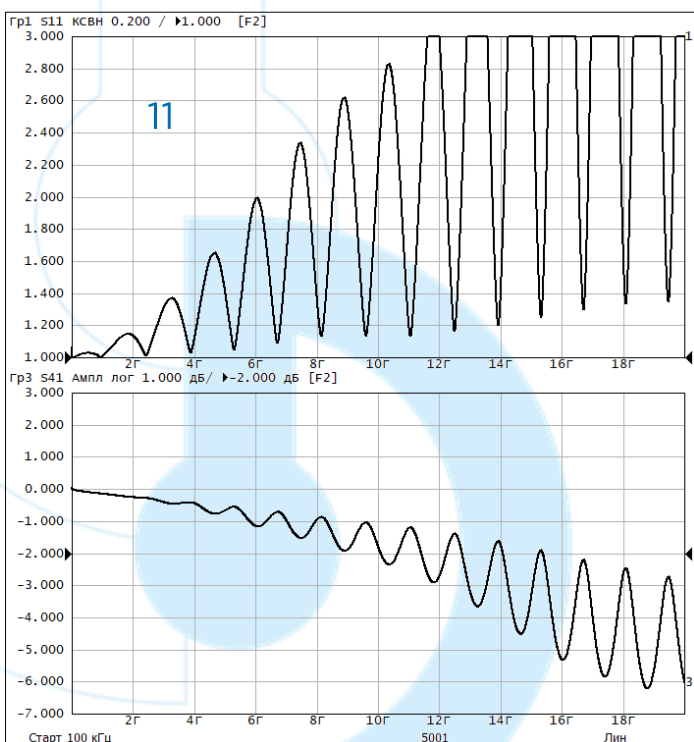
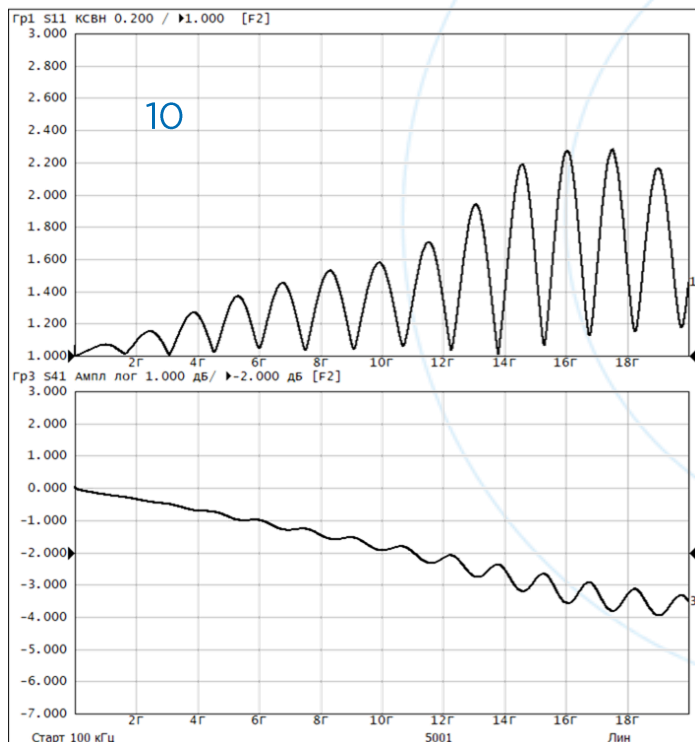
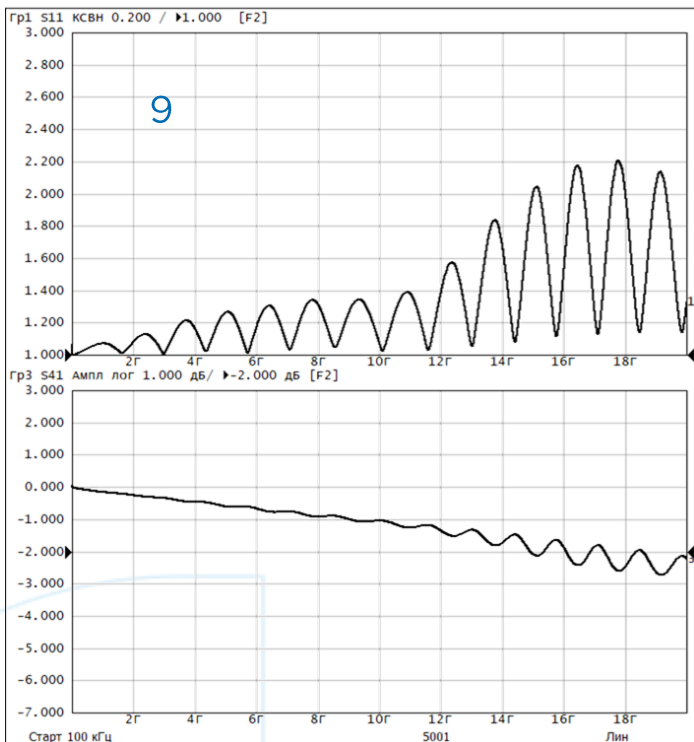
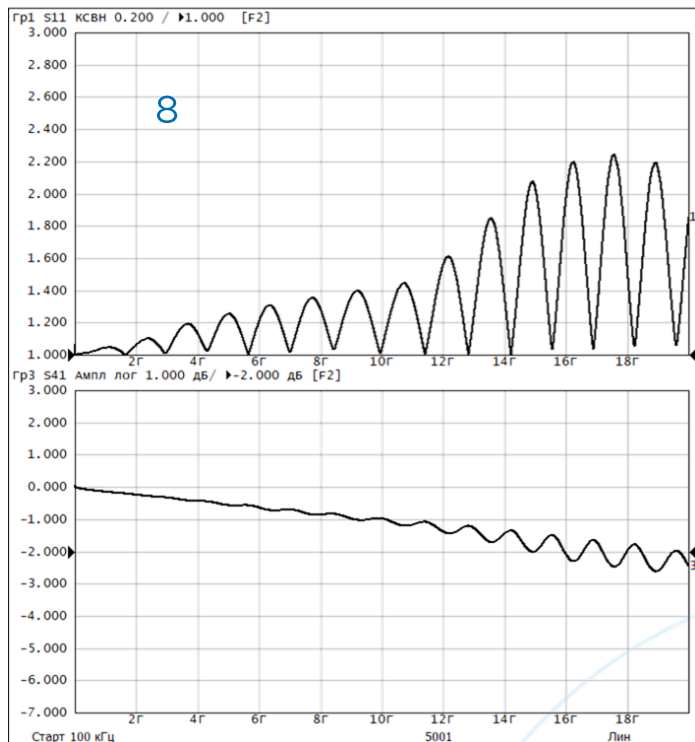


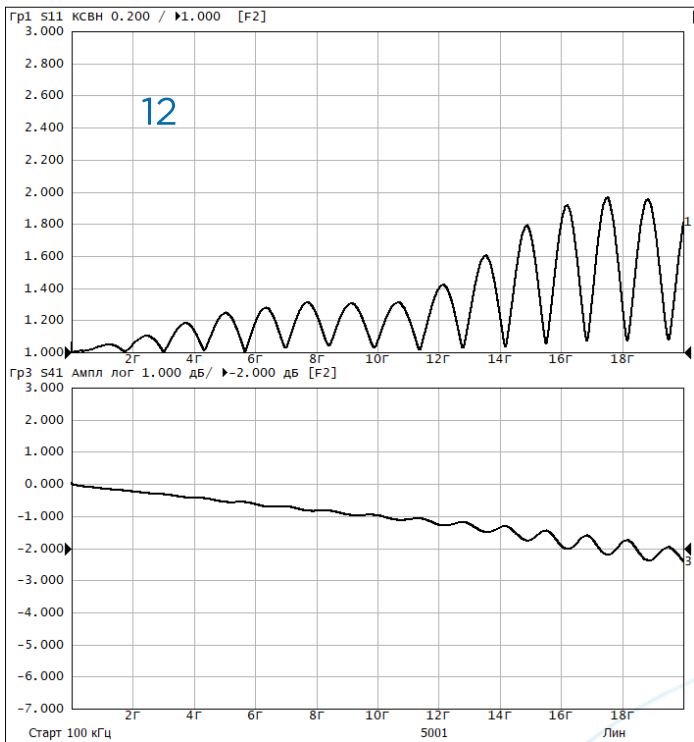
Штырь данного соединителя является прямоугольником в сечении.
Размер: 0,5 x 0,2 мм²

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 5 плат с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями ширины центрального проводника и зазора, а также плата 11 с ёмкостным элементом и плата 12 с укороченным центральным штырём.



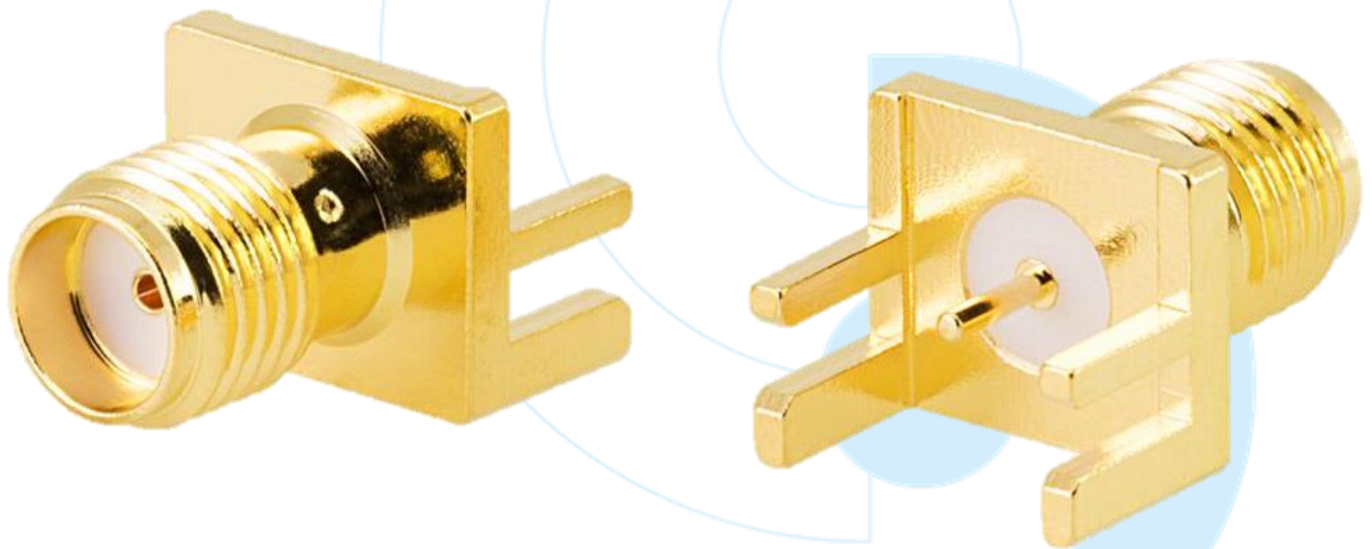
Результаты измерений представлены ниже:





Вывод: данный соединитель можно применять до 12 ГГц; ёмкостной элемент для такого относительно короткого штыря не нужен, а только ухудшает согласование; укорочение штыря немного расширяет рабочий диапазон частот.

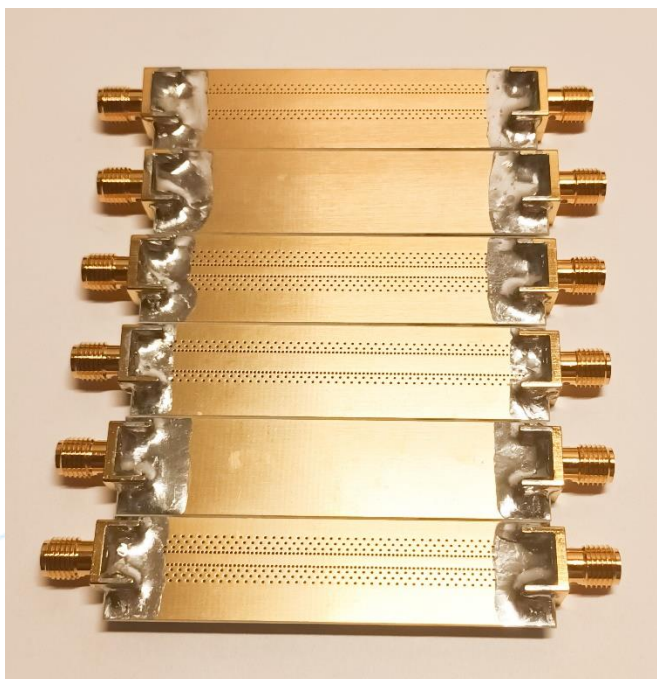
SMA-KHDC



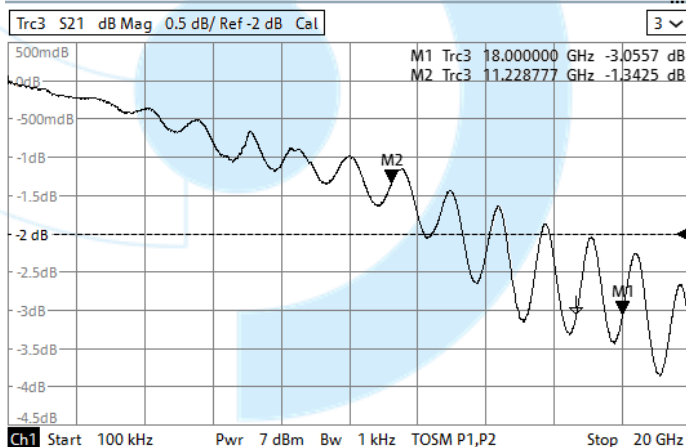
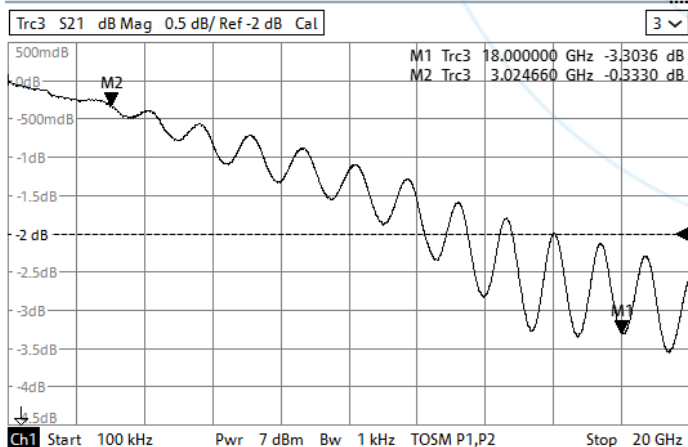
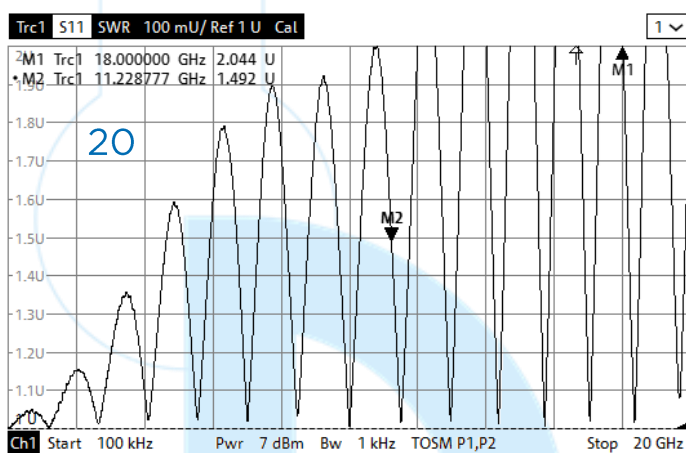
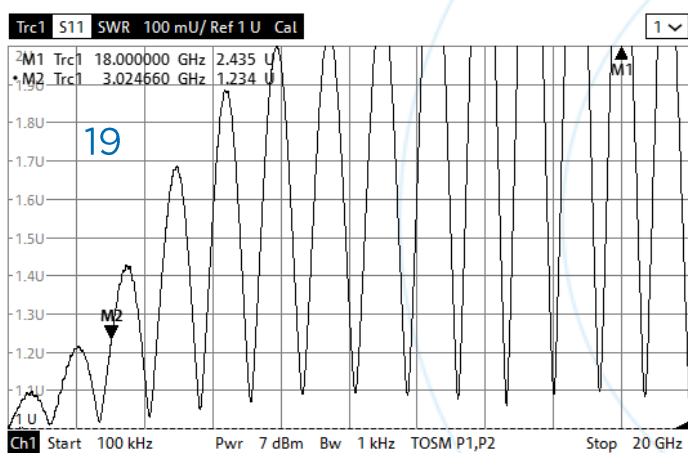
Штырь данного соединителя в сечении круглый, диаметром 0,76 мм и длиной 4,7 мм.

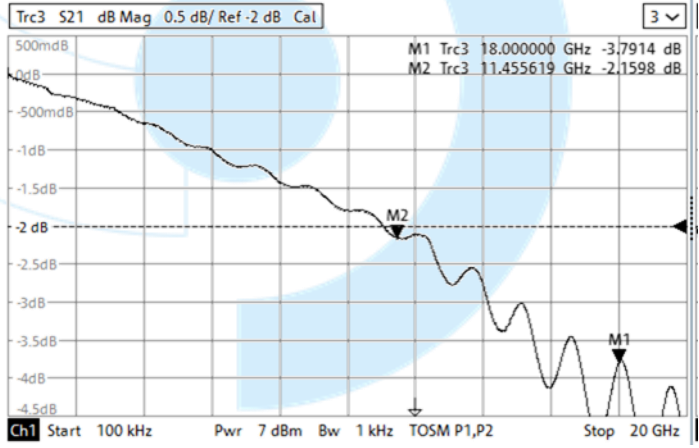
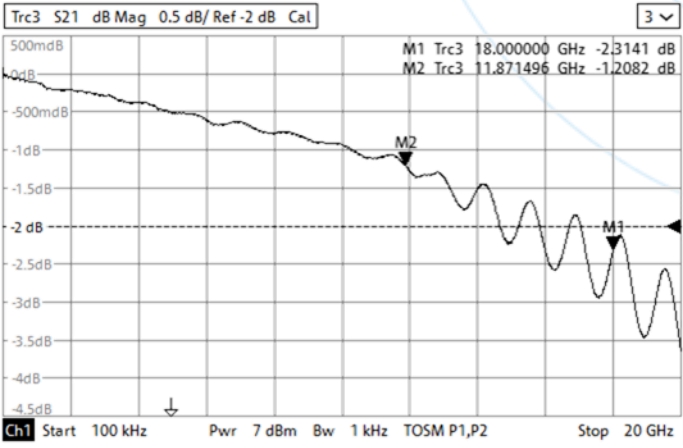
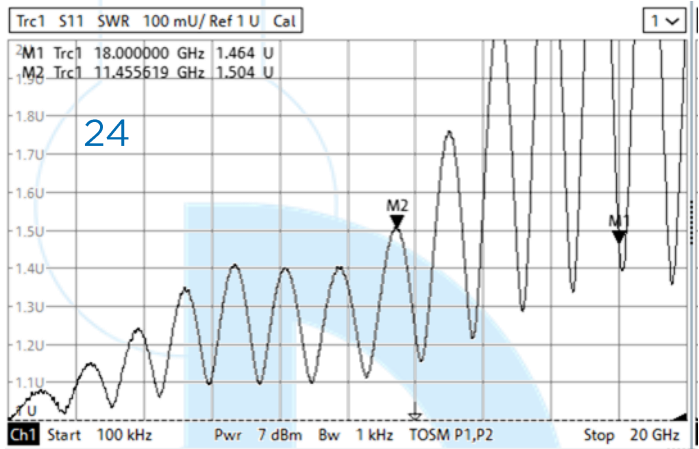
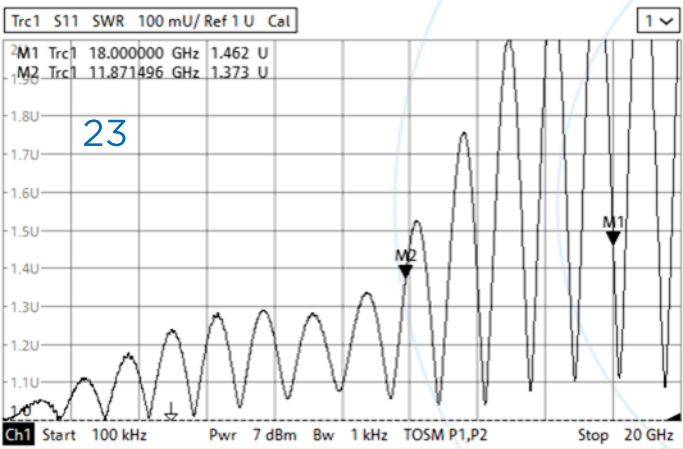
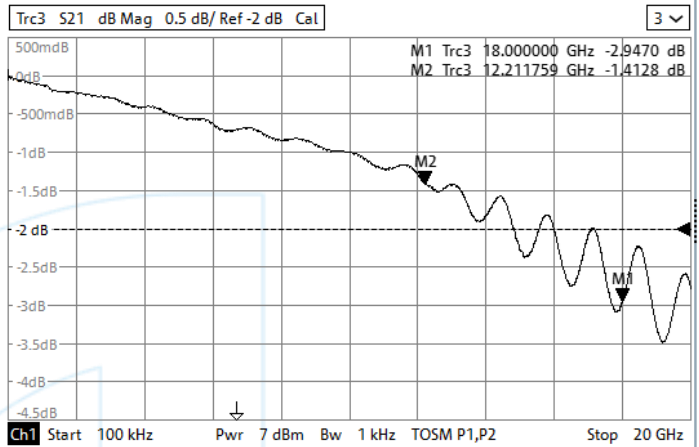
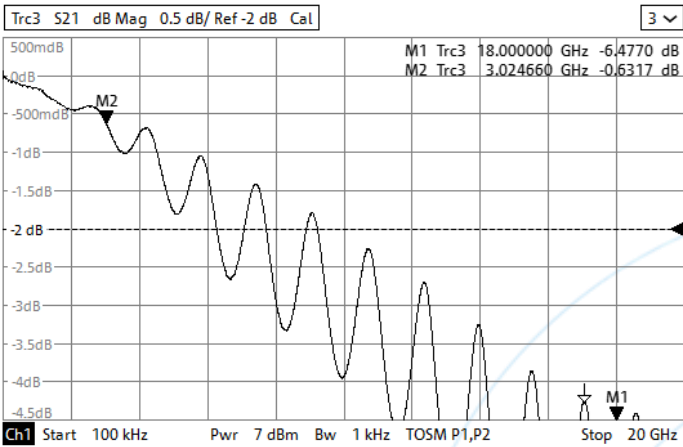
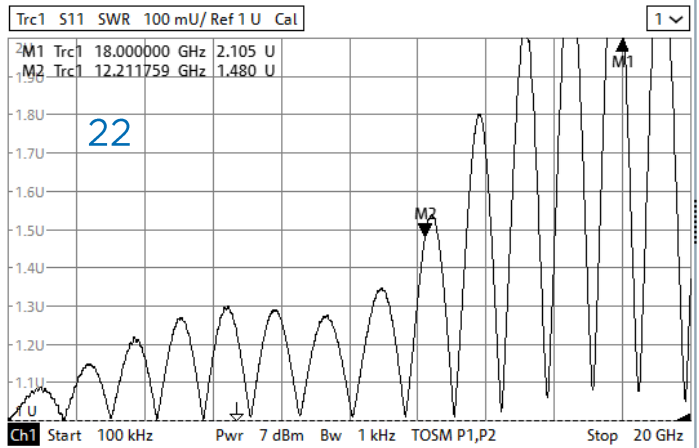
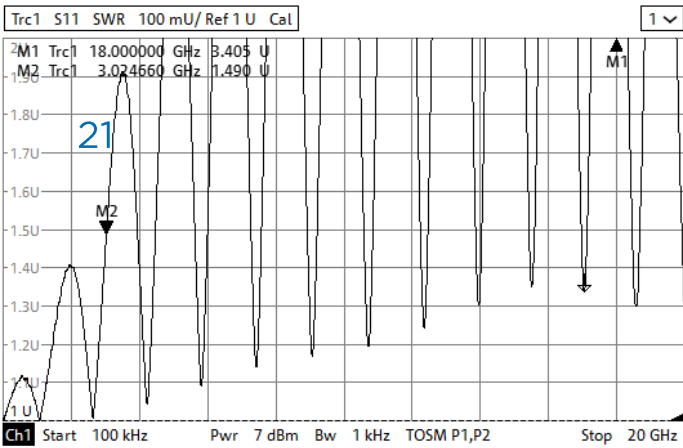
Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 6 плат с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями

ширины центрального проводника и зазора. Три верхние платы на фото – с соединителем «как есть». Три нижние платы – с укороченным центральным штырём.



Результаты измерений представлены ниже:





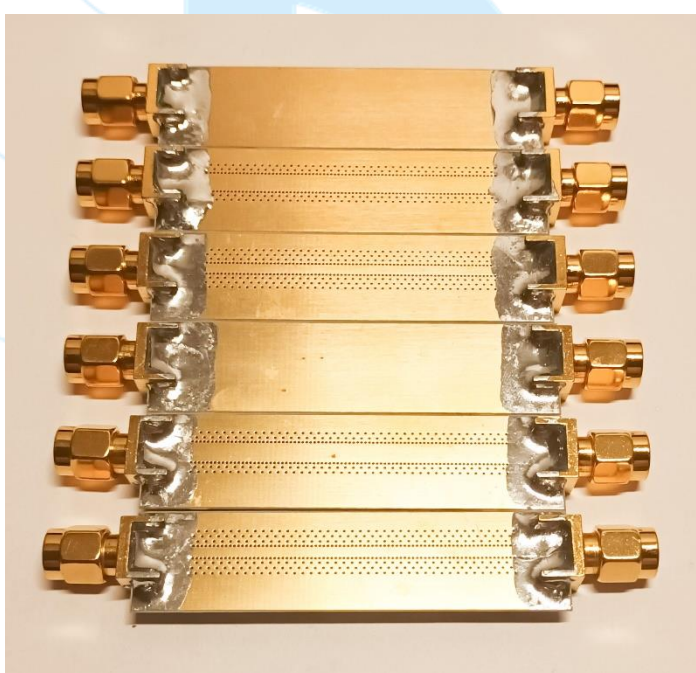
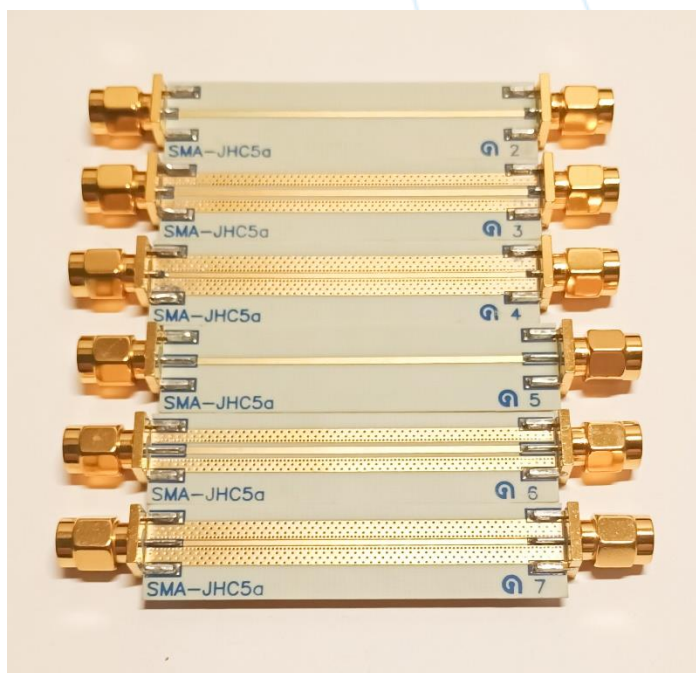
Вывод: длинный и круглый штырь не рекомендуется использовать в проектах с рабочей частотой более 3 ГГц; с укороченным штырём соединитель можно применять до 13 ГГц.

SMA-JHC5a

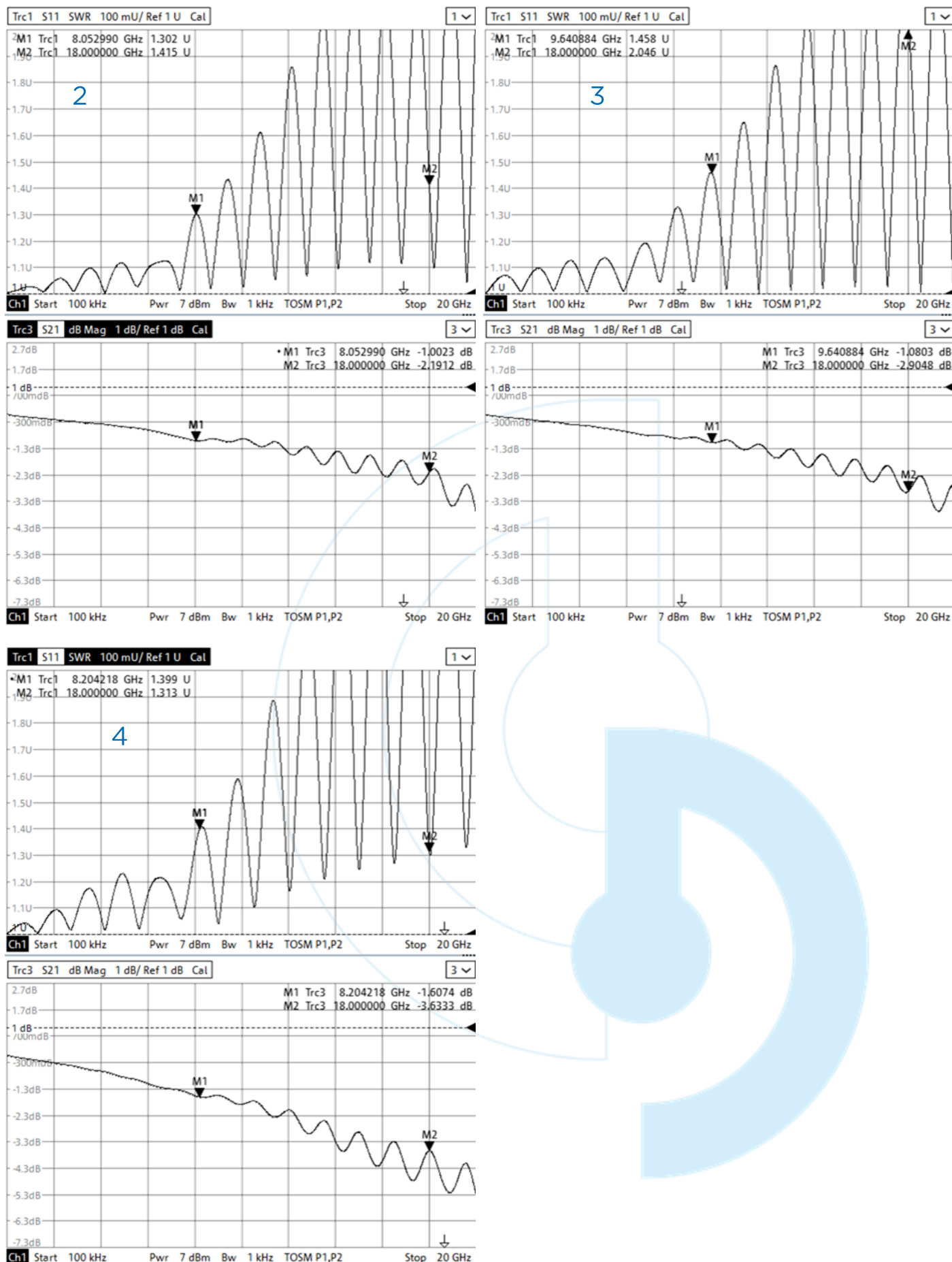


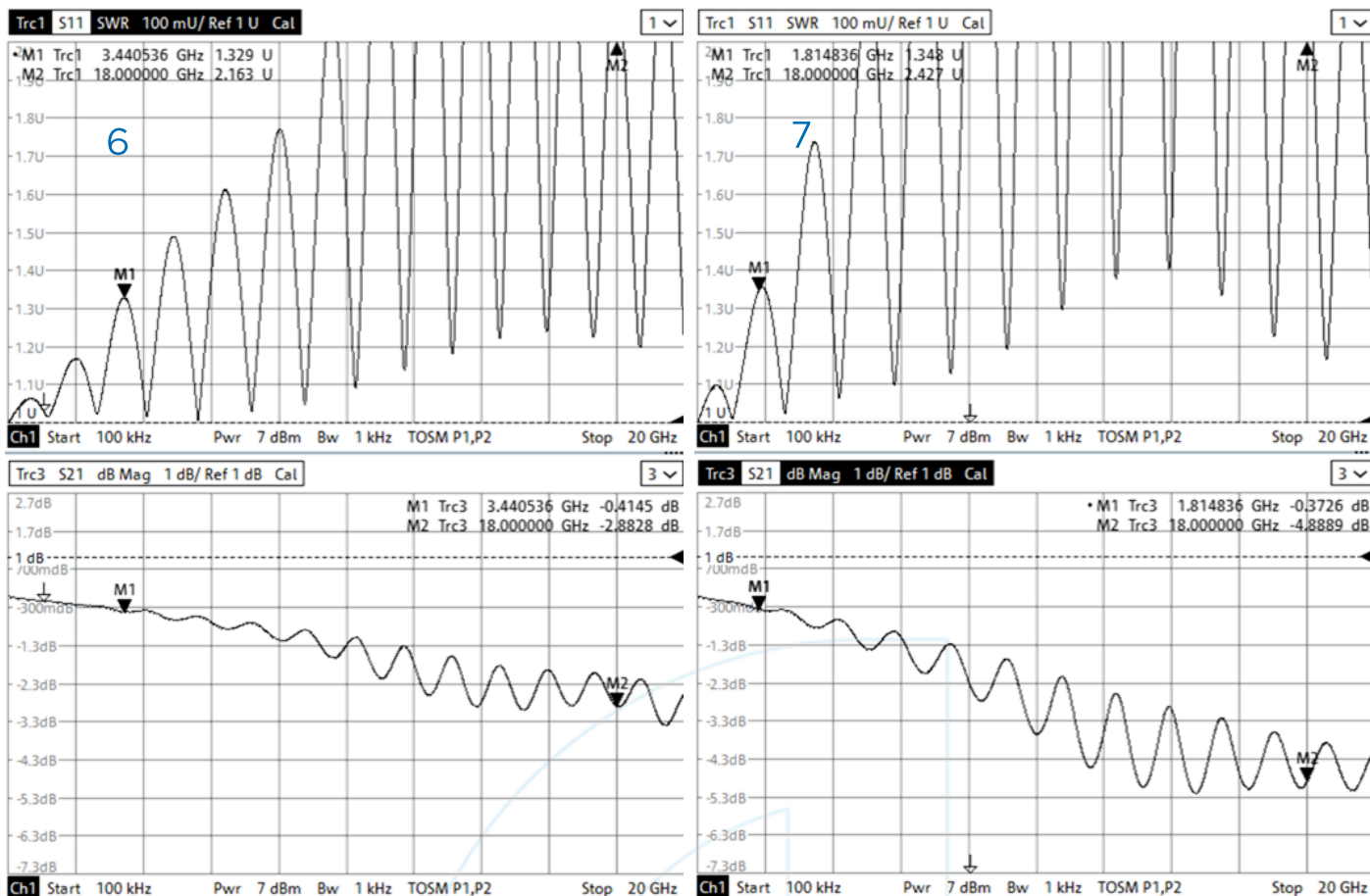
Соединитель типа вилка, штырь круглый, диаметром 0,76 мм, длиной 4,7 мм.

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 6 плат с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями ширины центрального проводника и зазора. Три платы с соединителем «как есть». Три платы – с укороченным центральным штырём.



Результаты измерений представлены ниже:





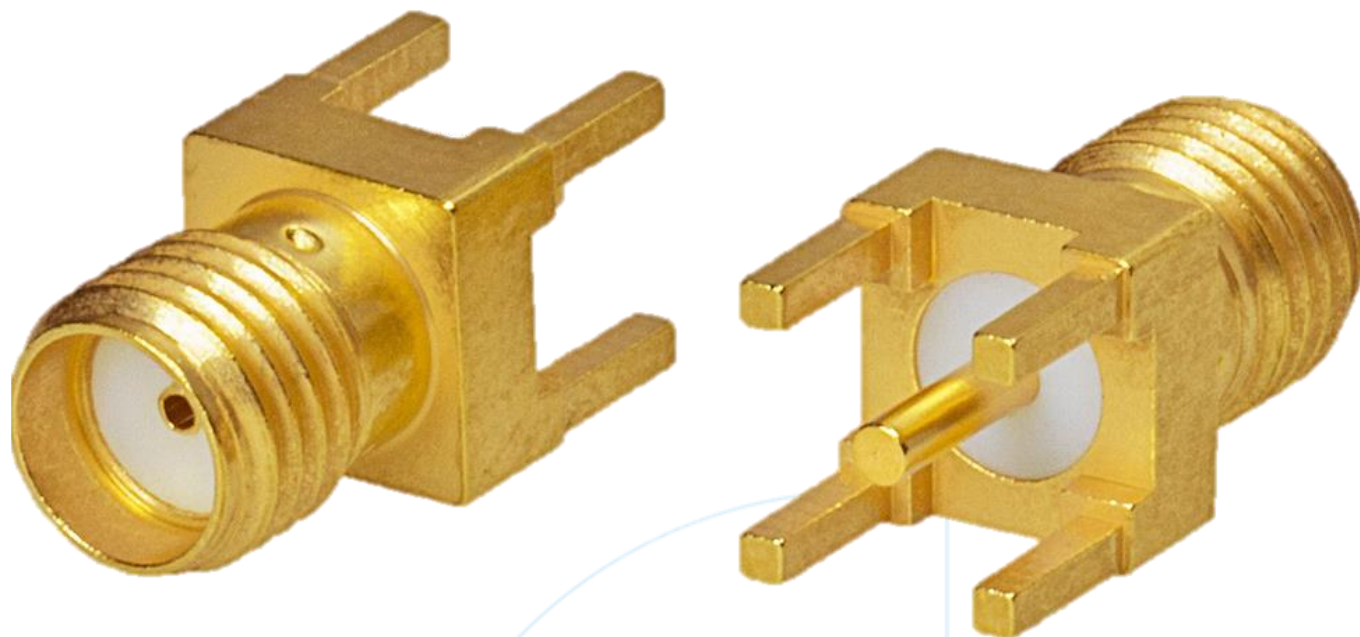
Вывод: с помощью укорочения центрального штыря можно расширить рабочий диапазон частот.

Выводы по подразделу

- 1) В целях расширения рабочего диапазона частот предпочтительно выбирать соединители с более коротким центральным штырём (ассортимент соединителей собственного производства ООО «Амитрон Электроникс» постоянно расширяется, следите за обновлениями нашего каталога).
- 2) При условии одинаковой длины предпочтительнее выбирать плоский центральный штырь.
- 3) На относительно невысоких частотах нет большой разницы между микрополосковой и копланарной ЛП. Копланарную ЛП рекомендуют выбирать на частотах от 10 ГГц или при использовании подложек с нестабильной диэлектрической проницаемостью (например FR4).

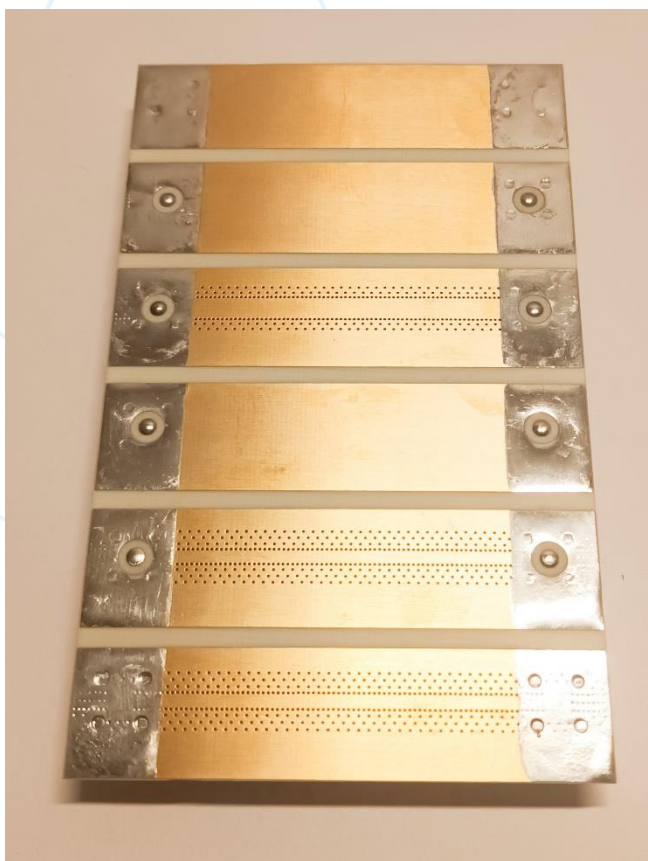
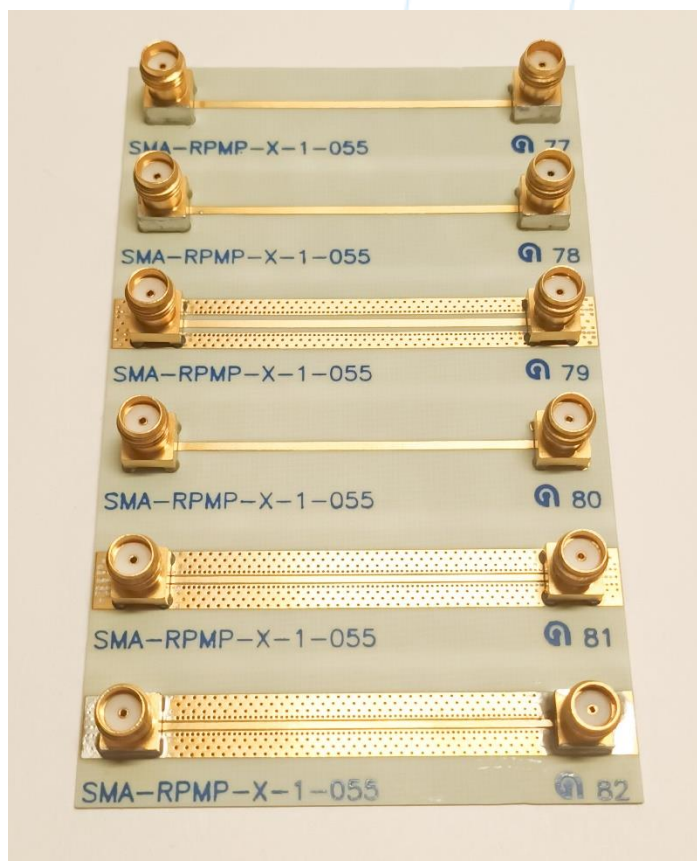
Вертикальные соединители

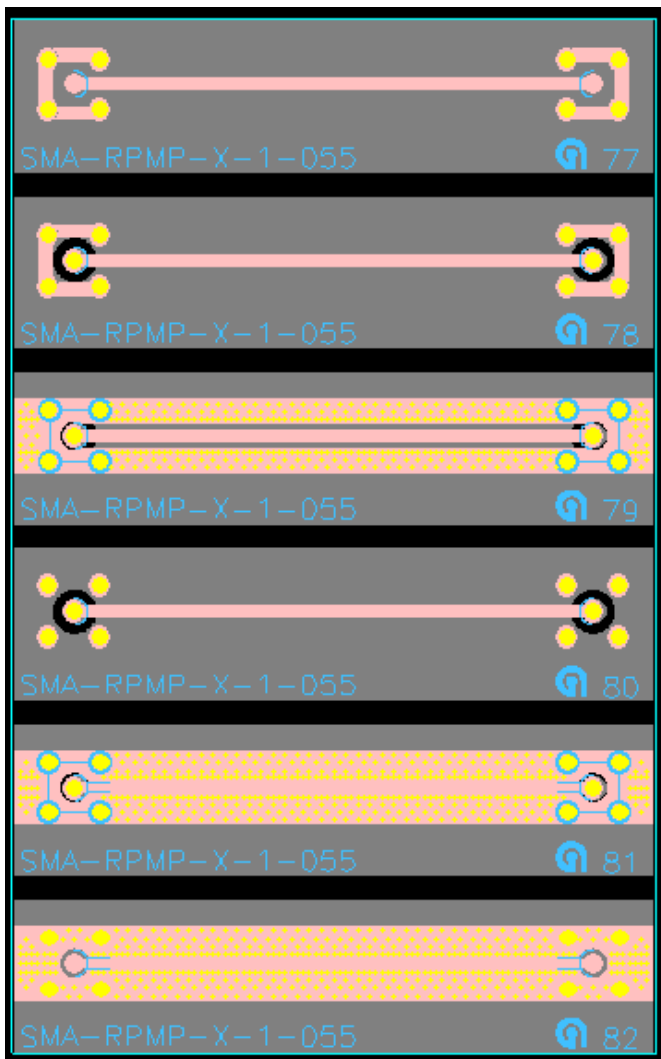
SMA-RPMP-X-1-055



Соединитель собственного производства. Штырь диаметром 1,3 мм и длиной 4 мм.

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 6 плат с различными типами линий передач.





77 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату. Припоем сделаны «стенки» между телом разъёма и платой

78 Центральный штырь паяется в металлизированное отверстие. С нижней стороны платы сделан поясok. Припоем сделаны «стенки» между телом разъёма и платой (земля)

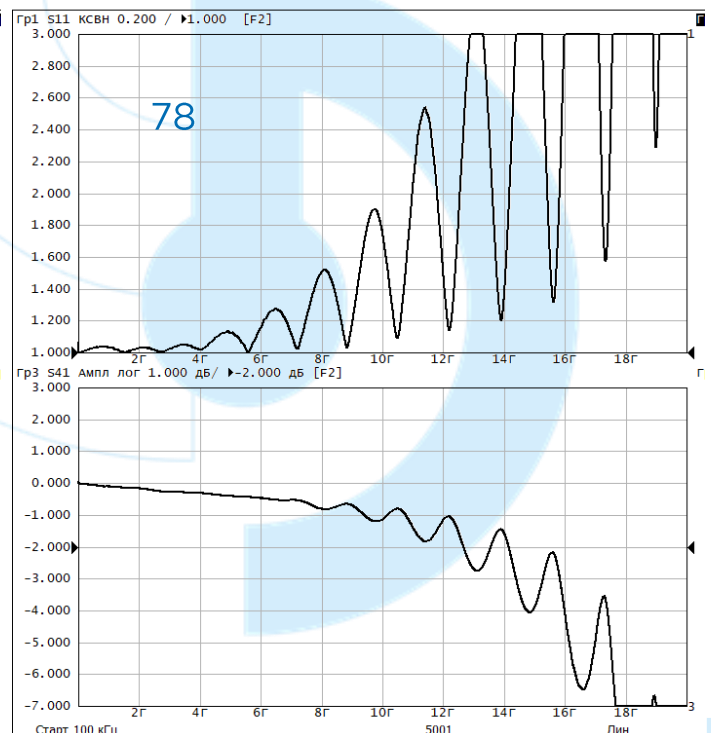
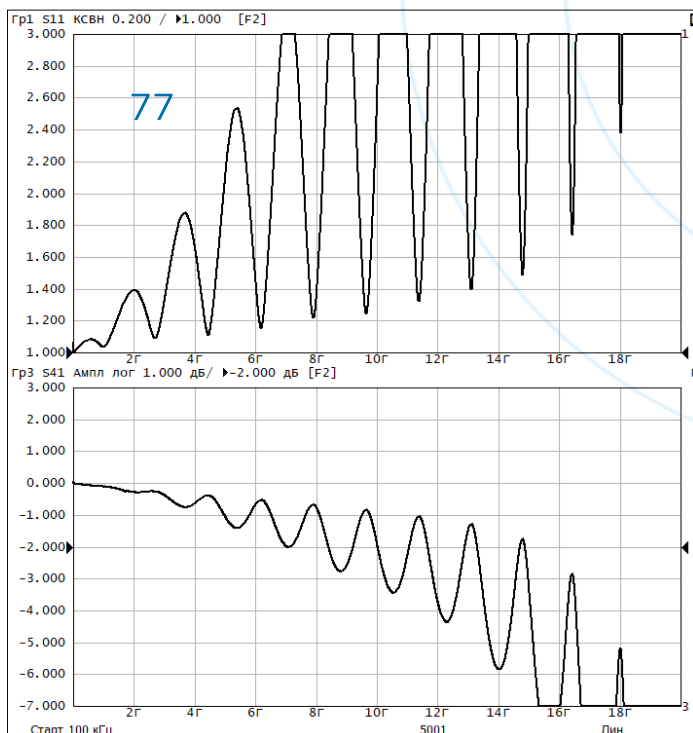
79 Стандартный монтаж в отверстия

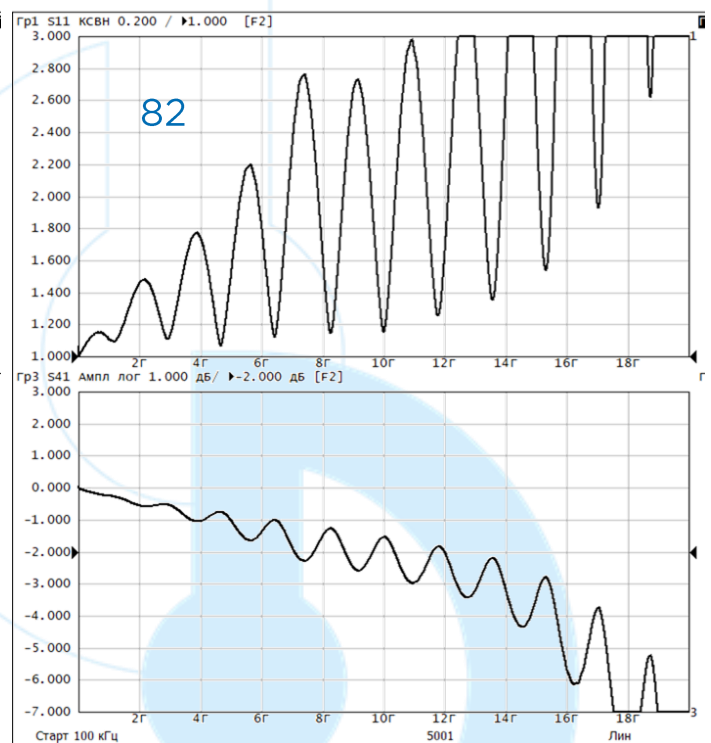
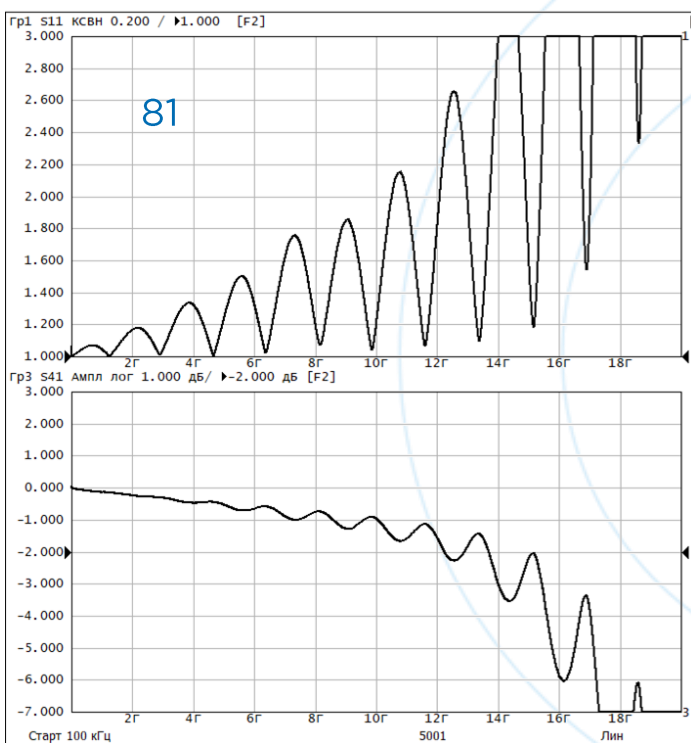
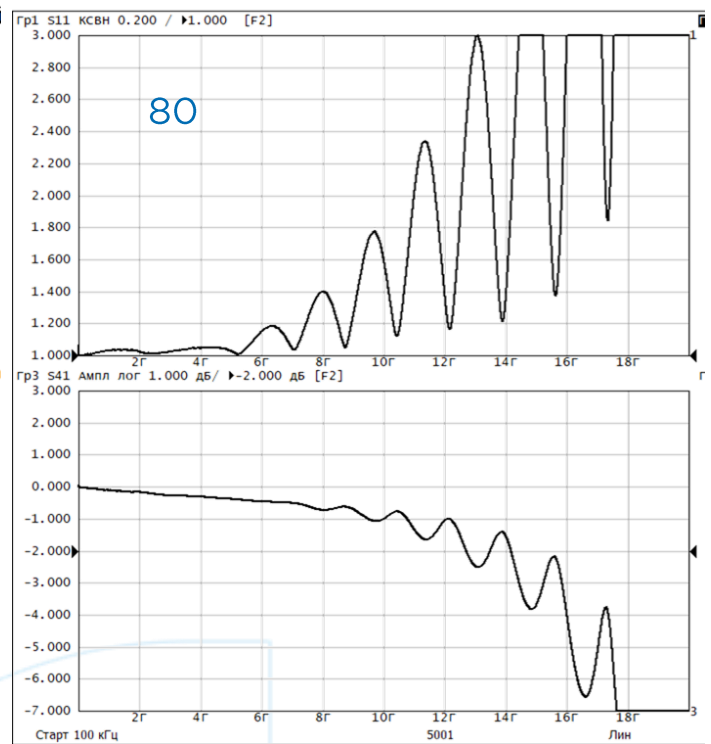
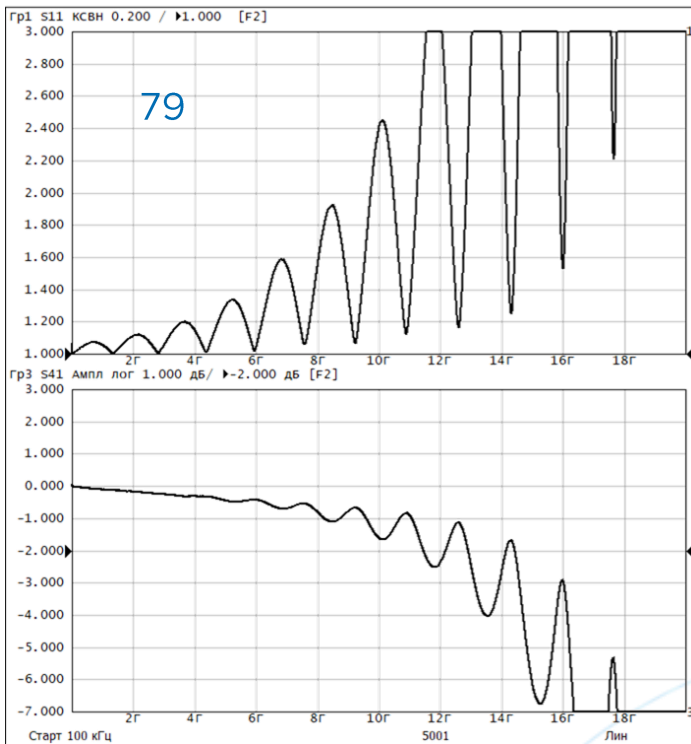
80 Стандартный монтаж в отверстия

81 Стандартный монтаж в отверстия

82 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату. Припоем сделаны «стенки» между телом разъёма и платой (земля)

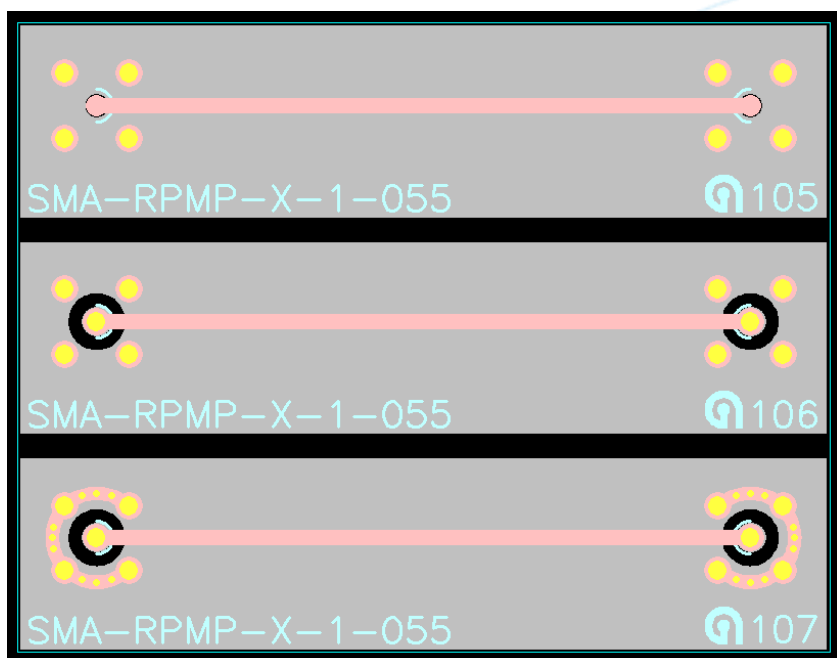
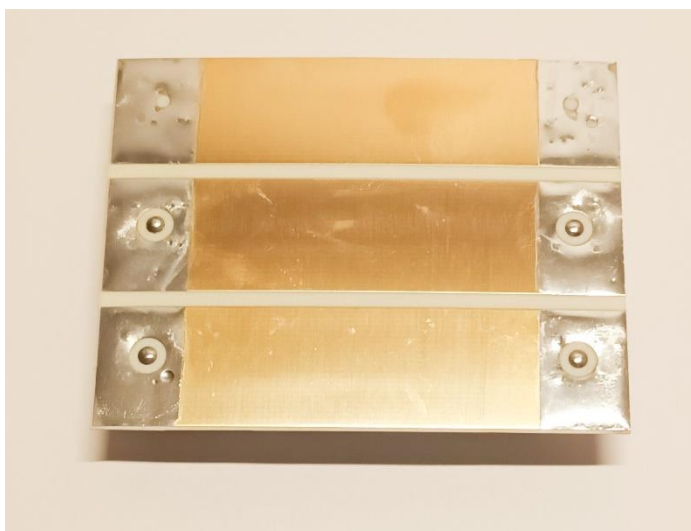
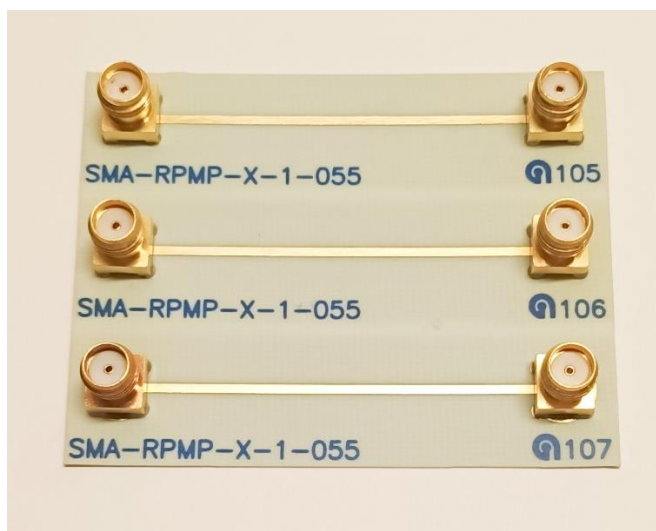
Результаты измерений представлены ниже:





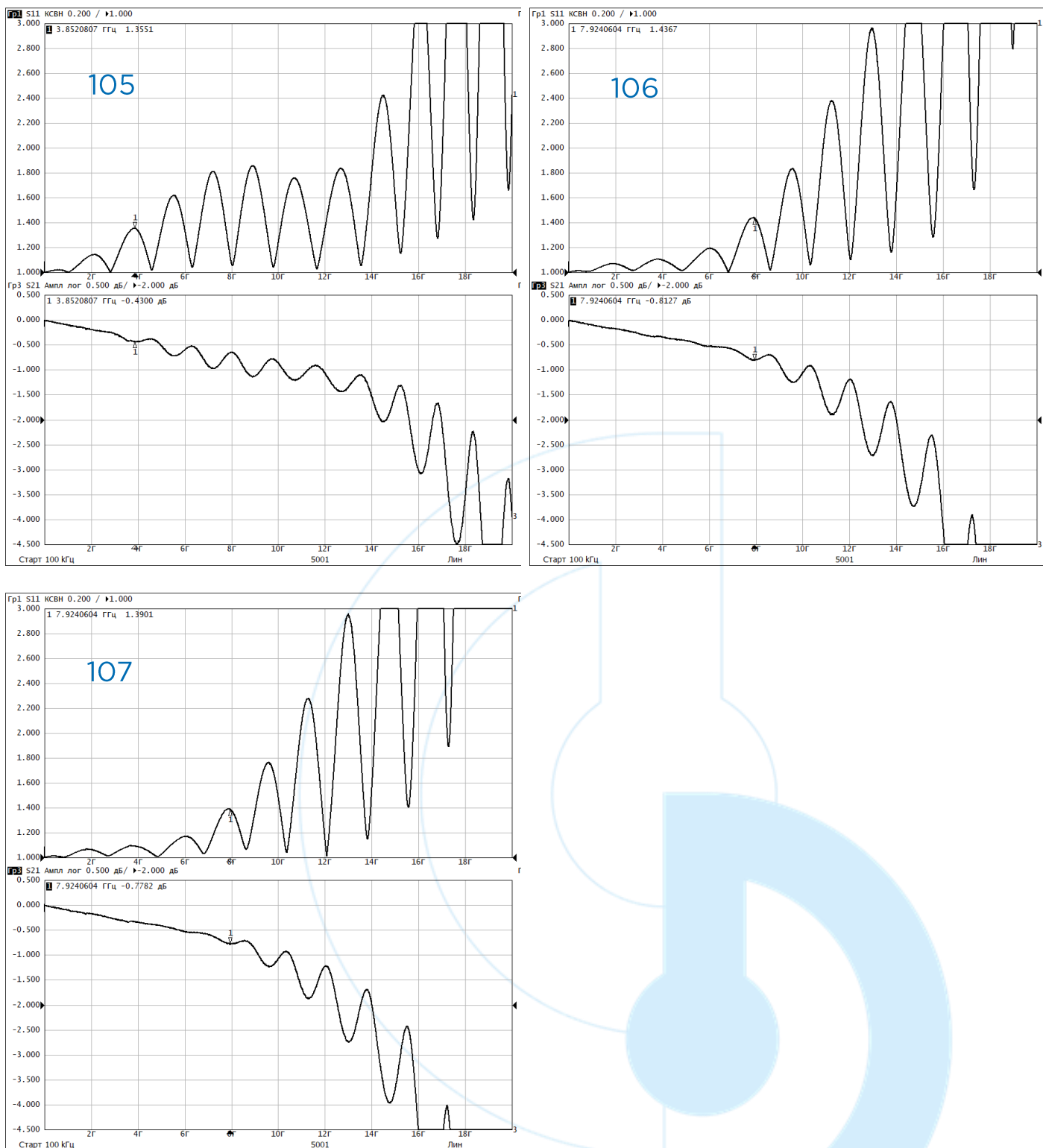
Выводы: при стандартном монтаже в отверстия рабочий диапазон до 7-8 ГГц; рекомендуется укорачивать ножки и центральный штырь соединителя заподлицо с обратной стороны платы.

Дополнительные платы:



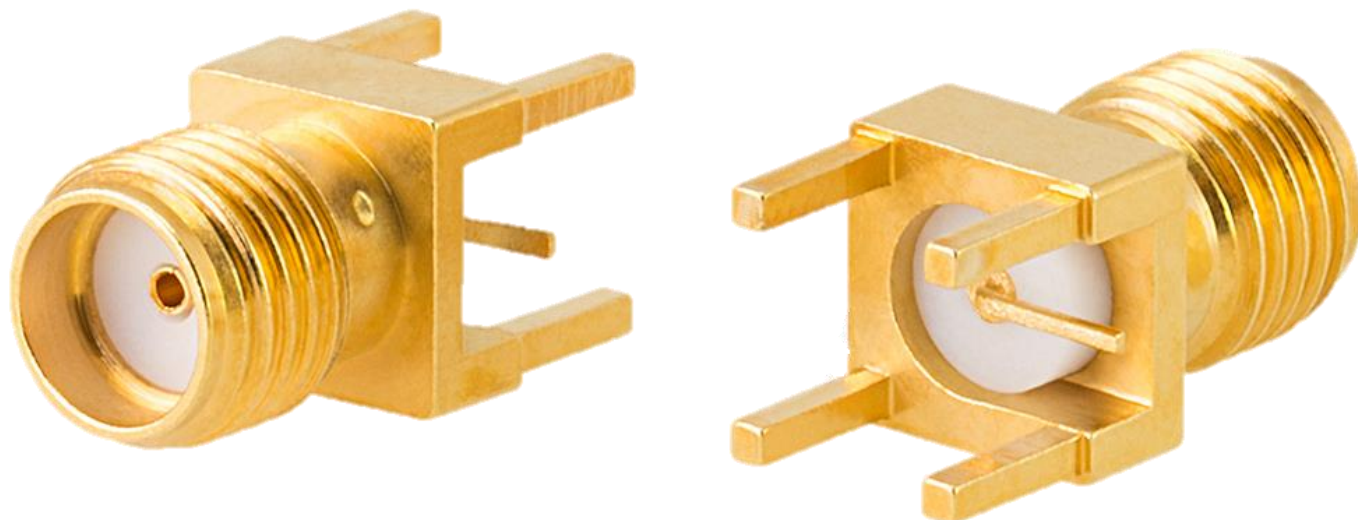
105 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату. В целях улучшения согласования сделан элемент DGS в виде небольшого круга

Результаты измерений представлены ниже:



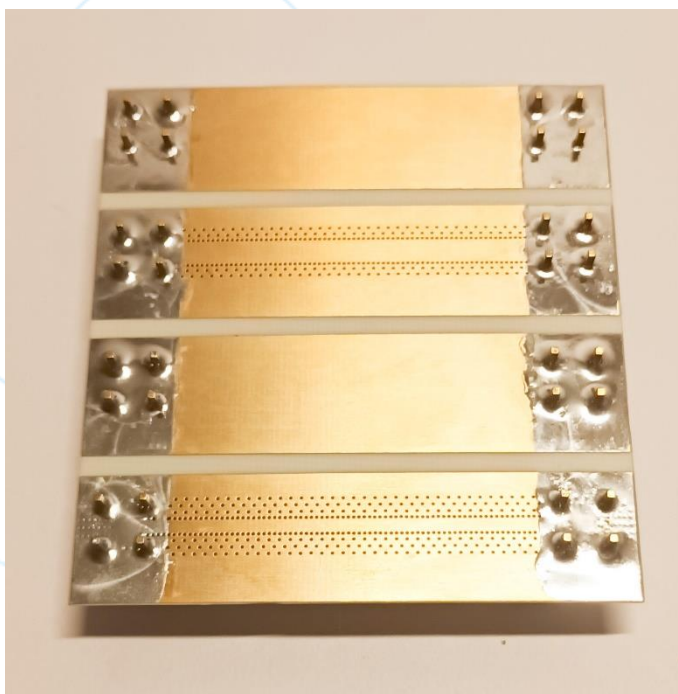
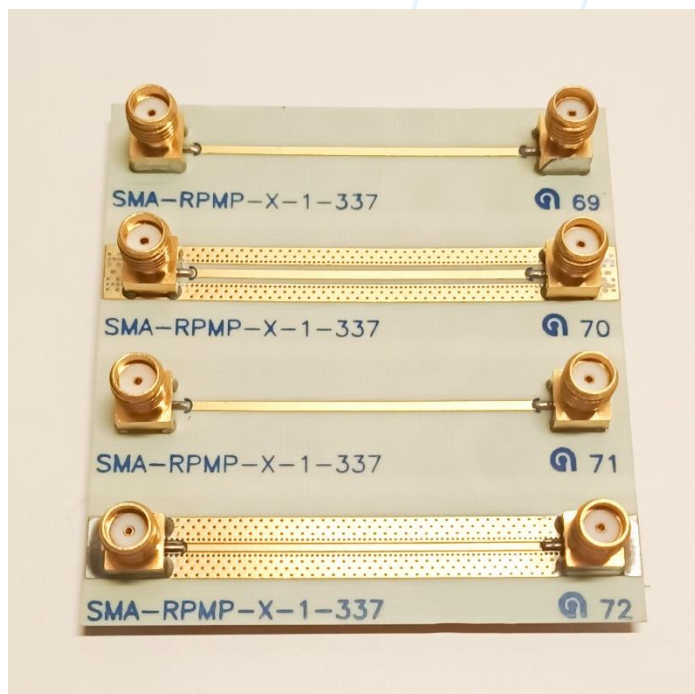
Выводы: Платы 106 и 80 – одинаковые, результаты хорошо коррелируют (измерения были произведены на ВАЦ разных марок); сравнивая результаты измерений плат 105 и 77, можно сделать вывод, что DGS положительно влияет на согласование (изменяя положение и диаметр круга можно ещё улучшить согласование).

SMA-RPMP-X-1-337



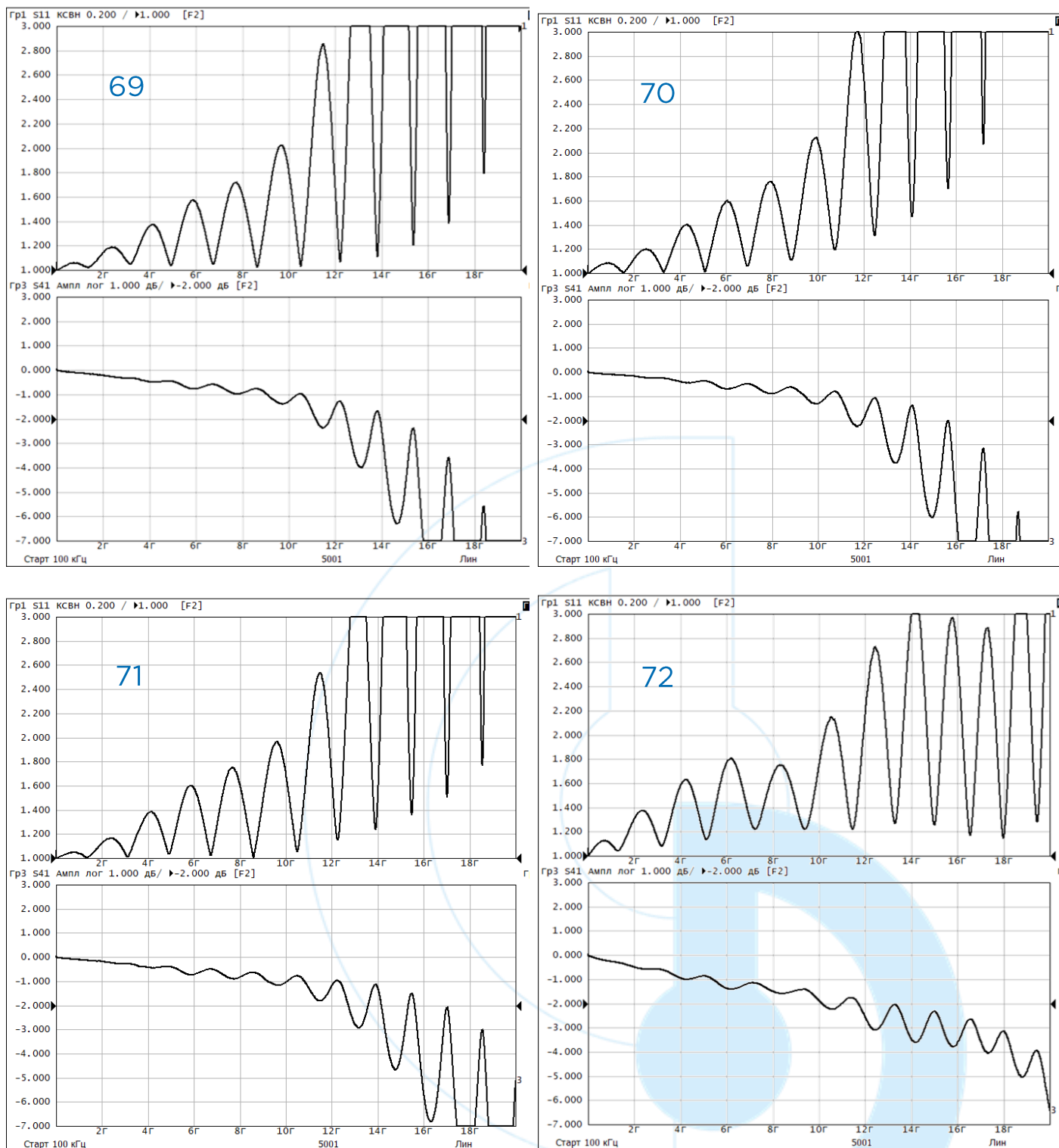
Соединитель собственного производства с нестандартной конструкцией центрального штыря.

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 4 платы с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями ширины центрального проводника и зазора.



Платы 69 и 72 имеют «стенки» из припоя между корпусом соединителя и платой.

Результаты измерений представлены ниже:

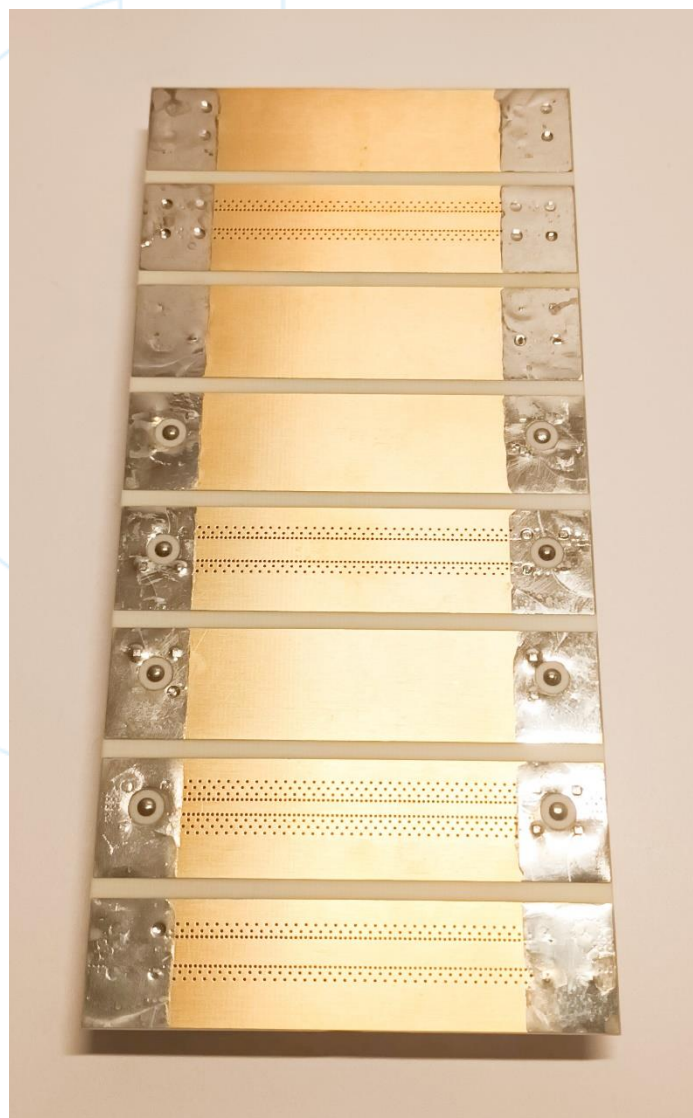
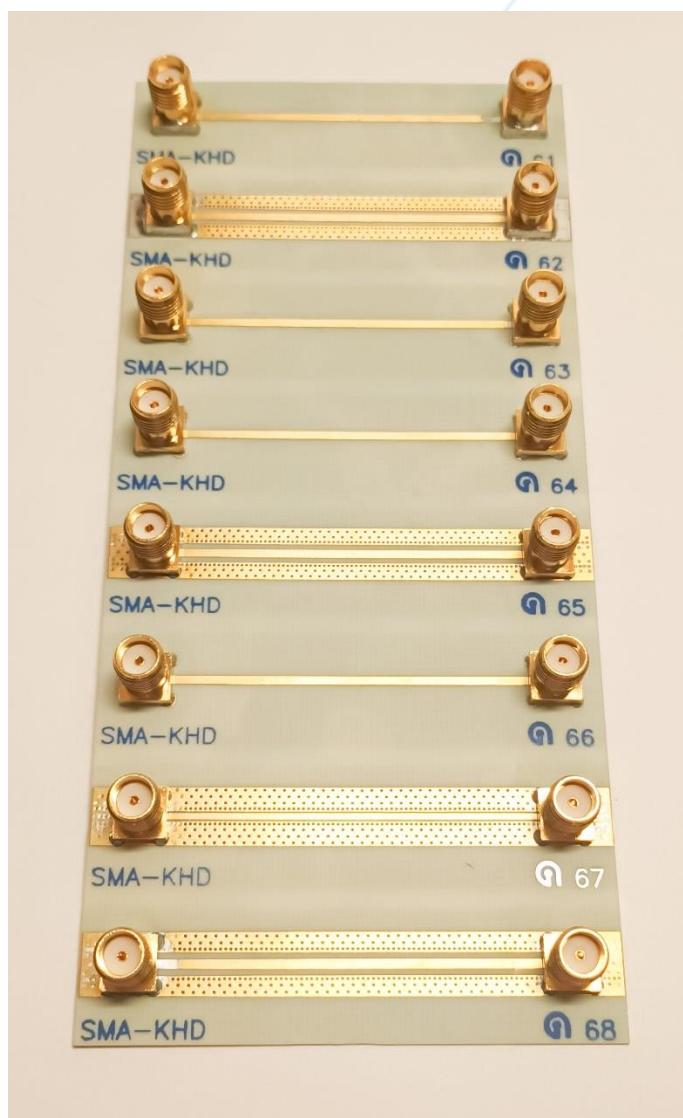


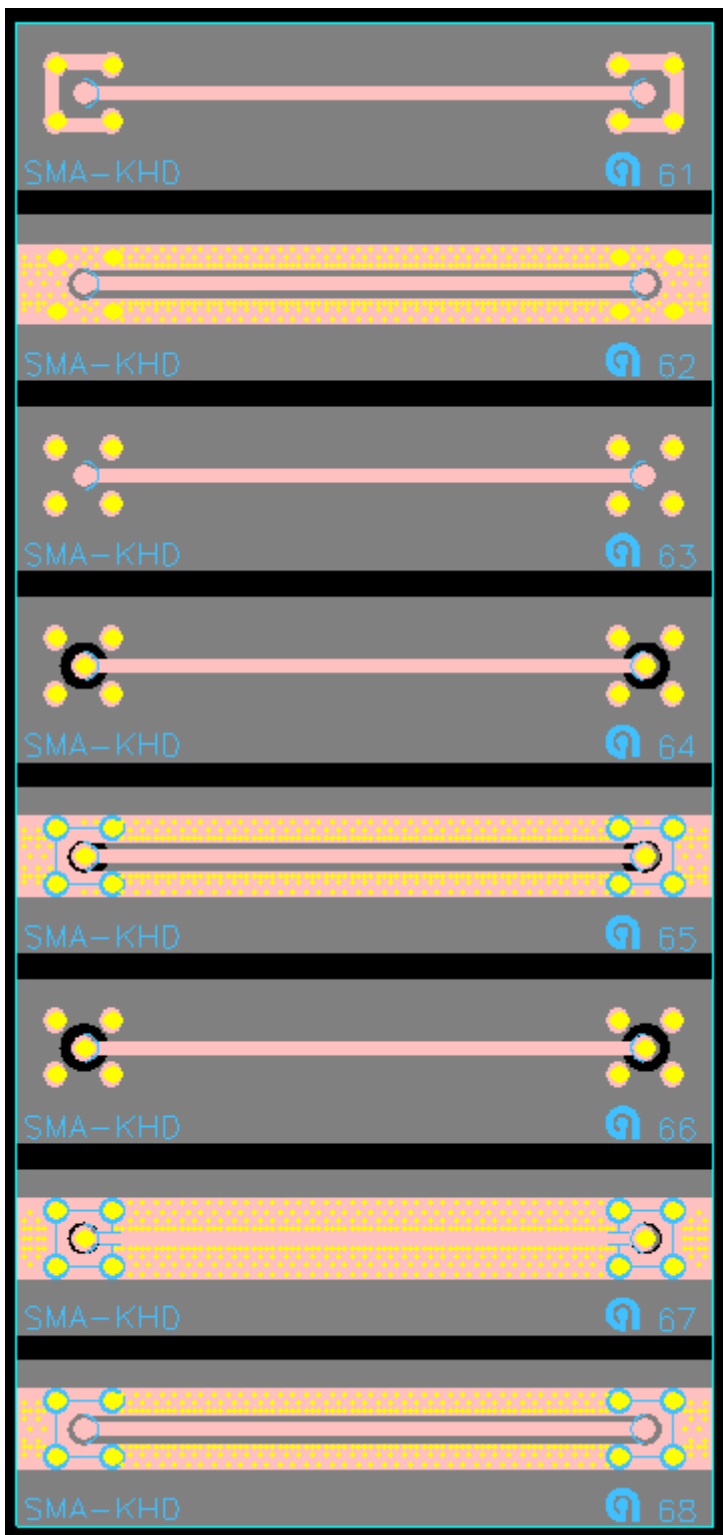
Вывод: рабочая полоса частот до 8 ГГц; стенки из припоя не дают положительного эффекта.

SMA-KHD



Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 8 плат с различными типами линий передач: микрополосковая и два типа копланарных с разными конфигурациями ширины центрального проводника и зазора.





61, 62 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату. Припоем сделаны «стенки» между телом разъёма и платой

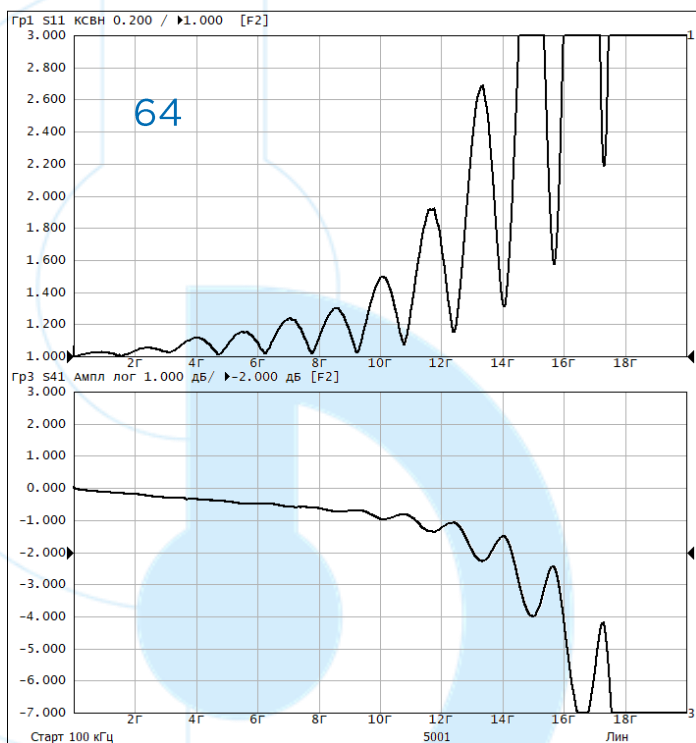
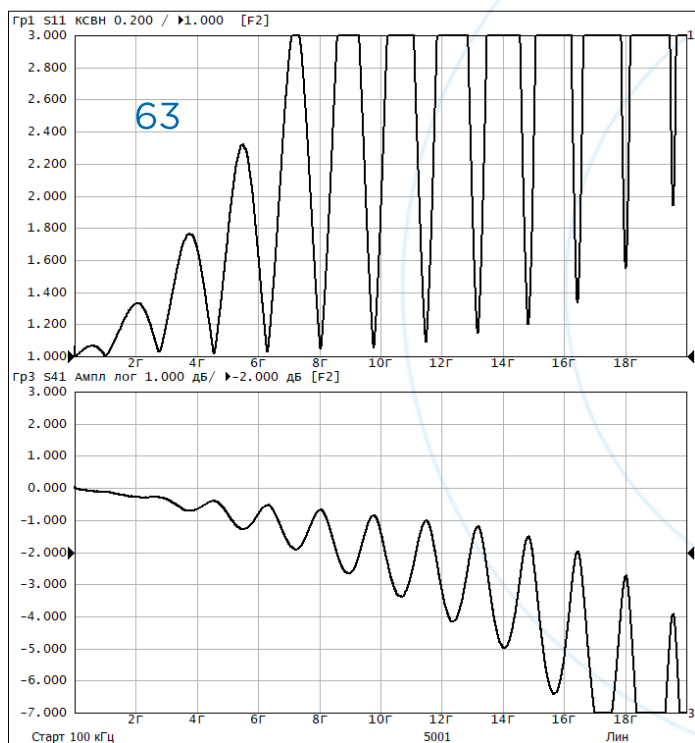
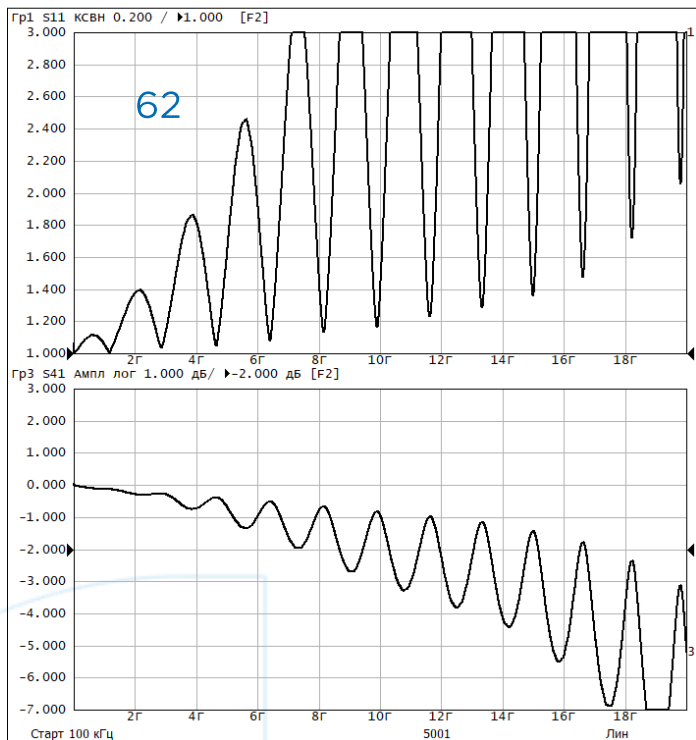
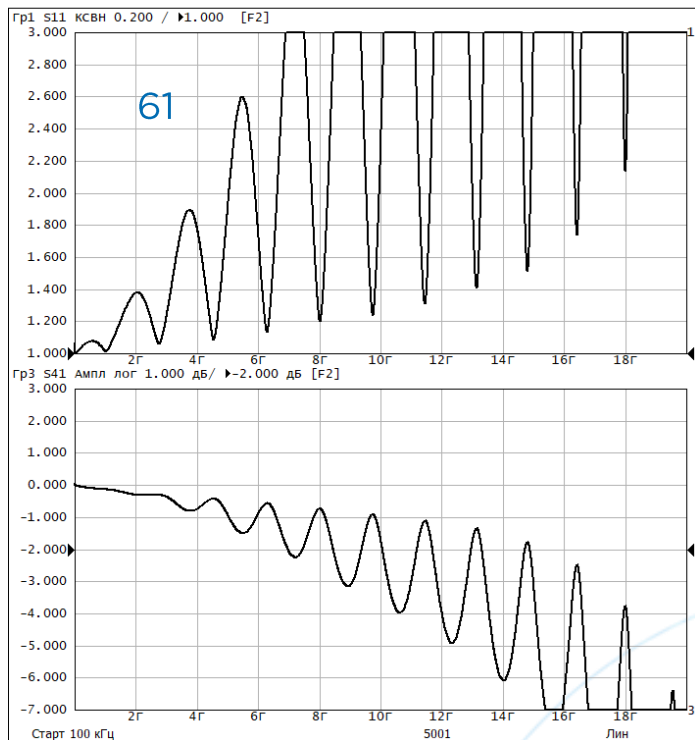
63 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату.

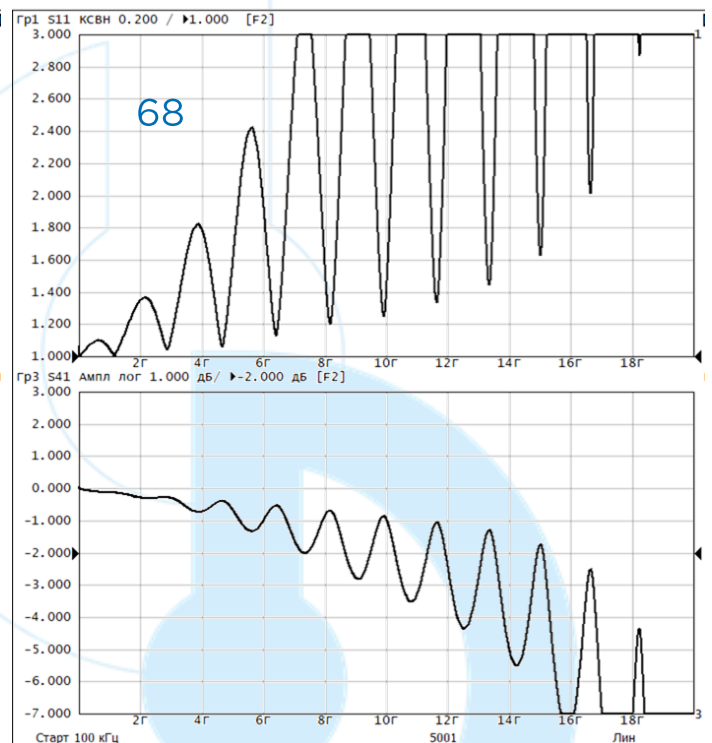
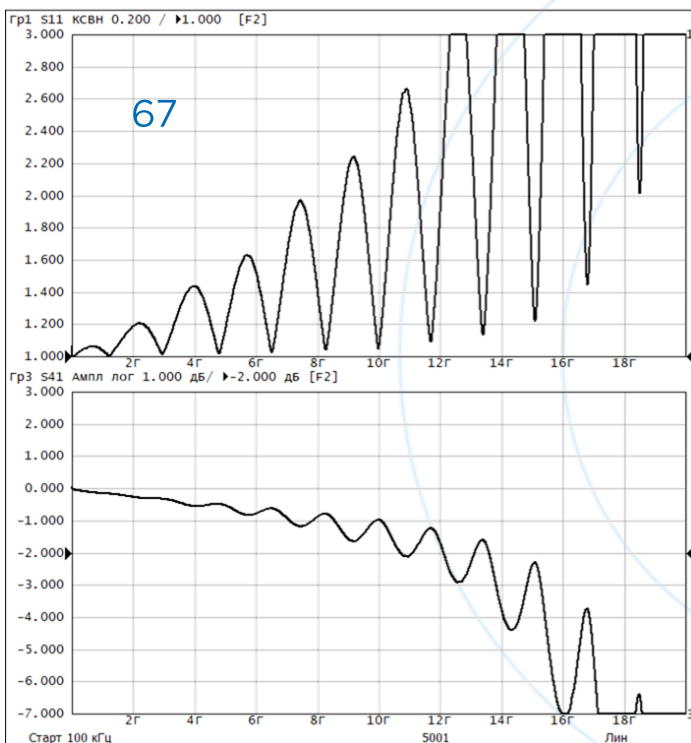
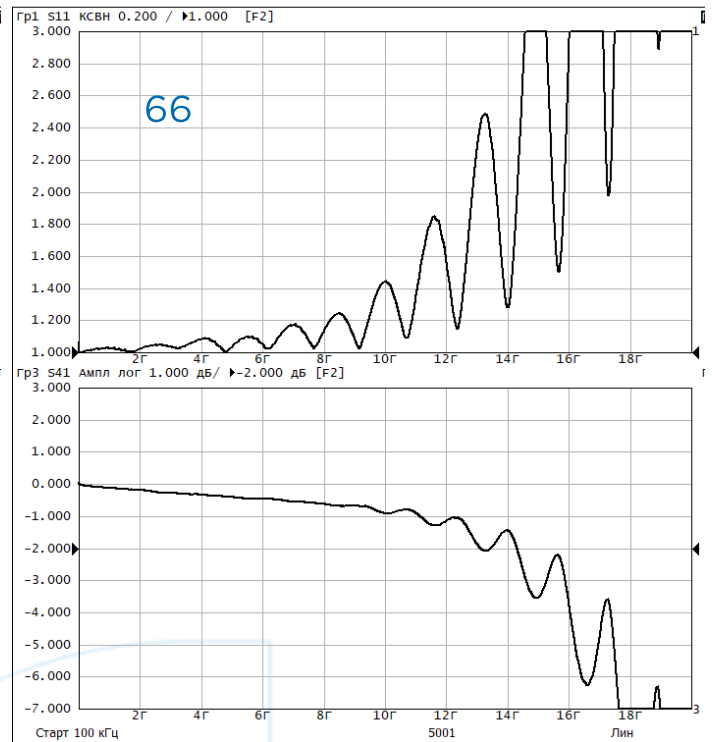
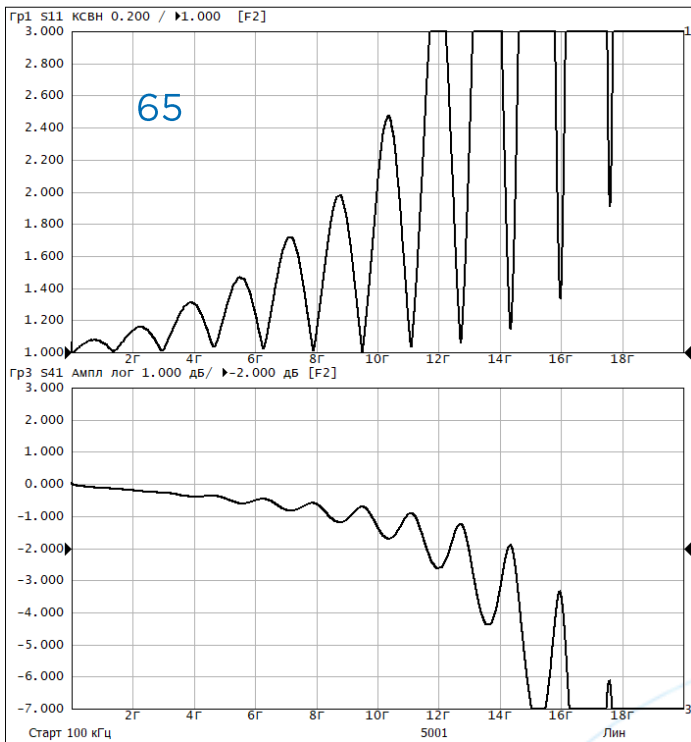
64,65,67 Стандартный монтаж

66 Стандартный монтаж (повтор)

68 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату.

Результаты измерений представлены ниже:



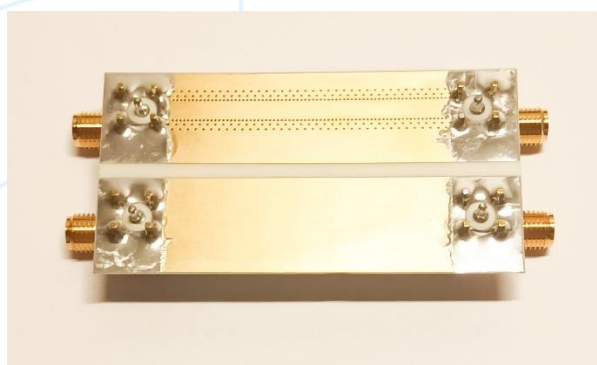


Вывод: стандартный монтаж предпочтительнее, соединитель можно использовать до 10 ГГц; рекомендуется укорачивать ножки с обратной стороны платы.

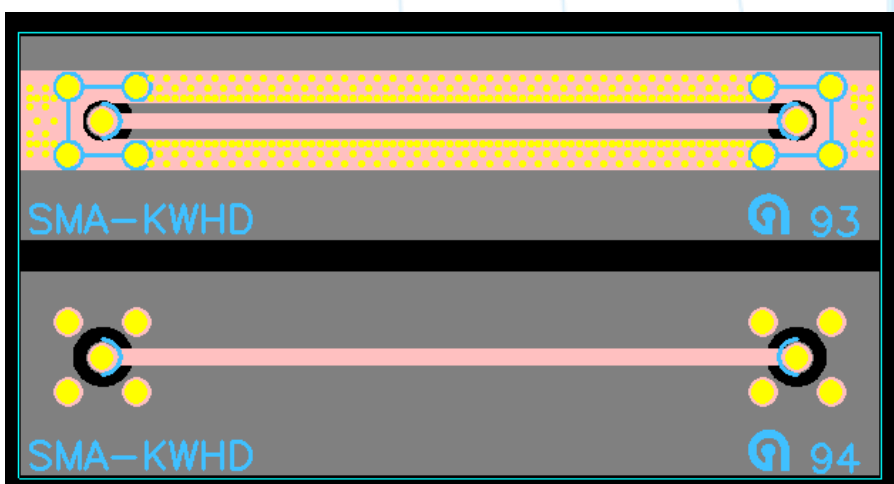
SMA-KWHD



Угловой соединитель стандартной конструкции. Штырь диаметром 1,27 мм и длиной 3,9 мм.



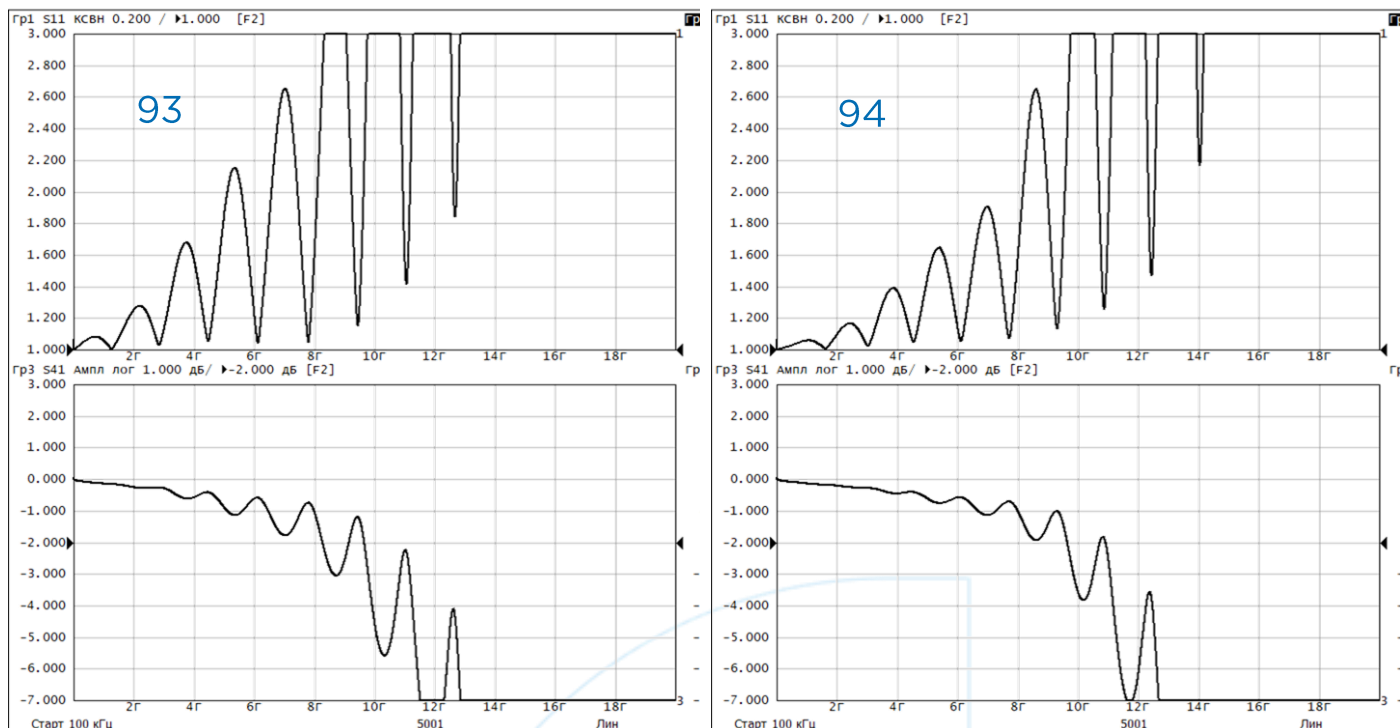
Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 2 платы.



93 Копланарная ЛП

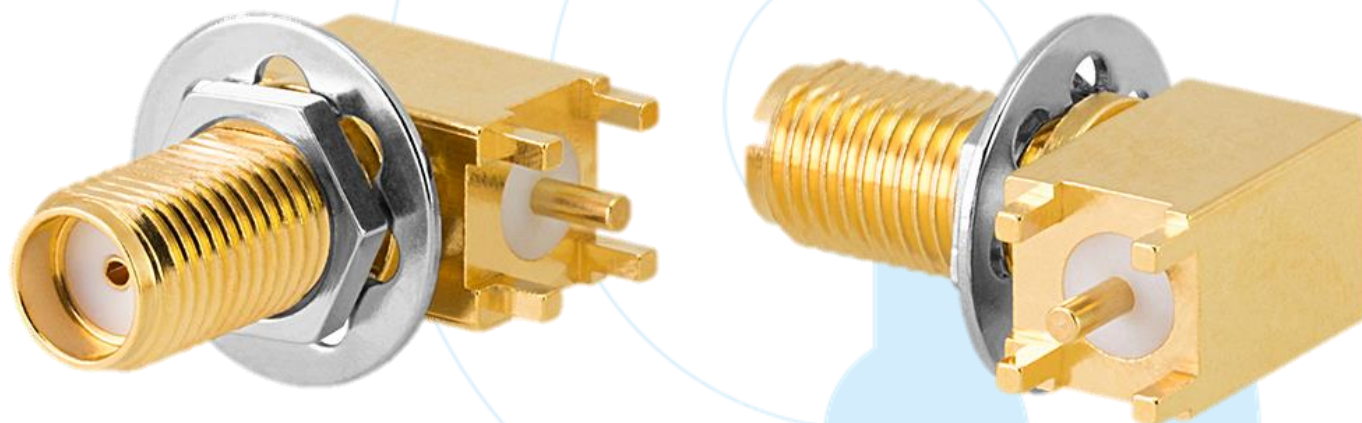
94 Микрополосковая ЛП

Результаты измерений представлены ниже:



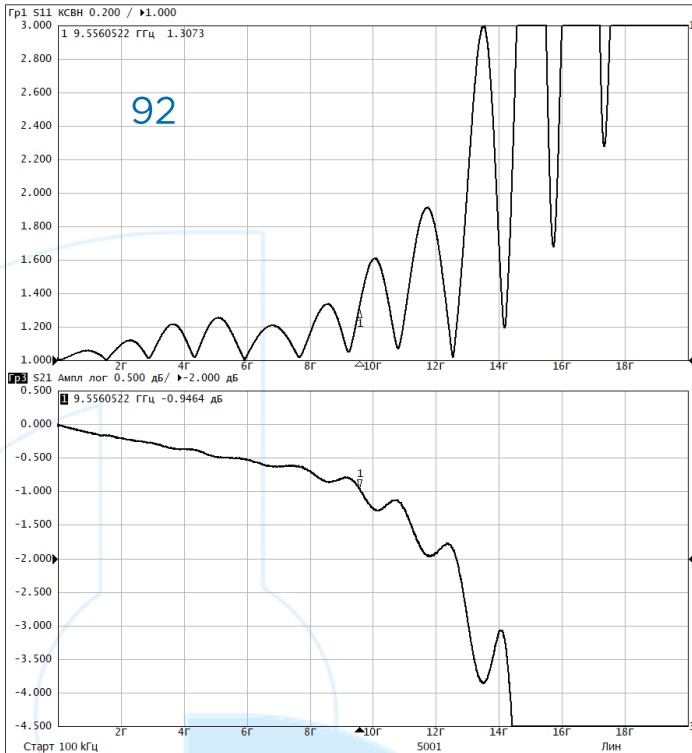
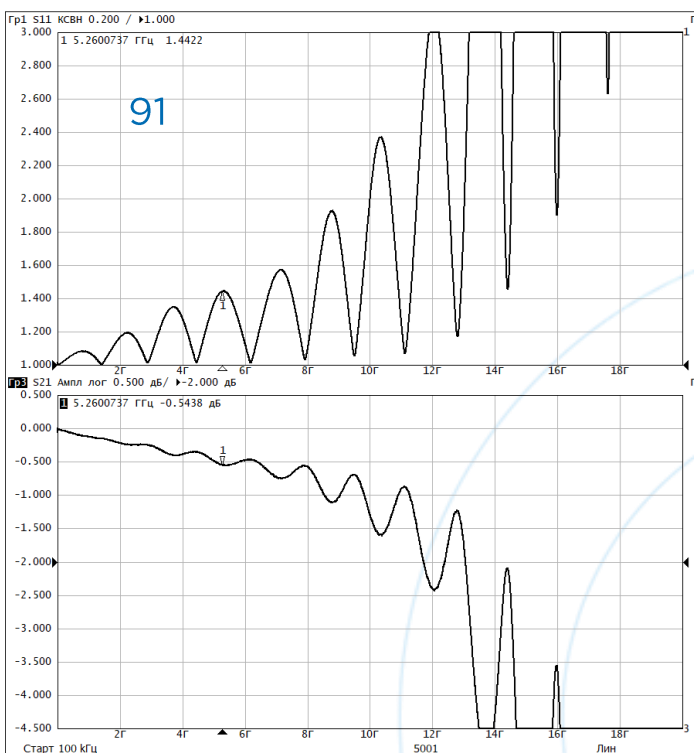
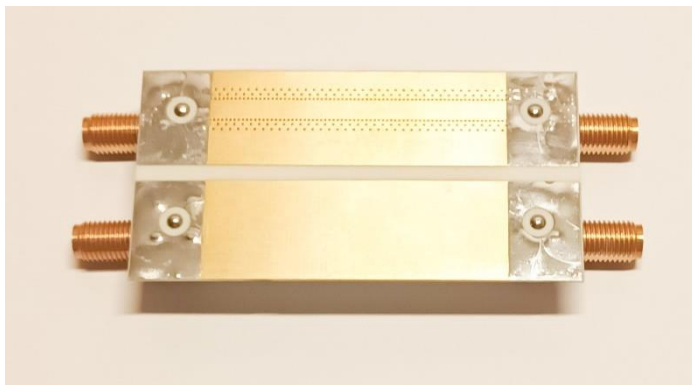
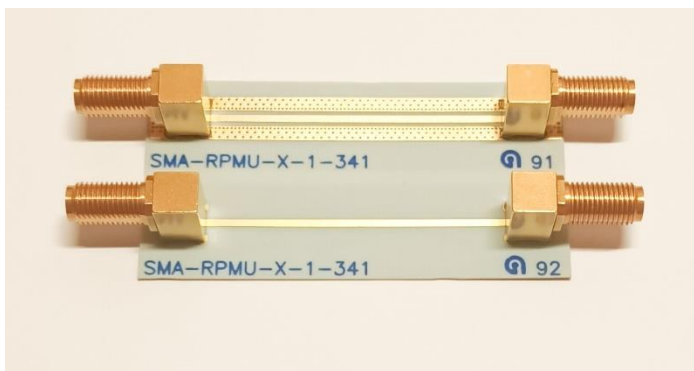
Вывод: данный соединитель «как есть» следует применять до 5 ГГц, рекомендуется обкусывать ножки с обратной стороны платы.

SMA-РПМУ-Х-1-341



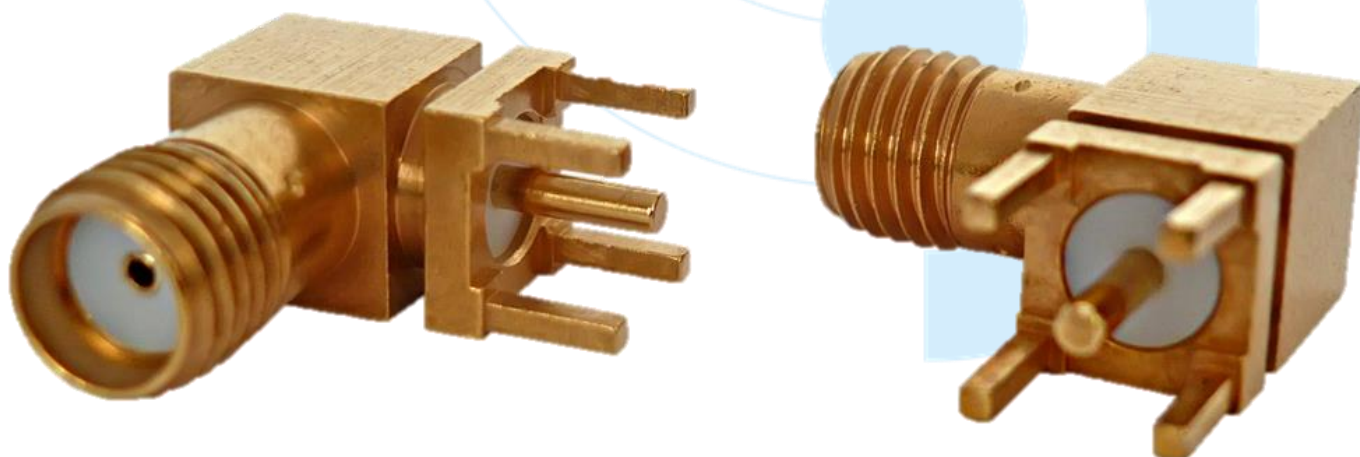
Угловой соединитель собственного производства. Штырь длиной 2,8 мм.

Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 2 платы.

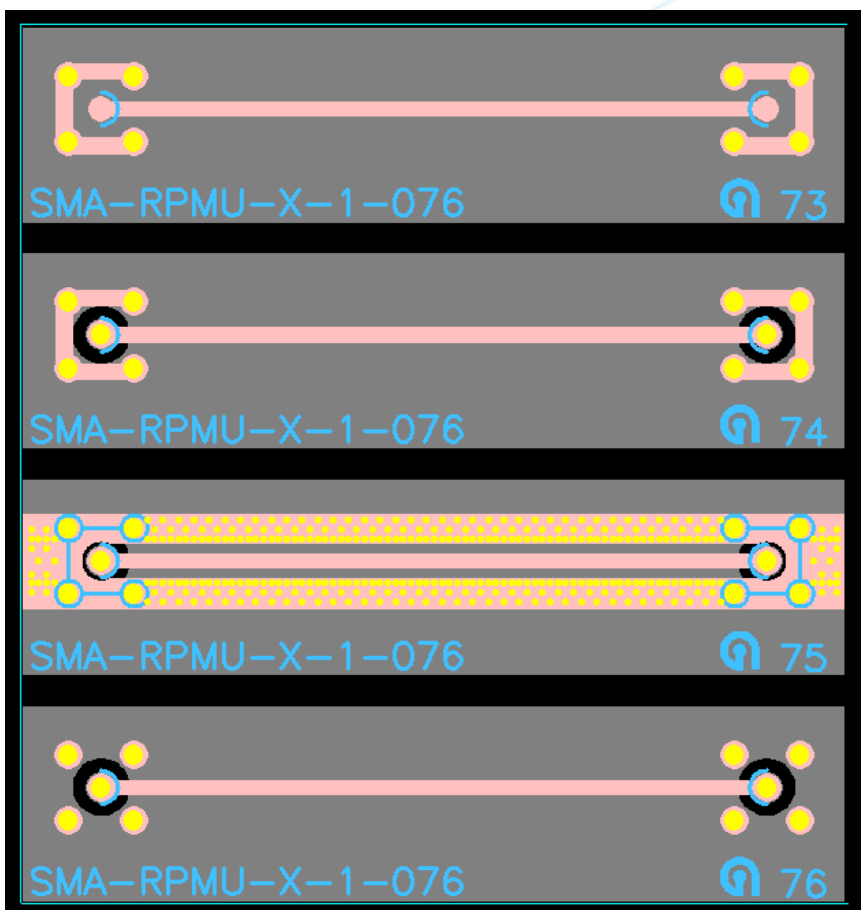
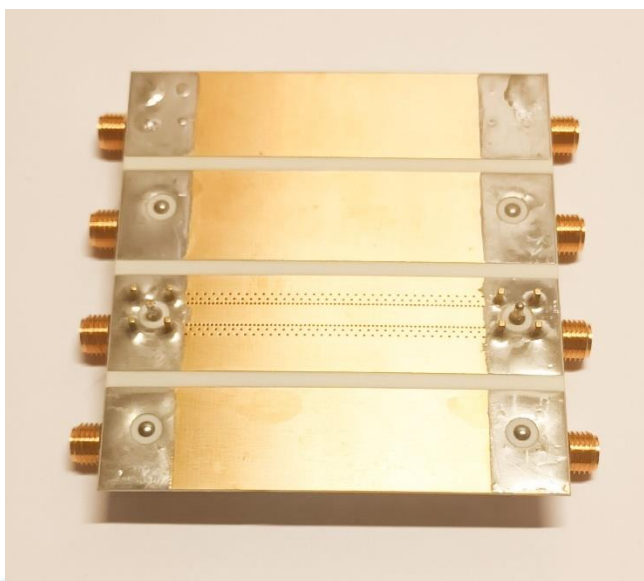
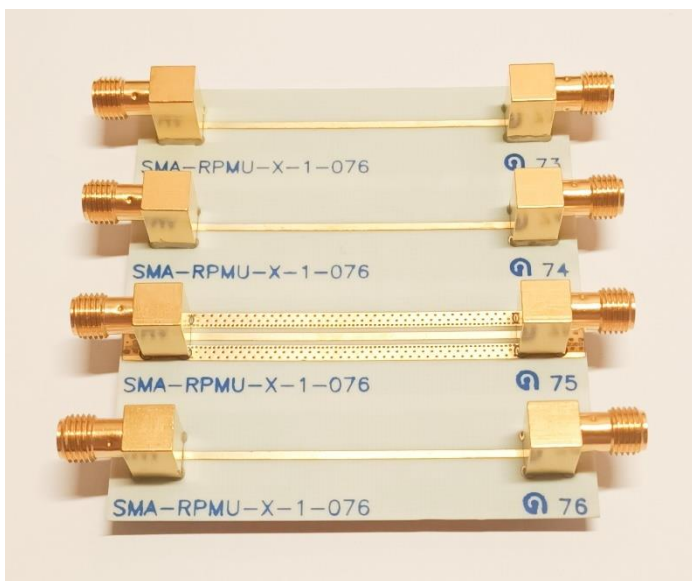


Вывод: рекомендуется отрезать ножки с обратной стороны платы. Несмотря на то, что соединитель специфицирован до 6 ГГц, можно использовать его на более высоких частотах.

SMA-RPMU-X-1-076



Для тестирования и демонстрации работы соединителя было изготовлено 4 платы.



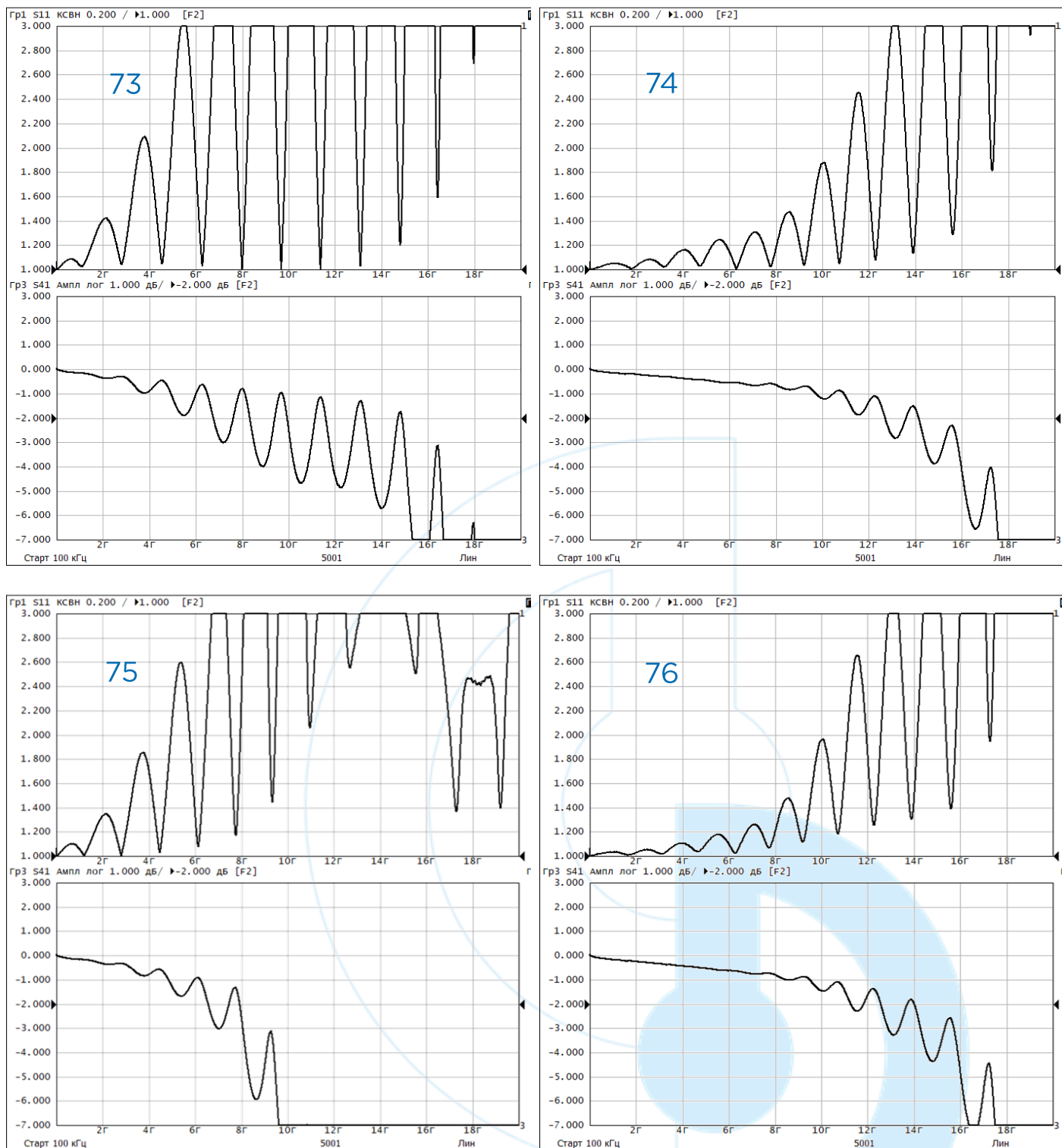
73 Центральный штырь обрезан и паяется поверхностно на плату. Припоем сделаны «стенки» между телом разъёма и платой

74 Припоем сделаны «стенки» между телом разъёма и платой

75 Стандартный монтаж, ножки не обкусаны

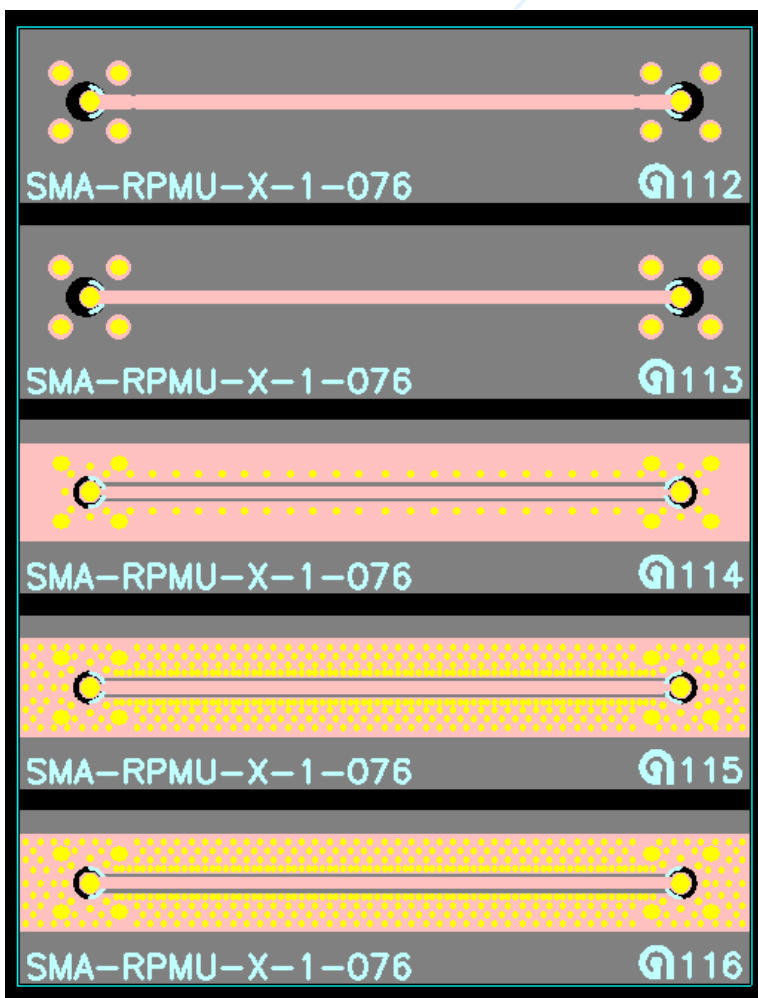
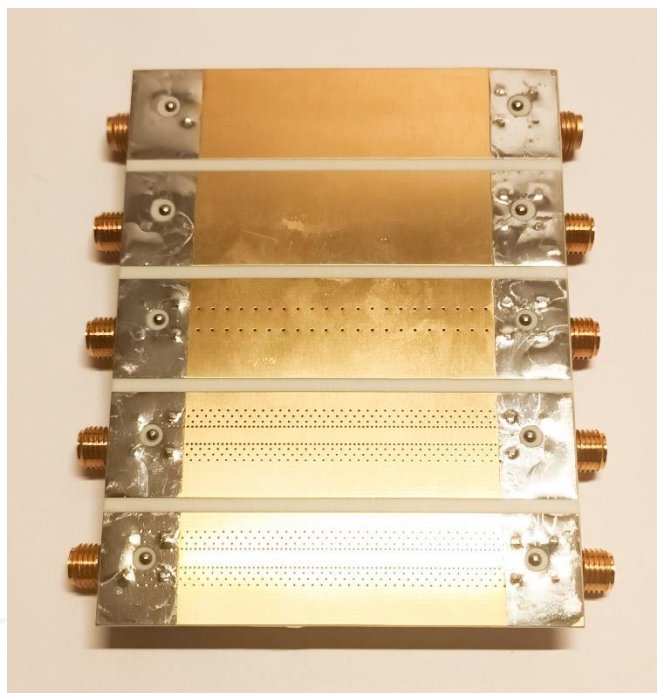
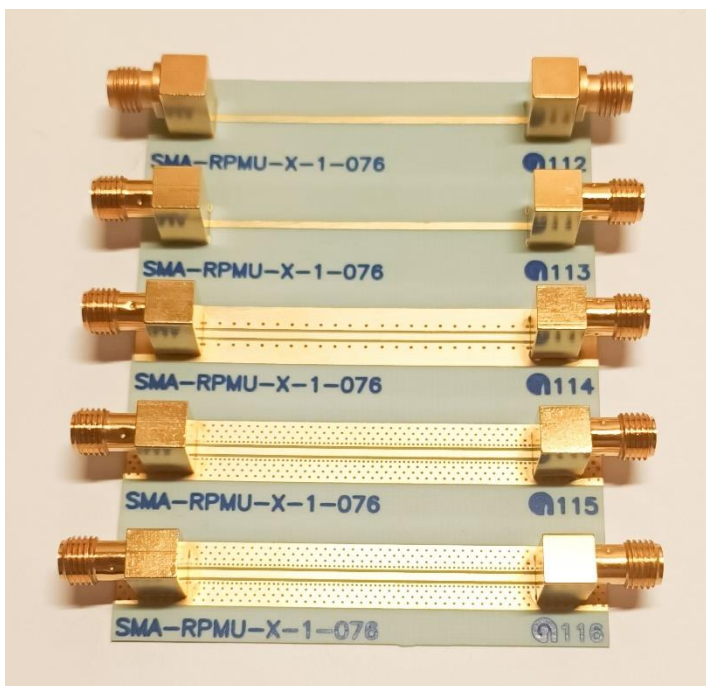
76 Стандартный монтаж, ножки обкусаны

Результаты измерений представлены ниже:



Вывод: сравнивая 74 и 76, можно сказать, что стенки почти не влияют на параметры КПП, рекомендуется обкусывать ножки соединителя.

Дополнительные платы:



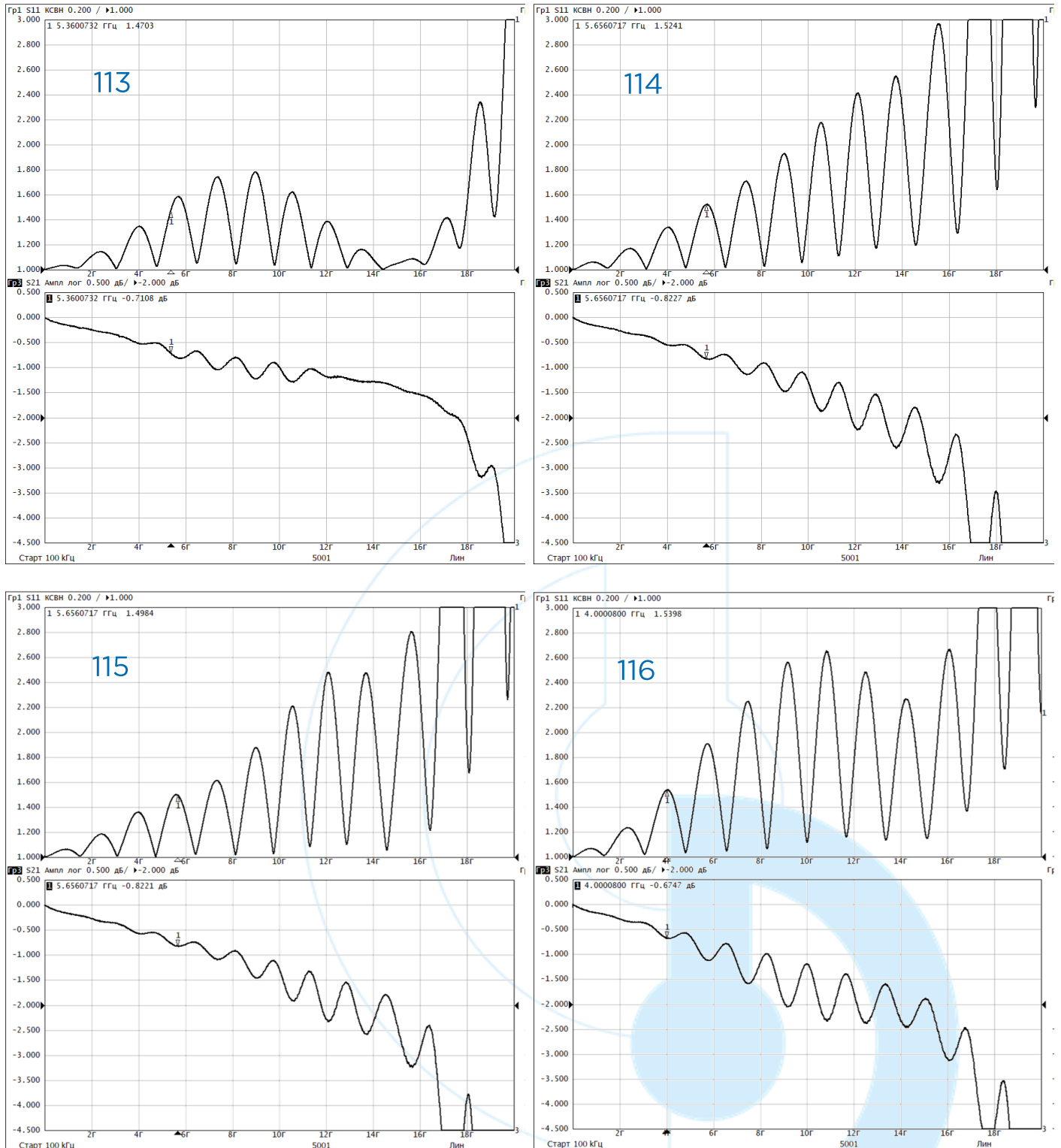
113 Стандартный монтаж, круг на обратной стороне платы смещён от центра и имеет другой диаметр, чем у платы 76

114 Стандартный монтаж, оптимизированная топология с копланарной линией передачи, со смещённым кругом с обратной стороны платы и локальным обужением на центральном проводнике

115 топология повторяет 114, только копланарная линия имеет ширину и зазор, как в остальных платах

116 Сильносвязанная копланарная линия, как на остальных платах в данных рекомендациях, без обужений, круг с обратной стороны платы смещён.

Результаты измерений представлены ниже:



Вывод: сравнивая 76 и 113, топология которой была оптимизирована под конкретную подложку, можно сказать, что оптимизация – долгий, но эффективный способ достичь максимально широкой рабочей полосы частот конкретного КПП.

Выводы по подразделу

- 1) В целях расширения рабочего диапазона частот предпочтительно отрезать ножки соединителей с обратной стороны платы.
- 2) При наличии возможности, методами электродинамического проектирования и оптимизации можно значительно улучшить работу КПП с конкретным типом подложки.
- 3) Наличие *DGS* при поверхностном монтаже улучшает согласование, именно из-за необходимости такого ободка вокруг металлизированного отверстия при монтаже в отверстия КПП работает лучше
- 4) На относительно невысоких частотах (единицы ГГц) микрополосковая линия предпочтительнее.
- 5) Несмотря на то, что большинство угловых соединителей специфицированы до 6 ГГц, можно использовать их и на более высокие частотах (но не выше ограничения частоты интерфейса - 18 ГГц)
- 6) Значительной разницы между работой угловых и прямых соединителей нет
- 7) Значительного выигрыша от опайки корпуса соединителя (создание стенок) нет
- 8) Рабочий диапазон частот может значительно меняться от конструкции (ножки есть/нет) а также от топологии платы (копланарная, микрополосковая ЛП) и от структуры платы (толщина, проницаемость подложки).

Ассортимент соединителей ООО «Амитрон Электроникс» постоянно расширяется, следите за обновлениями нашего каталога!