

*Лавричев О.В.¹, Лебедева Е.А.¹, Никулин С.М.²,
Петров В.В.², Шипунов А.С.²*

¹Арзамасский приборостроительный завод им. П.А. Пландина

²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Контактное устройство для контроля параметров интегральных структур и электронных компонентов в полосковых линиях передачи

Обсуждается конструкция универсального контактного устройства для контроля параметров интегральных структур и электронных компонентов в полосковых линиях передачи. В отличие от известных способов исключения влияния коаксиально-полосковых переходов на получаемые результаты, предлагается использовать одну, либо две калибровочные меры в виде отрезков полосковой линии передачи. Представлены результаты статистических экспериментальных исследований, демонстрирующие высокое качество получаемых данных.

Ключевые слова: Универсальное контактное устройство, коаксиально-полосковый переход, полосковые линии, интегральные структуры, электронные компоненты, коэффициенты отражения.

Контроль параметров интегральных структур и электронных компонентов в полосковых линиях передачи имеет важное значение для обеспечения требуемых характеристик при изготовлении устройств и систем различного функционального назначения. Для реализации этой технологической операции используют специальные контактные устройства, выполняющие функции подключения тестируемого объекта в стандартный коаксиальный канал. Контактное устройство должно обеспечивать возможность подключения объектов с разными геометрическими размерами (длиной и толщиной пластины) за минимально короткое время и иметь повторяемые характеристики разъемных контактов при многократном подключении. Примером такого устройства является модель 3680 V компании Anritsu [1].

Для исключения влияния коаксиально-полосковых переходов на результаты измерений используют различные калибровочные процедуры, отличающиеся набором калибровочных мер. Это, например:

- полосковые меры короткого замыкания, холостого хода, согласованной нагрузки и сквозного соединения [2];
- сквозное соединение, отрезок линии и отражающая мера [3];
- отрезок линии длины L и отражающая полосковая мера длиной $L/2$ в сочетании с обработкой данных с помощью прямого и обратного преобразования Фурье в сочетании с фильтрацией данных временным окном [4].

Все перечисленные процедуры калибровки контактного устройства требуют достаточно большого времени и высокой квалификации персонала.

В настоящей работе представлено универсальное контактное устройство, в котором используется единственная калибровочная мера в виде отрезка полосковой линии либо два отрезка разной длины.

Универсальное контактное устройство имеет модульную структуру и состоит из трех основных элементов (рис. 1): основания с направляющими 1; подвижной каретки 2; держателей СВЧ разъемов с механизмами контактирования 3.

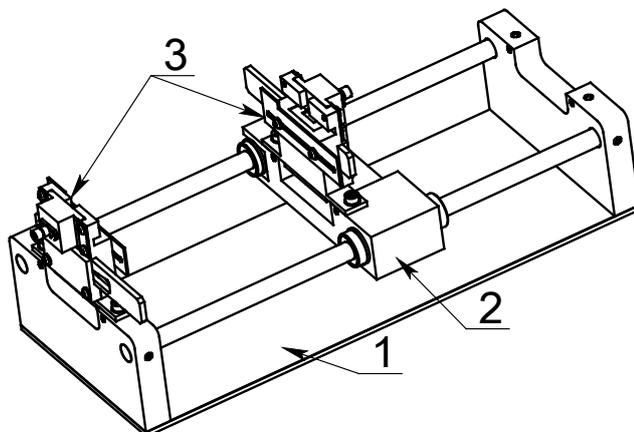


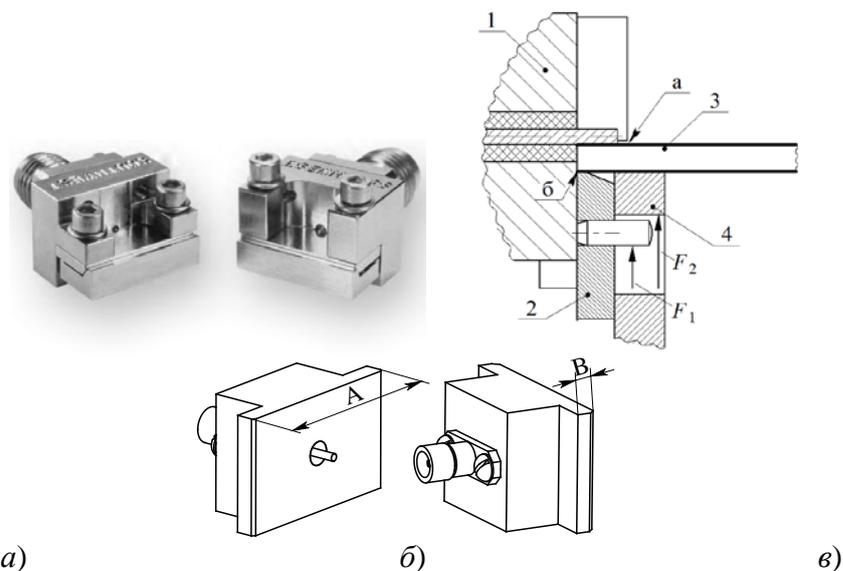
Рис. 1. Универсальное контактное устройство

Основание и подвижная каретка образуют самостоятельный узел - измерительную платформу, на которую монтируются узлы контактирования. Изменяя комплектацию устройства можно легко адаптировать его для решения разнообразных измерительных задач.

Для перемещения каретки выбран простейший вид направляющих - цилиндрические валы и шарикоподшипники для линейного перемещения, детали для которых изготавливаются серийно. Такое решение позволило снизить требования к точности изготовления деталей измерительной платформы. Один из подшипников - плавающий, расположенный в вилке каретки, что позволило избежать необходимости регулировки положения направляющих.

Основной задачей при разработке контактного устройства было обеспечение повторяемости параметров контакта между переходом и тестовыми полосковыми платами. За основу была взята идея, реализованная в переходах фирмы Southwest Microwave [5], показанных на рис. 2, а.

В них, для стабилизации параметров, использована контролируемая упругая деформация центрального проводника перехода за счет наличия жестких упоров с верхней стороны подключаемых плат. Однако, данная конструкция переходов имеет недостатки, существенные при реализации измерительных задач: это значительные временные затраты на подключение и необходимость выполнения отверстий в тестовых платах.



1 - коаксиально-полосковый переход; 2 - подвижный контакт; 3 - полосковая плата (меры, объект измерения); 4 - прижим; а - зазор между платой и упором перехода до приложения прижимного усилия; б - зона контакта перехода и экрана полосковой платы.

Рис. 2. Коаксиально-полосковый переход End Launch Connectors (а), конструкция перехода контактного устройства (б), адаптер для разъема SMA R125.464.001

Конструкция разработанного узла прижима показана на рис. 2, б. Объекты контроля могут иметь весьма большой разброс по массе - это и калибровочные элементы, и оснастка для измерения параметров мощных транзисторов, снабженная системой охлаждения. Поэтому в конструкции предусмотрено раздельное создание усилия прижима платы к выводу коаксиально-полоскового перехода F_2 и усилия, создающего контакт между экраном платы и корпусом перехода F_1 . В устройстве предусмотрена возможность установки коаксиально-полосковых переходов различных типов. Для реализации этой возможности используются специальные адаптеры. Адаптер для разъема SMA R125.464.001 с сечением коаксиальной линии 3,5/1,5 представлен на рис. 2, в. Адаптеры для других типов переходов будут иметь другую конструкцию, но должны иметь фиксированные присоединительные размеры А и В.

Конструкция адаптера позволяет регулировать его смещение по вертикали в узле контактирования, что необходимо для обеспечения заданного значения смещения вывода перехода относительно опорной поверхности. Величина этого смещения рассчитывается, исходя из требуемого усилия прижатия.

При измерении параметров транзисторов на высоких уровнях СВЧ мощности контактное устройство допускает установку дополнительных систем охлаждения. Транзистор устанавливается на медную пластину, служащую для равномерного распределения тепла по поверхности контакта с радиатором. Для отвода тепла с уровнем рассеиваемой мощности до 80 Вт, предусмотрен вентилятор.

В контактном устройстве предусмотрена оригинальная процедура определения параметров коаксиально-полосковых переходов по результатам измерения S-параметров контактного устройства с походной мерой длиной L с помощью векторного анализатора цепей. Внешний вид контактного устройства с полосковой линией показан на рис. 3. Существенно, что параметры переходов определяются вместе с отрезками полосковых линий длиной $L/2$. Поэтому контролируемые объекты устанавливаются в разрыве полосковой линии длиной L , как показано на рис. 4.



Рис. 3. Универсальное контактное устройство с проходной полосковой мерой волнового сопротивления

Для проведения таких измерений контактное устройство дополняется двумя промежуточными прижимными устройствами, каждое из них содержит подвижную каретку, на которой установлена опора для полосковой платы и прижим в виде поворотного рычага с вкладышем из фторопласта. На вкладыше закреплена металлическая перемычка, обеспечивающая контакт между полосками подводящей линии и измеряемого объекта.

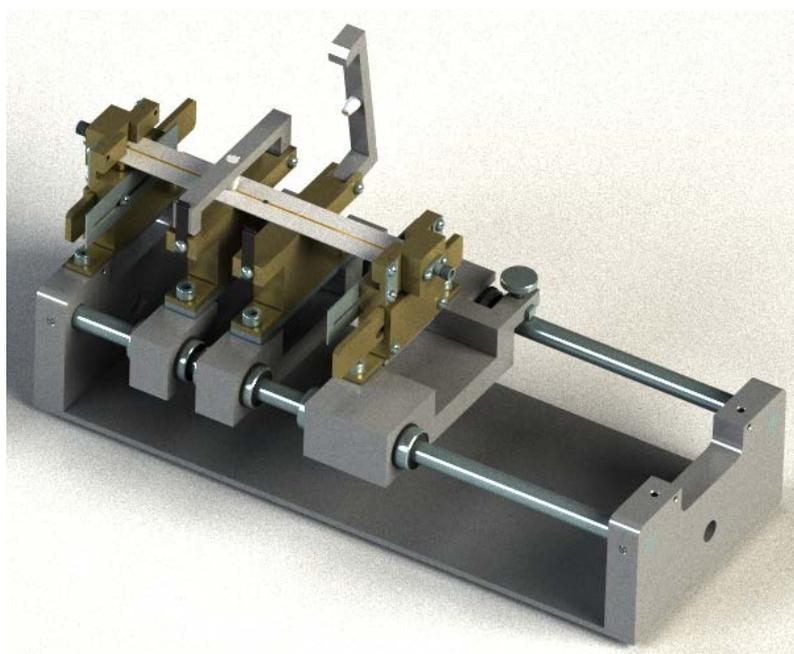


Рис. 4. Универсальное контактное устройство с объектом измерения

Другой вариант определения параметров переходов предполагает помещение в контактное устройство двух отрезков полосковых линий разной длины и измерений S -параметров в коаксиальном канале с последующей обработкой данных. В этом случае можно использовать отрезки полосковых линий, на входе и выходе контролируемой структуры произвольной, но известной длины.

Процедура исключения влияния переходов на результаты измерений известна. Достаточно загрузить в анализатор цепей файлы внешних окружающих цепей в требуемом формате с расширением s2p.

Эффективность получаемого результата демонстрирует рис. 5, на котором слева в полярной системе координат приведены графики коэффициента отражения от первого порта контактного устройства при многократном подключении полосковой линии длиной 110 мм в коаксиальном канале, а справа результаты исключения переходов из результатов этих измерений.

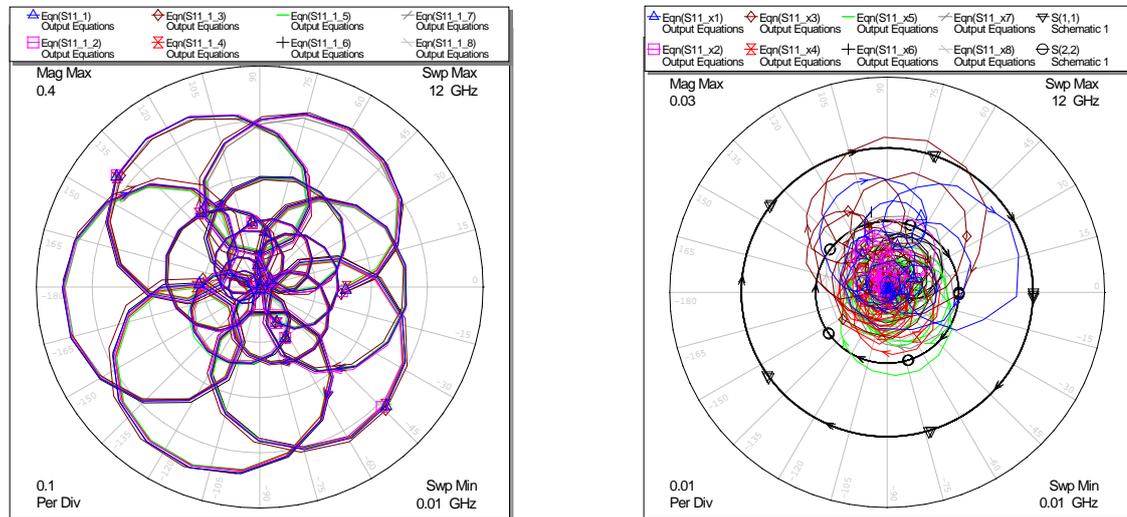


Рис. 5. Графики коэффициентов отражения от первого порта контактного устройства в коаксиальном и полосковом каналах

Из рисунков видно, что максимальные значения модулей коэффициентов отражения в коаксиальном канале приближаются к величине порядка 0.4, а после исключения перехода из результатов измерений практически все результаты не выходят за окружность радиуса 0.02. причем основная доля результатов измерений концентрируется внутри окружности радиуса 0.01.

Работа выполнена по заказу Арзамасского приборостроительного завода имени П.И.Планина.

Библиографический список

1. Universal Test Fixtures 3680 Series [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.anritsu.com/ru-RU/components-accessories/products/3680-series>, свободный.
2. Хибель М. Основы векторного анализа цепей / Михаэль Хибель.- пер. с англ. С.М. Смольского; под ред. У. Филипп. Издательский дом МЭИ, 2009. – 500 с.
3. G.F. Egnen and C.A. Hoer Thru-reflect-line: An improved technique for calibrating the dual six-port automatic network analyzer, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques Vol. MTT-27, pp 987-998 Dec. 1979.
4. Векторный анализатор цепей P4M-18. Руководство по эксплуатации.
5. Southwest Microwave. Hi-Performans Microwave Connectors. End Launch Connectors [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://mpd.southwestmicrowave.com/products/family.php?family=71>, свободный.