

УДК 621.3.084.2

А.А. Ладур

СВЧ-зонды для измерения характеристик планарных элементов интегральных схем

Представлены результаты разработки СВЧ-зондов, предназначенных для измерения планарных элементов интегральных схем: конструкция, расчетные и экспериментальные частотные характеристики в диапазоне до 12 ГГц. Рассмотрено перспективное решение построения зонда в диапазоне до 30 ГГц.

Ключевые слова: зонд, СВЧ, измерения, зондовая станция, планарный элемент.

Для контроля качества производимых микросхем требуется поэтапный контроль путем измерения параметров микросхем на пластине. Одним из функционально сложных узлов систем измерения на пластинах является СВЧ зонд, с помощью которого обеспечивается переход от измерительного тракта системы к микросхеме. Непрерывный рост требований к параметрам устройств зависит от совершенствования измерительной техники и, в частности, СВЧ-зондов [1]. В работах [2, 3] рассмотрен расчет элементов СВЧ зонда, приведены частотные характеристики в диапазоне до 12 ГГц. В настоящей работе сообщаются результаты разработки и измерений параметров зондов, предназначенных для измерения электрических характеристик планарных элементов интегральных схем на пластинах, а также представлена конструкция и расчетная частотная зависимость модуля коэффициента отражения нового зонда.

Конструкция СВЧ-зонда приведена на рис. 1. СВЧ-тракт зонда можно условно разделить на коаксиальную и копланарную части. Коаксиальная часть – от разъема 1 измерительного тракта системы до перехода к копланарной линии. Копланарная часть состоит из планарных проводников на диэлектрическом основании 2, переходящих в упругие проводники воздушной линии 3. В конструкции часть корпуса 4 образует экран над отрезком копланарной линии. Таким образом, копланарная часть тракта представляет собой линию с неоднородным диэлектрическим заполнением.

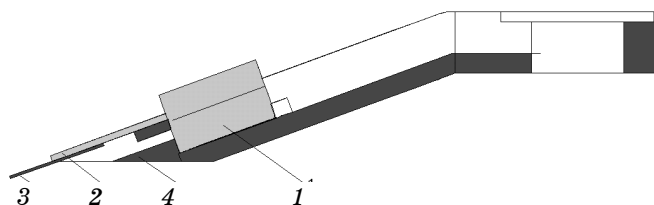


Рис. 1. Конструкция СВЧ-зонда:

1 – разъем; 2 – диэлектрическая пластина;
3 – проводники воздушной линии; 4 – корпус

Моделирование зонда проводилось путем декомпозиции конструкции на четыре основных части: переход от коаксиального разъема к копланарной линии, копланарная линия на диэлектрике, копланарная линия в воздухе, переход копланарной линии на диэлектрике на линию с воздушным заполнением. Анализ эквивалентной схемы данных частей копланарной линии показал, что без дополнительных мер

для компенсации неоднородностей в тракте можно получить обратные потери не лучше –25 дБ. Поэтому электрические характеристики зонда оптимизировались с учетом вышесказанного. С этой целью учтены неоднородности в тракте зонда, зависимость первичных параметров копланарных проводников от продольной координаты, а также различие фазовых скоростей нормальных волн в отрезках копланарных линий [4].

Модуль коэффициента передачи зонда измерялся при помощи скалярного анализатора цепей P2M-18. Для измерения использовалась копланарная линия 50 Ом на материале поликор. Линия выполнена прецизионной с модулем коэффициента передачи не хуже –0,1 дБ в диапазоне частот до 12 ГГц, поэтому вносимые потери незначительно сказываются на результатах измерения параметров зондов. Схема измерений двухзондовая, поэтому определяется суммарное ослабление, а параметры одного зонда вычисляются как среднее значение модуля коэффициента передачи двух зондов. На рис. 2 приведены результаты измерений – суммарная характеристика модулей коэффициентов передачи двух зондов. Для качественной оценки зондов были проведены измерения параметров зондов производства Suss по аналогичной схеме.

В изготовленных зондах используется открытая копланарная линия, в результате чего наблюдается ухудшение характеристик зондов на частотах 3,2 и 5,5 ГГц. После анализа характеристик в конструкции была изменена форма экрана и применен поглотитель. Эти изменения исключили резонансы на частотах 3,2 и 5,5 ГГц.

Конструкция модернизированного зонда показана на рис. 3. Коаксиальный разъем 1 соединяется с гермоводом 2 посредством цангового сочленения. Гермовод 2, установленный во вставную часть корпуса 3, соединяется с копланарной линией передачи, проводники 5 которой зажаты между двумя диэлектрическими пластинами 6. Диэлектрические пластины 6 металлизированы с внешней стороны для уменьшения влияния факторов внешней среды, а также уменьшения количества участков геометрических неоднородностей между ними и корпусом 4 или вставной частью корпуса 3 устройства.

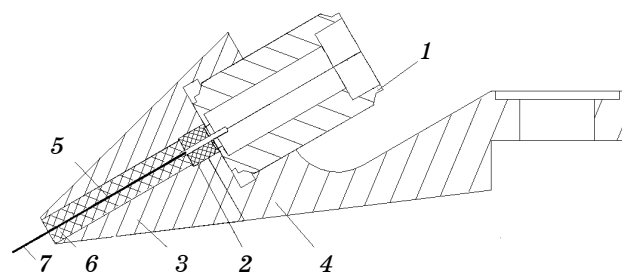


Рис. 3. Поперечное сечение модернизированного СВЧ-зонда

конструкцию изменения позволяют скорректировать характеристику, устранив нежелательные резонансы, а также добиться более равномерной характеристики.

Работа выполнена при финансовой поддержке по договору № 13.G25.31.0011 между ЗАО «НПФ «Микран» и Министерством образования и науки РФ по Постановлению №218 Правительства РФ.

Литература

1. Wollitzer M. Novel concept for a modular millimeterwave probe tip / M. Wollitzer, B. Rosenberger, W. Strasser // 2000 IEEE. Reprinted, with permission, 55rd ARFTG Conference Digest. – Boston; Massachusetts: Spring, 2000.
2. Ладур А.А. Расчет элементов СВЧ-зонда для систем измерения микросхем на кристалле / А.А. Ладур, О.Ю. Морозов // Научная сессия ТУСУР–2009: матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 12–15 мая 2009 г.: В 5 ч. – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2009. – С. 328.
3. Ладур А.А. СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (CriMiCo–2010): матер. 20-й Междунар. конф., Севастополь, Украина, 13–17 сентября 2010 г. – Севастополь: Вебер, 2010. – Т. 2. – С. 979–980.
4. Малютин Н.Д. Квази-Т-волны в комбинированных структурах на основе нерегулярных линий передачи с сосредоточенными неоднородностями / Н.Д. Малютин, А.Г. Лощилов, Э.В. Семенов // Доклады ТУСУРа. – 2005. – № 4(12). – С. 42–49.

Ладур Александр Анатольевич

Аспирант каф. РЭТЭМ ТУСУРа инженер ДИИС ЗАО «НПФ «Микран»

Тел.: +7-913-865-36-08

Эл. почта: ladur@micran.ru

Ladur A.A.

Microwave probes for measuring the characteristics of planar elements of integrated circuits

High-frequency probes are a functional-difficult part of system of measurement on a wafer. Probes create transition from a measuring tract to a microcircuit. The work purpose consisted in creation of microwave probes. The probe design is presented on a figure 1. Calculation electromagnetic is presented in figure 2.

Keywords: microwave, probe, probe station, measure, line.

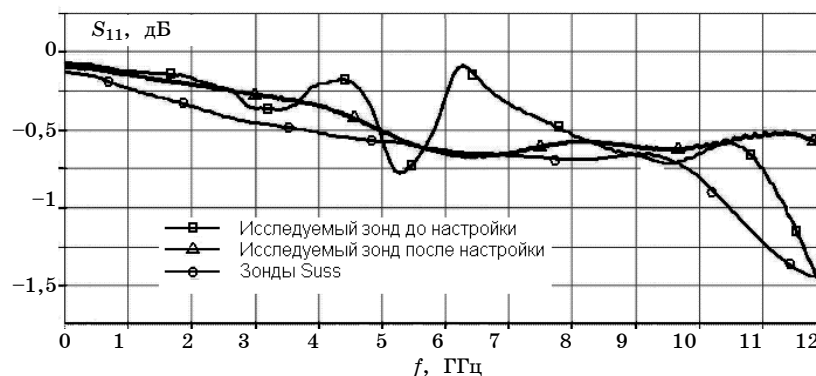


Рис. 2. Частотная зависимость модуля коэффициента передачи

Расчет дал значения модуля коэффициента отражения модернизированного зонда не хуже -30 дБ. Таким образом, разработана конструкция сверхвысокочастотного зонда на копланарных линиях. Достигнуты положительные результаты при измерениях. Внесенные в