

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор ОАО «Октава»



Ю.Б. Мякишев

2013 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ТУСУР



А.А. Шелупанов

2013 г.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Параметры рассеяния СВЧ - транзисторов в бескорпусном исполнении

Методика выполнения измерений

ЕГВА.468166.252ПМ

СОГЛАСОВАНО

Главный конструктор ОКР
«Дискрет-22»

В.П. Цибаев

2013 г.

Разработчики

Главный конструктор СЧ ОКР
«Дискрет-22-О»

Л.И. Бабак

2013 г.

Начальник отдела метрологии
ТУСУР

Р.С. Мельников

2013 г.

ЕГВА.468166.252ПМ

инв. №	Полпись и дата.	Взам. инв	Инв. №	Полпись и дата.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Шеерман			
Пров.	Бабак			
Т.контр.				
Н.контр.	Бабак			
Утв.				

Параметры рассеяния СВЧ
- транзисторов в
бескорпусном исполнении

Лит.	Лист	Листов
	1	

1. Назначение и область применения методики

Настоящий документ устанавливает методику измерения модуля и фазы параметров рассеяния (S-параметров) СВЧ транзисторов в бескорпусном исполнении (кристалл на кристаллодержателе). Измерения выполняются в нормальных условиях в соответствии с ГОСТ 8.395-80. Настоящая методика предназначена для выполнения измерений в диапазоне частот 10 МГц – 40 ГГц.

2. Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы

- 2.1 Постановление №848-70 от 30.03.1970 г. Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот
- 2.2 ГОСТ 8.395-80 Нормальные условия измерений при поверке
- 2.3 Постановление 848-70 Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот
Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот *
- (утв. Главным Санитарным врачом СССР 30 марта 1970 г. N 848-70) (с изменениями от 8 февраля 1978 г.). Источник:
<http://www.gosthelp.ru/text/Postanovlenie84870Sanitar.html>
- 2.4 ГОСТ 12.3.019-80 Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.
- 2.5 ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
- 2.6 ГОСТ Р 51350-99 (МЭК 61010-1-90) Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования.
- 2.7 ГОСТ 12.2.007.0-75 Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
- 2.8 ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

3. Термины и определения

Измерительный станок – контактное устройство, позволяющее осуществить подключение транзистора в стандартный коаксиальный СВЧ тракт.

4. Требования к показателям точности измерений

- 4.1 Пределы допускаемой относительной погрешности по данной методике измерений зависят от выбранных средств измерения (СИ) и диапазонов измерений. Методика определения погрешностей представлена в разделе 12.2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕГВА.468166.025ПМ	Лист 2

4.2 Погрешность измерения параметров рассеяния зависит от рабочей частоты и уровня мощности. Величина погрешности определяется векторным анализатором цепей и приведена в инструкции к прибору.

5. Требования к средствам измерений, вспомогательному оборудованию и материалам

5.1 При выполнении измерений применяют средства измерений, вспомогательные устройства и материалы, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Нормативные документы	Метрологические и технические характеристики
1	Векторный анализатор цепей ZVA40 с набором калибровочных мер в коаксиальном тракте	Свидетельство об утверждении типа средства измерения №2215/441 от 09.04.2013	
2	СВЧ коаксиальные соединительные кабели	ГОСТ 11326.0-78	Волновое сопротивление 50 Ом
3	Измерительный станок		
4	Двухканальный источник питания с возможностью измерения тока и напряжения E3646A	Свидетельство об утверждении типа средства измерения №2013/204 от 29.04.2013	Погрешность установки по напряжению: не более 33 мВ для 8 В (не более 45 мВ для 20 В) Погрешность измерения тока не более 12 мА.

Схема измерительной установки в сборе представлена на рис. 1.

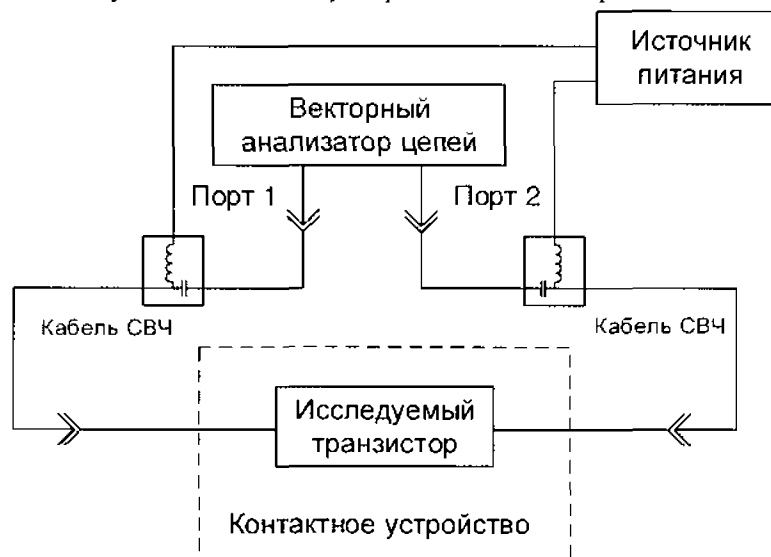


Рисунок 1 – Схема измерительной установки

Тип коаксиального тракта должен соответствовать ГОСТ РВ 51914 2002 и определяется в соответствии с требуемым частотным диапазоном.

ЕГВА.468166.025ПМ

Лист
3

Изм Лист № докум. Подп. Дата

Измерительный станок представляет собой контактное устройство, позволяющее осуществить подключение транзистора в стандартный коаксиальный СВЧ тракт. Конструкция одного из возможных вариантов такого устройства представлена на рис. 2.

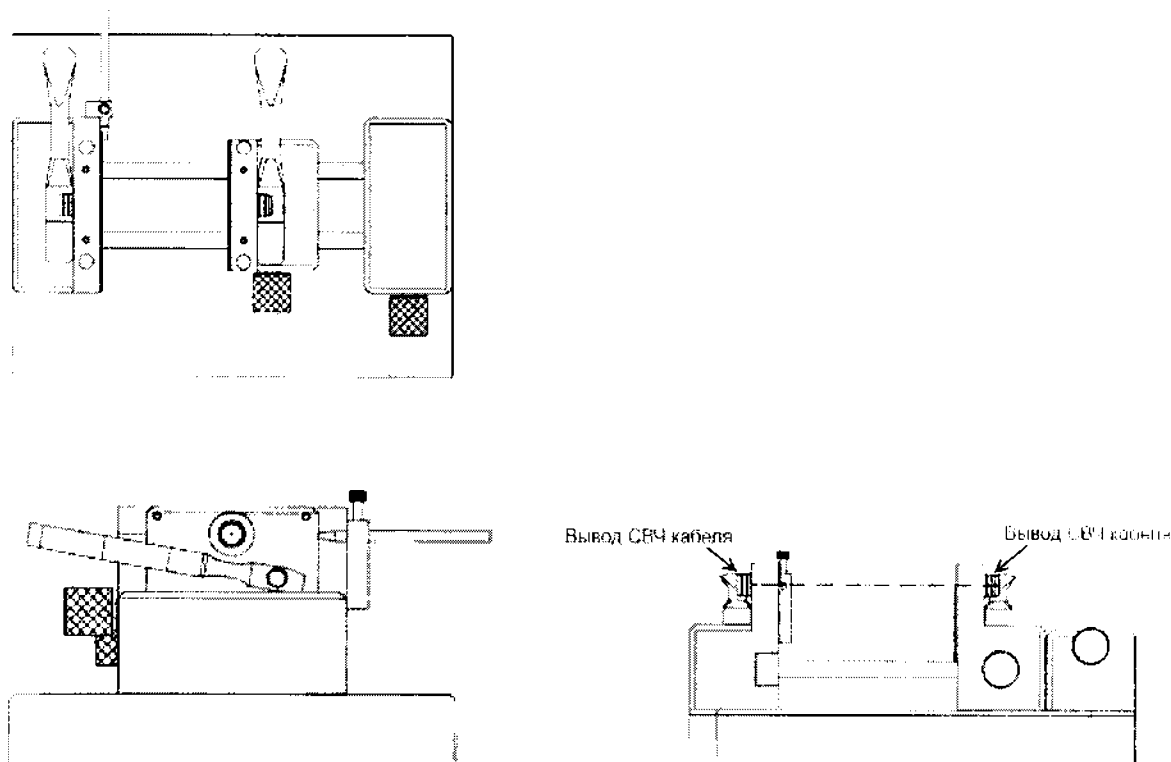


Рисунок 2 – Контактное устройство

Подача напряжения смещения на транзистор осуществляется через коаксиальный тракт посредством втулок питания. Для этих целей могут использоваться как внешние втулки питания, так и втулки питания, встроенные в анализатор цепей.

6. Метод измерений

6.1 Измерения параметров рассеяния транзистора в контактном устройстве выполняют прямым методом при использовании автоматического векторного анализатора цепей, откалиброванного в соответствии с типовой методикой SOLT в коаксиальном тракте в плоскостях подключения к контактному устройству.

6.2 Для исключения влияния контактного устройства применяется методика математического исключения влияния его паразитных параметров. С этой целью прямым методом при использовании автоматического векторного анализатора цепей дополнительно измеряют параметры рассеяния тестовой структуры ОЛП (отрезок линии передачи) в контактном устройстве.

6.3 По параметрам рассеяния тестовой структуры ОЛП математическим методом определяются параметры рассеяния левой (ЛЧ) и правой (ПЧ) частей контактного устройства.

6.4 Исключение влияния паразитных параметров в соответствии с п. 12.1.

инв. №	Подпись и дата.	Взам. инв	Инв. №	Подпись и дата.
Изм	Лист	№ докум.	Подп	Дата
ЕГВА.468166.025ПМ				Лист 4

7. Требования безопасности

7.1 При выполнении измерений соблюдают требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80

7.2 Средства измерений должны удовлетворять требованиям безопасности по ГОСТ 22261-94 и ГОСТ Р 51350-99.

8. Требования к квалификации операторов

8.1 К выполнению измерений и обработке их результатов допускаются лица с высшим образованием, прошедшие инструктаж по технике безопасности и освоившие методику измерений.

9. Требования к условиям измерений

9.1 При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в таблице 2

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющих величин	Номинальное значение	Предельные отклонения
Параметры рассеяния	Температура окружающей среды, °C	23	$\pm 5^{\circ}\text{C}$
	Относительная влажность воздуха, %	45	$\pm 25\%$

10. Подготовка к выполнению измерений

10.1 Внести в протокол (приложение 1) паспортные данные измеряемого транзистора и условия проведения измерений. Установить и заземлить приборы в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

10.2 Собрать схему измерительного стенда, приведенную на рис. 1, используя либо внешние втулки питания, либо втулки питания, встроенные в анализатор цепей. При сборке коаксиального тракта необходимо использовать кабели и переходы, соответствующие частотному диапазону измеряемого транзистора. Тракт собирается полностью до измерительного станка. Кабели к станку не подключаются.

10.3 Включить анализатор цепей и источник питания, проверить и подготовить режимы работы в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

10.4 Установить требуемые режимы работы для анализатора цепей, руководствуясь заданием на измерения транзистора.

10.5 Выполнить типовую SOLT калибровку анализатора цепей, используя соответствующие калибровочные меры и руководствуясь инструкцией по эксплуатации. Рекомендуется прогреть измерительный прибор в течение 30 минут перед выполнением калибровки. После выполнения калибровки запрещается изменять режимы измерений анализатора цепей. В случае изменения режимов калибровку следует повторить.

инв. №	Подпись и дата.	Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата.						Лист 5
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕГВА.468166.025ПМ					

10.6 Подключить СВЧ кабели к измерительному станку, желательно не допускать сильного изгиба или смещения кабелей после выполнения калибровки, так как это вносит дополнительные случайные погрешности в результаты измерений.

11. Порядок выполнения измерений

11.1 Установить в станок и провести измерения параметров рассеяния тестовой структуры ОЛП для исключения влияния паразитных параметров станка. Результаты измерений сохранить в виде текстовых файлов.

11.2 Установить измеряемый транзистор в измерительный станок.

11.3 Выставить на источнике питания необходимую по заданию рабочую точку транзистора (напряжение на затворе и напряжение на стоке). Снять с источника питания значение тока стока, занести значения тока и напряжений в рабочей точке в протокол.

11.4 Произвести измерения параметров рассеяния транзистора в рабочей точке, результаты сохранить в виде текстового файла.

11.5 Выполнить исключение влияния контактного устройства, используя формулы раздела 12.1 и данные из полученных текстовых файлов. На этом этапе возможно применение ЭВМ.

11.6 Выполнить расчет погрешностей определения параметров рассеяния собственно транзистора в соответствии с разделом 12.2, используя данные из полученных текстовых файлов. На этом этапе возможно применение ЭВМ.

11.7 Занести полученные после обработки результаты измерений в протокол в виде графиков и табличных значений.

12. Обработка результатов измерений

12.1 Исключение влияния паразитных параметров.

12.1.1 По известным параметрам рассеяния транзистора в контактном устройстве, а также параметрам рассеяния ЛЧ и ПЧ определяются параметры рассеяния собственно транзистора в соответствии с формулой:

$$[T_{ПЧ}] = [T_{ЛЧ}]^{-1} [T_{ПЧ}]^{-1} \quad (1)$$

где $[T_{ПЧ}]$, $[T_{ЛЧ}]$, $[T_{ПЧ}]$, $[T_{ПЧ}]$ - матрицы передачи соответственно измеряемого устройства (транзистора), ЛЧ, транзистора в контактном устройстве и ПЧ. Элементы матриц передачи (Т-параметры) указанных компонентов определяются по их известным параметрам рассеяния (S-параметрам) S_{11} , S_{12} , S_{21} и S_{22} в соответствии с формулой:

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{S_{12} \cdot S_{21} - S_{11} \cdot S_{22}}{S_{21}} & \frac{S_{11}}{S_{21}} \\ -\frac{S_{22}}{S_{21}} & \frac{1}{S_{21}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

инв. №	Подпись и дата.	Изм. №	Подпись и дата.	Взам. инв.	Изм. №	Подпись и дата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕГВА.468166.025ПМ	Лист 6
------	------	----------	-------	------	-------------------	-----------

ПРОТОКОЛ № ____

От « ____ » _____ 201 ____ г.

Заказчик испытаний**Объект испытаний**

Приводится краткое описание исследуемых транзисторов

Цель испытаний

Измерение параметров рассеяния транзисторов в заданных режимах работы;

Место проведения испытаний

Научно-образовательный центр «Нанотехнологии» (НОЦ) Томского университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

Объем испытаний

Приводится количество исследуемых транзисторов

Перечень средств измерений (СИ)

Наименование СИ	Тип СИ	Заводской номер, год выпуска	№ свидетельства о поверке и дата поверки
Векторный анализатор цепей			
Источник питания			

Условия проведения испытаний

Температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Атмосферное давление, мм. рт. ст.

Результаты испытаний и вычислений

Таблица 1 – Параметры рассеяния транзистора

f , ГГц	$ S_{11} $, дБ	$\varphi(S_{11})$, градусы	$ S_{21} $, дБ	$\varphi(S_{21})$, градусы	$ S_{12} $, дБ	$\varphi(S_{12})$, градусы	$ S_{22} $, дБ	$\varphi(S_{22})$, градусы

					ЕГВА.468166.025ПМ			Лист
								8
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				

Заключение

Инженер-испытатель _____ / _____ /

« » 20 г.

Утвердил _____ / _____ /

« _____ » 20 г.

инв. №	Подпись и дата.				Взам. инв.	Инв. №	Подпись и дата.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЕГВА.468166.025ПМ		
					Лист 9		