

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Уральский научно-исследовательский институт метрологии
- филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский
научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева»
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО

Директор УНИИМ - филиала
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



Е.П. Собина

2023 г.

**«ГСИ. Системы измерения параметров пластин ИУС-7Р.
Методика поверки»**

МП 79-223-2023

Екатеринбург
2023

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНА

Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»)

2 ИСПОЛНИТЕЛИ

Заведующий лабораторией 223 Собина А.В., ведущий инженер лаборатории 223 Герасимова Н.Л.

3 СОГЛАСОВАНА

Директором УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» в августе 2023 г.

Содержание

1 Общие положения.....	4
2 Нормативные ссылки	5
3 Перечень операций поверки	5
4 Требования к условиям проведения поверки	6
5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	6
6 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	7
7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	8
8 Внешний осмотр средства измерений	8
9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	9
10 Проверка программного обеспечения	9
11 Определение метрологических характеристик	9
12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	12
13 Оформление результатов поверки	12

**ГСИ. Системы измерения параметров
пластин ИУС-7Р. Методика поверки**

МП 79-223-2023

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на системы измерения параметров пластин ИУС-7Р (далее – системы ИУС-7Р), предназначенные для измерений удельного поверхностного электрического сопротивления (УПЭС) пластин полупроводниковых и диэлектрических материалов четырехзондовым методом с линейным расположением зондов.

Изготовитель: Общество с ограниченной ответственностью «Остек-Электро» (ООО «Остек-Электро»), г. Москва.

1.2 Системы ИУС-7Р подлежат первичной и периодической поверке. Поверка систем ИУС-7Р должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.3 При проведении поверки систем ИУС-7Р обеспечивается прослеживаемость измерений:

- к Государственному первичному эталону единицы электрического сопротивления (ГЭТ 14-2014) согласно Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»

- к Государственному первичному эталону единицы длины – метра (ГЭТ 2-2010) согласно Приказу Росстандарта от 29.12.2018 № 2840 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм».

1.4 В настоящей методике поверки реализована поверка методом прямых измерений с помощью рабочих эталонов не ниже 4-го разряда согласно государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока и с помощью рабочего эталона не ниже 4-го разряда согласно государственной поверочной схемы для средств измерений длины.

1.5 Настоящая методика поверки применяется для поверки систем ИУС-7Р, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате проверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Метрологические характеристики систем ИУС-7Р

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений удельного поверхностного электрического сопротивления (УПЭС) на квадрат поверхности, Ом	от $4 \cdot 10^{-3}$ до $9 \cdot 10^8$
Пределы допускаемой неисключенной составляющей относительной погрешности измерений УПЭС, %	$\pm 1,0^*$
Пределы допускаемого отклонения расстояний между линейно расположенными зондами четырехзондовой головки от номинальных значений (1,59 мм), мм:	
- для головки ТС	$\pm 0,01$
- для головки ВеCu	$\pm 0,05$
* - Пределы допускаемой неисключенной составляющей относительной погрешности измерений УПЭС установлены без учета влияния материала полупроводниковой (диэлектрической) пластины. Погрешность измерений УПЭС пластин конкретных полупроводниковых (диэлектрических) материалов устанавливается в методиках измерений, аттестованных в установленном порядке.	

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы и нормативные правовые акты:

Приказ Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;

Приказ Росстандарта от 29.12.2018 № 2840 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм»;

Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденные Приказом Минтруда РФ № 903н от 15.12.2020 г.;

ГОСТ 12.3.019-80 Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим документом целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим документом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Перечень операций поверки

3.1 При поверке систем ИУС-7Р должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	9
Проверка программного обеспечения	да	да	10

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик систем ИУС-7Р:	да	да	11
Определение неисключенной составляющей относительной погрешности измерений удельного поверхностного электрического сопротивления (УПЭС). Подтверждение диапазона измерений УПЭС на квадрат поверхности.	да	да	11.1
Определение отклонения расстояний между линейно расположенными зондами четырехзондовой головки от номинальных значений (1,59 мм)	да	да	11.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	12

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций, указанных в таблице 2, поверка прекращается, система ИУС-7Р бракуется, и выполняются операции по разделу 13 настоящей методики поверки.

4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки систем ИУС-7Р должны быть соблюдены следующие условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80.

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

5.1 К проведению работ по поверке систем ИУС-7Р допускаются специалисты, имеющие вторую квалификационную группу по электробезопасности (до 1000 В), ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и «Руководством по эксплуатации» (РЭ) систем ИУС-7Р.

6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки систем ИУС-7Р применяют средства поверки согласно таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Метрологические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средство измерений температуры, относительной влажности с диапазонами измерений, охватывающими условия по п. 4.1, ПГ $\pm 0,5$ °С (при измерении температуры), ПГ ± 3 % (при измерении относительной влажности) (P=0,95)	Термогигрометр ИВА-6А-КП-Д (рег. № 46434-11)
Раздел 11 Определение метрологических характеристик 11.1 Определение допускаемой неисключенной составляющей относительной погрешности измерений удельного поверхностного электрического сопротивления (УПЭС). Подтверждение диапазона измерений УПЭС на квадрат поверхности	<p>Эталоны единицы электрического сопротивления, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда, с номинальными значениями сопротивления 0,001 Ом, 0,01 Ом, 0,1 Ом, 1 Ом, 10 Ом, 100 Ом, 1 000 Ом, 10 000 Ом, 100 000 Ом, 1 МОм, 10 МОм, 100 МОм, 200 МОм согласно государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока</p> <p>Переходное устройство по ЛДПА.411-09.00.999ТУ производства ООО «Остек-Электро»</p>	<p>Катушки электрического сопротивления Р310, Р321, Р331 (рег. № 1162-58); Магазин сопротивления Р40105 (рег. № 9381-83), с декадами 100 кОм, 1 МОм; Магазин сопротивления Р40104 (рег. № 10547-86), с декадами 10, 100 МОм</p> <p>Переходное устройство по ЛДПА.411-09.00.999ТУ производства ООО «Остек-Электро»</p>

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
<p>Раздел 11 Определение метрологических характеристик систем ИУС-7Р</p> <p>11.2 Определение отклонения расстояний между линейно расположенными зондами четырехзондовой головки от номинальных значений (1,59 мм)</p>	<p>Эталон единицы длины, соответствующий требованиям к рабочим эталонам не ниже 4-го разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений длины</p>	<p>Микроскоп видеоизмерительный серии MBZ-500ТТ ЧПУ (рег. № 74241-19)</p>

6.2 Средства измерений (СИ), применяемые для поверки систем ИУС-7Р должны быть утвержденного типа, СИ на момент использования должны быть поверены. СИ, предусмотренные для применения при операциях поверки по разделу 11, должны быть пригодны к применению в качестве рабочих эталонов единиц величин электрического сопротивления и длины не ниже 4-го разряда согласно соответствующих государственных поверочных схем.

6.3 Допускается применение других средств поверки, соответствующих области применения поверяемых систем ИУС-7Р, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью.

7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

7.1 При проведении поверки систем ИУС-7Р должны быть соблюдены требования Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных Приказом Минтруда РФ № 903н от 15.12.2020 г., требования ГОСТ 12.3.019, а также условия по обеспечению безопасности, изложенные в РЭ систем ИУС-7Р.

8 Внешний осмотр средства измерений

8.1 При внешнем осмотре поверяемой системы ИУС-7Р необходимо установить:

- соответствие внешнего вида системы ИУС-7Р сведениям, приведенным в описании типа;
- отсутствие видимых повреждений системы ИУС-7Р, соединительных кабелей, проводов и т.п.;
- четкость обозначений и маркировки составных частей системы ИУС-7Р.

8.2 В случае, если при внешнем осмотре системы ИУС-7Р выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Готовят систему ИУС-7Р к работе в соответствии с РЭ.

9.2 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с таблицей 3.

9.3 Проверяют работоспособность органов управления и регулировки системы ИУС-7Р в соответствии с РЭ. Необходимо убедиться, что все режимы работы, а также параметры, соответствующие заданному режиму, высвечиваются на дисплее микрометра и в ПО системы ИУС-7Р.

10 Проверка программного обеспечения

10.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО) поверяемой системы ИУС-7Р проводят путем сличения идентификационных данных ПО, отображаемых на экране персонального компьютера (с установленным ПО) с идентификационными данными ПО, приведенными в описании типа.

10.2 Идентификационное наименование и номер версии ПО поверяемой системы ИУС-7Р должны соответствовать данным, приведенным в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Идентификационные данные ПО системы ИУС-7Р

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Кристалл
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже КР-0823-01
Цифровой идентификатор ПО	-

11 Определение метрологических характеристик

11.1 Определение относительной погрешности измерений удельного поверхностного электрического сопротивления (УПЭС). Подтверждение диапазона измерений УПЭС на квадрат поверхности

11.1.1 Определение относительной погрешности измерений удельного поверхностного электрического сопротивления проводят с использованием не менее пяти катушек электрического сопротивления (магазинов сопротивления) по таблице 3 со значениями электрического сопротивления, позволяющими охватить весь диапазон измерений УПЭС системы ИУС-7Р.

11.1.2 УПЭС на квадрат поверхности, соответствующее электрическому сопротивлению i -той катушки (магазина сопротивления) ρ_{si} , Ом, рассчитывают по формуле

$$\rho_{si} = \frac{\pi \cdot F(D/s) \cdot F(t)}{\ln 2} \cdot R_i = \pi / \ln 2 \cdot R_i = 4,532 \cdot R_i, \quad (1)$$

где R_i – действительное значение электрического сопротивления i -той катушки (магазина сопротивления), Ом;

$F(D/s)$ – поправочный коэффициент на диаметр пластины (при измерении электрического сопротивления катушек (магазинов) данный поправочный коэффициент не учитывают, т.е. $F(D/s)=1$);

s – среднее межзондовое расстояние, мм;

$F(t)$ – поправочный коэффициент на температуру (при температуре 23 °С $F(t)=1$).

11.1.3 Температура окружающего воздуха в помещении, где проводят измерения электрического сопротивления катушек (магазинов) сопротивления должна быть (23 ± 1) °С. Собирают схему, приведенную на рисунке 1. Устанавливают на держатель образца непосредственно под измерительной головкой переходное устройство ЛДПА.411-09.00.999 и подключают к его разъемам катушку (магазин) электрического сопротивления, корректируя вертикальное положение измерительной головки соответствующим рычагом, чтобы осуществить контакт с переходным устройством. Запускают ПО системы ИУС-7Р. Выбирают материал пластины «Кремний р». Вводят значения температуры 23 °С и межзондового расстояния 1,59 мм.

11.1.4 Опускают вниз рычаг измерителя поверхностного сопротивления Семизонд 4К. Если контакт измерительной головки с переходным устройством осуществлен, то микроомметр Е6-42 выведет на дисплей результаты измерений электрического сопротивления. Для осуществления надлежащего контакта подводят измерительную головку на 1 мм ближе к переходному устройству после вывода на дисплей микроомметра результатов измерений электрического сопротивления. При надлежащем контакте не должно происходить линейного перемещения переходного устройства на держателе образца. Для каждого предела измерений электрического сопротивления в ручном режиме микроомметра Е6-42 устанавливают значения силы постоянного тока в соответствии с таблицей 5 и измеряют электрическое сопротивление.

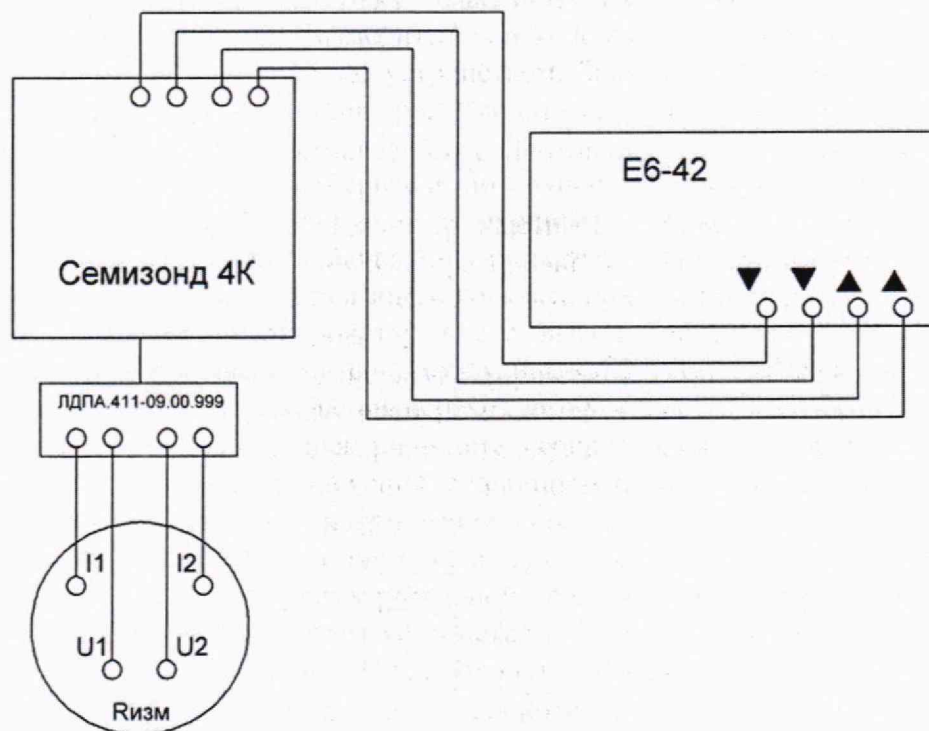


Рисунок 1 – Схема электрических соединений

Т а б л и ц а 5 – Значения силы постоянного тока

Верхние пределы измерений электрического сопротивления постоянному току	Устанавливаемые значения силы постоянного тока при измерении электрического сопротивления	Номинальное значение электрического сопротивления катушки (магазина) сопротивления
2 мОм	1 А	1 мОм
20 мОм	1 А	10 мОм
	100 мА	
200 мОм	1,0 А	100 мОм
	100 мА	
	10 мА	
2 Ом	1,0 А	1 Ом
	100 мА	
	10 мА	
	1 мА	
20 Ом	100 мА	10 Ом
	10 мА	
	1 мА	10 Ом
	100 мкА	
200 Ом	10 мА	100 Ом
	1 мА	
	100 мкА	
	10 мкА	
2 кОм	1 мА	1 кОм
	100 мкА	
	10 мкА	
	1 мкА	
20 кОм	100 мкА	10 кОм
	10 мкА	
	1 мкА	
	100 нА	
200 кОм	10 мкА	100 кОм
	1 мкА	
	100 нА	
	10 нА	
2 МОм	1 мкА	1 МОм
	100 нА	
	10 нА	
20 МОм	100 нА	10 МОм
	10 нА	
200 МОм	10 нА	100 МОм
	10 нА	190 МОм

11.2 Определение отклонения расстояний между линейно расположенными зондами четырехзондовой головки от номинальных значений (1,59 мм)

11.2.1 Определение отклонения расстояний между линейно расположенными зондами четырехзондовой головки от номинальных значений проводят с помощью микроскопа видеоизмерительного серии MBZ-500ГТ ЧПУ.

Измеряют три расстояния между зондами:

- между первым и вторым зондом – l_1 , мм;
- между вторым и третьим зондом – l_2 , мм;
- между третьим и четвертым зондом – l_3 , мм.

12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

12.1 Рассчитывают значение неисключенной составляющей относительной погрешности измерений УПЭС, соответствующее значению электрического сопротивления i -той катушки (магазина) сопротивления по формуле

$$\delta_i = \frac{(R_i^u - R_i^o) \cdot 100}{R_i^o} \quad (2)$$

где R_i^u – значение электрического сопротивления i -той катушки (магазина) сопротивления, измеренное микроомметром Е6-42, Ом;

R_i^o – действительное значение электрического сопротивления i -той катушки (магазина) сопротивления, Ом.

12.2 Рассчитывают значение отклонения i -го расстояния между рядом стоящими зондами четырехзондовой головки от номинальных значений по формуле

$$\Delta_{li} = l_i^u - l_i^n \quad (3)$$

где l_i^u – результат измерений i -го межзондового расстояния, мм;

l_i^n – номинальное межзондовое расстояние, мм (1,59 мм).

12.3 Полученные значения неисключенной составляющей относительной погрешности измерений УПЭС для всех используемых катушек (магазинов) сопротивления и отклонений расстояния между рядом стоящими зондами четырехзондовой головки от номинальных значений должны находиться в пределах значений, приведенных в таблице 1.

13 Оформление результатов поверки

13.1 Результаты поверки оформляются протоколом в произвольной форме.

13.2 При положительных результатах поверки СИ признают пригодным к применению.

13.3 Нанесение знака поверки на СИ не предусмотрено. Пломбирование СИ не предусмотрено.

13.4 При отрицательных результатах поверки СИ признают непригодным к применению.

13.5 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком. В сведениях о результатах поверки приводят данные о комплектности СИ.

Разработчики:

Зав. лабораторией 223 УНИИМ –
филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А.В. Собина

Ведущий инженер лаб.223 УНИИМ –
филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



Н.Л. Герасимова