

**Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии  
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ –  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ ИМЕНИ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»  
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)**

**СОГЛАСОВАНО**

**И.о. директора УНИИМ - филиала  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

**Е. П. Соби́на**

**2021 г.**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Установка для измерения параметров  
полупроводниковых материалов на эффекте холла**

**NANOMETRICS HL5500PC**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП 15-26-2021**

## 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 ИСПОЛНИТЕЛЬ зав. отд. 26 Ахмеев А.А., вед. инж. отд. 26 Шабуров А.М.
- 3 СОГЛАСОВАНА и.о. директора УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 Общие положения.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Нормативные ссылки.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Перечень операций поверки средства измерений .....</b>	<b>4</b>
<b>4 Требования к условиям проведения поверки .....</b>	<b>5</b>
<b>5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....</b>	<b>5</b>
<b>6 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....</b>	<b>5</b>
<b>7 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....</b>	<b>6</b>
<b>8 Внешний осмотр средства измерений.....</b>	<b>6</b>
<b>9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений .....</b>	<b>6</b>
<b>10 Проверка программного обеспечения средства измерений.....</b>	<b>6</b>
<b>11 Определение метрологических характеристик средства измерений.....</b>	<b>7</b>
<b>12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....</b>	<b>8</b>
<b>13 Оформление результатов поверки.....</b>	<b>9</b>
<b>Приложение А (рекомендуемое) Форма протокола поверки установки для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла Nanometrics L5500PC.....</b>	<b>10</b>



Государственная система обеспечения единства измерений. Установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте холла Nanometrics HL5500PC. Методика поверки	МП 15-26-2021
---	---------------

Дата введения в действия «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на установку для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла Nanometrics HL5500PC (далее - установка). Поверка установки должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 Данная методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Первичную поверку установки (до ввода в эксплуатацию) проводят после утверждения типа. Периодическую поверку установки проводят в процессе эксплуатации.

1.3 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемости установки:

- к государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока согласно государственной поверочной схеме для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 г. № 2091;

- к государственному первичному эталону единицы электрического напряжения согласно государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 г. № 3457;

- к государственному первичному эталону единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 февраля 2012 г. № 105.

1.4 Интервал между поверками установки - 1 год.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

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

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия;

Приказ Росстандарта от 30.12.2019 № 3457 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы»;

Приказ Росстандарта от 01.10.2018 № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А»;

Приказ Росстандарта от 24.02.2012 № 105 «Об утверждении Государственного первичного эталона единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции».

## 3 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1. В случае невыполнения хотя бы одной операции поверка прекращается, установка снимается с поверки

до устранения обнаруженных недостатков.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8	Да	Да
2 Опробование	9.3-9.4	Да	Да
3 Проверка программного обеспечения	10	Да	Да
4 Определение метрологических характеристик	11	Да	Да

#### 4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % от 20 до 80;
- напряжение питающей сети переменного тока, В от 215,6 до 224,4;
- частота питающей сети, Гц от 49,5 до 50,5.

4.2 Средства поверки подготавливают к работе согласно указаниям, приведенным в эксплуатационных документах.

#### 5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, прошедшие обучения в качестве поверителя, изучившие эксплуатационную документацию установки, работающие в метрологической службе организации, аккредитованной на право поверки средств измерений.

#### 6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки установки применяют оборудование, согласно таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование	Метрологические и технические требования
1	2
Мультиметр 3458А	Диапазон силы постоянного электрического тока от $1 \cdot 10^{-9}$ до 1 А, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения силы постоянного тока $\Delta I = \pm (10 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{изм}} + 7 \cdot 10^{-6} \cdot I_n)$ , А; диапазон электрического напряжения от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ В, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного электрического тока $\Delta U = \pm (2,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{изм}} + 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_n)$ , В
Измеритель напряженности магнитного поля Gauss- / Teslameter FH 54	Диапазон измерений постоянной магнитной индукции от $3 \cdot 10^{-3}$ до 2,0 Тл, пределы допускаемой относительной погрешности измерений магнитной индукции $\pm 1,5 \%$
Мегаомметр ЦС0202	Диапазон измерений от 200 кОм до 100 ГОм, класс точности 2,5
Прибор контроля показателей качества электрической энергии	Диапазоны измерений напряжения и частоты не менее требуемых по п. 4
Термогигрометр	Диапазоны измерений температуры и относительной влажности не менее требуемых по п. 4



6.2 Допускается применение средств поверки, отличающихся от приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

6.3 Эталоны, применяемые при поверке, должны быть поверены, если представлены средствами измерений утвержденного типа или аттестованы, если представлены средствами измерений неутвержденного типа. Средства измерения должны иметь действующие свидетельства о поверке.

## **7 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки**

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.2.007.0-75 и руководствуются Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15.12.2020 июля 2013 г. № 903н. Также должны быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

## **8 Внешний осмотр средства измерений**

8.1 При проведении внешнего осмотра необходимо убедиться, что:

- внешний вид установки соответствует сведениям, приведённым в описании типа;
- отсутствуют видимые повреждения;
- комплектность соответствует указанной в технической документации;
- обозначения и маркировка чёткие.

8.2 В случае если при внешнем осмотре установки 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 Для проведения поверки представляют эксплуатационную документацию на установку.

9.2 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- проводят технические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности поверочных работ в соответствии с действующими правилами и руководствами по эксплуатации применяемого оборудования;
- средства поверки выдерживают в течение времени и в условиях, установленных в эксплуатационной документации на средства поверки.

9.3 При опробовании установки проверяют её исправность и работоспособность, исправность и надежность крепления разъемов и гнезд. Подключение проводить строго в соответствии с ТД. Подключить к разъёмам приборного блока, расположенным на задней панели, ответные части от измерительного блока, далее оба блока подключить к персональному компьютеру (ПК), проверить наличие заземления, подключить сетевой кабель. Все разъёмы должны отличаться друг от друга, для исключения ошибок подключения. Подключить установку к источнику питания, убедиться, что выводимая на экран информация соответствует данным, приведенным в ТД.

9.4 Результаты опробования считают положительными, если выполняются требования, указанные в п.9.3, в случае если при опробовании установки данные требования не выполняются или выявлены дефекты способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих несоответствий или дефектов.

## **10 Проверка программного обеспечения средства измерений**

10.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (ПО) проводить сравнением идентификационных данных ПО на экране с идентификационными данными, пред-



ставленными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	HL55WIN
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2.35
Цифровой идентификатор ПО	-

10.2 Результаты проверки идентификационных данных ПО считают положительными, если идентификационные данные ПО установки соответствуют приведенным в п.10.1.

## 11 Определение метрологических характеристик средства измерений

### 11.1 Проверка электрического сопротивления изоляции

Проверку электрического сопротивления изоляции проводят при испытательном напряжении 500 В. Испытательное напряжение в течение 1 минуты прикладывают между соединенными вместе клеммами электропитания и корпусом установки. Отсчет показаний мегаомметра проводят после установления показаний, но не ранее чем через 5 с.

### 11.2 Проверка диапазона и относительной погрешности воспроизведений силы постоянного тока

11.2.1 Проверку диапазона и определение относительной погрешности воспроизведений силы постоянного тока проводят путем измерения мультиметром 3458А, подключенным к клеммам установки. Собрать схему, приведенную на рисунке 1.

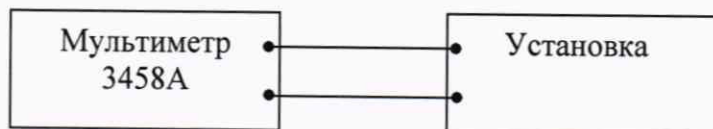


Рисунок 1 - Схема соединений

11.2.2 Проверку проводят при значениях 10, 20, 30, 40, 50, 1900 и 3800 мкА. В каждой точке производится одно измерение. Результат измерений заносят в протокол (Приложение А).

### 11.3 Проверка диапазона и относительной погрешности измерений постоянного напряжения

11.3.1 Проверку диапазона и определение относительной погрешности измерений постоянного напряжения проводят путем измерения мультиметром 3458А, подключенным к клеммам установки. Собрать схему, приведенную на рисунке 1

11.3.2 Проверку проводят при значениях 20, 50, 75, 100, 150 и 200 мВ. В каждой точке производится одно измерение. Результат измерений заносят в протокол (Приложение А).

### 11.4 Определение действительного значения и относительной погрешности воспроизведения магнитной индукции в рабочей зоне

#### 11.4.1 Определение действительного значения магнитной индукции в рабочей зоне

11.4.1.1 Определение действительного значения магнитной индукции в рабочей зоне производится с помощью измерителя напряженности магнитного поля Gauss- / Teslameter FH 54 (далее – измеритель магнитного поля).

11.4.1.2 Выполнить измерение магнитной индукции не менее чем в пяти точках, включая центральную область, равномерно распределенных в рабочей зоне, между полюсами постоянного магнита поперечным датчиком измерителя магнитной индукции,  $B_i$ , Тл. В каждой точке производится одно измерение. Результаты измерений занести в протокол, форма которого приведена в Приложении А.

11.4.1.3 Изменить полярность магнитного поля путём поворота полюсов постоянного магнита на  $180^\circ$ , выполнить измерение магнитной индукции постоянного магнитного поля,  $B_i$ , Тл, ана-

логично п. 11.4.1.2. Результаты измерений занести в протокол, форма которого приведена в Приложении А.

## 12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

12.1 Результаты проверки электрического сопротивления изоляции, считаются положительными, если сопротивление изоляции составляет не менее 100 МОм.

12.2 Относительную погрешность воспроизведения силы постоянного тока в  $i$  – точке вычисляют по формуле

$$\delta_{I_i} = \left| \frac{I_{уст-i} - I_{эi}}{I_{эi}} \right| \cdot 100, \quad (1)$$

где  $I_{эi}$  – результат измерений мультиметром 3458А в  $i$  – точке, мкА;

$I_{уст-i}$  – постоянный ток, установленный на установке в  $i$  – точке, мкА.

12.3 Установка считается прошедшей проверку, если диапазон воспроизведений силы постоянного тока соответствует данным ТД, а значения относительной погрешности находятся в пределах  $\pm 2\%$ .

12.4 Относительную погрешность измерений постоянного напряжения  $i$  – точке диапазона вычисляют по формуле

$$\delta_{U_i} = \left| \frac{U_{уст-i} - U_{эi}}{U_{эi}} \right| \cdot 100, \quad (2)$$

где  $U_{эi}$  – результат измерений мультиметром 3458А в  $i$  – точке, мВ;

$U_{уст-i}$  – постоянное напряжение, установленное на установке в  $i$  – точке, мВ.

12.5 Установка считается прошедшей проверку, если диапазон измерений постоянного напряжения соответствует данным ТД, а значения относительной погрешности находятся в пределах  $\pm 2\%$ .

12.6 Рассчитать действительное значение магнитной индукции в рабочей зоне  $\bar{B}$ , Тл, по формуле

$$\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |B_i|. \quad (3)$$

где  $B_i$  – результат измерения в  $i$  – точке, Тл;

$n$  – число точек, в которых производились измерения.

12.7 Вычислить отклонение действительного значения магнитной индукции в рабочей зоне от номинального значения  $\Delta_{откл}$ , Тл, по формуле

$$\Delta_{откл} = \bar{B} - B_{ном}, \quad (4)$$

где  $B_{ном}$  – номинальное значение магнитной индукции в рабочей зоне, ( $B_{ном} = 0,500$  Тл).

12.8 Установка считается прошедшей проверку, если отклонение действительного значения магнитной индукции в рабочей зоне от номинального значения находится в пределах  $\pm 0,015$  Тл.

12.9 Определение относительной погрешности воспроизведения магнитной индукции в рабочей зоне

12.9.1 Вычислить среднее квадратическое отклонение среднего арифметического результата измерений магнитной индукции  $S_{\bar{B}}$ , Тл, по формуле



$$S_{\bar{B}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2} \quad (5)$$

12.9.2 Вычислить абсолютную погрешность воспроизведения магнитной индукции в рабочей зоне  $\Delta_B$ , Тл, по формуле

$$\Delta_B = \pm \frac{t \cdot S_{\bar{B}} + \Delta_0}{S_{\bar{B}} + \frac{\Delta_0}{\sqrt{3}}} \cdot \sqrt{S_{\bar{B}}^2 + \frac{\Delta_0^2}{3}}, \quad (6)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента;

$\Delta_0$  – погрешность эталона, используемого для измерений магнитной индукции, Тл.

12.9.3 Вычислить относительную погрешность воспроизведения магнитной индукции в рабочей зоне  $\delta_B$ , %, по формуле

$$\delta_B = \frac{\Delta_B}{B} \cdot 100. \quad (7)$$

12.9.4 Установка считается прошедшей проверку по данному пункту, если значение относительной погрешности воспроизведения магнитной индукции находится в пределах  $\pm 2\%$ .

### 13 Оформление результатов поверки

13.1 По результатам поверки оформляют протокол поверки (Приложение А), в котором приводят результаты определения метрологических характеристик и заключение по результатам поверки.

13.2 В случае положительных результатов поверки наносится знак поверки на корпус измерительного блока и выдается свидетельства о поверке, в соответствии Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. №2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке». Знак поверки наносится на корпус измерительного блока.

13.3 В случае отрицательных результатов поверки выдает извещения о непригодности к применению средства измерений, в соответствии Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. №2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

13.4 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений».

Заведующий отделом 26  
УНИИМ - филиала  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 Ахмеев А.А.

Ведущий инженер отдела 26  
УНИИМ - филиала  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

 Шабуров А.М.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

**ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА NANOMETRICS  
HL5500PC**

## ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Тип: Установка для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла  
Nanometrics HL5500PC

Заводской № \_\_\_\_\_ Год выпуска \_\_\_\_\_

Изготовитель Nanometrics Incorporate

Принадлежит \_\_\_\_\_

Средства поверки: \_\_\_\_\_

**A.1 Результат внешнего осмотра** \_\_\_\_\_

соответствует, не соответствует

**A.2 Проверка электрического сопротивления изоляции** \_\_\_\_\_

соответствует, не соответствует

**A.3 Опробование** \_\_\_\_\_

соответствует, не соответствует

**A.4 Проверка программного обеспечения** \_\_\_\_\_

соответствует, не соответствует

**A.5 Результаты определения метрологических характеристик**

A.5.1 Электрическое сопротивление изоляции \_\_\_\_\_

Таблица A5.1 - Проверка диапазона и относительной погрешности воспроизведений силы постоянного тока

№ п/п	$I_{э i}$ , мкА	$I_{уст-i}$ , мкА	$\delta_{Ii}$ , %
1			
2			
...			
n			

Таблица A5.2 - Проверка диапазона и относительной погрешности измерений постоянного напряжения

№ п/п	$U_{эi}$ , мВ	$U_{уст-i}$ , мВ	$\delta_{Ui}$ , %
1			
2			
...			
n			



Таблица А5.3 - Проверка значения магнитной индукции

	Точка рабочей области $i$				
	Центр (1)	2	3	4	5
	Измеренное значение магнитной индукции $B_i$ , Тл				
Полос магнита +					
Полос магнита -					
Действительное значение магнитной индукции в рабочей зоне $\bar{B}$ , Тл					
СКО $S_{\bar{B}}$ , Тл					
$\Delta_B$ , Тл		$\delta_B$ , %		$\Delta_{откл}$ , Тл	

### А.6 Заключение по результатам проверки

\_\_\_\_\_ годен / негоден

Проверку проводил \_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_ инициалы, фамилия

Дата проведения проверки \_\_\_\_\_

Организация, проводившая проверку \_\_\_\_\_