

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ

И.о. зам. генерального директора

ФБУ «Тест-С.-Петербург»

Т.М. Козлякова

« 18 » 02 2015 г.



УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА HMS-3000

Фирма «Ecopia Corporation», Корея

Методика поверки

№ 432-115-2015 МП

н.р. 60514-15

г. Санкт-Петербург

2015 г.

Настоящая методика поверки распространяется на установки для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS-3000 (далее по тексту - установка) (зав. № Н3011311032 и зав. № Н3011408022) фирмы «Ecopia Corporation», Корея, и устанавливает методику первичной, периодической и внеочередной поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

### 1. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки проводят операции, указанные в табл. 1, и применяют средства поверки, указанные в табл. 2.

Таблица 1. Операции поверки.

Операции поверки	№ п/п методики поверки
1. Внешний осмотр	5.1
2. Опробование	5.2
3. Проверка диапазона регулирования и определение относительной погрешности воспроизведения силы постоянного тока	5.3
4. Проверка диапазона измерения и определение относительной погрешности измерения напряжения постоянного тока	5.4
5. Определение значения магнитной индукции в области измерения	5.5

При несоответствии характеристик установки установленным требованиям по любому из пунктов табл. 1 ее к дальнейшей поверке не допускают и последующие операции не проводят.

Таблица 2. Средства поверки.

№ п/п методики поверки	Наименование средств поверки	Метрологические и основные технические характеристики средств поверки
5.3	Мультиметр Agilent 3458A	Диапазон измерений 1 нА – 20 А, ПГ ±(0,003 – 0,012) %
	Резистор С2-14 (4 шт.)	390 Ом ± 0,5 %
5.4	Мультиметр Agilent 3458A	Диапазон измерений 1 мкВ – 1000 В, ПГ ±(0,0008 – 0,003) %
	Резистор С2-14 (4 шт.)	390 Ом ± 0,5 %
5.5	Мультиметр Agilent 3458A	Диапазон измерений 1 мкВ – 1000 В, ПГ ±(0,0008 – 0,003) %
	Датчик Холла ДХК-0,5	
	Установка для поверки измерителей магнитной индукции УПТ-1	Диапазон измерений 25-1500 мТл, ПГ ±0,02 %
	Прибор для поверки вольтметров В1-13	Диапазон измерений 1 нА – 100 мА, ПГ ±(0,005 – 0,01) %

Примечание: в качестве вспомогательного оборудования используются персональный компьютер (ПК) операционная система «Windows 98/Me/2000/XP»; CD диск с программным обеспечением HMS-3000 v.3,5 (v.3.52); Контрольный образец из комплекта поставки 20x20 мм

При проведении поверки допускается применять другие средства измерений (далее по тексту - СИ), обеспечивающие измерение метрологических характеристик с заданной точностью.

СИ должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке установки допускаются лица, аттестованные на право поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжение до 1000 В, с группой допуска не ниже III.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При поверке необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 22261-94 и указаниями по технике безопасности, приведенными в эксплуатационной документации: «Инструкция по эксплуатации» на установку, применяемые эталонные СИ и испытательное оборудование.

## 4. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха  $(23 \pm 5)$  °C;
- относительная влажность окружающего воздуха 45 – 80 %;
- атмосферное давление воздуха 720 – 780 мм рт.ст.;
- напряжение питающей сети  $(220 \pm 4,4)$  В;
- частота питающей сети  $(50 \pm 0,5)$  Гц.

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

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 5.1 Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра следует установить следующее:

- полную комплектность установки в соответствии с п. 7 «Инструкции по эксплуатации» на установку;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- исправность и четкость фиксации органов управления;
- наличие предохранителей, перемычек;
- четкость и соответствие маркировки модели прибора и суффикс-кодов.

При наличии дефектов поверяемую установку бракуют и направляют в ремонт.

### 5.2 Опробование.

Опробование работоспособности установки производится с помощью контрольного образца, поставляемого в комплекте.

Подключить установку к персональному компьютеру с помощью кабеля RS 232.

Включить установку и персональный компьютер.

Запустить программу измерения.

Произвести измерения контрольного образца, поставляемого в комплекте, для чего:

- вставить измерительную плату с контрольным образцом в разъем фторопластовой крышки коротким концом в сторону буквы «N»;
- установить значение в поле «I» 1,00 mA;
- установить значение в поле «D» 0,100 мкм;
- установить значение в поле «B» 0,550 Тл;
- установить значение в поле «Measurement Number» 1000 раз;
- установить значение в поле «Delay» 0,1 сек;
- нажать кнопку «MEASURE» для начала измерения и следовать указаниям программы (магнит должен быть вынут). Программа произведет необходимые измерения;
- при появлении сообщения «Insert Magnet N ► S» вставить магнит в соответствующем направлении и нажать кнопку «OK». Программа произведет необходимые измерения;
- при появлении сообщения «Insert Magnet S ► N» вставить магнит в соответствующем направлении и нажать кнопку «OK». Программа произведет необходимые измерения;
- при появлении сообщения «Remove magnet» необходимо вынуть магнит и нажать кнопку «OK».

Результаты опробований считаются положительными, если объемная концентрации носителей заряда ( $n$ ) и подвижность носителей заряда ( $\mu$ ) составляет  $2,77 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$  –  $2,89 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$  и  $39,69 \text{ см/B}\cdot\text{c}$  –  $41,31 \text{ см/B}\cdot\text{c}$  соответственно.

### 5.3 Проверка диапазона регулирования и определение относительной погрешности воспроизведения силы постоянного тока.

Определение относительной погрешности воспроизведения силы постоянного тока проводится путем прямых измерений и сравнением установленного значения силы постоянного тока установки с показанием эталонного мультиметра Agilent 3458A.

Собрать схему согласно рис. 1.

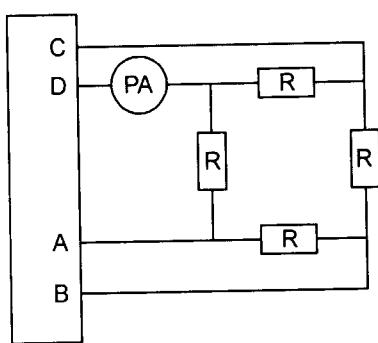


Рис. 1. Схема соединения эталонного мультиметра и установки

где: А, В, С, Д – выводы платы установки;

PA – эталонный мультиметр Agilent 3458A;

R – резистор номиналом  $390 \Omega \pm 0,5\%$ .

Включить установку и персональный компьютер.

Запустить программу измерения.

В поле ввода значения задержки времени от момента подачи тока измерения «Delay» ввести значение «60» секунд.

Выполнить измерения мультиметром Agilent 3458A силы постоянного тока установки в следующих точках: 19,990 mA; 10,000 mA; 5,000 mA; 1,000 mA; 0,500 mA; 0,100 mA; 0,050 mA; 0,010 mA; 0,005 mA; 0,001 mA.

Относительная погрешность воспроизведения силы постоянного тока рассчитывается по формуле:

$$\delta I = \frac{I_{\text{изм}} - I_{\text{уст}}}{I_{\text{уст}}} \cdot 100\%,$$

где:  $\delta I$  – относительная погрешность воспроизведения силы постоянного тока установки, %;

$I_{\text{изм}}$  – измеренное мультиметром Agilent 3458A значение силы постоянного тока, mA;

$I_{уст}$  – выставленное на установке значение силы постоянного тока, мА.

Результат поверки считают удовлетворительным, если обеспечивается диапазон и относительная погрешность воспроизведения силы постоянного тока находится в пределах [±2 %].

#### 5.4 Проверка диапазона измерения и определение относительной погрешности измерения напряжения постоянного тока.

Проверка диапазона измерения и определение относительной погрешности измерения напряжения постоянного тока проводится путем сравнения показаний напряжения постоянного тока установки с показанием эталонного мультиметра Agilent 3458A.

Собрать схему согласно рис. 2.

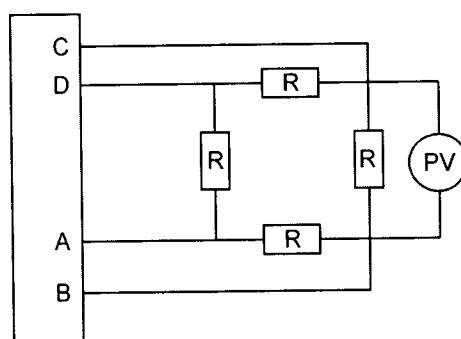


Рис. 2. Схема соединения эталонного мультиметра и установки

где: А, В, С, Д – выводы платы установки;

PV – эталонный мультиметр Agilent 3458A;

R – резистор номиналом 390 Ом ± 0,5 %.

Включить установку и персональный компьютер.

Запустить программу измерения.

В поле ввода значения задержки времени от момента подачи тока измерения «Delay» ввести значение «60» секунд.

В поле ввода количества измерения «Measurement Number» ввести значение «1000» раз.

Выполнить измерения мультиметром Agilent 3458A напряжения постоянного тока на резисторе, устанавливая постоянный ток в следующих точках: 19,990 мА; 10,000 мА; 5,000 мА; 1,000 мА; 0,500 мА; 0,100 мА; 0,050 мА; 0,010 мА; 0,005 мА; 0,001 мА.

Относительная погрешность измерения напряжения постоянного тока рассчитывается по формуле:

$$\delta U = \frac{U_{изм} - U_{уст}}{U_{уст}} \cdot 100\%,$$

где:  $\delta U$  – относительная погрешность измерения напряжения постоянного тока установки, %;

$U_{изм}$  – измеренное эталонным мультиметром значение напряжения постоянного тока, мВ;

$U_{уст}$  – измеренное установкой значение напряжения постоянного тока, мВ.

Результаты поверки считаются положительными, если обеспечивается диапазон и относительная погрешность измерения напряжения постоянного тока находится в пределах  $\pm 2\%$ .

### 5.5 Определение значения магнитной индукции в области измерения.

Определение значения магнитной индукции и неоднородности проводится путем измерения напряжения датчика Холла ДХК-0,5 в области измерения (в измерительном модуле установки) мультиметром Agilent 3458A и измерения магнитной индукции эталонного магнитного поля эталонным тесламетром при том же значении напряжения, которое было измерено мультиметром Agilent 3458A. Питание датчика Холла осуществляется прибором для поверки вольтметров В1-13.

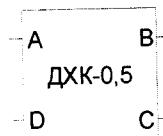


Рис. 3. Расположение контактов датчика Холла ДХК-0,5

Для определения магнитной индукции в измерительном модуле в области измерения выполняют следующие действия:

1. Припаивают датчик Холла на измерительную плату установки.
2. Устанавливают измерительную плату с датчиком Холла в измерительный модуль установки.
3. Проводят измерения напряжения датчика Холла эталонным мультиметром:
  - по диагонали АС при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ BD (магнит установлен в направлении N→S);
  - по диагонали АС при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ BD (магнит установлен в направлении S→N);
  - по диагонали АС при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ DB (магнит установлен в направлении N→S);
  - по диагонали АС при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ DB (магнит установлен в направлении S→N);
  - по диагонали BD при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ АС (магнит установлен в направлении N→S);

по диагонали BD при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ АС (магнит установлен в направлении S→N);

по диагонали BD при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ СА (магнит установлен в направлении N→S) ;

по диагонали BD при подаче тока 3 мА от эталонного источника тока на диагональ СА (магнит установлен в направлении S→N).

4. Вынимают измерительную плату из измерительного модуля установки.
5. Устанавливают измерительную плату с датчиком Холла в электромагнит установки для поверки измерителей магнитной индукции УПТ-1.
6. Устанавливают магнитную индукцию эталонного магнитного поля таким образом, чтобы напряжение в образцовом магнитном поле соответствовало напряжению датчика Холла в измерительном модуле установки, измеренному мультиметром Agilent 3458A. (Измерение напряжения и подача тока аналогично пункту 3.).
7. Проводят измерения магнитной индукции в эталонном магнитном поле эталонным тесlamетром.
8. Вычисляют среднее значение магнитной индукции в области измерения (измерительного модуля).

Результаты поверки считаются положительными, если значение магнитной индукции в области измерения не более 0,57 Тл.

## 6. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке в соответствии с ПР 50.2.006-94.

6.2 При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики установку к дальнейшей эксплуатации не допускают и выдают извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006-94. В извещении указывают причину непригодности и приводят указание о направлении установки в ремонт или невозможности ее дальнейшего использования.