



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В Г. МОСКВЕ»
(ФБУ «РОСТЕСТ – МОСКВА»)**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ
Заместитель Генерального директора
ФБУ «Ростест-Москва»
Е.В. Морин
«18» декабря 2014 г.



ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ
ХАРАКТЕРИОГРАФЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ СЕРИИ Л2-100 ТЕКО
МП-080/551-2014**

Настоящая методика поверки распространяется на характериографы полупроводниковых приборов серии Л2-100 ТЕКО (далее – характериографы). Изготовленные фирмой ЗАО «ТЕСТПРИБОР», г Москва, и устанавливает методы и средства ее первичной и периодической поверки.

Межповерочный интервал – 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

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

Таблица 1 – Операции поверки

№ п/п	Операции поверки	№ п/п МП
1	Внешний осмотр	5.1
2	Опробование	5.2
3	Идентификация программного обеспечения	5.3
4	Определение метрологических характеристик	5.4
5	Определение абсолютной погрешности курсорных измерений напряжения на коллекторе исследуемого ППП	5.4.1
6	Определение абсолютной погрешности курсорных измерений напряжения на базе исследуемого ППП	5.4.2
7	Определение абсолютной погрешности курсорных измерений обратного напряжения диода	5.4.3
8	Определение абсолютной погрешности курсорных измерений тока коллектора	5.4.4
9	Определение абсолютной погрешности курсорных измерений начального и обратного тока	5.4.5
10	Определение абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при токе смещения базы, равном нулю)	5.4.6
11	Определение абсолютной погрешности воспроизведения тока смещения базы	5.4.7
12	Определение абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю)	5.4.8
13	Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения смещения базы	5.4.9

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

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и метрологические и основные технические характеристики средства поверки.
Калибратор-измеритель Keithley 2410
Диапазон воспроизведения и измерения напряжения от 200 мВ до 1000 В. Диапазон воспроизведения и измерения силы тока от 1 мкА до 1 А.
Калибратор-измеритель Keithley 2612A
Диапазон воспроизведения и измерения напряжения от 0,2 до 200 В. Диапазон воспроизведения и измерения силы тока от 100 нА до 10 А.
Калибраторы многофункциональные Transmille 3010R
Диапазон измерения силы постоянного тока на верхнем пределе 100 нА. Диапазон измерения сопротивления по постоянному току от 500кОм до 1ТОм.
Осциллографы цифровые Agilent MSO7032B
Диапазон смещения напряжения $\pm 5\text{В}$ при Коткл= от 2 мВ/дел до 5мВ/дел; $\pm 20\text{В}$ при Коткл=от 10мВ/дел до 200мВ/дел; $\pm 75\text{В}$ при Коткл $\geq 200\text{мВ/дел}$

Допускается применять другие средства поверки, метрологические и технические характеристики которых не хуже приведенных в таблице 2.

Все средства поверки должны быть исправны и поверены в установленном порядке.

2 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке характериографа допускают лиц, аттестованных 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 напряжением до и выше 1000 В с группой допуска не ниже III.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.2.007.3-75, ГОСТ 12.3.019-80, "Правила эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Главгосэнергонадзором.

Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

4.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

Температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5
 Относительная влажность воздуха, %..... 30 – 80
 Атмосферное давление, кПа..... 84 – 106

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

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие характериографа следующим требованиям:

- комплектности приборов в соответствии с руководством по эксплуатации, включая руководство по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений корпусов, лицевой панели, соединительных элементов, индикаторных устройств, нарушающих работу характериографа или затрудняющих поверку.

Характериограф имеющий вышеперечисленные дефекты, дальнейшей поверке не подлежит, бракуется и направляется в ремонт.

5.2 Опробование

Проверить работоспособность ЖКИ и функциональных клавиш; режимы, отображаемые на ЖКИ, при переключении режимов измерений и нажатии соответствующих клавиш, должны соответствовать руководству по эксплуатации.

5.3 Идентификация программного обеспечения

Идентификация ПО (проверка номера версии программного обеспечения) выполняют в процессе включения характериографа Л2-100 ТЕКО и непосредственного сличения показаний с монитора характериографа с описанием ПО в описании типа средства измерений. (см. Рисунок 1).



Рисунок 1 – проверка номера версии программного обеспечения.

5.4 Определение метрологических характеристик

5.4.1 Определение абсолютной погрешности курсорных измерений напряжения на коллекторе исследуемого ППП.

5.4.1.1 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2410 следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2410 согласно рис. 1

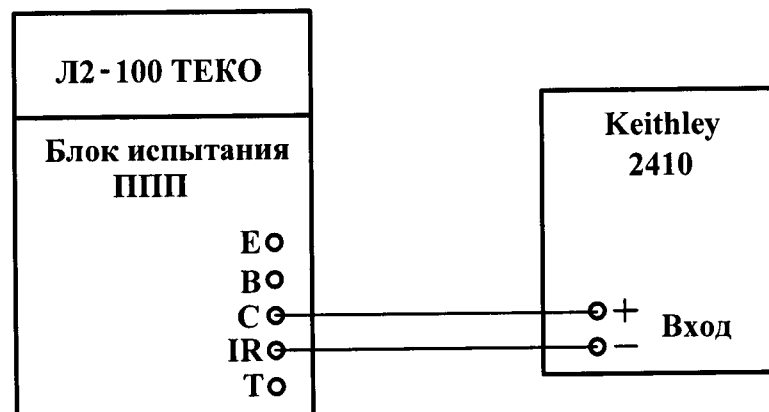


Рис. 1. Схема измерения напряжения на коллекторе.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Scanning power»:	10 V;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Power limiting R»:	10Ω;
«Gate resistor»:	0Ω;
«Y»:	I _R 1,0 μA/div;
«shift Y0 =»:	+ 0,600 μA/div;
«X»:	V _{ce} 10 mV/div;
«shift X0 =»:	0,000 mV;
«Step»:	нет необходимости;

в) установить калибратор-измеритель Keithley 2410 в режим измерения напряжения постоянного тока;

г) с помощью регулятора напряжения «Scan power %» установить напряжение коллектора, вывести центр точки (пятна) развертки на 9 вертикаль масштабной сетки;

д) регулятором смещения по горизонтали «Horisontal shift» установить X курсор в центр точки (пятна) развертки;

е) сравнить показания измеренных значений напряжения X курсора и калибратора-измерителя Keithley 2410;

ж) по показаниям калибратора-измерителя Keithley 2410 зафиксировать значение напряжения коллектора для положения 10 mV/div переключателя «Volteg/div»;

з) аналогичным образом провести измерения напряжений для остальных положений переключателя: 20, 50, 100, 200, 500 mV/div и 1, 2, 5, 10, 20, 50 V/div.

5.4.1.2 Значение абсолютной погрешности курсорных измерений напряжения постоянного тока на коллекторе рассчитывают по формуле:

$$\Delta = U_{\text{КЭ изм}} - U, \quad (1)$$

где:

$U_{\text{КЭ изм}}$ – показание X курсора характериографа;

U – показание калибратора-измерителя Keithley 2410.

5.4.1.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания калибратора-измерителя Keithley 2410 соответствуют данным таблицы 2.

Таблица 2.

Кнопки «Scanning power»	Положение переключателя «Voltage/div»	Показания Keithley 2410
10 V	10 mV/dev	90,000 ± 4,901 mV
	20 mV/dev	0,180 ± 0,011 V
	50 mV/dev	0,450 ± 0,026 V
	100 mV/dev	0,900 ± 0,050 V
	0,2 V/dev	1,800 ± 0,079 V
	0,5 V/dev	4,500 ± 0,196 V
	1 V/dev	9,000 ± 0,391 V
50 V	2 V/dev	18,000 ± 0,781 V
	5 V/dev	45,000 ± 1,951 V
100 V	10 V/dev	90,000 ± 3,901 V
500 V	20 V/dev	180,00 ± 7,81 V
	50 V/dev	450,00 ± 19,51 V

5.4.2 Определение абсолютной погрешности курсорных измерений напряжения на базе исследуемого ППП

5.4.2.1 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2410 следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2410 согласно рис. 2

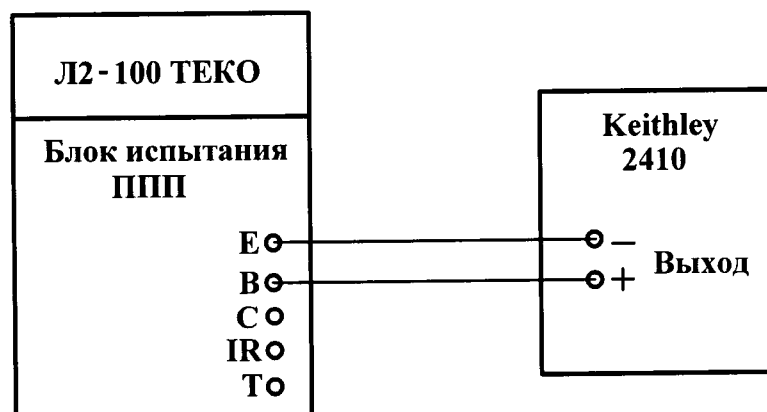


Рис. 2. Схема измерения напряжения на базе.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Scanning power»: 10 V;
 «Scan power %»: 0 %;
 «Power polarity»: NPN (+);
 «Test mode»: Repeat;
 «Power limiting R»: 10Ω;
 «Gate resistor»: 0Ω;
 «Y»: Ic 1,0 A/div;
 «shift Y0 =»: + 0,600 A/div;
 «X»: Vbe 50 mV/div;
 «shift X0 =»: 0,000 mV;
 «Step»: нет необходимости;
 «Mode»: Current (off);

в) установить калибратор-измеритель Keithley 2410 в режим источника напряжения постоянного тока, задать напряжение 0,450 V;

г) регулятором смещения по горизонтали «Horizontal shift» установить X курсор (в режиме «Stop») в центр точки высвеченной на экране;

Примечание: если точка развёртки растянута в линию по горизонтали, то X курсор следует устанавливать в правый конец линии (точки).

д) убедиться, что измеренное значение напряжения X курсора соответствует установленному значению напряжения калибратора-измерителя Keithley 2410;

е) по показаниям X курсора зафиксировать значения напряжения базы для положения 50 mV/div переключателя «Voltag/div».

ж) аналогичным образом провести измерения напряжений для остальных положений переключателя: 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 V/div и соответствующим им установленным напряжениям 0,900 V, 1,800 V, 4,500 V, 9,000 V.

5.4.2.2 Значение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока на базе рассчитывают по формуле:

$$\Delta = U_{\text{БЭ изм}} - U, \quad (2)$$

где:

$U_{\text{БЭ изм}}$ – показание X курсора характеристикографа;

U – показание калибратора-измерителя Keithley 2410.

5.4.2.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания X курсора соответствуют данным таблицы 3.

Таблица 3.

Кнопка «Scanning power»	Положение переключателя «Voltage/div»	Показания X курсора
5 kV	50 mV/dev	0,450 ± 0,021 V
	0,1 V/dev	0,900 ± 0,040 V
	0,2 V/dev	1,800 ± 0,079 V
	0,5 V/dev	4,500 ± 0,196 V
	1,0 V/dev	9,000 ± 0,391 V

5.4.3 Определение абсолютной погрешности курсорных измерений обратного напряжения диода

5.4.3.1 Определение абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока проводят с помощью осциллографа Agilent MSO7032B и пробника дифференциального высоковольтного Tektronix P5210 следующим образом:

а) гнезда высоковольтных разъемов лицевой панели характериографа соединить при помощи пробника дифференциального высоковольтного Tektronix P5210 с соответствующим разъемом осциллографа Agilent MSO7032B согласно рис. 3.

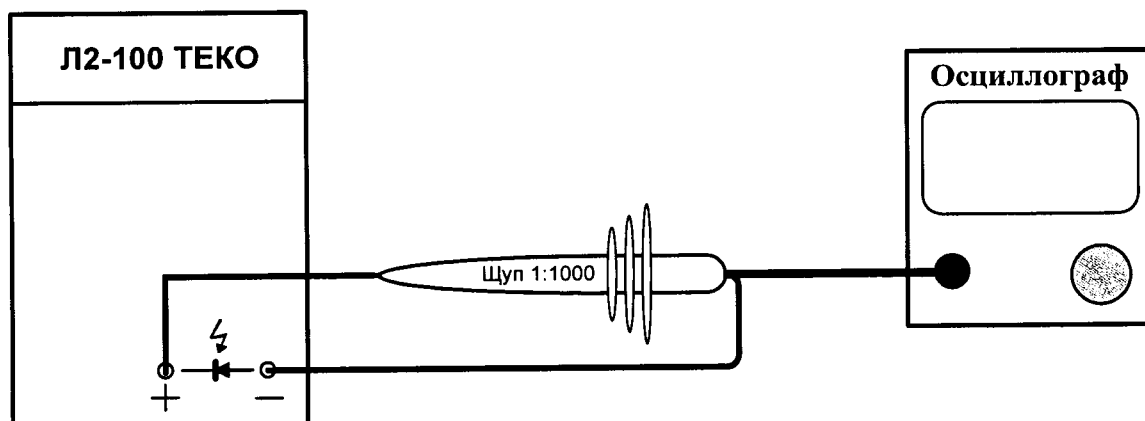


Рис. 3. Схема измерения обратного напряжения диода.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Scanning power»:	5 kV;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Power limiting R»:	10Ω;
«gate resistor»:	0Ω;
«Y»:	I _c 1,0 mA/div;
«shift Y0 =»:	+ 0,600 mA/div;
«X»:	V _D 100 V/div;
«shift X0 =»:	0,000 V;
«Step»:	нет необходимости;

в) установить осциллограф Agilent MSO7032B в режим измерения напряжения постоянного тока, напряжение на деление 200 mV, развёртка по горизонтали 5,000 mS;

г) с помощью регулятора напряжения «Scan power %» установить обратное напряжение диода, вывести конец линии развертки на 9 вертикаль масштабной сетки;

д) регулятором смещения по горизонтали «Horisontal shift» установить X курсор в конец линии;

е) убедиться, что измеренное значение напряжения X курсора соответствует измеренному значению напряжения осциллографа Agilent MSO7032B;

ж) по показаниям осциллографа зафиксировать значения обратного напряжения диода для положения 100 V/div переключателя горизонталь «Volteg/div».

з) аналогичным образом провести остальные измерения напряжений для положений переключателя: 200 и 500 V/div.

5.4.3.2 Значение абсолютной погрешности измерения обратного напряжения диода рассчитывают по формуле:

$$\Delta = U_{\text{обр. изм}} - U, \quad (3)$$

где:

$U_{\text{обр. изм}}$ – показание X курсора характериографа;

U – показание осциллографа.

5.4.3.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания осциллографа соответствуют данным таблицы 4.

Таблица 4.

Кнопка «Scanning power»	Положение переключателя «Voltage/div»	Показания осциллографа
10 V	100 V/dev	900,00 ± 59,01 V
	200 V/dev	1800,0 ± 118,1 V
	500 V/dev	4500,0 ± 295,1 V

5.4.4 Определение абсолютной погрешности курсорных измерений тока коллектора

5.4.4.1 Определение абсолютной погрешности измерения постоянного тока коллектора проводят с помощью калибратора Transmille 3010R следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора Transmille 3010R согласно рис. 4.



Рис. 4. Схема измерения тока коллектора.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Scanning power»: 10 V;
 «Scan power %»: 0 %;
 «Power polarity»: NPN (+);
 «Test mode»: Repeat;
 «Power limiting R»: 10Ω;
 «gate resistor»: 0Ω;
 «Y»: Ic 20 μA/div;
 «shift Y0 =»: + 0,000 μA/div;
 «X»: Vce 100 V/div;
 «shift X0 =»: + 60,000 V;
 «Step»: нет необходимости;

в) установить калибратор Transmille 3010R в режим источника постоянного тока, задать ток 20,000 μA;

г) с помощью регулятора смещения по вертикали «Vertical shift» установить Y курсор (в режиме «Stop») в центр точки, высвеченной на экране;

Примечание: при измерении малых значений токов точка развертки может быть растянута в линию по вертикали, измерять ток следует в верхнем конце линии (точки) развертки.

д) убедиться, что измеренное значение тока Y курсора соответствует заданному значению тока калибратора Transmille 3010R;

е) по показаниям Y курсора зафиксировать значения постоянного тока коллектора для положения $20 \mu\text{A}/\text{div}$ переключателя «Current/div»;

ж) аналогичным образом провести остальные измерения токов для положений переключателя: $50 \mu\text{A}$, $0,1$, $0,2$, $0,5$, $1,0$, $2,0$, $5,0$ 10 , 20 , $50 \text{ mA}/\text{div}$, $0,1$, $0,2$, $0,5$, $1,0$, $2,0$, $5,0 \text{ A}/\text{div}$ и соответствующим им установленным токам: - $50,000 \mu\text{A}$, - $0,100 \text{ mA}$, - $0,200 \text{ mA}$, - $0,500 \text{ mA}$, - $1,000 \text{ mA}$, - $2,000 \text{ mA}$, - $5,000 \text{ mA}$, - $0,010 \text{ A}$, - $0,020 \text{ A}$, - $0,050 \text{ A}$, - $0,100 \text{ A}$, - $0,200 \text{ A}$, - $0,500 \text{ A}$, - $1,000 \text{ A}$, - $2,000 \text{ A}$, - $5,000 \text{ A}$.

5.4.4.2 Значение абсолютной погрешности измерения постоянного тока коллектора рассчитывают по формуле:

$$\Delta = I_{\text{к. изм}} - I, \quad (4)$$

где:

$I_{\text{к. изм}}$ – показание Y курсора характериографа;

I – показание калибратора Transmille 3010R.

5.4.4.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания Y курсора соответствуют данным таблицы 5.

Таблица 5.

Положение переключателя «Current/div»	Показания Y курсора
$20 \mu\text{A}/\text{div}$	$20,000 \pm 8,201 \mu\text{A}$
$50 \mu\text{A}/\text{div}$	$50,000 \pm 20,501 \mu\text{A}$
$0,1 \text{ mA}/\text{div}$	$0,100 \pm 0,032 \text{ mA}$
$0,2 \text{ mA}/\text{div}$	$0,200 \pm 0,063 \text{ mA}$
$0,5 \text{ mA}/\text{div}$	$0,500 \pm 0,156 \text{ mA}$
$1,0 \text{ mA}/\text{div}$	$1,000 \pm 0,311 \text{ mA}$
$2,0 \text{ mA}/\text{div}$	$2,000 \pm 0,621 \text{ mA}$
$5,0 \text{ mA}/\text{div}$	$5,000 \pm 1,551 \text{ mA}$
$10 \text{ mA}/\text{div}$	$10,000 \pm 3,101 \text{ mA}$
$20 \text{ mA}/\text{div}$	$20,000 \pm 6,201 \text{ mA}$
$50 \text{ mA}/\text{div}$	$50,000 \pm 15,501 \text{ mA}$
$0,1 \text{ A}/\text{div}$	$0,100 \pm 0,032 \text{ A}$
$0,2 \text{ A}/\text{div}$	$0,200 \pm 0,063 \text{ A}$
$0,5 \text{ A}/\text{div}$	$0,500 \pm 0,156 \text{ A}$
$1,0 \text{ A}/\text{div}$	$1,000 \pm 0,311 \text{ A}$
$2,0 \text{ A}/\text{div}$	$2,000 \pm 0,621 \text{ A}$
$5,0 \text{ A}/\text{div}$	$5,000 \pm 1,551 \text{ A}$

5.4.5 Определение абсолютной погрешности курсорных измерений начального и обратного тока

5.4.5.1 Определение основной погрешности измерения начального и обратного постоянного тока проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2410 следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2410 согласно рис. 5.



Рис. 5. Схема измерения начального и обратного тока.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Scanning power»:	10 V;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Power limiting R»:	10Ω;
«gate resistor»:	0Ω;
«Y»:	I _r 1 μA/div;
«shift Y0 =»:	0,000 μA/div;
«X»:	V _{ce} 1 V/div;
«shift X0 =»:	+ 0,600 V;
«Step»:	нет необходимости;

в) установить калибратор-измеритель Keithley 2410 в режим нагрузки и измерителя постоянного тока;

г) с помощью регулятора напряжения «Scan power %» установить ток, вывести точку развертки на 9 горизонталь масштабной сетки;

Примечание: при установке малых токов точка развертки может быть растянута в линию по вертикали, следует устанавливать линию (точку) развертки верхним концом в линию масштабной сетки, длину измерительных проводов сократить до минимума.

д) с помощью регулятора смещения по вертикали «Vertical shift» установить Y курсор в центр точки развёртки, высвеченной на экране, если точка растянута в линию, то в верхний конец линии;

е) убедиться, что измеренное значение тока Y курсора соответствует значению потребляемого тока калибратора-измерителя Keithley 2410;

ж) по показаниям калибратора-измерителя Keithley 2410 зафиксировать значение потребляемого тока для положения 1,0 μA/div переключателя «Current div»;

з) аналогичным образом провести остальные измерения тока для положений переключателя: 0,5, 0,2, 0,1, 0,05, 0,02 μA/div.

5.4.5.2 Значение абсолютной погрешности измерения начального и обратного постоянного тока рассчитывается по формуле:

$$\Delta = I_{\text{обр. изм}} - I, \quad (5)$$

где:

$I_{\text{обр. изм}}$ – значение тока, измеренное Y курсором;

I – значение тока, измеренное калибратором.

5.4.5.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показаниям калибратора-измерителя Keithley 2410 соответствуют данным таблицы 6.

Таблица 6.

Кнопка «Scanning power»	Положение переключателя «Current/div»	Показания Keithley 2410
10 V	1,0 $\mu\text{A/div}$	$9,000 \pm 0,591 \mu\text{A}$
	0,5 $\mu\text{A/div}$	$4,500 \pm 0,296 \mu\text{A}$
	0,2 $\mu\text{A/div}$	$1,800 \pm 0,119 \mu\text{A}$
	0,1 $\mu\text{A/div}$	$0,900 \pm 0,110 \mu\text{A}$
	0,05 $\mu\text{A/div}$	$0,450 \pm 0,056 \mu\text{A}$
	0,02 $\mu\text{A/div}$	$0,180 \pm 0,023 \mu\text{A}$

5.4.6 Определение абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при токе смещения базы, равном нулю)

5.4.6.1 Определение абсолютной погрешности установки размаха ступенчато изменяющегося тока базы проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2612A следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2612A согласно рис. 6.

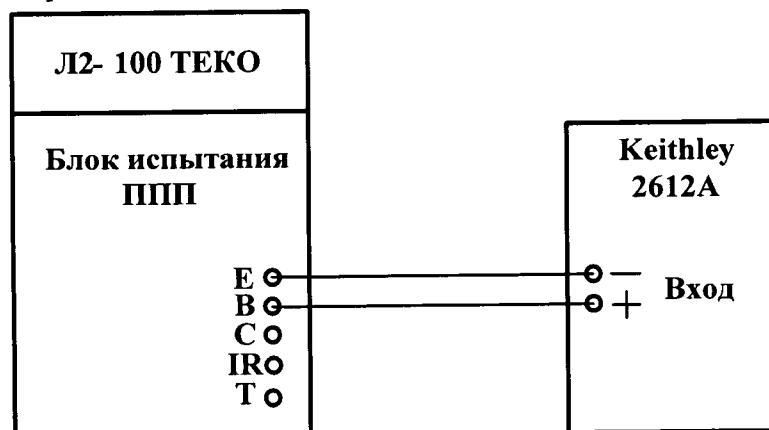


Рис. 6. Схема измерения величины размаха ступенчатого тока и напряжения базы, а также величины тока и напряжения смещения базы.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

- «Step»: 0,2 $\mu\text{A/Step}$;
- «Offset»: $Z0 = 0,000 \mu\text{A}$;
- «Step mode»: Current (on);
- «Polarity»: NPN (+);
- «Number of steps»: 10 Steps;

в) установить калибратор-измеритель Keithley 2612A в режим измерения постоянного тока;

г) войти в режим калибровки характериографа, нажать кнопку «Calibrate», ввести пароль «1, 2, 3» и снова нажать кнопку «Calibrate»;

д) убедиться, что размах ступенчатого тока соответствует измеренному значению тока калибратора-измерителя Keithley 2612A;

е) по показаниям калибратора-измерителя Keithley 2612A зафиксировать измеренное значение тока для положения 0,2 $\mu\text{A}/\text{Steps}$ переключателя «Current/level»;

ж) перевести переключатель «Current/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения размаха ступенчатого тока, при следующих положениях переключателя: 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20 $\mu\text{A}/\text{Steps}$, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20, 50 mA/Steps и 0,1, 0,2, 0,5 A/Steps ;

ВНИМАНИЕ! В положении переключателя 0,5 A/Steps , во избежание выхода из строя характериографа, время его работы не должно превышать более 3 сек.

з) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения размаха ступенчатого тока при отрицательной полярности.

5.4.6.2 Значение абсолютной погрешности установки размаха ступенчатого изменяющегося тока базы рассчитывают по формуле:

$$\Delta = I_{\text{Б ст.изм.}} - I, \quad (6)$$

где:

$I_{\text{Б ст.изм.}}$ – показание индикатора «Step» (тока 10-й ступени) характериографа;

I – показания калибратора-измерителя Keithley 2612A.

5.4.6.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показаниям калибратора-измерителя Keithley 2612A соответствуют данным таблицы 7.

Таблица 7.

Положение переключателя «Current/level»	Показания «Step» (тока 10-й ступени)	Показания Keithley 2430	
		NPN (+)	PNP (-)
0,2 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	2,000 μA	- 2,000 $\pm$ 0,101 μA	+ 2,000 $\pm$ 0,101 μA
0,5 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	5,000 μA	- 5,000 $\pm$ 0,251 μA	+ 5,000 $\pm$ 0,251 μA
1,0 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	10,000 μA	- 10,000 $\pm$ 0,501 μA	+ 10,000 $\pm$ 0,501 μA
2,0 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	20,000 μA	- 20,000 $\pm$ 1,001 μA	+ 20,000 $\pm$ 1,001 μA
5,0 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	50,000 μA	- 50,000 $\pm$ 2,501 μA	+ 50,000 $\pm$ 2,501 μA
10 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	0,100 mA	- 0,100 $\pm$ 5,001 μA	+ 0,100 $\pm$ 5,001 μA
20 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	0,200 mA	- 0,200 $\pm$ 8,001 μA	+ 0,200 $\pm$ 8,001 μA
50 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	0,500 mA	- 0,500 $\pm$ 20,001 μA	+ 0,500 $\pm$ 20,001 μA
0,1 mA/Steps	1,000 mA	- 1,000 $\pm$ 0,041 mA	+ 1,000 $\pm$ 0,041 mA
0,2 mA/Steps	2,000 mA	- 2,000 $\pm$ 0,081 mA	+ 2,000 $\pm$ 0,081 mA
0,5 mA/Steps	5,000 mA	- 5,000 $\pm$ 0,201 mA	+ 5,000 $\pm$ 0,201 mA
1,0 mA/Steps	10,000 mA	- 10,000 $\pm$ 0,401 mA	+ 10,000 $\pm$ 0,401 mA
2,0 mA/Steps	20,000 mA	- 20,000 $\pm$ 0,801 mA	+ 20,000 $\pm$ 0,801 mA
5,0 mA/Steps	50,000 mA	- 50,000 $\pm$ 2,001 mA	+ 50,000 $\pm$ 2,001 mA
10 mA/Steps	0,100 A	- 0,100 $\pm$ 4,001 mA	+ 0,100 $\pm$ 4,001 mA
20 mA/Steps	0,200 A	- 0,200 $\pm$ 8,001 mA	+ 0,200 $\pm$ 8,001 mA
50 mA/Steps	0,500 A	- 0,500 $\pm$ 20,001 mA	+ 0,500 $\pm$ 20,001 mA
0,1 A/Steps	1,000 A	- 1,000 $\pm$ 0,041 A	+ 1,000 $\pm$ 0,041 A
0,2 A/Steps	2,000 A	- 2,000 $\pm$ 0,081 A	+ 2,000 $\pm$ 0,081 A
0,5 A/Steps	5,000 A	- 5,000 $\pm$ 0,201 A	+ 5,000 $\pm$ 0,201 A

5.4.7 Определение абсолютной погрешности воспроизведения тока смещения базы

5.4.7.1 Определение основной абсолютной погрешности величины тока смещения базы проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2410 следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2410 согласно рис. 6 п. 5.4.6.

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Step»: 0,2 μ A/Step;
 «Offset»: $Z0 = + 0,200 \mu A$;
 «Step mode»: Current (on);
 «Polarity»: NPN (+);
 «Number of steps»: 0 Steps;

в) установить калибратор-измеритель Keithley 2410 в режим измерения постоянного тока;

г) убедиться, что показание тока смещения «offset» соответствует измеренному значению тока калибратора-измерителя Keithley 2410;

д) по показаниям калибратора-измерителя Keithley 2410 зафиксировать измеренное значение тока для положения 0,2 μ A/Step переключателя «Current/level» и заданного «Offset» 0,200 μ A;

е) перевести переключатель «Current/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения токов смещения, при следующих положениях переключателя: 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20 μ A/Steps, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20, 50 mA/Steps и 0,1, 0,2, 0,5 A/Steps.

ВНИМАНИЕ! В положении переключателя «0,5 A/Steps» характериограф работает в импульсном режиме. Для измерения тока смещения необходимо войти в режим калибровки п. 5.4.6 Во избежание выхода из строя характериографа, время его работы не должно превышать более 3 сек.

ж) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения тока смещения при отрицательной полярности.

5.4.7.2 Значение абсолютной погрешности величины постоянного тока смещения базы рассчитывается по формуле:

$$\Delta = I_{\text{Б смещ.}} - I, \quad (7)$$

где:

$I_{\text{Б смещ.}}$ – показание индикатора «offset $Z0=$ » характериографа;

I – показание калибратора-измерителя Keithley 2410.

5.4.7.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания калибратора-измерителя Keithley 2410 соответствуют данным таблицы 8.

Таблица 8.

Положение переключателя «Current/level»	Показания «Offset: $Z0=$ »	Показания Keithley 2410	
		NPN (+)	PNP (-)
0,2 μ A/Steps	+ 0,200 μ A	- 0,200 $\pm$ 0,083 μ A	+ 0,200 $\pm$ 0,083 μ A
0,5 μ A/Steps	+ 0,500 μ A	- 0,500 $\pm$ 0,206 μ A	+ 0,500 $\pm$ 0,206 μ A
1,0 μ A/Steps	+ 1,000 μ A	- 1,000 $\pm$ 0,411 μ A	+ 1,000 $\pm$ 0,411 μ A
2,0 μ A/Steps	+ 2,000 μ A	- 2,000 $\pm$ 0,821 μ A	+ 2,000 $\pm$ 0,821 μ A

Окончание таблицы 8

5,0 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	+ 5,000 μA	- 5,000 $\pm$ 2,051 μA	+ 5,000 $\pm$ 2,051 μA
10 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	+ 10,000 μA	- 10,000 $\pm$ 4,101 μA	+ 10,000 $\pm$ 4,101 μA
20 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	+ 20,000 μA	- 20,000 $\pm$ 8,201 μA	+ 20,000 $\pm$ 8,201 μA
50 $\mu\text{A}/\text{Steps}$	+ 50,000 μA	- 50,000 $\pm$ 20,501 μA	+ 50,000 $\pm$ 20,501 μA
0,1 mA/Steps	+ 0,100 mA	- 0,100 $\pm$ 0,042 mA	+ 0,100 $\pm$ 0,042 mA
0,2 mA/Steps	+ 0,200 mA	- 0,200 $\pm$ 0,083 mA	+ 0,200 $\pm$ 0,083 mA
0,5 mA/Steps	+ 0,500 mA	- 0,500 $\pm$ 0,206 mA	+ 0,500 $\pm$ 0,206 mA
1,0 mA/Steps	+ 1,000 mA	- 1,000 $\pm$ 0,411 mA	+ 1,000 $\pm$ 0,411 mA
2,0 mA/Steps	+ 2,000 mA	- 2,000 $\pm$ 0,821 mA	+ 2,000 $\pm$ 0,821 mA
5,0 mA/Steps	+ 5,000 mA	- 5,000 $\pm$ 2,051 mA	+ 5,000 $\pm$ 2,051 mA
10 mA/Steps	+ 10,000 mA	- 10,000 $\pm$ 4,101 mA	+ 10,000 $\pm$ 4,101 mA
20 mA/Steps	+ 20,000 mA	- 20,000 $\pm$ 8,201 mA	+ 20,000 $\pm$ 8,201 mA
50 mA/Steps	+ 50,000 mA	- 50,000 $\pm$ 20,501 mA	+ 50,000 $\pm$ 20,501 mA
0,1 A/Steps	+ 0,100 A	- 0,100 $\pm$ 0,042 A	+ 0,100 $\pm$ 0,042 A
0,2 A/Steps	+ 0,200 A	- 0,200 $\pm$ 0,083 A	+ 0,200 $\pm$ 0,083 A
0,5 A/Steps	+ 0,500 A	- 0,500 $\pm$ 0,206 A	+ 0,500 $\pm$ 0,206 A

5.4.8 Определение абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю)

5.4.8.1 Проверку основной погрешности установки размаха ступенчатого напряжения проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2410 следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2410 согласно рис. 6 п. 5.4.6 ;

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Step»: 10 mV/Step;
 «Offset»: $Z_0 = 0,000 \text{ mV}$;
 «Step mode»: Voltage (on);
 «Polarity»: NPN (+);
 «Number of steps»: 10 Steps;

в) установить источник-измеритель Keithley 2410 в режим измерения напряжения постоянного тока;

г) войти в режим калибровки характериографа, нажать кнопку «Calibrate», ввести пароль «1, 2, 3», снова нажать кнопку «Calibrate»;

д) убедиться, что размах ступенчатого напряжения соответствует измеренному значению напряжения калибратора-измерителя Keithley 2410.

е) по показаниям калибратора-измерителя Keithley 2410 зафиксировать измеренное значение напряжения для положения 10 mV/Steps переключателя «Voltage/level»;

ж) перевести переключатель «Voltage/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения размаха ступенчатого напряжения, при следующих положениях переключателя: 10, 20, 50 mV/Steps и 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 V/Steps;

з) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения размаха ступенчатого напряжения при отрицательной полярности.

5.4.8.2 Значения абсолютной погрешности установки размаха ступенчатого напряжения рассчитывают по формулам:

$$\Delta = U_{\text{БЭ изм}} - U, \quad (8)$$

где:

$U_{\text{БЭ изм}}$ – показание индикатора «Step» (напряжения 10-й ступени) характериографа;

U – показания калибратора-измерителя Keithley 2410.

5.4.8.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания калибратора-измерителя Keithley 2410 соответствуют данным таблицы 9.

Таблица 9.

Положение переключателя «Voltage/level»	Показания «Step» (напряжения 10-й ступени)	Показания Keithley 2410	
		NPN (+)	PNP (-)
10 mV/Steps	0,100 V	+ 0,100 ± 0,005 V	- 0,100 ± 0,005 V
20 mV/Steps	0,200 V	+ 0,200 ± 0,009 V	- 0,200 ± 0,009 V
50 mV/Steps	0,500 V	+ 0,500 ± 0,021 V	- 0,500 ± 0,021 V
0,1 V/Steps	1,000 V	+ 1,000 ± 0,041 V	- 1,000 ± 0,041 V
0,2 V/Steps	2,000 V	+ 2,000 ± 0,081 V	- 2,000 ± 0,081 V
0,5 V/Steps	5,000 V	+ 5,000 ± 0,201 V	- 5,000 ± 0,201 V
1,0 V/Steps	10,000 V	+ 10,000 ± 0,401 V	- 10,000 ± 0,401 V

5.4.9 Определение абсолютной погрешности воспроизведения напряжения смещения базы

5.4.9.1 Определение абсолютной погрешности величины напряжения смещения базы проводят с помощью калибратора-измерителя Keithley 2410 следующим образом:

а) разъемы панели подключения ППП соединить при помощи измерительных проводов с соответствующими разъемами калибратора-измерителя Keithley 2410 согласно рис. 6 п. 5.4.6;

б) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы исследования:

«Step»: 10 mV/Step;
 «Offset»: $Z0 = + 10,000 \text{ mV}$;
 «Step mode»: Voltage (on);
 «Polarity»: NPN (+);
 «Number of steps»: 0 Steps;

в) установить калибратор-измеритель Keithley 2410 в режим измерения напряжения постоянного тока;

г) убедиться, что показание напряжения смещения «offset» соответствует измеренному значению напряжения калибратора-измерителя Keithley 2410;

д) по показаниям калибратора-измерителя Keithley 2410 зафиксировать измеренное значение напряжения для положения 10 mV/Steps переключателя «Voltage/level» и значения смещения 10,000 mV;

е) перевести переключатель «Voltage/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения напряжения смещения, при следующих положениях переключателя: 20, 50 mV/Steps и 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 V/Steps.

ж) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения напряжения смещения при отрицательной полярности.

5.4.9.2 Значение абсолютной погрешности величины напряжения смещения базы рассчитывают по формуле:

$$\Delta = U_{\text{обр. изм}} - U, \quad (9)$$

где:

$U_{\text{обр. изм}}$ – показание индикатора «offset Zo» характериографа;

U – показание калибратора-измерителя Keithley 2410.

5.4.9.3 Результаты измерений считают удовлетворительными, если показания калибратора-измерителя Keithley 2410 соответствует данным таблицы 10.

Таблица 10.

Положение переключателя «Voltage/level»	Показания «Offset: ZO»	Показания Keithley 2410	
		NPN (+)	PNP (-)
10 mV/Steps	+ 10,000 mV	+ 10,000 ± 4,101 mV	- 10,000 ± 4,101 mV
20 mV/Steps	+ 20,000 mV	+ 20,000 ± 8,101 mV	- 20,000 ± 8,101 mV
50 mV/Steps	+ 50,000 mV	+ 50,000 ± 20,501 mV	- 50,000 ± 20,501 mV
0,1 V/Steps	+ 0,100 V	+ 0,100 ± 0,042 V	- 0,100 ± 0,042 V
0,2 V/Steps	+ 0,200 V	+ 0,200 ± 0,083 V	- 0,200 ± 0,083 V
0,5 V/Steps	+ 0,500 V	+ 0,500 ± 0,206 V	- 0,500 ± 0,206 V
1,0 V/Steps	+ 1,000 V	+ 1,000 ± 0,411 V	- 1,000 ± 0,411 V

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

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

6.2 При несоответствии результатов поверки требованиям любого из пунктов настоящей методики испытательную систему 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 системы в ремонт или невозможности их дальнейшего использования.

Начальник лаборатории № 551
ГЦИ СИ ФБУ «Ростест-Москва»



Ю.Н. Ткаченко
«19» декабря 2014 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(Рекомендуемое)

Форма протокола поверки
Протокол поверки № _____ от _____

Средство измерений: Характериографы полупроводниковых приборов типа Л2-100 ТЕКО
500

Заводской № _____

Изготовитель ЗАО «ТЕСТПРИБОР»

Принадлежит: _____

Поверено в соответствии с МП – 080/551-2014

С применением эталонов: _____

Тип, заводской номер

Температура окружающего воздуха, °C

Относительная влажность воздуха, %.....

Атмосферное давление, мм.рт.ст.....

Внешний осмотр _____

соответствует, не соответствует

Опробование _____

соответствует, не соответствует

Идентификация программного обеспечения _____

соответствует, не соответствует

Определение метрологических характеристик:

1. Определение допускаемой абсолютной погрешности курсорных измерений
напряжения на коллекторе исследуемого ППП

Кнопки «Scanning power»	Положение переключателя «Voltage/div»	Результаты измерений X курсора	Результаты измерений Keithley 2410	Абсолютная погрешность курсорных измерений на коллекторе	Пределы абсолютной погрешности курсорных измерений на коллекторе
10 V	10 mV/dev	+90,000 mV			± 4,901 mV
	20 mV/dev	+0,180 V			± 0,011 V
	50 mV/dev	+0,450 V			± 0,026 V
	100 mV/dev	+0,900 V			± 0,050V
	0,2 V/dev	+1,800 V			± 0,079 V
	0,5 V/dev	+4,500 V			± 0,196 V
	1 V/dev	+9,000 V			± 0,391 V
50 V	2 V/dev	+18,000 V			± 0,781 V
	5 V/dev	+45,000 V			± 1,951 V
100 V	10 V/dev	+90,000 V			± 3,901 V
500 V	20 V/dev	+180,00 V			± 7,81 V
	50 V/dev	+450,00 V			± 19,51 V

Вывод:

2. Определение допускаемой абсолютной погрешности курсорных измерений напряжения на базе исследуемого ППП

Кнопка «Scanning power»	Положение переключателя «Voltage/div»	Показания X курсора	Результаты измерений Keithley 2410	Абсолютная погрешность курсорных измерений на базе	Пределы абсолютной погрешности курсорных измерений на базе
10 V	50 mV/dev	+0,444			$\pm 0,021$ V
	0,1 V/dev	+0,887			$\pm 0,040$ V
	0,2 V/dev	+1,778			$\pm 0,079$ V
	0,5 V/dev	+4,444			$\pm 0,196$ V
	1,0 V/dev	+ 8,889			$\pm 0,391$ V

Вывод:

3. Определение допускаемой абсолютной погрешности курсорных измерений обратного напряжения диода

Кнопка «Scanning power»	Положение переключателя «Voltage/div»	Показания X курсора	Показания осциллографа	Абсолютная погрешность курсорных измерений обратного напряжения диода	Пределы абсолютной погрешности курсорных измерений обратного напряжения диода
5 kV	100 V/dev	+900,00 V			$\pm 59,01$ V
	200 V/dev	+1800,0 V			$\pm 118,1$ V
	500 V/dev	+4500,0 V			$\pm 295,1$ V

4. Определение допускаемой абсолютной погрешности курсорных измерений тока коллектора

Положение переключателя «Current/div»	Показания Transmille 3010R	Показания Y курсора	Абсолютная погрешность курсорных измерений тока коллектора	Пределы абсолютной погрешности курсорных измерений тока коллектора
20 μ A/div	+20,000 μ A			$\pm 8,201$ μ A
50 μ A/div	+50,000 μ A			$\pm 20,501$ μ A
0,1 mA/div	+0,100 mA			$\pm 0,032$ mA
0,2 mA/div	+0,200 mA			$\pm 0,063$ mA
0,5 mA/div	+0,500 mA			$\pm 0,156$ mA
1,0 mA/div	+1,000 mA			$\pm 0,311$ mA
2,0 mA/div	+2,000 mA			$\pm 0,621$ mA
5,0 mA/div	+5,000 mA			$\pm 1,551$ mA
10 mA/div	+10,000 mA			$\pm 3,101$ mA
20 mA/div	+20,000 mA			$\pm 6,201$ mA
50 mA/div	+50,000 mA			$\pm 15,501$ mA
0,1 A/div	+0,100 A			$\pm 0,032$ A
0,2 A/div	+0,200 A			$\pm 0,063$ A
0,5 A/div	+0,500 A			$\pm 0,156$ A
1,0 A/div	+1,000 A			$\pm 0,311$ A
2,0 A/div	+2,000 A			$\pm 0,821$ A
5,0 A/div	+5,000 A			$\pm 2,051$ A

Вывод: полученные значения абсолютной погрешности измерения не превышают допустимых пределов.

5. Определение допускаемой абсолютной погрешности курсорных измерений начального и обратного тока

Кнопка «Scanning power»	Положение переключателя «Current/div»	Показания X курсора	Показания Keithley 2410	Абсолютная погрешность курсорных измерений начального и обратного тока	Пределы абсолютной погрешности курсорных измерений начального и обратного тока
10 V	1,0 $\mu\text{A/div}$	+9,000 μA			$\pm 0,591 \mu\text{A}$
	0,5 $\mu\text{A/div}$	+4,500 μA			$\pm 0,296 \mu\text{A}$
	0,2 $\mu\text{A/div}$	+1,800 μA			$\pm 0,119 \mu\text{A}$
	0,1 $\mu\text{A/div}$	+0,900 μA			$\pm 0,110 \mu\text{A}$
	0,05 $\mu\text{A/div}$	+0,450 μA			$\pm 0,056 \mu\text{A}$
	0,02 $\mu\text{A/div}$	+0,180 μA			$\pm 0,023 \mu\text{A}$

Вывод:

6. Определение допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при токе смещения базы, равном нулю)

Положение Переключателя «Current/level»	Показания «Step» (тока 10-й ступени)	Показания Keithley 2430		Абсолютная погрешность воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося тока базы		Пределы абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося тока базы
		NPN (+)	PNP (-)	NPN (+)	PNP (-)	
0,2 $\mu\text{A/Steps}$	2,000 μA					$\pm 0,101 \mu\text{A}$
0,5 $\mu\text{A/Steps}$	5,000 μA					$\pm 0,251 \mu\text{A}$
1,0 $\mu\text{A/Steps}$	10,000 μA					$\pm 0,501 \mu\text{A}$
2,0 $\mu\text{A/Steps}$	20,000 μA					$\pm 1,001 \mu\text{A}$
5,0 $\mu\text{A/Steps}$	50,000 μA					$\pm 2,501 \mu\text{A}$
10 $\mu\text{A/Steps}$	0,100 mA					$\pm 5,001 \mu\text{A}$
20 $\mu\text{A/Steps}$	0,200 mA					$\pm 8,001 \mu\text{A}$
50 $\mu\text{A/Steps}$	0,500 mA					$\pm 20,001 \mu\text{A}$

Продолжение таблицы

0,1 mA/Steps	1,000 mA					± 0,041mA
0,2 mA/Steps	2,000 mA					± 0,081mA
0,5 mA/Steps	5,000 mA					± 0,201 mA
1,0 mA/Steps	10,000 mA					± 0,401 mA
2,0 mA/Steps	20,000 mA					± 0,801 mA
5,0 mA/Steps	50,000 mA					± 0,801 mA
10 mA/Steps	0,100 A					± 4,001 mA
20 mA/Steps	0,200 A					± 8,001 mA
50 mA/Steps	0,500 A					± 20,001 mA
0,1 A/Steps	1,000 A					± 0,041 A
0,2 A/Steps	2,000 A					± 0,081 A
0,5 A/Steps	5,000 A					± 0,201 A

Вывод:

7. Определение допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения тока смещения базы

Положение Переключа- теля «Current/ level»	Показания «Offset: Z0=»	Показания Keithley 2410		Абсолютная погрешность воспроизведения тока смещения базы		Пределы абсолютной погрешности воспроизведения тока смещения базы
		NPN (+)	NPN (+)	NPN (+)	PNP (-)	
0,2 µA/Steps	+ 0,200 µA					± 0,083 µA
0,5 µA/Steps	+ 0,500 µA					± 0,206 µA
1,0 µA/Steps	+ 1,000 µA					± 0,411 µA
2,0 µA/Steps	+ 2,000 µA					± 0,821 µA
5,0 µA/Steps	+ 5,000 µA					± 2,051 µA
10 µA/Steps	+ 10,000 µA					± 4,101 µA
20 µA/Steps	+ 20,000 µA					± 8,201 µA
50 µA/Steps	+ 50,000 µA					± 20,501 µA
0,1 mA/Steps	+ 0,100 mA					± 0,042 mA

Продолжение таблицы

0,2 mA/Steps	+ 0,200 mA					± 0,083 mA
0,5 mA/Steps	+ 0,500 mA					± 0,206 mA
1,0 mA/Steps	+ 1,000 mA					± 0,411 mA
2,0 mA/Steps	+ 2,000 mA					± 0,821 mA
5,0 mA/Steps	+ 5,000 mA					± 2,051 mA
10 mA/Steps	+ 10,000 mA					± 4,101 mA
20 mA/Steps	+ 20,000 mA					± 8,201 mA
50 mA/Steps	+ 50,000 mA					± 20,501 mA
0,1 A/Steps	+ 0,100 A					± 0,042 A
0,2 A/Steps	+ 0,200 A					± 0,083 A
0,5 A/Steps	+ 0,500 A					± 0,206 A

8. Определение допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю)

Положение Переключа- теля «Voltage/ level»	Показания «Step» (напряже- ния 10-й ступени)	Показания Keithley 2410		Абсолютная погрешность воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе		Пределы абсолютной воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе
		NPN (+)	NPN (+)	NPN (+)	PNP (-)	
10 mV/Steps	0,100 V					± 0,005 V
20 mV/Steps	0,200 V					± 0,009 V
50 mV/Steps	0,500 V					± 0,009 V
0,1 V/Steps	1,000 V					± 0,041 V
0,2 V/Steps	2,000 V					± 0,081 V
0,5 V/Steps	5,000 V					± 0,201 V
1,0 V/Steps	10,000 V					± 0,401 V

Вывод:

9. Определение допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения смещения базы

Положение переключателя «Voltage/level»	Показания «Offset: Z0=»	Показания Keithley 2410		Показания Keithley 2410		Пределы абсолютной погрешности воспроизведения размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе
		NPN (+)	NPN (+)	NPN (+)	PNP (-)	
10 mV/Steps	+ 10,000 mV					± 4,101 mV
20 mV/Steps	+ 20,000 mV					± 8,101 mV
50 mV/Steps	+ 50,000 mV					± 20,501 mV
0,1 V/Steps	+ 0,100 V					± 0,042 V
0,2 V/Steps	+ 0,200 V					± 0,083 V
0,5 V/Steps	+ 0,500 V					± 0,206 V
1,0 V/Steps	+ 1,000 V					± 0,411 V

Вывод:

Заключение :

Поверку провел: _____ « » 20 г.