МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОТЕРЬ

Издание официальное

БЗ 1—2001

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.382.2.08(083.74):006.354 Группа Э29

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Методы измерения последовательного сопротивления потерь

Semiconductor diodes. Total series equivalent resistance measurement methods

ГОСТ 18986.11—84

Взамен ГОСТ 18986.11—74

ОКП 62 1500, 62 1600

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.06.84 № 2247 дата введения установлена 01.07.85

Ограничение срока действия снято по протоколу № 4—93 Межгосударственного Совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 4—94)

Настоящий стандарт распространяется на варикапы и туннельные диоды и устанавливает два метода измерения последовательного сопротивления потерь:

- метод I — для варикапов, предназначенных для работы в диапазоне от 0,25 до 1000 МГц;
- метод II — для туннельных диодов.

Общие требования при измерении и требования безопасности — по ГОСТ 18986.0—74.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3199—81 в части измерения сопротивления потерь варикапов (приложение 1) и Публикации МЭК 147—2F в части принципа измерения последовательного сопротивления потерь туннельных диодов.

1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ВАРИКАПОВ

1.1. Принцип, условия и режим измерения

1.1.1. Измерение последовательного сопротивления потерь варикапов проводят резонансным методом.

1.1.2. Температура среды, обратное напряжение, емкость варикапа, частота при измерении должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях (ТУ) на варикапы конкретных типов.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 1.

1.2.2. Генератор постоянного напряжения *G1* должен обеспечивать установление и поддержание обратного напряжения на варикапе с погрешностью в пределах ±3 %.

Нестабильность напряжения (включая пульсацию) не должна превышать 10 мВ.

1.2.3. Генератор тока высокой частоты *G2* должен обеспечивать установление и поддержание амплитуды переменного напряжения на варикапе $U_м$, В, не превышающей значения, рассчитанного по формуле

$$U_м \le 0{,}07 + 0{,}2\,(0{,}7 + U_{обр}),$$

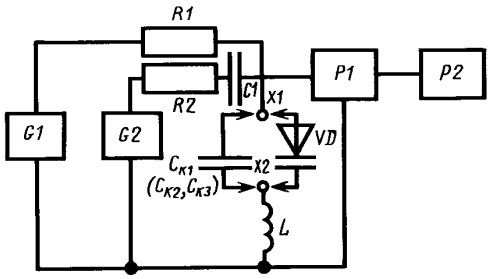
где $U_{обр}$ — постоянное обратное напряжение на варикапе, В.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

Переиздание. Август 2002 г.

© Издательство стандартов, 1984
© ИПК Издательство стандартов, 2002



G1 — генератор постоянного напряжения; *G2* — генератор тока высокой частоты; *R1* и *R2* — ограничительные резисторы; *C1* — разделительный конденсатор; $C_{к1}$, $C_{к2}$, $C_{к3}$ — калибровочные конденсаторы; *VD* — варикап; *X1* и *X2* — контакты подключения варикапа или калибровочных конденсаторов; *L* — катушка индуктивности; *P1* — селективный вольтметр; *P2* — измерительный прибор

Черт. 1

Нестабильность амплитуды тока высокой частоты должна быть в пределах ±1 % за время между калибровками, которое должно быть указано в технической документации на конкретный тип измерителя последовательного сопротивления потерь варикапов.

Частоту генератора *f*, Гц, следует выбирать из условия

$$f \leq \frac{1}{80\,\pi\,C_{в}\,r_{п}},$$

где $C_{в}$ — емкость варикапа, указанная в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов, Ф;

$r_{п}$ — последовательное сопротивление потерь варикапа, установленное в стандартах или ТУ на варикапы конкретных типов, Ом.

Нестабильность частоты за время измерения должна быть $5 \cdot 10^{-6} f$, Гц.

Амплитуда гармоник выходного напряжения должна быть в пределах ±3 % амплитуды основной частоты.

1.2.4. Сопротивление резистора *R1*, Ом, следует выбирать из условия

$$R_1 \geq 200\,r_{п}.$$

1.2.5. Сопротивление резистора *R2*, Ом, и емкость конденсатора *C1*, Ф, следует выбирать из условия

$$\sqrt{(R_2)^2 + \frac{1}{(2\,\pi f\,C_1)^2}} \geq 50\,r_{п}.$$

1.2.6. Добротность катушки индуктивности резонансного контура должна быть не менее 400. Сопротивление потерь катушки индуктивности r_L, Ом, должно удовлетворять условию:

$$r_L \leq 0{,}2\,r_{п}.$$

Допускается катушку индуктивности заменять отрезком длинной линии, настроенной с емкостью варикапа в резонанс на частоте измерения.

1.2.7. Калибровочные конденсаторы $C_{к1}$, $C_{к2}$ и $C_{к3}$ должны иметь емкость, которая отличается от емкости варикапа не более чем на ±20 %.

Погрешность сопротивления потерь r_1, r_2, r_3 калибровочных конденсаторов $C_{к1}$, $C_{к2}$, $C_{к3}$ должна быть в пределах ±1 %, сопротивления потерь r_1, r_2, r_3 следует выбирать из условия:

$$r_1 = r_L \pm 20\ \%; \quad r_2 = 2\,r_L \pm 20\ \%; \quad r_3 = r_{п} \pm 20\ \%.$$

1.2.8. Селективный вольтметр *P1* должен удовлетворять следующим требованиям:

- отклонение от линейности амплитудной характеристики должно быть в пределах ±3 %;

- полное входное сопротивление должно не менее чем в 50 раз превышать последовательное сопротивление потерь варикапа.

Селективный вольтметр *P1* должен обеспечивать подавление второй и последующих гармоник частоты генератора не менее чем на 70 дБ.

1.2.9. Погрешность измерительного прибора *P2* должна быть в пределах ±2 %.

1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Калибровка установки

1.3.1.1. Подключают конденсатор $C_{к1}$ к контактам *X1* и *X2*.

1.3.1.2. Подают сигнал от генератора *G2* и изменением частоты генератора настраивают контур в резонанс по минимальному показанию α_1 измерительного прибора *P2*.

1.3.1.3. Заменяют конденсатор $C_{к1}$ конденсатором $C_{к2}$, изменением частоты генератора настраивают контур в резонанс и отсчитывают показание α_2.

1.3.1.4. Сопротивление потерь катушки индуктивности r_L, Ом, вычисляют по формуле

$$r_L = \frac{\alpha_1 r_2 - \alpha_2 r_1}{\alpha_2 - \alpha_1}.$$

1.3.1.5. По сумме $r_1 + r_3$, изменяя коэффициент усиления вольтметра *P1*, калибруют шкалу прибора *P2* в единицах измерения сопротивления.

1.3.2. Подключают варикап к контактам *X1* и *X2*. От генератора *G1* подают постоянное напряжение, от генератора *G2* — переменный сигнал требуемой частоты. Изменяя напряжение от генератора *G1*, добиваются минимального показания прибора *P2*, соответствующего сопротивлению r_x.

1.3.3. Последовательное сопротивление потерь варикапа $r_п$, Ом, вычисляют по формуле

$$r_п = r_x - r_L,$$

где r_L — сопротивление потерь катушки индуктивности.

1.3.4. Допускается компенсировать сопротивление потерь катушки индуктивности введением дополнительной схемы. При этом погрешность измерения не должна выходить за установленный предел.

1.4. Показатели точности измерений

1.4.1. Погрешность измерения последовательного сопротивления потерь варикапов должна быть в пределах ±10 % с доверительной вероятностью $P = 0{,}997$ для варикапов с добротностью менее 300 и в пределах ±15 % с доверительной вероятностью $P = 0{,}997$ для варикапов с добротностью, равной 300 и более.

1.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 2.

2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

2.1. Принцип, условия и режим измерения

2.1.1. За последовательное сопротивление потерь туннельных диодов принимают дифференциальное сопротивление, измеренное на обратной ветви вольт-амперной характеристики при смещении током в область, в которой напряжение от тока изменяется незначительно.

2.1.2. Температура среды, амплитуда импульсов обратного тока смещения, частота повторения импульсов при измерении должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на туннельные диоды конкретных типов.

2.2. Аппаратура

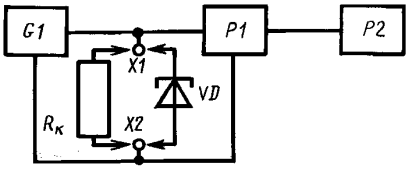
2.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 2.

2.2.2. Генератор модулированных импульсов тока *G1* должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать установление и поддержание амплитуды обратного тока смещения с погрешностью в пределах ±8 %, амплитуду импульсов тока $I_и$, мА, следует выбирать из условия

$I_и = (5...40)\ I_п + 15$,

где $I_п$ — пиковый ток, заданный в стандартах или ТУ на туннельные диоды конкретных типов;



G1 — генератор модулированных импульсов тока; $R_к$ — резистор калибровки; *VD* — туннельный диод; *X1* и *X2* — контакты подключения туннельного диода или резистора калибровки; *P1* — устройство выделения огибающей; *P2* — измерительный прибор

Черт. 2

конкретное значение коэффициента при $I_п$ выбирают таким, чтобы дифференциальное сопротивление диода мало изменялось при изменении амплитуды импульса тока смещения, мА;

- длительность импульсов тока на уровне 0,5 не должна превышать 100 нс;

- частота повторения импульсов должна быть такой, чтобы средний ток через диод не превышал значения (0,33 $I_п$ + 1) мА;

- обеспечивать модуляцию амплитуды импульсов тока по синусоидальному закону;

- частота модуляции должна быть не менее чем в 10 раз ниже частоты повторения импульсов тока, коэффициент модуляции должен быть не более 0,1.

2.2.3. Устройство *P1* должно обеспечивать детектирование и усиление огибающей модулированного сигнала, амплитуда и частота которого соответствуют требованиям п. 2.2.2. Нелинейность амплитудной характеристики устройства должна быть в пределах ±3 %.

2.2.4. Погрешность измерительного прибора *P2* должна быть в пределах ±2 %.

2.2.5. Сопротивление резистора калибровки $R_к$, Ом, должно иметь значение, близкое к измеряемому последовательному сопротивлению потерь с погрешностью в пределах ±1 %.

2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Калибровка установки

2.3.1.1. Подключают резистор калибровки $R_к$ к контактам *X1* и *X2*. От генератора *G1* подают модулированные импульсы тока.

2.3.1.2. По сопротивлению $R_к$, регулируя коэффициент усиления устройства *P1*, калибруют шкалу прибора *P2* в единицах сопротивления.

2.3.2. Подключают туннельный диод к контактам *X1* и *X2*, подают от генератора *G1* модулированные импульсы тока.

2.3.3. По измерительному прибору *P2* отсчитывают последовательное сопротивление потерь туннельного диода.

2.4. Показатели точности измерений

2.4.1. Погрешность измерения последовательного сопротивления потерь туннельных диодов должна быть в интервале $\pm\left(\frac{0{,}025}{r_п}+0{,}1\right)\cdot 100$ %, с доверительной вероятностью $P = 0{,}997$ (где $r_п$ — последовательное сопротивление потерь туннельного диода, установленное в стандартах или ТУ на туннельные диоды конкретных типов, Ом).

2.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

Информационные данные о соответствии ГОСТ 18986.11—84
СТ СЭВ 3199—81
Разд. 1 ГОСТ 18986.11—84 соответствует разд. 5 СТ СЭВ 3199—81.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Расчет погрешности измерения последовательного сопротивления потерь варикапов

1.1. Интервал, в котором с доверительной вероятностью находится погрешность измерений, определяют по формуле

$$\delta r_{\text{п}} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta r_x}{K \delta r_x}\right)^2 \left(\frac{r_x}{r_x - r_L}\right)^2 + \left(\frac{\delta r_L}{K \delta r_L}\right)^2 \left(\frac{r_L}{r_x - r_L}\right)^2},$$

где δr_x — составляющая погрешности определения суммарного сопротивления потерь катушки индуктивности и варикапов;

δr_L — составляющая погрешности определения сопротивления потерь катушки индуктивности.

1.2. Составляющую погрешности определения суммарного сопротивления потерь варикапов и сопротивления потерь катушки индуктивности рассчитывают по формуле

$$\delta r_x = \pm K_{\delta r_x} \sqrt{\left(\frac{\delta U}{K \delta U}\right)^2 + \left(\frac{\delta A}{K \delta A}\right)^2 + \left(\frac{\delta P}{K \delta P}\right)^2 + \left(\frac{\delta f}{K \delta f}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_{\text{опер}}}{K \delta \alpha}\right)^2},$$

где δU — составляющая погрешности за счет неточности установления и поддержания обратного напряжения;

δA — составляющая погрешности за счет нестабильности амплитуды переменного напряжения;

δP — составляющая погрешности за счет неточности показаний измерительного прибора;

δf — составляющая погрешности за счет нестабильности частоты генератора;

$\delta \alpha_{\text{опер}}$ — составляющая погрешности за счет неточности отсчета момента резонанса оператором.

1.3. Составляющую погрешности определения сопротивления потерь катушки индуктивности рассчитывают по формуле

$$\delta r_L = \pm K \delta_{r_L} \sqrt{\left(\frac{\delta \alpha_1}{K \delta \alpha_1}\right)^2 \left(\frac{1}{1 - \frac{\alpha_2 r_1}{\alpha_1 r_2}} + \frac{1}{\frac{\alpha_2}{\alpha_1} - 1}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_2}{K_{\delta \alpha_2}}\right)^2 \left(\frac{1}{\frac{\alpha_1 r_2}{\alpha_2 r_1} - 1} + \frac{1}{1 - \frac{\alpha_1}{\alpha_2}}\right)^2},$$

где $\delta\alpha_1 = \delta\alpha_2$ — составляющие погрешности отсчета по шкале измерительного прибора при подключении $C_{\text{к1}}$ и $C_{\text{к2}}$ соответственно;

r_1 и r_2 — сопротивления потерь калибровочных конденсаторов $C_{\text{к1}}$ и $C_{\text{к2}}$ соответственно.

1.4. Составляющие погрешности $\delta\alpha_{1,2}$ рассчитывают по формуле

$$\delta \alpha_1 = \delta \alpha_2 = \pm K \delta \alpha_{1,2} \sqrt{\left(\frac{\delta A}{K \delta A}\right)^2 + \left(\frac{\delta B}{K \delta B}\right)^2 + \left(\frac{\delta P}{K \delta P}\right)^2 + \left(\frac{\delta r_{1,2}}{K \delta_{r_{1,2}}}\right)^2},$$

где δA — составляющая погрешности за счет нестабильности амплитуды переменного напряжения;

δB — составляющая погрешности за счет нелинейности детектирования и усиления сигнала;

δP — составляющая погрешности за счет неточности показаний измерительного прибора;

$\delta r_{1,2}$ — составляющая погрешности определения сопротивления потерь конденсаторов $C_{\text{к1}}$ и $C_{\text{к2}}$.

1.5. Так как каждая из составляющих погрешности δr_x, δr_L, $\delta\alpha_1$, $\delta\alpha_2$, определяющих суммарную погрешность измерения $\delta r_{\text{п}}$, зависит от большого числа влияющих факторов и складывается из большого числа частных составляющих, принимаем их распределение и распределение суммарной погрешности нормальным. Соответственно при доверительной вероятности $P = 0{,}997$ K_{Σ}, $K_{\delta_{r_x}}$, $K_{\delta r_L}$, $K_{\delta \alpha_{1,2}}$ равны 3.

Подставляя в формулы значения $\alpha_1 = 0{,}66$; $\alpha_2 = 1$; $r_1 = 0{,}1$; $r_2 = 0{,}2$; $r_L = 0{,}1$; $r_x = 1{,}1$; $\delta U = 2$ %; $\delta A = 1$ %; $\delta B = 3$ %; $\delta P = 3$ %; $\delta\alpha_{\text{опер}} = 1$ %; $\delta r_1 = \delta r_2 = 3$ %; $\delta f = 0{,}0001$ % (которым можно пренебречь), получаем:

$$\delta \alpha_1 = \delta \alpha_2 = \pm 3 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{3}{3}\right)^2} = \pm 6{,}8\ \%;$$

$$\delta r_L = \pm 3 \sqrt{\left(\frac{6{,}8}{3}\right)^2 \left(\frac{1}{1 - \frac{1 \cdot 0{,}1}{0{,}66 \cdot 0{,}2} + \frac{1}{0{,}66} - 1}\right)^2 + \left(\frac{6{,}8}{3}\right)^2 \left(\frac{1}{\frac{0{,}66 \cdot 0{,}2}{0{,}1} - 1 + \frac{1}{1 - \frac{0{,}66}{1}}}\right)^2} = \pm 58{,}6\ \%;$$

$$\delta r_x = \pm 3 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \pm 5{,}7\ \%.$$

Таким образом, погрешность измерения $\delta r_п$ с доверительной вероятностью $P = 0{,}997$ должна быть в интервале

$$\delta r_п = \pm 3 \sqrt{\left(\frac{5{,}7}{3}\right)^2 \left(\frac{1{,}1}{1{,}1 - 0{,}1}\right)^2 + \left(\frac{58{,}6}{3}\right)^2 \left(\frac{0{,}1}{1{,}1 - 0{,}1}\right)^2} = \pm 9\ \%.$$

2. Расчет погрешности измерения последовательного сопротивления потерь туннельных диодов

2.1. Последовательное сопротивление потерь туннельных диодов $r_п$, Ом, определяют по формуле

$$r_п = R_к \frac{\alpha_п}{\alpha_к},$$

где $\alpha_к$ — отсчет по шкале измерительного прибора при подключении резистора калибровки $R_к$;

$\alpha_п$ — отсчет по шкале измерительного прибора при подключении туннельного диода.

2.2. Интервал, в котором с доверительной вероятностью находится погрешность измерения, определяют по формуле

$$\delta r_п = \pm \left(\frac{r_{конт}}{r_п} + K_\Sigma \sqrt{\left(\frac{\delta r_к}{K \delta r_к}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_п}{K \delta \alpha_п}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_к}{K \delta \alpha_к}\right)^2} \right) \cdot 100\ \% =$$

$$= \pm \left(\frac{r_{конт}}{r_п} + K_\Sigma \sqrt{\left(\frac{\delta r_к}{K \delta r_к}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta A}{K \delta A}\right)^2 + \left(\frac{\delta U_{т.д.}}{K \delta U_{т.д.}}\right)^2 + \left(\frac{\delta B}{K \delta B}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta P}{K \delta P}\right)^2} \right) \cdot 100\ \%,$$

где $\delta r_к$ — погрешность определения сопротивления резистора калибровки;

δA — составляющая погрешности за счет нестабильности амплитуды импульсов тока;

$\delta U_{т.д.}$ — составляющая погрешности за счет разброса и изменения вольтамперной характеристики туннельных диодов;

δB — составляющая погрешности за счет нелинейности детектирования и усиления амплитуды импульсов тока;

δP — составляющая погрешности за счет неточности показаний измерительного прибора.

Так как суммарная погрешность измерения складывается из большого числа составляющих и доминирующая частная составляющая погрешности $\delta U_{т.д}$ распределена по нормальному закону, то закон распределения погрешности измерения можно принять распределенным по нормальному закону. Тогда при доверительной вероятности $P = 0{,}997$ $K_\Sigma = 3$.

Подставляя в формулу значения $\delta r_к = 1\ \%$, $\delta A = 1\ \%$, $\delta U_{т.д} = 5\ \%$, $\delta B = \delta P = 3\ \%$, $r_{конт} = 0{,}025$ Ом, получаем, что погрешность измерения с доверительной вероятностью $P = 0{,}997$ должна быть в интервале

$$\delta r_п = \pm \left(\frac{0{,}025}{r_п} + 3 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right)^2 + 2\left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{5}{3}\right)^2 + \left(\frac{3}{3}\right)^2 + 2\left(\frac{3}{1{,}73}\right)^2} \right) \cdot 100\ \% =$$

$$= \pm \left(\frac{0{,}025}{r_п} + 0{,}095 \right) \cdot 100\ \%.$$

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Е.Н. Мартемьяновой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 09.09.2002. Подписано в печать 11.10.2002. Усл. печ. л. 0,93.
Уч.-изд. л. 0,70. Тираж 72 экз. С 7751. Зак. 295.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
gost.e-ecolog.ru e-mail: gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в ИПК Издательство стандартов

gost.e-ecolog.ru