

ГОСТ 18986.6—73

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

---

# ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЗАРЯДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Издание официальное

Б3 1—2001

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ  
М о с к в а

## М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

## ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Метод измерения заряда восстановления

Semiconductor diodes. Method for measuring  
recovery chargeГОСТ  
18986.6—73Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 13 июля 1973 г. № 1723  
дата введения установлена01.01.75

Ограничение срока действия снято по протоколу № 2—92 Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 2—93)

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые импульсные и выпрямительные диоды, а также на переключательные диоды диапазона СВЧ, у которых накопленный заряд может быть принят равным заряду восстановления, и устанавливает метод измерения заряда восстановления.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3198—81 в части метода измерения заряда восстановления.

Общие условия при измерении должны соответствовать требованиям ГОСТ 18986.0—74 и настоящего стандарта.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

## 1. УСЛОВИЯ И РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ

1.1. Температура окружающей среды при измерении должна быть в пределах  $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .

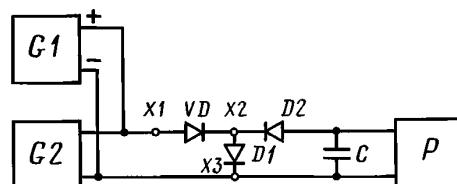
1.2. Прямой ток и обратное напряжение при измерении заряда восстановления должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

1.1, 1.2. (Измененная редакция, Изм. № 1).

1.3, 1.4. (Исключены, Изм. № 1).

## 2. АППАРАТУРА

2.1. Принципиальная электрическая схема измерения заряда восстановления должна соответствовать указанной на чертеже.

Допускается возможность подключения к схеме устройств, стабилизирующих постоянное напряжение между точками  $X2$  и  $X3$  схемы.Допускается шунтирование диода  $VD$  конденсатором емкостью, не превышающей  $0,2 \cdot \frac{\tau_{\text{нр}}}{R_{\text{вых}_2}}$  (где  $\tau_{\text{нр}}$  — время нарастания импульса обратного напряжения,  $R_{\text{вых}_2}$  — выходное сопротивление генератора  $G2$ ) или подача в точку  $X2$  импульса от дополнительного генератора, синхронизированного с генератором  $G2$ .G1 — генератор прямого тока с выходным сопротивлением  $R_{\text{вых}1}$ ; G2 — генератор обратного напряжения с выходным сопротивлением  $R_{\text{вых}2}$ ; X1, X2, X3 — выводы;  $VD$  — измеряемый диод;  $D1$  — диод, через который протекает прямой ток измеряемого диода;  $D2$  — диод, через который протекает обратный ток измеряемого диода,  $C$  — интегрирующий конденсатор;  $P$  — измеритель заряда с входным сопротивлением  $R_{\text{вх}}$ .

$VD$  — измеряемый диод;  $D1$  — диод, через который протекает прямой ток измеряемого диода;  $D2$  — диод, через который протекает обратный ток измеряемого диода,  $C$  — интегрирующий конденсатор;  $P$  — измеритель заряда с входным сопротивлением  $R_{\text{вх}}$ .

Издание официальное



Издание (май 2004 г.) с Изменением № 1, утвержденным в июне 1982 г. (ИУС 9—82).

Перепечатка воспрещена

## С. 2 ГОСТ 18986.6—73

Допускается подача на диод  $D2$  напряжения начального смещения.

2.2. Прямой ток  $i_{\text{пр}}$  генератора  $G1$  протекает через измеряемый диод  $VD$  и диод  $D2$  в течение времени, достаточного, чтобы в диоде  $VD$  накопился заряд, соответствующий стационарному состоянию при протекании прямого тока  $i_{\text{пр}}$ . Затем от генератора  $G2$  подают импульс обратного напряжения, запирающий диод  $VD$ , при этом переходный обратный ток диода  $VD$  протекает через диод  $D2$  и заряжает конденсатор  $C$ . В интервале между импульсами генератора  $G2$  заряд с конденсатора  $C$  стекает через входное сопротивление  $R_{\text{вх}}$  измерителя  $P$ , причем этот процесс повторяется с частотой повторения  $f$  импульсов генератора  $G2$ .

2.3. Если в качестве измерителя  $P$  используют микроамперметр магнитоэлектрической системы, заряд восстановления  $Q_{\text{вос}}$  определяют из соотношения

$$Q_{\text{вос}} = \frac{i_0 - i_{\text{обр}}}{f},$$

где  $i_0$  — средний ток, измеряемый измерителем  $P$ ;

$i_{\text{обр}}$  — обратный ток диода  $D2$ , измеренный при отключении генератора  $G2$  или при отсутствии импульсов с  $G2$ ;

$f$  — частота повторения импульсов обратного напряжения генератора.

Обратный ток диода  $D2$  можно не учитывать, если значение, определяемое из соотношения  $\frac{i_{\text{пр}}}{f}$ , составляет не более 1 % от значения измеряемого заряда.

2.4. В качестве измерителя заряда  $P$  допускается использовать селективный усилитель, настроенный на частоту  $f$  или кратную ей частоту. При этом индикатор на выходе селективного усилителя должен быть откалиброван непосредственно в единицах заряда. Калибровку осуществляют конденсаторами с известной емкостью, включаемыми вместо диода  $VD$ . При этом калибровочный заряд  $Q$  равен

$$Q = C_k \cdot U_k,$$

где  $C_k$  — емкость калибровочного конденсатора;

$U_k$  — амплитуда импульса генератора  $G2$ .

2.1—2.4. (Измененная редакция, Изм. № 1).

2.5. Основные элементы, входящие в принципиальную электрическую схему, должны соответствовать требованиям пп. 2.6—2.12.

2.6. Генератор  $G1$  должен обеспечивать подачу через измеряемый диод постоянного или импульсного прямого тока заданной величины, при этом должны обеспечиваться следующие требования:

а) прямой ток должен быть задан через диод  $VD$  с погрешностью в пределах  $\pm 3\%$  при постоянном прямом токе и  $\pm 10\%$  при подаче импульсного прямого тока. Режим подачи импульсного прямого тока применяют в технически обоснованных случаях, когда при заданном значении постоянного прямого тока не может быть обеспечена устойчивая работа диода  $VD$ ;

б) выходное сопротивление генератора  $G1 R_{\text{вых}_1}$  должно быть достаточно большим, чтобы при изменении напряжения между точками  $X1$  и  $X3$  на 1 В изменения тока генератора  $G1$  не превышали 1 % при постоянном и 3 % при импульсном прямых токах;

в) длительность импульса прямого тока должна быть не менее  $5 \frac{Q_{\text{вос}}}{i_{\text{пр}}}$ , где  $Q_{\text{вос}}$  — величина заряда восстановления, равная норме на этот параметр, указанной в технической документации на диоды конкретных типов;

г) для квазиимпульсного прямого тока, представляющего собой постоянный ток, протекающий в цепи диода в течение времени  $\tau \geq 100 \frac{Q_{\text{вос}}}{i_{\text{пр}}}$ , требования аналогичны тем, которые предъявляют к постоянному току;

д) спад вершины импульса прямого тока на длительности  $5 \frac{Q_{\text{вос}}}{i_{\text{пр}}}$ , отсчитанной от момента подачи импульса обратного напряжения, не должен превышать 5 %.

2.7. Генератор  $G2$  должен обеспечивать подачу на измеряемый диод импульса обратного напряжения. При этом должны быть выполнены следующие требования:

а) амплитуда импульса обратного напряжения должна быть установлена с погрешностью в пределах  $\pm 10\%$ .

Примечание. Амплитуда импульса обратного напряжения может быть измерена импульсным вольтметром с открытым входом на аноде диода  $VD$  относительно точки  $X3$  схемы. При этом на аноде диода устанавливают напряжение, равное сумме заданного обратного напряжения  $U_{\text{обр},n}$  и прямого падения напряжения на диоде  $D2$  при протекании через него прямого тока (примерно 0,75 В). При измерении импульсным вольтметром с закрытым входом измеренное значение амплитуды импульса напряжения на аноде диода  $VD$  определяют из соотношения

$$U_m = U_{\text{обр},n} + U_{\text{пр}_1} + U_{\text{пр}_2} - U_{\text{см}},$$

где  $U_{\text{обр},n}$  — требуемое значение амплитуды импульсов обратного напряжения;

$U_{\text{пр}_1}$  — прямое падение напряжения на двух последовательно включенных диодах  $VD$  и  $D1$  от протекания прямого тока (примерно 1,4 В);

$U_{\text{пр}_2}$  — прямое падение напряжения на диоде  $D2$  (примерно 0,75 В);

$U_{\text{см}}$  — напряжение смещения диода  $D2$ , если предусмотрена его подача в схеме;

б) выходное сопротивление генератора  $G2$   $R_{\text{вых},2}$  должно быть в пределах 50—90 Ом. Допускается включение последовательно с выходом генератора дополнительного резистора для того, чтобы общее сопротивление в цепи диода  $VD$  для импульсного обратного тока составляло указанное выше значение;

в) длительность импульса обратного напряжения  $\tau_u$  должна быть не менее  $0,2 \frac{Q_{\text{вос}}}{i_{\text{пр}}}$ ,

г) спад вершины импульса обратного напряжения не должен превышать 10 % на всей длительности импульса, измеренного на согласованной нагрузке 50 или 75 Ом;

д) время нарастания  $t_{\text{нр}}$  импульса обратного напряжения, измеряемое на согласованной нагрузке между уровнями 0,1 и 0,9 при подключении измерительного устройства между выводами  $X1$  и  $X2$  и отключенном диоде  $VD$ , должно удовлетворять требованиям, указанным в табл. 3.

Таблица 3 \*

Заряд восстановления $Q_{\text{вос}}$ , пКл	Время нарастания $t_{\text{нр}}$ , нс, не более
До 10 включ.	0,36
Св. 10 » 150 »	1,00
» 150 » 1000 »	3,00
» 1000 » 10000 »	18,00
» 10000	100,00

е) частота повторения импульсов генератора  $G2$  не должна превышать значения  $\frac{i_{\text{пр}}}{5 Q_{\text{вос}}}$ .

Частота повторения импульсов обратного напряжения должна задаваться и поддерживаться с погрешностью в пределах  $\pm 1\%$  при измерении заряда восстановления по среднему обратному току диода  $VD$ . При использовании в качестве измерителя заряда селективного усилителя погрешность задания частоты повторения и ее стабильность определяют настройкой и полосой частот селективного усилителя;

ж) цепи генераторов  $G2$  и  $G1$  должны быть разделены по постоянному току так, чтобы в паузе между импульсами обратного напряжения часть прямого тока, ответвляющаяся в генератор  $G2$ , не превышала значения  $0,5\% i_{\text{пр}}$ . Допускается разделение цепей путем включения разделительного конденсатора на выходе генератора  $G2$ , при этом емкость конденсатора  $C'$  должна удовлетворять требованиям

$$R_{\text{вых},2} \cdot C' \geq 20 \tau_u; C' \geq \frac{20 i_{\text{пр}} \cdot \tau_u}{U_{\text{обр},n}}$$

и должны быть приняты меры, предотвращающие установление на конденсаторе напряжения холостого хода генератора  $G1$  при извлечении диода  $VD$ .

\* Табл. 1 и 2. (Исключены, Изм. № 1).

## C. 4 ГОСТ 18986.6—73

2.8. Измеритель заряда  $P$  должен удовлетворять следующим требованиям:

а) при измерении заряда восстановления по величине среднего обратного тока измеряемого диода измерительный прибор должен быть не ниже класса 1,5. Допускается измерение в последних  $\frac{4}{5}$  частях шкалы прибора, если используется электроизмерительный прибор не ниже класса 1;

б) при измерении заряда восстановления на частоте повторения импульсов обратного напряжения или на кратной ей частоте селективный усилитель, используемый для этой цели, должен иметь нелинейность амплитудной характеристики и полосу частот такие, чтобы обеспечивались требования к погрешности измерения, указанные в п. 1.3;

в) входное сопротивление  $R_{\text{вх}}$  измерителя заряда должно удовлетворять требованию

$$R_{\text{вх}} \leq 0,2 \frac{f - \tau_u}{C},$$

где  $f$  — частота повторения импульсов обратного напряжения;

$\tau_u$  — длительность импульса.

При измерении заряда по амплитуде гармоники частоты повторения импульсов  $G2$  входное сопротивление  $R_{\text{вх}}$  измерителя заряда должно быть таким, чтобы добротность входного контура измерителя заряда не превышала величины  $5 K$ , где  $K$  — номер гармоники частоты повторения импульсов обратного напряжения.

2.9. Заряд восстановления диода  $D1$  (определенный как разность между зарядом  $Q_{\text{вос}}$  и емкостным зарядом восстановления при  $i_{\text{пп}} = 0$ ) должен быть существенно меньше (в аналогичном режиме) значения измеряемого заряда диода  $VD$ .

Заряд восстановления диода  $D1$  считают достаточно малым, если его значение не превышает 10 % от измеряемого заряда. Если заряд диода  $D1$  больше, чем на 10 % превышает измеренный, его необходимо учесть.

П р и м е ч а н и е. При измерении заряда восстановления до 1000 пКл в качестве диода  $D1$  применяют диоды с барьером Шоттки, а также смесительные и детекторные диоды диапазона СВЧ, не обладающие заметным эффектом накопления заряда.

2.10. Диод  $D2$  должен удовлетворять следующим требованиям:

а) обратный ток диода  $D2 - i_{\text{обр}}$  при обратном напряжении 1 В не должен превышать более чем на 10 % значения  $Q_{\text{вос}} \cdot f$ . При выполнении требования  $i_{\text{обр}} \leq 0,01 Q_{\text{вос}} \cdot f$  значение обратного тока диода  $D2$  не учитывают;

б) емкость диода  $D2$  ( $C_2$  в кулонах) при обратном напряжении 1 В не должна быть больше значения, определяемого соотношением

$$C_2 \leq \frac{0,02 Q_{\text{вос}} + 10^{-12}}{U_{\text{пп}_2}};$$

в) время восстановления обратного сопротивления диода  $D2$  не должно превышать значения  $0,2 \tau_u$ ;

г) максимальное импульсное прямое напряжение диода  $D2$  должно быть меньше максимального обратного напряжения диода  $D1$ .

2.11. Емкость конденсатора  $C$  должна удовлетворять требованию

$$C \geq \frac{5 Q_{\text{вос}}}{U_{\text{пп}_2}},$$

где  $U_{\text{пп}_2}$  — прямое падение напряжения на открытом диоде  $D2$  ( $\approx 0,75$  В).

2.12. Индуктивность схемы в контуре, образованном элементами  $R_{\text{вых}_2}$ ,  $VD$ ,  $D2$ ,  $C$ , должна быть сведена к минимальной. Расчетное значение индуктивности не должно превышать  $0,5 \tau_{\text{пп}} \cdot R_{\text{вых}_2}$ .

2.6.—2.12. (Измененная редакция, Иzm. № 1).

## 3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

3.1. Измерение заряда восстановления по значению среднего обратного тока осуществляют следующим образом.

Между точками  $X1$  и  $X2$  схемы (черт. 1) включают измеряемый диод, устанавливают заданные

значения прямого тока  $i_{\text{пр}}$  и обратного напряжения  $U_{\text{обр}}$  и отсчитывают значение тока  $i_0$ , протекающего в цепи диода  $D2$ .

Измеряют ток  $i_{\text{обр}}$ , протекающий в цепи диода  $D2$  при отключенном генераторе  $G2$ . Значение  $i_{\text{обр}}$  постоянно для заданного значения  $i_{\text{пр}}$  и должно измеряться только при изменении режима.

Значение заряда восстановления по измеренным значениям определяют по формуле, указанной в п. 1.2.3.

Шкалу измерителя заряда  $P$  градуируют в значениях заряда восстановления, при этом измеряемое значение непосредственно отсчитывают по шкале прибора  $P$ .

3.2. Измерение заряда восстановления по амплитуде гармоники частоты повторения импульсов осуществляют следующим образом.

Калибруют измеритель заряда  $P$ , для чего между контактами  $X1$  и  $X2$  схемы (черт. 1) включают калибровочный конденсатор, заряд восстановления которого  $Q_{\text{воск}}$  близок к ожидаемому значению измеряемого заряда. Емкость калибровочного конденсатора должна быть измерена с погрешностью в пределах  $\pm 1\%$ . Амплитуда импульсов напряжения, подаваемых на контрольный конденсатор, должна измеряться с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$ , поэтому амплитуда импульса напряжения, подаваемого на калибровочный конденсатор, должна быть такой, чтобы измерение проводилось у правого края шкалы импульсного вольтметра.

Калибровочное напряжение  $U_k$ , действующее на калибровочный конденсатор, определяют по формуле

$$U_k = U_m - U_{\text{пр}2} + U_{\text{см}} - U_b,$$

где  $U_m$  — амплитуда импульса, измеренная импульсным вольтметром на контакте  $X1$  относительно контакта  $X3$ ;

$U_{\text{см}}$  — напряжение внешнего смещения, подаваемого на диод  $D2$ ;

$U_b$  — постоянное напряжение между точками  $X2$  и  $X3$  схемы, если предусмотрена его стабилизация.

При калибровке отсчитывают показание  $\alpha_1$  измерителя  $P$ , соответствующее значение калибровочного заряда, равного  $Q_{\text{воск}} = C_k \cdot U_k$ .

3.3. Вместо калибровочного конденсатора между контактами  $X1$  и  $X2$  схемы (черт. 1) включают измеряемый диод, устанавливают заданные значения прямого тока  $i_{\text{пр}}$  и обратного напряжения  $U_{\text{обр}}$  и отсчитывают показание  $\alpha_2$  измерителя  $P$ .

3.4. Измеренное значение заряда  $Q_{\text{вос}}$  определяют из соотношения

$$Q_{\text{вос}} = \frac{Q_{\text{воск}} \cdot \alpha_2}{\alpha_1}.$$

3.5. Калибровочные конденсаторы могут использоваться для проверки правильности работы аппаратуры и оценки погрешности измерения заряда восстановления.

3.1—3.5. (Измененная редакция, Изм. № 1).

#### 4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Погрешность измерения заряда восстановления должна быть в пределах  $\pm 12\%$  с доверительной вероятностью 0,997.

Разд. 4. (Введен дополнительно, Изм. № 1).

Редактор *В.Н. Копысов*  
Технический редактор *В.Н. Прусакова*  
Корректор *Е.Д. Дульнева*  
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 31.05.2004. Подписано в печать 28.06.2004. Усл.печл. 0,93. Уч.-изд.л. 0,60.  
Тираж 85 экз. С 2691. Зак. 600.

---

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.  
<http://www.standards.ru> e-mail: [info@standards.ru](mailto:info@standards.ru)

Набрано в Издательстве на ПЭВМ

Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. “Московский печатник”, 105062 Москва, Лялин пер., 6.  
Плр № 080102