ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71641— 2024

ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ КРЕМНИЕВЫЕ

Методы определения временных параметров

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт «Электронстандарт» (АО «РНИИ «Электронстандарт»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2024 г. № 1334-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДЕТЕКТОРЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ КРЕМНИЕВЫЕ

Методы определения временных параметров

Radiation detectors silicon.
Methods for determining time parameters

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на кремниевые детекторы ионизирующих излучений (далее — детекторы) и устанавливает методы определения времени нарастания $t_н$, длительности фронта нарастания $\tau_н$.

Настоящий стандарт устанавливает следующие методы определения времени нарастания $t_н$ и длительности фронта нарастания $\tau_н$:

- метод косвенного измерения, используемый для диффузионно-дрейфовых детекторов, у которых предусмотрены измерения емкости и дискретной или аналоговой чувствительности регистрации;
- расчетный метод определения параметров диффузионно-дрейфовых детекторов по формуле зависимости временных параметров от толщины чувствительной области.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.019 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 18177 Детекторы ионизирующих излучений полупроводниковые. Термины и определения

ГОСТ 26222 Детекторы ионизирующих излучений полупроводниковые. Методы измерения параметров

ГОСТ Р 8.568 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 18177.

4 Требования к условиям проведения измерений

Облучение детекторов проводят при нормальных климатических условиях, если другие требования не установлены в стандартах или технических условиях (ТУ) на детектор конкретного типа:

- температура воздуха — от 15 °С до 35 °С;
- относительная влажность воздуха — от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление — от 86 до 116 кПА (от 645 до 795 мм рт. ст);
- напряжение сети питания переменного тока (220 ± 22) Вт.

5 Требования безопасности

5.1 При выполнении измерений оборудование должно соответствовать общим требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003.

5.2 При выполнении электрических измерений должны быть соблюдены общие требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019.

5.3 При выполнении измерений производственные помещения должны соответствовать общим требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

5.4 При выполнении измерений радиометрических параметров необходимо соблюдать меры радиационной безопасности в соответствии с требованиями [1] и [2].

5.5 Выполнение измерений должен проводить обученный персонал, имеющий высшее или среднее специальное техническое образование, прошедший инструктаж по технике безопасности.

6 Метод косвенного измерения

6.1 Принцип и условия измерения

6.1.1 Время нарастания и длительность фронта нарастания сигнала определяют расчетным путем, основываясь на значениях емкости детектора и дискретной (аналоговой) чувствительности или эффективности регистрации гамма- или нейтронного излучения с достаточно малым коэффициентом поглощения.

6.1.2 Измерение емкости, дискретной и аналоговой чувствительности проводят по ГОСТ 26222. Напряжения смещения при измерении емкости и радиометрического параметра должны быть равны.

6.2 Требования к средствам измерений

6.2.1 Применяемые средства измерений должны быть поверены в соответствии с требованиями [3].

Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568. Диапазон измерений, типы и точность средств измерений, а также характеристики испытательного оборудования и состав вспомогательных устройств устанавливают в ТУ на детектор конкретного типа.

6.2.2 Вид и энергию ионизирующего излучения выбирают таким образом, чтобы коэффициент поглощения в чувствительной области детектора был не более 0,1. Рекомендуется применение гамма-источников с изотопами цезий-137 и кобальт-60, плутоний-бериллиевых источников быстрых нейтронов. Тип источника указывают в стандартах или ТУ на детекторы конкретных типов.

6.3 Обработка результатов измерений

6.3.1 В зависимости от используемого радиометрического параметра (время нарастания сигнала или длительность фронта нарастания сигнала) длительность определяемого интервала времени t_u, с, определяют по одной из формул:

$$t_u = \frac{A_\sigma}{\mu_C \cdot U_{дт}} \cdot \frac{\sigma}{C_{дт} - C_0}; \quad (1)$$

$$t_u = \frac{A_\varepsilon}{\mu_c \cdot U_{дт}} \cdot \frac{\varepsilon}{C_{дт} - C_0}; \quad (2)$$

$$t_u = \frac{A_\Sigma}{\mu_c \cdot U_{дт}} \cdot \frac{\Sigma}{C_{дт} - C_0}, \quad (3)$$

где A_σ, A_ε, A_Σ — согласующие коэффициенты, указываемые в стандартах или ТУ на детекторы конкретных типов;

σ — измеренное значение дискретной чувствительности, имп $см^2$/част или имп/Р;

μ_c — средняя подвижность носителей, определяемая согласно приложению А, $см^2 \cdot В^{-1} \cdot с^{-1}$;

$U_{дт}$ — рабочее напряжение, В;

$C_{дт}$ — измеренное значение емкости детектора, пФ;

C_0 — паразитная емкость конструкции детектора, указываемая в стандартах или ТУ на детекторы конкретных типов, пФ;

ε — измеренное значение эффективности, %;

Σ — измеренное значение аналоговой чувствительности, Кл $\cdot$ $см^2$ $\cdot$ $част^{-1}$ или Кл/Р.

6.4 Погрешность измерений

Относительная погрешность определения времени нарастания и длительности фронта нарастания сигнала находится в пределах $\pm\delta_t$, с вероятностью не менее 0,99, определяемая по формуле

$$\delta_t \le \sqrt{\delta_c^2 + \delta_r^2}, \quad (4)$$

где δ_c — погрешность измерения емкости детектора (с вероятностью 0,99), %;

δ_r — погрешность измерения радиометрического параметра (с вероятностью 0,99), %.

7 Расчетный метод

7.1 Принцип метода

7.1.1 Время нарастания и длительность фронта нарастания сигнала определяют расчетным путем. При этом в качестве параметра для расчета используют толщину чувствительной области, определяемую по данным, указанным в ТУ на детекторы конкретных типов.

7.1.2 В зависимости от вида ионизирующего излучения и класса детектора, указанных в приложении Б проводят расчет времени собирания электронов t_n, времени собирания дырок t_p или среднего времени собирания заряда t_c. Выбор способа расчета проводят согласно таблице 1.

Таблица 1

Вид ионизирующего излучения	Обозначение классификационной группы		
	1, 4	2, 3	5, 6, 7, 8, 9
1 Тяжелые заряженные частицы при длине пробега менее 20 % толщины чувствительной области и входном окне, расположенном на *p*-области	t_n	t_n	—
2 Тяжелые заряженные частицы при длине пробега менее 20 % толщины чувствительной области и входном окне, расположенном на *n*-области	t_p	t_p	—
3 Тяжелые заряженные частицы при длине пробега свыше 20 % чувствительной области	t_c	t_c	—
4 Легкие заряженные частицы	t_c	t_c	—
5 Быстрые нейтроны и фотоны	—	—	t_c
6 Тепловые нейтроны	—	—	t_n

7.2 Обработка результатов измерений

7.2.1 Время собирания электронов t_n, с, вычисляют по формуле

$$t_n = \frac{W^2}{\mu_n \cdot U}, \quad (5)$$

где W — толщина чувствительной области, см;

μ_n — подвижность электронов, определенная по графику, приведенному в приложении А, $см^2 \cdot В^{-1} \cdot с^{-1}$;

U — напряжение смещения, В.

7.2.2 Время собирания дырок t_p, с, вычисляют по формуле

$$t_p = \frac{W^2}{\mu_p \cdot U}, \quad (6)$$

где W — толщина чувствительной области, см;

μ_p — подвижность дырок, определенная по графику, приведенному в приложении А, $см^2 \cdot В^{-1} \cdot с^{-1}$;

U — напряжение смещения, В.

7.2.3 Среднее время собирания заряда t_c, с, вычисляют по формуле

$$t_c = \frac{W^2}{\mu_c \cdot U}, \quad (7)$$

где W — толщина чувствительной области, см;

μ_c — средняя подвижность носителей, определенная по графику, приведенному в приложении А, $см^2 \cdot В^{-1} \cdot с^{-1}$;

U — напряжение смещения, В.

7.2.4 Время нарастания сигнала получают путем умножения времени собирания соответствующих носителей на коэффициент 0,8.

7.2.5 Длительность фронта нарастания сигнала получают путем умножения времени собирания соответствующих носителей на коэффициент 0,5 (в случае расчета времени собирания электронов и дырок) и на коэффициент 0,375 (в случае расчета среднего времени собирания заряда).

7.2.6 При необходимости, при расчете времени нарастания заряда или длительности фронта нарастания заряда учитывают влияние активного и индуктивного сопротивлений в цепях электродов детектора. Необходимые для расчета значения этих сопротивлений получают путем измерений или расчетов элементов конструкции детекторов. В таком случае длительность определяемого интервала времени (время нарастания или длительности нарастания сигнала) t_T, с, определяют по формуле

$$t_T = t_0 \sqrt{1 + \frac{K\left(r^2 \cdot C_{дт}^2 + L \cdot C_{дт}\right)}{t_0^2}}, \quad (8)$$

где t_0 — длительность определяемого интервала времени без учета влияния активного и индуктивного сопротивлений в цепях электродов детектора, с;

K — коэффициент, равный 4,9 для расчета времени нарастания сигнала и 0,5 — для расчета длительности фронта нарастания сигнала;

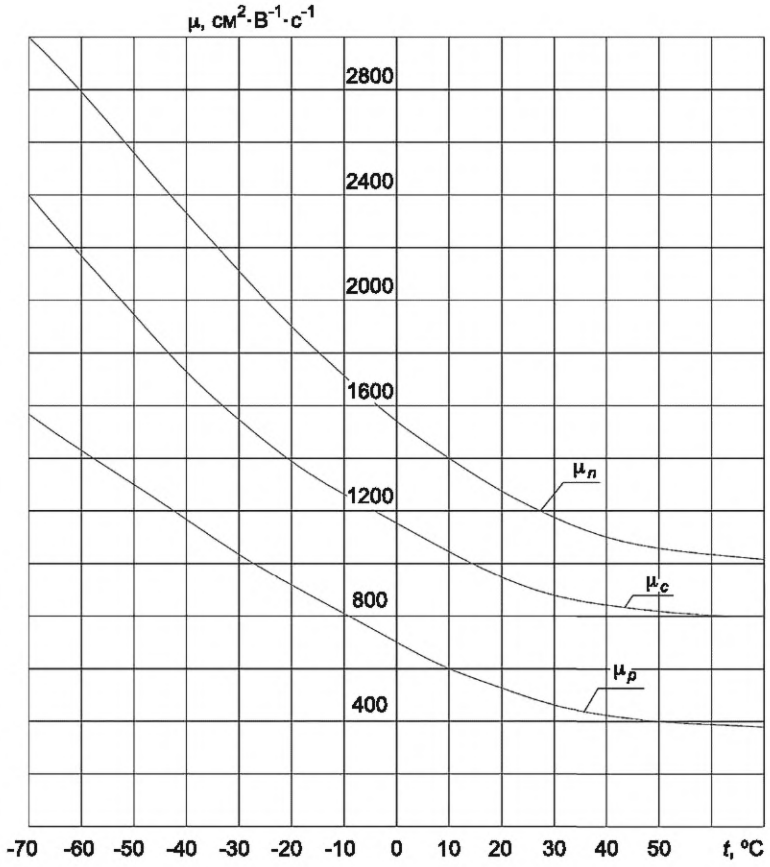
r — активное сопротивление в цепи электродов детектора, Ом;

$C_{дт}$ — емкость детектора, Ф;

L — индуктивность электродов и выводов детектора, Гн.

Приложение А
(справочное)

Зависимость подвижностей носителей заряда в кремний от температуры



μ_n — подвижность электронов; μ_p — подвижность дырок; μ_c — средняя подвижность

Рисунок А.1

Приложение Б
(обязательное)

Классификация детекторов ионизирующих излучений

Детекторы ионизирующего излучения в зависимости от вида подразделяют на классификационные группы в соответствии с таблицей Б.1.

Таблица Б.1

Наименование классификационной группы	Обозначение классификационной группы
Детекторы непосредственно ионизирующих излучений	
Спектрометрические	1
Счетные	2
Токовые	3
Временные	4
Детекторы косвенно ионизирующих излучений	
Спектрометрические	5
Счетные	6
Токовые	7
Временные	8
Запоминающие	9

Библиография

[1] НРБ-99/2009 Нормы радиационной безопасности

[2] ОСПОРБ-99/2010 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности

[3] Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

УДК 539.1.074.55:006.354 ОКС 17.240

Ключевые слова: детекторы ионизирующих излучений, методы определения временных параметров

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 03.10.2024. Подписано в печать 21.10.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,15.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru