ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.936— 2017

Государственная система обеспечения единства измерения

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ. СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Пьезокерамические материалы $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3 + z[Bi_2O_3 – Fe_2O_3]$. Диэлектрические, пьезоэлектрические и упругие характеристики при температуре 25 °С

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Главным научным метрологическим центром «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов» (ГНМЦ «ССД»), Научно-исследовательским институтом физики Южного Федерального университета (НИИ физики ЮФУ)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 180 «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 декабря 2017 г. № 2073-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*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

© Стандартинформ, оформление, 2018, 2019

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Общие положения 1
Приложение А (справочное) Характеристики пьезокерамик 4
Библиография 9

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ. СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Пьезокерамические материалы $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3$+ z[$Bi_2O_3$ – Fe_2O_3]. Диэлектрические, пьезоэлектрические и упругие характеристики при температуре 25 °С

State system for ensuring the uniformity of measurements. National standard. Standard reference data. Pyezoceramic materials $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3$ + z[Bi_2O_3 – Fe_2O_3]. Dielectric, piezoelectric and elastic properties at the temperature of 25 °C

Дата введения — 2018—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стандартные справочные данные (ССД) о диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих характеристиках пьезокерамических материалов состава $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3$+z[$Bi_2O_3$—$Fe_2O_3$] при температуре 25 °С.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ 34100.3/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

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.

3 Общие положения

3.1 Основой для составления таблиц явились данные, приведенные в таблицах А.2, А.3 приложения А.

Табличные данные рассчитаны* с применением методик [2] и [3], отображают значения характеристик пьезокерамических материалов состава $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3$ + z[Bi_2O_3 – Fe_2O_3] при температуре 25 °С, приведенных в 3.1.1—3.1.6.

* См. [1].

Издание официальное

3.1.1 Относительная диэлектрическая проницаемость ($\varepsilon/\varepsilon_0$) — отношение индуцированного в электрическом поле заряда на обкладках конденсатора, заполненного диэлектриком, к заряду, индуцированному в том же поле на обкладках того же конденсатора с вакуумным промежутком. $\varepsilon/\varepsilon_0$ рассчитывают по формуле

$$\varepsilon/\varepsilon_0 = 14{,}4 \cdot C_0 \cdot d/t, \tag{1}$$

где C_0 — емкость образца, Ф;

d — диаметр образца, м;

t — толщина образца, м.

3.1.2 Относительная диэлектрическая проницаемость, $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ поляризованного образца в форме диска в направлении, параллельном его оси поляризации, в условиях постоянного давления.

3.1.3 Тангенс угла диэлектрических потерь (tg δ) — тангенс угла между векторами плотностей переменного тока проводимости и тока смещения диэлектрика на комплексной плоскости.

3.1.4 Коэффициент электромеханической связи планарной моды колебаний (K_p) — показатель эффективности преобразования электрической энергии в механическую энергию или преобразования механической в электрическую. K_p рассчитывают по формуле

$$K_p = \sqrt{\frac{\eta^2 - 1 + \sigma^2}{2 \cdot (1+\sigma)} \cdot \left(1 - \frac{f_{r1}^2}{f_{a1}^2}\right)}, \tag{2}$$

где η — наименьший положительный корень частотного уравнения Бесселя (см. таблицу 9 [1]);

σ — планарный коэффициент Пуассона (см. [1]);

f_{r1}, f_{a1} — частоты резонанса и антирезонанса для первой гармоники, Гц.

3.1.5 Пьезоэлектрический модуль (d_{ij}, пКл/Н) — наведенная поляризация в направлении i на единицу механического давления, приложенного в направлении j, или величина деформации в направлении i на единицу напряженности электрического поля, приложенного в направлении j; направление 3 — параллельно оси поляризации, 1 — перпендикулярно к оси поляризации. $|d_{31}|$ рассчитывают по формуле

$$|d_{31}| = \frac{0{,}188 \cdot K_p \cdot 10^{-5}}{r f_{r1}} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0}{\rho}}, \tag{3}$$

где r — радиус образца, м;

ρ — измеренная плотность образца, определяемая методом гидростатического взвешивания в октане, г/м^3.

3.1.6 Механическая добротность планарной моды колебаний (Q_m) — отношение реактивного сопротивления к сопротивлению последовательной электрической цепи, эквивалентной пьезокерамическому элементу. Q_m рассчитывают по формуле

$$Q_m = \frac{f_{a1}^2 \cdot 10^{12}}{2\pi r \cdot R \cdot f_{r1} \cdot \left(f_{a1}^2 - f_{r1}^2\right)}, \tag{4}$$

где R — сопротивление образца, измеренное на частоте резонанса первой гармоники, Ом.

3.2 Стандартные справочные данные о диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих характеристиках пьезокерамических материалов состава $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3 + z[Bi_2O_3 - Fe_2O_3]$ при температуре 25 °С приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Стандартные справочные данные о диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих характеристиках пьезокерамических материалов состава $Li_aK_bNa_cNb_dTa_mSb_nO_3 + z[Bi_2O_3 – Fe_2O_3]$ при температуре 25 °С

Параметр	Значение показателя для пьезоэлектрического материала		
	NKLT-1	NKLT-2	NKLT-3
Na_2O, масс %	8,70	8,66	8,61
K_2O, масс %	11,26	11,21	11,15
Nb_2O_5, масс %	62,19	61,88	61,59
Li_2O, масс %	0,49	0,49	0,49
Ta_2O_5, масс %	11,49	11,43	11,37
Sb_2O_5, масс %	5,37	5,34	5,31
Fe_2O_3, масс %	0,37	0,74	1,10
Bi_2O_3, масс %	0,13	0,25	0,38
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	602	603	603
K_p	0,50	0,51	0,50
$\lvert d_{31}\rvert$, пКл/Н	61	63	62
d_{33}, пКл/Н	157	162	162
$d_{33}/\sqrt{\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0}$, пм/В	6,4	6,6	6,6
Q_M	104	115	110
$V_1^E \cdot 10^{-3}$, м/с	4,671	4,745	4,750
g_{33}, мВ · м/Н	29,5	30,4	30,3

Приложение А
(справочное)

Характеристики пьезокерамик

А.1 Уже более 30 лет подавляющая часть пьезотехнической продукции базируется на композициях, содержащих в своей структуре токсичные элементы (в частности — Pb). Однако в последние годы Евросоюзом был принят ряд мер, направленных на защиту окружающей среды [4], приведших к тому, что огромное внимание в физическом материаловедении стало уделяться поиску нетоксичных пьезоэлектрических материалов, которые могут использоваться (в том числе и заменить используемые Pb-содержащие материалы) в различных сферах современной техники как в виде активных элементов (пьезоэлемент и пр.), так и в качестве основ для создания функциональных элементов (многослойники и пр.). При этом заключения такой ведущей аналитической фирмы, как YOLA (Франция), говорят о том, что рынок данной продукции будет только расширяться и потребность в таких структурах будет только увеличиваться. Одними из наиболее перспективных основ для создания подобных структур являются материалы на основе ниобата натрия, калия и лития.

Представленные таблицы являются обобщением работ, проводимых в отделе интеллектуальных материалов и нанотехнологии Научно-исследовательского института физики Южного Федерального университета (ЮФУ), по созданию и подготовке справочных данных диэлектрических и пьезоэлектрических характеристик новых бессвинцовых керамик.

А.2 Экспериментальные результаты. Обсуждение

В НИИ физики ЮФУ были проведены обширные исследования свойств керамик на основе ниобата натрия, калия и лития (см. [1]) с использованием аттестованных методик [2] и [3]. Для разработки ССД были отобраны результаты исследований характеристик семи керамических образцов каждого из исследуемых составов, полученных с использованием одинаковых регламентов синтеза и спекания (температура T, время τ) (таблица А.1).

Таблица А.1 — Концентрации компонентов, регламенты синтеза и спекания исследуемых керамик

Параметр	Значение показателя для пьезоэлектрического материала		
	NKLT-1	NKLT-2	NKLT-3
Na_2O, масс %	8,70	8,66	8,61
K_2O, масс %	11,26	11,21	11,15
Nb_2O_5, масс %	62,19	61,88	61,59
Li_2O, масс %	0,49	0,49	0,49
Ta_2O_5, масс %	11,49	11,43	11,37
Sb_2O_5, масс %	5,37	5,34	5,31
Fe_2O_3, масс %	0,37	0,74	1,10
Bi_2O_3, масс %	0,13	0,25	0,38
$T_{синт}$ 1, К $\tau_{синт}$ 1, с	1123 1	1123 1	1123 1
$T_{синт}$ 2, К $\tau_{синт}$ 2, с	1143 6	1143 6	1143 6
$T_{спек}$ 1, К $\tau_{спек}$ 1, с	1173 2	1173 2	1173 2

По данным рентгенофазового анализа установлено, что получены беспримесные керамические образцы пьезокерамик NKLT-1, NKLT-2 и NKLT-3, которым свойственны достаточно высокие значения $\rho_{отн}$ 92—94 %, что приемлемо для материалов, полученных по обычной керамической технологии [5]. Результаты измерения диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих характеристик исследуемых составов NKLT-1, NKLT-2 и NKLT-3 при температуре 25 °С приведены в таблицах А.2—А.4.

Таблица А.2 — Основные электрофизические характеристики керамики NKLT-1

Параметр	Керамические образцы						
	1	2	3	4	5	6	7
Na_2O, масс %	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
K_2O, масс %	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26	11,26
Nb_2O_5, масс %	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19
Li_2O, масс %	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Ta_2O_5, масс %	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49	11,49
Sb_2O_5, масс %	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37
Fe_2O_3, масс %	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Bi_2O_3, масс %	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	602	601	600	608	602	603	602
K_p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
$\lvert d_{31}\rvert$, пКл/Н	61	61	60	61	60	61	61
d_{33}, пКл/Н	157	156	157	155	157	155	156
$d_{33}/\sqrt{\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0}$, пм/В	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Q_M	104	102	104	102	103	103	104
$V_1^E \cdot 10^{-3}$, м/с	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67	4,67
g_{33}, мВ · м/Н	29,5	29,5	29,4	29,5	29,6	29,5	29,5

Таблица А.3 — Основные электрофизические характеристики керамики NKLT-2

Параметр	Керамические образцы						
	1	2	3	4	5	6	7
Na_2O, масс %	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66	8,66
K_2O, масс %	11,21	11,21	11,21	11,21	11,21	11,21	11,21
Nb_2O_5, масс %	61,88	61,88	61,88	61,88	61,88	61,88	61,88
Li_2O, масс %	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Ta_2O_5, масс %	11,43	11,43	11,43	11,43	11,43	11,43	11,43
Sb_2O_5, масс %	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34
Fe_2O_3, масс %	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Bi_2O_3, масс %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	600	602	603	603	603	601	601
K_p	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
$\lvert d_{31}\rvert$, пКл/Н	61	62	63	63	63	62	61
d_{33}, пКл/Н	160	160	162	163	162	162	161
$d_{33}/\sqrt{\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0}$, пм/В	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6

Окончание таблицы А.3

Параметр	Керамические образцы						
	1	2	3	4	5	6	7
Q_M	110	112	115	115	114	115	110
$V_1^E \cdot 10^{-3}$, м/с	4,745	4,745	4,745	4,745	4,745	4,745	4,745
g_{33}, мВ · м/Н	30,3	30,3	30,4	30,4	30,4	30,4	30,3

Таблица А.4 — Основные электрофизические характеристики керамики NKLT-3

Параметр	Керамические образцы						
	1	2	3	4	5	6	7
Na_2O, масс %	8,61	8,61	8,61	8,61	8,61	8,61	8,61
K_2O, масс %	11,15	11,15	11,15	11,15	11,15	11,15	11,15
Nb_2O_5, масс %	61,59	61,59	61,59	61,59	61,59	61,59	61,59
Li_2O, масс %	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Ta_2O_5, масс %	11,37	11,37	11,37	11,37	11,37	11,37	11,37
Sb_2O_5, масс %	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31	5,31
Fe_2O_3, масс %	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Bi_2O_3, масс %	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	602	603	603	603	602	603	603
K_p	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50	0,50	0,51
$\lvert d_{31}\rvert$, пКл/Н	62	61	62	61	62	63	62
d_{33}, пКл/Н	162	162	161	162	162	164	162
$d_{33}/\sqrt{\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0}$, пм/В	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Q_M	97	105	110	109	110	107	108
$V_1^E \cdot 10^{-3}$, м/с	4,750	4,750	4,750	4,750	4,750	4,750	4,750
g_{33}, мВ · м/Н	30,2	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3

Указанные параметры материалов NKLT-1, NKLT-2 и NKLT-3 превышают таковые в сравнении с аналогами [6], [7]. Низкое значение относительной диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ ~ 600 данных материалов определяет их основное назначение — использование в высокочастотных преобразователях, работающих в диапазоне частот 4,5—5,4 МГц. Это следует прежде всего из того, что твердые растворы на основе ниобатов щелочных металлов могут использоваться в качестве резонансных элементов пьезоэлектрических преобразователей в высокочастотных и очень высокочастотных диапазонах. Высокие значения K_p ~ 0,5, g_{33} ~ 30 мВ · м/Н и низкие значения Q_M ~ 115 в сочетании с низким значением относительной диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$ ~ 600 данных материалов позволяет использовать их в ультразвуковых пьезокерамических преобразователях, предназначенных для работы в воздушной среде в качестве излучателей и приемников в системах дистанционного управления, индикаторах близости препятствий в устройствах для измерения скорости газового потока.

А.3 Оценка достоверности данных

Суммарные погрешности измерений диэлектрических, пьезоэлектрических и упругих характеристик исследуемых объектов представлены в таблице А.5.

Таблица А.5 — Суммарные погрешности измерений электрофизических параметров

Параметр	Значение A	$\Delta A/A$, %
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	250—5000	1,0
K_p	0,2—0,3	5,0
	0,3—0,4	2,0
	0,4—0,5	1,5
	0,5—0,7	1,0
$\lvert d_{31}\rvert$, пКл/Н	20—30	5,0
	30—40	2,0
d_{33}, пКл/Н	40—100	3,0
	100—700	2,0
g_{33}, мВ · м/Н	16—40	2,0
Q_M	5060	10
	600—5000	20
$\mathrm{tg}\delta \cdot 10^2$	0,3—20,0	5,0
$V_1^E \cdot 10^{-3}$, м/с	2,6—4,0	0,3

А.4 Оценка стандартного отклонения от среднего значения

В связи с тем, что все аттестуемые характеристики являются рассчитываемыми величинами (погрешности определения приведены в таблице А.5), для каждой из них была проведена оценка экспериментального стандартного отклонения от среднего значения по формулам (А.1), (А.2) в соответствии с ГОСТ 34100.3

$$\bar{q} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} q_k, \tag{А.1}$$

$$S(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}(q_k - \bar{q})^2}, \tag{А.2}$$

где $\bar{q}$ — среднее арифметическое экспериментальное стандартное отклонение от среднего значения величины q_k;

k — номер измерения;

q_k — измеряемая величина.

Таблица А.6 — Экспериментальные стандартные отклонения от среднего значения электрофизических параметров

Параметр	NKLT-1	NKLT-2	NKLT-3
$\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0$	2,57	1,214	0,49
K_p	0,001	0,001	0,0049
$\lvert d_{31}\rvert$, пКл/Н	0,49	0,89	0,69
d_{33}, пКл/Н	0,89	1,13	0,89
$d_{33}/\sqrt{\varepsilon_{33}^T/\varepsilon_0}$, пм/В	0,008	0,009	0,0069

Окончание таблицы А.6

Параметр	NKLT-1	NKLT-2	NKLT-3
Q_M	0,89	2,31	4,577
$V_1^E \cdot 10^{-3}$, м/с	0,0002	0,004	0,0034
g_{33}, мВ · м/Н	0,058	0,053	0,048

Библиография

[1] ОСТ 11 0444—87 Материалы пьезокерамические. Технические условия

[2] ГСССД МЭ 184—2011 Методика экспериментального определения комплексной диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь, температуры Кюри диэлектрических материалов в широком диапазоне температур 10 К — 1000 К, частот 10^{-3} Гц — $15 \cdot 10^{6}$ Гц электрического измерительного поля // Резниченко Л.А., Вербенко И.А., Павленко А.В. Деп. в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 03.05.2011, № 876а — 2011кк

[3] ГСССД МЭ 183—2011 Методика экспериментального определения пьезоэлектрических и упругих характеристик: пьезомодулей, коэффициентов электромеханической связи, механической добротности, модуля Юнга, скорости звука, пьезоэлектрического коэффициента (пьезочувствительности) — различных сегнетопьезоэлектрических материалов в широком диапазоне температур 10 К — 1000 К // Резниченко Л.А., Андрюшин К.П., Павленко А.В., Вербенко И.А. Деп. в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» 03.05.2011, № 875а — 2011кк

[4] Директива 2002/95/ ЕС. Ограничение содержания вредных веществ

[5] Фесенко Е.Г. Семейство перовскита и сегнетоэлектричество. М.: Атомиздат, 1972. — 248 с.

[6] Бессвинцовый преобразователь на основе щелочного ниобата для ультразвуковых сварных соединений // Датчики и приводы) А. 2009. № 150. Р. 267—271 (Tact Lee, K.W. Kwok, H.L. Li, H.L.W. Chan. Lead-free alkaline niobate-based transducer for ultrasonic wirebonding applications // Sensor and Actuators)

[7] Взаимосвязи между кристаллической структурой и электрическими свойствами керамики $Li_{0,055}[Ag_x(K_{0,5}Na_{0,5})_{1-x}]_{0,945}(Nb_{1-y}Ta_y)O_3)$) 2012. № 38. Р. 327—330 (Seock N.S., Jeong H.C., Byung I.K., Eung S.K. Relationships between crystal structure and electrical properties of $Li_{0,055}[Ag_x(K_{0,5}Na_{0,5})_{1-x}]_{0,945}(Nb_{1-y}Ta_y)O_3$ ceramics // Ceramics International)

УДК 669./539.5-536.6/:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: стандартные справочные данные, вещества, материалы, свойства, неопределенность

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 12.03.2019. Подписано в печать 26.03.2019. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,69.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

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