ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71602— 2024

ДИЭЛЕКТРИКИ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ

Метод определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц

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 10 сентября 2024 г. № 1195-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

ДИЭЛЕКТРИКИ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ

Метод определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц

Inorganic dielectrics. Method for determining the dielectric constant and the tangent of the dielectric loss angle at a frequency of 1 MHz

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на неорганические диэлектрики: электровакуумные стекла, ситаллы, фотоситаллы, стеклокристаллические цементы, керамические и композиционные материалы, применяемые в изделиях электронной техники, и устанавливает метод определения диэлектрической проницаемости ε и тангенса угла диэлектрических потерь tgδ при частоте 1,0—0,7 МГц.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 3 Перчатки хирургические резиновые. Технические условия

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

ГОСТ 12.1.010 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.2.032 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.033 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.2.061 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

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

ГОСТ 166 (ИСО 3599—76) Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 1571 Скипидар живичный. Технические условия

ГОСТ 5007 Изделия трикотажные перчаточные. Общие технические условия

ГОСТ 6433.1 Материалы электроизоляционные твердые. Условия окружающей среды при подготовке образцов и испытании

ГОСТ 6507 Микрометры. Технические условия

ГОСТ 10054 Шкурка шлифовальная бумажная водостойкая. Технические условия

Издание официальное

ГОСТ 18300 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия

ГОСТ 21241 Пинцеты медицинские. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 22372 Материалы диэлектрические. Методы определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне частот от 100 до 5 × 10 в ст. 6 Гц

ГОСТ 29298 Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия

ГОСТ Р 70658 Керамика вакуумплотная. Термины и определения

ГОСТ Р 71073 Материалы стеклокристаллические. Термины и определения

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 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 70658 и ГОСТ Р 71073.

4 Принцип, условия и режим измерений

4.1 Метод основан на определении изменения емкости и добротности резонансного контура измерителя добротности при внесении в контур испытуемого образца.

4.2 Измерения проводят в условиях М (15—35) 45—75 по ГОСТ 6433.1.

5 Требования к образцам и электродам

5.1 Требования к образцам

5.1.1 Образцы из диэлектрика могут иметь круглую и прямоугольную формы.

5.1.2 Диаметр или размер сторон пластин из диэлектриков должен быть 25—50 мм с предельным отклонением ±0,5 мм, толщина пластин должна быть 1,0—5,0 мм с предельным отклонением ±0,1 мм.

5.1.3 Допуск параллельности торцевых поверхностей должен быть не более 0,02 мм. Допуск параллельности боковых поверхностей и круглости пластин должен быть не более 0,1 мм.

5.1.4 Шероховатость торцевых поверхностей *Ra* должна быть от 0,63 до 1,25 мкм, шероховатость боковых поверхностей *Ra* — от 1,25 до 2,50 мкм.

5.1.5 Образцы не должны иметь трещин, вмятин, пузырей, царапин и других неоднородностей, видимых невооруженным глазом. В образцах стеклокристаллических цементов и композиционных материалов допускаются поры, а на поверхности — раковины.

Примечание — Технологический процесс изготовления образцов должен соответствовать нормативно-технической документации на материал.

5.1.6 Емкость образца должна быть от 30 до 150 пФ.

5.1.7 Количество образцов для измерений должно быть не менее 3 шт.

5.2 Требования к электродам

5.2.1 Электродами на торцевых поверхностях образца должны быть проводящие покрытия из серебра (далее — серебряные покрытия), нанесенные вжиганием серебросодержащей пасты.

5.2.2 Серебряные покрытия должны быть полностью нанесены на обе торцевые поверхности образца.

5.2.3 Серебряные покрытия должны быть плотными, равномерными, без просветов, видимых через лупу с увеличением 4,5×.

6 Требования к средствам измерения и вспомогательному оборудованию

6.1 Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь проводят на установке, в комплект которой входят:

- измеритель добротности или измеритель параметров диэлектриков;
- измерительные электроды типа держателей ТХМ3.598.001, ТХМ3.598.003 или другой конструкции, удовлетворяющей требованиям 6.1.1. Рекомендуется измерительная ячейка по ГОСТ 22372 или аналогичная ей по технических характеристикам.

Примечания

1 Измеритель добротности должен иметь следующие характеристики: диапазон частот от 0,7 до 1 МГц, пределы, непосредственного отсчета добротности от 5 до 200 единиц и более, диапазон емкости от 20 до 300 пФ и более. Основная погрешность настройки частоты должна быть в пределах ±1 %. Основная погрешность измерения добротности (в процентах от измеряемого значения) должна быть в пределах $\pm\left(3+\frac{Q_к}{Q}\right)$, где $Q_к$ — конечное значение рабочей части шкалы, по которой проводится отсчет добротности; Q — измеренное значение добротности.

2 Измеритель параметров диэлектриков должен иметь следующие характеристики: рабочая частота 1 МГц, диапазон измерения емкости от 1 до 1000 пФ; диапазон тангенса угла диэлектрических потерь от 0,0001 до 0,1.

6.1.1 Измерительные электроды должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать точечный контакт с образцом;
- иметь собственную емкость не более 2 пФ;
- не снижать добротности контура измерителя добротности.

6.1.2 Поверку установки проводят не менее одного раза в месяц по стандартным образцам диэлектрической проницаемости, аттестованным в установленном порядке.

6.2 Для испытаний применяют:

- электропечь сопротивления СНОЛ — 1,6 · 2,5 · 1/9 — И3;
- шкаф сушильный лабораторный СНОЛ — 3,5 · 3,5 · 3,5/3 — И3;
- микрометр типа МК-25 по ГОСТ 6507;
- штангенциркуль типа ШЦ-II-150-0,05 по ГОСТ 166;
- лупу 4,5×;
- пасту серебросодержащую 11-04-16 или другую, обеспечивающую требования 5.2.3;
- спирт этиловый ректификованный технический — по ГОСТ 18300;
- скипидар — по ГОСТ 1571;
- кисть беличью или колонковую 1, 2, 3;
- пинцет медицинский — по ГОСТ 21241;
- перчатки хлопчатобумажные;
- перчатки резиновые медицинские — по ГОСТ 3;
- бязь хлопчатобумажную — по ГОСТ 29298;
- шкурку шлифовальную зернистостью М40, М28, М20 по ГОСТ 10054;
- резинку стиральную.

7 Подготовка к измерению

7.1 Измеряют толщину каждого образца микрометром с погрешностью 0,01 мм в пяти точках, равномерно расположенных по торцевой поверхности образца. Рассчитывают среднее арифметическое значение толщины образца S.

7.2 Измеряют диаметр или размеры сторон каждого образца штангенциркулем с погрешностью 0,1 мм в трех различных направлениях для образцов круглой формы и в трех различных участках для образцов прямоугольной формы.

За диаметр образца Д или размеры сторон a и b принимают среднее арифметическое из результатов трех измерений диаметра образца или размера каждой стороны.

7.3 Протирают образцы спиртом.

7.4 Наносят на образцы серебряные покрытия. Технологический процесс нанесения на образцы серебряных покрытий в соответствии с приложением А.

7.5 Протирают спиртом образцы с серебряными покрытиями.

7.6 Нормализацию образцов в сушильном шкафу и кондиционирование проводят в условиях 2 ч (120) <20 + 1 ч (15—35) 45—75 по ГОСТ 6433.1.

7.7 Протирают спиртом измерительные электроды и изоляционные детали измерителя добротности.

7.8 Подсоединяют измерительные электроды типа держателей к клеммам измерителя добротности, при этом нижний электрод подсоединяют к заземленной клемме прибора.

7.9 Включают измеритель добротности и настраивают его на частоту 1 МГц в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

8 Проведение измерения

8.1 Определение диэлектрической проницаемости ε и тангенса угла диэлектрических потерь tgδ проводят путем косвенных измерений на одном и том же образце одновременно.

8.2 Устанавливают с помощью пинцета образец между контактами измерительных электродов.

8.3 Настраивают контур измерителя добротности в резонанс. Если емкость контура менее 30 пФ, уменьшают частоту в диапазоне от 1,0 до 0,7 МГц и вновь настраивают контур в резонанс.

8.4 Фиксируют значения емкости C_2 и добротности Q_2 контура с образцом.

8.5 Снимают образец.

8.6 Настраивают контур измерителя добротности в резонанс и фиксируют значения емкости C_1 и добротности Q_1 контура без образца.

9 Обработка результатов

9.1 Вычисляют диэлектрическую проницаемость ε для образцов круглой формы по формуле

$$\varepsilon = 14{,}4\frac{C_x \cdot S}{Д^2} - \beta, \tag{1}$$

для образцов прямоугольной формы по формуле

$$\varepsilon = \frac{11{,}3 \cdot C_x \cdot S}{a \cdot b} - \beta, \tag{2}$$

C_x — емкость образца, пФ, вычисляемая по формуле

$$C_x = C_1 - C_2, \tag{3}$$

где C_1 — емкость контура без образца, пФ;

C_2 — емкость контура с образцом, пФ;

S — толщина образца, см;

Д — диаметр образца, см;

a, b — размеры сторон, см;

β — поправка на краевую емкость для образца круглой формы, вычисляемая по формуле

$$\beta = 1{,}466 - \frac{S}{Д}\left[\lg\left(25{,}1 - \frac{Д}{S}\right) - 1{,}305\right]. \tag{4}$$

9.2 Вычисляют тангенс угла диэлектрических потерь $\mathrm{tg}\delta$ по формуле

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{C_1}{C_x} \cdot \frac{\Delta Q}{Q_1 \cdot Q_2}, \quad (5)$$

где ΔQ — разность добротности контура без образца с добротностью контура с образцом, вычисляемая по формуле

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2, \quad (6)$$

где Q_1 — добротность контура без образца;

Q_2 — добротность контура с образцом.

9.3 Пример записи результатов измерений приведен в приложении Б.

10 Показатели точности измерений

10.1 Значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь материала определяют как среднее арифметическое из результатов измерений всех образцов материала.

10.2 Допустимая погрешность определения диэлектрической проницаемости — не более ±4 %; тангенса угла диэлектрических потерь — не более $\pm(0{,}1\ \mathrm{tg}\delta + 0{,}0002)$.

11 Требования безопасности

11.1 Для обеспечения безопасности при работе на установке для определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь предусматривают меры безопасности, приведенные в 11.1.1—11.1.3.

11.1.1 Для предупреждения поражения электрическим током:

- заземление измерителя добротности, сушильного шкафа и электропечи сопротивления;
- защиту изоляции наружной электропроводки приборов и оборудования от механических, химических и термических повреждений.

11.1.2 Для предупреждения опасности отравления:

- местную вытяжную вентиляцию над электропечью для вжигания на образцах серебросодержащей пасты и сушильным шкафом;
- плотно закрывающуюся тару для хранения легко воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в объеме, не превышающем сменной потребности, с четкими надписями.

11.1.3 Для предупреждения термоопасности:

- термоизоляцию наружных поверхностей электропечи и сушильного шкафа, не допускающую нагрев выше 40 °С;
- перчатки хлопчатобумажные — по ГОСТ 5007.

11.2 Наличие на рабочем месте инструкций по эксплуатации установки и охране труда.

11.3 Общие требования взрывобезопасности и пожарной безопасности рабочих помещений при проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010.

11.4 Защитное заземление и зануление приборов и оборудования должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.030.

11.5 При выполнении измерений следует соблюдать требования безопасности, установленные ГОСТ 12.1.019 и ГОСТ 12.3.019.

11.6 Рабочее место персонала, проводящего измерения, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032, ГОСТ 12.2.033, ГОСТ 12.2.061.

На рабочем месте необходимо предусмотреть общий выключатель, с помощью которого возможно одновременное отключение от сети испытательного оборудования и средств измерения.

Приложение А
(обязательное)

Технологический процесс нанесения серебряных покрытий на образцы

А.1 Протирают образцы спиртом.

А.2 Тщательно перемешивают серебросодержащую пасту, при необходимости разбавляют ее скипидаром.

А.3 Наносят кистью слой пасты на поверхности образца в соответствии с требованиями 5.2.2.

А.4 Подсушивают образцы в комнатных условиях в течение 2—3 ч. Для сокращения времени сушки допускается применение сушильных устройств.

А.5 Помещают образцы в электропечь и нагревают со скоростью не более 5 °С/мин до температуры 350 °С — 400 °С.

А.6 Выключают электропечь, образцы охлаждают до температуры 15 °С — 35 °С.

А.7 Вынимают образцы из электропечи и определяют качество серебряного покрытия на соответствие 5.2.3. Зачищают места дефектов шлифовальной шкуркой и наносят пасту вторично.

А.8 Зачищают боковые поверхности шлифовальной шкуркой от следов серебра.

А.9 Зачищают стиральной резинкой матовые серебряные покрытия до появления металлического блеска.

Примечание — Операции по А.1, А.7, А.9 проводят в хлопчатобумажных перчатках во избежание загрязнения поверхности образца. Операции по А.2, А.3 проводят в резиновых перчатках.

Приложение Б
(справочное)

Пример записи результатов измерения

Б.1 Дата измерения: 18.11.2022 г.
Образцы: стекло марки С 95-3
Частота: $f = 0{,}8 \cdot 10^6$ Гц

Таблица Б.1

Номер образца	S, см	Д, см	C_1, пФ	Q_1	C_2, пФ	Q_2	C_x, пФ	ΔQ	$tg\delta \cdot 10^4$	ε без учета β	ε с учетом β = 0,09
1	0,2020	5,00	124,5	193	63,0	168	61,5	25	16	7,15	7,06
2	0,2028	5,00	124,5	193	62,9	169	61,6	24	15	7,19	7,10
3	0,1992	5,00	124,5	193	62,0	167	62,5	26	16	7,17	7,08

$tg\delta_{ср} = 16 \cdot 10^{-4}$ $\varepsilon_{ср} = 7{,}08$

УДК 621.315.61:006.354 ОКС 81.040

Ключевые слова: неорганические диэлектрики, электровакуумное стекло, ситаллы, фотоситаллы, стеклокристаллический цемент, керамический и композиционный материал, метод определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 12.09.2024. Подписано в печать 19.09.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,70.

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