ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71453— 2024/ IEC TS 62565-5-2: 2022

Производство нанотехнологическое

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Часть 5-2

Электроды электрохимического конденсатора с наноматериалами. Форма детальной спецификации

(IEC TS 62565-5-2:2022, Nanomanufacturing — Material specifications — Part 5-2: Nano-enabled electrodes of electrochemical capacitors — Blank detail specification, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Национальной ассоциацией производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 044 «Химические источники тока и электрохимические системы накопления электрической энергии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 июня 2024 г. № 779-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC TS 62565-5-2:2022 «Производство нанотехнологическое. Технические условия на материалы. Часть 5-2. Электроды на основе нанотехнологий для электрохимических конденсаторов. Типовая форма частных технических условий» (IEC TS 62565-5-2:2022 «Nanomanufacturing — Material specifications — Part 5-2: Nano-enabled electrodes of electrochemical capacitors — Blank detail specification», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА.

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

5 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

© IEC, 2022
© 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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие сведения о методах измерения 6
5 Формат спецификации наноэлектрода электрохимического конденсатора 7
6 Обзор методов испытаний 10
Приложение А (обязательное) Процедуры измерения ККХ — вспомогательная информация 13
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 18
Библиография 19

Введение

Настоящий стандарт определяет способ предоставления информации о характеристиках электродов на основе нанотехнологических материалов для промышленного использования в электротехнических изделиях для включения их в двусторонние технические условия между поставщиком и потребителем.

Электрохимические конденсаторы (ЭХК) широко применяют в электромобилях, высокоскоростных поездах, самолетах, солнечной энергетике, ветроэнергетике и электронике благодаря их сверхбыстрой зарядке/разрядке, длительному сроку службы, широкому диапазону рабочих температур, высокой надежности, безопасности и низкой стоимости обслуживания [1]. Электрод является определяющей частью между сырьем и конечным устройством в процессе изготовления ЭХК. Свойства электродов не только зависят от характеристик исходного сырья, но и определяют характеристики ЭХК [2]—[9].

В целях разработки и коммерциализации исходных наноматериалов для электродов ЭХК и батарей характеристики продукта и методы характеризации должны быть стандартизированы. Установленная в стандарте форма детальной спецификации для поставщиков материалов обеспечивает необходимую обратную связь с изготовителями для руководства разработкой и производством сырья; для изготовителей конечной продукции — предоставляет набор инструментов для оценки и управления качеством продукции; для коммерциализации и торговли — содержит руководство по методам испытаний для классификации электродов.

В установленной стандартом форме детальной спецификации перечислены ключевые химические, физические, структурные и электрохимические характеристики, которые существенно влияют на характеристики ЭХК, а также методы их измерения. Эти характеристики и методы характеризации не ограничиваются только наноэлектродами, но также могут быть эталонными для других электродов, которые изготовлены путем нанесения электродных материалов на токосъемник.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Производство нанотехнологическое

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Часть 5-2

Электроды электрохимического конденсатора с наноматериалами. Форма детальной спецификации

Nanomanufacturing. Material characteristics. Part 5-2. Nano-enabled electrodes of electrochemical capacitors. Blank detail specification

Дата введения — 2025—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на наноматериалы и электроды с наноматериалами для электрохимических конденсаторов (ЭХК) — конденсаторов с двойным электрическим слоем, псевдоконденсаторов с нано/наноструктурированными материалами, такими как нанопористый активированный уголь, графен, углеродные нанотрубки, сажа, углеродный аэрогель, коллектор с покрытием из углеродных наноматериалов и т. д., и устанавливает перечень ключевых контролируемых характеристик (ККХ) этих материалов и электродов и соответствующих методов испытаний с целью использования ККХ в установленной форме детальной спецификации, предназначенной для осуществления разработки, изготовления и поставок материалов, согласованных между разработчиком/изготовителем и потребителем свойств.

Числовые значения, которые должны быть указаны для характеристик, в настоящем стандарте намеренно оставлены пустыми и должны быть установлены по соглашению между заказчиком и поставщиком ЭХК. Свойства и характеристики, которые потребитель или поставщик считают не относящимися к конкретному применению, классифицируют как «неприменимые» или «неуказанные».

Для других типов электродов настоящий стандарт можно использовать для справки.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

IEC TS 62607-4-2, Nanomanufacturing — Key control characteristics — Part 4-2: Nano-enabled electrical energy storage — Physical characterization of cathode nanomaterials, density measurement (Нанопроизводство. Контроль основных характеристик. Часть 4-2. Наноматериалы, пригодные для накопления электроэнергии. Определение физических характеристик, измерение плотности)

IEC TS 62607-4-3, Nanomanufacturing — Key control characteristics — Part 4-3: Nano-enabled electrical energy storage — Contact and coating resistivity measurements for nanomaterials (Нанопроизводство. Контроль основных характеристик. Часть 4-3. Наноматериалы, пригодные для накопления электроэнергии. Измерение удельного сопротивления контакта и покрытия в наноматериалах)

IEC TS 62607-4-8, Nanomanufacturing — Key control characteristics — Part 4-8: Nano-enabled electrical energy storage — Determination of water content in electrode nanomaterials, Karl Fischer method (Нанопроизводство. Контроль основных характеристик. Часть 4-8. Наноразмерные устройства для накопления электроэнергии. Определение содержания воды в электродных наноматериалах, метод Карла Фишера)

Издание официальное

IEC TS 62607-6-20, Nanomanufacturing — Key control characteristics — Part 6-20: Graphene-based material — Metallic impurity content: ICP-MS (Производство нанотехнологическое. Контроль основных характеристик. Часть 6-20. Материалы на основе графена. Содержание металлических примесей. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой)

ISO 9277, Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption — BET method [Определение удельной площади поверхности дисперсных и пористых материалов методом газовой адсорбции. Метод Брунауэра, Эммета и Теллера (BET)]

ISO 15901-2, Pore size distribution and porosity of solid materials by mercury porosimetry and gas adsorption — Part 2: Analysis of nanopores by gas adsorption (Распределение пор по размерам и определение пористости твердых материалов с применением ртутной порометрии и адсорбции газа. Часть 2. Анализ нанопор методом адсорбции газа)

ISO 25178 (all parts), Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal [Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности: Ареал]

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- Электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 Общие положения

3.1.1 **наноматериал** (nanomaterial): Твердый или жидкий материал, полностью или частично состоящий из структурных элементов, размеры которых хотя бы по одному измерению находятся в нанодиапазоне.

[ISO/TS 80004-1:2015, 2.4, изменено — два примечания исключены]

3.1.2 **наноструктурированный материал** (nanostructured material): Материал, имеющий внутреннюю или поверхностную наноструктуру.

Примечание — Настоящее определение не исключает наличия у нанообъекта внутренней или поверхностной структуры. Рекомендуется применять термин «нанообъект» к элементу наноструктурированного материала, если его линейные размеры по одному, двум или трем измерениям находятся в нанодиапазоне.

[ISO/TS 80004-1:2015, 2.7]

3.1.3 **нанотехнологическое устройство** (nano-enabled device): Устройство, состоящее из материального элемента или совокупности таких элементов, уникальные эксплуатационные и функциональные характеристики которых получены с применением нанотехнологий.

Примечание 1 — Материальным элементом является наноматериал.

Примечание 2 — Представленные характеристики или функции измеримы и важны для применения наноустройства.

Примечание 3 — В электротехнике к нанотехнологическим устройствам относят аккумуляторы, конденсаторы, материалы для литий-ионных аккумуляторов, топливные элементы с мембранами и др., фотоэлектрические модули, изделия органической электроники и электрооптические устройства.

[МЭК 80004-9:2017, 3.1.5, изменено — примечания 1 и 2 изменены]

3.1.4 **ключевая контролируемая характеристика (ключевой показатель);** ККХ (key control characteristic, key performance indicator; KCC): Свойство материала или характеристика промежуточного продукта, которые могут повлиять на безопасность или соответствие нормам, пригодность, функционирование, рабочие характеристики, качество, надежность или последующую обработку конечного продукта.

Примечание 1 — Измерение ключевой контролируемой характеристики описывается стандартизированной процедурой измерения с известной точностью и воспроизводимостью.

Примечание 2 — Допускается установить более одного метода измерения для ключевой контрольной характеристики, если корреляция результатов хорошо определена и известна.

3.1.5 **форма детальной спецификации;** ФДС (blank detail specification; BDS): Структурированный перечень ключевых контролируемых характеристик, которые необходимы для описания конкретного нанопродукта без задания конкретных значений и/или атрибутов.

Примечание 1 — Шаблоны, определенные в форме детальной спецификации, перечисляют ключевые контролируемые характеристики для наноматериала или продукта без присвоения им конкретных значений.

Примечание 2 — Примерами продуктов с нанотехнологиями являются: наноматериалы, нанокомпозиты и нанокомпоненты.

Примечание 3 — Форма детальной спецификации предназначена для использования промышленными потребителями для подготовки своих технических условий, используемых в двусторонних контрактах на поставку. Форма детальной спецификации облегчает сравнение и сравнительный анализ различных материалов. Кроме того, стандартизированный формат делает закупки более эффективными и более устойчивыми к ошибкам.

3.2 Термины, относящиеся к конденсаторам

3.2.1 **электрохимический конденсатор (суперконденсатор)** (electrochemical capacitor, supercapacitor): Устройство, накапливающее электрическую энергию с помощью двойного электрического слоя в электрохимическом элементе.

Примечание — Электрохимический конденсатор не следует путать с электролитическими конденсаторами.

[МЭК 60050-114:2014, 114-03-03]

3.2.2 **электрод** (electrode): Проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте со средой с низкой проводимостью и предназначенная для выполнения одной или более функций передачи носителей зарядов к этой среде, или приема носителей зарядов от этой среды, или создания электрического поля в этой среде.

[МЭК 60050-151:2001, 151-13-01]

3.2.3 **тип электрода** (electrode type): Классификация электродов электрохимического конденсатора по механизму накопления заряда.

Примечание — Существует два типа ЭХК: двойнослойный электрический конденсатор и псевдоконденсатор.

3.2.4 **электрический двойнослойный конденсатор;** ЭДК (electric double layer capacitor; EDLC): Устройство электростатического накопления электрической энергии, достигаемой разделением заряда в двойном электрическом слое.

[ИСО 18300:2016, 3.8]

3.2.5 **псевдоконденсатор (конденсатор Фарадея)** (pseudo capacitor, Faraday capacitor): Устройство накопления электрической энергии электрохимическим путем за счет высокообратимой окислительно-восстановительной реакции вблизи поверхности электрода.

3.3 Общее описание продукта и информация для поставок

3.3.1 **активный материал** (active material): Материал, который можно использовать для накопления энергии за счет двойного электрического слоя или электрохимического псевдоемкостного эффекта.

Примечание 1 — Как правило, нереакционноспособные углеродные материалы представляют собой активный материал с емкостью двойного электрического слоя, включая активированный уголь, чистые углеродные нанотрубки и чистый графен.

Примечание 2 — Как правило, углеродные композиты и углеродные соединения, содержащие гетероатомы, представляют собой псевдоемкостно-активный материал.

3.3.2 **добавка** (additive): Вещество, добавляемое к жидкому или гранулированному материалу и приводящее к заданному изменению его характеристик.

[ИСО 6707-1:2020, 3.4.4.1]

3.3.3 **нанодобавка** (nano-additive): Добавка, представляющая собой наноматериал или наноструктурированный материал.

3.3.4 **графен (графеновый слой, однослойный графен, монослой графена); 1LG** (graphene, graphene layer, single-layer graphene, monolayer graphene; 1LG): Монослой атомов углерода, в котором каждый атом углерода связан с тремя соседними, образуя таким образом сотовую структуру.

Примечание 1 — Графен является основным образующим материалом многих углеродных нанообъектов.

Примечание 2 — Поскольку графен является однослойным материалом, то есть представляет собой слой, то синонимами термина «графен» являются термины «однослойный графен» и «монослой графена», сокращенное наименование — 1LG. Термины и определение сформулированы таким образом, чтобы установить отличие от терминов и определений понятий «двухслойный графен» (2LG) и «малослойный графен» (FLG).

Примечание 3 — Графен имеет края и может иметь различные дефекты, например межзеренную границу, в которой происходит нарушение связи атомов решетки.

[ISO/TS 80004-13:2017, 3.1.2.1]

3.3.5 **нановолокно** (nanofiber): Нанообъект, линейные размеры которого по двум измерениям находятся в нанодиапазоне, а по третьему измерению значительно больше.

Примечание 1 — Наибольший линейный размер может находится вне нанодиапазона.

Примечание 2 — Допускается применять термины-синонимы «нанофибрилла» и «нанонить».

[ISO/TS 80004-2:2015, 4.5]

3.3.6 **нанотрубка** (nanotube): Полое нановолокно.

[ISO/TS 80004-2:2015, 4.8]

3.3.7 **углеродная нанотрубка** (carbon nanotube): Нанотрубка, состоящая из углерода.

[ISO/TS 80004-3:2020, 3.3.3, изменено — примечание 1 исключено]

3.3.8 **сажа** (carbon black): Ингредиент смеси, состоящий в основном из более чем 95 % элементарного углерода в форме почти сферических частиц с наибольшим диаметром менее 1 мкм, как правило, сросшихся в агрегаты.

[ИСО 1382:2020, 3.75, изменено — примечание 1 исключено]

3.3.9 **токосъемник** (current collector): Конструктивный элемент из электропроводного материала, обеспечивающий сбор и отвод электронов от анода и подвод электронов к катоду электрохимического элемента.

[МЭК 60050-485:2020, 485-06-07]

3.3.10 **алюминиевая фольга** (aluminium foil): Алюминиевый лист толщиной, как правило, менее 0,15 мм, который может быть ламинирован другими материалами, такими как крафт-бумага или полиэтилен.

[ИСО 9229:2020, 3.5.7]

3.3.11 **алюминиевая фольга с углеродным покрытием** (carbonaceous coating aluminum foil): Алюминиевая фольга, покрытая углеродным материалом.

3.4 Ключевые контролируемые химические характеристики

3.4.1 **содержание воды** (water content): Отношение массы воды, содержащейся в полученном материале, и соответствующей массы сухого остатка материала, выраженное в процентах.

[ISO/TS 21268-2:2019, 3.6]

3.4.2 **зольность** (ash content): Отношение количества несгораемых минеральных веществ, полученных после сжигания навески (массы золы), к массе навески вещества, взятого для анализа, выраженное в процентах.

[ИСО 1998-2:1998, 2.10.120]

3.4.3 **металлические примеси** (metallic impurities): Металлические элементы, такие как Fe, Co, Ni, присутствующие, но не добавляемые в материал преднамеренно, и минимальное содержание которых не контролируется.

3.5 Ключевые контролируемые физические характеристики

3.5.1 **прочность на изгиб** (bending strength): Максимальный радиус изгиба устройства или узла, при котором слой покрытия электрода начинает трескаться или отслаиваться от токоприемника после наложения электрода на пленкоизмерительный прибор.

3.5.2 **прочность адгезии** (peel strength): Сила на единицу эффективной ширины, необходимая для отделения электродных материалов от токосъемника подложки при заданных условиях испытания.

3.5.3 **скорость отката** (rebound rate): Коэффициент изменения толщины электрода в разные моменты времени после каландрирования.

3.5.4 **объемное сопротивление** ρ_v (volume resistivity ρ_v): Измеренное объемное сопротивление, рассчитанное для куба с единичной стороной.

Примечание — Выражается в ом-метрах, Ом · м.

[ИСО 14309:2019, 3.3]

3.5.5 **адсорбционная способность электролита** (electrolyte adsorption capacity): Способность электрода адсорбировать электролит, определяемая по длительности времени поглощения электродом определенной площади определенного количества электролита.

3.6 Ключевые контролируемые структурные характеристики

3.6.1 **толщина** (thickness): Кратчайшее расстояние между двумя поверхностями, ограничивающими слой, когда это расстояние можно считать постоянным в области конечного размера.

[МЭК 60050-113:2011, 113-01-24]

3.6.2 **поверхностная плотность** (ареальная масса, поверхностная массовая плотность), ρ_A (surface density, areic mass, surface mass density): В данной точке на двумерной области якобы бесконечной малой площади dA — это скалярная величина, равная массе dm в пределах этой области определения, деленной на площадь dA, таким образом, $\rho_A = \mathrm{d}m/\mathrm{d}A$.

[МЭК 60050-113:2011, 113-03-10, изменено — примечание исключено]

3.6.3 **плотность прокатки** (rolling density): Отношение массы активного материала к его объему после нанесения на подложку и прокатывания.

[IEC TS 62607-4-2, 3.1.3]

3.6.4 **удельная поверхность** (specific surface area): Отношение общей (внутренней и внешней) площади поверхности вещества к его массе.

[ISO/TS 11931:2012, 3.3]

3.6.5 **объем пор** (pore volume): Объем открытых пор, если не указано иное.

[ИСО 15901-1:2016, 3.14]

3.6.6 **шероховатость поверхности** (surface roughness): Топология участка поверхности, определяемая в международных стандартах ссылкой на различные детерминанты разрешающей способности и методы вычислений.

[ИСО/МЭК 10373-2:2015, 3.7]

3.7 Ключевые контролируемые электрохимические характеристики

3.7.1 **емкость** (capacitance): Способность конденсатора накапливать электрический заряд.

Примечание — Единица измерения: фарад, Ф.

[МЭК 62576:2018, 3.5]

3.7.2 **удельная емкость электрода** (specific capacitance of electrode): Емкость конденсатора, деленная на массу или объем электрода.

Примечание — Единица измерения: фарад на грамм, Ф/г, или фарад на кубический сантиметр, Ф/см^3.

3.7.3 **ток утечки** (leakage current): Значение тока, протекающего через конденсатор после заряда в течение фиксированного периода времени.

Примечание 1 — Ток утечки указывают в амперах, А.

Примечание 2 — Ток утечки возникает из-за нежелательного проводящего пути, отличного от короткого замыкания.

[МЭК 62391-1:2015, 3.28, изменено — добавлено примечание 2]

3.7.4 **степень удержания напряжения (оценка степени удержания напряжения)** (voltage maintenance rate, ratio of voltage maintenance): Отношение значения напряжения на незамкнутых выводах конденсатора к значению напряжения заряда через определенный промежуток времени после заряда.

[МЭК 62576:2018, 3.25]

3.7.5 **устойчивость при циклировании** (endurance in cycling): Количество циклов заряда и разряда до момента, когда измеренное значение емкости или внутреннего сопротивления снижается до определенной степени своего начального значения при определенной температуре и определенном режиме заряда.

3.7.6 **устойчивость к температуре** (temperature endurance): Отношение емкости или внутреннего сопротивления к его начальному значению после определенной продолжительности заряда при постоянном напряжении при определенной температуре.

3.7.7 **внутреннее сопротивление** (internal resistance): Суммарное сопротивление удельного сопротивления составляющего материала и сопротивления внутренних соединений конденсатора.

Примечание — Единица измерения: ом, Ом.

[МЭК 62576:2018, 3.15]

3.8 Методы измерения, относящиеся к настоящему стандарту

3.8.1 **масс-спектроскопия с индуктивно связанной плазмой;** ИСП-МС (inductively coupled plasma mass spectroscopy; ICP-MS): Аналитический метод качественного определения и количественной оценки концентраций элементов путем измерения ионов, образующихся в высокочастотной индуктивно связанной плазме.

Примечание — В масс-спектрометре ионы разделяются, элементы идентифицируются по отношению их массы к заряду m/z, а концентрация элементов пропорциональна количеству ионов.

[ИСО 7086-1:2019, 3.5]

3.8.2 **оптическая эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой;** ИСП-ОЭС (inductively coupled plasma optical emission spectroscopy; ICP-OES): Метод элементного анализа на уровне следовых количеств, который использует спектры излучения образца для идентификации и количественного определения присутствующих элементов.

[ИСО 7086-1:2019, 3.6]

3.8.3 **атомно-абсорбционная спектрометрия;** ААС (atomic absorption spectrometry; AAS): Спектроаналитический метод качественного определения и количественной оценки концентраций элементов путем измерения абсорбции свободных атомов.

[ИСО 7086-1:2019, 3.2]

3.8.4 **термогравиметрический анализ;** ТГА (thermal gravimetric analysis; TGA): Метод, при котором изменение массы образца измеряется в зависимости от температуры, которой образец подвергается по определенной программе.

[ISO/TS 80004-6:2021, 6.1.2]

3.8.5 **разряд постоянным током;** РПТ (constant current discharge; CCD): Разряд, во время которого электрический ток поддерживается на постоянном уровне независимо от напряжения или температуры батареи.

3.8.6 **заряд постоянным током;** ЗПТ (constant current charge; CCC): Заряд, во время которого электрический ток поддерживается на постоянном уровне независимо от напряжения или температуры элемента.

[МЭК 60050-482:2004, 482-05-38]

3.8.7 **заряд при постоянном напряжении;** ЗПН (constant voltage charge; CVC): Заряд, во время которого напряжение поддерживается на постоянном уровне независимо от тока заряда или температуры элемента.

[МЭК 60050-482:2004, 482-05-49]

4 Общие сведения о методах измерения

Для промышленного использования при производстве электротехнических изделий с нанотехнологиями в настоящем стандарте для каждого параметра материала рекомендуются соответствующие методы измерения. Спецификация некоторых ККХ наноэлектродов ЭХК относится к процедурам измерения, для которых:

- стандартов в настоящее время не существует;
- стандарты находятся в стадии разработки, но еще не опубликованы;
- стандарты были разработаны для других вариантов использования, но могут быть приняты с изменениями.

В других случаях промышленные пользователи настоящего стандарта должны использовать методы, которые используются в научном сообществе. Поскольку они не установлены в качестве документированных процедур измерения, пользователи настоящего стандарта должны договориться об этом на двусторонней основе. В разделе 6 представлен общий перечень ККХ.

Для выполнения требований стратегий управления оценкой качества требуется тщательное документирование процедуры измерения. Документ, описывающий используемый метод, должен иметь идентификационный номер и включать следующие разделы:

a) Принцип измерения:

- фундаментальная научная база;
- конфигурация измерения, если доступны различные экспериментальные установки, которые с физической точки зрения выполняют одно и то же измерение;
- режим измерения, если на экспериментальной установке возможны режимы измерения, которые предоставляют различные виды информации.

b) Система измерения:

- измерительное оборудование/аппараты;
- материалы;
- стандарты калибровки;
- условия окружающей среды;
- метод подготовки проб.

c) Метод измерения:

- калибровка измерительного оборудования;
- подробный протокол процедуры измерения;
- точность измерения.

d) Анализ данных/интерпретация результатов:

- описание метода получения ККХ из данных измерений, включая используемые ключевые формулы.

e) Результаты, которые должны быть представлены:

- описание испытуемого образца, включая эскиз, рисунок или фотографию;
- идентификация испытуемого образца, т. е. партия или серийный номер;
- количественное описание точности измерения;
- измеренные ККХ, приведенные в таблицах, нанесенные на рисунки, карты, созданные сканирующими методами.

Поскольку настоящий стандарт предполагается регулярно обновлять, в будущем для каждой ККХ будет использоваться стандартизированный метод, включая дополнение, пересмотр и замену эталонных стандартов. Тем не менее для особых применений поставщик и потребитель могут отступить от рекомендаций и согласовать иные, чем рекомендованные, стандарты или определить конкретный метод их применения.

5 Формат спецификации наноэлектрода электрохимического конденсатора

5.1 Общая информация для поставок

Общая информация для поставок наноэлектродов для ЭХК, а также техническое описание для классификации продукта должны быть предоставлены изготовителем или поставщиком продукта в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Формат общего описания продукта и информации для поставок

Пункт	Наименование			Информация
1.1	Поставщик			
1.2	Продукт			
1.3	Торговое название			
1.4	Тип электрода			
1.5	Активный материал			
1.6	Идентификационный номер			
1.7	Доступное описание производственного процесса	□ Нет		
		□ Да	Ссылка	
1.8	Стандартный объем партии	□ Масса [кг]		
		□ Объем [л]		

Окончание таблицы 1

Пункт	Наименование			Информация
1.9	Требования к прослеживаемости	□ Номер партии		
		□ Серийный номер		
		□ Другие, указать		
		.....		
		Дата изготовления		
1.10	Технические условия	Номер документа		
		Уровень редакции		
		Дата документа		
1.11	Требования к упаковке			
1.12	Имеется паспорт безопасности материала (MSDS)	□ Нет		
		□ Да	Ссылка	

Примечание — Производственные процессы, основанные на нанотехнологиях, иногда недостаточно развиты, поэтому существует риск не учесть скрытые параметры, оказывающие существенное влияние на характеристики продукта. Подробное описание производственного процесса поможет контролировать эти параметры.

5.2 Ключевые контролируемые химические характеристики

Химические ККХ, указанные в таблице 2, должны быть согласованы между изготовителем и потребителем. Характеристики, не имеющие значения для применения, могут быть классифицированы как неприменимые или неуказанные.

Таблица 2 — Формат ключевых контролируемых химических характеристик

Пункт	ККХ	Спецификация	Метод измерения	Документированный метод измерения
2.1	Содержание воды	Менее [ ] %	Метод Карла Фишера	IEC TS 62607-4-8 (см. А.1)
2.2	Зольность	Менее [ ] %	Сжигание	Отсутствует (см. А.2)
			ТГА	Отсутствует (см. А.3)
2.3	Содержание магнитных металлических примесей	Fe: Менее [ ] ppm	ИСП-МС	IEC TS 62607-6-20 (А.4)
		Co: Менее [ ] ppm	ИСП-ОЭС	Отсутствует (см. А.5)
		Ni: Менее [ ] ppm	ААС	Отсутствует (см. А.6)

5.3 Ключевые контролируемые физические характеристики

Физические ККХ, указанные в таблице 3, должны быть согласованы между изготовителем и потребителем. Характеристики, не имеющие значения для применения, могут быть классифицированы как неприменимые или неуказанные.

Таблица 3 — Формат ключевых контролируемых физических характеристик

Пункт	ККХ	Спецификация	Метод измерения	Документированный метод измерения
3.1	Прочность на изгиб	Номинал [ ] ± допуск [ ] мм	Измеритель изгиба пленки	Отсутствует (см. А.7)
3.2	Прочность на отслаивания	Номинал [ ] ± допуск [ ] Н/м	Метод отслаивания	Отсутствует (см. А.8)

Окончание таблицы 3

Пункт	ККХ	Спецификация	Метод измерения	Документированный метод измерения
3.3	Скорость отката	Номинал [ ] ± допуск [ ] мм	Изменение толщины	Отсутствует (см. А.9)
3.5	Адсорбционная способность электролита	Номинал [ ] ± допуск [ ] См/мл	Измерение времени	Отсутствует (см. А.10)
3.6	Угол смачивания	Номинал [ ] ± допуск [ ] °	Метод изображения	Отсутствует (см. А.11)
3.7	Сопротивление	Номинал [ ] ± допуск [ ] Ом·см	Измерение удельного сопротивления 4-электродным методом	IEC TS 62607-4-3 (см. А.12)

5.4 Ключевые контролируемые структурные характеристики

Структурные ККХ, указанные в таблице 4, должны быть согласованы между изготовителем и потребителем. Характеристики, не имеющие значения для применения, могут быть классифицированы как неприменимые или неуказанные.

Таблица 4 — Формат ключевых контролируемых структурных характеристик

Пункт	ККХ	Спецификация	Метод измерения	Документированный метод измерения
4.1	Плотность прокатки	Номинал [ ] ± допуск [ ] г/см^3	Взвешивание	IEC TS 62607-4-2 (см. А.14)
4.2	Толщина	Номинал [ ] ± допуск [ ] мм	Микрометр	IEC TS 62607-4-2 (см. А.13)
4.3	Поверхностная плотность	Номинал [ ] ± допуск [ ] г/см^2	Взвешивание	IEC TS 62607-4-2 (см. А.14)
4.4	Удельная поверхность	Номинал [ ] ± допуск [ ] м^2/г	Адсорбция N_2	ИСО 9277 (см. А.15)
4.5	Объем пор	Номинал [ ] ± допуск [ ] см^3/г	Ртутная порометрия	ИСО 15901-2 (см. А.15)
4.6	Шероховатость поверхности	Номинал [ ] ± допуск [ ] нм	Оптический микроскоп	ИСО 25178 (см. А.16)

5.5 Ключевые контролируемые электрохимические характеристики

Электрохимические ККХ электродов, указанные в таблице 5, должны быть согласованы между изготовителем и потребителем. Характеристики, не имеющие значения для применения, могут быть классифицированы как неприменимые или неуказанные.

Таблица 5 — Формат ключевых контролируемых электрохимических характеристик

Пункт	ККХ	Спецификация	Метод измерения	Документированный метод измерения
5.1	Удельная емкость	Более [ ] Ф/г	Заряд постоянным током (ЗПТ) и разряд постоянным током (РПТ)	Отсутствует (см. А.17)
5.2	Степень удержания напряжения	Более [ ] %	Заряд постоянным током (ЗПТ) и заряд при постоянном напряжении (ЗПН)	Отсутствует (см. А.18)
5.3	Ток утечки	Менее [ ] мА	Заряд постоянным током (ЗПТ) и заряд при постоянном напряжении (ЗПН)	Отсутствует (см. А.19)

Окончание таблицы 5

Пункт	ККХ	Спецификация	Метод измерения	Документированный метод измерения
5.4	Устойчивость при циклировании	Более [ ] % после *n* циклов	Заряд постоянным током (ЗПТ) и разряд постоянным током (РПТ)	Отсутствует (см. А.20)
5.5	Устойчивость к температуре	Более [ ] % после [ ] часов при [ ] °С	Заряд при постоянном напряжении (ЗПН)	Отсутствует (см. А.21)
5.6	Внутреннее сопротивление по постоянному току	Менее [ ] Ом	Заряд постоянным током (ЗПТ) и разряд постоянным током (РПТ)	Отсутствует (см. А.22)

6 Обзор методов испытаний

Для записи в разделе «Документированный метод измерения» в таблицах ККХ предусмотрены четыре варианта наличия документированных методов измерения, которые обобщены в таблице 6 для каждой комбинации ККХ и метода измерения:

- вариант 1) Стандартизированный метод измерения пока не доступен, но техническое сообщество пришло к единому мнению о необходимости указать ККХ. Кроме того, Руководство по передовой практике (РПП) недоступно. Это самый низкий уровень общего понимания в сообществе, и сторонам, участвующим в процессе поставки, предоставляется возможность определить способ реагирования на ситуацию, например, добавив в спецификацию согласованную стандартную рабочую процедуру (СРП). Это должно быть указано в приложении А;

- вариант 2) Стандартизированный метод измерения пока не доступен, но техническое сообщество пришло к единому мнению о необходимости указать ККХ. В этом случае основой для измерения может служить РПП, разработанное группой заинтересованных сторон или консорциумом. РПП должны быть приложены к ФДС в виде разделов в приложении В с описанием их использования и комментариями по их научной проверке. Если РПП общедоступно, то вместо этого можно ссылаться на него;

- вариант 3) Доступен стандартизированный метод измерения, который предназначен для применения в другом случае использования, но может быть адаптирован для желаемого варианта использования, например, другие материалы или другие приложения. Возможно, они еще не проверены для варианта использования в ФДС. В этом случае метод должен быть указан в приложении А с описанием того, как должен быть принят стандарт. Ссылка на пункт приложения А должна быть дана в таблицах ККХ;

- вариант 4) Доступен стандартизированный метод измерения, который можно использовать для рассматриваемого варианта использования. В этом случае целесообразно указать стандарт в графе «Документированный метод измерения» таблиц ККХ.

Примечание — В вариантах 1) и 2) предлагается преобразовать протокол измерений в документированный стандарт и предпринять необходимые шаги для подготовки предложения о новой работе в МЭК через соответствующий национальный комитет.

Таблица 6 — Обзор методов измерения

Ключевая контролируемая характеристика (ККХ)		Метод измерения																				
		Метод Карла Фишера	Сжигание	ТГА	ИСП-МС	ИСП-ОЭС	ААС	4-электродный зонд измерения сопротивления	Испытание прочности к растрескиванию при изгибе	Метод отслаивания	Изменение толщины	Время измерения	Метод изображения	Взвешивание	Микрометр	Взвешивание	Адсорбция N_2	Ртутная порометрия	Оптический микроскоп	ЭПТ/РПТ	ЭПН	ЭПТ/ЭПН	ЭПТ/РПТ	ЭПН	ЭПТ/РПТ
		IEC TS 62607-4-8	IEC TS 62607-6-20	Пока недоступно	ИСО 9277	ИСО 15901-2	ИСО 25178	Пока недоступно																	
Химические ККХ	Содержание воды	4						МЭК 62xxx-xx-yy	Пока недоступно	Пока недоступно	Пока недоступно	Пока недоступно	Пока недоступно	IEC TS 62607-4-2	IEC TS 62607-4-2	IEC TS 62607-4-2									
	Зольность			1																					
	Магнитные металлические примеси				3	1	1																		
Физические ККХ	Сопротивление							3								3									
	Прочность на изгиб								1						4										
	Прочность адгезии									1															
	Скорость отката										1														
	Адсорбционная способность электролита											1													
	Угол смачивания												4												
Структурные ККХ	Плотность прокатки													3											
	Толщина														4										
	Поверхностная плотность															3									

Окончание таблицы 6

| Ключевая контролируемая характеристика (ККХ) | | Метод измерения | | |

Приложение А
(обязательное)

Процедуры измерения ККХ — вспомогательная информация

А.1 Содержание воды: метод Карла Фишера

А.1.1 Общие положения

Содержание воды для ЭХК имеет решающее значение. Остаточная вода отрицательно влияет на сопротивление электрода, а также на стабильность и безопасность устройства. Поэтому важно ограничить ее содержание. Для точного измерения содержания воды в электроде следует использовать метод кулонометрического титрования Карла Фишера.

В методе кулонометрического титрования Карла Фишера сначала получают йод электролизом реагента, содержащего йодид-ион в реагенте Карла Фишера, а затем определяют содержание воды в образце путем измерения количества электричества, необходимого для электролиза (т. е. для образования йода), основанного на количественной реакции образующегося йода с водой.

А.1.2 Документированный метод измерения

Для измерения содержания воды применим IEC TS 62607-4-8.

А.2 Зольность: сжигание

А.2.1 Общие положения

Из-за примененного сырья, реагентов, оборудования и окружающей среды в процессе производства в электроде могут присутствовать некоторые примеси. Наличие примесей, особенно магнитных металлов Fe и Ni, отрицательно влияет на работу ЭХК. Зольность отражает количество примесей и представляет собой процент по массе безуглеродистого остатка при сжигании и пиролизе при (800 ± 50) °С. Зольность электрода определяют путем вычитания остатка от сжигания токосъемника из остатка от сжигания электрода.

А.2.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.3 Зольность: термогравиметрический анализ (ТГА)

А.3.1 Общие положения

Из-за примененного сырья, реагентов, оборудования и окружающей среды в процессе производства в электроде могут присутствовать некоторые примеси. Наличие примесей, особенно магнитных металлов Fe и Ni, отрицательно влияет на работу ЭХК. Зольность отражает количество примесей и представляет собой процент по массе безуглеродистого остатка при сжигании и пиролизе.

А.3.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.4 Магнитные металлические примеси: ИСП-МС

А.4.1 Общие положения

Наличие магнитных примесей может привести к увеличению саморазряда ЭХК. Поэтому важно уменьшить количество магнитных примесей, таких как Fe, Co, Ni. Определение магнитных примесей следует проводить с помощью ИСП-МС с микроволновым разложением для предварительной обработки.

А.4.2 Документированный метод измерения

Для измерения содержания золы металлических примесей применим IEC TS 62607-6-20. Несмотря на то, что IEC TS 62607-6-20 изначально был разработан для материалов на основе графена, его можно использовать и для других материалов, описанных в настоящем стандарте.

А.4.3 Необходимые адаптации

а) Подготовка проб

Проба должна пройти предварительную обработку микроволновым разложением. Перед разложением осторожно соскребают материал электрода с токосъемника. Затем смешивают определенную массу электродного материала с небольшим количеством HNO_3 и разлагают.

А.5 Магнитные металлические примеси: ИСП-ОЭС

А.5.1 Общие положения

Наличие магнитных примесей может привести к увеличению саморазряда ЭХК. Поэтому важно определить количество магнитных примесей, таких как Fe, Co, Ni. Определение магнитных примесей следует проводить с помощью ИСП-ОЭС с микроволновым разложением для предварительной обработки. Подготовка проб такая же, как в А.4.3 а).

А.5.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.6 Магнитные металлические примеси: АСС

А.6.1 Общие положения

Наличие магнитных примесей может привести к увеличению саморазряда ЭХК. Поэтому важно уменьшить количество магнитных примесей, таких как Fe, Co, Ni. Определение магнитных примесей следует проводить с помощью ААС с микроволновым разложением для предварительной обработки. Подготовка проб такая же, как в А.4.3 а).

А.6.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.7 Прочность на изгиб: метод испытания прочности к растрескиванию при изгибе вокруг цилиндрического стержня

А.7.1 Общие положения

Прочность на изгиб отражает механическую прочность электрода. Прочность электрода на изгиб испытывают с помощью прибора, содержащего набор цилиндров разного диаметра[1)]. Перед намоткой электрод разрезают (например, размер: длина × ширина = 5 см × 3,5 см). Испытание проводят, накручивая электрод на цилиндры, начиная от большего диаметра стержня к меньшему для определения диаметра первого стержня, при изгибе вокруг которого на покрытии появится трещина. Диаметр, достигнутый к моменту, когда на электроде образуется трещина, регистрируют и рассматривают как предел прочности электрода на изгиб.

А.7.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.8 Прочность адгезии

А.8.1 Общие положения

Прочность адгезии связана со многими эксплуатационными характеристиками электродов, такими как саморазряд конденсаторов, устойчивость при циклировании, увеличение толщины электродов при циклировании и т. д. Измерение прочности адгезии покрытия электрода проводят методом отслаивания с помощью испытательной машины[2)]. От электрода отрезают прямоугольный кусок с определенной длиной и шириной. Наклеивают образец стороной с нанесенным электродным слоем на пластину из нержавеющей стали с использованием двусторонней клейкой ленты, вручную отслаивают электродное покрытие от фольги токосъема на небольшую длину и отгибают фольгу на 180°. Пластину из нержавеющей стали и фольгу токосъема закрепляют на двух приспособлениях испытательного оборудования, а затем проводят испытание на отслаивание на 180° с заданной скоростью с определенной нагрузкой. Когда токосъем полностью снят, обнаруженная сила является прочностью адгезии.

А.8.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.9 Скорость отката

А.9.1 Общие положения

Откат электрода тесно связан со структурой сырья и обработкой электродов. Он может отражать стабильность материала и стабильность процесса. Как правило, откат измеряется путем записи толщины электрода в разное время после прокатки. Коэффициент отката равен толщине, в разное время деленной на начальную толщину.

А.9.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.10 Адсорбционная способность электролита

А.10.1 Общие положения

Размещают каплю электролита определенного объема на определенном участке электрода. Диапазон времени от контакта электролита с электродом до его полного поглощения, деленный на объем электролита, отражает адсорбционную способность электролита.

[1)] *Пример проведения испытания и прибора для испытаний — см., например, ГОСТ 31974—2012.*

[2)] *Пример проведения испытания и испытательной машины — см., например, ГОСТ 15140—78.*

А.10.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.11 Угол смачивания

А.11.1 Общие положения

Размещают каплю воды или электролита на поверхности электрода. Используют систему захвата цифровых изображений для записи с частотой 50 кадров в секунду. Угол смачивания определяют с помощью алгоритма окружности по оцифрованным оптическим изображениям.

А.11.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.12 Сопротивление

А.12.1 Общие положения

Сопротивление отражает проводящую способность электрода. Это связано с составом, структурой и однородностью электродного материала. Электрод получают путем нанесения суспензии электродной активной массы на токосъемник с хорошей электрической проводимостью, т. к. токосъемник сильно влияет на определение сопротивления электрода. Определяют сопротивление покрытия и контактное сопротивление.

А.12.2 Документированный метод измерения

Для измерения удельного сопротивления применим IEC TS 62607-4-3. Несмотря на то, что IEC TS 62607-4-3 изначально был разработан для порошка наноматериалов, его можно применять и для других материалов, охватываемых этим документом.

А.12.3 Необходимые адаптации

а) Подготовка проб

Чтобы оценить удельное сопротивление электрода, электродную суспензию наносят на изоляционную подложку, а не на токосъемник в тех же условиях подготовки, что и испытуемый электрод.

А.13 Толщина

Измерение толщины может отражать морфологию и плотность материалов электродов. Толщину электрода измеряют микрометром. Измеряют несколько значений толщины электрода с левой стороны на правую сторону, после чего за конечную толщину берут среднее арифметическое этих значений.

А.14 Поверхностная плотность и плотность прокатки

А.14.1 Общие положения

Поверхностную плотность и плотность прокатки измеряют методом взвешивания. Вырубают несколько небольших дисков из электрода и токосъемника. Затем определяют массу дисков один за другим на весах и записывают показания. Поверхностная плотность — это средняя масса электрода (г/см^2) минус средняя масса токосъемника (г/см^2). Поверхностная плотность, деленная на разницу между толщиной электрода и толщиной токосъемника, равна плотности прокатки (г/см^3).

А.14.2 Документированный метод измерения

Для измерения плотности прокатки применим IEC TS 62607-4-2. Несмотря на то, что IEC TS 62607-4-2 изначально был разработан для катодных наноматериалов, его допускается применять и для других материалов, охватываемых этим документом.

А.14.3 Необходимые адаптации

а) Подготовка проб

Массу и толщину электродного диска и подложки определяют непосредственно без предварительной обработки, указанной в IEC TS 62607-4-2.

А.14.3.1 Вычисление

Плотность прокатки рассчитывают по IEC TS 62607-4-2. Поверхностную плотность допускается рассчитывать, умножив плотность прокатки на толщину слоя покрытия электрода.

А.15 Удельная поверхность и объем пор

А.15.1 Общие положения

Определение удельной поверхности может быть выполнено с использованием метода Брунауэра—Эммета—Теллера (БЭТ) с помощью подходящего аппарата для адсорбции азота по ИСО 9277.

Объем пор электрода — это объем пор в мезо- и макропористом диапазоне. Он включает в себя пористость материала электрода между частицами и объем пространства между частицами материала. Объем пор электрода может отражать его способность поглощать электролит. Объем пор электрода допускается рассчитывать по кривой объема ртути, вошедшего в электрод как функция давления по ИСО 15901-2.

А.15.2 Документированный метод измерения

Для измерения удельной поверхности применим ИСО 9277, для измерения объема пор — ИСО 15901-2.

А.16 Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности электрода измеряют оптическим микроскопом или лазерным сканирующим конфокальным микроскопом с программным обеспечением для автоматического анализа по ИСО 25178 (все части).

А.17 Удельная емкость: ЗПТ, РПТ

А.17.1 Общие положения

Чтобы определить потенциал рабочих характеристик материала для нанотехнологических конденсаторов, обычной практикой является сборка полного устройства с использованием материала и последующая характеризация устройства. Следовательно, воспроизводимость сборки устройства имеет решающее значение для измерения связанных с конденсатором ККХ в ФДС.

Для определения удельной емкости конденсатор, собранный из электрода, заряжают в режиме ЗПТ до нормированного напряжения, затем в течение определенного интервала времени в режиме ЗПН и, наконец, разряжают в режиме РПТ до определенного напряжения. Напряжение между выводами конденсатора записывают как функцию времени на протяжении всей процедуры измерения. Емкость устройства можно рассчитать по напряжению и длительности зарядки. Удельную емкость получают путем нормализации емкости к массе электрода в устройстве.

А.17.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.18 Степень удержания напряжения

А.18.1 Общие положения

Чтобы определить потенциал рабочих характеристик материала для нанотехнологических конденсаторов, обычной практикой является сборка полного устройства с использованием материала и последующая характеризация устройства. Следовательно, воспроизводимость сборки устройства имеет решающее значение для измерения связанных с конденсатором ККХ в ФДС.

Для определения степени удержания напряжения электрода собранный конденсатор заряжают до определенного напряжения в режиме ЗПТ, затем в течение определенного времени в режиме ЗПН, после чего выдерживают конденсатор в состоянии разомкнутой цепи определенное время, а затем определяют отношение напряжения на выводах к начальному напряжению.

А.18.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.19 Ток утечки: ЗПТ, РПТ, CVD

А.19.1 Общие положения

Чтобы определить потенциал рабочих характеристик материала для нанотехнологических конденсаторов, обычной практикой является сборка полного устройства с использованием материала и последующая характеризация устройства. Следовательно, воспроизводимость сборки устройства имеет решающее значение для измерения связанных с конденсатором ККХ в ФДС.

Для определения тока утечки электрода собранный конденсатор заряжают до определенного напряжения в режиме ЗПТ, затем в течение определенного времени в режиме ЗПН. Ток утечки — это значение тока к концу ЗПН.

А.19.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.20 Устойчивость при циклировании

А.20.1 Общие положения

Чтобы определить потенциал рабочих характеристик материала для нанотехнологических конденсаторов, обычной практикой является сборка полного устройства с использованием материала и последующая характеризация устройства. Следовательно, воспроизводимость сборки устройства имеет решающее значение для измерения связанных с конденсатором ККХ в ФДС.

Для определения устойчивости при циклировании собранный конденсатор циклируют в режиме заряда-разряда постоянным током при заданных условиях, фиксируя номер цикла, когда отдаваемая емкость или внутреннее сопротивление достигает заданного критерия.

А.20.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.21 Устойчивость к температуре

А.21.1 Общие положения

Чтобы определить потенциал рабочих характеристик материала для нанотехнологических конденсаторов, обычной практикой является сборка полного устройства с использованием материала и последующая характеризация устройства. Следовательно, воспроизводимость сборки устройства имеет решающее значение для измерений, связанных с конденсатором ККХ в ФДС.

Для определения устойчивости электрода к температуре выдерживают собранный конденсатор в камере при определенной температуре, прикладывая нормированное напряжение в течение определенного интервала времени, а затем измеряют отдаваемую емкость и внутреннее сопротивление.

А.21.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

А.22 Сопротивление по постоянному току: ЗПТ, РПТ

А.22.1 Общие положения

Чтобы определить потенциал рабочих характеристик материала для нанотехнологических конденсаторов, обычной практикой является сборка полного устройства с использованием материала и последующая характеризация устройства. Следовательно, воспроизводимость сборки устройства имеет решающее значение для измерения связанных с конденсатором ККХ в ФДС.

Для определения сопротивления электрода по постоянному току собранный конденсатор заряжают до нормированного напряжения в режиме ЗПТ, затем в течение определенного времени в режиме ЗПН, после чего разряжают в режиме РПТ до определенного напряжения. Напряжение между клеммами конденсатора регистрируют как функцию времени на протяжении всей процедуры измерения. Сопротивление электрода по постоянному току рассчитывают на основе падения напряжения и зарядного тока.

А.22.2 Документированный метод измерения

Документированный метод измерения еще не доступен (вариант 1) и должен быть согласован между потребителем и поставщиком.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
IEC TS 62607-4-2	IDT	ГОСТ Р 59461—2021/IEC TS 62607-4-2:2016 «Производство нанотехнологическое. Контроль основных характеристик. Часть 4-2. Наноматериалы катодные для устройств накопления электрической энергии. Определение плотности»
IEC TS 62607-4-3	IDT	ГОСТ Р 59565—2021/IEC TS 62607-4-3:2015 «Производство нанотехнологическое. Контроль основных характеристик. Часть 4-3. Наноматериалы электродные для устройств накопления электрической энергии. Определение электрического сопротивления»
IEC TS 62607-4-8	IDT	ГОСТ Р 59465—2021/IEC TS 62607-4-8:2020 «Производство нанотехнологическое. Контроль основных характеристик. Часть 4-8. Наноматериалы электродные для устройств накопления электрической энергии. Определение содержания воды кулонометрическим титрованием по методу Карла Фишера»
IEC TS 62607-6-20	—	*
ISO 9277	—	*
ISO 15901-2	—	*
ISO 25178 (all parts)	IDT	ГОСТ Р ИСО 25178-2—2014 «Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Ареал. Часть 2. Термины, определения и параметры структуры поверхности»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] B.E. Conway, «Supercapacitors Scientific Fundamentals and Technological Applications» [M], Springer, 1999

[2] P. Simon and Y. Gogotsi, «Materials for electrochemical capacitors», Nature Materials 7, 845—854 (2008)

[3] L.L. Zhang and X.S. Zhao, «Carbon-based materials as supercapacitor electrodes», Chemical Society Reviews 38, 2520—2531 (2009)

[4] A.S. Arico et al., «Nanostructured materials for advanced energy conversion and storage devices», Nature materials 4, 366—377 (2005)

[5] F.Y. Su, C.M. Chen, «Micro-structure evolution and control of lithium-ion battery electrode laminate», J. Energy Storage 14, 82—93 (2017)

[6] M. Baunach et al., «Delamination behavior of lithium-ion battery anodes: Influence of drying temperature during electrode processing», Drying Technology 34, 462—473 (2016)

[7] A. Kraytsberg and E.E. Yair, «Conveying Advanced Li-ion Battery Materials into Practice the Impact of Electrode Slurry Preparation Skills», Adv. Energy Mater. 6, 1600655 (2016)

[8] C.C. Li, Y.S. Lin, «Interactions between organic additives and active powders in water-based lithium iron phosphate electrode slurries», J. Power Sources 220, 413—421 (2012)

[9] Fang-Yuan Su et al., «Could graphene construct an effective conducting network in a high-power lithium ion battery?» Nano Energy 1, 429—439 (2012)

УДК 621.355.9; 544.5:006.354 ОКС 07.120

Ключевые слова: производство нанотехнологическое, электродные наноматериалы, ключевые характеристики, методы испытаний, суперконденсаторы

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 17.06.2024. Подписано в печать 28.06.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,20.

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

gost.e-ecolog.ru