ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57153— 2016/ IEC/TS 62607-4-1: 2014

ПРОИЗВОДСТВО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ

Контроль основных характеристик

Часть 4-1

Наноматериалы катодные для литий-ионных батарей. Определение электрохимических характеристик с применением двухэлектродной ячейки

(IEC/TS 62607-4-1:2014, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Некоммерческой организацией «Национальная ассоциация 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 «Аккумуляторы и батареи»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 октября 2016 г. № 1382-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/TS 62607-4-1:2014 «Производство нанотехнологическое. Контроль основных характеристик. Часть 4-1. Наноматериалы катодные для литий-ионных батарей. Определение электрохимических характеристик с применением двухэлектродной ячейки» («Nanomanufacturing — Key control characteristics — Part 4-1: Cathode nanomaterials for lithium ion batteries — Electrochemical characterisation, 2-electrode cell method», IDT)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые положения настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав. Международная электротехническая комиссия (МЭК) не несет ответственности за идентификацию подобных патентных прав

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). 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, 2016

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, определения, обозначения и сокращения 1
4 Методы подготовки образцов 2
5 Измерение электрохимических свойств 4
6 Анализ данных/интерпретация результатов 5
Приложение А (справочное) Примеры исследований в ячейках с применением фитингов фирмы «Swagelok» 6

Введение

Будущее технологий использования возобновляемых источников энергии существенно зависит от развития эффективных систем хранения энергии. Существуют традиционные подходы для хранения электрической энергии, получаемой от стационарных электростанций, в настоящее время подпитываемые многочисленными новыми идеями в сочетании с формирующейся концепцией «интеллектуальной сети». Для будущей энергетической мобильности индивидуального транспорта есть только одно привлекательное решение: аккумулятор, который может хранить такое количество энергии, которой было бы достаточно, чтобы позволить перемещаться полностью на электротяге на расстояния нескольких сотен километров. Нынешние решения, которые в настоящий момент присутствуют на рынке, можно рассматривать только в качестве временных мер. С сегодняшней точки зрения, литий-ионные батареи и производные от них инновационные концепции, следует рассматривать как наиболее перспективные варианты. Электроды, изготовленные из наноразмерных композитов, будут играть ключевую роль в будущем. Инновационные материалы будут разрабатываться и систематически оптимизироваться, что предполагает тестирование большого числа различных материалов.

Характеризация электрохимических свойств катодных наноматериалов, используемых в литий-ионных батареях, имеет важное значение для их индивидуальной разработки. Настоящий стандарт МЭК предоставляет стандартную методологию, которую можно использовать для характеризации электрохимических свойств новых катодных наноматериалов, планируемых к использованию в литий-ионных батареях. Использование данного метода позволит проводить сравнение различных типов катодных наноматериалов и сравнивать результаты различных исследовательских групп.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРОИЗВОДСТВО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ

Контроль основных характеристик

Часть 4-1

Наноматериалы катодные для литий-ионных батарей. Определение электрохимических характеристик с применением двухэлектродной ячейки

Nanomanufacturing. Key control characteristics. Part 4-1.
Cathode nanomaterials for lithium ion batteries. Electrochemical characterisation, 2-electrode cell method

Дата введения — 2017—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на катодные наноматериалы для литий-ионных аккумуляторов и устанавливает метод определения их электрохимических характеристик, позволяющий потребителю:

a) определить возможность использования катодного наноматериала;

b) подобрать катодный наноматериал, подходящий для конкретного применения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована ссылка на следующий документ.

Для недатированной ссылки следует использовать последнее издание указанного документа, включая все поправки.

ISO/TS 80004-1, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms (Нанотехнологии. Словарь. Часть 1. Основные термины)[1)]

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ISO/TS 80004-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **катодный наноматериал** (cathode nanomaterial): Электроды, используемые в качестве катодов в литий-ионных аккумуляторах.

Примечание — Катодный наноматериал представляет собой фольгу с многослойным покрытием, состоящий из алюминиевого коллектора тока, дополнительного слоя углерода (опционально), способствующего адгезии (для повышения при необходимости адгезии катодного слоя), и катодного слоя. Последний состоит из активной фазы (например, литийсодержащих смешанных оксидов или фосфатов, таких как кобальтаты (LCO), никелаты (NCA), манганаты (NCM) и железо-фосфаты (LFP) лития), проводящей фазы (сажа) и органического связующего (поливинилиденфторид).

[1)] В Российской Федерации действует ГОСТ ISO/TS 80004-1—2014 «Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения», IDT.

Издание официальное

3.1.2 **скручивающаяся ячейка** (screw cell): Ячейка, обеспечивающая геометрическое расположение двух электродов.

Примечание — Электрохимические характеристики катодного наноматериала определяют в скручивающихся ячейках. Конструкция ячейки состоит из пружины, металлических распорок и пакета электродов с анодом, сепаратором, пропитанным электролитом и катодом. Возможны различные конструкции ячеек. В приложении А приведены примеры исследования в ячейках, конструкция которых основана на фторопластовых фитингах размером 1/2 дюйма фирмы «Swagelok»[1)].

3.1.3 **напряжение ячейки,** $U_{яч}$ (cell voltage, U_{cell}): Разность электрохимических потенциалов катода и анода.

3.1.4 **сопротивление ячейки,** $R_{ом}$ (cell resistance, R_{el}): Омическое внутреннее сопротивление испытательной ячейки.

Примечание — $R_{ом}$ — сумма омических сопротивлений (например, электролита, сопротивления контактов) ячейки.

3.1.5 **цикл зарядно-разрядный** (charge-discharge cycle): Процедура, включающая заряд и разряд испытательной ячейки.

Примечание — После сборки ячейка находится в разряженном состоянии. Во время заряда потенциал литиевого анода смещается отрицательнее потенциала нулевого тока (потенциала разомкнутой цепи), катионы лития восстанавливаются и металлический литий осаждается на поверхности литиевого анода. Во время разряда на внешнюю цепь (нагрузку) металлический литий окисляется на аноде, потенциал которого остается более отрицательным, чем потенциал катода. Теперь металлический литий окисляется до ионов лития и растворяется в электролите. Ионы лития встраиваются в кристаллическую решетку материала катода. Процессы заряда/разряда в определенных пределах обратимы.

3.2 Обозначения и сокращения

LCO — кобальтат лития, литий оксид кобальта $LiCoO_2$ (Lithium cobalt oxide);

NCA — литий оксид никеля кобальта алюминия Li (Ni, Co, Al)O_2 (Lithium nickel cobalt aluminium oxide);

NCM — литий оксид никеля кобальта марганца $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ (Lithium nickel cobalt manganese oxide);

LFP — литий фосфат железа $LiFePO_4$ (Lithium iron phosphate);

PVDF — поливинилиденфторид (Polyvinylidene fluoride);

EC — этиленкарбонат (Ethylene carbonate);

DEC — диэтилкарбонат (Diethyl carbonate);

PE — полиэтилен (Polyethylene);

НРЦ — напряжение разомкнутой цепи (OCV, Open circuit voltage).

4 Методы подготовки образцов

4.1 Общие положения

Для определения электрохимических характеристик катодного наноматериала используют скручивающуюся ячейку. Основные этапы подготовки измерительных ячеек:

a) предварительная обработка электродов;

b) выбор надлежащего состава и объема электролита;

c) приложение заданного допустимого давления на пакет электродов.

4.2 Реагенты

4.2.1 Фольга для катода

Катодный материал помещают в перчаточный бокс, заполненный аргоном, сразу после приготовления/получения для исключения контакта с атмосферной влагой.

4.2.2 Анод

В качестве материала анода используют металлический литий. Литиевую фольгу толщиной d = 0,25 мм распаковывают непосредственно в заполненном аргоном перчаточном боксе, а затем используют, когда необходимо.

[1)] Фторопластовые фитинги фирмы «Swagelok» являются примером подходящего коммерчески доступного продукта. Данная информация приведена для удобства пользователей настоящего стандарта и не является одобрением МЭК этого продукта.

4.2.3 Растворители и сепаратор

Тестирование материала проводят в электролите сопоставимого состава. В настоящее время в коммерческих батареях, как правило, применяют электролиты, содержащие $LiPF_6$. Для исследований рекомендуется использовать коммерческий электролит заданной чистоты типа LP40 (1 M $LiPF_6$ в растворе с соотношением EC:DEC 1:1) и содержанием воды менее 5 млн$^{-1}$ или эквивалент. Использование альтернативного электролита возможно в случае проведения отдельных испытаний, подтверждающих обеспечение им необходимой смачиваемости сепаратора и электродного материала. В качестве материала сепаратора рекомендуется использовать PE-нетканый материал, выпускаемый компанией Freudenberg под торговым наименованием Viledon®[1]. Могут быть использованы другие материалы сепаратора, в этом случае смачиваемость сепаратора электролитом должна быть подтверждена отдельными испытаниями.

4.3 Предварительная обработка катодного наноматериала

Катодную фольгу сушат в вакуумной печи до достижения содержания воды в активном материале менее 100 млн$^{-1}$. Примерные условия сушки: температура T = 120 °C, давление p от 1 до 5 мбар, в течение времени t = 12 ч.

Контроль содержания воды в катоде осуществляют сушкой до постоянной массы. Процедуру сушки подтверждают достижением содержания воды 100 млн$^{-1}$ титрованием по Фишеру для первых пяти образцов катодов. После этого метод сушки до постоянной массы может быть применен в качестве стандартного.

Электроды, используемые в ячейке «Swagelok», вырубают или вырезают лазером из фольги, покрытой катодным слоем. Массу вырубленных электродов $m_{актив}$ определяют вычитанием массы фольги без покрытия из массы фольги с покрытием.

Из массы электродов оценивают теоретическую емкость Q следующим образом:

$m_{актив} = x \cdot (m_{электрод} - m_{подложка})$;

$n_{Li} = m_{актив}/M_{актив}$ ммоль;

$Q = n_{Li} \cdot F \cdot z/3600$ мА · ч, где z = 1, F = 96485 Кл/моль;

$q_M = Q/m_{электрод}$ мА · ч/г;

$q_A = Q/m_{актив}$ мА · ч/г;

$q_F = Q/A$ мА · ч/см^3.

Для расчетов должны быть предоставлены следующие данные:

a) масса электрода $m_{электрод}$ (масса фольги с покрытием);

b) масса подложки $m_{подложка}$ (масса фольги без покрытия);

c) стехиометрия/молярная масса активного материала M (может быть подтверждена химическим анализом, например, ICP-MS)[2];

d) массовая доля активного материала в электроде x;

e) площадь электрода A.

4.4 Подготовка скручивающейся ячейки

Части ячейки очищают этанолом и водой в ультразвуковой ванне и затем сушат в сушильном шкафу. Части хранят в сушильном шкафу при температуре от 70 °C до 80 °C в течение не менее 30 мин. Во время такой термообработки частей ячейки адсорбированная вода с их поверхности будет удалена.

Прогретые компоненты ячейки устанавливают, как показано на рисунке А.1, приложение А. Затем их помещают в перчаточный бокс для сборки электрохимической группы в атмосфере аргона. Все материалы должны быть обработаны в атмосфере аргона в перчаточном боксе. В перчаточном боксе максимальное содержание O_2 должно составлять 50 млн$^{-1}$, максимальное содержание H_2O — 10 млн$^{-1}$.

Катод помещают внутри ячейки и пропитывают электролитом LP40 (5 капель для ячейки площадью 1,27 см^2 и толщиной катода 50 мкм).

Вырубают сепаратор толщиной 190 мкм и размещают два слоя на катоде. Заданное количество электролита LP40 наносят на сепаратор (300 мг или 5 капель распределяют из микропипетки на слой сепаратора).

---

[1] Viledon® является торговым названием продукта, поставляемого Freudenberg Nonwovens. Эта информация приведена для удобства пользователей настоящего стандарта и не означает одобрения МЭК этого продукта. Могут быть использованы эквивалентные продукты, если может быть доказано, что они приводят к тем же результатам.

[2] Справка разработчика стандарта. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS — Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

Литиевый анод вырубают и механически подпрессовывают на подложку из нержавеющей стали или титана, чтобы минимизировать контактное сопротивление. Затем его кладут на сепаратор. При использовании подложек из нержавеющей стали после разборки ячейки должно быть доказано отсутствие коррозии. При наличии коррозии подложки из нержавеющей стали должны быть заменены на титановые подложки.

В завершение в ячейку устанавливают пружину из нержавеющей стали (коэффициент упругости k = 2,87 Н/мм) и необходимое число прокладок из нержавеющей стали и свинчивают ячейку с приложением усилия в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 —Усилие пружины и давление

Параметр	Пружина	Пружина с 1 прокладкой	Пружина с 2 прокладками	Пружина с 3 прокладками
Усилие пружины, Н	14,87	19,23	23,59	27,95
Давление, кНм$^{-2}$	117	151	186	220

Выполняют краткий функциональный тест измерением мультиметром напряжения ячейки.

Если $U = (3 \pm 0{,}5)$ В (конкретное значение зависит от материалов) — сборка годная, если $U < 1{,}6$ В — сборку признают негодной.

Если НРЦ ячеек с тем же типом катода находится между 1,6 и 2,5 В, такие ячейки могут быть проциклированы от 5 до 10 раз. Если разрядная емкость электрода менее 35 % теоретической емкости Q ($< 0{,}35 \cdot Q$, см. 4.3) или наблюдается значительная деградация емкости (более 50 % после 10 циклов или более 10 %/цикл после третьего цикла), результаты не учитывают и подготовку образцов оптимизируют.

4.5 Разборка скручивающейся ячейки

Демонтаж ячейки проводят в атмосфере аргона для исключения любых контактов с токсичными продуктами распада, например, с фтористоводородной кислотой.

Использованные части ячейки хранят и утилизируют в соответствии со стандартами безопасности и охраны здоровья.

5 Измерение электрохимических свойств

5.1 Общие положения

Для измерения характеристик заряда/разряда ячейку подключают следующим образом: рабочий электрод потенциостата/гальваностата соединяют с катодом, а анод соединяют с измерительным выходом и выходом электрода сравнения. Во время заряда потенциал катода смещают в положительном направлении, а потенциал анода смещают в отрицательном направлении.

5.2 Напряжение разомкнутой цепи

5.2.1 Определение метода

НРЦ электрохимической двухэлектродной ячейки — это потенциал катода, измеренный в отсутствии тока. Он может рассматриваться как эквивалент потенциала разомкнутой цепи.

5.2.2 Экспериментальные процедуры и условия измерения

Ячейку подключают к потенциостату. НРЦ измеряют в течение 5 мин; должна быть достигнута стабилизация значения. Для обычных катодных материалов значение лежит в диапазоне $(3 \pm 0{,}5)$ В (см. 4.4).

5.3 Потенциостатическая электрохимическая импедансная спектроскопия

5.3.1 Определение метода

Электрохимическая импедансная спектроскопия (ЭИС) — метод измерения комплексного импеданса ячейки с помощью периодически колеблющегося напряжения для разделения поляризации на электродах и омических потерь в электролите и контактах.

5.3.2 Экспериментальные процедуры и условия измерения

Ячейку подключают к потенциостату с анализатором частотного отклика штекерами с продольными подпружинивающими контактами типа «банан». Измерение ЭИС выполняют при следующих условиях:

- постоянное напряжение должно быть равно НРЦ;

- переменная составляющая должна быть равна 10 мВ;
- частота *f* должна быть от 100 кГц до 0,01 Гц.

Внутреннее активное сопротивление $R_{ом}$ соответствует действительной части импеданса на самой высокой частоте $R_{действ}$ (при частоте 100 кГц). Если $R_{действ}$ менее 20 Ом, ячейка пригодна для экспериментов с зарядом и разрядом. В иных случаях должна быть изготовлена другая ячейка.

5.4 Эксперименты с зарядом и разрядом (постоянный ток — постоянное напряжение)

5.4.1 Определение метода

Заряд проводят методом постоянный ток — постоянное напряжение (ПТ—ПН), при котором заряд проводят в две стадии: на первой применяют гальваностатический постоянный ток (ПТ) до достижения установленного значения постоянного напряжения, а затем потенциостатический режим заряда аккумулятора при этой величине постоянного напряжения (ПН). Разряд проводят постоянным током установленного значения.

5.4.2 Экспериментальные процедуры и условия измерения

Ячейку подключают к потенциостату по 5.1. Пределы значений напряжения и тока при проведении процедуры зависят от применяемого катодного материала. Приведенные ниже значения[1)] применимы к катодам на основе LCO, NCA и NCM:

a) $I_з$ = 0,1 *C* (0,1 *C* = *Q*/10), где *C* — разрядная емкость электрода;
b) $U_{зк}$ = 4,2 В;
c) $t_{ПН}$ = 3600 с (1 ч);
d) $I_{зк}$ = 0,01 *C* (10 % $I_з$);
e) $I_р$ = –0,1 *C*;
f) $U_{рк}$ = 2,5 В;
g) 10 циклов;
h) для катодов на основе LFP предельное значение напряжения при заряде $U_{зк}$ = 3,8 В ниже значения приведенного в b), поскольку при использовании этого материала НРЦ имеет более низкое значение.

6 Анализ данных/интерпретация результатов

6.1 Потенциал разомкнутой цепи

a) Расчет не проводят.
b) График: напряжение в зависимости от времени (рисунок А.3, приложение А).
c) Значения, которые необходимо получить: напряжение ячейки, которое должно быть равно стабильному значению потенциала разомкнутой цепи.

6.2 Электрохимическая импедансная спектроскопия

a) Расчет: $Z_{действ}/Z_{мним}$, нормализованная: $Z \cdot A = Z_{норм}$ Ом · см^2.
b) График: график в координатах Найквиста — $Z_{мним}$ в зависимости от $Z_{действ}$ (рисунок А.4, приложение А).
c) Значения, которые необходимо получить: внутреннее сопротивление $R_{ом} = Z_{действ}$ при частоте 100 кГц (рисунок А.4, приложение А).

6.3 Заряд/разряд в режиме постоянный ток — постоянное напряжение

a) Расчет: нормализованный ток $i = I/A$ мА/см^2; емкость q_F: $q_F = \int i\mathrm{d}t$; удельная емкость по массе q_A: $q_A = q_F \cdot A/m_{актив}$ мА · ч/г.
b) График: диаграмма ПТ—ПН — *U* в зависимости от *t* и, соответственно, *i* в зависимости от *t* (рисунок А.5, приложение А). Изменение емкости q_A/q_F в зависимости от числа циклов.
c) Значения, которые необходимо получить: емкости при разряде q_F и q_A, омическое падение ΔU.

Омическое падение определяет изменение напряжения ΔU при переключении от режима заряда при $I \neq 0$ мА к режиму разряда (значению НРЦ при $I = 0$ мА) в процессе процедуры ПТ—ПН.

[1)] Справка разработчика стандарта: $I_з$, $I_р$ — ток заряда и разряда на стадии ПТ; $U_{зк}$, $U_{рк}$ — предельные значения напряжения при заряде и разряде, установленные для конкретного материала; $t_{ПН}$ — предельное время ступени ПН; $I_{зк}$ — значение тока, при котором останавливают стадию ПН.

Приложение А
(справочное)

Примеры исследований в ячейках с применением фитингов фирмы «Swagelok»

А.1 Подготовка образца

Отдельные части ячейки показаны на рисунке А.1.

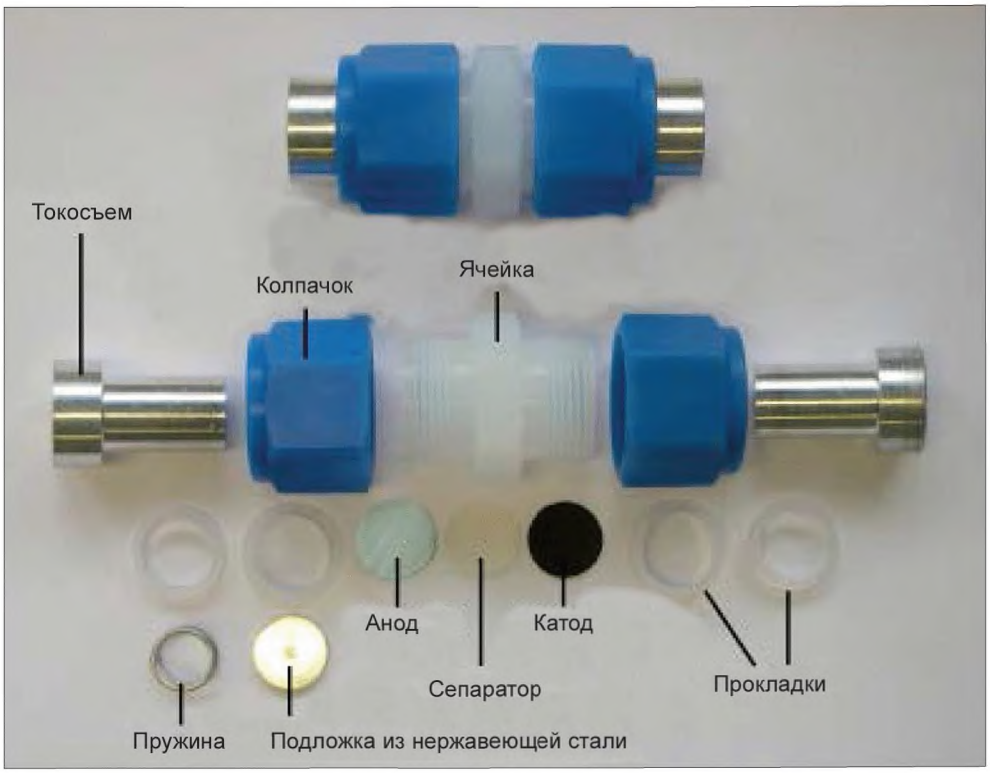


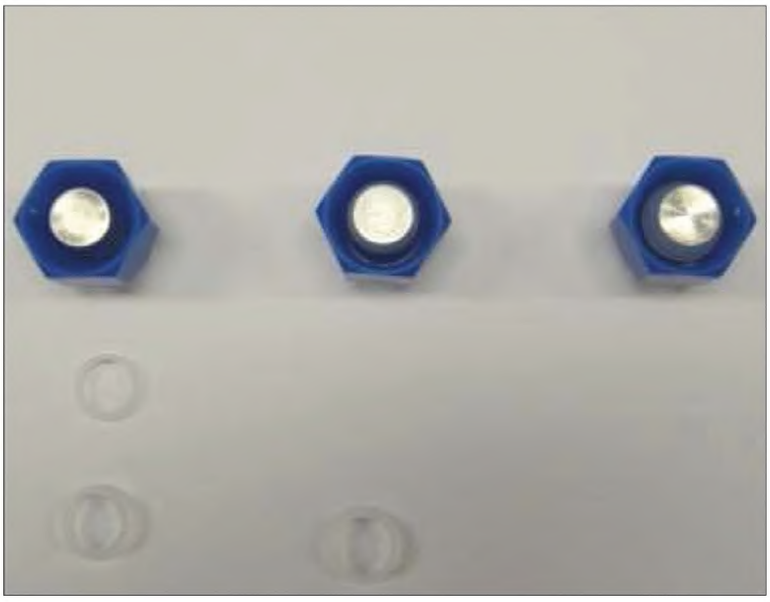
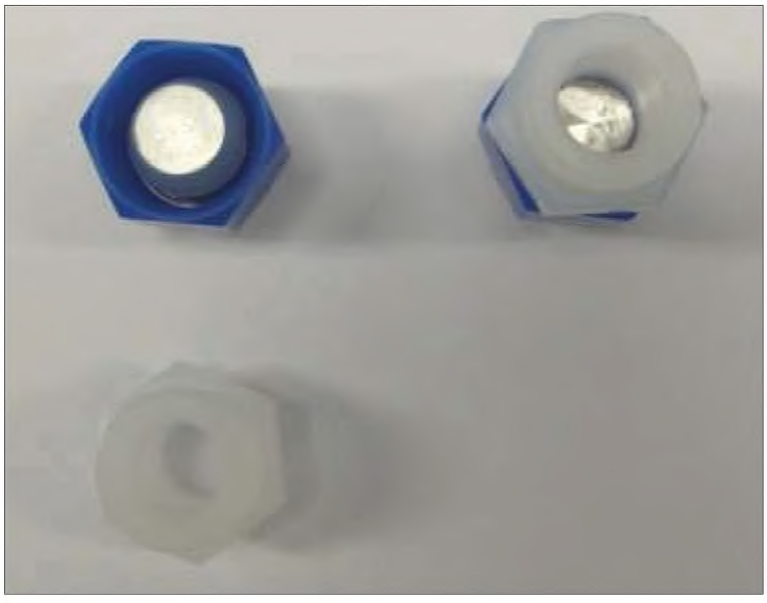
Рисунок А.1 — Отдельные части ячейки

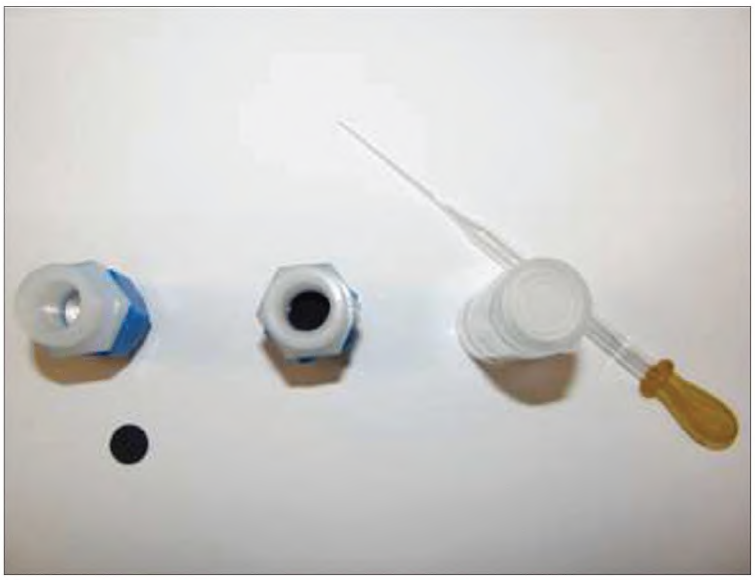
Необходимые составные части:

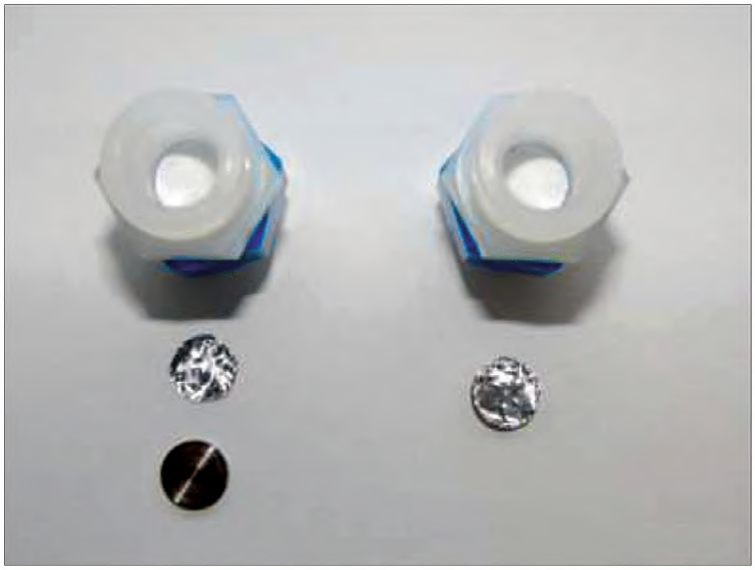
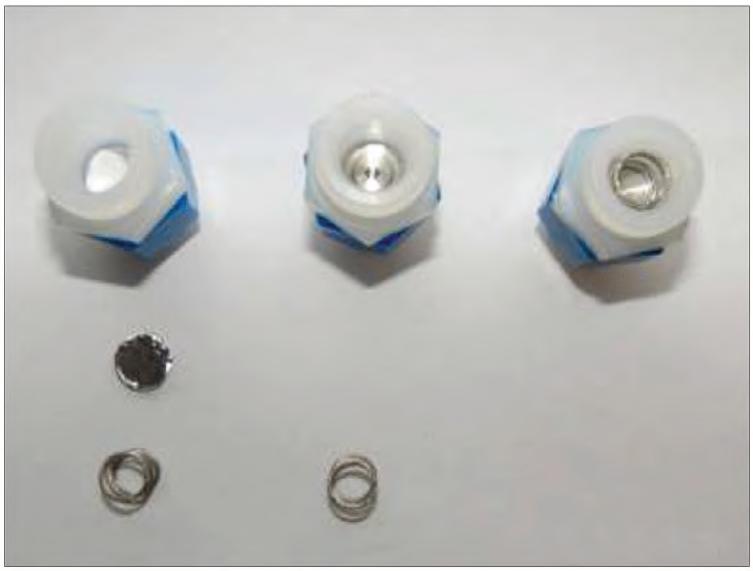
- 1 ячейка (внутренний диаметр = 1,27 см, внешний диаметр = 2,53 см);
- 2 алюминиевых токосъема;
- 2 накручивающихся колпачка;
- 2 тонкие прокладки;
- 2 толстые прокладки;
- 2 подложки из нержавеющей стали;
- 1 катод;
- 2 сепаратора;
- 1 анод;
- 1 пружина;
- электролит.

Подогретые части ячейки помещают в перчаточный бокс, чтобы собрать электрохимическую группу в атмосфере аргона.

Этапы сборки показаны на рисунке А.2.

Шаг	Рисунок	Описание
a		Резьбовой колпачок надевают на коллектор тока, после чего внутрь, на токосъем, укладывают вначале тонкую, а затем толстую прокладку
b		На ячейку навинчивают резьбовой колпачок

Шаг	Рисунок	Описание
c		Вырубают катод площадью 1,27 $см^2$ и кладут его на коллектор тока. Катод толщиной 50 мкм пропитывают электролитом LP40 из микропипетки 300 мг или 5 капель
d		Два сепаратора толщиной 190 мкм размещают на катоде и пропитывают электролитом (10 капель)

Шаг	Рисунок	Описание
e		Для анода вырубают фольгу из металлического лития и напрессовывают на подложку из нержавеющей стали, чтобы свести к минимуму контактное сопротивление
f		Литиевый анод помещают на сепаратор внутрь ячейки, затем устанавливают пружину

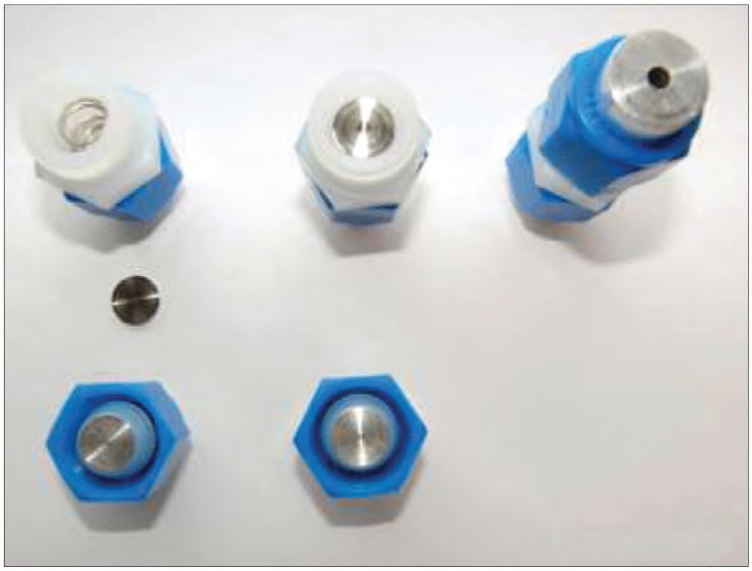
Шаг	Рисунок	Описание
g		Вторую подложку из нержавеющей стали помещают на пружину и вторую резьбовую крышку навинчивают на ячейку

Рисунок А.2 — Последовательность сборки (шаги a—g)

А.2 Результаты для электрода на основе LCO

Результаты для электрода на основе LCO показаны на рисунках А.3—А.6.
На рисунке А.3 представлены результаты измерений напряжения разомкнутой цепи/потенциала.

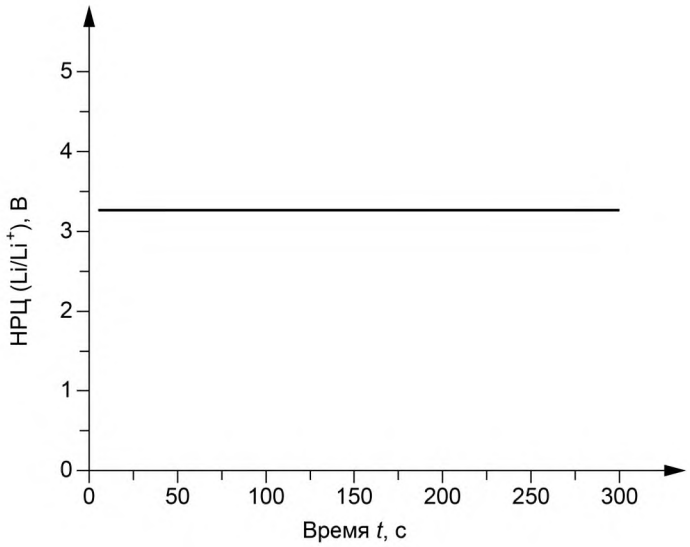


Рисунок А.3 — Зависимость НРЦ/потенциала от времени

На рисунке А.4 представлены результаты ЭИС.

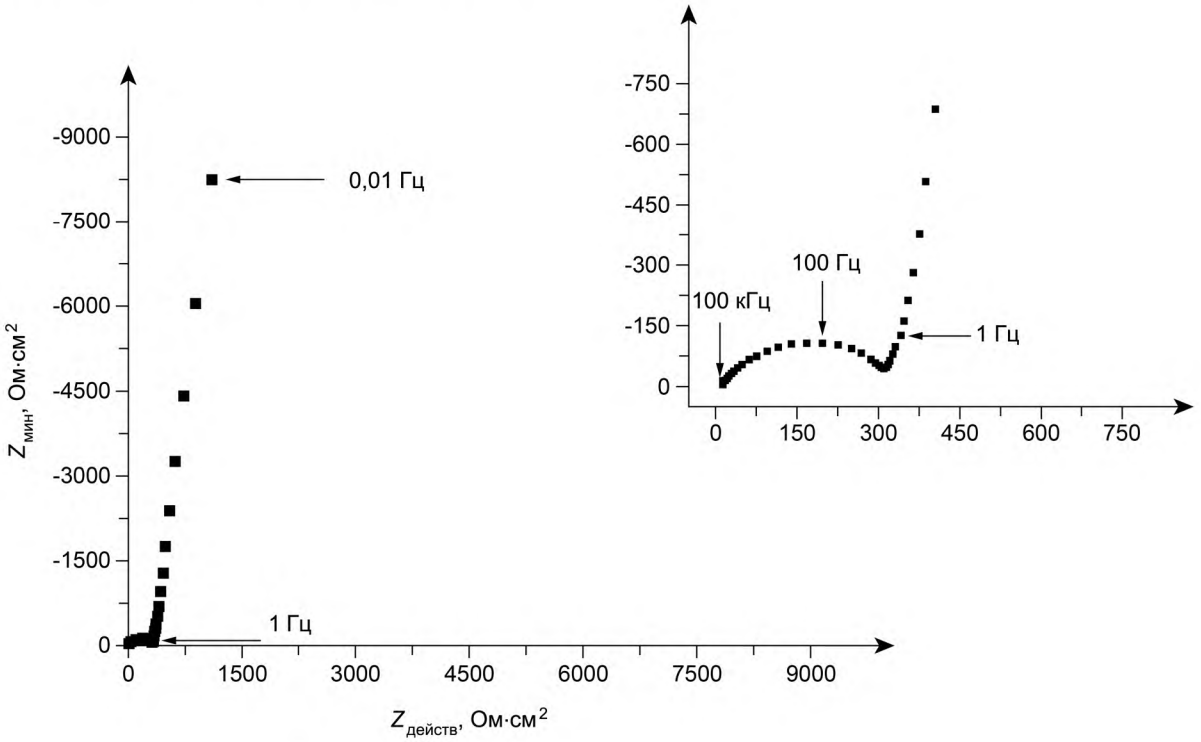


Рисунок А.4 — Годограф электрохимического импеданса

На рисунке А.5 представлены результаты заряда и разряда в режимах по 5.4.1.

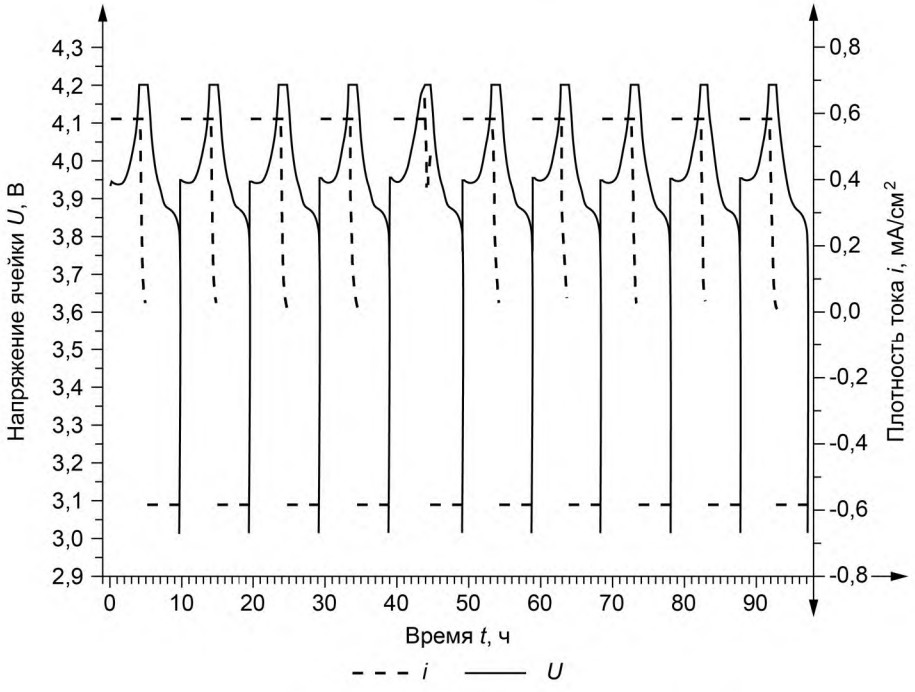


Рисунок А.5 — Циклирование в режимах по 5.4.1

Рисунок А.6 иллюстрирует изменение емкости при циклировании.

На рисунке показано сравнение результатов для заряда/разряда в режиме ПТ при различных скоростях заряда/разряда (левая сторона) и для заряда/разряда в режиме ПТ—ПН при 0,2 С (правая сторона).

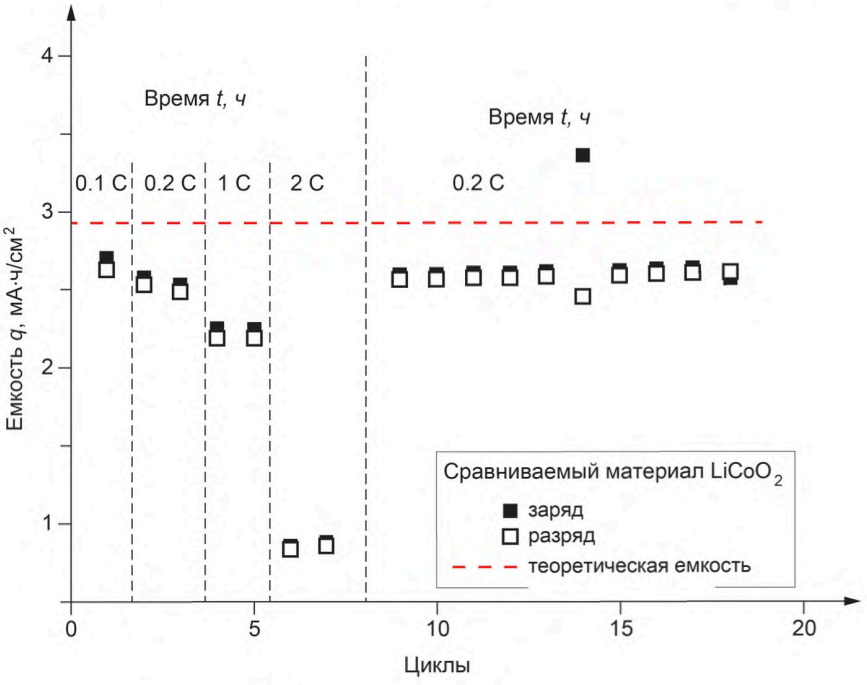


Рисунок А.6 — Емкость в зависимости от числа циклов

УДК 621.355.9:006.354 ОКС 29.220.99 ОКП 34 8000

Ключевые слова: производство нанотехнологическое, наноматериалы катодные, электрохимические характеристики, литий-ионные батареи, аккумуляторы, методы испытаний

Редактор *Е.В. Алехина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 18.10.2016. Подписано в печать 02.11.2016. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 27 экз. Зак. 2708.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru