

Современные аккумуляторы для питания РЭА

Часть 1

Евгений Нижниковский, (nizhnikovsky@mail.ru) Андрей Григорьев, Александр Подлесный (Москва)

Статья посвящена проблемам и последним достижениям в области разработки и производства аккумуляторов для питания РЭА. В первой части описываются основные задачи, стоящие перед данной отраслью, и методы их решения, а также рассказывается о современных технологиях и перспективных разработках. Особое внимание уделено системам на основе лития и различных композитов.

Для обеспечения качественного, надёжного и долговременного функционирования современной автономной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) необходимо соответствующее и долговечное электропитание. Основой автономного электропитания РЭА являются химические источники тока (ХИТ), прежде всего вторичные, или аккумуляторы. Отличительной чертой вторичных ХИТ является их способность к восполнению потраченной энергии, или циклированию. Важнейшей характеристикой аккумулятора является число разрядов, после которых его ёмкость можно восстановить путём заряда. Чем больше число таких зарядно-разрядных циклов, тем в большей степени аккумулятор отвечает своему предназначению – способности накапливать энергию. Возможность восстановления заряженности источника тока после его использования предоставляет высокие технические возможности для блоков питания различных групп потребителей.

Число зарядно-разрядных циклов значительно повышается при снижении глубины циклирования, т.е. доли номинальной ёмкости, снимаемой с аккумулятора в процессе каждого цикла, однако при оценке пригодности того или иного аккумулятора для питания РЭА в большинстве случаев учитывают ресурс при циклировании на полную ёмкость. В связи с этим усилия исследователей в последние годы были направлены на поиск электрохимических систем и конструкторско-технологических решений, позволяющих создать вторичные ХИТ с высокими удельной энергией и ресурсом циклов заряда-разряда.

Важным параметром ХИТ, который, как правило, не включается в ТУ, явля-

ется удельная энергия, объёмная либо массовая. Этот параметр у ХИТ различных электрохимических систем существенно различается. От данного параметра зависят массогабаритные характеристики блоков питания (БП) и, соответственно, питаемой аппаратуры. По удельной энергии аккумуляторы заметно уступают первичным ХИТ. Последние имеют удельную энергию до $1200 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$ (литий-тионилхлоридные ХИТ). В то же время удельная энергия аккумуляторов составляет от $30\text{--}50 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$ (никель-железные и никель-кадмиевые) до $600 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$ (литиевые и литий-ионные). Несмотря на это, круг их возможных применений в РЭА весьма широк. Они незаменимы в АБП аудиоаппаратуры, фонарей, переносных компьютеров, радиоизмерительных и других научных приборов, приборов охранной сигнализации, оборудования выносных полевых лабораторий, стационарных постов, полевых госпиталей, для резервного питания различных ответственных объектов и технических служб, транспорта и т.д. Причиной столь широкого применения аккумуляторов в радиоэлектронной технике является то, что, в отличие от первичных элементов, заряд, особенно ускоренный, приводит их в состояние готовности довольно быстро. При создании БП учитывается не только удельная энергия аккумуляторов, но также их ресурс в циклах, а следовательно, и суммарная кумулятивная энергия, накапливаемая за срок сохраняемости с учётом числа циклов.

Аккумуляторы имеют, как правило, большую мощность, чем первичные элементы. В этой связи использования для портативной радиоаппаратуры компактных аккумуляторов с учётом возможности регулярного заряда

оказывается достаточно. Так, для эксплуатации современных средств связи (например, мобильной связи) и современных радиостанций требуются более энергоёмкие накопители энергии. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают литиевые и литий-ионные аккумуляторы.

Использование аккумуляторов целесообразно для:

- аппаратуры кратковременного использования, когда после нескольких часов использования ёмкость батареи может быть восполнена путём заряда (например, для шахтных ламп);
- миниатюрной РЭА, энергопотребление которой не обеспечивается миниатюрными первичными ХИТ;
- резервного электропитания РЭА при отключении основного источника питания (сети);
- накопителей электроэнергии, вырабатываемой маломощным физическим источником тока, работающих в связке с последним.

Решение перечисленных задач требует применения различных типов аккумуляторов. В связи с этим большой интерес представляет разработка аккумуляторов универсального применения, которые могли бы успешно эксплуатироваться при выполнении всех перечисленных задач.

Большое развитие и миллионные тиражи в производстве получили свинцово-кислотные, серебряно-цинковые и никель-кадмиевые аккумуляторы. Предполагается, что ещё много лет они будут производиться и использоваться для электропитания РЭА. Эти аккумуляторы хорошо изучены и подробно описаны в литературе.

Никель-металлгидридные аккумуляторы разработаны относительно недавно и пришли на смену вышеперечисленным системам во многих группах техники. Они также хорошо известны и описаны в технической литературе.

В последние годы всё большее внимание разработчиков, производителей и пользователей привлекают системы с литиевым отрицательным электродом. Разработчиками были приняты во внимание исследования в области созда-

ния первичных литиевых ХИТ, которые показали возможность изготовления литиевых элементов с удельной энергией 1200 Вт·ч/дм³ и выше. В этой связи с конца 70-х годов прилагаются значительные усилия по созданию аккумуляторов с анодами на основе щелочных металлов. Рассмотрим состояние разработок и производства в этой области.

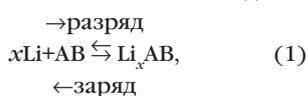
АККУМУЛЯТОРЫ С ЛИТИЕВЫМ АНОДОМ И АПРОТОННЫМ ЭЛЕКТРОЛИТОМ

Интерес к разработке литиевых аккумуляторов обусловлен принципиальной возможностью создания аккумуляторов с высокими удельными характеристиками – даже более высокими, чем у самых энергоёмких из известных серебряно-цинковых аккумуляторов (100–120 Вт·ч/кг и 200–250 Вт·ч/дм³).

Основными проблемами, возникающими при эксплуатации литиевых аккумуляторов, являются плохая циклируемость (быстрая потеря ёмкости при последующих разрядах) и заметная потеря ёмкости при хранении заряженных аккумуляторов. Кроме того, во многих случаях наблюдается преждевременный выход аккумулятора из строя из-за возникновения внутренних коротких замыканий. Многие из этих явлений связаны с особенностями работы литиевых электродов и обусловлены рядом сложных научно-технологических проблем.

Положительный электрод

Работа положительных электродов на основе твёрдых неорганических веществ основана на реакции внедрения (интеркалирования) ионов лития, а также электронов в эти соединения (допирование литием). Общая токообразующая реакция в элементе имеет вид:



где АВ – активное вещество положительного электрода (соединение внедрения). В качестве активных веществ используются различные халькогениды и оксиды переходных металлов, а также их комбинации.

Ресурс положительных электродов из соединений внедрения определяется постепенным разрушением их структуры. При внедрении лития в кристаллическую решётку параметр решётки увеличивается, а при экстракции лития он уменьшается. При циклировании хорошего электрода эти изменения строго обратимы.

Изменение параметра кристаллической решётки приводит к возникновению внутренних напряжений и, в конце концов, к разрушению материала.

Отрицательный электрод

Особенности работы отрицательно-го электрода приводят к необходимости использования в нём некоторого избытка металлического лития. Оптимальным является четырёхкратный избыток, который обеспечивает удовлетворительную работу аккумулятора в течение нескольких сотен циклов. Излишек металлического лития одновременно обеспечивает и более длительную сохраняемость заряда заряженного аккумулятора, однако при этом из-за дополнительного расхода лития после длительного хранения аккумулятора снижается его дальнейшая циклируемость. Вместе с тем избыточное количество металлического лития (избыточная толщина и масса литиевых электродов) приводит к снижению удельных электрических показателей аккумулятора.

Для устранения недостатков, связанных с обратимой работой отрицательных электродов из чистого металлического лития, уже давно было предложено использовать литиевые сплавы или другие системы, в которых литий частично химически связан в неорганической или органической матрице. При этом значительно снижается коррозионная активность свежобразованного при заряде лития и частично устраняются причины, приводящие к снижению коэффициента его использования, однако одновременно снижаются и энергетические показатели электрода: потенциал становится более положительным, т.е. снижаются разрядное (и зарядное) напряжение аккумулятора и удельная ёмкость на единицу массы или объёма. Для решения подобных проблем были предприняты попытки использования литий-алюминиевых сплавов, не увенчавшиеся большим успехом. В электроде при заряде и разряде возникают объёмные изменения, которые приводят к потере механической прочности электрода и к преждевременному выходу его из строя. В связи с этим ресурс работы таких электродов мал – не больше 30–60 зарядно-разрядных циклов.

В качестве отрицательного электрода могут быть использованы проводящие полимерные соединения, в которые внедряются ионы лития, в частности

полиэтилен (ПА) или полифенилен (ПФ). Показатели таких электродов невысоки и потенциал их сильно смещён в положительную сторону (на 0,8...1,0 В). Вместе с тем такие электроды очень стабильны и допускают большое число зарядно-разрядных циклов.

В последние годы развитие полимерных электролитов открыло новые перспективы для создания литиевых аккумуляторов. Наличие надёжного и долговечного полимерного электролита позволяет на новом уровне решать проблемы, препятствующие созданию современных и высокоэнергетических литиевых аккумуляторов.

Образцы литиевых аккумуляторов

Канадская компания Moli Energy с 1987 г. серийно выпускала аккумуляторы типоразмера 316 (AA) с использованием положительных электродов из дисульфида молибдена MoS₂. Аккумуляторы имели следующие характеристики: начальное напряжение – 2,3 В, ёмкость при разряде током 0,2 А до конечного напряжения 1,3 В – 0,6 А·ч. В отдельных случаях ёмкость при разряде до конечного напряжения 1,1 В на первых циклах доходила до 0,8 А·ч. Аккумуляторы были работоспособны в течение нескольких сотен циклов.

Компания Sanyo выпускает аккумуляторы системы Li/MnO₂ (серия ML). Напряжение разомкнутой цепи (НРЦ) аккумуляторов составляет 3,5 В, разрядное напряжение – 2,5 В, конечное напряжение – 2,0 В. Диапазон рабочих температур – от –20 до +60°С. Выпускаются три типа аккумуляторов ёмкостью 12, 25 и 90 мА·ч со стандартным током разряда 0,1, 0,3 и 0,5 мА соответственно. Аккумуляторы допускают 500 циклов при циклировании на глубину 20% и 3000 циклов при циклировании на глубину 5%. Срок службы – 5 лет. Заряжать аккумуляторы рекомендуется при постоянном напряжении 3,1±0,15 В. При использовании источников тока серии ML в режиме подзаряда напряжение основного источника питания должно составлять 2,95±0,15 В.

Компания Panasonic выпускает три серии перезаряжаемых слаботоковых дисковых литиевых источников тока: 1. 6 типов системы Li/MnO₂ (серия ML) ёмкостью от 2 до 45 мА·ч и номинальным напряжением 3 В; номинальный ток – 0,1 мА для последнего аккумулятора и 0,01 мА – для всех остальных.

2. 7 типов системы $\text{LiAl}/\text{V}_2\text{O}_5$ (серия VL) ёмкостью от 1,5 до 100 мА·ч с номинальным напряжением 3 В; номинальный ток – от 0,07 C_n до 0,02 C_n .
3. 5 типов $\text{LiTiO}_y/\text{Li}_x\text{MnO}_y$ (серия MT) ёмкостью от 0,9 до 14 мА·ч с номинальным напряжением 1,5 В; номинальный ток – от 0,1 C_n до 0,03 C_n .

Ряд других производителей также сообщали о начале выпуска литиевых аккумуляторов.

Опыт выпуска и эксплуатации литиевых аккумуляторов показывает, что их широкое внедрение сдерживается нерешённостью вопросов безопасности эксплуатации. Проблема создания надёжно и стабильно работающих литиевых аккумуляторов ещё далека от своего окончательного решения и требует большого объёма исследовательских и опытно-конструкторских работ. Тем не менее не вызывает сомнения, что в случае успешного решения данной задачи литиевые аккумуляторы займут важное место на рынке химических источников тока.

Литий-ионные аккумуляторы

В ходе поиска путей повышения взрывопожаробезопасности литиевых аккумуляторов были исследованы образцы с электродами на основе соединений, полученных путём внедрения лития в углеродные материалы. Принципиально новым решением в развитии перезаряжаемых литиевых источников тока явилась японская разработка аккумуляторов с отрицательным электродом из углеродных материалов. Углерод оказался очень удобной матрицей для интеркаляции лития. Удельный объём многих углеродных графитированных материалов при внедрении достаточно большого количества лития изменяется не более чем на 10%.

Потенциал углеродных электродов, содержащих не слишком большое количество интеркалированного лития, может быть положительнее потенциала литиевого электрода на 0,5...0,8 В. Для того чтобы напряжение аккумулятора было достаточно высоким, японские исследователи применили в качестве активного материала положительного электрода оксиды кобальта. Литированный оксид кобальта имеет потенциал около 4 В относительно литиевого электрода, поэтому характерное рабочее напряжение аккумулятора составляет 3 В.

При разряде аккумулятора происходят деинтеркаляция лития из угле-

родного материала (на отрицательном электроде) и интеркаляция лития в оксид (на положительном электроде). При заряде процессы идут в обратном направлении. Таким образом, во всей системе отсутствует металлический литий, а процессы разряда и заряда сводятся к переносу ионов лития с одного электрода на другой. По этой причине такие аккумуляторы получили название литий-ионных, или аккумуляторов типа «кресло-качалка» (rocking chair cells).

В последние годы совершенствование литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) является одним из самых приоритетных направлений в области электрохимической энергетики. Основные усилия разработчиков направлены на поиск новых материалов электродов, технологий их изготовления, на усовершенствование используемых электролитов и поиск новых. Изучаются механизмы деградации аккумуляторов с целью увеличения срока их службы.

Выбор отрицательного электрода

Соединения на основе внедрения лития в графит (слоистые соединения графита) известны давно [1, 2]. В 70–80-х годах прошлого века была описана обратимая электрохимическая интеркаляция лития в графит и некоторые другие материалы из апротонных растворов солей лития [2, 3]. Уже в первых работах по обратимой интеркаляции лития было установлено, что интеркаляция лития в углеродные материалы представляет собой сложный процесс, механизм и кинетика которого в значительной степени зависят от природы углеродного материала и электролита.

Как правило, при интеркаляции лития в хорошо выраженные графитовые структуры можно получить термодинамически стабильное соединение LiC_6 . Большинство авторов записывает уравнение интеркаляции-деинтеркаляции в виде

$$x\text{Li}^+ + xe + 6\text{C} \rightleftharpoons \text{Li}_x\text{C}_6. \quad (2)$$

На кривой зависимости потенциала соединения Li_xC_6 от степени интеркаляции x , т.е. на кривой заряда графитового электрода, отмечаются несколько почти горизонтальных ступенек, соответствующих соединениям LiC_6 , LiC_{12} , LiC_{18} и т.д. [2]. Интеркаляция лития в графитовые структуры протекает при достаточно отрицательных потенциалах: основная часть лития внедряется при потенциалах отрицательнее 0,5 В, т.е. активность лития в таких интеркалятах довольно велика.

Большое значение для процессов интеркаляции и деинтеркаляции лития имеет пассивная плёнка на поверхности углеродного материала, образующаяся при первом катодном заряде. Пассивные плёнки на углеродных материалах по своему составу и свойствам аналогичны пассивным плёнкам на чистом литии. Они возникают в результате необратимого восстановления компонентов электролита и служат естественным барьером, предотвращающим дальнейшее самопроизвольное восстановление электролита.

Практическое использование ЛИА имеет ряд особенностей по сравнению с классическими, например никель-кадмиевыми, системами. Одной из них является наличие необратимых процессов, протекающих на положительном и отрицательном электродах, и приводящих к необратимому расходу электричества (необратимой ёмкости). В большей степени такие процессы выражены на отрицательном электроде. На практике эти процессы приводят к снижению КПД использования зарядной энергии.

В настоящее время продолжается поиск новых материалов, способных заменить углерод в матрице. Таким материалом оказался кремний. Он способен образовывать соединения с литием общей формулы Li_xSi , где показатель x может достигать до 4,4, что соответствует зарядной ёмкости около 4200 мА·ч на 1 г кремния. Однако при внедрении лития в кристаллический кремний происходит сильное, почти трёхкратное увеличение объёма, приводящее к разрушению электрода. В то же время такое разрушение не происходит, если используются наноматериалы на основе кремния. Рассматриваются два принципиальных вида кремниевых наноматериалов: тонкие (субмикронные) плёнки, как правило, плёнки аморфного кремния и наноконпозиты кремния с другими материалами, чаще всего с углеродом, который играет роль матрицы, демпфирующей изменения объёма наночастиц кремния. В более поздних исследованиях предлагается, помимо различных форм кремния, использовать наноматериалы, в частности углеродные нанотрубки.

Особенности композитов кремний–углерод

Что касается композитов кремний–углерод, то наиболее интересные результаты были получены с образца-

ми, приготовленными послойным магнетронным напылением тонких плёнок кремния и углерода. Плёнки композитов различного состава наносились на пластины меди, титана и никеля посредством магнетронно-плазменного распыления мишеней из кремния и графита. Слои кремния и углерода строго чередовались. Первым слоем (подслоем) всегда был углерод, наружным слоем – кремний. Толщина слоёв и состав плёнок рассчитывались исходя из скоростей напыления каждого компонента.

В наноструктурированных многослойных композитах кремний–углерод в том случае, когда доля углерода превышала долю кремния, процесс восстановления электролита протекал согласно одноэлектронному механизму. И наоборот, если доля кремния превышала долю углерода, процесс восстановления электролита протекал при низких потенциалах, т.е. согласно двухэлектронному механизму. Таким образом была показана возможность управления процессом восстановления электролита (см. рис. 1).

НОВЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ОЛОВА – ST

Не так давно были синтезированы структуры на основе оксидов олова, которые оказались способными внедрять и экстрагировать литий без потери оксида лития. Тонкие плёнки на основе смешанных наноструктурированных оксидов олова и титана (90% SnO₂ и 10% TiO₂), далее обозначенные как ST10, были образованы наноглобулами размерами 10–20 нм.

На рисунке 2 изображены гальваностатические кривые первого, второго и шестого циклов, полученные на электроде ST10 в 1 М LiN(CF₃SO₂)₂ в диоксолане. Как видно из рисунка, при первой катодной поляризации отмечается некоторая необратимая ёмкость (соответствующая необратимым процессам I рода), однако количественно она намного меньше, чем величина, соответствующая процессу (2).

ПРОБЛЕМА ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА

В качестве материала положительного электрода литий-ионных аккумуляторов выбирают литированные оксиды кобальта, никеля и марганца. Работа положительного электрода сводится к деинтеркаляции лития при заряде аккумулятора и к интеркаляции лития при разряде:

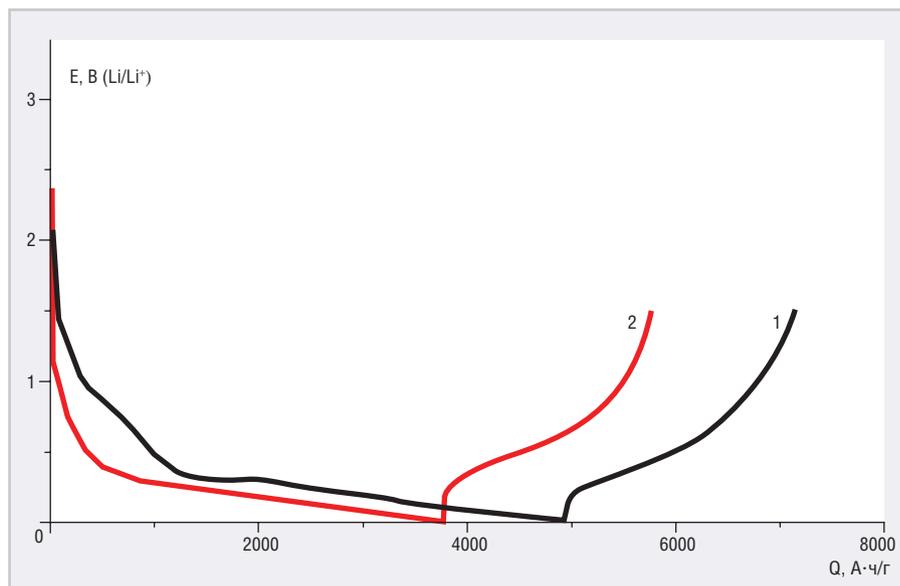


Рис. 1. Зарядно-разрядные кривые электродов на основе композитов кремний–углерод при циклировании в электролите на основе ПК. Первые циклы

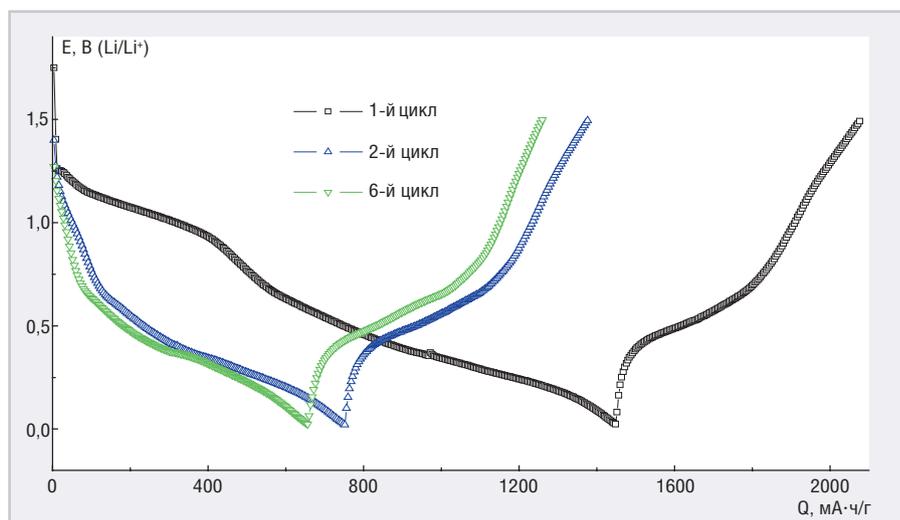


Рис. 2. Зарядно-разрядные кривые электрода с плёнкой ST10. Плотность тока – 80 мА/г (40 мкА/см²)



Исследованиям таких высокопотенциальных электродов (т.е. электродов с потенциалом разомкнутой цепи около 4 В относительно литиевого электрода, что обеспечивает разрядное напряжение выше 3 В) посвящено много работ, из которых можно сделать вывод, что технические характеристики всех указанных вариантов примерно одинаковы. Большинство американских разработчиков основное внимание уделяется материалам на основе оксидов марганца, которые считаются лучшими с экономической и экологической точек зрения.

Электрохимические характеристики положительных электродов в значительной степени зависят от технологии их изготовления. Технология синтеза литированных оксидов основана

на разнообразных высокотемпературных (спекание) и низкотемпературных (золь-гель, ионный обмен, осаждение из растворов) процессах. Литированный оксид кобальта получают в основном по низкотемпературной технологии. Литированный оксид никеля чаще всего получают спеканием [2–3].

Многочисленные работы по улучшению характеристик положительных электродов литий-ионных аккумуляторов сводятся в основном к усовершенствованию их структуры. Это достигается как посредством технологических приёмов, так и с помощью введения различных модификаторов.

Хотя литированные оксиды никеля уступают по стоимости литированным оксидам кобальта, замена части никеля на железо считается экономически оправданной.

Что касается литированных оксидов марганца, то чаще всего рассматривают шпинели состава, близкого к LiMn_2O_4 . При внедрении лития в этот материал (т.е. при разряде литий-ионного аккумулятора) образуются соединения состава $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4$. Данные электроды имеют номинальное значение потенциала около 3 В. При экстракции лития, т.е. при получении соединений типа $\text{Li}_{1-x}\text{Mn}_2\text{O}_4$, значение потенциала близко к 4 В. В последнее время основные усилия были направлены именно на работу с такими соединениями. Описано много вариантов технологии синтеза шпинелей, различающихся как стехиометрией (LiMn_2O_4 , $\text{Li}_2\text{Mn}_4\text{O}_9$, $\text{Li}_4\text{Mn}_5\text{O}_{12}$ и т.п.), так и методом синтеза.

Главный недостаток литий-марганцевых шпинелей, наряду с меньшей, чем у кобальтитов и никелатов, удельной ёмкостью, состоит в относительно большом снижении ёмкости при циклировании, особенно при повышенных температурах. Саморазряд шпинельных электродов связан с одновременным окислением растворителя на частицах углеродной электропроводящей добавки.

В настоящее время наиболее перспективными электродными материалами для ЛИА считаются наноструктурированные феррофосфаты и титанаты лития. Их применение в ЛИА дало возможность достичь токов разряда-заряда порядка $100 \text{ C}_\text{н}$.

Дальнейший прогресс в развитии ЛИА связан с разработкой новых материалов и технологий для создания тонкоплёночных аккумуляторов. Сотрудники Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН Т.Л. Кулова и А.М. Скундин провели цикл исследований по созданию таких аккумуляторов [4]. Отработана технология изготовления тонкоплёночных положительных электродов на основе оксидов ванадия методом магнетронного осаждения металлического ванадия в атмосфере кислорода и детально изучены физико-химические свойства таких электродов. Усовершенствована технология изготовления тонкоплёночных отрицательных электродов на основе композитов кремний–алюминий–кислород. Изготовлены макеты литий-ионных аккумуляторов системы оксид ванадия / композит кремний–алюминий–кислород и определены их характеристики. Исследованы характеристики высоко-

вольтных положительных электродов на основе смешанных литированных оксидов кобальта, никеля и марганца. Показано, что с использованием подобных электродов и электродов из композитов кремний–алюминий–кислород можно изготавливать макеты аккумуляторов с удельной энергией около $550 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$. Применение более тонких токоведущих электродных основ позволит увеличить этот показатель до $600\text{--}650 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$.

А.Н. Сауровым, В.П. Галпериним и Е.П. Кицюком из Технологического центра МИЭТ были проведены исследования технологий и конструкций литиевых аккумуляторов, в особенности тонкоплёночных, в том числе отличия в процессах формирования и в материалах электродов, электролита, токовых коллекторов и защитных покрытий, конструкции тонкоплёночных аккумуляторов. Определены возможные сферы применения сверхтонких аккумуляторов [5].

Новой основой для электродных материалов стали углеродные нанотрубки (УНТ). Разработаны и оптимизированы методы синтеза УНТ на локализованном катализаторе с различными носителями, изучено влияние очистки исходного продукта синтеза на выход УНТ. Определены структурные особенности и характеристики методов формирования плёнок УНТ. Разработаны методы синтеза массивов УНТ на несущих подложках с различной морфологией, плотностью и высотой массива. Определены и оптимизированы толщины каталитических и барьерных структур, способ их нанесения. Выбраны материалы подложки и отработаны процессы её подготовки. Исследованы варианты нанесения слоя кремния и выбран оптимальный способ нанесения методом магнетронного напыления.

Использование в качестве анода композита УНТ–кремний в подобной конструкции позволит при одинаковых габаритах повысить её ёмкость по сравнению с конструкцией, основанной на традиционном материале – углероде, на величину порядка 20% при однослойном варианте исполнения.

В последних исследованиях разработаны материалы и методы создания нового класса химических источников тока – тонких и гибких ХИТ с высокими эксплуатационными характеристиками, которые имеют широкий диапазон применения в технике.

Поиск и исследование новых материалов для электродов ЛИА продолжается. Отдельный интерес представляют исследования сложных композитных материалов для катодов ЛИА, проводимые в МГУ под руководством Е.В. Антипова. Эти материалы позволяют извлекать более одного иона лития на формульную единицу материала, что должно приводить к росту ёмкости аккумуляторов [6]. Определённые надежды специалистами также возлагаются на разработку литий-воздушных (кислородных) перезаряжаемых ХИТ. Так же как и все металловоздушные ХИТ, они должны иметь более высокую удельную энергию по сравнению с остальными типами источников тока.

Во второй части статьи речь пойдёт о характеристиках отечественных и зарубежных литий-ионных аккумуляторов, а также об особенностях их практического применения и перспективах развития данной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нижниковский Е.А.* Современные электрохимические источники тока. – М.: Радиотехника, 2015.
2. *Нижниковский Е.А.* Перспективы использования химических источников тока для электропитания автономной радиоэлектронной аппаратуры. Современная электроника. 2010. № 2. С. 12–17.
3. *Нижниковский Е.А.* Источники автономного электропитания для работы в экстремальных условиях. Российский химический журнал. 2006. т. L. № 5. С. 102–112.
4. *Кулова Т.Л., Астрова Е.В., Федулова Г.В., Скундин А.М.* Отрицательные электроды для литий-ионных аккумуляторов на основе пористого кремния с регулярной структурой. Электрохимическая энергетика. 2012 г. Том 12. № 1, 3–8.
5. *Галперин В.А., Кицюк Е.П., Скундин А.М., Тусеева Е.К., Кулова Т.Л., Шаман Ю.П., Скорик С.Н.* Разработка электродов на основе композита кремний – углеродные нанотрубки для литиевых аккумуляторов повышенной ёмкости. Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. № 4. С. 38–43.
6. *Антипов Е.В., Хасанова Н.Р., Дрожжин О.А.* Новые катодные материалы для литиевых аккумуляторов. Фундаментальные проблемы преобразования энергии в литиевых электрохимических системах. Материалы XII Международной конференции. Краснодар, 1–6 октября 2012. С. 109. 



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

**27 февраля –
2 марта 2018**

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ
Под патронатом ТПП РФ



Реклама 12+



13-я международная
специализированная выставка
лазерной, оптической
и оптоэлектронной техники

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

ЭКСПОЦЕНТР

НОВОСТИ МИРА

**ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»
ВОШЁЛ В СОСТАВ ТК 159**

Институт стал участником технического комитета по стандартизации ТК 159 «Программно-аппаратные средства технологий распределённого реестра и блокчейн», созданного приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 15 декабря 2017 г. № 2831.

Технический комитет, являясь формой сотрудничества заинтересованных организаций и органов власти, был создан для повышения эффективности работ по национальной, межгосударственной и международной стандартизации в области программно-аппаратных средств технологий распределённого реестра и блокчейна. В его составе были объединены ведущие технические и финансовые организации, системные интеграторы, профессиональные союзы и ассоциации, учреждения высшего образования и научно-исследовательские институты, в том числе ЦНИИ «Электроника».

К основным функциям технического комитета относятся формирование программы национальной стандартизации, рассмотрение предложений по применению международных

и региональных стандартов на национальном и межгосударственном уровнях, проведение экспертизы проектов и оценки существующих стандартов. По согласованию с Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии ТК 159 имеет право принимать участие в работе международного технического комитета ИСО/ТК 307 «Блокчейн и технологии распределённого реестра».

www.instel.ru

**«РОСЭЛЕКТРОНИКА» ПРЕДЛАГАЕТ
ПЕРЕВОЗЧИКАМ RFID-МАРКИРОВКУ
ЭКИПИРОВОЧНОГО ИМУЩЕСТВА**

Холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации «Ростех» разработал систему учёта экипировочного имущества (ЭИ) транспортных компаний, основанную на RFID-технологии.

Разработка входящего в состав холдинга московского АО «ИМЦ Концерн «Вега» полностью автоматизирует процесс учёта ЭИ и минимизирует риски его утраты или кражи на любых логистических участках.

В настоящее время система проходит финальную доработку под требования одной из российских авиакомпаний.

К экипировочному имуществу относится широкая номенклатура предметов, выдаваемых пассажирам в поездах, самолётах, международных и междугородных автобусах (подушки, одеяла и т.п.). Оно состоит на балансе транспортной компании и нуждается в строгом учёте при перемещениях из центров экипировки на борт транспорта, при отправке в прачечную или передаче курьерским службам.

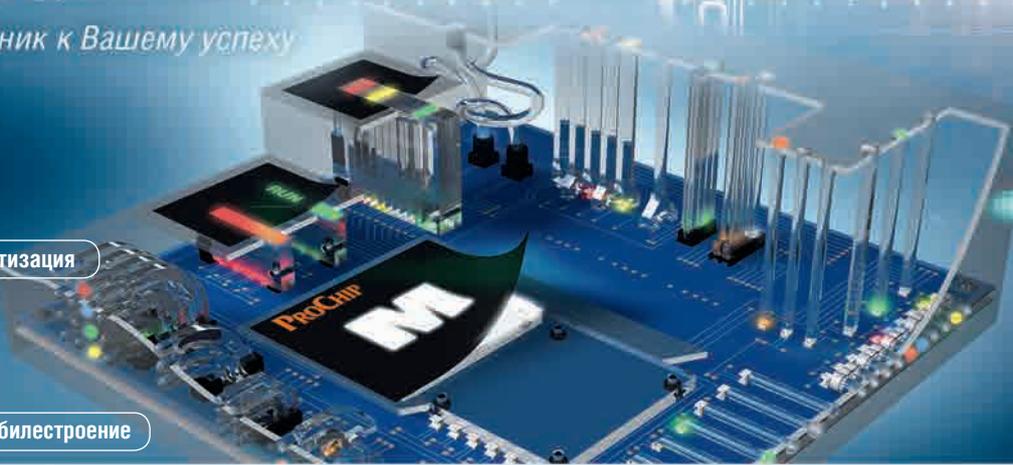
Система учёта состоит из мобильного RFID-тоннеля, оборудованного антеннами ближнего радиуса действия для считывания радиочастотных меток. RFID-метки вшиваются непосредственно в предметы ЭИ и обладают высокой термо- и влагостойкостью, гибкостью, устойчивостью к химически активным веществам, применяемым в прачечных и химчистках.

Контейнеры (сумки и пр.) с ЭИ устанавливаются на ленту RFID-тоннеля, система автоматически считывает метки и формирует информацию о составе содержимого. Таким образом оперативно выявляются утраченные позиции в огромном массиве ЭИ.

*Пресс-служба Объединённой
«Росэлектроники»*

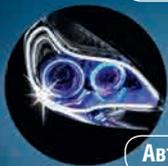


Светопроводник к Вашему успеху





Автоматизация



Автомобилестроение



Медицина

Световоды для SMD- и THT-светодиодов

Особенности:

- Световоды со степенью защиты IP68
- Диапазон температур: -40...+85°C
- Возможно изготовление заказных изделий



официальный дистрибьютор

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ■ INFO@PROCHIPRU ■ WWW.PROCHIPRU



В Госдуме создана рабочая группа по диверсификации предприятий ОПК

25 января 2018 года Председатель Госдумы Вячеслав Володин озвучил решение о создании рабочей группы по диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. «Рабочая группа займётся анализом законодательства в части изучения законодательных барьеров, которые препятствуют диверсификации наших предприятий оборонно-промышленного комплекса», – сообщил он.

Рабочую группу возглавит первый заместитель Председателя Госдумы Александр Жуков. В её состав войдут представители комитетов Госдумы по экономической политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству, по государственному строительству и законодательству и по природным ресурсам, собственности и земельным отношениям.

Первоочередная задача группы состоит в том, чтобы устранить барьеры, мешающие производству гражданской продукции на сегодняшних предприятиях ОПК, и создать условия для того, чтобы они могли выпускать продукцию, которая за-

местит на российском рынке импортные товары.

Вячеслав Володин отметил, что рабочей группе предстоит проанализировать действующее законодательство и с привлечением экспертного сообщества наметить пути его совершенствования с тем, чтобы устранить существующие барьеры.

Новости Государственной Думы

Минкомсвязи сфокусируется на регулировании блокчейна, технологий ИИ и IoT

Алексей Козырев, заместитель министра связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, рассказал на заседании Совета Федерации о формировании комплексного законодательного регулирования отношений, возникающих в связи с развитием цифровой экономики.

Чиновник рассказал об утверждении программы «Цифровая экономика». По его словам, цифровая экономика базируется на использовании данных, которые становятся основой добавленной стоимости.

В зоне ответственности Минкомсвязи – создание необходимой для данных инфраструктуры, развитие цифровых технологий

и обеспечение кибербезопасности экономики.

«В следующем году мы сфокусируемся на регулировании трёх прорывных цифровых технологий: блокчейна, искусственного интеллекта и Интернета вещей», – сообщил Козырев.

Новости Интернета вещей

Впервые в США производитель оборудования для заводов продан китайской компании

Компании Naura Microelectronics Equipment Co. Ltd со штаб-квартирой в Пекине американским офисом по иностранным инвестициям (Committee on Foreign Investment in the United State, CFIUS) было разрешено купить американского производителя промышленного оборудования для полупроводниковых заводов. За сумму в \$15 млн Naura Microelectronics покупает компанию Akrion Systems в Пенсильвании. После завершения сделки дочерняя компания будет называться Naura Akrion. Производитель специализируется на выпуске оборудования для одиночной и пакетной обработки поверхности кремниевых пластин диаметром 200 и 300 мм.

3DNEWS со ссылкой на eetimes.com



Мощные светодиоды

Мощные светодиоды



Сверхъяркие SMD-светодиоды



Светодиодные модули





ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU

