



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

8 Марта ул., д. 10, стр. 1, Москва, 127083
Тел.: +7 (495) 788-09-48, факс: +7 (495) 614-22-62
Эл. почта: kantselariya@oaorti.ru
www.oaorti.ru

15.06.2017 № 730/1/РТЧ

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный конструктор,
доктор технических наук,
доктор экономических наук
БОЕВ С.Ф.

« _____ » _____ 2017 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу Ву Дык Хоан «Исследование и разработка тонкопленочных многослойных электролитических ячеек», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.06 «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

Актуальность. В настоящее время одним из самых узких мест при создании портативных электронных устройств являются их источники питания, в качестве которых по традиции используются литий-ионные или литий-полимерные аккумуляторные батареи. Эти аккумуляторы имеют достаточно большие размеры и вес, а их конструкция не допускает изгибов и приложения различных механических напряжений.

Поэтому работа Ву Дык Хоан «Исследование и разработка тонкопленочных многослойных электролитических ячеек (ЭЯ)», направленная на создание гибридных источников питания на основе сверхъёмких конденсаторов, является актуальной.

Альтернативой аккумуляторным батареям являются суперконденсаторы – конденсаторы большой емкости с малыми токами собственной утечки. Они обладают схожими с аккумуляторными батареями значениями электрической емкости, но имеют более высокие характеристики по удельной мощности и количеству циклов «заряд-разряд».

В работе проведен анализ состояния разработок в области создания перспективных источников автономного питания на основе сверхъёмких конденсаторных ячеек. Показано, что перспективным материалом для создания электролитических ячеек может быть ткань на основе углерода типа «Бусофит».

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования по разработке оптимальных конструктивно-технологических методов создания сверхъёмких тонкопленочных конденсаторных ячеек на их основе.

Были рассмотрены различные варианты конструкции сверхъёмких тонкопленочных конденсаторных ячеек и источников автономного питания на их основе, в том числе, принципиальные схемы источников бесперебойного питания на основе суперконденсаторов.

Разработан измерительный стенд для проведения исследований параметров и характеристик сверхъёмких конденсаторных ячеек. Стенд включает следующие основные приборы: блок питания; стабилизатор тока зарядки, платы релейной коммутации и управляющий модуль.

В результате проведенной работы был подтвержден и обоснован выбор направления исследований и основных технических решений, планируемых к реализации в течение всего срока выполнения работы.

Показано, что основными элементами конструкции системы интеллектуальных источников тока (СИИТ), обеспечивающими решение задачи энергообеспечения, являются электродные материалы, которые могут реализовывать функцию накопления электрической энергии на высокоразвитой поверхности и, за счет токосъемных элементов, передачу этой энергии на нагрузку. Поэтому первой задачей конструирования СИИТ является выбор конструкции и технологии изготовления электродных материалов. Вторым основополагающим элементом является электролит, обеспечивающий формирование двойного электрического слоя на высокоразвитой поверхности электродных материалов и перенос носителей электрического заряда внутри электролитической ячейки.

Основной целью работы является исследование и разработка технологии изготовления и конструкции электролитических ячеек на основе углеродных рулонных материалов для сверхъёмких конденсаторных структур.

В соответствии с поставленной целью обосновано и понятно выстроена методология работы:

- разработка конструкции и технологии изготовления электролитических ячеек для создания сверхъёмких конденсаторных структур с удельной энергоемкостью $15 \div 20 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}$.

- создание комплекса методик измерения электрических параметров (С-емкость, ESR –внутреннее сопротивление, I –ток утечки, U- напряжения) и «тренировки» электролитических ячеек и конденсаторных структур высокой энергоемкости.

- изготовление экспериментальных образцов и исследование основных характеристик электролитических ячеек и конденсаторных структур на их основе.

Научная новизна работы:

1. Впервые исследована и разработана рулонная, тонкоплёночная, вакуумная технология металлизации пористого материала типа «Бусофит» и конструкция электродных материалов для электролитических ячеек с удельной ёмкостью $200 \div 250$ Ф/г.

2. Определены основные технологические факторы, влияющие на характеристики электролитической ячейки, и исследованы масштабы их влияния (величина удельной поверхности и электропроводность электродных материалов, состав электролита, режимы вакуумной металлизации, пропитки и технологической операции «тренировка»).

3. Исследованы режимы технологической операции «тренировка» электролитических ячеек, обеспечивающих формирование напряжения $3 \div 3,5$ В на ячейке.

4. Показана возможность создания СИИТ на основе химического источника тока – литиевого источника тока и электролитической ячейки с энергоемкостью $100 \text{ Вт} \cdot \text{час/кг}$.

Практическая значимость работы:

1. Разработана конструкция и технология создания ЭЯ, на основе которой изготовлены конденсаторные структуры с удельной энергоемкостью $15 \div 20 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}$.

2. Создано вакуумное рулонное оборудование нанесения слоя титана на высокопористую углеродную ткань (типа «Бусофит»).

3. Разработан и изготовлен стенд измерения и тренировки электрических параметров электролитических ячеек.

4. Разработанные в рамках диссертационных работы электродные материалы на основе углеродной ткани типа «Бусофит» использованы при создании конденсаторов высокой емкости ($15\text{-}20 \text{ Вт} \cdot \text{ч/кг}$) в рамках ОКР «Мобильность» на предприятии ФГУП «Научно-исследовательская часть МАТИ».

5. Результаты исследований диссертационной работы по технологии получения наноструктурированных электродных материалов внедрены в учебный процесс в курсе лекций «Нанотехнологии и наноматериалы в

производстве РЭС» в МАИ на кафедре «Радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии».

Достоверность результатов подтверждается использованием современного оборудования и аттестованных методик исследований и программных продуктов, а также большого количества экспериментальных результатов и применением статистических методов обработки данных.

Диссертация является хорошо структурированной, автореферат правильно и полно отражает содержание работы. По материалам диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК по специальности, 3 работы в сборниках материалов и международных конференциях.

По содержанию диссертации следует указать **ряд замечаний**:

- анализ литературы по теме диссертационной работы следовало бы дополнить ЭЯ на основе твердых полимерных электролитов;

- при проведении исследований и разработке технологических процессов, протекающих при осаждении плёнок Ti и TiN на пористую основу, недостаточно четко проведена теоретическая обоснованность закономерностей протекания процесса металлизации;

- при проведении экспериментальной работы не исследовано влияние влажности окружающей среды на свойства электродных материалов, отсутствуют материалы по оценке надёжностных показателей.

Сделанные замечания носят частный характер и не снижают научной и практической значимости работы.

Диссертация содержит новое решение актуальной научной задачи-использования полимерного электролита для сплавления элементов электронных приборов, имеющей существенное значение для технологии производства приборов электронной техники.

На основе материала диссертации, автореферата и списка опубликованных работ, можно сделать заключение, что по своей научной новизне и практической значимости диссертация соответствует требованиям ВАК РФ п.24 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции Постановления РФ от 24.09.2013 №842), а ее автор, Ву Дык Хоан, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук

по специальности 05.27.06 - «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции № 4 НТС ОАО «РТИ» (решение от 05.06.2017 г. № 5).

Заместитель исполнительного
директора Дивизиона «Оборонные
решения»,
доктор технических наук, профессор

Савченко Владимир Петрович

Начальник отдела ОАО «РТИ»,
доктор технических наук

Дорошевич Виктор Казимирович

Заместитель директора НТЦ-3,
заместитель председателя секции № 4
НТС ОАО «РТИ»,
кандидат физико-математических
наук

Кочкаров Азрет Ахматович