

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.319.4

Иванов
Кирилл Валерьевич

Формирование и свойства электродной системы суперконденсаторов из активированного угля и щелочного и кислотного электролитов

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Научный руководитель
Табулина Людмила Васильевна
доцент, кандидат химических
наук

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие цифровой техники вызывает необходимость совершенствования перезаряжаемых источников питания. Этому посвящены многочисленные исследования, проводимые в последние годы, поскольку от характеристик этих элементов цифровой техники зависит их продолжительность автономной работы, время восстановления заряда.

Вследствие этого, чрезвычайно важными являются научно-исследовательские работы, посвященные разработкам эффективных суперконденсаторов. Большой интерес к этим видам изделий обусловлен возможностью замены ими батарей, а также создания гибких источников питания большой мощности.

Суперконденсаторы — это электрохимические конденсаторы, которые существенно отличаются от обычных практически неограниченной долговечностью, более низкими потерями тока и большими значениями удельной мощности, и имеют на порядок меньшие габариты. По принципу функционирования суперконденсатор — это тот же аккумулятор, но на порядок с лучшими свойствами. В суперконденсаторе сочетаются лучшие электрические характеристики двух изделий — существенная емкость аккумулятора и скорость конденсатора. Это батарея нового поколения, которая может открыть многочисленные перспективы в энергетике [1].

В настоящее время изготовление суперконденсаторов (СК) рассматривается, как одно из перспективнейших направлений в развитии микро-наноэлектроники. Эти устройства обладают хорошими эксплуатационными характеристиками, в частности долгим сроком службы и высокой скоростью зарядки-разрядки. Активным элементом промышленно выпускаемых СК является активированный углерод, обладающий электропроводностью и высоким значением удельной поверхности.

В научной литературе в качестве альтернативы активированным углям для СК рассматриваются углеродные нанотрубки и графен [1,2]. Графен является идеальным материалом для создания электродов в СК, так как обладает высокой удельной поверхностью и аномально высокой проводимостью. Препятствием к этому является термодинамическая его нестабильность, сильное ван-дер-ваальсово притяжение между его листами, а также высокая стоимость этого материала. Вследствие этого для обсуждаемого применения более целесообразно в настоящее время рассматривать применение углеродных нанотрубок, синтез которых осуществляется дешевым газофазным химическим способом, являющимся

всесторонне изученным и широко используемым методом для массового получения этого материала.

Однако при всем многообразии подходов к выбору углеродных материалов для СК большим препятствием в стремлении повышать емкостные характеристики этих устройств является низкая смачиваемость электродного материала водными электролитами, которые преимущественно используются в конструкциях перспективных СК. Это обусловлено диаметрально разными поверхностными свойствами этих составных частей СК.

Исследования, проведенные в настоящей работе, осуществлены в двух направлениях: 1 – выявить влияние повышения поверхностной активности водного электролита по отношению к гидрофобному углеродному материалу на емкостные характеристики СК (традиционно используемый способ); 2 – выявить влияние на емкостные характеристики СК изменений поверхностных свойств электролита и электродного материала.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Исследования посвящены особенностям формирования суперконденсаторов. Рассмотрены влияния взаимодействия электродного материала с водным электролитом, подготовки мембранного материала и ее роль на емкостные характеристики суперконденсатора. Полученные данные важны для воспроизводимого изготовления подобных источников энергии.

Степень разработанности проблемы

Исследования позволили комплексно оценить влияние всех компонентных составляющих на функционирование суперконденсаторов, которые в научных публикациях освещены вскользь.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является исследование влияний подготовки мембранного материала, электродного материала и состава электролита на функционирование суперконденсатора.

Для выполнения поставленной цели в работе были проведены следующие исследования:

- использована вариация состава электролита.
- выявлены особенности взаимодействия щелочного электролита и электродного материала.
- разработана модель конструкции суперконденсатора с учетом вариантов, предложенных в научных публикациях.
- разработаны оптимальные условия подготовки электродного материала для эффективного поверхностного взаимодействия с щелочным электролитом.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является процесс изготовления экономичного источника энергии. Предметом работы выступают факторы, влияющие на технологическое состояние национального ресурса экономики соответствующие мировому уровню.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты анализа известных научных

исследований российских и зарубежных ученых. И накопленный опыт сотрудников научно-исследовательской лаборатории, связанный с ранее выполненными научными программами по электрохимическим процессам.

Информационная база исследования основана на анализе публикаций посвященных формированию и функционированию суперконденсатора.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке модели конструкции суперконденсатора и выборе оптимальных режимов подготовки электродного материала и состава щелочного электролита.

Основные положения, выносимые на защиту. Для повышения емкостных характеристик суперконденсатора по представленной в данной работе модели конструкции лучше использовать:

В качестве электродного материала МУНТ – удельная емкость СК больше на 130% по сравнению с активированным углем.

Метод подготовки электродного в парах ПАВ – удельная емкость возрастает на 200% по сравнению с традиционным методом без пропитки и на 10% по сравнению с капельным методом пропитки.

Концентрацию щелочного электролита 6М – удельная емкость больше на 12,2% чем при концентрации 4,8М. При концентрации больше 6М начинается разрушение демпферного слоя.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней показаны полученные зависимости влияния свойств компонентов суперконденсатора на его емкостные характеристики. Предложен подход к анализу воздействия свойств компонентов суперконденсатора на его емкостные характеристики, позволяющий детально исследовать и выбрать оптимальные свойства.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что на основе предложенной модели конструкции суперконденсатора возможно проведение детального анализа свойств компонентов суперконденсатора наиболее влияющих на его емкостные характеристики.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования были представлены на 55-й Юбилейной Научной Конференции Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР.

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в одной опубликованной работе общим объемом 1,0 п.л.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 57 страниц. Работа содержит 1 таблицу, 26 рисунков. Библиографический список включает 56 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено влияние низкой смачиваемости электродного материала водными электролитами, которые преимущественно используются в конструкциях перспективных электрохимических суперконденсаторов, определены основные направления выполняемого научного исследования.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными современными направлениями, цель которых состоит в массовом производстве эффективных и дешевых электрохимических суперконденсаторов, даны сведения об объекте исследования, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, опубликованность результатов диссертации, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассматриваются модели суперконденсаторов и их свойства, зависимость емкостных характеристик суперконденсаторов от свойств электродных материалов, влияние электролитических конструктивных компонентов на свойства суперконденсаторов. Приведен анализ современного состояния суперконденсаторов и перспективы их использования.

Во **второй главе** представлена модельная конструкция суперконденсатора. Показаны используемые в работе методы подготовки мембраны и электродного материала.

В **третьей главе** представлены результаты анализа влияния состава электролита на емкостные характеристики

В **четвертой главе** представлены результаты анализа влияния характеристик концентрации щелочного электролита на емкостные характеристики.

В **пятой главе** представлены результаты анализа влияния характеристик электродного материала на характеристики суперконденсатора.

В **шестой главе** представлены результаты анализа влияния характеристик электродного материала на характеристики суперконденсатора.

В **выводах** кратко изложены основные результаты магистерской диссертации, приведены результаты экспериментов по определению оптимальных параметров составных частей электрохимического суперконденсатора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выполнения этой работы были использованы углеродные материалы, широко используемые и изученные при конструировании СК, относящиеся к рангу коммерческих материалов: аморфный углерод и многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ). В качестве последних применены МУНТ фирмы Fibermax (Китай).

В качестве электролита в работе использовали водные растворы серной кислоты и гидроксида калия различной концентрации, обладающие повышенными экологическими достоинствами – это относится к процессам функционирования и утилизации суперконденсаторов. Поэтому в качестве основного электролита в работе использовался КОН.

В качестве поверхностно-активного реагента (ПАВ) в работе использован неионогенный изопропиловый спирт (С₃Н₇ОН), широко используемый при изготовлении конструкций суперконденсаторов. К щелочному раствору его добавляли в соотношении (9ч электролит:1ч С₃Н₇ОН, V).

Электродный материал обрабатывали в парах С₃Н₇ОН, либо пропитывали капельно. Циклические вольтамперограммы измеряли в окне потенциала ± 1 В, со скоростью развертки 0,1 В/с, число циклов 10-20.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что:

1. Использованные углеродные материалы, на поверхности которых адсорбировали ПАВ, обработкой в парах реагента, имели приблизительно в 2 раза более высокие значения удельной емкости, чем без обработки ПАВ.

2. Суперконденсаторы с МУНТ в качестве электродного материала имеют в 2 раза более высокие значения удельной емкости, чем при использовании активированного угля. При этом в качестве электродного материала в работе в большей степени был использован активированный уголь, как более доступный материал.

3. Удельная емкость у СК с кислотным электролитом выше, чем у СК со щелочным электролитом. Но щелочной электролит КОН предпочтителен для использования в суперконденсаторах т.к. безопаснее для окружающей среды. Что является важным фактором работы СК.

4. Повышение концентрации щелочного электролита способствует повышению значения удельной емкости суперконденсатора. Однако, при концентрации выше 6М наблюдается разрушения демпферного слоя.

Таким образом, проведенные исследования позволяют выделить главные конструктивные особенности формирования суперконденсаторов, экологически приемлемых для окружающей среды, использующих дешевые и доступные графитовые материалы для электродного компонента

суперконденсатора, электролитические и поверхностно-активные вещества. В работе также выполнена конструкция суперконденсатора, соответствующая разработанным схемам представленных в литературных источниках, преимуществом которой является использование дешевых демпферного и токопроводящего материалов. И польсульфоновой сепараторной мембран, разработанной в РБ для коммерческого использования в электромобилях.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Иванов К.В. Особенности формирования электродной структуры в суперконденсаторах / Иванов К.В., Черепко М.А. // 55-я Юбилейная Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР - 2019