DOI: 10.17117/na.2016.01.01.484

<http://ucom.ru/doc/na.2016.01.01.484.pdf>

Поступила (Received): 29.01.2016

Пуцылов И.А., Курочкин С.В., Огибина К.С., Воробьев И.С. Разработка и исследование материалов для литиевого элемента электрокардиостимулятора

Putsylov I.A., Kurochkin S.V., Ogibina K.S., Vorobyev I.S.
**Development and researching of materials for lithium
element of electric pacemaker**

Предложены новые материалы для электродов литиевых источников тока, проведена оптимизация их состава. Расчетным методом показано преимущество элементов на базе предложенных материалов над промышленными аналогами

Ключевые слова: катод, оптимизация, электрод, литий

New electrodes materials for lithium sources of electric current are offered, optimization of their structure has been carried out. The calculation method showed advantage of elements based on offered materials over industrial analogs

Key words: cathode, optimization, electrode, lithium

Пуцылов Иван Александрович

Кандидат технических наук, доцент
Национальный исследовательский университет
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Putsylov Ivan Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National research university
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Курочкин Семен Васильевич

Студент
Национальный исследовательский университет
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Kurochkin Semyon Vasilyevich

Student
National research university
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Огибина Ксения Сергеевна

Студент
Национальный исследовательский университет
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Ogibina Ksenia Sergeyevna

Student
National research university
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Воробьев Иван Сергеевич

Аспирант
Национальный исследовательский университет
г. Москва, ул. Красноказарменная, 14

Vorobyev Ivan Sergeyevich

Graduate
National research university
Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-1098.2015.1.

Важной задачей современной энергетики является обеспечение источниками питания широкого ряда компактных и мобильных приборов и устройств,

в том числе всевозможных медицинских систем. Эта задача может быть выполнена только благодаря высокоэффективным химическим источникам тока.

Современный высокий уровень приборов, применяемых в электротерапии сердца, стал возможен благодаря успехам в медицине, биологии, микроэлектронике и электрохимии. Высокая надежность, долговечность и стабильность современных электрокардиостимуляторов (ЭКС) в немалой степени определяются состоянием используемого химического источника тока. Экспериментальные исследования ЭКС с элементами литий-йод позволили накопить большой объем информации по работе не только ЭКС, но и данного источника тока на всем интервале эксплуатации кардиостимулятора. Однако с недавнего времени ведущие зарубежные производители ЭКС стали предлагать для имплантируемого применения литий-фторуглеродную электрохимическую систему, обладающую рядом преимуществ по сравнению с традиционной системой литий-йод, основными из которых являются более высокая удельная энергия и мощность, а также низкое внутреннее сопротивление [1, с. 58-64]. Разрядное напряжение обеих систем различается незначительно. Производство литий-фторуглеродных источников тока налажено в достаточно широком масштабе в разных странах мира, в том числе и России.

Принципиальным отличием систем литий-йод и литий-фторуглерод является то, что первая система является твердофазной, роль электролита в ней выполняет тонкая пленка йодида лития, образующаяся при контакте катода (смесь йода с поли-2-винилпиридином) с металлическим литиевым анодом [2, с. 156, 165-167]. В литий-фторуглеродных элементах используется жидкий апротонный электролит. Наличие жидкого апротонного электролита представляет определенную проблему, из-за недопустимости его попадания в кровь и на плату ЭКС, так как и то и другое может привести к плачевным последствиям. Настоящая работа посвящена разработке твердофазных литий-фторуглеродных элементов для ЭКС на основе полимерного электролита и нанодисперсных материалов.

Исследование электрохимических характеристик макетов твердофазных элементов проводили в трехэлектродной полипропиленовой ячейке. В качестве электролита использовали твердополимерный электролит на основе полисульфона и перхлората лития.

Катоды представляли собой твердофазные системы, в качестве активного компонента использовали фторированную фуллереновую сажу. Электропроводным компонентом служила ацетиленовая сажа. Роль связующего и ионопроводящего вещества выполнял твердополимерный электролит. В процессе эксперимента массовый состав электрода варьировали. Изготовление катодов проводили при различном давлении прессования активной массы на поверхность токоотвода. На начальном этапе смешивали активное вещество и электропроводную добавку, затем пропитывали полученную систему раствором, содержащим компоненты твердополимерного электролита. Удаление растворителя проводили термическим способом в сушильном шкафу при температуре 100 °C на поверхности лабораторного стекла или непосредственно на поверхности то-

коотвода. В последнем случае на выходе из сушильного шкафа получали готовый электрод. Подпрессовку активной массы к поверхности токоотвода проводили давлением от 5 до 25 МПа, площадь поверхности прессования составляла 1 см², в ряде случаев подпрессовку не осуществляли. Полученный на поверхности лабораторного стекла твердофазный материал дробили в шаровой мельнице в течение 0,5 ч.

Фторированную фуллереновую сажу, представляющую собой побочный продукт, остающийся после сепарации и очистки фуллеренов, готовили путем прямого фторирования фторсодержащим газом при температуре 270 °С в никелевом реакторе. Операцию фторирования проводили в ФГУП НИИ “Электроугольных изделий”. Фторосодержание конечного продукта составляло 63 масс. %.

Анализ поляризационных и разрядных характеристик твердофазных катодов на основе фторированной фуллереновой сажи показал, что увеличение давления прессования активной массы положительно сказывается на энергетических параметрах электрода. Данное обстоятельство, очевидно, объясняется минимизацией контактных потерь на высокоразвитой границе раздела между нанокompонентами активной массы и снижением омического сопротивления на границе активная масса – поверхность токоотвода, которые, безусловно, имеют место при повышении давления прессования. Учитывая полученный результат, дальнейшие испытания электродов проводили с включением в технологию их изготовления стадии пластического деформирования реализуемой на аппаратуре высокого давления типа наковален Бриджмена.

В процессе экспериментальных исследований установлено наличие корреляции между содержанием активного компонента, электропроводящей добавки и твердополимерного электролита в катоде источника тока и его удельными энергетическими параметрами. Максимальная мощность макетов элементов достигалась при увеличении содержания доли полимерного электролита и ацетиленовой сажи, однако при снижении тока эти электроды выдавали меньшую емкость.

Рис. 1. Влияние состава на емкость катода на основе фторированной фуллереновой сажи

Такую взаимосвязь можно объяснить наличием конкуренции между качеством ионного и электронного транспорта в структуре катода и изменением доли активного вещества, связанным с присутствием в том или ином количестве вспомогательных компонентов – электролита и ацетиленовой сажи. Для достижения большей емкости при слаботоковых режимах нужно изменять соотношение компонентов активной массы катода в сторону увеличения активного вещества, и наоборот, при сильноточковых режимах необходимо увеличивать загрузку электролита и ацетиленовой сажи. Оптимизация состава при разрядной плотности тока 15 мкА/см^2 и толщине активного слоя 50 мкм представлена на рисунке 1.

Расчетным методом установлено, что внедрение полученных катодов в конструкцию элементов типа ВР-5056 может привести к увеличению их емкости до $2600 \text{ мА} \cdot \text{ч}$. Увеличение емкости позволит расширить функционал ЭКС, а также, безусловно, повысит их надежность.

Список используемых источников:

1. Фатеев С.А., Рынсков Е.В., Ясюкевич Д.О. Источники тока для имплантируемых медицинских приборов // Вестник РАЕН. 2007. С. 58-64.
2. Химические источники тока. М.: Изд-во Моск. энерг. ин-та, 2004. 309 с.

© 2016, Пуцылов И.А., Курочкин С.В., Огибина К.С., Воробьев И.С.

Разработка и исследование материалов для литиевого элемента электрокардиостимулятора

© 2016, Putsylov I.A., Kurochkin S.V., Ogibina K.S., Vorobyev I.S.

Development and researching of materials for lithium element of electric pacemaker