

Отзыв
на автореферат диссертации Максимова Максима Юрьевича
«Управление составом и свойствами никельсодержащих оксидных систем для
твердотельных тонкопленочных аккумуляторов с использованием метода
молекулярного наслаивания»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 1.4.15. Химия твердого тела

Диссертационная работа Максимова М.Ю. посвящена разработке научно-технологических подходов к управлению составом и свойствами тонкопленочных никельсодержащих оксидов металлов, полученных с использованием метода молекулярного наслаивания, для твердотельных тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов. Мировой рынок твердотельных тонкопленочных ЛИА усиленно развивается, и в этой связи разработка новых усовершенствованных подходов к синтезу электродных материалов и твердых электролитов с целью повышения их эффективности является актуальной задачей. Метод молекулярного наслаивания (МН), разработанный советскими учеными В.Б. Алесковским и С.И. Кольцовым, имеет большой потенциал для создания твердотельных тонкопленочных ЛИА, поскольку он позволяет получать высококонформные покрытия, в том числе сложных оксидов типа $A_xB_yO_z$ с заданным соотношением элементов с контролем состава и толщины на нанометровом уровне.

В рамках диссертационной работы Максимовым М.Ю. установлены физико-химические закономерности по получению пленок оксида никеля методом МН с использованием никелюцена ($NiCr_2$) и удаленной кислородной плазмы; оксида кобальта с использованием кобальтоцена ($CoCr_2$) и O_2 плазмы; показана электрохимическая активность тонкопленочных никельсодержащих оксидов металлов в качестве анодных материалов, удельная емкость которых превышала известные из научной литературы значения на ~20%; продемонстрирована высокая обратимость электрохимических процессов, в том числе и при высоких плотностях тока; выявлена тенденция к увеличению емкости с увеличением числа зарядно-разрядных циклов. Методом МН получены тонкие пленки твердого раствора оксида никель-кобальта ($Ni-Co-O$) с использованием никелюцена, кобальтоцена и удаленной O_2 плазмы; показано влияние отдельных компонентов (оксида никеля, оксида кобальта и побочного конверсионно-емкостного слоя (ПКС)) на электрохимическую емкость. Также в качестве анодных материалов получены МН пленки $Ni-Al-O$ с использованием никелюцена, ТМА и O_2 плазмы; показано стимулирование наращивания слоя оксида алюминия на слое оксида никеля с образованием алюмината никеля; выявлено, что присутствие алюминия замедляет рост ПКС, не влияя на общую емкость. С использованием метода МН в работе также получены новые тонкопленочные катодные материалы на основе никелатов лития с применением мультислойного подхода с последующей термообработкой и использованием диффузионного барьерного покрытия между материалами катода и подложки. На примере тонкопленочного катодного материала никелата лития, допированного кобальтом, показано положительное влияние слоя твердого электролита системы $Li-Ta-O$ на эффективность работы электрохимической системы.

Для исследования полученных материалов в работе использованы такие современные методы анализа, как спектральная эллипсометрия (СЭ), рентгенофазовый анализ (РФА), рентгеновская рефлектометрия (РР), атомно-силовая микроскопия (АСМ), рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), дифракция электронов (ДЭ), спектроскопия характеристических потерь энергии электронов (СХПЭЭ). Электрохимические характеристики исследованы методами циклической

вольтамперометрии (ЦВА), импедансной спектроскопии и циклических зарядно-разрядных испытаний в жидких карбонатных электролитах относительно металлического лития.

Автореферат в полной мере описывает содержание работы и дает основные представления о проведенных экспериментах, результатах и сделанных выводах, которые представляются логичными и обоснованными. В работе содержится большое количество данных, которые являются основой для разработки научно-технологических подходов для управления составом и свойствами наноразмерных тонкопленочных анодных материалов на основе никельсодержащих оксидов металлов и тонкопленочных катодных материалов на базе никелата лития для твердотельных тонкопленочных ЛИА с использованием метода МН. Результаты работы докладывались на конференциях всероссийского и международного уровня. Автор является исполнителем Государственного Задания, руководителем нескольких грантов РНФ, Президента РФ по тематике исследований данной работы, что является независимой оценкой высокого уровня результатов. Основные результаты работы опубликованы в 41 статье в рецензируемых журналах, в том числе 38 научных публикаций, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus, 12 из которых первого квартиля (Q1). В рамках исследований по работе получено 8 патентов.

К автореферату имеются некоторые замечания и вопросы:

1) Чем обусловлен выбор никелоцена и кобальтоцена в качестве прекурсоров для МН оксидов никеля и кобальта?

2) При получении катодных материалов на основе никелата лития автором выяснено, что с использованием выбранных прекурсоров и подхода суперциклов его не удается получить. С чем это может быть связано?

3) Проведены ли исследования влияния степеней окисления металлов в пленках на процессы, происходящие в процессе зарядки-разрядки? Были ли проведены РФЭС исследования и если да, то каковы их результаты?

4) Почему именно оксид тантала был выбран для получения пассивирующего смешанного оксида Li-Ta-O?

Обозначенные замечания не имеют принципиального значения и не ставят под сомнение достоверность полученных экспериментальных данных, научную значимость и корректность сделанных выводов.

Считаю, что диссертационная работа Максимова Максима Юрьевича «Управление составом и свойствами никельсодержащих оксидных систем для твердотельных тонкопленочных аккумуляторов с использованием метода молекулярного наслаивания» соответствует требованиям пп. 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а её автор заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

Заведующий кафедрой физической и органической химии ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,
Доктор технических наук (01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника),
профессор

Ильмутдин Магомедович Абдулагатов

Почтовый адрес: 367000, г. Махачкала, ул. М. Гафжиева, д. 43-а.

Телефон: +7 967 401 00 39

e-mail: ilmutdina@gmail.com



Абдуллаева И. И.
АВЕРЮ
ИЮ
июле 2024 г.