

ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа Максима Юрьевича Максимова посвящена разработке подходов к получению тонкопленочных никельсодержащих оксидов металлов с использованием метода молекулярного наслаивания и исследование их электрохимических характеристик для дальнейшего применения в твердотельных тонкопленочных литий-ионных аккумуляторах (ТТЛИА).

Научная новизна работы состоит в следующем: 1) установлена взаимосвязь между последовательностью проведения технологических операций молекулярного наслаивания (суперциклов) с составом, структурой и свойствами тонкопленочных систем (Ni-O, Ni-Co-O, Ni-Al-O); 2) установлено влияние состава анодного материала (Ni-O, Ni-Co-O, Ni-Al-O) на образование побочного конверсионно-емкостного слоя и его вклада в электрохимическую емкость системы; 3) разработан подход к получению тонкопленочных катодных материалов на базе никелата лития с использованием метода молекулярного наслаивания, заключающийся в необходимости синтеза мультислойных покрытий и их последующей термической обработке с использованием диффузионного барьерного покрытия между материалами катода и подложки; 4) подтверждена электрохимическая работоспособность тонкопленочных катодных материалов на базе никелата лития, полученных с использованием метода молекулярного наслаивания; 5) на примере тонкопленочного катодного материала никелата лития, допированного кобальтом, установлено положительное влияние слоя твердого электролита Li-Ta-O на эффективность работы электрохимической системы.

Актуальность данной работы подтверждается реализацией ряда проектов в составе научной группы под руководством соискателя и поддержанных грантами Российского научного фонда (гранты № 18-73-10015 и № 23-13-00134) и др. **Достоверность** полученных результатов обеспечивается использованием большого комплекса современных физико-химических методов исследования материалов: рентгенофазового анализа, спектральной эллипсометрии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, атомно-силовой микроскопии, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии и др. Электрохимические характеристики исследовали методами циклической вольтамперометрии, импедансной спектроскопии и циклических

зарядно-разрядных испытаний в жидких карбонатных электролитах относительно металлического лития.

В автореферате представлено краткое содержание работы: Введение, пять глав, Заключение и список литературы. Он изложен на 35 страницах, включая 22 рисунка и 7 таблиц. В первой главе представлена актуальность работы, заключающаяся в разработке новых подходов к получению материалов ТТЛИА. Во второй главе рассмотрены материалы, оборудование, экспериментальные методы и подходы, разработанные для получения тонкопленочных материалов с использованием метода молекулярного наслаивания. В третьей главе исследованы физико-химические закономерности получения тонкопленочных анодных материалов систем Ni-O, Ni-Co-O, Ni-Al-O с использованием метода молекулярного наслаивания. В четвертой главе рассмотрены подходы с применением суперциклов и получением мультислойных пленок методом молекулярного наслаивания для формирования тонкопленочного катодного материала. Пятая глава посвящена исследованию процесса формирования слоя твердого электролита, получению системы катод - твердый электролит и оценке эффективности работы электрохимической системы.

По результатам работы опубликовано 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, и 41 статья в рецензируемых журналах, из которых 12 относится к 1-ому квартилю. Получено 8 патентов.

Автореферат оформлен грамотно и аккуратно.

При чтении автореферата возникли следующие **замечания и вопросы**:

- 1) Не изучено циклирование полных ячеек; в качестве анода во всех экспериментах был использован только литий;
- 2) Удельная емкость полужаеек выражена в единицах $\text{мкА} \cdot \text{ч} \cdot \text{мкм}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, а не в общепринятых $\text{мА} \cdot \text{ч} \cdot \text{г}^{-1}$;
- 3) Почему был выбран твердый электролит системы Li-Ta-O вместо хорошо известных твердых электролитов со структурой граната $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ или насикона $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$?

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общего положительного впечатления о представленной работе.

Заключение

Работа Максимова М.Ю. выполнена на высоком научном уровне. Защищаемые положения являются новыми, обоснованными и имеющими весомое научное и

практическое значение. Направленность и содержание работы позволяют отнести ее к специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

Считаю, что работа отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями, а ее автор, Максим Юрьевич Максимов, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела.

Руководитель группы «Материалы для металл-ионных аккумуляторов»

Института химии твердого тела и механохимии СО РАН,

Ведущий научный сотрудник, доктор химических наук

(специальность 1.4.15. Химия твердого тела)

Косова

Нина Васильевна КОСОВА

Адрес: 630090, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

Тел. 8-913-3909155, e-mail: kosova@solid.nsc.ru

Подпись Н.В. Косовой заверяю:

Ученый секретарь института д.х.н.



Татьяна Петровна Шахтшнейдер