

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 М.Ю. Максимова посвящена детальному исследованию процессов получения и свойств никельсодержащих катодных и анодных материалов для твердотельных тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов (ТТЛИА). В качестве основного метода получения тонких пленок электродно-активных оксидных материалов автором работы выбран метод ALD (atomic layer deposition, атомно-слоевое осаждение), получивший достаточно широкое распространение в мировой микроэлектронной промышленности. Актуальность выбранной тематики подтверждается значительным интересом и объемом усилий, направленных со стороны исследовательского и индустриального сообщества на развитие и коммерциализацию твердотельной технологии производства литий-ионных аккумуляторов (ЛИА). Проведенное исследование, помимо фундаментальной значимости, имеет также большое прикладное значение, поскольку твердотельная технология на данный момент рассматривается как наиболее перспективная для дальнейшего улучшения эксплуатационных и удельных энергетических характеристик ЛИА, однако все еще требуется значительный объем работ по развитию технологий производства твердотельных электродов и электролитов.

Работа выполнена и изложена в автореферате на исключительно высоком научном уровне, что подтверждается обширным списком публикаций диссертанта по материалам выполненной работы, включая статьи, опубликованные в зарубежных изданиях, индексируемых реферативными базами Scopus и Web of Science. О достоверности полученных результатов и сделанных в работе выводов свидетельствует широкий спектр взаимодополняющих рентгеноструктурных, рентгеноспектральных, микроскопических и иных экспериментальных методик, примененных для характеристики полученных образцов тонкопленочных электродов. В пользу высокой практической значимости работы также говорит наличие ряда патентов на способы получения тонкопленочных и наноконпозиционных электродных материалов для литий-ионных аккумуляторов. Несмотря на сугубо положительное впечатление от диссертационной работы, к изложенным в автореферате материалам есть несколько замечаний:

- 1) Помимо высокой фундаментальной значимости работы и глубокой технической проработки рассматриваемых методов получения тонких пленок, хотелось бы также увидеть хотя бы базовую оценку представленных в автореферате способов изготовления твердых тонкопленочных электродов и электролитов с точки зрения экономической эффективности и масштабируемости для прикладного применения в производстве ХИТ.
- 2) Во многих местах, где представлены результаты электрохимических испытаний полученных тонкопленочных электродов, хотелось бы наравне с со специфическими (хотя и, безусловно, релевантными в контексте данной работы и тонкопленочной технологии) единицами измерения вроде $\text{мкА} \cdot \text{ч} \cdot \text{мкм}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ увидеть и удельные энергетические характеристики в виде более привычных $\text{мА} \cdot \text{ч/г}$ и $\text{Вт} \cdot \text{ч/кг}$.
- 3) В работе описывается преимущественно получение и исследование тонкопленочных электродов на стальных (реже – кремниевых) подложках, однако неясным остается возможность применения рассматриваемой технологии для производства электродов на подложках других металлов, например, непосредственно на медных/алюминиевых токосъемниках.

- 4) В автореферате опущены какие-либо детали по поводу полного состава (противоэлектроды, электролиты и др.) электрохимических систем, в которых проводились исследования электрохимических характеристик рассматриваемых в работе электродных материалов. Было бы не лишним представить эту информацию в автореферате хотя бы кратко и обобщенно.

Высказанные замечания не снижают высокую оценку диссертации и не ставят под сомнение обоснованность, достоверность, практическую значимость, оригинальность и научную новизну основных положений, выносимых на защиту. Считаю, что представленная к защите диссертационная работа Максимова Максима Юрьевича «Управление составом и свойствами никельсодержащих оксидных систем для твердотельных тонкопленочных аккумуляторов с использованием метода молекулярного наслаивания» выполнена на высоком научном уровне и полностью отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель Максимов М.Ю. достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.4.15 – Химия твердого тела.

02.08.2024 г.

Согласен на обработку моих персональных данных

Чудинов Евгений Алексеевич
доктор технических наук

(специальность 02.00.05 – Электрохимия),

Общество с ограниченной ответственностью «РЭНЕРА»,

Управление разработки химических источников тока,

Начальник управления

Адрес: 115409, Москва, Каширское шоссе, 49,

Тел.: +7 (495) 988-82-82, доб. 4402; E-mail: EvAChudinov@rosatom.ru

02.08.2024 г.

Согласен на обработку моих персональных данных

Шаповалов Виктор Васильевич

кандидат физико-математических

(специальность 01.04.15 – Физика и технология

наноструктур, атомная и молекулярная физика),

Общество с ограниченной ответственностью «РЭНЕРА»,

Управление разработки химических источников тока,

Отдел развития производственных технологий,

Руководитель направления

Адрес: 115409, Москва, Каширское шоссе, 49,

Тел.: +7 (495) 988-82-82, доб. 4616; E-mail: ViVaShapovalov@rosatom.ru

Подписи Чудинова Е.А и Шаповалова В.В. заверяю

Ученый секретарь НТС ООО «РЭНЕРА», к.т.н.



С.А. Резвов