ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ильиной Евгении Алексеевны «Синтез и свойства материалов для полностью твердотельных литиевых источников тока», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия

Диссертационная работа Ильиной Е.А. посвящена разработке полностью твердотельных источников тока с литий-проводящим твердым электролитом на основе $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ с оптимальными техническими характеристиками и определению условий формирования химически стойкой границы между электролитом и электродами.

Литий-ионные аккумуляторы обладают высокой удельной ёмкостью, могут выдерживать большое число циклов заряда/разряда, обладают низким саморазрядом. При использовании в качестве электролита солей лития в жидких органических растворителях у таких устройств появляется ряд недостатков: ограниченный диапазон рабочих температур, особенно при низких температурах, разложение соли электролита, пассивация поверхности анода. Таких недостатков лишены твердотельные литиевые источники тока. Поиск оптимальных компонентов таких устройств, уменьшение омических потерь в слое твердого электролита и на границе электролит/электрод является одной из задач электрохимии. Таким образом, работа Ильиной Е.А., направленная на определение оптимального состава электролита с высокой литий-ионной проводимостью, подбора компонентов твердотельного литиевого источника тока является **актуальной**.

В диссертационной работе на основании данных по влиянию двойного допирования $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ при замещении Zr^{4+} на Nb^{5+} (или Ta^{5+}) и катионов Li^+ на Al^{3+}, установлено, что данный тип допирования приводит к снижению доли вклада зернограничного сопротивления с увеличением количества допанта Al^{3+}. Установлено, что электропроводность спеченных керамических образцов $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ может быть увеличена в 5 раз путем введения в их состав трехкомпонентных литий-проводящих стекол $65Li_2O{\cdot}27B_2O_3{\cdot}8SiO_2$ или $40{,}2Li_2O{\cdot}5{,}7Y_2O_3{\cdot}54{,}1SiO_2$ в количестве, не превышающем 3 масс. %. Методом распределения времен релаксации определено, что транспорт ионов лития осуществляется как по керамическим зернам, так и по объему стекла. Методом термодинамического моделирования определены условия устойчивости соединения $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ в контакте с различными электродными материалами (Li, $Li_4Ti_5O_{12}$, $LiCoO_2$, $LiFePO_4$ и $LiMn_2O_4$). Предложен метод создания плотного контакта между Li анодом и твердым электролитом с помощью нанесения буферного слоя из металлического алюминия на границу между литиевым анодом и твердым электролитом. Впервые предложен способ формирования Li-In анода с высоким содержанием лития (80-90 ат.%).

В работе использован комплекс современных экспериментальных методов. Результаты работы апробированы на конференциях разного уровня, представлены в 28 научных статьях, в том числе 24 научных статьях в отечественных и зарубежных журналах, определенных ВАК РФ и индексируемых базами данных Web of Science и Scopus, а также в 1 главе в книге. **Научная новизна** работы и её **практическая значимость** не вызывают сомнений.

Автореферат написан простым ясным языком, систематизирован и полностью отражает структуру диссертации.

При ознакомлении с авторефератом возникли следующие замечания:

1. При увеличении количества допанта Al^{3+} параметр a элементарной ячейки сначала уменьшается (до x=0.15), потом не меняется (Рисунок 5). Из текста автореферата не совсем понятно, с чем связано такое изменение параметра a элементарной ячейки.
2. На рисунке 7 приведены зависимости проводимости от концентрации допанта. Контролировали ли плотность образцов при исследовании проводимости?

Данные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

По актуальности, новизне и практической значимости диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции), а ее автор, Ильина Евгения Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Согласен с размещением моих персональных данных в сети Интернет.

Доктор физико-математических наук (01.04.07 – Физика конденсированного состояния),
профессор, профессор кафедры химии твердого тела и нанопроцессов
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет»
Адрес: 454001, Россия, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, д. 129, ЧелГУ
Телефон: +7(351)799-70-63
E-mail: burmistrov@csu.ru

Бурмистров Владимир Александрович
25.11.2025

Подпись Бурмистрова В.А.
удостоверяю Ведущий специалист