ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **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

Твердотельные литиевые аккумуляторы (ТЛА), использующие твердые электролиты вместо традиционных жидких систем, привлекают внимание благодаря потенциальной безопасности, стабильности и высокой плотности энергии, что делает их идеальными для технологий следующего поколения, включая электромобили и крупномасштабные системы хранения возобновляемой энергии. Развитие твердых электролитов ТЛА требует проектирования и оптимизации существующих и новых материалов, основанных на более глубоком понимании их свойств на атомном и наноразмерном уровнях, а также химических и термодинамических аспектов их синтеза и формирования керамики на их основе. В настоящей работе был предложен ряд улучшенных подходов к созданию и исследованию твёрдых электролитов на основе оксида лития-лантана-циркония для ТЛА. Таким образом, тема диссертации является актуальной и имеет несомненную научную и практическую значимость. Достоверность представленных результатов и обоснованность выводов подтверждается большим количеством согласующихся между собой экспериментальных и расчетных данных.

Главным преимуществом представленной работы является комплексный подход к установлению взаимосвязей состав-структура-свойство твердых электролитов. Исследованы как физико-химические свойства самих материалов электролитов, так и способы уменьшения контактного сопротивления на границах твердого электролита с положительными и отрицательными электродами, применение которых может привести к успешной разработке ТЛА. Представлены результаты введения стеклообразующих добавок в керамику на основе оксида лития-лантана-циркония, а также его допирования катионами Al^{3+}, Nb^{5+}, Ta^{5+}. Оба подхода позволили повысить проводимость мембран. Показано, что создание буферного слоя на основе Al на границе «твердый электролит – литий», а также применение сплава Li-In позволяет уменьшить поляризационные потери на интерфейсе. Практическая значимость полученных результатов очевидна благодаря наличию результатов электрохимических исследований лабораторного макета ТЛА, представленного в заключительной части работы.

При прочтении автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

1) Возможно ли определить позиции, заселенные катионами Al^{3+}, в образцах $Li_{7+x}La_3Zr_{2-x}Al_xO_{12}$ методами уточнения структуры по данным рентгеновской (нейтронной) дифракции? Проводили ли исследование равномерности распределения катионов методом картирования EDX на просвечивающем электронном микроскопе?
2) Неясно, сохраняет ли Al отдельную фазу, будучи нанесенным между мембраной твердого электролита и лития, или формирует сплав с литием. Не совсем понятны причины положительного эффекта применения буферного слоя на основе алюминия.
3) В чем причина низкой кулоновской эффективности полных ячеек (Рис. 24)?

Представленные вопросы и замечания не снижают общей научной ценности работы.

Диссертационная работа Ильиной Е. А. является законченным научным исследованием, выполненным на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. Считаю, что диссертация отвечает всем 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 Е.А., заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Согласен с размещением моих персональных данных в сети Интернет.

Кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник,
Зав. лабораторией материалов для электрохимических процессов
Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Дрожжин Олег Андреевич

15.12.2025

119991 г. Москва, ул. Ленинские горы, д.1, стр. 3;
тел. 7 (916) 277-48-25;
drozhzhin@elch.chem.msu.ru

Подпись Дрожжина О.А. заверяю.

Ученый секретарь Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
Кандидат химических наук

Абрамычева Н.Л.