

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Ярославцева Сергея Андреевича на тему: «Мёссбауэровские исследования замещенных литиевых фосфатов железа на разных стадиях электрохимического циклирования» по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Литий-ионные аккумуляторы в настоящее время часто встречаются как в простых бытовых, так и в сложных специализированных приборах. Разработка и исследование новых материалов, используемых в аккумуляторах, является актуальной задачей. Диссертационная работа Ярославцева С.А. нацелена на исследование перспективных катодных материалов на основе литиевых фосфатов железа. В качестве объектов исследования выступали образцы литиевых фосфатов железа  $\text{LiFePO}_4$ , допированных атомами Co, Ni, Mn и Mg с разной степенью замещения на разных стадиях электрохимического циклирования.

Автором работы решались следующие задачи: исследование влияния атомного замещения на локальные состояния атомов железа и сверхтонкие взаимодействия, определение характера распределения замещающих атомов по кристаллографическим позициям структуры, исследование изменения локальных состояний атомов железа и параметров сверхтонкого взаимодействия в процессе электрохимического циклирования.

При решении поставленных задач Ярославцевым С.А. использовалась мессбауэровская спектроскопия на ядрах  $^{57}\text{Fe}$  и современные методы обработки мессбауэровских спектров с привлечением различных моделей. Стоит отметить примененный автором нетривиальный метод совместной обработки разнотемпературных спектров, который позволил не только точнее установить сверхтонкие параметры спектров, но и повысить достоверность результатов за счет их согласованности.

В результате проведенных исследований Ярославцев С.А. показал, что примесные атомы Mg расположены по позициям атомов железа случайным образом, а примесные атомы Co, Ni и Mn таким образом, что в ближайшем катионном окружении атомов железа находится не более одного атома примеси.

Отдельного внимания заслуживает тот факт, что автору удалось установить особенности процесса делитирования, которые необходимо учитывать при описании процесса циклирования в допированных соединениях на основе литиевых фосфатов железа – наличие большой площади границы раздела фаз и наноразмерных областей с повышенной

концентрацией катионов  $Fe^{3+}$ . Хочется рекомендовать автору диссертационной работы продолжить исследования в данном направлении и в конечном итоге разработать модель, описывающую изучаемый процесс делитирования материалов на основе замещенных литиевых фосфатов железа.

В рамках работы автором продемонстрирована высокая эффективность методов мессбауэровской спектроскопии при исследовании железосодержащих катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов.

По результатам работы Ярославцевым С.А. опубликовано 5 статей в рецензируемых журналах, в том числе в 4 высокорейтинговых, и 9 тезисов, что также демонстрирует значимость и актуальность настоящей работы.

Основные результаты и выводы, представленные в автореферате, являются новыми и представляют интерес для специалистов в области как разработки и исследования литий-ионных аккумуляторов, так и мессбауэровской спектроскопии.

Автореферат диссертации написан понятным научным языком и отражает содержание всех разделов диссертационной работы.

Содержание настоящей работы соответствует паспорту специальности «Физика конденсированного состояния» (01.04.07). Соискатель Ярославцев Сергей Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика конденсированного состояния».

Доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры наноэлектроники физико-технологического института, российского технологического университета

Покатилов Вячеслав Серафимович

*Покатилов* 23.04.2019

Адрес: просп. Вернадского, д. 78, Москва, 119454

тел.: 89850366534

e-mail: pokatilov@mirea.ru

Подпись сотрудника  
удостоверяю.

Покатилова Вячеслава Серафимовича

Ведущий специалист  
Управления кадров Ю.И. Стадник

