**Однородная мелкозернистая керамика LATP с улучшенными эксплуатационными характеристиками**

***Кирьянова А.В.1,2, Яковлев И.И.1,2, Чжоу Д.1, Зимбовский Д.С.2, Капитанова О.О.2***

*Студентка, 2 курс магистратуры*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*2Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: Vov-lena2010@yandex.ru*

Стремительно развивающиеся современные технологии нуждаются в разработке автономных и эффективных источников электроэнергии. Лидером в данной отрасли являются литий-ионные аккумуляторы (ЛИА), благодаря их высоким удельным характеристикам, быстроте перезаряда и длительному сроку эксплуатации. Однако, повышение потребляемой энергии раскрыло проблему небезопасности использования данных устройств. Одним из перспективных направлений, позволяющих реализовать функционирование в экстремальных условиях, является замена токсичной органической электролитной системы твердофазной, которая характеризуется повышенной термической и химической стабильностью. Тем не менее в силу новизны тематики практически не изучено влияние синтетических и структурных факторов на итоговые электрохимические характеристики. Так, актуальным вопросом является определение роли морфологии керамических электролитов в результирующих механических и транспортных свойствах. В данной работе в качестве Li+-проводящей фазы использовали Li1,4Al0,4Ti1,6(PO4)3 (LATP) со структурой NASICON, поскольку он обладает высокой ионной проводимостью, широким окном электрохимической стабильности и экологичностью.

Получение керамики LATP с субмикронными зернами проводили из предкерамических порошков, синтезированных методом твердофазной реакции при варьировании времени помола в диапазоне от 2 до 6 ч. Однако, с целью уменьшения гранулометрического состава до нанометрового масштаба был разработан золь-полимерный метод, который позволил получить однофазные порошки LATP с размером ~ 50 нм. При этом дополнительная стадия обработки в пламени снизила время синтеза до 30 минут при температуре 800 °С, что ранее не было представлено в литературе.

В результате исследования консолидации керамики с использованием различных спекающих добавок была получена мелкозернистая микроструктура. Было установлено, что внедрение наночастиц SiO2 в межзеренное пространство позволяет предотвращать аномальный рост зерен. Однако, применение не проводящей компоненты привело к значительному падению ионной проводимости до 0,2 мСм/см. С целью улучшения транспортных характеристик была апробирована двухфазная добавка состава SiO2·LiOH, которая позволила получить однородную мелкозернистую морфологию с Li+-проводимостью на уровне 0,6 мСм/см. Также полученная керамика демонстрировала уникальные механические характеристики, установленные методом наноиндентирования. В результате мелкозернистые образцы характеризовались отсутствием хрупкого разрушения вплоть до высоких нагрузок ~ 400 мН.

Синтезированная Li+-проводящая керамика была апробирована в качестве электролита в симметричных и полных электрохимических ячейках кнопочного типа 2032. Так, в системе Li||LATP||Li мелкозернистые образцы позволили продлить срок эксплуатации более чем в 3 раза (>200 ч). Нано-керамика в качестве электролита способствовала сохранению удельной емкости ячеек LFP||LATP||Li на уровне 60 мА·ч/г при варьируемой скорости заряда/разряда вплоть до 0,4С, в то время как исходная керамика демонстрировала полную деградацию при данных условиях тестирования.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 24-79-10126)*