**Разработка твердотельного электролита на основе структуры граната**

***Мамедова А.З., Кирьянова А.В. Яковлев И.И., Капитанова О.О.***

*Студент, 1 курс магистратуры*

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

*E-mail: mamedovaadila7@gmail.com*

В настоящее время в результате быстрого роста технологий стремительно развивается потребность в устойчивых источниках энергии. Традиционные невозобновляемые аналоги, такие как нефть или газ, являются недостаточно эффективными и наносят огромный ущерб экологии. Альтернативным решением проблемы являются электрохимические источники тока, в частности, литий-ионные аккумуляторы (ЛИА). Однако, для повышения безопасности и производительности ЛИА перспективным направлением являются полностью твердотельные системы с керамическим электролитом на основе LLZAO (Li6,25La3Al0,25Zr2O12) со структурой граната. Данный тип ионных проводников характеризуется наилучшей устойчивостью к металлическому литию, а также достаточно высокой ионной проводимостью, термической и механической стабильностью. Однако, коммерциализация твердотельных электролитов на основе граната значительно затруднена по причинам побочных реакций гидролиза на воздухе, а также высоких температур получения. В результате вышесказанного, **цель** данной работы заключается в оптимизации методов синтеза и спекания твердотельного электролита состава LLZAO.

На первом этапе был оптимизирован твердофазный синтез LLZAO. Для этого прекурсоры (Li2CO3, La2O3, Al2O3 и ZrO2) механически гомогенизировали в шаровой мельнице на протяжении 1,5 ч. На следующем этапе проводили синтез при варьировании температуры, времени и избытка Li2CO3. Получение наиболее Li+-проводящей кубической фазы LLZAO устанавливали методами РФА и КР-спектроскопии. В результате, оптимальные условия синтеза составили 800°С в течение 6 часов с 10 % мольным избытком литиевого прекурсора. В ходе работы также была исследована химическая стабильность порошков LLZAO на воздухе. Продукты побочной реакции гидролиза наблюдали после 7 дней нахождения на воздухе, поэтому их дальнейшее хранение производили под вакуумом. В процессе масштабирования синтеза было установлено, что при данных условиях образуется более стабильная при низких температурах, но характеризующаяся низкой ионной проводимостью тетрагональная фаза LLZAO. Этот эффект можно объяснить возрастанием поглощенного тепла при повышении массы, что локально снижает температуру образца в процессе синтеза. Для решения этой проблемы были дополнительно оптимизированы параметры синтеза. Так, температура составила 1050°С в течение 6 ч и 30 мол. % избытке Li2CO3.

Далее было исследовано спекание керамики со структурой граната. На предварительном этапе таблетки были спрессованы при давлении 200 МПа. После чего образцы подвергали термической обработке в муфельной печи при варьировании температуры в диапазоне от 800°С до 1100 °С в течение 6 ч с использованием дополнительного избытка Li2CO3 для восполнения потерь Li+. Однако, при данных условиях не удалось получить однофазную керамику, что привело к низкой ионной проводимость ~ 10-6 См/см. Для разрешения проблемы испарения лития и гидролиза в атмосфере воздуха также было апробировано спекание LLZAO методом быстрого отжига при температурах от 1300°С до 1400 °С. В результате ионная проводимость возросла вплоть до ~10-4 См/смпри относительной плотности ~70%, что сопоставимо с литературными данными.