

Твердые электролиты в литий-ионных аккумуляторах: перспективы и проблемы применения

Александров Т.С.¹, Власова В.В.², Восканян Л.А.³

¹ Кафедра радиохимии

² Кафедра физической органической химии

³ Кафедра общей и неорганической химии

Конец XX века (1991 г.) ознаменовался разработкой литий-ионного аккумулятора (ЛИА). Важность этого открытия трудно переоценить, так в 2019 году за него Нобелевская премия по химии была присуждена Акире Ёсино, Стэнли Уиттинхэму и Джону Гуденафу. Благодаря их трудам за последние 30 лет произошел колоссальный технологический скачок во всех направлениях приборостроения.

Несмотря на недавнюю разработку и успех ЛИА, уже сейчас они подвергаются критике, так как перестают соответствовать потребностям человека: сверхвысокой эффективности, мощности и безопасности. В связи с этим, продолжается поиск новых электродных материалов и электролитов.

Перспективным решением для ЛИА являются твердые электролиты, которые представляют собой твердые ионные проводники. В целом все твердотельные электролиты можно разделить на неорганические керамические электролиты, твердые полимерные электролиты и твердые композитные электролиты.

Уже предложено большое количество материалов для твердых электролитов, среди которых успели приобрести популярность электролиты на основе сульфидов типа LISICON, перовскитоподобные и гранатоподобные на основе оксидов металлов типа LLTO и LLZO, соответственно, среди органических материалов – полиэтиленоксид (ПЭО), поливинилиденфторид (ПВДФ), полиметилметакрилата (ПММА), а композитные электролиты, как правило, являются комбинацией неорганических солей лития и полимеров.

К преимуществам подобных материалов относят то, что они позволяют использовать металлические литиевые аноды, которые считаются наиболее перспективными для аккумуляторов нового поколения из-за их сверхвысокой теоретической удельной емкости. Однако, такие аноды недопустимы в стандартных ЛИА с органическими жидкими электролитами, поскольку склонны к образованию дендритов, что в последствии приводит к замыканию и воспламенению. Кроме того, отсутствие необходимости использования сепаратора автоматически открывает возможности для миниатюризации устройств, а отсутствие образования поверхностного пассивирующего слоя приводит к увеличению срока службы.

Однако, существует ряд ограничений, препятствующих повсеместному использованию твердых электролитов в ЛИА: низкая ионная проводимость ($<10^{-4}$ См·см⁻¹), низкая кулоновская эффективность на границе раздела фаз электрод-электролит, высокое сопротивление, наличие нежелательных электрохимических процессов и дороговизна.

ЛИА на твердых электролитах – это следующий шаг в развитии системы хранения возобновляемой энергии, который необходимо сделать для запуска нового прогресса в электротехнике, затрагивающего все сферы жизни человека. Именно поэтому необходимы исследования, направленные на решение перечисленных ограничений, в разработке твердых электролитов с высокой проводимостью.