

УДК 621.355

**МОДИФИКАЦИЯ ГЕЛЕВОГО ПОЛИМЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЛИТИЕВОГО  
АККУМУЛЯТОРА НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ**

**Подлеснов Е.** (Университет ИТМО), **Сауц А.В.** (Университет ИТМО),

**Чиркунова Н.В.** (Тольяттинский государственный университет)

**Научный руководитель – к. ф.-м.н. Дорогов М.В.** (Университет ИТМО)

В докладе описан способ повышения электрических, эксплуатационных свойств и термической стабильности гелевого полимерного электролита путём добавления наночастиц оксидов металлов ( $\text{CuO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ), а также метод равномерного распределения наночастиц в объёме полимерной матрицы. Также представлена технология синтеза нановискеров  $\text{CuO}$  методом электрохимического осаждения меди на подложку с последующим термическим окислением и золь-гель технология для синтеза наночастиц  $\text{TiO}_2$ . Методом сканирующей электронной микроскопии были исследованы частицы меди, нановискеры  $\text{CuO}$ , а также наночастицы  $\text{TiO}_2$ .

**Введение.** Одна из проблем литий-ионных аккумуляторов – это взрывоопасность, которая возникает из-за внутреннего короткого замыкания, вызванного неконтролируемым ростом дендритов лития, нестабильности жидких электролитов и низкой термической стабильности сепараторов. Поэтому сейчас ведутся разработки безопасного и устойчивого к циклированию электролита. Гелевый полимерный электролит привлекает внимание тем, что он функционирует одновременно как сепаратор и как электролит, благодаря гибкости он может выдерживать изменения объема электродов во время зарядки/разрядки, а его ионная проводимость сравнима с проводимостью жидких электролитов. Добавление наночастиц  $\text{TiO}_2$  в электролит может улучшить эксплуатационные и электрические свойства, а также обеспечить стабильную работу аккумулятора при пониженных и повышенных температурах. А добавление нановискеров  $\text{CuO}$  позволит облегчить транспорт ионов лития через электролит.

**Основная часть.** Основная проблема при добавлении наночастиц в полимер состоит в том, что высокая поверхностная энергия и химическая активность наночастиц приводят к их слипанию и образованию крупноразмерных агломератов. В результате несовместимости наночастиц с реакционной средой нарушается их равномерное распределение по объёму полимерной матрицы, что приводит к потере индивидуальных качеств наночастиц, а синтезируемые полимерные материалы лишаются ожидаемых свойств. Одним из способов диспергирования наночастиц является применение ультразвука. Однако, после снятия звукового поля проблема агломерации и длительной стабильности не решается. Требуется специальная обработка поверхности частиц и один из приемов основан на использовании поверхностно активных веществ (ПАВ). Адсорбция ПАВ на наночастицы приводит к образованию органической оболочки на неорганическом ядре, что придает гидрофобность частицам и приводит к значительному снижению межфазного поверхностного натяжения и повышению устойчивости наночастиц к осаждению. Системы «неорганические наночастицы – ПАВ» лучше распределяются в полярных органических растворителях, что позволяет сравнительно легко совмещать неорганические наночастицы с полимерными матрицами различной химической природы и получать полимерные электролиты с хорошо диспергированными наночастицами.  $\text{TiO}_2$ , действующий как амфотерный оксид, может нейтрализовать кислотные вещества в электролите и уменьшить потери электродных материалов. Благодаря прочности наночастицы  $\text{TiO}_2$ , внедренные в полимерную матрицу могут эффективно блокировать рост дендритов и, кроме того, значительно улучшать стабильность гелевого полимерного электролита при пониженных и повышенных температурах. Также наночастицы  $\text{TiO}_2$  обеспечивают множество

каналов для переноса ионов лития. Добавление нановискеров CuO благодаря их прочности, позволит повысить эксплуатационные характеристики аккумулятора. Кроме того, нановискеры могут обеспечить более лёгкий транспорт ионов лития через электролит. Нами были получены наночастицы TiO<sub>2</sub> разной степени дисперсности (20-200 нм) золь-гель методом с последующим измельчением и отжигом. Был выполнен химический, гранулометрический и структурный анализ, а также была исследована морфология частиц. Для синтеза нановискеров оксида меди была разработана технология, включающая две стадии: электрохимическое осаждение меди на подложку и последующее термическое окисление. Далее нановискеры отделялись от подложки в ультразвуковой ванне. Методом сканирующей электронной микроскопии были исследованы морфология частиц и их размеры на разных этапах синтеза.

**Выводы.** Добавления наночастиц оксидов металлов позволит повысить электрические и эксплуатационные свойства гелевого полимерного электролита, а также обеспечит стабильную работу аккумулятора при пониженных и повышенных температурах. Для равномерного распределения наночастиц в объёме полимерной матрицы предложен метод диспергирования наночастиц ультразвуком, а также использование поверхностно активных веществ для формирования органической оболочки. Также описаны технологии синтеза нановискеров CuO и наночастиц TiO<sub>2</sub>.

Подлеснов Е. (автор)

Сауц А.В. (автор)

Чиркунова Н.В. (автор)

Дорогов М.В. (научный руководитель)