**Катодный материал на основе NMC811 и нановключений для литий-ионных аккумуляторов нового поколения**

***Павлова А. Д., Зубатова Д. А., Морозов А. В., Савина А. А., Абакумов А. М.***

*Студент, 2 курс аспирантуры*

*Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия*

*E-mail: Alina.Pavlova@skoltech.ru*

Смешанные оксиды лития и переходных металлов (LiNixMnyCozO2) со слоистой структурой, в частности NMC811, рассматриваются как перспективные катодные материалы для литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) нового поколения. Это обусловлено их способностью обеспечивать высокую удельную разрядную ёмкость (≥ 220 мАч/г в диапазоне потенциалов 2.7-4.3 В отн. Li+/Li) и, как следствие, повышенную плотность энергии (≥800 Втч/кг) по сравнению с коммерческим LiCoO2. Однако, ключевым препятствием для широкого коммерческого применения NMC811 является заметное снижение удельной разрядной емкости при длительном электрохимическом циклировании. Деградация электрохимической емкости обусловлена комплексом процессов, включающих структурные и химические изменения в катодном материале при длительной (де)интеркаляции ионов лития. Основные причины включают миграцию катионов переходных металлов в позиции лития, что приводит к разупорядочению кристаллической структуры и снижению ионной проводимости, а также изменению мотива упаковки слоев кислорода в слоистой структуре (O3 →O1). Наконец, изменение объема элементарной ячейки при (де)интеркаляции лития приводит к возникновению механических напряжений в кристаллах NMC, которые, в свою очередь, приводят к образованию и движению краевых дислокаций, а также к появлению и распространению микротрещин.

В рамках данной работы проведена модификация NMC811 с помощью введения Sn-содержащих наноразмерных включений, которые, как предполагается, будут выступать в качестве центров пиннинга дислокаций, препятствуя тем самым образованию и распространению микротрещин. Для достижения этой цели была разработана методика синтеза, основанная на введении наночастиц SnO2 в водный раствор солей переходных металлов в присутствии катионного поверхностно-активного вещества на этапе соосаждения прекурсора NMC811. Полученный модифицированный прекурсор представляет собой композитную систему, состоящую из двух фаз: смешанного гидроксида Ni0.8Co0.1Mn0.1(OH)2 (пр. гр. *P*-3*m*1) и наночастиц SnO2 (пр. гр. *P*42/*mnm*). Анализ, проведенный с использованием сканирующей просвечивающей электронной микроскопии в сочетании с энергодисперсионной спектроскопией (ЭДС-СПЭМ), показал, что прекурсор состоит из агломератов размером 2-5 мкм, образованных первичными частицами с равномерным распределением переходных металлов. При этом, наночастицы SnO2 преимущественно сконцентрированы в центре агломератов. В результате высокотемпературного литирования полученного прекурсора формируются протяженные когерентные включения в виде Li2SnO3 в кристаллитах NMC811. Вблизи включений Li2SnO3 (пр. гр. *C*2/*c*) наблюдается сегрегация катиона марганца. Результаты электрохимических испытаний демонстрируют, что разработанный модифицированный катодный материал обладает повышенной стабильностью циклирования по сравнению с немодифицированным NMC811.

*Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (проект #23-73-30003)*.