

# OPERANDO ДИФРАКЦИЯ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Самойлова Н.Ю., Сумников С.В.

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия  
e-mail: rny03@nf.jinr.ru

Основные характеристики современных металл-ионных аккумуляторов определяются прежде всего структурой и элементным составом электродных материалов, имеющих кристаллическую структуру, которая исследуется с помощью дифракции коротковолновых излучений — рентгеновского, синхротронного или нейтронного. При этом благодаря высокой проникающей способности и тому, что сечение рассеяния нейтронов случайным образом зависит от номера элемента, дифракция нейтронов проявила себя как уникальный метод исследования электродных материалов. Особенности сечения рассеяния нейтронов на химических элементах позволяют успешно проводить изучение структур, содержащих легкие элементы (например, Li, Na, O), и различать положение в структуре элементов с близкими атомными номерами (например, Mn, Fe, Co, Ni). Высокая проникающая способность нейтронов обеспечивает возможность исследовать структурные и микроструктурные трансформации в материалах электродов непосредственно в реальном устройстве и в реальном времени его эксплуатации.

В докладе представлены некоторые исследования литийсодержащих материалов для литий-ионных аккумуляторов, а также структурных превращений в материалах анода и катода реальных батареек, выполненные на TOF-дифрактометре HRFD на импульсном источнике нейтронов ИБР-2 [1-5].

## Список источников

1. Bobrikov I.A., Balagurov A. M., Chih-Wei Hu, et al. Structural evolution in LiFePO<sub>4</sub>-based battery materials: *In-situ* and *ex-situ* time-of-flight neutron diffraction study // J. Power Sources. 2014. 258. 356-364.
2. Балагуров А. М., Бобриков И. А., Самойлова Н. Ю., Дрожжин О. А., Антипов Е. В. Применение рассеяния нейтронов для анализа процессов в литий-ионных аккумуляторах // Успехи химии. 2014. 83. 1120-1134.
3. Бобриков И. А., Самойлова Н. Ю., Балагуров Д. А., Иваньшина О. Ю., Дрожжин О. А., Балагуров А. М. Анализ структурных трансформация в литий-ионном аккумуляторе с помощью дифракции нейтронов // Электрохимия. 2017. 53. 198-207.
4. Bobrikov I. A., Samoylova N. Yu., Sumnikov S. V., et al. *In-situ* time-of-flight neutron diffraction study of the structure evolution of electrode materials in a commercial battery with LiNi<sub>0.8</sub>Co<sub>0.15</sub>Al<sub>0.05</sub>O<sub>2</sub> cathode // J. Power Sources. 2017. 372. 74-81.
5. Bobrikov I.A., Samoylova N.Yu., Ivanshina O.Yu., Vasin R.N., Sumnikov S.V., Kornieieva K.A., Balagurov A.M. Abnormal phase-separated state of Li<sub>x</sub>Ni<sub>0.8</sub>Co<sub>0.15</sub>Al<sub>0.05</sub>O<sub>2</sub> in the first charge: effect of electrode compaction // Electrochimica Acta 265. 2018. 726-735.