

Nanomaterials for energy storage

Neutron scattering helps to increase the efficiency of using nanomaterials in electrochemical power sources. Today, lithium power supplies remain among the promising electrochemical energy storage devices, so there is a constant search for new materials or ways to improve the materials used for electrodes and solid electrolytes in order to increase their ionic conductivity and achieve higher energy storage capacity.

In particular, it is of great importance to study the effect of nanoscale characteristics of these components on their efficiency. For this purpose, the methods of neutron diffraction (HRFD instrument)

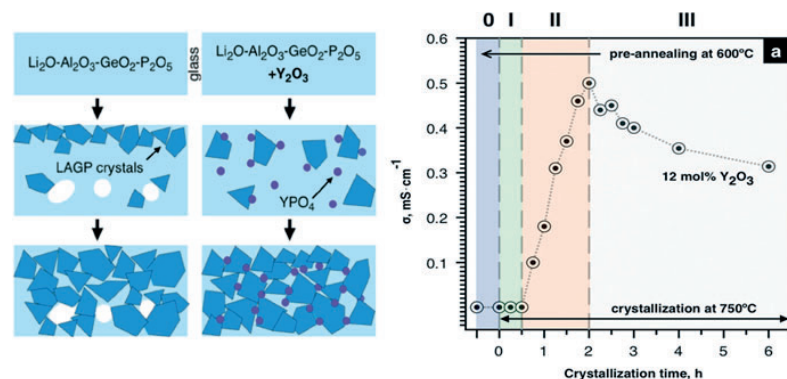
and small-angle neutron scattering (YuMO instrument) are actively used in FLNP at the IBR-2 reactor. So, for example, in collaboration with the Department of Chemistry of Moscow State University, the structure of conducting ceramic membranes LAGP used as a solid electrolyte in lithium sources was studied [1, 2]. The growth of the yttrium oxide phase was initiated to homogenize the material and enhance ionic conductivity. The observed increase in conductivity was explained by the growth of the contact points of crystal grains. Based on the experimental data, the procedure for the synthesis of membranes was optimized.

Fig. 1

Schematic representation of the effect of the homogenizer on the final microstructure of LAGP ceramics and the change in conductivity depending on the time of the second annealing at 750°C.

Рис. 1

Схематическое представление влияния гомогенизатора на конечную микроструктуру керамики LAGP и изменение проводимости в зависимости от времени второго отжига при 750°C.



Наноматериалы для перспективных накопителей энергии

Рассеяние нейтронов помогает повысить эффективность использования наноматериалов в химических источниках тока. Сегодня литиевые источники питания остаются в числе перспективных электрохимических накопителей энергии, поэтому постоянно ведется поиск новых материалов или путей усовершенствования используемых материалов для электродов и твердых электролитов с целью улучшения их ионной проводимости и достижения большего энергозапаса.

В частности, актуальным является изучение влияния наноразмерных характеристик данных компонент на их эффективность. В ЛНФ на реак-

торе ИБР-2 для этой цели активно применяются методы нейтронной дифракции (установка ФДВР) и малоуглового рассеяния нейтронов (установка ЮМО). Так, в сотрудничестве с химическим факультетом МГУ (Москва) исследована структура проводящих керамических мембран LAGP, используемых в качестве твердого электролита в литиевых источниках, в которых для гомогенизации материала и усиления ионной проводимости инициируется рост фазы оксида иттрия [1,2]. Показано, что увеличение проводимости объясняется ростом точек контакта кристаллических зерен. Исходя из полученных данных, проведена оптимизация процедуры синтеза мембран.

Also, the filling of nanopores of a carbon cathode with the end product (lithium peroxide) of the electrochemical reaction during the operation of promising lithium-oxygen cells was investigated [3]. This phenomenon leads to the blocking of oxygen diffusion in liquid electrolytes and significantly reduces the capacity of such cells in practice as compared to the record theoretically possible values. The use of neutron scattering made it possible to relate changes in the cathode at the nanoscale to the electrochemical characteristics of the cells, which helped to gain a better insight into the mechanisms that lead to the limitation of cell capacity. In cooperation with Dubna State University, the influ-

ence of conductive carbon additives (soot, graphene, carbon nanotubes (CNTs)) on the porous structure of cathode materials (LFP) for lithium-ion sources was studied [4]. The carbon additives were shown to change the porosity of electrodes in different ways and affect the wettability of the material by liquid electrolyte, both due to different efficiency of penetration into the pores of the initial material, and due to a change in the morphology of crystal grains. Of the considered additives, CNTs exhibit the strongest effect; they are best integrated into the LFP matrix and increase the penetration of the electrolyte into the electrode.

Fig. 2. SANS reveals the mechanism of filling nanopores in a carbon grain with the final product (lithium peroxide) during cathode discharge, depending on the liquid base of the electrolyte used (DMSO or MeCN).

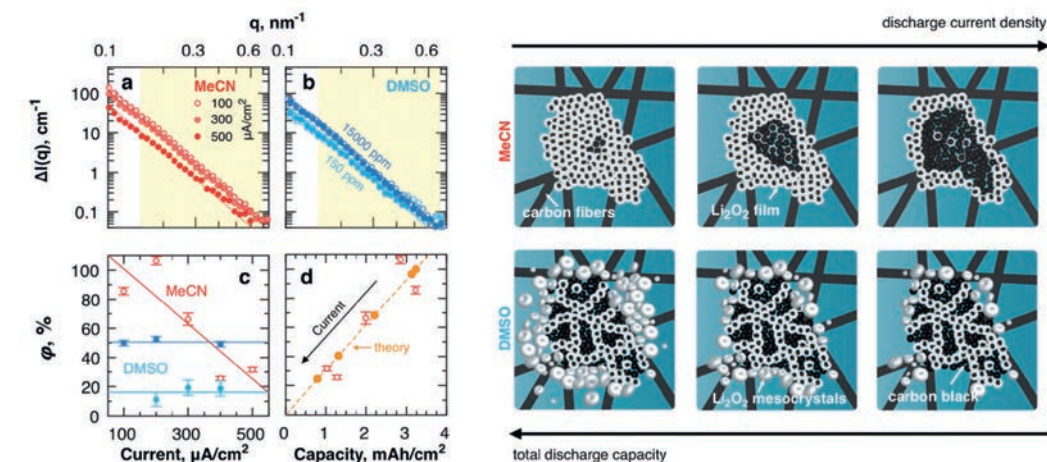


Рис. 2. МУРН раскрывает механизм заполнения нанопор в углеродном зерне конечным продуктом – пероксидом лития – при разряде катода в зависимости от используемой жидкой основы электролита (DMSO или MeCN).

Также исследовано [3] заполнение нанопор углеродного катода конечным продуктом электрохимической реакции (пероксидом лития) при работе перспективных литий-кислородных ячеек. Данное явление приводит к блокированию диффузии кислорода в жидком электролите и существенно снижает энергоёмкость таких ячеек на практике по сравнению с рекордными теоретически возможными значениями. Применение нейтронного рассеяния позволило связать изменения в катоде на наноуровне с электрохимическими характеристиками ячеек, что помогло прояснить механизмы, приводящие к ограничению ёмкости ячеек. В сотрудничестве с Государственным университетом «Дубна» исследовано [4]

влияние проводящих углеродных добавок (сажи, графена, углеродных нанотрубок (УНТ)) на пористую структуру катодных материалов (LFP) для литий-ионных источников. Установлено, что углеродные добавки по-разному изменяют пористость электрода и влияют на смачиваемость материала жидким электролитом как за счет разной эффективности внедрения в поры исходного материала, так и за счет изменения морфологии кристаллического зерна. Из рассмотренных добавок наиболее сильное действие проявляют УНТ: они наилучшим образом встраиваются в матрицу ЛФП и увеличивают проникновение электролита в электрод.