**Исследование твердотельных тонкопленочных натрий-ионных аккумуляторов с модифицированной границей раздела анод/электролит**

***Мещерякова Е.Е.1,2, Овсянников Н.А,2, Агапкин М.Д.2, Федотов С.С.2***

*Студентка, 3 курс бакалавриата*

*1Российский Химико-Технологический Университет имени Д. И. Менделеева ,   
факультет проблем устойчивого развития, Москва, Россия*

*2Сколковcкий Институт Науки и Технологий, Москва, Россия*

*E-mail: ee.mesh@mail.ru*

Одним из решений проблемы высокой пожароопасности металл-ионных аккумуляторов может послужить замещение жидкого электролита на твердый керамический ионный проводник и создание полностью твердотельных аккумуляторов на их основе [1]. Среди данного типа аккумуляторов твердые натрий-ионные аккумуляторы считаются наиболее перспективными благодаря наибольшей ионной проводимости натрий-проводящих материалов по сравнению с литиевыми и калиевыми ионными проводниками [2]. Керамический материал Na3Zr2Si2PO12 (NZSP) со структурой NASICON выделяется среди натрий-проводящих керамик за счет 3D проводящей структуры, высокой химической стабильности, а также относительной дешевизны и простоты синтеза [3]. Однако для дальнейшего развития твердотельных натрий-ионных аккумуляторов необходимо найти решения для ряда возникающих проблем, таких как создание и оптимизация технологии производства тонких (до 150 мкм) пленок твердых электролитов, а также уменьшение сопротивления на границе раздела между электродами и твердым электролитом [4].

В данной работе представлена методика получения тонких пленок керамик NZSP и предложен способ модифицирования границы раздела Na анод-электролит путем нанесения промежуточного слоя висмута. Твердый электролит был синтезирован методом с предварительным растворением прекурсоров, описанным в работе [5]. Тонкие керамические пленки были получены методом ракельного литья композита (состав: NZSP, связующее: поливинилбутираль; дисперсант: триэтаноламин, пластификатор: дибутилфталат, растворитель: этанол + метилэтилкетон) на подложку из полиэтелентерефталата с последующей термической обработкой, в ходе которой производился отвод органических компонентов и спекание полученного керамического каркаса. Нанесение висмута проводилось методом вакуумного напыления в камере с постоянным давлением 2\*105 мБар со скоростью нанесения 3 Å/с: толщина нанесенного слоя составляла ~ 120-150 нм. Путем анализа результатов, полученных методом спектроскопии электрохимического импеданса, установлено влияние промежуточного слоя висмута на внутреннее сопротивление ячеек; ионная проводимость тонких пленок NZSP составляла 2-5∙10-4 См/см, что является достаточным для твердотельных аккумуляторов. В докладе будет продемонстрирован детальный анализ спектров импеданса, а также результаты гальваностатического циклирования полуячеек с Na анодом и катодом на основе Na3V2(PO4)3.

**Литература**

1. Chenglong Zhao, Lilu Liu, Xingguo Qi, Yaxiang Lu, Feixiang Wu, Junmei Zhao, Yan Yu, Yong-Sheng Hu and Liquan Chen. Solid-State Sodium Batteries / Adv. Energy Mater. 2018, 8, 1703012.

2.  Lauren F. O’Donnell and Steven G. Greenbaum. Review of Multivalent Metal Ion Transport in Inorganic and Solid Polymer Electrolytes / Batteries 2021, 7, 3.

3. Chi Li, Rui Li, Kaining Liu, Rui Si, Zhizhen Zhang, Yong-Sheng Hu. NaSICON: A promising solid electrolyte for solid‐state sodium batteries / Interdisciplinary Materials, 2022, 1:396–416.

4. Balaish, M., Gonzalez-Rosillo, J.C., Kim, K.J. et al. Processing thin but robust electrolytes for solid-state batteries / Nat Energy 6, 227–239 (2021).

5. Sahir Naqash, Qianli Ma, Frank Tietz, Olivier Guillon. Na3Zr2(SiO4)2(PO4) prepared by a solution-assisted solid state reaction / Solid State Ionics 302, 2017, 83–91.