

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ложкиной Дарины Андреевны «**Кремниевые аноды для литий-ионных аккумуляторов**», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11.– физика полупроводников.

Диссертационная работа Ложкиной Дарины Андреевны посвящена исследованию кремниевых анодов для литий-ионных аккумуляторов, в том числе разработке принципов формирования кремнийсодержащих материалов, обладающих высокой энергоемкостью. Работу составляют 4 логически связанных и дополняющих друг друга исследования, касающиеся синтеза пористого кремния -- перспективного электродного материала, исследования влияния катализатора на основе Ni в составе Si/C композита на степень графитизации углеродной составляющей (выявлено образование нежелательного побочного продукта при более низкой температуре), карбонизации SiO с помощью фторуглерода для получения композитных SiO/C электродов и исследования электрохимических характеристик SiO/C электродов в зависимости от количества в оксидной матрице нанокристаллитов Si и содержания в ней кислорода и возможности влиять на содержание этих компонентов.

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) – самые распространённые вторичные источники тока, давно перешагнувшие рубеж использования в портативных устройствах. Область применения ЛИА постоянно расширяется, и на сегодняшний день включает в себя применение в силовых установках, электротранспорте и стационарных накопителях энергии. Это способствует стремительному развитию исследований по тематике литий-ионных технологий, в особенности в сфере электродных материалов. Одним из главных направлений безусловно является разработка и использование новых, обладающих высокими значениями емкости, анодных материалов, среди которых наиболее перспективными являются кремнийсодержащие соединения: Si (теоретическая ёмкость 3600 мАч/г) и SiO (теоретическая емкость 2600 мАч/г). Кремний дешёв, экологически безвредный, к тому же полупроводниковая промышленность имеет сформированную технологию для его промышленного производства. Но в то же время кремнийсодержащие анодные материалы имеют существенный недостаток – быстрое деградирование материала в процессе циклирования. Исследования, направленные на разработку принципов формирования кремнийсодержащих материалов, обладающих высокой энергоемкостью являются несомненно актуальными.

Наиболее важные аспекты **научной новизны работы** состоят в детальном исследовании процесса спекания нанопорошка кремния при синтезе пористого кремния, а также в обнаружении эффекта снижения температуры образования карбида кремния -- побочного нежелательного продукта карбонизации кремния фторуглеродами в присутствии никелевого катализатора с 1100 до 800 °С; в исследовании температурной зависимости количества кремния, выделяющегося в процессе диспропорционирования SiO (метод РФА); выявлении анизотропной деформации образующихся при этом нанокристаллитов кремния; определении энергии активации процессов нуклеации Si кристаллитов ($E_{a1} = 1.64$ эВ) и их роста ($E_{a2} = 2.38$ эВ) при диспропорционировании SiO и рекомендации формирования композитного SiO/C материала путем взаимодействия монооксида кремния со фторуглеродом.

Достоверность результатов, полученных в работе, подтверждается высокой воспроизводимостью полученных данных, непротиворечивостью результатов, полученных с помощью различных методов анализа, а также их согласованностью с литературными источниками. Также в процессе исследования был применен комплекс современных методов исследований: методы структурного исследования – просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, совокупность электрохимических методов.

Автореферат отражает наиболее важные моменты диссертационной работы, а также содержит достаточное количество хорошо оформленного иллюстративного материала, что позволяет получить детальное представление о гораздо более обширной диссертационной работе (132 стр., 87 рис., 21 табл.).

Диссертационный материал прошел всестороннюю апробацию (в том числе – 11 докладов на конференциях Всероссийского и Международного уровня).

Наиболее важные результаты изложены в 9 журналах списка ВАК.

Таким образом, работа Ложкиной Д.А. является законченным цельным исследованием. При ознакомлении с авторефератом возникли следующие вопросы:

1. В раздел «Научная новизна» внесен пункт по способу получения пористого кремния путем спекания нанопорошка. На наш взгляд в автореферате недостаточно полно раскрыта новизна этого пункта.
2. В процессе карбонизации Si фторуглеродом выделяется газообразный фторид кремния – сильный яд. Не будет ли производство из-за этого слишком дорогим, целесообразно ли это (обеспечение безопасности производства)?
3. Не совсем ясно, что улучшает электрохимические характеристики анодного материала на основе карбонизированного Si – включение в их состав Ni или графитизация слабоупорядоченного углерода (Ni – выступает в роли катализатора).
4. Если в качестве основной причины того, что высокотемпературные образцы не заряжаются, указано обогащение оксидной матрицы кислородом, с чем успешно справляется травление материала в HF, не ясно для чего нужна формировка материала низкими значениями плотности тока. Каким образом циклирование при низкой плотности тока связано с содержанием кислорода в матрице?

Следует отметить, что данные вопросы не снижают достоинств диссертационной работы и не затрагивают основных выводов, а проведенное исследование выполнено на высоком профессиональном уровне.

Диссертационная работа Ложкиной Дарины Андреевны на тему **«Кремниевые аноды для литий-ионных аккумуляторов»** отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – «физика полупроводников» согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук», а ее автор, Ложкина Д.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Согласна на обработку моих персональных данных

Махонина Елена Вячеславовна

с.н.с., к.х.н., 02.00.04 – физическая химия

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук, лаборатория химии координационных полиядерных соединений.

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 31, к. 826

Телефон: +7 903 143 17 38

Эл. адрес: elenamakhonina@mail.ru

Дата: 11.12.2023
