ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Волкова Алексея Игоревича на тему: «Электродные материалы на основе дисульфида молибдена для электрохимических источников энергии», представленную на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 1.4.6. Электрохимия

Актуальность тематики диссертационной работы А.И. Волкова определяется следующими факторами:

- слоистая графеноподобная структура дисульфида молибдена, позволяющая реализовать доступ к активным центрам для протекания электрохимических реакций и сохранять значительное расстояние между слоями для интеркаляции ионов без деформации структуры материала в процессе заряда/разряда, является основанием для отнесения данного соединения к перспективным функциональным материалам металл-ионных источников тока;

- многоэлектронный характер восстановления MoS_2 обеспечивает высокую теоретическую емкость материалов на его основе;

- высокоразвитая поверхность MoS_2, высокая адсорбционная способность материала по отношению к катионам совместно с внедрением катионов в межслоевое пространство, позволяет рассматривать его в качестве электродного материала суперконденсаторов;

- весьма перспективными являются направления исследований, связанные с модификацией дисульфида молибдена проводящими полимерами и углеродными материалами для стабилизации электрохимических свойств и увеличения проводимости электродов источников тока. Создание таких композиционных материалов требует решения ряда важных теоретических задач, связанных с влиянием добавок на химические и физические свойства

РК № 33-06-731 от 07.06.2023

композитного электрода, в частности, с изучением механизмов транспорта заряда и вещества в его структуре.

Таким образом, тема диссертационной работы А.И. Волкова, безусловно, является актуальной как с практической, так и с теоретической точки зрения.

Научная новизна рецензируемой работы заключается в получении и исследовании новых электродных материалов на основе дисульфида молибдена а также в установлении взаимосвязи между способами получения электроактивных веществ и их характеристиками. Автором внесен существенный вклад в понимание механизма процессов, приводящих при модификации материала к улучшению его функциональных характеристик.

Важнейшей частью **практической значимости** является предложенный автором способ темплатного синтеза электродных материалов на основе дисульфида молибдена и проводящего полимера PEDOT с контролируемыми за счёт выбора электрохимического режима и проводящей подложки структурно-морфологическими характеристиками активного материала.

При выполнении диссертационной работы использован целый ряд взаимодополняющих физико-химических методов исследования: рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, комплекс электрохимических методов. Указанные методы реализованы с использованием современного оборудования. Это обусловило **научную достоверность и обоснованность** полученных результатов, которая, в большинстве случаев, подтверждается получением согласующихся экспериментальных данных при применении различных методов исследования.

В целом, **научные положения и выводы работы** являются вполне обоснованными, т.к. базируются на современных представлениях электрохимии и надежном экспериментальном материале. Выводы сформулированы четко и охватывают все важнейшие разделы работы.

Достоверность полученных результатов подтверждает **широкая апробация** работы на научных, в том числе международных, конференциях. Материалы, представленные в диссертации, **достаточно полно отражены** в публикациях А.И. Волкова.

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. Некоторые из «Положений, выносимых на защиту» сформулированы недостаточно четко и не содержат собственно «Положений», т.е. утверждений, отражающих полезность и ценность всей кандидатской диссертации, которые ранее не выдвигались. Например, в «Положениях» перечислены «Данные о фазовом составе...», «Совокупность данных о зависимости...», «Сведения о влиянии выбора полимерного связующего...» (соответственно пп. 2, 3, 4 раздела), но отсутствуют утверждения, выдвинутые на основе указанных данных и сведений.
2. В разделах 2.1 – 2.6 не указаны конкретные марки электродных материалов, использованных в диссертационной работе: стеклоуглерода, «медной подложки», углеродной ткани «Kynol». Например, удельная поверхность ткани «Kynol» может отличаться на порядки в зависимости от типа материала, технологии его изготовления и активации, что, безусловно оказывает существенное влияние на характеристики электрода и источника тока в целом. В ряде случаев (раздел 2.1) не указаны марки и чистота реактивов, использованных для приготовления электродных материалов и электролитов: «для

гидротермального синтеза дисульфида молибдена использовался тетрагидрат молибдата аммония ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$)...», « в качестве электролита для исследований свойств литий-ионных аккумуляторов использовался 1 М раствор $LiPF_6$ в 1:1 (по объёму) смеси этиленкарбоната и диэтилкарбоната (EC/DEC)...», «в качестве электролита для исследований свойств литий-серных аккумуляторов использовался 1 М раствор LiTFSI в 1:1 (по объёму) смеси DOL/DME с добавкой 0.2 М $AgNO_3$ для подавления пассивации анода».

3. Приводя в таблицах численные значения исследуемых величин, автор не указывает погрешность их определения или, хотя бы, воспроизводимость результатов.
4. Замечаний по тексту диссертации совсем не много. Количество ошибок и опечаток не превышает среднестатистический показатель. Хотелось бы только отметить, что на многих рисунках (например, 33, 41, 51) отдельные кривые трудно отличить друг от друга вследствие малой палитры цветовых обозначений.
5. Раздел «Выводы» по сути содержащихся там положений лучше было бы назвать «Итоги работы и выводы».

Характеризуя в целом результаты, полученные в рецензируемой диссертации, важно отметить, что высказанные выше замечания не затрагивают существа работы и не снижают ее ценности.

Диссертация Волкова Алексея Игоревича на тему: «Электродные материалы на основе дисульфида молибдена для электрохимических источников энергии» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Волков Алексей

Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.6. Электрохимия. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета
д.х.н., профессор, главный научный сотр.
ФГБУН «Физико-технический институт
имени А.Ф. Иоффе РАН»

Тимонов Александр Михайлович

Дата 22.05.2023

Подпись Тимонова А.М. удостоверяю
зав.отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе
Н.С. Бурченко