

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Заворина Алексея Валерьевича
«Разработка научных основ получения композитов на основе многослойных
углеродных нанотрубок и кремния»,
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4 «Физическая химия»

Использование наноматериалов в различных прикладных областях – технике, медицине, защите окружающей среды и пр., – усиливающая тенденция современного технологического развития. Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) являются одним из наиболее перспективных для практики наноматериалов как по своим физико-химическим свойствам, так и по причине сравнительной простоты и низкой стоимости их производства. Работы Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН в области синтеза, исследования свойств и использования МУНТ приобрели широкую мировую известность благодаря своей оригинальности и научной глубине. Диссертация А. В. Заворина является исследованием, продолжающим и развивающим это актуальное направление.

Диссертационная работа А. В. Заворина посвящена вопросам получения и исследования физико-химических свойств композитов МУНТ с кремнием, карбидом и оксидом, и углеродом. В работе рассмотрены две главных области применения таких композитов. Первая область – это использование указанных композитов в качестве анодного материала для литий-ионных источников тока; вторая – создание на их основе керамик с улучшенными механическими свойствами. Результаты, полученные автором диссертации по обоим направлениям, представляют большой интерес с научной и прикладной точек зрения. Ниже приводится краткое перечисление наиболее важных из них (с точки зрения автора отзыва).

В работе А. В. Заворина технология псевдооживленного слоя (ПС), применявшаяся достаточно давно в ИК СО РАН для синтеза МУНТ, получила своё развитие как способ последующей их модификации. Автор диссертации исследован процесс осаждения кремния из моносилана в больших количествах (до 58% масс.) и показаны преимущества этого метода по сравнению с осаждением кремния на МУНТ в реакторе с замкнутым (в терминологии автора «с фиксированным») объёмом и в проточном реакторе. Установлено, что частицы кремния осаждаются на дефектах нанотрубок и что количеством этих частиц можно управлять путём создания дополнительных дефектов на МУНТ, в частности, путём их управляемого окисления, а также варьируя тип нанотрубок и кинетические условия осаждения. Изучена структура частиц осаждённого кремния и показано, что они представляют собой в основном аморфные образования с небольшими (в несколько нанометров) кристаллитами.

В работе проведен полный цикл исследований – от синтеза композитов МУНТ-Si до изучения их свойств и свойств их модификаций, существенных для двух указанных выше приложений (аноды литий-ионных источников тока и высокопрочные композиты МУНТ-SiC-Si). Автор диссертации использовал фактически четыре вида модификации первичного композита МУНТ-Si –

ИНСТИТУТ КАТАЛИЗА

Вх. № 629

ДАТА 08.02.2024

высокотемпературную обработку, окисление и осаждения углерода из газовой фазы в ПС, и низкотемпературное реакционное спекание. Получены очень интересные результаты, касающиеся изменения фазового состава и структуры композитов МУНТ-Si и МУНТ-Si-C при их термической обработке при различных температурах (от 700 до 1350 °C): показано как с ростом температуры происходит рост кристаллитов кремния, затем рост и укрупнение кристаллитов различных полиморфных модификаций карбида кремния, сопровождающийся «перерезанием» нанотрубок. Установлены параметры взаимодействия кремния и МУНТ с образованием поликристаллического SiC в соответствии с кинетической моделью Авраами-Ерофеева. Высокое значение определённой для этого взаимодействия энергии активации (470 кДж/моль) свидетельствует, по-видимому, о твёрдофазном диффузионном механизме роста зародышей SiC.

В двух последних главах диссертации автор показал, что полученные им композиты углеродных нанотрубок с кремнием и карбидом кремния могут быть с успехом использованы в качестве анодного материала для литий-ионных источников тока, а также для получения высокопрочных керамических изделий (благодаря армирующему действию образующихся whiskers SiC. Это многообещающие для практики результаты.

У автора отзыва нет принципиальных замечаний по автореферату диссертации – он написан достаточно ясно и информативно. Можно было бы высказать сожаление по поводу отсутствия в автореферате некоторых деталей, например, касающихся реагирования частиц кремния с нанотрубками при различных температурах (изменения «интерфейса» между ними). Однако, эта «недостача» была с лихвой компенсирована тем, что заставила автора отзыва обратиться к самой диссертации, где он почерпнул много новой информации.

Работа А. В. Заворина соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 «Физическая химия» за новые научные экспериментальные и теоретические результаты по синтезу и свойствам нанокompозитов МУНТ-Si-SiC.

Главный научный сотрудник

Лаборатории радиационно-конвективного теплообмена

Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова

Национальной академии наук Беларуси,

доктор физико-математических наук

О.С. Рабинович

Адрес: 220072, Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки, 15

Тел.: +

E-mail:

29.01.2024

Подпись Рабиновича

Заместитель директора

ИТМО НАН Беларуси

Данилова-Третьяк С.М.