ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мурадымова Романа Викторовича на тему:
«СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЙ-ГРАФЕНОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности
1.4.4 – Физическая химия (химические науки)

Диссертационная работа Р.В. Мурадымова посвящена разработке нового метода синтеза алюминий-графенового композита (АГК) и исследованию его структуры и свойств. Актуальность темы обусловлена высокой востребованностью легких и прочных материалов в авиа- и автомобилестроении, энергетике и других отраслях, где критичны удельные характеристики. Уже более 10 лет в современном материаловедение тематика получения материала «мечты», который объединял бы в себе легкость алюминия и прочность двумерных материалов является крайне востребованной и актуальной. За это время получено огромное количество теоретических и экспериментальных результатов. Тем не менее, традиционные способы получения таких композитов сталкиваются с рядом трудностей, например, неоднородное распределения графена внутри металлической матрицы, образования нежелательных фаз, пористость. Все эти факторы ухудшают свойства таких композитов. В работе предложен оригинальный подход к синтезу АГК in situ путем химического взаимодействия карбида бора с расплавленным алюминием под слоем галогенидных солей, позволяющий получить беспористые, электропроводные и пластичные слитки без образования вредных фаз.

Научная новизна исследования заключается в разработке метода in situ синтеза двух- и трехслойного графена непосредственно в объеме алюминиевой матрицы при температурах 700–850 °C, а также в предложении механизма получения графеновых пленок внутри алюминиевой капли через самосборку атомов углерода. Впервые показано одновременное повышение твердости, прочности и эластичности АГК, а также доказана его сверхпластичность при 300 °C. Установлено, что введение графена снижает толщину оксидной пленки на поверхности композита в три раза и повышает теплопроводность на 21% и электропроводность на 6% по сравнению с чистым алюминием.

Практическая значимость работы состоит в получении технологически перспективного материала, пригодного для промышленного производства проводов, теплообменников и конструкционных элементов, что в будущем также скажется на снижении стоимости производства и эксплуатации изделий на основе АГК. АГК обладает повышенной электропроводностью, устойчивостью к равномерной коррозии и способен сохранять свойства при прокатке до фольги и волочении до проволоки диаметром 0,2 мм. Вышеперечисленные факты делают АГК перспективным для применения в энергетике и транспортном машиностроении. Достоверность выводов подтверждается высокой воспроизводимостью результатов, использованием комплекса современных методов характеризации (СЭМ, ПЭМ, СКР, РФЭС, РФА и др.), а также апробацией на международных конференциях и публикацией в рецензируемых научных журналах.

Выводы, сделанные в работе, обоснованы. Выносимые на защиту положения аргументированы и отражают полученные результаты исследования. Выбор методов, применяемых для получения результатов также аргументирован.

Автореферат диссертационной работы отражает огромное количество полученных результатов, сопровождается достаточным количеством графического материала. Результаты исследований многократно докладывались на международных и всероссийских конференциях. Результаты диссертации изложены в 31 публикации, в том числе 13 статьях в рецензируемых научных журналах и изданиях, индексируемых в базах данных Scopus/Web of Science и рекомендуемых ВАК РФ, 17 тезисах докладов на международных и всероссийских конференциях и 1 патенте РФ.

Диссертационная работа представляет собой законченное систематическое исследование, результаты которого могут быть применимы в области физики и химии наноструктур, неорганической химии и материаловедении.

По автореферату имеется ряд замечаний и вопросов:

1. Что подразумевается под термином - графеновые пластины?
2. Есть ли исследования твердости для образцов с другой концентрацией графена, кроме 1 масс.% и 2 масс.%? Какая максимальная конценрация графена в АГК

рассматривалась? Есть ли предельный случай, когда графен ухудшает характеристики АГК?

3. Страница 16: Утверждение: «Разрыв происходит по металлу, в то время как листы графена остаются недеформированными». Из автореферата неясно на каком основании сделан такой вывод?
4. Как полученные данные соотносятся с результатами теоретических и экспериментальных исследований других групп?
5. Есть ли у вас представление об атомной строении АГК? Как и где в алюминии расположен графен? Как в вашем случае достигнута смачиваемость между матрицей и графеном? Как ее еще можно улучшить?

Также имеются замечания по тексту и стилистике:

1. Задачи исследования, пункт 2 «Изучение структуры и дефектности» - изучение структуры включает в себя дефектность и наоборот, дефектность есть изучение структуры, более удачный оборот был бы «Изучение структуры, определение дефектности».
2. Список литературы в автореферате содержит только одно наименование.
3. Научная новизна: «Разработан новый уникальный метод» - если он новый, то он по умолчанию уникальный.
4. Практическая значимость работы - она очевидна и на поверхности, но в автореферате она описана общими словами, напоминающими новизну исследования. Однако новизна – фундаментальная часть работы, тогда как практическая значимость несколько иное.
5. Страница 8 – неудачный оборот "пленки графена значительной площади". Какая величина площади является значительной?
6. «После синтеза проводили аттестацию состава и структуры полученного АГК методами...» - аттестация подразумевает под собой наличие большая партия стандартных образцов, из общей массы которых вы делаете небольшую выборку, оцениваете их характеристики, то, как они отличаются от заявленных для всей партии и пр. Это намного более сложный процесс, чем описанный у вас. Лучше избегать таких словосочетаний.

Тем не менее, считаю, что приведенные замечания никак не снижают научную и практическую значимость полученных результатов, а носят субъективный характер.

Считаю, что диссертация отвечает всем требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции), а ее автор, Мурадымов Р.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора (кандидата) химических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия.

Согласен с размещением моих персональных данных в сети Интернет.

Доктор физико-математических наук
(специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния),
доцент, ведущий научный сотрудник,заведующий Центром «Компьютерного моделирования неорганических и композитных наноразмерных материалов»
Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук

Квашнин Дмитрий Геннадьевич

25 августа 2025

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук. Адрес: 119334, Москва, ул. Косыгина 4, ibcp@sky.chph.ras.ru

Подпись Квашнина Д.Г. заверяю
Ученый секретарь ИБХФ РАН
к.б.н. Скалацкая Светлана Ивановна