

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Ухиной Арины Викторовны
«Структурно-морфологические особенности формирования металл-алмазных композиций»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности
02.00.21 – химия твердого тела.

Алмаз обладает высокой теплопроводностью и может быть использован для получения теплоотводов, необходимых в мощных полупроводниковых приборах: микропроцессорах, мощных лазерных диодах, светодиодах, микроэлектромеханических системах, транзисторах большой мощности и т.д. путем создания композитов «алмаз-металл». Диссертационная работа Ухиной Арины Викторовны посвящена исследованию фазовых и морфологических особенностей взаимодействия в системах металл-алмаз (в условиях электроискрового спекания, горячего прессования и химического осаждения из газовой фазы в реакторе с вращающейся камерой) с целью увеличения теплопроводности, получаемых из них композитов. Тема диссертации относится к критическим технологиям Российской Федерации «Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов», а исследования были поддержаны молодежными грантами РФФИ, поэтому **данная тема является актуальной**.

Диссертация Ухиной А.В. состоит из Введения, шести глав, Заключение, Выводов, списка сокращений и используемых обозначений и списка используемой литературы. Работа изложена на 117 страницах, включая 65 рисунков и 12 таблиц. Список цитируемой литературы включает 188 наименований.

Научная ценность и новизна работы заключается в следующем:

1. Проведен синтез металлсодержащих (никель, вольфрам, молибден) покрытий на поверхности алмаза методами электроискрового спекания и горячего прессования смесей порошков «никель+алмаз», «алмаз+вольфрам», «алмаз+молибден», «алмаз+оксид вольфрама WO_3 », а также методом химического осаждения из газовой фазы, используя никелоцен и карбонил вольфрама в качестве источников металла.
2. Полученные покрытия были исследованы набором физико-химических методов (сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, КР-спектроскопия, метод дисперсионного анализа и картирования) для выявления фазовых и микроструктурных особенностей.
3. Показано, что методом электроискрового спекания возможно получение тонких однородных металлсодержащих покрытий на поверхности алмаза уже через 10 мин обработки, методом горячего прессования-через 30 мин обработки. Предположено, что покрытие формируется за счет восстановления летучих оксидов металлов (W, Mo) с последующей карбидизацией. Установлено, что состав и морфология металлсодержащих покрытий,

полученных методом химического осаждения из газовой фазы, в значительной степени зависит от условий их получения (время обработки, общее давление в камере).

4. При использовании никелоцена в качестве прекурсора и давлении в камере 2000 Па выявлено формирование многостенных углеродных нанотрубок на поверхности алмаза. При снижении давления до 180 Па на поверхности образуется тонкое однородное покрытие, состоящее из наноразмерных частиц никеля.

5. При использовании карбонила вольфрама в качестве источника металла установлено, что после 30 мин обработки образуется островковое покрытие, состоящее из карбида вольфрама WC, после 60 мин обработки — сплошное покрытие, состоящее из карбидов вольфрама WC, W₂C и металлического W.

6. На основе полученных алмазов с покрытиями были синтезированы композиты «медь-алмаз» и измерена их теплопроводность. Был проведен анализ влияния морфологии и фазового состава покрытий на теплопроводность композитов «медь-алмаз». Наибольшее значение теплопроводности (420 Вт/м·К) было получено для образцов на основе алмазов с модифицированной молибденом поверхностью.

К диссертационной работе Ухиной А.В. имеются следующие вопросы и замечания:

1. В Литературном обзоре (Табл.2) не приведены ссылки откуда были взяты значения теплопроводности и температурного коэффициента линейного расширения.

2. В разделе 2.1. Реагенты и материалы недостаточно подробно охарактеризованы исходные порошки. На Рис.10 не указаны грани частиц синтетического алмаза, на Рис.11, 12,14 не хватает снимков с более высоким увеличением, позволяющим оценить форму и размеры первичных кристаллитов наноалмазов, никеля и вольфрама. Это затрудняет последующий анализ многокомпонентных композитов.

3. При интерпретации спектров комбинационного рассеяния (в частности отношения п.п. 1350 см⁻¹ и п.п. 1582 см⁻¹) в разных местах диссертации используются разные термины: на стр.50 это отношение характеризуется как «степень кристаллизации», на стр.63 — как «концентрация дефектов», на стр.95- как «степень графитизации». Насколько это корректно?

4. При оценке теплопроводности методом лазерной вспышки использовали формулу, в которую входят значения теплоемкости материалов. К сожалению, в диссертации не указаны ни значения этих теплоемкостей, ни ссылки или формулы откуда они были взяты.

5. На рис.59,60,61 недостаточно обозначены компоненты композитных материалов, поэтому крайне трудно различить материал матрицы, поры, а также когезионные изломы.

6. Имеются технические ошибки: Рис.8,56, а также Таблицы 3,4,6,7 разорваны на 2 страницы. В табл.1 и на Рис.29 имеются опечатки.

Приведенные замечания не преуменьшают достоинства диссертации, была выполнена объемная исследовательская работа, результаты которой имеют как научное, так и

практическое значение. По результатам исследований имеется 19 публикаций, включая 6 статей в рецензируемых журналах и 13 тезисов докладов на российских и международных конференциях. Результаты исследований отмечены многочисленными дипломами, они **достоверны** и не вызывают сомнений. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 02.00.21 – химия твердого тела (п. 3, 7 и 8). Автореферат соответствует тексту диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Структурно-морфологические особенности формирования металл-алмазных композиций» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, изложенным в пункте 9 «Положения о присуждении ученых степеней». Автор работы, Ухина А.В., заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – химия твердого тела.

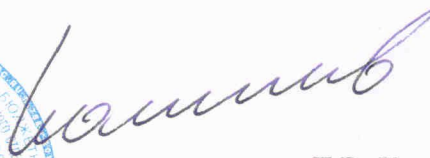
Доктор химических наук,
Ведущий научный сотрудник
Лаборатории катализаторов глубокого окисления
ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова
Сибирского отделения РАН

 Тихов Сергей Федорович

630090, Россия, г. Новосибирск
пр. Академика Лаврентьева 5
tikhov@catalysis.ru

Подпись в.н.с. ИК СО РАН
д.х.н. Тихова С.Ф. заверяю
Ученый секретарь
ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова
Сибирского отделения РАН
доктор химических наук





Д.В. Козлов

21.10.2019