

Отзыв

на автореферат диссертации Никитина Дмитрия Сергеевича на тему: «Плазмодинамический синтез ультрадисперсного карбида кремния», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.02 – Электротехнические материалы и изделия

Керамика из карбида кремния занимает лидирующее место в различных отраслях промышленности: двигателестроении, машиностроении, химической промышленности, металлургии, ядерной энергетике и других областях. Широкая востребованность карбида кремния обусловлена совокупностью уникальных физических характеристик, таких как сверхтвердость (~ 31 ГПа), высокая термостойкость (на воздухе до температур порядка 1700 °С, низкий коэффициент теплового расширения $3,4 \cdot 10^{-6}$ К $^{-1}$), стойкость к химически агрессивным средам и к радиационному излучению. Кроме того, SiC является перспективным полупроводником, что позволяет создавать на его основе устройства силовой электроники для применения в жёстких условиях эксплуатации.

Наноразмерные частицы SiC используются для создания наноструктурированной керамики и в качестве армирующего материала для повышения износостойкости, твердости, прочности, вязкости разрушения и уменьшения трения композиционных материалов. Наноразмерный SiC получают несколькими методами (самораспространяющийся высокотемпературный синтез, плазмохимические методы, золь-гель метод и др.). Все эти процессы имеют ряд недостатков.

Одним из возможных путей достижения при синтезе температур, близких к температуре плавления карбида кремния, является прямой плазмодинамический синтез в сверхзвуковой струе кремний-углеродной электроразрядной плазмы. Автором отработана технология синтеза ультрадисперсного карбида кремния крайне необходимого для полупроводниковой и технической промышленности, поэтому данную диссертационную работу можно считать весьма **актуальной**.

Работа Д.С Никитина представлена цельным, логичным исследованием, в котором подробно описан метод синтеза ультрадисперсного карбида кремния с описанием режимов синтеза и технологических особенностей процесса, а также анализ синтезированных порошков и материалов на основе SiC с добавками Al, B и C (для получения максимально возможного плотного материала). Консолидацию проводили современным методом искрового плазменного спекания, позволяющим сократить время спекания, снизить рекристаллизационный рост зёрен в процессе спекания, уменьшить

пористость и получить материалы с высоким уровнем механических характеристик. Всё вышесказанное позволяет сделать вывод, что **научные положения и заключение** в работе хорошо структурированы и обоснованы.

Экспериментальные результаты, полученные в процессе подготовки диссертации, а также сделанные автором заключения не противоречат современным научным представлениям. Исходя из результатов работы и обоснования полученных данных, разработаны основы синтеза ультрадисперсного карбида кремния в гиперскоростной струе углерод-кремниевой электроразрядной плазмы, что делает результаты работы значимыми как с фундаментальной (для образовательных и научных институтов), так и с прикладной стороны науки (для отраслевых институтов и предприятий).

Работа выполнена в рамках грантов Российского научного фонда № 15-19-00049 (НИР ТПУ № 2.1513.С.2015), фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (проекты № 16795 и № 17216), Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 09-08-01110 и № 11-08-00608). Получен патент «Способ синтеза нанокристаллического карбида кремния» (2559510 РФ. С30В 29/36 от 09.04.2014).

Автореферат диссертации производит хорошее впечатление. Исследование, проводимое автором, является актуальным, цельным и завершенным, оно отличается новизной, имеет научную и практическую значимость. Результаты диссертации достоверны, а заключение и рекомендации – научно обоснованы.

По теме диссертации опубликовано 30 печатных работ, в том числе 10 статей в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ и 4 статьи в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных (Web of Science, Scopus, Springer), 15 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, получен 1 патент на изобретение.

По содержанию работы возникли следующие замечания и вопросы:

1. Погрешность в высокопористых материалах делает необъективным полученные результаты по твёрдости SiC-материалов без добавок. Наверное более информативным свойством, зависящим от пористости, может являться модуль упругости;

2. В автореферате автор не указывает размера частиц Al, B и C, выступающих в качестве добавок и каким методом они были введены в состав шихты. На мой взгляд, количество добавок «наноразмерных компонентов» можно было бы снизить, что должно было бы повысить уровень твердости;

3. Полученные значения теплопроводности $\lambda = 73 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ не являются высокими, поскольку в научной литературе имеются сведения, что теплопроводность реакционно-

спеченного (силицированного) карбида кремния $\lambda = 100-110$ Вт/(м·К), а жидкофазно-спеченного карбида кремния $\lambda = 80-85$ Вт/(м·К).

Возникшие замечания не снижают общего хорошего впечатления о работе, которая, несомненно, может быть оценена только положительно. По моему мнению, диссертационное исследование, по своему научному и техническому уровню, соответствует требованиям п. 9–14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Никитин Дмитрий Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.02 – Электротехнические материалы и изделия.

И.о. старшего научного сотрудника лаборатории кремнийорганических соединений и материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук, доктор технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов



Перевислов Сергей Николаевич

Адрес ИХС РАН: 199034, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2

Тел. отд. кадров ИХС РАН: 8(812) 328-85-78

Тел. моб.: 8(904) 551-49-55

E-mail: perevislov@mail.ru

Подпись Перевислова С.Н. заверяю
ВРИО директора по научной работе



Н.Г. Тюрнина