

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Симоненко Елизаветы Петровны «Новые подходы к синтезу тугоплавких нанокристаллических карбидов и оксидов и получению ультравысокотемпературных керамических материалов на основе диборида гафния», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия

Развитие авиакосмической отрасли и техники специального назначения выявило чрезвычайно острую проблему отсутствия материалов, работоспособных при аэродинамическом нагреве высокоскоростными потоками воздуха до температур $> 2000-2500^{\circ}\text{C}$. При этом традиционные высокотемпературные материалы на основе Si/C -, Si/SiC - и $\text{Si}/\text{C}-\text{SiC}$ -композитов не выдерживают столь жесткого воздействия. В настоящее время основными компонентами ультравысокотемпературных керамических материалов для применения при высокоскоростном аэродинамическом нагреве в деталях с острыми кромками являются преимущественно композиты ZrB_2/SiC и HfB_2/SiC .

Для улучшения свойств этих материалов (в частности, увеличения окислительной стабильности и трещиностойкости, оптимизации механических характеристик, предотвращения отслоения окисленной части материала под воздействием потока диссоциированного воздуха) предлагается введение в их состав других компонентов: ультратугоплавких карбидов TiC , ZrC , HfC , TaC , $\text{ZrC}-\text{TaC}$, $\text{HfC}-\text{TaC}$ и тугоплавких оксидов, прежде всего, на основе оксидов циркония, гафния и РЗЭ. Отсутствие производства данных материалов на территории РФ делает диссертационную работу Симоненко Е.П., посвященную разработке научных основ синтеза высокодисперсных тугоплавких карбидов и оксидов металлов как компонентов перспективных ультравысокотемпературных материалов на основе диборидов гафния и циркония, модифицированных карбидом кремния, а также изучению поведения полученных ультравысокотемпературных керамических материалов под воздействием высокоскоростных потоков воздуха, несомненно, актуальной как с научной, так и практической точек зрения.

На наш взгляд к достоинствам представленной в автореферате работы можно отнести следующее:

1. Диссертантом выполнен большой объем экспериментальных исследований по синтезу широкого круга карбидных и оксидных систем (в виде высокодисперсных порошков, тонких наноструктурированных пленок, модифицирующих керамических матриц), а также изучению их физико-

химических свойств с использованием комплекса современных методов анализа (УФ- и ИК-спектроскопия; различные виды микроскопии: АСМ, СЭМ и ПЭМ; малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей; рентгеновская компьютерная микротомография).

2. Создание новых энергоэффективных способов изготовления ультравысокотемпературных керамических композиционных материалов состава HfB_2/SiC , объединяющих стадии карботермического синтеза нанокристаллического карбида кремния и горячего прессования керамики, что позволяет избежать дополнительных стадий получения высокодисперсного порошка SiC , смешения и совместного помола порошков HfB_2 и SiC .

3. Выполненные диссертантом фундаментальные исследования по изучению длительного воздействия высокоэнтальпийных потоков воздуха на пористые материалы состава HfB_2/SiC , содержащие до 45 об. % SiC , которые позволили изучить эффект резкого увеличения температуры поверхности до 2500-2700 $^{\circ}\text{C}$, получить новые данные о механизме окисления этих материалов, а также сделать вывод о перспективности их использования на воздухе при сверхвысоких температурах.

4. Высокая практическая значимость разработанных диссертантом методов синтеза высокодисперсных и химически чистых порошков тугоплавких карбидов и оксидов, перспективных для использования в авиационной и ракетно-космической отрасли, подтвержденная полученными 11 патентами РФ.

Вместе с тем к содержанию автореферата имеется ряд замечаний:

1. На стр. 22 автореферата диссертант отмечает, что «все синтезированные данным методом тугоплавкие оксиды ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{Nd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$, $\text{Gd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$, твердый раствор состава 15 мол. % Y_2O_3 – 60 мол. % ZrO_2 – 25 мол. % HfO_2), обладающие фазовой стабильностью в широком интервале температур, образуются в виде высокодисперсных порошков...». На наш взгляд следовало бы уточнить (конкретизировать) значение температурного диапазона, поскольку в случае $\text{Nd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ и $\text{Gd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ (при их синтезе путем термообработки аморфных прекурсоров) при температуре ~ 1200 - 1300°C имеет место фазовый переход «флюорит \rightarrow пироклор», и кроме того в случае $\text{Gd}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ при дальнейшем нагреве до температуры $\sim 2300^{\circ}\text{C}$ наблюдается процесс разупорядочения кристаллической структуры, т.е. обратный фазовый переход «пироклор \rightarrow флюорит».

2. Объем представленного диссертантом автореферата несколько превышает объем, рекомендованный ВАК РФ для докторских диссертаций.

Следует отметить, что указанные замечания ни в коей мере не снижают научной и практической ценности представленной диссертантом работы.

В целом, по важности поставленных и исследованных вопросов, научно-техническому уровню их проработки и практическому значению полученных результатов материалы, представленные в автореферате, полностью соответствуют требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а Симоненко Елизавета Петровна заслуживает присуждения искомой степени доктора химических наук по специальности 02.00.01 – неорганическая химия.

Доктор химических наук,
старший научный сотрудник,
старший научный сотрудник
кафедры «Физика твердого тела
и наносистем» НИЯУ МИФИ

В.В. Попов

115409, Москва, Каширское ш., 31,
Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)
тел. (495) 788-56-99 доб. 80-20
victorvpopov@mail.ru

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ



Машкина Анастасия Сергеевна