

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Беловой Галины Сергеевны «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез керамических карбидно-нитридных высокодисперсных порошковых композиций  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ ,  $\text{AlN-SiC}$  и  $\text{TiN-SiC}$  с применением азида натрия и галоидных солей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Нанопорошковые карбидно-нитридные композиции  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ ,  $\text{AlN-SiC}$  и  $\text{TiN-SiC}$  перспективны для использования в режущих инструментах и износостойких деталях, а также керамике с улучшенными тепло- и электропроводностью, в микроэлектронике, высокомоощной электронике, а также в качестве модификаторов и наноразмерной дискретной армирующей фазы в литых алюмоматричных композитах.

Известные технологии получения нитридов кремния, алюминия, титана и карбида кремния характеризуются большим энергопотреблением, сложным оборудованием и не всегда обеспечивают наноразмерность порошков этих соединений и тем более нанопорошковых композиций. Основные недостатки известных технологий могут быть устранены с использованием процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Цель диссертационной работы Г.С. Беловой – исследование закономерностей перспективного одностадийного способа получения *in-situ* методом азидного СВС высокодисперсных порошковых нитридно-карбидных композиций  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ ,  $\text{AlN-SiC}$  и  $\text{TiN-SiC}$  с использованием элементных порошков (Si, Al, Ti, C) и активирующих добавок –  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ ,  $\text{AlF}_3 \cdot \text{NH}_4\text{F}$ .

Научная новизна работы несомненна и заключается в следующем:

- впервые исследована возможность применения перспективного одностадийного способа получения *in-situ* методом азидного СВС высокодисперсных порошковых нитридно-карбидных композиций  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ ,  $\text{AlN-SiC}$  и  $\text{TiN-SiC}$  с применением азида натрия, элементных порошков кремния, алюминия, титана, сажи и активирующих добавок – галоидных солей азотируемых и карбидизируемых элементов:  $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ ,  $\text{AlF}_3 \cdot \text{NH}_4\text{F}$ ;

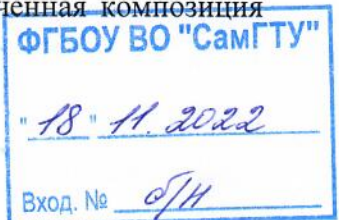
- методами термодинамического анализа исследована возможность протекания самораспространяющегося высокотемпературного синтеза нитридно-карбидных композиций  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ ,  $\text{AlN-SiC}$  и  $\text{TiN-SiC}$  с применением азида натрия и галоидных солей;

- впервые экспериментально определены зависимости скорости и температуры горения, степени превращения исходных веществ в целевую композицию от соотношения компонентов в исходных смесях;

- впервые установлены закономерности образования нитридно-карбидной композиции  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$  из систем « $\text{Si-NaN}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-NaN}_3\text{-Na}_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-NaN}_3\text{-NH}_4\text{F-C}$ », композиции  $\text{AlN-SiC}$  из систем « $\text{Si-Al-NaN}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-Al-NaN}_3\text{-AlF}_3\text{-C}$ », « $\text{Si-Al-NaN}_3\text{-NH}_4\text{F-C}$ », и композиции  $\text{TiN-SiC}$  из систем « $\text{Si-Ti-NaN}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-Ti-NaN}_3\text{-Na}_2\text{TiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-Ti-NaN}_3\text{-Na}_2\text{SiF}_6\text{-C}$ » в режиме горения;

- показано, что при использовании метода азидного СВС удается синтезировать целевую керамическую нитридно-карбидную порошковую композицию  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$  при горении систем « $\text{Si-NaN}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-NaN}_3\text{-Na}_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-NaN}_3\text{-NH}_4\text{F-C}$ » с последующей водной промывкой;

- показано, что при использовании метода азидного СВС удается синтезировать целевую керамическую нитридно-карбидную порошковую композицию  $\text{AlN-SiC}$  при горении систем « $\text{Si-Al-NaN}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SiF}_6\text{-C}$ », « $\text{Si-Al-NaN}_3\text{-AlF}_3\text{-C}$ », « $\text{Si-Al-NaN}_3\text{-NH}_4\text{F-C}$ » с последующей водной промывкой, причем в большинстве случаев полученная композиция представляет собой смесь субмикронных частиц и волокон.



Текст автореферата написан доступным языком. Достоверность полученных результатов обусловлена применением современных методов исследований. Выводы логически обоснованы.

По теме диссертационной работы опубликована 31 печатная работа, в том числе 2 публикации в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science и 4 статьи в рецензируемых журналах из Перечня ВАК.

Замечание к автореферату.

Автор утверждает, что предложенная технология получения композиций  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ ,  $\text{AlN-SiC}$  и  $\text{TiN-SiC}$  является одностадийной. Но это правильно только с точки зрения процесса синтеза. Фактически она является многостадийной, поскольку помимо синтеза включает стадии смешения реагентов и в ряде случаев водную промывку продуктов реакции.

Судя по автореферату, диссертационная работа Г.С. Беловой соответствует специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» и удовлетворяет критериям, изложенным в пунктах 9–11, 13 и 14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г, № 842).

Считаю, что Белова Галина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Даю свое согласие на обработку персональных данных, связанных с работой диссертационного совета.

Кандидат технических наук (05.17.11 – технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов), доцент кафедры химии и химической технологии, доцент

Крутский /Крутский Юрий Леонидович/  
«8» ноября 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ)

Адрес: Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса 20, 630073

Тел. (383) 346-06-32

E-mail: krutskii@yandex.ru

Подпись Крутского Ю.Л. заверяю  
Начальник отдела кадров НГТУ



/Пустовалова Ольга Константиновна/