

## О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы Жуковой Светланы Викторовны «Керамообразующие пропитывающие олигоорганосилазаны для нитридокремниевой карбонитридокремниевой керамики: синтез, физико-химические исследования и разработка основ технологии», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.8 – Химия элементоорганических соединений

Керамические материалы на основе нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) и карбонитрида кремния ( $\text{SiC}_x\text{Ny}$ ) обладают уникальным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, таких как высокая твердость и теплопроводность, низкая плотность и КТР, стойкость к расплавам и растворам многих кислот и солей, возможность работы в воздушной атмосфере до температур 1500-1600 °С без заметного разрушения. Перечисленные свойства позволяют использовать материалы на основе  $\text{SiC}_x\text{Ny}$  и  $\text{Si}_3\text{N}_4$  в тепло-нагруженных, динамически устойчивых и агрессивных средах при работе в экстремальных условиях эксплуатации.

Выполненные научные исследования в рамках диссертации, включающие в себя методы синтеза новых прекурсоров на основе олигоборосилазанов и олигобороорганосилазанов, содержащих в своей структуре фрагменты Si-N-B и C-Si-N-B, а также олигометаллоорганосилазанов, содержащих фрагменты C-Si-N-M (где M=Zr, Hf, Ta, Ti), позволяют решить востребованную практическую задачу - получить высокопрочную керамику с высокой окислительной стойкостью и термической стабильностью, керамические волокна, а также керамокомпозиты с требуемыми физико-механическими характеристиками.

С.В. Жукова разработала новый способ синтеза бескислородных предкерамических олигоборосилазанов и олигобороорганосилазанов. Ей найдены параметры для эффективной жидкофазной пропитки по RIP-технологии олигосилазановыми, олигоорганосилазановыми, олигобороорганосилазановыми и олигометаллоорганосилазановыми прекурсорами для создания керамических матриц ККМ. В результате систематизированного экспериментального исследования создана технология получения керамических  $\text{SiBCN}$  и  $\text{SiTiCN}$  волокон на основе синтезированных волокнообразующих олигобороорганосилазанов и олиготитаноорганосилазанов. После проведения серии испытаний процесс получения  $\text{SiTiCN}$  волокон внедрен в АО «Композит» (г. Королев).

Достоверность экспериментальных и расчетных данных обеспечивается использованием современных средств и методик. По результатам исследований опубликовано 30 научных трудов: 4 статьи в российских и зарубежных журналах (3 в изданиях, входящих в перечень, рекомендуемых ВАК), 2 патента РФ и 24 тезиса докладов.

В качестве замечаний необходимо отметить следующее:

1. В автореферате просто указывается, что глава 2 посвящена описанию экспериментальных подходов и методов, которые применялись в работе. Можно было бы привести основные условия синтеза и методы исследования материалов, с какой целью использовался данный метод.

2. В автореферате сказано, что «Термохимическая трансформация олигомеров в аргоне до 850 °С, по данным ТГА, происходит с потерей массы...» Трансформация предполагает преобразование формы, но содержание ее сохраняется, а процесс потери массы порядка 50% обычно ассоциируется с деструкцией, разложением. Это разные процессы. Что автор подразумевает под трансформацией? По данным ТГА... По данным РФА. Нет расшифровки ТГА и РФА. Если бы был описан раздел 2, этого делать не пришлось бы.

3. При высокотемпературном пиролизе до 1600 °С в керамике ОМГС карбонитрида кремния протекают процессы кристаллизации с образованием нанокристаллов карбида кремния. Каким образом установлено образование нанокристаллов?

4. На спектрах ПМР и ЯМР не подписана ось X.

5. Изучение процессов термодеструкции В-ОПГС, В-ОМГС до 850 °С в аргоне методом ТГА показало, что образование N-B-N межмолекулярных сшивок в структуре ОПГС и ОМГС приводит к снижению процессов деструкции их макромолекул до 900 °С. Изучали процесс до 850 °С, а вывод - до 900°С.

6. ...показали высокие физико-механические свойства ( $\sigma_r$  до 1,5 ГПа). Отсутствует описание данного параметра. Все должно было быть в разделе 2.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы, носят рекомендательный характер. Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне.

Диссертационная работа «Керамообразующие пропитывающие олигоорганосилазаны для нитридокремниевой карбонитридокремниевой керамики: синтез, физико-химические исследования и разработка основ технологии» соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., ред.01.10.2018г., а ее автор Жукова Светлана Викторовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.8 – Химия элементоорганических соединений.

Отзыв составлен старшим научным сотрудником лаборатории 2.3 - плазмы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, тел. (495) 485-10-27, mshavelkina@gmail.com  
Даю согласие на обработку персональных данных.

С.н.с., д.ф.-м.н.

Ученый секретарь

д.ф.-м.н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур (ОИВТ РАН) 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2, (495) 485-82-44, webadmin@ihed.ras.ru



Шавелкина Марина Борисовна  
28 декабря 2023 г.

Киверин Алексей Дмитриевич  
28 декабря 2023 г.