

## ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации В.Э. Прокипа "*Физико-химическое исследование германатов гафния*", представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.21 – химия твердого тела

Термостойкие материалы имеют огромное значение для перспективных областей техники. В частности, тугоплавкие оксиды гафния могут образовывать важные соединения с другими оксидами, например, германия. Методы получения таких соединений до настоящего времени разработаны недостаточно, а их важнейшие физико-химические параметры известны лишь ориентировочно.

В представленной на соискание кандидата химических наук диссертации В.Э. Прокипа поставлены актуальные задачи по усовершенствованию известных и разработке новых и способов синтеза порошков германатов гафния, исследование процессов фазообразования в системе  $\text{HfO}_2\text{-GeO}_2$ , включая установление закономерностей их химических превращений, а также синтез и изучение германатов гафния в виде тонких покрытий  $\text{HfGeO}_4$  на карбидокремниевых волокнах  $\text{SiC}$ . Все поставленные задачи характеризует высокая степень актуальности. Представляется, что полученный объем результатов, их оригинальность, новизна и научная значимость более чем достаточны для представления выполненных исследований в качестве кандидатской диссертации.

Представленные в автореферате сведения последовательно и убедительно описывают особенности формирования существующих в системе  $\text{HfO}_2\text{-GeO}_2$  соединений  $\text{HfGeO}_4$  и  $\text{Hf}_3\text{GeO}_8$ , причем взаимодействие реагентов происходит при температурах выше температуры плавления  $\text{GeO}_2$  с образованием фаз германатов гафния стехиометрического состава. Использование предварительной механической обработки смесей реагентов приводит к получению германата гафния с большим, близким к 100% выходом  $\text{HfGeO}_4$ . Установлено, что в исследованной системе метод механоактивации обеспечивает снижение температуры синтеза на  $200^\circ\text{C}$  по сравнению с методом прямого взаимодействия. Метод соосаждения позволяет получать однофазные германаты  $\text{HfGeO}_4$  и  $\text{Hf}_3\text{GeO}_8$  при рекордно низкой температуре ниже  $1000^\circ\text{C}$ . Именно этим методом получены образцы миникомпозитов на основе армированных германатом гафния волокон карбида кремния.

Большой объем надежных экспериментальных данных получен в отношении свойств волокон с покрытиями на основе  $\text{HfGeO}_4$ . Убедительно показано, что нанесение многослойных покрытий приводит не только к увеличению толщины покрытия, но и к увеличению неоднородностей, таких как нарушение целостности, растрескивание,

увеличение размера частиц, имеющих округлую форму. Толщина покрытий при этом составляет 200 – 350 нм в зависимости от количества наносимых слоев. Сделан важный для технологии композитных высокостойких материалов вывод, что для получения более толстых и одновременно однородных покрытий нежелательно использовать более концентрированные золи при сокращенном числе их нанесения. При это, оптимизация методики путем добавления поверхностного агента к золям позволяет получать более однородные покрытия с низкой дефектностью. Полученные материалы проявили высокую термическую стабильность. Так,  $\text{HfGeO}_4$  проявляет высокую термическую стабильность и разлагается только при температуре  $1840 \pm 18^\circ\text{C}$ . Установлено, что введение интерфазы способствует более вязкому разрушению композитов, а методом микроинденитирования подтверждено, что напряжение сдвига волокна относительно матрицы уменьшается при увеличении количества слоев в интерфазе.

Таким образом, диссертационная работа является законченным экспериментальным исследованием, решающим как научные вопросы фундаментального характера в области химии, так и некоторые вопросы прикладного и материаловедческого характера. Последнее подтверждается ссылкой на Патент РФ, полученный автором диссертации непосредственно по ее тематике.

Среди изъянов автореферата приходится отметить отсутствие в нем ряда интересных деталей высокотемпературного эксперимента, и в первую очередь, точника нагрева до  $2800^\circ\text{C}$ . По-видимому, раскрытие этой несекретной информации придало бы проведенному исследованию дополнительную весомость. Этой же цели отвечало бы более подробное сопоставление полученных результатов с аналогичными или близкими данными, полученными в нашей стране и за рубежом.

Вместе с тем, не подлежит сомнению, что диссертационная работа В.Э. Прокипа соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности химия твердого тела, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата химических наук.

Профессор кафедры химической технологии  
и новых материалов химического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова д.ф.-м.наук  
(специальность 02.00.04 – физическая химия)  
119992 Москва Ленинские горы, д.1

[prokipp@phs.msu.ru](mailto:prokipp@phs.msu.ru)

Ученый секретарь Химического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова к.х.н.

[zvezdeva@phs.msu.ru](mailto:zvezdeva@phs.msu.ru), т. (495)939- 35- 94

Стефанович Сергей Юрьевич

Звезда Наталья Леонидовна

