

## Особенности получения композиционных материалов на основе высококремнезёмных ксерогелей, допированных восстановленной медью и германием

А.А. Алексеев<sup>1</sup>, В.С. Гури<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Беларусь  
<sup>2</sup>НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь  
[alexeenko@gstu.by](mailto:alexeenko@gstu.by)

Целью проводимых исследований являлась разработка технологии получения силикатных материалов, допированных наночастицами восстановленных металлов и германием. Синтез композиционных материалов, получаемых с помощью методов коллоидной химии, основывался на ряде технологических приемов, позволяющих контролировать физико-химические трансформации в структуре пористого SiO<sub>2</sub>-ксерогеля, допированного оксидом металла, проходящего последовательную термообработку в водороде в присутствии восстанавливаемого GeO<sub>2</sub>. В результате проведенных исследований изучены технологические процессы синтеза высококремнезёмных стекол и пористых ксерогелей, содержащих наночастицы Ge<sup>0</sup> и Cu<sup>0</sup>. С применением метода рентгенофазового анализа изучено влияние термообработки на воздухе, в атмосфере аргона и водорода на физико-химические процессы, протекающие в процессе структурообразования композиционных материалов разработанного состава. Проанализирован возможный механизм управления оптическими и структурными характеристиками формируемых высококремнезёмных стекол (содержание SiO<sub>2</sub> составляло до 99,9 масс.%).

На рисунке 1 представлены рентгенограммы двухкомпонентных SiO<sub>2</sub>:GeO<sub>2</sub> матриц, прошедших термообработку в водороде при указанных температурах. Видно (см. рисунок 1), что начиная с T=600 °C происходит полное восстановление германия из состояния оксида GeO<sub>2</sub>. Было установлено, что кристаллизации SiO<sub>2</sub>-ксерогеля при температурах обработки до 1100 °C не наблюдается, т.е. на высоких температурах SiO<sub>2</sub>-ксерогель полностью химически инертен относительно паров восстановленного Ge. Такие свойства выбранной матрицы-носителя позволяют получать конечные материалы, одновременно содержащие как наночастицы восстановленного Ge<sup>0</sup>, так и Cu<sup>0</sup>. Предельная температура обработки в водороде составляла порядка ~ 1100 °C, что приводило к переходу пористого ксерогеля в состояние монолитного кварцевого стекла. При более высоких температурах (~ 1200 °C) наблюдалось разрушение SiO<sub>2</sub>-матрицы (в частности, авторами работы [1] при обработке подобных систем в Ar предельной температурой также была взята T = 1130 °C). Наблюдаемые эффекты имели место и при восстановлении ряда металлов в системах типа Si-Me, SiO<sub>2</sub>-Me<sub>x</sub>O<sub>y</sub> [2, 3].

1. И.Е. Тыщенко, *Физ и техн. полупровод.*, 37, вып. 4: (2003).
2. О.М. Канунникова, *International Journal of Hydrogen Energ.* 27, (2002).
3. К.Ю. Максимова, *Перспективные материалы*, 2, (2010).

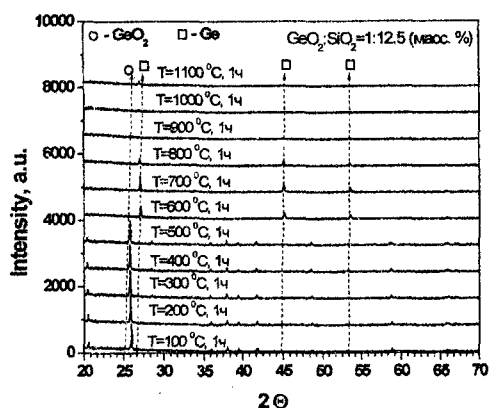


Рис. 1. РФА-спектры двухкомпонентной SiO<sub>2</sub>:GeO<sub>2</sub> матрицы, отожженной в водороде при указанных температурах (начальное отношение SiO<sub>2</sub>:GeO<sub>2</sub>=12.5:1 масс. %, соответственно).