

составляющих ВПС. Широкий релаксационный переход на температурной зависимости тангенса механических потерь ( $\text{tg}\delta$ ) (рис. 3) свидетельствует о компатибилизирующем действии полтитаноксида, вероятно, в результате взаимодействия  $(-\text{TiO}_2-)_n$  как с ПУ-составляющей – ПОПГ, так и с ПГЭМА. Это предопределяет перспективы использования таких материалов в качестве полимерных демпфирующих покрытий для снижения вибрационной нагрузки.

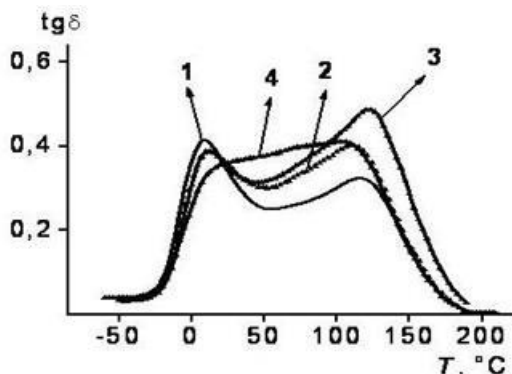


Рис. 3. Зависимость  $\text{tg}\delta(T)$  для ВПС (ПУ/ПГЭМА = 70/30 мас.%) (1) и ОН ВПС с содержанием  $(-\text{TiO}_2-)_n$  при  $\text{Ti}(\text{OPr}^i)_4/\text{H}_2\text{O} = 1/2$  моль: 0,06 (2); 0,67 (3) и 1,34 (4) мас.%.

1. Fadeeva E., Koch J., Chichkov B., Kuznetsov A., Kameneva O., Bityurin N., Sanchez C., Kanaev A. Laser imprinting of 3D structures in gel-based titanium oxide organic-inorganic hybrids // Appl. Phys. A. 2006. V. 84. P. 27–30.

## ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ В СТРУКТУРЕ ВЫСОКОКРЕМНЕЗЕМНЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МАТРИЦ

Alexeenko A.A., Alexeenko Yu.A., Sobolev E.V.

Алексеевко А.А., Алексеенко Ю.А., Соболев Е.В.

*Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого, Гомель, Республика Беларусь  
e-mail: gomel37@mail.ru*

Исследование материалов, содержащих наноразмерные неорганические соединения, направлено на решение задач по формированию функциональных элементов, обладающих перспективными физическими свойствами, в частности, уникальными оптическими характеристиками для создания сред с высоким нелинейно-оптическим откликом [1]. Получение наночастиц восстановленных металлов в структуре высококремнеземных матриц проводилось с применением технологических методик, описанных в работе [2]. Было установлено, что высокие концентрации веществ-допантов, получаемые в виде отдельно локализованных частиц металлов или агломератов этих частиц, возможно сформировать только в виде тонких слоев, сегрегировавших к поверхности пленки.

Как стекла, так и порошки, получаемые на основе  $\text{SiO}_2$ -наполнителя (смеси аэросила и водно-спиртового раствора поликремневой кислоты) при высоких содержаниях металлов (более 1 масс. %) приводят к формированию сложенноструктурированного ситаллизированного композиционного материала. Одной из проблем получения наноструктурированных материалов на основе диоксида кремния является правильный подбор режимов их термообработки с последующим отжигом в контролируемой газовой среде (например, водороде) – см. рисунок 1-2.

Видно (рисунок 1-2), что в каждом случае имеются участки термообработки, для которых происходит сначала формирование оксокомплексов металла стабильного стехиометрического состава, а затем их восстановление до отдельно локализованных металлических наночастиц. Необходимо отметить, что предельные температуры обработки

для порошков и пленок составляли до 800 °С (рисунок 1), а для стекол – 1200 °С (рисунок 2).

Разница в температурах обуславливалась тем, что для пленок и порошков протекание термически стимулированных поверхностных реакций благодаря наноэффекту проходило в диапазоне температур 600-800 °С, а для стекол нужно было не только сформировать наночастицы, но и получить монолитную матрицу стекла, что становилось возможным при температурах не менее 1180-1200 °С.

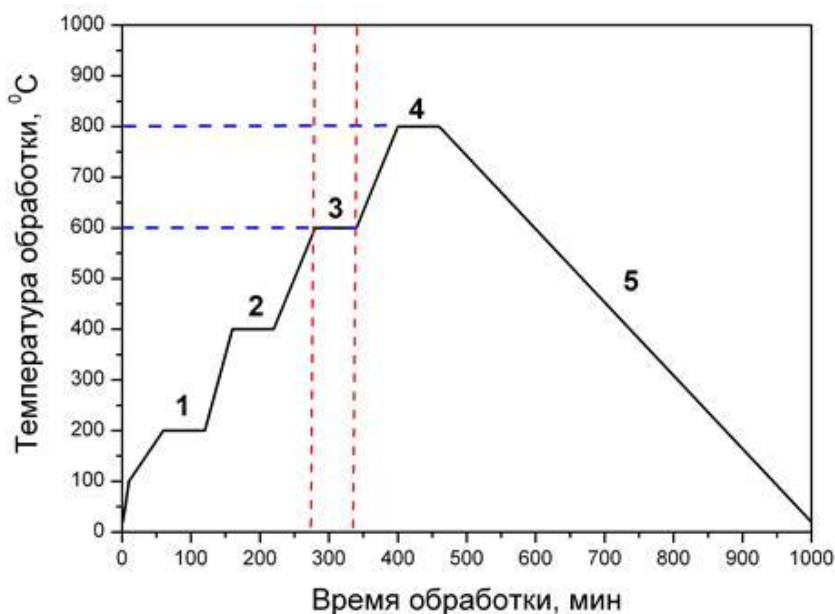


Рис. 1. Режим подъема температуры и параметры времени выдержки при обработке синтезированных порошков и пленок на воздухе и в восстановительной среде: 1 – этап удаления физически связанной воды из структуры  $\text{SiO}_2$ -матрицы; 2 – этап удаления привнесенных органических загрязнений; 3 – участок формирования в структуре высококремнеземной матрицы оксокомплексов металла заданного стехиометрического состава; 4 – получение отдельно локализованных наночастиц восстановленного металла (композиционных материалов типа  $\text{SiO}_2:\text{Me}^\circ$ ); 5 – инерционное остывание образцов в реакторе до комнатной температуры.

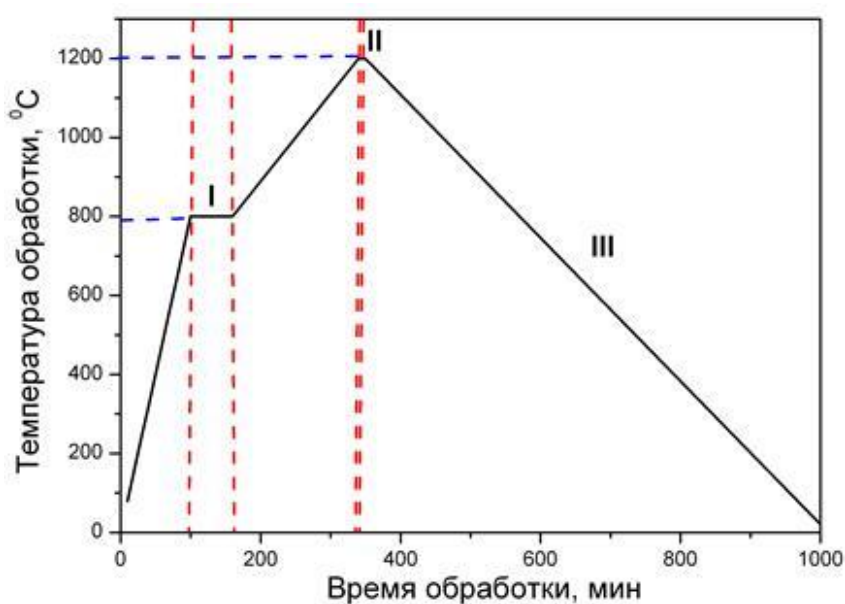


Рис. 2. Температурный режим обработки полированных стекол: участок I – при восстановлении ионов металлов в полированном стекле до состояния металлических наночастиц; участок II – при спекании пористых матриц, содержащих вещества-допаны в виде солей металлов, до состояния монолитного стекла (время выдержки на финишной температуре – до 10 мин); участок III – инерционное остывание образцов в реакторе до комнатной температуры.

После завершения этапа трансформации оксидов металла до состояния восстановленного металла все образцы инерционно охлаждались в реакторе из кварца, в который подавался инертный газ (использовался Ar). При необходимости формирования полупроводниковых соединений на основе полученных наночастиц восстановленных металлов, проводилась их дополнительная термообработка в среде газообразного селена (или серы).

1. Д.А. Мамичев, И.А. Кузнецов, Н.Е. Маслова Оптические сенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса для высокочувствительного биохимического анализа // Молекулярная медицина. – 2012. - №6. - С. 19-27.

2. Алексеенко, А.А. Функциональные материалы на основе диоксида кремния, получаемые золь-гель методом / А.А. Алексеенко, А. А. Бойко, Е.Н. Подденежный. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 183 с.

## **GEL-FORMING MATERIALS BASED ON POWDERED SODIUM SILICATE HYDRATE FOR ENHANCED OIL RECOVERY**

### **ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОРОШКООБРАЗНОГО ГИДРОСИЛИКАТА НАТРИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ**

Antuseva A.V.<sup>1</sup>, Kudina E.F.<sup>2</sup>

Антусёва А.В.<sup>1</sup>, Кудина Е.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» БелНИПИнефть, Гомель, Беларусь

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», Гомель, Беларусь

*a.antuseva@beloil.by*

В нефтегазодобывающей промышленности среди физико-химических методов интенсификации добычи нефти из высокотемпературных пластов с низкими фильтрационно-емкостными свойствами прогрессивным способом увеличения охвата заводнением является обработка их растворами потокоотклоняющих гелеобразующих композиционных материалов [1-4]. При этом предпочтительными являются те, которые не требуют капитальных затрат. К таким потокоотклоняющим технологиям относится закачка гелеобразующих композиций на основе силиката натрия.

Для условий неоднородных трещиноватых глубокозалегающих высокотемпературных карбонатных и терригенных пластов (геолого-физические особенности белорусских месторождений) разработана гелеобразующая композиция, которая позволяет создать в пласте материал с необходимыми структурно-механическими свойствами, что обеспечивается более высокой эффективностью использования связующего (порошкообразного гидросиликата натрия).

Традиционно в качестве источника силиката натрия используют натриевое жидкое стекло, что обуславливает технологические трудности в обращении, транспортировке и хранении реагента в холодное время года. Отличительной особенностью разработанной композиции является то, что для её приготовления используют порошкообразный гидросиликат натрия (ТУ ВУ 200101299.003-2009; ОАО «Домановский ПТК», Республика Беларусь), представляющимся более перспективным связующим по сравнению с водным раствором натриевого жидкого стекла. В качестве модификатора гелеобразующего раствора гидросиликата натрия использовали функционально активный реагент кислотного типа – сульфаминовую кислоту (ТУ 2121-083-05800142-2011; ОАО «Пигмент», РФ). Реагент отличается низкими токсичностью и коррозионной агрессивностью, экономичностью, простотой в применении. Растворителем являлась техническая вода, которая применяется на объектах РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» для приготовления технологических жидкостей. Пригодность технической воды оценивали экспресс-тестом по отсутствию твердых продуктов реакции при смешивании воды затворения и 10 % раствора