

СИНТЕЗ КОМПОЗИТА ИЗ ГЛОБУЛ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ЕВРОПИЙ, И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Моор А. А., Лашковская Е. И., Хамаде Б. З. С., Середич А. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Н. В. Гапоненко – д-р физ.-мат. наук, проф.

Аннотация. Золь-гель методом синтезированы глобулы диоксида кремния. Проведено осаждение ионов европия с последующей термообработкой. Полученный композит демонстрирует характерную для трехвалентных ионов европия Eu^{3+} люминесценцию в красном диапазоне. Рассмотрены перспективы применения композитов, легированных лантаноидами, для синтеза фотонных кристаллов на основе опаловых матриц и биомедицины.

Монодисперсные глобулы кремнезема размером от 100 до 300 нм нанометров были синтезированы методом Штобера из тетраэтоксисилана. Такие глобулы служат основой для получения синтетических опалов – трёхмерных фотонных кристаллов [1-3]. Проводятся исследования по легированию глобул диоксида кремния лантаноидами для применения в качестве биомаркеров, возбуждаемых УФ и ИК излучением.

Методика эксперимента. Для синтеза композита использовали синтезированные нами глобулы диоксида кремния и раствор соли нитрата европия. Фото исходных золь-гелей глобул диоксида кремния, синтезированных методом Штобера, показано на рисунке 1. На рисунке 1а показано фото двух золь-гелей, находящихся в состоянии диффузионно-седиментационного равновесия и отличающихся распределением частиц по высоте. На рисунке 1б приведено фото опалесценции золь-геля глобул SiO_2 .

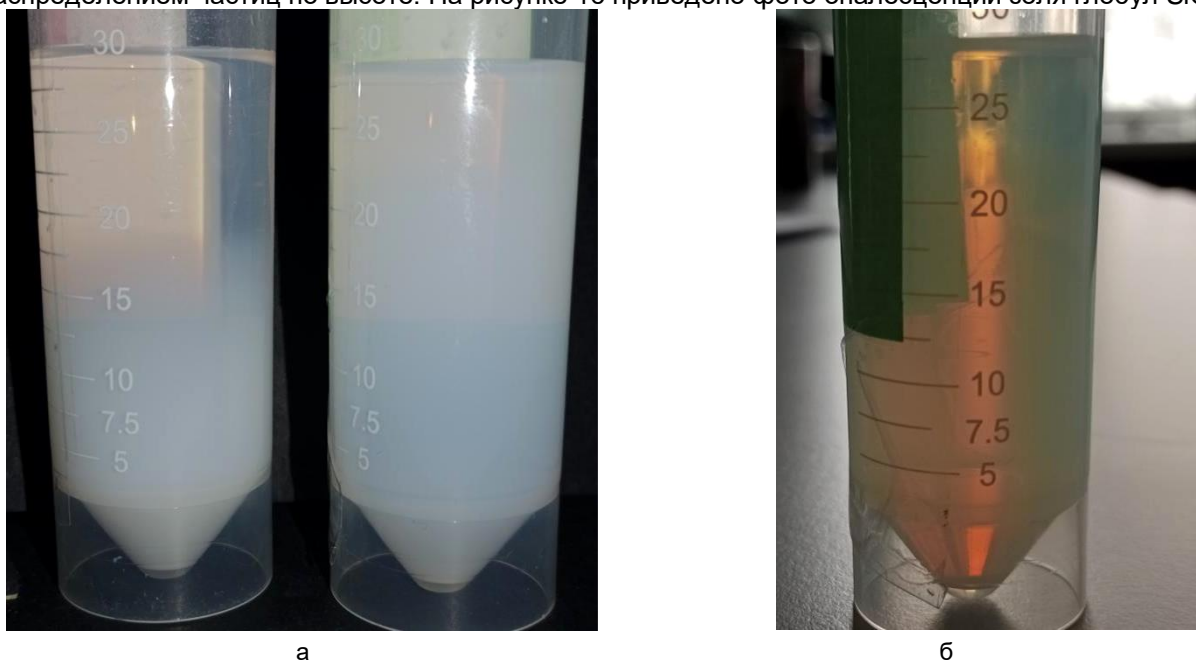


Рисунок 1 – Изображения золь-гелей глобул диоксида кремния, синтезированных методом Штобера. (а) – фото двух находящихся в состоянии диффузионно-седиментационного равновесия золь-гелей, отличающихся распределением частиц по высоте, (б) – опалесценция золь-геля

Нитрат европия растворяли в смеси этилового спирта и дистиллированной воды. При воздействии лазерной указки с длиной волны 405 нм на раствор наблюдали люминесценцию, характерную для трёхвалентных ионов европия (рисунок 2 а).

Для получения композита раствор глобул диоксида кремния упаривали, после чего сухой остаток смешивали с раствором соли европия на электромеханической мешалке. Суспензию упаривали и отжигали на воздухе при температуре 600 °С. Для полученной суспензии и композита глобул диоксида кремния с европием также наблюдали люминесценцию при возбуждении лазерной указкой (рисунок 2 б, в).

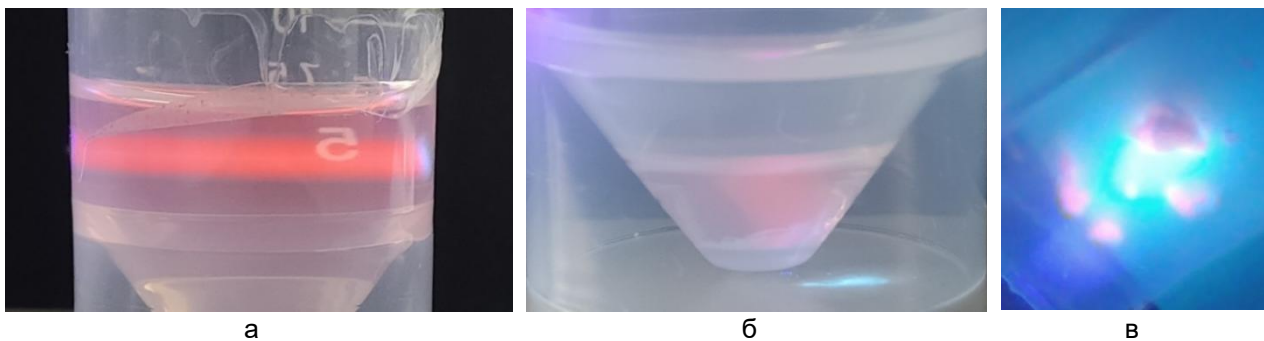


Рисунок 2 – Пример люминесценции: (а) – раствор соли европия; (б) – суспензия из раствора соли европия и глобул диоксида кремния; (в) – композит глобул диоксида кремния, содержащих европий, полученный после отжига на воздухе при температуре 600 °С

РЭМ-изображение синтезированного композита из глобул диоксида кремния, содержащих европий, показано на рисунке 3. Для композита характерно наличие глобул диаметром от 100 до 220 нм.

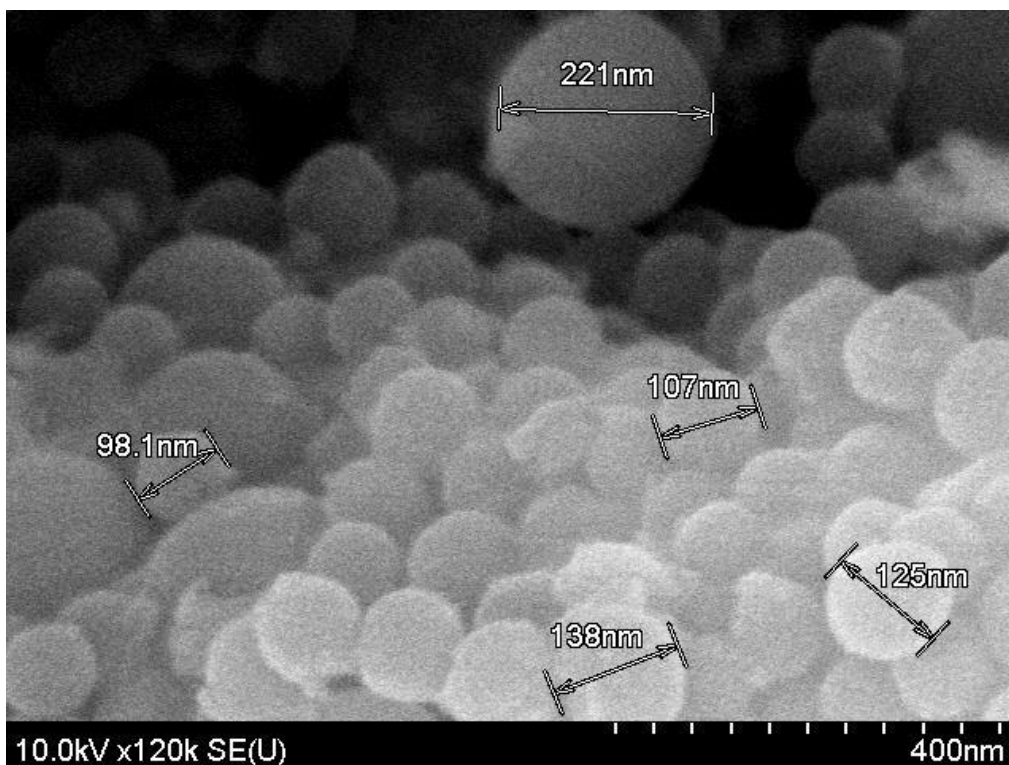


Рисунок 3 – РЭМ-изображение композита из глобул диоксида кремния, содержащих европий, полученного после отжига на воздухе при температуре 600 °С

Исследование спектра люминесценции показало наличие характерных для трехвалентных ионов европия полос испускания, соответствующих переходам $^5D_0 \rightarrow ^7F_j$.

Заключение

Полученные глобулы могут найти применение для формирования опаловых матриц, фотонных кристаллов и биомаркеров, демонстрирующих видимую люминесценцию при возбуждении УФ излучением [4, 5].

Список использованных источников:

1. Золь-гель-синтез монодисперсных глобул кремнезема и оптические свойства упорядоченных и неупорядоченных материалов на их основе / Н. В. Гапоненко [и др.] // Доклады БГУИР. 2024. Т. 22, № 6. С. 21–28.
2. Золь-гель-синтез монодисперсных глобул кремнезема методом Штобера и перспективы их применения / Е. И. Лашковская [и др.] // Материалы 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2025. С. 248–249.
3. *Iridescence and Luminescence from Opal Matrices for Show Business* / N. V. Gaponenko [et al.] // *Photonics*. 2025. Vol. 12, № 9. Art. 908.
4. *High contrast in vitro and in vivo photoluminescence bioimaging using near infrared to near infrared up-conversion in Tm³⁺ and Yb³⁺ doped fluoride nanophosphors* / M. Nyk [et al.] // *Nano Lett.* 2008. Vol. 8, № 11. p. 3834-8.
5. *Fluorescence resonant energy transfer biosensor based on upconversion-luminescent nanoparticles* / L. Wang [et al.] // *Angew Chem Int Ed Engl.* 2005. Vol. 44, № 37. p.6054-6057.