

## ВЛИЯНИЕ ПРИЕМЕСЕЙ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЛЬФАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

<sup>1</sup>Әлібай Т.Т., <sup>1</sup>Юсупбекова Б.Н., <sup>1</sup>Жанылысов К.Б., <sup>1</sup>Төлеков Д.А.,  
<sup>2</sup>Қабадулла Т., <sup>2</sup>Манат А.

[temirulanalibay@gmail.com](mailto:temirulanalibay@gmail.com)

<sup>1</sup>Докторанты, <sup>2</sup>магистранты

Физико-технического факультета

ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель д.ф.-м.н, профессор - Нурахметов Т. Н.

### Введение

В настоящее время термолюминесцентные дозиметрические материалы (ТЛД) широко используются в медицине и технике. Это в свою очередь способствует развитию физики и химии термолюминесцентных материалов. Натуральный сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), также известный как тенардит - белый минерал, растворяющийся в воде. Он широко используется в промышленности: в моющих средств для стирки, не вызывает коррозии и нейтрален; (ii) текстильных изделиях, т.е. окрашивание волокон целлюлозы в процессе, называемом выравниванием. Были предложены новые идеи для использования  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , легированного диспрозием, в качестве термолюминесцентных (TL) дозиметров. В кристаллах  $\text{CaSO}_4$  активированных редкоземельными ионами, где примеси  $\text{Mn}^{2+}$  выступают в качестве соактиваторов, были исследованы радиационно-стимулированные рекомбинационные излучения [1-7]. Показано, что примеси  $\text{Mn}^{2+}$  увеличивают выход рекомбинационных излучений в кристалле  $\text{CaSO}_4\text{-Dy}^{3+}$ , Mn, который имеет практическое применение в качестве дозиметров. В  $\text{CaSO}_4\text{-Dy}^{3+}$ , Mn при использовании примеси  $\text{Mn}^{2+}$  как соактиватора, дозиметрический пик ТСЛ при 220-230°C увеличиваются в 1,8-2,0 раза.

### Объекты и методы исследования

Для приготовления дозиметрического материала, как  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Dy}^{3+}$  стехиометрический порошок  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (АСЧ, 99,99%) растворяется в 100 мл деионизированной воды (DI). После добавляется навеска сульфата диспрозия. Масса диспрозия рассчитывается по формуле:  $m_1 = m_2 \frac{M_1 \cdot n}{M_2 \cdot (100 - n)}$ . Изменяя n получаем  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Dy}^{3+}$  с различной концентрацией примеси.

Полученный раствор перемешивается на магнитной мешалке 60 мин, проходит термическое выпаривание в течение 480 минут при 80°C [8]. Далее, порошок проходит механическое диспергирование, термический отжиг 240 мин при 400°C с медленным охлаждением до комнатной температуры. Для получение дозиметрических таблеток, порошок прессуется с давлением 80 кг/см<sup>2</sup>. В случае легирования примесью  $\text{Dy}_2\text{O}_3$ , используется насыщенный раствор серной кислоты [9]. Таким образом был приготовлен  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Dy}$ . Концентрация  $\text{Dy}^{3+}$  составляет 0,1 моль %.

Порошки  $\text{CaSO}_4\text{-Mn}$  были изготовлены методом механического размещивания с последующим отжигом. Порошки  $\text{CaSO}_4$  с чистотой 99% (CAS:7778-18-9 Sigma-Aldrich) и

MnSO<sub>4</sub>×H<sub>2</sub>O с чистотой ≥99% (CAS: 10034-96-5 Sigma-Aldrich) были тщательно размещаны в соотношении 2:1 механическим способом в ступке в течение 3 часов. После, был помещен в муфельную печь и медленно разогревалось до 700°C. При температуре 700°C образцы были отожжены в течение 2 часов с последующим резким остужением на металлической пластине. Остывший порошок CaSO<sub>4</sub>-Mn был запресован давлением 1 МПа в формы, изготовленные из меди. Таким образом, были получены образцы исследования в виде таблеток. Для возбуждения в ультрафиолетовой области спектра использован источник ВУФ радиации – проточная водородная лампа с энергией фотонов 6,2÷11,5 эВ. Для измерения спектров излучения и возбуждения в спектральной области 1,5÷6,2 эВ использован спектрофлуориметр Solar CM 2203.

### Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлен спектр излучения порошка  $Na_2SO_4 - Dy^{3+}$  при комнатной температуре. Видно что, при возбуждении фотонами с энергией 3,0-3,2 эВ появляются две полосы излучения. Полосы соответствующие редкоземельному иону  $Dy^{3+}$  обнаружены в области 2,1 эВ (580 нм) и 2,55 эВ (585 нм). В работах обнаружены 5 пиков, соответствующие переходам  $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_J$ . [8,10]. Форма пиков узкая, что соответствует редкоземельным ионам. На рисунке 2 представлен спектр возбуждения порошка  $Na_2SO_4 - Dy^{3+}$  при возбуждении фотонами с энергией 2,16 эВ.

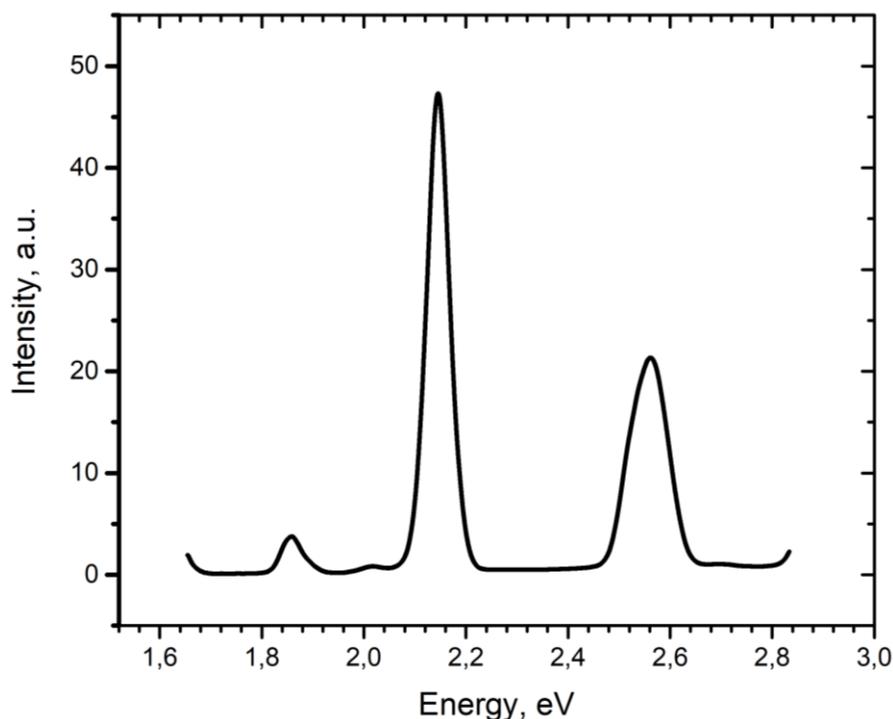


Рисунок 1 - Спектр излучения порошка  $Na_2SO_4 - Dy^{3+}$  при возбуждении фотонами с энергией 3,0-3,2 эВ при температуре 300 К.

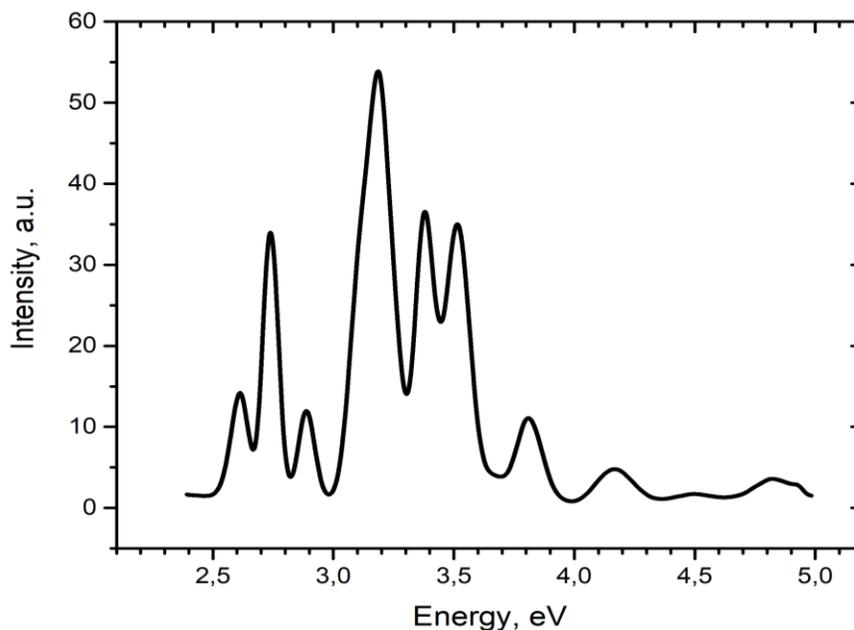


Рисунок 2 - Спектр возбуждения порошка  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Dy}^{3+}$  при температуре 300 К.

На рисунке 3 представлен спектр излучения люминофора  $\text{CaSO}_4\text{-Mn}$  при возбуждении фотонами с энергией 5,9 эВ при 80 К (кривая 1) и 300 К (кривая 2). Видно, что появляются внутрицентровые излучения примеси  $\text{Mn}^{2+}$  - 2,34 и 2,25 эВ, а также полоса рекомбинационного излучения собственной матрицы  $\text{CaSO}_4$  при 3,1 эВ, соответствующая генерации собственных электронно-дырочных центров захвата. Необходимо отметить, что полоса внутрицентрового излучения примеси  $\text{Mn}^{2+}$  появляется при возбуждении в фундаментальной области матрицы.

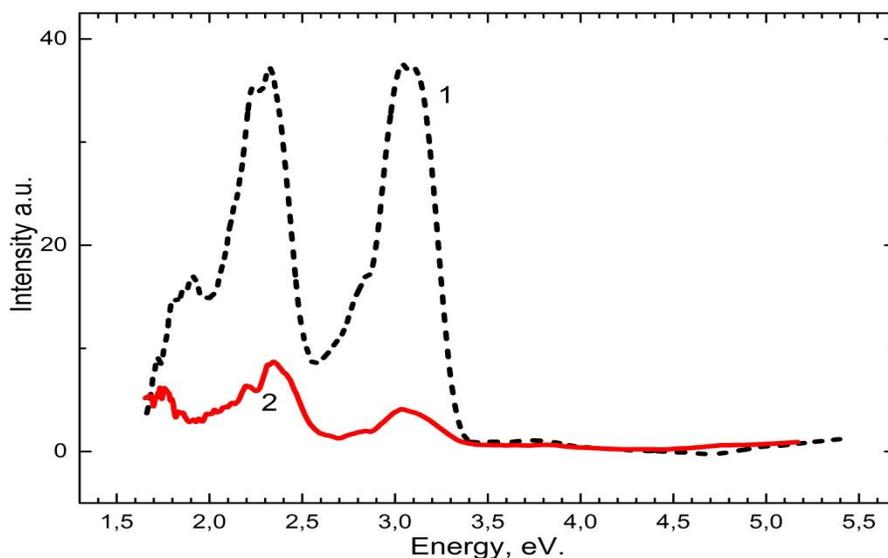


Рисунок 3 - Спектр излучения  $\text{CaSO}_4\text{-Mn}$  при возбуждении фотонами с энергией 5,9 эВ при 80 К (кривая 1) и при 300 К (кривая 2)

На рисунке 4 представлен спектр возбуждения внутрицентрового излучения при 2,34 эВ и 2,25 эВ. Видно, что внутрицентровые излучения примеси  $Mn^{2+}$  возбуждаются более эффективно в фундаментальной области спектра при энергии фотонов 5,64-5,9 эВ и менее эффективно в области внутрицентровых электронных переходов при 3,54-3,7 эВ.

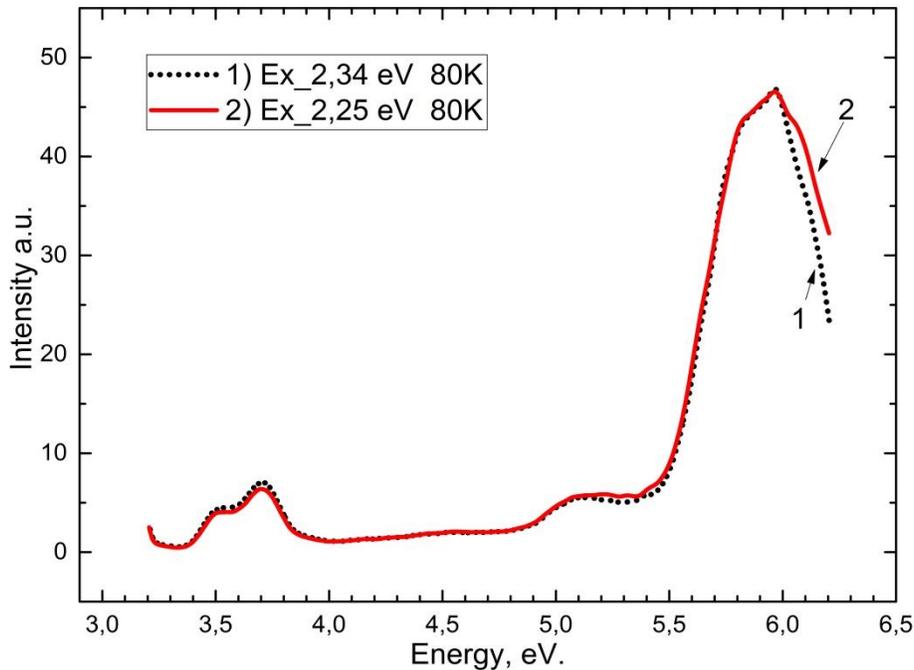


Рисунок 4 - Спектр возбуждения  $CaSO_4-Mn^{2+}$  излучения при 2,34 эВ (кривая 1) и при 2,25 эВ (кривая 2) при 80 К.

### Заключение

Спектры ФЛ и возбуждения  $Na_2SO_4$ , активированного ионами  $Dy^{3+}$ , хорошо отождествляются с электронными переходами внутри редкоземельных ионов.

В синтезированном люминофоре  $CaSO_4-Mn^{2+}$  обнаружены примесные излучения 2,45 эВ, 2,34 и 2,25 эВ при возбуждении фотонами 3,54 эВ и 3,7 эВ. На основе измерения спектра возбуждения примесных излучений при 5,64 – 5,9 эВ и 8,4 эВ впервые обнаружена передача энергии собственных электронных возбуждений к примесям  $Mn^{2+}$  в люминофоре.

### Благодарность.

Работа поддержана Комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан грант IRN AP09259303.

### Список использованных источников

1. Menon S.N., Sanaye S.S., Dhabekar B.S., Rajesh K., Bhatt B.C. // Radiation Measurements, V.39, 2005, P.111-114.
2. Lushchik A., Azmaganbetova Z., Kotlov A., Kudryavtseva I., Maaros A., Nagirnyi V., Nurakhmetov T., Toxanbayev B. // In: HASYLAB Activity Report, Part I, DESY, Hamburg, Germany, 2008, P. 24.

3. Nair B.S.K., Sundar D., Tomita A., Hoffmann W., Lakshmanan A.R. // Journal of Luminescence, V. 86, 2000,P. 67-78.
4. Bahl S., Kumar V., Ras Bihari R., Kumar P. // Journal of Luminescence, V. 181, 2017, P. 36–43.
5. Maghrabi M., Karali T., Townsen P.D., and A. R. Lakshmanan // J. Phys. D: Appl. Phys, V. 33, 2000, P. 477–484.
6. Manam J. and Das S. // Radiation Effects & Defects in Solids, V. 163, No. 12, 2008, P. 955–965.
7. Bahl S., P. Lochab S., Kumar P. // Radiation Physics and Chemistry, V. 119, 2016, P. 136–141.
8. Taide S.T., Ingle N.B., Omanwar S.K.. // IOSR Journal of Applied Physics, V. 7( 3), 2015. P. 27-32.
9. Vidya Y.S. and Lakshminarasappa B.N. //Indian Journal of Materials Science, 2014, Article ID 675417.
10. Aierken Sidike. // Journal of Luminescence. V. 12, 2009, P. 1271–1275.