

## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ИНДАТА ЛАНТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

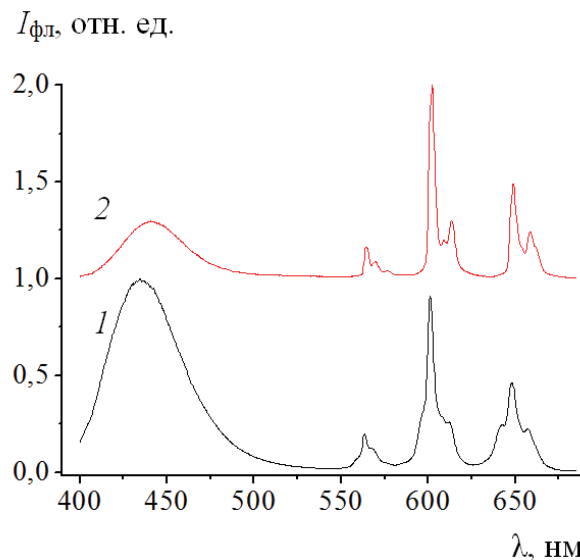
В настоящее время магнитные и фотолюминесцентные свойства твердых растворов на основе индата лантана типа  $\text{La}_{1-x}\text{Ln}_x\text{InO}_3$  (где  $\text{Ln} = \text{Pr}, \text{Sm}, \text{Eu}$ ) с невысокой степенью замещения ионов лантана ионами соответствующих ионов редкоземельных элементов ( $x = 0,001-0,1$ ) интенсивно исследуются вследствие наличия у них интересных люминесцентных и магнитных свойств [1–5]. Однако низкотемпературные свойства указанных твердых растворов исследованы недостаточно.

Твердые растворы на основе индата лантана, легированного ионами редкоземельных ( $\text{Pr}^{3+}, \text{Eu}^{3+}, \text{Sm}^{3+}$ ) и переходных элементов ( $\text{Sb}^{3+}$ ) получали твердофазным методом из оксидов лантана ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ), индия ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ), празеодима ( $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ ), европия ( $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ), самария ( $\text{Sm}_2\text{O}_3$ ), и сурьмы ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ). Все реактивы имели квалификацию не ниже «х. ч.».

Порошки оксидов, взятых в заданных молярных соотношениях, смешивали и мололи в планетарной мельнице. Полученную шихту прессовали, а затем обжигали при 1523 К на воздухе в течение 6 ч. После предварительного обжига образцы дробили, перемалывали, прессовали и обжигали 6 ч. при температуре 1523 К на воздухе.

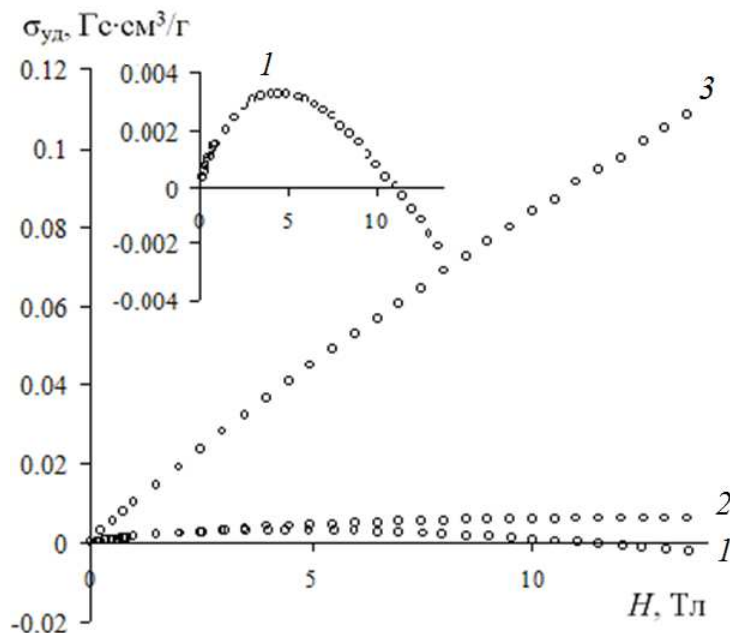
Измерение спектров фотолюминесценции при температуре 300 К проводили в Институте физики им Б.И. Степанова НАН Беларуси. Низкотемпературные спектры фотолюминесценции были получены при 77 К в Институте физики твердого тела Латвийского университета. Магнитные свойства (молярная магнитная восприимчивость, температуры 5–50 К, магнитные поля до 14 Тл) измеряли в ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению»

Анализ полученных при комнатной температуре и температуре кипения жидкого азота спектров фотолюминесценции ( $\lambda_{\text{возб}} = 320$  нм), например, твердого раствора  $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$ , (рис. 1), показывает, что снижение температуры приводит к изменению соотношения интенсивностей полос фотолюминесценции ионов  $\text{Sm}^{3+}$ . При комнатной температуре интенсивности полос фотолюминесценции с  $\lambda_{\text{макс}} = 600$  и 430 нм почти одинаковы. При температуре кипения жидкого азота интенсивность полосы фотолюминесценции при 600 нм почти в два раза больше, чем интенсивность полосы при 430 нм.



**Рисунок 1 – Спектры фотолуминесценции твердого раствора  $\text{La}_{0,98}\text{Sm}_{0,02}\text{In}_{0,98}\text{Sb}_{0,02}\text{O}_3$  при  $\lambda_{\text{возб}} = 320$  нм, полученные при 300 К (1) и 77 К (2)**

Намагниченность большинства исследованных твердых растворов при увеличении напряженности магнитного поля до 14 Тл (рисунок 2) увеличивается нелинейно с постепенным подходом к магнитному насыщению, которое, однако, не достигается в поле напряженностью 14 Тл.



**Рисунок 2 – Полевые зависимости удельной намагниченности при 5 К твердых растворов  $\text{La}_{1-x}\text{Eu}_x\text{InO}_3$  ( $x = 0,005$  (1); 0,01 (2); 0,1 (3))**

Показано, что при 5 К для твердых растворов  $\text{La}_{0,999}\text{Pr}_{0,001}\text{InO}_3$  и  $\text{La}_{0,995}\text{Eu}_{0,005}\text{InO}_3$  (рисунок 2, вставка) увеличение напряженности маг-

нитного поля до 5 Тл приводит к постепенному возрастанию парамагнитной удельной намагниченности. В дальнейшем при увеличении напряженности магнитного поля происходит снижение величины намагниченности. Это обусловлено тем, что диамагнитный вклад в намагниченность этих твердых растворов становится больше парамагнитного вклада, и в магнитных полях более 11 Тл она переходит в диамагнитную область. Это приводит к формированию на полевых и температурных зависимостях магнитных свойств этих образцов точек компенсации намагниченности и магнитной восприимчивости, характерных для ферримагнетиков с антипараллельно ориентированными магнитными моментами. Удельная намагниченность при 5 К и 40-50 К остальных твердых растворов на основе индата лантана является положительной в магнитных полях до 14 Тл. Нелегированный  $\text{LaInO}_3$  является диамагнитным в магнитных полях до 14 Тл.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при проведении научных работ фундаментального и прикладного характера, посвященных решению проблем физики и химии фотоллюминофоров, магнитных материалов на основе  $\text{LaInO}_3$  со структурой перовскита, легированного ионами редкоземельных элементов, и их использованию при изготовлении светодиодов белого света и других устройств электронной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Luminescent properties of a new red-emitting phosphor based on  $\text{LaInO}_3$  for LED / A. Tang [et al.] // *Optoelec. Adv. Mater.* – 2011. – Vol. 5, No. 10. – P. 1031–1034.
2. Luminescent properties of novel reddish-orange phosphor  $\text{LaInO}_3$ :  $\text{Sm}^{3+}$  for white light emitting diodes / A. Tang [et al.] // *Optelec. Adv. Mater. Rapid Comm.* – 2015. – Vol. 9, Iss. 1–2. – P. 20–23.
3. Liu, X. Synthesis and luminescent properties of  $\text{LaInO}_3$ :  $\text{RE}^{3+}$  (RE = Sm, Pr and Tb) nanocrystalline phosphors for field emission displays / X. Liu, J. Lin // *Solid State Sci.* – 2009. – Vol. 11. – P. 2030–2036.
4. Liu, X. Tunable Photoluminescence and cathodoluminescence properties of  $\text{Eu}^{3+}$ -doped  $\text{LaInO}_3$  nanocrystalline phosphors / X. Liu, L. Yan, J. Lin // *J. Electrochem. Soc.* – 2009. – Vol. 156, Iss. 1. – P. 1–6.
5. Unravelling the energy transfer mechanism in bismuth co-activation of  $\text{LaInO}_3$ :  $\text{Sm}^{3+}/\text{Ho}^{3+}$  nanophosphor for color-tunable luminescence / Ch. Satya Kamal [et al] // *RSC Adv.* – 2017. – Vol. 7. – P. 9724–9731.