

Магнитные и фотолюминесцентные свойства твердых растворов со структурой перовскита $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{InO}_3$ ($0,001 \leq x \leq 0,003$) и $\text{La}_{1-x}\text{Nd}_x\text{InO}_3$ ($0,007 \leq x \leq 0,05$)

*Л.А. Башкиров¹, Е.К. Юхно¹, Н.А. Миронова-Ульмане²,
А.Г. Шараковский², П.П. Першукевич³,
Л.С. Лобановский⁴, С.В. Труханов⁴*

¹*Белорусский государственный технологический университет, Минск*

²*Институт физики твердого тела Латвийского университета, Рига*

³*Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск*

⁴*Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, Минск*

В последнее десятилетие значительно повысился интерес к исследованию оптических свойств люминофоров на основе LaInO_3 , LaGaO_3 , легированных ионами редкоземельных элементов Pr^{3+} , Sm^{3+} , Eu^{3+} , Tb^{3+} , излучающих свет в видимой области и перспективных для использования в светодиодах белого света.

В настоящей презентации приводятся основные научные результаты, полученные при выполнении совместного проекта «ГКНТ-Латвия» «Синтез и исследование фотолюминесцентных и магнитных свойств твердых растворов на основе индата лантана со структурой перовскита, легированного ионами-активаторами Pr^{3+} , Nd^{3+} , Sm^{3+} , как фотолюминофоров для изготовления светодиодов белого света». Исполнители: Белорусский государственный технологический университет и Институт физики твердого тела Латвийского университета. Сроки выполнения проекта: с 14.05.2014 г. по 31.03.2016 г.

В работе твердофазным методом проведен синтез твердых растворов $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{InO}_3$ ($x = 0,001; 0,002; 0,003$), $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$, $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ ($y = 0,002; 0,003$), $\text{La}_{1-x}\text{Nd}_x\text{InO}_3$ ($x = 0,007; 0,02; 0,05$), $\text{La}_{0,95}\text{Nd}_{0,05}\text{In}_{0,995}\text{Cr}_{0,005}\text{O}_3$, $\text{La}_{0,95}\text{Nd}_{0,05}\text{In}_{0,995}\text{Mn}_{0,005}\text{O}_3$. Для этих твердых растворов в Институте физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси получены при 300 К спектры возбуждения люминесценции и фотолюминесценции. Намагниченность при температурах 5 и 300 К в полях до 14 Тл (140 кЭ) и магнитную восприимчивость в интервале температур 6 – 300 К в магнитном поле 0,86 Тл (8,6 кЭ) полученных твердых растворов измеряли вибрационным методом на универсальной высокополевой измерительной системе (Cryogenic Ltd, London, 4IS) ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению».

Рентгеновские дифрактограммы были получены на дифрактометре D8 ADVANCE Bruker AXS (Германия) с использованием CuK_α -излучения. Анализ рентгеновских дифрактограмм полученных твердых растворов индатов на основе диамагнитного индата LaInO_3 , легированного парамагнитными ионами Pr^{3+} , Nd^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+} , показал, что они были однофазными и имели кристаллическую структуру орторомбически искаженного перовскита.

На рисунке 1 приведены температурные и полевые зависимости магнитных свойств образцов $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ ($y = 0; 0,002; 0,003$). Ввиду того, что при повышении температуры парамагнитная составляющая

магнитной восприимчивости уменьшается, а диамагнитная оставляющая от температуры не зависит, то при температурах выше 70 – 120 К магнитная восприимчивость исследованных твердых растворов на основе LaInO_3 становится отрицательной (рисунок 1а). При температуре 300 К их намагниченность отрицательного знака увеличивается линейно с ростом величины напряженности магнитного поля вплоть до 14 Тл (рис. 1в). При температуре 5 К увеличение напряженности магнитного поля приводит к нелинейному росту намагниченности положительного знака и в магнитных полях выше 6 Тл она постепенно приближается к насыщению (рис. 1б). Результирующие магнитные моменты ионов Pr^{3+} , Cr^{3+} для твердых растворов $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ ($y = 0; 0,002; 0,003$), рассчитанные по их намагниченности при температуре 5 К в поле 10 Тл, равны соответственно 2,37 μ_B , 2,07 μ_B , 2,18 μ_B , что значительно меньше теоретических значений эффективных магнитных моментов ионов Pr^{3+} (3,58 μ_B), Cr^{3+} (3,87 μ_B).

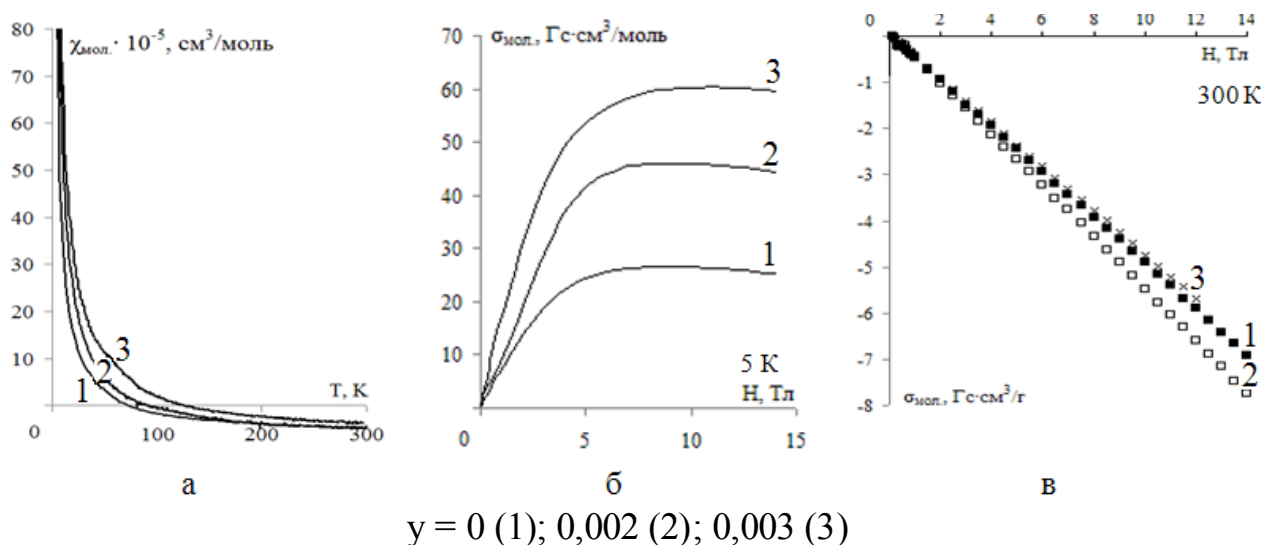


Рисунок 1. – Магнитные свойства твердых растворов $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ (а - температурная зависимость молярной магнитной восприимчивости, б, в – полевые зависимости молярной намагниченности при 5 К и 300 К)

На рисунке 2 приведены спектры фотолюминесценции при длине волны возбуждающего излучения 440 нм твердых растворов $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{InO}_3$ ($x = 0,001; 0,002; 0,003$), $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ ($y = 0; 0,002; 0,003$). На рисунке 2а видно, что увеличение содержания ионов Pr^{3+} в твердых растворах $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{InO}_3$ от $x = 0,001$ до $x = 0,003$ приводит к постепенному увеличению интенсивности всех полос фотолюминесценции, максимумы которых хорошо совпадают с литературными данными. Анализ рисунка 2б показывает, что частичное замещение диамагнитных ионов In^{3+} в матрице $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{InO}_3$ парамагнитными ионами Cr^{3+} с образованием твердых растворов $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ ($y = 0,002; 0,003$) приводит к уменьшению интенсивности полос фотолюминесценции при $\lambda = 440 - 510$ нм, $610 - 660$ нм и увеличению интенсивности полос фотолюминесценции при $\lambda_{\text{max}} = 740$ нм. Кроме этого, на спектрах фотолюминесценции твердых растворов $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ присутствует широкая полоса фотолюминесценции ($\lambda_{\text{max}} = 825$ нм),

интенсивность которой при увеличении y от 0,002 до 0,003 увеличивается, и она, вероятно, обусловлена ионами Cr^{3+} .

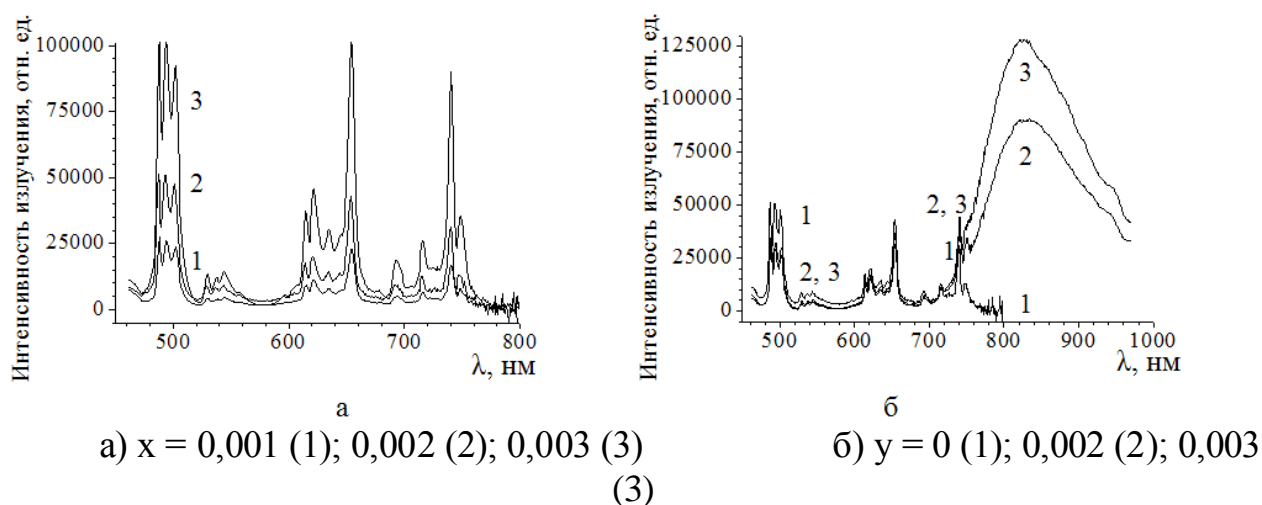


Рисунок 2. – Спектры фотолюминесценции образцов $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{InO}_3$ (а) и $\text{La}_{0,998}\text{Pr}_{0,002}\text{In}_{1-y}\text{Cr}_y\text{O}_3$ (б) при $\lambda_{\text{возб.}} = 440$ нм

Подобные температурные и полевые зависимости магнитных свойств, а также спектры возбуждения фотолюминесценции и спектры фотолюминесценции получены и для твердых растворов на основе LaInO_3 , легированных ионами Nd^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{3+} .