

Proceedings of the
First International
Interdisciplinary Congress



1-10 of September 2020
Nalchik - Rostov-on-Don - Shepsi, Russia

Труды Первого Международного
Междисциплинарного Научного Конгресса
Фазовые переходы и новые материалы

1-10 сентября 2020
г.Нальчик – г.Ростов-на-Дону – пос. Шепси, Россия

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ЛЮМИНОФОРОВ $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$

Д.В. Дейнеко,¹ А.А. Антропов,¹ Д.А. Спаский,² Н.Р. Крутыак²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия

²НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Москва, Россия
e-mail: deynekomsu@gmail.com

В настоящей работе впервые был синтезирован и изучен твердый раствор фосфатов $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$. Образцы изучены методами рентгенофазового анализа, люминесцентной спектроскопии. Показана высокая интенсивность излучения в красной области видимого спектра.

SYNTHESIS AND STUDY OF PHOSPHORS $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$

D.V. Deyneko,¹ A.A. Antropov,¹ D.A. Spassky,² N.R. Krutyak²

¹Lomonosov Moscow State University, Chemistry Department, Moscow, Russia

²Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
e-mail: deynekomsu@gmail.com

A series of phosphates $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$ were obtained by solid-state reaction. The samples were studied by methods such as X-ray diffraction and luminescence spectroscopy. A high intensity of phosphate radiation in the red region of the visible spectrum was shown.

Непрекращающийся научный поиск в области Light-Emitting Diode (LED) технологий связано с исследованиями о воздействии искусственного освещения на зрение и здоровье человека в целом [1]. Для конкретных задач внутреннего освещения помещений, а также специальных задач, где критически важен высокий индекс цветопередачи необходимо максимальное заполнение спектрального диапазона от 400 нм до 780 нм, что будет наиболее полно воспроизводить спектр солнечного освещения. Помимо этого, до сих пор нерешенным остается задача по заполнению спектрального пространства в области 470-485 нм.

Фосфаты $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$ были получены методом твердофазного синтеза при обжиге в муфельных печах на воздухе. Исходные реагенты: Na_2CO_3 (ч.д.а.), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (ч.д.а.), Eu_2O_3 (ч.д.а.), Y_2O_3 (ч.д.а.), были проверены на чистоту методом РФА и не содержали примесных фаз. Стехиометрические навески подвергались ступенчатому нагреванию до 1100°C и выдерживанием при максимальной температуре в течение 12 часов и постепенным охлаждением.

На рисунке 1 представлены дифрактограммы для $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$, где $x = 0.01; 0.03; 0.05; 0.07; 0.3$.

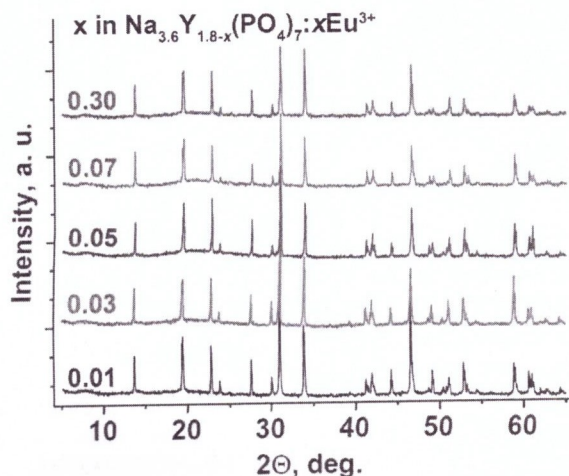


Рис. 1. Дифрактограмма системы фосфатов $\text{Na}_{3,6}\text{Y}_{1,8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$.

Все фосфаты изоструктурны ранее известному $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.8}(\text{PO}_4)_3$ (PDF № 47-972). Положение главного пика незначительно смещается в сторону малых углов за счет замещения катионов Y^{3+} ($r = 0.90 \text{ \AA}$) на более крупные Eu^{3+} ($r = 0.95 \text{ \AA}$). Примесных пиков других фаз или исходных реагентов не было обнаружено.

На рис. 2 приведены спектры возбуждения (рис. 2а) и излучения фотолюминесценции (рис. 2б) фосфатов $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$.

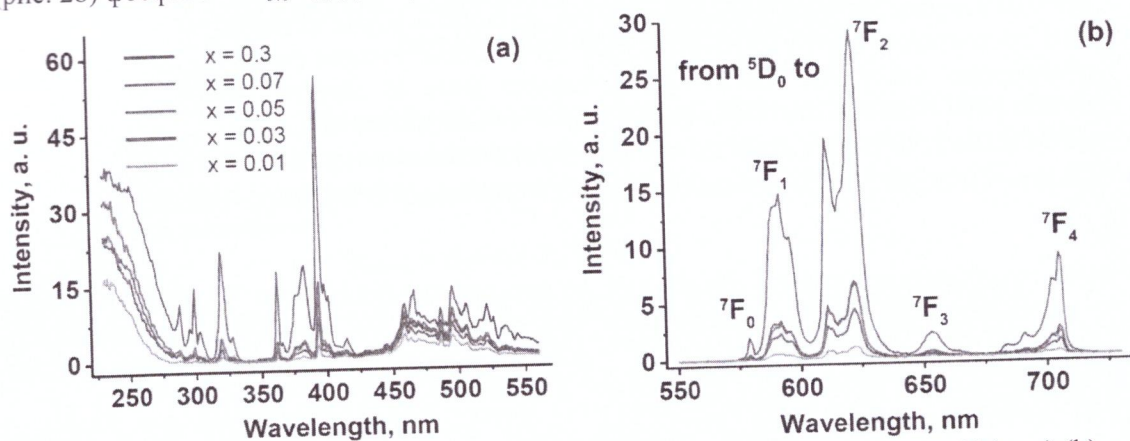


Рис. 2. Спектры возбуждения ($\lambda_{\text{em}} = 622 \text{ nm}$) (а) и излучения ($\lambda_{\text{ex}} = 394 \text{ nm}$) (б) фотолюминесценции системы фосфатов $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$.

На спектрах возбуждение фотолюминесценции видно перераспределение интенсивностей полос при 394 нм (переход ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6$) и 465 нм (переход ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_2$): при малых концентрациях излучающего катиона Eu^{3+} относительная интенсивность (I) перехода ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6$ относится к ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_2$ как $I({}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6) / I({}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_2) = 1.6$, в то время как при высоких концентрациях Eu^{3+} ($x = 0.3$) $I({}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6) / I({}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{D}_2) = 4.3$. Таким образом, вещества с $0.01 \leq x \leq 0.07$ могут быть эффективно использованы в комбинации с коммерческим InGaN-чипом.

Сопоставление спектров фотолюминесценции с ранее синтезированным люминофором $\text{Ca}_8\text{ZnEu}(\text{PO}_4)_7$ [2] в классе фосфатов $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ показало смещение цветовых координат (CIE) в красно-фиолетовую область и более полное перекрытие спектрального диапазона (рис. 3б). Значения коррелированных цветовых температур составили 2451 К для $\text{Ca}_8\text{ZnEu}(\text{PO}_4)_7$ и 2548 К для $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.5}(\text{PO}_4)_3:0.3\text{Eu}^{3+}$.

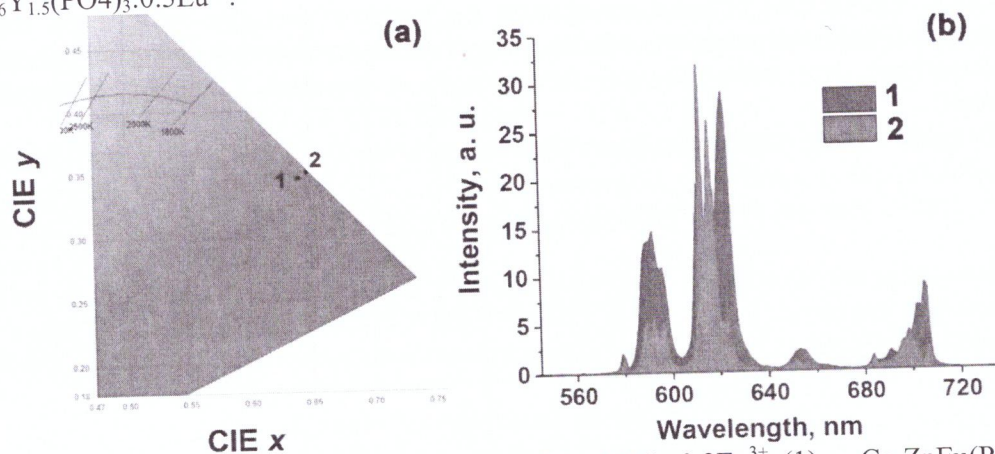


Рис. 3. Сравнение цветовых координат (а) $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.5}(\text{PO}_4)_3:0.3\text{Eu}^{3+}$ (1) и $\text{Ca}_8\text{ZnEu}(\text{PO}_4)_7$ (2) и сопоставление спектров фотолюминесценции (б) при $\lambda_{\text{ex}} = 395 \text{ nm}$.

Концентрационного тушения в системе синтезированных фосфатов $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.8-x}(\text{PO}_4)_3:x\text{Eu}^{3+}$ не было зафиксировано.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект 19-77-10013.

Список цитируемой литературы

1. F. Behar-Cohen et al. / Progress in Retinal and Eye Research 30 (2011) 239-257.
2. Bogdan I. Lazoryak et al. / Materials Research Bulletin 104 (2018) 20-26.