

## СЕКЦИЯ II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

---

### ТЕРМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ОКСИДА ИТТРИЯ, АКТИВИРОВАННОГО ЕВРОПИЕМ И ВИСМУТОМ

О. В. Давыдова, Н. Е. Дробышевская, М. Н. Харков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Подденежный

*Изучено влияние легирования висмутом на характеристики порошков активированного европием оксида иттрия, полученного методом термохимического синтеза (горения). Установлено, что размеры частиц  $Y_2O_3 : Vi, Eu$  находятся в пределах от 62 до 253 нм в зависимости от вида горючего. Показано, что интенсивность люминесценции полученных материалов с добавлением висмута при возбуждении на длине волны  $\lambda = 393$  нм, выше на 15–20 %, чем без добавки.*

**Ключевые слова:** оксид иттрия, ультрадисперсные порошки, активирование, ионы европия, добавка висмута, термохимический метод.

Оксидные люминофоры в последнее десятилетие привлекают повышенное внимание ученых и разработчиков оптических и оптоэлектронных приборов различных классов и назначений. Они применяются в качестве элементов подсветки ЖК-дисплеев, в составе твердотельных источников освещения – светодиодных ламп и светильников, в конструкциях плоских автоэмиссионных экранов (Field Emission Display – FED), экранах цветного телевидения высокого разрешения, для маркировки и контроля товаров и продуктов [1].

Применение люминесцентных материалов на основе ультрадисперсных частиц оксида иттрия  $Y_2O_3$ , легированного ионами лантаноидов, в частности, европием, открывает новые возможности в создании эффективных устройств в приборостроении, фотоэлектронике, оптике [2].

Известно [3], что солегирование  $Y_2O_3 : Eu^{3+}$  ионами висмута повышает интенсивность люминесценции, однако методики получения таких композиционных материалов и влияние добавки висмута на физико-химические и структурные характеристики авторами не приводятся.

Целью настоящей работы является изучение влияния солегирования висмутом на характеристики субмикронных порошков оксида иттрия, активированных европием, полученных методом термохимического синтеза (горения) с использованием азотсодержащих органических соединений в качестве восстановителей.

Для получения люминесцентных субмикронных порошков на основе легированного европием оксида иттрия применяли метод термохимического синтеза (горения) солей  $Y(NO_3)_3$  и  $Eu(NO_3)_3$  с использованием карбамида или смеси карбамид–гексаметилентетрамин (ГМТА) в качестве горючих (восстановителей). Для синтеза солегированного висмутом оксида иттрия  $Y_2O_3 : Eu^{3+}, Vi^{3+}$  в раствор вводили дополнительно азотнокислый висмут в количестве, соответствующем содержанию в люминофоре, равном 0,05 ат. %. Процесс осуществляли при температуре поджига

смеси 350 °С и температуре прокаливания 650 °С (1 час) в муфельной печи в условиях слабо-окислительной среды. В результате получали порошки с удельной поверхностью  $S_{уд} = 7,7-12,8 \text{ м}^2/\text{г}$  (метод абсорбции аргона в жидком азоте).

После синтеза агрегированных порошков, полученных в смеси восстановителей (карбамид и ГМТА), проводили их размол в агатовой ступке и далее – прокаливание на воздухе при температурах 900–1200 °С. Средний размер агрегатов в зависимости от состава находился в пределах 50–500 мкм, а диаметр первичных частиц, определяемый методом Шеррера [4] – от 62 до 253 нм (см. таблицу).

**Удельная поверхность агрегатов и условный диаметр частиц оксида иттрия с европием и оксида иттрия с висмутом и европием, формируемых методом горения**

Температура термической обработки, °С	$\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$		$\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$	
	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	$d_{\text{ср}}$ , нм	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	$d_{\text{ср}}$ , нм
650	7,7	102	12,6	62
900	8,0	98	12,8	61
1100	5,7	136	3,9	201
1200	4,1	191	3,1	253

На рис. 1 приведены зависимости условного диаметра частиц  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$  и  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$  от температуры прокаливания, полученных при использовании смеси восстановителей. С повышением температуры прокаливания в обоих случаях размеры частиц растут, а введение нитрата висмута в систему при повышении температуры прокаливания от 900 до 1200 °С приводит к полуторному росту частиц  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}, \text{Bi}^{3+}$  по сравнению с  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$ , что связано, скорее всего, с большей поверхностной активностью висмут-содержащих частиц.

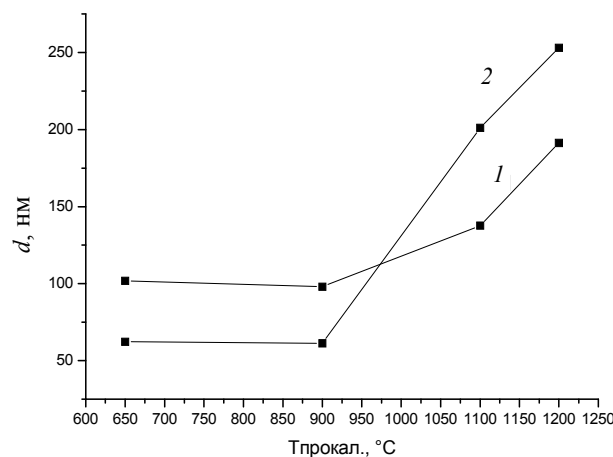


Рис. 1. Условный диаметр частиц в зависимости от температуры прокаливания при синтезе  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$  (1) и  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Bi}^{3+}, \text{Eu}^{3+}$  (2)

С использованием метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) установлено, что с использованием сложного горючего в результате реакции формируются рыхлые порошки с большим количеством пустот, легко диспергируемые вручную в ступке или в шаровой мельнице (рис. 2).

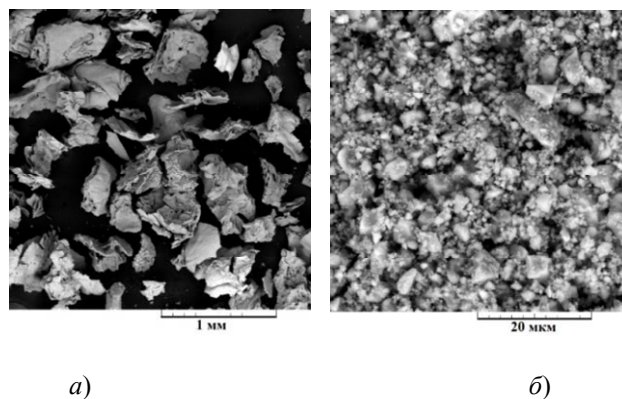


Рис. 2. СЭМ-изображение порошка  $Y_2O_3 : Eu^{3+}, Bi^{3+}$ , полученного горением в карбамиде и ГМТА после синтеза и прокаливания при  $650\text{ }^{\circ}C$  (а) и размолотый в ступке (б)

Установлено, что при возбуждении порошков на длине волны  $395,5\text{ нм}$  (фиолетовое излучение) спектр фотолюминесценции  $Y_2O_3 : Eu^{3+}$  демонстрирует узкую полосу с центром на  $612\text{ нм}$  (красная область), а введение ионов  $Bi$  в структуру в качестве соактиватора ведет к увеличению интенсивности люминесценции на  $15\text{--}20\%$ , при этом расположение линий в спектре не изменяется.

Рентгенофазовый анализ показал наличие в обоих порошках ( $Y_2O_3 : Eu^{3+}$  и  $Y_2O_3 : Bi^{3+}, Eu^{3+}$ , прокаленных при  $T = 650\text{ }^{\circ}C$ ), кристаллической монофазы оксида иттрия в соответствии с данными каталога JCPDS–1996. Других фаз в составе полученных образцов не обнаружено, что связано с малой концентрацией ионов европия и висмута в структуре.

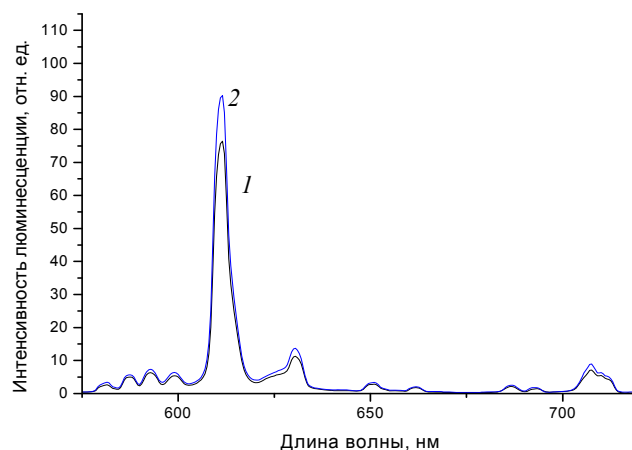


Рис. 3. Спектры люминесценции порошков  $Y_2O_3 : Eu^{3+}$  (1) и  $Y_2O_3 : Bi^{3+}, Eu^{3+}$  (2) в зависимости от наличия в решетке оксида ионов висмута при температуре  $650\text{ }^{\circ}C$

В результате обобщения вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Изучен метод получения субмикронных порошков оксида иттрия, активированных европием и солегированных висмутом, в термохимическом процессе с использованием в качестве горючего смеси карбамида и ГМТА.

2. Процесс осуществляли при температуре поджига смеси 350 °С и температуре прокаливания 650 °С (1 час) в муфельной печи в условиях слабо-окислительной среды. В результате получали порошки с удельной поверхностью  $S_{уд} = 7,7-12,8 \text{ м}^2/\text{г}$  и диаметром первичных частиц от 62 до 253 нм.

3. Прокаливание порошков после размола при температурах 900–1200 °С вызывает некоторый рост частиц  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$ , а введение нитрата висмута в систему приводит к полуторному увеличению их размеров, что связано с большей поверхностной энергией висмут-содержащих частиц.

4. Установлено, что при возбуждении порошков на длине волны 395,5 нм (фиолетовое излучение) спектр фотолюминесценции  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$  демонстрирует узкую полосу с центром на 612 нм (красная область), а введение ионов Вi в структуру в качестве соактиватора ведет к увеличению интенсивности люминесценции на 15–20 %.

#### Литература

1. Hitz, Breck. Yb :  $\text{Y}_2\text{O}_3$  Ceramic Laser Generates 4.2 W / Breck Hitz // Optics Letters. – 2004. – N 6. – P. 1212–1214.
2. Mouzon, J. Synthesis of Yb :  $\text{Y}_2\text{O}_3$  nanoparticles and fabrication of transparent polycrystalline yttria ceramics / J. Mouzon. – Luleå : Luleå tekniska universitet, 2005. – 126 p.
3. Luminescent properties of  $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$  synthesized by sol-gel processing / J. Zhang [et al.] // Journal of Materials Processing Technology. – 2002. – Vol. 121, N 2/3. – P. 265–268.
4. Штольц, А. К. Рентгеновский анализ микронапряжений и размера областей когерентного рассеяния в поликристаллических материалах / А. К. Штольц, А. И. Медведев, Л. В. Курбатов. – Екатеринбург, 2005. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/729/28729/files/ustu336.pdf>. – Дата доступа: 07.08.20.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗОВ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА

Е. В. Кузнецова

*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. В. Овчинников

*Изучены технологические особенности формирования нанодispersных алмазов детонационного синтеза; показаны этапы извлечения алмаза из шихты; выделены наиболее эффективные способы синтеза нанодispersных алмазов; отражены факторы, оказывающие влияние параметров синтеза на выход и качество детонационных наноалмазов (ДНА) и алмазной шихты после взрыва; представлены возможные варианты подрыва заряда для получения ДНА.*

**Ключевые слова:** нанотехнологии, углеродные наноматериалы, ультрадисперсные алмазы, алмазосодержащая шихта, синтез.

В настоящее время одним из динамично развивающихся направлений являются углеродные наноматериалы и связанные с ними нанотехнологии. Нанотехнологии в современном мире носят межотраслевой характер, поскольку проникают практически во все сферы деятельности: медицину, биотехнологии, машиностроение, энергетику, электронику и др.