

Список литературы

1. Alymov M.I. Poroshkovaya metallurgiya nanokristallicheskih materialov [Powder metallurgy of nanocrystalline materials]. Moscow, Nauka Publ., 2007. 169 p.
2. Головин Ю. И. Наноиндентирование и механические свойства твердых тел в субмикроробъектах, тонких приповерхностных слоях и пленках (обзор) //Физика твердого тела – 2008 – том 50 – вып. 12.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ $MgAl_2O_4$, АКТИВИРОВАННАЯ ИОНАМИ ДИСПРОЗИЯ ПЕРЕМЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

ЛИНЬ ЧАОЛУ¹, Д. Т. ВАЛИЕВ²

Шеньянский политехнический университет¹, г.Шеньян, Китай;

Национальный исследовательский Томский политехнический университет², г.Томск

E-mail: chaolu1@tpu.ru

Алюмомагниева шпинель ($MgAl_2O_4$) представляет собой кубическую кристаллическую структуру, в которой ионы Mg^{2+} занимают 8 тетраэдрических (T_d) позиций, а ионы Al^{3+} занимают 16 октаэдрических (O_h) позиций в кристаллической ячейке [1]. Dy^{3+} является отличной легирующей добавкой для люминесцентных материалов для получения длительного свечения [2]. Однако до сих пор очень мало исследований по керамике алюмомагниева шпинели, легированной Dy^{3+} . Цель работы заключается в исследовании влияния ионов диспрозия переменной концентрации на структурные и люминесцентные свойства керамических образцов $MgAl_2O_4: Dy^{3+}$.

Порошок шпинели, используемый в данной работе, представляет собой коммерчески доступный нанопорошок шпинели $MgAl_2O_4$ (Baikowski Malakoff Inc., США, чистота выше 99,999%, средний размер частиц 200 нм). Порошок оксида диспрозия для легирования (чистота 99,999 %, средний размер частиц 50 нм, Неваторг, Россия). Порошок образцов был приготовлен путем смешивания порошка оксида диспрозия с порошком шпинели. Затем порошок был спечен методом спарк-плазменного спекания (СПС) на установке спекания SPS 515S (Syntex Inc., Япония) с получением керамических образцов. Условия СПС были следующими: температура спекания $T=1400^\circ C$, вакуум $P=10^{-3}$ Па, давление 72 МПа, скорость нагрева $5^\circ C/мин$. В данной работе было приготовлено пять образцов с концентрацией легирования 0,1, 0,5, 1, 2,5, 7,5 и 10 вес. %. Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов проводился с использованием дифрактометра XRD-7000S Shimadzu (Японии). Для возбуждения импульсной катодолюминесценции образцов использовался сильноточный ускоритель электронов ГИН-600 ($t_{1/2-10}$ нс, средняя энергия электронов 250 кэВ, плотность энергии возбуждения ~ 23 мДж/см²) и записали спектр излучения образцов.

На рисунке 1 представлены рентгенограммы керамических образцов, с переменным содержанием диспрозия. Все положения рефлексов соответствуют стандартным данным согласно PDF № 04-007-2712, PDF № 04-007-8739 и PDF № 04-010-3648 (PDF4-2009). Основной фазой керамики образца является фаза шпинели, другие фазы ($DyAlO_3$ и $Dy_4Al_2O_9$) появляются при концентрации легирования 1 вес. %. Образование фаз $DyAlO_3$ и $Dy_4Al_2O_9$ свидетельствует о том, что ионы Dy^{3+} занимают преимущественно узлы Mg решетки шпинели. По мере увеличения концентрации легирования все большее количество Dy замещает места Mg, и решетка шпинели разрушается, образуя новую фазу.

На рисунке 2а показан спектр излучения образца керамики $MgAl_2O_4: 0,1 - 7,5$ вес. % Dy_2O_3 . В спектре излучения можно выделить четыре полосы излучения, расположенных на

435 нм, 517 нм, 575 нм и 688 нм. Полоса излучения при 435 нм должен быть обусловлен врожденным дефектом вакансии Mg^{2+} в решетке $MgAl_2O_4$. Полоса излучения при 575 нм приписывается переходу ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ ионов Dy^{3+} [3]. Серия полос излучения в красной области спектра при 688 нм соответствует излучательным переходам в ионное Cr^{3+} [4].

На рисунке 26 показаны спектры излучения образцов керамики $MgAl_2O_4: Dy^{3+}$ с концентрациями легирования 7,5 вес. % и 10 вес. %. Когда концентрация легирования составляет 10%, излучения керамического образца претерпевает огромные изменения. Образец $MgAl_2O_4: 10\% Dy_2O_3$ показал новую полосу излучения с гораздо большей интенсивностью излучения, чем другие образцы. Излучение при 483 нм, 575 нм и 618 нм в области видимого света связано с переходами ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$, ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ и ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$ ионов Dy соответственно [5].

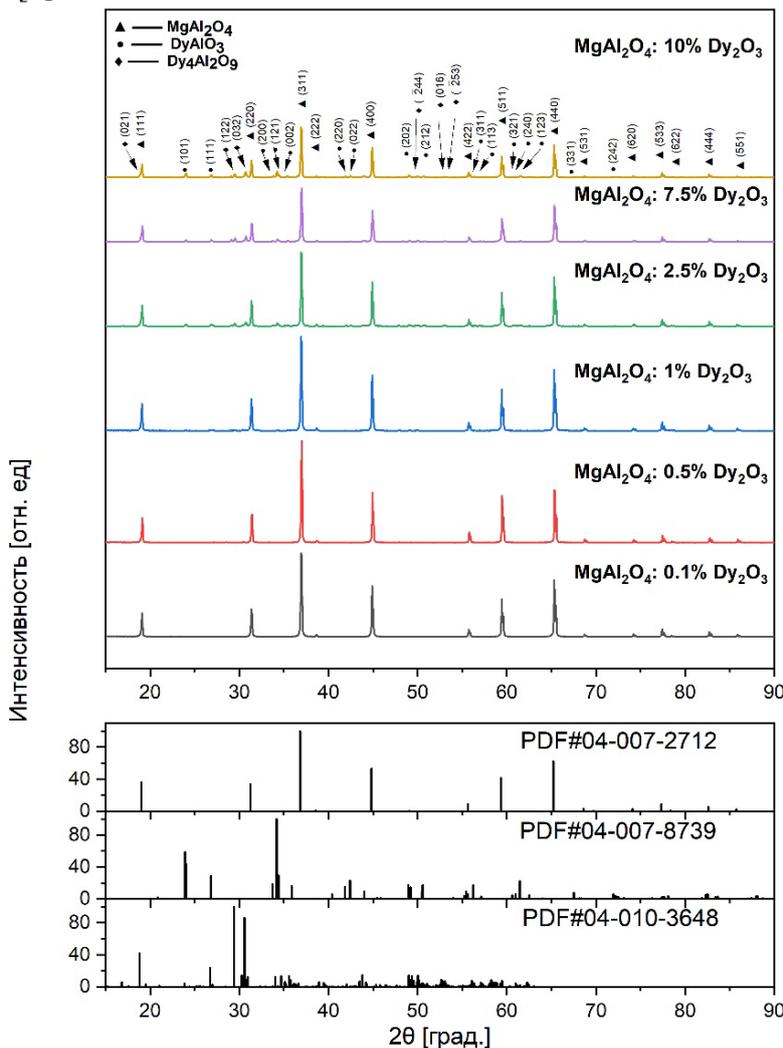


Рисунок 1 - Рентгеновские дифрактограммы образцов керамики $MgAl_2O_4: x$ вес. % Dy_2O_3

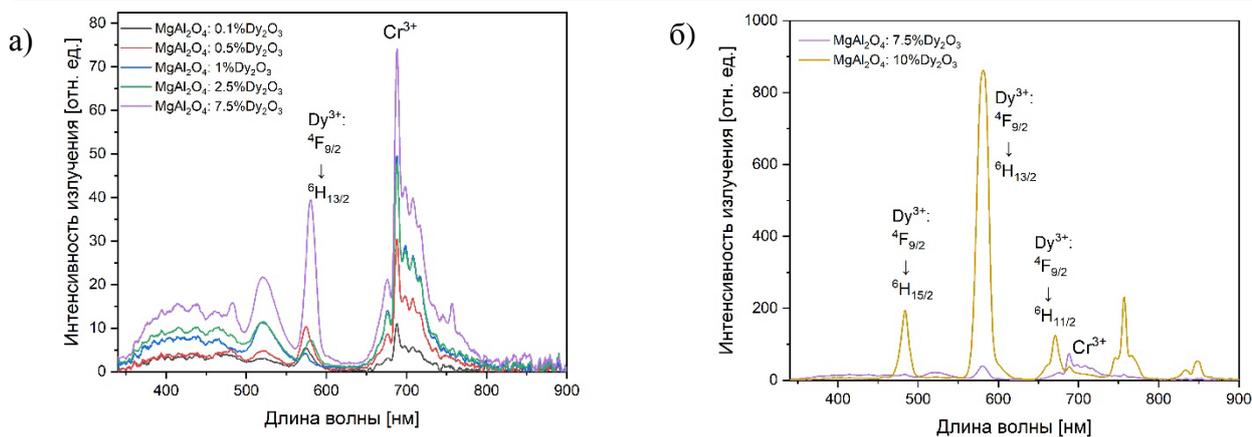


Рисунок 2 - Спектр импульсной катодолуминесценции образцов: а) MgAl_2O_4 : 0,1 – 7,5 вес. % Dy_2O_3 ; б) MgAl_2O_4 : 7,5 вес. %, 10 вес. % Dy_2O_3

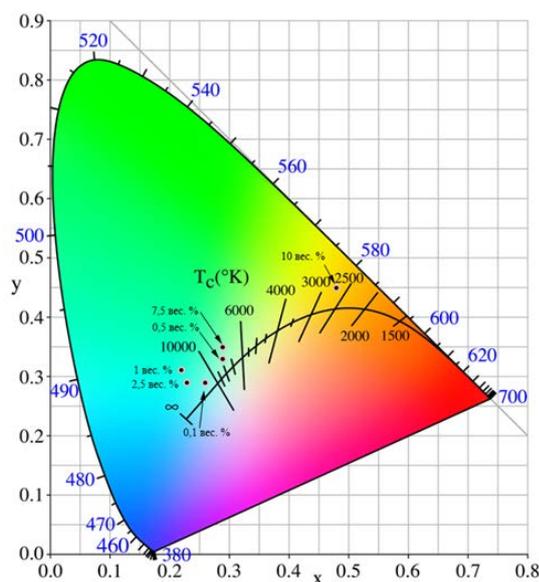


Рисунок 3 - Координаты цветности образцов MgAl_2O_4 : x% Dy_2O_3

Цвет излучаемого света образца керамики MgAl_2O_4 : x% Dy_2O_3 показан на рисунке 3. За исключением образца с концентрацией легирования 10 вес. %, цвет излучения других образцов находится в основном в области стыка красной, зеленой и синей областей. Образцы с концентрацией легирования 0,5 вес. % и 7,5 вес. % излучают вблизи зеленой области, в то время как другие образцы с концентрацией легирования излучают вблизи синей области. Образец с концентрацией легирования 10 вес. % излучает в оранжевой области.

В результате проведенных исследований были получены образцы керамики на основе MgAl_2O_4 . Были обнаружено влияние концентрации на структурные и люминесцентные свойства шпинели, активированной ионами диспрозия. Было обнаружено что, увеличения концентрации с диспрозия, наблюдается образование новых фаз. Когда концентрация легирования Dy_2O_3 составляет 10 вес. %, керамика испускает сильное характерное излучение Dy^{3+} .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ проект № 21-73-10100. В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

Список литературы

1. Goldstein A. Correlation between $MgAl_2O_4$ -spinel structure, processing factors and functional properties of transparent parts (progress review) //Journal of the European Ceramic Society. – 2012. – Т. 32. – №. 11. – С. 2869-2886.
2. Kuang J., Liu Y., Zhang J. White-light-emitting long-lasting phosphorescence in Dy^{3+} -doped $SrSiO_3$ //Journal of Solid State Chemistry. – 2006. – Т. 179. – №. 1. – С. 266-269.
3. Polissadova E. F., Vaganov V. A., Valiev D. T. et al. Influence of Temperature on the Luminescence Properties of $MgAl_2O_4: Dy^{3+}$ Ceramics Synthesized by Spark Plasma Sintering //Physics of the Solid State. – 2019. – Т. 61. – №. 10. – С. 1829-1834.
4. Valiev D., Stepanov S., Khasanov O. et al. Synthesis and optical properties of Tb^{3+} or Dy^{3+} -doped $MgAl_2O_4$ transparent ceramics //Optical Materials. – 2019. – Т. 91. – С. 396-400.
5. Kumar S., Prakash R., Kumar V. A novel yellowish white Dy^{3+} activated $\alpha-Al_2O_3$ phosphor: Photoluminescence and optical studies //Functional Materials Letters. – 2015. – Т. 8. – №. 05. – С. 1550061.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ОТХОДОВ
МЕТАЛЛООБРАБОТКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТАХ**

А.В.ЛИПЕЕВ^{1,2}, А.В. ЛЫСОВА^{1,2}, И.О. НИКОЛАЕВ², Е.Н. КОРОСТЕЛЕВА^{1,2}

¹Томский политехнический университет, Томск, Россия

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

E-mail: Alexeylipe@outlook.com

Одной из наиболее актуальных проблем последних десятилетий является эффективное использование ресурсов. Помимо энергоэффективности и возобновляемых источников энергии, также широко востребованы технологии утилизации и переработки отходов машиностроительных производств. Наибольший вклад в совокупный объем отходов производственных цепочек в машиностроении дает металлообработка на различных станках. Независимо от вида обработки, используемого инструмента, при изготовлении любой детали всегда образуется металлическая стружка. Чаще всего эта стружка утилизируется как металлический лом в металлургических процессах. В связи с этим при утилизации стружки основной задачей рассматривают возможность уплотнения стружечных отходов для минимизации объема с целью облегчения транспортировки [1-2]. Так как чаще всего для деталей используются заготовки из различных марок стали, то преимущественный объем отходов будет составлять стальная стружка. С другой стороны, стальную стружку можно рассматривать как самостоятельный материальный ресурс, который можно использовать в другом качестве, а не только в переплавке стальной шихты.

Во-первых, стальная стружка представляет собой уже отличный по структуре от исходной заготовки материал со своей сформированной в результате резания дефектной структурой. Во-вторых, большое значение имеет и возможное влияние среды обработки с охлаждающей жидкостью, окислительные процессы и т.п. В-третьих, стружка представляет собой достаточно активированный материал, который можно подвергнуть дальнейшему измельчению, доокислению и довести до порошкообразного вида. Это делает стальную стружку удобным сырьем для приготовления порошковых композиций с определенным сочетанием компонентов. В частности, достаточно активно изучается группа композиционных материалов на основе титана с различными тугоплавкими добавками из