

Из сравнительного анализа соосных зубчатых передач по виду движения промежуточного звена следует, что планетарные прецессионные передачи (ППП) передачи в наибольшей степени удовлетворяют требованиям получения большого передаточного отношения при минимальных габаритах и минимальных потерях в зацеплении.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Планетарные прецессионные передачи (ППП). Кинематический, силовой и технологический аспекты их создания. Под ред. А.Т. Скойбеды. Мн.: 2000. – 252 с.
2. Планетарные передачи. Справочник. Под ред. В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева. –Л.: Машино-строение, 1977.–462 с.
3. Джасем М. А., Крауиньш П. Я. Анализ напряженно- деформированного состояния под статической нагрузкой волнового торцевого кинематического редуктора // Вестник ИрГТУ. 2019. №5 (148).
4. Шевелева Г.И., Волков А.Э., Медведев В.И. Программное обеспечение производства конических и гипоидных зубчатых передач с круговыми зубьями. В: Техника машиностроения, 2001, № 2 (30), с. 40-51.

Дин Юйчунь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Хасанов Олег Леонидович,  
д. т. н., профессор

#### СИНТЕЗ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЮМИНОФОРА НА ОСНОВЕ ЛЮТЕЦИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА

**Введение.** Алуминаты гранатов на основе редкоземельных элементов представляют собой группу многофункциональных керамических материалов. Благодаря их широкой запрещенной зоне, химической и термической стабильности, высокой прозрачности в широком спектральном диапазоне они эффективно применяются в белых светоизлучающих диодах (СИД), в качестве люминофоров для преобразования синего света в белый. К числу алуминатов граната относятся иттрий-алюминиевый гранат  $Y_3Al_5O_{12}$  (YAG), лютеций-алюминиевый гранат  $Lu_3Al_5O_{12}$  (LuAG), гадолиний-алюминиевый гранат  $Gd_3Al_5O_{12}$

(GdAG). Люминесцентная керамика на основе YAG: Ce<sup>3+</sup> демонстрирует чрезвычайно высокую эффективность люминесценции и короткое время затухания (десятки наносекунд). Это расширяет область практического применения такой керамики и делает потенциально возможным её использование в качестве сцинтиллятора в детекторах рентгеновского излучения. Однако, сцинтилляционный материал должен иметь высокую теоретическую и практическую плотность для обеспечения высокой тормозящей способности рентгеновского излучения. К сожалению, тормозящая способность YAG низкая, что обусловлено его относительно низкой плотностью (4,54 г/см<sup>3</sup>) [1].

Лютеций-алюминиевый гранат в этом смысле более привлекателен, чем YAG, поскольку лютеций (Lu) имеет больший атомный вес, чем иттрий (Y). Однако высокая стоимость лютеция и соединений на его основе делает LuAG-керамику дорогостоящей и затрудняет её широкое применение. Альтернативой LuAG-керамики, как может выступать GdAG, поскольку гадолиний (Gd) более доступен. Атомный вес Gd близок к Lu. За исключением того, что сила света и красный свет керамики GdAG не так хороши, как у LuAG. прозрачная керамика на основе GdAG:Ce<sup>3+</sup> + может эффективно использоваться в качестве люминофора и конкурировать с YAG: Ce<sup>3+</sup> в осветительных приборах.

**Цель работы** – контролировать содержание ионов гадолиния для увеличения силы света керамического порошка и увеличения доли красного света.

**Экспериментальная часть.**

Навеску исходных порошковых компонентов в заданных пропорциях смешивали в цилиндрической емкости и помещали в шаровую мельницу, добавляли этанол и перемешивали в течение 24 часов со скоростью 400 об./мин. Полученную смесь сушили на воздухе при 80 ° C в течение 24 часов. Порошковые смеси измельчали и просеивали через сито 200 меш. Затем его спекают в муфельной печи при высокой температуре 1500 ° C в течение 4 часов и непрерывно вводят водород для восстановления. После спекания агломерированный порошок измельчают.

Были подготовлены 4 порошковые смеси, массой не более 4 г. Компонентный состав смесей представлен в таблице 1.

Таблица 1

*Состав порошковых смесей*

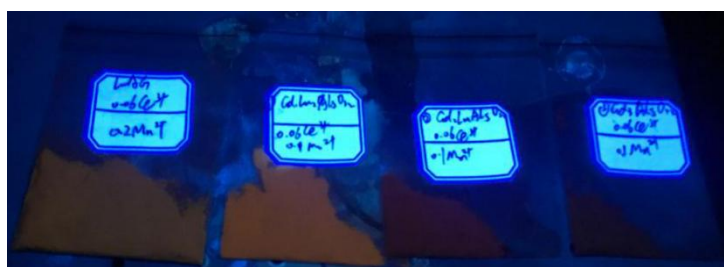
Наименование	Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , г	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , г	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , г	CeO <sub>2</sub> , г	MnCO <sub>3</sub> , г	SiO <sub>2</sub> , г
1 LuAG:Ce:Mn	2.3397	-	0.9992	0.0413	0.0460	0.0240

2	66.7% (LuAG+33.3%Gd AG):Ce:Mn	1.5439	0.7250	0.9992	0.0413	0.0460	0.024 0
3	33.3% (LuAG+66.7%Gd AG):Ce:Mn	0.7481	1.45	0.9992	0.0413	0.0460	0.024 0
4	GdAG:Ce:Mn	-	2.1314	0.9992	0.0413	0.0460	0.024 0

В работе использовали ультрафиолетовую лампу (Gao Peng, ZF-6, Shanghai) для предварительной проверки флуоресцентного эффекта порошков.

Флуоресцентный спектрофотометр (Hitachi, F-7000, Япония) для измерения фотолюминесценции. Обработку полученных спектров проводили при помощи коммерческого программного обеспечения «Origin».

**Результаты.** На рисунке 1 представлено фото порошков, помещенных под ультрафиолетовую (УФ) лампу с длиной волны 365 нм, полученных в результате эксперимента. С увеличением концентрации Gd в образцах спектр свечения изменяется, а интенсивность уменьшается.



*Рисунок 1. Фото синтезированных порошков LuAG(GdAG):Ce:Mn, помещенных под УФ-лампу*

На рисунке 2 представлены спектры люминесценции синтезированных образцов. Видно, что с увеличением концентрации ионов Gd спектральная интенсивность образцов (66.7% (LuAG+33.3%GdAG):Ce:Mn и 33.3% (LuAG+66.7%GdAG):Ce:Mn) уменьшается. При полном замещении лютеция гадолинием интенсивность люминесценции уменьшается, а при частичном замещении наблюдается смещение наиболее интенсивного пика люминесценции в красную область.

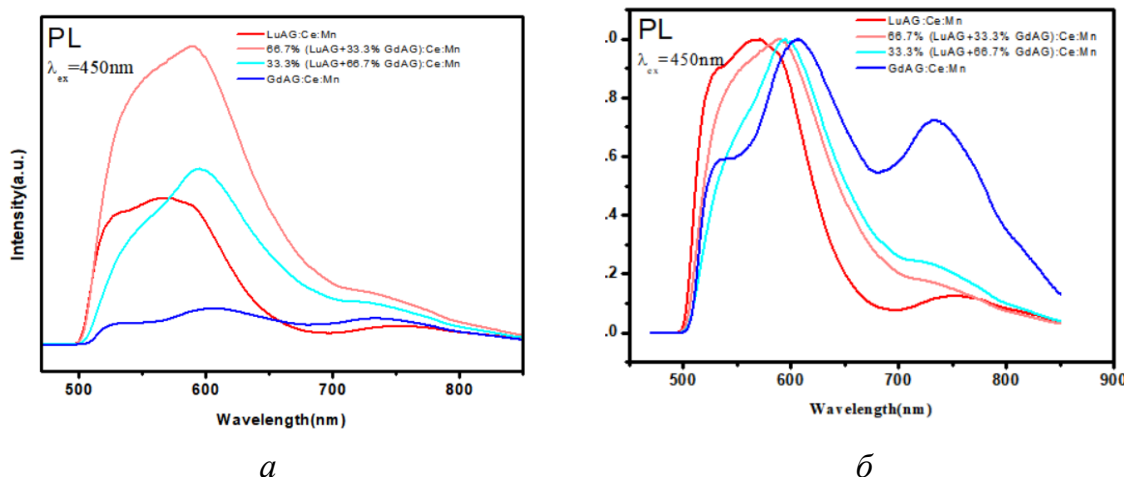


Рисунок 2. (а) Исходный спектр возбуждения  
(б) Нормированный спектр возбуждения

**Закключение.** В представленной работе ионы Gd использовались для замены ионов Lu в LuAG. Установлено, что при полном замещении лютеция гадолинием интенсивность люминесценции уменьшается, а при частичном замещении - наблюдается смещение наиболее интенсивного пика люминесценции в красную область. Это позволяет регулировать красную компоненту света и изготавливать люминофоры с заданными цветовыми характеристиками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li, Jinkai; Li, Ji-Guang; Liu, Shaohong; Li, Xiaodong; Sun, Xudong; Sakka, Yoshio. The development of Ce<sup>3+</sup>-activated (Gd,Lu)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> garnet solid solutions as efficient yellow-emitting phosphors. Science and Technology of Advanced Materials, 2013.14c.
2. Ji, Haipeng; Wang, Le; Molokeev, Maxim; Hirosaki, Naoto; Xie, Rong-Jun; Huang, Zhaohui; Xia, Zhiguo; ten Kate, Otmar Melvin; Liu, Lihong; Atuchin, Victor V. Structure evolution and photoluminescence of Lu<sub>3</sub>(Al,Mg)<sub>2</sub>(Al,Si)<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce<sup>3+</sup> phosphors: New yellow-color converter for blue LED-driven solid state lighting. J. Mater. Chem. C, 2016.1-9c.
3. Yang, Jiayao; Han, Tao; Cao, Yangfei; Lang, Tianchun; Fang, Shuangqiang; Cao, Shixiu; Peng, Lingling; Liu, Bitao; Tian, Zhongqing; Gao, Wei. Photoluminescent transparent ceramics with an adjustable spectrum for high-color rendering laser lighting. Journal of Materials Chemistry, 2020.16483-16488c.
4. Zhao, C., Duan, Y., Lin, H., Zhang, D., Hong, R., Tao, C., Zhou, S. (2020). Synthesis and luminescence properties of color-tunable Ce, Mn

co-doped LuAG transparent ceramics by sintering under atmospheric pressure. *Ceramics International*.2020.1-8с

5. Zhao Chenyao, Lin Hui, Zhang Dawei, et al. Effect of SiO<sub>2</sub> introduction on luminescence properties of LuAG:Mn<sup>2+</sup> phosphors. 2020.

Ду Яфэн (Китай)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Божко Ирина Александровна,  
к.ф.-м.н. доцент

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМ Al-Si-N И Zr-Y-O, СФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО МАГНЕТРОННОГО ОСАЖДЕНИЯ**

### **Введение**

Данная работа посвящена описанию исследование физико-механических свойств защитных покрытий систем Al-Si-N и Zr-Y-O, сформированных в условиях импульсного магнетронного осаждения.

Цель работы заключается в выявлении установления закономерности влияния микротвердости образцов стекла К-208 с защитными покрытиями Al-Si-N и Zr-Y-O на их стойкость к ударному воздействию высокоскоростных твердых микрочастиц Fe.

Объектом исследования в данной работе выступали защитные покрытия систем Al-Si-N и Zr-Y-O, которые были получены методом импульсного магнетронного осаждения с помощью вакуумной установки УВН-05МД «КВАНТ» [1].

### **Экспериментальная часть**

Для оценки способности образцов стекла с защитными покрытиями противостоят ударному воздействию при бомбардировке потоком высокоскоростных твердых микрочастиц были проведены испытания с помощью легкогазовой пушки МПХ23/8 [2], разработанной в научно-исследовательском институте прикладной математики и механики Томского государственного университета [3].

Питание магнетрона осуществлялось от импульсного биполярного источника питания частотой 50 кГц, мощность магнетрона достигала 1,2 кВт. Для получения покрытий системы Al-Si-N использовали мозаичную мишень на основе Al со вставками из Si, которую распрыскивали в смеси газов N<sub>2</sub> и Ar, отношение парциальных давлений которых в ваку-