

УДК 666

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ИТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО
ГРАНАТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ОКСИДА ГРАФЕНА**Ху Чжэньфэн, В.Д. Пайгин., Лю Юаньсюнь

Научный руководитель: профессор, д.т.н. О.Л. Хасанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: chzhenfen1@tpu.ru**INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF CERAMICS BASED ON YTTRIUM-ALUMINUM
GARNET WITH THE ADDITION OF GRAPHENE OXIDE**Hu Zhenfeng, V.D. Paygin, Liu Yuanxun

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Yu.Yu. Khasanov O. L.

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: chzhenfen1@tpu.ru

Abstract. During the study, transparent ceramics based on yttrium-aluminum garnet ($Y_3Al_5O_{12}$) were obtained:Ce) with graphene oxide (GO) additions from 0.1 to 1%, annealed at a temperature of 1250–1650 °C. The effect of the annealing temperature and the concentration of additives on the composition, density and optical characteristics of the obtained samples is investigated. It is shown that graphene oxide has a positive effect on the characteristics of luminescent ceramics.

Введение. Одним из перспективных оптических материалов в области нанокompозитов является иттрий-алюминиевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$), поскольку обладает высокой механической прочностью, хорошей химической стабильностью и превосходными термическими характеристиками. [1]. Эффективное улучшение упругих и прочностных свойств керамик на основе иттрий-алюминиевого граната может быть достигнуто за счет добавления включений в матрицу наноматериала [2]. Одним из таких включений может быть оксид графена.

Механические характеристики оксида графена, такие как модуль Юнга и прочность, похожи на аналогичные характеристики углеродных нанотрубок, что и обеспечивает эффективное упрочнение материалов, в которые они добавляются. Однако в некоторых случаях оксид графена может обладать большим упрочняющим эффектом, чем углеродные нанотрубки [3]. Это происходит за счет более эффективного проникновения графена в структуру матрицы.

Экспериментальная часть. Порошковые смеси на основе YAG:Ce и оксида графена с концентрацией от 0,1 до 1 мас. % были подготовлены с использованием шаровой мельницы. Смешивание проводили в изопропиловом спирте в течение 48 часа. Затем порошки сушили при температуре 90°C в течение 12 часов. Холодное статическое прессование проводили на прессе IP-500 AUTO (ZIPO, Россия) при давлении 400 МПа. Спекание проводили в высокотемпературной печи LHT 02/18 (Nabertherm, Германия) на воздухе при температурах от 1250°C до 1650°C. Выдержка на заданной температуре спекания составила 2 часа. Скорость нагрева и охлаждения составляла 200 °C/час.

Рентгенофазовый анализ образцов проводили на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 (Shidamzu, Япония). Плотность определяли по результатам измерения массы и геометрических размеров образцов.

Результаты. Экспериментальные дифрактограммы образцов представлены на рисунке 1.

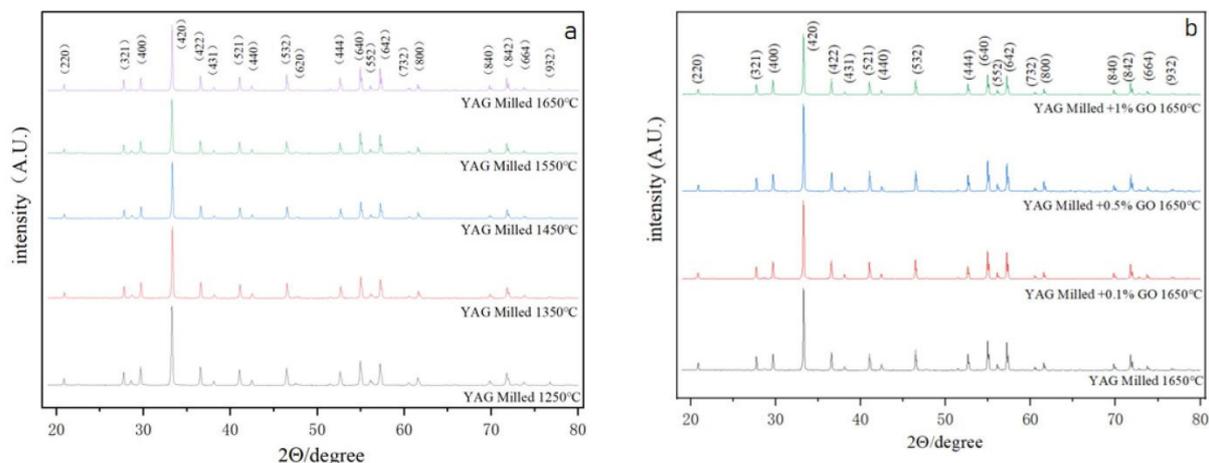


Рис. 1. Дифрактограммы образцов керамики (а) отожженные при температурах 1250-1650 °С; (б) с концентрацией оксида графена 0-1 мас.%

Результаты рентгенофазового анализа показали, что все образцы более чем на 92% состоят из иттрий-алюминиевого граната кубической модификации. Таким образом, видно, что после высокотемпературной обработки образцов оксид графена в составе отсутствует, что свидетельствует о его полном переходе в фазу YAG.

Результаты измерения плотности образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения плотности образцов керамики на основе иттрий-алюминиевого граната

№	GO, wt. %	T, °C	ρ , %
1.1	0	1250	73.1±0.5
1.2		1350	77.7±0.5
1.3		1450	87.5±0.5
1.4		1550	96.4±0.5
1.5		1650	97.4±0.5
2.1	0	1650	97.4±0.5
2.2	0,1		97.7±0.5
2.3	0,5		98.6±0.5
2.4	1		98.9±0.5

На рисунке 2 представлена зависимость относительной плотности образцов от концентрации оксида графена до и после спекания.

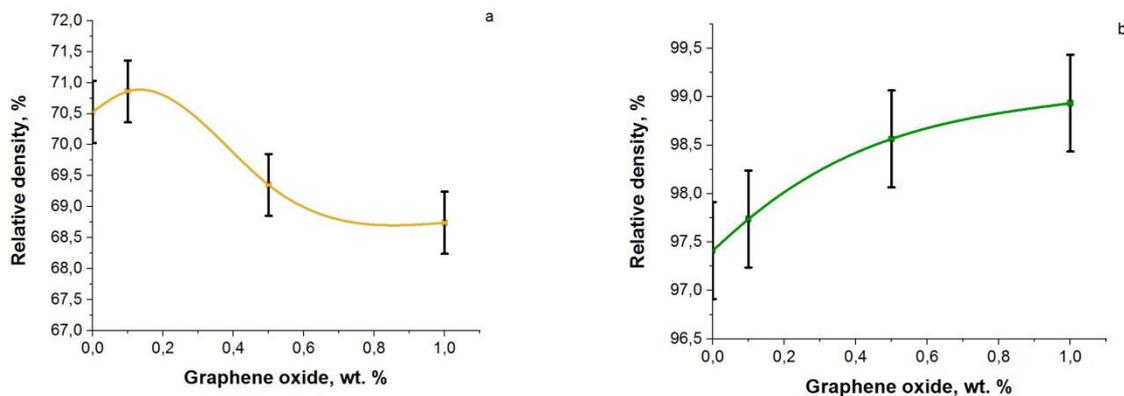


Рис. 2. Зависимость относительной плотности образцов от концентрации оксида графена (а) до спекания; (б) после спекания при температуре 1650°C

Таким образом, видно, что до спекания добавление оксида графена значительно уменьшает плотность образцов, однако после спекания плотность увеличивается и достигает значения 98,8%. Это явление может быть связано с тем, что увеличение в образцах концентрации активатора приводит к уменьшению среднего размера кристаллитов, что в свою очередь приводит к снижению плотности, в то время как отжиг образцов способствует росту размера зерен и увеличению относительной плотности.

Закключение. В данном исследовании получены образцы керамики на основе иттрий-алюминиевого граната активированные ионами церия с добавлением оксида графена 0-1 мас.%. Проведен отжиг керамики при температурах 1250-1650 °С.

Проведен рентгенофазовый анализ образцов, который показал, что после высокотемпературной обработки образцов оксид графена в составе отсутствует, что свидетельствует о его полном переходе в фазу YAG.

Результаты измерения плотности свидетельствуют о том, что добавление оксида графена в сочетании с отжигом может привести к значительному увеличению плотности образцов. Так для 1% GO и температуры отжига 1650 °С характерна плотность 98,93 %.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. He X. et al. Effects of local structure of Ce³⁺ ions on luminescent properties of Y₃Al₅O₁₂: Ce nanoparticles // Scientific reports. – 2016. – V. 6. – №. 1. – P. 1-11.
2. Kuilla T. et al. Recent advances in graphene based polymer composites // Progress in polymer science. – 2010. – V. 35. – №. 11. – P. 1350-1375.
3. Lee C. et al. Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene // Science. – 2008. – V. 321. – №. 5887. – P. 385-388.