

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОНСОЛИДАЦИИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА

В.Д. ПАЙГИН, О.С. ТОЛКАЧЁВ, Э.С. ДВИЛИС, Т.Р. АЛИШИН

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: vpaygin@mail.ru

Иттрий-алюминиевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$, ИАГ, YAG) характеризуется высокой температурой плавления, отсутствием полиморфных превращений, повышенной радиационной стойкостью высокими электрофизическими свойствами, в том числе в полтора раза большим пробивным напряжением, чем у корунда, высокой термостойкостью, прочностью и возможностью получения в прозрачном виде [1]. Изделия из ИАГ применяются в квантовой электронике, лазерной технике, в качестве рабочего тела твердотельного лазера [2, 3], используются в люминесцентных дозиметрах и детекторах [3, 5].

В последние годы иттрий-алюминиевый гранат активированный ионами церия ($Ce^{3+}:Y_3Al_5O_{12}$, Ce:YAG) находит широкое применение в технологии производства светодиодов белого цвета в качестве люминофора [6, 7]. Обычно, их изготавливают на основе светоизлучающих диодов синего цвета, кристаллы которых заливают специальным компаундом содержащим люминофор Ce:YAG. В процессе эксплуатации таких светодиодов, из-за повышения температуры (55 - 140 °C), наблюдается деградация компаунда и изменение люминесцентных свойств. Решить данную проблему можно путем использования люминесцентных керамик, в том числе состава Ce:YAG, не подверженных деградации при таких температурах.

В настоящей работе методом дилатометрии проведено исследование динамики линейной усадки керамики из микродисперсного порошка иттрий-алюминиевого граната.

Исходный порошок Ce:YAG был изготовлен в Чунцинском университете искусств и науки (Чунцин, Китай) методом твердофазного синтеза. Гранулометрический состав порошка определен методом лазерной дифракции на установке SALD-7101, (Shimadzu, Япония). Анализ морфологии частиц порошка проведен методом просвечивающей электронной микроскопии на установке JEM-2100F (JEOL, Япония). Фазовый состав порошка определен методами рентгенофазового анализа на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония) и энергодисперсионного анализа (ЭДС) при помощи специальной приставки JED-2300T (JEOL, Япония) к просвечивающему электронному микроскопу.

Рентгенофазовый анализ показал, что исследуемый порошок представляет собой механическую смесь оксидов иттрия и алюминия. Кроме того обнаружено следовое одержание оксида церия. Элементный состав порошка определенный методом энергодисперсионного анализа и пересчитанный на оксиды алюминия и иттрия, показал содержание Al_2O_3 – 42 мол. %, Y_2O_3 – 58 мол. %.

Гранулометрический состав порошка определенный методом лазерной дифракции показал, что порошок состоит из частиц размерами от 0,3 до 34,4 мкм, средний размер частиц – 2,12 мкм, характер распределения частиц по размерам – бимодальный.

Исследование динамики линейной усадки выполнено при помощи высокотемпературного дилатометра DIL-402 E/7/G-Ру (NETSCH, Германия). Предварительно порошок формовали методом холодного статического одноосного прессования под давлением 250 МПа. Спекание проводили в атмосфере аргона, при температуре 1650 °C со скоростями изменения температуры 3°C/мин, 10°C/мин и 20°C/мин. Полученные зависимости корректировали с учетом термических деформаций измерительной системы.

Кривая изменений линейных размеров образцов керамики в процессе нагрева до температуры 1650 °C представлена на рисунке. Видно, что термическая усадка образца начинается при 980 °C и с высокой интенсивностью продолжается до температуры 1600 °C,

после чего интенсивность усадки замедляется, однако полностью не прекращается вплоть до температуры 1650 °С. В диапазоне температур 1355 °С – 1525 °С, линейные размеры образца практически не изменяются, что можно связать образованием фазы YAG [8]. Уменьшение скорости изменения температуры в процессе нагрева приводит к смещению температур интенсивной усадки и фазообразования в область меньших температур, а увеличение – в область больших температур. Плотность образцов полученных при разных скоростях изменения температуры существенно не различается.

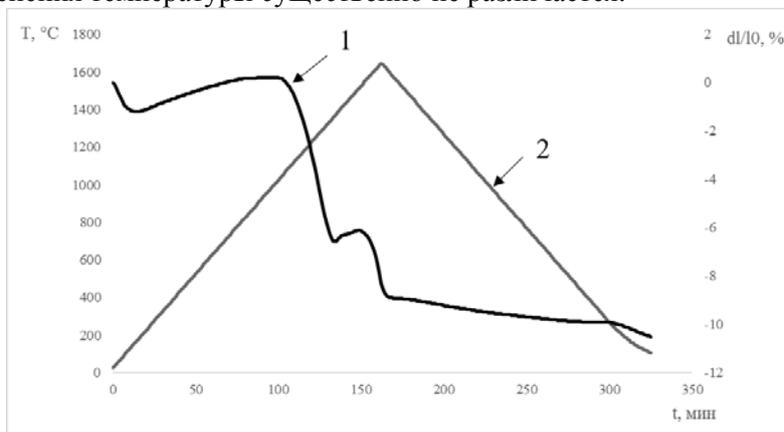


Рисунок – Динамика линейной усадки Се:YAG-керамики при нагреве до 1650 °С со скоростью изменения температуры 10 °С/мин (1 – изменение линейных размеров; 2 – изменение температуры)

В результате работы были получены образцы люминесцентной YAG-керамики, изучена динамика линейной усадки. Выполнена характеристика исходного порошка YAG. Поиск оптимальных режимов спекания YAG-керамики исследованного типа целесообразно проводить в интервале температур 1400-1650 °С при скоростях нагрева (3-10 °С/мин) в сочетании с изотермической выдержкой при максимальной температуре.

Исследование выполнено на базе «Нано-Центра» Национального исследовательского Томского политехнического университета. Эксперименты по характеристике исходного порошка (РФА, ПЭМ, ЭДС, гранулометрический анализ) выполнены при поддержке РФФИ, проект № 18-43-703014. Исследование динамики линейной усадки выполнено при частичной поддержке РФФИ, проект № 17-13-01233.

Список литературы

1. Лукин Е. С. Современная высокоплотная оксидная керамика с регулируемой микроструктурой. Часть VI. Получение оптически прозрачных оксидных материалов // Огнеупоры и техническая керамика. - 1997. - № 9. - С. 13-18.
2. Гаранин С.Г., Дмитрюк А.В., Жилин А.А. и др. Лазерная керамика. 1. Методы получения // Оптический журнал. – 2010. – Т. 77. – № 9. – С. 52–68.
3. Лукин Е.С., Попова Н.А., Глазачев В.С. и др. Технология, свойства и применения оптически прозрачной оксидной керамики: перспективы развития // Конструкции из композиционных материалов. – 2015. - № 3. – С. 24–36.
4. Osipov V.V., Ishchenko A.V., Shitov V.A. et al Fabrication optical and scintillation properties of transparent YAG:Ce ceramics // Optical Materials. – 2016. - V. 71 P. 45–49.
5. Полисадова Е.Ф., Тао Х., Олешко В.И. и др. Влияние концентрации церия на люминесцентные свойства $Y_3Al_5O_{12}:Ce$ при ультрафиолетовом возбуждении // Фундаментальные исследования. – 2017. - №12. С. 103-109.
6. Данчевская М.Н., Ивакин Ю.Д., Маряшкин А.В. и др. Ступенчатый синтез легированного церием мелкокристаллического иттрий-алюминиевого граната в водной среде в докритических и сверхкритических условиях // Сверхкритические флюиды: теория и практика. – 2010. – Т. 5. - № 4. – С. 90-105.

7. Давыдова О.В., Павленок А.В., Добродей А.О. и др. Получение и спектрально-люминесцентные характеристики композиционных материалов на основе YAG:Ce для светодиодных преобразователей // Вестник ГГТУ Им. П. О. Сухого. – 2016. – № 3. – С. 24-31.
8. Ивакин Ю.Д., Данчевская М.Н., Янечко П.А., Муравьева Г.П. Кинетика и механизм низкотемпературного синтеза иттрийалюминиевого граната // Вестник Московского Университета. Серия 2 Химия. – 2000. – Т. 41. - № 2. – С. 89-92.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЬЕЗОАКТУАТОРОВ НА УГОЛ КРУЧЕНИЯ МОДЕЛЬНОЙ ЛОПАСТИ ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.Н. АНОШКИН, П.В. ПИСАРЕВ, В.А. АШИХМИН

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

E-mail: pisarev85@live.ru

Во время полета воздушных судов высоконагруженные элементы конструкции, такие как крыло самолета или вертолетные лопасти создают существенные колебания и шум в силу изменения действующих на них аэродинамических нагрузок при изменении их азимутального угла. Это вызывает дискомфорт пассажиров, увеличение рабочей нагрузки летчика, уменьшение усталостного ресурса конструктивных элементов, ограничение скорости горизонтального полета и увеличение эксплуатационных расходов. По этой причине, при разработке современных самолетов или вертолетов, а также при модернизации существующих моделей, возникает необходимость в разработке новых технологий по снижению виброакустической нагруженности авиационного транспорта.

В настоящее время среди всех видов летательных аппаратов наибольшим вибрациям подвержены вертолеты. Характеристики несущего винта вертолета с увеличением скорости полета ухудшаются вследствие влияния сжимаемости воздуха, появления срыва потока на отступающих лопастях, увеличения нагрузок в системе управления лопастей и роста уровней вибрации и шума.

С появлением активных пьезо материалов, появилась возможность разработки эффективных и экономически выгодных систем по борьбе с вибрациями. Актуаторы, интегрированные в обшивку лопасти несущего винта, создают динамическое закручивание и искривленность лопасти, приспособленные в любой момент времени к условиям полета и существенно уменьшающие колебания, и шум, а также улучшающие летные характеристики [1].

Вместе с тем для успешного решения задач снижения вибрации в авиационной технике с применением пьезоактуаторов, необходимо определить конструктивные особенности элементов управления, а также места их размещения. Разработать математические модели по расчету напряженно деформированного состояния (НДС) пьезоэлектрических слоистых полимерных композитных материалов (ПКМ) оснащенных пьезоактуаторами.

В рамках настоящей работы проводится численное исследование влияния места расположения пьезоактуаторов на угол кручения модельной лопасти, выполненной из полимерных композиционных материалов.

Объектом исследования является модельная вертолетная лопасть, выполненная из текстильного равнопрочного углепластика, схема армирования (0°;90°;45°;-45°). Рассматривается пространственная задача расчета напряженно-деформированного состояния. При определении угла закручивания модельной лопасти использовалась