

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ Се:YAG КЕРАМИКИ

*В.Д. ПАЙГИН, Т.Р. АЛИШИН, Э.С. ДВИЛИС, Д.Т. ВАЛИЕВ, С.А. СТЕПАНОВ,
О.Л. ХАСАНОВ, В.А. ВАГАНОВ*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.
Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: vpaygin@mail.ru

Введение. Керамика на основе иттрий-алюминиевого граната – $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) является перспективным материалом, обладающим высокой температурой плавления и термостойкостью, отсутствием полиморфных превращений, хорошими электрофизическими показателями. Благодаря перечисленным выше свойствам такая керамика может использоваться как замена стеклам в приборах, работающих в условиях ограниченной видимости, высоких температур, агрессивных сред и т. д. Относительно недавно люминофоры со структурой граната, активированные церием, стали использовать для светоизлучающих диодов белого цвета свечения [1]. Особый интерес представляет керамика, лишённая недостатков, применяемых для этих же целей, порошков Се:YAG помещенных в эпоксидный компаунд [2].

Как известно, процесс получения высокоплотной керамики сопряжен с проблемой сохранения исходного фазового состава, структуры и чистоты материала в процессе прессования, что обуславливается применением различных поверхностно активных веществ или связующих добавок для достижения большей плотности прессуемого материала без его разрушения. Это особенно актуально для материалов, используемых в оптическом приборостроении, где наличие примесей оказывает негативное влияние на комплекс оптико-люминесцентных характеристик. Решить данную проблему возможно при помощи методов горячего прессования или электроимпульсного плазменного спекания для консолидации Се:YAG-керамики, однако это ведет к большим экономическим затратам [3]. В связи с этим, актуальным является использование методов, не требующих больших затрат и позволяющих получить керамику с равномерной плотностью и минимальной остаточной пористостью, к таким методам относятся ультразвуковое и одноосное прессование с последующим спеканием.

Целью настоящей работы является изучение влияния температуры спекания на плотность Се:YAG керамики изготовленной методами холодного статического и ультразвукового прессования с последующим спеканием на воздухе.

Материалы и методы исследования. Исходный порошок представляет собой гомогенную смесь микродисперсных порошков Al_2O_3 , Y_2O_3 и SeO_2 в необходимых пропорциях. Изготовлен в Чунцинском университете искусств и науки (Чунцин, Китай) методом твердофазного синтеза.

Формование порошковых компактов осуществляли методом холодного статического прессования с использованием ультразвукового воздействия и без него в стальных пресс-формах на автоматическом прессе ИП-500 АВТО («ЗИПО», Россия).

Спекание полученных компактов проводили в высокотемпературной печи LHT 02/18 (Nabertherm, Германия) в воздушной атмосфере при температурах 1550 – 1700 °С с выдержкой на заданной температуре спекания - 8 часов. Скорость изменения температуры в ходе нагрева и остывания составляла 200°С/час.

В результате были получены керамические образцы цилиндрической формы, высотой 1,5 – 1,7 мм, диаметром 8,5 – 9 мм.

Механическая обработка поверхности образца проводилась при помощи шлифовально-полировальной системы EcoMet 300 Pro (Buehler, Германия) с применением алмазных суспензий Полилаб PRO (Кемика, Россия). Плотность определяли путем измерения массы и линейных размеров.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1а представлены зависимости плотности керамических образцов от температуры спекания. Наибольшая плотность – 98,3 ±1% и 99,7

$\pm 1\%$ - наблюдается у образцов, полученных при температуре 1650°C методами холодного статического и ультразвукового прессования соответственно. Увеличение температуры спекания с 1550°C до 1650°C приводит к п. относительной плотности образцов на $11,4 \pm 1\%$. Дальнейшее увеличение температуры спекания с 1650°C до 1700°C приводит к уменьшению относительной плотности на $2,8 \pm 1\%$.

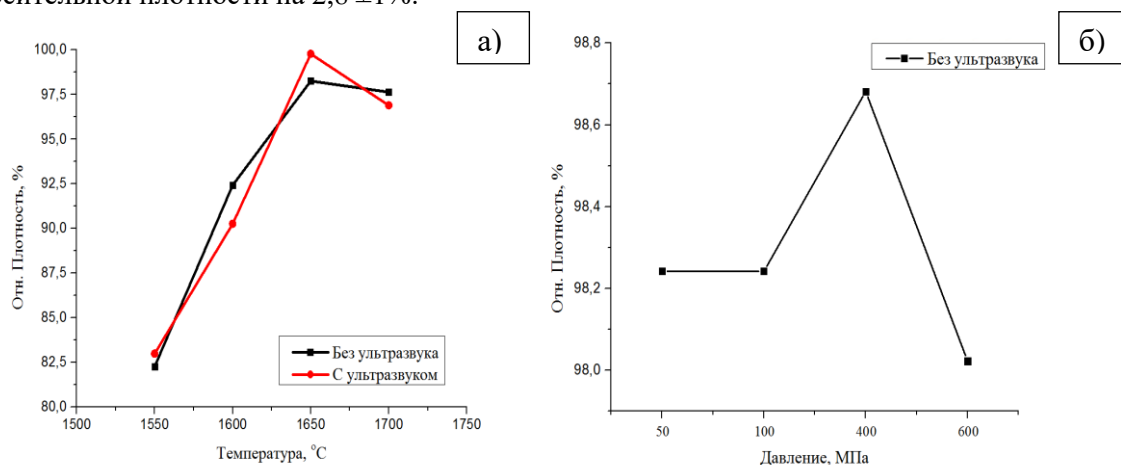


Рисунок 1 - Зависимость плотности Се:YAG-керамики после спекания от температуры спекания; (б) - Зависимость плотности Се:YAG-керамики после спекания от давления прессование

На рисунке 1б представлена зависимость плотности керамических образцов от давления прессования. В диапазоне давлений от 50 до 600 МПа наблюдается изменение плотности от $98,24 \pm 1\%$ до $98,02 \pm 1\%$. Наибольшее значение плотности – $98,7 \pm 1\%$ наблюдается у образцов, полученных при давлении 400 МПа. По видимому при давлениях больше 400 МПа, в керамике образуются микродефекты, приводящие к понижению плотности.

Заключение. Керамика на основе иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (Се:YAG), была получена методом одноосного статического прессования при комнатной температуре под мощным ультразвуковым воздействием (УЗВ) с последующим свободным спеканием, а так же без воздействия ультразвука с последующим спеканием. В результате проведенных экспериментов установлены, оптимальные значения температуры – 1650°C и давления – 400 МПа, позволяющие получить керамику высокой плотности ($98,3 \pm 1\%$). Применение ультразвукового воздействия в процессе прессования позволяет повысить плотность керамики на 1,4%.

Работа выполнена на базе НОИЦ Наноматериалы и нанотехнологии ТПУ при поддержке госзадания «Наука» № 11.7700.2017/БЧ частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-43-703014 р_мол_а.

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. 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
3. Пайгин В.Д., Двилис Э.С., Толкачёв О.С. Влияние давления прессования на плотность светопропускающей керамики на основе кубического ZrO_2 // Сборник трудов Международной конференции с элементами научной школы для молодежи – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. –С. 215–217.