

УДК 616-073.56

Влияние оксида церия в ИАГ-керамике на координаты цветности x , y Н.В. Амбарникова

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Е.Ф. Полисадова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: nva18@tpu.ru

The influence of cerium oxide in YAG-ceramics on the chromaticity coordinates x , y N.V. Ambarnikova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.F Polisadova
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: nva18@tpu.ru

Abstract. *The luminescence spectrum of YAG-ceramic samples with different amounts of cerium oxide activator was measured. The dependences of the luminescence spectrum reflected from the sample and the chromaticity coordinates x , y , respectively, are revealed. When measuring, due to the different contribution of the blue and yellow components of the spectrum, a dependence on the concentration of the activator is observed, with its increase, mixing occurs in the yellow part of the locus. With special data processing and the allocation of the luminescence spectrum, it can be concluded that the chromaticity coordinates do not depend on the amount of activator. Further studies are needed to confirm the results on other YAG-ceramics samples.*

Key words: *YAG-ceramics, luminescence spectrum, chromaticity coordinates x , y .*

Введение

Производство новых материалов в области светодиодной светотехники актуально в современном мире, не смотря на широкий выбор производителей «жёлтых» люминофоров для преобразования синего света, предел эффективности не достигнут. Учёные ТПУ разработали перспективную, за счёт кратного сокращения времени производства, технологию спекания люминесцентной ИАГ-керамики, активированной церием [1]. Для изучения свойств свечения синтезированного люминофора оксид церия вводили в общую массу шихты в различных концентрациях от 0,1 % до 1 %.

В данной работе исследовались координаты цветности x , y образцов керамики из разных партий замеса шихты, отличие в исходных компонентах оксида алюминия, в первом случае материал слабого качества неизвестного производства, во втором отечественного производства зернистостью F800.

Экспериментальная часть

Эксперимент проводился при помощи спектрорадиометра CS-2000A (Рис. 1), входящего в состав лабораторного оборудования АО «НИИПП». Образец люминофора (3) возбуждался «синий» светом (4) под углом 45° , пиковая длина волны составляла 451 нм. Отраженный от призмы (2) свет образца попадал в объектив спектрорадиометра (5), после чего обрабатывался на персональном компьютере (ПК). Для исключения внешней засветки эксперимент проводился в светонепроницаемом коробе, стенки которого выкрашены в чёрный цвет.

Измерения спектра проводились для каждого образца в разных точках достаточное количество раз для выявления наиболее часто повторяющихся данных. На рисунке 2 приведена фотография видимой части измерений. В качестве источника возбуждения люминесценции ИАГ-керамики использовался расположенный на небольшом удалении и под углом 45° светодиод с узконаправленной линзой. Образец помещался в центр пучка синего

света, пиковая длина волны которого составляла 451 нм. Программное обеспечение позволяет сразу обрабатывать данные для контроля процесса измерений и оперативного анализа.

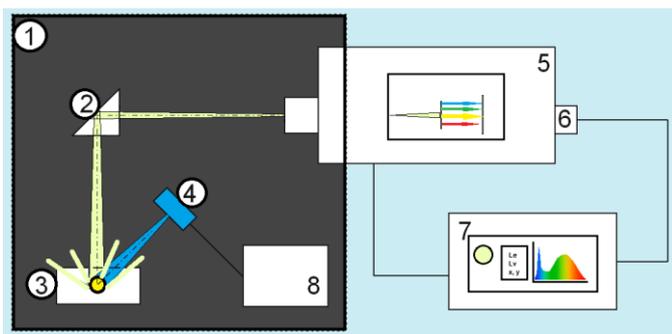


Рис. 1. Блок-схема измерений: 1 – Светонепроницаемый короб; 2 – Призма отражающая; 3 – Образец; 4 – Светодиод с узконаправленной линзой; 5 – Спектрорадиометр CS-2000A; 6 – CCD-камера; 7 – ПК

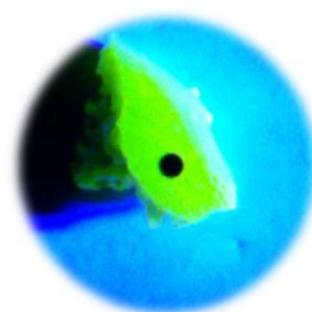


Рис. 2. Фотография образца в процессе измерений

Результаты

Спектрорадиометр измеряет спектр излучения в энергетических величинах, а программное обеспечение вычисляет набор энергетических и фотометрических характеристик, для данной работы использовались только значения координат цветности x , y .

На рисунке 3 представлен спектр излучения, типичных для всех исследуемых в данной работе образцов, меняется только вклад жёлтой и синей составляющей спектра. Чем больше концентрация активатора, тем выше спектр люминесценции, а именно жёлтая часть. Синяя часть – это свечение чипа светодиода.

Образцы ИАГ-керамики разделены на 2 группы, отличные исходным набором компонентов, в первой оксид алюминия слабого качества неизвестного производства, а во второй отечественного производства зернистостью F800. На рисунке 4 группы представлены в виде ромбов и треугольников и обозначены цифрой в скобках, количество активатора представлено в виде заливки фигур разным цветом, зависимым от процентной составляющей.

Для оценки спектра люминесценции синее излучение чипа отсекалось в области минимальных значений, в районе 475 нм. Определение координат цветности x , y жёлтой части спектра проводилось по методу, описанному в ГОСТ 23198-2021 [2], при использовании программы обработки табличных данных. Результаты расчёта на рисунке 4 помечены символом «*», ромбы и треугольники выделены чёрной границей, синий чип обозначен белым кругом, между фигурами проведена пунктирная линия.

При анализе результатов измерений наблюдается зависимость концентрации оксида церия: с увеличением процента активатора идёт смещение в жёлтую часть локуса. Между двумя группами есть несоответствие, образцы из первой более смещены в синюю область с уменьшением количества оксида церия. Возможно, активатор не встраивался в структуру ИАГ первой группы в полном объёме из-за качества оксида алюминия, но данных для данного вывода пока недостаточно. При однопроцентном содержании группы сходятся в одной части локуса, но при этом они значительно удалены от кривой Планка, что уже не будет соответствовать, так называемого, белому свету.

После обработки спектров люминесценции наблюдаем сосредоточение всех образцов керамики в одной жёлто-зелёной области, из чего можно сделать вывод, что на люминесценцию влияет не количество активатора, а важен сам оксид церия, возможно, в зависимости от качества материала (гранулометрический состав, размер частиц) данные люминесценции будут различаться, для этого необходимо провести ряд дополнительных исследований. Отметим, что все фигуры лежат на пунктирной линии, это говорит о качестве проведенного исследования и предпосылках к прогнозированию процентного состава шихты.

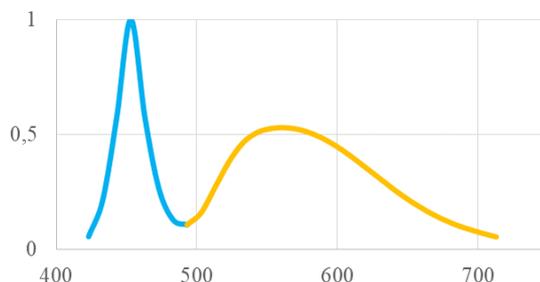


Рис. 3. Результат измерений: спектр излучения

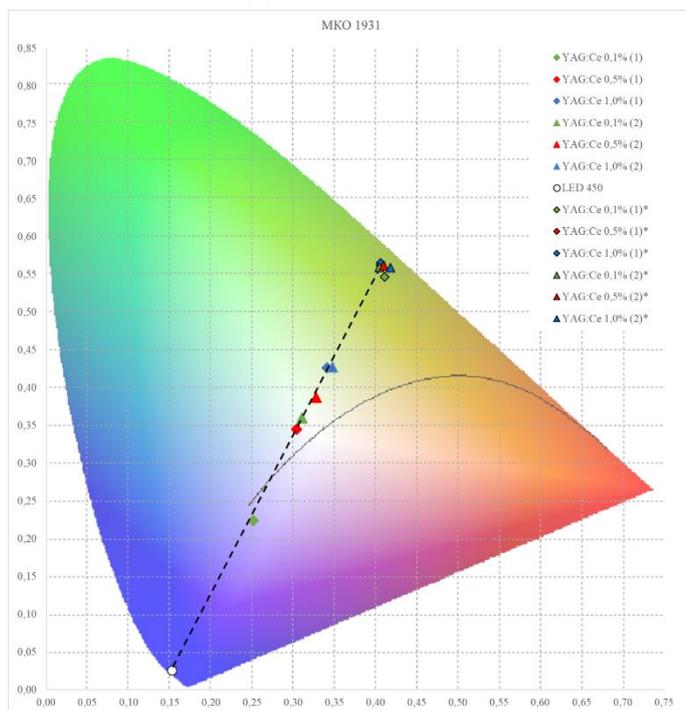


Рис. 4. Расположение результатов измерений и расчётов образцов YAG:Ce на диаграмме МКО-31

Заключение

В результате проведенных исследований определены координаты цветности x , y образцов ИАГ-керамики с различной концентрацией оксида церия. Наблюдается различие измеренных данных между группами образцов, а также от процентного содержания активатора, чем выше его количество, тем в более жёлтую часть локуса смещаются координаты цветности. Путём расчётов установлено, что спектр люминесценции не зависит от количества оксида церия, обработанные данные координат цветности располагаются близко друг к другу в одной жёлто-зелёной области локуса. Дальнейшие исследования будут продолжены для подтверждения результатов эксперимента и определения влияния исходных компонентов шихты, не только оксида алюминия, но и оксида иттрия и оксида церия. Также подлежит оценке неравномерность распределения координат цветности x , y по поверхности образцов.

В будущем планируется выявить закономерности для прогнозирования зависимостей от количества активатора и качества исходного материала, например, владея сведениями о спектрах возбуждения и люминесценции различных компонентов, иметь возможность определять расчётным способом необходимое количество активатора для получения желаемого цвета свечения и попадания в определённую область локуса.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда №23-73-00108, <https://rscf.ru/project/23-73-00108/>

Список литературы

1. Lisitsyn V.M., Musakhanov D.A., Ermolaev A.V. [et al.] Formation of Luminescing High-Temperature Ceramics upon Exposure to Powerful High-Energy Electron Flux // Russian Physics Journal – 2021. – Vol. 63, № 9. – P. 1615–1621.
2. ГОСТ 23198-2021 Источники света электрические. Методы измерений спектральных и цветовых характеристик : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2022-03-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – М. : ФГБУ "РСТ", 2021. – 36 с.