

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Алпысовой Гульнур Кенжебековны на тему «Влияние условий радиационного синтеза на люминесценцию YAG:Ce керамики», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D072300 – Техническая физика»

Цель диссертационного исследования

Целью настоящей работы является выявление причин зависимости воспроизводимости радиационного синтеза керамики на основе ИАГ:Ce от условий и режимов облучения и подготовки исходной смеси.

Задачи исследования. В ходе выполнения диссертационной работы были поставлены и решены следующие частные научные задачи:

1. Синтез керамики иттрий-алюминиевого граната, активированного церием.
2. Исследовать морфологию и структуру керамик.
3. Провести измерения спектрально-кинетических характеристик полученных радиационным синтезом образцов разных серий, размещения в тигле, предварительной подготовки смесей и их состава.
4. Провести исследования зависимости эффективности преобразования излучения люминофором от условий предварительной подготовки шихты.
5. Оценить эффективность преобразования люминесценций при разных видах возбуждения.

Методы исследования

Выполнены измерения спектральных, кинетических и энергетических характеристик люминесценции синтезированных в поле мощных потоков радиации образцов керамики на основе ИАГ:Ce и ИАГГ:Ce в зависимости от условий синтеза. Были исследованы образцы керамики, полученных в разное время, с разным составом, разной предысторией исходных порошков оксидов и насыпной плотностью шихты, разной степенью компактирования, различным расположением образцов в тигле. Для получения достоверной информации все измерения проводились для каждого случая обычно 10 раз, определялась погрешность измерений. Всего по каждому измеряемому параметру было проведено более 1500 измерений. Полученные результаты измерений систематизированы, проведен их анализ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Структура получаемой радиационным методом YAG:Ce керамики зависит от технологических режимов синтеза.
2. Наблюдается разброс значений спектральных характеристик люминесценции керамик, полученных в одном тигле. Разброс значений спектральных характеристик люминесценции слабо зависит от разницы температур тигля при синтезе, положения образцов серии в тигле, степени компактирования, скорости сканирования пучка при синтезе.
3. Синтезированные керамические образцы показывают 50-60% эффективности преобразования излучения возбуждения в люминесценцию по сравнению с промышленными
4. Относительная световая эффективность полученной YAG:Ce керамики достигает 40% эффективности эталонного YAG:Ce сцинтиллятора. Квантовый

выход фотолюминесценции синтезированной керамики и промышленных (коммерческих) образцов сопоставимы.

Описание основных результатов

Синтезирована люминесцирующей керамики на основе ИАГ:Се посредством воздействия мощных потоков высокоэнергетических электронов непосредственно на шихту из оксидов металлов без их предварительной обработки и использования дополнительных и вспомогательных материалов. Синтезированная ИАГ:Се керамика имеет характерные свойства для люминофоров, керамики на основе ИАГ:Се, ИАГГ:Се, полученных другими методами. Керамика представляет собою слипшиеся частицы с размерами 1 – 30 мкм с явно выраженными плоскостями, характерными для кристаллов. Это свидетельствует о существовании тенденции формирования кристаллической структуры при синтезе. Дифрактограммы полностью соответствуют известным для ИАГ:Се кристаллов по положению и соотношению пиков. Выполненные исследования позволили обнаружить различия в спектрально-кинетических характеристиках люминесценции полученных радиационным синтезом образцов ИАГ:Се керамики: положении и полуширине полос люминесценции, кинетике затухания люминесценции, в зависимости от условий синтеза. Разброс значений характеристик наблюдается как в образцах разных серий, так и в образцах одной серии. Эти отличия достигают ± 5 нм, 0.02 эВ и ± 4 нс, соответственно, и превышают доверительный интервал измерений, который нами определен таким: ± 1 нм, 0.01 эВ и ± 2 нс. Таким образом, разброс значений спектральных характеристик люминесценции, то есть воспроизводимости результатов синтеза, не зависит от разницы температур тигля при синтезе, положения образцов серии в тигле, степени компактирования, скорости сканирования пучка при синтезе. Синтезированные керамические образцы показывают 50-60% эффективности преобразования фотолюминесценции по сравнению с промышленными ИАГ:Се люминофорами. В сериях образцов, модифицированных гадолинием эффективности преобразования больше, чем в не содержащих гадолиний.

Кинетические характеристики люминесценции синтезированной керамики подобна материалам на основе ИАГ:Се. При фотовозбуждении кинетика имеет характеристическое время затухания ~ 60 нс, который является доминирующим компонентом затухания. При возбуждении катодолюминесценции прослеживается такая же тенденция по спектральным и кинетическим характеристикам, но имеются три компонента затухания. Относительная сцинтилляционная эффективность достигает 40% эффективности эталонного ИАГ:Се сцинтиллятора. Квантовый выход фотолюминесценции керамик сопоставим с промышленными (коммерческими) образцами.

Описание новизны и важности полученных результатов. Научная новизна и теоретическая значимость результатов исследования заключается в следующем:

Проведены комплексные исследования спектрально-кинетических и количественных характеристик люминесценции впервые полученных методом радиационного синтеза образцов ИАГ:Се керамики со статистической обработкой их значений. Установлены диапазоны отклонений значений, характеристик люминесценции от среднестатистических, зависимости отклонений от режимов и условий синтеза. Показано, что разброс значений отклонений и характеристик

люминесценции образцов разных предысторий превышают доверительный интервал измерений и обусловлены различием физико-химических процессов при синтезе. Показано, что люминесцентные свойства внешних и внутренних слоев синтезированной в поле радиации керамики различаются. Установлено, что основной причиной разброса характеристик люминесцентных свойств ИАГ:Се керамик, полученной путем радиационного синтеза является высокая скорость синтеза и, особенно, высокая скорость охлаждения образцов. Сделано заключение о том, что после радиационного синтеза керамики на основе ИАГ:Се необходим термический или радиационной отжиг для завершения формирования ИАГ фазы керамики. Развита метод экспресс оценки эффективности преобразования энергии возбуждающего излучения в люминесценцию посредством сопоставления яркости люминесценции испытываемого образца с эталонным.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам

Диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям развития науки, которые реализуются в Республике Казахстан и содержит новые научно обоснованные результаты, совокупность которых имеет важное значение для развития исследуемых научных направлений. Работа выполнена в рамках грантового финансирования научных проектов МОН РК AP08052050 «Разработка и совершенствование синтеза люминесцирующей YAG:Ce нанокерамики в поле мощных потоков радиации» 2020-2022 гг.

Описание вклада соискателя в подготовку каждой публикации

Результаты исследований, представленные в диссертации, получены лично автором, а также совместно с сотрудниками кафедры Лазерной и световой техники (г. Томск, Россия), что отражено в публикациях.

Обсуждение и анализ результатов проводились совместно с научным консультантом доктором физ.-мат. наук, профессором Лисицыным В.М.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 15 печатных работах, полностью соответствующих теме диссертации. Из них 7 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в базу Web of Science и Scopus, 5 тезисов докладов - в трудах международных научных конференций.

Основные положения работы и полученные результаты докладывались и обсуждались на международных научных конференциях: 20th International Conference on «Radiation Effects in Insulators» (Нур-Султан, Казахстан 2019); 7th International Congress on «Energy Fluxes and Radiation Effects» (Томск, Россия, 2020); II Международном молодежном конгрессе «Современные материалы и технологии новых поколений» (Томск, 2019); Юбилейной международной молодежной конференции по Люминесценции и лазерной физике (Иркутск, 2019); - 13 международной конференции «Functional Materials and Nanotechnologies» (Vilnius, 2020); XV Международной научной конференции студентов и молодых ученых «GYLYM JÁNE BILIM - 2020» (Нур-Султан, Казахстан), 2021 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS) to be held as a VIRTUAL Conference from May 31st to June 3rd, 2021, 11-ой Международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент» (Караганда, 2019).