

несколько десятков студентов из России Чехии. В настоящее время по программе обучаются 21 студент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурков М.А., Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Рахматуллин И.А. Опыт реализации совместной магистерской программы в области электротехники // Современные технологии, экономика и образование: Сборник материалов всероссийской научно-методической конференции. – Томск, 2019. — С. 36–37.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ КЕРАМИКИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО СИНТЕЗА

Е.Ф. Полисадова, А.В. Ермолаев, В.М. Лисицын
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: elp@tpu.ru

METHOD OF PREPARATED OF LUMINESCENT CERAMICS BY ELECTRON BEAM ASSISTED SYNTHESIS

E.F. Polisadiva, A.V. Ermolaev, V.M. Lisitsyn
Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** This research work is presenting a fundamentally new promising technology for the radiation synthesis of refractory, complex optical (transparent and luminescent) ceramics based on metal oxides and fluorides in the field of powerful flows of high-energy electrons for use as materials for lasers, scintillators, dosimetric materials, phosphors. For the implementation of the radiation synthesis method, the electron accelerator ELV-6 of the Institute of Nuclear Physics SB RAS is used.*

Развитие фотоники и оптики в значительной степени определяется разработкой новых материалов и новых технологий их получения. Существует большая потребность в качественных функциональных материалах для целей фотоники (люминофоры, материалы для дисплеев, преобразователи излучения, оптические компоненты, проходная оптика и т.д.). Использование материалов поликристаллической форме (керамики и нанокерамики) позволяет решить многие технические проблемы, связанные с применением кристаллов, стёкол и дает большие преимущества. Керамические материалы, как правило, обладают термо- и химической устойчивостью, высокой прочностью и используются в областях с экстремальными условиями эксплуатации (космическая техника, лазерная техника, высокотемпературные датчики). Однако разнообразные методы синтеза оптической и люминесцентной керамики энергоёмки, содержат множество сложных этапов, что не позволяет получать стабильный результат в виде функционального материала с заданными свойствами. Перспективным направлением для разработки универсальных эффективных технологий синтеза поликристаллов и прекурсоров для керамики использование радиационного излучения. В работах [1-3] было показано что возможно существенное ускорение процесса синтеза тугоплавких оптических материалов путем стимулирования твердофазных реакций в поле радиации. Можно ожидать, что включение в процесс синтеза новых эффектов, реакций между промежуточными продуктами радиолиза, не только увеличить их скорость, но и откроет новые возможности создания композитных материалов. Целью работы является разработка высокоэффективных технологий радиационного синтеза поликристаллов и керамики из тугоплавких соединений, с использованием пучка высокоэнергетических электронов, для получения функциональных материалов с комплексом заданных свойств.

Реализация метода синтеза возможна при использовании потоков радиации, обеспечивающих высокую объемную плотность ионизации среды, в которой происходит формирование керамики. Использование ускорителя электронов ЭЛВ-6 ИЯФ СО РАН позволяет синтезировать композитные материалы на основе широкозонных материалов (оксидов и фторидов металлов) с температурой плавления более 1600 °С. При плотности мощности 20 кВт/см², энергии электронов 1.4 МэВ плотность поглощенной энергии в MgF₂ и иттрий-алюминиевом гранате (ИАГ) составляет 6×10²³ и 11×10²³ эВ/см³. При такой плотности поглощенной энергии за 1 с в кристалле MgF₂ создается ~6×10²³/2Eg~2,5×10²² электронных возбуждений, в ИАГ ~ 5,5×10²²см⁻³. В диэлектрических материалах основная доля радиации (99%) расходуется на создание электронных возбуждений, то есть на разрыв связей между ионами исходных веществ, оксидов или фторидов металлов. Для синтеза новой фазы нужно разорвать все связи. Поэтому поглощенная энергия для синтеза должна быть не менее энергии решетки обрабатываемого объема вещества, то есть не менее 10²³ эВ/см³. Для создания за 1с такого количества электронных возбуждений (ЭВ) нужна высокая плотность потока электронов. Время жизни ЭВ составляет около 10⁻⁹ - 10⁻¹⁰ с. Результатом распада ЭВ являются продукты радиолиза, время жизни которых - 10⁻⁹ - 10⁻³ с. Следовательно, равновесные концентрации короткоживущих продуктов радиолиза могут составлять 10¹⁴ – 10¹⁹ см³. Поэтому при такой мощности в шихте могут происходить эффективно реакции между продуктами радиолиза. Плотности мощности ускорителя электронов ЭЛВ-6 должно быть достаточно для инициирования реакций в шихте. И это подтвердилось проведенными к настоящему времени экспериментальными работами по синтезу керамики на основе MgF₂, ИАГ, Al₂O₃, «чистых» и с примесями редкоземельных элементов, поливалентных металлов. Распределение интенсивности потока по сечению гауссово, с диаметром на полувысоте – 7,5мм. Это позволяет обеспечить достаточно хорошо контролируемую плотность воздействия потока на мишень. Показана возможность использования мощного электронного пучка для синтеза многокомпонентных веществ и перспективность такого метода, отличающегося универсальностью, высокой скоростью и производительностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karipbayev Zh.T., Lisitsyn V.M., Mussakhanov D.A., Alpyssova G.K., Popov A.I., Polisadova E.F., Elsts E., Akilbekov A.T., Kukenova A.B., Kemere M., Sarakovskis A., Lushchik A. Time-resolved luminescence of YAG:Ce and YAGG:Ce ceramics prepared by electron beam assisted synthesis // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms – 2020. – vol. 479. – P. 222–228.
2. Mussakhanov D.A., Tulegenova A.T., Lisitsyn V.M., Golkovski M.G., Karipbayev Z.T., Kupchishin A.I., Stepanov S.A. Effect of Annealing on the Luminescence of YAG:Ce and YAGG:Ce Ceramics Synthesized in a Radiation Field // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2020. – vol. 84. – no.7. – С. 799–802.
3. Mussakhanov D.A., Tulegenova A.T., Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G., Lisitsyna L.A., Abdullin K.A., Aitzhanov M.B., Karipbayev Z., Kozlovsky A., Michailov Y.I. Structural and luminescent characteristics of YAG phosphors synthesized in the radiation field // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019.–vol. 510 – no1. – P. 012031.