

Контроль высоких доз ионизирующих излучений с помощью люминесцирующих ультрадисперсных оксидных керамик

среда, 19 марта 2025 г. 13:30 (15 минут)

Высокие дозы ионизирующих излучений (более 10 Гр) в настоящее время широко используются в радиационных технологиях и научных исследованиях для стерилизации пищевых продуктов и медицинских инструментов, очистки сточных вод, в брахитерапии, при модификации свойств композитных материалов, металлов и сплавов, а также для спектроскопии собственных и примесных дефектов в полупроводниковых и диэлектрических материалах. Для контроля параметров таких излучений перспективными являются люминесцентные детекторы на основе наноструктурных материалов из-за их повышенной радиационной стойкости [1]. Большинство коммерческих люминесцентных детекторов характеризуются верхним пределом диапазона регистрируемых доз до 1-100 Гр. Поэтому поиск и исследование новых люминесцирующих материалов, пригодных для дозиметрии высокоинтенсивных радиационных полей, обеспечивающих поглощенные дозы 1 кГр и более, представляет собой актуальную задачу [2-4].

Целью данной работы является синтез и исследование люминесцентных и дозиметрических свойств облученных высокими дозами ультрадисперсных керамик на основе широкозонных оксидных диэлектриков. Исследованы термолюминесцентные (ТЛ) и дозиметрические свойства ультрадисперсных керамик на основе оксидов алюминия и циркония, облученных высокодозным импульсным электронным пучком (130 кэВ, 1.5 кГр на один импульс). Для синтеза керамик с различным размером кристаллитов использовалось спекание компактов, изготовленных из нанопорошков, на воздухе в электрической печи при $T=700-1700$ оС, а также их облучение высокоэнергетическими электронами (1.4 МэВ) с высокой плотностью мощности (20-30 кВт/см²) [5]. Методами сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа установлено, что высокотемпературный отжиг не влияет на фазовый состав, однако приводит к существенному росту размеров кристаллитов. В керамиках, синтезированных электронно-лучевым методом, размер наночастиц практически не отличается от размера кристаллитов в исходном нанопорошке. Установлено, что отжиг керамик при $T>1000$ оС приводит к существенному увеличению интенсивности ТЛ пиков. Максимальным ТЛ откликом обладают керамики, полученные электронно-лучевым методом, что связано с образованием радиационно-индуцированных центров захвата и свечения при синтезе. С помощью измерения импульсной катодолюминесценции установлен спектральный диапазон свечения исследуемых образцов. В работе также определены значения кинетических параметров ловушек, ответственных за ТЛ пики. Анализ дозовых зависимостей ТЛ облученных керамик $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и ZrO_2 выявил их преимущественно сублинейный характер. Для керамик на основе оксида алюминия, в отличие от монокристаллической модификации, установлено наличие аномального ТЛ фединга, связанного с наличием локализованных переходов носителей заряда, характерных для наноструктурных материалов. При этом величина фединга увеличивается с ростом размера кристаллитов. Наличие интенсивного изолированного пика ТЛ и сублинейный характер большинства дозовых зависимостей доказывают перспективность синтезированных в настоящей работе оксидных керамик для измерения высоких доз импульсных электронных пучков (единицы-десятки кГр). При этом для керамик на основе оксида алюминия требуется коррекция ТЛ отклика на величину фединга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kortov V.S. Nanophosphors and outlooks for their use in ionizing radiation detection // Radiation Measurements. 2010. V. 45. P. 512-515.
2. Yukihara E.G., Bos A.J.J., Bilski P., McKeever S.W.S. The quest for new thermoluminescence and optically stimulated luminescence materials: Needs, strategies and pitfalls // Radiation Measurements. 2022. V. 158. P. 106846.
3. Bilski P.P., Obryk B., Gieszczyk W., Baran P. Position of LiF: Mg, Cu, P TL peak as an alternative method for ultra-high-dose dosimetry // Radiation Measurements. 2020. V. 139. P. 106486.
4. Tang H., Lin L., Zhang C., Tang Q. High-sensitivity and wide-linear-range thermoluminescence dosimeter LiMgPO₄: Tm, Tb, B for detecting high-dose radiation // Inorganic Chemistry. 2019. V. 58. No. 15. P. 9698-9705.
5. Lisitsyn V., Mussakhanov D., Tulegenova A., Kaneva E., Lisitsyna L., Golkovski M., Zhunusbekov A. The Optimization of Radiation Synthesis Modes for YAG:Ce Ceramics // Materials. 2023. V. 16. P. 3158.

Научный руководитель

Секция

Основная секция

Основной автор: НИКИФОРОВ, Сергей Владимирович (Уральский федеральный университет)

Соавторы: Доктор АНАНЧЕНКО, Дарья Владимировна (Уральский федеральный университет); Доктор ШТАНГ, Татьяна Владимировна (Уральский федеральный университет)

Докладчик: НИКИФОРОВ, Сергей Владимирович (Уральский федеральный университет)

Классификация сессии: Основная секция. Устные доклады.

Классификация трека: Методы и средства измерения физических полей. Новые средства и системы контроля.