

4. Приобретайте расходные материалы у проверенных производителей. Качественный расходный материал имеет сертификаты или декларации соответствия.

Список использованных источников

1. Белов, Д.А. Термомеханические свойства полилактидов / Д.А. Белов, Л.П. Круль, А.П. Поликарпов, И.А. Климовцова // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2007. – № 3. – С. 40–46.

2. Паневчик, В. В. Стандартизация аддитивных технологий / В. В. Паневчик, С. В. Некраха, В. И. Хиневич // Менеджмент и маркетинг: опыт и проблемы : сб. науч. тр. ; под ред. И. Л. Акулича. — Минск: Издатель Вараксин, 2019. — С. 195—198.

УДК 544-16; 539.2:54

В.В. Паньков¹, Р.Х. Рахимов², В.П. Ермаков²

¹Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

²Институт материаловедения Академии наук Республики Узбекистан
Ташкент, Узбекистан

МЕТОД СИНТЕЗА КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ УСТРОЙСТВ ИМПУЛЬСНОГО ИК ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация. С целью применения в генерации импульсного инфракрасного излучения разработан метод получения керамических нанокomпозитов, включающий термо-механохимическую обработку и использование карбонатов в качестве исходных компонентов.

V.V. Pankov¹, R.Kh. Rakhimov², V.P. Ermakov²

¹Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

¹Institute of Materials Science of the Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan
Tashkent, Uzbekistan

SYNTHESIS METHOD OF CERAMIC MATERIAL FOR PULSE IR RADIATION DEVICES

Abstract. For the purpose of application in the pulsed infrared radiation generation the synthesis method of ceramic nanocomposite included thermo-mechanochemical treatment and using carbonates as initial components has been developed.

Введение

Сегодняшние традиционные устройства генерации инфракрасного излучения (ИК) являются равновесными источниками, поэтому они имеют низкую спектральную плотность энергии. В них также плохо учитываются снижения величины поглощения лучистой энергии, которая зависит, в том числе, от спектральных особенностей материалов. В целом, доступные источники когерентного терагерцового излучения являются маломощными, плохо перестраиваемыми и фактически покрывающими лишь отдельные узкие полосы частот. В этом отношении большие надежды возлагаются на полупроводниковые источники излучения, которые уже хорошо зарекомендовали себя в оптическом инфракрасном диапазоне и в последние годы стали развиваться также в терагерцовом (дальнем ИК) диапазоне [1]. Так открытие в последнее время новых полупроводниковых керамических материалов позволило создать одну из перспективных на сегодняшний день технологий использования ИК излучения дальнего диапазона [2]. Была разработана специальная оксидная керамика для этого типа ИК излучения - импульсного излучения дальнего ИК-диапазона [3].

Оказалось, что такие устройства имеют широкое прикладное значение с точки зрения эффективного применения для медицины, машиностроения, для процессов стерилизации и сушки термолабильных материалов, в том числе продукции сельского хозяйства без разрушения полезных свойств, включая ферменты, витамины. Керамика, составляющая основу этих излучателей, может быть использована также в качестве оптических материалов, катализаторов, материалов для электроники и электротехники. Вместе с тем для каждой конкретной области применения требуются дополнительные исследования и оптимизация ее состава и микроструктуры. Следует отметить, что одной из главных особенностей применения подобных устройств является их энергосберегающий эффект.

Однако, для получения данной керамики в настоящее время используется маломасштабная гелиотехнология, связанная с обработкой материалов в солнечных печах при температурах до

3000 °С. Необходимая микроструктура здесь создается за счёт особых условий синтеза, включающих плавку и активацию под

воздействием концентрированного солнечного излучения, при широким наборе квантовых состояний и последующую закалку материала. Благодаря такому воздействию, образуются метастабильные фазы и протекают фотохимические процессы в определенном диапазоне энергий. Основой появления уникального ИК излучения в этом случае являются границы аморфных и метастабильных фаз с матрицей [2]. К сожалению, рассматриваемая керамика на сегодняшний день может быть получена с использованием солнечной печи, лишь в небольших объемах. Вместе с тем дальнейшее развитие этой многообещающей отрасли требует масштабных производств такого материала. Как найти пути масштабирования процесса синтеза этой керамики обсуждается в данной работе.

Целью данного исследования явилось получение, с привлечением неравновесных, масштабируемых методов синтеза, керамики способной излучать модулированные импульсы ИК диапазона за счет создания микроструктуры похожей на изготовленную с использованием гелиотехнологии.

Задачами исследования является тестирование системы $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-CuO}$, обладающей фотокаталитическими свойствами, а также сравнение её микроструктурных особенностей с системой аналогичного состава, синтезированной по гелиотехнологии.

Методы исследования

Для исследования был взят состав керамического материала в системе $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-CuO}$. Этот состав находит применение для сушки продукции сельского хозяйства, для создания специальных полимерных композитных пленок, способных регулировать окружающий температурный режим, также он используется в медицине. В качестве исходных компонентов были использованы оксиды (в случае гелиотехнологии) и карбонаты, все с квалификацией ч.д.а. Рентгенограммы порошкообразных образцов записывались на дифрактометре ДРОН-2.0 с использованием $\text{Co(K}\alpha)$ излучения ($\lambda = 0,178896$ нм) и Ni-монохроматора, в интервале углов $2\theta = 10 - 90^\circ$. Микроструктура и концентрации составляющих элементов определялись с использованием микроскопа LEO 1455 VP с энергодисперсионным спектрометром Aztec Energy Advanced X-Max 80. Дифференциально-термический анализ порошков в рассматриваемых системах был проведён на приборе STA449C Jupiter (Netzsch, Германия). Механохимическое воздействие на смеси порошков карбонатов проводилось в жидкой среде с помощью высокоэнергетического диспергатора РМ-400 Retsch, Германия

Последовательные термообработки с выдержкой осуществлялись при температурах образований жидких фаз в диапазоне 500 - 1300 °С. Соответственно, после каждой термообработки также проводилась термомеханическая обработка порошкообразных смесей.

Результаты и обсуждение

Основная идея работы состояла в том, что композиционный материал в системе с гетерогенностью на наноуровне можно создавать и другими, помимо гелиотехнологии, способами, а именно, модифицированными методами керамической технологии. Было предложено целенаправленно организовать локальные области плавления в синтезируемом материале за счёт образования эвтектик и плавления исходных компонентов и таким образом интенсифицировать процесс синтеза. Кроме того, за счет использования термомеханического воздействия на порошкообразный материал при синтезе, можно получать управляемую микроструктуру аморфных и метастабильных соединений на межфазных границах [2].

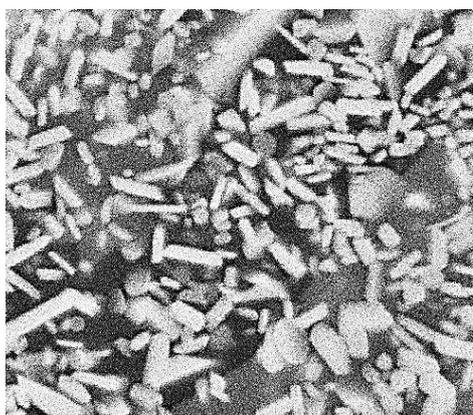
Определение состава фаз всех приготовленных различными методами исследуемых порошкообразных образцов после их окончательной термообработки было проведено методом рентгенофазового анализа. Установлено, что основные фазы продуктов синтеза полученной керамики для двух рассматриваемых методов оказались похожими. Это фазы шпинели и фазы на основе $(\text{Fe,Cr})_2\text{O}_3$ и SiO_2 . Однако всё же имелись отличия. При карбонатном методе главной является фаза на основе $(\text{Fe,Cr})_2\text{O}_3$. Для случая синтеза такого же материала, проведённого с помощью гелиотехнологии, а именно с применением солнечного излучения доля фазы со структурой шпинели существенно увеличилась, приблизившись к доле фазы на основе оксида кремния. Здесь ещё обнаружилось небольшое количество фазы карбида кремния.

Электронная микроскопия в режиме упругоотражённых электронов и анализ состава с помощью EDX спектроскопии позволяют определять положение анализируемых соединений на микрофото исследуемых образцов. Установлено, что хорошо ограненная фаза на основе $(\text{Fe,Cr})_2\text{O}_3$ располагается отдельными включениями в матрице частиц, которая представляет собой фазу шпинели и фазы на основе SiO_2 . Эта фаза присутствует в большом количестве для карбонатной системы.

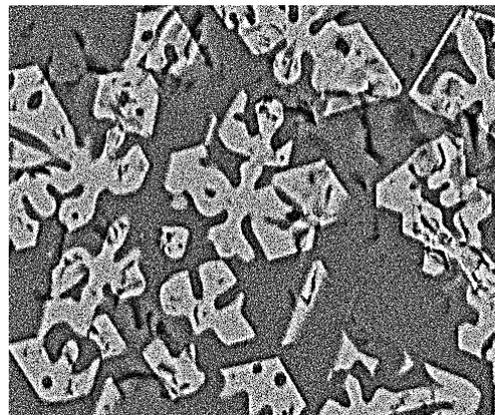
Скорее всего инициатором образования таких участков или включений данной фазы, с присущей им характерной формой,

объясняется её возникновением в местах появления жидкофазных эвтектик, которые и сопровождают процесс фазообразования. Как оказалось, наиболее легкоплавкие эвтектики могут образовываться в системах $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CaO-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CuO-Cr}_2\text{O}_3$, $\text{CaO-Cr}_2\text{O}_3$. Важным обстоятельством для дальнейшего объяснения механизма генерации импульсного ИК излучения которое происходит на границах разделов фаз является то, что фаза на основе $(\text{Fe,Cr})_2\text{O}_3$ имеет сплошную, без пор, границу с матрицей, в которой она закристаллизовалась. Именно присутствие жидкой фазы в момент кристаллизации обеспечивает возможность устранить пористость на границах основных фаз формирующегося нанокompозита.

Обращает на себя внимание и тот факт, что для системы, полученной из карбонатов, морфология вкраплений фазы на основе $(\text{Fe,Cr})_2\text{O}_3$ включает достаточно мелкие кристаллиты. Очевидно здесь, за счет жидкой эвтектики, происходит появление большего количества зародышей для кристаллизации. Эти кристаллиты имеют прямоугольную вытянутую форму с длиной на уровне одного микрометра и шириной около 0,3 микрометра (рис. 1а).



а



б

Рис.1 - Микрофотографии поверхности образцов, полученных а) карбонатным методом и б) по гелиотехнологии. Оба фото выполнены в одинаковом масштабе

В местах, где гомогенность распределения компонентов не столь хороша наблюдаются отдельные протяженные участки как фазы на основе фазы шпинели, так и фазы с преимущественным содержанием оксида кремния (рис. 2).

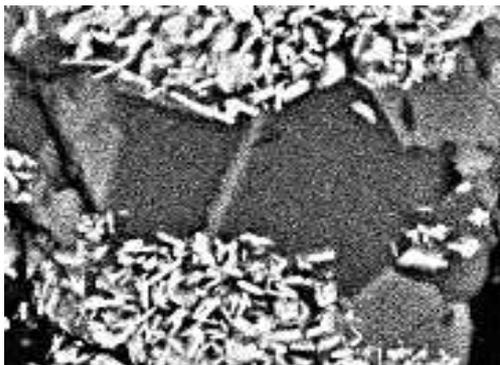


Рис.2 - Участок микрофотографии поверхности образца, полученного карбонатным методом. Серые участки-фаза шпинели, темные - фаза на основе SiO₂

В то же время морфология частиц, полученных по гелиотехнологии, представляет собой гораздо большие по размерам кристаллы, имеющие дендритную форму и ориентированные в кристаллографических направлениях преимущественной кристаллизации (рис. 1б).

Особенности микроструктуры порошков карбонатного метода объясняются возникновением в процессе синтеза жидкой фазы эвтектик в некоторых двойных системах оксидов в смеси Cr₂O₃-SiO₂-Fe₂O₃-CaO-Al₂O₃-MgO-CuO. Кроме того, жидкая фаза появляется также в результате плавления исходных карбонатов на начальных этапах синтеза. Именно эти обстоятельства создают условия, которые в какой-то степени обеспечивают возможность повторения процессов, имеющих место при гелеотехнологии. Нельзя забывать и про термомеханическое воздействие на порошкообразную смесь. В этом случае высокие температуры и давления в местах контактов соударяющихся, мелющих тел играют существенную роль в образовании метастабильных фаз.

Таким образом вероятным местом для генерации импульсного излучения являются именно плотные межфазовые границы кристаллитов и зёрен с метастабильными соединениями, образующимися на них, возникшие в силу описанных процессов. Испытания образцов, проведённые в Институте материаловедения АН Республики Узбекистан, свидетельствуют о способности керамик, синтезированных по двум описанным методам, генерировать импульсное инфракрасное излучение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной научно-технической программы Республики Узбекистан в рамках научного гранта № ФА-Ф-4-005 и в рамках проекта Узбекистан-Беларусь ПЛ-4821091614, а также Белорусского фонда фундаментальных исследований, договор № Х22УЗБ-033.

Список использованных источников

1. Секачева А.Ю., Рунина К.И., Синтез люминесцентных органо-неорганических гибридных материалов твердофазным методом// Успехи в химии и химической технологии. – 2020. – Т. 34. – № 4(227). – С. 80–82
2. Рахимов Р.Х., Ермаков В. П., Рахимов М.Р., Фононный механизм преобразования в керамических материалах, // Computational nanotechnology. – 2017. – № 4. – С. 21–35.
3. Рахимов Р. Патент США № US 6,200,501 В1, 13.03.2001

УДК 544.163'165:541.

В.В. Паньков¹, А.С. Тимоненкова¹, К.М. Зубко¹, Т.Г. Шутова²

¹Белорусский государственный университет,

²Институт химии новых материалов, НАН РБ

. Минск Беларусь

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА Fe₃O₄/ФУМАРАТ АЛЮМИНИЯ

Аннотация. Методом мягкой химии проведён синтез магнитного композита Fe₃O₄/Al-Fumarate. Проанализирован фазовый состав, магнитные свойства и влагопоглощение в зависимости от соотношения компонентов в композите.

V.V. Pankov¹, A.S. Timonenkova¹, K. M. Zubko¹, T.G. Shutova²

Belarusian State University

Institute of Materials Science NAN RB

Minsk, Belarus

SYNTHESIS AND STUDY OF THE Fe₃O₄/ALUMINUM FUMARATE COMPOSITE PROPERTIES

Abstract. The Fe₃O₄/Al-Fumarate magnetic composite was synthesized using the mild chemistry method. The phase composition, magnetic properties and moisture absorption were analyzed depending on the ratio of composite components.