

Отзыв

на автореферат диссертации

«Наноконпозиционные керамические материалы на основе оксидов магния и редкоземельных элементов для инфракрасной техники», представленную

Перминым Дмитрием Алексеевичем

на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности
1.4.1. – Неорганическая химия.

Развитие инфракрасной техники во многом сопряжено с вопросами предельных возможностей имеющейся материальной базы. Керамические материалы, обладающие уникальным соотношением механических, оптических и теплофизических свойств, в последнее время достигли предела по прочностным характеристикам. В связи с этим, развитие научных основ технологии нового класса наноконпозиционных керамических материалов на основе оксидов магния и редкоземельных элементов (РЗЭ) для инфракрасной техники представляется важным как с научной, так и с прикладной точек зрения.

Автором диссертационного исследования поставлена и решена комплексная задача по установлению физико-химических закономерностей получения новых оптических материалов на основе композитов RE_2O_3-MgO ($RE = Y, Gd, Sc, Lu, Dy$), разработке методов синтеза высокодисперсных порошков и их консолидации в плотные керамические компакты, а также исследованию оптических, механических, люминесцентных и магнитооптических свойств полученных материалов.

В ходе выполнения работы были выполнены термодинамические исследования реакционных систем «нитрат металла – органическое горючее» для прогнозирования состава продуктов и условий протекания самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) оксидов РЗЭ и композита Y_2O_3-MgO . Эти исследования позволили получить фундаментальную информацию, необходимую для подбора оптимальных составов прекурсоров, на основе которых были синтезированы высокодисперсные слабоагломерированные порошки RE_2O_3-MgO с размером первичных частиц 20–50 нм.

Автором убедительно продемонстрировано, что отклонение от разработанной схемы получения порошков и режимов их консолидации приводит к значительному ухудшению как оптических, так и эксплуатационных свойств керамик.

Для широкого набора синтезированных материалов проведены исследования их функциональных свойств. Установлена высокая микротвёрдость композитов (до 11 ГПа), значительно превосходящая однофазные керамики оксидов иттрия и магния, определена теплопроводность (до 15,0 Вт/(м·К) для Y_2O_3-MgO). Исследованные оптические характеристики композиционных керамик показали впечатляющие результаты. Диапазон пропускания достигает 2–6 мкм (средневолновой ИК-диапазон) с максимальным пропусканием до 85% (на длине волны 5 мкм) для оптимальных образцов Y_2O_3-MgO , что соответствует уровню монокристаллов индивидуальных оксидов.

На основе разработанных композиционных керамик, легированных ионами $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ и Ho^{3+} , изготовлены визуализаторы лазерного ИК-излучения, обладающие порогом лазерного пробоя более 4 кВт/см^2 . В керамике $\text{Dy}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ продемонстрирован магнитооптический эффект Фарадея (постоянная Верде $7,0 \pm 0,3 \text{ рад}/(\text{T} \cdot \text{м})$ на длине волны $1,94 \text{ мкм}$), что открывает перспективы использования данного материала в оптических изоляторах.

Достоверность результатов Д.А. Пермина не вызывает сомнений, поскольку для их получения применялись современные методики и аналитическое оборудование (синхронный термоанализ, рентгенофазовый анализ, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия, ИК-спектроскопия, адсорбционная порометрия и др.). Полученные результаты были опубликованы в 39 печатных работах, из них 20 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК, Web of Science и Scopus; также автором получен 1 патент Российской Федерации на изобретение. Результаты работы докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Следует отметить, что многие технологические процессы были реализованы автором с использованием современного оборудования для горячего прессования, электроимпульсного плазменного спекания и микроволнового спекания.

К автореферату можно сделать следующие замечания.

1) В таблице 4 (стр. 25) приведены значения микротвёрдости керамик разного состава. Указано, что для композитов $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ микротвёрдость составляет около $10,6 \text{ ГПа}$, а для индивидуального Y_2O_3 – $8,3 \text{ ГПа}$. Не указана нагрузка на индентор при измерениях. Известно, что для керамик с разным размером зерна может наблюдаться инденторный размерный эффект. При какой нагрузке проводились измерения?

2) Разработанная модель интерференционного просветления (глава 8) применена для композита $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ с соотношением фаз $50:50 \text{ об.}\%$. Будет ли эта модель работать для других соотношений фаз (например, $70:30$ или $30:70$) и для других редкоземельных элементов (Gd , Lu , Sc), у которых разница показателей преломления может отличаться?

Сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе.

Исходя из приведённых в автореферате результатов и сведений, считаю, что диссертационная работа Д.А. Пермина является завершённым научным трудом, который по содержанию соответствует специальности 1.4.1. – Неорганическая химия. По актуальности, объёму полученного экспериментального материала, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа Д.А. Пермина на тему «Наноконпозиционные керамические материалы на основе оксидов магния и редкоземельных элементов для инфракрасной техники» соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор – Пермин Дмитрий Алексеевич –

заслуживает присуждения учёной степени доктора химических наук по специальности 1.4.1. – Неорганическая химия.

Даю свое согласие на обработку персональных данных, указанных в отзыве.

Ведущий научный сотрудник лаборатории

Жидкофазных СВС-процессов и литых материалов ИСМАН

доктор технических наук

Горшков Владимир Алексеевич

16.04.2026

Подпись В.А. Горшкова заверяю.

Ученый секретарь ИСМАН

к.т.н.



Е.В. Петров

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
им. А.Г. Мержанова Российской академии наук» (ИСМАН)
142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8.
Телефон 8 (49652) 46234. E-mail: gorsh@ism.ac.ru