

Высокоплотные нанокристаллические керамики на основе оксидов переходных металлов

Гижевский Б.А., Сухоруков Ю.П., Наумов С.В., Арбузова Т.И., Костромитина Н.В.



Разработан новый способ получения nano- и субмикронных плотных оксидных керамик посредством воздействия на крупнозернистый порошок или керамику интенсивных динамических деформаций. Деформации создаются сферически сходными ударными волнами с помощью взрывных устройств. Получены высокоплотные прочные нанокерамики с новым уровнем физических, химических и механических свойств, перспективных для функциональных применений.

Суть способа заключается во взрывном ударно-волновом нагружении крупнозернистого материала, находящегося в стальном гермочехле. При этом используются сферические взрывные системы, разработанные в РФЯЦ-ВНИИТФ. При нагружении происходит образование наноструктуры и одновременное сжатие материала. Целостность гермочехла не нарушается, что предотвращает загрязнение нанокерамики. Получены нанокерамики CuO , Mn_3O_4 , LaMnO_3 . Плотность нанокерамик достигает 99%. Размеры кристаллитов - (10-300)нм.

Исследованы кристаллическая структура, микроструктура, дефектность, микротвердость, магнитные, оптические и некоторые другие свойства полученных материалов. Установлено, что специфическая дефектность нанокерамик определяется высокой концентрацией кислородных вакансий и/или их агломератов, сосредоточенных на границах кристаллитов, что определяет (наряду с наноструктурой) нерав-

новесный характер нанокерамик и особенности их физико-химических свойств. Нанокерамики показали высокую температурную и временную стабильность.

Обнаружены аномалии магнитных свойств, уменьшение края фундаментального поглощения, отрицательное тепловое расширение ряда нанокерамик.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности нового способа получения нанокерамик для широкого класса материалов.

К достоинствам способа относятся:

1. Сочетание создания наноструктуры и уплотнения материала в едином процессе.
2. Получение высокоплотных (~99 %) нанокерамик.
3. Отсутствие внешних загрязнений.

Предлагаемый способ может быть использован для создания новых керамических материалов с уникальными свойствами для использования в области катализа, микроэлектроники,

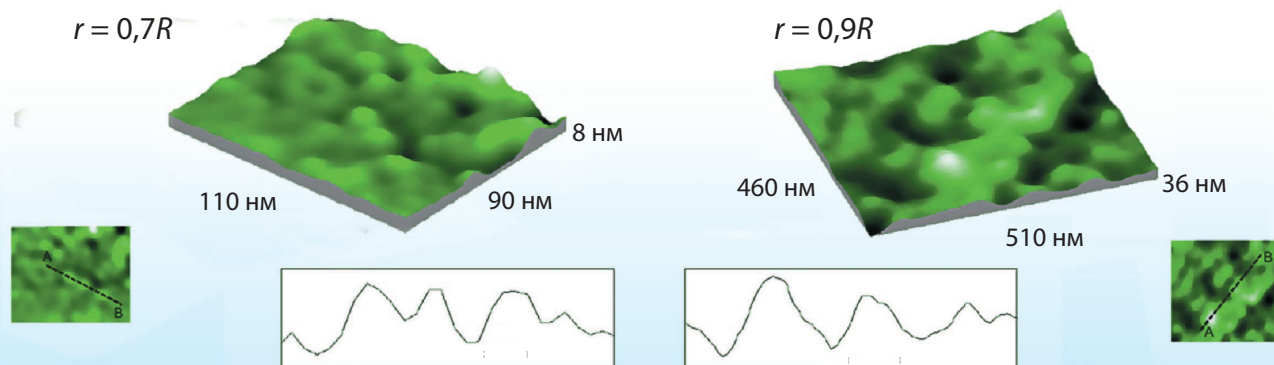


Рис.1

Структура нанокерамики CuO .

в качестве газовых сенсоров, конверторов, элементов твердотопливных ячеек, высокотвердых и термостойких материалов. Данный способ не имеет аналогов в мировой практике.

Нанокристаллический CuO – материал для селективных поглотителей солнечной энергии

Обнаруженный в лаборатории магнитных полупроводников эффект уменьшения края фундаментального поглощения нанокристаллических оксидов 3d металлов является основой для новых функциональных применений наноматериалов на основе сильно коррелированных оксидных соединений. В отличие от обычных соединений в 3d оксидах при переходе в наноструктурное состояние возможно существенное уменьшение эффективной щели, что обусловлено спецификой электронной структуры сильно коррелированных соединений и высокой дефектностью наноструктурных оксидов.

Это позволяет модифицировать спектральные характеристики наноксидов в целях более эффективного использования на практике, в частности, в покрытиях для селективных поглотителей солнечной энергии. Такие поглотители используются в преобразователях солнечной энергии и представляют большой интерес в свете проблем энергосбережения и перехода к альтернативным источникам энергии.

Селективные поглотители солнечной энергии должны максимально много поглощать энергию источника излучения и минимально переизлучать ее обратно в атмосферу. Этим условиям должен соответствовать материал с шириной оптической щели $\sim 0.5\text{eV}$ и большим коэффициентом отражения в ИК области. Таким требованиям удовлетворяет нанокерамика CuO, полученная методом ударно-волнового нагружения. Эффективная щель в нанокерамике уменьшается с 1.4 до 0.6eV, при этом, коэффициент отражения в ИК области остается большим благодаря высокой плотности и качеству нанокерамики.

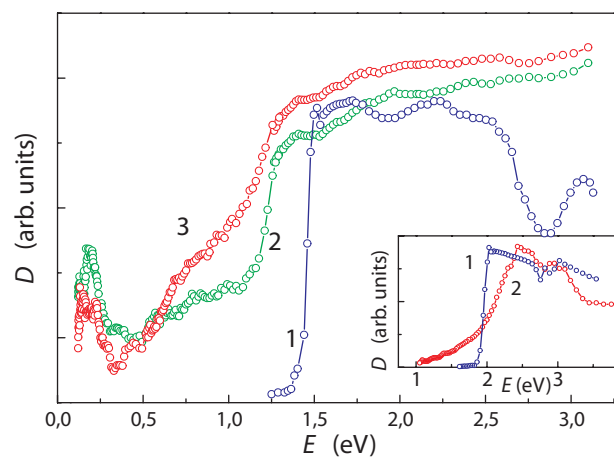


Рис.2

Спектры оптической плотности (D) CuO при $T=295\text{ K}$. Кривая 1- монокристалл, 2- нанопорошок, 3- нанокерамика. Вставка - спектры Cu_2O при $T=295\text{ K}$: кривая 1- монокристалл, 2- нанопорошок с размером кристаллитов 20 nm.

¹ Б.А.Гижевский, Е.А.Козлов, А.Е.Ермаков, Н.В.Лукин, С.В.Наумов, А.А.Самохвалов, В.Л.Арбузов, К.В.Шальнов, М.В.Дегтярев, *Физика металлов и металловедение*, 92 (2001) 52.

² Б.А.Гижевский, В.Р.Галахов, Д.А.Зацепин, Л.В.Елохина, Т.А.Белых, Е.А.Козлов, С.В.Наумов, В.Л.Арбузов, К.В.Шальнов, М.Нойманн, *ФТТ*, 44 (2002) 1318.

³ T.I.Arbuzova, B.A.Gizhevskii, S.V.Naumov, A.V.Korolev, V.L.Arbuzov, K.V.Shalnov, A.P.Druzhkov, *JMMM*, 258-259 (2003) 342.

⁴ Б.А.Гижевский, Ю.П. Сухоруков, А.С. Москвин, Н.Н. Лошкарева, Е.В. Мостовщикова, А.Е. Ермаков, Е.А. Козлов, М.А. Уймин, В.С. Гавико, *ЖЭТФ*, 129 (2006) 336.

⁵ Ю.П. Сухоруков, Б.А.Гижевский, Е.В. Мостовщикова, А.Е. Ермаков, С.Н.Тугушев, Е.А.Козлов, *Письма в ЖТФ*, 32 (2006) 81.