

5. Гаевская Т.В., Цыбульская Л.С., Бык Т.В. Формирование, структура и свойства электрохимически осаждаемых цинк-никелевых сплавов // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: Сб. ст. Мн. 2003. Вып.2. С.100-110.

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ АКТИВАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Шут В.Н., Мозжаров С.Е., Кашевич И.Ф

*ИТА НАН Беларуси, Витебск, Республика Беларусь*

Керамические материалы на основе полярных диэлектриков широко используются в технике и электронике. Они составляют основу современных пьезоэлектрических преобразователей, пиродатчиков, терморезистивных элементов, конденсаторов, фазовращателей и т.д. Широкий спектр применений указанных материалов обуславливает разнообразие требований к их электрическим характеристикам. Это в свою очередь объясняет большой объем исследований, посвященных изучению влияния состава на свойства электрокерамики. Не менее существенными факторами, оказывающими влияние на ее электрические свойства, являются характеристики исходных материалов и технология их получения, однако этой проблеме уделено меньше внимания. В настоящее время возможности улучшения параметров активных элементов за счет традиционных технологических факторов практически исчерпаны, и дальнейшее развитие данного направления требует новых оригинальных подходов. Один из таких подходов - применение активированных исходных порошков. Имеются предпосылки, что применение таких порошков для производства функциональных материалов позволит значительно повысить их эксплуатационные характеристики [1, 2].

В настоящее время для активации порошков обычно используются традиционные методы механического помола. Эти методы имеют два существенных недостатка. Во-первых, чрезвычайно большая длительность процесса (десяtkи часов). Во-вторых, загрязнение шихты примесями материалов технологической оснастки (так называемое явление намола). Известно, что использование ультразвуковых колебаний вводимых в суспензию, позволяет получать порошки требуемой степени активности, высокой химической чистоты, с дисперсностью сравнимой с той, которую удастся получить в механических измельчающих аппаратах при значительном сокращении времени обработки [3,4]. В представленной работе приведены результаты исследований процесса активации диэлектрических порошков с использованием ультразвука, выполнен сравнительный анализ морфологии порошков и их гранулометрического состава.

Активирование частиц порошкового материала и их диспергирование происходит под действием ударных волн и микроструек жидкости, возникающих при захлопывании кавитационных пузырьков, а также в результате взаимных столкновений частиц в ходе их интенсивного хаотического движения [5, 6]. Эффект диспергирования существенно зависит от условий реализации процесса, которые определяются параметрами ультразвуковой обработки. Выбор этих параметров, в свою очередь, производится с учетом исходных свойств дисперсионной среды и дисперсной фазы. Кроме того, эффект ультразвуковой обработки, а также свойства полученной суспензии, зависят от характера взаимодействия дисперсионной среды и дисперсной фазы, который определяется, прежде всего, степенью смачиваемости частиц дис-

персной фазы жидкой средой. Конечный результат диспергирования оценивается по характеру разрушения частиц, т.е. по особенностям их геометрических и структурных характеристик, которые они приобретают после ультразвуковой обработки.

Ультразвуковой обработке подвергались два типа порошков: многокомпонентной оксидной керамики ВС-4 и метатитаната бария. Обработка ультразвуком обычно ведется при максимальной интенсивности кавитационного воздействия обеспечиваемого соответствующей ультразвуковой аппаратурой. В работе использовался ультразвуковой генератор УЗГ 1-1 с преобразователем ПМС 1-1. Рабочий инструмент (волновод-концентратор) выполнен из титанового сплава ВТ-1 в виде стержня полуволновой длины с изменением площади поперечного сечения по экспоненциальному закону. Обработка велась на частоте 22 кГц, в этиловом спирте.

Выбор этилового спирта обусловлен тем, что, обладая довольно высоким коэффициентом кавитационной активности, его остатки легко удаляются испарением из порошка. Применение воды, которая обладает большей кавитационной активностью, но плохо смачивает материал, требует использования ПАВ и, следовательно, дополнительных промывок, что усложняет процесс активации. При этом проводилось термостатирование емкости с обрабатываемой суспензией, поскольку для спирта температурный интервал при котором интенсивность кавитационного воздействия максимальна - 15 – 20 °С,

Наибольшая эффективность ультразвукового воздействия на определенный тип порошка достигается при оптимальном времени обработки. При кратковременной обработке происходит недостаточная активация, а при слишком длительном имеет место агрегация частиц с образованием конгломератов. Время обработки в нашем случае составило 1 час (для порошка ВС-4) и 40 минут (для порошка метатитаната бария).

Обработанный и необработанный порошок ВС-4 были исследованы на приборе для гранулометрического анализа Analysette 22 фирмы Fristch. Результаты анализа в графическом виде представлены на рисунке 1.

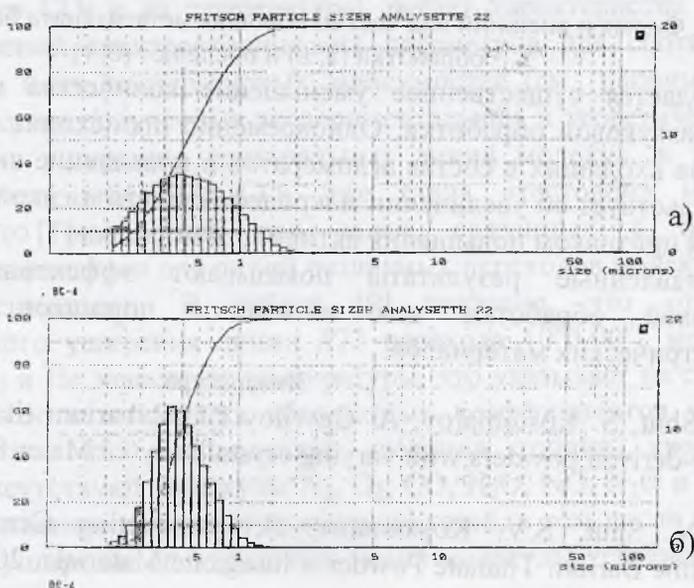


Рис. 1. Результаты гранулометрического анализа порошка ВС-4  
а) исходный порошок; б) активированный порошок

Обработанный порошок характеризуется более узким разбросом дисперсности, что особенно важно при прессовании порошков, так как вероятность образования «ступоров», приводящих к формированию неоднородного распределения напряжений и образованию пустот при прессовании уменьшается. В результате этого повышается равномерность процессов рекристаллизации и спекания и тем самым улучшаются электрофизические свойства спеченного материала.

Форма и внешний вид порошка метатитаната бария до и после ультразвуковой обработки представлены на рисунке 2.

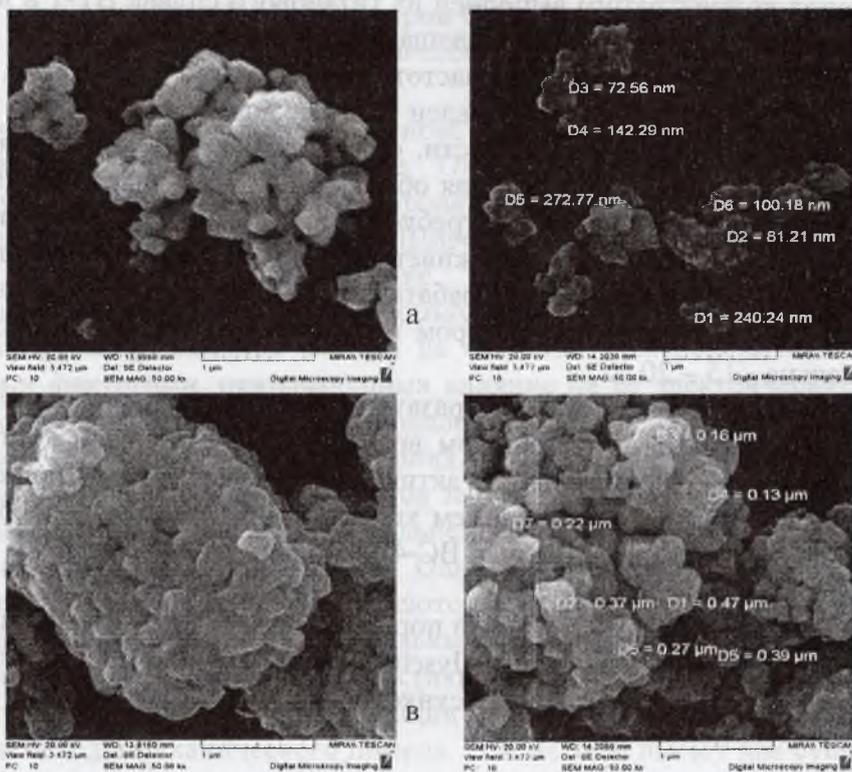


Рис. 2. Форма и внешний вид частиц порошка метатитаната бария до ультразвуковой обработки (а, в) и после нее (б, г)

Наблюдается существенное уменьшение количества крупных агломератов после ультразвуковой обработки. Одновременно происходит уменьшение размеров кристаллитов входящих в состав агломератов и повышение внутренней пористости. Это свидетельствует об увеличении макродефектности диэлектрических материалов, что является признаком повышения активности порошка [7]

Представленные результаты показывают эффективность использования ультразвуковой обработки для активации порошков диэлектрических и сегнетоэлектрических материалов.

#### Литература

1. V. Shut, S. Kostomarov, A. Gavrilov PTCR barium titanate ceramics obtained from oxalate-derived powders with varying crystallinity// J Mater Sci ., 2008 . Vol. 43, p.p. 5251–5257.
2. V.N. Shut, S.V. Kostomarov. Semiconducting Ceramics Produced Using Nanocrystalline Barium Titanate Powder // Inorganic Materials, 2009, Vol. 45, No. 12, pp. 1417–1422.

3. В.Н. Хмелев Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве/ Барнаул: АлтГТУ.-2007. 400 с.

4. Б.Г. Агранат. Ультразвук в порошковой металлургии.-М.: Металлургия.-1986. 168 с.

5. Н.К. Толочко, С.Е.Мозжаров, Т.А. Мачихо. Извлечение алмазов из продуктов синтеза с использованием ультразвука// Перспективные материалы, 1997, №6. С. 43-50.

6. Б.Г. Новицкий. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. М.: Химия, 1993. 192 с.

7. М.М. Ристи, В.Г.Самсонов. Теория и технология спекания: - Киев: Наукова думка,1974 с.161-162

## УШИРЕНИЕ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ ПЕРЕХОДА $10^00-00^01$ МОЛЕКУЛЫ $\text{CO}_2$ ЗА СЧЕТ СТОЛКНОВЕНИЙ С МОЛЕКУЛАМИ $\text{N}_2\text{O}$ .

\*Аршинов К.И., \*Линевиц А.В., \*\*Невдах В.В., \*Шедьков В.В.

\*Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь,  
E-mail: itaaki@yandex.ru

\*\*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь,  
E-mail: v.v.nev@bk.ru

**Введение.** Использование оптических методов диагностики атмосферы и нагретых газообразных продуктов сжигания топлив с целью определения концентрации молекул  $\text{CO}_2$  и их температуры, расчет характеристик  $\text{CO}_2$ -лазеров требует знания значений спектроскопических параметров для соответствующих линий молекулы  $\text{CO}_2$  и их температурных зависимостей (см., например, [1-4]). В работе [5-8] представлены полученные экспериментальные и теоретические данные по столкновительному уширению спектральных линий молекул, в том числе и углекислого газа. Хотя молекула  $\text{CO}_2$  уже стала «тестовой» молекулой в спектроскопии, в то же время, ряд задач, связанных с определением спектроскопических параметров для линий различных переходов молекулы  $\text{CO}_2$ , все ещё остаются нерешенными. В работе [9] показано, что относительные коэффициенты ударного уширения линии  $R22$  перехода  $10^00-00^01$  молекулы  $\text{CO}_2$  буферными газами  $\text{N}_2$  и  $\text{He}$  зависят от температуры, что указывает на существенное различие поведения соответствующих абсолютных коэффициентов уширения от температуры. Известно, что в продуктах сгорания топлив, кроме молекул углекислого газа, присутствуют молекулы  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и др., поэтому необходимо изучить влияние основных примесных газов, в том числе закиси азота, на столкновительное уширение спектральных линий молекулы углекислого газа для повышенных температур.

**Результаты и их обсуждение.** Экспериментальная установка для измерения коэффициентов поглощения (КП) в газах организована по двухлучевой компенсационной схеме на линиях генерации стабилизированного по частоте  $\text{CO}_2$ -лазера, пере-