

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМД–МЕТОДОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Кустов А.И., ¹Мигель И.А.

Воронежский государственный педагогический университет
¹ВУНЦ ВКС ВВА им. профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина
 г. Воронеж, Россия, E-mail: akvor@yandex.ru

В настоящее время всё более широкое применение в промышленных и научных приложениях получают керамические материалы. Данный факт обусловлен возможностью формирования высокоизотропных структур, формируемых в процессе использования порошковых технологий. Причем, керамики имеют ряд уникальных свойств, отсутствующих у металлических материалов, которыми можно управлять с помощью внешних воздействий [1,2]. Поэтому, актуальной проблемой современного материаловедения керамик является проблема разработки инновационных методов контроля свойств и структуры таких материалов, позволяющих оптимизировать режимы их обработки. К таким методам относятся и АМД–методы [3–5], получающие всё более широкое применение при изучении характеристик различных материалов. Было выдвинуто предположение о том, что по результатам измерений таких параметров акустических волн (ΔV), как скорость (v_R) в объекте и уровень поглощения ($\Delta V/V\%$) и др., можно определять состояние материала, оценивать его работоспособность. Целью настоящей работы было изучение изменений характеристик $\Delta V/V\%$ и v_R при трансформации строения керамик, выборе температур их синтеза и отжига, анализ корреляционных связей характеристик материала и параметров ΔV .

В работе объектами изучения были материалы, полученные по порошковым технологиям, прежде всего керамики типа ЦТС. Благодаря существенным различиям акустических импедансов локальных областей изучаемых образцов, области с различной пористостью и плотностью надежно выявляются на изображениях за счет акустического контраста [6,7]. Рисунок 1 демонстрирует акустическое изображение и характерную $V(Z)$ –кривую для ЦТС–керамик. На рисунке 2 – результаты расчета затухания $\Delta V/V\%$ и скорости $\Delta V/V\%$ и скорости v_R с помощью $V(Z)$ –кривых [3,5,7] при меняющихся условиях отжига. Полученные зависимости коррелируют с представленными на рисунке 3, а значит, позволяют влиять на величину диэлектрической проницаемости керамик. На рисунках 4 и 5 представлен пример оптимизации $T_{отж}$ с помощью Приложения MSExcel.

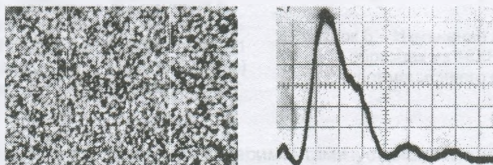


Рисунок 1 – а) Акустическое изображение приповерхностных слоев пьезокерамики ЦТС– 23 (H_2O , масштаб 24 мкм/дел., $Z = -13$ мкм); б) Экспериментальная кривая для ЦТС–22 (масштаб по горизонтали 5,2 мкм / дел., $\Delta Z_N = 10,09$ мкм, $v_R = 2,29 \cdot 10^3$ м/с)

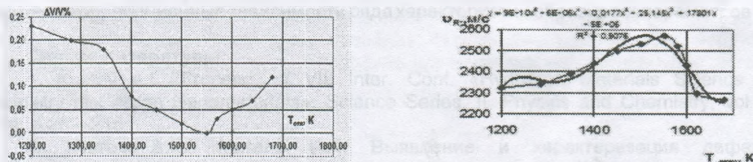


Рисунок 2 – а) Изменение относительной высоты $V(Z)$ –кривой для образцов ЦТС–22 в зависимости от температур отжига; б) Зависимость v_R от $T_{отж}$ ЦТС–22, полученная АМД–методом

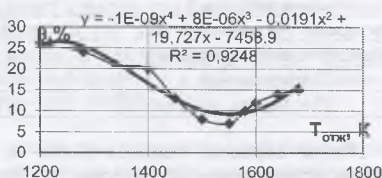
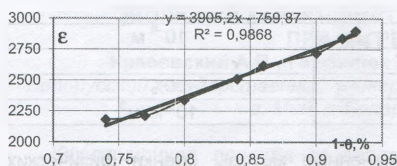


Рисунок 3 – а) Кривая изменения пористости в зависимости от температур отжига для ЦТС–22; б) Корреляционная зависимость диэлектрической проницаемости и относительной пористости пьезокерамики ЦТС Ст.–02

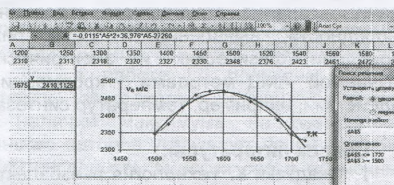
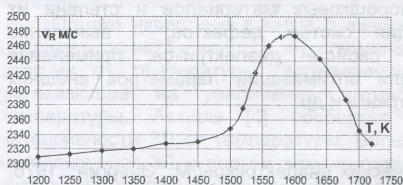


Рисунок 4 – а) Экспериментальная зависимость v_R от $T_{отж}$ для ЦТС–35; б) График и уравнение тренда для оптимизации $T_{отж}$ пьезокерамики ЦТС–35 с помощью функции–оптимизатора в интервале 1450–1730 К

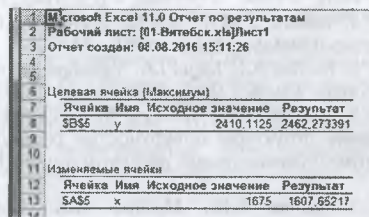
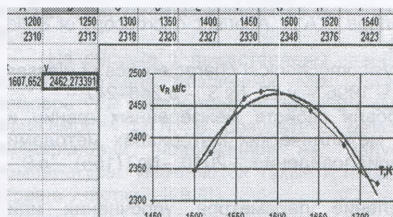


Рисунок 5 – а) Результат проведения поиска $T_{отж}$ для ЦТС–35 с помощью функции–оптимизатора; б) Отчет по результатам, рекомендующий снижение $T_{отж}$ для ЦТС–35 на ~70К

Аналогичные результаты были получены для других керамик, в частности, для ЦТС – Ст–02. Ряд характеристик порошковых материалов, рассчитанных на основе АМД–методов, представлен в таблице 1 и 2. Они совпадают с приведенными в работах [8,9].

Таблица 1 – Результаты расчета акустических параметров материалов АМД–методами

Иммерсионная жидкость – вода (H_2O); $v_f = 1483$ м/с					
Материал	$v_R \cdot 10^3$ (м/с)	$\lambda_R \cdot 10^{-6}$ (м)	μ/v_R	$\theta_R(^{\circ})$	$d_m \cdot 10^{-6}$ (м)
ЦТС–35	2,32	5,73	0,608	37,43	34,1
SiO_2 (пл.)	3,46	8,54	0,431	25,54	43,4
CdS	1,70	4,22	0,867	60,14	31,8
Al_2O_3	5,55	13,74	0,267	15,47	70,1

Таблица 2 – Характеристики графитового материала ПРОГ, полученного по порошковой технологии, рассчитанные АМД–методами

Параметр	Значение	Единицы измерения
Скорость ПАВ, v_R	2,01	10^3 м/с
Модуль упругости, E	12,77	10^9 Па

Продолжение таблицы 2

Интервал $V(Z)$ -кривой, ΔZ_N	5,6	10^{-6} м
Коэффициент Пуассона, γ	0,14	–
Пористость, θ	14	%
Плотность, ρ_s	1,124	10^3 кг/м ³

Таким образом, разработанные и примененные методы оценки физических характеристик спеченных материалов, таких как плотность, пористость и определения уровня их локальной неоднородности базируются на использовании акустических изображений структур объектов, а также, на количественных расчетах характеристик материалов по значениям v_R и $\Delta V/V\%$, определяемых из характерных интерференционных зависимостей – $V(Z)$ -кривых. Они позволяют решить следующие задачи: – анализ структурного строения порошковых материалов и степени их однородности; выявление и характеристика систем дефектов; – выявление корреляции физических и электрических свойств диэлектриков; применение получаемой АМД-методами информации для оптимизации параметров внешних воздействий, например, температур синтеза, отжига и др.

Список литературы:

1. Окадзак К. Технология пьезоэлектрических диэлектриков // М., Энергия., 1976, 336 с.
2. Скороход В.В. Физико-механические свойства пористых материалов // Киев., Наук дум., 1977. – 120с.
3. Weglein R.D., Wilson R.F. Acoustic microscopy of material and surface layers // J. Appl. Phys. – 1984. –v.55, №9. – p.3261–3275.
4. Weaver J.M.R., Ilett C., Somekh M.G., Briggs G.A.D. Acoustic microscopy of Solid Materials // Metallography. –1985. –V.17. –P. 3–34.
5. Kustov A.I., Migel I.A. Investigation of physicommechanical characteristics of glasses by acoustic waves // Glass Physics and Chemistry – 1996. – v.22, № 3. – p.245–247.
6. Кустов А.И., Мигель И.А. Оценка уровня свойств межзёренных границ и изучение структуры поверхностей раздела в металлических материалах методами акустомикроскопической дефектоскопии // Материаловедение. – 2010. –№2 (155). – с.9–14.
7. Кустов А.И., Мигель И.А. Определение параметров упрочнения или восстановления свойств поверхности материалов с помощью инновационных методов физического эксперимента – АМД-методов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2014. –т.11, №4/2. – с. 592–598.
8. И.А.Викторов. Звуковые поверхностные волны в твердых телах. М.: Наука, 1981. 287с.
9. В.А.Шутилов. Основы физики ультразвука. Ленинград.: изд. Ленинградского университета, 1980. 280 с.