

Электрофизические свойства и микроструктурные особенности керамоматричных пьезокомпозитов

М.А. Луговая, А.Н. Рыбнянец

Южный федеральный университет, 344090 Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: lugovaya_maria@mail.ru

Пьезокомпозитные системы по сравнению с традиционной пьезокерамикой и кристаллами обладают меньшим акустическим импедансом и большей пластичностью, они лучше приспособлены к механическим ударным нагрузкам, имеют низкую механическую добротность и более высокую пьезочувствительность. Как было выяснено в результате исследований [1, 2], именно микроструктура играет определяющую роль в формировании эффективных свойств композита. Именно поэтому учет влияния микроструктуры композита на его свойства на сегодняшний день является одной из важных и актуальных задач физического материаловедения, а исследование многокомпонентных композитов, структурированных на разных масштабных уровнях, является актуальным.

Целью настоящей работы являлось установление корреляционных связей между микроструктурными особенностями и электрофизическими свойствами пористых пьезокерамик (ПК) и керамоматричных композитов (КМК).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- химическое моделирование и микроструктурное конструирование КМК;
- выбор оптимальных технологических режимов, синтез и изготовление экспериментальных образцов КМК с различным составом, структурой и типом связности;
- исследование микроструктуры, комплексных упругих, диэлектрических и пьезоэлектрических свойств и их частотных зависимостей ПК и КМК керамика/керамика, керамика/кристалл;
- установление закономерностей формирования экстремальных электрофизических свойств ПК и КМК на основе микроструктурных, электрофизических и ультразвуковых измерений, а также результатов конечно-разностного моделирования;
- выявление основных механизмов, ответственных за несинфазный отклик КМК на внешние воздействия и экспериментальная валидация общих соотношения между упругой дисперсией и затуханием ультразвуковых волн ПК и КМК.

Объектами исследования являлись КМК керамика/керамика со связностью 3-0, 3-3 (предварительно спеченные частицы керамики ЦТС в керамической матрице ЦТС) и керамика/кристалл (кристаллические включения в керамической матрице ЦТС/LiNbO₃, ЦТС/ α -Al₂O₃), а также пористые пьезокерамики с открытой (связность 3-3) и замкнутой пористостью (связность 3-0) различных систем и составов.

На Рисунке 1 представлены примеры микроструктуры исследованных КМК.

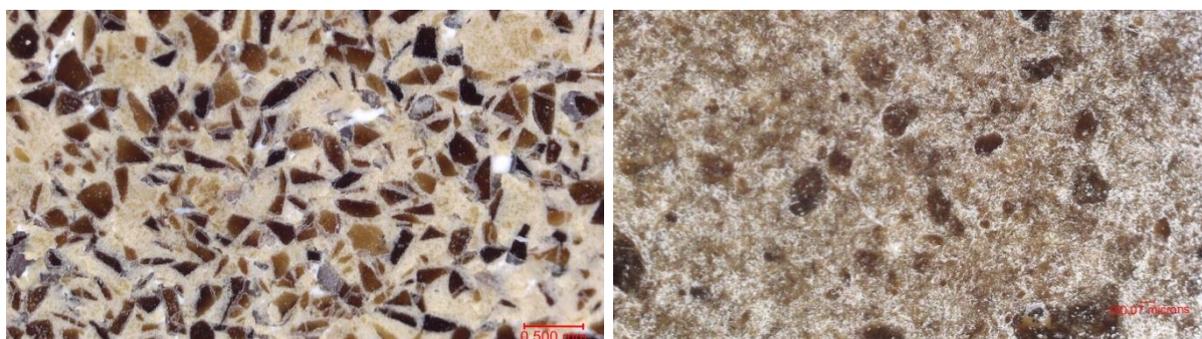


Рисунок 1. Оптические микрофотографии микроструктуры КМК керамика/керамика.

На Рисунке 2 приведены результаты конечно-разностного моделирования процесса распространения ультразвуковых волн и дисперсионные характеристики упругих модулей КМК керамика/кристалл.

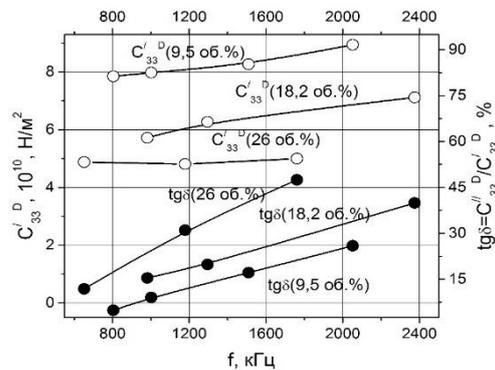
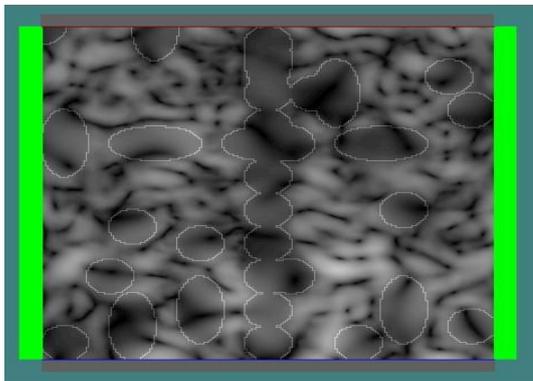


Рисунок 2. Конечноразностная модель КМК ЦТС/ α - Al_2O_3 , созданная в оболочке Wave 3000 Pro и частотные зависимости модулей упругости $C_{33}^{D'}$ и соответствующие потери $\text{tg} \delta = C_{33}^{D''} - C_{33}^{D'}$ для различного объемного содержания рассеивающей части α - Al_2O_3 .

В результате выполненных исследований получены следующие результаты и сделаны следующие выводы [1-3]:

- разработаны способы получения КМК керамика/керамика и керамика/кристалл, а также методики измерения, измерительные стенды и программы обработки данных для измерения и анализа комплексных констант КМК;

- установлены корреляционные связи между микроструктурными особенностями и электрофизическими свойствами КМК керамика/керамика, керамика/кристалл;

- установлено, что введение безудачного керамического или кристаллического наполнителя в пьезокерамическую матрицу препятствует усадке керамической матрицы при спекании и приводит к появлению микропористости;

- установлено, что в формировании экстремальных электрофизических свойств КМК керамика/керамика и керамика/кристалл, наряду с влиянием свойств и структуры пьезокерамической матрицы и наполнителя, существенную роль играет возникающая при спекании микропористость пьезокерамической матрицы;

- показано, что КМК ЦТС/ЦТС, ЦТС/ α - Al_2O_3 и ЦТС/ LiNbO_3 обладают улучшенными по сравнению с исходной керамикой электрофизическими и механическими свойствами, позволяющими использовать их в качестве активных элементов пьезоустройств и ультразвуковых датчиков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (научный проект № 0852-2020-0032 (БА30110/20-3-08ИФ)).

1. М.А. Луговая, И.А. Швецов, Н.А. Швецова, А.В. Наседкин, А.Н. Рыбянец, *Ferroelectrics* **571**, 263 (2021).
2. М.А. Луговая, И.А. Швецов, Н.А. Швецова, Е.И. Петрова, А.Н. Рыбянец, *Известия РАН. Серия физическая* **82**(3), 356 (2018).
3. М.А. Луговая, Е.И. Петрова, И.А. Швецов, С.А. Шчербинин, А.Н. Рыбянец, *Ferroelectrics* **539**, 68 (2019).