

Пьезоэлектрические свойства и родственные параметры
композитов типа 0–3 на основе перовскитовых сегнетопъезокерамик
Асп. Исаева А.Н., научный руководитель д.ф.-м.н., проф. Тополов В.Ю.
Физический факультет, Южный федеральный университет,
344090, Ростов-на-Дону, Россия

Множество пьезотехнических и других применений пьезоактивных композитов и желание создать новые материалы с высокими параметрами обуславливают необходимость проведения прогнозирования эффективных свойств и других характеристик композитов [1]. На протяжении последних десятилетий наиболее распространенными пьезоактивными композитами являются материалы «сегнетопъезокерамика (СПК) – полимер» со связностями 1–3, 2–2, 3–3, 0–3 [1, 2]. Цель настоящей работы – исследование эффективных пьезоэлектрических свойств и связанных с ними параметров приема композитов типа 0–3 на основе СПК. При этом в качестве СПК выбраны составы со структурой типа перовскита на основе $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$.

Композит типа 0–3 (рис. 1) характеризуется как система изолированных СПК включений, окруженных протяженной полимерной матрицей. При этом матрица может быть либо монолитной (в 0–3-композите), либо пористой (в 0–3–0-композите) [2, 3]. Композиты с подобной системой сильно вытянутых СПК включений, ориентированных вдоль оси поляризации OX_3 , обычно получают с помощью электрофореза [2]. Центры СПК включений занимают узлы простой тетрагональной решетки с единичными векторами, параллельными OX_k (см. рис. 1). Центры пор в полимерной среде находятся в узлах простой тетрагональной решетки с единичными векторами, параллельными осям

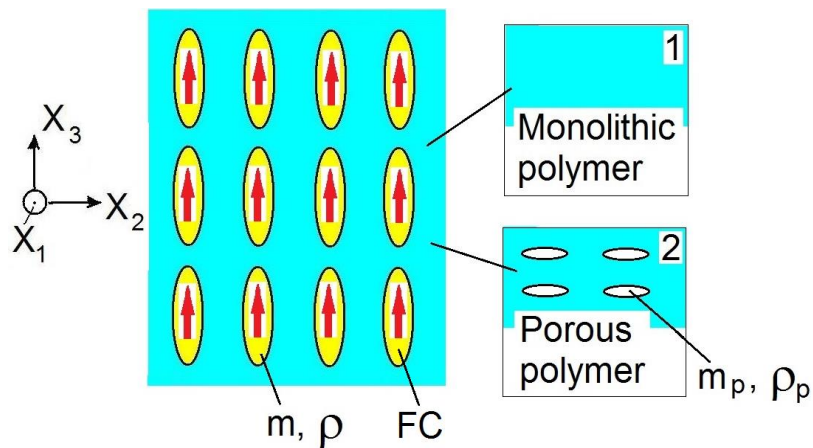


Рис. 1. Схематическое изображение композита типа 0–3 [3]. ($X_1X_2X_3$) – прямоугольная система координат, m – объемная концентрация СПК, ρ – аспектное отношение (отношение длин полуосей) сфероидального СПК включения, m_p – объемная концентрация воздушных пор в полимерной матрице, ρ_p – аспектное отношение сфероидальной поры. Стрелкой показано направление вектора остаточной поляризации $P_r^{(1)}$ СПК включения.

OX_k . Линейные размеры каждой поры считаются существенно меньшими, чем наименьшая ось СПК включения. Поверхностные заряды, обусловленные остаточной поляризацией $P_r^{(1)}$ СПК включения, полностью компенсируются свободными носителями заряда в среде между компонентами композита.

Для определения концентрационных зависимостей эффективных упругих, пьезо- и диэлектрических свойств композитов со сфероидальными СПК включениями (рис. 1) используется метод эффективного поля (МЭП) [1–3]. Эффективные свойства пористой полимерной матрицы определяют в рамках так называемого dilute approach [4], не учитывающего взаимодействий между изолированными порами. Проведено сравнение полученных в рамках МЭП расчетных данных с результатами расчетов по методу эффективной среды (МЭС) [1]. Экспериментальные значения электромеханических констант СПК ПКР-7М и полиэтилена при комнатной температуре взяты из работ [1, 2].

[1] Topolov V.Yu., Bowen C.R. Electromechanical properties in composites based on ferroelectrics.– London: Springer, 2009.– 202 p.

[2] Khanbareh H., Topolov V.Yu., Bowen C.R. Piezo-particulate composites. Manufacturing, properties, applications.– Cham: Springer Nature, 2019.– 160 p.

[3] Isaeva A.N., Topolov V.Yu. // J. Adv. Diel.– 2021.– Vol.11, N 2.– P. 2150010-9 p.

[4] Dunn M.L., Taya M. // J. Amer. Cer. Soc.– 1993.– Vol.76, N 7.– P. 1697–1706.

[5] Roscow J.I., Pearce H., Khanbareh H. et al. // Eur. Phys. J. Special Topics.– 2019.– Vol. 228, N 7.– P. 1537–1554.