

УДК. 621.319.2.678

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ БИМОРФНЫХ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МОНОЛИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

КУРБАНОВ М.А.* , МАГЕРРАМОВ А.М., НУРИЕВ М.А.,
ИСМАИЛОВА Р.С., ИБРАГИМОВ Р.Б.

** Институт Физики НАН Азербайджана
Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана*

Рассмотрены возможности создания монолитного биморфного пьезокомпозитного элемента на основе гетерогенной системы полимер – пьезокерамика. Показано, что гетерогенность структуры и тангенциальная поляризация приводит к пространственно неоднородной поляризованности. Установлено, что возрастание чувствительности (на порядок) биморфных пьезоэлементов в режиме приема звука связано с анизотропией распределения поляризованности в монолитной структуре композита.

Известно, что одной из перспективных конструкций, преобразующих систем на основе пьезоэлектрических материалов, является биморфный пьезоэлемент (БПЭ). Чтобы получить монолитный биморфный пьезоэлемент необходимо обеспечить условие анизотропности его структуры, в частности, упругих свойств [1-4] .

Одной из разновидностей БПЭ является бесшовная монопластина с фигурными электродами [1]. В этой системе поляризация происходит между поверхностными электродами, состоящими из гальванически не связанных секций, вложенных друг в друга. Векторы поляризации \vec{P} каждой соседней области имеют противоположные направления и, тем самым, обеспечивается анизотропность поляризации в БПЭ.

В пьезокерамических элементах, поляризованных тангенциально, можно создать градиент поляризации по толщине ($\frac{d\vec{P}}{dx}$) и получать слабо выраженную анизотропность поляризации, связанной небольшой разницей электрофизических свойств аморфных и кристаллических фаз керамики [2,3,5]. В случае же полимерных пьезокомпозитов, в которых электрофизические и физико-механические свойства отдельных фаз отличаются достаточно резко, появляются условия для формирования анизотропной поляризации, как при объемной, так и при тангенциальной поляризациях [6-8].

В данной работе излагаются некоторые результаты исследования по разработки высокочувствительных БПЭ на основе монолитных композитных систем полимер-пьезокерамика. Поставленная задача решается путем создания пространственно неоднородного распределения поляризованности по толщине и, следовательно, пьезоэлектрической анизотропии в полимерных композитах.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Высокая неоднородность поляризации и анизотропность пьезоэлектрических свойств обеспечиваются сильной гетерогенностью структуры пьезокомпозитов и проведением их тангенциальной электротермополяризации. В качестве универсального показателя пьезоэлектрической анизотропии биморфных образцов полимерного композита выбрана акустически чувствительность к приему звука (γ), разработанного нами акустоэлектрического преобразователя на основе монолитных БПЭ [6-9].

Монолитные пьезокомпозиты толщиной 250÷300 мкм со связностью 0-3 были получены на основе поливинилиденфторида и пьезокерамики семейства цирконата-титаната-свинца ЦТС типа ПКР-7М (зарубежный аналог PZT-5Н) при соотношении компонентов 50:50 % объем. и дисперсности наполнителя 100÷160 мкм. Равномерное распределение наполнителя, т.е. монолитность, обеспечивалось путем тщательного перемешивания порошков компонентов с последующим двукратным перепрессованием и вальцеванием. Оценка монолитности осуществлена оптическим микроскопом МИМ-7 в поляризованном свете. Анизотропия поляризации по толщине образцов оценена путем послойного анализа величины токов деполяризации (ТСД). Некоторые электрофизические и физико-механические характеристики указанных материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Электрофизические и физико-механические характеристики
ПВДФ, ПКР-7М и композитов на их основе

Наименование показателя	ПВДФ	ПКР-7М	ПВДФ+ПКР-7М 50÷50% объем.
Плотность, $кг/м^3$	1800	~8000	4800
Температура плавления, K	463÷473	1470-1570	~470
Модуль упругости при сжатии, $Па$	$(1,1÷1,4) \cdot 10^9$	$5,7 \cdot 10^{10}$	$\sim 1,23 \cdot 10^{10}$
Удельное объемное сопротивление, $Ом \cdot м$	$(0,5-9) \cdot 10^{11}$	$(0,6÷8) \cdot 10^{10}$	$\sim 10^{11}$
$tg\delta$, при 1000 Гц	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$\sim 1,5 \cdot 10^{-2}$
ε , при 1000 Гц	8-13	~4800	~95÷110
Пьезомодуль d_{33} , $нКл/Н$	25÷30	760	~80
Пьезочувствительность, g_{33} , $Вм/Н$	0,23	0,012	~0,092
Электрическая прочность, $МВ/м$	18÷22	15	~16

Из табл.1 видно, что электрические и физико-механические характеристики компонентов исследуемых композитов резко отличаются и, следовательно, пьезокомпозиты являются сильно гетерогенной системой. Для определения роли пьезоэлектрической анизотропности в изменении чувствительности БПЭ композиты были поляризованы в следующих условиях:

1. Электроды при электротермополяризации были расположены на противоположных поверхностях образцов композита (объемная нормальная поляризация) рис. 1.а;

2. Две концентрично расположенные поляризирующие электроды нанесены на одной поверхности композита (тангенциальная поляризация), рис. 1.в.

Из рисунка 1в видно, что в случае тангенциального расположения электродов поляризация неоднородна и приэлектродная часть поляризована относительно лучше. Об этом свидетельствуют значения зарядов, полученные методом ТСД [10].

На рис.2 приведены зависимости пьезомодуля (d_{33}) и пьезочувствительности (g_{33}) композитов, электротермополяризованных в вышеуказанных двух режимах. Видно, что

как d_{33}^n , так и g_{33}^n композитов, поляризованных в первом режиме заметно больше, чем аналогичные параметры (d_{33}^t, g_{33}^t) для композитов, поляризованных во втором режиме.

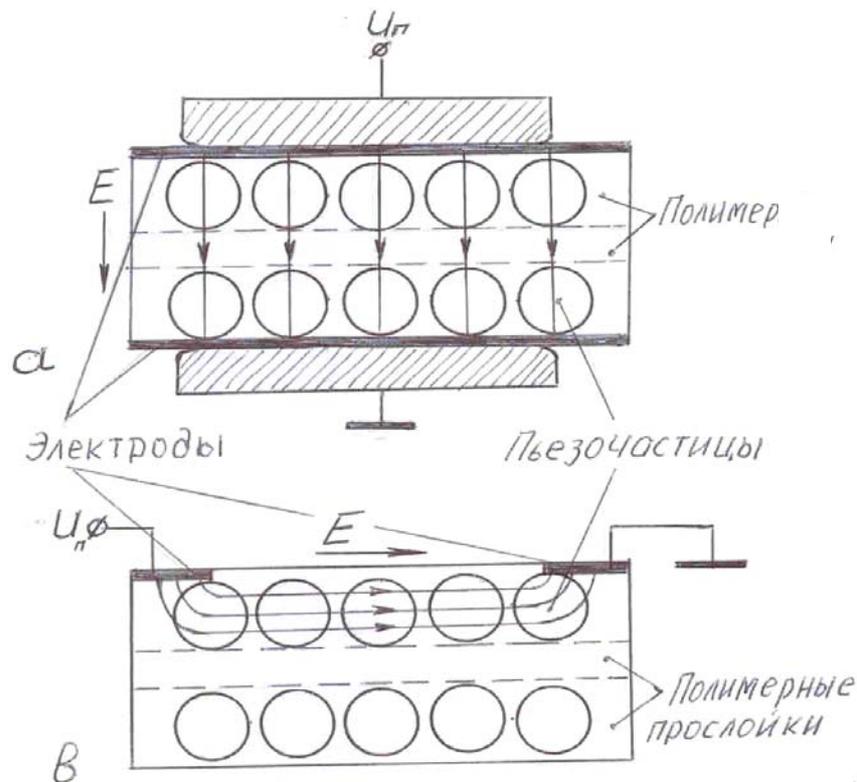


Рис.1. Схематическое изображение расположения электродов и силовых линий напряженности поля поляризуемые при нормальной (а) и тангенциальной (в) поляризации пьезоэлемента

Поляризованные вышеизложенными способами образцы полимерных композитов были использованы в качестве пьезоэлемента акустоэлектрического приемника звука. Измерение произведено на акустическом стенде по ГОСТ-у 16123-84.

На рис.3 приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) приемника звука. Многочисленные эксперименты показывают, что, несмотря на низкие значения d_{33}^t, g_{33}^t по сравнению d_{33}^n, g_{33}^n (примерно в два раза), чувствительность (γ) БПЭ в случае приема звуковых волн, на основе тангенциально поляризованных композитов (рис.3, кривая 2) практически на порядок больше, чем чувствительность БПЭ нормально поляризованных композитов (рис.3, кривая 1) и составляет ~ 10 мВ/Па.

Рассмотрим причины этого важного для практики эффекта образования биморфных структур в тангенциально поляризованных образцах полимерных композитов. Считаем, что этот эффект, в основном, связан неоднородностью поляризации по толщине, и, следовательно, анизотропностью пьезоэлектрических свойств пьезокомпозиата, поляризованного тангенциально. Из рис.1.в, видно, что при поляризации гетерогенных образцов пьезокомпозиата вследствие того, что диэлектрическая проницаемость полимера (ϵ^n) значительно меньше диэлектрической проницаемости пьезочастиц (ϵ^k), силовые линии электрического поля преломляются на границе раздела фаз полимер-пьезочастица к поверхности пьезоэлемента, на которой находятся электроды, создающие тангенциально направленное поле. В результате этого поле сосредоточено, в основном, в при-

поверхностном слое пьезоэлемента, и, следовательно, при электротермополяризации происходит неравномерная поляризация по толщине образца. Таким образом, путем оптимизации условий поляризации, геометрической формы электродов и других

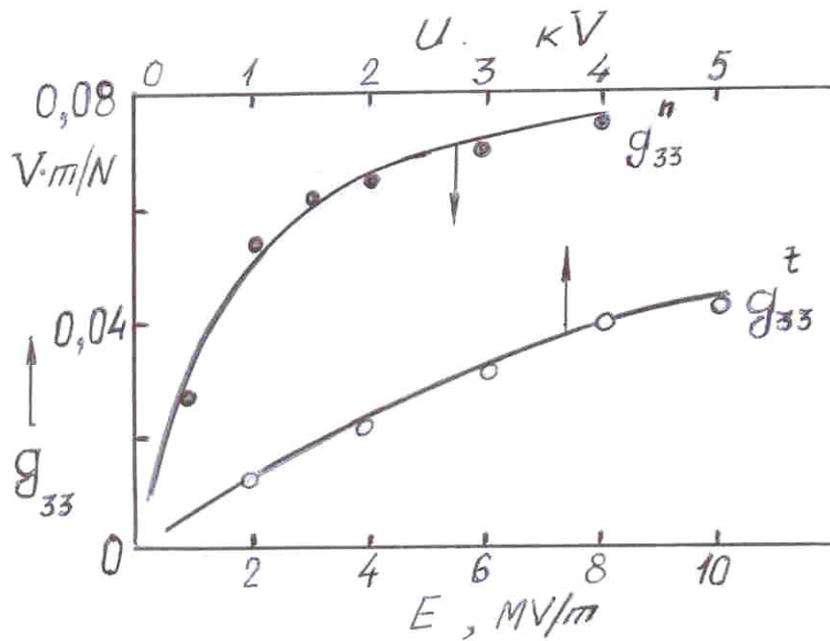
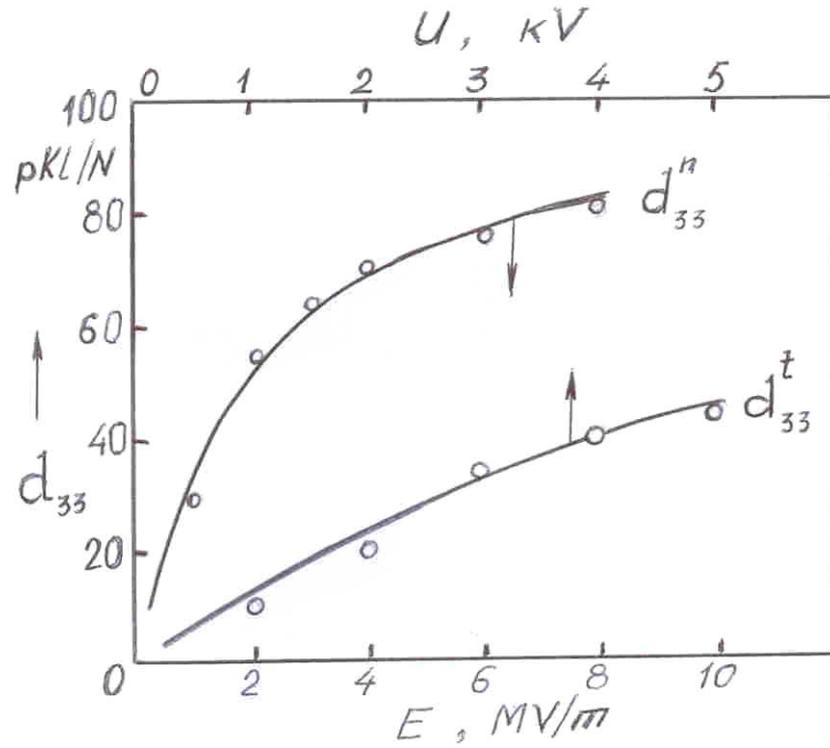


Рис.2. Зависимость пьезокоэффициента d_{33} (а) и пьезочувствительности g_{33} (в) от напряжения поляризации

модифицирующих факторов, удастся создать биморфные структуры из монолитных полимерных композитов для электроакустических пьезопреобразователей. Полученные результаты также показывают, что путем изменения соотношения активной и пассивной части композитных биморфных пьезоэлементов можно значительно улучшить их

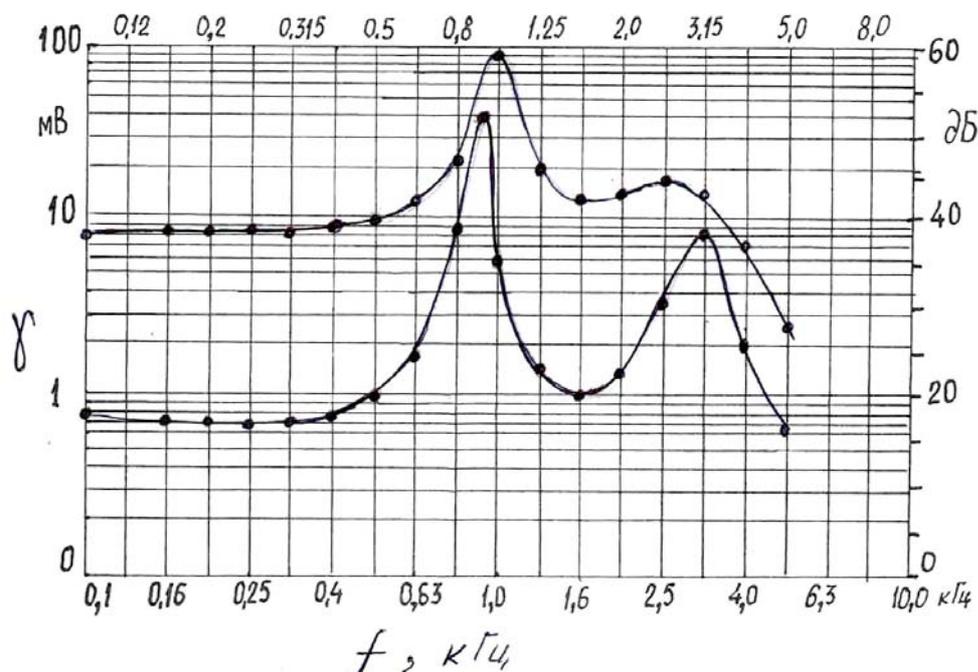


Рис.3. Амплитудно-частотная характеристика биморфной системы на основе пьезокомпозиита поляризованного нормально (1) и тангенциально (2).

электроакустические характеристики, изменять эффективную добротность и, тем самым, расширять область их применения.

1. Р.Г.Джагулов, А.А.Ерофеев. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автомашине. Ленинград, «Машиностроение», 1986, 256 стр.
2. В.В.Малов. Пьезорезонансные датчики. М., «Энергоатомиздат», 1989, 272 стр.
3. А.И.Богатырев, И.В.Вовк, В.Н.Олейник. «Излучение звука пьезокерамической круглой биморфной пластиной» Акустический вестник. Т.4, №1. 2001. стр.3-10
4. Г.А.Лушейкин. Полимерные пьезоэлектрики. М., Химия, 1990, 176 стр.
5. К.Окадзаки. Технология получения керамики. Пособие по электротехническим материалам. М., Энергия. 1979, 432 стр.
6. R.E.Newhman, A.Safari, J.Ginewicz and B.H.Fox. Composite piezoelectric sensors. Ferroelectric. 1984, v.60, p.15-21.
7. М.А.Нуриев, М.Г.Шахтахтинский, М.А.Курбанов. «Пьезокомпозиционный микрофон».- Тезисы докл.Всесоюзн.конф.»Актуальные проблемы получения и применения сегнето и пьезо-пироэлектриков и родственных им материалов». М., 1991, стр.16.
8. М.А.Нуриев, А.М.Маггеррамов.»Микрофон на основе пьезокомпозиционных материалов», Физика, том.5, №2, 1999, стр.46-48.
9. Нуриев М.А., М.Г.Шахтахтинский, А.М.Маггеррамов, Н.Ю.Сафаров. Ученые записи АзТУ, 1993, №4, с.54-60.

10. *М.А.Нуриев, А.М.Маггерамов, Ш.Ш.Амиров.* Исследование зарядового состояния полимерных композиционных материалах поляризованных тангенциально. Респуб.науч.конфер.»Физика-93» 8-11 сентябрь, Баку, 1993.

KOMPOZİTLƏRİN MONOLİT BİMORF PYEZOELEMENTLƏRİN YARADILMASI XÜSUSİYYƏTLƏRİ

**KURBANOV M.A., MƏHƏRRƏMOV A.M., NURIYEV M.A.,
ISMAYILOVA R.S., İBRAHİMOV R.B.**

Polimer-pyezokeramika heterogen sistemləri əsasında bimorf monolit, pyezokompozit elementlərin yaradılması imkanları araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, polimer- pyezokeramika sistemlərinin pyezoelektrik anizotropiyası strukturun geterogenliyi və tangensial polyarizasiya nəticəsində nümunələrin qalınlıq boyunca qeyri-bircins polyarlaşmasıdır. Göstərilən effekt sonda yüksək həssaslıqla bimorf monolit kompozit pyezoelementlərin alınması ilə nəticələnmişdir.

FEATURES OF CREATION BIMORPHS OF PIEZOELEMENTS FROM MONOLITHIC POLYMERIC COMPOSITES

**KURBANOV M.A., MAGERRAMOV A.M., NURIEV M.A.,
ISMAILOVA R.S., İBRAQİMOV R.B.**

Opportunities of creation monolithic bimorph piezokompozition an element are considered on the basis of heterogeneous system polymer - piezokeramic. It is shown, that heterogeneity of structure and tangential polarization results to spatially non-uniform polarization. It is established, that increase of sensitivity (on the order) bimorph piezoelements in a mode of reception of a sound is connected to anisotropy of distribution polarization in monolithic structure of a composite