

ПОЛИМЕРНЫЕ ПЬЕЗОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

М.А. БАГИРОВ, А.М. МАГЕРРАМОВ, М.М. КУЛИЕВ

Сектор радиационных исследований АН Азербайджана,

Баку, 370143, пр. Г. Джавида, 31^а

В данной работе на основе анализа современного состояния поиска и разработки новых активных материалов, применяемых в микро- и макроэнергетике, делается вывод о том, что, благодаря своим улучшенным характеристикам, новые пьезокомпозитные материалы системы полимер-пьезокерамика могут быть успешно применены в различных преобразователях.

Проблемы энергетики ставят задачу поиска и разработки новых пьезоактивных композиционных материалов (ПКМ) (электретных: пиро- и пьезоэлектрических) для создания экологически чистых автономных микроэнергетических (для источников э.д.с., электроакустики, медицины, электронной робототехники), а также макроэнергетических преобразователей энергии морских волн в электрическую.

Преобразование механической энергии в электрическую с использованием прямого пьезоэффекта требует создания пьезоактивных материалов с высокой пьезочувствительностью g_{ih} , которые могут быть использованы при разработке пьезогенераторов. Первый гидропьезогенератор (ГПГ) был создан на основе пьезопленок из поливинилиденфторида (ПВДФ) [1] с удельной мощностью в 5 Вт/кг.

В устройствах ГПГ величиной, характеризующей удельную энергию преобразования пьезоматериала, является параметр приема

$$K_{np} = \frac{d_{33}^2}{\epsilon_0 \epsilon_{33}} \quad (1)$$

где d_{33} и ϵ_{33} пьезомодуль и диэлектрическая проницаемость материала, соответственно [2]. Для повышения удельной мощности ГПГ имеется целый ряд факторов, связанных как с улучшением характеристики пьезоматериалов путем создания новых ПКМ, так и с разработкой оригинальных конструкций ГПГ. В [1,3,4] проведена оценка эффективности использования ПКМ в ГПГ и показана экономическая эффективность малых электростанций (~100 кВт). Кроме того, подобные ГПГ на основе ПВДФ или ПКМ являются экологически чистыми, они автономны и имеют большой ресурс работы. В работе [5] пьезопленка ПВДФ использована для получения электроэнергии из морских волн. Плавающая платформа постоянно претерпевает колебания, и растягивающаяся пьезопленка генерирует низкочастотное напряжение. Путем создания системы поплавков, которые соединены тросом с пластиной, подпирающей нижний электрод пьезоэлемента, а верхний электрод упирается в крышку стакана, жестко стоящего на дне океана [4], происходит преобразование механической энергии волн в электрическую. При прохождении волны архимедова сила с учетом трансформации напряжения будет создавать дополнительное сжимающее напряжение величиной $pgHS/s$, где H - амплитуда волнового фронта, S - площадь поплавка,

s - площадь пьезоэлемента. Авторы [6], используя критерий Тейлора [1] об экономичности морских пьезоэлектростанций, обосновывают возможность использования пьезополимеров в макроэнергетике. Однако, по значениям g_{ih} и K_{np} , наполненные полимерные материалы, т.е. ПКМ, являются более эффективными для использования их в качестве пьезопреобразователя в устройствах ГПГ (см. табл.). Датчики на основе ПКМ являются более чувствительными (5 мВ/Па) даже для регистрации артериальных пульсовых волн в частотном диапазоне 5-100 Гц [7], а также в электрических преобразователях [8].

Другой важной задачей энергетики, является экономичность потребления вырабатываемой энергии - светотехника. Для обеспечения работы светильных ламп и повышения к.п.д. используются токопускорегилирующие аппараты (ПРА), в которых могут быть применены высокочувствительные элементы ПКМ в качестве пьезотрансформатора (ПТ) [9]. Согласно работе [10], максимальное значение к.п.д. достигается при условии, что номинальное сопротивление R_H горячей лампы должно быть равно емкостному сопротивлению ПТ

$$X = R_H = \frac{2a}{bl\epsilon(1-k_{31}^2)\omega} \quad (2)$$

где X - емкостное сопротивление ПТ, a , b , l - толщина, ширина и длина ПТ, соответственно, ω - частота колебаний ПТ, ϵ и K_{31} - диэлектрическая проницаемость и коэффициент электромеханической связи пьезоматериала. Из выражения (2) вытекает основное требование к пьезоматериалам. Использование в конструкциях ПТ ПКМ с высокими значениями K_{1j} позволяет повысить к.п.д. люминесцентных ламп до 90 % [9]. При использовании композитов в силовых устройствах необходимы также низкие значения диэлектрических ($tg\delta$) и механических потерь (Q_m), т.к. величина произведений $K_{31}^2 Q_m$ характеризует коэффициент трансформации по напряжению ПТ поперечно-поперечного типа [10], а для ПТ поперечно-продольного типа - соответственно пропорциональна $K_{31}K_{33}Q_m$ и $K_{33}^2 Q_m$ [18,19].

Например, если значение Q_m для ПКР-7 составляет 60, то у пьезокомпозита ПВДФ/ПКР-7 (50:50 об.%) оно на порядок меньше, всего 5, 6. Композиционные пьезоматериалы, имеющие значения $K_{31}^2 Q_m$ являются перспективными материалами для низковольтных ПТ. Кроме того, для ПКМ характерны низкие значения диэлектрической

проницаемости ϵ_k , большая механическая прочность, легкость придания нужной формы, большие возможности для регулировки нужных параметров по сравнению с пьезокерамикой.

Разработанные нами новые способы получения высокоэффективных ПКМ позволили бы улучшить эксплуатационные параметры ГПГ и ПТ. Теоретический анализ показывает, что для получения ПКМ с высокими значе-

ниями g_{ij} и K_{ij} более эффективной структурой являются композиты связности типа «3-0» и «3-1» [11,12].

Путем радиационного модифицирования [13], поэтапной кристаллизации под давлением [14], циклической электротермообработки [15], и т.п. можно получить пьезокомпозиты с высокими значениями g_{ij} и K_{ij} . В таблице приведены некоторые пьезохарактеристики новых ПКМ.

Таблица. Некоторые характеристики новых полимерных пьезокомпозитных материалов (соотношение компонентов 50:50 об.%)

Состав композита	Пьезохарактеристики						Литература
	d_{33} , Пкл/Н	g_{33} , В.м/Н	d_{31} , Пкл/Н	$g_{31} \cdot 10^{-2}$, В м/Н	K_{33}^2	K_{33}^2	
ПВДФ	33,4	0,290	20,6	0,180	0,19	0,15	[5]
Ф2МЭ	25	0,230	20	0,23	0,06	0,06	[16]
ПКР-7м	760	0,172	350	0,079	0,78	0,40	[17]
ПВДФ/ПКР-7м	80	0,92	40	0,32	0,42	0,12	[13]
ПЭ/ПКР-7м	75	0,98	19	0,051	0,240	0,08	[14]
Ф2МЭ/ПКР-3м	100	0,28	20	0,35	0,19	0,11	[18]

Из таблицы видно, что значения g_{33} и g_{31} у ПКМ в 2-10 раз превосходят аналогичные параметры пьезокерамического материала ПКР-7м. Для ПКМ характерна также высокая стабильность параметров. Кроме того, при применении пьезоматериалов в устройствах высокой удельной мощности требуется и большее значение возбуждающего напряжения U_r . Эта величина определяется электрической прочностью пьезоматериала, и по этой характеристике ПКМ превосходят пьезокерамические аналоги.

Таким образом, как путем улучшения свойств ПКМ, так и путем изменения конструкционных особенностей ГПГ и ПТ можно увеличить удельную мощность этих пьезоустановок. Дальнейшее продолжение работы в этой направлении представляет несомненный интерес ввиду высокой экологичности, автономности и высокого ресурса работы пьезоустановок.

[1] G.W. Taylor, J.R. Bums. Seminar of ferroelectrics. 19-14 July 1989, Univ. Colorado, USA, Program and Abstracts 1989, p.75.
 [2] Л.Н.Сыркин. Перспективы применения пьезоэлектрических полимеров и композитов в акустике. В сб. Диэлектрики и полупроводники, Киев, 1984, вып.25, с.21-31.
 [3] А.А. Греков, С.О. Крамаров, А.А. Куприенко. Механика композитных материалов. 1989, №1, с.62-69.
 [4] А.А.Греков, С.О.Крамаров, А.А. Куприенко, И.С. Рез. Труды Всесоюз. конф. "Реальная структура и свойства ацентричных кристаллов" 1990 г., 1, Благовещенск, с.225-229.
 [5] T. Itoh, S. Kunitura, K. Sakaoku. Ferroelectrics, 1985, v.65, №1-2, p.95-106.
 [6] С.И. Герасимов, В.А. Хохлов, Е.З. Новицкий. Тезисы докл. I Всесоюз. конф. "Актуальные проблемы получения и применения сегнето-, пьезо-, пироэлектриков и родственных материалов". М.НИИТЭХИМ, 1991, с.26-27.
 [7] М.А. Рамазанов, З.Г. Панахова. Приборы и техн. эксперимента. 1997, №5, с.132-139.
 [8] Г.А.Луцкейкин. Полимерные пьезоэлектрики. М. Химия, 1990, с.176.
 [9] Р.Х. Хафизов, А.Т. Булгаков, В.Р. Медведь. Материалы семинара "Сегнето-пьезоэлектрики в ускорении

научно-технического прогресса". М. 1987, "Знание, МДНТП, с. 139-143.
 [10] И.А. Кардшов, Н.Б. Марченко. Пьезоэлектрические трансформаторы тока. Киев, Техника, 1978.
 [11] R.E.Newham, Cross et al. Composite piezoelectrics transducers. II Materials in engineering, 1980, v.2. p.93-106.
 [12] Hisao Vanno. II Ferroelectrics, v.50, p.3-12 1983.
 [13] А.М.Магеррамов, М.А.Багиров, А.Ч.Саидов, А.А. Джафаров. Способ получения пьезоэлектрических полимерных композитов А.С.1575859 от 01.03.1990г.
 [14] М.А. Магеррамов, Х.А. Садыхов, А.А. Джафаров, И.М. Алиев, З.Г. Ахмедов. Способ получения композиционных пьезоматериалов пол. реш. По заявке №4930247/25 от 04.01.92г.
 [15] М.Г. Шахтаминской, Б.А. Гусейнов и др. Способ получения пьезоэлементов из полимерных композиционных пьезоматериалов. Полож. реш. по заявке №3797641/31-25 от 10.06.1986г.
 [16] О.Д. Лесных, Д.А. Росторгуев, М.Я. Шерман. Материалы семинара "Сегнето-и пьезоэлектрики в ускорении научно-технического прогресса". М. "Знание", 1987, с.41-43.
 [17] Е.Г. Фесенко, А.Я. Данцигер, О.Н. Разумовская Новые пьезокерамические материалы. Ростов на Дону, 1983, с.156.
 [18] А.М. Мамедов, М.Г. Шахтаминский, М.А. Рамаза-

нов. Композиционные материалы и область их применения. Препринт №254, ИФАН, 1987, Баку, с.60.

[19] Я.С. Богданов, Г.А. Житомирский, Г.М. Злогодух. Высокоэффективные материалы для пьезотрансфор-

маторов. В кн. I Всесоюз. конф. "Актуальные проблемы получения и применения сегнето и пьезоэлектрических материалов", М. НИИТЭХИМ, 1981, с. 45-46.

M.A. Bağırov, A.M. Məhərrəmov, M.M. Quliyev

POLİMER PYEZOKOMPOZİT MATERIALLAR ENERGETİKADA

Məqalədə mikro- və makroenergetikada tətbiq edilən yeni aktiv materialların axtarışı və işlənməsinin müasir səviyyəsinin analizi əsasında belə nəticəyə gəlinir ki, yaxşılaşdırılmış xarakteristikalarına görə polimer- pyezokeramika sisteminə daxil olan yeni pyezokompozit materiallar müxtəlif çeviricilərdə müvəffəqiyyətlə tətbiq oluna bilərlər.

M.A. Bagirov, A.M. Magerramov, M.M. Kuliev

PIEZOPOLYMER COMPOSITES USED IN ENERGETICS

The contemporary state of investigation and development of new active piezomaterials, potentialities of their application in micro-and macroenergetics have been analyzed.

Due to their improved properties the new derived piezocomposites of ceramics and polymers are demonstrated to be applied succesfully in various transducers.

Дата поступления: 11.03.99

Редактор: М.К. Керимов