

МИКРОФОН НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.А. НУРИЕВ, А.М. МАГЕРРАМОВ

Сектор Радиационных Исследований АН Азербайджана,
370143, Баку, просп. Г. Джавида, 31-а

Показана возможность использования пьезокомпозита на основе поливинилиденфторида с наполнителями цирконата-титаната свинца типа ПКР (соотношение компонентов 50:50 об.%) в качестве активного элемента микрофона. В диапазоне частот 0,1-12,5 кГц активный элемент имеет амплитудно-частотную характеристику с неравномерностью 12 - 14 дБ. Установлено, что микрофон на основе тангенциально-поляризованных полимерных композитов отличается простотой конструкции, более равномерной частотной характеристикой и в области звуковых частот имеет чувствительность 2-10 мВ/Па.

Современное развитие электроакустики, пьезотехники требует создания новых активных материалов. В последние годы разрабатываются технологии получения активных элементов на основе композитов полимер - пьезо-электрический наполнитель [1-6]. Однако, пока еще мало работ по исследованию возможностей применения этих материалов [3-7]. В работе [6] показана возможность применения композита на основе ЦТС со связностью 1 - 3 в ультразвуковых преобразователях, а авторы [7] исследовали характеристики пьезокомпозитных материалов разной структуры для использования их в сенсорах.

Настоящая работа посвящена изучению возможностей применения новых полимерных композиционных материалов в качестве активного элемента микрофона. Эти материалы имеют ряд преимуществ как по сравнению с керамическими, так и с полимерными пьезоэлектриками. Они не хрупки, механически прочны, легко приобретают нужную форму и поддаются механической и термической обработке, а по ряду электрофизических параметров не уступают этим материалам. Преобразователи на их основе характеризуются простотой конструкции.

Физическую основу получения высокоэффективных приемников акустических сигналов составляет возможность достижения высокого значения параметров: $K_{пр.}$ - коэффициента электромеханической связи, который определяется в виде: $K_{пр.} = \frac{d_{ik}^2}{\epsilon \epsilon_0}$ и $g_{ik} = \frac{d_{ik}}{\epsilon \epsilon_0}$ - пьезочувствительности, где d_{ik} - пьезомодуль, ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость композита, ϵ_0 - электрическая постоянная. Если учесть, что $K_{пр.}$ характеризует долю преобразованной энергии, а g_{ik} чувствительность к внешним механическим воздействиям, то при содержании наполнителя в композите порядка 50-60 об.%, за счет снижения ϵ композита, указанные величины могут иметь большие значения, намного превышающие g_{ik} и $K_{пр.}$ керамики и полимера в отдельности.

Для создания новых или улучшения технических характеристик существующих электроакустических приемников на основе пьезоматериалов, в частности микрофонов, по-видимому, нужно либо усовершенствовать активную часть микрофона, т.е. лучше согласовать пьезо- и упругие характеристики активного элемента с его измерительной частью, либо конструкционную (пассивную) часть микрофона. Нами были исследованы возможности использования в качестве активного элемента композиционных материалов на основе полимер - пьезоэлектри-

ческий наполнитель в конструкциях микрофонов. Активные элементы для микрофонов толщиной 200-250 мкм, в которых наполнитель составлял 60% от всего объема, были получены горячим прессованием с последующей закалкой.

Установлено, что некоторые композиты на основе поливинилиденфторида (ПВДФ), наполненные керамиками цирконата-титаната свинца типа ПКР, обладают наилучшими характеристиками для приема акустических сигналов. Например, при соотношении компонентов композита ПВДФ+ПКР 50:50 об.% значение d_{33} и g_{33} при статическом режиме составляет 90-150 пКл/Н и 0,1±0,2 Вм/Кл соответственно.

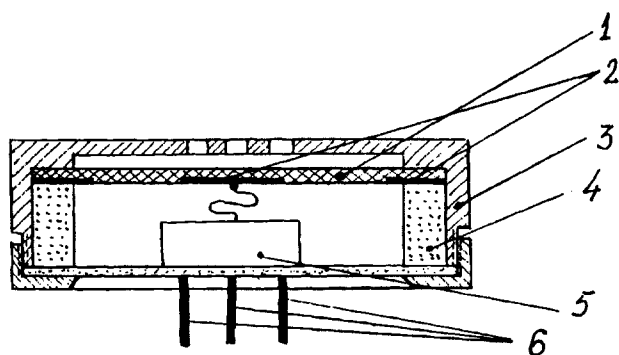


Рис.1. Схема конструкции микрофона на основе полимерного пьезокомпозита: 1 - активный элемент микрофона из композита, 2 - электроды, 3 - металлический корпус, 4 - диэлектрическая шайба (втулка), 5 - крышка с согласующим устройством, 6 - выводы.

Электроды из алюминия были впрессованы в процессе изготовления образцов, и расположены на одной поверхности активного элемента: один круглый - в центре, а другой в виде кольца - по краю. Размеры элементов и расстояние между электродами изменялись в зависимости от размера микрофонов, при этом расстояние между электродами составляло 4 мм (кроме микрофонов с диаметрами 10 мм). Поляризацию этих элементов производили при температуре 120°C и напряжении 4 кВ. Если поляризующее поле направлено параллельно поверхности элемента, то пьезоэлементы, полученные при таком расположении электродов, будем именовать тангенциально поляризованными [8].

Предлагаемым вариантом были испытаны две конструкции микрофона, в которых композиционный материал имел плоскую или сферически - сегментальную форму

с высотой сегмента 1-2 мм. На рисунке 1 дан эскиз конструкции одного из этих вариантов с плоским активным элементом: 1 - активный элемент микрофона, 2 - электроды, 3 - корпус металлический, 4 - диэлектрическая шайба (втулка), 5 - крышка с согласующим устройством,

6 - выводы. Эту конструкцию отличает простота, для нее не требуется отдельная диафрагма, так как сам активный элемент играет её роль. Акустическое давление передается через концентрично расположенные отверстия диаметром 2 мм.

Таблица 1.

Изменение характеристик микрофона на основе пьезокомпозиита в зависимости от диаметра активного элемента

Диаметр элемента, мм	7,0	12	16	20	24	28	32
Диаметр микрофона, мм	10	20	26	30	34	38	42
Чувствительность γ , при 100 Гц, мВ/Па	0,17	1,8	3,0	3,6	6,4	9,6	12,8
Чувствительность γ , при 1000 Гц, мВ/Па	0,21	2,0	4,2	7,4	24,0	70,0	50,0
Чувствительность γ , при $f_{рез.}$ резонансе	1,1	42	57	68	180	310	230
Резонанс частоты, кГц	7,0	2,5	2,1	1,46	1,20	1,08	0,94
Неравномерность АЧХ, дБ	16,0	24,4	24,0	24,6	29,4	29,4	26,0
Диапазон, кГц	0,1-12,5	0,1-9,8	0,1-8,0	0,1-6,3	0,1-4,8	0,1-1,0	0,1-3,5

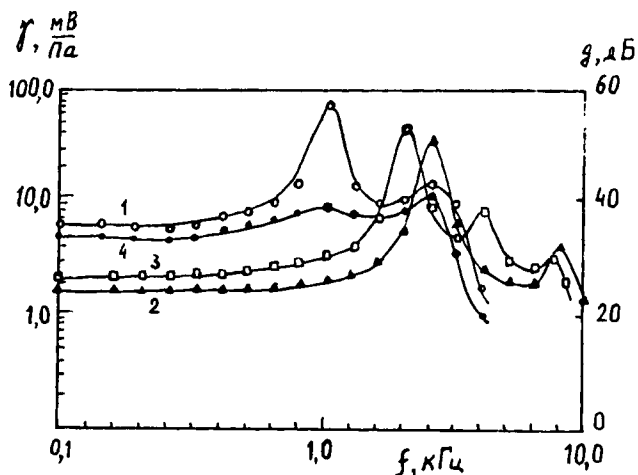


Рис. 2. Частотные зависимости для микрофона с разными диаметрами: 1 - 40 мм, 2-20 мм. 3-40 мм со сферически - сегментальным элементом. 4-40 мм с увеличенным акустическим сопротивлением.

Измерение произведено на акустическом стенде по ГОСТ-у 16123-84. В таблице 1 приведены данные по изменению чувствительности γ резонансной частоты $\gamma_{рез.}$ динамического диапазона и неравномерности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) микрофонов в зависимости от диаметра активного элемента и микрофона. При измерении чувствительности биморфных элементов к приему звука использовали возбуждающий сигнал с генератора ГЗ - 109 с выходным напряжением 150 В.

Как видно из таблицы, с уменьшением диаметра элемента чувствительность микрофонов γ уменьшается, ди-

намический диапазон увеличивается, а резонансная частота смещается в сторону более высоких частот.

Характерные частотные зависимости для микрофонов с размером диаметра 40 мм (кривая 1), 20 мм (кривая 2), 40 мм со сферическим сегментальным элементом (кривая 3) показаны на рис. 2. Как видно из рис. 2 микрофоны имеют большую неравномерность АЧХ, которая не допустима при эксплуатации. Поэтому дальнейшая работа была направлена на улучшение АЧХ.

Представляет интерес сопоставление данных по чувствительности γ с аналогичными параметрами микрофонов на основе керамического активного элемента в виде сферического сегмента [9], где значения γ не превышали 0,2 мВ/Па. В случае конструкции с плоской керамикой, поляризованной по толщине, значения γ не превышали 0,4 мВ/Па. Более равномерной частотной характеристикой обладают тангенциально - поляризованные пьезоэлементы (табл. 1). Как следует из этих сопоставлений, использование композиционных материалов открывает возможность использования их в качестве активного элемента в электроакустических приемниках.

Как видно из рис. 2, улучшения АЧХ можно достичь, если сигнал подавать в резонансе. Для этого увеличивают акустическое сопротивление в отверстиях [10] путем склеивания этих отверстий шелковыми материалами разной толщины и разной плотности. Результаты испытаний для микрофонов диаметром 20 мм приведены в табл. 2.

Следует отметить, что определение акустического сопротивления затруднено в связи с отсутствием гостированных данных использованных материалов. В связи с этим в таблице 2, приведены относительные значения

Таблица 2.

Изменение характеристик микрофона в зависимости от относительного акустического сопротивления R.

Относительное акустическое сопротивление	R_1 , отв.	R_2	R_3	R_4
Чувствительность γ , при 1000 Гц, мВ/Па	2,5	2,3	2,0	1,8
Чувствительность γ , при $f_{рез.}$ резонансе	60,0	30,0	20,0	12,0
Неравномерность АЧХ, дБ	26,6	22,2	21,4	16,0
Диапазон, кГц	0,2-10,0	0,2-9,0	0,2-5,8	0,2-5,0

акустического сопротивления R . Для открытых отверстий R_1 и дальше с увеличением густоты ниток и толщины ткани соответственное значение сопротивления подбиралось следующим образом $R_4 > R_3 > R_2 > R_1$. Как видно из таблицы 2, с увеличением R неравномерность АЧХ уменьшается, одновременно динамический диапазон сужается и происходит несущественное уменьшение γ . Приемлемые характеристики микрофона получаются при заклеивании отверстий толстым и густым (R_4) шелком. В

случае микрофона диаметром 40 мм, полученные результаты более обнадеживающие, так как здесь неравномерность АЧХ в диапазоне от 100 до 3000 Гц составляет приблизительно 12 - 14 дБ (кривая 4, рис 2).

Таким образом, приведенные данные открывают большие возможности применения пьезоэлектрических полимерных композитов в различных областях пьезотехники, электроакустики и приборостроения.

- [1] P. Seth, M.T. Grossey. ECAPD 1-and JSAF-88, 1-st Eur. Conf. Appl. Polar Dielec. and Int. Sump. Appl. Ferroelec. Zurich Aug.29-Sept. 1, 1988.
- [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] Seiiti Sharai, Takeshi Yamada, Iuro Ohga. J. Acoust. Soc. Japn. (E)4, 1988, №2.
- [4] М.А. Рамазанов. "Пьезокомпозитный датчик тонов Короткого" - тезисы докл. Всесоюз. конф. "Актуальные проблемы получения и применения сегнето- и пьезо- пирозлектриков и родственных им материалов", М. 1991, стр. 16.
- [5] М.А. Нуриев, М.Г. Шахтахтинский, М.А. Курбанов "Пьезокомпозиционный микрофон" - тезисы докл.

- Всесоюз. конф. "Актуальные проблемы получения и применения сегнето- и пьезо- пирозлектриков и родственных им материалов" М. 1991, стр. 16.
- [6] W.A. Smith, A.A. Saulov and B.M. Singer Propert. of composite piezoelec. materials for ultrasonic transducers. JEEE Ultrasonics Symp. Proc. Dallas Tex. Nov. 14-16, 1986, v. 1. IV. J.,1984, p. 539-544.
- [7] R.E. Newnham, A. Safari, Ginewicz, B.H. Fox Composite piezoelec. Sensors. Ferroelec. 1984, v.60, p.15.
- [8] М.А. Нуриев, М.Г. Шахтахтинский, А.М. Магеррамов, Н.Ю. Сафаров "Ученые записки АзГУ, 1993, № 4, стр. 54-60.
- [9] Авторск.свид. СССР №614555,Кл.Н04 Р 17/02 1978.
- [10] Я.Ш. Вахитов. "Теоретические основы электроакустических преобразователей", М., 1970.

М.А. Nuriyev, А.М. Məhərrəmov

POLİMER KOMPOZİTLƏR ƏSASINDA MİKROFON

Polivinilidenftorid və PKR tipli pyezokeramika hissəcikləri qarışığı (komponentlərin miqdarı həcm üzrə 50:50%) əsasında alınmış pyezokompozitin aktiv element kimi istifadə imkanları göstərilmişdir. 0,1-12,5 kHz tezlik intervalında kompozitdən hazırlanmış aktiv element 12-14 dB qeyri hamarlıqlı amplituda-tezlik xarakteristikasına malikdir. Müəyyən olunmuşdur ki, tangensial polyarlaşmış kompozit nümunələrinə əsaslanan mikrofonun quruluşu sadədir və o səs tezlikləri intervalında 2-10 mV/Pa həssaslıqlı tezlik xarakteristikasına malikdir.

М.А. Nuriyev, А.М. Magerramov

MICROPHONE ON THE BASE OF POLYMER COMPOSITES

It has been shown that a mixture made from PVDF and PZT (50:50%) gives the possibility of using them as an active element for microphones. The active element in the frequency range 0,1-12,5 kHz has the amplitude-frequency characteristics with the non-uniformity of 12-14 dB. It has been established that the microphone on the base of tangentially polarised polymer composites is distinguished by its simplicity of the construction. It has more uniform frequency characteristics with a sensibility of 2-10 mV/Pa in the region of sonic frequencies.