

УДК 537.228

ОБРАТНЫЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ
В ПЬЕЗОПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХХ. Б. ПАЧАДЖЯН, А. К. ЯГУБЯН, А. П. КОДЖАБАШЯН,
Д. А. ДУМАНЯН

Вычислительный центр АН АрмССР

(Поступила в редакцию 2 июня 1982 г.)

Исследован обратный пьезоэлектрический эффект на биморфных пластинах поливинилиденфторида. Выявлено наличие изгибных отклонений при подаче напряжения также у одиночных пьезопленок. Дано объяснение механизма этого явления.

В настоящее время поливинилиденфторид (ПВДФ) известен как один из наилучших пьезополимеров. Благодаря своим высоким механическим и пьезоэлектрическим свойствам пьезополимерные преобразователи из ПВДФ нашли уже применение в ряде устройств: в микрофонах, громкоговорителях, наушниках [1] и других специальных устройствах.

В последние годы появились работы, в которых описаны свойства тонких пьезополимерных пленок в биморфном исполнении [2, 3]. Биморфные пластины изготавливаются из двух пленок, приклеенных друг к другу и электрически соединенных таким образом, чтобы при подаче напряжения одна пленка удлинялась, а другая укорачивалась. В этом случае биморфная пластина изгибается. При этом, как показали исследования, перемещение конца биморфной пластины достигает 10 мм при напряжениях 100—150 В и толщине пленок 10 мкм [2, 3].

В работе [2] описана конструкция буквенно-цифрового дисплея из биморфных пленок ПВДФ. Имеется сообщение об изготовлении веера из биморфной пластины [3].

В нашей лаборатории были изготовлены биморфные пластины из анизотропной пьезополимерной пленки ПВДФ. Пленки были вырезаны вдоль оси вытяжки, имели длину 40 мм и толщину $\cong 70$ мкм. С обеих сторон пьезопленки были покрыты тонким слоем алюминия, нанесенным вакуумным испарением.

Зависимость отклонения конца биморфной пластины (Δy) от приложенного напряжения приведена в [1]:

$$\Delta y = R \operatorname{tg} \frac{l}{2R} \sin \frac{l}{R} = 2R \sin^2 \frac{l}{R}, \quad (1)$$

$$R = \frac{2}{3} \frac{t^2}{Vd_{31}}$$

Здесь R — радиус отклонения, t — толщина каждой пленки, l — длина пленки, V — приложенное напряжение, d_{31} — пьезомодуль пленки. Все приведенные величины измеряются в единицах системы CGSE.

Опыты показали, что для биморфных пластин, закрепленных с одного конца (второй конец свободен — консольное крепление), измеренные смещения Δy достаточно хорошо совпадают с рассчитанными по формуле (1). Например, для пластины с $t = 70$ мкм, $d_{31} = 23,2 \cdot 10^{-8}$ CGSE согласно (1) имеем $\Delta y_{рас} \approx 380$ мкм, а $\Delta y_{изм} = 400$ мкм.

Надо отметить, что в работах [1—3] всегда применялись биморфные пластины, так как считалось, что одиночные пленки не могут давать изгибные отклонения при подаче напряжения вдоль оси «3» (направление поляризации). Однако проведенные нами эксперименты показали наличие изгибных отклонений также и у одиночных пьезопленок.

Нами обнаружено, что при определенных режимах поляризации пьезополимерные образцы обладают некоторой неравномерностью в распределении объемного заряда: сторона, обращенная к положительному электроду, обладает большей величиной заряда, чем обратная сторона. Конечно, эти заряды скомпенсированы, и пленка в целом электрически нейтральна. Надо отметить, что полярность электрода и стороны образца, обращенной к нему, совпадают, т. е. созданы условия для получения гомозаряда. Эта неравномерность нами экспериментально обнаружена двумя разными опытами.

1) При облучении положительно заряженной поверхности пленки коротким импульсом света она выдает импульс напряжения, по величине в несколько раз больший, чем при облучении отрицательной стороны.

2) При поляризации многослойных образцов (3—8 слоев) значение пьезомодуля d_{31} слоев по направлению к отрицательному электроду понижается.

Распределение пьезомодулей d_{31} по слоям приведено в табл. 1.

Таблица 1

№ слоя	1	2	3	4	5	6	7	8
$d_{31} \cdot 10^8$ CGSE	4,0	1,0	0,2					
	2,0	1,0	0,6	0,55	0,55			
	0,8	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4

Данные получены для трех групп пленок, поляризованных в стопках по 3, 5 и 8 пленок. Толщина каждой пленки составляла 0,15 мм. Имея в виду высокую стабильность образцов во времени, надо предположить, что эти объемные заряды находятся в глубоких ловушках.

Вышеописанные два опыта доказывают существование приповерхностного инжектированного объемного заряда у положительного электрода. При этом $\sigma_+/\sigma_- \approx 3+5$ (σ_+ и σ_- — плотности положительных и отрицательных зарядов). Глубина залегания инжектированных зарядов — порядка одного микрометра [4].

Неравномерное распределение зарядов, по-видимому, приводит к то-

му, что взаимодействие приложенного поля с зарядами будет неодинаковым: в области, где плотность зарядов выше, сильнее и взаимодействие, а следовательно и деформация (удлинение или укорачивание — в зависимости от знака приложенного напряжения).

Результаты испытаний нескольких образцов пьезопленок, обладающих разными пьезомодулями и толщинами, приведены в табл. 2. Там же приведены также данные для двух биморфных пластин.

Таблица 2

V (В)	$d_{31} = 29,2 \cdot 10^{-8}$ CGSE, $t = 65$ мкм	$d_{31} = 27,3 \cdot 10^{-8}$ CGSE, $t = 65$ мкм	$d_{31} = 24,1 \cdot 10^{-8}$ CGSE, $t = 70$ мкм	Биморф. пласт., $d_{31} = 23,2 \cdot 10^{-8}$ CGSE, $t = 70$ мкм	Биморф. пласт., $d_{31} = 21,0 \cdot 10^{-8}$ CGSE, $t = 90$ мкм
	Δy (мкм)*				
200	850	600	500	400	200
400	1650	1200	1000	800	400
600	2350	1750	1350	1250	600
800	3150	2900	1900	1650	800
1000	3850	3550	2600	2050	1050

* Цена деления измерительного микроскопа составляла 50 мкм.

Приведенные в таблице результаты показывают, что на одиночных пьезопленках можно получить значительные отклонения. Исходя из этого уже сейчас можно говорить о расширении области практического применения биморфных и одиночных пьезопленок. Представляет интерес изготовление деформируемых напряжением зеркал, прерывателей света, устройств, сканирующих свет и т. д.

В заключение надо отметить, что приведенные данные не полностью объясняют механизм описанного явления. Для его окончательного выяснения необходимы дальнейшие исследования электропроводности полимера с учетом электропереноса. Кроме того наряду с ПВДФ необходимо исследовать и другие полимеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tamura M. et al. J. Audio Eng. Soc., 23, 21 (1975).
2. Toda M., Osaka S., Tosima S. Ferroelectrics, 23, 115 (1980).
3. Toda M. Ferroelectrics, 22, 911 (1979).
4. Луцкейкин Г. А. Тезисы докладов I Всесоюзной конференции «Актуальные проблемы получения и применения сегнето- и пьезоэлектрических материалов», М., 1981.

ՀԱԿԱԴԱՐՁ ՊՅԵԶՈՒԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԷՖԵԿՏԸ ՊՅԵԶՈՊՈՂԻՄԵՐԱՅԻՆ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐՈՒՄ

Խ. Բ. ՓԱԶԱՋՅԱՆ, Հ. Կ. ՅԱՂՈՒԹՅԱՆ, Հ. Պ. ՂՈՋԱԲԱՇՅԱՆ, Դ. Ա. ԴՈՒՄԱՆՅԱՆ

Նետադրուված է հակադարձ պլիզոպլեկտրական էֆեկտը պոլիվինիլիդենֆտորիդի բիմորֆ թիթղզերի վրա: Լարման ազդեցության տակ ձկումային շեղումների առկայությունը հայտնաբերված է նաև միանակ պլիզոպլեկտրային թաղանթներում: Տրված է երևույթի մեխանիզմի բացատրությունը:

INVERSE PIEZOELECTRICITY ON PIEZOPOLYMER FILMS

Kh. B. PACHADZHIAN, A. K. YAGUBIAN,
A. P. KHODZHABASHYAN, D. A. DUMANYAN

The inverse piezoelectricity on bimorph polyvinylidene fluoride plates has been investigated. The presence of significant bending deviations under voltage was detected on single piezopolymer films. An explanation of the mechanism of this effect is given.