УДК 621.319.1

Изготовление прототипа датчика давления на ПВДФ-пленке

Кан Николай Вячеславович(*) kannv@student.bmstu.ru
Макарова Камила Турекхановна makarovakt@student.bmstu.ru
Моисеев Константин Михайлович k.moiseev@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. *В данной статье описана работа, проведенная над разработкой датчиков давления на основе поливилиденфторидной пленки. Датчики были поляризованы методом поляризации в плазме тлеющего разряда. Так же были нанесены электроды методом магнетронного распыления. Тестирование было проведено по методу «падающего шарика», где при помощи осциллографа были получены такие параметры как время удара и скачок напряжения на электродах. Далее исходя из полученных данных и ранее измеренных пьезомодулей образцов были рассчитаны силы взаимодействия, которые были приложены в процессе тестирования. Результаты были сравнены с теоретическими, относительная погрешность принадлежит диапазону от* 3% *до* 10%, *что подтверждает работоспособность датчиков. Планируется продолжение работы в данной сфере.*

***Ключевые слова*:** *ПВДФ, пьезоэлектрический эффект, гибкий датчик, датчик давления, поляризация, магнетронное распыление*

Development of PVDF film pressure sensor prototypes

Kan Nikolay Vyacheslavovich(*) kannv@student.bmstu.ru
Makarova Kamila Turekkanovna makarovakt@student.bmstu.ru
Moiseev Konstantin Mikhailovich k.moiseev@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Absrtact. This article describes the process of designing pressure sensors based on polyvinylidene fluoride film. The sensors were polarized using the glow discharge plasma polarization method and the electrodes were applied using the magnetron sputtering method. Testing was carried out using the "Falling Ball" method, where such parameters as impact time and voltage surge on electrodes were obtained using an oscilloscope. Then, based on the data and measured piezoelectric moduli we calculated experiment forces. The results were compared with theoretical values and the relative error took values between 3% and 10%, which confirms that the sensors are responsive and capable of measuring with relative accuracy. It is planned to continue research in this area.

Keywords: PVDF, piezoelectric effect, flexible sensor, pressure sensor, polarization, magnetron sputtering

Введение. Датчики давления являются ключевыми компонентами производстве различных сенсоров. Они позволяют измерять такие параметры как силу, уровень жидкостей в резервуарах и давление [1]. Так же данные датчики используются в контроле проводимых процессов и работоспособности систем [2]. Основным преимуществом пленочных датчиков давления на основе поливинилиденфторида (ПВДФ) является их прочность, гибкость и высокое отношение рабочей площади к объему [3]. Данные характеристики позволяют использование датчиков давления в устройствах, работающих в агрессивных средах, а также в медицинских целях, например при создании браслета способного измерять давление крови носителям [3].

Целью работы является изготовление прототипа датчика давления на основе ПВДФ пленки.

Материалы и методы. Для создания датчика использована ПВДФ пленка (Poly-K, USA) толщиной 28 мкм. Пленка была поляризована на лабораторной установке МРС методом поляризации в тлеющем разряде при режимах, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Режимы поляризации датчиков

Расстояние, мм	Размер, мм^2	Давление p, Па	Напряжение U, кВ	Время t, мин
20	10^4	1,5	12	3

После поляризации пьезоэлектрический коэффициент d_{33}, связывающий механическое напряжение, действующее на датчик, и генерируемый им электрический сигнал, измерен квазистатическим методом на приборе d_{33}-метре и равен 24 пКл/Н.

Для снятия сигнала от воздействия нагрузки на поверхность поляризованной ПВДФ пленкинанесены медные электроды методом магнетронного распыления. Толщина электродов 300 нм. В табл. 2 представлены режимы процесса.

Таблица 2

Режимы магнетронного распыления

Процесс	Мощность, Вт	Время, мин	Давление p, Торр	Концентрация Ar, %
Тренировка	125	10	$3 \cdot 10^{-3}$	20
Нанесение	125	10	$2 \cdot 10^{-3}$	15

Для вывода сигнала на измерительный прибор к пленке прикреплены обжимные клеммы.

Результаты. Тестирование датчика проведено на лабораторном стенде методом «падающего шарика» при помощи осциллографа и приложения

Device Manager [4]. Метод заключается в фиксировании времени удара шарика, брошенного с определенной высоты, и значения скачка в напряжении на электродах (рис. 1).

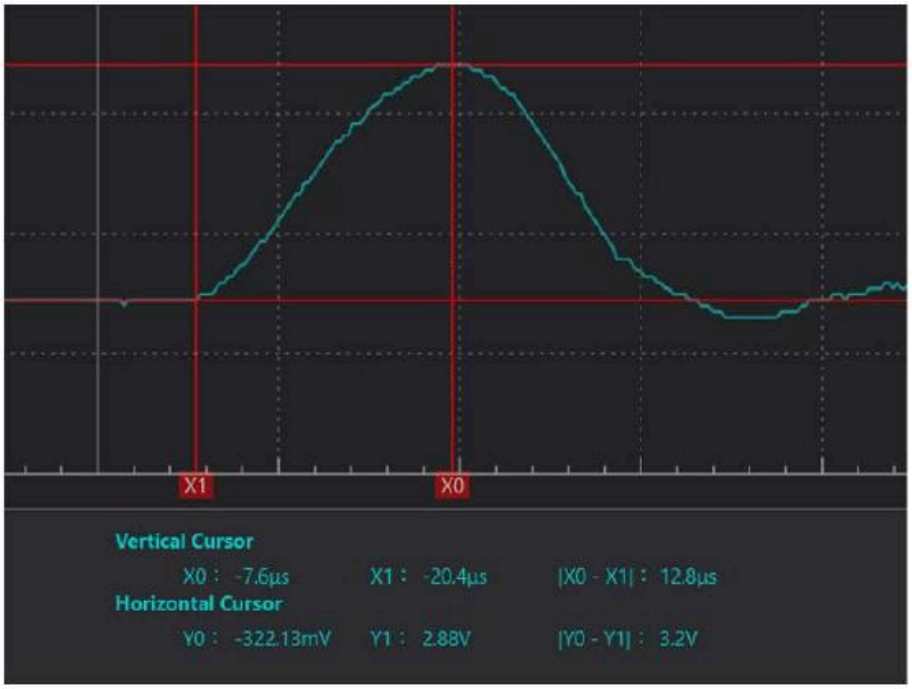


Рис. 1. Пример осциллограммы

По результатам измерений вычислена экспериментальная сила удара, действующая на датчик, используя формулу

$$F_{\text{расч}} = \frac{q}{d_{33}^{\text{изм}}}, \quad (1)$$

где q — заряд, полученный в результате деформации; $d_{33}^{\text{изм}}$ — пьезомодуль измеренный на d_{33} — метре.

Тажке для сравнения рассчитана теоретическая сила удара шарика по формуле

$$F_{\text{изм}} = \frac{m\sqrt{2gh}}{t}, \quad (2)$$

где m — масса шарика; g — ускорение свободного падения; h — высота, с которой был сброшен шарик; t — время удара.

Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты измерения образцов

Образец	q, пКл	d_{33}, пКл/Н	$F_{расч}$, Н	$F_{изм}$, Н	δ, %
1	2998,8	22,82	131,41	135,6	3,09
2	2900	24,52	117,79	130,2	9,53

Обсуждение результатов. Относительная погрешность измеренных и рассчитанных сил, приложенных к датчику, составляет 3 % для первного датчика и 9,5 % для второго, что является приемлемым значением для дальнейшей доработки прототипа. Вклад в общую погрешность датчика могли внести погрешность метода тестирования, несовершенства электрического контакта, электрические потери на проводах и многое другое.

Заключение. В ходе работы был разработан прототип датчика давления на основе ПВДФ пленки. Образцы были изготовлены и тестированы на лабораторных установках. Относительная погрешность полученных результатов от истинных лежит в диапазоне от 3% до 10%, что показывает возможность использования данного прототипа для дальнейшей разработки.

В будущем планируется продолжение работ по отработки технологических процессов изготовления датчиков на основе ПВДФ пленки, а также исследованиях их выходных параметров.

Список источников

[1] Быстров В.С., Парамонова Е.В., Дехтяр Ю.Д. и др. Компьютерное моделирование свойств ПВДФ и П(ВДФ-ТрФЭ) нанопленок при фазовом переходе и эмиссионная спектроскопия их поляризации. *Матем. биология и биоинформ.*, 2011, т. 6, вып. 2, с. 273–297.

[2] McKinney J.E. Plasma poling of poly(vinyvidene fluoride): Piezo- and pyroelectric response. Saint Louis, National Bureau of Standards, 2001, pp. 1676–1681.

[3] Басов Б.А., Моисеев К.М. Разработка системы электродов для поляризации ПВДФ пленок в малогабаритной плазменной установке. *Вакуумная техника и технология. Одиннадцатая Рос. студенческая науч.-техн. конф.: сб. тр.* Казань, КНИТУ, 2023, с. 154–155.

[4] Еманов Д.П., Моисеев К.М., Осипков А.С. Измерение пьезомодуля d33 ПВДФ пленок методом «падающего шарика». *Вакуумная техника, материалы и технология.* XVIII *Междунар. науч.-техн. конф.: сб. тр.* Москва, Экспоцентр, 2024.