

УДК 681.2.08

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ И ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ

Ахремчук Д.А.¹, Зданович С.В.¹, Жуковский П.В.², Пантелеев К.В.¹, Кравцевич А.В.³

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Люблинский технический университет, Люблин, Польша

³Гродненский филиал «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения»

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси», Гродно, Республика Беларусь

Введение. Во многих случаях функциональные свойства композитных материалов обеспечиваются за счет особых характеристик их поверхности. В этой связи особое внимание уделяется новым методам анализа поверхности, среди которых наибольший интерес представляют электрофизические методы на основе зонда Кельвина [1]. Эти методы чувствительны к малым отклонениям электрофизических свойств поверхности материалов, обладают высоким пространственным разрешением и являются полностью бесконтактными.

В результате проведенных ранее исследований [2] предложена методика и проведены измерения пространственного распределения электрофизических свойств поверхности многокомпонентных композитов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) марки 12203-250, содержащих в качестве наполнителя углеродный наноматериал (УНМ), наноразмерный диоксид кремния (SiO_2), а также матричный ПЭВД при дополнительном воздействии на поверхность оптическим излучением. Для ряда композитов был получен отклик электростатического потенциала (до 60 мВ) на внешнее оптическое воздействие, что позволило получить информацию о значении поверхностной фотоЭДС.

Целью данной работы является проведение экспериментальных исследований и оценка влияния на формирование электростатического потенциала и поверхностной фото-ЭДС порошковых смесей проводящих и диэлектрических частиц, используемых ранее в качестве комбинированных наполнителей для композитов.

Приборы и материалы. Измерения проводили на сканирующей установке, оснащенной датчиком измерения электростатического потенциала (аналоговый зонд Кельвина [3]) и источником оптического излучения на базе белого светодиода. Основные технические характеристики установки приведены в таблице 1.

В качестве экспериментальных образцов использованы порошковые смеси УНМ и SiO_2 марки Т80 с различным соотношением масс, и комбинированные смеси проводящих и диэлектрических частиц после ультразвукового диспергирования (УЗД), таблица 2. Образцы изготовлены в НИЦПР ИТМО НАН Беларуси (Гродно).

Таблица 1 – Технические характеристики сканирующей установки на основе зонда Кельвина

Наименование параметра	Показатель
Датчик определения потенциала	Динамический конденсатор по методу Кельвина–Зисмана
Диаметр датчика определения потенциала, мм	1
Погрешность определения потенциала, мВ	± 2
Система позиционирования	3-х координатная на базе шаговых двигателей
Точность позиционирования, мкм	± 5
Пространственное разрешающая способность, мм	10
Область сканирования, мм	180 x 180
Источник оптического излучения	На базе светоизлучающего диода
Диапазон длин волн оптического излучения, нм	400–900
Диапазон измерения поверхностной фотоЭДС, мВ	± 2
Погрешность определения фотоЭДС, мВ	± 2

Таблица 2 – Условные обозначения и характеристика порошковых смесей

УО	Наименование	Соотношение
a1	ПЭВД 122 + УНМ	94 / 6 % мас.
a2	ПЭВД 122 + SiO_2	97 / 3 % мас.
b1	Углеродный наноматериал (УНМ)	100 % мас.
b2	Диоксид кремния (SiO_2)	100 % мас.
b3	УНМ + SiO_2	1 / 2
b4	УНМ + SiO_2	1 / 1
b5	УНМ + SiO_2	2 / 1
b6	УНМ + SiO_2 , ультразвуковое диспергирование (УЗД)	1 / 2
b7	УНМ + SiO_2 (УЗД)	1 / 1
b8	УНМ + SiO_2 (УЗД)	2 / 1

Результаты. Характерные результаты исследования параметров распределения электростатического потенциала приведены на рисунке 1, a–в для образцов a1, a2, b5, b8, соответственно. В таблице 3 приведены результаты статистической обработки исследуемых образцов.

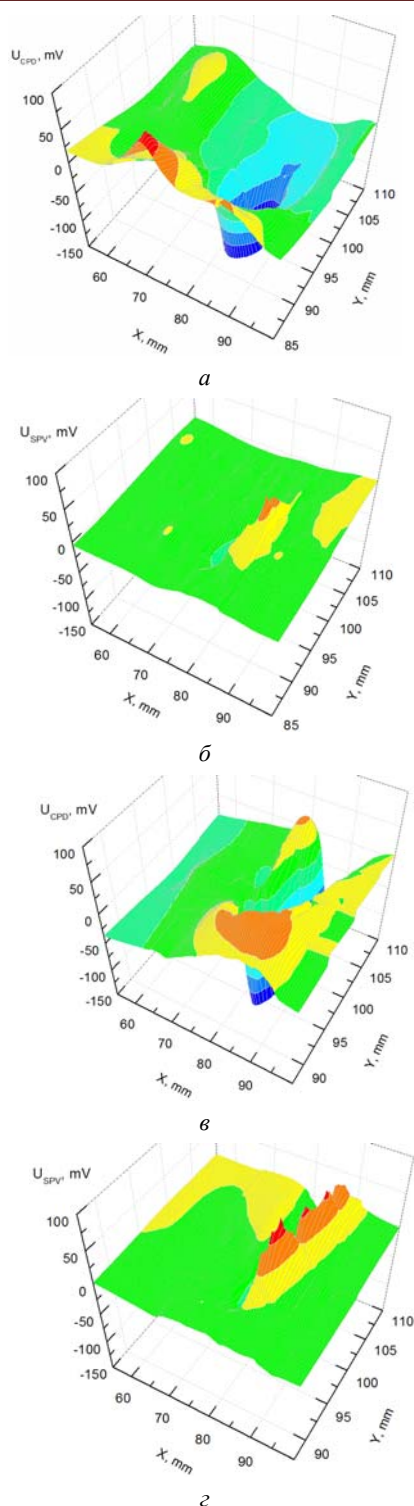


Рисунок 1 – Карты распределения электростатического потенциала (а, в) и поверхностной фотоЭДС (б, з) образцов *a1* (а, б) и *a2* (в, з)

Из оценки параметров распределения электростатического потенциала, и поверхностной фотоЭДС композиционных материалов *a1* и *a2*, следует, что характер распределения потенциала (рис. 1, а и в) и поверхностной фотоЭДС (рис. 1, б и з) близок к характеру распределения матрич-

ных материалов ПЭВД и вторичного ПЭВД [2]. В общем случае, распределение однородно. Относительные значения потенциала составляют $(-10 \pm 2 \text{ мВ})$ и $(-30 \pm 2 \text{ мВ})$ для образцов *a1* и *a2*, соответственно, при этом в центральной части образцов, прилегающей к вакуумному прижиму, наблюдаются пиковые значения (-250 мВ) . Относительные значения потенциала порошков УНМ и SiO_2 (образцы *b1* и *b2*) составили (-10 мВ) и (-8 мВ) , соответственно (табл. 3). В случае смесей (образцы *b3–b5*) относительные значения потенциала возрастают, также существенен вклад УЗД (образцы *b6–b8*).

Таблица 3 – Статистическая оценка результатов измерения

УО	Математическое ожидание		Полуширина гистограммы распределения	
	$U_{CPD}, \text{ мВ}$	$U_{SPV}, \text{ мВ}$	$U_{CPD}, \text{ мВ}$	$U_{SPV}, \text{ мВ}$
<i>a1</i>	-10	-2	10	4
<i>a2</i>	-30	0	6	2
<i>b1</i>	-10	1	6	10
<i>b2</i>	-8	-4	10	10
<i>b3</i>	-25	-4	8	10
<i>b4</i>	-98	-3	8	8
<i>b5</i>	-48	-2	8	10
<i>b6</i>	-124	-2	4	2
<i>b7</i>	-106	-3	6	4
<i>b8</i>	-56	-3	6	4

Для исследуемых композиционных материалов и порошковых смесей изменение электростатического потенциала от воздействия оптического излучением не значительное и сопоставимо с погрешностью средств измерений. Однако для многокомпонентных композитов (ПЭВД+УНМ+ SiO_2) эффект фотоЭДС был характерен [2].

Литература

1. Жарин А.Л., Пантелеев К.В., Тявловский А.К. Методы зондовой электрометрии для разработки и исследования свойств перспективных материалов / Перспективные материалы и технологии: монография: в 2 т.; Витебский гос. тех. ун-т; ред. В.В. Клубович. – Витебск, 2015. – Т. 1. – 398 с.
2. Пантелеев К.В., Кравцевич А.В., Ровба И.А., Лысенко В.И., Воробей Р.И., Гусев О.К., Жарин А.Л. Анализ распределения электрофизических и фотоэлектрических свойств нанокompозитных полимеров модифицированным зондом Кельвина // Приборы и методы измерений. 2017; 8 (4): 386–397.
3. Пантелеев К.В., Микитевич В.А., Жарин А.Л. построение измерителей контактной разности потенциалов // Приборы и методы измерений. 2016; 7 (1): 7–15.