

УДК 621

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Ардашев Д.С., Москалёва А.В., Савлевич В.А., Романчук Д.И., Микитевич В.А., Пантелеев К.В.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** В работе предложена методика исследования фотоэлектрических процессов на поверхности диэлектриков с использованием электрометрического зонда в совокупности с дополнительным внешним оптическим воздействием в ультрафиолетовом спектре. Приведена конструкция осветителя, обеспечивающая механическое сопряжение с существующей измерительной системой картирования пространственного распределения поверхностного электростатического потенциала.

**Ключевые слова:** электростатический потенциал, ультрафиолетовое излучение, полимер, сканирующий зонд Кельвина.

## TECHNIQUE FOR STUDYING PHOTOELECTRIC PROCESSES ON THE DIELECTRIC SURFACES

Ardashev D., Moskaleva A., Savlevich V., Romanchuk D., Mikitsevich U., Pantsialeyeu K.

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** The paper proposes a technique for studying photoelectric processes on the surface of dielectrics using an electrometric probe in combination with an additional external optical effect in the ultraviolet spectrum. The design of the illuminator, which provides a mechanical interface with the existing measuring system for mapping the spatial distribution of the surface electrostatic potential, is presented.

**Key words:** electrostatic potential, ultraviolet radiation, polymer, Scanning Kelvin Probe.

*Адрес для переписки: Пантелеев К.В., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: k.pantsialeyeu@bntu.by*

**Введение.** С каждым годом объемы мирового производства полимеров растут, что связано с расширением области их применения. В связи с этим актуальным становится вопрос о сроке их службы, а также изучения факторов, влияющих на их эксплуатационные свойства. К таким фактором относится УФ-излучение. УФ-излучение – это электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между видимым и рентгеновским излучением в пределах длин волн от 400 до 10 нанометров. Для широкого ряда полимерных и композиционных материалов под действием УФ-излучения могут наблюдаться различные неблагоприятные явления: ухудшение механических свойств, уменьшение прочности и повышение хрупкости, потеря эстетического вида и др. Все эти явления происходят за счет уничтожения связей между атомами в полимерах под воздействием электромагнитных волн УФ спектра.

Для повышения стойкости материалов к УФ воздействию в их состав вводят различные наполнители и активные вещества, при этом технологический процесс производства стойких к УФ воздействию материалов непрерывно совершенствуется. В этой связи возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых методов исследования свойств диэлектрических материалов.

Целью настоящей работы является разработка методики исследования фотоэлектрических про-

цессов на поверхности диэлектриков с использованием электрометрического зонда в совокупности с дополнительным внешним оптическим воздействием, в частности, УФ.

**Приборы и методы измерений.** В качестве средств измерения используется установка, разработанная в БНТУ и реализующая метод, так называемого, сканирующего зонда Кельвина [1]. Установка обеспечивает пространственное картирование и визуализацию распределения собственных и/или приобретенных в результате внешнего воздействия поверхностных электростатических потенциалов диэлектрика [2]. Для реализации цели настоящих исследований в качестве источника внешнего энергетического воздействия используется специально разработанный источник оптического излучения в УФ спектре. Использование электрометрического метода в совокупности с оптическим воздействием в УФ спектре позволит проследить за течением фотоэлектрических процессов непосредственно на поверхности исследуемого образца [3, 4].

**Выбор источника излучения и разработка осветителя.** Для генерации электромагнитных волн в УФ диапазоне существуют различные источники: светодиоды, ртутные и люминесцентные лампы и пр. Ртутные и люминесцентные лампы имеют сложные схемы управления, обладают сложной регулировкой потока излучения, при этом невозможно быстро изменять па-

раметры излучения, что является недостатком использования таких ламп в лабораторных исследованиях. Светодиоды более просты в управлении, не требуют высоковольтных источников питания, обладают малой инерционностью.

После анализа выбран УФ-светодиод CP5WUV365. Его основные параметры:

- длина волны, нм: 365–370;
- телесный угол, °: 120;
- интенсивность излучения, мВт/см<sup>2</sup>: 200;
- диапазон рабочих напряжений, В: 3,4–3,8.

Конструкция осветителя состоит из блока управления, блока питания, источника тока (рис. 1), а также устройства механического сопряжения осветителя с существующей устаканкой картирования поверхностных электростатических потенциалов.

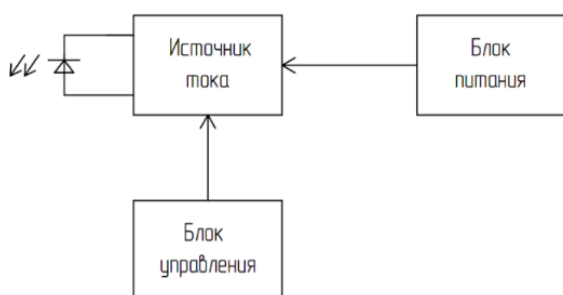


Рисунок 1 – Структурная схема осветителя

Источник тока совместно с блоком управления обеспечивает плавное изменение тока светодиода, что позволяет плавно изменять интенсивность излучения.

**Методика исследования фотоэлектрических процессов на поверхности диэлектриков под воздействием УФ-излучения.** На рис. 2 приведен внешний вид разработанного осветителя, закрепленного над предметным столиком установки сканирования электростатических потенциалов поверхности диэлектрика.

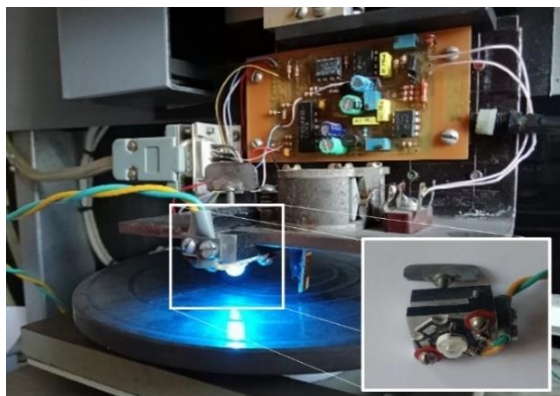


Рисунок 2 – Осветитель в составе измерительной установки картирования пространственного распределения поверхностного электростатического потенциала

Методика измерения включает следующее. После установки зонда над измеряемой поверхностью производится отсчет. Затем на участок поверхности под зондом воздействуют УФ излучением и производится второй отсчет. Результаты измерений до и после воздействия приведены на рис. 3.

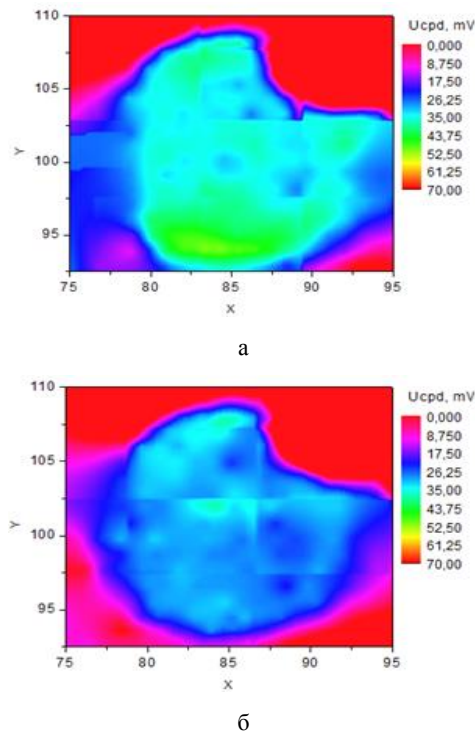


Рисунок 3 – Карты распределения поверхностного потенциала образца ПА-6, наполненного углеродным наноматериалом (1 мас. %) до (а) и после воздействия (б)

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (грант, № гос. рег. 20211488).

#### Литература

1. Zharin, A. Charge sensitive techniques in control of the homogeneity of optical metallic surfaces / A. Zharin, K. Pantsialeu, K. Kierczyński // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2016. – Vol. 92, № 8. – P. 190–193.
2. Анализ распределения электрофизических и фотоэлектрических свойств нанокомпозитных полимеров модифицированным зондом Кельвина / К.В. Пантелеев [и др.] // *Приборы и методы измерений*. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 386–397.
3. Digital contact potential probe in studying the deformation of dielectric materials / K. Pantsialeu [et al.] // *IAPGOŚ*. – 2020. – № 4. – P. 57–60.
4. Influence of rapid thermal treatment of initial silicon wafers on the electrophysical properties of silicon dioxide obtained by pyrogenous oxidation / V. Pilipenko [et al.] // *High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes*. – 2019. – Vol. 23, № 3. – P. 283–290.