

ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА В ВАКУУМЕ ЭЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Фельде, П.А. Ежова, С.В. Сидорова

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены области применения эластичных материалов. Отмечена необходимость нанесения металлизации и целесообразность проведения предварительной ионно-плазменной обработки эластомера. Отработаны режимы ионно-плазменной обработки. Описано технологическое оборудование. Представлены результаты исследований шероховатости и рельефа поверхности эластомера на атомно-силовом микроскопе образцов до обработки и после ионно-лучевой и плазменной обработок. Выбраны режимы ионно-плазменной обработки для металлизации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ИОННАЯ ОБРАБОТКА, ПЛАЗМА, ЭЛАСТОМЕР, ЭЛАСТИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

ION-PLASMA VACUUM TREATMENT OF ELASTIC MATERIALS

A.A. Felde, P.A. Ezhova, S.V. Sidorova

ABSTRACT

The fields of application of elastic materials are considered. The necessity of metallization application and the expediency of carrying out preliminary ion-plasma treatment of the elastomer are noted. The ion-plasma treatment modes have been worked out. Technological equipment is described. The results of studies of the roughness and relief of the elastomer surface on an atomic force microscope of samples before and after ion-beam and plasma treatments are presented. The modes of ion-plasma treatment for metallization are selected.

KEYWORDS

ION PROCESSING, PLASMA, ELASTOMER, ELASTIC MATERIALS, ATOMIC FORCE MICROSCOPY

ВВЕДЕНИЕ

Во многих сферах современной жизни востребованы эластичные материалы, которые обеспечивают гибкость, отличаются своими изоляционными и демпфирующими свойствами. Наиболее распространенные примеры устройств на основе эластичных материалов – актуаторы и тактильные датчики различного назначения. В таких устройствах необходимо обеспечить подвод напряжения с помощью электродов [1]. При этом функциональность зависит от качества сцепления материала электрода и эластомера. Для улучшения сцепления применяется предварительная ионно-плазменная обработка, которая модифицирует поверхность эластичного материала, улучшая его адгезионные свойства [2].

Ионно-плазменная обработка в инертном газе – физическое распыление высокоэнергетическими ионами газа без химического взаимодействия между ними и частицами подложки. Она может использоваться как очистка от окисной пленки и

загрязнений, для получения микрорельефа, полировки, и для модификации и легирования поверхностных слоев деталей [3, 4].

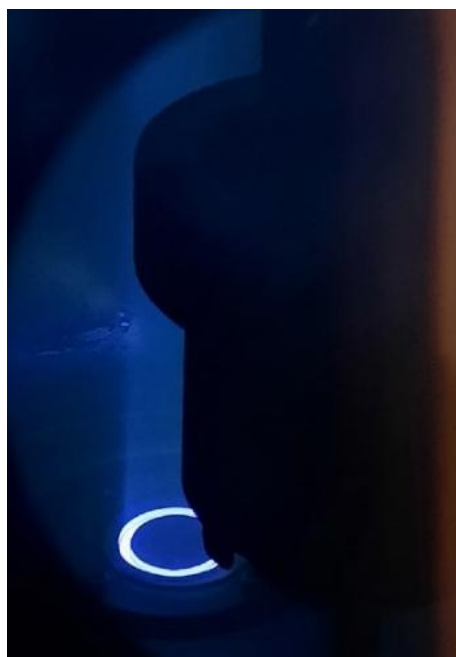
Целью данной работы является исследование влияния ионно-плазменной обработки в вакууме на топологию эластичного материала.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Ионно-лучевая обработка проводится на установке МВТУ-11-1МС (рис. 1, а), оснащенной автономным источником ионов (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Установка МВТУ-11-1МС (а) и плазма источника ионов (б)

Источник ионов содержит анод, электроды которого изолированы керамическими втулками, магнитную систему с осевым намагничиванием. На источник ионов подается аргон, при обработке он испускает поток ионов, который бомбардирует поверхность обрабатываемой подложки.

Ионно-плазменная обработка поверхности эластомера осуществляется на установке TRION (рис. 2, а) в индуктивно связанной плазме аргона (рис. 2, б).



а) б)
Рис. 2. Установка TRION (а) и плазма аргона (б)

На данной установке действие температуры несущественно из-за наличия системы охлаждения проточной водой. Поверхностные свободные радикалы создаются путем прямого воздействия газовых фаз на ионы или путем фотодеструкции поверхности ультрафиолетовым излучением, генерируемым в плазме.

Топология поверхности эластомера оценивается с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Solver Next (рис. 3) в полуконтактном режиме.

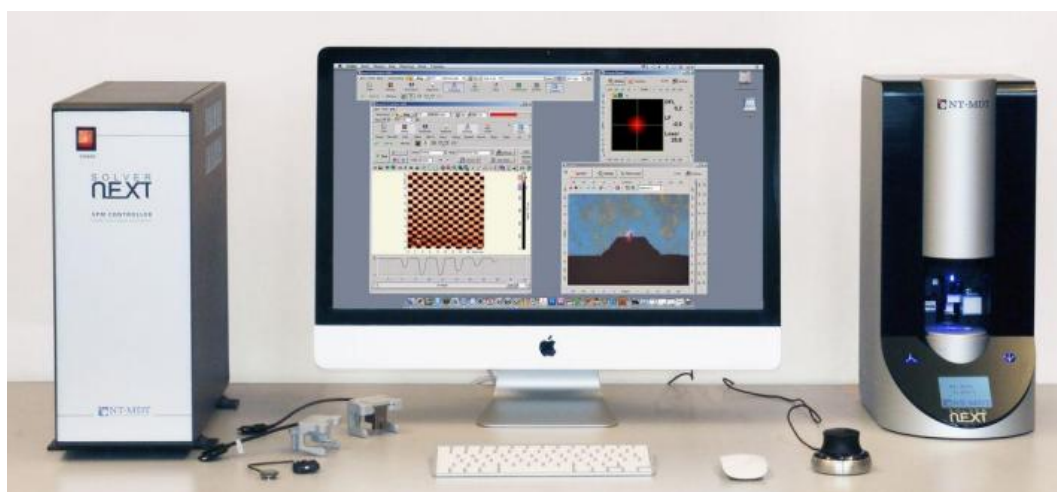


Рис. 3. Атомно-силовой микроскоп Solver Next

Микроскоп МИИ-4М позволил оценить качественную структуру эластомера, на поверхности которого при увеличении в 1000 раз видны частицы порошка сегнетоэлектрика – титаната бария размером 0,5 мкм.

ПОСТАНОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предметом исследования выбран эластомер, состоящий на 50% из силикона и на 50% из частиц титаната бария.

На рис.4 представлены АСМ-изображения эластомера до обработки. Можно наблюдать слабо развитую структуру с небольшими впадинами. Шероховатость поверхности при этом – 3,55 мкм.

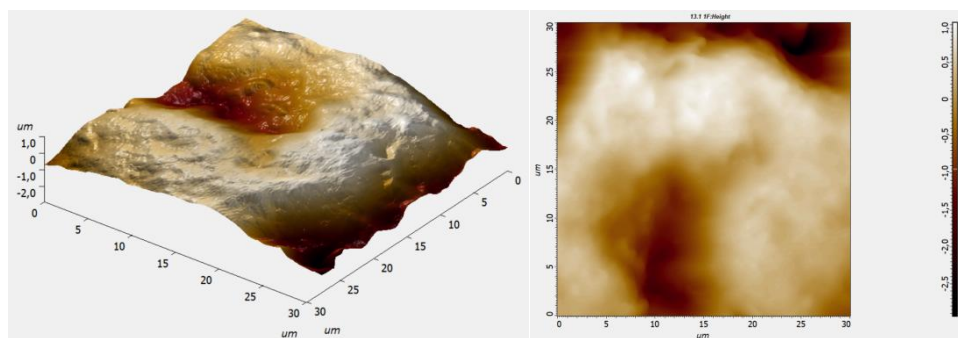


Рис. 4. АСМ-изображения эластомера до обработки

Режимы ионной и плазменной обработок представлены в таблице 1.

Таблица 1. Режимы ионно-плазменной обработки при 10 минутах в среде аргона

Оборудование (метод)	Мощность, Вт	Давление, Па	Поток аргона, сссм
МВТУ-11-1МС (ионной-лучевой)	60	$1,3 \cdot 10^{-3}$	2
TRION (плазменный)	250	50	50

Следующий образец эластомера из той же партии был обработан ионным источником, АСМ-изображения которого представлены на рис. 5. Шероховатость поверхности уменьшилась и составила 3,15 мкм. При этом поверхность сильно развита, наблюдается морщинистость возвышенностей, сглаживание впадин.

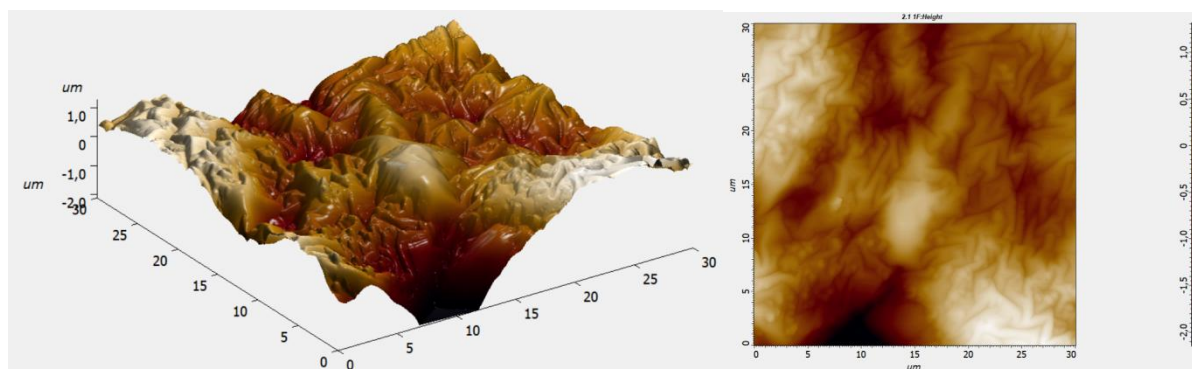


Рис. 5. АСМ-изображения эластомера после ионно-лучевой обработки

Другой образец обработан в плазме аргона. По АСМ-изображениям (рис.6) видно, что образец имеет большую шероховатость и более выраженные впадины. Шероховатость поверхности увеличилась и достигла 4,75 мкм.

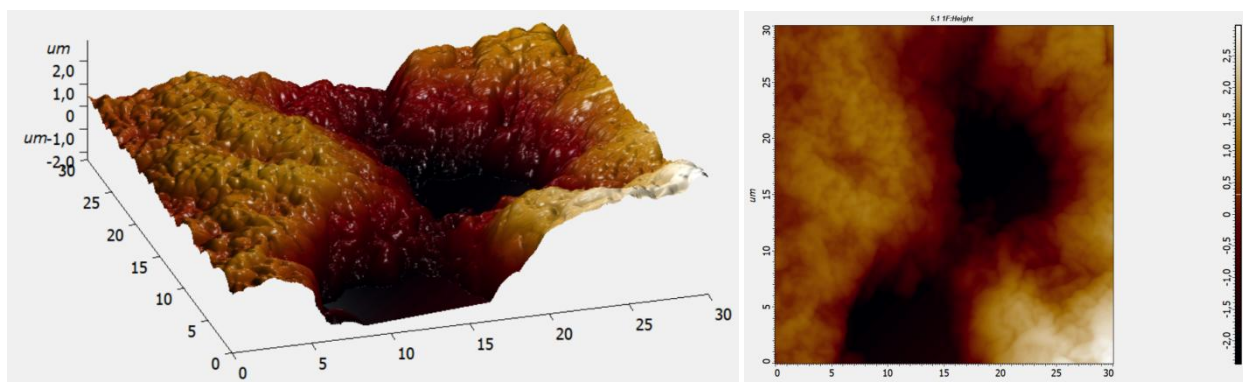


Рис. 6. АСМ-изображения эластомера после плазменной обработки

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Анализируя полученные АСМ-изображения, можно отметить, что поверхность обработанного ионным лучом эластомера имеет менее развитую структуру, более гладкие выступы, шероховатость при этом уменьшилась (до обработки – 3,55 мкм, после ионной обработки – 3,15 мкм). После плазменной обработки поверхность становится более развитой, увеличивается шероховатость (до обработки – 3,55 мкм, после плазменной обработки – 4,75 мкм), рельеф становится волнообразным, появляются глубокие впадины.

Все АСМ-изображения были получены при одинаковом размере (30x30 мкм²) и разрешении (512x515 точек), что позволяет судить об изменении топологии поверхности эластомеров после ионно-плазменной обработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований топологии эластомера выявлено, что ионная обработка эластичного материала изменяет шероховатость поверхности, делает ее более развитой. При обработке в плазме аргона имеются более широкие и глубокие впадины, чем при обработке автономным источником ионов.

На данном этапе исследования ионно-лучевая обработка показывает себя лучше, так как шероховатость эластомера уменьшается, а достигнутая развитость поверхности положительно влияет на адгезию последующих слоев металлизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Y. R. Lee, H. Kwon, D. H. Lee and B. Y. Lee, Soft Matter. Highly flexible and transparent dielectric elastomer actuators using silver nanowire and carbon nanotube hybrid electrodes// Soft Matter. – 2017. – Issue 37. – P. 1-6. DOI: 10.1039/C7SM01329A
2. Физические методы нанесения нанопокровов: учебное пособие для вузов / В.С.Мухин [и др.]; –3-е изд., перераб и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 333 с.
3. Радиационные технологии модификации поверхности. Ионная очистка и высокодозовая имплантация / В.А.Белоус [и др.]. – Харьков. –2003. – с. 40-48.
4. Формирование функциональных слоев / Ю.В. Панфилов. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 122 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фельде Анастасия Александровна – студент 4 курса бакалавриата. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. г. Москва. e-mail: nastja-bloom@mail.ru

Полина Андреевна Ежова – студент 2 курса магистратуры. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. г. Москва. e-mail: polina.ezhova.1210@gmail.com

Сидорова Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры (ORCID: 0000-0002-3002-1246). МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, e-mail: sidorova_bmstu@mail.ru