

УДК 681.587.7, 628.517.4

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ АКТУАТОРА НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭЛАСТОМЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ

Базиненков А.М., Щербакова В.С., Сидорова С.В., Купцов А.Д., Иванова Д.А.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия, ambazinenkov@bmstu.ru

Ключевые слова: виброизоляция, вибрационная защита, диэлектрический эластомер, актуатор, деформация, вакуум, тонкие пленки, ионная обработка.

В современном производстве и исследовательской деятельности одной из распространённых проблем является негативное влияние вибраций на эффективность и надежность различных устройств и характеристики технологических процессов. Наиболее эффективным методом виброзащиты является активная виброизоляция, которая достигается за счет использования различных приводов (актуаторов), среди которых в настоящее время особое внимание привлекают механизмы на основе интеллектуальных материалов (smartmaterials), меняющих свои свойства под внешним воздействием различной природы.

Одним из наиболее перспективных в данной области является диэлектрический эластомер (ДЭ). Данный материал относится к подгруппе электроактивных полимеров. ДЭ изменяет свои размеры под действием электрического поля за счет суммы эффектов электрострикции и электростатики. К его преимуществам относятся низкий удельный вес, высокая податливость, высокое быстродействие и высокий диапазон создаваемых под внешним полем деформаций [1, 2]. ДЭ состоит из упругой матрицы и высокодиэлектрического наполнителя, необходимого для повышения деформации материала под действием электрического поля.

Наиболее простой конструкцией актуатора является плоский конденсатор: ДЭ плотно зажимается между двумя электродами и при подаче электрического поля под действием электростатических сил и электрострикции происходит деформация, как показано на рис. 1.

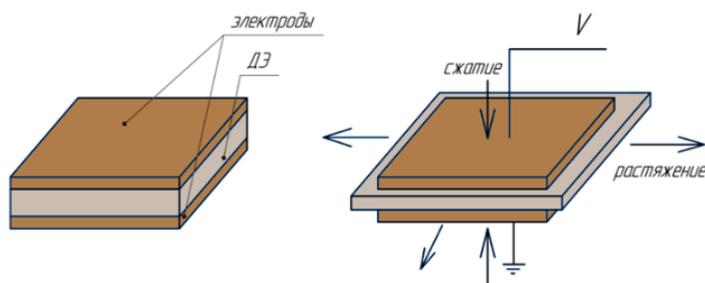


Рис. 1. Принцип действия актуатора на основе ДЭ

Изготовление такого актуатора включает два основных этапа: создание ДЭ, соединение ДЭ вместе с электродами в столбчатую конструкцию. При этом важнейшее влияние на характеристики актуатора оказывают электроды, обеспечивающие подачу внешнего электрического поля на эластомер. Они должны обладать высокой электропроводностью,

низким модулем упругости и высокой эластичностью, чтобы не затруднять деформацию ДЭ под действием внешнего поля. Также важным требованием является высокая адгезия электродов и полимера.

Наиболее простым и доступным методом реализации электродов является изготовление из листового материала, однако, не изучено, в какой степени электрод ухудшит характеристики устройства за счет их высокой жесткости. Другим методом является формирование электродов методами вакуумного нанесения тонкопленочных покрытий, позволяющее создать наиболее равномерную и эффективную конструкцию. Однако, в литературе отсутствует информация о режимах обработки полимеров для реализации этого метода, а также вызывает сомнения экономическая эффективность этого метода.

Для сравнения двух типов электродов изготовлено необходимое количество ДЭ в лаборатории АО «Плутон» (г. Москва, РФ). В качестве упругой матрицы был выбран силиконовый компаунд СИЭЛ 159-322А, а в качестве наполнителя – порошок титаната бария.

Решающее влияние на качество тонкопленочных электродов оказывает качество поверхности полимера под нанесение токопроводящего покрытия. Морфология поверхности, в том числе шероховатость, оказывает влияние на уровень адгезии между пленкой и подложкой и общую толщину проводящего покрытия. Таким образом, первичным параметром для обеспечения высокого качества формирования пленки на образце выбирается шероховатость. Осаждение тонкопленочных электродов проводилось методом магнетронного распыления в вакууме.

В результате проведенных исследований обнаружено, что на диэлектрическом эластомере возможно формирование медной пленки толщиной 540 нм с высокой адгезией.

В лаборатории кафедры электронных технологий в машиностроении МГТУ имени Н.Э. Баумана была произведена сборка четырехслойных актуаторов на основе изготовленных ДЭ. Были собраны актуаторы с жесткими электродами и тонкопленочными, соединенными с помощью токопроводящего клея.

На разработанном лабораторном стенде проведено изменение перемещения изготовленных актуаторов на основе ДЭ с двумя типами электродов. Максимальное перемещение актуаторов при разности потенциалов 2,7 кВ с жесткими электродами составило 4 мкм, а актуатора с тонкопленочными электродами – 7,5 мкм.

За счет своей податливости актуаторы с тонкопленочными электродами показали большую деформацию по сравнению с актуаторами с листовыми электродами. Но существуют недостатки рассматриваемой технологии, такие как неравномерность клеевого соединения и техническая сложность подачи потенциала.

Список литературы

1. Li, Z. Stacked Dielectric Elastomer Actuator (SDEA): Casting Process, Modeling and Active Vibration Isolation / Z. Li, M. Sheng, W. Minqing, D. Pengfei, B. Li, H. Chen // Smart Materials and Structures, 2018.
2. Ротарь, А.П. XXX Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС – 2018): сборник трудов конференции Применение диэлектрических эластомеров в качестве актуаторов 20-23 ноября 2018 года / А.П. Ротарь, В.И. Жуков, Д.А. Иванова, А.М. Базиненков. – М., 2019. – С. 670-673.

Сведения об авторах

Базиненков Алексей Михайлович, к.т.н. без звания, доцент. Область научных интересов: системы точного позиционирования и активной виброизоляции на основе магнито- и электроуправляемых жидкостей и полимеров.

ЩербакOVA Виктория Сергеевна, студент. Область научных интересов: системы точного позиционирования на основе диэлектрических эластомеров.

Сидорова Светлана Владимировна, к.т.н. без звания, доцент. Область научных интересов: технологии формирования тонкопленочных покрытий в вакууме, в т.ч. начальные стадии роста тонких пленок и наноразмерных структур.

Купцов Алексей Дмитриевич, инженер. Область научных интересов: технологии формирования тонкопленочных покрытий в вакууме, ионные методы обработки поверхностей.

Иванова Дарья Александровна, аспирант. Область научных интересов: системы точного позиционирования и активной виброизоляции на основе магнитореологических эластомеров.

THIN-FILM ELECTRODE OF DIELECTRIC ELASTOMERS ACTUATORS BASED FOR ACTIVE VIBRATION CONTROL SYSTEM

Bazinenkov A.M., Shcherbakova V.S., Sidorova S.V., Ivanova D.A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia, ambazinenkov@bmstu.ru

Keywords: vibration protection, vibration control, dielectric elastomer, actuator, deformation, vacuum, thin films, ion treatment.

Precision research and technological equipment is not able to provide its normal characteristics without a high-quality vibration protection system. Active vibration control of the object is provided with the additional source of movement, an actuator. The most promising high accuracy actuators are based on intelligent materials, such as materials with shape memory, piezoelectric and magnetostrictive materials, electro- and magnetic active fluids and elastomers.

Dielectric elastomer (DE) is one of the types of electroactive polymers. Actuators based on DE show high performance in terms of accuracy and speed and operate due to the controllable deformation of the elastomer under the action of a high voltage electric field. The quality of the control field supply and electrodes significantly affects the characteristics of the actuator.

The paper provides a comparison of actuators based on sheet and thin film control electrodes. The influence of the quality of the polymer surface and the type of electrodes on the travel range of actuator.

It is proposed to form thin-film electrodes by magnetron sputtering in vacuum to improve the contact between the conducting surface and the dielectric elastomer. The electrode material is copper. The formation of the electrode by magnetron sputtering in vacuum makes it possible to create a thin-film layer of copper that covers the elastomer, despite the developed surface. The effect of ion treatment of an elastomer before coating on the quality of the formed electrode is considered. After the ion treatment, the surface of the elastomer acquires a more regular structure. The thin-film electrode is qualitatively formed according to the topology of the elastomer. The treatment allows to minimize the stresses in the thin-film coating and to avoid breaks in the thin film of the copper electrode during deformation of the elastomer.

The paper research will make it possible to form high quality thin-film electrode on the surface of an elastomer. It will increase the dielectric elastomer actuator life time and its efficiency.