

Б.К. Хожабаев¹, А.К. Соатов², М. Ш. Кодиров¹, У.А. Шаисламов^{1,2}

¹Центр развития Нанотехнологии при Национальном университете Узбекистана имени М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

²Факультет физики, Национальный университет Узбекистана имени М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан

ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАНОГЕНЕРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Трибоэлектрический наногенератор (ТЭНГ) — устройство, впервые изобретенное в 2012 году профессором Технологического института Джорджии Чжун Линь Вангом, и в настоящее время считается новым изобретением, которое активно изучается учеными, работающими в областях материаловедения, нанотехнологий, и наноэнергетики. ТЭНГ представляет собой устройство, преобразующее случайную, неравномерную, неравномерно распределенную низкоэнергетическую механическую энергию (вибрация в быту, биомеханическое движение человека, ветер, вода и др.) в электрическую [1-3].

Принцип действия трибоэлектрического наногенератора основан на совместном действии процессов трибоэлектрификации и токов смещения. В этом случае при физическом контакте поверхностей двух различных материалов на поверхности соприкасающихся поверхностей образуются трибоэлектрические заряды. Они создают поток электронов между электродами, прикрепленными к краям материалов. Ванг показал, что фундаментальную теорию ТЭНГ можно вывести из уравнений Максвелла, которые учитывают вклад поляризованных зарядов на поверхности. Выходной ток ТЭНГ напрямую связан с максвелловским током смещения, то есть определяется следующим образом [4].

$$I_D = \frac{\partial D}{\partial t} = \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P_s}{\partial t}$$

где I_D - ток смещения, D - электрическое поле смещения, E - электрическое поле, P_s - поверхность, ε - проводимость материала. Первая часть закона тока смещения Максвелла гласит, что ток индуцируется полем переменного тока.

Трибоэлектрические наногенераторы широко изучаются в основном как устройства, преобразующие механическую энергию в электрическую, а также имеют высокую перспективу использования в качестве различных датчиков. TENG автоматически генерирует вы-

ходное напряжение и ток после активации на основе механического воздействия. Результирующий выходной сигнал и его величина указывают на влияние механической деформации и ее поведение во времени. Этот основной принцип ТЭНГ позволяет использовать его в качестве датчика давления с автономным питанием [5].

Нами разработан ТЭНГ, работающий на основе режима вертикального разделения контактов, и определили выходные параметры устройства. Общая схема наногенератора, изготовленного и исследованного в данной работе, представлена на рис.1(а). В качестве положительного электрода использовалась алюминиевая фольга, а в качестве отрицательного - электрод со слоем диэлектрика/алюминия. В данной работе в качестве диэлектрических материалов были выбраны три типа материалов и проведено сравнение выходных параметров разработанного генератора. Рабочие поверхности генератора были взяты в виде прямоугольников 3.5x 4.5 см. Все образующие поверхности также остаются неизменными для остальных случаев. Температуру в помещении поддерживали одинаковой для всех экспериментов. Измерение параметров генератора проводилось одинаково для всех случаев.

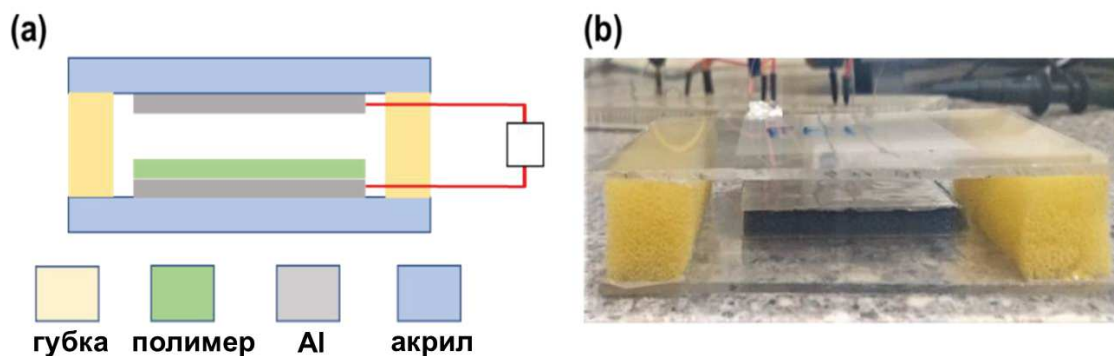


Рисунок 1 - (а) Схематическое изображение конструкции ТНГ и (б) фото реального устройства

Как показано на рис. 1, в качестве отрицательного электрода установлена алюминиевая фольга. На алюминиевую фольгу монтировались 3 типа полимерных пленок, выбранных в качестве положительных электродов. Здесь алюминиевая фольга работает как проводящий контакт, а полимерная пленка — как диэлектрический слой. Сформированный слой полимер/Al устанавливали на вторую акриловую подложку. Для обеспечения взаимного вертикального контактного движения между слоями подложки соединялись с помощью пружины или губки.

Выходные параметры трибоэлектрических наногенераторов, безусловно, зависят от типа диэлектрического материала. Нами использованы три различных диэлектрических материала, для сравнительного изучения влияния диэлектрического материала. На рис. 2 представлены выходные параметры выпрямленного тока при использовании выпрямительного диодного моста для диэлектрика с максимальными характеристиками.

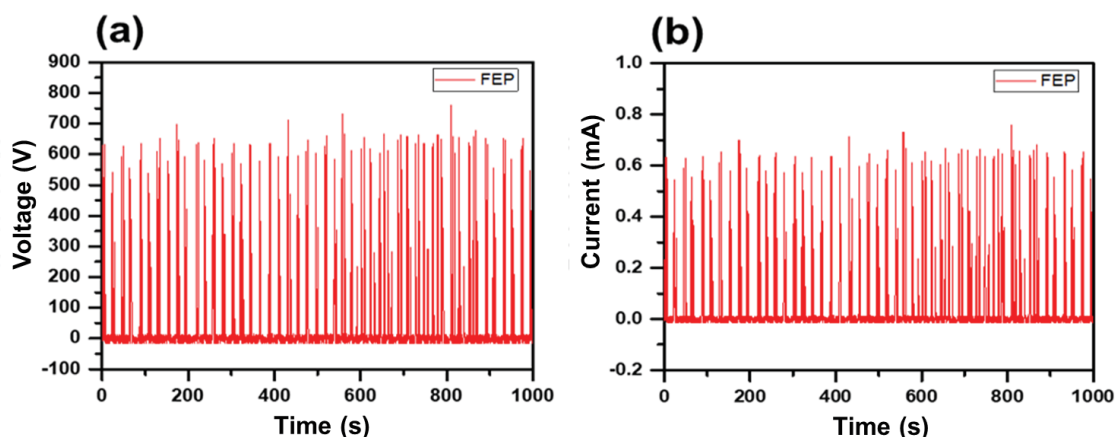


Рисунок 2 - Значения выходного напряжения (а) и тока (б) ТЕНГ работающим в режиме вертикального контакта

На рис.2(а) видно, как меняется напряжение со временем. вертикальное механическое движение применялось вручную во время измерений. Из рисунка 2(а) видно, что напряжение появляется в импульсной форме и имеет значения 700 В при 200 мс, 620 В при 400 мс, 720 В при 580 мс и т.д. Среднее значение напряжения для всего диапазона измерений составило 650 В. Все значения напряжения были измерены при входном сопротивлении 1 МОм. На рисунке 2(б) показаны значения изменения тока для разных моментов времени. Значения тока для участка цепи можно найти по закону Ома, то есть можем найти по следующей формуле:

$$I = \frac{U}{R},$$

где R — сопротивление, U — напряжение, I — ток, R=1 МОм, значения напряжения снимаются на каждом временном интервале.

Из рисунка 2(б) видно, что при 200 мс получено значение 0,6 мА, при 400 мс получено значение больше 0,6 мА, а при 900 мс получено значение 0,7 мА, что составляет среднее значение тока 0,6 мА.

Детально изучена конструкция и механизм изготовления модели трибоэлектрического наногенератора - инновационного устройства, преобразующего механическую энергию в электрическую. В качестве

диэлектрического материала в активной части трибоэлектрического наногенератора использованы три различных полимера, и установлено, что мощность генератора зависит от типа используемого диэлектрического материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Wang, X. Mu, X Wang, A. Gu, Z-L. Wang, Y. Yang, Elastoaerodynamics-driven triboelectric nanogenerator for scavenging air-flow energy/. - ACS Nano. - 2015. - Vol. 9(10).- P. 9554–9563.
2. Y. Wu, X. Zhong, X. Wang, Y. Yang, Z-L. Wang, Hybrid energy cell for simultaneously harvesting wind, solar, and chemical energies/ - Nano Res. - 2014.-Vol. 7(11). - P. 1631-1639.
3. P. Bai, G. Zhu, Y. Liu, J. Chen, Q. Jing, W. Yang, J. Ma, G. Zhang, Z-L. Wang Cylindrical rotating triboelectric nanogenerator/. - ACS Nano. -2013. - Vol. 7(7). - P. 6361–6366.
4. Z. Wang, On Maxwell's displacement current for energy and sensors: the origin of nanogenerators/ Materials Today. – 2017. – Vol. 20(2). – P. 74–82.
5. Y. Zhou, Ma. Shen, X. Cui, Y. Shao, L. Li, Y. Zhang, Triboelectric nanogenerator based self-powered sensor for artificial intelligence/ - Nano Energy. – 2021. – Vol. 84 (2021). - 105887

УДК 544.653.23

А.О. Черетаева, Е.Д. Боргардт, М.Р. Шафеев, А.В. Полуниин
Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия

МИКРОДУГОВОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ МАГНИЕВОГО СПЛАВА МА14 В РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Поверхностное модифицирование магниевых сплавов (МС) является актуальной задачей, поскольку позволяет получать функциональные «гибридные» материалы, совмещающие легкость и пластичность Mg-матрицы с высокими механическими и барьерными свойствами поверхности.

Одной из наиболее перспективных технологий поверхностного упрочнения МС является микродуговое (плазменно-электролитическое) оксидирование (МДО или ПЭО), позволяющее формировать на поверхности вентильных металлов керамические оксидные слои, во много раз превосходящие обрабатываемый металл по твердости, износостойкости и антикоррозионным свойствам.