

СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ С DLC-ПОКРЫТИЕМ В ВИДЕ СОСУДИСТЫХ ПЛАСТЫРЕЙ: ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

А.А. Рунц, студент гр. 0ДМ01, м.н.с. лаб. ЛИОР ТУСУР

Ю.Н. Юрьев, к.т.н., зав. лаб. НОЦ Б.П. Вейнберга

Е.Н. Больбасов, к.т.н, науч. сотр.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

тел. (38220) -701777 (доп. 2595)

E-mail: aar74@tpu.ru

В данном исследовании представлены результаты изготовления сегнетоэлектрических мембран, перспективных в виде сосудистых пластырей с модифицированной поверхностью. Для модификации поверхности мембраны, контактирующей с кровью, DLC-покрытие наносилось методом импульсного вакуумно-дугового напыления.

Мембраны были приготовлены из 6 мас.% раствора сополимера ВДФ-ТеФЭ (ВДФ-ТеФЭ, Галополимер, Россия) в ацетоне. Изготовление мембран проводили методом электроспиннинга на алюминиевом цилиндрическом коллекторе длиной 200 мм и диаметром 100 мм. Расстояние между инжектором (игла 24G) и сборочным коллектором составляло 90 мм. Напряжение на форсунке 25 кВт. Скорость потока прядильного раствора составляла 4 мл / час, а скорость сборки составляла 200 об / мин.

При нанесении покрытия применялись следующие параметры: напряжение поджига 400 В, частота следования импульсов 3 Гц, 3000 импульсов на образец, минимальное расстояние от мишени до мембраны 250 мм. Были сформированы четыре группы образцов в зависимости от напряжения накопителя конденсатора (150 В, 200 В, 250 В, 300 В) не модифицированные образцы использовали в качестве контрольной группы.

Осаждение покрытия привело к изменению цвета лицевой стороны с коричневатого (150 В) на черный (300 В) (рис. 1). При этом макродефектов в виде прожогов и оплавлений не наблюдалось. Цвет образцов был однородным. Цвет обратной стороны образца не изменился при всех параметрах осаждения покрытия. Таким образом, возможна односторонняя модификация мембраны.



Рис. 1. Фотографии передней и задней сторон мембран после нанесения DLC-покрытия при разных напряжениях накопителя.

Для анализа морфологии поверхности мембран использовался метод сканирующей электронной микроскопии. СЭМ-изображения мембран до и после нанесения DLC-покрытия представлены на рисунке 2.

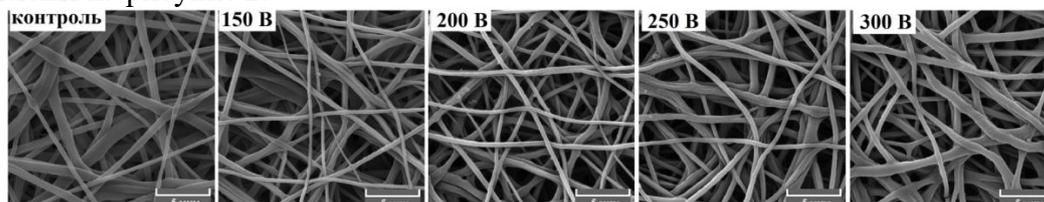


Рис. 2. СЭМ-изображения модифицированной поверхности мембраны.

Из представленных СЭМ-изображений видно, что модификация полимерных мембран DLC-покрытием не привело к изменению структуры мембран. Волокна являются устойчивыми, дефектов волокна не наблюдалось. Средний диаметр исходного образца составляет $0,61 \pm 0,21$ мкм. При увеличении напряжения накопителя конденсатора в ходе осаждения DLC-покрытия, средний диаметр незначительно увеличивается, при 300 В средний диаметр волокна составляет $0,67 \pm 0,19$ мкм. Увеличение среднего диаметра волокон с ростом напряжения связано с тем, что при увеличении напряжения большая энергия разряжается в катодном пятне, в результате чего на поверхности волокна конденсируются большее количество частиц с большей энергией.

Далее для более детального рассмотрения структуры волокна был применён метод атомно силовой микроскопии (АСМ). АСМ-изображения модифицированных мембран представлены на рисунке 3.

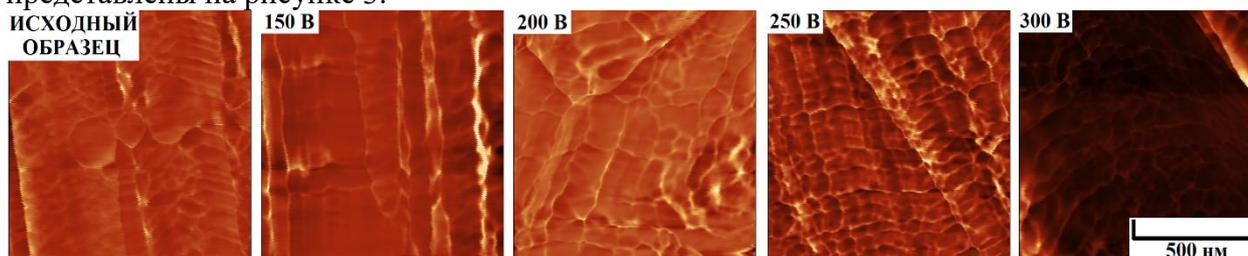


Рис. 3. АСМ- изображения модифицированной поверхности мембраны.

Микродефектов волокна не наблюдалось. При большем увеличении можно наблюдать, что микро рельеф волокон исходного образца представлен полостями, направленными вдоль волокна, и подъемами, равномерно распределенными по поверхности волокна. При нанесении DLC-покрытия, рельеф поверхности волокна представляет собой зернистую структуру из кластеров конденсированного углерода

Повышение напряжения накопителя конденсатора привело к изменению рельефа поверхности волокон. При напряжении 150 В на гладкой поверхности волокон наблюдался ряд полостей. При дальнейшем увеличении напряжения рельеф волокон мембраны состоит из равномерных кластеров сложной формы. Средняя площадь кластеров с ростом напряжения уменьшается, с $(1,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$ мкм² при 200 В, до $(4,3 \pm 1,0) \cdot 10^{-3}$ мкм² при 300 В. Образование кластеров на поверхности связано с ростом пленки углерода. Неоднородность структуры можно объяснить внутренними напряжениями между DLC-покрытием и поверхностью волокна. С увеличением напряжения, на поверхности конденсируются большее количество частиц с большей энергией, что и приводит к образованию кластеров с меньшей площадью.

Таким образом, представленные результаты демонстрируют максимальную скорость нанесения покрытия в диапазоне напряжений 250-300 В.

Результаты атомно-силовой микроскопии получены при содействии коллектива научной лаборатории интегральной оптики и радиофотоники при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения №075-03-2020-237/1 от 5 марта 2020 г. (внутренний номер проекта FEWM-2020-0040). Экспериментальные результаты получены с использованием оборудования ЦКП «Импульс» (регистрационный номер 200568).

Список литературы:

1. Cui, Z.; Drioli, E.; Lee, Y.M. Recent progress in fluoropolymers for membranes. *Prog. Polym. Sci.* 2014, 39, 164–198, doi:10.1016/j.progpolymsci.2013.07.008.
2. Robertson, J. Diamond-like amorphous carbon. *Mater. Sci. Eng. R Reports* 2002, 37, 129–281, doi:10.1016/S0927-796X(02)00005-0.
3. Беляев В.С. Алмазоподобные покрытия // н.-т. ж. Нефть. Газ. Новации. – 2010 г. – №.6, с. 74-76.