

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 8

ТВЕРЬ 2016

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145
ББК Ж36:Г5+В379
Ф50

Рецензент сборника:

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики конденсированного состояния Тверского государственного университета
Н.Н. Большакова

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения об рецензировании статей и материалов для опубликования в Межвузовском сборнике научных трудов «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

**Официальный сайт издания в сети Интернет:
www.physchemaspects.ru**

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2016. – Вып. 8. – 448 с.

ISBN 978-5-7609-1161-2

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145
ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-1161-2

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2016
© Тверской государственной
университет, 2016

УДК 67.017, 544.032

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ПЛЁНОК ПОЛИСТИРОЛА В ПЛАЗМЕ ВЧ РАЗРЯДА АЗОТА

А.В. Смирнов, И.В. Синёв, И.Д. Осыко

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского»,
410012, Саратов, ул. Астраханская, д. 83
methril@yandex.ru

Аннотация: В работе представлены результаты исследований влияния обработки поверхности тонких плёнок полистирола в плазме ВЧ разряда азота на морфологию поверхности, шероховатость и смачиваемость водой. Показано, что увеличение времени обработки в плазме азота в диапазоне 0–20 секунд приводит к снижению краевого угла смачивания с 110 до 69°. Наблюдается немонотонная зависимость изменения показателя шероховатости в диапазоне 1,54–18,9 нм.

Ключевые слова: плазменная обработка, модификация поверхности, полистирол.

Введение

С помощью модификации полимеров можно в широком диапазоне управлять их объемными и поверхностными свойствами, что позволяет использовать их в различных областях науки и техники. Как правило, полимерные материалы обладают малой поверхностной энергией, что ограничивает применение полимерных плёнок в случаях требующих хорошей смачиваемости покрытий, например для восстановительной хирургии, биосенсоров и т.п. [1-6]. Модификация полимеров с целью улучшения смачиваемости позволяет существенно улучшить показатели клеточной адгезии, роста и пролиферации [7, 8].

Целью работы является изучение влияния обработки поверхности полистирола в плазме азота на смачиваемость и морфологию поверхности.

Методика эксперимента

Технология формирования покрытия. Плёнки полистирола получались методом центрифугирования. Для этого 2 % раствор полистирола (ПС) в четырёххлористом углероде (CCl_4) наносился на вращающуюся с частотой 1500 об/мин подложку. В качестве подложек использовались полированные пластины монокристаллического кремния. Нанесение смеси происходило в атмосфере насыщенных паров растворителя.

Модификация поверхности. Модификация поверхности тонких плёнок полистирола осуществлялась в камере вакуумной установки *Orion-40T* (VTC, Южная Корея). Пластины с нанесенной пленкой полистирола располагались на мишени магнетрона в зоне эрозии. Высокочастотный (ВЧ) разряд зажигался в атмосфере азота. Расход азота составлял

50 мл/мин, давление в камере $8 \cdot 10^{-2}$ Па, мощность разряда 100 Вт. Обработка осуществлялась в течение 1, 5, 10, 15 и 20 с.

Методы исследований. Контактный угол измерялся методом лежащей капли с использованием оптического тензиометра *Theta Lite* (Biolin Scientific, Финляндия), путем регистрации профиля капли деионизованной воды. Исследование морфологии поверхности плёнок полистирола обработанных в плазме азота осуществлялось с помощью зондовой нанолaborатории *Ntegra Spectra* (NT-MDT, Россия) методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Изображения поверхности полистирола получались в полуконтактном режиме с помощью кремниевого зонда *NSG-10*. Область сканирования составляла 5×5 мкм. Обработка изображений проводилась с помощью программного обеспечения *Gwyddion*.

Обсуждение результатов эксперимента

На рисунке 1 показаны АСМ – изображения поверхности плёнок полистирола до и после обработки в плазме. Наиболее существенные изменения рельефа поверхности наблюдается на образце, обработанном в течение 5 и 10 секунд. Образование периодических структур и пор не наблюдается.

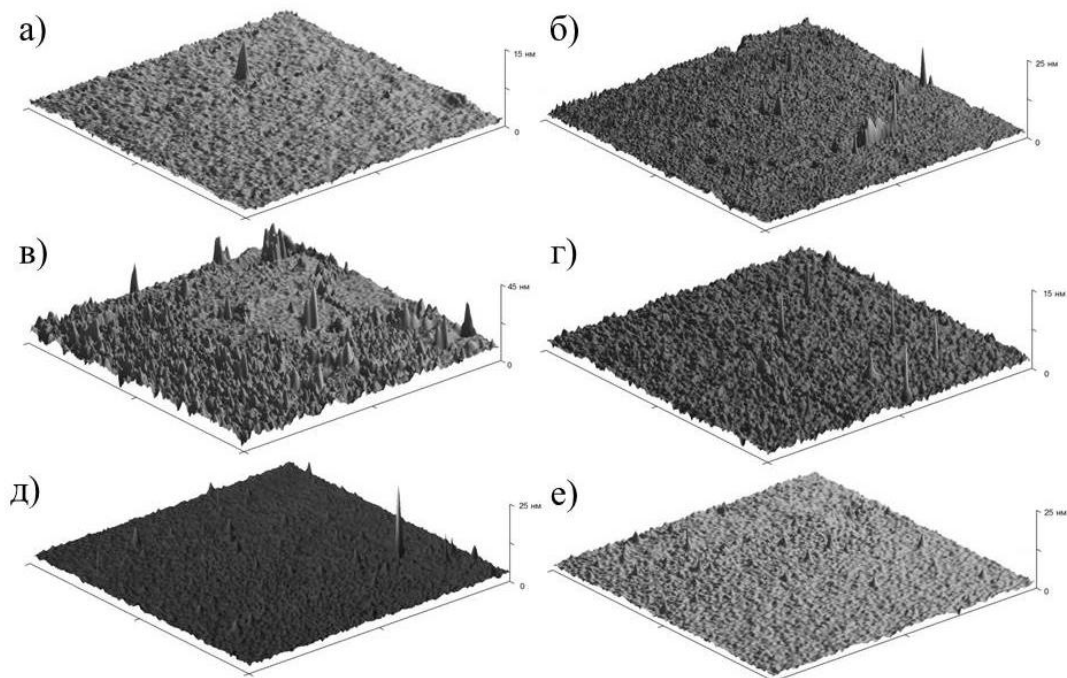


Рис. 1. АСМ – изображения поверхности плёнки полистирола до обработки в плазме – а), и после обработки в плазме ВЧ разряда в течение – б) 1; в) 5; г) 10; д) 15; е) 20 секунд.

На рис. 2 представлено изображение боковых профилей капель воды на поверхности плёнок полистирола до обработки в плазме – а), и после обработки в плазме ВЧ разряда в течении – б) 1; в) 5; г) 10; д) 15; е) 20 секунд.

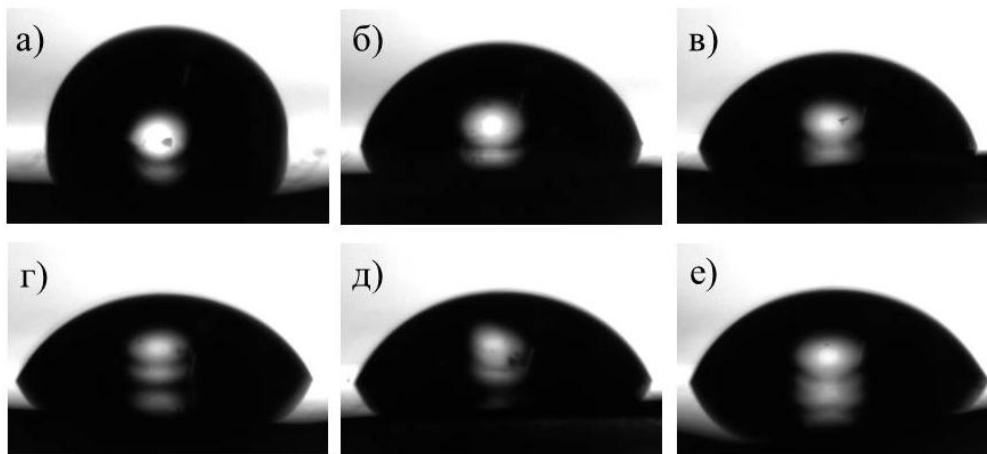


Рис. 2. Изображение боковых профилей капель воды на поверхности плёнки полистирола до обработки в плазме – а), и после обработки в плазме ВЧ разряда в течении – б) 1; в) 5; г) 10; д) 15; е) 20 секунд.

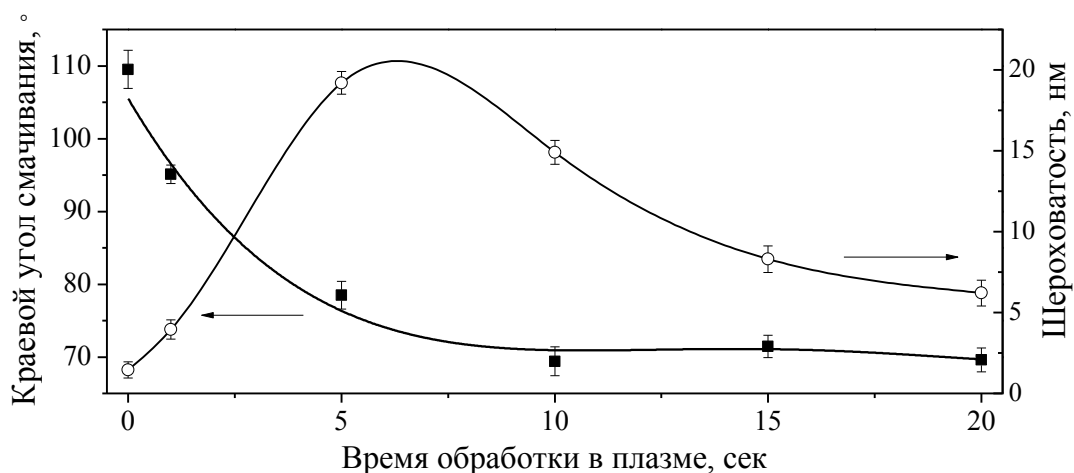


Рис. 3. Зависимость краевого угла смачивания и шероховатости поверхности от времени обработки в плазме.

На рис. 3 представлен график зависимости краевого угла смачивания и шероховатости поверхности от времени обработки в плазме. Увеличение времени обработки в плазме до 10 с. приводит снижению краевого угла смачивания со $110 \pm 2^\circ$ до $69 \pm 2^\circ$. Дальнейшее увеличение времени обработки вплоть до 20 с. приводит к незначительному изменению краевого угла смачивания ($< 1,5^\circ$). Зависимость шероховатости поверхности от времени обработки в плазме имеет немонотонный характер. Вплоть до 5 с. происходит увеличение шероховатости поверхности с 1,54 до 18,9 нм, затем шероховатость уменьшается до 6,2 нм.

Так как зависимость шероховатости поверхности и краевого угла смачивания от времени обработки в плазме не коррелируют между собой, можно сделать вывод, что увеличение смачиваемости поверхности – снижение краевого значения угла смачивания, вероятно, связано с увеличением концентрации кислородных функциональных групп на поверхности полистирола после обработки в плазме азота [9]. Увеличение степени гидрофильности поверхности является перспективным с точки зрения улучшения биосовместимости поверхности материала, что требует дополнительных исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 16-38-00633 мол_а, № 16-07-00821) и Совета по грантам Президента РФ (СП-677.2015.4)

Библиографический список:

1. Polymer thin films. Series in Soft Condensed Matter / ed. by O.K.C. Tsui, T.P. Russell. – Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2008. – V. 1. – 312 p.
2. Polymer sensors and actuators / ed. by Y. Osada, D.E. De Rossi // Macromolecular Systems - Materials Approach. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000. – 420 p.
3. **Шереметьев, С.В.** Использование функциональных полимеров в медицине / С.В. Шереметьев, Е.М. Штейнберг, Л.А. Зенитова // V Международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки»: сборник статей по материалам, Новосибирск, 25 октября 2012 года. – Новосибирск: Издательство «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. – С. 315-351.
4. **Смирнов, А.В.** Акустические свойства композита 0-3 на основе вольфрама и полистирола / А.В. Смирнов, И.В. Синёв, А.М. Шихабудинов // Журнал радиоэлектроники. – 2012. – № 12. – 16 с.
5. **Смирнов, А.В.** Капсулирование микрочастиц вольфрама в полистирол / А.В. Смирнов, И.В. Синёв // Полимерные композиты и трибология: тезисы докладов международной научно-технической конференции, Гомель, 23-26 июня 2015 года. – Гомель: Изд-во ГНУ ИММС НАН Беларуси, 2015. – С. 172.
6. **Смирнов, А.В.** Получение сферических микрочастиц вольфрама в поле ультразвуковой волны в присутствии активатора / А.В. Смирнов, В.С. Аткин, А.И. Гребенников и др. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика. – 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 13-17.
7. Plasma deposition, treatment, and etching of polymers: the treatment and etching of polymers / ed. by R. d'Agostino, D.L. Flamm, O. Auciello. – San Diego: Academic Press, 1990. – 544 p.
8. **Chu, P.K.** Plasma-surface modification of biomaterials / P.K. Chu, J.Y. Chena, L.P. Wang, N. Huang // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2002. – V. 36. – I. 5-6. – С. 143-206.
9. **Idage, S.B.** Surface modification of polystyrene using nitrogen plasma. An X-ray photoelectron spectroscopy study / S.B. Idage, S. Badrinarayanan // Langmuir. – 1998. – V. 14. – I. 10. – С. 2780-2785.