

УДК 539.2+621.793.184

ТОПОГРАФИЯ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИОННО-АССИСТИРОВАННЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

С. М. Барайшук, О. Г. Верес, И. С. Ташлыков

Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,
ул. Советская 18, г. Минск, Беларусь. E-mail: Bear_s@bspu.unibel.by

Введение

Ионно-ассистированное нанесение покрытий в условиях самооблучения (ИАНПУС) эффективно модифицирует свойства поверхности упругих [1] и неупругих [2, 3] изделий. При этом отмечается, что наряду с изменением структуры поверхности материалов метод позволяет изменять смачиваемость поверхности [1, 4]. Управление смачиваемостью поверхности в разных средах путём нанесением покрытий представляется важным и актуальным как для биоматериалов [5], так и для материалов электроники [6], нефтяной промышленности [7, 8] и др.

В исследованиях важнейшими факторами смачивания поверхности изделий жидкостями рассматриваются химический состав поверхности [6], молекулярные взаимодействия между двумя фазами системы жидкость–поверхность [8], шероховатость поверхности [9, 10]. Поэтому нами предпринята попытка установить взаимосвязь смачиваемости дистиллированной водой исходных и модифицированных поверхностей резины и кремния с топографией поверхности образцов. С этой целью, используя метод ИАНПУС, на резину и кремний одновременно наносились тонкие плёнки разного состава. Подготовленные системы покрытие–подложка изучались методом атомно-силовой микроскопии (АСМ).

1. Методика эксперимента

Для осаждения покрытий на основе С, Ti на резину и кремний при ионном ассистировании в условиях самооблучения использовали резонансный источник вакуумной дуговой плазмы, схема которого представлена в [1]. Такой метод нанесения покрытий позволяет совместить процесс физического напыления нейтральной фракции с облучением формирующегося покрытия ионами ионизированной фракции того же материала с энергией 3 кэВ.

В качестве подложки использовали образцы резины РС-26 на основе полярного бутадиен-нитрильного каучука и пластины (111) кремния. Плотность потоков ионизированной и нейтральной фракции осаждаемого на подложку материала при нанесении покрытий составляла $0.2\text{--}0.4 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$, скорость осаждения покрытий была $0.3\text{--}0.4 \text{ нм/мин}$. Снимки топографии поверхности и данные о шероховатости получены с применением методов атомно-силовой микроскопии (NT-



206, ОДО «Микротестмашины», Беларусь). Смачиваемость поверхностей определяли измерением краевого угла смачивания (КУС) по методике, изложенной в [11]. Температура воздуха при выполнении эксперимента 20 °С. В качестве смачивающего агента в опытах применялась дистиллированная вода.

2. Результаты и их обсуждение

С применением атомно-силового микроскопа NT-206 получены изображения поверхности исследуемых образцов. На рис. 1–3 представлены изображения топографии и профили поверхности исходных и модифицированных материалов.

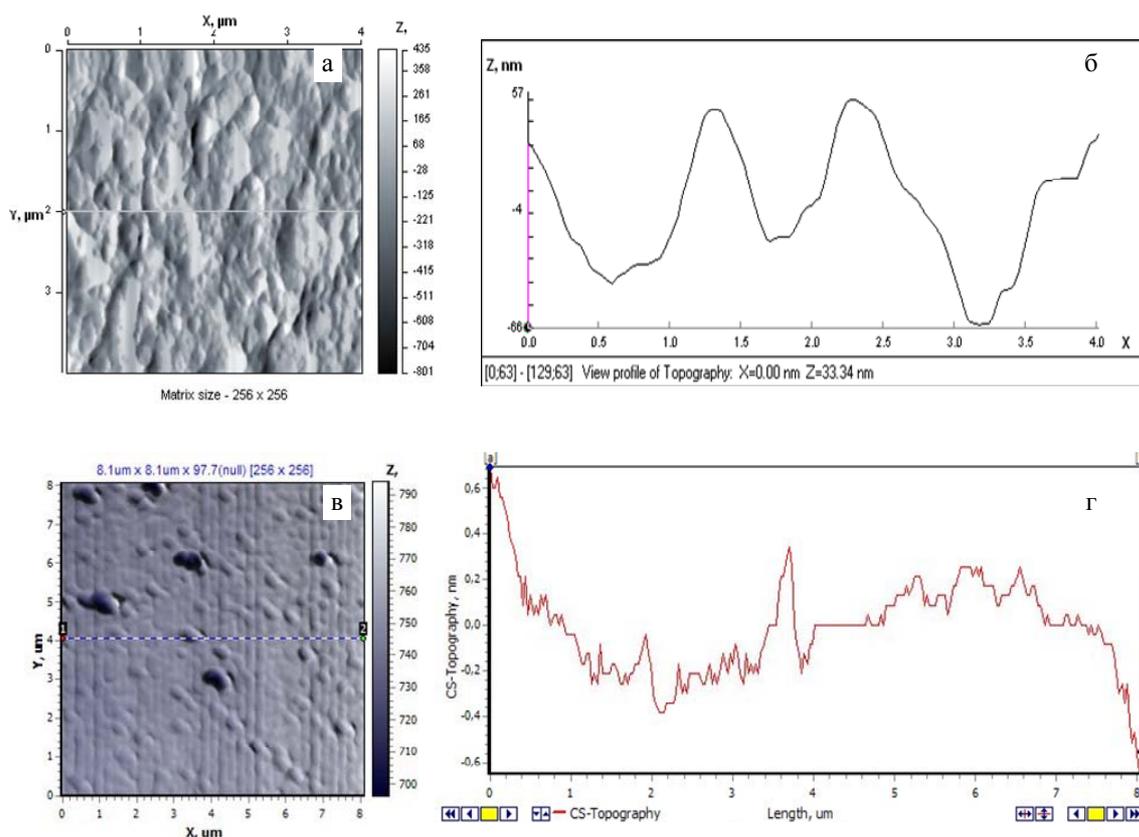


Рис. 1. Изображения топографии и профили поверхности исходных материалов: а, б – резина; в, г – кремний

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, нанесение углеродного покрытия повышает шероховатость поверхности резины до 37,72 нм, однако средняя шероховатость резины с покрытием на основе титана отличается от параметров исходной резины существенно, чем для углеродного покрытия, и составляет 50,52 нм.

При изучении топографии поверхности исходного и модифицированного кремния, как и ожидалось, определено, что качество поверхностей исключительно высокое [3]. Средняя шероховатость кремния весьма незначительна и изменяется от 0,18 нм у исходного кремния до 0,61 нм на поверхности кремния с покрытием на основе титана. Полная площадь фрагмента практически не отличается от проективной площади фрагмента.

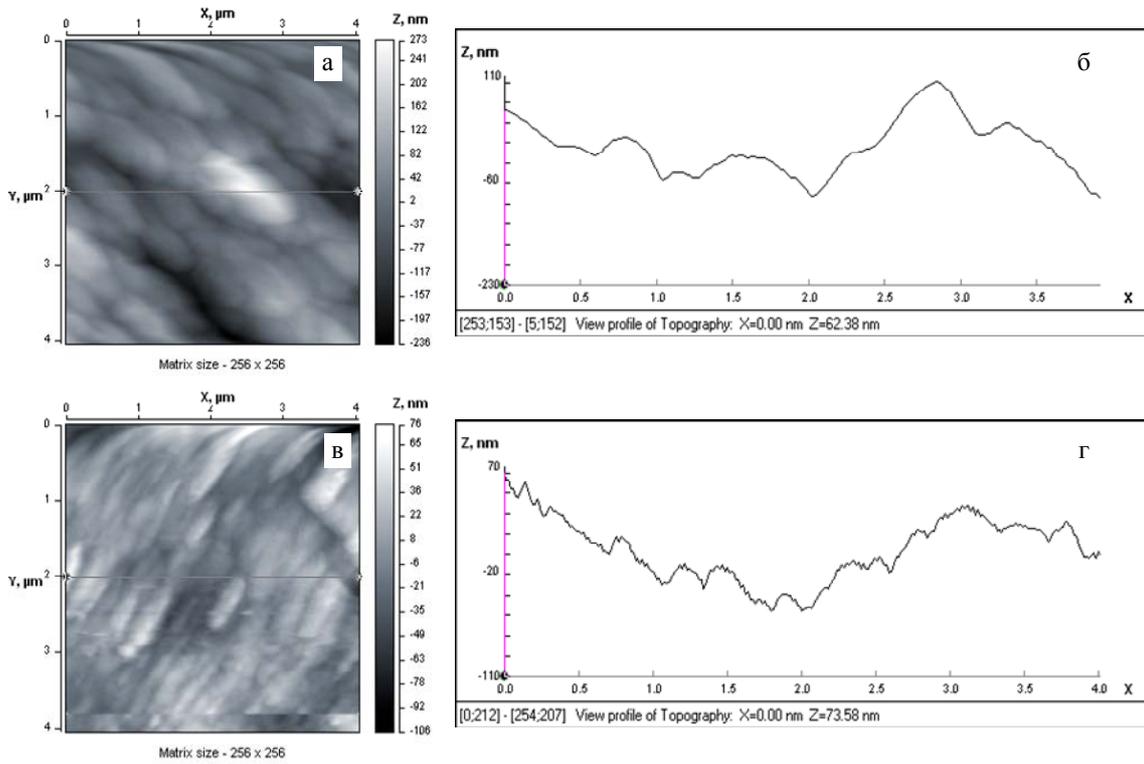


Рис. 2. Изображения топографии и профили поверхности модифицированных материалов: а, б – резина + Ti; в, г – резина + С

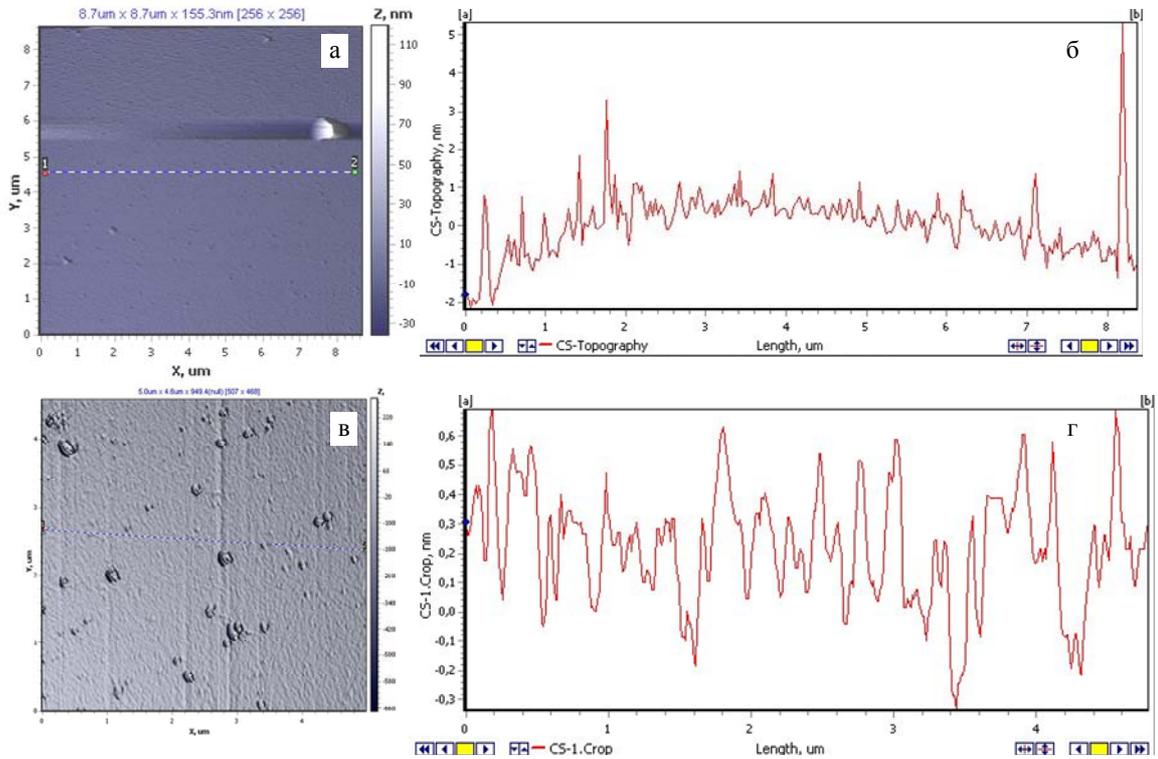


Рис. 3. Изображения топографии и профили поверхности модифицированных материалов: а, б – кремний + Ti; в, г – кремний + С

Таблица 1. Характеристика топографии поверхности исходного и модифицированного материала

| Параметры шероховатости | Резина | | | Кремний | | |
|--|--------------------------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | Материал основы покрытия | | | | | |
| | исходный | С | Ti | исходный | С | Ti |
| Средняя шероховатость, нм | 20,70 | 37,72 | 50,52 | 0,18 | 0,31 | 0,61 |
| Среднеквадратичная шероховатость, нм | 26,19 | 45,81 | 68,17 | 0,41 | 1,9 | 1,12 |
| Отношение полной площади поверхности к номинальной площади | 1,037 | 1,029 | 1,101 | 1,007 | 1,005 | 1,008 |

Полагаем, что изменение топографии поверхности изделий, модифицируемых ионно-ассистированным осаждением покрытий, может влиять на смачиваемость поверхности жидкостью. Действительно, результаты опытов по измерению краевого угла смачивания поверхности исходных и модифицированных образцов резины и кремния по методике, использованной в [11], подтверждают отмеченную ранее [5] важность топографии поверхности изделий при их смачивании (табл. 2).

Таблица 2. Значения краевого угла смачивания (град) поверхности исходных и модифицированных образцов резины и кремния дистиллированной водой

| Материал подложки | Материал основы покрытия | | |
|-------------------|--------------------------|------|------|
| | исходный | С | Ti |
| Резина | 90,0 | 74,2 | 98,6 |
| Кремний | 68,1 | 87,6 | 90,6 |

Так, шероховатость исходной поверхности резины выше, чем у пластины кремния, поэтому КУС на 30% больше при смачивании резинового образца. Вместе с тем значение КУС на поверхности кремния, модифицированного осаждением графитовой пленки, больше, чем на модифицированной резине. Следовательно, в изменение смачиваемости, кроме шероховатости, по-видимому, вносят вклад механизмы взаимодействия молекул воды с атомами на поверхности покрытия. При этом химический состав покрытия для разных образцов отличается по содержанию углерода, кислорода, водорода, атомов основы покрытия и атомов собственно подложек. О важности учета такого взаимодействия, влияющего на лиофильность и лиофобность поверхности алмаза, сообщается авторами [6], которые установили принципиальное влияние обработки поверхности образцов водородом и кислородом на ее смачиваемость водой.

Таким образом, в настоящее время на основании полученных результатов не представляется возможным выделить, какой механизм является ответственным за увеличение или уменьшение смачиваемости ДВ модифицированных поверхностей образцов резины и кремния. Вместе с тем очевидно, что нанесение на резину покрытия на основе С способствует увеличению ее смачиваемости на ~29 %, в то время как осаждение на резину покрытия на основе Ti повышает гидрофобность резины. При нанесении покрытий на основе Ti и С на кремний смачиваемость уменьшилась.

Заключение

Выполненное исследование смачиваемости дистиллированной водой поверхности резины и кремния, модифицированной ионно-ассистируемым осаждением покрытий на основе С, Ti, показало, что гидрофильность и гидрофобность изученных образцов зависит как от топографии поверхности, так и от композиционного состава поверхности. Покрытие на основе С повышает гидрофильность поверхности резины, а покрытие на основе Ti способствует гидрофобности резины. Повышенная шероховатость поверхности резины по сравнению с поверхностью кремниевой пластины ведет к увеличению краевого угла смачивания на -32%. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности управления гидрофобностью и гидрофильностью поверхности резины осаждением покрытий на основе разных материалов.

Литература

1. Tashlykov I. S., Kasperovich A. V., Wolf G. // Surf. Coat. Techn. 2002. Vol. 158–159. Pp. 498–502.
2. Тульев В. В., Поплавский В. В., Ташлыков И. С. // Материалы 4 межд. конф. // Взаимодействие излучений с твёрдым телом – 2001. Минск, 3–5 окт. 2001. 2001. Т. 1. С. 312–314.
3. Бобрович О. Г., Ташлыков И. С. // ФХОМ. 2002. 5. С. 40–43.
4. Ташлыков И. С., Касперович А. В. // ФХОМ. 2001. 4. С. 90–93.
5. Rupp F., Scheideler L., Rehbein D., Axmann D., Geis-Gerstorfer J. // Biomaterials. 2004. Vol. 25. Pp. 1429–1438.
6. Ostrovskaya L., Perevertailo V., Rolchenko V., Dementjev A., Loginova O. // Diamond Relat. Mater. 2002. Vol. 11. Pp. 845–849.
7. Van Dijke M. I. J., Sorbie K. S. // J. of Petrol. Sci. and Engineering. 2002. Vol. 33. Pp. 39–48.
8. Rao D. N. // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2002. Vol. 206. Pp. 203–216.
9. Hazlett R. D. // J. Adhesion Sci. Technol. 1992. Vol. 6. Pp. 625–633.
10. Lin F. Y. H., Li D., Neumann A. W. // J. Colloids and Interface Sci. 1993. Vol. 159. Pp. 86–95.
11. Eikin B., Mayer J., Shindler B., Vohner U. // Surf. and Coat. Techn. 1999. Vol. 116–119. Pp. 836–840.