

Выводы. Таким образом, в процессе проведенных исследований была изучена морфология поверхности наночастиц алюминия, полученных путем обработки лазером на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D), определены размеры наночастиц.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что лазерная абляция в двухимпульсном режиме в интервале энергий 1000–1500 Дж при временах экспозиции от 10 до 25 мин является перспективным методом обработки для получения наночастиц алюминия.

Литература

1. Combustion of frozen nanoaluminium and water mixtures / G. A. Risha [et al.] // J. Propul. Power. – 2014. – Vol. 30, № 1. – P. 133–142.

2. Tappan Combustion of nanoaluminium and liquid water / G. A. Risha [et al.] // Proc. Combust. Inst, 2007. – Vol. 31, № 2. – P. 2029–2036.

3. Маркевич, М. И. Структурные превращения в тонких металлических пленках при импульсном лазерном воздействии / М. И. Маркевич, А. М. Чапланов // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-математических наук, 2016. – № 1. – С. 28–35.

4. Возможности получения наночастиц никеля в водной среде с помощью лазерного воздействия / В. К. Гончаров [и др.] // Инженерно-физический журнал. – 2008. – Т. 81, № 2. – С. 206–210.

5. Формирование коллоидных растворов металлов в воде методом лазерной абляции / В. К. Гончаров [и др.] // Актуальные проблемы физики твердого тела. – 2009. – С. 381–382.

УДК 539.23

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ АМФИФИЛЬНЫХ КИСЛОТ МЕТОДОМ ЛЕНГМЮРА–БЛОДЖЕТТ

Мельникова Г.Б.¹, Лапицкая В.А.^{1,2}, Хабарова А.В.¹, Кузнецова Т.А.^{1,2}, Чижик С.А.^{1,2}

¹ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси»

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. На поверхности кремния и наноструктурированных никелевых поверхностях методом Ленгмюра–Блоджетт сформированы пленки на основе перфторированных амфифильных кислот с добавлением различно количества наночастиц диоксида кремния. Проведены исследования морфологии и шероховатости поверхности полученных пленок методом атомно-силовой микроскопии. Установлено увеличение значений шероховатости пленок Ленгмюра–Блоджетт на кремнии с увеличением содержания наночастиц. Пленка Ленгмюра–Блоджетт из перфторированной кислоты с 1 мг наночастиц оксида кремния приводит к уменьшению шероховатости на наноструктурированных никелевых поверхностях. Полученные слои планируется применять для управляемого изменения смачиваемости поверхности.

Ключевые слова: перфторированные амфифильные кислоты, пленки, метод Ленгмюра–Блоджетт, атомно-силовая микроскопия.

FORMING OF FILMS BASED ON PERFLUORINATED AMPHIPHILIC ACIDS BY THE LANGMUIR – BLODGETT METHOD

Melnikova G.¹, Lapitskaya V.^{1,2}, Khabarava A.¹, Kuznetsova T.^{1,2}, Chizhik S.^{1,2}

¹A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of NAS of Belarus

²Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

Abstract. Films based on perfluorinated amphiphilic acids with the addition of various amounts of silicon dioxide nanoparticles were formed on the silicon surface and nanostructured nickel surfaces by the Langmuir-Blodgett method. The morphology and surface roughness of the obtained films were studied by atomic force microscopy. An increase in the roughness values of Langmuir-Blodgett films on silicon with an increase in the content of nanoparticles has been established. Langmuir-Blodgett film of perfluorinated acid with 1 mg of silicon oxide nanoparticles leads to a decrease in roughness on nanostructured nickel surfaces. The obtained layers are planned to be used for controlled changes in the wettability of the surface.

Key words: perfluorinated amphiphilic acids, films, Langmuir-Blodgett method, atomic force microscopy.

Адрес для переписки: Лапицкая В.А., ул. П. Бровки, 15, г. Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: vasilinka.92@mail.ru

Введение. Поверхности, образованные перфторированными цепями амфифильных соединений, одновременно обладают гидрофобными и липофобными свойствами. Поверхностное натя-

жение перфторалканов в среднем вдвое меньше, чем у алканов с аналогичной длиной цепи. Следовательно, перфторированные поверхностно-активные вещества в водном растворе способны

снижать поверхностное натяжение воды до гораздо более низких значений, чем их гидрогенизированные аналоги. Таким образом, фторированные поверхностно-активные вещества используются в качестве водо- и грязеотталкивающих покрытий [1–2]. Пленки Ленгмюра–Блоджетт (ЛБ) являются хорошо зарекомендовавшими себя модельными системами в области двумерной фундаментальной физики и достаточно хорошо изучены на примерах гидрогенизированных жирных кислот, спиртов, фосфолипидов и т. д. [3], в то время как фторированные амфифильные соединения требуют подробного изучения. Тем не менее, были предприняты важные попытки описать и интерпретировать фазовые переходы и молекулярную организацию в ЛБ-пленках нескольких перфторированных кислот, спиртов и фосфолипидов [4–5], а также амфифильных веществ с более сложной молекулярной структурой [6–7].

Материалы и методы. Для формирования пленок использовали раствор перфтороктадекановой кислоты ($\text{CF}_3(\text{CF}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$, 97 %, AlfaAesar) в гексафторбензоле (99 %, Sigma-Aldrich) с концентрацией 0,5 мг/мл. Наночастицы диоксида кремния (Sigma-Aldrich, $d = 10\text{--}20$ нм) добавляли в массовом соотношении 1 и 3 мг на 1 мл раствора перфторированной кислоты. Для равномерного распределения неорганических наночастиц в течение 15 мин растворы кислот обрабатывали ультразвуком.

Выделение пленок перфторированных амфифильных кислот проводили с использованием установки «Автоматизированный комплекс для модифицирования поверхностей мембран молекулярными и ультратонкими слоями» (Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Беларусь). Поверхностное давление выделения пленки выбрали на основании экспериментально полученных изотерм «поверхностное давление – площадь на молекулу» в области образования наиболее плотного слоя пленки (фазовое состояние «твердая пленка»).

Гидрофилизацию кремниевых подложек, используемых для получения контрольных образцов, проводили в пероксидно-аммиачном растворе в течение 15 мин при температуре 80 °С.

Морфологию поверхности исследовали на атомно-силовом микроскопе (АСМ) Dimension FastScan (Bruker, США) со стандартным кремниевым кантилевером типа CSG10_SS (TipsNano, Россия), с радиусом закругления острия 10,4 нм и жесткостью консоли 0,51 Н/м, в режиме PeakForce QNM.

Результаты. На основании данных наноструктуры поверхности ЛБ пленок перфтороктадекановой кислоты показано формирование плотного слоя при поверхностном давлении, $\pi = 15$ мН/м. Введение наночастиц диоксида кремния приводит

к встраиванию наночастиц в формируемый монослой амфифильного соединения на поверхности воды. Поверхностное давление формирования плотного монослоя не изменяется. Площадь на молекулу при введении наночастиц уменьшается от значений 1,6 (для перфторированной кислоты) до 1,2 нм² (для композиционных пленок).

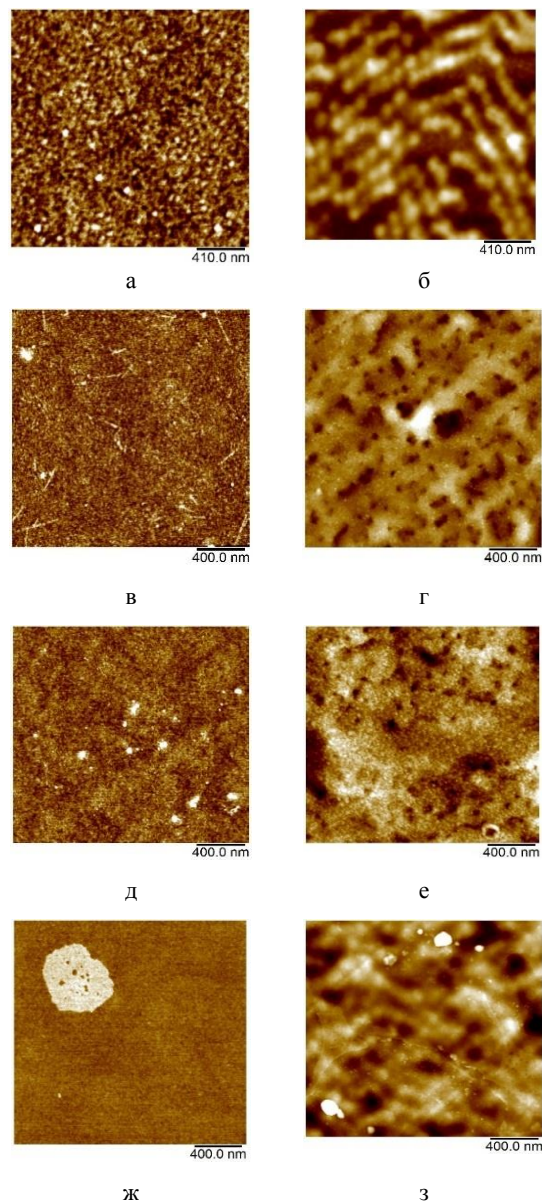


Рисунок 1 – Структура исходной поверхности кремния (а), наноструктурированной никелевой поверхности (б), ЛБ пленок $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$ (в, з) и композиционных с наночастицами оксида кремния 1 мг (д, е) и 3 мг (ж, з) на гидрофилизированных пластинах кремния (а, в, д, ж) и на структурированных никелевых поверхностях (б, з, е, з)

Следует отметить образование конгломератов диаметром 400 нм и более на поверхности композиционных ЛБ-пленок, полученных из растворов с содержанием наночастиц 3 мг на 1 мл кислоты (рис. 1).

Возрастают значения шероховатости ЛБ-пленок на кремнии с увеличением содержания наночастиц: R_a от 0,134 до 0,212 нм. В случае наноструктурированных никелевых поверхностей в результате формирования ЛБ-пленки перфторированной кислоты и с 1 мг наночастиц оксида кремния значения R_a уменьшаются от 4,79 до 2,49 и 1,94 нм, R_q – от 4,79 до 7,46 и 2,52 нм, что свидетельствует о формировании тонкого однородного слоя, который нивелирует шероховатость исходной поверхности. Содержание наночастиц в количестве 3 мг вносит дополнительный вклад в неоднородность поверхности, в результате чего шероховатость возрастает до исходных значений.

Сформированные монослои могут быть рекомендованы для получения защитных гидрофобных слоев на основе тонких ЛБ-пленок перфторированных кислот

Благодарности. Исследование было выполнено в рамках задания 3.03.3 ГПНИ «Конвергенция–2025» на 2021–2025 годы.

Литература

1. Kissa, E. Fluorinated Surfactants: Synthesis, Properties, Applications : 1st ed. / Kissa, E. – Marcel Dekker : New York, 1994.
2. Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins. Integr / R. C. Buck [et al.] // Environ. Assess. Manag. – 2011. – Vol. 7. – P. 513–541.
3. Kaganer, V. M. Structure and phase transitions in Langmuir monolayers / V. M. Kaganer, H. Möhwald, P. Dutta // Rev. Mod. Phys. – 1999. – Vol. 71. – P. 779–819.
4. Structure of Langmuir Monolayers of Perfluorinated Fatty Acids: Evidence of a New 2D Smectic C Phase / P. Fontaine [et al.] // Molecules. – 2019. – Vol. 24. – P. 3590.
5. Spontaneous self-assembly of partially fluorinated bolaamphiphiles into ordered layered structures / J. Paczesny [et al.] // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2012. – Vol. 14. – P. 14365–14373.
6. Kirsch, P. Modern Fluoroorganic Chemistry : 2nd ed. / Kirsch, P. – Wiley-VCH : Weinheim, 2004.
7. Bunn, C. W. Structure of molecules and crystals of fluorocarbons / C. W. Bunn, E. R. Lowells // Nature. – 1954. – Vol. 4429. – P. 549–551.

УДК 621.923.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГАЛТОВКИ ОТ УСЛОВИЯ ОБРАБОТКИ

Мирзоалиев А.И., Мирзоалиев И., Мамадназарова М.С., Имомов Н.Б.

*Таджикский технический университет им.академик М.С.Осими
Душанбе, Таджикистан*

Аннотация. В данной статье исследованы различные условия галтовки самоцветных камней. В том числе: сухая галтовка без абразива, сухая галтовка с добавлением абразива, галтовка в водяной среде без абразива, галтовка в водяной среде при добавление определенного количества абразива. Установлено, что на производительность процесса обработки наибольшее влияние оказывает кавитационное изнашивание материала. Предложено создать устройства создающие суперкавитационный поток, и обеспечивающий направленного его воздействия на обрабатываемую поверхность.

Ключевые слова: галтовка, абразив, заготовка, устройство, инструмент, загрузка.

STUDY OF THE DEPENDENCE OF PRODUCTIVITY GALLERY FROM THE PROCESSING CONDITION

Mirzoaliev A., Mirzoaliev I., Mamadnazarova M., Imomov N.

*Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
Dushanbe, Tajikistan*

Annotation. This article examines various conditions of gallery of semi-color stones. Including: dry galton without abrasive, dry gallery with the addition of abrasive, hacking in a water medium without abrasive, hacking in a water medium when adding a certain amount of abrasive. It has been established that cavitation wear of the material has the highest effect on the performance of the processing process. It is proposed to create devices creating a supercaviability stream, and ensures its directional effect on the treated surface.

Keywords: galton, abrasive, blank, device, tool, loading.

Галтовка является один из широко используемых технологических процессов. При изготовлении изделия из самоцветных камней наиболее широко распространен способ галтовки в барабанах с горизонтальной и наклонной оси вращения. При данном способе заготовки и абра-

зивную массу загружают в барабан и производят обработку при вращение барабана с небольшой угловой скоростью. Можно производить как «сухую», так и «мокрую» обработку путем добавление жидкости в барабан [1]. Данный способ галтовки имеет низкую производительность. Ис-