

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.793.14

Розель
Петр Александрович

Формирование гидрофобной поверхности на диоксиде кремния с развитым наноразмерным рельефом

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 «Нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)»

Научный руководитель
Котов Дмитрий Анатольевич
кандидат технических наук
доцент кафедры микро- и
наноэлектроники

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

Развитие дисплейной техники с сенсорными дисплеями и со все большим использованием ее в повседневной жизни в различных областях, требует создания новых защитных покрытий и технологий их формирования. Что обусловило необходимость создания гидрофобных поверхностей, обладающих «самоочищающимися» свойствами, которые позволяют в значительной степени уменьшить загрязнение дисплеев. Это применимо и при создании солнечных элементов, которые требуют чистоты поверхности для увеличения КПД, защите от климатических условий электронных устройств.

Существует несколько способов защиты от загрязнений оптически-прозрачных поверхностей. Первый способ подразумевает использование той, или иной комбинации из различных козырьков, очистителей, дворников, систем обдува и обмыва защитных стекол. Другой, менее экзотичный и весьма банальный способ, если к прибору есть свободный доступ, элементарно – просто помыть защитное стекло. Все перечисленные варианты очистки относятся к механическим. Механические методы очистки не всегда возможны либо не могут быть применены из-за сложности доступа к установленному оборудованию, не всегда являются экономически выгодными.

Так же существует химический способ, который подразумевает применение специальных защитных покрытий: гидрофобного (водоотталкивающего) и гидрофильного, при попадании на поверхность с данным покрытием – вода растекается по всей поверхности тонкой пленкой. С одной стороны эти покрытия препятствуют загрязнению внешней поверхности защитного стекла, с другой стороны – при попадании на стекло воды в виде дождя, тумана, снега, росы, способствуют их максимально быстрому удалению с одновременным очищением стекла от загрязнений.

В последние годы значительные усилия были посвящены разработке гидрофобных поверхностей из-за их свойств самоочищения. Капля воды на гидрофобной поверхности стекает даже при наклонах лишь в несколько градусов, очищая при этом поверхность от загрязнений, возникающих на пути скатывания капли.

Гидрофобные самоочищающиеся покрытия удобны и экономически эффективны для обслуживания различных поверхностей. В идеале, такие покрытия должны быть легко изготавливаемые, механически устойчивы, стабильные. Ни один из существующих методов еще не удовлетворяет всем этим критериям.

Гидрофобность связана с шероховатостью поверхности. На примере листа лотоса, с двойным уровнем шероховатости, является одним из наиболее эффективных примеров супергидрофобной поверхности. Эта магистерская

диссертация предлагает новый метод для подготовки поверхности и нанесения гидрофобного покрытия. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с имеющимися на данный момент химическими методами формирования гидрофобных поверхностей при применении в массовом производстве: чистота процесса, простота оборудования, механическая износостойкость покрытия, обработка подложек в одной вакуумной камере.

Библиотека БГУИР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации. Развитие дисплейной техники с сенсорными дисплеями, требует создания новых защитных покрытий и технологий их формирования. Что обусловило необходимость создания гидрофобных поверхностей, обладающих «самоочищающимися» свойствами, которые позволяют в значительной степени уменьшить загрязнение дисплеев. Так же это применимо при создании солнечных элементов, которые требуют чистоты поверхности для увеличения КПД.

Цель и задачи исследования

Цель работы – разработка технологии формирования гидрофобной поверхности на основе диоксида кремния с развитым наноразмерным рельефом.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проведение аналитических исследований влияния наноструктурированной поверхности на ее гидрофобные свойства.
2. Разработка экспериментального комплекса.
3. Проведение экспериментальных исследований по созданию наноструктурированной диэлектрической поверхности.
4. Изучение влияния параметров наноструктурированной поверхности на ее гидрофобные свойства.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является процесс формирования гидрофобного покрытия на наноструктурированной поверхности диоксида кремния. Предметом исследования являются параметры технологических процессов нанесения гидрофобного покрытия, а также параметры предварительной обработки подложки при создании наноструктурированного рельефа.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась совместно на кафедре Микро- и наноэлектроники БГУИР и в научно-технической компании ИЗОВАК по договору 14-1218 для разработки технологии нанесения гидрофобного покрытия на предварительно подготовленную поверхность и соответствует подразделу 2.3. «физико-химические явления и процессы на межфазных поверхностях, коллоидно-химические основы получения, превращения и применения дисперсных систем, поверхностно-активных веществ, физико-химическая механика материалов» перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2011-2015 гг., утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 апреля 2010 г. №585.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Разработка экспериментальной методики создания наноструктурированного рельефа без использования фотолитографии.
2. Определение технологических режимов формирования наноструктурированного рельефа на диоксиде кремния.
3. Технология формирования гидрофобной поверхности на диэлектрической подложке.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Аналитическое исследование современных методов создания гидрофобных покрытий проводилось соискателем лично. Во время работы над диссертацией соискателем были рассмотрены физические и технические особенности формирования гидрофобного покрытия, опробована методика нанесения гидрофобного покрытия жидкостным испарением в вакууме. Разработка схемы проведения технологического процесса осуществлялась совместно с сотрудниками компании “ИЗОВАК”. Во время работы над диссертацией соискателем были проведены сборка экспериментального стенда и эксперименты по нанесению гидрофобного покрытия, а также проведены эксперименты по созданию наноструктурированной поверхности диоксида кремния. Разработка технологии формирования гидрофобного покрытия на диоксиде кремния жидкостным испарением в вакууме и оборудования для массового производства проводилась совместно с сотрудниками компании “ИЗОВАК” и научным руководителем кандидатом технических наук Котовым Д.А.

Публикации. Основные положения работы и результаты диссертации изложены в 2 опубликованных работах, представленных в материалах научных конференций (см. список опубликованных работ).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения и списка использованных источников, включающего 50 наименований. Общий объем диссертации составляет 62 страницы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **введении** современное состояние проблемы нанесения гидрофобного покрытия с высокой механической устойчивостью, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **первой главе** приводится аналитическое исследование современных типов гидрофобных методов формирования гидрофобных покрытий, описаны технологии получения гидрофобных покрытий. В ходе дальнейших исследований гидрофобных поверхностей, была разработана система подготовки подложек, а также нанесение износостойкого гидрофобного покрытия.

Во **второй главе** приводится описание экспериментального комплекса используемого для проведения опытов по созданию наноструктурного рельефа, а также средства и методики измерения результатов экспериментов.

Экспериментальный комплекс был создан на базе вакуумных установок “Аспиара-150” и “Ортус-700” производства Изовак.

В **третьей главе** приведены результаты экспериментов по формированию гидрофобного покрытия на наноструктурированной поверхности диоксида кремния.

Используя современные требования и ограничения к гидрофобным покрытиям было составлено задание на формирование гидрофобной поверхности. По результатам проведения экспериментов по нанесению гидрофобных материалов, была выбрана наиболее соответствующая современным требованиям технология нанесения покрытия. Разработанная технология нанесения гидрофобного покрытия позволяет производить нанесение практически в любой вакуумной камере. Технология нанесения обеспечивает высокий уровень равномерности покрытия по подложке. Покрытия нанесенные жидкостным испарением в вакууме обладают высокой износостойкостью и отвечают современным требованиям. Данная технология позволяет производить обработку подложек и нанесение покрытия в одной вакуумной камере, что обеспечивает высокое качество покрытия.

В **четвертой главе** приводятся рекомендации по применению гидрофобного покрытия. Изложены свойства данного покрытия.

В **выводах** кратко изложены основные результаты магистерской диссертации, приведены результаты экспериментов по формированию гидрофобной поверхности на диоксиде кремния с развитым наноразмерным рельефом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения аналитических исследований были определены основные методы получения наноструктурированного рельефа и формирования гидрофобного покрытия. Изучены основные требования к покрытиям такого рода. На основании этих данных было сформировано задание на разработку методики формирования гидрофобного покрытия с высокой механической стойкостью и с возможностью использования для нанесения на подложки больших размеров.

В ходе работы был разработан экспериментальный комплекс на базе двух вакуумных установок «Аспира 150» и «Ортус 700» производства Изовак. «Аспира 150» использовалась для полировки, создания наноразмерного рельефа поверхности образцов, отжига в вакууме. «Ортус 700» использовался для термического испарения жидкости в вакууме и нанесения гидрофобного покрытия на тестовые образцы.

В ходе работы над диссертационной работой установлено, что формирование наноструктурированного рельефа диоксида кремния без использования фотолитографии возможно с помощью плазмо-химического травления, либо с использованием ионно-лучевого травления при малых мощностях. Данная методика позволяет создавать наноразмерный рельеф на поверхности образцов без использования фотолитографии, что позволяет значительно сократить расходы на подготовку поверхности перед нанесением гидрофобного покрытия.

Была разработана система жидкостного испарения в вакууме для формирования мономолекулярного слоя с гидрофобными свойствами. Определено, что механическая стойкость гидрофобного покрытия зависит от природы поверхности и от режимов обработки образцов. Установлено, что использование фторопласта в качестве защитного гидрофобного покрытия не целесообразно из-за низкой устойчивости пленки к механическим нагрузкам и невозможно для использования в дисплейной технике. Для увеличения стойкости гидрофобного покрытия использовался химический реагент, который наносился мономолекулярный слой на поверхность жидкостным испарением в вакууме.

В ходе проведения испытаний данной технологии были получены гидрофобные покрытия с высокой механической устойчивостью и высоким краевым углом смачивания. Данное оборудование установлено на линейное вакуумное оборудование, которое поставлено по контракту в Южную Корею для производства дисплеев с гидрофобным покрытием.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Розель, П.А. Формирование защитных покрытий с гидрофобными свойствами / В. А. Савич, А. А. Ясюнас, Г. К. Жавнерко, Розель П.А. // Физика конденсированного состояния : материалы XXII междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 17–18 апр. 2014 г. / ГРГУ им. Я. Купалы [и др.] ; редкол.: В. Г. Барсуков [и др.]. – Гродно : ГРГУ, 2014. – С. 178–181.
2. П. А. Розель, Е. А. Хохлов, А. С. Мысливец Многозонные полосовые интерференционные светофильтры для систем ДЗЗ / Аэрокосмический курьер. – 2014. – №5. – С.2
3. Combined Optical Coating and the Method of Manufacture (Variants): пат. РСТ/ВУ2015/000005 РБ; заявитель П. А. Розель. – №ВУ2015/0000015; заявл. 29.10.15.