ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОФОБНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛА

А.В. Аксючиц, О.М. Чернаусик
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, ул. П. Бровки 6, Минск 220013, Беларусь,
kotov@bsuir.by, a.aksiuchyts@bsuir.by, o.chernausik@bsuir.by

Разработана технология создания покрытия, обладающего выраженными гидрофобными свойствами. Разработаны основные этапы технологии формирования таких покрытий. Проведено тестирование гидрофобных свойств покрытий на основе исследований статического краевого углу смачивания его водой. Получены стеклянные подложки с гидрофобным покрытием, имеющим значения краевого угла смачивания свыше 110°.

Ключевые слова: атмосферная плазма; гидрофобное покрытие; краевой угол смачиваемости.

FORMATION OF A HYDROPHOBIC COATING ON THE SURFACE OF GLASS

Aleksandr Aksiuchyts, Olga Chernausik
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 6 Brovki Str., 220013 Minsk, Belarus,
kotov@bsuir.by, a.aksiuchyts@bsuir.by, o.chernausik@bsuir.by

The sequence of operations of the technological process of creating a coating, which includes three stages, has been developed. First stage: cleaning and activation of the glass surface in the plasma of a dielectric barrier discharge at atmospheric pressure, which made it possible to reduce the contact angle by 4 times to ensure better adhesion of the polymer molecules of the hydrophobic agent to the surface. The second stage: applying a hydrophobic material by centrifugation. The third stage: thermal stabilization using a heater with IR lamps, which makes it possible to increase the contact angles of wettability by 15° and the lifetime of the coating by 2 times. The hydrophobic properties of the coating were tested by the static wetting angle of the coating with water.

Keywords: atmospheric plasma; hydrophobic coating; contact angle of wettability.

Введение

В настоящее время актуальной задачей является создание различных видов солнечных элементов. Для повышения срока их службы и эффективности работы предложено создавать на них покрытия, имеющие способность к самоочистке для применения в видимом диапазоне спектра электромагнитных волн. Такие покрытия должны обладать выраженными гидрофобными свойствами [1-3].

Гидрофобными являются покрытия, у которых краевые углы смачиваемости составляют 90-150°[1].

Методы проведения исследований

Для формирования покрытий создан экспериментальный стенд, который включает в себя газовую систему, разрядную систему, систему питания, а также систему подачи прекурсора.

Очистка и активация поверхности производилась методом обработки в плазме диэлектрического барьерного разряда. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон высокой чистоты с расходом от 1 до 5 л/мин. Аргон прокачивался через гибкую трубку и подавался в разрядную систему для генерации коаксиального диэлектрического барьерного разряда. Газ, проходя разрядную зону, формирует плазменный факел, который и взаимодействует с поверхностью обрабатываемой подложки. Размеры зоны обработки определяются геометрическими параметрами плазменного факела. Диаметр

обработки при расстоянии до подложки более 20 мм, составляет 10 мм.

После обработки образца в плазме атмосферного разряда стеклянная подложка помещается на центрифугу для равномерного распределения гидрофобного агента тонким слоем на поверхности. Во время проведения эксперимента скорость вращения составляла 500-3000 об/мин. При достижении необходимого значения скорости вращения происходит дозированное попадание гидрофобного агента на поверхность подложки. Благодаря центробежной силе при вращении агент распределяется по образцу тонким равномерным слоем.

По окончании этапа нанесения гидрофобного слоя методом центрифугирования для стабилизации и улучшения его свойств проводился отжиг с помощью инфракрасных ламп.

Гидрофобные свойства покрытия тестировались по статическому краевому углу смачивания водой. Для оценки величины смачиваемости поверхности стекла был выбран метод лежащей капли. Для определения статического краевого угла смачивания покрытия водой на поверхность наносили каплю дистиллированной воды объемом порядка 2.5 мкл с помощью специального шприца-дозатора. Затем производилась ее фотофиксация в режиме микросъемки на цифровом фотоаппарате. Определение краевого угла смачивания поверхности водой осуществлялось методом его измерения на сделанной фотографии с помощью программы AutoCAD 2020. При тестировании гидрофобных свойств каждого образца осуществляли 3–5 измерений угла смачивания в разных точках, после чего определяли среднее значение краевого угла смачивания, по которому делали вывод о гидрофобности покрытия.

Результаты и их обсуждение

Для исследования влияния времени обработки на адгезионные свойства стекла время обработки увеличивалось до 1 мин. с шагом 5 секунд. Полученная зависимость представлена на рис.1.

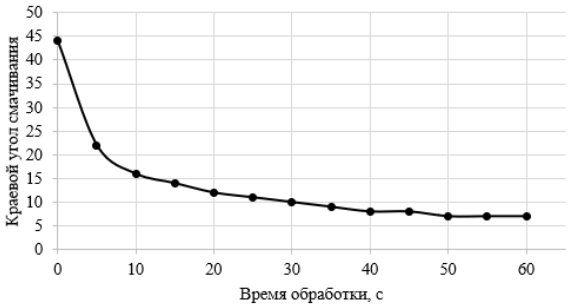

Рис. 1. Зависимость краевого угла смачивания поверхности стекла от времени обработки

Основной эффект от обработки стекла достигается за первые 10 с, краевой угол смачивания уменьшается почти в 3 раза. В первые секунды обработки происходит эффективное удаление загрязнений и очистка на атомарном уровне. При дальнейшей обработке поверхность активируется, вследствие чего адгезия заметно улучшается. Наиболее эффективное время обработки стекла составляет 40-50 с.

Проведены исследования по определению времени сохранения эффекта обработки с приданием гидрофильных свойств поверхности образцов из стекла. Для этого образцы были обработаны в факеле атмосферной плазмы и помещены в чашки Петри. Через каждые 12 ч проводились измерения краевого угла смачивания. В результате исследования сделан вывод о восстановлении обработанной поверхности стеклянной подложки до исходного состояния по гидрофильным/ гидрофобным свойствам через четверо суток.

Формирование гидрофобного покрытия на поверхности стеклянных подложек, предварительно обработанных в атмосферной плазме, производили с помощью центрифуги при следующих параметрах: время обработки 45 с, расстоянии от трубки 1.5 см, расходе газа 210 л/ч. Скорость центрифуги варьировалась в диапазоне от 500-3000 об/мин.

Объем гидрофобизирующего материала подбирался экспериментально, исходя из условия обеспечения равномерного покрытия всей поверхности стеклянной

подложки при минимальном расходе материала. Зависимость угла смачивания от скорости вращения центрифуги представлена на рис. 2.

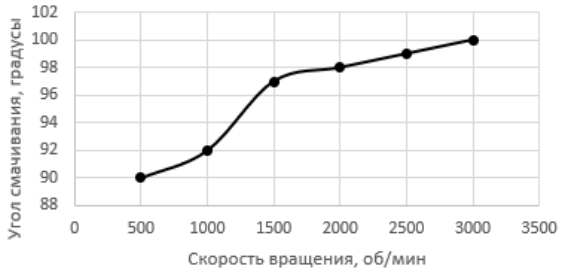

Рис. 2. Зависимость угла смачивания от скорости вращения центрифуги

При скоростях 300-500 об/мин слой гидрофобизирующего агента остается значительным, а рельеф развитым. Благодаря дальнейшему увеличению скорости вращения в пределах от 1000 до 1500 об/мин происходит уменьшение толщины гидрофибизирующего слоя, что значительно увеличивает краевой угол смачивания. Происходит выход на оптимальный режим работы и последующее повышение скорости вращения не вносит весомый вклад в повышение гидрофобных свойств покрытия.

Процесс термической стабилизации проводился при температуре 180°С. После проведения операции термической стабилизации нанесенного гидрофобного агента наблюдалось незначительное повышение шероховатости поверхности, что вероятно связано с преимущественной вертикальной ориентацией молекул гидрофобного агента. Для исследованных образцов замечено небольшое повышение угла смачиваемости поверхности. Зависимость угла смачивания от времени термической стабилизации представлена на рис. 3.

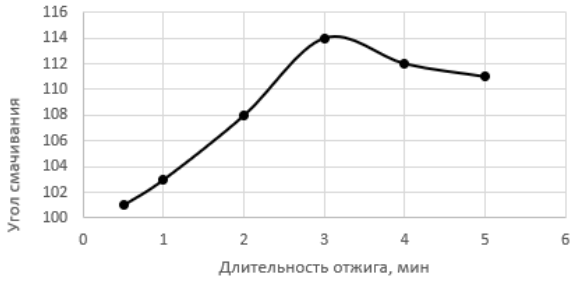

Рис. 3. Зависимость угла смачивания от времени термической стабилизации

Термическая стабилизация позволила увеличить краевые углы смачиваемости на 15° и время жизни покрытия в 2 раза.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что для создания качественного гидрофобного покрытия необходима реализация технологии на основе трех операций: подготовка поверхности стекла, нанесение материала с гидрофобными свойствами и последующая его стабилизация. С помощью такой технологии были получены стеклянные подложки с гидрофобным покрытием, имеющим значения краевого угла смачивания 110-115°.

Библиографические ссылки

1. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение. *Успехи химии* 2008; 77(7): 619-638.
2. Савич В.А., Ясюнас А.А., Жавнерко Г.К. Формирование защитных покрытий с гидрофобными свойствами. *Физика конденсированного состояния: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов*, 2014. 178-181.
3. Quéré D. Surface chemistry: Fakir droplets / David Quéré. *Nature Materials* 2002; 1(1): 14-15.