

## ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК ПРИ ОБРАБОТКЕ В ПЛАЗМЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

А.В. Аксючиц, Д.А. Котов, Б.З. Хамаде, Е.К. Железнова  
*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
ул. П. Бровки 6, Минск 220013, Беларусь,  
a.aksiuchyts@bsuir.by, Bhamadneh@yahoo.com, ezh815@gmail.com, kotov@bsuir.by*

В данной статье рассматривается изменение гидрофильных свойств керамических подложек после обработки в плазме атмосферного давления. Для экспериментальных исследований использовались плазмы с разной разрядной мощностью и определялись зависимости изменения величин краевого угла смачивания от времени обработки. Установлено, что краевой угол смачивания изменился для ситалла в 7.6 раз, для поликора в 6 раз, для шлифованного ВК-94 в 6.5 раз и для глазурированного ВК-94 в 6.6 раз. Эффективное время для обработки данных керамических подложек в среднем составляет от 30 до 90 секунд, так как дальнейшая обработка не приводит к значительным его изменениям.

**Ключевые слова:** плазма атмосферного давления; гидрофильные свойства; керамические подложки.

## INCREASE THE CERAMIC SUBSTRATES SURFACE HYDROPHILICITY BY TREATMENT IN PLASMA AT ATMOSPHERIC PRESSURE

A.V. Aksiuchyts, D.A. Kotov, B.Z. Hamadneh, K.K. Zheliaznova  
*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,  
6 P. Brovki Str., 220013 Minsk, Belarus, a.aksiuchyts@bsuir.by,*

This article discusses the increase in the hydrophilic properties of ceramic substrates after treatment in atmospheric pressure plasma. For experimental studies, dielectric barrier discharge plasmas with different discharge powers were used and the dependences of the values change of the wetting angle on the treatment time were determined. It has been established that the contact wetting angle has changed for sitall by 7.6 times with effective time treatment for 40 seconds, for polycor by 6 times and 30 seconds treatment, for polished VK-94 by 6.5 times for 60 seconds treatment and for glazed VK-94 by 6.6 times for 30 seconds treatment. The effective time for processing these ceramic substrates is on average 30 to 90 seconds, since further processing does not lead to significant changes.

**Keywords:** atmospheric pressure plasma; hydrophicity; ceramic substrates.

### Введение

За последние годы большой практический интерес исследователей стала занимать модификация разных поверхностей и её активация. Плазменная обработка является одним из таких методов, способствующих улучшению поверхностных свойств изделий, например, изменение гидрофильных/гидрофобных свойств и улучшение адгезии керамических материалов для микроэлектроники [1]. Особое внимание сконцентрировано на обработке при атмосферном давлении, которая даёт ряд преимуществ, таких как про-

стое и недорогостоящее оборудование, так как не требуется поддержание вакуума, а следовательно – нет возможности бомбардировки высокоэнергетическими ионами, электронами и рентгеновским излучением. Также плазменную обработку на воздухе можно объединить с другими технологическими процессами, например, такими как склеивание или нанесения покрытий.

### Результаты и их обсуждение

Для проведения исследований использовалась экспериментальная система генерации плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении,

состоящая из разрядной системы, системы подачи газа, системы питания (рис. 1).

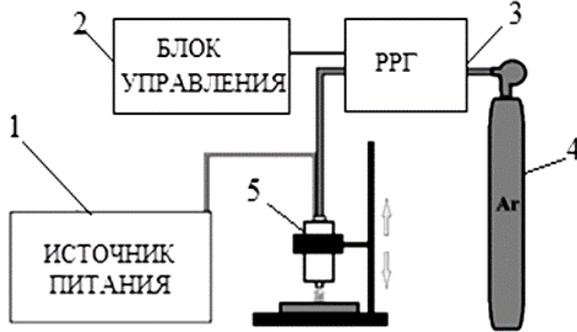


Рис. 1. Схематическое изображение экспериментальной установки: 1 – источник питания, 2 – блок управления индикации и питания, 3 – регулятор расхода газа; 4 – баллон, 5 – разрядная система

Для оценки величины адгезии подложек был выбран метод лежащей капли [2], с помощью которого измерялся краевой угол смачивания. Обработанное изображение представлено на рисунке (рис. 2).

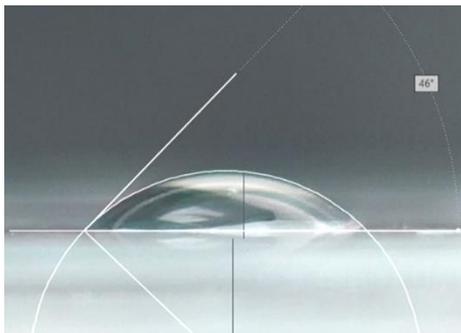


Рис. 2. Изображение лежащей капли на поверхности стекла с измеренным углом смачивания

На обрабатываемых подложках за счёт образования активного слоя из разорванных связей происходит активация поверхности, что ведет к увеличению смачивания. Для определения изменений поверхностных свойств были изучены зависимости изменения величины смачиваемости, то есть краевого угла смачивания от времени обработки подложек при постоянных параметрах в виде расстояния разрядная система-подложка и расход газа.

В эксперименте использовалось 4 вида керамических подложек: ситалл СТ-50, поликор ВК-100 и корундовая керамика ВК-94 шлифованная и глазурированная. Для полноты исследований использовалось 2

типа плазмы, отличающихся разрядной мощностью и расходом газа. Для всех экспериментов время варьировалось от 10 до 300 секунд с интервалом сначала в 10 секунд до минуты, и в 30 секунд при времени более минуты, при этом расстояние торце-подложка составляло 10 мм, а расход газа составлял 178 л/ч. На основании измерений угла смачивания (рис. 2) были получены экспериментальные зависимости обработки ситалла СТ-50, представленные на рисунке 3.

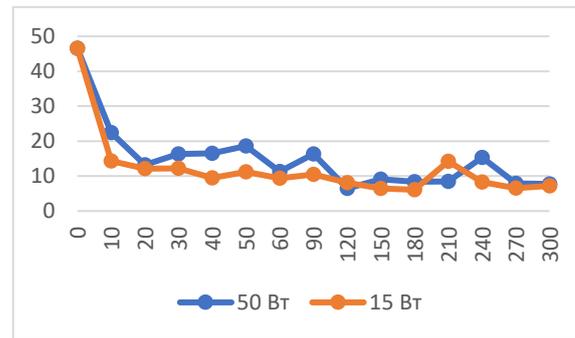


Рис. 3. График зависимости краевого угла смачивания от времени обработки ситалла

На рисунке показано, что эффективное время обработки составляет 40 секунд, что свидетельствует об активной очистке поверхности ситалла и улучшении смачиваемости. При времени обработки, превышающем эффективное, значительного улучшения смачиваемости не происходит.

На рис. 4 показана зависимость краевого угла смачивания от времени при обработке поликора ВК-100. Из данной зависимости видно, что краевой угол смачивания меньше при обработке в плазме с более высоким значением мощности разряда.

Исследование зависимости краевого угла смачивания для подложек ВК-94 показано на рис. 5 и 6. В первом случае подложка была шлифованная, а во втором глазурирована со слоем металлизации. Анализ рисунков показал, что в обоих случаях обработка в плазме при разной мощности не имеет существенных различий. Лучшее смачивание достигается при обработке в плазме при времени обработки 90 секунд и более.

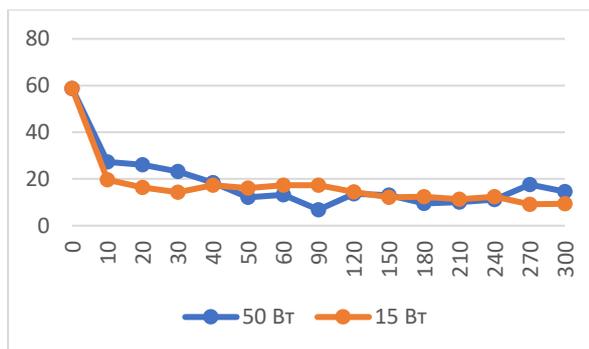


Рис. 4. График зависимости краевого угла смачивания от времени обработки поликора



Рис. 5. График зависимости краевого угла смачивания от времени обработки шлифованного ВК-94

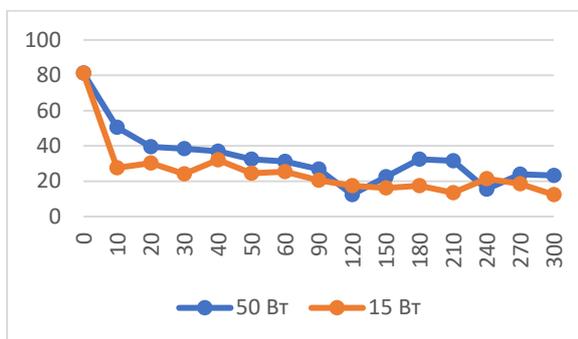


Рис. 6. График зависимости краевого угла смачивания от времени обработки глазурированного ВК-94

Зависимость краевого угла смачивания от времени обработки глазурированной подложки ВК-94 с топологическим рисунком в виде металлической пленки представлен на рис. 6. Как видно из графика, наличие металлического слоя снижает

смачиваемость поверхности. Однако, несомненно, при обработке в плазме с меньшей мощностью разряда эффективность обработки выше, чем в плазме с более высокой мощностью. После достижения двух минут обработки краевой угол практически не изменяется, что свидетельствует о лучшей эффективности обработки данного материала.

### Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что использованный метод очистки и активации в факеле плазмы диэлектрического барьерного разряда является эффективным как с позиции повышения гидрофильности, так и с точки зрения энерго- и ресурсосбережения, а также были установлены эффективные режимы воздействия плазмой диэлектрического барьерного разряда на поверхности образцов. Краевой угол смачивания снизился в 7.6 раз (с  $46^\circ$  до  $6^\circ$ ) для ситалла СТ-50 в 6 раз (с  $59^\circ$  до  $9.5^\circ$ ) для поликора ВК-100 в 6.5 раз (с  $48^\circ$  до  $7^\circ$ ) для шлифованной подложки из корундовой керамики ВК-94 и в 6.6 раз (с  $81^\circ$  до  $12^\circ$ ) для глазурированной подложки ВК-94, что говорит о повышении работы сил адгезии. Установлено, что наилучшие параметры для обработки керамических подложек находится в диапазоне 30-90 секунд.

### Библиографические ссылки

1. Kotov D.A., Aksyuchits A.V., Zaparozhchanka Y.V., Zheliaznova K.K. Increase the glass surface hydrophilicity by treatment in plasma at atmospheric pressure. *PPPT-2022 2022*; 410-414.
2. Киселев М.Г., Савич В.В., Павич Т.П. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях. *Вестник БНТУ* 2006; 1: 39-41.