

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХЭТАПНОГО ЛАЗЕРНОГО МЕТОДА МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛА ДЛЯ ПРИДАНИЯ САМООЧИЩАЮЩИХСЯ СВОЙСТВ

Виноградова В. А.¹, Мазуренко Д. А.², Гаврилова М. В.³

Научный руководитель – Гришина А.И.⁴

¹Приозерская МОУ СОШ №4

²МБОУ СОШ №3

³ГБОУ гимназия им. Г.В. Старовойтовой №397

⁴Университет ИТМО

milanagavrilova15052008@gmail.com

Введение

В современном мире стекло является одним из ключевых конструкционных материалов, которое применяется в разных сферах. Накопление пыли, грязи и органических веществ приводит к ухудшению светопропускания, потере эстетического вида и необходимости частого и дорогостоящего обслуживания, особенно на высоте. Поэтому самоочищающееся стекло – это лучший способ решения этой проблемы [1].

На данный момент существует несколько методов создания самоочищающегося стекла. Среди основных подходов можно выделить фотокаталитические покрытия, а также создание супергидрофобных или супергидрофильных поверхностей. Фотокаталитические материалы, такие как диоксид титана (TiO₂), используют солнечный свет для расщепления органических загрязнений. Супергидрофильные поверхности заставляют воду растекаться тонким слоем, смывая грязь. В свою очередь, супергидрофобные поверхности, известные своей очень низкой поверхностной энергией, эффективно отталкивают воду и грязь, благодаря чему загрязнения легко смываются дождем или ополаскивателем [2,3].

Однако, учитывая все факторы, включая простоту удаления сухих загрязнений и отсутствие зависимости от воздействия ультрафиолета (в отличие от фотокаталитических покрытий), супергидрофобный подход остается крайне перспективным.

Благодаря синергетическому сочетанию микро- и наноиерархических структур с химическими модификациями с низкой поверхностной энергией, исследователи разработали различные технологии изготовления, включая лазерное травление, золь-гель процессы, электрохимическое осаждение и молекулярную самосборку, для получения супергидрофобных поверхностей [4].

Для повышения долговечности таких покрытий и улучшения адгезии между наносимой пленкой и стеклянной основой предлагается использовать предварительную лазерную обработку поверхности, что позволит создать прочное и устойчивое к внешним воздействиям самоочищающееся стекло.

Цель работы: исследовать метод двухэтапной лазерной модификации поверхности стекла для придания самоочищающихся свойств.

Основная часть

В ходе исследования применялся двухэтапный метод модификации поверхности образцов из кварцевого и натриево-кальциевого стекла для придания им самоочищающихся свойств.

На первом этапе обработка образцов проводилась с помощью лазерной установки С-Marker, оснащенной CO₂-лазерным источником с длиной волны 10,6 мкм и мощностью 80 Вт. Выбор данного типа лазера обусловлен высоким коэффициентом

поглощения излучения данной длины волны используемым материалом, что позволяет эффективно формировать микрорельеф. В процессе лазерного воздействия на поверхности стекла создавалась микроструктура в виде решётки 50 мкм (расстояние между линиями) с толщиной линий (для выбранного нами режима) примерно 110 мкм. На втором этапе сформированная микроструктура подвергалась обработке гидрофобизирующим составом, что в комплексе с рельефом обеспечило создание супергидрофобной поверхности.

На поверхности стекла реализуется модель смачивания Касси-Бакстера, то есть при контакте с жидкостью между микроуглублениями на стекле и водой формируются воздушные карманы. Наличие воздушной прослойки минимизирует фактическую площадь контакта жидкости с твердой поверхностью, что является ключевым фактором для достижения самоочищающегося эффекта: капли воды легко скатываются, захватывая частицы загрязнений.

Исследование морфологии полученных структур на стекле выполнялось с помощью оптического микроскопа. Оценка краевого угла смачивания производилась методом лежащей капли с использованием камеры TourCam и специализированного программного обеспечения TourView. Измерения угла гистерезиса, описывающего сцепление капли с поверхностью, выполнялись методом наклона плоскости с использованием поворотного столика, позволяющего дискретно изменять угол наклона образца относительно горизонта в пределах от -90° до 90° . Для оценки влияния модификации на прозрачность образцов были проведены измерения коэффициента пропускания с помощью спектрофотометра СФ-56.

Выводы

В ходе исследования был разработан двухэтапный лазерный метод, направленный на придание поверхности стекла самоочищающихся свойств. Предложенный двухэтапный метод состоит из формирования микрорельефа и последующего нанесения гидрофобизирующего покрытия, позволяет достичь состояния супергидрофобности. Метод был протестирован на кварцевом и натриево-кальциевом (предметном) стеклах.

Исследование влияния двухэтапной обработки на оптические свойства материала показало, что модифицированная структура сохраняет пропускание в видимом диапазоне на высоком уровне. Практическая значимость работы заключается в создании прототипа самоочищающейся поверхности, сочетающей высокую гидрофобность, низкую адгезию, оптическую прозрачность и хорошую износостойкость. Дальнейшие исследования будут направлены на поиск конкретных областей применения, таких как защитные экраны, фасады зданий или элементы солнечных батарей.

Литература

1. Surekha K., Sundararajan S. Self-cleaning glass //Anti-Abrasive Nanocoatings. – Woodhead Publishing, 2015. – С. 81-103
2. Khatale P. et al. Harnessing nanotechnology for innovative self-cleaning glass solutions: a comprehensive review //Nanotechnology for Environmental Engineering. – 2026. – Т. 11. – №. 1. – С. 1.
3. Wang X. et al. Nanosecond laser processing of silver-coated glass for durable superhydrophilic, antifogging, and self-cleaning surfaces //Optics & Laser Technology. – 2025. – Т. 192. – С. 114004.
4. Wang, Yingke, et al. "Biomimetic superhydrophobic surfaces: From nature to application." Materials 18.12 (2025): 2772.