

КОНТРОЛЬ СМАЧИВАЕМОСТИ СТЕКОЛ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ

Абдуллина А.Р., Балутин А.Д., Петрова А.О., Сагателян Ф.Э.
Научные руководители – Гулинян В.А., Ли Ч. (Университет ИТМО)

Введение. Контроль смачиваемости стекол играет ключевую роль в различных технологических и научных приложениях, например, для защиты стекол от запотевания, улучшения теплового отвода, сбор воды в атмосфере и прочие^[1]. Одним из перспективных подходов к управлению степени гидрофобности или гидрофильности стеклянных поверхностей является их модификация с помощью лазерной обработки^[2]. Лазерно-индуцированная модификация поверхности позволяет создавать упорядоченные массивы микроструктур^[3], влияющих на угол смачивания стекла. В отличие от традиционных методов обработки, таких как химическое травление или напыление специальных покрытий, лазерная модификация обеспечивает высокую точность, воспроизводимость и возможность локального контроля свойств материала. В данной работе исследуется влияние параметров лазерной обработки на изменение смачиваемости кварцевых стекол. Основной целью является разработка методики формирования регулярных структур на поверхности стекла и последующий анализ их влияния на углы смачивания.

Основная часть. В качестве исследуемых образцов использовались кварцевые стекла типа JGS1 (XingChenDaHai, Китай). Для поверхностной модификации применялся иттербиевый фемтосекундный твердотельный лазер Antaus производства Avesta (центральная длина волны 1030 нм, длительность импульса >270 фс). Создание структур выполнялось с помощью самосборного конфокального микроскопа, оснащенного объективом Mitutoyo Plan Apo Infinity (X10 NA=0.26), что позволяло фокусировать лазерный пучок на поверхности стекла с одновременным визуальным контролем процесса фабрикации.

Для формирования массивов наноструктур использовались трехосевые моторизованные бесщеточные столики Standa с микрометровой точностью позиционирования. Разработанный алгоритм на Python реализует управление лазерной системой, автоматически генерируя двумерные массивы микроструктур с заданным количеством повторяющихся линий. Код регулирует мощность импульсов и шаг сканирования, обеспечивая формирование упорядоченных массивов. Для генерации шаблонов и управления движением столиков использовались стандартные библиотеки Python (Numpy, SciPy, time, math и др.), а для синхронизации работы лазера и моторизованных компонентов разработаны оболочки для библиотек производителей, написанных на языке C#. Итоговые структуры были изучены с помощью сканирующей электронной микроскопии на микроскопе Inspect SEM FEI (Thermo Fisher Scientific, США). Измерение угла смачиваемости было произведено с помощью анализатора формы капли DSA-25 (KRUSS, Германия).

Заключение. В настоящей работе показана возможность лазерно-индуцированной записи микроструктур на поверхности стекол последовательностью фемтосекундных импульсов. Сформированные таким образом поверхностные структуры позволили

осуществить значительное по сравнению с необработанным стеклом изменение смачиваемости. Было написано программное обеспечение, обладающее расширенным функционалом, позволяющим синхронизировать все составляющие собранной установки. Также воспроизводимость и эффективность предложенного в данной работе метода высока в сравнении с уже существующими технологиями. Данная методика представляет практический интерес для опытного и серийного производства поверхностно модифицированных стекол широкого назначения, например, для незапотевающих стекол автомобилей.

Коллектив авторов благодарит Физико-технический мегафакультет Университета ИТМО за поддержку научных и исследовательских проектов школьников в рамках проекта Сириус.ЛЕТО, а также Воробьеву А.Д. за значительный вклад в выполнение данной работы.

Список источников:

1. Birch W., Carré A., Mittal K. L. Wettability techniques to monitor the cleanliness of surfaces //Developments in Surface Contamination and Cleaning. – William Andrew Publishing, 2008. – С. 693-723.
2. Anis Ouchene , Guilhem Mollon , Maelig Ollivier. Roughness and wettability control of soda-lime silica glass surfaces by femtosecond laser texturing and curing environments// Applied Surface Science. – 2023. – С. 157490.
3. Yi Lin, Jinpeng Han. Durable and robust transparent superhydrophobic glass surfaces fabricated by a femtosecond laser with exceptional water repellency and thermostability 2018, 19.