

ЛАЗЕРНОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ СМАЧИВАНИЯ

С. Ф. Уманская^{1,2}, П. А. Данилов¹, С. И. Кудряшов^{1,3}, А. А. Ионин¹

В данной работе изучалась возможность управления смачиванием поверхности тонкой слоистой пленки, состоящей из слоев серебра и полимера, при создании на ней периодической структуры с помощью фемтосекундного лазера.

Ключевые слова: фемтосекундный лазер, лазерная обработка, тонкие пленки, смачиваемость.

Введение. Управление свойствами смачиваемости поверхностей и, в частности, создание супергидрофобных покрытий посредством создания микроструктур на поверхности материалов имеет большой спектр приложений, таких как самоочищающиеся поверхности, антикоррозионные покрытия металлов, различные биологические применения.

Тонкие пленки благородных металлов, таких как серебро и золото, представляют большой интерес для нанооптики и биофотоники благодаря своим оптическим свойствам. Массивы отверстий, созданных с помощью лазеров на пленках серебра, имеют приложения в биосенсорике [1]. Однако для получения спектров с хорошим разрешением требуется высокая концентрация молекул. Можно повысить эффективную концентрацию молекул путем изменения её гидрофобности в определённых областях поверхности [2, 3].

В данной работе изучается возможность управления углом смачивания на поверхности слоистой пленки серебро–полимер для дальнейшего изучения возможности применения в биосенсорике.

Экспериментальная часть. Мишень представляла собой тонкую слоистую пленку из слоев серебра и полимера, напыленную на силикатное стекло. Толщина каждого из слоев ~ 1 мкм. Лазерное структурирование поверхности мишени производилось на уста-

¹ ФИАН, 119991 Россия, Москва, Ленинский пр-т, 53; e-mail: sfumansk@sci.lebedev.ru.

² НИЯИ МИФИ, 115409 Россия, Москва, Каширское шоссе, 31.

³ Университет ИТМО, 197101 Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49.

новке для лазерного микро- и наноструктурирования (рис. 1). Мишень была установлена на моторизированной платформе, перемещаемой в трёх измерениях, с шаговыми двигателями с минимальным шагом 150 нм, который обеспечивает перемещение образца от импульса к импульсу лазера. Лазерная обработка поверхности мишени осуществлялась импульсами второй гармоники волоконного фемтосекундного лазера Satsuma (Amplitude Systemes) с активной средой, легированной ионами иттербия. Параметры лазера: длина волны второй гармоники – 515 нм, длительность на полувысоте – 200 фс, максимальная энергия импульса в режиме TEM00 – 4 мкДж, частота повторения – 0–2 МГц. Лазерные импульсы проходили через ослабитель пучка, который позволяет изменять энергию падающего излучения, затем эти импульсы направлялись через тринокулярный вход оптического микроскопа и фокусировались на образец в воздухе через объектив микроскопа с апертурой $NA = 0.25$. Угол смачивания наблюдался с помощью цифрового USB-микроскопа “Эксперт” (Prima Expert).

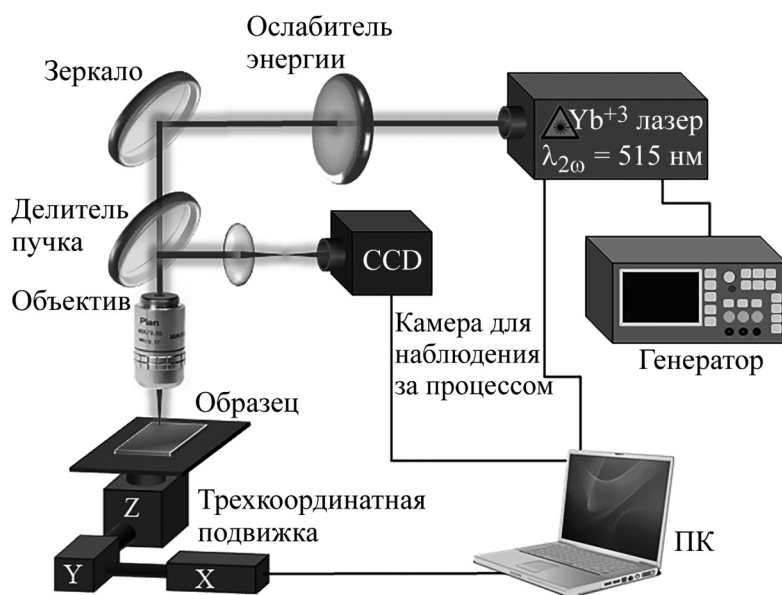


Рис. 1: Схема установки.

Сначала на поверхности образца было сделано несколько пробных “дорожек” с целью определения оптимального режима по энергии, частоте следования импульсов и скорости движения подвижки. В этом режиме пленка полимера отрывается от пленки серебра и испаряется, а пленка серебра остается на подложке. В результате, в данном режиме образуется структура в виде непрерывной прямой канавки. Затем с помощью генератора, который задает частоту сдвигов платформы, был создан массив в виде

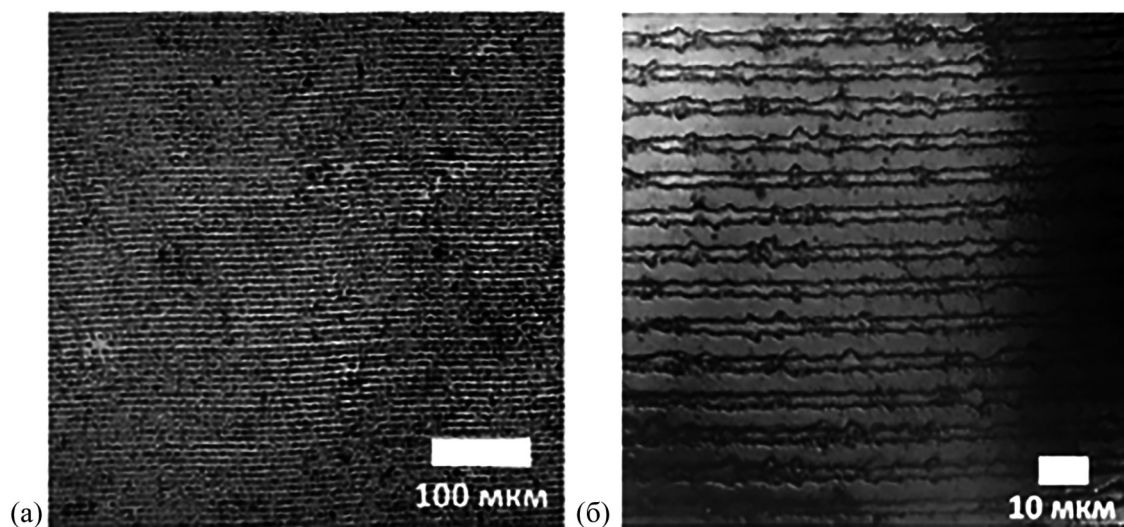


Рис. 2: Снимки с оптического микроскопа структуры массива (а) при увеличении 20х, (б) при увеличении 100х.

периодических линий с периодом ~ 8.4 мкм. Структура массива наблюдалась в оптический микроскоп (рис. 2). Стоит заметить, что данные период и толщина структуры не могут быть достигнуты механическими методами обработки.

Экспериментальные результаты и их обсуждение. После создания массива на его поверхность была помещена капля деионизированной воды для измерения угла сма-

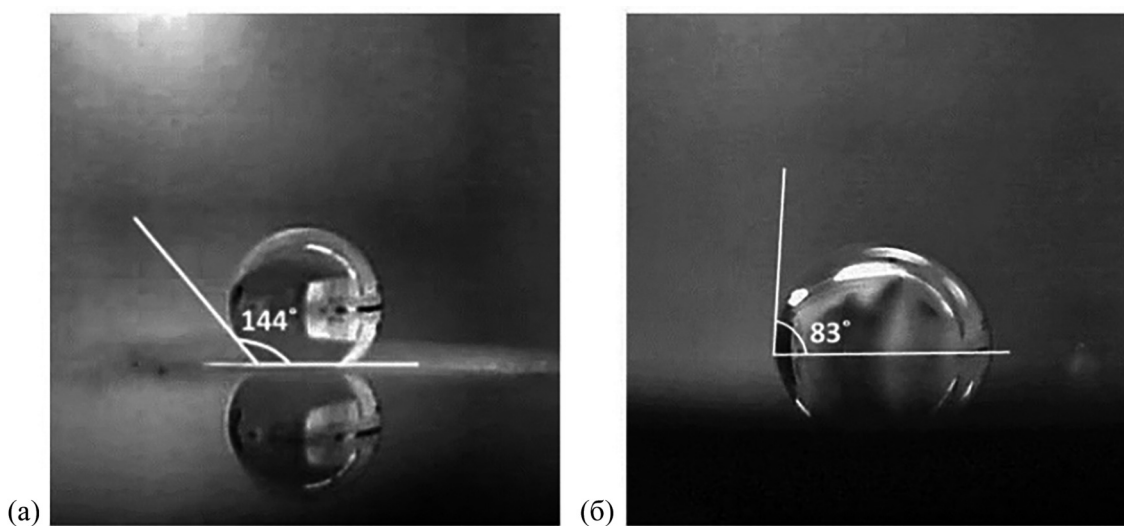


Рис. 3: (а) капля деионизированной воды на поверхности структуры, (б) капля деионизированной воды на поверхности полимерного слоя пленки.

чивания, с размером капли (~ 1.5 мм) много больше периода структуры. На рис. 3(а) видно, что угол контакта капли с поверхностью составил 144° . Для сравнения капля деионизированной воды была помещена также на поверхность полимера (рис. 3(б)). Угол контакта капли с поверхностью полимера составил 83° . Таким образом, создание микроструктуры на поверхности пленки позволило изменить угол смачивания на 61° .

Таким образом, в данной работе показана возможность управления углом смачивания поверхности при создании на ней макромасштабной структуры с помощью фемтосекундного лазера.

Работа поддержана Программой ПРАН № 32: “Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий”.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] T. V. Baikova, P. A. Danilov, S. A. Gonchukov, et al., AIP Conference Proceedings **1874**, 040052 (2017).
- [2] F. Gentile, G. Das, M. Coluccio, et al., Microelectronic Engineering **87**, 798 (2010).
- [3] F. De Angelis, F. Gentile, F. Mecerini, et al., Nature Photonics **5**, 682 (2011).

Поступила в редакцию 9 ноября 2018 г.

После доработки 21 декабря 2018 г.

Принята к публикации 21 декабря 2018 г.

Печатается по материалам конференции “UltrafastLight-2018” (Москва, ФИАН, 2018).