

## НАНОСЕКУНДНОЕ ЛАЗЕРНОЕ НАРУШЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ И ОДНОРОДНОСТИ ЗОЛОТО-ПАЛЛАДИЕВОЙ ПЛЕНКИ НА СТЕКЛЯННОЙ ПОДЛОЖКЕ

Д. А. Заярный<sup>1</sup>, А. К. Иванова<sup>1,2</sup>, А. А. Ионин<sup>1</sup>, С. И. Кудряшов<sup>1,3</sup>

*Обнаружено изменение смачиваемости и нарушение однородности тонкой золото-палладиевой пленки на стеклянной подложке под воздействием наносекундного лазерного излучения. Влияние лазерного излучения на пленку было изучено с точки зрения получения структур с поверхностным плазмонным резонансом. Оптические спектры структурированных поверхностей наглядно демонстрируют возможности применения этого метода.*

**Ключевые слова:** лазерная абляция, золото-палладий, тонкие пленки, смачиваемость.

*Введение.* Тонкие металлические пленки представляют большой интерес для научного сообщества. Плазмонные структуры, получаемые на тонких пленках, в качестве сенсоров обладают рядом преимуществ по сравнению с другими видами сенсоров: малый размер, большая чувствительность, простота в создании и использовании. Применение таким сенсорам можно найти, например, в области, где необходима регистрация выбросов водорода в атмосферу [1, 2]. Были продемонстрированы различные сенсоры, применимые для данной цели, например, наноантенны из металлических материалов, расположенные на богатой водородом подложке [3].

В данной работе изменение смачиваемости поверхности тонкой пленки происходило путем нарушения целостности покрытия одноимпульсными наносекундными лазерными импульсами. Влияние лазерного воздействия на тонкую пленку определялось сравнением спектров пропускания до и после воздействия.

*Экспериментальная часть.* Подложка из силикатного стекла покрывалась тонкой металлической пленкой методом магнетронного напыления в атмосфере аргона с помо-

<sup>1</sup> ФИАН, 119991 Россия, Москва, Ленинский пр-т, 53; e-mail: zaurniyda@lebedev.ru.

<sup>2</sup> НИЯУ МИФИ, 115409 Россия, Москва, Каширское шоссе, 31.

<sup>3</sup> Университет ИТМО, 197101 Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49.

пью прибора Quorum Technologies SC7620. Плёнка состояла из сплава золота и палладия в соотношении 8:2 соответственно. Толщина пленки составляла  $\sim 50$  нм. Лазерное структурирование происходило с помощью лазерной маркерной системы HTF MARK (Vulat) на основе волоконного  $\text{Yb}^{3+}$ -лазера, обладающего следующими параметрами: рабочая длина волны  $\lambda = 1064$  нм, частота следования импульсов  $f = 20$  кГц, длительность импульсов на полуширине  $\tau = 120$  нс, энергия в одном импульсе до  $E \sim 1$  мДж, со сканирующей системой, позволяющей осуществлять движение по поверхности образца в двух измерениях (фокусное расстояние  $F = 63$  мм). Взаимодействие лазерного излучения с пленкой осуществлялось через стекло, прилегающее к плёнке, для предотвращения испарения материала пленки с образца. Изучение влияния лазерного излучения на структурирование тонкой пленки было проведено для различных режимов заливки сканирующей области на поверхности образца.

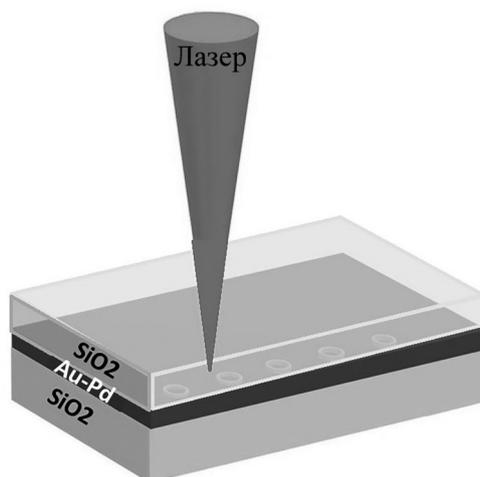


Рис. 1: Схема эксперимента по нарушению смачиваемости тонкой пленки из Au-Pd наносекундным лазерным излучением.

Изменение структуры тонкой пленки наблюдалось в сканирующем электронном микроскопе JEOL. Оптические спектры пропускания тонких пленок в спектральном диапазоне 250–1100 нм были изучены с помощью UV-спектрофотометра СФ-2000.

*Экспериментальные результаты и их обсуждение.* На изображении поврежденной тонкой пленки со сканирующего электронного микроскопа (рис. 2) можно рассмотреть, что в местах падения лазерного пучка поверхность пленки распалась на круглые наночастицы, размерами от 10 до 200 нм. Спектры пропускания модифицированной тонкой пленки демонстрируют зигзагообразную особенность в области 610–625 нм (рис. 3).

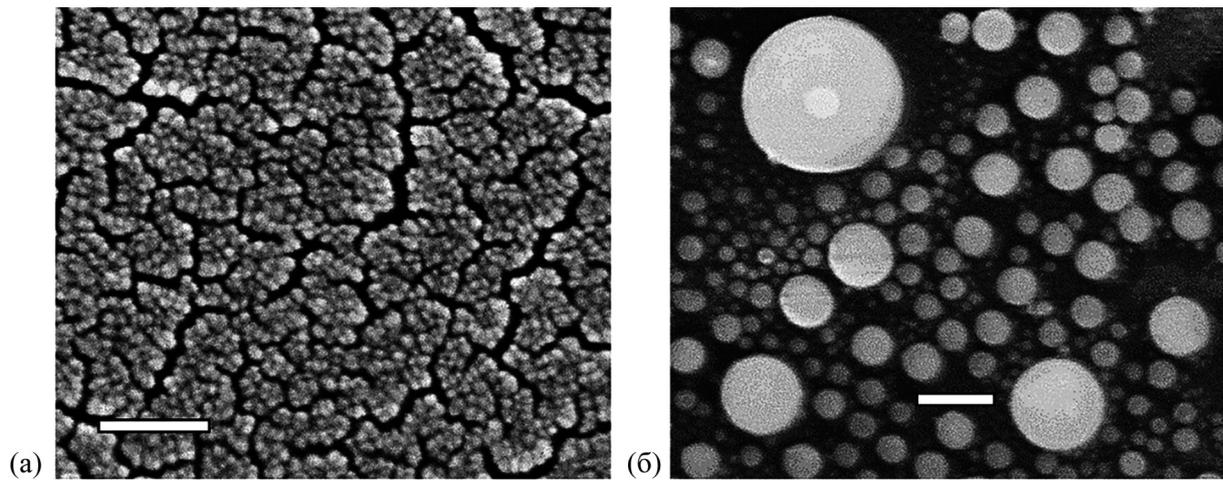


Рис. 2: Изображение со сканирующего электронного микроскопа тонкой пленки до лазерной модификации (а) и после лазерного воздействия в месте падения лазерного пучка (б) (метка 100 нм).

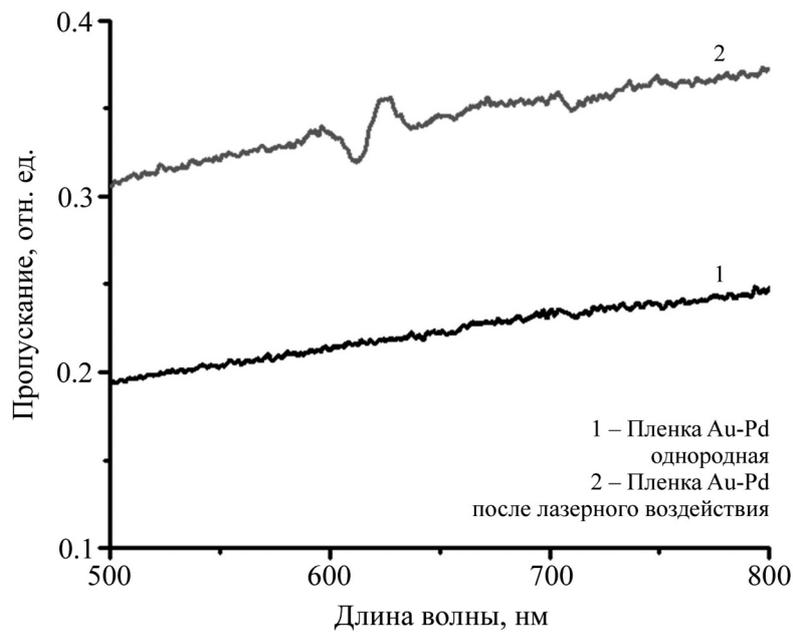


Рис. 3: Спектры пропускания тонкой пленки до и после лазерного воздействия.

Наблюдаемые биполярные модуляции спектра пропускания обработанной пленки могут быть связаны с фано-резонансами плазмонных мод, возникающими при взаимодействии бегущих плазмонов на поверхности тонкой пленки и локализованных плазмонов в наночастицах [4].

*Заключение.* В данной работе методом ИК наносекундного лазерного воздействия была частично модифицирована тонкая золото-палладиевая пленка, а также исследованы оптические свойства структурированных пленок и показано появление биполярной модуляции спектра пропускания при такой модификации.

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

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] F. Sterl, H. Linnenbank, T. Steinle, et al., *Nano Lett.* **18**(7), 4293 (2018).
- [2] T. D. James, P. Mulvaney, and A. Robert, *Nano Lett.* **16**(6), 3817 (2016).
- [3] T. Teutsch, N. Strohhfeldt, F. Sterl, et al., *IEEE SENSORS JOURNAL* **18**(5), 1946 (2018).
- [4] М. В. Рыбин, И. С. Синев, К. Б. Самусев, М. Ф. Лимонов, *Физика твердого тела* **56**(3), 560 (2014).

Поступила в редакцию 11 ноября 2018 г.

После доработки 16 января 2019 г.

Принята к публикации 17 января 2019 г.

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