

УДК 535.331

## НАНОПАТТЕРНЫ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ

Афанасьева А.В. (Университет ИТМО), Гладских И.А. (Университет ИТМО)  
Научный руководитель – старший научный сотрудник, PhD Дададжанов Д.Р.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** Металлические наноструктуры используются во многих современных технологиях и научных исследованиях, таких как: электроника, оптика, медицина и нанотехнологии, они обладают уникальными оптическими свойствами, которые могут быть адаптированы для различных применений. Наноструктуры благородных металлов проявляют сильное оптическое поглощение в видимом диапазоне спектра благодаря возбуждению локализованного поверхностного плазмонного резонанса [2]. Размер и форма этих частиц также влияют на то, как они поглощают свет. Существующие традиционные методы синтеза наночастиц, такие как коллоидный синтез, лазерная абляция, метод горячего впрыска (hot-injection method) и наносферной литографии имеют свои ограничения, в частности сложность контроля размера наночастиц и требуют дополнительных модификаций для создания плазмонных наночастиц с заданными оптическими свойствами для задач нанопластики [1]. Разработка доступных методов, может послужить упрощению технологии процесса создания наночастиц. В данной работе предлагается метод создания анизотропных наноструктур, с помощью физического осаждения паров металлов на стеклянную подложку под скользящем углом относительно подложки. Преимущество данного метода заключается в том, что есть возможность контроля размеров серебряных полусфер воздействуя на них термически, лазерным пучком или даже в ходе осаждения паров металла в вакууме.

**Основная часть.** Для создания композитной структуры из наночастиц серебра и золота, сперва были получены серебряные пленки на стеклянной подложке методом физического осаждения паров металла (Ag 99,99%) в вакууме PVD-75 (Kurt J. Lesker Ltd.) [3]. Напыление производилось при давлении остаточных паров  $\sim 10^{-6}$  Торр, скорости напыления 0,5 А/с и комнатной температуре подложки. Толщина пленки составила 15 нм. Для формирования отдельных островков серебра на подложке, был проведен отжиг образцов на воздухе при температуре 200 °С в течение 30 минут. Далее производилось напыление золота (99,99 %) толщиной 5 нм. Напыление производилось при нормальном угле относительно термического испарителя, так под углом  $30^{\circ}$ . Во втором случае наночастицы серебра образуют теневые области в которых напыление золото не происходит. После напыления наночастицы серебра были травлены с помощью азотной кислоты. Было определено, что 30%-ый раствор азотной кислоты при времени травления 1 минута полностью удаляет серебро, при этом незначительно воздействуя на золотую пленку.

На каждом этапе эксперимента были получены спектры оптической плотности образцов на спектрофотометре СФ-56 (ЛОМО), РМА-12 (Hamamatsu) и спектры линейного дихроизма с помощью JASCO (Япония). Морфология образцов исследовалась с помощью сканирующей-электронной микроскопии Merlin (Carl Zeiss). После травления в спектрах оптической плотности наблюдается плазмонный резонанс золотых наноструктур на длине волны 800 нм. Для пленок напыленных под углом  $30^{\circ}$  наблюдался значительный сигнал линейного дихроизма в интервале длин волн 420-620 нм. На СЭМ изображениях пленок напыленных под углом  $30^{\circ}$ , видны образовавшиеся тени около наночастицы, что подтверждает напыление золота под углом.

**Выводы.** В результате вакуумного напыления золота на поверхность из серебряных наночастиц под углом  $30^{\circ}$ , с последующим травлением наночастиц серебра, были получены анизотропные наноструктуры имеющие сигнал на спектре линейного дихроизма. При

напылении пленки золота перпендикулярно к поверхности, сигнал линейного дихроизма не наблюдался. Данное исследование может послужить развитию данного метода и позволит создавать сложные анизотропные и хиральные наноструктуры для ИК диапазона.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда №21-72-10098, <https://rscf.ru/project/21-72-10098/>.

#### **Список использованных источников:**

1. Yeh, Y.-C., Creran, B., & Rotello, V. M. (2012). Gold nanoparticles: preparation, properties, and applications in bionanotechnology. *Nanoscale*, 4(6), 1871-1880
2. Sperling, R. A., Rivera Gil, P., Zhang, F., Zanella, M., & Parak, W. J. (2008). Biological applications of gold nanoparticles. *Chemical Society Reviews*, 37(9), 1896.
3. Toropov N.A., Gladskikh I.A., Parfenov P.S., Vartanyan T.A. Fabrication and laser-assisted modification of the Ag particles ensembles supporting quadrupole plasmon oscillations // *Optical and Quantum Electronics*. 2017. V. 49. N 4. P. 154. <https://doi.org/10.1007/s11082-017-0996-5>
4. Maoz B.M., Chaikin Y., Tesler A.B., Bar Elli O., Fan Z., Govorov A.O., Markovich G. Amplification of chiroptical activity of chiral biomolecules by surface plasmons // *Nano Letters*. 2013. V. 13. N 3. P. 1203–1209. <https://doi.org/10.1021/nl304638a>