

**ФРАГМЕНТАЦИЯ СЕРЕБРЯНЫХ НАНОЧАСТИЦ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С
ПОЛЯРИЗОВАННЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Петров Н.С. (ИТМО), Денисова А. (ИТМО)

**Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Гладских И.А.
(ИТМО)**

Введение Металлические наночастицы обладают уникальными оптическими свойствами. Благодаря возбуждению локализованного плазмонного резонанса при взаимодействии со светом, что проявляется в виде узких резонансов в спектре поглощения и рассеяния света, локализации и значительном усилении электромагнитных полей вблизи поверхности наночастиц, наноструктуры благородных металлов находят применение в различных областях: от сверхчувствительного сенсинга, в том числе биологических объектов, до фотонных устройств для управления светом [1, 2]. Поэтому развитие методов получения и модификации плазмонных наноструктур с заданными оптическими свойствами остается одной из самых актуальных задач. Одним из таких методов является фрагментация наночастиц на меньшие по размеру при интенсивном лазерном воздействии [3, 4]. Несмотря на значительные успехи в данной области, большинство работ выполнены для коллоидных растворов. В данной работе рассмотрены результаты исследования взаимодействия мощного лазерного излучения на серебряные наночастицы на поверхности подложек в области дипольного резонанса. Основной упор делается на вклад поляризации лазерного излучения на формирование серебряных наноструктур при фрагментации крупных наночастиц.

Основная часть. Серебряные наночастицы были получены стандартным методом физического осаждения паров металла (установка вакуумного напыления PVD-75, Kurt J. Lesker) в вакууме на поверхность стеклянных подложек. Параметры напыления: давление остаточных паров – $8 \cdot 10^{-7}$ Торр, скорость напыления – $0,5 \text{ \AA}/\text{с}$, температура подложек – комнатная. Были получены образцы с эквивалентной толщиной от $50 \text{ \AA}$ до $200 \text{ \AA}$. После напыления образцы отжигались на воздухе при $200 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 20 минут для формирования отдельных наночастиц. Полученные образцы облучались второй гармоникой импульсного наносекундного Nd:YAG лазера ($\lambda=532 \text{ нм}$, $\tau=10 \text{ нс}$) с линейной и круговой поляризацией, полученной с помощью волновой пластинки $\lambda/4$. Плотность энергии импульса изменялась от 20 до $300 \text{ мДж}/\text{см}^2$. Во время облучения лазерный луч сканировался по образцу с помощью трехкоординатного автоматического столика с перекрытием пучков около 90%. Для каждой плотности энергии и поляризации были записаны квадраты $5 \times 5 \text{ мм}^2$.

Оптические свойства наноструктур до и после облучения измерялись с помощью спектрометра кругового дихроизма JASCO J-1500 в виде спектров оптической плотности, спектров линейного и кругового дихроизма. Морфология образцов исследовалась с помощью сканирующей электронной микроскопии.

Выводы. Взаимодействие лазерного излучения приводит к выжиганию спектральных провалов на длине волны излучения в спектрах оптической плотности серебряных наноструктур. Это означает, во-первых, что лазерное излучение селективно взаимодействует на резонансные ему наночастицы, а во-вторых, о невозможности формирования резонансных лазерному излучению наноструктур. При этом наблюдалось появление новых резонансов в длинноволновой области спектра, связанные с образованием плотноупакованных наночастиц размером около 30 нм. Поляризация лазерного излучения критически влияла на оптические свойства получаемых наноструктур. Так, линейная поляризация приводила к появлению сигнала в спектрах линейного дихроизма, а круговая поляризация – к сигналу в спектрах

кругового дихроизма. Данные результаты могут быть связаны как с неодинаковым нагревом наночастиц при возбуждении ближних полей поляризованным излучением, что приводит к направленной фрагментации, так и с селективным формированием фрагментированных наночастиц при облучении несколькими импульсами, которые препятствуют образованию наноструктур, взаимодействующих с лазерным излучением.

Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640098, Развитие новых подходов программируемой нанофотоники на основе эффекта плазмон-индуцированной ближнепольной полимеризации).

Список использованных источников:

1. Wang L., Hasanzadeh Kafshgari M., Meunier M. Optical properties and applications of plasmonic-metal nanoparticles // *Advanced Functional Materials*. – 2020. – V. 30(51). – P. 2005400.
2. Lee Y.M., Kim S.E., Park J.E. Strong coupling in plasmonic metal nanoparticles // *Nano Convergence*. – 2023. – V. 10(1). – P. 34.
3. González-Rubio G., Guerrero-Martínez A., Liz-Marzán L.M. Reshaping, fragmentation, and assembly of gold nanoparticles assisted by pulse lasers // *Accounts of chemical research*. – 2016. – V. 49(4). – P. 678-686.
4. Delfour L., Itina T.E. Mechanisms of ultrashort laser-induced fragmentation of metal nanoparticles in liquids: numerical insights // *The Journal of Physical Chemistry C*. – 2015. – V. 119(24). – P. 13893-13900.