

СОЗДАНИЕ ЗОЛОТЫХ НАНОИГЛ С ПОМОЩЬЮ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ВИХРЕВОЙ ФАЗОВОЙ ПЛАСТИНКИ

Гулинян В.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., Агеев Э.И. (Университет ИТМО)

Введение. Для повышения точности и эффективности работы сенсоров, используемых в биомедицинских приложениях, необходимо создание более чувствительных, энергоэффективных и доступных наноструктур для диагностики и мониторинга заболеваний, работающих на основе таких оптических эффектов как поверхностно-усиленная рамановская спектроскопия (SERS)^[1] и плазмонно-усиленная флуоресценция (PEF)^[2]. В настоящее время такие наноструктуры успешно создаются на основе благородных металлов, таких как золото, с помощью фотолитографических методов, которые являются достаточно сложными, многостадийными и дорогостоящими, а также обладают существенными ограничениями по площади и геометрии создаваемых структур. Для преодоления данных трудностей в настоящей работе предлагается использование лазерно-индуцированного метода для создания нанопотонных элементов (наноигл) одиночными фемтосекундными импульсами. Данный метод позволяет реализовать стабильное формирование массивов наноструктур с высокой степенью воспроизводимости. Для оценки эффективности предложенного метода также были качественно и количественно исследованы геометрические и оптические характеристики создаваемых структур.

Основная часть. В данной работе в качестве источника излучения был использован иттербиевый фемтосекундный волоконный лазер Antaus производства Avesta (центральная длина волны 1030 нм, максимальная мощность излучения 10 Вт, длительность импульса >270 фс, базовая частота 250 кГц). При создании наноструктур использовались генератор второй гармоники и фазовая пластинка, генерирующая тороидальное распределение интенсивности в пучке. Такой подход позволяет локально нагревать пленку по контуру окружности с формированием зон повышенной температуры, вследствие которой происходит разрушение тонкой пленки с последующим ростом наноструктуры. Для фокусировки лазерного излучения на поверхности образца использовались объективы Mitutoyo (10X Plan Apo Infinity Corrected Objective NA=0.28, 50X Plan Apo Infinity Corrected Objective NA=0.55, 100X Plan Apo HR Infinity Corrected Objective NA=0.90). Смена объективов дает возможность изменять конфигурацию установки, что позволяет варьировать размеры создаваемых наноигл. Создание структур производилось на экспериментальной установке, состоящей из микроскопа с каналом визуализации и моторизованных столиков Standa с точностью позиционирования 1 мкм для перемещения образца в процессе облучения. В качестве образцов использовались тонкие пленки золота толщинами 140 и 90 нм на стекле. Для повышения точности позиционирования образца и синхронизации, автоматизации и конфигурации работы установки было написано программное обеспечение на Python с применением библиотек Serial, SciPy и самостоятельно написанных, отвечающих за отправку и прием управляющих пакетов лазера и координатных столиков. Размерные характеристики созданных структур исследовались на сканирующем электронном микроскопе Inspect SEM FEI (Thermo Fisher Scientific), для регистрации спектров фотолуминесценции и генерации второй гармоники использовался конфокальный спектрометр Horiba LabRam HR с ПЗС детектором Andor DU 420A-OE 325.

Заключение. В настоящей работе показана возможность использования метода лазерно-индуцированной формирования наноструктур из тонких пленок золота, которые

являются перспективной основой сенсоров для биомедицинских приложений. Помимо прочего, точность и эффективность данного метода сравнительно высока в сравнении с многоэтапными методами нанофабрикации такими как, например, фотолитография. Благодаря возможности конфигурировать параметры установки, с помощью предложенного метода можно создавать массивы наноструктур с различной плотностью записи и размерами отдельных структур.

Автор благодарит Физико-технический мегафакультет Университета ИТМО за поддержку научных и исследовательских проектов студентов в рамках гранта НИРМА.

Список использованных источников:

1. Maleeva K. et al. SERS substrates based on polymer-protected self-assembled plasmonic films with gold nanoparticles as enhancing element of a microfluidic sensor //Optical Materials. – 2023. – Т. 146. – С. 114581.
2. Li J. F., Li C. Y., Aroca R. F. Plasmon-enhanced fluorescence spectroscopy //Chemical Society Reviews. – 2017. – Т. 46. – №. 13. – С. 3962-3979.