

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ОБОЛОЧКИ ВОКРУГ СЕРЕБРЯНЫХ НАНОЧАСТИЦ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Петров Н. С.¹, Федотовская. А. Ю.²

Научный руководитель – PhD, ведущий научный сотрудник Дададжанов Д. Р.¹

¹Университет ИТМО

²ЧОУ «Газпром школа Санкт-Петербург»

nspetrov@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №624093 «Исследование и разработка сенсорных систем, излучателей и приемников излучения на основе гибридных систем с наночастицами».

Введение

Металлические наночастицы обладают уникальными оптическими свойствами, обусловленные возбуждением локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР) [1]. Спектральное положение плазмонного резонанса крайне чувствительно к изменениям показателя преломления окружающей среды. Благодаря этому такие структуры отлично подходят для создания биологических сенсоров [2-3]. Металлические наночастицы, сформированные методом осаждения на поверхность диэлектрической подложки, как правило, образуют статистически изотропные ансамбли. В остутствии дополнительной модификации такие структуры не демонстрируют оптической активности и, следовательно, не подходят для хиральных аналитов. Однако их изотропия может быть нарушена путём формирования асимметричного диэлектрического окружения с использованием органических полимеров в процессе ближнепольной полимеризации [4]. Использование полимерной матрицы вокруг наночастиц обеспечивает контролируемое размещение хиральных аналитов вблизи поверхности, где локализованное электрическое поле достигает максимальной интенсивности. Изучение оптически хиральных аналитов крайне важно в фармакологии, особенно для контроля стереоселективного синтеза [5]. В данной работе исследуется возможность создания оптически активных структур из тонких серебряных островковых плёнок, окружённых полимерной оболочкой в результате лазерного воздействия.

Основная часть

Для начала формировалась тонкая серебряная плёнка. Первично образующиеся при её осаждении лабиринтные структуры преобразовывались в кластеры изолированных островков путём термической обработки при 200 °С в течение 1 часа. Для проведения изучения условий полимеризации в присутствии серебряных наночастиц при лазерном облучении на их поверхность наносился тонкий слой смешанного раствора мономера и фотоинициатора. В качестве мономера был использован раствор дивинилбензола (DVB), а в качестве фотоинициатора тетрафенилпорфирин (TPP). Далее образцы были облучены лазером с длиной волны 532 нм и циркулярной поляризацией. После облучения образцы промывались этанолом, чтобы смыть излишки раствора мономера и фотоинициатора. Полученные в результате образцы исследовались на спектрометре кругового дихроизма Jasco CD 1500.

Выводы

Согласно изображениям со сканирующего электронного микроскопа, при облучении отожжённой серебряной плёнки происходила локализованная фотополимеризация, приводящая к образованию цепочечных полимерных структур

вблизи наночастиц. Формирование полимера может быть обусловлено усилением поглощения фотоинициатора за счёт локального усиления электрического поля вблизи наночастиц [6]. При использовании поляризованного падающего излучения распределение локального электромагнитного поля вблизи наночастиц становится пространственно неоднородным, что приводит к аналогично неоднородному процессу фотополимеризации. В результате были получены спектры оптической плотности сформированных наноструктур, на основе анализа которых в диапазоне варьируемых параметров облучения определены оптимальные режимы экспозиции. Установлено, что плотность энергии должна составлять не менее 10 Дж/мм².

Литература

1. Климов В. В. Наноплазмоника. – Физматлит, 2010.
2. Stewart M. E. et al. Nanostructured plasmonic sensors //Chemical reviews. – 2008. – V. 108. – №. 2. – P. 494-521.
3. 5. Sriram M. et al. Single nanoparticle plasmonic sensors //Sensors. – 2015. – V. 15. – №. 10. – P. 25774-25792.
4. Yang Y. et al. Nanofabrication for nanophotonics //ACS nano. – 2025. – V. 19. – №. 13. – P. 12491-12605.
5. Bochenkov V. E., Shabatina T. I. Chiral plasmonic biosensors //Biosensors. – 2018. – V. 8. – №. 4. – P. 120.
6. Jiang J. et al. Localized Surface Plasmon Resonance Meets Controlled/Living Radical Polymerization: An Adaptable Strategy for Broadband Light-Regulated Macromolecular Synthesis //Angewandte Chemie International Edition. – 2019. – V. 58. – №. 35. – P. 12096-12101.