

УДК 535.342

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПЛАЗМОННО-УСИЛЕННЫХ ОБЕРТОННЫХ ПЕРЕХОДОВ В БЛИЖНЕЙ
ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ**

Сапунова А.А. (Университет ИТМО), **Дададжанов Д.Р.** (Университет ИТМО),

Дубовик А.Ю. (Университет ИТМО), **Баранов М.А.** (Университет ИТМО)

Научный руководитель – Доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник

Варганян Т.А. (Университет ИТМО)

Были получены золотые наночастицы продолговатой формы методом трехступенчатого роста из затравочного раствора, проведено теоретическое исследование спектров экстинкции золотых наночастиц различной геометрической формы. Полученные наночастицы были измерены с помощью сканирующей электронной микроскопии. Методом абсорбционной спектроскопии были исследованы спектры поглощения наночастиц, на основе которых можно свидетельствовать о присутствии наночастиц продолговатой формы.

Введение. Спектроскопия в ближней инфракрасной (БИК) области спектра является одним из видов колебательной спектроскопии, изучающей взаимодействие света с веществом в диапазоне длин волн от 750 нм до 2500 нм. В качестве практического применения БИК спектроскопии можно привести проведение количественных и качественных анализов органических молекул неинвазивным и неразрушающим способом. Данным методом можно успешно детектировать вещества, содержащие такие функциональные группы как СН, NH, SH или OH. Более того, по спектрам в БИК области можно отличать соединения друг от друга, так как обертоны валентных колебаний атома водорода, входящего в состав указанных групп, зависят от того, с каким атомом связан атом водорода. Спектроскопия в ближней ИК области спектра получила новый импульс развития в связи с появлением интенсивных источников и надежные приемников излучения, которые интенсивно разрабатывались в последние годы для применений в телекоммуникациях на основе волоконных линий связи.

Существенным ограничением в использовании БИК спектроскопии является относительная низкая интенсивность полос поглощения дипольных колебательных переходов в этой спектральной области по сравнению с переходами в средней инфракрасной области. Один из перспективных путей увеличения вероятностей колебательных переходов связан с их усилением в ближнем поле металлических наночастиц, обладающих плазмонными резонансами. Для реализации этой возможности необходимо выполнение резонансного условия спектрального перекрытия между полосой поглощения плазмонного резонанса и полосы поглощения обертоновых колебательных переходов. Поскольку плазмонный резонанс в золотых наносферах расположен в видимой области спектра, для создания химических сенсоров, работающих на основе регистрации оптических переходов, характерных для органических веществ в ближней инфракрасной области, необходимы золотые частицы иной формы, например, золотые наностержни.

В настоящее время синтезу наночастиц с плазмонными резонансами в ближней инфракрасной области спектра уделяется недостаточное внимание. Большая часть работ посвящена синтезу и исследованию наночастиц с плазмонными резонансами на длинах волн больших 1000 нм. Поэтому создание таких наночастиц, плазмонный резонанс которых находится на длинах волн около 1500 нм, которые характерны для первого обертона валентных колебаний атома водорода, является актуальной задачей.

Положение плазмонного резонанса наностержня зависит от отношения его длины к диаметру, которое называется аспектным отношением. В зависимости от величины аспектного отношения положение плазмонного резонанса в золотом наностержне может изменяться от видимого диапазона длин волн до инфракрасного. Поэтому целью данной работы является подбор такого метода синтеза золотых наностержней, при котором пик их поглощения будет приходиться на ближний инфракрасный диапазон.

Основная часть. Использованный нами способ синтеза золотых наностержней заключался в том, что вначале выращивались небольшие сферические наночастицы, которые служили в качестве затравки на последующих этапах синтеза, на которых длина наностержней увеличивалась без изменения их диаметра. Контроль роста достигался благодаря использованию $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (тетрахлороаурат(III) водорода) и СТАВ (цетилтриметиламмоний бромид).

Синтез начинался с получения золотого затравочного раствора из тетрахлороаурата водорода, цитрата тринатрия и борогидрида натрия. Для создания наночастиц с аспектным отношением больше 10 использовался трехступенчатый метод роста наночастиц. Для этого в три пробирки были добавлены растворы HAuCl_4 , СТАВ и аскорбиновой кислоты. В дальнейшем эти пробирки будут обозначаться как «А», «В» и «С», соответственно. Далее добавили затравочный раствор в каждую пробирку. Из получившихся растворов 1 мл раствора А добавили в раствор В, а после этого 1 мл раствора В добавили в раствор С.

Очистка наночастиц от побочных продуктов синтеза проводилась в несколько этапов. Для начала из пробирки С отобрали 1 мл раствора и центрифугировали для осаждения наночастиц на дно пробирки. Надосадочную жидкость отобрали и добавили к осадку 500 мл полиэтиленгликоля (ПЭГ). Процедура повторялась 2-3 раза.

Выводы. Синтезированные золотые наночастицы были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии. Выяснилось, что морфология наночастиц различна, так как присутствуют как искомые наностержни, так и нанонити, а также наночастицы иных форм, в частности, треугольники и сферы. Был определен средний размер полученных наночастиц. Полученные спектры поглощения свидетельствуют о том, что наночастицы поглощают в ближней инфракрасной области.

Сапунова А.А. (автор)

Подпись

Вартанян Т.А. (научный руководитель)

Подпись