

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ДИМЕРОВ ЗОЛОТЫХ НАНОЧАСТИЦ ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Лобанова¹ Е.М., Боченков² В.Е.

¹Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Факультет радиоэлектроники и лазерной техники, 2-я Бауманская ул., дом 5, г. Москва, 105005

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, Ленинские горы, дом 1, г. Москва, 119991



Введение

Уникальные свойства металлических наночастиц обусловлены локальным усилением электромагнитного поля при возбуждении поверхностного плазмонного резонанса. Если частота поверхностной волны совпадает с частотой плазмонного резонанса, то усиление локальной интенсивности поля приводит к усилению плазмонных колебаний наночастиц и, как следствие, к усилению отклика молекул, находящихся вблизи наночастиц.

a - поляризуемость;
 ϵ - диэлектрическая проницаемость металла;
 ϵ_m - диэлектрическая проницаемость среды;
 a - радиус вектор.

$$a = 4\pi a^3 \frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon + 2\epsilon_m}$$

$$Re[\epsilon(\omega)] = -2\epsilon_m, \text{ [Stefan A.Majer]}$$

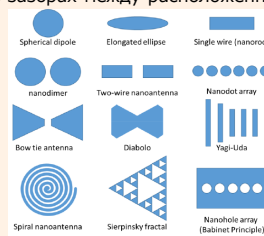
Порядок расчета FDTD

1. Задается счетная область, разрешение сетки и граничные условия.
2. Внутри счетной области помещается тело с заданными оптическими и геометрическими параметрами.
3. Задается источник излучения.
4. Источник генерирует конечную во времени электромагнитную волну
5. В уравнениях Максвелла изменение электрического поля E (частная производная) зависит от распределения в пространстве магнитного поля H (ротор). Аналогично, изменение поля H зависит от распределения в пространстве поля E . Записанные значения полей переводятся в частотное представление, затем получаются оптические характеристики рассматриваемой структуры тел.

Выбор формы частицы

Частотой плазмонного резонанса и степенью локального усиления электрического поля можно управлять с помощью изменения размера и формы НЧ. Наибольшее усиление поля достигается вблизи участков НЧ с наименьшим радиусом кривизны, а также в зазорах между расположенными близко частицами.

- ✓ На основании [Journal of applied physics, Wei Ding et al.] наноантенна типа Bowtie является наиболее перспективной. Подобная геометрия приводит к очень сильной локализации поля вблизи поверхности на вершинах зазора.



Номенклатура геометрических форм металлических наночастиц

Метод коллоидной литографии

Коллоидная литография – нешаблонный метод получения наноструктур, основанный на самоорганизации на подложке поглощающих частиц за счет электростатического взаимодействия.

- ✓ Нами предложен новый способ получения димеров наночастиц треугольной формы с помощью модификации метода коллоидной литографии. При этом за счет использования в качестве маски наносфер геометрия частиц изменится.

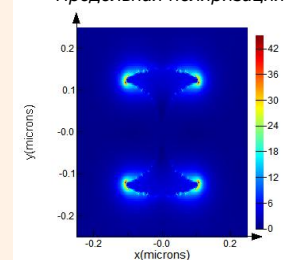


Цель работы: проверка параметров димеров наночастиц треугольной формы, полученных методом коллоидной литографии на соответствие данным по тем же наночастицам, полученным другими методами.

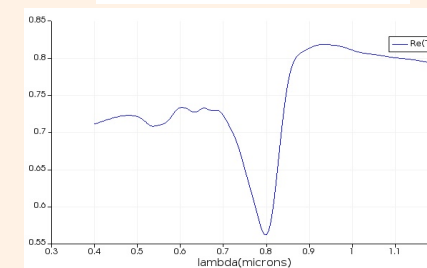
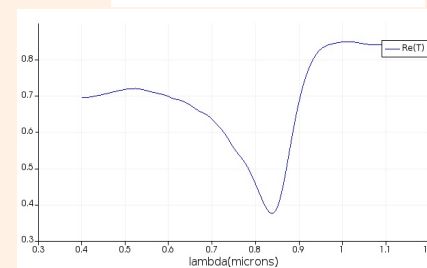
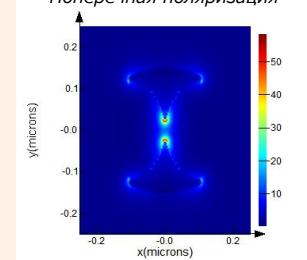
Задача: провести численное моделирование оптических свойств (спектр и величина локального поля) димеров наночастиц треугольной формы методом конечных разностей во временной области (Finite Difference Time Domain method, FDTD) с помощью программы Lumerical FDTD Solutions.

Распределение поля и вид спектра при различных поляризациях

Продольная поляризация



Поперечная поляризация



Выводы:

1. В настоящее время димеры наночастиц треугольной формы обладают наибольшей величиной локального поля.
2. Проведено компьютерное моделирование димеров наночастиц треугольной формы, получаемых методом коллоидной литографии.
3. Показано, что может быть достигнуто поле напряженностью $E_{max} = 58.48$ В/м на вершинах зазора между частицами, что согласуется с экспериментальными исследованиями подобных структур, изготовленных другими методами.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01276)