

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИМЕРОВ СЕРЕБРЯНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Лобанова¹ Е.М., Боченков² В.Е., Шабатина^{1,2} Т.И.

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



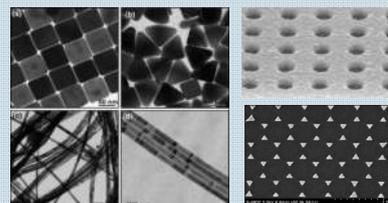
Введение

Серебряные наночастицы (НЧ) являются объектом интенсивного изучения и практического применения в медицинской диагностике и усиленной спектроскопии. Локальное усиление электромагнитного поля при возбуждении поверхностного плазмонного резонанса обуславливает уникальность свойств подобных частиц.

$$\alpha = 4\pi a^3 \frac{\epsilon - \epsilon_m}{\epsilon + 2\epsilon_m}, \quad \text{Re}[\epsilon(\omega)] = -2\epsilon_m, \quad [\text{Stefan A. Majer}]$$

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

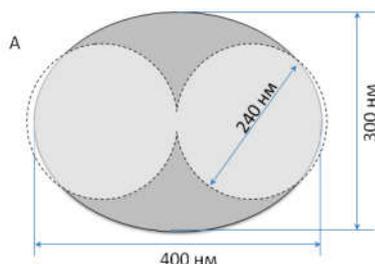
Частотой плазмонного резонанса и степенью локального усиления электрического поля можно управлять с помощью изменения размера и формы НЧ. Наибольшее усиление поля достигается вблизи участков НЧ с наименьшим радиусом кривизны, а также в зазорах между расположенными близко частицами. Поиск наноструктур с формой, позволяющей достигать высоких значений усиления локального поля является одной из актуальных задач наноплазмоники [1].



Наши результаты

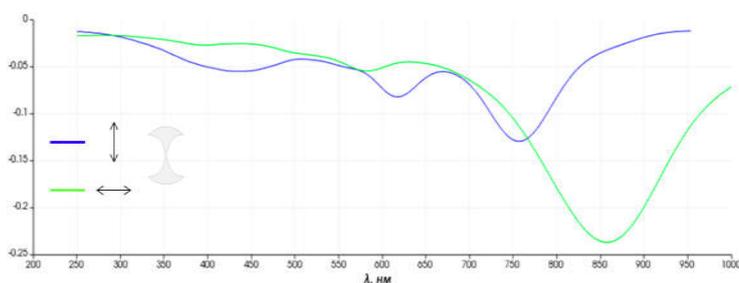
Нами предложена новая форма серебряных наночастиц: димеры искаженной треугольной формы.

Компьютерное моделирование взаимодействия серебряных наночастиц искаженной треугольной формы с электромагнитной волной проводили методом конечных разностей во временной области с помощью программы Lumerical FDTD Solutions [2].

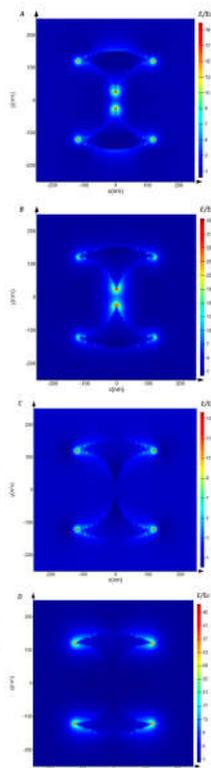


Для серебра использовали приближенную диэлектрическую функцию [3], для остальной области постоянный показатель преломления $n=1$. В области наночастиц использовали сетку с пространственной дискретизацией не хуже $2,5 \times 2,5 \times 2,5$ нм.

На спектрах вблизи 600-900 нм имеются полосы поглощения, отвечающие поверхностно-плазмонному резонансу для исследованной структуры.



При возбуждении продольных мод область с максимальным усилением поля локализована в зазоре между частицами и величина усиления достигает значений 20 (А) и 34 (В) при $\lambda_A = 615$ нм и $\lambda_B = 760$ нм. При возбуждении поперечных мод области с усиленным полем локализованы вблизи углов противоположных сторон димеров, при этом максимальное усиление поля составляет порядка 16 (С) и 48 (D) с $\lambda_C = 685$ нм и $\lambda_D = 860$ нм.



Выводы

В работе с помощью компьютерного моделирования исследованы свойства димеров серебряных наночастиц искаженной треугольной формы. Показано, что наибольшее усиление электромагнитного поля достигает значений: $|E|/|E_0| = 34$ и $|E|/|E_0| = 48$ при облучении светом продольной поляризации с $\lambda_B = 760$ нм и $\lambda_D = 860$ нм соответственно. Таким образом, данные структуры могут быть использованы для приложений, в которых требуется усиление локального поля, в том числе в качестве субстрата в спектроскопии ГКР [4].

Для получения подобных структур предполагается использование модификации метода коллоидной литографии, методика которого также разрабатывается нами в настоящее время.

1. Bochenkov V.E., Sutherland D.S. From Rings to Crescents: A Novel Fabrication Technique Uncovers the Transition Details / Nano Letters, 2013, P.5. 2. Lumerical Inc. URL: <http://www.lumerical.com/tcad-products/fdtd> 3. Johnson P. B., Christy R. W. Optical Constants of Noble Metals // Phys. Rev. B. 1972, 6 (12), 4370-4379. 4. Jeanmaire D.L., Van Duyne R.P. Surface Raman spectroelectrochemistry: Part I. Heterocyclic, aromatic, and aliphatic amines adsorbed on the anodized silver electrode