

## УПРАВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСТРУКТУР СЕРЕБРА

*Е.П. Микитчук, К.В. Козадаев*  
*Белорусский государственный университет*  
*e-mail: [helenay@yandex.by](mailto:helenay@yandex.by), [kozadaeff@mail.ru](mailto:kozadaeff@mail.ru)*

**Summary.** *Optical properties for different shape nanoparticles are compared for nanostructures on the glass substrate in the air atmosphere. The influence of the nanoparticle aspect ratio on the properties of the optical extinction spectrum of 2D-nanoarray. In general, the possibility of the optical spectral properties manipulation by means of the control of the nanoparticles shape, surface occupation density and aspect ratio.*

Стремительное увеличение количества исследований, посвященных металлическим наноструктурам, связано с их уникальными оптическими свойствами, которые определяются плазмонами, т.е. собственными коллективными колебаниями электронов металла, относительно ионного остова. Резонансное возбуждение плазмонов оптическим излучением проявляется в спектрах экстинкции (поглощении и рассеянии) излучения в виде одного или нескольких резонансных пиков, называемых пиками поверхностного плазмонного резонанса (ППР). Следует отметить, что именно параметры спектра экстинкции во многом определяют возможность применения конкретных наноструктур в составе оптических приборов и препаратов нового поколения [1,2]. Как показывает практика [3,4], спектральным положением и формой полосы ППР возможно управлять в широком диапазоне длин волн путем выбора морфологических параметров наночастиц (НЧ), расположения НЧ, типа подложки.

В качестве наиболее простой модели поверхностной наноструктуры на подложке в программном пакете CST Microwave Studio используется двумерный массив монодисперсных монометаллических цилиндрических НЧ, расположенных периодически в 2-х измерениях на поверхности стеклянной подложки в атмосфере воздуха. Элементарная ячейка такой наноструктуры состоит из двух соприкасающихся параллелепипедов, один из которых состоит из материала подложки, а второй содержит НЧ и окружающую ее атмосферу воздуха. При этом НЧ располагаются на границе двух параллелепипедов, основанием касаясь подложки, а весь ее объем НЧ погружен в атмосферу воздуха.

На рисунке 1а показаны типичные оптические спектры для наноструктур с НЧ Ag различной формы (сфера, конус, цилиндр) на стеклянной подложке (показатель преломления – 1.52) в атмосфере воздуха (показатель преломления – 1). Видно, что при одинаковой степени заполнения поверхности в случае сферических НЧ длина волны пика ППР составляет порядка 400 нм, в случае конических – порядка 530 нм, а в случае цилиндрических НЧ – 650 нм. Грубое управление спектральным положением полосы ППР в широком диапазоне длин волн от 350 до 750 нм возможно на этапе синтеза наноструктуры путем вариации формы наночастиц. Следует отметить, что для каждой из приведенных форм НЧ возможно более тонкое управление спектральной формой полосы ППР путем изменения параметров НЧ: линейных размеров и плотности заполнения поверхности ( $r$ ,  $\rho$ ). На рисунке 1б приведены спектры экстинкции для сферических НЧ Ag на стеклянной подложке в атмосфере воздуха радиусом  $r = 25$  нм и различной степенью заполнения поверхности. Из рисунка видно, что при уменьшении расстояния между НЧ (увеличении степени заполнения поверхности) полоса ППР в спектре экстинкции испытывает сдвиг в длинноволновую область длин волн, при этом ширина полосы ППР на полувысоте увеличивается, причем изменение степени заполнения поверхности позволяет перестраивать положение полосы ППР более, чем на 50 нм.

На рисунке 1в,г приведены оптические спектры экстинкции для наноконусов и наноцилиндров с радиусом основания Ag  $r = 25$  нм, высотой  $h = r$  в двумерном массиве на стеклянной подложке в атмосфере воздуха для различных степеней заполнения поверхности.

Из рисунка видно, что при увеличении степени заполнения поверхности полоса ППР в спектре экстинкции испытывает сдвиг в длинноволновую область длин волн как для конических, так и для цилиндрических НЧ, при этом ширина полосы ППР на полувысоте увеличивается в большей мере для конических НЧ. Следует отметить, что изменение степени заполнения поверхности коническими НЧ позволяет перестраивать спектральное положение полосы ППР более, чем на 50 нм, а цилиндрическими – более, чем на 30 нм.

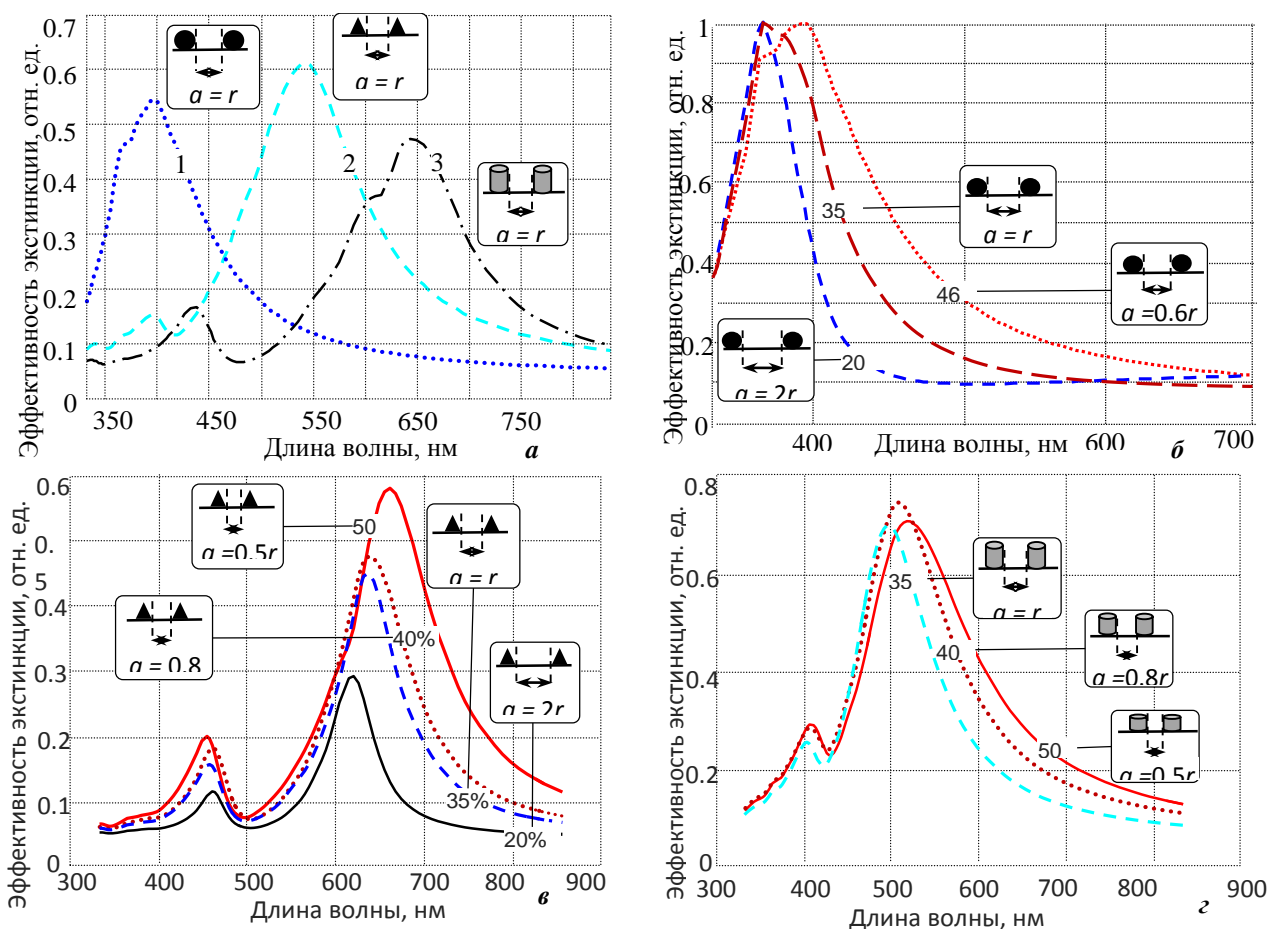


Рисунок 1 – Спектры экстинкции наноструктур с НЧ Ag различной формы на стеклянной подложке в атмосфере воздуха. На рисунке приведены: *a* – сравнение спектров экстинкции для сфер (1), конусов (2), цилиндров (3) для степени заполнения поверхности 35%; *б* – сравнение спектров экстинкции для сфер с различной плотностью заполнения поверхности; *в* – сравнение спектров экстинкции для конусов с различной плотностью заполнения поверхности; *г* – сравнение спектров экстинкции для цилиндров с различной плотностью заполнения поверхности.

В работе установлено, что грубое управление спектральным положением полосы ППР в широком диапазоне длин волн от 350 до 750 нм возможно на этапе синтеза наноструктуры путем вариации формы наночастиц, а более тонкое - путем изменения линейных размеров и плотности заполнения поверхности наночастицами.

#### Литература

1. Д.А. Мамичев, И.А. Кузнецов, Н.Е. Маслова. Молекулярная медицина, № 6 (2012).
2. K. Hanada, K. Uchida, D. Citterlo, N. Miki. Sensors and Materials, 25, № 5 (2011) 251–261.
3. V.K. Goncharov, K.V. Kozadaev, A.P. Mikitchuk. High temperature material processes: an international quarterly of high-technology plasma processes, 18, 3 (2014) 217 – 229.
4. B.N. Khlebtsov, V.A. Khanadeyev, N.G. Khlebtsov. Optics and Spectroscopy, 104, №2 (2008) 282 – 294.