

## Особенности проявления плазмонного резонанса при наличии поглощения в матрице

Р.А. Дынич<sup>1</sup>, А.Д. Замковец<sup>1</sup>, А.Н. Понявина<sup>1</sup>, Э.М. Шпилевский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Минск,

<sup>2</sup>Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, Минск

E-mail: a.zamkovets@dragon.bas-net.by

В непоглощающих матрицах плотная упаковка и ближний порядок в расположении плазмонных наночастиц приводят к формированию полосы коллективного поверхностного плазмонного резонанса поглощения (ППРП). При увеличении концентрации частиц максимум этой полосы сдвигается в длинноволновую относительно полосы локализованного плазмонного резонанса область спектра. Многие матрицы характеризуются наличием поглощения в видимом диапазоне. При разработке эффективных функциональных элементов для солнечных батарей и сенсоров с использованием плазмонных наночастиц важно знать, как поглощение матрицы влияет на характеристики полосы ППРП, а также на проявление коллективных электродинамических взаимодействий в плотноупакованных металлодиэлектрических наноструктурах.

В настоящей работе экспериментально и теоретически исследованы особенности спектральных характеристик полос ППРП плотноупакованных плазмонных структур на основе наночастиц золота, меди и серебра, помещенных в поглощающие углеродсодержащие матрицы. Установлено, что для изготовленных термическим испарением в вакууме наноструктур Au-C<sub>60</sub>, Cu-C<sub>60</sub> и Ag-C<sub>60</sub> наблюдается подавление длинноволнового концентрационного сдвига максимума полосы ППРП, характерного для плотноупакованных нанослоев соответствующих металлов, граничащих с воздухом.

На рис. 1 приведены спектральные характеристики наноструктур Au-воздух и Au-C<sub>60</sub>. Поверхностная плотность металла (ППМ) в наноструктурах Au-C<sub>60</sub> изменялась в пределах  $(3.86-7.98) \times 10^{-6}$  г·см<sup>-2</sup> при одновременном изменении массы фуллерена от  $6.42 \times 10^{-7}$  г·см<sup>-2</sup> до  $4.14 \times 10^{-7}$  г·см<sup>-2</sup>. Это соответствует примерному изменению параметра перекрытия в монослое Au с частицами диаметром 6 нм в диапазоне  $\eta \approx 0,34-0,63$ . Рис. 1 демонстрирует низкую чувствительность спектрального положения максимума полосы ППРП  $\lambda_{\max}$  наноструктур Au-C<sub>60</sub> к увеличению концентрации наночастиц Au по сравнению с наноструктурами чистого золота с такими же ППМ. В диапазоне  $\eta = 0,34-0,52$  положение  $\lambda_{\max}$  наноструктуры Au-C<sub>60</sub> остается практически неизменным (вблизи  $\sim 620$  нм). Подобная картина наблюдается и для наноструктур Cu-C<sub>60</sub> и Ag-C<sub>60</sub>.

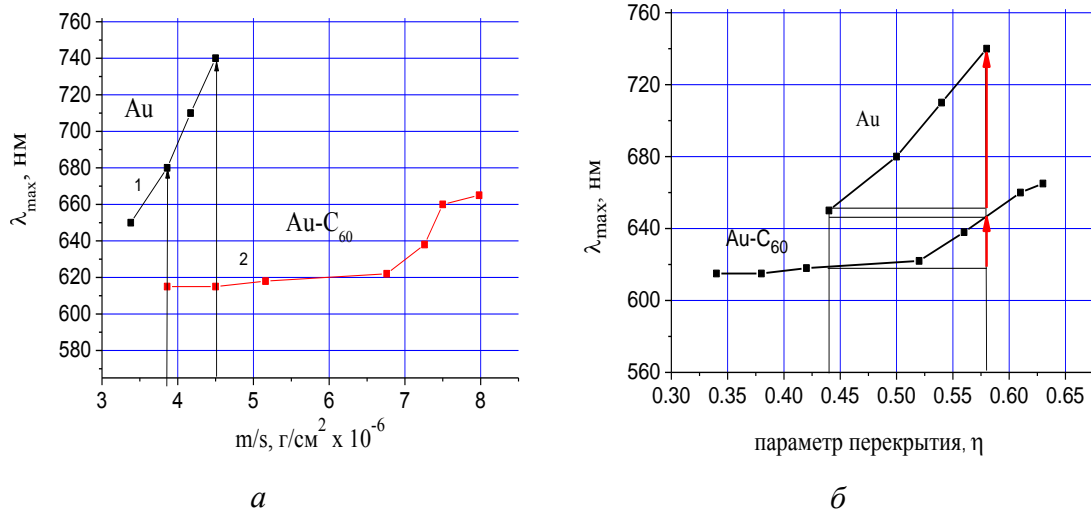


Рис. 1. Зависимость длины волны максимума полосы ППРП в изготовленных наноструктурах Au-воздух (1), Au-C<sub>60</sub> (2) от ППМ (а) и от параметра перекрытия (б). Толщина наноструктур Au-C<sub>60</sub> ~ 6 нм

Для установления физических причин такого эффекта проведено теоретическое моделирование спектральных характеристик металлодиэлектрических наноструктур. Расчеты экстинкции для одной металлической наночастицы проводились с использованием теории Ми для поглощающих матриц. Коэффициент когерентного пропускания плотноупакованного монослоя плазмонных наночастиц вычислялся с использованием модифицированного для поглощающих матриц приближения однократного когерентного рассеяния (МПОКР) [1].

Расчеты в МПОКР спектров пропускания монослоев из наночастиц золота и меди в воздухе и углероде показали, что для размеров плазмонных наночастиц 3–10 нм увеличение параметра перекрытия за счет возрастания числа частиц не приводит к заметному спектральному смещению полосы ППРП композитной наноструктуры, а сопровождается лишь ростом ее интенсивности (уменьшением пропускания).

Сопоставление и анализ полученных экспериментальных и теоретических результатов позволяет сделать вывод о том, что снижение концентрационной чувствительности спектрального положения максимума полосы ППРП в исследованных металлофуллереновых наноструктурах обусловлено ослаблением латеральных электродинамических взаимодействий между металлическими наночастицами в фуллереновой матрице C<sub>60</sub>, характеризующейся наличием поглощения в видимом диапазоне.

1. Dynich R.A., Ponyavina A.N. // Physics, Chemistry and Applications of Nanostructures. 2013. P. 102–104.