

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ ПЛАЗМОННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Р.А. Дынич, А.Д. Замковец, А.Н. Понявина

Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, Минск

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

В последние годы активно исследуется возможность применения в функциональных оптических элементах и гибридных материалах, содержащих в своем составе как неорганические, так и органические компоненты, металлических плазмонных наночастиц. Значительные перспективы при этом связывают с быстрым и регулируемым оптическим откликом таких частиц, а также с существенным усилением электромагнитных полей вблизи их поверхности. Сравнительный анализ оптических свойств наноструктурированных благородных металлов показывает, что наиболее высокие коэффициенты усиления могут быть достигнуты для наноструктур серебра [1], для которых полосы поверхностного плазмонного резонансного поглощения (ППРП) достаточно хорошо отделены спектрально от полос межзонного поглощения. Для наночастиц серебра значения коэффициентов усиления локального поля существенно зависят от размеров наночастиц и свойств окружающей матрицы [2]. Для прозрачных матриц, в которых полностью отсутствует поглощение излучения, фактор эффективности рассеяния в ближней зоне Q_{NF} может на порядки превышать значение фактора эффективности рассеяния в дальней зоне.

В настоящей работе проводится сравнение характера распределения локального поля для различных размеров наночастиц Ag при отсутствии и наличии поглощения в матрице и оценивается влияние плазмонных наночастиц на оптические свойства гибридных наноконкомпозитов.

На рис. 1 приведена трехмерная диаграмма зависимости произведения $Q_{NF}m_i$ от λ (в интервале 300–800 нм) и $R/a = 1-3$ для серебряной наночастицы радиусом $a = 10$ нм с учетом размерных эффектов (m_i – мнимая часть комплексного показателя преломления матрицы, R – расстояние от поверхности частицы, матрица – фталоцианин меди). Спектральная зависимость величины $Q_{NF}m_i$ характеризует-

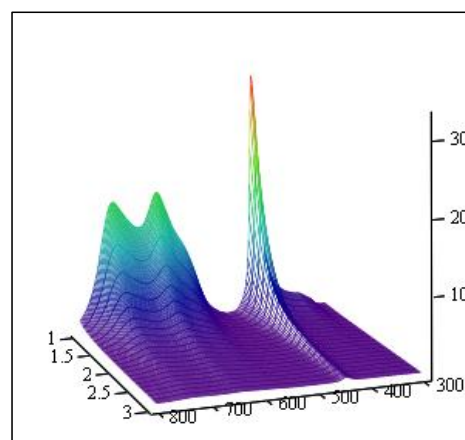


Рис.1.

ся наличием трех максимумов, два из которых определяются максимумами поглощения CuPc, а третий (коротковолновый) – максимумом эффективности рассеяния в ближней зоне Q_{NF} . Наличие поглощения в матрице приводит к ослаблению плазмонного резонанса и уменьшению значений фактора Q_{NF} .

В докладе приводятся результаты исследований изготовленных термическим испарением в вакууме композитных гибридных образцов Ag-R6G, Ag-CuPc и Ag-NiPc, состоящих из плотноупакованных монослоев серебра (островковых пленок) и контактирующих с ними тонких слоев органического полупроводника. Изготовленные образцы характеризуются наличием полос ППРП (серебро) и электронного поглощения (органические пленки) в видимом диапазоне.

Показано, что наличие наночастиц серебра наиболее значительно усиливает эффективное поглощение наноструктурированной пленки органического полупроводника в длинноволновом относительно полосы ППРП спектральном диапазоне (600–800 нм) и достигает наибольших значений при сопоставимости толщин органических пленок с размерами плазмонных наночастиц. При этом величина эффективного поглощения гибридной системы может зависеть от порядка расположения осаждаемых слоев на подложке, что связано с особенностями формирования нанокompозита в процессе термического испарения [3].

Экспериментально установлено, что чувствительность эффективного поглощения наноструктурированной пленки органического полупроводника к наличию наночастиц серебра в исследованных нанокompозитах возрастает в ряду R6G - NiPc – CuPc. При этом оптимальные условия для модификации спектров поглощения органической компоненты за счет проявления ближнеполюсных взаимодействий достигаются в композитах Ag-CuPc-Ag, в которых электронные полосы CuPc спектрально разделены с полосой ППРП серебра, а подсветка органических пленок локальным полем осуществляется с обеих сторон их поверхностей и достигает своей максимальной величины.

Полученные результаты могут быть полезными для применений в нанофотонике и фотовольтаике.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке БРФФИ (грант Ф16В2-003).

1. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. М.: Мир, 1986. 660 с.
2. Дынич, Р.А., Понявина А.Н. //ЖПС. 2008. Т.75, №6. – С. 831–837.
3. Замковец А.Д., Понявина А.Н., Баран Л.В.//Известия НАНБ. Сер. физ.-мат. 2016. № 4.- С. 98–105.