Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100085

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 14-02-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Томчук Анастасія Вікторівна

2. Tomchuk Anastasiia Viktorivna

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 26-01-2023

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.001.350

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, м. Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, м. Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 29.33

Тема дисертації:

1. Спектральні прояви близькопольової взаємодії в планарних плазмонних наноструктурах

2. Spectral manifestations of near-field coupling in planar plasmonic nanostructures

Реферат/анотація:

1. Дисертацію присвячено: встановленню фізичних механізмів гібридизації поверхневої плазмонної моди 2D-моношару металевих наночастинок та поверхневої плазмонної поляритонної моди поверхні металу, наслідком якої є утворення колективної плазмонної щілинної моди в планарних плазмонних наноструктурах резонаторного типу «моношар наночастинок (НЧ) металу / діелектрична плівка / поверхня металу»; дослідженню ефектів впливу характеристик зазначених наноструктур на ефективність збудження щілинної моди; дослідженню ефектів плазмонного підсилення оптичних процесів у молекулах, розташованих в плазмонних нанорезонаторах; аналізу можливості застосування зазначених плазмонних резонаторних наноструктур як бази для розробки плазмонних пристроїв, в яких є потреба в плавній контрольованій зміні оптичного відгуку, та високочутливих сенсорів для люмінесцентного детектування біомолекул. Об'єктом досліджень є планарні шаруваті плазмонні наноструктури типу «2D-шар наночастинок металу / плівка

діелектрика / поверхня металу». Предметом дослідження є вплив ефектів плазмонної близькопольової взаємодії на спектральні характеристики планарних плазмонних резонаторних наноструктур. У дослідженнях використано наступні методи: спектроскопічні (поглинання, відбивання, фотолюмінесценція), мікроскопія (люмінесцентна, атомно-силова, просвічуюча та скануюча електронна), а також чисельні розрахунки, зокрема методом FDTD. Комплексний характер проведення досліджень за допомогою добре розвинених і апробованих сучасних експериментальних методик та теоретичних розрахунків, відтворюваність експериментальних результатів та узгодження експериментальних даних з результатами теоретичних розрахунків дає підстави вважати проведені дослідження достовірними. Проведено детальну спектральну та структурну характеризацію наносистем, виготовлених на основі металів Au, Ag, Al та Ni, при кімнатних температурах з використанням сучасних експериментальних методів. Проаналізовано спектральні характеристики екстинкції світла в системі «моношар НЧ Au / прошарок шелаку / плівка Al». Показано, що при зменшенні товщини прошарку шелаку плазмонна взаємодія підсилюється, наслідком чого є сильний червоний зсув піку плазмонного резонансу та нелінійна зміна інтенсивності з максимумом при товщині плівки шелаку ~70 нм. Показано, що використання планарних наноструктур «моношар НЧ металу/ плівка діелектрика/ плівка металу» дає можливість контрольовано змінювати спектральні характеристики піку екстинкції світла шляхом зміни розміру НЧ, міжчастинкової відстані та товщини діелектричного прошарку. Методами оптичної спектроскопії встановлено умови збудження плазмонної щілинної моди в планарних плазмонних наноструктурах різних типів. Виявлено збудження колективної щілинної моди плазмонного нанорезонатора «моношар наночастинок Au / прошарок шелаку / плівка Al»: при товщині прошарку шелаку < 30 нм у спектрах екстинкції внаслідок гібридизації поверхневої плазмонної моди шару НЧ та делокалізованої плазмонної поляритонної моди плівки металу з'являється новий пік, що відповідає щілинній моді системи. Експериментально і теоретично досліджено кутові та поляризаційні залежності спектрів екстинкції плазмонної наноструктури, утвореної моношаром НЧ Au розміром ~ 90 нм, плівкою шелаку товщиною 10 нм та плівкою Al товщиною 5 нм. Спостерігалися спектральні прояви збудження трьох плазмонних мод: плазмонної моди шару НЧ та двох щілинних плазмонних мод і . Показано, що розщеплення щілинної моди на дві компоненти зумовлене різною орієнтацією (перпендикулярною чи паралельною) плазмонного дипольного моменту відносно площини щілини. Встановлено, що зміна ширини щілини плазмонного резонатора «моношар наночастинок Au / композитний прошарок "шелак-барвник" / плівка Au» істотно впливає на фотолюмінесценцію молекул барвника, розташованих між шаром НЧ та металевою плівкою. Показано, що зменшення товщини прошарку "шелак-барвник" між шаром НЧ Au та плівкою Au спричиняє зростання інтенсивності фотолюмінесценції барвника. Порівняння результатів розрахунків із експериментальними даними (11-кратне підвищення інтенсивності та червоний зсув смуги випромінювання барвника на 48 нм) демонструє їхню хорошу кількісну узгодженість. Отримане співпадіння експерименту і теорії підтверджує ключову роль щілинної плазмонної моди у підсиленні локального електромагнітного поля в планарних плазмонних нанорезонаторах, які є перспективними в якості основи для новітніх нанофотонних підсилювачів.

2. The dissertation is devoted to: establishing the physical mechanisms of the hybridization collective plasmon mode in metal nanoparticles 2D-monolayer and propagating surface plasmon polariton mode of metal surface with consequent formation collective plasmon gap mode in planar plasmonic resonator-type structures "monolayer of metal nanoparticles (NP) / dielectric film / metal surface"; studying the effects of the characteristics such nanostructures on the excitation efficiency of these modes; researching of increasing the optical processes intensity in molecules inside plasmonic resonator nanostructures; analysis of the possibility of using these plasmon resonator nanostructures as a basis for the development of plasmonic devices, in which there is a need for a smoothly controlled variable optical response and highly sensitive sensors for fluorescent detection of biomolecules. The object of research is planar layered plasmonic nanostructures "2D layer of metal nanoparticles / dielectric film / metal surface". The subject of research is the influence of the effects of plasmonic near-field interaction on the spectral characteristics of planar plasmonic resonator nanostructures. In this research the following methods were used: spectroscopic (absorption, reflection, photoluminescence), microscopy

(luminescence, atomic force, transmission and scanning electron), as well as numerical calculations, in particular by the FDTD method. The complex nature of the research with the help of well-developed and tested modern experimental techniques and theoretical calculations, the reproducibility of experimental results and the agreement of experimental data with the results of theoretical calculations gives grounds to consider the conducted research reliable. A detailed spectral and structural characterization of nanosystems made on the basis of Au, Ag, Al and Ni metals at room temperatures using modern experimental methods was carried out. Spectral characteristics of extinction in the system "monolayer of Au NPs / shellac interlayer / Al film" were analyzed. It is shown that when the thickness of the shellac layer decreases, the plasmon interaction increases, a strong red shift of the plasmon resonance peak and a nonlinear change in intensity with a maximum at a shellac film thickness of ~70 nm are observed. The considered planar nanostructure proves that the combination of "monolayer of metal NPs/ dielectric film/ metal film" allows to controllably change the spectral characteristics of the extinction peak by adjusting the size of the NPs, the interparticle distance, or the thickness of the dielectric layer. Optical spectroscopy methods have been used to determine the excitation conditions of the plasmonic gap mode in planar plasmonic nanostructures of different types. The excitation of the collective gap mode of the plasmonic nanoresonator "monolayer of Au NP / shellac layer / Al film" was revealed: at the shellac layer thickness < 30 nm, a new peak corresponds to the gap mode of the whole system appears in the extinction spectra due to the hybridization of the surface plasmonic mode of the NP layer and the delocalized plasmonic polariton mode of the metal film.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Єщенко Олег Анатолійович
2. Yeshchenko Oleh Anatoliiovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мамикін Сергій Васильович
2. Mamykin Serhii Vasylovych

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сорокін Олександр Васильович
2. Sorokin Oleksandr Vasylovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кондратенко Сергій Вікторович

2. Kondratenko Serhii Viktorovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Макаренко Олексій Володимирович

2. Makarenko Oleksii Volodymyrovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Коротченков Олег Олександрович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні Коротченков Олег Олександрович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності



Юрченко Т.А.