

materials as well as on processing methods. These factors have influence on luminescence intensity but profile of photoluminescence (PL) bands remains practically unchanged. A maximum of non-elementary PL band is located near 490 nm for case of excitation at 405 nm.

Composites with argentums nitrate revealed similar shape of PL band with maximum at 490 nm but with more intensive short-wavelength side of the band. Under excitation in 33–532 nm spectral region the composites that contain $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$ and $LaVO_4:Sm$ are characterized by intensive visible photoluminescence. Spectra of these PL depend on excitation wavelength. It is shown the combination of luminescent coating “microcrystalline cellulose” + $K_2Eu(PO_4)(MoO_4)$ and commercial light emitting diode with $\lambda_{em} = 455$ nm allow to obtain bluish white light (chromaticity coordinates are $x = 0.262$; $y = 0.224$).

Keywords: microcrystalline cellulose, luminescence, oxide, rare-earth ion

УДК 535.3

ВПЛИВ АДСОРБЦІЙНОГО ШАРУ МЕТАЛЕВИХ ЧАСТИНОК НА РОЗСІЯННЯ СВІТЛА

С. В. СТЕЦЕНКО, старший викладач
**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**
E-mail: sstetsenko@i.ua

Анотація. Розглянуто сучасний стан досліджень взаємодії електромагнітного випромінювання з металевими наночастинками та дисперсними системами на їх основі. Проаналізовано деякі чисельні результати з даної тематики, отримані за останні роки. Наведено результати досліджень впливу адсорбційного шару металевої частинки сферичної форми на посилення комбінаційного розсіяння світла молекулами в зовнішньому електричному полі. Проаналізована в даній роботі методика дає можливість вивчати стан окремих груп, що знаходяться на поверхні частинок та їх комплексів. Це особливо важливо, оскільки величезна кількість процесів відбувається саме на границі розподілу фаз.

Ключові слова: малі частинки, адсорбційний шар, поляризованість, комбінаційне розсіяння, коефіцієнт посилення

Актуальність. Актуальність дослідження діелектричних та спектральних характеристик гетеросистем з металевими включеннями розміром порядку 5–15 нм зумовлена рядом властивостей цих систем та

© С. В. Стеценко, 2018

активним їх використанням у сучасних технологіях для задач діелектричної та оптичної спектроскопії поверхні, оптичного запису інформації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У статті «Електродинамічний відгук малих частинок на електромагнітне випромінювання» [2] авторів О. Ю. Грищук, Н. Г. Шкода, С. В. Стеценко аналізується питання впливу поверхневих шарів металевих частинок на формування спектрів розсіяння, поглинання та екстинкції. Властивості частинок та дисперсних систем на їх основі можуть бути зумовлені поляризованістю їх складових. У статті «Вплив адсорбційного шару металевих частинок на їх поляризованість та розсіяння світла» [3] авторів О. Ю. Грищук, С. В. Стеценко розглядається задача взаємодії електромагнітного випромінювання з малими металевими частинками, яка зводиться до розрахунку її поляризованості, що залежить від частоти ω коливань електромагнітного поля. Значення поляризованості дають можливість визначити частоти поверхневих збуджень металевої кульки як із адсорбційним шаром, так і без нього.

Мета дослідження – аналіз впливу адсорбційного шару металевої частинки сферичної форми на посилення комбінаційного розсіяння світла на адсорбованих молекулах у зовнішньому електричному полі.

Матеріали і методи дослідження. Отримані результати [3] дають змогу оцінювати вплив адсорбційного шару металевої частинки сферичної форми на посилення комбінаційного розсіяння F світла на адсорбованих молекулах у зовнішньому електричному полі. Фактор F більше, ніж 10^6 , і значною мірою залежить від розміру частинок. Звичайно, сильну залежність F від розміру частинок пов'язують з відхиленням форми частинок від сферичної.

Посилення комбінаційного розсіяння світла молекулами на малій сферичній частинці можна подати у вигляді:

$$F_{\omega_1, \omega_2} \approx 1 + 2 \left(R/R_o \right)^3 \alpha_{\omega_1}^{-2} \left[1 + 2 \left(R/R_o \right)^3 \alpha_{\omega_s}^{-2} \right], \quad (1)$$

де ω_l – частота лазерного випромінювання;

ω_s – частота комбінаційного розсіяння;

$R_o \approx R$ – положення молекули.

Якщо частоти поверхневих збуджень, які виникають унаслідок взаємодії з електромагнітним випромінюванням, близькі до ω_l, ω_s , обидва множники у правій частині рівняння (1) можуть досягати великих значень. Наслідком цього є значне збільшення коефіцієнта підсилення. Частоти поверхневих збуджень дуже залежать від природи частинки, її розміру та характеристик поверхневого шару. Генерація локалізованих поверхневих плазмонів на поверхні металу забезпечує посилення світла з речовиною, що призводить до посилення інтенсивності комбінаційного розсіяння.

Зробимо оцінки впливу поверхневого адсорбційного шару на коефіцієнт посилення F_{ω_1, ω_2} вважаючи, що металева частинка

описується діелектричною проникністю в гідродинамічному наближенні з частотою плазмових коливань ω_p та частотою зіткнень електронів $\gamma\omega_p$. В адсорбційному шарі молекули одного сорту описуються ефективними поляризовностями в дворівневому наближенні з частотою переходу ω_o та частотою згасання $\Gamma\omega_o$. У цьому наближенні, без урахування поверхневого шару, куля має одне поверхнєве збудження, частота якого дорівнює частоті виникнення поверхневого плазмону: $\omega_1 = \omega_p / \sqrt{3}$. Частоти поверхневих збуджень металеві кулі з поверхневим шаром знаходили з рівняння:

$$\left[1 - 3 \left(\frac{\omega}{\omega_o} \right)^2 \right] \left[-\chi^2 + \phi^2 + 4\chi^2\phi^2 - 2\sqrt{2}\chi(1 - \chi^2 - \phi^2) \right] = 0 \quad (2)$$

де χ, ϕ – реальна та уявна частини виразу:

$$\frac{1}{R^3} \frac{p}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_o} \right)^2 - 2i\Gamma \frac{\omega}{\omega_o}}, \quad (3)$$

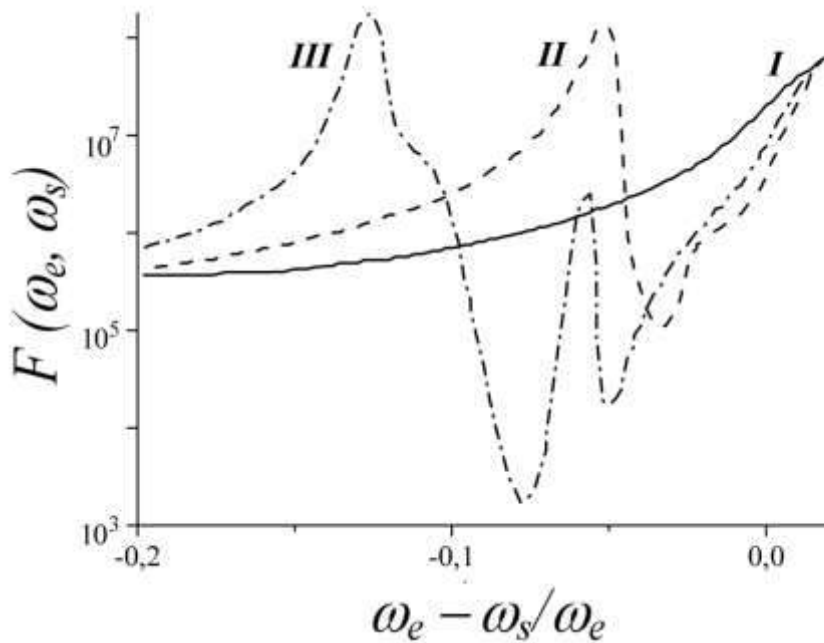
де $p = N\alpha \sqrt{2}$, N – число молекул в адсорбційному шарі;

α – поляризованість атомів або молекул поверхневого шару на нульовій частоті.

Частоти поверхневих збуджень значною мірою залежать від розміру частинки та характеристик поверхневого шару, що за певних умов може забезпечити одночасний резонанс та значне зростання коефіцієнта підсилення F .

Результати досліджень та їх обговорення. На рисунку наведено залежність коефіцієнта підсилення $F(\omega_l, \omega_s)$ від різниці частот лазерного випромінювання і комбінаційного розсіяння, $\omega_l - \omega_s$, на кулі без адсорбційного шару – I, з адсорбційним шаром при $p/R^3 = 0,01$ – II та при $p/R^3 = 0,05$ – III.

Як видно з рисунка, наявність поверхневого адсорбційного шару молекул приводить до зростання інтенсивності комбінаційного розсіяння в дисперсних системах до значень, порядку $10^9 - 10^{10}$, на частотах ω_l, ω_s , а також зумовлює сильну залежність коефіцієнта посилення комбінаційного розсіяння від розміру частинки.



Залежність коефіцієнта посилення $F(\omega_e, \omega_s)$ від різниці частот $\omega_e - \omega_s$

Висновки і перспективи. Аналіз проведених розрахунків свідчить, що наявність зовнішнього електричного поля приводить до зміни електродинамічних та оптичних властивостей: перерозподілу зарядів, зсуву положення піків, зменшення інтенсивності поглинання електромагнітного випромінювання і зростання інтенсивності комбінаційного розсіяння. Це дає змогу стверджувати, що при адсорбції атомів або молекул на поверхні металевої частинки відбувається також зміна люмінесценції, поглинання та ряду нелінійних ефектів. При цьому характер такої зміни залежить від параметрів дисперсної системи, частоти збудження електромагнітного випромінювання і ступеня шорсткості поверхневого шару частинки.

Список літератури

1. Гречко Л. Г. Ефективна діелектрична проникність матричних дисперсних систем з багатошаровими включеннями: пряма та обернена задачі / Л. Г. Гречко, Л. Б. Лерман, Н. Г. Шкода // Вісник Київ. ун-ту. Серія: Фіз.-мат. науки. – 2004. – № 2. – С. 181–186.
2. Грищук О. Ю. Електродинамічний відгук малих частинок на електромагнітне випромінювання / О. Ю. Грищук., Н. Г. Шкода, С. В. Стеценко // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2014. – № 194, ч. 2. – С. 235–243.
3. Грищук О. Ю. Вплив адсорбційного шару металевих частинок на їх поляризованість та розсіяння світла / О. Ю. Грищук, С. В. Стеценко // Металофізика: новітні технології. – 2014. – Т. 36, № 3. – С. 391–397.

References

1. Grechko, L. G., Lerman, L. B., Shkoda, N. G. (2004). Efektyvna dielektrychna pronyknist matrychnykh dyspersnykh system z bahatosharovymy vkluchenniamy: priama ta obernena zadachi [The effective permittivity matrix dispersed systems with multilayered inclusions: direct and inverse problems]. Visnyk Kyiv. un-tu. Seriya: fiz.-mat. Nauky, 2, 181–186.
2. Grishchuk, O. Y., Shkoda, N. G., Stetsenko, S. V. (2014). Elektrodynamichniy vidhuk malykh chastynok na elektromahnitne vyprominiuvannya [Electrodynamic add small particles to electromagnetic radiation]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka v APK, 194 (2), 235–243.
3. Grishchuk, O. Y., Stetsenko, S. V. (2014). Vplyv adsorbtsiinoho шару metalevykh chastynok na yikh poliaryzovnist ta rozsiannia svitla [Influence of the adsorptive layer of metal particles on their polarizability and light scattering]. Metalofizyka: novitni tekhnolohii, 36 (3), 391–397.

ВЛИЯНИЕ АДСОРБЦИОННОГО СЛОЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ НА РАССЕЯНИЕ СВЕТА

С. В. Стеценко

Аннотация. Рассмотрено современное состояние исследований взаимодействия электромагнитного излучения с металлическими наночастицами и дисперсными системами на их основе. Проанализированы некоторые численные результаты по данной тематике, полученные за последние годы. Приведены результаты исследований влияния адсорбционного слоя металлической частицы сферической формы на усиление комбинационного рассеяния света молекулами во внешнем электрическом поле. Проанализирована в данной работе методика позволяет изучать состояние отдельных групп, находящихся на поверхности частиц и их комплексов. Это особенно важно, поскольку огромное количество процессов происходит именно на границе раздела фаз.

Ключевые слова: малые частицы, адсорбционный слой, поляризуемость, комбинационное рассеяние, коэффициент усиления

INFLUENCE OF THE ADSORPTIVE LAYER OF METAL PARTICLES ON LIGHT SCATTERING

S. Stetsenko

Abstract. The current state of research on the interaction of electromagnetic radiation with metallic nanoparticles and dispersed systems based on them is considered. Some numerical results on this subject, obtained in recent years, are analyzed. The results of investigations of the influence of the adsorption layer of a metal particle of spherical shape on the enhancement of Raman scattering by molecules in an external electric field. Analyzed in this

paper, the technique makes it possible to study the state of individual groups located on the surface of particles and their complexes. This is especially important, since a huge number of processes occur precisely at the phase boundary

Keywords: small particles, adsorptive layer, polarizability, Raman scattering, coefficient of strengthening

УДК 515.1

ТОПОЛОГІЧНА ЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ КУСКОВО-ЛІНІЙНИХ ФУНКЦІЙ

Т. Г. КРИВОРОТ, кандидат педагогічних наук
**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**
E-mail: tania.krivorot@gmail.com

Анотація. Розглянуто задачу для неперервних функцій зі скінченною кількістю екстремальних точок, заданих на відрізьку та числовій осі. Показано, що в кожному класі еквівалентності таких функцій присутня невід'ємна функція, яка приймає в точках екстремумів усі цілочислові значення з множини $0, 1, 2, \dots, l$. Для повної альтернуючої послідовності визначено кусково-лінійну функцію, яка називається *PL-реалізацією* альтернуючої послідовності. Доведено, що кожна неперервна функція зі скінченною кількістю екстремальних точок, задана на відрізьку, буде топологічно еквівалентною *PL-реалізації* своєї повної альтернуючої послідовності.

Визначено періодичну альтернуючу послідовність, яка будується згідно з послідовністю екстремумів неперервної функції, яка задана на відрізьку $[a, b]$, і чисел, що відповідають критичним значенням заданої функції. Введено спеціальну функцію та поставлено у відповідність спеціальній функції періодичну альтернуючу послідовність. Доведено існування поліному, топологічно еквівалентного кусково-лінійній функції.

Ключові слова: альтернуюча послідовність, екстремум, топологічна еквівалентність, поліном, кусково-лінійна функція

Актуальність. Багато процесів можна описати за допомогою гладких функцій та поведінки гладких функцій в околі критичних точок. Важливим напрямом є проблема дослідження умов топологічної еквівалентності кусково-лінійних функцій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основним дослідженням є розв'язок задачі про існування поліному топологічно еквівалентного кусково-лінійній функції. Класифікацією та дослідженням умов топологічної еквівалентності функцій займалися О. В. Болсінов [1],

© Т. Г. Криворот, 2018