

**СПЕКТРАЛЬНИЙ МЕТОД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ  
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМІ МЕТАЛЕВА  
НАНАЧАСТКА - РЕЧОВИНА В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЮ  
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Ілляшенко Л.М.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., зав. каф. ПЕЕА, проф. Панченко О.Ю.  
д.ф.-м.н., проф. Нерух О.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. ПЕЕА, тел. (057) 702-14-94)  
e-mail: [mila.illyashenko@gmail.com](mailto:mila.illyashenko@gmail.com)

The given work is devoted to the modern developments in the field of nanodevice design for environmental quality control, the principle of working for those is based on the use of plasmon resonances of noble metal nanoparticles, sensitive to any change in external environment. The dependence of resonating wavelength on various parameters is possible to be found. This permits adjusting the shape and size of nanoparticle in the most beneficial way to make it possible to build novel nanodevices covering a wide range of desired properties. The set of mathematical procedures demonstrates performances of developed algorithm, that allows solving a lot of new challenging problems.

Кажучи про безпеку, необхідно відмітити, безпеку навколишнього природного середовища, води та їжі, оскільки кожен рік більше ніж два більйона людських захворювань з'являється завдяки невірному використанню продуктів харчування, або їх невірному збереженню, чи невірної обробки як промислово виробленої їжі, так і саморобної продукції, не кажучи вже про цілеспрямовані отруєння. Серед причин отруєнь можуть бути не лише несвіжі продукти харчування, а і заздалегідь відомі небезпечні речовини, і навіть рослини, а саме гриби та ягоди, які людина принесла з лісу. Створення сенсорів, що зможуть вплинути на зниження смертності від отруєння, допоможуть розвитку сектору безпеки у тому вигляді, в якому її розглядають в нововведеному союзі країн, що знаходяться на території Європи, включив в поняття безпеки, поряд з тією безпекою, яку ми звикли називати безпекою, ще і безпеку води, повітря, їжі, а також екологічну безпеку. Розвиток цієї галузі сьогодні може спиратися на нову область радіофізики – плазмоніку. Завдяки чутливості плазмонних резонансів (ПР) в малих металевих наночастках до змін в оточуючому їх середовищі, присутність шкідливих речовин можна ідентифікувати завдяки зміні кольору резонансно-розсіяного світла, що може стати основою для створення найчутливіших сенсорів, які на додаток стануть ще і легкими та компактними настільки, що можуть поміститись у кишені людини.

Разом з тим, відомі обчислювальні методи не задовольняють сучасним вимогам при їх використанні для моделювання нових оптичних приладів з такою чуттєвістю. Одні не мають достатньої точності, тому що при наявності ПР амплітуда електромагнітного поля може значно зрости в дуже маленькій комірці простору. Інші методи не дозволяють враховувати комплексно значні параметри плазмонних матеріалів, що залежать від довжини хвилі. Таким чином, для проектування нових приладів на основі використання електромагнітних ефектів плазмонних матеріалів нагальною

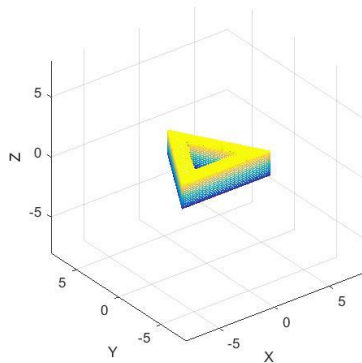


Рис. 1. Параметризація плазмонно-резонансної структури з квадратним перерізом у площині  $Oxz$  та трикутним перерізом у площині  $Oxy$ .

є потреба в створенні ефективних методів дослідження електромагнітних полів в різноманітних системах типу металева наночастка – речовина зроблених з таких матеріалів, властивості яких залежать від довжини хвилі [1]. Тому, для розрахунку електромагнітних полів і вивчення їх особливостей в цій роботі розроблено спектральний метод граничних інтегральних рівнянь (ГІР). На відміну від відомих схем обчислення, що базуються на використанні методів кінцевих різниць в часовій області (*англ.*

*FDTD*) та методу кінцевих елементів (*англ.* *FEM*), методи ГІР не потребують допоміжних зусиль для виконання на штучній границі умов, еквівалентних умові Зоммерфельду, тому що ця умова при використанні ГІР виконується автоматично. Це необхідно також тому, що матеріальні параметри деталей (діелектрики, напівпровідники та дорогі метали), а також зовнішніх середовищ (речовини) є залежними від довжини хвилі. В цій роботі спочатку було розроблено метод параметризації границь (рис.1), що дозволяє його застосування сумісно зі спектральним методом ГІР для обчислення характеристик електромагнітного поля в ближній та дальній зонах, після цього побудовано метод аналітичної регуляризації сингулярних інтегралів, зроблено водночас спектральну дискретизацію, регуляризацію та параметризацію ГІР, зводячи їх до таких інтегральних рівнянь, для яких системи спектральних та Фур'є гармонік є натуральними базисами при застосуванні методу Гальоркіна. З метою скорочення часу розрахунків було використано швидкі перетворення Фур'є.

#### Список використаних джерел:

1. Raguin L. Boundary integral equation method for the analysis of tunable light scattering properties of plasmonic core-shell nanoparticles / L. Raguin, P. Leuchtman, Ch. Hafner // J. Comput. Theor. Nanoscience. – 2011. – Vol. 8, № 8. – P. 1590-1599.