

ЧАСОВА ДИНАМІКА ПОВЕРХНЕВИХ ПЛАЗМОНІВ

Шпількін А.Р.

Науковий керівник – к. ф.-м. н., доц. Стогній Н.П.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ВМ,
м. Харків, Україна

тел. +38(057) 702-13-72, e-mail: nadiia.stohnii@nure.ua

The excitation of surface plasmons of a metal nanowire and nanoshell by an external nonstationary source is investigated. It is shown that due to excitation by a directed pulse the resultant field has the form of an asymmetric surface wave traveling along the surface of the structure. Moreover, the distribution of the field on the surface of nanoshell is more complex, because it excites both even and odd plasmons with different Q-factors and field distributions.

Дослідження динаміки полів в активних плазмонних системах, гібридизованих з активними речовинами або з речовинами, властивості яких змінюються в часі, є актуальним завданням сучасної електродинаміки [1]. Виникає необхідність використання строгих методів вирішення задач дифракції, що дозволяють досягти глибокого розуміння нестационарних процесів, що відбуваються у металевих наноструктурах.

В роботі побудовано аналітичний розв'язок задачі збудження нестационарних плазмонів зовнішнім імпульсним джерелом. Для моделювання зовнішнього нестационарного пучка використано поняття імпульсного комплексного точкового джерела. В основі такої моделі лежить ідея Л. Фелсена аналітичного продовження функції поля звичайного точкового джерела в комплексний простір [2].

Для дослідження полів отримані відповідні рівняння в середовищі з дисперсією, які явно враховують залежність від часу. Алгоритм розв'язування базується на методі неповного розподілення змінних. Часову змінну вдається частково відокремити після застосування перетворення Лапласа. Перехід до часової області здійснювалося за формулою Мелліна за допомогою теореми Коші про лишки, що не тільки гарантує високу точність обчислень, а й забезпечує простоту інтерпретації результатів.

При обчисленні оберненого перетворення Лапласа формула Мелліна була модифікована з урахуванням «комплексного часового запізнення». Як об'єкти, в яких збуджувались нестационарні поля, були розглянуті металевий нанопровід та нанотрубка. На рис. 1 наведена спектральна щільність поля в трубці при збудженні її імпульсним джерелом із залежністю від часу $\tilde{j}(t) = e^{i\omega_0 t} [\Theta(t) - \Theta(t - \tau)]$. Точка спостереження розташована всередині нанотрубки поблизу границі. Введена нормована частота джерела $w_0 = \omega_0 c / a$.

На рис. 1 суцільна лінія відповідає випадку, коли частота джерела співпадає з дійсною частиною частоти парного дипольного плазмону, а штрихова лінія – непарного дипольного плазмону. Тривалість імпульсу $\tau = 2\pi a/c$. Також у спектрі наявні множинні максимуми, пов'язані із вищими плазмонами. На вставках рис. 1 показані миттєві зображення модуля дійсної частини магнітного поля (верхня панель – $w_0 = 0,83$, $T = 100\pi$; нижня панель – $w_0 = 0,83$, $T = 140\pi$, де $T = tc/a$ – нормований час). Стрілки вказують напрямок падіння хвильового пучка й спрямованість руху поверхневої хвилі. Ця хвиля є результатом одночасного збудження плазмонів з різними кутовими залежностями та добротностями. Розподілення полів на поверхні нанотрубки має ще більш складний характер, ніж для проводу, тому що при цьому збуджуються як парні, так і непарні плаزمони з різними добротностями та розподілами полів.

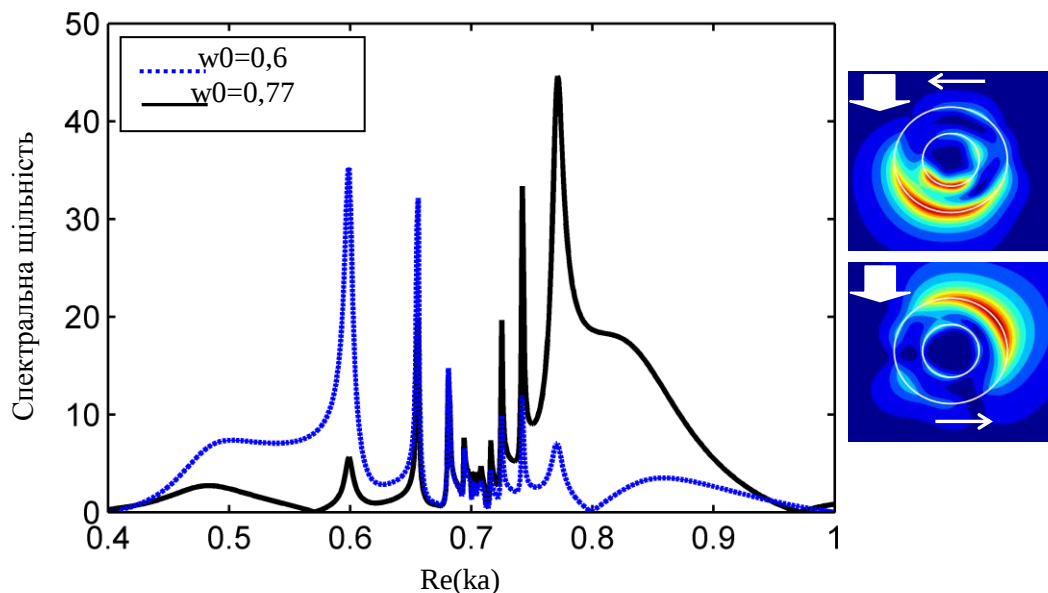


Рисунок 1 – Спектральна щільність поля в нанотрубці ($w_p = 1$, $\tau = 2\pi a/c$).

Список використаних джерел:

1. Sakhnenko, N. K., Chipouline, A., Schmidt, C., Nerukh, A., & Pertsch, T. (2012). Modeling of transient dynamics in two-dimensional circular microresonators using the pulsed complex source point beam concept. *Journal Optical Society of America A*, 29(10), 2197-2203.
2. Felsen, L. B. (1975). Complex-point source solutions of the field equations and their relation to the propagation and scattering of the Gaussian beams. *Symp. Mathematics*, 18, 39-56.