УДК 535.8
Кучер О.Р.[1], Рева В.І.[2], Коротун А.В.[3,4]

[1] студ. гр. БК-423сп НУ «Запорізька політехніка»
[2] доц. НУ «Запорізька політехніка»
[3] проф. НУ «Запорізька політехніка»
[4] с.н.с. Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

ПІДСИЛЕННЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ МОЛЕКУЛ ЗА РАХУНОК БЛИЖНІХ ПОЛІВ ПЛАЗМОННИХ НАНОЧАСТИНОК

Відомо, що на поверхні металевих наночастинок при резонансі падаючих фотонів та колективних коливань вільних електронів метала збуджуються локалізовані поверхневі плазмони. Внаслідок збудження таких резонансів відбувається значне підсилення електричних полів в околі наночастинок. Такі підсилені поля використовують у в багатьох практично важливих застосу-ваннях, зокрема, підсиленій поверхнею раманівській спектроскопії (SERS),

плазмонній літографії, прискоренні хімічних реакцій, плазмонному захопленні нанорозмірних об'єктів. У випадку, коли молекули флуорофора знаходяться поблизу металевих наночастинок, може суттєво підсилитися інтенсивність випромінювання молекул та швидкість радіаційного розпаду, змінитися кутовий розподіл випромінювання та його поляризація [1].

Все це сприяє широкому використанню плазмон-підсиленої флуоресценції в медичних, біологічних та хімічних дослідженнях. У зв'язку з цим створення різних математичних моделей для теоретичного дослідження підсиленої за рахунок плазмонних резонансів флуоресценції є актуальною задачею.

В роботі побудовано модель для дослідження розмірних і частотних залежностей інтенсивності флуоресценції (числа випромінених молекулою фотонів за одиницю часу).

Загальний вираз для цієї характеристики флуоресценції має вигляд

$$\mathcal{F} = \frac{C_{\text{sca}}}{C_{\text{abs}} + C_{\text{sca}}} W_{\text{abs}} N_0 , \tag{1}$$

де N_0 – число падаючих фотонів; C_{abs} і C_{sca} – перерізи поглинання і розсіювання плазмонної наночастинки, а ймовірність поглинання фотонів за одиницю часу

$$W_{\text{abs}} = C_{\text{abs}} I_0 , \tag{2}$$

I_0 – інтенсивність падаючого світла

Підставляючи вираз (2) у формулу (1), матимемо

$$\mathcal{F} = \frac{C_{\text{abs}} C_{\text{sca}}}{C_{\text{abs}} + C_{\text{sca}}} N_0 I_0 . \tag{3}$$

Вводячи ефективності поглинання $Q_{\text{abs}} = C_{\text{abs}} / S$ і розсіювання $Q_{\text{sca}} = C_{\text{sca}} / S$ (S – геометричний переріз наночастинки), одержимо для безрозмірної інтенсивності флуоресценції наступний вираз

$$\tilde{\mathcal{F}} = \frac{Q_{\text{abs}} Q_{\text{sca}}}{Q_{\text{abs}} + Q_{\text{sca}}} . \tag{4}$$

Потрібно відмітити, що вираз (4) є справедливим для наночастинок будь-якої форми, виготовлених із будь-якого плазмонного матеріалу і розташованих у довільному пасивному діелектричному середовищі.

З цього випливає, що підсиленням флуоресценції можна керувати шляхом як зміни форми, розмірів і матеріалів наночастинок, так і матеріалу оточуючого систему «наночастинка – молекула» середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dong J., Zhang Z., Zheng H., Sun M. Recent Progress on Plasmon-Enhanced Fluorescence. Nanophotonics. 2015. Vol. 4. No. 4. P. 472-490.