

УДК 621.373.8-022.532

ПЛАЗМОННИЙ НАНОЛАЗЕР: ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ РОБОТИ ТА ГАЛУЗІ ВИКОРИСТАННЯ

Логінова А.О.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Чубукін О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. фізики,
м. Харків, Україна

тел. +38(095)752-44-59

+38(068) 884-58-08

In recent years, a lot of research has focused on the development of new ultra-small lasers. The greatest progress has been made in the development of semiconductor lasers. A fundamentally new approach in miniaturization of lasers is the use of plasmonic fields instead of photonic fields. In contrast to photonic fields, plasmonic fields allow localization of light in sizes smaller than the diffraction limit of radiation, which in turn allows overcoming the diffraction limitation of reducing the laser dimensions down to several nanometers.

The work discusses the basic physical principles of laser radiation generation using plasmonic fields, discusses the structure and characteristics of several types of plasmonic nanolasers, as well as their possible applications.

Останні роки багато досліджень було спрямована на розвиток нових лазерів надмалого розміру. Найбільшого прогресу досягнуто з напівпровідниковими лазерами. Принципово новим підходом у мініатюризації лазерів є використання плазмонних полів замість фотонних. Плазмонні поля локалізують світло в розмірах, менших за дифракційну межу, що дає змогу подолати дифракційне обмеження на зменшення геометричних розмірів лазера.

Плазмонні поля або плазмони виникають внаслідок взаємодії коливань густини електронного газу в речовині та електромагнітних полів, що їх збуджують.

Генерація плазмонів відбувається при появі плазмонного резонансу-явища, при якому частота коливань збуджуючого зовнішнього електромагнітного випромінювання (світла) співпадає з частотою власних

колективних коливань електронів, що знаходяться всередині металевої плівки або металевої частинки (рис.1)[1]. В наслідок цього створюється плазмонне поле, яке являє собою когерентне випромінювання, що генерується плазмонними лазерами .

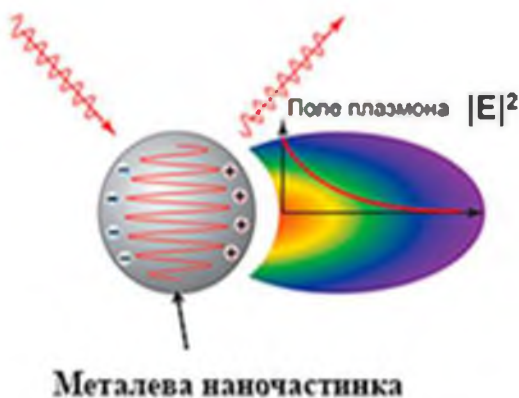


Рис.1. Збудження та розподіл інтенсивності плазмонного поля навколо наночастинки із збудженим плазмоном.

Основними елементами плазмонного нанолазера, так само як і фотонного лазера, є *активне середовище*, *джерело накачки* *активного середовища* та *резонатор*. Активне середовище слугує для збудження плазмонів у резонаторі. В якості його, як правило, використовуються оболонки або плівки з діелектриків, що містять оптично активні атоми; резонатором слугує металева наночастинка або поверхня, яка обернена таким діелектриком.

Процес генерації випромінювання в нанолазерах відбувається наступним чином: металева частинка обернена в діелектричну оболонку постійно освітлюється електромагнітною хвилею з частотою ω_p та інтенсивністю I_p (рис.2). Ця хвиля накачує оптичне середовище, та збуджує атоми, спричиняючи перехід $|g\rangle \rightarrow |p\rangle$, після чого атоми швидко і безвипромінювально переходять зі стану $|p\rangle$ в $|u\rangle$ завдяки випусканню фононів. Після чого відбувається резонансний перехід між станами $|u\rangle$ і $|l\rangle$, який супроводжується появою випромінювання с частотою ω , близькою до частоти цього переходу ω_{ul} [2].

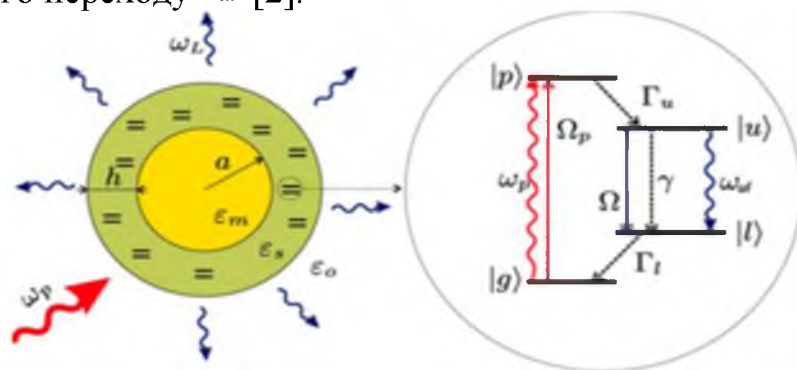


Рис. 2 – Досліджувана система і структура рівнів активних атомів

Мотивацією досліджень в області нанолазерів є можливість локалізації і маніпуляції електромагнітною енергією на субхвильовій просторовій шкалі. Це дозволяє розглядати плазмонні нанолазери як перспективні джерела електромагнітної енергії в фотонних інтегральних схемах, біомедичних сенсорах, для оптичного зв'язку та зберігання даних.

Список використаних джерел:

1. Jayasmita Jana, Mainak Gangulyb, Tarasankar Pal (2016) Enlightening surface plasmon resonance effect of metal nanoparticles for practical spectroscopic application. RSC Advances, DOI: 10.1039/c6ra14173k
2. Парфеньев, В.М (2016) Нелинейные явления в плазмонике и гидродинамике: теория спазера и генерация завихренности