

УДК 621.373.826:539.122

АНАЛІЗ ПОРОГОВИХ УМОВ МОДЕЛІ БАГАТОШАРОВОГО МІКРОЛАЗЕРА З ПЛІВКОЮ СРІБЛА

Герасимов С.С.

e-mail: serhii.herasymov@nure.ua

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

This work considers threshold conditions of a reduced to a 1D configuration of microlaser made of active cavity with gold film superstrate and distributed Bragg reflector substrate. The Lasing Eigenvalue Problem based on a source-free linear set of Maxwell equations is used for electromagnetic analysis. Within this approach, we look for a scalar function of electrical field component with the eigenvalues as real number pairs of a mode emission wavelength and correlated threshold values of the gain index.

Зазвичай лазер складається з оптичного резонатора та активного середовища, яке забезпечує підсилення світла завдяки процесу вимушеного випромінювання. У твердотільних і волоконних лазерах як підсилювальний матеріал використовують кристали, скло або прозору кераміку, леговані іонами рідкісноземельних елементів. Вибір матеріалу активного середовища відіграє ключову роль у визначенні характеристик лазера, таких як довжина хвилі випромінювання, ефективність перетворення енергії та стабільність роботи [1]. Останнім часом значну увагу приділяють дослідженню нових матеріалів і оптимізації їхньої концентрації в лазерній порожнині для покращення експлуатаційних параметрів мікролазерів [2].

Роботу присвячено дослідженню властивостей багатошарового мікролазера з діелектричним та металевим рефлекторами з використанням спрощеної електродинамічної моделі за допомоги лазерної задачі на власні значення. Попередньо було досліджено вплив вибору матеріалу активного середовища та його частка в діелектричній порожнині [3].

На рис.1(а) приведена конфігурація мікролазера який розглядається. Вона складається з активного середовища з матеріалу посилення, плівки срібла згори та брегівської решітки знизу, останні дві компоненти відповідають за оптичний зв'язок в такій структурі. Для спрощення вивчення лазерного випромінювання, всіма неелектромагнітними ефектами нехтуємо, а посилення в активному середовищі представляємо за допомогою $\alpha_c = \text{Re} \nu > 0$ - відомого показника заломлення вибраного матеріалу, наприклад Nd:YAG, і $\gamma = -\text{Im} \nu > 0$, невідомого порогового значення індексу посилення. Далі для подальшого аналізу електромагнітного поля використовуються лінійні рівняння Максвелла без джерела з відповідними граничними умовами та умовою випромінювання. Такий підхід називається лазерною задачею на власних значення,

де довжина хвилі випромінювання моди та пов'язане порогове значення індексу посилення розшуковуються як пари власних чисел, детальніше викладено у [3]. Щоб отримати характеристичне рівняння для мод у представленій структурі з Брегівською решіткою, можна застосувати метод матриць переносу.

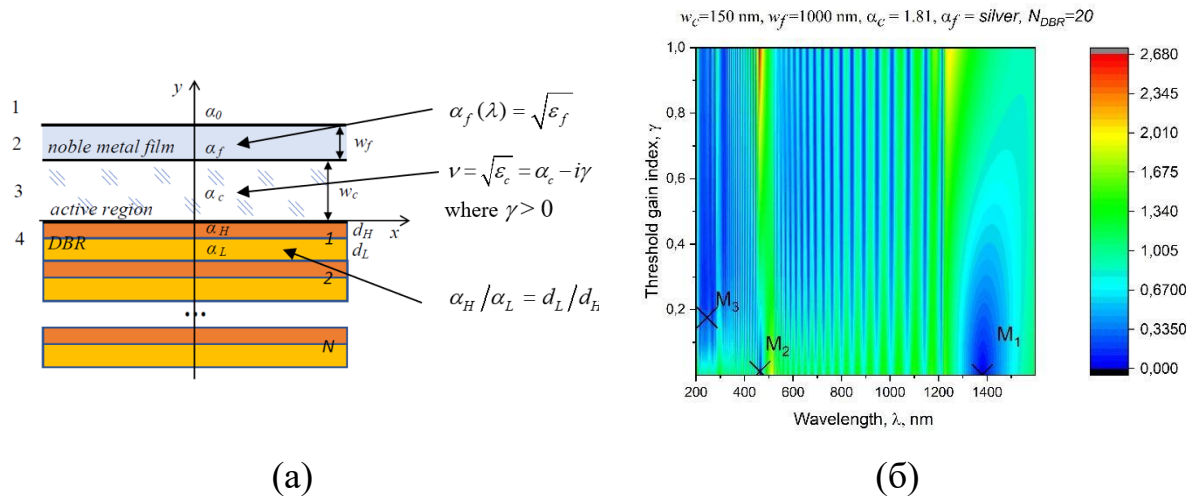


Рисунок 1 – Геометрія розглянутого мікролазера (а) та кольорова карта власних мод такого лазера зі срібною плівкою (б)

На рис. 1(б) приведено рельєфну карту на якій у темно-синіх зонах позначено моди мікролазера, параметри структури вказані вгорі. Інші сині смуги відповідають так званим «паразитним» модам спричиненим багат шаровістю підклади, які існують поза забороненими зонами брегівської решітки. Як можна побачити, лазерні моди існують всередині заборонних зон, і завдяки цьому їх порогові значення γ значно знижуються. Також, в ході дослідження виявлено що товщина плівки срібла впливає на значення порогу, а саме чим товща плівка, тим нижчі пороги.

Список використаних джерел:

1. Benavides O., Cruz May L., Flores Gil A., Mejia Beltra E. Wavelength effects on the reflectivity of niobium by solid-state laser pulses. *Photonics*. 2023. Vol. 10. p. 402.
2. Chen Z., Dong G., Barillaro G., Qiu J., and Yang Z. Emerging and perspectives in microlasers based on rare-earth ions activated micro-/nanomaterials. *Progress in Materials Science*. 2021. Vol. 121, p. 100814.
3. Herasymov S.S., Hnatenko O.S., et al. Threshold conditions for 1-D Model of laser with partial active region. *J. Nano- Electron. Phys.* 2024. Vol. 16, No 4. № 04033.