

УДК 621.373.029.7

В.М. Бакуменко, С.В. Петров, А.Ю. Глазунова

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## ВПЛИВ НЕУЗГОДЖЕНОСТІ СЕЛЕКТОРА НА УМОВУ ОДЕРЖАННЯ ОДНОЧАСТОТНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ЛАЗЕРА, ЩО ПЕРЕСТРОЮЄТЬСЯ

Проведено дослідження селективних властивостей одночастотного лазера, частота якого перестроюється в діапазоні частот генерації. Показано вплив неузгодженості основного і селекторного резонаторів на погіршення умов одержання одночастотної генерації.

**Ключові слова:** селекторний резонатор, лазер, що перестроюється, одночастотна генерація, коефіцієнт гостроти, параметр узгодження.

### Вступ

В роботі [1] приведена методика розрахунку лазера, що перестроюється за допомогою інтерферометричного селектора. З аналізу розрахунків витікає можливість одержання двох режимів роботи лазера.

1. Якщо припустити, що втрати селектора повинні бути мінімальними, то треба обмежитися діапазоном перестройки, в межах якого фактор різкості малий, тобто не перевищує значення, яке відповідає центру переходу. В такому режимі роботи лазера втрати селектора малі, що забезпечує високий рівень потужності генерації, а діапазон перестройки порівняно малий.

2. При широкосмуговій перестройці лазера фактор різкості збільшується, досягаючи найбільшого значення поблизу межі області можливої генерації. Зростання фактора різкості пов'язане з розділом провалів на частотах  $\omega_0$  і  $-\omega_0$ , зменшенням їхньої ширини, а також падінням коефіцієнта підсилення. Рівень потужності, що генерується зменшується, а діапазон перестройки зростає. Найбільшого значення фактор різкості досягає на межі перестройки. Якщо вибрати таке значення фактора різкості, то селекція буде здійснюватись з запасом в усьому діапазоні перестройки. При цьому зростають втрати, зменшується коефіцієнт підсилення і, відповідно, потужність лазера.

При створенні гетеродина, що плавно перестроюється в діапазоні генерації лазера, ми будемо працювати саме в такому режимі. Проблема при цьому ускладнюється ще й тим, що при перестройці змінюється довжина селектора, що може порушити узгодження основного і селекторного резонаторів і привести до додаткових втрат.

**Метою роботи** є виявлення впливу неузгодженості основного і селекторного резонаторів на селективні властивості лазера.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо випадок, коли в якості селектора використовується інтерферометр Майкельсона (рис. 1).

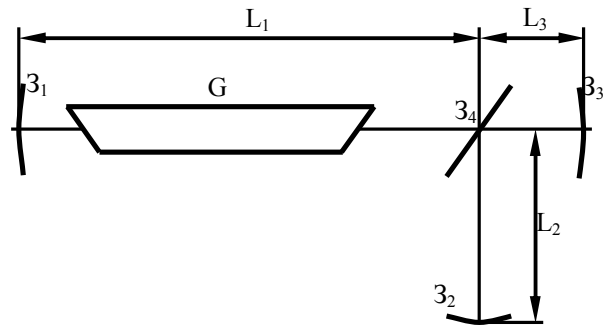


Рис. 1. Загальний вид резонатора лазера з селектором типу інтерферометра Майкельсона:

$3_1 3_3$  – основний резонатор,  
 $3_2 3_4 3_3$  – селекторний резонатор

Поблизу типу коливань, що виділяється, справедливі наступні вирази [2]:

$$\alpha'_0 = \alpha_0 + \frac{2t^4 r^2 (1 - \chi^2) r_2 r_3^2}{(1 - r^2 r_2 r_3)^2}, \quad (1)$$

$$F' = F - \frac{4t^4 r^2 (1 - \chi^2) r_2 r_3^2}{(1 - r^2 r_2 r_3)^2}, \quad (2)$$

де  $\alpha_0$  – втрати селектора при узгодженні;  $\alpha'_0$  – втрати селектора при неузгодженні;  $r, t$  – коефіцієнти відбиття і пропускання дзеркала  $3_4$ ;  $r_2, r_3$  – коефіцієнти відбиття, відповідно, дзеркал  $3_2$  і  $3_3$ ;  $F$  – коефіцієнт гостроти селектора при узгодженні,  $F'$  – коефіцієнт гостроти селектора при неузгодженні,  $\chi$  – коефіцієнт узгодження, який визначається як

$$\chi = c_{m\bar{m}} c_{n\bar{n}}, \quad (3)$$

$$\text{де } c_{m\bar{m}} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_m \psi_{\bar{m}}^* dx; c_{n\bar{n}} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_n \psi_{\bar{n}}^* dx, \quad (4)$$

$\psi_m, \psi_n$  – функції розподілу поля відповідно до осей  $x$  і  $y$  резонатора  $3_1 3_3$ ;  $m, n$  – індекси поперечних типів коливань резонатора  $3_1 3_3$ ;  $\psi_{\bar{m}}, \psi_{\bar{n}}$  – функції розподілу поля відповідно до осей  $x$  і  $y$  резонатора  $3_2 3_4 3_3$ ;  $\bar{m}, \bar{n}$  – індекси поперечних типів коливань резонатора  $3_2 3_4 3_3$ .

З умови узгодженості основного і селекторного резонаторів витікає:

$$(L_1 + L_3)R_1 = (L_2 + L_3)R_3. \quad (5)$$

Перестройка частоти лазера відбувається шляхом зміни відрізка  $L_2$  селекторного резонатора  $L_2L_3$ . При цьому за рахунок слідкуючої системи зворотного зв'язку відповідно з формулою (5) повинна змінюватись довжина основного резонатора  $L_1L_3$ . При значній зміні довжини резонатора  $L_2L_3$  рівняння (5) може бути невиконаним, що приведе до порушення узгодженості основного і селекторного резонаторів.

Вплив неузгодження розглядався для селектора з такими параметрами:  $r_2 = 1$ ,  $r_3 = 0,92$ ,  $r = 0,5$ . Несефективні втрати селектора склали  $\alpha_0 = 0,2$ .

На рис. 2 приведені залежності нормованого коефіцієнта гостроти  $f = F/G_0$ , де  $G_0$  – ненасичений коефіцієнт підсилення активного середовища в центрі атомного переходу від нормованої частоти настроювання  $\delta_0 = \omega_0/\Gamma$ , де  $\Gamma$  – однорідна ширина переходу (в тій частині діапазону частот перестройки, де ця залежність лінійна) для параметра узгодження  $\chi$ .

Для зручності в якості параметру вибрано  $\chi^2$ , що змінюється в межах  $1 \dots 0,6$ . З рис. 2 видно, що коефіцієнт гостроти  $f$ , необхідний для одержання одночастотної генерації, зростає зі збільшенням неузгодження (зменшенням  $\chi$ ). Як витікає з формули для гостроти селекції інтерферометра Майкельсона

$$F = \frac{4t^4 r^2 r_2 r_3^2}{(1 - r^2 r_2 r_3)^2}, \quad (6)$$

гострота селекції, що використовується при розрахунку параметрів лазера, може бути досягнута за рахунок збільшення  $r$ , якщо вважати, що  $r_2$  і  $r_3$  не можуть бути суттєво зміненими. Збільшення  $r$ , як витікає з формули (6)

$$\alpha_0 = 1 - \frac{t^4 r_3^2}{(1 - r^2 r_2 r_3)^2}, \quad (7)$$

приводить як до збільшення несефективних втрат селектора  $\alpha_0$ , так і до збільшення втрат  $\alpha_0'$  (як витікає з формули (1)) за рахунок неузгодження. Все

це приведе до зменшення коефіцієнта підсилення і врешті решт до невиконання умови одночастотної генерації. Приведені обмеження слід взяти до уваги при розробці лазерів, що перестроюються, наприклад, в межах доплерівського переходу.

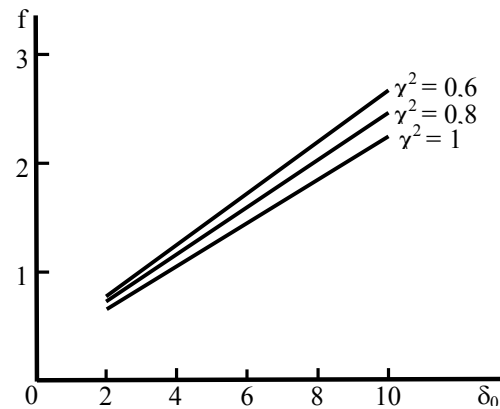


Рис. 2. Залежність нормованого коефіцієнта гостроти  $f$  від нормованої частоти перестройки  $\delta_0$

## ВИСНОВКИ

При перестройці частоти лазера, одночастотна генерація в якому досягається за допомогою інтерферометричного селектора, необхідно змінювати довжину селекторного резонатора, при цьому довжина основного резонатора повинна синхронно змінюватись відповідно з довжиною селекторного резонатора. При порушенні цієї умови може з'явитись неузгодження основного і селекторного резонаторів, що приведе до погіршення селективних властивостей і порушення умови одержання одночастотної генерації.

## Список літератури

1. Бакуменко В.М. Расчет перестраиваемого газового лазера / В.М. Бакуменко, В.И. Чеботарев // Внутренние и внешние задачи электродинамики. Вестник Харьковско-го университета. – 1981. – Вып. 10, № 216. – С. 52-56.
2. Бакуменко В.М. К определению потерь в связанных открытых резонаторах / В.М. Бакуменко // Радиотехника: республ. межвед. науч.-техн. сб. – 1972. – Вып. 21. – С. 113-116.

Надійшла до редколегії 25.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Сахацький, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

## ВЛИЯНИЕ РАССОГЛАСОВАНИЯ СЕЛЕКТОРА НА УСЛОВИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ОДНОЧАСТОТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПЕРЕСТРАИВАЕМОГО ЛАЗЕРА

В.М. Бакуменко, С.В. Петров, А.Ю. Глазунова

Проведено дослідження селективних властивостей одночастотного лазера, частота якого перестраивається в діапазоні частот генерації. Показано вплив розсогласованія основного і селекторного резонаторів на ухудшення умовія получения одночастотной генерації.

**Ключевые слова:** селекторный резонатор, перестраиваемый лазер, одночастотная генерація, коэффициент остроты, параметр согласования.

## THE INFLUENCE OF SELECTOR DISAGREEMENT ON SINGLE FREQUENCY TUNING LASER GENERATION CONDITION

V.M. Bakumenko, S.V. Petrov, A.Y. Glazunova

The investigation of tuning single frequency laser is considered. The influence of main and selection resonator disagreement on worse of single generation condition is shown.

**Keywords:** selective resonator, tuning laser, single frequency generation, sharpness coefficient, agreement parameter.