

Питання №1

Лазери з модуляцією добротності резонатора: Методи модуляції добротності.

Питання №2

Режим генерації "гігантських" лазерних імпульсів: Теоретичний опис

№1

↓

Ми вже розглядали резонатори, де $K_H(\omega)$.
Розглянемо резонатори $K_H(t)$, добротність яких становить

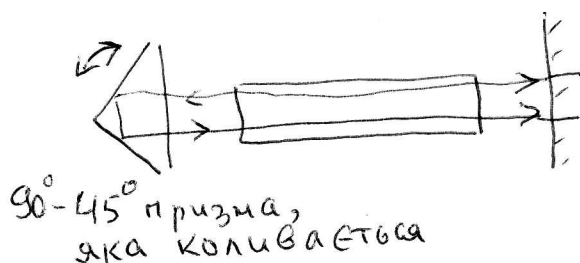
$$Q = \frac{\omega_m}{\Delta\omega_m} = \tilde{\tau}_p \omega_m = \frac{\omega_m}{K_H \cdot c}; \quad \left(\tilde{\tau}_p = \frac{1}{\Delta\omega_m} \right); \quad \left(2\pi \frac{\tilde{\tau}_p}{T} = Q \right)$$

Ідея полягає в тому щоб за низької добротності накопити інверсію, коли лазер не генерує, а потім дати йому змогу віддати накопичену інверсію у вигляді потужного моноімпульсу

Методи модуляції добротності резонатора

① Оптико-механічні: (модулятори добротності)

Наприклад.



Відхилення призми викликає "розюстування" (струм наказки заодно рухає призму через електромагніт)

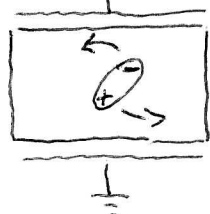
② Електрооптичні:

Наприклад: 1 – ефект Керра в рідинах
2 – ефект Покемса в кристалах

За ефектів Кера і Покемса за допомогою прикладеного сталого електричного поля наводиться двопронезаломлення

Комірка Кера

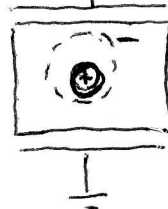
+ φ $U \sim 5 \text{ кВ}$



$$\Delta n \sim E_0^2$$

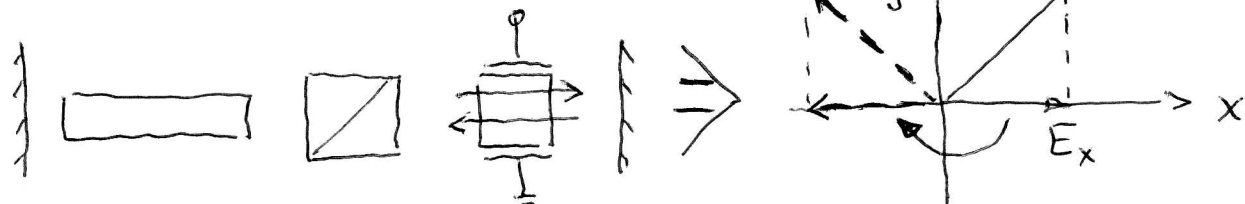
Комірка Покемса

+ φ $U \sim 1 \text{ кВ}$



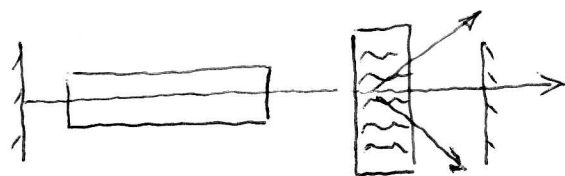
$$\Delta n \sim E_0$$

Комірки ставляться в резонатор і повертають площину поляризації світла. Також потрібен поляризатор (аналізатор)



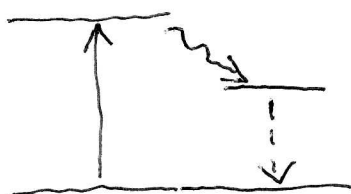
③ Акустооптичні:

Акустична хвиля в комірі (кварц тощо) вносить додаткові втрати за рахунок дифракції

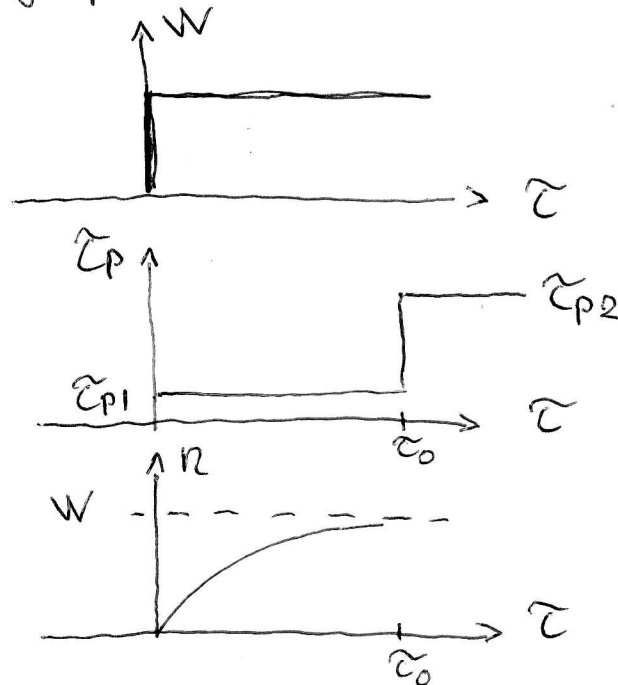


④ Фототропні (пасивні):

Працюють на основі ефекту просвітлення (насичення поглинання) за трирівневою схемою



Етап 1: створюємо інверсію за низької добротності



$$\begin{cases} \frac{dn}{d\tau} = W - n m - n \\ \frac{dm}{d\tau} = G (m n - m) \end{cases} \quad m \approx 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dn}{d\tau} = W - n \Rightarrow$$

$$n = W (1 - e^{-\tau})$$

Якщо $\tau \rightarrow \infty$ то $n \rightarrow W$,

а коли $\tau = 1$ ($t = \tau_c$) то $n \approx 0,63 W$

$\tau = 2$ ($t = 2\tau_c$) то $n \approx 0,865 W$

Отже маємо позекати!

Етап 2: збільшуємо добротність резонатора ($\tilde{\tau}_{p1} \rightarrow \tilde{\tau}_{p2}$)

В системі рівнянь знехтуємо накачкою та спонтанними переходами

Тоді
$$\begin{cases} \frac{dn}{d\tau} = -n m \\ \frac{dm}{d\tau} = G (m n - m) \end{cases} \Rightarrow \frac{dm}{dn} = -G (1 - \frac{1}{n})$$

Розпишемо то проінтегруємо в
"узгоджених" методах

4

$$m = 0 \div m_{\max} \longleftrightarrow n = W \div 1,$$

де $m_{\max}$ - максимальне значення m на вершині імпульсу, коли $n=1$ ($dm/d\tau = 0$)

$$\int_0^{m_{\max}} dm = \int_W^1 -G(1 - \frac{1}{n})dn$$

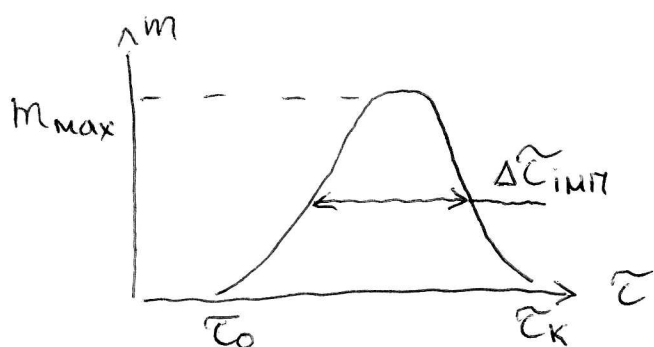
$$\{m_{\max} = G[(W-1) - \ln W]\}$$

Порівняємо $m_{\max}$ з $m_{\text{ст}} = W-1$

$$\frac{m_{\max}}{m_{\text{ст}}} = G \left[1 - \frac{\ln W}{W-1} \right] \approx G \text{ при } W \gg 1$$

де $G = \frac{\tilde{\epsilon}_c}{\tilde{\epsilon}_{p2}} \sim 10^4 \div 10^5$! (дивись минулу лекцію)

Оцінимо тривалість імпульсу $\Delta \tilde{\tau}_{\text{imp}}$



$$\Delta \tilde{\tau}_{\text{imp}} \cdot m_{\max} \approx \int_{\tau_0}^{\tau_k} m d\tau$$

Беремо друге рівняння $dm = G(mn - m)d\tau$
та підставляємо в нього $mn = -\frac{dn}{d\tau}$ з
першого рівняння: буде

$$dm = G(-dn - m d\tau)$$

Проінтегруємо в узгоджених межах 5

$$\tilde{\epsilon} = \tilde{\epsilon}_0 \div \tilde{\epsilon}_k ; n = W \div 1 ; m = 0 \div 0 ;$$

($n=1$ - відповідає як максимумам n , так і мінімумам!)

Буде

$$0 = G \left(- (1-W) - \int_{\tilde{\epsilon}_0}^{\tilde{\epsilon}_k} m d\tilde{\epsilon} \right)$$

$$\text{де } \int_{\tilde{\epsilon}_0}^{\tilde{\epsilon}_k} m d\tilde{\epsilon} \approx \Delta\tilde{\epsilon}_{\text{imp}} \cdot m_{\text{max}} \quad (\text{дивись графік!})$$

$$\text{Отже } \Delta\tilde{\epsilon}_{\text{imp}} = \frac{W-1}{G[(W-1) - \ln W]} \quad \left(\begin{array}{l} \text{в знаменнику} \\ m_{\text{max}} \end{array} \right)$$

при $W \gg 1$

$$\Delta\tilde{\epsilon}_{\text{imp}} \approx \frac{1}{G} !$$

Перейдемо до $\Delta t_{\text{imp}} = \Delta\tilde{\epsilon}_{\text{imp}} \cdot \tilde{\epsilon}_c = \tilde{\epsilon}_p$
розмірного часу

$$\Delta t_{\text{imp}} \sim 10 \text{ нс} \quad \left(\begin{array}{l} \text{дивись} \\ \text{попередню лекцію} \end{array} \right)$$

На практиці легко отримати

$$E_{\text{imp}} \sim 1 \text{ Дж}, \text{ що за тривалості } \Delta t_{\text{imp}} \sim 10 \text{ нс}$$

дає миттєву потужність на вершині імпульсу

$$P_{\text{imp}} \sim \frac{E_{\text{imp}}}{\Delta t_{\text{imp}}} \sim 0,1 \text{ ГВт}$$