

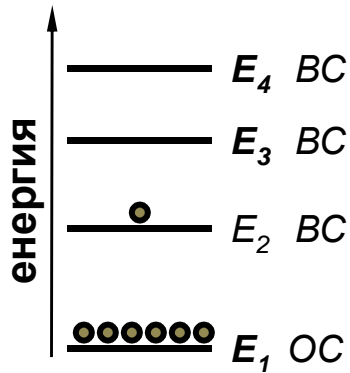
8_ Режими на работа на лазерите: свободна генерация и модулация на качествения фактор на резонатора

Главни моменти:

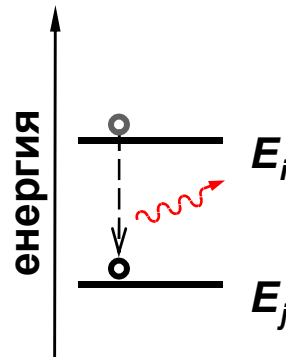
- кратък преглед на явленията, играещи основна роля при работата на лазерите;**
- импулсен режим на свободна генерация;**
- импулсен режим на модулация на качествения фактор на резонатора.**

Режими на работа на лазерите

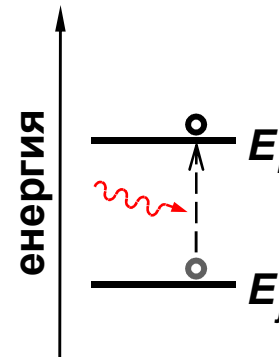
Основни явления на взаимодействие на частиците със светлината



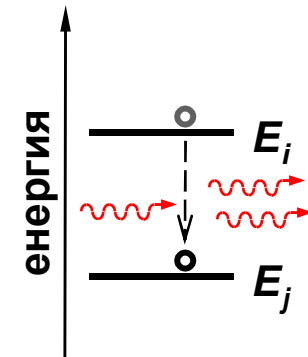
а) състояния на частицата



б) самопроизволен преход



в) поглъщане на фотон



г) принудено излъчване на фотон

Частицата притежава множество състояния, всяко от които със съответната енергия:

- OC основно състояние;
- BC възбудено състояние.

$$E_{ph} = E_i - E_j$$

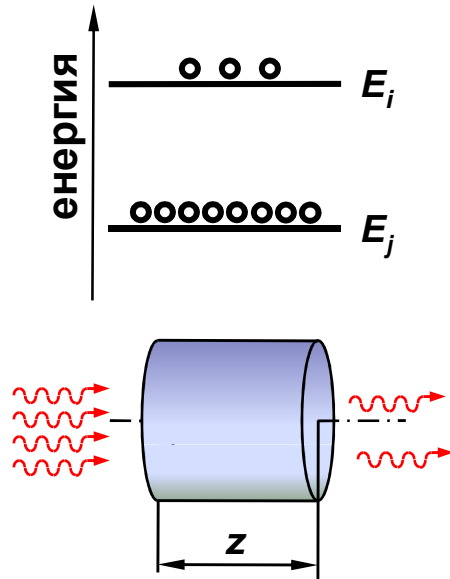
$$E_{ph} = h \nu$$

При принуденото излъчване двата фотона са напълно еднакви:

- честота и енергия;
- фаза;
- направление;
- поляризация.

Режими на работа на лазерите

Инверсна населеност и усилване



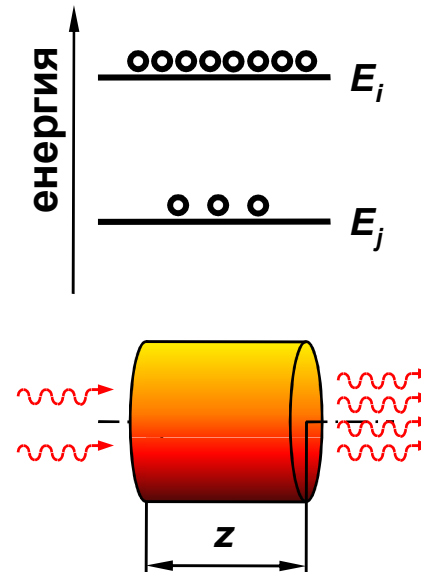
а) състояние на равновесна населеност

- коефициент на поглъщане

$$\alpha = \sigma \cdot (n_j - n_i) = [m^{-1}]$$

- отслабване на интензитета

$$I(z) = I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot z}$$



б) състояние на инверсна населеност

- коефициент на усилване

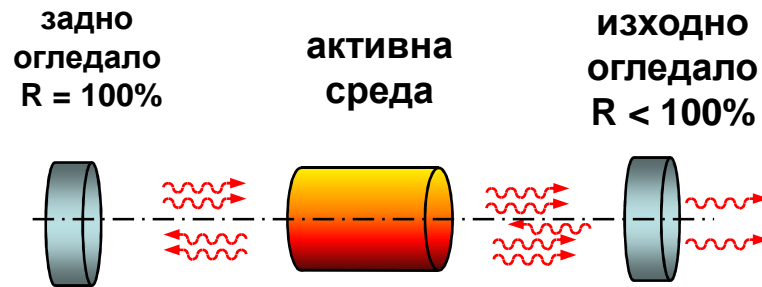
$$g = \sigma \cdot (n_i - n_j) = [m^{-1}]$$

- усилване на интензитета

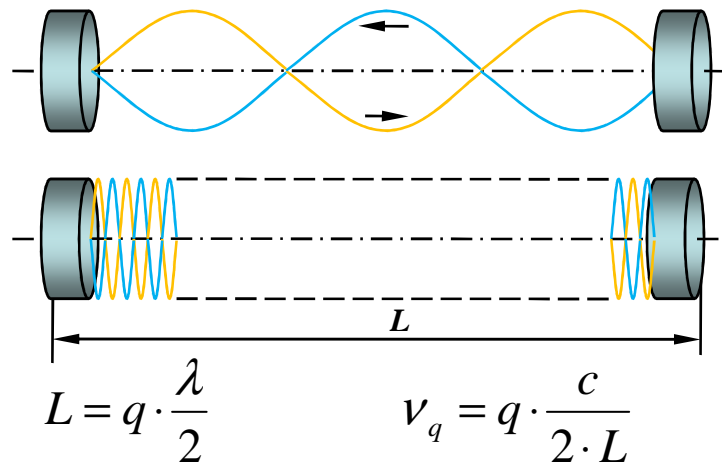
$$I(z) = I_0 \cdot e^{+g \cdot z}$$

Режими на работа на лазерите

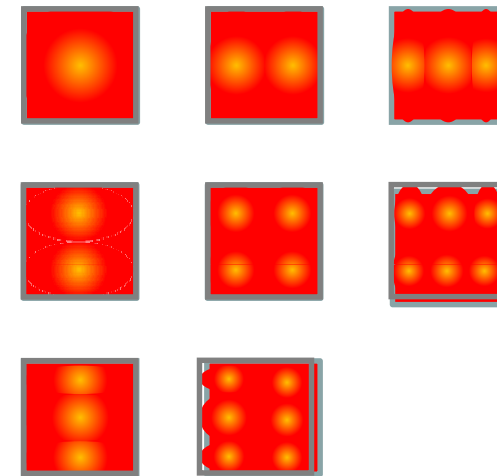
Оптичен резонатор



а) оптичен резонатор с активна среда



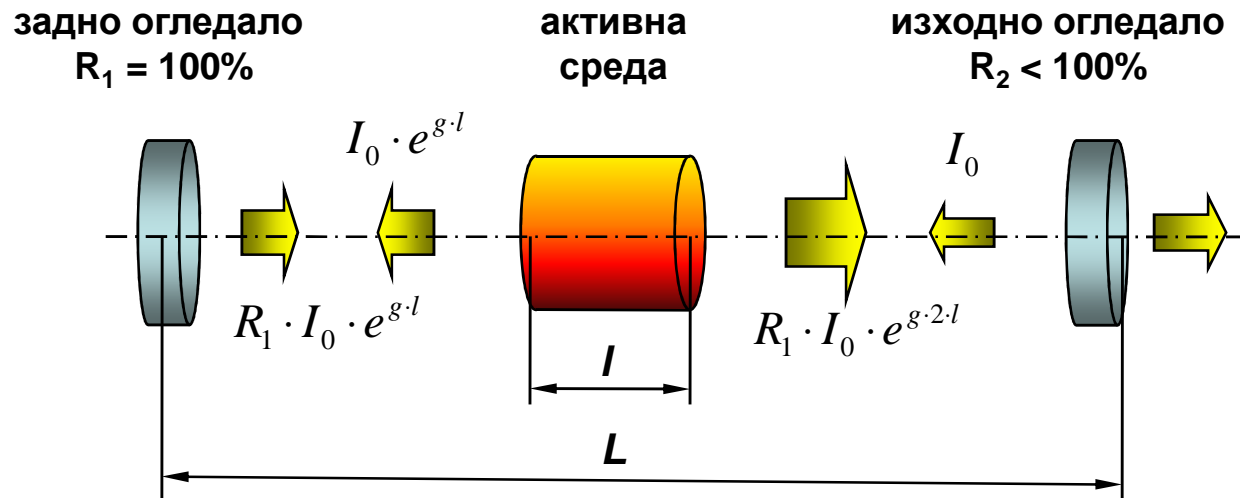
б) надлъжни модове – стояща вълна



в) напречни модове –
разпределение на интензитета

Режими на работа на лазерите

Баланс на интензитета на светлината в лазера



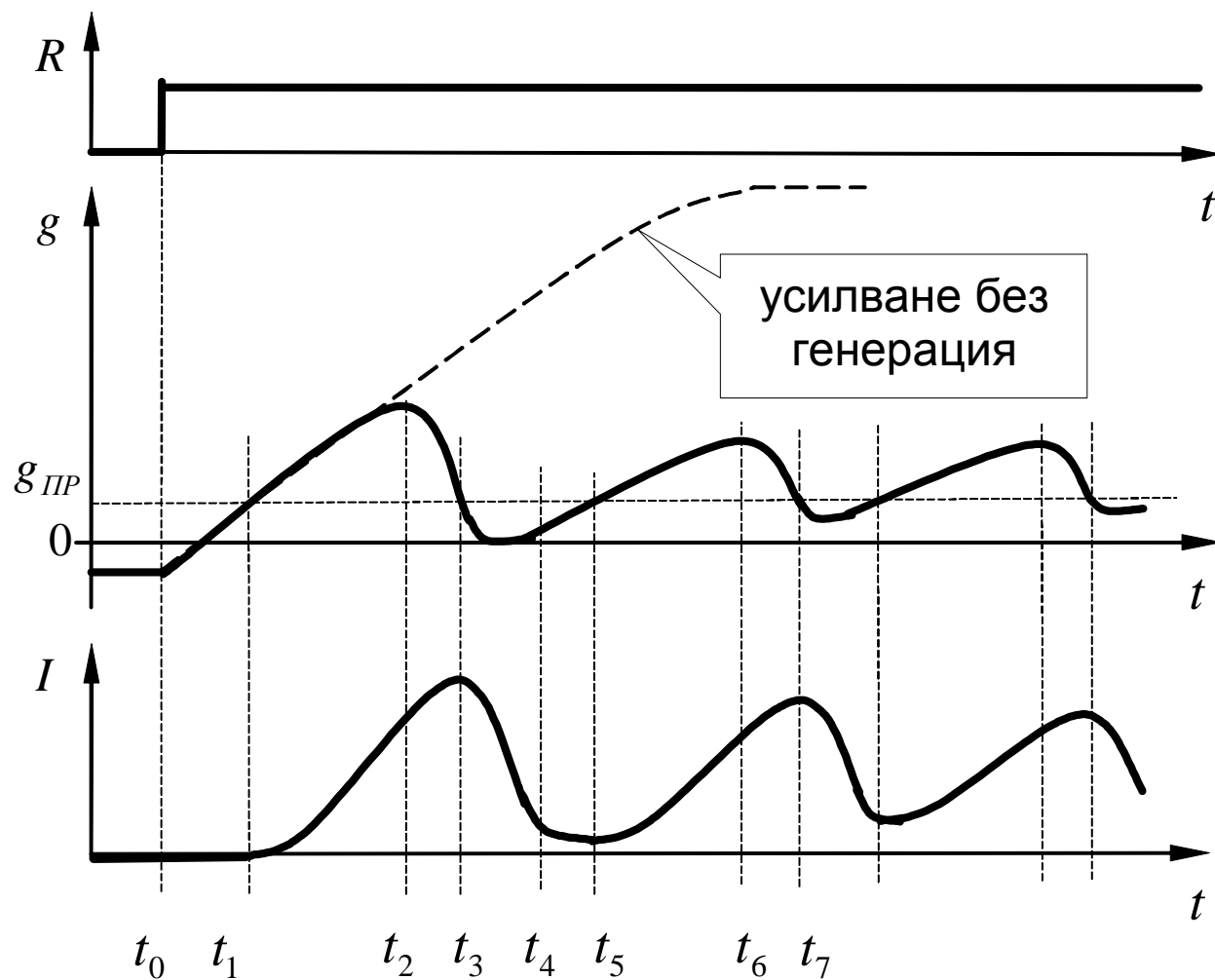
Условие за генерация: $R_1 \cdot R_2 \cdot I_0 \cdot e^{g \cdot 2 \cdot l} \geq I_0$ или $R_1 \cdot R_2 \cdot e^{g \cdot 2 \cdot l} \geq 1$

Прагово усилване: $g_{\text{ПР}} = \eta \cdot L/l$

η – загубите, осреднени за цялата дължина на резонатора.

Режими на работа на лазерите

Импулсен режим на свободна генерация



Описание:

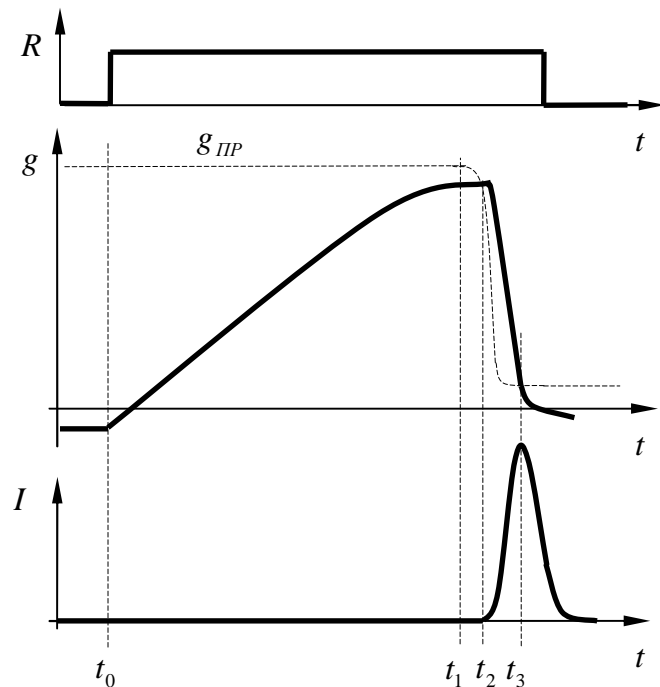
- t_0 – начало на възбудането;
- t_1 – начало на генерацията;
- t_2 – максимум на интензитета на генерация;
- t_3 – край на генерацията.

Режими на работа на лазерите

Режим на модулация на качествения фактор

Идея:

- включва се възбудането.
- загубите са много големи, което възпира възникването на генерация;
- с течение на времето усилването достига възможно максималната си стойност;
- следва рязко намаляване на загубите и бързо развитие на генерацията;
- натрупаната в активната среда енергия за кратко време се преобразува в мощен светлинен импулс, в зависимост от обстоятелствата от 1 ns до x100 ns.

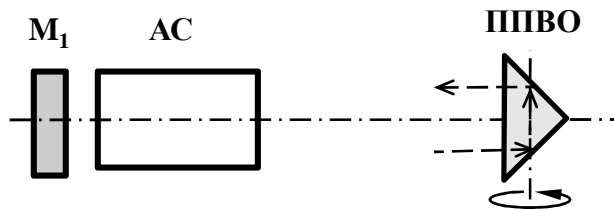


Описание:

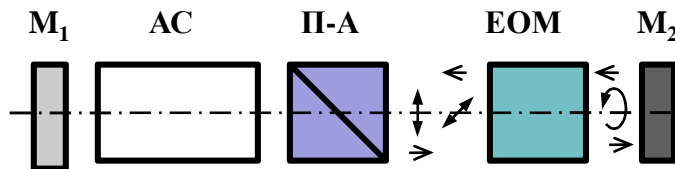
- t_0 – начало на възбудането, загубите са големи;
- t_1 – бързо и рязко намаляване на загубите;
- t_2 – начало на бързо развитие на генерацията;
- t_3 – усилването намалява до праговата стойност, максимум на интензитета на светлината;
- генерацията затихва;
- възбудането се прекратява.

Режими на работа на лазерите

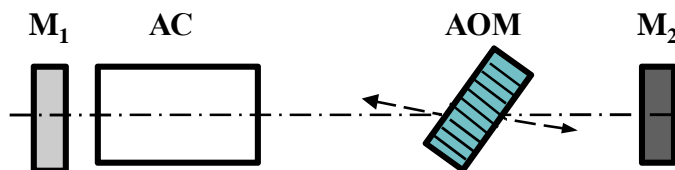
Активни техники за Q-модуляция (QM)



а) активна QM с въртяща се призма



б) активна QM с електрооптичен модулатор



в) активна QM с акустооптичен модулатор

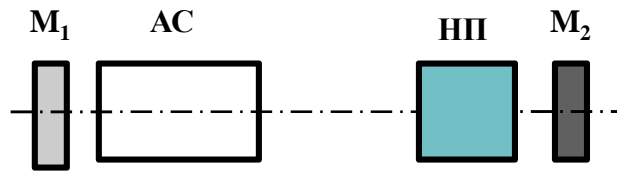
- **Активни техники:** допълнителни устройства, активни модулатори, които под влияние на външно за лазера въздействие променят загубите в резонатора.
- **Пасивни техники:** вградени в резонатора елементи, пасивни модулатори, които под влияние на светлината променят свойствата си, а така и загубите.

Елементи:

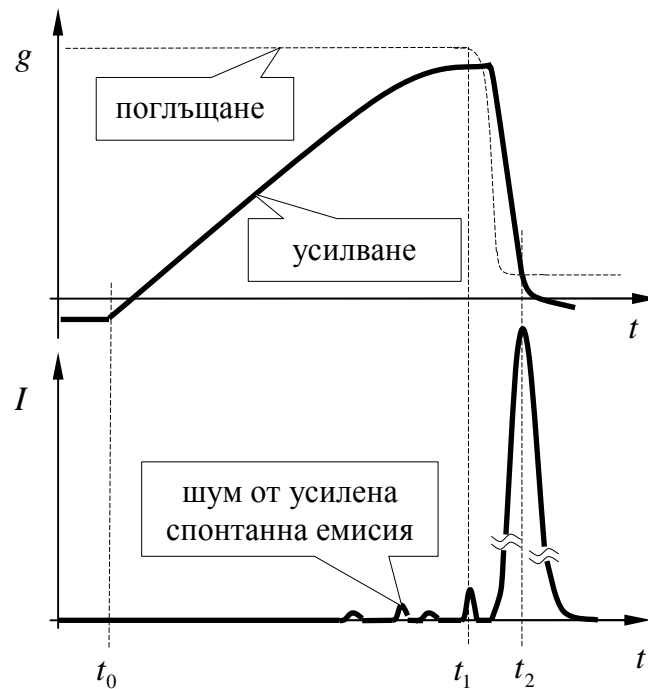
- M_1 - изходно огледало;
- M_2 - задно огледало;
- ППВО - призма с пълно вътрешно отражение;
- AC - активна среда;
- П-А - поляризатор-анализатор;
- ЕОМ - електрооптичен модулатор;
- АОМ - акустооптичен модулатор.

Режими на работа на лазерите

Пасивни техники за Q-модулация



Пасивна QМ с насищаем поглъстител



Усилване и интензитет в зависимост от времето

Пасивни техники: в резонатора се вгражда елемент, пасивен модулатор, които променят свойствата си под влияние на светлината, а така и загубите в резонатора.

Елементи:

- M_1 , M_2 - изходно и задно огледала;
- AC - активна среда;
- НП - насищаем поглъстител.

Действие:

- първоначално загубите в резонатора са огромни - НП абсорбира светлината;
- с нарастване на усилването се увеличава интензитетът на хаотичната усилен спонтанна емисия (УСЕ);
- в момент t_1 мощен импулс на УСЕ предизвиква частично насищане в НП;
- бързо се развива мощна генерация, която просветлява напълно НП.

Режими на работа на лазерите

Заключение

- Познаването на импулсните режими на работа на лазерите разширява областта за приложението им.
- Импулсните режими позволяват постигането на големи моментни и импулсни мощности – стотици мегавати.
- Импулсният режим със синхронизация на модовете позволява още по-фино управление на процеса на генерация на светлина:
 - по-кратки импулси – пикосекунди и дори фемтосекунди;
 - огромни мощности – над терават, дори при обичайни лабораторни условия.