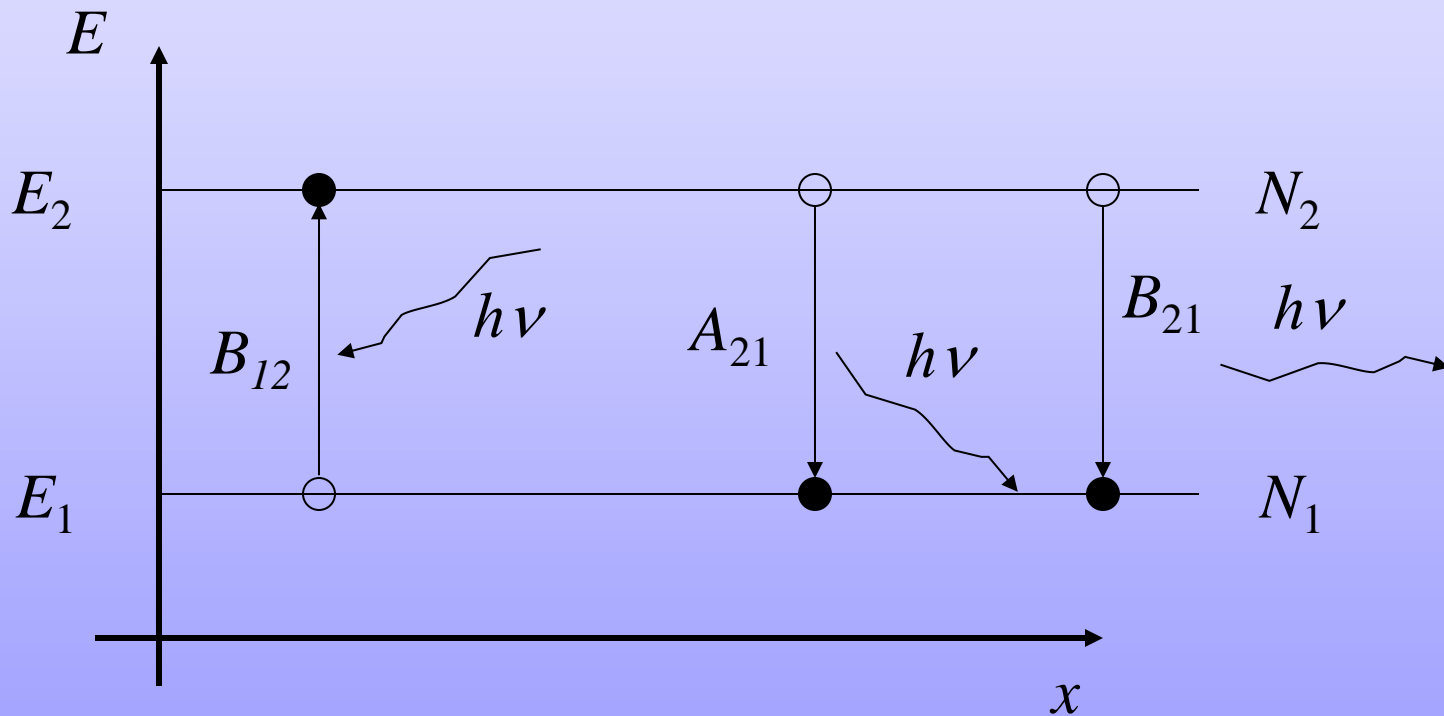


# Základy optoelektroniky

## II. Vynútené (stimulované) prechody

- Uvažujme procesy, ktoré prebiehajú v atóme pod vplyvom vonkajšieho poľa. Je zrejmé, že v prítomnosti elektromagnetického poľa bude v tomto systéme okrem spontánnej emisie dochádzať aj k procesom excitácie atómov zo základného stavu do vzбудeného stavu ako dôsledok pohltenia fotónov.

# Stimulované prechody



# Dvojhladinová kvantová sústava

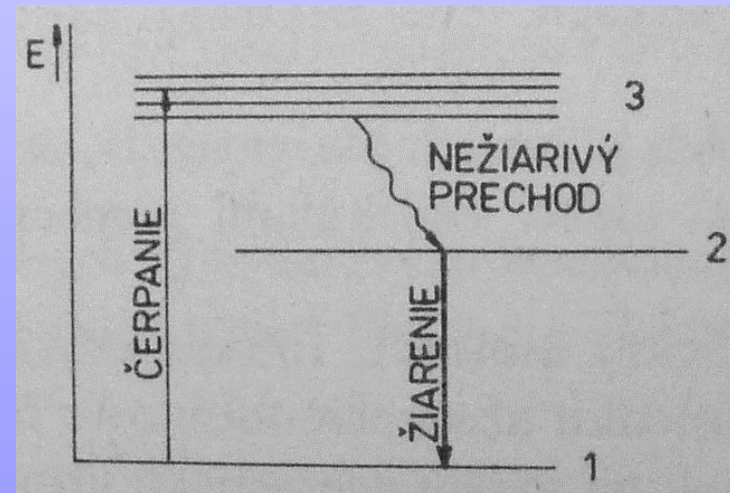
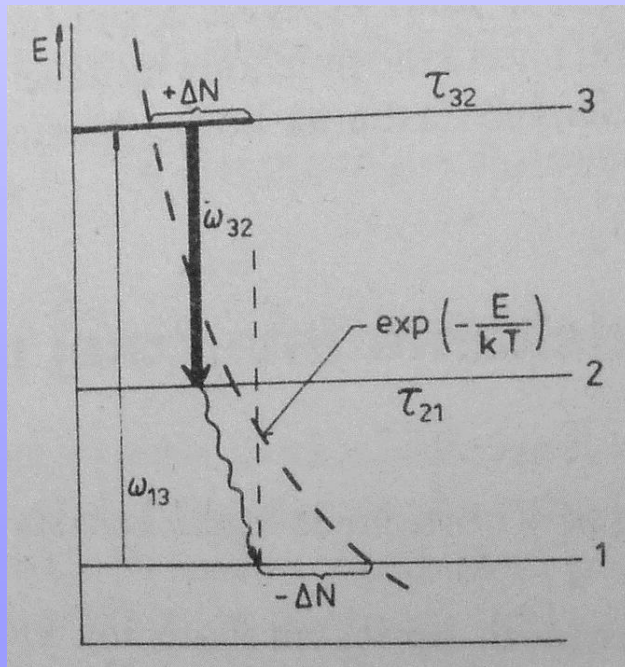
- Elektromagnetické pole, ktoré vybudí indukované prechody, sa čiastočne oslabí pohltením nevybudenými časticami.
- Absorpcia aj emisia žiarenia prebieha vždy súčasne.
- Oba procesy majú rezonančný charakter, pretože vznikajú len pri frekvenciách elektromagnetického poľa, ktoré sú totožné s frekvenciou kvantového prechodu.

# Spôsoby získania inverznej populácie

- Na získanie prebytku častíc v hornom energetickom stave možno využiť viacero metód:
  - čerpanie nekoherentným optickým žiarením
  - čerpanie elektrónovým lúčom
  - vybudenie elektrickým výbojom
  - vybudenie disociáciou molekúl
  - injekcia nosičov cez PN priechod

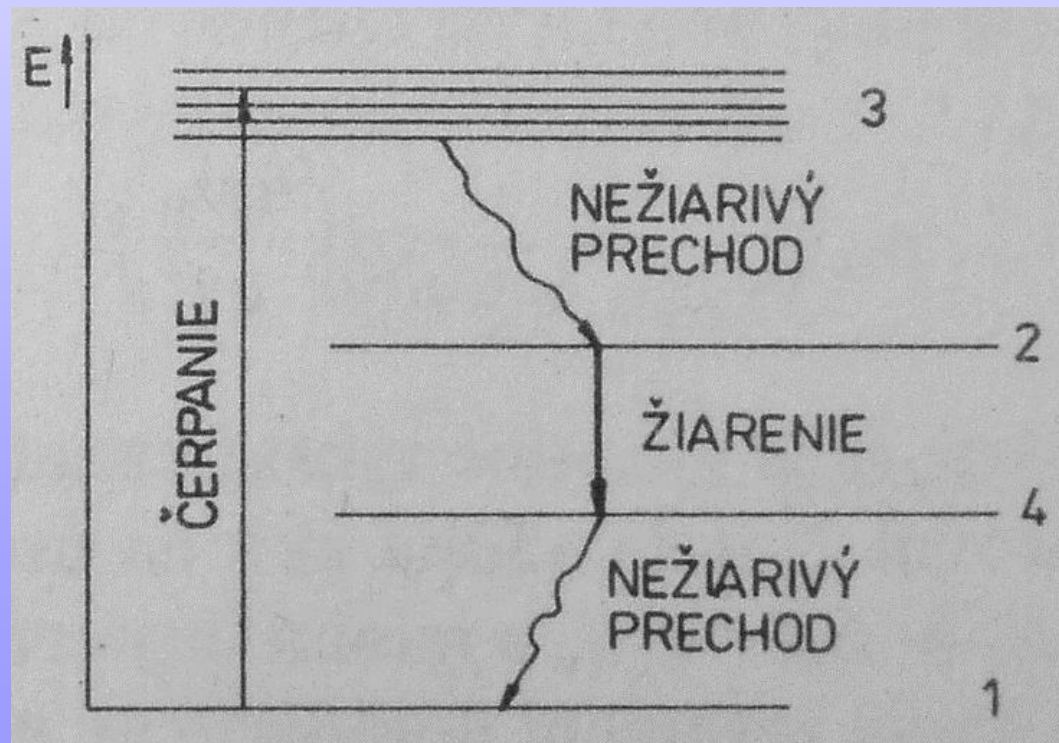
# Viachladinové systémy

- Trojhladinový kvantový systém



# Viachladinové systémy

- Štvorhladinový kvantový systém

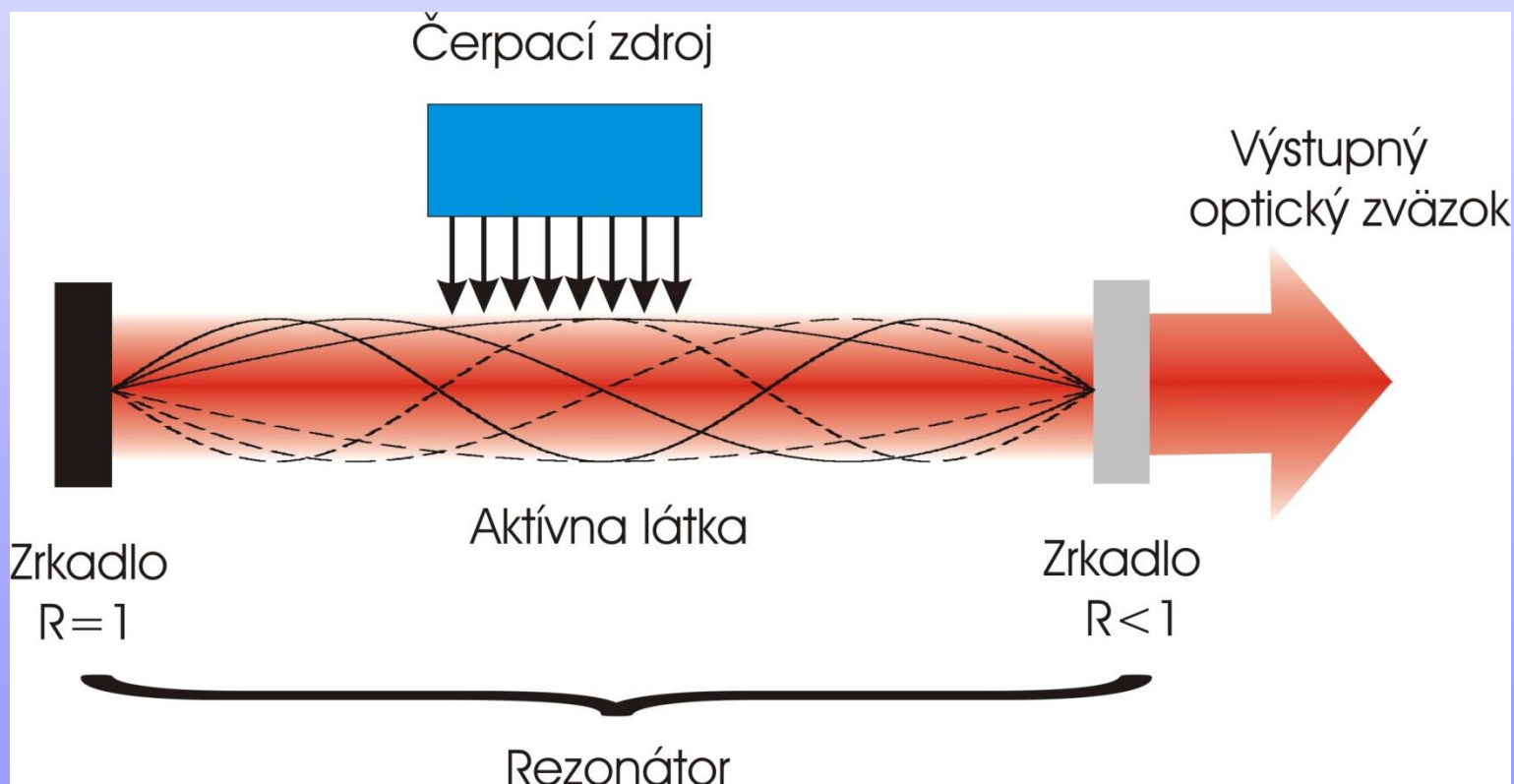


# Zosilnenie žiarenia v látke s inverznou populáciou

- Kvantový zosilňovač sa skladá z dvoch základných častí:
  - aktívna látka – realizuje sa v nej inverzná populácia
  - čerpací zdroj – zabezpečuje načerpanie látky do vybudeneého stavu



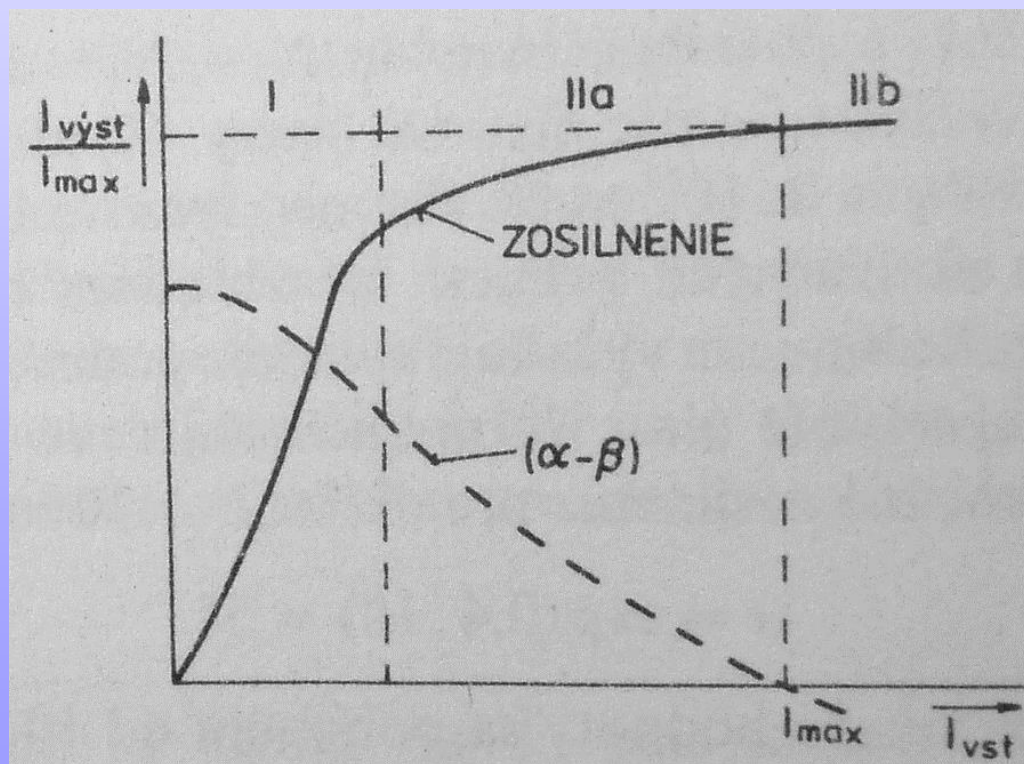
# Zosilnenie žiarenia v látke s inverznou populáciou



# Zosilnenie žiarenia v látke s inverznou populáciou

- Rozoznávame dva charakteristické režimy práce kvantového zosilňovača:
  - lineárny režim – medzi vstupným a výstupným tokom energie existuje lineárna závislosť
  - saturačný režim – začne sa narúšať linearita

# Zosilnenie žiarenia v látke s inverznou populáciou



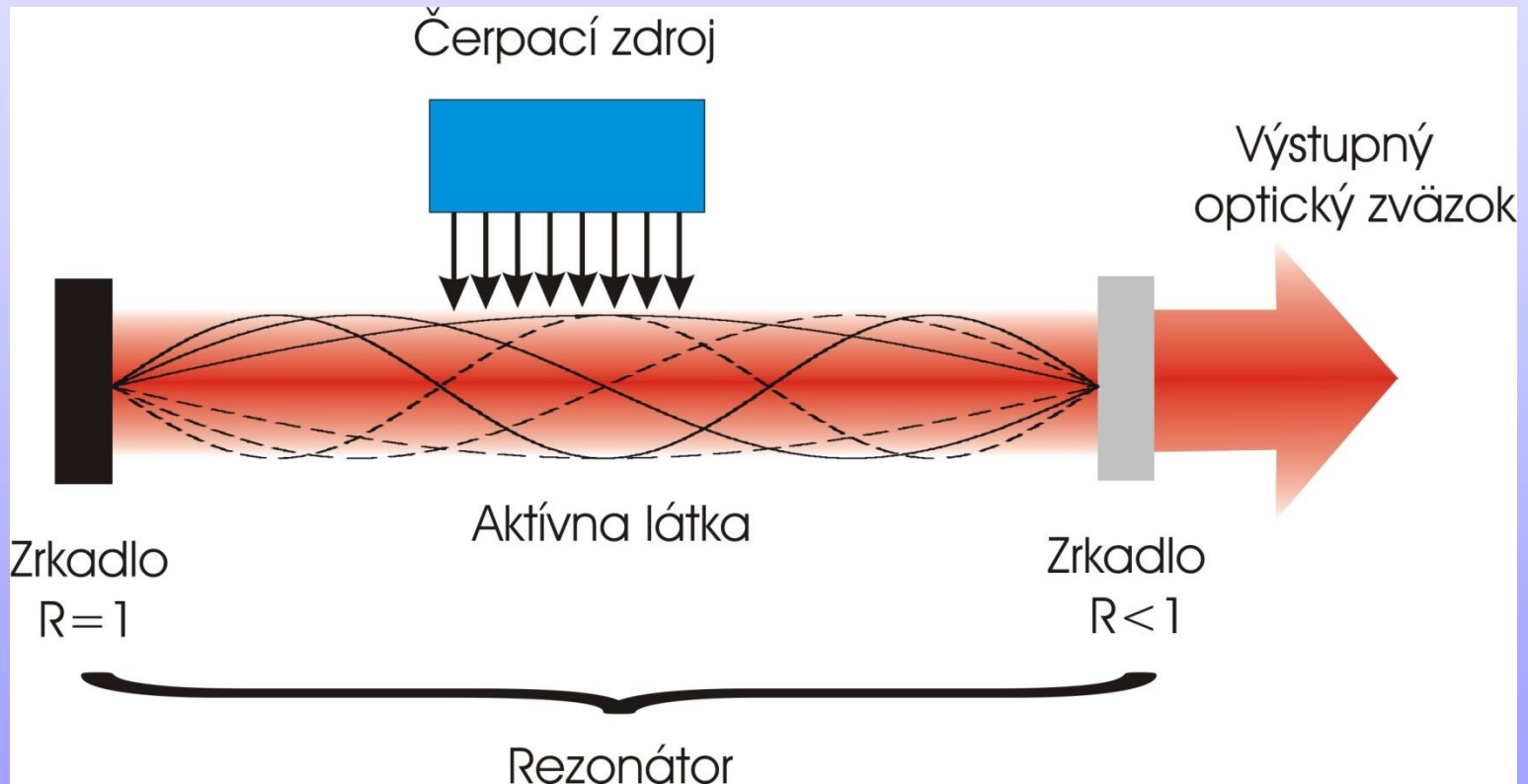
# Vznik oscilácií v laseroch

- V oscilátoroch vzniká výstupný výkon bez prítomnosti vstupného budiaceho signálu. Kmity sa v oscilátore udržujú tak, že časť energie sa z výstupu privádza na vstup, čím sa zabezpečí obnova oscilačného procesu.
- LASERom sa môže stať každá aktívna látka s dostatočnou dĺžkou  $L$ , v ktorej sa zabezpečí inverzná populácia.

# Vznik oscilácií v laseroch

- Vo väčšine prípadov možno oscilácie v laseroch zabezpečiť *rezonančnými systémami*, do ktorých sa vkladá aktívna látka.
- Rezonátory pre optické pásmo sa často konštruujú vo forme *interferometrov*.

# Vznik oscilací v laseroch



$$L = \frac{m\lambda}{2n}$$

# Rezonátory

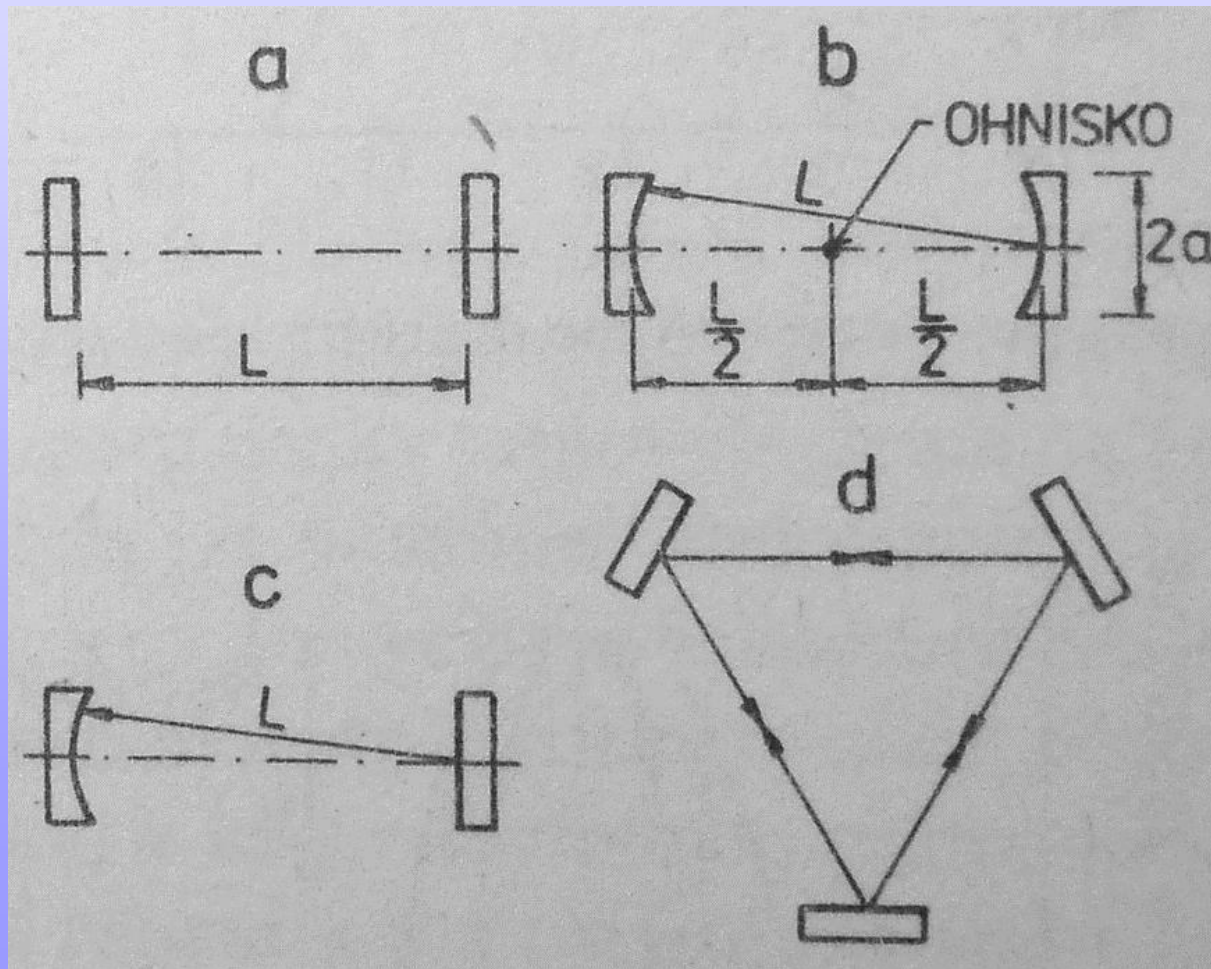
- Laserový systém možno považovať za systém skladajúci sa z dvoch zviazaných rezonančných obvodov:
  - jeden je určený rezonančnými vlastnosťami kvantového prechodu
  - druhý predstavuje optický rezonátor

# Druhy rezonátorov

- Najjednoduchším a najrozšírenejším rezonátorom je *rovinný rezonátor s paralelnými zrkadlami* – Fabry-Perotov interferometer
- Konfokálny rezonátor
- Polokoncentrický rezonátor
- Prstencový rezonátor
- Prizmový rezonátor
- ...



# Druhy rezonátorov



# Kvalita rezonátora.

- Pri odrazoch na zrkadlách sa elektromagnetické žiarenie čiastočne mení na teplo.
- Časť energie sa vyžiari vo forme parazitného žiarenia v dôsledku difrakcie podmienenej konečnou apertúrou zrkadiel.
- Kvalita optického rezonátora:  $Q = \frac{P_R}{P_{strat}}$

# Kvalita rezonátora

- Na splnenie podmienok vzniku oscilácií v laseri s otvoreným rezonátorom musia byť splnené tieto podmienky:
  - zrkadlá rezonátora musia mať veľkú reflektanciu
  - apertúra zrkadiel musí byť z hľadiska zabezpečenia minimálnych strát na difrakciu dostatočná
  - zrkadlá sa musia justovať s presnosťou uhlových sekúnd
  - nosná konštrukcia musí byť mechanicky pevná a teplotne stabilná

# Módy oscilácií

- V optickom rezonátore sa môže šíriť elektromagnetické žiarenie pozdĺž osi rezonátora prípadne pod malým uhlom vzhľadom na os.
- Pozdĺžne žiarenie – žiarenie, ktoré sa šíri pozdĺž osi rezonátora.
- Priečny mód oscilácií – žiarenie šíriace sa pod určitým uhlom vzhľadom na os.

# Módy oscilácií

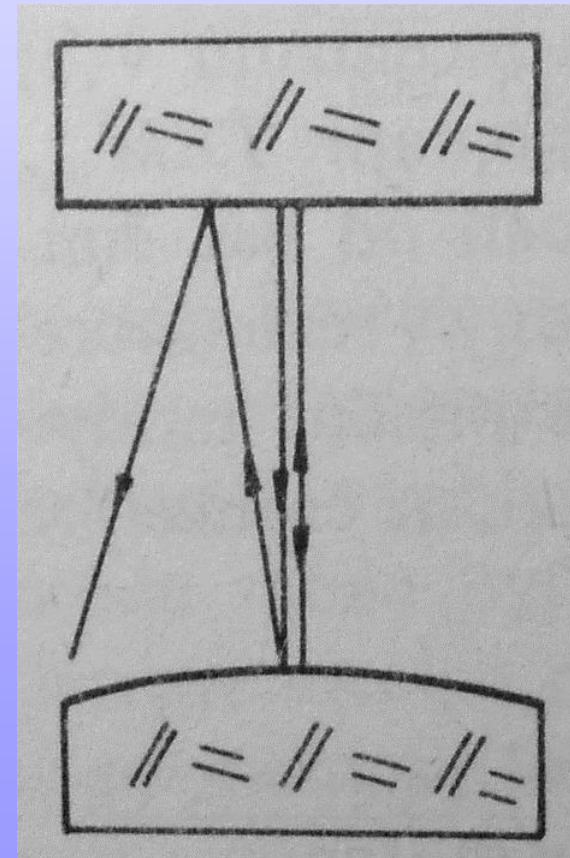
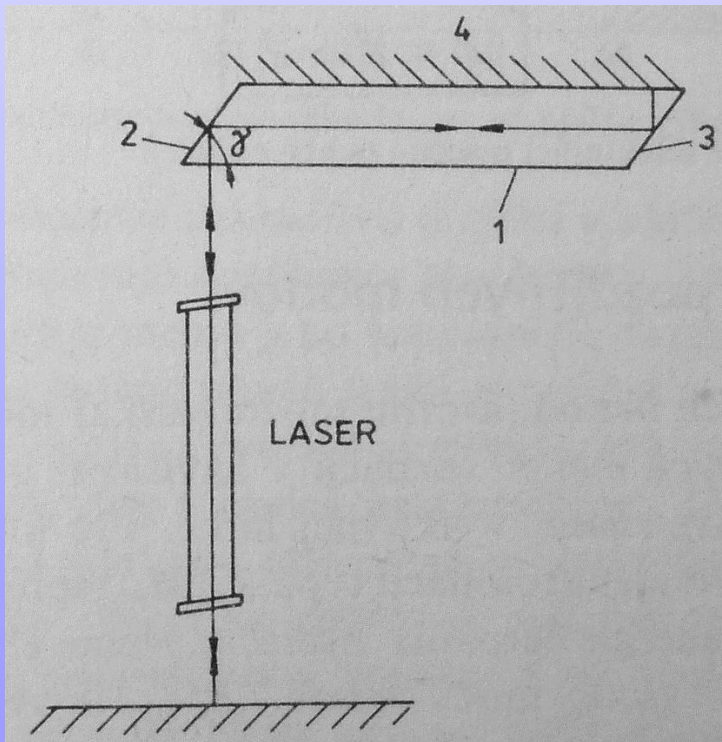
- Módy oscilácií rezonátora sú módy *TEM*.
- Rezonančné frekvencie pre  $TEM_{mnq}$  sa určujú zo vzťahu

$$\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{L}\right)^2 - k^2 = \left(\frac{2\pi f}{c}\right)^2$$

# Módy oscilácií

- V rezonátoroch laserov sa môže súčasne vybudit' veľké množstvo rôznych módov oscilácií, ktoré sa od seba líšia frekvenciou aj amplitúdou.
- Tým sa zhoršuje spektrálna čistota, koherentnosť žiarenia, zvyšuje sa divergencia lúča.
- Zachovanie vlastností je možné selekciou módov oscilácií:
  - selekcia priečnych oscilačných módov
  - selekcia pozdĺžnych oscilačných módov

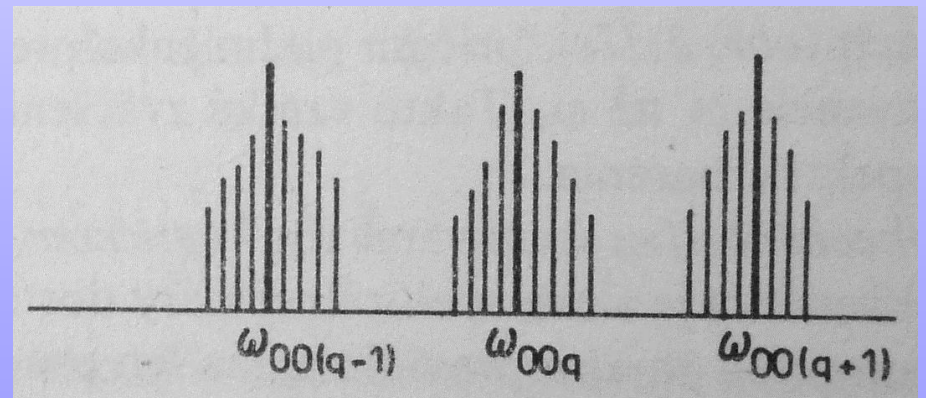
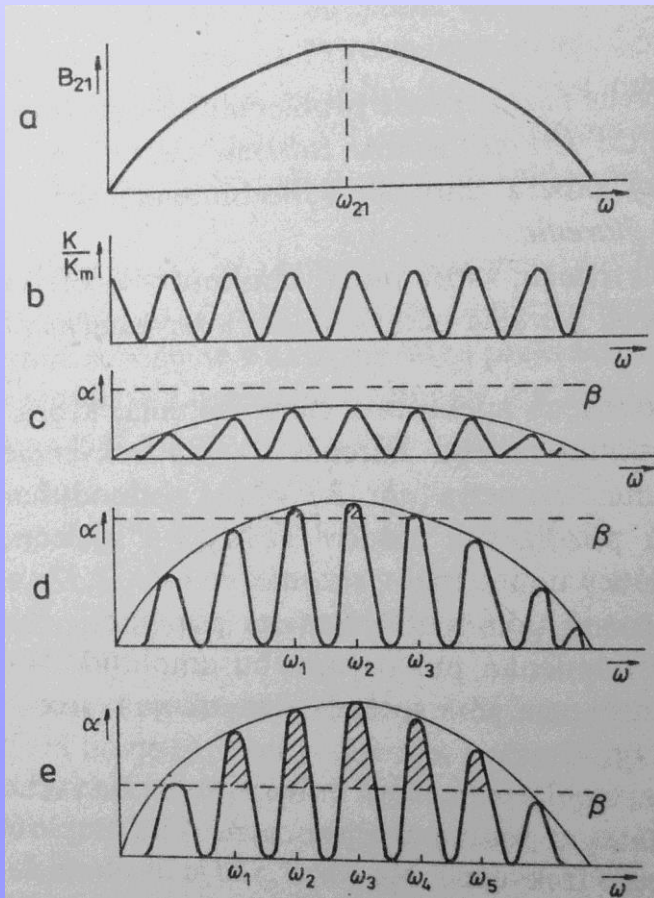
# Selekcia priečnych oscilačných módov





# Vlastnosti laserov

- Monochromatickosc' žiarenia.





# Vlastnosti laserov

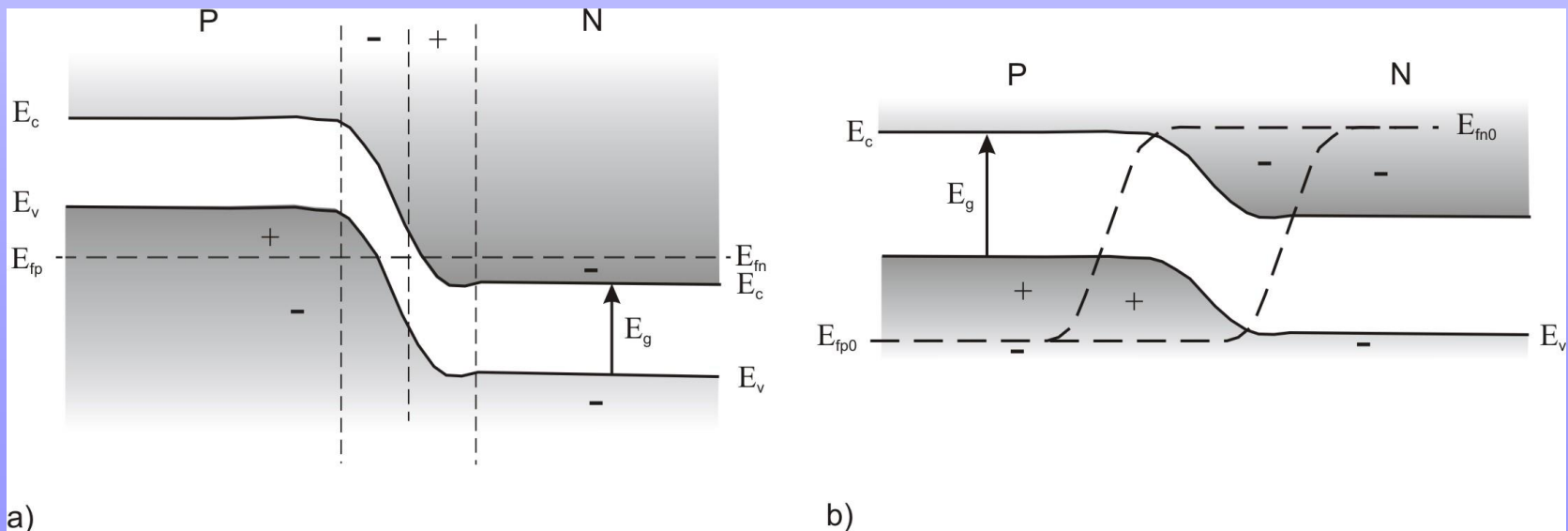
- Stabilita frekvencie.
- Koherencia žiarenia (časová a priestorová).
- Smerovosť a polarizácia žiarenia.

# Druhy laserov

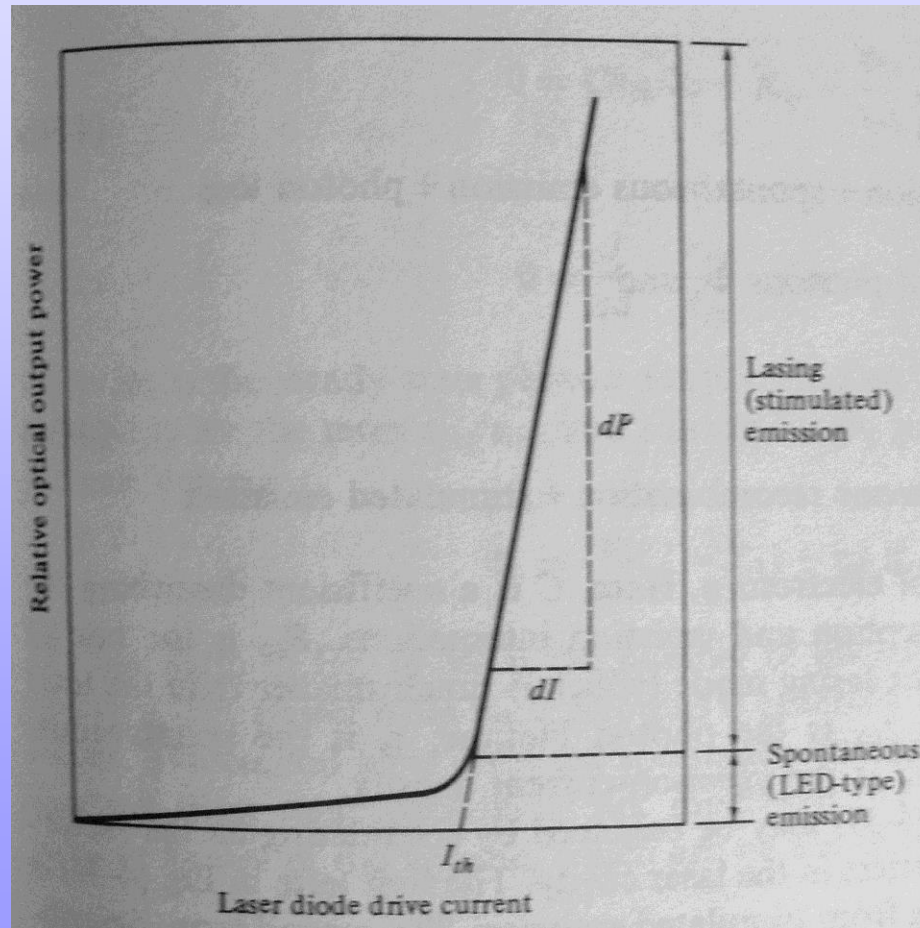
- Tuhofázové lasery (rubínový laser, neodýmový laser, polovodičové lasery...)
- Kvapalinové lasery – anorganické, organické
- Plynové lasery (He-Ne, Ar,...)
- Molekulové lasery (CO<sub>2</sub>,...)
- Excimérové lasery

# Polovodičové lasery

- Optické čerpanie
- Čerpanie elektrónovým zväzkom
- Injekcia nosičov cez PN prechod



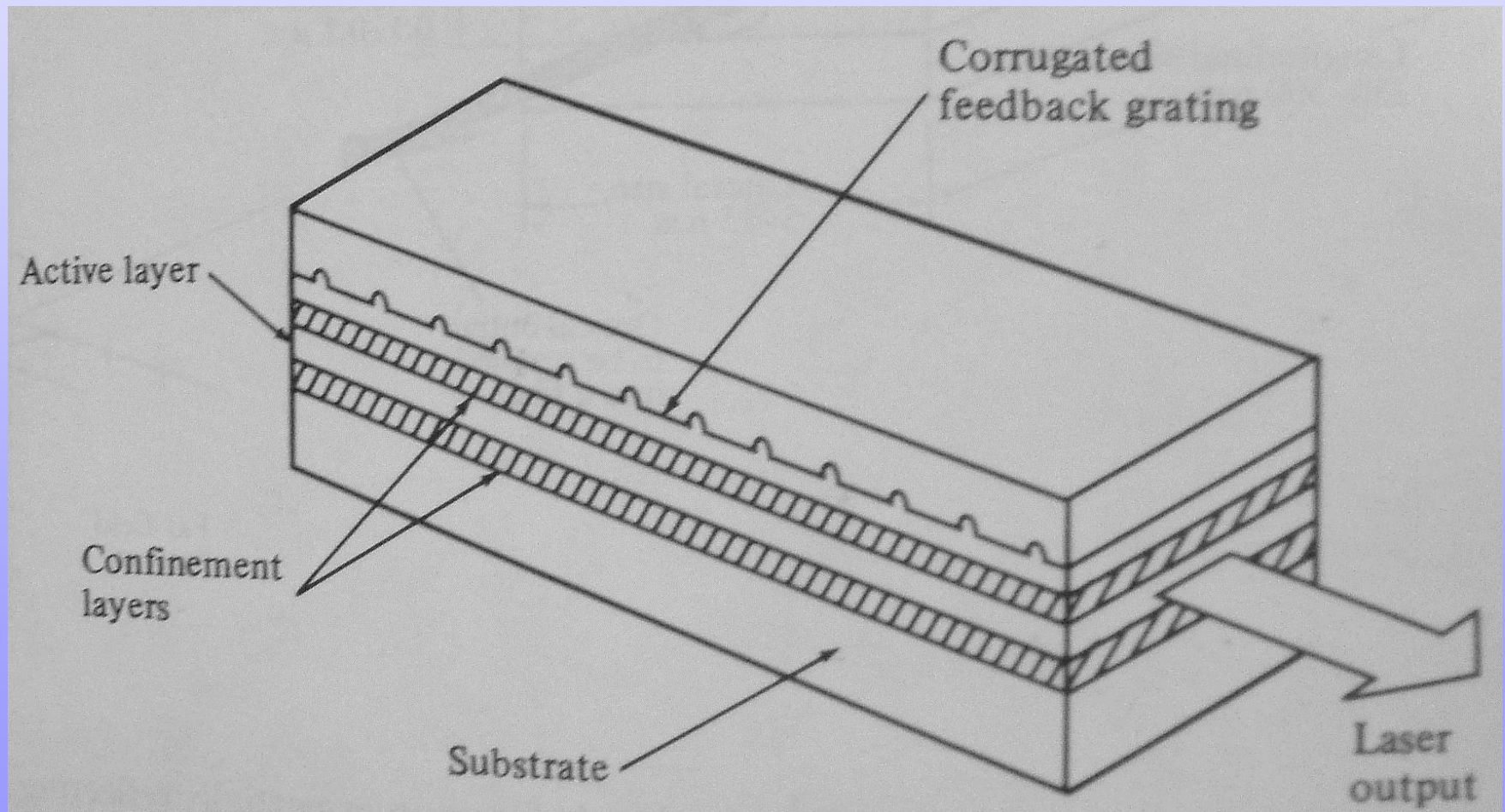
# Polovodičové lasery



# Polovodičové lasery

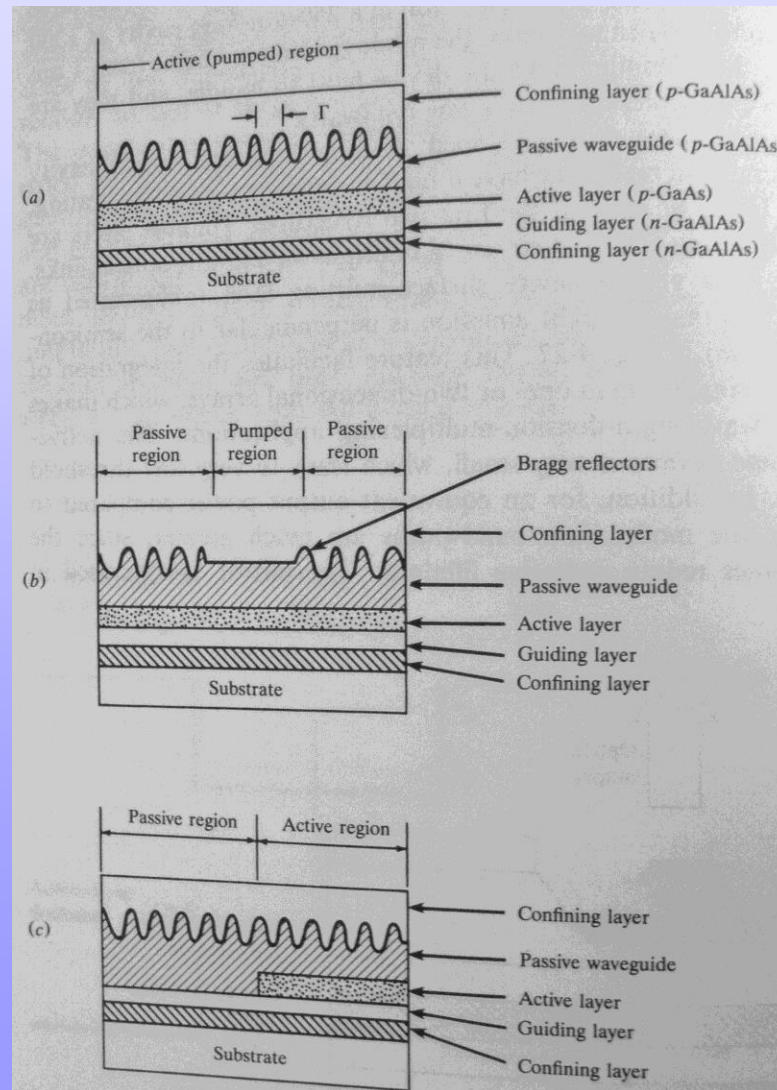
- Nevýhodou takejto realizácie je príliš veľká hodnota prahovej hustoty prúdu, v dôsledku čoho sa čip veľmi silno zahrieva. Kvôli zachovaniu jeho funkčnosti je preto potrebné zabezpečiť kvalitné chladenie.
- Nevýhoda spočívajúca vo veľkej prúdovej hustote sa dá odstrániť dvoma spôsobmi:
  - a) sústredením nosičov náboja do činnej oblasti potenciálovými bariérami
  - b) sústredením intenzity svetla do činnej oblasti vytvorením tzv. vlnovodnej vrstvy.

# Polovodičové lasery

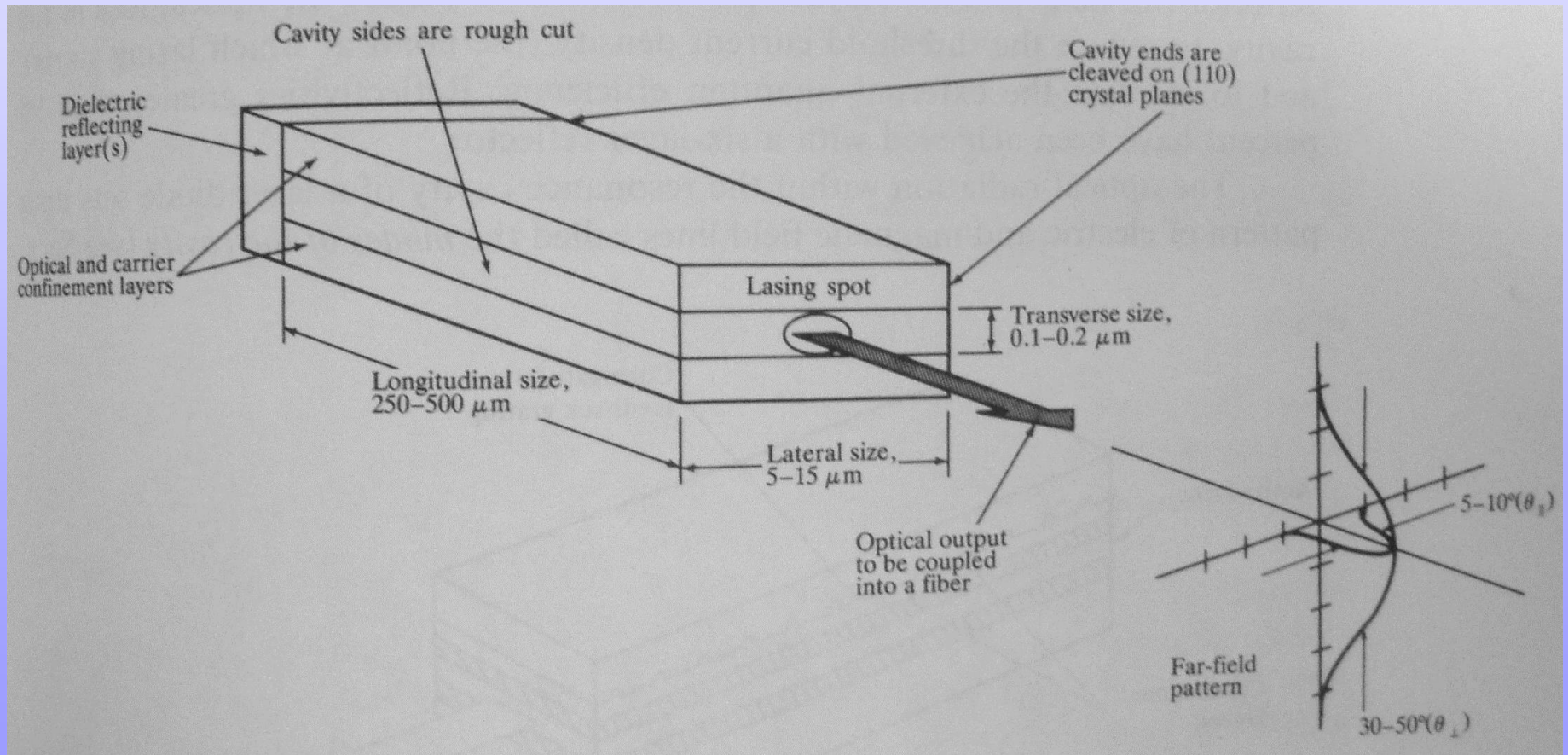




# Polovodičové lasery

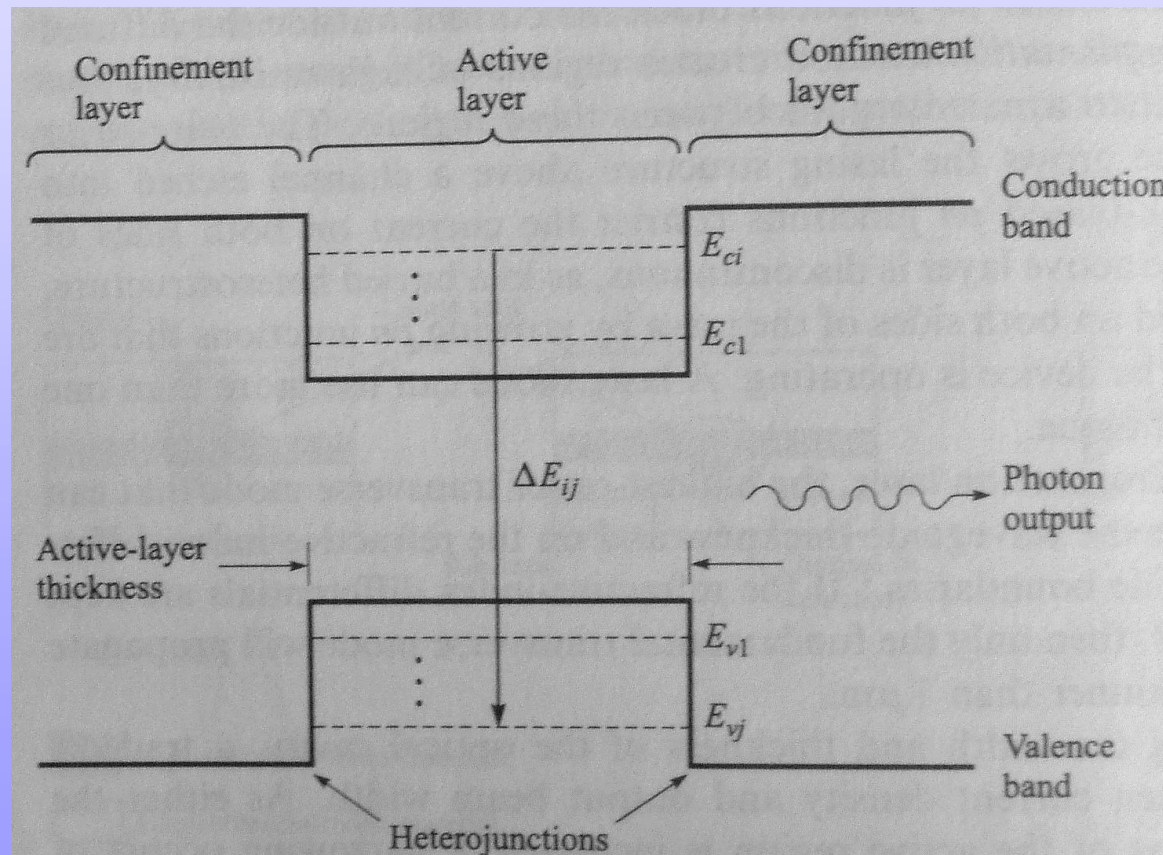


# Polovodičové lasery

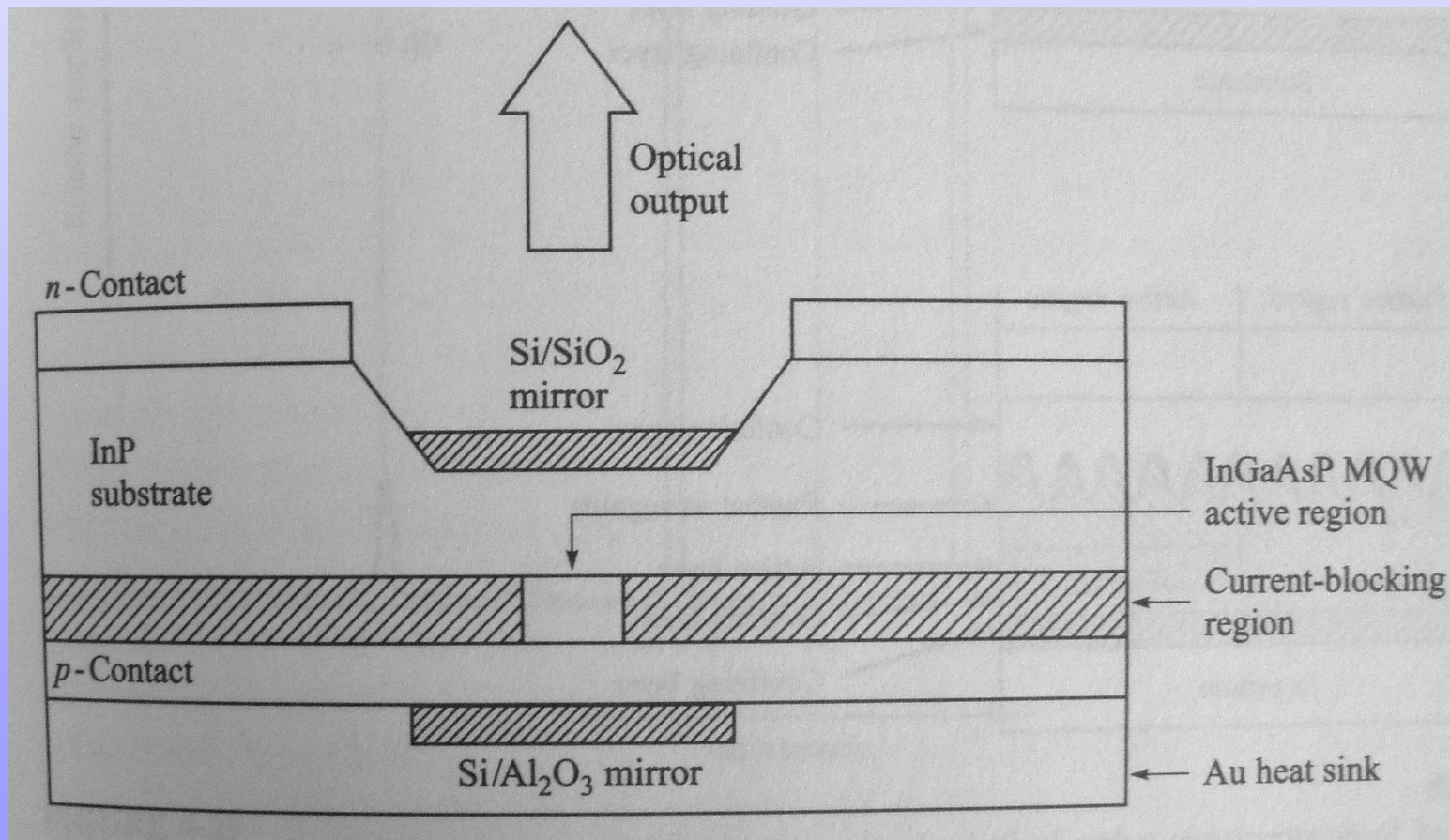




# Polovodičové lasery



# Polovodičové lasery



# Polovodičové lasery

