

LASERY

Slovo laser vzniklo z anglických slov :

L – light
A – amplification
S – by stimulated
E – emission
R – of radiation

} zdroj koherentného žiarenia

Koherencia – je vlastnosť dvoch alebo viacerých súčasne sa uskutočňujúcich procesov, ktoré sa môžu pri skladaní zosilňovať (zoslabovať) ; rovnaká amplitúda ; frekvencia a fáza.

Práce v ZSSR a USA prebiehali súčasne. Vývoj prebiehal od roku 1940 ; v roku 1960 – vyvinutý laser s aktívnou látkou – rubín ;
v roku 1961 – aktívna látka – plyn.

Laserom nazývame zariadenie pracujúce na základe vybudenej energie. Využívajú sa tu poznatky z kvantovej mechaniky.

Základné častice látky (atómy, molekuly, ionty) existujú vždy v určitých energetických stavoch.

Uvažujme izolovaný atóm. Na zvýšenie energetického stavu musí atóm pohltiť fotón elektromagnetického žiarenia

$$f = h \cdot n.$$

h – Planckova konštanta

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

n – frekvencia fotónu

Pohltením fotónu prechádza atóm z nižšej energetickej hladiny E_1 na vyššiu energetickú hladinu E_2 (obr. a.).

$$f = h \cdot n$$

$$DE = E_2 - E_1 = h \cdot n_{12}$$

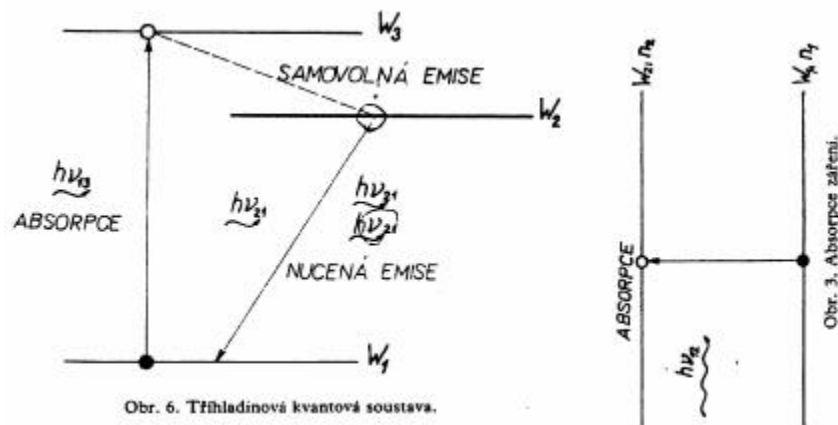
Samovoľná – spontálna emisia (obr. b.)

Vybudený atóm na hladine E_2 môže po určitej tzv. relaxačnej dobe samovoľne prejsť do zakázaného stavu charakterizovaného minimálnou (základnou) energiou, pričom prebytočnú energiu DE vyžiari vo forme fotónu. Teda samovoľná emisia prebieha bez vonkajšieho zásahu.

Stimulovaná – nútená emisia (obr. c.)

K prechodu atómu z vybudenej hladiny do stavu základného dôjde pod vplyvom vonkajšieho žiarenia, ktorého kmitočet je veľmi blízky kmitočtu fotónu n_{12} . Tento vonkajší fotón donúti vybudený atóm, aby prešiel do základného stavu, avšak vonkajší fotón nie je pohltý. Pri spätnom prechode z E_2 do E_1 je vyžiarená približne energia, ktorú mal fotón, ktorý toto vyžiarenie vyvolal

Obr. :



Trojhladinová kvantová sústava

Aby sme mohli realizovať riadenú nútenú emisiu, musí byť atóm na takej energetickej hladine, z ktorej my ho môžeme cielene ovplyvňovať.

Teda z hladiny W_1 na W_3 fotón $h \cdot n_{13}$.

Tomuto žiareniu hovoríme budiace respektíve čerpacie žiarenie. Atómy v tomto stave sú nestabilné (W_1) a rýchle relaxujú na nižšiu hladinu (W_2), ktorá je metastabilná.

Na tejto metastabilnej hladine majú atómy relatívne dlhú dobu života, takú dlhú, aby sme ich mohli nútené prinútiť k zmene energetickej hladiny (fotónom $h \cdot n_{21}$).

Vzniknuté prostredie bude zosilňovať elektromagnetické vlnenie o frekvencii n_{21} .

Žiarenie $h \cdot n_{21}$ zvýšime ešte ohraničením prostredia odrazovými stenami (postriebrením).

Výstup z laseru sa realizuje polo - priepustným zrkadlom.

Z_1 – aspoň 99 % odrazivosť, nepriepustné

Z_2 – polo - priepustné alebo s otvorom

Princíp vzniku laserového žiarenia : na obrázkoch

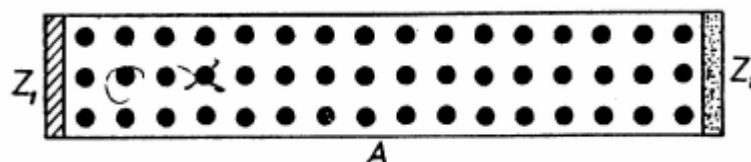
Pre činnosť laseru je nutné, aby väčšina (viac než $\frac{1}{2}$) atómov sa nachádzala vo vybudenom stave. I keď nepoužijeme signál, vždy existuje niekoľko fotónov s kmitočtom n_{12} , ktoré sú vyslané samovoľne. Tieto fotóny vyvolajú nútené emisie atómov, ktoré sú vo vybudenom stave. Za predpokladu vhodnej rezonančnej dutiny, bude táto emisia lavínovito vzrastať, pretože každý fotón vyvolá emisiu ďalšieho fotónu (takže po prvej interakcii dostávame 2 fotóny, po druhej 4 fotóny, atď.) počet fotónov bude lavínovito vzrastať.

K seriálu obrázkov :

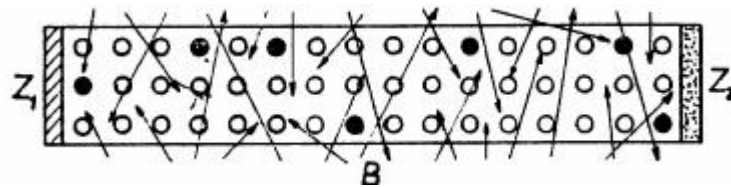
Aktívne prostredie má tvar valca, ktorého čelné plochy sú postriebrené, čím je vytvorená rezonančná dutina.

Obr. A. : Znázorňuje nevybudené atómy aktívneho prostredia (čierne bodky).

Z_1 – nepriepustné, Z_2 – polo - priepustné.



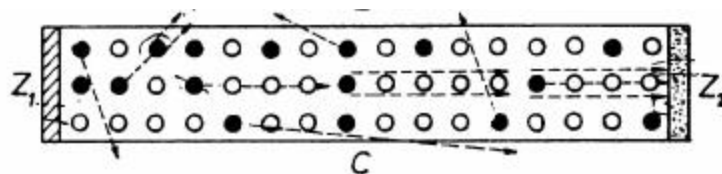
Obr. B. : Šípkami sú vyznačené fotóny dopadajúceho čerpaceho žiarenia. Pri interakcii fotónov a vhodnej energii s atómami aktívneho prostredia, dochádza k absorpcii fotónov a skoro všetky príslušné atómy aktívnej látky sa dostávajú do vybudeneho stavu (krúžky).



Obr. C. : Vo vybudenom stave (nestabilnom) však atómy nemôžu byť nekonečne dlhú dobu a po uplynutí relaxačnej doby sa vracajú do stabilného základného stavu. Prítomnú nadbytočnú energiu vyžiaria vo forme fotónu svetelného žiarenia (čiarkované šípkky). Smer vyžiarenia fotónu môže byť ľubovoľný. Predpokladajme, že atóm vyžiari pri svojom prechode do stabilného fotón v smere k druhému vybudenejmu atómu. Následkom nútenej emisie vyžiari druhý atóm práve ten fotón, ktorý v ňom podmienil vznik nútenej emisie (zvýšenie energetického stavu). Z druhého atómu sa teda budú šíriť dva fotóny s rovnakou frekvenciou v pôvodnom smere.

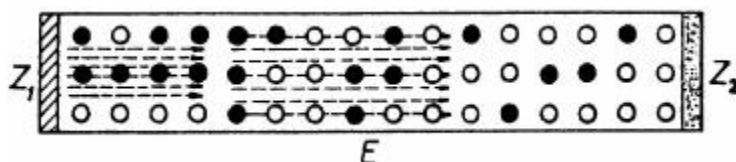
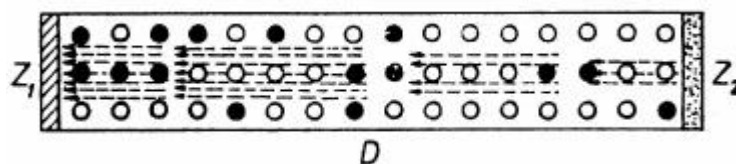
Pozor ! Svetlo sa môže v aktívnom prostredí šíriť všetkými smermi. Ak sa šíri pod nejakým uhlom ($> 0^\circ$ vzhľadom k ose), ktorý zvierá s osou, vyjde z aktívneho prostredia von a pre ďalšiu činnosť laseru je stratené.

Len tie fotóny, ktoré sa šíria v smere osi a predstavujú rovinnú svetelnú vlnu, spôsobia ďalšiu rast počtu fotónov nútenou emisíou. Táto rovinná vlna, ktorá sa šíri aktívnym prostredím, sa odráža niekoľkokrát na zrkadlách Z_1 a Z_2 .



Obr. D.,E.,F. : Po niekoľko tisícnásobnom odraze vystupuje polo - priepustným zrkadlom Z_2 úzky koherentný zväzok svetla. Vysoká smerovosť svetelného zväzku vystupujúceho z laseru je spôsobená tým, že po mnohonásobných odrazoch na zrkadlách Z_1 a Z_2 vystúpia mimo aktívne prostredie všetky fotóny, ktorých smery šírenia zvierajú s osou uhol $> 0^\circ$.

Svetlo sa teda zosilní len v rovinnnej vlne, ktorá sa šíri v smere osi valca. Z toho vyplýva, že dôležitú úlohu pri zosilnení má rovnobežnosť a kvalita oboch zrkadiel, ktorými je aktívne prostredie obmedzené.



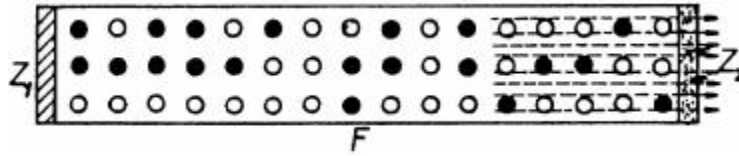


Schéma tvorenia koherenčného zväzku v aktívnom prostredí (Z_1, Z_2 – zrkadlá)

Základný prehľad laserov :

1.) Lasery v tuhej fáze

a.) Rubínový $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}^{3+}$:

Zdrojom núteného žiarenia sú ióny chrómu Cr^{3+} – luminiscenčné centrá. Činnosť laseru vzniká vybudením iónov chrómu.

Obrázok :

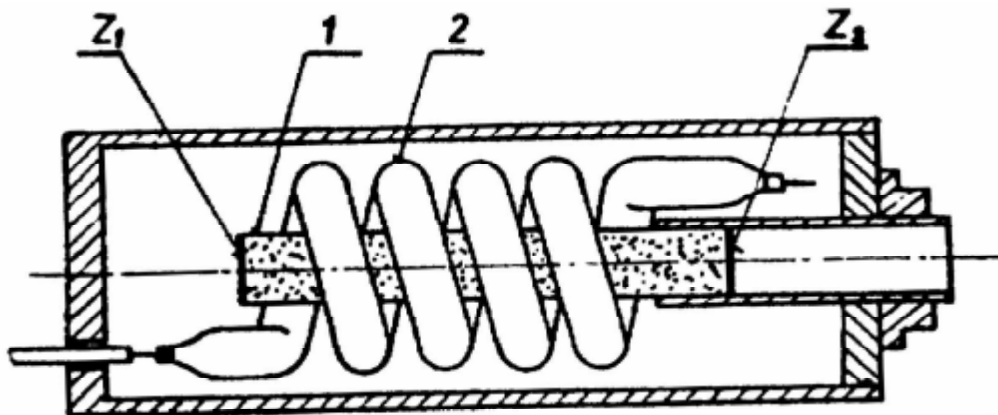


Schéma rubínového laseru so špirálovou xenónovou výbojkou
(1 – monokryštál rubínu, Z_1 a Z_2 = zrkadlá rezonátoru, 2 – pulzná xenónová výbojka)

b.) Neodýmový laser :

Druhým používaným typom laseru, ktorý pracuje na báze tuhej látky je neodýmový laser (sklo + neodým Nd). Neodým má atómové číslo 60 a nachádza sa v skupine lantanoidov. Atómová hmotnosť 144,24.

Je príkladom laseru, ktorý ako aktívneho prostredia využíva sklo s prímiesami neodýmu a prípadne ďalších aktívnych iónov (yterbium 70, gálium 31, holmium 67). Ich prednosťou je jednoduchosť zhotovenia zo sklenených tyčí ľubovoľných rozmerov a tvarov, čo dovoľuje vytvoriť lasery s veľkým výstupným výkonom.

Realizácia : báryové sklo + neodým

Pracovná vlnová dĺžka laseru $\lambda = 1,060 \text{ nm}$;

$\nu = 2,83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, výstupný výkon v MW a GW ;

Laser pracuje v impulznom režime, vyžaduje dôkladné chladenie.
Použitie : obrábanie, zvarovanie, meranie vzdialeností, oznamovacia technika, chirurgické operácie, riadenie chemických reakcií.

2.) Lasery v plynnej fáze

a.) CO₂ laser :

Pracuje v kontinuálnom režime ;

Aktívnou látkou je plyn **CO₂** pri nízkom tlaku.

Výkon : až tisícky W;

Použitie : normál kmitočtu, presné meranie dĺžok a rýchlostí, nastavovanie do osí (veľkorýpadlá – Severočeský uhoľný revír), optické merania, holografia, oznamovacia technika.

Čerpanie **CO₂** laseru sa vykonáva jednosmerným zdrojom alebo sieťovými impulzmi. Zdrojom budiacej energie je jednosmerný alebo vysokofrekvenčný výboj, ktorý slúži k zapáleniu výboja v trubici naplnenej plynom.

Tlak : približne dĺžky 2 m s priemerom 30 mm ;

Pracuje v infračervenej oblasti spektra, vlnová dĺžka $\lambda = 10 \text{ mm}$;

b.) Hélium neónový laser :

Používa sa zmes týchto dvoch plynov **He + Ne**. Pomer 5:1 pre $\lambda = 632,8 \text{ nm}$

9:1 pre $\lambda = 1,1523 \text{ mm}$.

Výrobcami laserov v Československu boli VÚVT Praha a Metra Blansko