

LASER:

Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation
(Zosilnenie svetla pomocou vnúternej emisie žiarenia)

Princíp alebo o čo ide

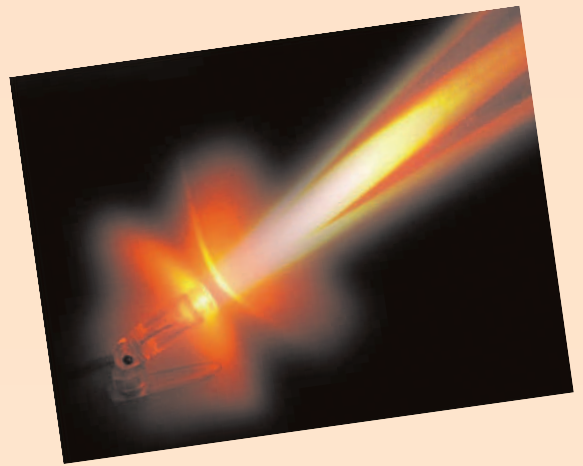
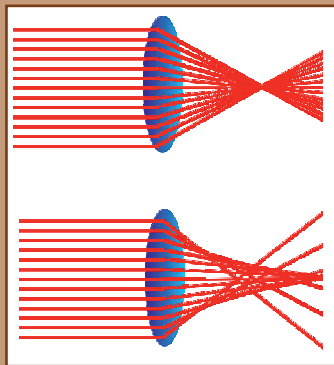
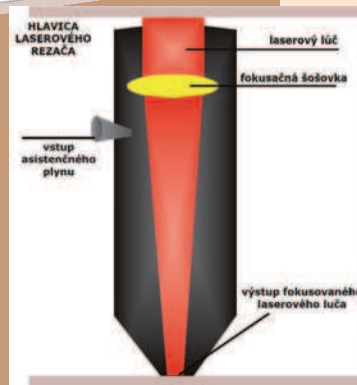
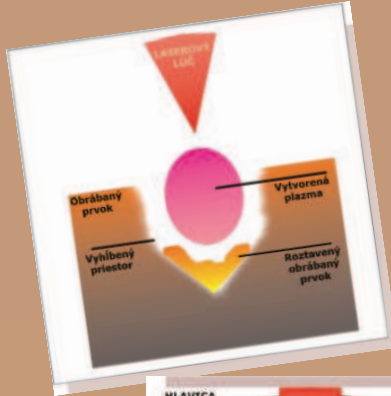
Ako na stimulovanú emisiu?

Laserové obrábanie nahrádza mechanické odstraňovanie materiálov ako sú tvrdené kovy, keramika a kompozity.

Jedným z typických špecifik obrábania prostredníctvom laserového lúča je odstraňovanie materiálových častíc jednu za druhou, pričom energia laserového lúča spôsobuje zmenu tuhej fázy na tekutú alebo na plynú. Miesto, kde sa laserový lúč dotýka materiálu sa nachádza v mieste ohniska optiky lasera.

Oblasť opracovania má čo do veľkosti zlomky milimetra. Dôležité je, že opracovanie sa týka len oblasti vo vnútri lúča a nie mimo neho. Energia lúčom privedená mení vlastnosti materiálu a ten sa môže dokonca odpariť. Tento princíp odparovania je využívaný pri gravírovaní materiálu alebo jeho rezaní.

Pri rezaní sa už ale využívajú lasery s vysokými energiami, ktoré sú dostatočné na to, aby rýchlo prešli celou šírkou materiálu a nie len jeho povrchovou vrstvou. Výpary materiálu - teda jeho plyny - sa odŕukujú prúdom vzduchu namiereného priamo na miesto rezania, či gravírovania.



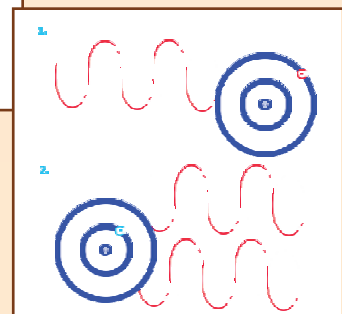
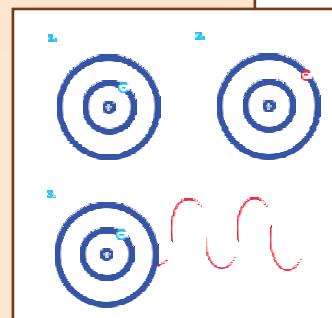
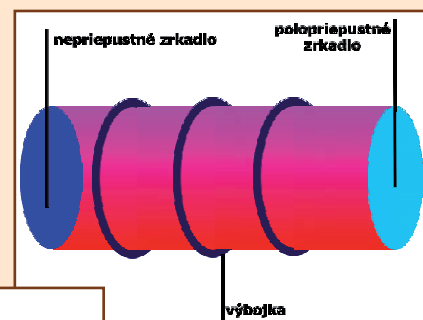
Laser v skratke

Dodaním energie z výbojky dostaneme elektróny na vyššiu energetickú hladinu - excitujeme ich. Tu však zostanú len krátky čas a po jeho uplynutí sa vracajú späť na svoju pôvodnú energetickú hladinu, pričom vylúčia fotón o rovnakej energii, aký prijali. Tento jav nazývame samovoľnou emisiou.

Ak tento emitovaný fotón zasiahne iný elektrón, ktorý je ešte stále vo svojom vzbudenom stave, prinúti ho aby sa vrátil na svoju pôvodnú energiu, a tak excituje ďalší fotón. Toto

je nazvané stimulovanou alebo vynútenou emisiou.

Na oboch koncoch prostredia, kde sa tento dej odohráva sú zrkadlá (jedno z nich polopriepustné), ktoré fotóny nútia byť stále v aktívnom prostredí lasera a vytvárajú tak väčšie množstvo fotónov pomocou stimulovanej emisie. Ak je ich množstvo dostatočne zvýšené, budú mať dostatočnú energiu aby prešli polopriepustným zrkadlom a laser tak začal žiariť - môžeme ho začať využívať.



Hustota energie

Pod hustotou energie rozumieme množstvo energie, ktorá je dodaná systému alebo priestoru a v ňom uložená na jednotku plochy, či objemu.

V laseroch je hodnota tejto veličiny naozaj vysoká.

Pre porovnanie:

- elektrónový lúč $10^6 - 10^8 \text{ J cm}^{-2}$
- jadrový výbuch $10^{10} \text{ J cm}^{-2}$
- laser $10^{12} \text{ J cm}^{-2}$

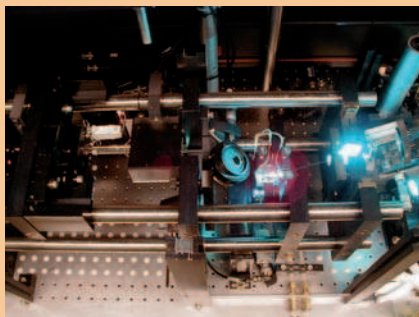


Typy laserov

Podľa skupenstva aktívneho prostredia

Pevnolátkové

Aktívnym prostredím sú kryštalické alebo amorfné izolanty s prímiesou vhodných iónov. Tieto lasery môžu pracovať v rôznych režimoch a za rôznych podmienok. Sú stabilné a majú malé nároky na údržbu. Ich žiarenie má vlnové dĺžky v oblasti infračerveného a viditeľného svetla



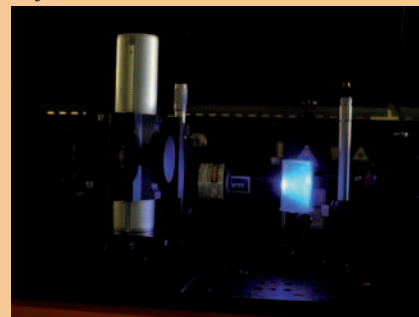
Kvapalinové

Aktívnym prostredím sú kvapaliny rôznych organických farbív. Využitím zákonitostí nelineárnej optiky je možné dosiahnuť vlnové dĺžky od 300nm-1500nm. Preto sa často takéto lasery využívajú v spektroskopii. Ich nevýhodou je krátka životnosť aktívneho prostredia, ktoré sa teplom a svetlom rozkladá.

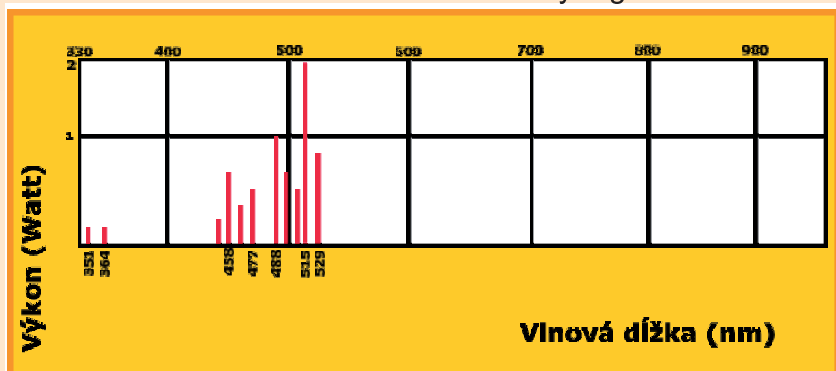


Plynové

Aktívne prostredie je tvorené atómami, iónami alebo molekulami. Pracujú vo veľmi širokom rozsahu vlnových dĺžok v kontinuálnom alebo pulznom režime. Ich excitácia je väčšinou pomocou elektrického výboja. Majú homogénne aktívne prostredie, ktoré im zaisťuje výborné parametre, avšak nevýhodou je nízky výkon.



vlnové dĺžky argónového lasera



Krypton	pevnolátkový	678 nm
Krypton	plynový-iónový	676,4 nm
Krypton	plynový-iónový	647,1 nm
InGaAlP	polovodičový	635-660 nm
HeNe	plynový	633 nm
Rubín	pevnolátkový	628 nm
HeNe	plynový	612 nm
HeNe	plynový	594 nm
Cu	kovové výpary	578 nm
Krypton	plynový-iónový	568,2 nm
HeNe	plynový	543 nm
DPSS	polovodičový	532 nm
Krypton	plynový-iónový	530,9 nm
Argón	plynový-iónový	514,5 nm
Cu	kovové výpary	511 nm
Argón	plynový-iónový	501,7 nm
Argón	plynový-iónový	496,5 nm
Argón	plynový-iónový	488 nm
Argón	plynový-iónový	476,5 nm
Argón	plynový-iónový	457,9 nm
HeCd	plynový-iónový	442 nm
N2+	plynový	428 nm
Krypton	plynový-iónový	416 nm

Podľa výkonu

Nízkovýkonné (mäkké)

Do skupiny nízkovýkonných laserov patria tie, ktoré majú výkon nižší ako 500mW. Tieto lasery neprodujú výrazné teplo - sú nazývané aj chladné lasery. Patria sem rôzne skupiny laserov - od tých, ktoré sú škodlivé len pre oči (snímač pri pokladni) až po mierne silné lasery, ktoré sa nachádzajú napríklad v optických mechanikách prehrávačov. Využívané sú aj v medicíne na zákroky na koži, liposukciu, operácie oka a pod.



Vysokovýkonné (tvrdé)

Do tvrdých laserov zaraďujeme tie, ktoré majú výkon vyšší ako 500mW (v impulze 1012 J/cm²). Sú nebezpečné pre oči pri akomkoľvek pohľade - do priameho alebo aj rozptýleného svetla. Využívané sú v priemysle a technike na rezanie, gravírovanie či zváranie rôznych materiálov.



Ďalšie druhy jadier laserov:

Pevnolátkové:

Sm:CaF₂ samarium dopovaný
CaF₂ Tm:YAG (Thulium YAG)
Ho:YAG (Holmium YAG)
Yb:YAG (Ytterbium YAG)
Nd:Sklo (Neodymium Sklo)
...a mnoho ďalších

Polovodičové:

AlGaAs GaN
InGaAsP InGaAlP
...a mnoho ďalších

Plynné:

Kryptónový Dusíkový
Xenónový CO
...a mnoho ďalších

Ostatné:

výpary zlata voľné elektróny
HeHg nukleárny
HeSe COIL

Typ	Vlnová dĺžka	Výkon	Mód	Použitie a vlastnosti
Pevné skupenstvo				
Nd:YAG laser	1.06 μm	1 W - 8 kW	kontinuálny aj pulzný	S kryštálom yttrito - hlinitého granátu dotovaného neodymom. Obrábanie materiálov, meranie, medicína
Rubínový laser	694 nm červené svetlo	niekoľko MW	pulzný	meranie, pulzná holografia
Polovodičový laser	infračervené až viditeľné	1 mW - 100 mW	kontinuálny aj pulzný	Optoelektronika
Kvapalné skupenstvo				
Farebný laser	kontinuálne od infračerveného po viditeľné - záleží na zložení	1 mW - 1 W	kontinuálny aj pulzný	meranie, medicína, optická spektroskopia
Plynné skupenstvo				
CO ₂ -Laser	10.6 μm	1 W - 40kW (100 MW in pulsed mode)	kontinuálny aj pulzný	opracovanie materiálov, medicína, oddeľovanie izotopov
HeNe laser	632.8 nm alebo 1150 nm	1 mW - 1 W	kontinuálny	meranie, holografia
Argónový laser	458nm, 477nm, 488nm, 497nm, 501nm, 515nm ...	1 mW - 150 W	kontinuálny aj pulzný	v tlačiarňach, medicína, excitovanie atómov pre farebný laser
Excimérový laser	198nm, 248nm, 308nm a ďalšie	1 kW - 100 MW	kontinuálny aj pulzný (10ns - 100 ns)	mikrostromjarenstvo, medicína, laserová chémia



Stavba lasera

v architektonickej stavbe lasera rozoznávame 3 základné časti

- energetický zdroj (nazývaný aj čerpadlo)
- laserové médium
- optický rezonátor (z dvoch alebo viacerých zrkadiel)



Optika lasera

Zrkadlá:

jedno z nich je s vysokou odrazivosťou, kde odrazivosť dosahuje až 99.999%. Druhé zrkadlo je polopriepustné a jeho odrazivosť závisí na výstupnej intenzite akú chceme v laserovom lúči dostať (typicky však 50% - 95%).

Šošovky:

šošovku často využívame pri aplikácii lasera priamo v praxi. Niekedy je potrebné celý výstupný lúč fokusovať na jedno miesto, aby sme koncentráciu svetla ešte zvýšili - napríklad pri gravírovaní, či rezaní materiálu. Šošovky sa využívajú aj pri zúžení priemeru laserového zväzku, keďže lúč lasera sa difrakciou postupne rozširuje.

Filtre:

nachádzajú sa najčastejšie na vnútornej strane zrkadiel, teda pri laserovom médiu. Ich úlohou je vylúčiť iné vlnové dĺžky okrem požadovanej, keďže jeden laser môže často pracovať aj na viacerých vlnových dĺžkach (viď argón).

Rotujúce hranoly:

sa používajú pri impulznom type lasera ak chceme vytvoriť jeden krátky svetelný impulz.

Čerpadlo

Čerpadlo je zložka, ktorej úlohou je dodávať energiu do laserového systému. Ako príklad môžeme uviesť: zdroje elektrických výbojov, bleskové lampy, svetlo z iného lasera, chemické reakcie a dokonca aj explozívne zariadenia.

To aké čerpadlo je v lasere závisí na použitom laserovom médiu a taktiež podmieňuje spôsob ako je energia k danému médiu dodávaná. Napríklad: HeNe laser používa ako zdroj energie elektrický výboj, Nd:YAG laser používa svetlo fokusovanej xenónovej bleskovou lampou, excimérový laser zas využíva chemické reakcie.

Optický rezonátor

Optický rezonátor alebo optická dutina je v najjednoduchšej forme tvorená dvoma paralelnými zrkadlami uloženými na koncoch laserového média. Ich úlohou je odrážať svetlo späť do aktívnej zóny.

Zrkadlá majú optické pokrytie, ktoré im dodáva žiaduce reflexné vlastnosti. Typicky je jedno zrkadlo s vysokou odrazivosťou a jedno polopriepustné. Druhé z nich je tiež nazvané ako vonkajší konektor, pretože dovoľuje časti svetla opustiť rezonátor a vytvoriť tak laserový lúč.

V rezonátore sa môže svetlo odraziť aj niekoľko tisíckrát, kým sa dostane von a vytvorí lúč. V zložitejších systémoch laserov je používaný súbor až štyroch zrkadiel.

Ďalšie zložky ako modulátory, filtre, absorbéry či rotujúce hranoly, sa môžu umiestniť do vnútra optického rezonátora, aby sa dosiahli rôzne efekty laserového výstupu. Napríklad: vytvorenie impulzov laserového svetla alebo zmena vlnovej dĺžky.

Laserové médium

Laserové jadro (médium) je najhlavnejšia zložka lasera, ktorá najviac ovplyvňuje vlnovú dĺžku laserového lúča a ďalších vlastností lasera. Doteraz sa podarilo nájsť, či vytvoriť stovky laserových médií.

Práve v tomto médiu prebieha spontánna a neskôr vynútená emisia fotónov, čo je základ vytvorenia laserového lúča na základe zosilnenia žiarenia. V samotnom procese je médium excitované pomocou čerpadla.

(pre viac informácií o tejto zložke lasera viď kapitolu Typy laserov)

