KAKO DELUJE LASER?

Laser je vir svetlobe, ki daje močan, ozek in enobarven curek koherentne svetlobe in je okrajšava za Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, pomeni torej ojačevanje svetlobe s stimulirano emisijo sevanja.

Za lažje razumevanje delovanja laserja si najprej oglejmo pojave pri prehodih med različnimi stanji atomov. Atomi (elektroni) se lahko nahajajo v različnih energijskih nivojih. Iz enega v drug energijski nivo lahko prehajajo na tri načine: s spontano emisijo, absorpcijo in stimulirano emisijo. Pri spontani emisiji atom sam od sebe preide v nižje energijsko stanje in pri tem odda foton. Pri absorpciji atom preide v višje stanje tako, da absorbira foton. Pri stimulirani emisiji, ki je najpomembnejša za razumevanje delovanja laserjev, pa foton povzroči, da atom preide v nižje stanje in pri tem odda dodaten foton.

Simulacija absorbcije, spontane in stimulirane emisije. (Physics 2000)

Pri vseh teh procesih lahko sodelujejo samo fotoni z določenimi frekvencami (oz. valovnimi dolžinami). Frekvenca fotona je določena z enačbo h=E2-E1, kjer je h Planckova konstanta, frekvenca atoma, E2 in E1 pa energiji stanj atoma. Označimo število atomov v nižjem (lahko v osnovnem) stanju z N1, število atomov v višjem stanju pa z N2. Število atomov, ki preidejo iz višjega v nižje stanje v časovni enoti, je enako -(A21+B21u())N2, podobno pa prehod iz nižjega v višje stanje opiše enačba -B12u()N1. Tu so A21, B21 ter B12 Einsteinovi koeficienti in določajo, kakšna je verjetnost za posameznega od treh zgoraj opisanih pojavov. u() je frekvenčna gostota fotonov (število fotonov na frekvenčni interval). V termičnem ravnovesju mora veljati dN2/dt=dN1/dt. Z uporabo zgornjih enačb dobimo po krajši izpeljavi izraz za sproščeno (ali absorbirano) moč na enoto prostornine

P/V=nh(N2-N1)/ + hN2/,

kjer je razpadni čas in n število fotonov v izbranem stanju pri frekvenci . Preprosteje povedano: Ta enačba nam pove, kaj se zgodi, če snov presevamo s curkom fotonov. Če je N2>N1, dobimo ojačan curek (P/V>0). Če želimo, da je curek močno ojačan, mora biti n veliko število, takrat pa je tudi prispevek zaradi spontane emisije hN2/, ki ima vlogo šuma, majhen. Tako smo prišli do dveh pomembnih pogojev za izvedbo laserja: Številčna gostota fotonov mora biti velika in v višjem stanju mora biti več atomov kot v nižjem stanju (invertirana zasedba).

Nekaj vrst svetlobe: žarnica, sonce, monokromatska nekonherentna

in monokromatska koherentna (laser) svetloba. (Physics 2000)

Delovanje laserja si oglejmo na primeru štirinivojskega laserja.

Shema štirinivojskega laserja

Na enega od načinov (npr. z bliskavico) vzbudimo atome v višje stanje, izpraznimo torej osnovni nivo (1) in napolnimo pomožni nivo (2) - lahko je več pomožnih nivojev. Od tam atomi s spontano emisijo prehajajo v nivo (3), od tod pa s stimulirano emisijo v nivo (4). Stanji (3) in (4) lahko sovpadata in v tem primeru imamo trinivojski laser.

Laser je v splošnem sestavljen iz treh delov: medija, ki generira svetlobo, napajalnega sistema, s katerim poskrbimo za vzbujanje atomov, ki mu sledi sevanje, in resonatorja, ki curek natančno usmeri. Pri emisiji atomi sevajo enakomerno po celem prostoru in poskrbeti moramo, da se energija skoncentrira v ozkem curku. To dosežemo, če damo sevajoči medij v cev, ki jo z obeh strani zapremo z zrcaloma. Če pride do stimulirane emisije na primer v smeri osi med zrcaloma, pride do odboja in ponovne stimulirane emisije. V nasprotnem primeru (če sevanje ne poteka na osi) pa sevanje zapusti laserski medij. Tako dobimo ojačanje le v eni smeri in naivno bi pričakovali, da bo prišlo med zrcaloma v cevi do neskončnega ojačanja, kar pa se seveda zaradi izgub in končne velikosti ojačevalnega medija ne zgodi. V praksi prepusti eno zrcalo (včasih obe) del svetlobe; bodisi skozi odprtino ali skozi delno prepustno zrcalo. Svetloba, ki izstopa, formira laserski curek.

Formiranje laserskega curka. (Physics 2000)

Kot aktivni medij v laserjih uporabljamo različne snovi, laserji pa se seveda močno razlikujejo tudi glede namena uporabe; pri nekaterih potrebujemo veliko sproščene energije, pri drugih je pomembnejše daljše ali celo kontinuirano delovanje ipd. Za ilustracijo si oglejmo dve vrsti laserjev.

Rubinski laser: Rubinski laser je primer trinivojskega laserja, ki ga realiziramo z uporabo umetnega kristala rubina. Rubin je aluminijev oksid (Al2O3) s primesjo kroma (Cr3+). Krom predstavlja 0.01 do 0.5 odstotka mase, kar ustreza približno 1019 atomom na cm3. Zaradi prisotnosti kroma je rubin rožnate ali rdeče barve. Prehodi potekajo med različnimi nivoji kromovih ionov, ki se vgradijo v kristalno mrežo. Paličico rubina (premer 3-25 mm, dolžina do 20 cm) obdamo s ksenonovo bliskavico. Iz osnovnega nivoja vzbujamo atome v enega od dveh energijskih pasov s svetlobo z valovno dolžino približno 400 nm (vijolična) ali 550 nm (zelena), ki jo kristal močno absorbira. Tako vzbujanje z absorpcijo svetlobe imenujemo optično črpanje. Iz širokih energijskih pasov prehajajo atomi (z razpadnim časom okrog 100 ns) v par metastabilnih stanj, kjer preživijo okrog 3 ms. Obe metastabilni stanji predstavljata zgornji nivo za laserski prehod (stimulirana emisija), a prevladuje prehod z nižjega nivoja. S stimulirano emisijo dobimo svetlobo z valovno dolžino 694.3 nm. Prvi rubinski laserji so imeli posrebreni osnovni ploskvi valjaste paličice, danes pa ponavadi uporabijo ločeni zrcali, od katerih eno svetlobo povsem odbije, drugo zrcalo pa delno prepusti.

Shema rubinskega laserja

Fotografija rubinskega laserja

Nivoji pri rubinskem laserju

Helijsko-neonski (He-Ne) laser: Aktivni medij v He-Ne laserju je mešanica helija in neona pri tlaku okrog 1 mbar, v kateri je pet do desetkrat več helija kot neona. Mešanica plina je zaprta v cevki, ki je omejena z zrcaloma. Razmik med zrcaloma je (kot pri vseh laserjih) enak celemu večkratniku polovične valovne dolžine svetlobe, ki jo seva laser. Zaradi trkov z elektroni, ki jih pospešimo z električnim poljem, preidejo atomi helija in neona v vzbujena stanja. Atomi helija ob trku z atomi neona predajo večino energije slednjim. Pri trku atomi neona preidejo iz osnovnega stanja v vzbujeno stanje z energijo 20.66 eV (to je energijska razlika med osnovnim in omenjenim vzbujenim stanjem, kjer je 1eV=1.6 10-19 J). Pri tem uporabimo helij za doseganje inverzne populacije neonovih atomov. Iz metastabilnega stanja pri 20.66 eV preidejo atomi neona v stanje pri 18.70 eV (laserski prehod), pri čemer oddajo foton z valovno dolžino 632.8 nm. He-Ne laser je štirinivojski in deluje zvezno.

Moči kontinuiranih laserjev segajo od manj kot 1 mW do približno 20 kW pri komercialnih do več kot 1 MW pri posebnih vojaških laserjih. Pulzni laserji lahko za kratek čas dosežejo bistveno večje moči, povprečna moč pa je primerljiva z močmi kontinuiranih laserjev. Pulzni laser, ki ga uporabljajo za proučevanje fuzije, ima npr. moč 1014 W, a traja pulz le 3 ns.

Kot večina virov svetlobe so tudi laserji relativno neučinkoviti pri spreminjanju vstopne energije v svetlobo. Izkoristki segajo približno od 0.01 do 20 odstotkov. Zaradi majhnega izkoristka je pri nekaterih laserjih potrebno hlajenje.

Že v začetku smo povedali, da je curek laserske svetlobe zelo ozek, vendar pa je tudi tak curek divergenten. Ta lastnost je seveda odvisna od posamezne vrste laserja in uporabljene optike. Tipičen kot, pod katerim se širi laserska svetloba, je okrog 1 mrad (miliradian), kar pomeni, da se curek razširi na 1 meter, ko prepotuje 1 kilometer.

Kako (ne)varni so laserji? Gre predvsem za dve vrsti nevarnosti; poškodbe oči in nesreče zaradi visoke napetosti pri napajanju laserjev in znotraj njih. Visokoenergijski laserji lahko povzročijo trajne posledice že pri vstopu enega samega pulza v oko. Nizkoenergijski laserji pa so nevarni, če je oko dalj časa izpostavljeno curku svetlobe (če npr. gledamo v laser). Nevarnost pri posameznem laserju je seveda odvisna od moči, trajanja pulza in valovne dolžine. Čeprav tega morda ne bi pričakovali, so nesreče zaradi visoke napetosti bolj usodne. Ni namreč niti enega zabeleženega primera, ko bi človek podlegel poškodbam curka laserske svetlobe, več ljudi pa je umrlo, ko so prišli v stik z visoko napetostjo v laserju ali napajanju.

Tako kot večina sodobnih tehnologij so nam tudi laserji v vsakdanjem življenju vedno bližje in vedno bolj dostopni. Laserje tako srečujemo v trgovinah in knjižnicah kot čitalce kod, na predavanjih, na različnih zabavah, laser showih ipd. Najpreprostejši laserji so dostopni praktično vsakomur, saj stanejo nekaj tisoč tolarjev. Če pa smo glede lastnosti laserja zelo zahtevni, se cene povzpnejo do vrtoglavih višin.

Laser

Iz Wikipedije, proste enciklopedije

Laser (ime prihaja iz angleške kratice LASER; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, torej »ojačitev svetlobe s spodbujano emisijo sevanja«) je naprava, ki za vir energije uporablja pojav stimulirane emisije in ojačanja svetlobnega sevanja. Lastnosti laserske svetlobe so: velika intenziteta, pravilna porazdelitev intenzitete po preseku žarka, majhna divergenca, koherentnost in značilna valovna dolžina.

Za razumevanje delovanja laserja je nujno potrebno poznavanje narave svetlobe.

[spremeni]

Obdelava z laserskim žarkom

Novica o prvem laserju v letu 1960 je sicer navdušila znanstveni svet, vendar je minilo še skoraj 20 let do prvih zanesljivih naprav, ki so uporabile laserski snop za obdelavo.

Zaradi prostorske koherence je laserski snop mogoče koncentrirati oz. fokusirati na izredno majhno površino, to polje imenujemo transverzalni elektromagnetni rod TEM, ki lahko ima različne oblike.

V industrijski proizvodnji je med laserji najbolj razširjen in najpomembnejši ogljikov-dioksidni laser. Njegove izrazite prednosti so v veliki kontinuirani moči, dobri kakovosti žarka ter učinkovitosti, zaradi tega se uporabljajo za: toplotno obdelavo kovin, varjenje, rezanje, vrtanje, frezanje, označevanje, perforiranje, oblaganje, krivljenje in pretaljevanje. Pri vpadu laserskega snopa na površino obdelovanca se del energije odbije, drugi del pa absorbira v notranjost plasti nekaj µm globoko v osnovni material, ki se zaradi tega stali ali pa celo upari. Pomožni plini ta pretaljen material odstranijo.