

IV godina medicinari

veljača 2006

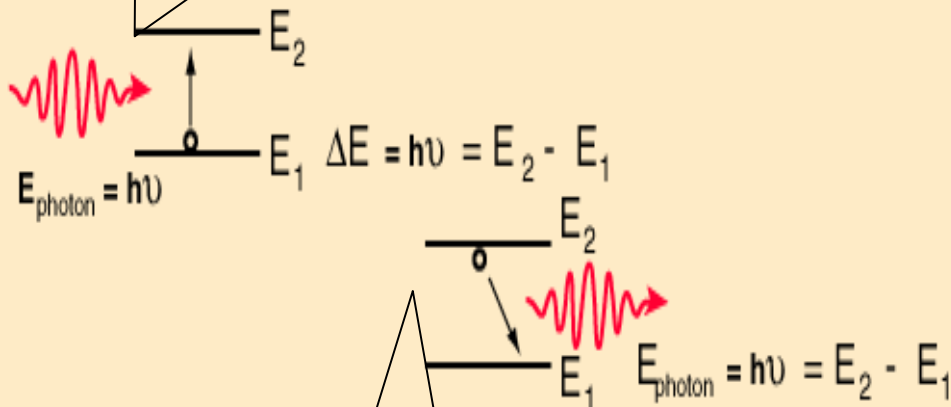
J. Brnjas-Kraljević

Laser

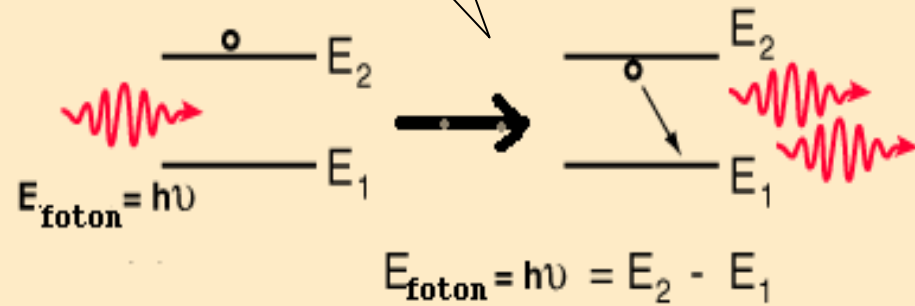
Light amplification of stimulated emission radiation

- operacija lasera bazira se na kvantnim procesima
- sva energijska stanja atoma su kvantizirana
- atomi emitiraju ili apsorbiraju vidljivo svjetlo pri prijelazu elektrona između kvantnih stanja atoma
- elektron može prelaziti s jedne razine na drugu jedino emisijom ili apsorpcijom kvanta elektromagnetskog zračenja energije jednake razlici njihovih energija stanja
- 1917. godine Einstein je postulirao da su vjerojatnosti spontane emisije i stimulirane emisije povezane
- foton svjetla koji uzrokuje pobudu atoma i prijelaz elektrona u više stanje s istom vjerojatnosti relaksira već uzbuđeni elektron prema osnovnom stanju

apsorpcija fotona
- prijelaz na višu razinu



stimulirana emisija



spontana emisija

- nije moguće svjetlosnim zračenjem pobuditi elektrone u više stanje i postići inverznu populaciju
- laserska pojava nije moguća u sistemu sa samo dva energijska stanja potrebna su barem tri stanja u sistemu

Stimulirana emisija

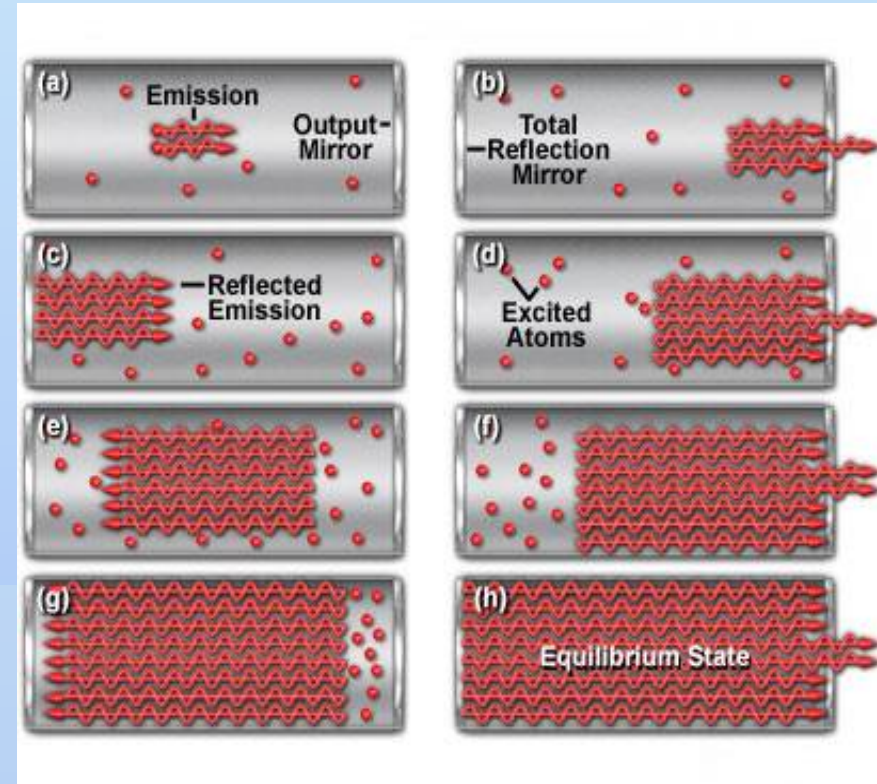
- ako na elektron u pobuđenom stanju djeluje foton, energije jednake razlici energija pobuđenog i osnovnog stanja, postoji vjerojatnost da uzrokuje prijelaz elektrona u osnovno stanje i istodobnu emisiju još jednog fotona jednake energije
- u stanju inverzne populacije osjetno veći broj elektrona je u pobuđenom stanju i zato je moguća stimulirana emisija više fotona
- preduvjet za pojačanje svjetla - laser - emitirani fotoni imaju definirani međusobni odnos u vremenu i fazi - to svjetlo ima veliki stupanj koherencije
- u procesima apsorpcije, emisije i stimulirane emisije, foton mora imati energiju točno jednaku razlici energija dva stanja

Inverzna populacija

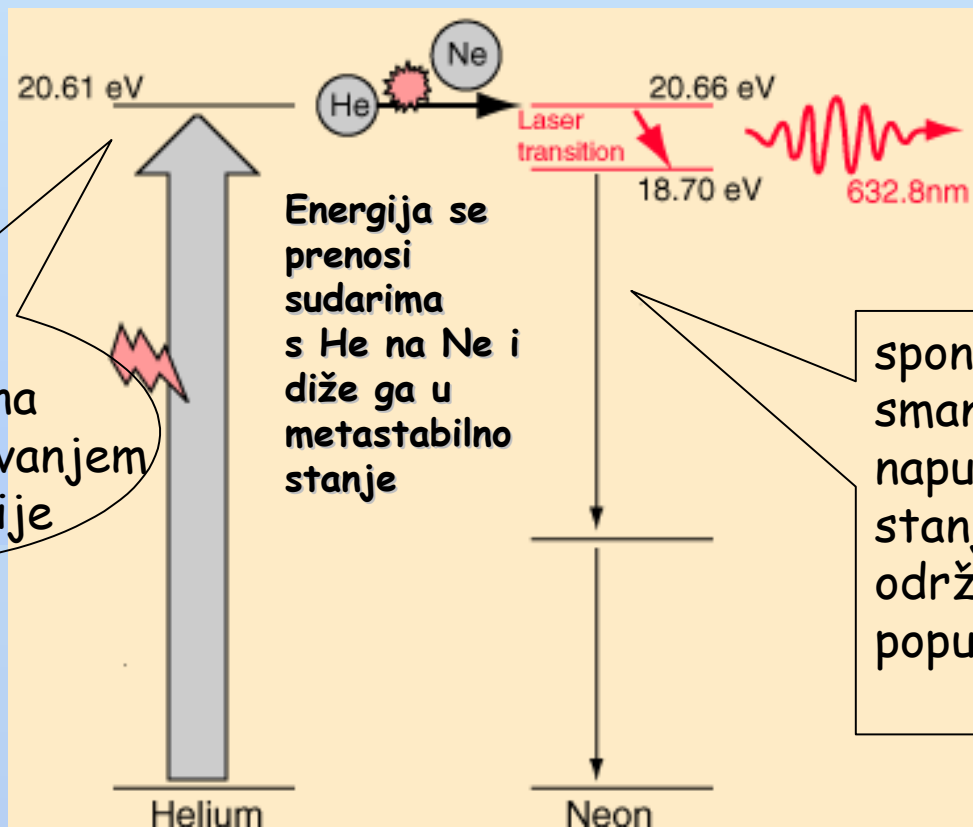
- nužno je da je u sistemu atoma ili molekula za laserski efekt postignuta inverzna populacija energijskih razina
- elektroni apsorpcijom prelaze u više stanje i ako ih je mnogo više nego li u osnovnom stanju govorimo o inverznoj populaciji
- teško postići u sistema s dva stanja, jer je vrijeme života elektrona u pobuđenom stanju 10^{-8} s, a onda se spontanom ili stimuliranom emisijom vraća u osnovno stanje
- treba pronaći sistem u kojem će se elektroni dulje zadržati u pobuđenom stanju
- primjer sistema u kojem je moguće ostvariti inverznu populaciju je helij-neon laser

Helij-Neon laser

- najčešći i najjeftini plinski laser, helij-neon laser radi u crvenom području valne duljine 632.8 nm.
- može i u zelenom području s 543.5 nm i u infracrvenom kod 1523 nm.
- razina uzbude He je 20.61 eV vrlo blizu metastabilnog Ne 20.66 eV
- sudarom atoma energija prelazi s He na Ne i uzbuđuje ga
- uobičajen u uporabi - opasan - nefokusiran snage 1 mW ima sjajnost sunca za sunčanog vedrog dana (0.1 watt/cm^2).



Helij-Neon laser

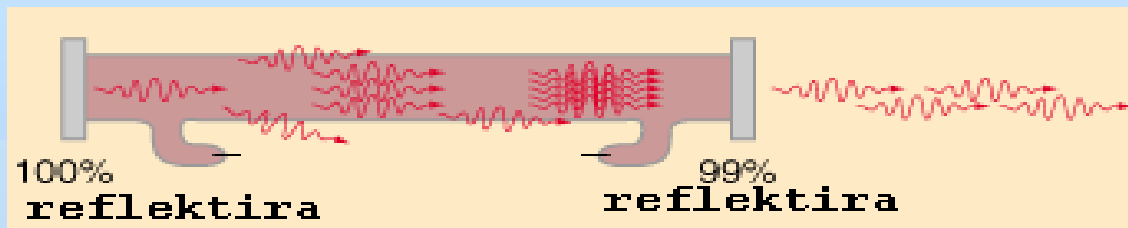


He je "pumpan" na višu razinu dodavanjem električne enrgije

Energija se prenosi sudarima s He na Ne i diže ga u metastabilno stanje

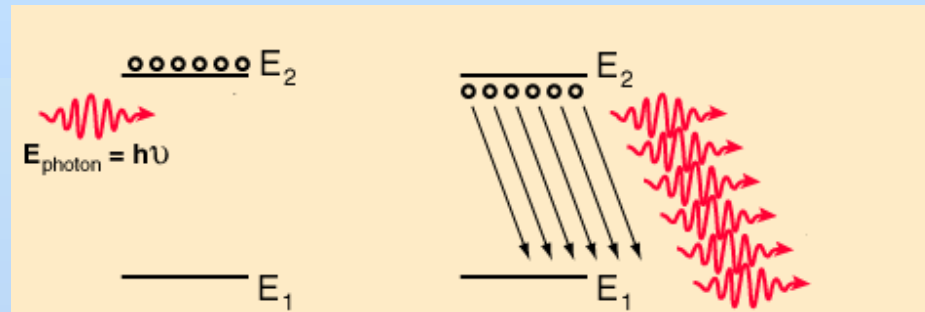
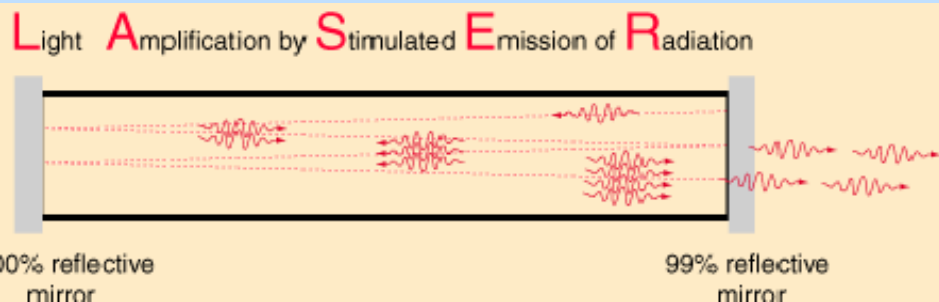
spontana emisija smanjuje napučenost nižeg stanja i tako održava inverznu populaciju

Osobine laserskog svjetla



- 1. **koherencija**. Različiti dijelovi laserskog snopa su u fazi. Taj je fazni odnos očuvan dovoljno dugo da se interferencijski efekti mogu opažati i mjeriti
- 2. **monokromatičnost**. Lasersko svjetlo ima samo jednu valnu duljinu, nastaje stimuliranom emisijom s jedne atomske razine.
- 3. **kolimiranost**. Unutar laserske šupljine fotoni se mnogo puta odbijaju napred / natrag od krajnjih ogledala. Na ogledala su skoro okomiti i kao rezultat laserski snop je uzak i vrlo se slabo širi

Koherentno svjetlo



- ❑ koherencija je posebno svojstvo laserske svjetlosti
- ❑ slijedi iz stimulirane emisije - procesa koji osigurava pojačanje
- ❑ emitirani fotoni su "u koraku"
- ❑ imaju određeni odnos faza - koherencija - odnosi se i na vremensku i na prostornu podudarnost
- ❑ svjetlo prirodnog izvora nije koherentno

Paralelno svjetlo iz lasera

- svjetlo tipičnog lasera emitirano je u ekstremno uskim snopovima i ima slabo raspršenje
- kažemo da je kolimirano
- visoki stupanj kolimiranosti - način nastanka - paralelna zrcala - prednje propušta 99% a stražnje je 100% reflektirajuće.
- ta visoka kolimiranost laserskog snopa određuje i njegovu opasnost i njegovu korisnost
- ne gledati u snop - paralelne se zrake mogu fokusirati na mikroskopski malu točku na retini - momentalno oštećenje

Monokromatsko svjetlo lasera

- dolazi od jednog atomskog prijelaza - jedna valna duljina
- nije potpuno monokromatično - Doppler efekt pokretnih atoma i molekula koje su u laseru
- mala valna duljina svjetlosti u usporedbi s dimenzijama laserske šupljine - mnogo rezonantnih modula

Osnovne osobine lasera

- Cw - stalno emitiranje
- pulsni laser

Parametri :

- valna duljina: 488 nm - 1000 nm
- trajanje pulsa: 100 ns - 10 fs
- gustoća energije: 1 Jcm^{-2} - 1000 Jm^{-2}

Vrste lasera

CO₂ laser

- ❑ cw izlaz - iznad 10 kilowata
- ❑ pulsna operacija - velike snage
- ❑ u infracrvenom području ne u vidljivom
- ❑ ekscitira električnom energijom -
- ❑ dušik je plin "pumpanja"
- ❑ CO₂ laser jako efikasan - 30% (više od obične žarulje _ 90% emisije je nevidljivo zračenje)

Argon Laser

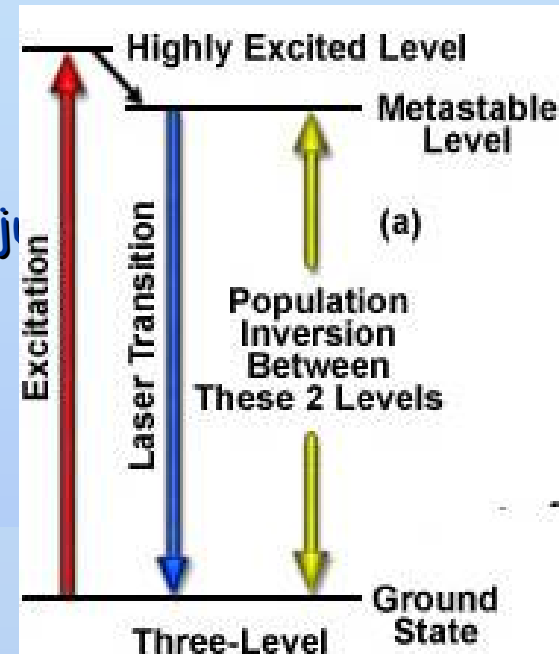
- 25 različitih valnih duljina u vidljivom između 408.9 i 686.1 nm, najbolji za zeleno 488 nm i 514.5 nm
- snaga 30 to 100 wata
- cw - izlaz 9 to 12 kW

Neodi-YAG Laser

- solid-state laser, Nd^{3+} ionom dopiran kristal itrij-aluminij-garnet (YAG) - daje trostruku geometriju - onoućuje inverznu populaciju
- veliku snagu preko kW u cw modu na 1065 nm
- u pulsnom modu proizvodi vrlo kratke pulseve s rezolucijom 1 femtosekunde

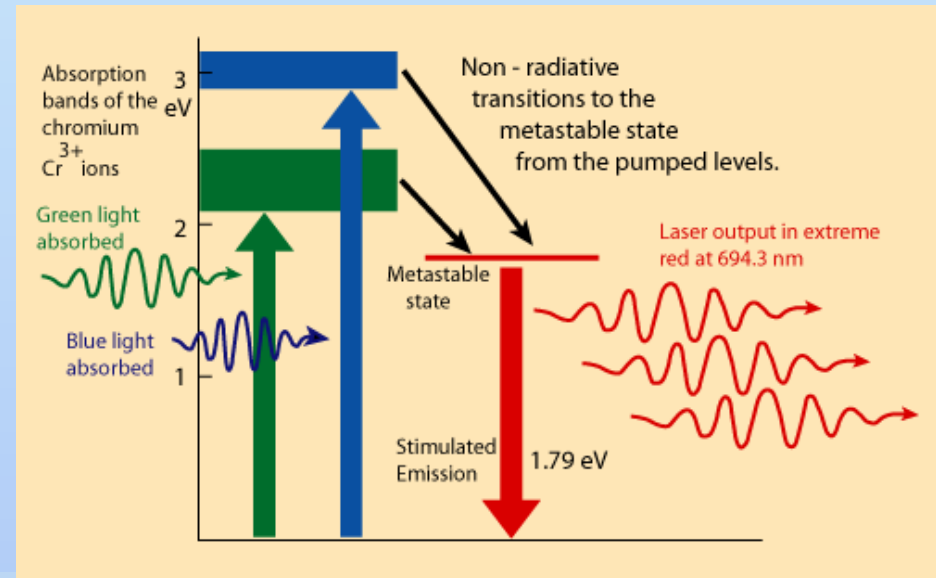
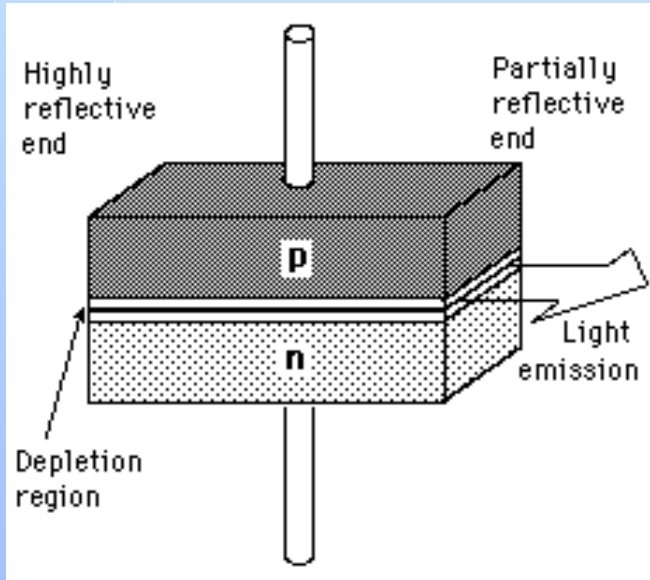
Ruby Laser

- prvi 1960g - T. H. Maiman. pulsni mod 694.3 nm.



Diodni laser

- p-n poluvodič dopirani galij s arsenom
- 5 mW 840 nm; 50 mW 760nm; 20 mW 1300 nm



Eximer Laseri

- Eximer skraćenica od "excited dimer", laserski medij je ekscitirana dvoatomna molekula
- emitiraju u ultraljubičastom području
- rijetki plinovi i halogeni u elektronima ekscitiranim plinovima. molekule kao XeF su stabilne u ekscitiranom stanju i brzo disociraju pri prijelazu u osnovno stanje. Moguće realizirati inverznu populaciju jer se osnovno stanje smanjuje zbog disocijacije
- ekscitirana stanja su kratkog života pa traže veliku brzinu pumpanja
- eximer laseri imaju pulseve velike snage u plavom i ultraljubičastom području

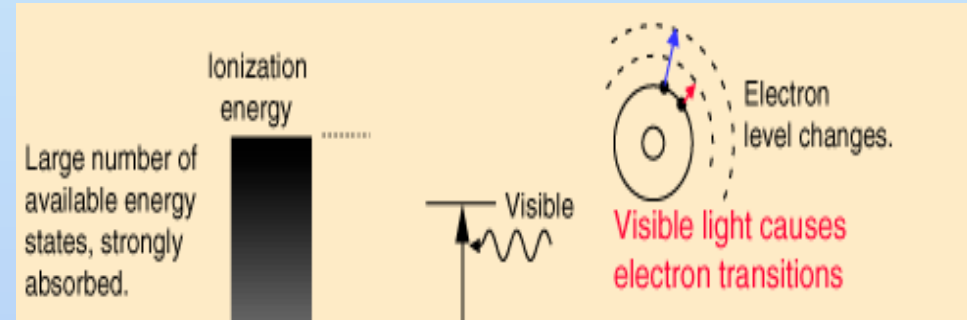
Dye Laseri

- emitira na skoro kontinuiranim valnim duljinama
- molekule organskih boja - imaju veliki broj spektralnih linija i svaka ima karakterističnu raspodjelu frekvencija - preklapanje linija omogućuje laserski efekt

Interakcija s tkivima

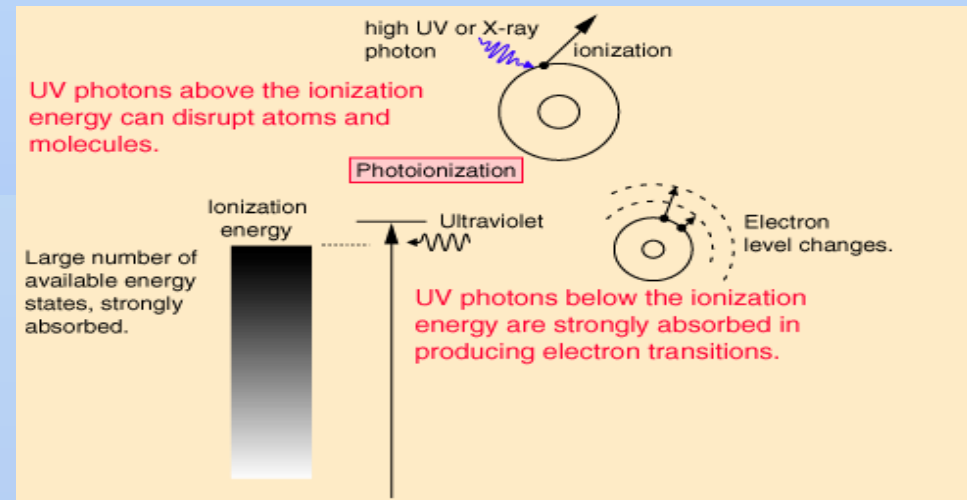
vidljivo zračenje -

- ekscitacija elektrona - jako apsorbirano - jače se apsorbira više frekvencije - manje crveno svjetlo
- izaziva grijanje - ne ionizaciju



ultraljubičasto

- jako apsorbirano u površinskom sloju kože
- veće energije - poklapa se s ionizacijskim energijama molekula - fotoionizacija



Optička svojstva tkiva

- parametri: transmitirani, reflektirani i raspršeni intenzitet
- određuju se spektroskopijski
- parametri ovise o temperaturi - nužno mjeriti simultano

