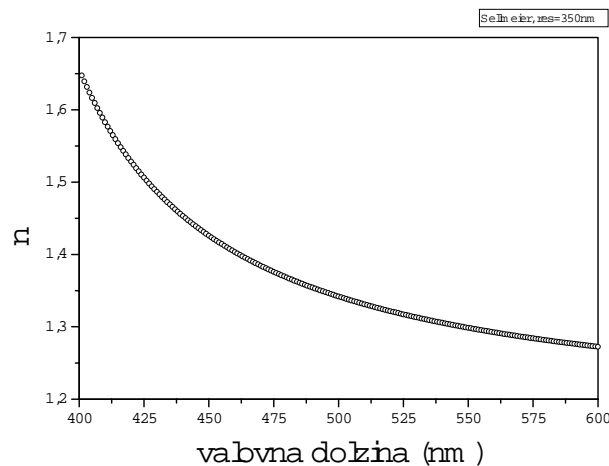


OPTOELEKTRONIKA –vaje (2002/03)

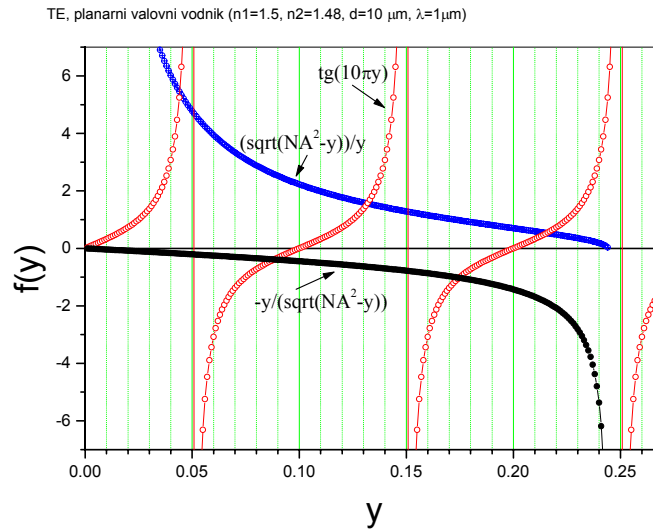
1. S pomočjo robnih pogojev za prehod EM polja na meji dveh snovi izračunaj reflektivnost in transmisivnost za TE valovanje pri prehodu skozi mejo zrak($n=1$)-steklo($n=1.5$) v odvisnosti od vpadnega kota za obe smeri prehoda. Kolikšna je reflektivnost pri pravokotnem vpadu in kolikšna pri vpadnem kotu 60° ?
2. S pomočjo robnih pogojev za prehod EM polja na meji dveh snovi izračunaj reflektivnost in transmisivnost za TM valovanje pri prehodu skozi mejo zrak($n=1$)-steklo($n=1.5$) v odvisnosti od vpadnega kota za obe smeri prehoda. Kolikšna je reflektivnost pri pravokotnem vpadu in kolikšna pri kotu 60° ? Pri katerem kotu pri prehodu iz zraka v steklo reflektivnost pade na 0 (Brewsterjev kot)?
3. Izračunaj disperzijsko odvisnost lomnega količnika $n(\omega)$ v poenostavljenem modelu dielektrične snovi, v katerem EM polje povzroča vsiljeno nihanje elektronov okoli ravnovesnega položaja z efektivno vzmetno konstanto k in koeficientom dušenja β . Izpelji tudi limito za primer šibkega dušenja $\beta \rightarrow 0$ (Sellmeierjeva formula).
4. S pomočjo Sellmeierjeve formule izračunaj razliko med fazno in grupno hitrostjo svetlobnega pulza z valovno dolžino 488 nm v snovi z absorpcijsko resonanco pri energiji 4 eV. Lomni količnik te snovi pri valovni dolžini 500 nm je 1.84.
5. Na diagramu je podana odvisnost lomnega količnika neke snovi od valovne dolžine. Določi, kolikšna je fazna in kolikšna grupna hitrost EM valovanja z valovno dolžino 500 nm, ki potuje po tej snovi.



slika k nalogi 5.

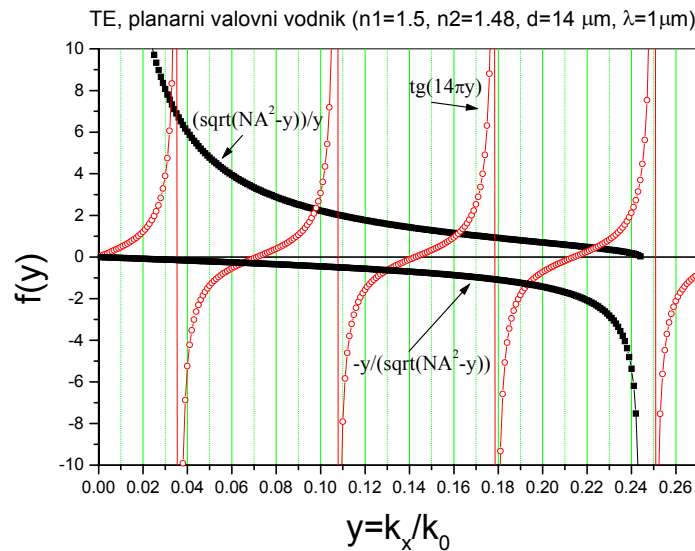
6. Poišči rešitve valovne enačbe za TE valovanje s frekvenco $3 \cdot 10^{14}$ Hz v planarnem valovnem vodniku z lomnim količnikom sredice $n_1=1.5$ in lomnim količnikom plašča $n_2=1.48$. Debelina sredice je $10 \mu\text{m}$. Oцени, pri kateri debelini sredice bi valovni vodnik iz takšnega materiala postal enorodoven?
7. Poišči rešitve valovne enačbe za TM valovanje s frekvenco $3 \cdot 10^{14}$ Hz v planarnem valovnem vodniku z lomnim količnikom sredice $n_1=1.5$ in lomnim količnikom plašča

$n_2=1.48$. Debelina sredice je $10 \mu\text{m}$. Oцени, pri kateri debelini sredice bi se po valovodu iz takega materiala širilo 20 rodov valovanja?



slika k nalogama 6 in 7.

8) Po planarnem valovnem vodniku z lomnim količnikom sredice $n_1=1.5$ in lomnim količnikom plašča $n_2=1.48$ pošljemo TE EM valovanje z valovno dolžino 800 nm . Debelina sredice je $14 \mu\text{m}$. Na kateri razdalji od meje med plaščem in sredico pade amplituda električne poljske jakosti v plašču na 0.1% z ozirom na vrednost na meji? Račun naredi za osnovni in za najvišji rod valovanja? Vrednosti za ustrezni tranzverzalni valovni vektor razberi iz slike.



slika k nalogi 8

9) Na planparalelni valovni vodnik z lomnim količnikom sredice $n_1=1.490$ in lomnim količnikom plašča $n_2=1.485$ posvetimo s svetlobo z valovno dolžino 800 nm . Določi število vzbujenih rodov v takem vlaknu, če je debelina vlakna $20 \mu\text{m}$. Najmanj kolikšen mora biti zamik med dvema zaporednima svetlobnima sunkoma, da ju na detektorju na koncu 5 km dolgega vlakna še zaznamo ločeno?

10) Svetleča dioda (LED) s spektralno širino 20 nm in centralno valovno dolžino 850 nm oddaja pulze svetlobe v optični valovni vodnik z lomnim količnikom sredice $n_1=1.5$ in lomnim količnikom plašča $n_2=1.48$. Materialna disperzija v tem območju je okoli 300 ps/km·nm, valovodna disperzija pa -50 ps/km·nm.

a) Največ koliko bitov na sekundo lahko prenašamo po 2 km dolgem večrodovnem vlaknu?

b) Določi največjo možno debelino valovnega vodnika, da bo vlakno enorodovno za TE polarizacijo?

c) Največ koliko bitov na sekundo lahko prenašamo po takem 2 km dolgem enorodovnem vlaknu?

11) Amplituda električnega polja v sunku svetlobe z valovno dolžino $\lambda_0=1.3$ μm se spreminja po zvezi $E(t)=E_0e^{-|t|/\tau}$; $\tau=10$ ns. Kolikšna je spektralna širina (FWHM) intenzitete tega pulza na frekvenčni skali in kolikšna na skali valovnih dolžin? Enak račun ponovi še za Gaussovo obliko sunka: $E(t)=E_0e^{-(t^2)/\tau}$; $\tau=10$ ns.

12) V določenem spektralnem območju lahko materialno disperzijo nekega optičnega vlakna opišemo z zvezo: $n(\lambda)=2-\lambda+0.15\lambda^2+0.5\ln(\lambda-0.5)-\lambda\ln((\lambda-0.5)/\lambda)$ za vrednosti λ v μm . Določi točko ničelne materialne disperzije. Kolikšna je pri tej valovni dolžini razširitev sunka s spektralno širino 10 nm na 1 km dolgem odseku enorodovnega vlakna? Valovodno disperzijo lahko zanemarimo.

13) Optični vodnik je sestavljen iz 10 km dolgega odseka z atenuacijskim koeficientom 0.5 dB/km, ki se nadaljuje v 3 km dolg odsek z atenuacijskim koeficientom 0.8 dB/km in nato spet v 10 km dolg odsek z atenuacijskim koeficientom 0.5 dB/km. Na stikih so izgube 0.2 dB/spoj. V vodnik pošljemo svetlobni snop z močjo 300 mW. Kolikšna je moč izstopnega signala? Največ kolikšna bi bila lahko dolžina tretjega odseka vodnika, če je prag za detekcijo signala pri valovni dolžini 550 nm 10 fotonov/s.

14) Kompleksna dielektričnost nekega materiala pri valovni dolžini 1.5 μm je podana z zvezo $\varepsilon=2.5-0.015i$. Določi fazno hitrost in atenuacijski koeficient pri potovanju ravnega valovanja po tej snovi.

15) Oцени atenuacijski koeficient A za svetlobo z valovno dolžino 1.5 μm zaradi Rayleighovega sipanja na termičnih fluktuacijah v kvarčnem steklu. Jakost električnega polja pojema po zvezi $E=E_0(\exp(-\alpha_R z))$; $\alpha_R=[8\pi^3(n^2-1)kT_i\chi_T]/[3\lambda]$; pri čemer je lomni količnik $n\sim 1.5$, temperatura tališča $T_f\sim 1000$ K in stisljivost $\chi_T\sim 5\cdot 10^{-11}$ m²/N.

16) Oцени atenuacijski koeficient za TE valovanje, ki vpade pod kotom 14.3° glede na normalo vstopne ploskve planparalelnega valovnega vodnika z lomnim količnikom sredice $n_1=1.5$ in lomnim količnikom plašča $n_2=1.48$. Debelina sredice je 100 μm .

17) V snovi, ki jo osvetlimo z močnim svetlobnim snopom, zaradi nelinearnih optičnih pojavov tretjega reda pride do samofokusacije snopa. Oцени efektivno goriščno razdaljo 2 cm debele steklene plošče, ki jo v pravokotni smeri osvetlimo s svetlobnim snopom z Gaussovim prečnim profilom $I(r)=I_0\exp(-r^2/w^2)$, kjer je $I_0=10^{10}$ W/cm² in $w=1$ mm. Valovna dolžina svetlobe je 550 nm, nelinearni lomni količnik kvarčnega stekla pri tej valovni dolžini pa je $n_2=3.2\cdot 10^{-16}$ cm²/W.

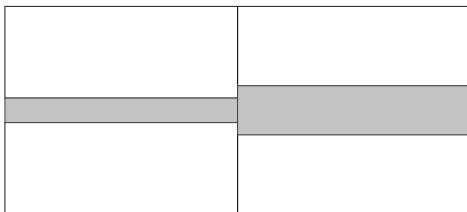
18) Cilindrični valovni vodnik ima sredico iz materiala z lomnim količnikom $n_1=1.5$ in plašč iz materiala z lomnim količnikom $n_2=1.495$.

- Določi mejno valovno dolžino, za katero bo vlakno s polmerom sredice $4 \mu\text{m}$ še enorodovno.
- Kolikšen je efektivni premer polja v takem vlaknu?
- Koliko rodov se bo pri valovni dolžini $1.5 \mu\text{m}$ širilo po podobnem vlaknu s polmerom sredice $25 \mu\text{m}$?
- Kolikšna je največja frekvenca pulzov, ki jih pri valovni dolžini $1.5 \mu\text{m}$ lahko pošiljamo po 500 m dolgem odseku omenjenega večrodovnega vlakna.

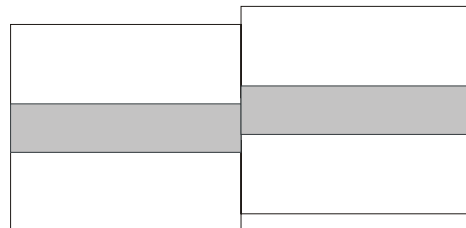
19) Svetlobo iz velike sveteče diode s svetlostjo $B_0=125 \text{ W/cm}^2$ strad usmerimo na čelno ploskev optičnega vlakna s polmerom sredice $25 \mu\text{m}$. Lomni količnik sredice je 1.5 , lomni količnik plašča pa 1.49 . Kolikšna je gostota svetlobnega toka, ki potuje naprej po vlaknu?

20) Svetlost laserske diode z dimenzijami $5 \times 10 \mu\text{m}$ in z močjo 10 mW opisuje zveza $B(\theta, \varphi) = B_0 \cos^3 \theta$. Svetlobo iz diode usmerimo na čelno ploskev optičnega vlakna s polmerom sredice $30 \mu\text{m}$ in numerično aperturo 0.12 . Kolikšen svetlobni tok potuje naprej po vlaknu?

21) Enorodovno cilindrično optično vlakno z efektivnim premerom polja $8 \mu\text{m}$ čelno sklopimo z drugim enorodovnim cilindričnim vlaknom z efektivnim premerom polja $10 \mu\text{m}$. Vlakni sta narejeni iz istih materialov. Kolikšen je atenuacijski koeficient takega spoja?

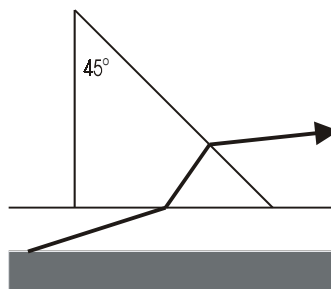


Slika k nalogi 21



Slika k nalogi 22

23) Signal iz planparalelnega valovnega vodnika speljemo na detektor s pomočjo prizme iz visokolomnega stekla z lomnim količnikom 1.73 . Prizmo pritismo na sredico valovoda, ki ima lomni količnik 1.6 in debelino $2 \mu\text{m}$, lomni količnik podlage pa je 1.53 (glej sliko). Pod kolišnim kotom glede na horizontalo dobimo izhodne žarke za TE polarizacijo? V valovod uvajamo svetlobo iz HeNe laserja pri valovni dolžini 632.8 nm , po njem pa potujejo trije TE rodovi z valovnimi vektorji $\beta_1=15.826 \mu\text{m}^{-1}$ $\beta_2=15.651 \mu\text{m}^{-1}$ in $\beta_3=15.369 \mu\text{m}^{-1}$.



Slika k nalogi 23

24) V CD enoti usmerimo svetlobo iz laserske diode (z valovno dolžino 750 nm) na bralno glavo preko večrodovnega planparalelnega valovnega vodnika iz polimernega materiala z lomnim količnikom 1.55, ki je nanešen na substrat z lomnim količnikom 1.5. Dioda in valovod sta sklopljena z uklonsko mrežico. Kolikšna je minimalna perioda te mrežice, če laserski žarek na valovod vpada pod kotom 60° .

25) Z Michelsonovim interferometrom posnamemo interferogram enobarvne svetlobe iz Hg svetike. Najmočnejša spektralna črta pri valovni dolžini 436 nm je Gaussove oblike s spektralno širino $(\Delta\nu/c)_{\text{FWHM}}=2 \text{ cm}^{-1}$. Izračunaj intenziteto izhodne svetlobe v odvisnosti od premika ogledala iz ekvidistančne lege. Kolikšna je koherenčna dolžina izsevane svetlobe?

26) Optični resonator He-Ne laserja, ki deluje pri valovni dolžini 633 nm, ima dolžino 80 cm. Resonančna črta ustreznega prehoda v atomu Ne ima pri sobni temperaturi spektralno širino $(\Delta\nu)=1.7 \cdot 10^9 \text{ Hz}$. Koliko longitudinalnih resonatorskih nihanj je znotraj območja resonančne črte.

27) Koliko fotonov z energijo na intervalu $E = 0.25 \text{ eV} \pm 0.01 \text{ eV}$ je v 1 m^3 votline s termičnim sevanjem pri temperaturi 640 K?

28) Plin dvonivojskih atomov z rezonačno frekvenco $h\nu_0 = 0.25 \text{ eV}$ se nahaja v votlini s temperaturo 640 K in je v termičnem ravnovesju s sevanjem. Poišči ravnovesne rešitve zasedbenih enačb za oba atomska nivoja in z njihovo pomočjo izrazi zveze med Eisteinovimi koeficienti B_{12} , B_{21} in A_{21} . Kolikšno je razmerje med številom stimuliranih in številom spontanih prehodov iz vzbujenega v osnovno stanje na časovno enoto? Kolikšno bi bilo to razmerje, če bi bila temperatura votline 10 x višja?

29) Preprosta metoda za merjenje moči laserskega snopa deluje tako, da svetlobo usmerimo v črno votlino in nato izmerimo ustrezní porast temperature votline?

Privzemimo, da ima votlina obliko stožca in je izdelana iz bakra.

a) Najmanj koliko odbojev je potrebnih, da se absorbira 99% moči argonskega laserja pri valovni dolžini 514 nm? Reflektivnost bakra pri tej valovni dolžini je 62%.

b) Kolikšna je sprememba temperature merilnika zaradi absorpcije laserskega snopa z energijo 1 J? Naprava ima maso 40 g, specifična toplota bakra pa je 390 J/kgK.

29) Emisijski spekter snovi, ki jo uporabljamo za ojačevalno sredstvo v nekem laserju, je Gaussove oblike z osrednjo valovno dolžino $1.5 \mu\text{m}$ in spektralno širino 10 THz.

Življenski čas vzbujenega stanja je 150 ns.

a) Izračunaj Eisteinove koeficiente.

b) Izračunaj presek za stimulirano emisijo in absorpcijo.

c) Pri kolikšni obrnjeni zasedenosti se bo intenziteta šibkega signala z valovno dolžino $1.5 \mu\text{m}$ po prehodu 1 cm dolgega odseka te snovi podvojila?

d) Gostota atomov je $5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Kolikšna je prepustnost 1 cm dolgega odseka snovi za šibke signale, če sistema ne črpamo.

e) Pri kateri gostoti svetlobnega toka bo prišlo do saturacije absorpcije?

30) Najmanj kolikšno invertirano zasedenost moramo doseči, da bo Nd-YAG laser začel svetiti. Kolikšna bo izhodna moč pri 20x večji invertirani zasedenosti. Dolžina resonatorja je 1 m, dolžina laserskega kristala 10 cm, izhodno ogledalo ima reflektivnost 98%, notranje izgube resonatorja pa so 0.02 m^{-1} . Presek za st. emisijo in absorpcijo je $6.5 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2$. Laser

deluje pri valovni dolžini 1064 nm, spektralna širina ustreznega atomskega prehoda v Nd pa je $(\Delta\nu/c) = 6 \text{ cm}^{-1}$. Izhodni laserski snop ima presek 2 mm^2 .

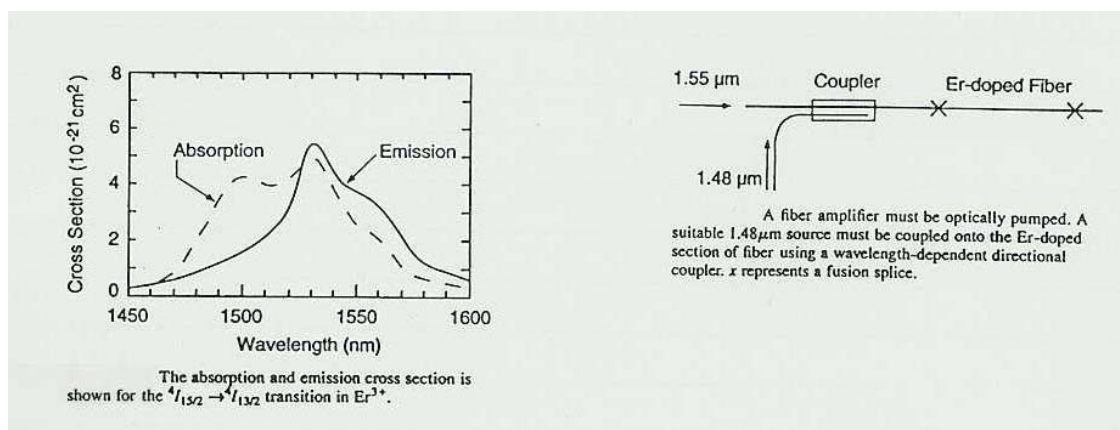
31) Podatek o notranjih izgubah v laserskem resonatorju dobimo tako, da izmerimo prag za delovanje laserskega sistema pri dveh različnih reflektivnostih izhodnega ogledala. V Nd:YAG laserju, ki ga črpamo s ksenonsko svetilko, začne pri izhodnem ogledalu z reflektivnostjo 80% laser delovati pri črpalni moči 50 W, pri izhodnem ogledalu z reflektivnostjo 90% pa pri črpalni moči 30 W. Kolikšne so notranje izgube v resonatorju? Kolikšna je gostota svetlobnega toka v izhodnem laserskem snopu pri ogledalu z reflektivnostjo 90% pri črpalni moči 50 W? Laser deluje pri valovni dolžini 1064 nm, spektralna širina ustreznega atomskega prehoda v Nd pa je $(\Delta\nu/c) = 6 \text{ cm}^{-1}$.

32) V nekem CO₂ laserju je koeficient ojačenja na prelet resonatorja pri majhnih močeh 15%, notranje izgube pa so 3%. V primeru, da je eno zrcalo neprepustno, prepustnost drugega zrcala pa je 8%, je intenziteta izhodne svetlobe 10^5 W/m^2 . Nato zamenjamo izhodno ogledalo. Kolikšna naj bo prepustnost novega ogledala, če želimo da bo nova izhodna moč laserja enaka dvakratni prvotni moči?

33) Za ojačevanje optičnih signalov pri valovni dolžini $1.55 \mu\text{m}$ vgradimo v optično vlakno 60 cm dolg odsek dopiran z Er³⁺ ioni pri koncentraciji $10^{18} \text{ ionov/cm}^3$. Obrnjeno zasedenost v tem odseku dosežemo z optičnim črpanjem pri valovni dolžini, ki je krajša od valovne dolžine signala. Ker presek za stimulirano emisijo pri krajših valovnih dolžinah ni zanemarljiv, črpanje sredstva zmanjšuje zasedenost stanja, ki ga želimo vzbujati.

- Kolikšno največjo koncentracijo vzbujenih Er³⁺ ionov lahko dosežemo pri stacionarnem črpanju z valovno dolžino $1.48 \mu\text{m}$?
- Največ koliko decibelov znaša faktor ojačenja dopiranega odseka vlakna za signalno valovno dolžino $1.55 \mu\text{m}$?

Ostale podatke poišči v diagramu!



Slika k nalogi 33

34) Sestaviti želimo laser s simetričnim resonatorjem dolžine 1 m, ki bo oddajal svetlobo z valovno dolžino $1.064 \mu\text{m}$. Določi krivinski radij zrcal, če naj na razdalji 2 m od resonatorja radij snopa ne presega 2 mm . Nato na razdaljo 2 m od izhodnega zrcala postavimo lečo z goriščno razdaljo 50 mm . Določi položaj in polmer grla snopa za lečo!

35) Kolikšna je minimalna širina grla na katero lahko z lečo goriščne razdalje f in polmera b ($b < f$) stisnemo osnovni Gaussov snop? Kot omejitev upoštevaj zahtevo, da efektivni polmer snopa na leči ne sme presegati polmera leče. Skiciraj obliko snopa v obeh limitnih primerih.

36) Z zbiralno lečo, ki jo postavimo v razdalji 1.5 m za grlom Gaussovega snopa z polmerom 1 mm in valovno dolžino 532 nm, želimo zbrati snop na vzorcu v razdalji 40 cm za lečo. Kolikšna mora biti goriščna razdalja leče? Kolikšen je polmer grla na vzorcu? Skiciraj potek snopa za obe rešitvi.

37) Kolikšna sta dolžina posameznih sunkov svetlobe in časovni razmik med sunki, ki nastanejo kot posledica uklepanja faz laserskih nihanj za sledeča primera laserjev:

a) He-Ne laser, $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, $\Delta\nu = 1.5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$, $L_{\text{reson.}} = 0.5 \text{ m}$,

b) Barvilni laser (Rh6G): $\lambda = 570\text{-}640 \text{ nm}$, $L_{\text{reson.}} = 2 \text{ m}$.

38) Titan-Safirni laser z 1.6 m dolgim resonatorjem deluje v režimu uklepanja faz pri centralni valovni dolžini 800 nm. Izhodni sunki imajo dolžino $\tau_{\text{ML}} = 100 \text{ fs}$, povprečna moč izhodnega laserskega snopa (izmerjena na skali nekaj s) pa je 0.5 W. Koliko lastnih nihanj resonatorja prispeva k izhodnemu optičnemu polju? Kolikšna je energija posameznega sunka? Oцени, kolikšna je vršna moč v posameznem sunku?

39) Oцени, kolikšno moč mora imeti kontinuirani snop iz CO₂ laserja, da lahko z njim naredimo »rez« v 10 μm debeli aluminijasti foliji. Tališče aluminija je pri 659°C, vrelišče pa pri 2300°C, toplotna prevodnost aluminija je 209 W/mK. Polmer laserskega snopa na foliji je 0.1 mm, reflektivnost aluminija pri valovni dolžini 10.6 μm je 99%. Privzemi, da toplota iz osvetljenega mesta odteka v glavnem v radialni smeri in da se temperatura kovine zniža na temperaturo okolice (20°C) v razdalji 1 cm od središča reza.

40) Najmanj kolikšen svetlobni tok $P_{0,\text{min}}$ mora oddajati ksenonska svetilka s katero kontinuirano črpamo Nd:YAG paličko, da bo laser z naslednjimi parametri začel svetiti: valovna dolžina laserske svetlobe je 1064 nm, dolžina optičnega resonatorja je 1 m, dolžina laserskega kristala je 10 cm, polmer laserskega žarka v kristalu je 1 mm, presek za stimulirano sevanje in absorpcijo je $6.5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2$, reflektivnost izhodnega ogledala je 90%, notranje izgube v resonatorju pa so 5%. Življenski čas zgornjega nivoja laserskega prehoda je 0.55 ms. Upoštevaj, da k vzbujanju ustreznih stanj Nd³⁺ prispeva le okoli 1% izhodnega svetlobnega toka iz svetilke. Kolikšno moč bo imel svetlobni snop, ki izhaja iz laserja pri črpanju z $10P_{0,\text{min}}$. Spektralna širina laserskega prehoda je 6 cm^{-1} . Kolikšno je pri tem ojačenju razmerje med črpalnim in laserskim svetlobnim tokom?

41) V Nd:YAG laserju s parametri kot so podani v nalogi 40) ob močno povečanih izgubah ustvarimo invertirano zasedenost $\Delta N \approx N_2 = 10^{17} / \text{cm}^3$. Oцени, kolikšna je energija izhodnega sunka, ki nastane po preklopu dobrote resonatorja. Kolikšna je približna dolžina trajanja sunka.

42) Izhodno zrcalo Nd:YAG laserja ima reflektivnost 90%. Laser, ki ga črpamo s ksenonsko svetilko, začne delovati pri črpalnem toku 10 A ($\gamma \propto I$). Pri toku 30 A je izhodna moč laserja 10 W. Zamenjamo izhodno zrcalo, tako da je nova reflektivnost 80%. Kolikšne so notranje izgube resonatorja, če ostane po zamenjavi izhodna moč laserja pri črpalnem toku 30 A nespremenjena?

43) Za neko lasersko diodo so podani naslednji parametri: $I_{\text{pr}} = 100 \text{ mA}$, $\alpha = 25 / \text{cm}$, $L = 0.4 \text{ mm}$, $S = 1 \text{ mm}^2$, $n = 3.4$ in $j_s = 25 \text{ mW/mm}^2$. Namesto ogledal služita kar ravno odrezani stranici ojačevalnega sredstva. Kolikšna je izhodna moč snopa, ki izhaja skozi posamezno stranico pri črpalnem toku 200 mA? Da povečamo izhodno moč, prevlečemo nasprotno stranico s snovjo, ki poveča reflektivnost na 99%. Kolikšna je nova izhodna moč laserja pri črpalnem toku 200 mA?

44) Kocko iz optično enoosnega dvolomnega kristala z lomnima količnikoma $n_e=1.6$ in $n_o=1.5$ postavimo med prekržana polarizatorja. Optična os leži v ravnini pravokotni na smer razširjanja svetlobe skozi vzorec, vpadna polarizacija pa z njo oklepa kot 45° . Izračunaj delež prepuščene svetlobe z valovno dolžino 900 nm v odvisnosti od dolžine kristala.

45) Iz GaAs odrežemo kocko z robom 1 cm po kristalografskih oseh in nanjo priključimo napetost 5 kV vzdolž kristalografske osi Z. Na kristal pošljemo optično valovanje z valovno dolžino 900 nm, ki se širi skozi kristal v smeri osi Z in je polarizirano v smeri kristalografske osi X? Kolikšna je eliptičnost polarizacije izhodne svetlobe? Pri kateri napetosti bi bila izhodna svetloba linearno polarizirana vzdolž Y osi? Ostali podatki: pri $\lambda=900$ nm je koeficient linearnega elektrooptičnega pojava $r = 1.1 \cdot 10^{-12}$ m/V, lomni količnik pa je $n=3.6$.

46) Iz GaAs odrežemo kocko z robom 1 cm po kristalografskih oseh in nanjo priključimo napetost vzdolž kristalografske osi Z. Na kristal pošljemo optično valovanje z valovno dolžino 900 nm, ki se širi skozi kristal v smeri osi Z in je polarizirano pod kotom 45° glede na kristalografske osi X in Y? Pri kateri napetosti na kristalu bo optično valovanje na svoji poti skozi kristal pridobilo dodatni fazni zamik za 90° ? Kolikšen je frekvenčni premik izhodnega valovanja, če napetost na kristalu linearno znižamo iz 5 kV na 0 V v času 10 ms. Ostali podatki: pri $\lambda=900$ nm je koeficient linearnega elektrooptičnega pojava $r = 1.1 \cdot 10^{-12}$ m/V, lomni količnik pa je $n=3.6$.

47) Ravno elektromagnetno valovanje z valovno dolžino 1.5 μm pada v pravokotni smeri na Fabry-Perotov etalon, ki ga sestavljata zrcali s prepustnostjo 70% v medsebojni razdalji 0.15 mm. Za koliko % glede na začetni razmik moramo spremeniti razdaljo med zrcaloma, da se bo intenziteta prepuščene svetlobe zmanjšala za 50%.

48) V akustooptičnem modulatorju iz visokolomnega kremenovega stekla ustvarimo stojno zvočno valovanje s frekvenco 50 MHz. Nanj pošljemo laserski snop z valovno dolžino 632.8 nm. Kolikšen je uklonski kot pri Braggovem pogoju? Najmanj kolikšen mora biti polmer grla vpadnega snopa, da bomo uklonjeni in prepuščeni žarek še lahko ločili med sabo? Hitrost zvoka v steklu je 3100 m/s.

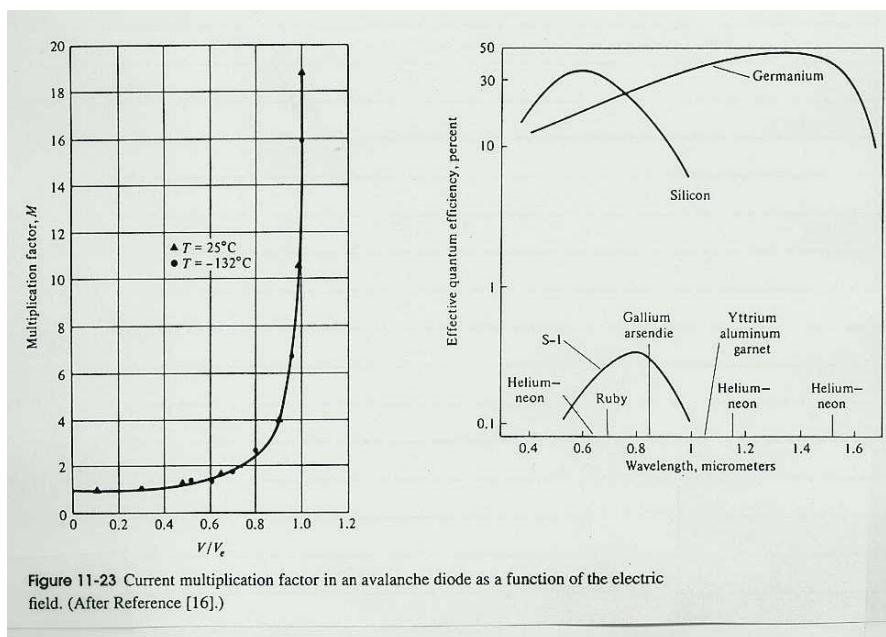
49) V vakuumski fotodiodi je katoda iz rubidija z izstopnim delom 2.16 eV. Določi največjo valovno dolžino svetlobe, ki jo tak detektor še lahko zaznava. Med katodo in anodo, ki sta v medsebojni razdalji 1 cm, priključimo napetost 1250 V. Najmanj koliko časa preteče med absorpcijo fotona z valovno dolžino 400 nm in trkom izbitega elektrona na anodo?

50) Fotopomnoževalko s katodo iz materiala S-1, katerega kvantni izkoristek v odvisnosti od valovne dolžine kaže slika pri nalogi 53, povežemo z merilnim upornikom z upornostjo 50 Ω in nanjo posvetimo z optičnim snopom valovne dožine 800 nm in moči 150 nW. Faktor ojačenja fotopomnoževalke je $5 \cdot 10^5$. Kolikšna je napetost na uporniku?

51) Na fotoprevodni upornik dolžine 5 mm iz Ga pada kontinuirani snop svetlobe z valovno dolžino 400 nm. Upornik je priključen na napetost 2 kV. Kolikšna je občutljivost takega detektorja (v A/W)? Ostali podatki: Kvantni izkoristek v Ga je 10%, gibljivost elektronov je 0.38 m^2/Vs , življenski čas elektronov pa 1.5 μs . Intrinzično prevodnost upornika in prispevek vrzeli k prevajanju lahko zanemarimo.

52) Na fotodiodo pada svetloba z valovno dolžino 400 nm in močjo 0.5 W. Kvantni izkoristek fotodiode pri tej valovni dolžini je 15%. Kolikšen tok teče skozi diodo pri napetosti 1 V v zaporni oz. v prepustni smeri? Kolikšen tok pa dobimo pri istih napetostih, če dioda ni osvetljena? Zaporni tok diode je $2 \cdot 10^{-18}$ A.

53) Snop svetlobe z valovno dolžino 900 nm in močjo 200 mW pada na plazovno diodo iz germanija. Pri zaporni napetosti 1 kV teče skozi diodo tok 175 mA. Kolikšni električni tok teče skozi diodo, če napetost zmanjšamo za 10%? Podatke za kvantni izkoristek germanija in faktor ojačenja omenjene diode poišči na priloženi sliki!



Slika k nalogi 53

54) Svetlobni snop z močjo 2 mW in valovno dolžino 900 nm razcepimo v dve veji optičnega vlakna iz kremenovega stekla. Dolžina posamične veje je 5 cm. Kolikšen je relativna sprememba faze valovanja, če se temperatura vlakna v enem kraku zviša za 0.1 K? Nato vlakni spet združimo skupaj v eno vejo. Kolikšna spremembo moči svetlobnega snopa zaznamo na detektorju? Kolikšna pa bi bila ta sprememba, če bi bil v enem izmed krakov vgrajen še fazni modulator, ki bi fazo ustreznega žarka zakasnil za 90° ? Temperaturni koeficient dolžinskega raztezka kremenovega stekla je $5 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, lomni količnik pa se spreminja po enačbi $n = n_0 + 0.68 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \Delta T$, pri čemer je $n_0 = 1.5$.

55) Optično vlakno 1000 krat ovijemo okoli diska s polmerom 12 cm in disk pritrdimo na mehanizem minutnega kazalca stenske ure. Po vlaknu potuje svetloba z valovno dolžino 850 nm. Kolikšen je fazni zamik valovanja zaradi vrtenja diska?

Irena Drevenšek Olenik
12.5.2003