

VAJE-Elektrooptika 2002/2003

- 1) Pokaži, da je Fraunhoferjeva uklonska slika reže, katere prepustnost se v radialni smeri spreminja kot Gaussova funkcija $t(x',y')=exp(-(x'+y')^2/w_0^2)$, podana z Gaussovo funkcijo oblike $E(x,y,z)\propto exp(-(x+y)^2/w(z)^2)$. Določi funkcijsko odvisnost $w(z)$. Kakšna pa je uklonska slika v bližnjem polju (Fresnelova uklonska teorija)?
- 2) Kolikšna je minimalna širina grla na katero lahko z lečo goriščne razdalje f in polmera b ($b < f$) stisnemo osnovni laserski snop? Kot omejitev upoštevaj zahtevo, da efektivni polmer snopa na leči ne sme presegati polmera leče. Skiciraj obliko snopa v obeh limitnih primerih.
- 3) Laserski snop pošljemo na teleskop z goriščnima razdaljama leč f_1 in f_2 . V kolikšni razdalji od grla vpadnega snopa moramo postaviti teleskop, da bo izstopni snop imel maksimalni možni polmer grla. Kolikšno je razmerje med polmeroma grla izhodnega in vstopnega snopa? Kot omejitev upoštevaj zahtevo, da efektivni polmer snopa na izhodni leči ne sme presegati polmera leče.
- 4) Z zbiralno lečo, ki jo postavimo v razdalji l za grlom Gaussovega snopa z polmerom w_0 in valovno dolžino λ , želimo zbrati snop na vzorcu v razdalji L za lečo. Kolikšna mora biti goriščna razdalja leče? Pokaži, da pri danem l in L lahko obstajata do dve rešitvi. Skiciraj ustrezni potek snopa pri prehodu čez lečo.
- 5) Osnovni Gaussov snop s polmerom grla 1 mm in valovno dolžino 532 nm, želimo zbrati na vzorcu, ki je postavljen v razdalji 1.6 m za grlom snopa. Kam moramo postaviti lečo z goriščno razdaljo 30 cm? Kolikšen bo polmer grla na vzorcu? Za kolikšno razdaljo moramo premakniti lečo, če okoli vzorca nalijemo glicerina z lomnim količnikom 1.49. Kiveta z glicerinom je dolga 12 cm, vzorec pa se nahaja v sredini kivete.
- 6) Kolikšen mora biti krivinski radij zrcal v simetričnem optičnem resonatorju dolžine 50 cm, da bo grlo ustreznega Gaussovega snopa pri valovni dolžini 514.5 nm imelo polmer 0.5 mm? Kolikokrat manjša bi bila širina grla snopa v konfokalnem resonatorju iste dolžine. Kolikšna pa bi bila širina grla snopa, če bi eno od zrcal zamenjali z ravnim zrcalom?
- 7) Optični resonator je sestavljen iz dveh enakih zrcal s krivinskim radijem R postavljenih na medsebojni razdalji L ter iz tanke zbiralne leče z goriščno razdaljo f , ki je nameščena v sredini resonatorja. Določi pogoj za stabilnost takega resonatorja?
- 8) Pokaži, da za Gaussove snope višjih redov efektivni polmer snopa narašča sorazmerno s korenem iz števila prečnih vozlov. Namig: pri zapisu prečne odvisnosti polja upoštevaj le vodilni člen Hermitovih polinomov: $H_n(\xi) \sim \xi^n$ in poišči na kateri razdalji od središča snopa ima polje maksimalno amplitudo.
- 9) Laserski resonator dolžine 1 m sestavljata ravno zrcalo z reflektivnostjo 100% in delno prepustno sferično zrcalo s krivinskim radijem 300 m. Kolikšen je pri valovni dolžini 633 nm efektivni polmer Gaussovega snopa TEM₀₀ na ravnem zrcalu? Najmanj kolikšna mora biti reflektivnost tega zrcala, da bodo rezonačne frekvence za različne rede Gaussovih snopov med seboj še dobro ločene ($\delta\omega_{FWHM} < \Delta\omega$). Notranje izgube na prelet resonatorja so 5%.

- 10) V Argonskem laserju z optičnim resonatorjem dolžine 1.5 m želimo doseči lasersko delovanje za eno samo longitudinalno lasersko nihanje pri valovni dolžini okoli 514.5 nm. V ta namen v resonator postavimo Fabry-Perotov etalon, katerega planparalelni zrcali sta medsebojno oddaljeni za 3 cm. Etalon je nagnjen pod kotom 30° glede na os laserskega resonatorja. Najmanj kolikšna mora biti reflektivnost zrcal v etalonu, da bo energija sosednjih longitudinalnih laserskih nihanj 5 krat nižja od energije izbranega nihanja?
- 11) Izračunaj obliko atomske spektralne črte $g(\omega)$ zaradi Dopplerjeve razširitve v plinu neona pri rezonačni valovni dolžini 632.8 nm (3S \rightarrow 2p) in temperaturi 300 K. Pri kateri temperaturi bi bila širina Dopplerjevo razširjene črte $\Delta\nu_D$ (FWHM) enaka naravni širini te črte, to je $\Delta\nu_H \approx 10^7$ Hz.
- 12) Izračunaj absorpcijski koeficient μ_0 za monokromatsko EM valovanje s frekvenco $3 \cdot 10^{14}$ Hz, ki sovpada z maksimumom Dopplerjevo razširjene absorpcijske črte širine $(\Delta\nu_D/c)_{FWHM} = 400 \text{ cm}^{-1}$ v plinu z gostoto $3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Življenski čas ustreznega vzbujenega atomskega stanja je 10^{-4} s. Pri kolikšni gostoti vpadnega svetlobnega toka bomo prešli v režim saturirane absorpcije? Pri kateri temperaturi (razmerju mc^2/kT) bo v tem svetlobnem toku število stimuliranih prehodov iz vzbujenega v osnovno stanje enako številu spontanih prehodov v osnovno stanje?
- 13) Poišči neravnovesne rešitve zasedbenih enačb in pokaži, da v dvonivojskem atomskem sistemu s poljubno močnim optičnim črpanjem ni mogoče doseči obrnjene zasedenosti stanj?
- 14) Z uporabo prvega reda teorije motenj izračunaj verjetnost za prehod atoma iz vzbujenega v osnovno stanje zaradi električne dipolne interakcije. Na osnovi dobljenega rezultata pokaži, da sta verjetnosti za izsevanje fotona v izbrano EM nihanje s procesom stimulirane in s procesom spontane emisije v razmerju $n : 1$, pri čemer je n začetno število fotonov v tem nihanju.

ponovitev kvantizacije EMP:

$$H = \frac{1}{2} \sum_{\alpha} (\hat{p}_{\alpha}^2 + \omega_{\alpha}^2 \hat{q}_{\alpha}^2)$$

$$\hat{E}(\vec{r}, t) = -\frac{1}{\sqrt{V\epsilon_0}} \sum_{\alpha} \hat{p}_{\alpha}(t) E_{\alpha}(\vec{r}), \quad \hat{B}(\vec{r}, t) = -\frac{\sqrt{\mu_0}}{\sqrt{V}} \sum_{\alpha} \omega_{\alpha} \hat{q}_{\alpha}(t) B_{\alpha}(\vec{r}),$$

$$\hat{p}_{\alpha} = d\hat{q}_{\alpha} / dt, \quad \omega_{\alpha}^2 \hat{q}_{\alpha}(t) = -d\hat{p}_{\alpha} / dt, \quad [\hat{q}_{\alpha}, \hat{p}_{\alpha}] = ih / 2\pi$$

15) V nekem laserskem sistemu so podani naslednji parametri: dolžina optičnega resonatorja L , dolžina ojačevalnega sredstva L' , koeficient ojačenja pri majhnih močeh G in notranje izgube resonatorja na dolžinsko enoto α . Laser deluje pri valovni dolžini λ , spektralna širina ustreznega atomskega prehoda pa je $\Delta\nu$. Eno od resonatorskih ogledal ima reflektivnost 100%. Kolikšna naj bo reflektivnost drugega ogledala, da bo pri navedenih parametrih izhodni snop iz laserja imel maksimalno možno moč. Kolikšna je ustrezna gostota izhodnega svetlobnega toka?

16) 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 500 W, pri izhodnem ogledalu z reflektivnostjo 90% pa pri črpalni moči 400 W. Resonator ima dolžino 60 cm. Kolikšne so notranje izgube na enoto dolžine resonatorja? Kolikšna je gostota svetlobnega toka izhodnega laserskega snopa pri ogledalu z reflektivnostjo 90% pri črpalni moči 500 W? Laser deluje pri valovni dolžini 1064 nm, spektralna širina ustreznega atomskega prehoda v Nd^{3+} pa je $(\Delta\nu/c) = 6 \text{ cm}^{-1}$.

17) Enofrekvenčni He-Ne laser z izhodno močjo 1 mW deluje pri valovni dolžini 632.8 nm. Frekvenčna širina Dopplerjevo razširjene laserske črte je $\Delta\nu_D = 1.2 \cdot 10^9 \text{ Hz}$, spektralna širina izhodne svetlobe pa je $\Delta\nu_D/10$. Izhodno zrcalo ima 99% reflektivnost, premer izhodnega žarka pa je 1 mm. Izračunaj razmerje med številom stimuliranih in številom spontanih atomskih prehodov iz vzbujenega v osnovno stanje laserskega prehoda na časovno enoto? Privzemi, da je elektromagnetno polje znotraj preseka žarka homogeno. Kolikšno temperaturo ima črno telo, ki na omenjenem spektralnem intervalu oddaja svetlobni tok ekvivalenten opisanemu laserju? Kolikšno je razmerje svetilnosti obeh izvorov na tem spektralnem intervalu?

18) V Ar laserju s pomočjo Fabry-Perotovega etalona dosežemo, da sveti eno samo longitudinalno resonatorsko nihanje. V najugodnejšem primeru začne laser delovati pri črpalnem toku 20 A. Največ kolikšna smejo biti temperaturna nihanja interferometra, da pri črpalnem toku 40 A izhodna moč iz laserja ne fluktuirajo za več kot 2%? Laserski resonator ima dolžino 1.5 m, notranje izgube so 5%, izhodno ogledalo pa ima reflektivnost 95%. Etalon ima zrcali z reflektivnostjo 80% v medsebojni razdalji 3 cm in je nagnjen pod kotom 15° glede na os laserskega resonatorja. Nosilno ogrodje etalona je iz materiala s temperaturnim koeficientom dolžinskega raztezka $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

19) Resonator He-Ne laserja ima dolžino 30 cm, cev s plinom dolžino 25 cm, reflektivnost izhodnega ogledala je 98%, notranje izgube resonatorja pa so 5%. Življenjski čas vzbujenega stanja atoma Ne pri resonančni valovni dolžini 632.8 nm je $1.7 \cdot 10^{-7} \text{ s}$. Kolikšna sta koeficient dušenja in frekvenca relaksacijskih oscilacij pri ojačenju, ki ustreza 3 kratni vrednosti praga. Najmanj kolikšen bi moral biti koeficient ojačenja G , da v omenjenem laserju ne bi prihajalo do relaksacijskih oscilacij?

20) Snop svetlobe z valovno dolžino 1064 nm, ki izhaja iz sunkovnega Nd:YAG laserja, ojačimo tako, da ga po izhodu iz resonatorja pošljemo skozi Nd:YAG kristal z visoko stopnjo obrnjene zasedenosti. Dolžina kristala je 10 cm, premer laserskega žarka v kristalu je 2 mm, invertirana zasedenost ustreznih stanj Nd^{3+} znaša $\Delta N = 10^{17} / \text{cm}^3$, presek za stimulirano sevanje in absorpcijo pa je $6.5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2$. Najmanj kolikšna mora biti energija vpadnega sunka, da se obrnjena zasedenost po prehodu sunka povsod na njegovi poti zmanjša pod 10% začetne vrednosti. Kolikšen je maksimalni možni prirastek energije sunka po prehodu ojačevalnika?

21) Nd:YAG laser ima resonator z dolžino 30 cm, volumen svetlobnega snopa v laserskem kristalu pa je 1 cm^3 . Laser deluje v režimu preklapljanja dobrote resonatorja pri valovni dolžini 1064 nm. Izhodno zrcalo ima 50% reflektivnost, notranje izgube resonatorja pa so 5%. Presek za stimulirano sevanje in absorpcijo v Nd:YAG je $6.5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2$. Pri povečanih izgubah v resonatorju s črpalnim mehanizmom ustvarimo obrnjeno zasedenost, ki ustreza trikratni vrednosti praga. Kolikšna je energija izhodnega svetlobnega sunka, ki nastane po preklopu dobrote resonatorja. Kolikšna je maksimalna moč v sunku? Kolikšna je približna dolžina sunka?

22) 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 10⁵ W/m². Nato zamenjamo izhodno ogledalo. Kolikšna naj bo prepustnost novega ogledala, če želimo da bo nova izhodna moč laserja enaka dvakratni prvotni moči?

23) Resonator Nd:YAG laserja, ki deluje v režimu preklapljanja dobrote resonatorja pri valovni dolžini 1064 nm, ima dolžino 30 cm. Presek za stimulirano sevanje in absorpcijo v Nd:YAG je 6.5·10⁻¹⁹ cm². Pri povečanih izgubah v resonatorju s črpalnim mehanizmom ustvarimo obrnjeno zasedenost $\Delta N \approx N_{20} = 7.5 \cdot 10^{16} / \text{cm}^3$. Kolikšna naj bo reflektivnost izhodnega ogledala, da bo izhodni sunek imel maksimalno možno vršno moč? Notranje izgube v resonatorju zanemarimo.

24) Izračunaj obliko in dolžino trajanja svetlobnih sunkov, ki nastanejo kot superpozicija fazno uklenjenih lastnih nihanj v resonatorju dolžine 1.5 m. Resonančna črta v optičnem ojačevalnem sredstvu $g(\omega)$ ima Gaussovo obliko s širino $\Delta \omega_{\text{FWHM}} = 6 \text{ cm}^{-1}$. Pri računu upoštevaj temu ustrezno porazdelitev amplitude električnega polja različnih lastnih nihanj. Kako se rezultat spremeni, če upoštevamo še, da se zaradi disperzije v optičnem ojačevalnem sredstvu faza lastnih nihanj na ustreznem frekvenčnem intervalu dodatno spreminja kot $\delta(\omega) = a\omega + b\omega^2$, pri čemer je $a = 2 \cdot 10^{-12} \text{ s}$, $b = 5 \cdot 10^{-24} \text{ s}^2$.

25) Oцени minimalno električno moč, ki je potrebna za napajanje ksenonove (Xe) svetilke s katero želimo kontinuirano črpati Nd:YAG laser z naslednjimi parametri: dolžina resonatorja je 20 cm, dolžina laserske paličke je 5 cm, reflektivnost izhodnega ogledala je 90%, notranje izgube resonatorja pa so 5%. Presek za stimulirano sevanje in absorpcijo v Nd:YAG je 6.5·10⁻¹⁹ cm², življenski čas zgornjega nivoja laserskega prehoda pa je 0.55 ms. Upoštevaj, da k črpanju prispeva v glavnem svetloba, ki ima približno dvakrat krajšo valovno dolžino od valovne dolžine laserskega sevanja. Ta svetloba predstavlja le okoli 1 % celotnega svetlobnega toka Xe svetilke. Upoštevaj še, da Xe svetilka pretvori v svetlobo približno polovico električne moči.

26) Iz kristala KH₂PO₄ (KDP) (kristalografski razred $\bar{4}2m$) odrežemo kocko po kristalografskih oseh in jo postavimo med dva prekržana polarizatorja. Kolikšna je prepustnost tako dobljenega modulatorja, če nanj priključimo napetost 5 kV vzdolž kristalografske osi Z in se optično valovanje z valovno dolžino 632.8 nm širi skozi kristal v smeri osi Z in je polarizirano v smeri kristalografske osi X? Ostali podatki: pri $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ je $r_{52} = r_{41} = 8 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$, $r_{63} = 11 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$, $n_o = 1.5074$, $n_e = 1.4669$. Kolikšna je prepustnost modulatorja pri isti napetosti, če med polarizator in kristal postavimo še $\lambda/4$ ploščico, katere lastne smeri so vzporedne s kristalografskimi osmi KDP?

27) Iz kristala KDP (kristalografski razred $\bar{4}2m$) odrežemo kvader z robom 0.2×1×0.2 cm po oseh [1,1,0], [1,-1,0] in Z ter nanjo priključimo napetost 5 kV vzdolž kristalografske osi Z. Kolikšen je ustrezeni fazni zamik za optično valovanje z valovno dolžino 632.8 nm, ki se širi skozi kristal v smeri osi [1,-1,0] in je polarizirano v smeri [1,1,0]? Ostali podatki: pri $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ je $r_{52} = r_{41} = 8 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$, $r_{63} = 11 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$, $n_o = 1.5074$, $n_e = 1.4669$. Kolikšen je frekvenčni premik izhodnega valovanja, če napetost na kristalu linearno znižamo iz 5 kV na 0 V v času 10 ms?

28) Iz kristala KDP (kristalografski razred $\bar{4}2m$) odrežemo kvader z robom 0.2×1×0.2 cm po oseh [1,1,0], [1,-1,0] in Z ter nanj priključimo sinusno napetost s frekvenco 10 MHz vzdolž

kristalografske osi Z. Kolikšna mora biti amplituda priključene napetosti, da v izhodni svetlobi centralna spektralna komponenta povsem izgine? Kolikšna pa mora biti amplituda napetosti, da je intenziteta svetlobe v prvem stranskem spektralnem pasu maksimalna. Ostali podatki: pri $\lambda=632.8$ nm je $r_{52}=r_{41}=8\cdot 10^{-12}$ m/V, $r_{63}=11\cdot 10^{-12}$ m/V; $n_o=1.5074$, $n_e=1.4669$. (Funkcija $J_0(x)$ ima prvo ničlo pri $x=2.4$, funkcija $J_1(x)$ pa prvi maksimum $x=1.85$).

29) Elektrooptični fazni modulator iz kristala KDP (kristalografski razred $\bar{4}2m$) ima obliko kvadra s stranicami $0.5\times 1\times 0.2$ cm odrezanimi po oseh $[1,1,0]$, $[1,-1,0]$ in Z. Nanj priključimo sinusno napetost vzdolž kristalografske osi Z. Napetostni izvor ima notranjo upornost 0.1 k Ω . Napravo bi radi uporabljali za modulacijo na frekvenčnem območju 90-100 MHz. Kolikšno induktivnost mora imeti tuljava in kolikšno upornost upornik, ki ju vezemo vzporedno z modulatorjem, da padec napetosti na modulatorju na izbranem frekvenčnem območju nikoli ne bo manjši od 90% gonilne napetosti izvora. Kolikšna električna moč se troši na modulacijskem vezju pri napetosti, ki ustreza faznemu zamiku $\lambda/2$? Ostali podatki: dielektrična konstanta KDP pri sobni temperaturi in frekvenci 100 MHz je 18.5, elektrooptični tenzor pri $\lambda=632.8$ nm ima naslednje komponente: $r_{52}=r_{41}=8\cdot 10^{-12}$ m/V, $r_{63}=11\cdot 10^{-12}$ m/V; lomni količniki KDP pri tej valovni dolžini pa so: $n_o=1.5074$, $n_e=1.4669$.

30) Pokaži, da Dopplerjev premik frekvence EM valovanja pri prehodu čez akustooptični modulator ob izpolnjenem Braggovem pogoju ustreza večkratniku frekvence zvočnega valovanja. Kakšna je razlika med primeroma, ko modulator deluje na osnovi potujočega oz. stojnega zvočnega valovanja?

31) Ravno elektromagnetno valovanje z valovno dolžino 632.8 nm pada na akustooptični modulator iz svinčevega molibdata ($PbMo_4$) debeline 1 cm, po katerem se širi potujoče zvočno valovanje z gostoto energijskega toka 10^4 W/m² in frekvenco 50 MHz. Kolikšna je amplituda modulacije lomnega količnika materiala zaradi zvočnega valovanja. Kolikšen sta uklonski kot in uklonski izkoristek (*razmerje med intenziteto uklonjenega in intenziteto vpadnega valovanja*) pri Braggovem odboju? Ostali podatki za $PbMo_4$: gostota materiala je 6950 kg/m³, hitrost zvoka je 3750 m/s, lomni količnik je $n=2.3$, elastooptični koeficient p pa 0.28.

32) Uklon svetlobe na akustooptičnem modulatorju iz visokolomnega kremenovega stekla bi radi uporabili za spektralno analizo zvočnega valovanja na območju 80-120 MHz. Pri tem uporabimo optični snop z valovno dolžino 514 nm in premerom 0.5 cm. Največ koliko akustičnih spektralnih kanalov lahko ločimo? Hitrost zvoka je v steklu je 3100 m/s.

33) Snop svetlobe z valovno dolžino 10.6 μ m pošljemo v kristal telurja (simetrija točkovne grupe 32), enkrat v smeri vzdolž katere je izpolnjen pogoj za ujemanje faz I. tipa, drugič pa v smeri vzdolž katere je izpolnjen pogoj za ujemanje faz II. tipa. Polarizacijo vpadne svetlobe obakrat izberemo tako, da je pretvorba energije v frekvenčno podvojeno valovanje največja možna. Lomni količniki za Te so: $n_o(10.6 \mu\text{m}) = 4.796$, $n_e(10.6 \mu\text{m}) = 6.246$, $n_o(5.3 \mu\text{m}) = 4.864$, $n_e(5.3 \mu\text{m}) = 6.316$; tenzor nelinearne optične susceptibilnosti drugega reda pa ima od nič različne naslednje komponente: $-\chi_{xxx} = \chi_{xyy} = \chi_{yyx} = \chi_{yyx} = -5.8\cdot 10^{-9}$ m/V. Kolikšno je razmerje med intenziteto frekvenčno podvojene svetlobe, ki se generira na isti dolžini poti v kristalu v prvem oz. v drugem primeru?

34) EM valovanje z valovno dolžino $\lambda = 1064$ nm in gostoto svetlobnega toka 10^{12} W/m² pošljemo nskozi kristal KDP v smeri, v kateri je izpolnjen pogoj za ujemanje faz prvega reda. Ustrezna efektivna nelinearna optična susceptibilnost kristala je $\chi_{ef} = 0.37\cdot 10^{-12}$ m/V,

lomni količnik pa $n_o(1.064 \mu\text{m}) = 1.496$. Kolikšna mora biti dolžina kristala, če želimo, da se pri prehodu žarka 50% energijskega toka pretvori v frekvenčno podvojeno valovanje?

35) Na kocko iz LiNbO_3 z robom 1 cm pošljemo črpalni sunek svetlobe z valovno dolžino 532 nm in vršno gostoto svetlobnega toka $5 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$. Oцени faktor ojačenja za parametrično ojačevanje signalnega snopa z valovno dolžino 1.5 μm ? Ostali podatki so: $\chi_{\text{ef}} \sim 5 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$, $n \sim 2.5$.

36) V 100 μm široko grlo osnovnega Gaussovega snopa svetlobe z valovno dolžino 632.8 nm in močjo 20 mW postavimo 50 μm debelo plast nematičnega tekočega kristala z nelinearnim lomnim količnikom $n_2 = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{V}^2$. Lomni količnik tekočega kristala je 1.52. Oцени, kolikšna je goriščna razdalja leče, ki bi imela na opisani snop enaki učinek kot ustrezna samofokusacija snopa v tekočem kristalu.

37) Poišči rešitve valovne enačbe za TM valovanje s frekvenco $3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ v planarnem valovnem vodniku z lomnim količnikom sredice $n_1 = 1.5$ in lomnim količnikom plašča $n_2 = 1.48$. Debelina sredice je 10 μm . Pri kateri debelini sredice bi valovod postal enorodoven? Pri kateri debelini sredice pa bi se po valovodu iz takega materiala širilo 20 rodov valovanja?

38) 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 μm . Na kateri razdalji od meje med plaščem in sredico pade amplituda električne poljske jakosti v plašču na 0.1% vrednosti, ki jo ima meji? Kolikšen delež celotnega energijskega toka valovanja se širi po plašču? Račun naredi za osnovni in za najvišji rod valovanja?

39) V določenem spektralnem območju materialno disperzijo nekega enorodovnega 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 vlakna? (Valovodno disperzijo lahko zanemarimo)

40) Sredica 2 m dolgega večrodovnega planparalelnega valovnega vodnika ima debelino 1.6 μm in je narejena iz materiala z lomnim količnikom 2.02, plašč pa ima lomni količnik 1.49. V valovod uvajamo 10 ns dolg sunek svetlobe z valovno dolžino 1.064 μm . Kolikšna je dolžina sunka na izhodu valovoda? (Materialno disperzijo lahko zanemarimo)

V Ljubljani, 28.5.2003

Irena Drevensek Olenik