

1. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 14.03.2013

1. Ko sta oddajnik in sprejemnik brezhibno prilagojena, da obstaja na izgubni prenosni poti samo napredujoči val, je slabljenje vrvične zveze v logaritemskih enotah dB (decibelih) povezano z dolžino zveze d na naslednji način (α je konstanta):

- (A) $\alpha \cdot \exp(d)$ (B) $\alpha \cdot d^{-2}$ (C) $\alpha \cdot d$ (D) $\alpha \cdot \ln(d)$

2. Če podvojimo pasovno širino terminalne opreme B [Hz] in ostanejo vsi ostali podatki zveze nespremenjeni (moč oddajnika, slabljenje prenosne poti, spektralna gostota šuma sprejemnika), se zmogljivost zveze C [bit/s] poveča:

- (A) manj kot 2-krat (B) točno 2-krat (C) točno 4-krat (D) ne spremeni

3. Koaksialni kabel ima žilo s premerom $2r_1=1.5\text{mm}$ in oklop z notranjim premerom $2r_2=5\text{mm}$. Dielektrik je polietilen z $\epsilon_r=2.3$. Mejna frekvenca pojava višjih rodov v takšnem koaksialnem kablu znaša približno:

- (A) 29.4GHz (B) 19.4GHz (C) 14.7GHz (D) 9.7GHz

4. Fizikalne lastnosti steklenih vlaken in tehnološke omejitve terminalne opreme določajo uporabna telekomunikacijska okna valovnih dolžin. III okno pomeni naslednjo valovno dolžino (v praznem prostoru):

- (A) 850nm (B) 1310nm (C) 1490nm (D) 1550nm

5. V praznem prostoru izmerimo velikost magnetne poljske jakosti $|\vec{H}|=1\mu\text{A}_{\text{eff}}/\text{m}$. V primeru enega samega potujočega vala (žarek valovanja) znaša velikost pripadajoče električne poljske jakosti $|\vec{E}|$:

- (A) $6.28\mu\text{A}_{\text{eff}}/\text{m}$ (B) $6.28\text{mV}_{\text{eff}}/\text{m}$ (C) $1\text{mV}_{\text{eff}}/\text{m}$ (D) $377\mu\text{V}_{\text{eff}}/\text{m}$

6. Lomni količnik čiste vode je frekvenčno odvisen in znaša za rumeno ($\lambda=589\text{nm}$) vidno svetlobo $n=1.333$. Relativna dielektrična konstanta čiste vode (ϵ_r) znaša za valovanje iste frekvence:

- (A) 1.155 (B) 1.333 (C) 1.777 (D) 2.666

7. Laserski žarek moči $P_v=1\text{mW}$ vpada iz praznega prostora pod pravim kotom ($\theta_v=0$) na ravno ploskvico diamanta z lomnim količnikom $n=2.42$. Moč odbitega žarka s ploskvice znaša P_o :

- (A) $644\mu\text{W}$ (B) $172\mu\text{W}$ (C) 1mW (D) $415\mu\text{W}$

8. Svetloba vpada iz praznega prostora (zrak $n \approx 1$) na steklo z lomnim količnikom $n=1.5$. Pri katerem vpadnem kotu $\theta_v=?$ (Brewster) vsebuje odbiti žarek samo TE komponento, odboj TM polariziranega valovanja pa popolnoma izgine?

- (A) 56.3° (B) 45.0° (C) 33.7° (D) 0.0°

9. Žarek v gostejši snovi (večji n) usmerimo proti ravni meji z redkejšo snovjo (manjši n). Vpadni kot žarka θ_v na mejno ploskev izberemo tako, da pride do popolnega odboja svetlobe. Za odbojnost Γ tedaj velja:

- (A) $\Gamma < 0$ (B) $|\Gamma|=1$ (C) $\Gamma > 0$ (D) $\Gamma=0$

10. Kolikšen naj bo lomni količnik antirefleksnega sloja $n_a=?$, ki ga nanese na površino čipa fotodiode, da bo učinkovitost fotodiode največja? Lomni količnik polprevodnika znaša $n_p=3.7$, nad fotodiodo je zrak ($n_z \approx 1$).

- (A) 1.92 (B) 2.35 (C) 2.70 (D) 1.39

11. Pri popolnem odboju valovanja na (ravni) meji dveh različnih snovi velja za valovni vektor \vec{k} v redkejši snovi (snov z nižjim lomnim količnikom n) naslednja lastnost:

- (A) realen (B) imaginaren (C) kompleksen (D) enak nič

12. Svetloba izstopa iz pravilno odrezanega konca optičnega vlakna. Na oddaljenosti $d=10\text{cm}$ osvetli krog premera $2r=5\text{cm}$ na zaslonu. Kolikšna je numerična apertura $NA=?$ uporabljenega vlakna, če privzamemo lomni količnik zraka $n_z \approx 1$?

- (A) 0.07 (B) 0.12 (C) 0.16 (D) 0.24

Priimek in ime:

Elektronski naslov:

2. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 04.04.2013

1. Mnogorodovno svetlobno vlakno s stopničastim lomnim likom ima lomni količnik jedra $n_1=1.47$ in lomni količnik obloge $n_2=1.46$. Kolikšna je časovna razlika $\Delta t=?$ med prihodom najpočasnejšega in najhitrejšega rodu, če premer jedra omogoča veliko rodov? ($l=1\text{km}$)

- (A) 33.6 μs (B) 4.9 μs (C) 33.6ns (D) 4.9ns

2. Koliko različnih TEM in TMm rodov $N=?$ se lahko širi v planarnem valovodu, ki ga tvori ravna steklena ploščica z $n_1=1.5$. Na obeh straneh ploščice je zrak z $n_2\approx 1$. Pri izbrani debelini ploščice znaša normirana frekvenca svetlobe $v=1000$.

- (A) 2 (B) 159 (C) 318 (D) 636

3. Glavna pomanjkljivost enorodovnega steklenega svetlobnega vlakna, ki ima numerično aperturo $NA=0.03$ in standardiziran zunanje premer $2r=125\mu\text{m}$, je:

- (A) krivinsko slabljenje (B) težavno spajanje (C) zelo majhno jedro (D) težavna izdelava

4. Enorodovno telekomunikacijsko svetlobno vlakno ima mejno valovno dolžino pojava višjih rodov $\lambda=1.25\mu\text{m}$ (v praznem prostoru). Kolikšna je normirana frekvenca $V=?$ rdeče svetlobe HeNe laserja $f=474\text{THz}$ v takšnem vlaknu? ($c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$)

- (A) 2.405 (B) 4.75 (C) 9.5 (D) 2405

5. Če višamo frekvenco valovanja f in pri tem vzbuja en sam, vedno isti rod valovanja v dielektričnem valovodu, se vpadni kot θ na mejo dielektrikov spreminja na naslednji način:

- (A) $\theta \rightarrow \pi/2$ (B) $\theta \rightarrow \theta_n$ (C) $\theta = \text{konst.}$ (D) $\theta \rightarrow 0$

6. Osnovni rod v dielektričnem valovodu krožnega prereza (svetlobno vlakno) sicer nima spodnje frekvenčne meje, vendar je zaradi tuneliranja in pripadajočih izgub na krivinah vlakno praktično uporabno do naslednje normirane frekvence V :

- (A) 0.1 (B) 0.18 (C) 1.0 (D) 1.8

7. Enorodovno vlakno ima koeficient polarizacijske rodovne razpršitve (PMD) $D=2\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$. Pri kateri dolžini vlakna $l=?$ doseže razlika zakasnitev za dve različni polarizaciji svetlobnega signala vrednost $\Delta t=14\text{ps}$?

- (A) 7km (B) 14km (C) 49km (D) 98km

8. V področju valovnih dolžin vidne svetlobe je pglavitni izvor izgub v svetlobnem vlaknu na osnovi kremenovega stekla (SiO_2):

- (A) UV rezonance SiO_2 stekla (B) Rayleigh-ovo sipanje (C) IR rezonance SiO_2 stekla (D) rezonance nečistoč

9. Razpoložljiva tehnologija nam omogoča izdelavo preforma dolžine $l=2\text{m}$ z zunanjim premerom $2r=50\text{mm}$. Kolikšno dolžino standardnega ($125\mu\text{m}$) svetlobnega vlakna $l'=?$ lahko potegnemo iz takšnega surovca, če NE uporabimo tehnologije rod-in-tube?

- (A) 320km (B) 40km (C) 8km (D) 800m

10. Primarno akrilatno zaščito (običajno dvoslojno) oziroma silikonsko zaščito nanesemo na stekleno svetlobno vlakno z naslednjim namenom:

- (A) povečamo natezno trdnost (B) preprečimo razpoke stekla (C) obarvamo žile kabla (D) nanesemo tesno zaščito

11. Ohlapna (loose) sekundarna zaščita svetlobnih vlaken omogoča oziroma izboljšuje naslednjo lastnost optičnega kabla:

- (A) majhen krivinski polmer (B) preprosto spajanje kabla (C) najnižje izgube mikrokrivin (D) visoko natezno trdnost

12. V navodilih proizvajalca piše, da je terminalna naprava za analogni optični prenos opremljena z vlakenskimi priključki SC-APC. Na napravo lahko spojimo priključno vrvico, ki ima vtikač naslednje barve:

- (A) rdeča (B) rumena (C) modra (D) zelena

Priimek in ime:

Elektronski naslov:

3. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 25.04.2013

1. Tehnologija "rod-in-tube" vlečenja vlakna iz preforma ima v primerjavi z običajnim vlečenjem vlakna naslednjo prednost:

- (A) nižje slabljenje
(B) večja dolžina vlečenega vlakna
(C) nižja barvna razpršitev D
(D) nižji PMD (dvolomnost)

2. Dobro izveden in pravilno zaščiten zvar med dvema popolnoma enakima enorodovnimi vlaknoma G.652 (istega proizvajalca) vnaša v optično zvezo naslednje dodatno vstavitevno slabljenje a ? [dB]:

- (A) 10dB
(B) 1dB
(C) 0.1dB
(D) 0.01dB

3. Svetlobno vlakno vnaša vstavitevno slabljenje $a=2.5$ dB/km pri valovni dolžini $\lambda=850$ nm. Kolikšno je vstavitevno slabljenje a' ? [dB/km] istega vlakna pri valovni dolžini $\lambda'=980$ nm, če je poglavitni vzrok slabljenja Rayleigh-ovo sipanje v steklu?

- (A) 4.42 dB/km
(B) 1.88 dB/km
(C) 1.42 dB/km
(D) 0.80 dB/km

4. Skupinska zakasnitev t_g običajnega enorodovnega telekomunikacijskega vlakna G.652 je odvisna od frekvence. Najnižjo vrednost t_g dosežemo pri naslednji frekvenci f ? svetlobnega nosilca ($c_0=3 \cdot 10^8$ m/s):

- (A) 230 THz
(B) 194 THz
(C) 474 THz
(D) 300 THz

5. Računalničarji hočejo Ethernet z zmogljivostjo $C=100$ Gbit/s ter preprostim oddajnikom z zunanjim modulatorjem in dvonivojsko modulacijo (vklop/izklop). Kolikšen bo domet d ? zveze po enorodovnem vlaknu z $D=17$ ps/nm.km pri $\lambda=1550$ nm? ($c_0=3 \cdot 10^8$ m/s)

- (A) 0.73 km
(B) 7.3 km
(C) 23 km
(D) 73 km

6. Zveza dolžine $l=64$ km uporablja kabel z NZDSF vlaknom, ki ima koeficient barvne razpršitve $D=5$ ps/nm.km. Barvno razpršitev odstranimo s kolutom DCF vlakna, ki ima barvno razpršitev $D'=-80$ ps/nm.km. Kolikšno dolžino DCF vlakna l' ? potrebujemo?

- (A) 2 km
(B) 4 km
(C) 8 km
(D) 16 km

7. Običajno enorodovno vlakno G.652 ima pri valovni dolžini $\lambda=1550$ nm efektivno površino jedra A_{eff} , ki določa gostoto svetlobne moči S in električno poljsko jakost E v steklu, v velikostnem razredu:

- (A) $4.5 \mu\text{m}^2$
(B) $30 \mu\text{m}^2$
(C) $70 \mu\text{m}^2$
(D) $150 \mu\text{m}^2$

8. Brillouin-ovo sipanje svetlobe je nelinearen pojav, ki je v zmogljivih številskih zvezah po enorodovnem vlaknu na osnovi kremenovega stekla (SiO_2) nepomemben, ker:

- (A) se svetloba siplje nazaj
(B) ima visoko pragovno moč
(C) spreminja frekvenco
(D) je izredno ozkopasovno

9. Lastna fazna modulacija v enorodovnem svetlobnem vlaknu znaša $\Delta\phi=0.5$ rd. Kolikšna bo lastna fazna modulacija svetlobnega signala $\Delta\phi'$?, če električno poljsko jakost E v jedru vlakna podvojimo? ($n_2=3.2 \cdot 10^{-20}$ m²/W)

- (A) 0.25 rd
(B) 0.5 rd
(C) 1 rd
(D) 2 rd

10. Fabry-Perot-ov polprevodniški laser za osrednjo valovno dolžino $\lambda=1310$ nm ima širino spektra $\Delta\lambda=10$ nm. Kolikšna je njegova vzdolžna koherentna dolžina d ? Laser niha na enem samem prečnem rodu. ($c_0=3 \cdot 10^8$ m/s)

- (A) 10 nm
(B) 1.75 THz
(C) $172 \mu\text{m}$
(D) ∞

11. Svetlobno zvezo gradimo z vlakni $50/125 \mu\text{m}$, ki jim zaradi toleranc proizvodnje numerična apertura niha med $NA_{min}=0.18$ in $NA_{max}=0.22$. Kolikšno dodatno slabljenje a ? [dB] pričakujemo v zvezi iz različnih vlaken?

- (A) 0.87 dB
(B) 1.74 dB
(C) 3.49 dB
(D) 6.97 dB

12. Iz enorodovnih vlaken G.625 izdelujemo delilnike 50/50 za pasivno optično omrežje. Zaradi tehnološke napake v proizvodnji se utripna dolžina razpolovi $\Lambda'=\Lambda/2$, vsi ostali parametri pa ostanejo enaki. Delilno razmerje nastalih sklopnikov bo:

- (A) 0/100
(B) 100/100
(C) 50/50
(D) 30/70

Priimek in ime:

Elektronski naslov:

4. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 15.05.2013

1. Ko svetleča dioda (LED) deluje z nazivnim delovnim tokom $I=10\text{mA}$ v prevodni smeri in proizvaja rdečo svetlobo z osrednjo valovno dolžino $\lambda=650\text{nm}$ (pri sobni temperaturi $T=20^\circ\text{C}$), na priključkih diode izmerimo naslednji padec napetosti U :

- (A) 0.7V (B) 1.4V (C) 1.9V (D) 3.1V

(2) Telekomunikacijski polprevodniški laser za valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ uporablja heterostrukturo za izboljšanje delovanja: vodenje valovanja v jedru valovoda in večji prepovedani energijski pas obloge. Heterostruktura je narejena iz polprevodnikov:

- (A) GaAlAs:GaAs (B) InGaAsP:InP (C) GaN:SiC (D) SiGe:C

3. Argonski ionski ($\text{Ar}:\text{Ar}^+$) laser za valovno dolžino $\lambda=514\text{nm}$ (zelena svetloba) se odlikuje z naslednjo lastnostjo:

- (A) visoka prečna koherenca (B) visok izkoristek (C) možna hitra modulacija (D) deluje brez hlajenja

4. Telekomunikacijski polprevodniški laser ima pri sobni temperaturi $T=20^\circ\text{C}$ pragovni tok $I_{\text{th}}=15\text{mA}$. Ko temperatura v notranjosti naprave naraste na $T'=45^\circ\text{C}$ in laserja dodatno ne hladimo, bo pragovni tok laserja:

- (A) 5mA (B) 10mA (C) 15mA (D) 25mA

5. Za izdelavo laserja s porazdeljeno povratno vezavo (DFB) za valovno dolžino $\lambda=1300\text{nm}$ potrebujemo fotolitografijo, ki omogoča izdelavo podrobnosti naslednje velikosti (pri povprečnem lomnem količniku valovoda $n=3.7$):

- (A) 44nm (B) 88nm (C) 110nm (D) 325nm

6. Če polprevodniški laser s porazdeljeno povratno vezavo napajamo s konstantnim tokom I (nad pragom), bo spektralna širina izhodne svetlobe $\Delta\lambda=?$ pri osrednji valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ v velikostnem razredu:

- (A) 100nm (B) 1nm (C) 0.01nm (D) 0.0001nm

7. Elektro-optični modulator je izdelan kot Mach-Zehnder-jev interferometer na podlagi LiNbO_3 . Če modulator dosega največjo občutljivost $U_{\text{MTE}}=5\text{V}$, bo isti modulator izkazoval za pravokotno polarizacijo TM občutljivost U_{TM} :

- (A) 5V (B) 7V (C) 14V (D) 30V

8. Polprevodniški elektro-absorpcijski modulator za valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ ima naslednjo slabo lastnost:

- (A) odvisen od valovne dolžine (B) nemogoča integracija (C) visoka moč krmiljenja (D) počasna modulacija

9. Enorodovno svetlobno vlakno ima efektivno površino jedra $A_{\text{eff}}=70\mu\text{m}^2$ in prenaša svetlobno moč $P=30\text{mW}$. ($Z_0=377\Omega$) Električna poljska jakost $|E|$ v jedru z lomnim količnikom $n_1=1.46$ dosega vrednost:

- (A) 235kV/m (B) 470kV/m (C) 940kV/m (D) 1880kV/m

10. Glavna naloga primarne akrilatne oziroma silikonske zaščite (premer 250μ) steklenega telekomunikacijskega vlakna (premer stekla 125μ) je:

- (A) preprečuje trganje vlakna (B) izboljšuje vodoodpornost (C) preprečuje tuneliranje (D) toplotna izolacija

11. V pasivnem optičnem omrežju razdelimo signal centrale na 16 uporabnikov z drevesom sklopnikov 50/50. Poleg deljenja moči vsak sklopnik 50/50 vstavlja še lastne izgube $a=0.5\text{dB}$. Kolikšno je celotno slabljenje signala od centrale do posameznega uporabnika?

- (A) 2dB (B) 5dB (C) 14dB (D) 18dB

12. Fotograf namesti na objektiv fotoaparata polarizator. Pri katerem prizoru bo polarizator popolnoma neučinkovit?

- (A) modro nebo nad pokrajino (B) odboj Sonca od vodne gladine (C) zrcaljenje v okenskih steklih (D) deževen dan brez Sonca

Priimek in ime:

Elektronski naslov:

5. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 30.05.2013

1. Germanijeva fotodioda doseže kvantni izkoristek $\eta=60\%$ pri valovni dolžini $\lambda=1310\text{nm}$. Kolikšna je odzivnost $I/P=?$ takšne fotodiode pri zaporni napetosti, kjer še ne pride do pojava plazovnega ojačanja? ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $c_0=3\text{E}+8\text{m/s}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$).

- (A) 1.58A/W (B) 0.633A/W (C) 0.633W/A (D) 1.58W/A

2. svetlobni sprejemnik (PIN-FET modul) ima električno pasovno širino $B_e=10\text{GHz}$. Kolikšna bo optična pasovna širina $B_o=?$ istega svetlobnega sprejemnika pri isti valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$?

- (A) 8GHz (B) 10GHz (C) 13GHz (D) 4THz

3. vlakno za erbijev laserski ojačevalnik mora biti enorodovno na valovni dolžini črpalke $\lambda_c=980\text{nm}$ kot tudi na valovni dolžini signala $\lambda=1550\text{nm}$. Če ima vlakno premer jedra $2a=3\mu\text{m}$, kolikšna je njegova največja dopustna numerična apertura $NA=?$

- (A) 0.10 (B) 0.15 (C) 0.20 (D) 0.25

4. Polarizacijsko rodovno razpršitev (PMD) v enorodovnem steklenem vlaknu lahko bistveno zmanjšamo z naslednjim tehnološkim postopkom izdelave vlakna:

- (A) sukanje preforma med vlečenjem vlakna (B) eliptično jedro vlakna (C) trak (ribbon) s 4-24 vlakni (D) silikonsko primarno zaščito

5. Osnovna omejitev občutljivosti nekoherentnega svetlobnega sprejemnika z InGaAs PIN fotodiodo pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ je:

- (A) kapacitivno breme PIN diode (B) kvantni izkoristek PIN (C) toplotni šum PIN diode (D) kvantni šum PIN diode

6. V nekoherentnem sprejemniku uporabimo plazovno fotodiodo s heterostrukturo InGaAs (detekcija) in InGaAsP (množenje). Faktor množenja $M=?$ opisane plazovne fotodiode za valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ znaša za optimalno razmerje signal/šum približno:

- (A) $1.0\text{E}+6$ (B) 100 (C) 10 (D) 20

7. PIN-FET modul vsebuje fotodiodo z odzivnostjo $I/P=0.8\text{A/W}$ in transimpedanco $R_t=1\text{k}\Omega$. Kolikšno izhodno napetost $U=?$ (vrh-vrh) dobimo s svetlobnim krmilnim signalom povprečne optične moči $P_o=-10\text{dBm}$ (50%enic, 50%ničel in visoko ugasno razmerje)?

- (A) 80mV (B) 160mV (C) 320mV (D) 40mV

8. Infrardeča LED za $\lambda=900\text{nm}$ uporablja heterostrukturo GaAlAs:GaAs. Zaradi napake pri epitaksiji so tehnologiji pozabili izdelati plast GaAlAs. Nastala PN dioda iz GaAs bo imela bistveno slabši izkoristek η pretvorbe električne energije v svetlobo in:

- (A) $\lambda>900\text{nm}$ (B) $\lambda=900\text{nm}$ (C) $\lambda<900\text{nm}$ (D) $U=0.6\text{V}$

9. Fotoupor ima v temi upornost $R_t=10\text{M}\Omega$, pri pravokotnem vpadu sončne svetlobe pa $R_l=100\Omega$. Kolikšno upornost $R_2=?$ pričakujemo pri vpadnem kotu sončne svetlobe $\theta=60^\circ$, če odboj svetlobe na površini fotoupora zanemarimo?

- (A) 50Ω (B) 100Ω (C) 200Ω (D) $5\text{M}\Omega$

10. Kolikšno ojačanje $G=?$ (v dB) lahko doseže Er³⁺ vlakenski ojačevalnik s črpalno moči $P_c=100\text{mw}$ na $\lambda_c=980\text{nm}$ ($\mu=1$) in pasovno širino $B=4\text{THz}$ pri osrednji frekvenci $f=194\text{THz}$, ko se skoraj vsa moč pretvori v spontano sevanje ASE? ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $c_0=3\text{E}+8\text{m/s}$)

- (A) 60dB (B) 15dB (C) 30dB (D) 45dB

11. Koaksialni kabel ima žilo s premerom $2r_z=3\text{mm}$ in oklop z notranjim premerom $2r_o=11\text{mm}$. Dielektrik je teflonska pena z $\epsilon_r=1.5$. Mejna frekvenca pojava višjih rodov v takšnem koaksialnem kablu znaša približno:

- (A) 6.82GHz (B) 11.1GHz (C) 13.6GHz (D) 5.57GHz

12. Erbijev laserski ojačevalnik za $\lambda=1550\text{nm}$ lahko črpamo na različne načine. Katera je najpomembnejša prednost črpanja na $\lambda=980\text{nm}$ v primerjavi s črpanjem na $\lambda=1480\text{nm}$?

- (A) nižji šum ojačevalnika (B) večja izhodna moč (C) boljši kvantni izkoristek (D) večje jedro vlakna

Priimek in ime:

Elektronski naslov: