

## 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 ( $\alpha$  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  $2r_z=1.5\text{mm}$  in oklop z notranjim premerom  $2r_o=5\text{mm}$ . 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 ( $\epsilon_r$ ) 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)  $1\text{mW}$  (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)  $56.3^\circ$  (B)  $45.0^\circ$  (C)  $33.7^\circ$  (D)  $0.0^\circ$

9. Žarek v gostejši snovi (večji  $n$ ) usmerimo proti ravni meji z redkejšo snovjo (manjši  $n$ ). Vpadni kot žarka  $\theta_v$  na mejno ploskev izberemo tako, da pride do popolnega odboja svetlobe. Za odbojnost  $\Gamma$  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 naneseemo 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

## 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)  $33.6\mu\text{s}$  (B)  $4.9\mu\text{s}$  (C)  $33.6\text{ns}$  (D)  $4.9\text{ns}$

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  $\theta$  na mejo dielektrikov spreminja na naslednji način:

- (A)  $\theta \rightarrow \pi/2$  (B)  $\theta \rightarrow \theta_m$  (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 poglavitni izvor izgub v svetlobnem vlaknu na osnovi kremenovega stekla ( $\text{SiO}_2$ ):

- (A) UV rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla (B) Rayleigh-ovo sipanje (C) IR rezonance  $\text{SiO}_2$  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 vrstico, ki ima vtikač naslednje barve:

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

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

- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| (A) 4.42dB/km | (B) 1.88dB/km | (C) 1.42dB/km | (D) 0.80dB/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 ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ):

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

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

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

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

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

7. Običajno enorodovno vlakno G.652 ima pri valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$  efektivno površino jedra  $A_{\text{eff}}$ , 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 ( $\text{SiO}_2$ ) 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  $\Delta\Phi=0.5\text{rd}$ . Kolikšna bo lastna fazna modulacija svetlobnega signala  $\Delta\Phi'$ ?, če električno poljsko jakost  $E$  v jedru vlakna podvojimo? ( $n_2=3.2\cdot 10^{-20}\text{m}^2/\text{W}$ )

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

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

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

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

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

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 |
|-----------|-------------|-----------|-----------|

#### 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  $\text{LiNbO}_3$ . Če modulator dosega največjo občutljivost  $U_{\text{MTE}}=5\text{V}$ , bo isti modulator izkazoval za pravokotno polarizacijo TM občutljivost  $U_{\text{TM}}$ :

- (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  $250\mu$ ) steklenega telekomunikacijskega vlakna (premer stekla  $125\mu$ ) 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  $\alpha=0.5\text{dB}$ . 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

## 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%enig, 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  $\eta$  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)  $50\Omega$                       (B)  $100\Omega$                       (C)  $200\Omega$                       (D)  $5\text{M}\Omega$

10. Kolikšno ojačanje  $G=?$  (v dB) lahko doseže Er3+ vlakenski ojačevalnik s črpalko 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

## 1. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 06.03.2014

1. Kolikšna je teoretska zmogljivost zveze po Shannonu, ki v pasovni širini  $B=1\text{GHz}$  dosega razmerje signal/šum  $S/N=12\text{dB}$ ? Presluh sosednjih kanalov, motnje in popačenje lastnega signala so zanemarljivo majhni.

- (A)  $4.08\text{Gbit/s}$  (B)  $3.59\text{Gbit/s}$  (C)  $16.85\text{Gbit/s}$  (D)  $2.82\text{Gbit/s}$

2. Slabljenje radijske zveze v povsem praznem prostoru brez ovir in brez absorpcije izraženo v logaritemskih enotah dB (decibelih) je povezano z dometom zveze  $d$  (razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom) na naslednji način ( $\alpha$  je konstanta):

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

3. Koaksialni kabel ima žilo s premerom  $2r_z=3.3\text{mm}$  in oklop z notranjim premerom  $2r_o=12\text{mm}$ . Penasti dielektrik ima  $\epsilon_r=1.5$ . Mejna frekvenca pojava višjih rodov v takšnem koaksialnem kablu znaša približno:

- (A)  $6.24\text{GHz}$  (B)  $8.32\text{GHz}$  (C)  $10.2\text{GHz}$  (D)  $12.5\text{GHz}$

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

- (A)  $850\text{nm}$  (B)  $1310\text{nm}$  (C)  $1490\text{nm}$  (D)  $1550\text{nm}$

5. Z izbiro svetlobne hitrosti v praznem prostoru  $c_0=299792458\text{m/s}$  je določena velikost naslednje merske enote v mednarodnem sistemu merskih enot MKSA (meter, kilogram, sekunda, amper):

- (A) m (meter) (B) kg (kilogram) (C) s (sekunda) (D) A (amper)

6. Lomni količnik čiste vode je frekvenčno odvisen in znaša za rumeno ( $\lambda=589\text{nm}$ ) vidno svetlobo  $n=1.333$ . Feromagnetne lastnosti vode so zanemarljive  $\mu \approx \mu_0$ . Valovna impedanca čiste vode ( $Z$ ) znaša za valovanje iste frekvence:

- (A)  $377\Omega$  (B)  $503\Omega$  (C)  $283\Omega$  (D)  $212\Omega$

7. Laserski žarek moči  $P_v=1\text{mW}$  vpada iz praznega prostora pod pravim kotom ( $\theta_v=0$ ) na ravno gladino vode z lomnim količnikom  $n=1.333$ . Moč odbitega žarka z vodne gladine znaša  $P_o$ :

- (A)  $143\mu\text{W}$  (B)  $20\mu\text{W}$  (C)  $1\text{mW}$  (D)  $378\mu\text{W}$

8. Svetloba vpada iz praznega prostora (zrak  $n \approx 1$ ) na diamant z lomnim količnikom  $n=2.42$ . Pri katerem vpadnem kotu  $\theta_v=?$  (Brewster) vsebuje odbiti žarek samo TE komponento, odboj TM polariziranega valovanja pa popolnoma izgine?

- (A)  $22.5^\circ$  (B)  $45.0^\circ$  (C)  $57.3^\circ$  (D)  $67.5^\circ$

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

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

10. Kolikšna naj bo debelina antirefleksnega sloja  $d=?$ , ki ga naneseemo na površino čipa fotodiode, da bo učinkovitost fotodiode največja pri valovni dolžini  $\lambda_0=1550\text{nm}$  v zraku? Lomni količnik polprevodnika znaša  $n_p=3.7$ , nad fotodiodo je zrak ( $n_z \approx 1$ ).

- (A)  $775\text{nm}$  (B)  $105\text{nm}$  (C)  $202\text{nm}$  (D)  $388\text{nm}$

11. Pri popolnem odboju valovanja na (ravni) meji dveh različnih snovi velja za valovne vektorje  $\vec{k}$  v gostejši snovi (snov z višjim lomnim količnikom  $n$ ) naslednja lastnost:

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

12. Svetloba izstopa iz pravilno odrezanega konca optičnega vlakna z numerično aperturo  $NA=0.22$  v zrak. Na oddaljenosti  $d=20\text{cm}$  osvetli krog na belem zaslonu. Kolikšen je premer osvetljenega kroga  $2r=?$

- (A)  $4.4\text{cm}$  (B)  $8.8\text{cm}$  (C)  $17.6\text{cm}$  (D)  $35.2\text{cm}$

## 2. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 27.03.2014

1. Kako obdelamo konec enorodovnega vlakna G.652, da doseže najnižjo vrednost odbojnosti  $|r|_{\text{MIN}}$  v področju valovnih dolžin III. komunikacijskega okna?

- (A) odrezan pod pravim kotom      (B) potopljen v vodo      (C) navit na premer 5mm      (D) naključno zlomljen

2. Zelo star medkrajevni kabel dolžine  $l=15\text{km}$  vsebuje gradientno vlakno 50/125 $\mu\text{m}$  z relativno razliko lomnih količnikov  $\Delta=0.01$  in povprečnim lomnim količnikom  $n\approx 1.46$ . Kolikšna je pričakovana zmogljivost zveze  $C=?$ , če dopustimo  $\Delta t=1/(3T_{\text{BIT}})$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 4.5Gbit/s      (B) 45Mbit/s      (C) 450kbit/s      (D) 4.5kbit/s

3. Planarni dielektrični valovodu tvori ravna steklena ploščica z  $n_1=1.5$ . Na obeh straneh ploščice je zrak z  $n_2\approx 1$ . Kolikšna je normirana frekvenca svetlobe  $V=?$ , če se v valovodu lahko širi skupno  $N=2222$  različnih TEM in TMM rodov?

- (A) 3488      (B) 6976      (C) 13952      (D) 27904

4. Kolikšen je premer  $2a=?$  jedra steklenega vlakna z numerično aperturo  $NA=0.1$ ? Za vlakno želimo, da je enorodovno pri valovni dolžini  $\lambda_0=514\text{nm}$  zelene črte Ar/Ar+ laserja v praznem prostoru. ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 1.9 $\mu\text{m}$       (B) 14.9 $\mu\text{m}$       (C) 7.7 $\mu\text{m}$       (D) 3.9 $\mu\text{m}$

5. Svetloba uhaja iz vlakna krožnega prereza zaradi pahljačastega odpiranja valovnih front na krivinah. Posledica je krivinsko slabljenje, ki je za različne rodove:

- (A) višje za višje rodove      (B) enako za vse rodove      (C) višje za nižje rodove      (D) ga ni za osnovni rod

6. Jedro v reformu telekomunikacijskega svetlobnega vlakna z nizkim slabljenjem izdelamo tako, da v osnovno plinsko zmes postopka MCVD oziroma VAD dodajamo naslednjo zelo čisto kemijsko spojino:

- (A)  $\text{SiCl}_4$       (B)  $\text{GeCl}_4$       (C)  $\text{F}_2$       (D)  $\text{POCl}_3$

7. PANDA vlakno dosega visoko dvolomnost, to je veliko razliko med faznima konstantama  $\beta_{\text{VP}}$  in  $\beta_{\text{HP}}$ , z naslednjim tehnološkim posegom pri izdelavi vlakna:

- (A) sukanjem preforma      (B) eliptičnim jedrom      (C) pritiskom na jedro      (D) eliptičnim preformom

8. V položenem kablu dolžine  $l=50\text{km}$  izmerimo povprečno vrednost polarizacijske rodovne razpršitve  $\Delta t=2.8\text{ps}$ . Kolikšen je koeficient polarizacijske rodovne razpršitve  $D_{\text{PMD}}=?$  za navedeni kabel?

- (A) 140ps/km      (B) 2.8ps/ $\sqrt{\text{km}}$       (C) 0.056ps/km      (D) 0.4ps/ $\sqrt{\text{km}}$

9. V področju valovnih dolžin med II. in III. komunikacijskim oknom je poglavitni izvor izgub v svetlobnem vlaknu na osnovi kremenovega stekla ( $\text{SiO}_2$ ):

- (A) UV rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla      (B) Rayleigh-ovo sipanje      (C) IR rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla      (D) rezonance nečistoč

10. Kolikšna je zmogljivost zveze  $C=?$  po vlaknu NZDSF s koeficientom barvne razpršitve  $D=7\text{ps/nm.km}$  pri valovni dolžini  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ , če uporabimo kakovosten laser z ozko črto in zunanjim ON/OFF modulatorjem? Dolžina vlakna je  $l=35\text{km}$ , PMD zanemarimo. ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 11.3Gbit/s      (B) 22.6Gbit/s      (C) 45Gbit/s      (D) 90Gbit/s

11. Medkrajevni kabel dolžine  $l=60\text{km}$  vsebuje vlakno G.652 s koeficientom barvne razpršitve  $D=17\text{ps/nm.km}$  pri  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ . Kolikšno dolžino vlakna DCF s koeficientom barvne razpršitve  $D'=-80\text{ps/nm.km}$  potrebujemo za natančno kompenzacijo barvne razpršitve?

- (A) 12.75km      (B) 8.23km      (C) 19.76km      (D) 60.66km

12. Ethernet media converter iz UTP kabla na optično vlakno ima na optični strani dve vtičnici SC-PC. Na napravo ne smemo spajati priključnih vrvic, ki imajo SC vtikače naslednje barve:

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

### 3. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 17.04.2014

1. Kot občutljiv detektor modre svetlobe  $\lambda=488\text{nm}$  uporabimo foto-pomnoževalko z alkalno foto-katodo. Za učinkovito delovanje foto-pomnoževalke mora razlika potencialov med dvema sosednjima množilnima elektrodama (dinodama) znašati:

- (A) 1kV (B) 1V (C) 10V (D) 100V

2. Spoj dveh pravilno brušenih in dobro očiščenih SC-FC vtikačev, v katera sta vgrajeni dve popolnoma enaki vlakni G.652 (istega proizvajalca), vnaša v optično zvezo naslednje dodatno vstavitveno slabljenje  $a=?$  [dB]:

- (A) 1dB (B) 0.1dB (C) 0.01dB (D) 0.001dB

3. Svetlobno zvezo gradimo z vlakni 50/125 $\mu\text{m}$ , ki jim zaradi toleranc proizvodnje niha premer jedra med  $2a_{\min}=47\mu\text{m}$  in  $2a_{\max}=53\mu\text{m}$ . Kolikšno dodatno slabljenje  $a=?$  [dB] pričakujemo v zvezi iz različnih vlaken, če se numerična apertura NA ne spreminja?

- (A) 0.26dB (B) 0.52dB (C) 1.04dB (D) 2.09dB

4. Modulacijska pasovna širina zveze po mnogorodovnem gradientnem vlaknu dolžine  $l=15\text{km}$  znaša  $B=77\text{MHz}$ . Če v istem vlaknu vzbudimo samo rodove nižjih redov tako, da oddajnik z enorodovnim repom spojimo neposredno na mnogorodovno vlakno, se pasovna širina  $B$ :

- (A) poveča (B) ne spremeni (C) zmanjša (D) gre proti 0

5. Zvezo skupne dolžine  $l_1+l_2=l=66\text{km}$  gradimo z običajnim vlaknom G.652 ( $D_1=17\text{ps/nm.km}$ ) v prvem delu in vlaknom -NZDSF ( $D_2=5\text{ps/nm.km}$ ) v drugem delu. Kolikšna naj bo dolžina prvega dela zveze  $l_1=?$ , če želimo najnižjo skupno barvno razpršitev?

- (A) 51km (B) 43km (C) 23km (D) 15km

6. IR svetleča dioda za osrednjo valovno dolžino  $\lambda=900\text{nm}$  ima širino spektra  $\Delta\lambda=50\text{nm}$ . Kolikšna je vzdolžna koherenčna dolžina  $d=?$  svetlobe, če plastično ohišje diode ne vpliva na spekter sevanja IR LED? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 16.2 $\mu\text{m}$  (B) 32.4 $\mu\text{m}$  (C) 64.8 $\mu\text{m}$  (D)  $\infty$

7. Disperzijsko-premaknjeno vlakno (DSF) G.653 ima pri valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$  efektivno površino jedra  $A_{\text{eff}}$ , ki določa gostoto svetlobne moči  $\bar{S}$  in električno poljsko jakost  $\bar{E}$  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. Iz enorodovnih vlaken želimo izdelati sklopnik 99/1, kjer se samo 1% moči oddajnika sklaplja na dodatno vlakno za nadzorno fotodiodo. Kolikšna mora biti dolžina takšnega sklopnika  $l=?$ , če znaša utripna dolžina  $\Lambda=36\text{mm}$ ?

- (A) 0.58mm (B) 0.81mm (C) 1.15mm (D) 9mm

9. Po vlaknu DSF (G.653) peljemo dva močna signala na valovnih dolžinah  $\lambda_1=1554\text{nm}$  in  $\lambda_2=1556\text{nm}$ . Na kateri valovni dolžini  $\lambda_{\text{motnja}}=?$  pričakujemo produkt štiri-valovnega mešanja, ki moti ostale signale valovno-dolžinskega multipleksa (WDM)?

- (A) 1550nm (B) 1552nm (C) 1553nm (D) 1555nm

10. Na zaslonu merilnika OTDR vidimo dva odboja, ki sta med sabo oddaljena za  $\Delta t=10\mu\text{s}$  na časovni skali. Kolikšni razdalji  $\Delta l=?$  ustreza navedena razlika v času prihoda obeh odbojev od konektorskih spojev na steklenem vlaknu? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $n\approx 1.5$ )

- (A) 1km (B) 2km (C) 1.5km (D) 3km

11. IR daljinec televizorja ( $\lambda=940\text{nm}$ ) moti svetloba drugih virov v prostoru. Od znanih virov svetlobe je za IR daljinec najbolj moteča naslednja vrsta svetlobe:

- (A) sončna svetloba (B) žarnica z nitko (C) bela LED GaN+fosfor (D) "varčna" svetilka

12. Daljinec z eno LED za  $\lambda=940\text{nm}$  doseže v praznem prostoru brez odbojev domet  $d=10\text{m}$ . Če v daljinec vgradimo  $N=6$  enakih svetlečih diod, ki so opremljene z enakimi lečami in krmiljene vsaka od njih z enakim tokom kot izvirna LED, se domet daljinca poveča na:

- (A) 360m (B) 60m (C) 24m (D) 15m



#### 4. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 15.05.2014

1. Polprevodniški laser daje pri toku  $I_1=20\text{mA}$  izhodno moč  $P_1=1\text{mW}$ . Izhodna moč laserja se poveča na  $P_2=3\text{mW}$  pri toku  $I_2=30\text{mA}$ . Kolikšen je pragovni tok laserja  $I_{\text{TH}}=?$ , če Peltier-ova toplotna črpalka zadržuje temperaturo čipa laserja na  $T=25^\circ\text{C}$ ?

- (A) 10mA (B) 15mA (C) 20mA (D) 25mA

2. Ko svetleča dioda (LED) deluje z nazivnim delovnim tokom  $I=5\text{mA}$  v prevodni smeri in proizvaja vijolično svetlobo z osrednjo valovno dolžino  $\lambda=400\text{nm}$  (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

3. Črpalni polprevodniški laser za erbijovo vlakno z  $\lambda=980\text{nm}$  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) GaAlN:GaN (D) SiGe:C

4. Polprevodniški laser s Fabry-Perot-ovim resonatorjem dolžine  $l=450\mu\text{m}$  niha na  $N=22$  rodovih okoli osrednje valovne dolžine  $\lambda=1310\text{nm}$ . Kolikšna je širina spektra  $\Delta\lambda=?$ , če znaša povprečni lomni količnik polprevodniške strukture  $n=3.7$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 3nm (B) 6nm (C) 11nm (D) 22nm

5. Svetlobo toplotnega vira (žarnice z nitko) peljemo skozi monokromator (frekvenčno pasovno-prepustno sito) s pasovno širino  $\Delta\lambda=0.1\text{nm}$  pri osrednji valovni dolžini  $\lambda=1480\text{nm}$ . Kolikšna je vzdolžna koherenčna dolžina  $d=?$  takšnega svetlobnega izvora?

- (A) 0.1nm (B) 1.48 $\mu\text{m}$  (C) 21.9mm (D)  $\infty$

6. Helij-neonski (HeNe) laser za valovno dolžino  $\lambda=632.8\text{nm}$  (rdeča svetloba) in razdaljo med zrcali  $l=650\text{mm}$  se odlikuje z naslednjo lastnostjo:

- (A) visoka prečna koherenca (B) ima visok izkoristek (C) možna hitra modulacija (D) niha na enem rodu

7. Polprevodniški elektro-absorpcijski modulator (EAM) za valovno dolžino  $\lambda=1550\text{nm}$  s heterostrukturo MQW ima naslednjo dobro lastnost:

- (A) zelo visoko ugasno razmerje (B) možna integracija (C) preprost sklop na vlakno G.652 (D) linearna modulacija

8. Disperzijsko-premaknjeno vlakno DSF G.653 ima efektivno površino jedra  $A_{\text{eff}}=30\mu\text{m}^2$  in prenaša svetlobno moč  $P=60\text{mW}$ . ( $Z_0=377\Omega$ ) Gostota svetlobne moči  $|S|$  v jedru z lomnim količnikom  $n_1=1.46$  dosega vrednost:

- (A) 146MW/m<sup>2</sup> (B) 377MW/m<sup>2</sup> (C) 1GW/m<sup>2</sup> (D) 2GW/m<sup>2</sup>

9. Svetlobni modulator je izdelan kot Mach-Zehnder-jev interferometer na podlagi LiNbO<sub>3</sub>. Če modulator dosega občutljivost  $U_{\text{ITE}}=5\text{V}$  in  $U_{\text{ITM}}=14\text{V}$ . Pri kateri pritisknjeni napetosti  $U=?$  bo prepuščena moč najnižja, če uporabimo nepolariziran vir svetlobe?

- (A) 5V (B) 10V (C) 14.5V (D) 28V

10. Akusto-optični modulator izkorišča Raman-Nath-ov uklon svetlobe. Uklonjena žarka prvega reda se odklonita za kot  $\alpha=\pm 0.1^\circ$ . Kolikšna je valovna dolžina zvočnega valovanja  $\Lambda=?$  za zeleno svetlobo argonskega laserja  $\lambda=514\text{nm}$ ?

- (A) 147 $\mu\text{m}$  (B) 295 $\mu\text{m}$  (C) 589 $\mu\text{m}$  (D) 1.47mm

11. Enorodovno vlakno G.652 ima poleg primarne zaščite še sekundarno tesno zaščito (tight) premera  $2r=0.9\text{mm}$ . Takšno vlakno ni primerno za medkrajevni kabel zaradi:

- (A) izgub na mikrokrivinah (B) visoke PMD (C) težavnega spajanja (D) toplotne izolacije

12. V pasivnem optičnem omrežju razdelimo signal centrale na 64 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) 3.5dB (B) 7dB (C) 14dB (D) 21dB

## 5. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ – 05.06.2014

1. InGaAs fotodioda doseže kvantni izkoristek  $\eta=70\%$  pri valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$ . Kolikšna je odzivnost  $I/P=?$  takšne fotodiode pri zaporni napetosti, kjer še ne pride do pojava plazovnega ojačanja? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ ).

- (A) 0.738A/W                      (B) 0.873A/W                      (C) 1.033A/W                      (D) 1.033W/A

2. v koherentnem svetlobnem sprejemniku uporabimo vlakenski sklopnik 50/50 in balančno vezavo dveh popolnoma enakih fotodiod z namenom, da:

- (A) znižamo šum LO                      (B) ni odvisen od polarizacije                      (C) popravimo napako  $\lambda$                       (D) znižamo ceno sprejemnika

3. APD-FET modul s transimpedanco  $R_t=1\text{k}\Omega$  vsebuje plazovno fotodiodo s kvantnim izkoristkom  $\eta=60\%$  ( $\lambda=1310\text{nm}$ ) in faktorjem množenja  $M=20$ . Kolikšno izhodno napetost  $U=?$  dobimo s  $P_0=-30\text{dBm}$  na vhodu ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )?

- (A) 633 $\mu\text{V}$                       (B) 1.05mV                      (C) 12.7mV                      (D) 21.1mV

4. Svetlobni sprejemnik (PIN-FET modul) ima optično pasovno širino  $B_0=10\text{GHz}$ . Kolikšna bo električna pasovna širina  $B_e=?$  istega svetlobnega sprejemnika pri isti valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$ ?

- (A) 20GHz                      (B) 14GHz                      (C) 10GHz                      (D) 7GHz

5. Koaksialni kabel ima žilo s premerom  $2r_z=2\text{mm}$  in oklop z notranjim premerom  $2r_o=7\text{mm}$ . Frekvenčni odziv kabla ima prvi globok minimum pri najnižji frekvenci  $f=14\text{GHz}$ . Kolikšna je dielektričnost izolacije kabla  $\epsilon_r=?$  ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 1.23                      (B) 1.52                      (C) 2.30                      (D) 5.28

6. Erbijev vlakenski ojačevalnik črpamo s  $P_c=60\text{mW}$  pri valovni dolžini  $\lambda_c=980\text{nm}$ . Ojačevalnik proizvaja signal jakosti  $P_s=20\text{mW}$  na valovni dolžini  $\lambda_s=1550\text{nm}$ . Kolikšen je kvantni izkoristek  $\eta=?$  ojačevalnika (razmerje števila fotonov signala/črpalke)?

- (A) 52.7%                      (B) 33.3%                      (C) 21.1%                      (D) 63.2%

7. Erbijevi ioni  $\text{Er}^{3+}$  imajo številne sevalne energijske prehode, nekatere tudi v področju vidne svetlobe. Če erbijevo vlakno vzbujamo s črpalko primerne valovne dolžine za ojačanje signalov z  $\lambda=1550\text{nm}$ , se z erbijem dopirano vlakno svetlika:

- (A) rdečkasto                      (B) zelenkasto                      (C) rumenkasto                      (D) modrikasto

8. Večslojno optično pasovno sito izdelamo iz številnih tankih plasti dielektrikov z nizkimi izgubami. Pri pravokotnem vpadu svetlobe za prepustni pas sita velja:

- (A) je neodvisen od vpadnega kota                      (B) premaknjen k najkrajšim  $\lambda$                       (C) sito postane nizkoprepustno                      (D) premaknjen k najdaljšim  $\lambda$

9. 100Mbit/s Ethernet po kablu UTP javlja prisotnost sogovornika s pomočjo FLP (Fast Link Pulse). Poleg prisotnosti sogovornika paket FLP prenaša podatke o sposobnosti sogovornika. Ta informacija vsebuje:

- (A) 1 bit                      (B) 16 bitov                      (C) 17 bitov                      (D) 33 bitov

10. 1Gbit/s Ethernet media-converter z enim samim priključkom SC-PC za enorodovno vlakno omogoča dvosmerni prenos z naslednjo vrsto multipleksiranja:

- (A) valovnodolžinski multipleks WDM                      (B) TDM časovni multipleks                      (C) napredujoči in odbiti val                      (D) omogoča samo half-duplex

11. Kolikšno šumno število  $F=?$  lahko doseže erbijev ojačevalnik s črpalko na  $\lambda_c=1480\text{nm}$ . Črpalka uspe zagotoviti  $N_2=70\%\cdot N$  vseh erbijevi ionov v gornjem energijskem pasu  $w_2$ . Vse ostale izvore povečanja šuma (izgub) lahko zanemarimo. ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ).

- (A) 1.4dB                      (B) 3.5dB                      (C) 5.4dB                      (D) 6.7dB

12. Ethernet standard IEEE 802.3x predpisuje nadzor pretoka (flow control) na naslednji način:

- (A) neizkoriščene parice UTP                      (B) pause frame na udeleženca                      (C) Ethernet nima nadzora pretoka                      (D) pause frame na skupinski

## 1. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 12.03.2015

1. Zveza bi dosegla teoretsko zmogljivost po Shannonu  $C=10\text{Gbit/s}$  po prenosni poti, ki ima pasovno širino  $B=5\text{GHz}$ . Kolikšno razmerje signal/šum  $S/N=?$  mora zagotavljati prenosna pot, da zveza dosega zahtevano zmogljivost?

- (A) 3.0dB (B) 6.0dB (C) 3.00 (D) 6.00

2. Telefonski kabel ima konstanto slabljenja  $\alpha=2\text{Np/km}$  za VDSL modem. Kolikšno je slabljenje zveze  $a=?$  [dB], ki premošča razdaljo  $l=1.5\text{km}$ ? Oddajnik in sprejemnik sta prilagojena na karakteristično impedanco, da ni dodatnih izgub zaradi odbojev.

- (A) 8.7dB (B) 13.0dB (C) 17.3dB (D) 26.1dB

3. Periodična vgradnja Pupinovih tuljav na enakomernih presledkih vzdolž obstoječega telefonskega voda (govor v osnovnem pasu) znižuje slabljenje voda na naslednji način:

- (A) zvišuje navidezni Zk (B) preprečuje višje rodove (C) znižuje upornost voda (D) omejuje kožni pojav

4. v telekomunikacijskem I oknu  $\lambda=850\text{nm}$  je poglavitni izvor slabljenja sodobnega optičnega vlakna, izdelanega z najboljšo tehnologijo, naslednji fizikalni pojav:

- (A) IR rezonance molekule  $\text{SiO}_2$  (B) Rayleighovo sipanje svetlobe (C) UV rezonance molekule  $\text{SiO}_2$  (D) rezonance  $\text{OH}^-$  ionov

5. Z izbiro magnetne permeabilnosti praznega prostora  $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}\text{Vs/Am}$  je določena velikost naslednje merske enote v mednarodnem sistemu merskih enot MKSA (meter, kilogram, sekunda, amper):

- (A) m (meter) (B) kg (kilogram) (C) s (sekunda) (D) A (amper)

6. Prebojna trdnost zraka znaša  $E_{\text{MAX}}=2.1\cdot 10^6\text{V/m}$ . Kolikšna je največja dopustna gostota moči elektromagnetnega valovanja  $S=?$ , da ne pride do preboja v zraku? Lomni količnik zraka je praktično enak enoti  $n\approx 1$ , valovna impedanca zraka znaša  $Z_0=377\Omega$ .

- (A)  $5.85\text{GW/m}^2$  (B)  $11.7\text{GW/m}^2$  (C)  $5.85\text{MW/m}^2$  (D)  $11.7\text{MW/m}^2$

7. Laserski žarek moči  $P_v=1\text{mW}$  vpada iz praznega prostora pod pravim kotom ( $\theta_v=0$ ) na kocko kristalnega stekla z lomnim količnikom  $n=1.8$ . Moč odbitega žarka od gladke površine kristalnega stekla znaša  $P_o$ :

- (A)  $40\mu\text{W}$  (B)  $82\mu\text{W}$  (C)  $200\mu\text{W}$  (D)  $268\mu\text{W}$

8. Ne-polarizirana sončna svetloba vpada iz praznega prostora (zrak  $n\approx 1$ ) na gladko površino neznane snovi. Pri vpadnem kotu  $\theta_v=60^\circ$  je odbiti žarek linearno polariziran. Kolikšen je lomni količnik  $n=?$  neznane snovi, ki preverjeno ni feromagnetik  $\mu_r=1$ ?

- (A) 1.463 (B) 2.000 (C) 1.732 (D) 3.000

9. Žarek podvodne svetilke ( $n_{\text{voda}}=1.333$ ) usmerimo od spodaj proti ravni gladini vode. Pri katerem vpadnem kotu  $\theta_v=?$  bo lomljeni žarek v zraku ( $n_{\text{zrak}}=1$ ) natančno vzporeden z vodno gladino?

- (A)  $41.4^\circ$  (B)  $48.6^\circ$  (C)  $53.1^\circ$  (D)  $60.0^\circ$

10. Žarek v gostejši snovi (večji  $n_1$ ) usmerimo proti ravni meji z redkejšo snovjo (manjši  $n_2$ ). Vpadni kot žarka  $\theta_v$  na mejno ploskev izberemo tako, da pride do popolnega odboja svetlobe. Za fazni konstanti  $\beta_1$  oziroma  $\beta_2$  tedaj velja:

- (A)  $\beta_1=\beta_2$  (B)  $\beta_1>\beta_2$  (C)  $\beta_1<\beta_2$  (D)  $\beta_2=j|\beta_2|$

11. Zaščitni pokrov za satelitsko anteno, ki sprejema na frekvenci  $f=12\text{GHz}$ , izdelamo iz teflona, ki ima dielektrično konstanto  $\epsilon_r=2.1$ . Kolikšna naj bo debelina pokrova  $d=?$ , da pokrov ne moti sprejema?

- (A) 4.31mm (B) 6.25mm (C) 8.63mm (D) 12.5mm

12. Šibko-lomno svetlobno vlakno na osnovi kremenovega stekla (lomni količnik  $\text{SiO}_2$  je v velikostnem razredu  $n\approx 1.46$ ) dosega numerično aperturo  $\text{NA}=0.1$ . Kolikšna je relativna razlika lomnih količnikov  $\Delta=?$  šibko-lomnega vlakna?

- (A) 0.1000 (B) 0.0685 (C) 0.0047 (D) 0.0023

## 2. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 02.04.2015

1. Planarni dielektrični valovodu tvori ravna steklena ploščica z  $n_1=1.5$ . Na obeh straneh ploščice je zrak z  $n_2 \approx 1$ . Kolikšna je debelina ploščice, če se v valovodu širijo različni TEM in TM<sub>m</sub> rodovi vse do indeksa  $m=1000$ ? Uporabimo HeNe laser  $f=474\text{THz}$ .

- (A)  $283\mu\text{m}$  (B)  $566\mu\text{m}$  (C)  $1.13\text{mm}$  (D)  $2.3\text{mm}$

2. Glavna pomanjkljivost enorodovnega svetlobnega vlakna na osnovi kremenovega stekla, ki ima numerično aperturo  $NA=0.2$  in standardiziran zunanje premer  $2r=125\mu\text{m}$ , je:

- (A) krivinsko slabljenje (B) neizvedljivo s postopkom MCVD (C) zelo majhno jedro (D) zelo drage surovine

3. Kolikšen naj bo premer  $2a=?$  z  $\text{Er}^{3+}$  dopiranega jedra steklenega vlakna za laserski svetlobni ojačevalnik, ki mora biti enorodovno na valovnih dolžinah črpalke  $\lambda_c=980\text{nm}$  in signala  $\lambda_s=1550\text{nm}$  (v praznem prostoru) z numerično aperturo  $NA=0.2$ ? ( $c_0=3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $1.9\mu\text{m}$  (B)  $3.8\mu\text{m}$  (C)  $7.5\mu\text{m}$  (D)  $15\mu\text{m}$

4. Plastično svetlobno vlakno ima stopničast lomni lik z jedrom premera  $2a=2\text{mm}$  z lomnim količnikom  $n_1=1.59$  ter oblogo z lomnim količnikom  $n_2=1.52$ . Koliko se razširi  $\Delta t=?$  impulz svetlobe z valovno dolžino  $\lambda_0=650\text{nm}$  v  $l=10\text{m}$  takšnega vlakna?

- (A)  $24\text{s}$  (B)  $14\text{ns}$  (C)  $4.8\text{ns}$  (D)  $2.4\text{ns}$

5. Katere od navedenih snovi NE uporabljamo kot primarno zaščito steklenega svetlobnega vlakna. Naloga primarne zaščite je preprečevanje širjenja razpok v steklu, kar mehanske sile ob ohlajanju izdelka iz različnih vrst stekla še pospešujejo.

- (A) akrilat (B) kovina (C) silikon (D) steklo

6. Pri postopku rod-in-tube vstavimo preform premera  $2r=25\text{mm}$  v kvarčno cev z notranjim premerom  $2r_1=30\text{mm}$  in zunanjim premerom  $2r_2=40\text{mm}$ . Kolikšen mora biti premer dopiranega jedra  $2r'=?$  v preformi, da pri vlečenju iz obeh dobimo vlakno  $9/125$ ?

- (A)  $1.8\text{mm}$  (B)  $2.6\text{mm}$  (C)  $2.9\text{mm}$  (D)  $5.8\text{mm}$

7. Koeficient polarizacijske rodovne razpršitve  $D_{\text{PMD}}$  [ $\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ ] lahko znižamo z naslednjim tehnološkim ukrepom pri izdelavi svetlobnih vlaken iz kremenovega stekla:

- (A) sukanjem med vlečenjem vlakna (B) tanjšim jedrom vlakna (C) dopiranjem s fluorom (D) eliptičnim jedrom vlakna

8. Kolikšno vstavitveno slabljenje  $a=?$  pričakujemo za pravilen spoj dveh FC-PC konektorjev med dvema povsem enakima enorodovnim vlaknoma G.652, če privzamemo, da so spojka in oba konektorja nepoškodovani in skrbno očiščeni.

- (A)  $0.5\text{dB}$  (B)  $2\text{dB}$  (C)  $0.1\text{dB}$  (D)  $10\text{dB}$

9. V prvem oknu pri  $\lambda_0=850\text{nm}$  ima vlakno slabljenje  $a/l=2.5\text{dB/km}$ . Kolikšno slabljenje  $a'/l=?$  pričakujemo v istem vlaknu za svetlobo HeNe laserja  $\lambda_0'=633\text{nm}$ , če je poglavitni izvor slabljenja Rayleighovo sipanje in vlakno ostaja enorodovno?

- (A)  $3.4\text{dB/km}$  (B)  $4.5\text{dB/km}$  (C)  $6.1\text{dB/km}$  (D)  $8.1\text{dB/km}$

10. V dielektričnem valovodu izračunamo oziroma izmerimo povezavo med fazno konstanto  $\beta$  [ $\text{rd/m}$ ] in krožno frekvenco  $\omega$  [ $\text{rd/s}$ ] v širšem območju frekvenc oziroma valovnih dolžin. Kako v valovodu določimo skupinsko hitrost  $v_g=?$

- (A)  $v_g=\beta/\omega$  (B)  $v_g=d^2\omega/d\beta^2$  (C)  $v_g=d\omega/d\beta$  (D)  $v_g=\omega/\beta$

11. Medkrajevni kabel dolžine  $l=75\text{km}$  vsebuje vlakno G.652 s koeficientom barvne razpršitve  $D=+17\text{ps/nm.km}$  pri osrednji  $\lambda_0=1.55\mu\text{m}$ . Koliko se spreminja skupinska zakasnitev  $\Delta t_g=?$ , če uporabljamo frekvenčni pas širine  $\Delta f=100\text{GHz}$ ? ( $c_0=3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $1.02\text{ns}$  (B)  $13.6\text{ps}$  (C)  $60.1\text{ps}$  (D)  $128\text{ns}$

12. Svetlobna vlakna na osnovi kremenovega stekla spajamo z varjenjem z električnim lokom. Pri spajanju enorodovnih vlaken nastavimo čas trajanja  $t=?$  električnega loka na naslednjo okvirno vrednost:

- (A)  $3\text{min}$  (B)  $2\text{s}$  (C)  $0.1\text{s}$  (D)  $3\text{ms}$

### 3. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 23.04.2015

1. Prekooceansko zvezo gradimo z izmeničnimi odseki vlaken +NZDSF in -NZDSF ter vmesnimi erbijevimi svetlobnimi ojačevalniki na valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$ . Uporabljen vlakna imajo koeficient barvne razpršitve  $D=?$  ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $\pm 17\text{ps/nm.km}$  (B)  $\pm 80\text{ps/nm.km}$  (C)  $\pm 1\text{ps/nm.km}$  (D)  $\pm 5\text{ps/nm.km}$

2. Izračunajte zmogljivost zveze  $C=?$ , ki uporablja kakovosten oddajnik z ozkopasovnim virom na valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$  in zunanjim modulatorjem. Razdaljo  $l=10\text{km}$  premošča enorodovno vlakno z  $D=7\text{ps/nm.km}$  brez kompenzacije barvne razpršitve. ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 12.1Gbit/s (B) 21.1Gbit/s (C) 42.2Gbit/s (D) 84.4Gbit/s

3. Kolikšna je največja dopustna svetlobna moč  $P=?$  v enorodovnem vlaknu z efektivno površino jedra  $A_{\text{eff}}=75\mu\text{m}^2$ ? v jedru vlakna z lomnim količnikom  $n=1.463$  dopuščamo največjo vršno vrednost električne poljske jakosti  $E_{\text{MAX}}=10^6\text{V/m}$ . ( $Z_0=377\Omega$ )

- (A) 73mW (B) 146mW (C) 291mW (D) 582mW

4. Ozkopasovni ( $\Delta f=3\text{MHz}$ ) vir svetlobe moči  $P=10\text{mW}$  na valovni dolžini  $\lambda=1310\text{nm}$  sklopimo v enorodovno vlakno G.652, kjer opazimo naslednjo vrsto nelinearnega sipanja svetlobe:

- (A) Brillouin v smeri nazaj (B) Brillouin v smeri naprej (C) Raman v smeri nazaj (D) Raman v smeri naprej

5. Enorodovno vlakno ima pri valovni dolžini  $\lambda=1310\text{nm}$  slabljenje  $\alpha/l=0.35\text{dB/km}$  in zelo majhno barvno razpršitev  $|D|=1\text{ps/nm.km}$ . Kolikšna je efektivna dolžina vlakna  $l_{\text{eff}}=?$  za lastno fazno modulacijo, če je vlakno zelo dolgo  $l \gg l_{\text{eff}}$ ?

- (A) 43.4km (B) 7.34km (C) 12.4km (D) 21.7km

6. Po vlaknu DSF (G.653) peljemo dva močna signala na frekvencah  $f_1=194.3\text{THz}$  in  $f_2=194.5\text{THz}$ . Na kateri frekvenci  $f_{\text{motnja}}=?$  pričakujemo intermodulacijski produkt štiri-valovnega mešanja, ki moti ostale signale valovno-dolžinskega multipleksa (WDM)?

- (A) 194.1THz (B) 194.2THz (C) 194.4THz (D) 194.6THz

7. WDM sistem uporablja kanalski razmak  $\Delta f=100\text{GHz}$ , kjer barvna razpršitev vlakna NZDSF zagotavlja fazno neusklajenost  $\Delta\beta=-2.5\text{rd/km}$ . Kolikšno fazno neusklajenost  $\Delta\beta'=?$  prinese posodobitev sistema, ko kanalski razmak zmanjšamo na tretjino  $\Delta f'=33.3\text{GHz}$ ?

- (A)  $-7.50\text{rd/km}$  (B)  $-0.833\text{rd/km}$  (C)  $-22.5\text{rd/km}$  (D)  $-0.278\text{rd/km}$

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

- (A)  $172\mu\text{m}$  (B)  $572\mu\text{m}$  (C) 3nm (D) 524GHz

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

- (A) 0/100 (B) 15/85 (C) 8/92 (D) 29/71

10. Z merilnikom OTDR za ustrezno vrsto vlakna in uporabljen valovno dolžino lahko merimo naslednjo lastnost medkrajevnega optičnega kabla:

- (A) dolžino  $l$  in slabljenje  $\alpha$  (B) barvno razpršitev  $D$  (C) mejno frekvenco  $\nu$  (D) samo dolžino kabla  $l$

11. Svetleča dioda ima spektralno svetlost  $B_f=220\text{nW/Hz.srd.m}^2$  pri osrednji valovni dolžini  $\lambda=1310\text{nm}$  in pasovni širini  $\Delta\lambda=65\text{nm}$ . Kolikšna moč  $P=?$  se sklaplja iz takšnega vira v enorodovno svetlobno vlakno, če je vir večji od jedra vlakna? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 4.3mW (B) 220nW (C)  $4.3\mu\text{W}$  (D) 220 $\mu\text{W}$

12. Žarek nepolarizirane sončne svetlobe vpada na vodno gladino natančno pod Brewsterjevim kotom  $\theta_B$ . Kakšno polarizacijo ima odbiti žarek od vodne gladine?

- (A) pokončno polarizacijo (B) ni odboja od gladine (C) krožno polarizacijo (D) vodoravno polarizacijo

#### 4. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 21.05.2015

1. Nepolarizirana HeNe laserska cev je dovolj dolga, da niha na dveh vzdolžnih rodovih, ki imata oba enako prečno sliko polja. Za polarizaciji obeh rodov velja:

- (A) ortogonalni RHCP in LHCP      (B) enaki RHCP ali LHCP      (C) ortogonalni linearni      (D) enaki linearni

2. Fotopomnoževalka je vakuumna cev, ki vsebuje fotokatodo, 10 množilnih elektrod in anodo. Učinkovito množenje elektronov dobimo v primeru, ko potencialna razlika dveh sosednjih elektrod doseže vrednost:

- (A) 1000V      (B) 100V      (C) 10V      (D) 1V

3. Pri merjenju mejne valovne dolžine posameznih rodov v svetlobnem vlaknu moramo vlakno oblikovati na naslednji način, da dobimo ponovljiv rezultat:

- (A) v zanko točnega premera      (B) napeti čimbolj ravno      (C) v vijačnico točnega koraka      (D) v cikcak ostrih vogalov

4. Spekter svetlobe infrardeče svetleče diode doseže maksimum pri valovni dolžini  $\lambda_0=1310\text{nm}$  v praznem prostoru. Kolikšen padec napetosti pričakujemo na svetleči diodi, ko ta oddaja navedeno svetlobo? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 1.7V      (B) 2.7V      (C) 0.3V      (D) 0.8V

5. Ojačanje vzbujene HeNe plinske zmesi znaša  $G/l=0.7\text{dB/m}$  v notranjosti ozke kapilare laserske cevi. Kolikšna mora biti dolžina kapilare  $l=?$ , da laser zaniha, če znašata odbojnosti zrcal na koncih cevi  $|\Gamma_1|=0.98$  in  $|\Gamma_2|=1$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 6.25cm      (B) 12.5cm      (C) 25cm      (D) 50cm

6. FP polprevodniški laser za  $\lambda_0=850\text{nm}$  vsebuje pravokoten (aktivni) valovod. Ko laser niha na enem samem (osnovnem) prečnem rodu, ima smerni diagram laserja obliko:

- (A) pahljača v ravnini E      (B) simetrična polkrogla      (C) pahljača v ravnini H      (D) kolimiran ozek žarek

7. Svetleča dioda za valovno dolžino  $\lambda_0=1310\text{nm}$  je sklopljena na enorodovno vlakno G.652 s premerom jedra  $2a=10\mu\text{m}$ . Kakšno PREČNO koherentno dolžino  $d_{\text{PREČNA}}=?$  dosega svetloba, ki izstopa iz FC/PC konektorja na drugem koncu vlakna v prazen prostor? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $1.3\mu\text{m}$       (B)  $10\mu\text{m}$       (C)  $77\mu\text{m}$       (D)  $\infty$

8. Fabry-Perot-ov polprevodniški laser za  $\lambda_0=1310\text{nm}$  dosega pragovni tok  $I_{\text{TH}}=15\text{mA}$  pri temperaturi čipa laserja  $T=+25^\circ\text{C}$ . Kolikšen pragovni tok  $I_{\text{TH}}'=?$  doseže isti laser, ko se v delujoči napravi čip ogreje na  $T=+75^\circ\text{C}$ ?

- (A) 35mA      (B) 15mA      (C) 7mA      (D) 0mA

9. Polprevodniški elektro-absorpcijski modulator (EAM) za valovno dolžino  $\lambda=1550\text{nm}$  s heterostrukturo MQW (InGaAsP) ima naslednjo SLABO lastnost:

- (A) samo ena polarizacija      (B) integracija na čip ni možna      (C) odvisnost od valovne dolžine      (D) zelo počasen odziv

10. Svetlobni modulator je izdelan kot Mach-Zehnder-jev interferometer na podlagi  $\text{LiNbO}_3$  in dosega občutljivost  $U_{\text{ITE}}=6\text{V}$  pri  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ . Pri kateri krmilni napetosti  $U=?$  upade izhodna svetlobna moč (TE) na 10% maksimalne vrednosti  $P=0.1\cdot P_{\text{MAX}}$ ?

- (A) 1.23V      (B) 4.77V      (C) 6.00V      (D) 7.23V

11. Akusto-optični modulator izkorišča Bragg-ov odboj svetlobe. Za kolikšen kot  $2\alpha=?$  se odkloni žarke svetlobe HeNe laserja z valovno dolžino  $\lambda=633\text{nm}$ , če znaša perioda zvočnega valovanja v steklu  $\Lambda=100\mu\text{m}$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $0.363^\circ$       (B)  $3.63^\circ$       (C)  $36.3^\circ$       (D)  $0.363\text{rd}$

12. Argonski ionski  $\text{Ar}/\text{Ar}^+$  laser proizvaja zeleno svetlobno z valovno dolžino  $\lambda_0=514\text{nm}$  v praznem prostoru. Kolikšna je energija  $w=?$  posameznega fotona opisane zelene svetlobe? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A)  $3.87\cdot 10^{-19}\text{eV}$       (B)  $3.87\cdot 10^{19}\text{J}$       (C)  $3.87\cdot 10^{-19}\text{W}$       (D)  $3.87\cdot 10^{-19}\text{J}$

## 5. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 11.06.2015

1. Silicijeva PIN fotodioda doseže kvantni izkoristek  $\eta=80\%$  pri valovni dolžini  $\lambda=900\text{nm}$ . Kolikšna je odzivnost  $I/P=?$  takšne fotodiode pri zaporni napetosti, kjer še ne pride do pojava plazovnega ojačanja? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ ).

- (A) 1.248A/W (B) 0.998A/W (C) 0.724A/W (D) 0.580A/W

2. v koherentnem svetlobnem sprejemniku uporabimo kvadraturno vezavo dveh enakih balančnih sprejemnikov z namenom, da v primerjavi z enim takšim balančnim sprejemnikom:

- (A) znižamo vpliv šuma LO (B) ni odvisen od polarizacije (C) popravimo odstopanje  $\lambda$  (D) znižamo ceno sprejemnika

3. Infrardeči daljinec vsebuje neusmerjeno svetlečo diodo moči  $P_{TX}=10\text{mW}$  na valovni dolžini  $\lambda=900\text{nm}$ . Kolikšno moč prejme sprejemna PIN fotodioda s površino  $A=1\text{mm}^2$  na razdalji  $r=3\text{m}$ , če odboje od sten sobe in slabljenje ozračja zanemarimo?

- (A) -70.5dBm (B) -40.5dBm (C) -100.5dBm (D) 3.16pW

4. Faktor množenja  $M$  plazovne fotodiode z aktivno plastjo iz InGaAs omejuje navzgor naslednja fizikalna veličina oziroma pojav:

- (A) kapacitivnost spoja APD (B) šum plazovnega preboja APD (C) zrnati šum ojačevalnika (D) kvantni izkoristek APD

5. PIN-FET modul vsebuje fotodiodo z odzivnostjo  $I/P=0.8\text{A/W}$  pri valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$ . Kolikšna je transimpedanca modula  $R_t=?$ , če vhodna nemodulirana svetloba moči  $P_0=-20\text{dBm}$  nazivne valovne dolžine daje na izhodu modula napetost  $U_{izh}=100\text{mV}$ ?

- (A)  $1\text{k}\Omega$  (B)  $12.5\text{k}\Omega$  (C)  $80\text{k}\Omega$  (D)  $80\Omega$

6. Brillouinovo sipanje svetlobe opazimo v enorodovnem svetlobnem vlakno kot dodatno svetlobo, ki se siplje v naslednji smeri glede na signal, ki potuje po vlaknu:

- (A) samo v smeri nazaj (B) naprej in nazaj po vlaknu (C) bočno na smer vlakna (D) samo v smeri naprej

7. Erbijeve laserske ojačevalnike za signal  $\lambda_s=1550\text{nm}$  lahko črpamo na različne načine. Kater je glavna prednost črpanja z  $\lambda_c=1480\text{nm}$  v primerjavi s črpanjem z  $\lambda_c=980\text{nm}$ ?

- (A) manjše jedro aktivnega vlakna (B) nižji šum ojačevalnika (C) višja izhodna moč ojačevalnika (D) večja pasovna širina

8. Električni TEM vod z bakrenimi vodniki in majhne izgube dielektrika. Pri enaki količini bakra na enoto dolžine dosega najnižje slabljenje naslednji (skoraj) TEM vod:

- (A) mikrostrip  $Z_k=50\Omega$  na FR4 (B) koaksialni kabel  $Z_k=75\Omega$  (C) ploščati kabel 34 žic (D) sim.parica UTP  $Z_k=100\Omega$

9. Kolikšno je ojačanje  $G[\text{dB}]=?$   $\text{Er}^{3+}$  vlakenskega ojačevalnika pri zelo majhnem vhodnem signalu? Skoraj vsa moč črpalke se pretvori v  $P_{ASE}=5\text{mW}$  šuma pasovne širine  $B=4\text{THz}$  na obeh polarizacijah na izhodu ojačevalnika? ( $f_0=194\text{THz}$ ,  $\mu=1$ ,  $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ )

- (A) 36.9dB (B) 46.9dB (C) 25.3dB (D) 17.5dB

10. 1Gbit/s Ethernet media converter ima dva priključka: RJ45 za UTP kabel ter SC/PC za WDM dupleks 1310nm/1550nm po enorodovnem vlaknu. Pred uporabo moramo nastaviti:

- (A) Ethernet MAC naslov (B) ničesar (nima naslova) (C) IPv4 naslov naprave (D) privzeti prehod in masko

11. Pogostnost napak v optični zvezi najbolj verodostojno in ponovljivo izmerimo z naslednjo vrsto preizkusnega sporočila:

- (A) veriga samih enic 1111111111 (B) katerikoli veljavni okvirji (C) izmenična veriga 010101010101010101 (D) maksimalno zaporedje  $2^N-1$

12. Ethernet okvir vsebuje na začetku MAC naslov prejemnika in nato še MAC naslov pošiljatelja. Ethernet MAC naslov poljubne naprave, kar običajno določi in vpiše proizvajalec, ima naslednjo dolžino:

- (A) 32 bit (B) 64 bit (C) 48 bit (D) 128 bit

## 1. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 10.03.2016

1. Če podvojimo moč oddajnika  $P$  [W] in ostanejo vsi ostali podatki zveze nespremenjeni (pasovna širina  $B$  [Hz], slabljenje prenosne poti  $a$  [dB], spektralna gostota šuma in motenj sprejemnika  $N_0$  [W/Hz]), se zmogljivost zveze  $C$  [bit/s] poveča:

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

2. Slabljenje radijske zveze v povsem praznem prostoru brez ovir in brez absorpcije izraženo kot neimenovano razmerje moči  $P_{RX}/P_{TX}$  je povezano z dometom zveze  $d$  (razdaljo med oddajnikom in sprejemnikom) na naslednji način ( $\alpha$  je konstanta):

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

3. Koaksialni kabel vnaša slabljenje  $a/l=25\text{dB/km}$  pri frekvenci  $f=100\text{MHz}$ . Moč oddajnika znaša  $P_{TX}=100\text{mW}$ . Kolikšno moč dobimo na vходу sprejemnika  $P_{RX}=?$ , ki se nahaja na razdalji  $d=2\text{km}$  od oddajnika? ( $c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ )

- (A)  $316\mu\text{W}$                       (B)  $10\text{pW}$                       (C)  $31.6\text{mW}$                       (D)  $1\mu\text{W}$

4. Koaksialni kabel ima žilo s premerom  $2r_z=3\text{mm}$  in oklop z notranjim premerom  $2r_o=10\text{mm}$ . Dielektrik je polietilen z  $\epsilon_r=2.3$ . ( $c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ ) Mejna frekvenca pojava višjih rodov v takšnem koaksialnem kablu znaša približno:

- (A)  $9.7\text{GHz}$                       (B)  $14.7\text{GHz}$                       (C)  $19.4\text{GHz}$                       (D)  $29.4\text{GHz}$

5. V telekomunikacijskih svetlobnih vlaknih iz kremenovega stekla  $\text{SiO}_2$  se pas valovnih dolžin v okolici  $\lambda_0=1.4\mu\text{m}$  običajno ne uporablja zaradi naslednjega fizikalnega pojava:

- A) IR rezonance molekule  $\text{SiO}_2$                       (B) Rayleighovo sipanje svetlobe                      (C) UV rezonance molekule  $\text{SiO}_2$                       (D) rezonance  $\text{OH}^-$  ionov

6. Evropska zakonodaja omejuje električno poljsko jakost neionizirajočega sevanja na vrednost  $|\vec{E}_{\text{MAX}}|=6\text{veff/m}$ . Kolikšni gostoti pretoka moči  $|\vec{S}_{\text{MAX}}|=?$  ustreza navedena električna poljska jakost v praznem prostoru? ( $c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ ,  $Z_0 \approx 377\Omega$ )

- (A)  $10\text{mW/m}^2$                       (B)  $0.1\text{W/m}^2$                       (C)  $1\text{W/m}^2$                       (D)  $10\text{W/m}^2$

7. Lomni količnik kremenovega stekla  $\text{SiO}_2$  je frekvenčno odvisen in znaša za bližnjo infrardečo svetlobo  $n=1.463$ . Relativna dielektrična konstanta  $\epsilon_r=?$  čistega kremenovega stekla  $\text{SiO}_2$ , ki ni feromagnetik ( $\mu=\mu_0$ ), znaša za valovanje iste frekvence:

- (A) 2.140                      (B) 1.463                      (C) 1.210                      (D) 2.926

8. Nepolarizirana sončna svetloba vpada iz zraka ( $n_{\text{ZRAK}} \approx 1$ ) na vodno gladino ( $n_{\text{VODA}} \approx 1.333$ ). Pri katerem vpadnem kotu  $\theta_B=?$  (Brewster) bo odbiti žarek popolnoma polariziran (TE oziroma HP), saj TM oziroma VP polarizacija takrat popolnoma izgine?

- (A)  $67.5^\circ$                       (B)  $60.9^\circ$                       (C)  $53.1^\circ$                       (D)  $56.3^\circ$

9. Zbiralna leča je izdelana iz stekla z lomnim količnikom  $n_{\text{STEKLO}}=1.5$ . Koliko naj bo debel  $d=?$  antirefleksni sloj z optimalnim lomnim količnikom  $n_{\text{AR}}$ , če lečo uporabimo v DVD čitalniku, ki deluje z valovno dolžino  $\lambda_0=650\text{nm}$  in je okolica zrak ( $n_{\text{ZRAK}} \approx 1$ )?

- (A)  $d=133\mu\text{m}$                       (B)  $d=163\mu\text{m}$                       (C)  $d=265\mu\text{m}$                       (D)  $d=325\mu\text{m}$

10. Pri prestopu svetlobnega žarka iz gostejše snovi z lomnim količnikom  $n_1$  v redkejšo snov z lomnim količnikom  $n_2$  velja  $n_1 > n_2$ . V tem primeru velja naslednja trditev za Brewsterjev kot  $\theta_B$  vpadnega žarka:

- (A)  $\theta_B > \pi/4$                       (B)  $\theta_B < \pi/4$                       (C)  $\theta_B$  ne obstaja                      (D)  $\theta_B > \pi/2$

11. Šibko-lomno svetlobno vlakno ima jedro premera  $2a=50\mu\text{m}$  z lomnim količnikom  $n_1=1.47$  in oblogo zunanjega premera  $2b=125\mu\text{m}$  z lomnim količnikom  $n_2=1.46$ . Kolikšna je numerična apertura  $NA=?$  opisanega svetlobnega vlakna?

- (A) 0.029                      (B) 0.414                      (C) 5.842                      (D) 0.171

12. Izračunajte čas razširitve svetlobnega impulza  $\Delta t=?$ , ki potuje po  $l=10\text{km}$  dolgem svetlobnem vlakno s stopničastim lomnim likom in razmeroma debelim jedrom  $2a \gg \lambda$ , če znaša lomni količnik jedra  $n_1=1.47$  in lomni količnik obloge  $n_2=1.46$ ? ( $c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ )

- (A)  $1.6\text{ns}$                       (B)  $228\text{ns}$                       (C)  $336\text{ns}$                       (D)  $2.28\text{ns}$



## 2. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 31.03.2016

1. Šibko-lomno svetlobno vlakno iz kremenovega stekla s stopničastim lomnim likom ter povprečnim lomnim količnikom  $n=1.46$  dosega numerično aperturo  $NA=0.2$ . Kolikšna je relativna razlika lomnih količnikov jedra in obloge  $\Delta$ =?

- (A) 0.137 (B) 0.068 (C) 0.019 (D) 0.009

2. Teflonska plošča debeline  $d=1\text{cm}$  ima dielektrično konstanto  $\epsilon_r=2.2$  in zelo majhne izgube tudi pri zelo visokih frekvencah. Na obeh straneh plošče je zrak  $n_z=1$ . Pri kateri frekvenci  $f$ =? postane opisana naprava mnogorodovni valovod? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 13.7GHz (B) 48.1GHz (C) 7.66GHz (D) 86GHz

3. Če znižujemo frekvenco valovanja  $f$  in pri tem vzbuja en sam, vedno isti rod valovanja v dielektričnem valovodu, se vpadni kot  $\theta$  na mejo dielektrikov spreminja na naslednji način:

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

4. Krivinsko slabljenje svetlobnega vlakna je posledica tuneliranja valovanja na krivinah dielektričnega valovoda. Svetloba tedaj uhaja iz vlakna:

- (A) v vse smeri (B) bočno na krivino (C) na zunanji strani krivine (D) na notranji strani krivine

5. Lomni količnik kremenovega stekla, ki bo tvorilo oblogo bodočega svetlobnega vlakna znižujemo tako, da v osnovno plinsko zmes postopka MCVD oziroma VAD dodajamo naslednjo zelo čisto kemijsko spojino:

- (A)  $\text{SiCl}_4$  (B)  $\text{GeCl}_4$  (C)  $\text{F}_2$  (D)  $\text{POCl}_3$

6. Razpoložljiva tehnologija nam omogoča izdelavo surovca (preforma) premera  $2r=50\text{mm}$  in dolžine  $l=2\text{m}$ . Kolikšen naj bo premer jedra surovca  $2r'$ =?, če želimo povleči enorodovno telekomunikacijsko vlakno 9/125 brez uporabe tehnologije rod-in-tube?

- (A)  $36\mu\text{m}$  (B)  $3.6\text{mm}$  (C)  $9\mu\text{m}$  (D)  $9\text{mm}$

7. Hitrost vlečenja vlakna iz surovca (preforma) omejuje naslednji tehnološki parameter postopka izdelave vlakna oziroma razpoložljive opreme:

- (A) višina stolpa za vlečenje (B) dopiranje stekla s  $\text{POCl}_3$  (C) temperatura grafitne peči (D) sekundarna zaščita vlakna

8. Kolikšno slabljenje  $a$ =? neželenega odbitega vala pričakujemo za pravilen spoj dveh FC-PC konektorjev med dvema povsem enakima enorodovnim vlaknoma G.652, če privzamemo, da so spojka in oba konektorja nepoškodovani in skrbno očiščeni.

- (A) 80dB (B) 20dB (C) 10dB (D) 40dB

9. V položenem kablju dolžine  $l=50\text{km}$  izmerimo povprečno vrednost polarizacijske rodovne razpršitve  $\Delta t=20\text{ps}$ . Kolikšen je koeficient polarizacijske rodovne razpršitve  $D_{\text{PMD}}$ =? za navedeni kabel?

- (A)  $140\text{ps/km}$  (B)  $2.8\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$  (C)  $0.056\text{ps/km}$  (D)  $0.4\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$

10. V dielektričnem valovodu izračunamo oziroma izmerimo povezavo med fazno konstanto  $\beta$  [rd/m] in krožno frekvenco  $\omega$  [rd/s] v širšem območju frekvenc oziroma valovnih dolžin. Kako v valovodu določimo fazno hitrost  $v_f$ =?

- (A)  $v_f = \beta/\omega$  (B)  $v_f = d^2\omega/d\beta^2$  (C)  $v_f = d\omega/d\beta$  (D)  $v_f = \omega/\beta$

11. V primerjavi z običajnim enorodovnim vlaknom G.652 ima disperzijsko-premaknjeno vlakno (DSF) G.653 naslednjo značilnost:

- (A) tanjše jedro (manjši polmer  $a$ ) (B) nižjo numerično aperturo  $NA$  (C) nižje slabljenje pri  $\lambda=1.55\mu\text{m}$  (D) stopničast lomni lik

12. Zveza dolžine  $l=32\text{km}$  uporablja kabel z NZDSF vlaknom, ki ima koeficient barvne razpršitve  $D=5\text{ps/nm.km}$ . Barvno razpršitev odstranimo s kolutom DCF vlakna, ki ima barvno razpršitev  $D'=-80\text{ps/nm.km}$ . Kolikšno dolžino DCF vlakna  $l'$ =? potrebujemo?

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

### 3. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 21.04.2016

1. Kolikšna je najvišja električna poljska jakost  $E_{MAX}=?$  v jedru enorodovnega vlakna G.652 z efektivno površino  $A_{eff}=70\mu m^2$  in lomnim količnikom  $n_1=1.463$ ? Vlakno napajamo s svetlobnim virom, ki v jedro pošilja moč  $P=25mW$  pri valovni dolžini  $\lambda_0=1550nm$ .

- (A) 215kV/m (B) 607kV/m (C) 429kV/m (D) 858kV/m

2. V amorfnem dielektriku (steklu) brez vgrajenega enosmernega električnega polja najprej opazimo naslednjega od navedenih fizikalnih nelinearnih pojavov:

- (A) Kerrov pojav  $n=\alpha E^2$  (B) Pockelsov pojav  $n=\alpha E$  (C) kubni pojav  $n=\alpha E^3$  (D) konstantni  $n=konst.$

3. Izračunajte zmogljivost zveze  $C=?$ , ki uporablja oddajnik z ozkopasovnim virom na valovni dolžini  $\lambda=1550nm$  in zunanji ON/OFF modulatorjem. Razdaljo  $l=40km$  premošča enorodovno vlakno z  $D=7ps/nm.km$  brez kompenzacije barvne razpršitve. ( $c_0=3\cdot 10^8m/s$ )

- (A) 12.1Gbit/s (B) 21.1Gbit/s (C) 42.2Gbit/s (D) 84.4Gbit/s

4. Optično pasovno-prepustno frekvenčno sito izdelamo kot večslojno strukturo tankih plasti različnih dielektrikov. Sito je načrtovano za nazivno frekvenco pri pravokotnem vpadu svetlobe  $\theta=0$ . Pri poševnem vpadu svetlobe  $\theta>0$  se frekvenca prepustnega pasu:

- (A) zniža (B) ne spremeni (C) izgine (D) zviša

5. Kolikšna je moč presečne točke intermodulacijskega popačenja  $P_{IP3}=?$  vlakna dolžine  $l=1km$  z jedrom efektivne površine  $A_{eff}=70\mu m^2$  in nelinearnostjo  $n_2=2.5\cdot 10^{-20}m^2/W$ , če zanemarimo barvno razpršitev in slabljenje vlakna pri  $\lambda_0=1550nm$ ?

- (A) 31.8mW (B) 13.6mW (C) 296mW (D) 691mW

6. V visokozmogljivi zvezi z valovno-dolžinskim multipleksom (WDM) najdemo motnjo na valovni dolžini  $\lambda_m=1556nm$ . Na kateri valovni dolžini  $\lambda_1=?$  je prisoten eden od dveh močnih signalov, če je valovna dolžina drugega močnega signala  $\lambda_2=1555nm$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8m/s$ )

- (A) 1558nm (B) 1553nm (C) 1554nm (D) 1557nm

7. Kolikšna je spektralna svetlost  $B_f=? [W/Hz.srd.m^2]$  svetleče diode, ki sklaplja svetlobno moč  $P=10\mu W$  v jedro enorodovnega vlakna pri valovni dolžini  $\lambda_0=1310nm$ . Svetleča površina diode je večja od jedra vlakna in sveti v pasovni širini  $\Delta f=15THz$ .

- (A) 3.89mW/Hz.srd.m<sup>2</sup> (B) 389nW/Hz.srd.m<sup>2</sup> (C) 389μW/Hz.srd.m<sup>2</sup> (D) 4W/Hz.srd.m<sup>2</sup>

8. Iz linearno polariziranega laserja želimo dobiti krožno polarizirano svetlobo s pomočjo  $\lambda/4$  ploščice. Slednje NE MOREMO izdelati iz naslednje snovi:

- (A) tanka ravna plošča stekla (B) ostra zanka vlakna G.652 (C) tanek listek dvolomne sljude (D) kos ravnega PANDA vlakna

9. Če v mnogorodovnem gradientnem vlaknu G.651 50/125 vzbujamo samo rodove nižjih redov, na primer s sklopom na vir z enorodovnim vlaknom, bo izmerjena modulacijska pasovna širina  $B'$  [MHz] v primerjavi z dejansko modulacijsko pasovno širino  $B$ :

- (A)  $B'<B$  (B)  $B'\approx B$  (C)  $B'>B$  (D)  $B'\rightarrow 0$

10. Optični reflektometer v časovnem prostoru (OTDR) je silno uporaben merilnik, ki v svoji notranjosti izkorišča naslednjo vrsto vlakenskega sklopnika v vseh različicah, z enorodovnimi vlakni in z mnogorodovnimi vlakni:

- (A) 50/50 (B) 10/90 (C) WDM sklopnik (D) 1/99

11. Kakovosten laser za analogno kabelsko TV ima vzdolžno koherentno dolžino  $l=100m$  ter niha na enem samem rodu z valovno dolžino  $\lambda_0=1310nm$  v praznem prostoru ( $c_0=3\cdot 10^8m/s$ ). Kolikšna je frekvenčna pasovna širina  $\Delta f=?$  Opisanega laserja?

- (A) 30THz (B) 30kHz (C) 3.0GHz (D) 3.0MHz

12. Za izdelavo tiskanih vezij iščemo jedkalo, ki natančno jedka baker ter hkrati ne poškoduje izolirne podlage tiskanega vezja niti zaščitnega premaza (fotolak ali toner). Za jedkanje tiskanih vezij je NEUPORABNA naslednja kemikalija, raztopljena v vodi:

- (A)  $Fe_2O_3$  (B)  $(CH_3)_2CO$  (C)  $Na_2S_2O_8$  (D)  $H_2O_2+HCl$

#### 4. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 19.05.2016

1. Star računalniški monitor uporablja barvno katodno cev s pospeševalno napetostjo  $U_{\text{MAX}}=20\text{kV}$ . Kolikšna je valovna dolžina  $\lambda=?$  nevidne, ampak škodljive rentgenske svetlobe, ki jo seva takšna cev v hekerja? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 62nm (B)  $4.83\cdot 10^{18}\text{Hz}$  (C)  $4.83\text{\AA}$  (D) 62pm

2. Katera od navedenih kemikalij je NEUPORABNA kot fluks (čistilno sredstvo za odstranjevanje oksidov s površine kovin) pri mehkem spajkanju barvnih kovin z evtektično zlitino 63% kositra in 37% svınca?

- (A) stearin (B) solna kislina (C) parafin (D) kolofonija

3. S Fabry-Perot-ovim optičnim spektralnim analizatorjem, ki ima  $\text{FSR}=100\text{GHz}$ , NE MOREMO (smiselno) opazovati spektra naslednjega svetlobnega izvora:

- (A) LED svetleča dioda (B) rdeč HeNe laser  $632.8\text{nm}$  (C) nemoduliran DFB laser (D) nemoduliran EC laser

4. Polprevodniški laser s Fabry-Perot-ovim rezonatorjem dolžine  $l=300\mu\text{m}$  niha na  $N=30$  rodovih okoli osrednje valovne dolžine  $\lambda=1310\text{nm}$ . Kolikšna je širina spektra  $\Delta\lambda=?$ , če znaša povprečni lomni količnik polprevodniške strukture  $n=3.7$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 11nm (B) 23nm (C) 6nm (D) 46nm

5. Kolikšna je vzdolžna koherenčna dolžina  $d=?$  polprevodniškega DFB laserja, ki niha na osrednji valovni dolžini  $\lambda_0=1550\text{nm}$ . Širina spektralne črte nemoduliranega DFB laserja znaša  $\Delta\lambda=0.00003\text{nm}$ . ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 80nm (B)  $80\mu\text{m}$  (C) 80mm (D) 80m

6. Motnjam dnevne svetlobe in drugih neželjenih virov se sprejemni modul infra-rdečega daljinca izogiblje tako, da je vgrajen v ohišje iz temne plastike. Slednje se obnaša kot pasovno prepustno optično sito za naslednjo valovno dolžino:

- (A)  $1.55\mu\text{m}$  (B) 900nm (C)  $1.31\mu\text{m}$  (D) 750nm

7. Elektro-optični modulator je izdelan kot Mach-Zehnder-jev interferometer na podlagi  $\text{LiNbO}_3$ . Če modulator dosega na neugodni polarizaciji TM občutljivost  $U_{\text{TM}}=10.5\text{V}$ , bo isti modulator izkazoval za pravokotno polarizacijo TE boljšo občutljivost  $U_{\text{TE}}$ :

- (A) 3.8V (B) 5.9V (C) 14.0V (D) 29.4V

8. Kolikšno mora biti ojačanje na enoto dolžine  $G/l=?$  v valovodu dolžine  $l=400\mu\text{m}$  Fabry-Perot polprevodniškega laserja, če za odboj na koncih valovoda poskrbi kar meja polprevodnik/zrak? Lomni količnik sredice valovoda znaša  $n_1=3.8$ , zraka  $n_2=1$ .

- (A)  $2.92\text{dB/mm}$  (B)  $5.85\text{dB/mm}$  (C)  $11.7\text{dB/mm}$  (D)  $23.4\text{dB/mm}$

9. Polprevodniški elektro-absorpcijski modulator (EAM) za valovno dolžino  $\lambda=1550\text{nm}$  s heterostrukturo MQW (InGaAsP) potrebuje naslednjo krmilno napetost (merjeno vrh-vrh) za doseganje ugasnega razmerja  $10\log(P_1/P_0)=20\text{dB}$ :

- (A) 50V (B) 5V (C) 500mV (D) 50mV

10. Kolikšen je kot uklonjenih žarkov prvega reda  $\alpha_1=?$  pri Raman-Nath-ovem uklonu svetlobe HeNe laserja  $\lambda=633\text{nm}$  na zvočnem valovanju frekvence  $f=11\text{MHz}$  v sladki vodi. Hitrost zvoka v čisti vodi znaša  $v=1481\text{m/s}$  pri temperaturi  $T=20^\circ\text{C}$ .

- (A)  $4.7\text{mrd}$  (B)  $9.4\text{mrd}$  (C)  $0.47^\circ$  (D)  $0.94^\circ$

11. Polprevodniški laser s pokončnim votlinskim rezonatorjem VCSEL ima naslednjo dobro lastnost v primerjavi z drugimi vrstami polprevodniških laserjev:

- (A) deluje pri višji temperaturi (B) izredno ozka spektralna črta (C) deluje pri dolgih  $\lambda>1550\text{nm}$  (D) preprost sklop na vlakno

12. Disperzijsko-premaknjeno vlakno DSF G.653 ima efektivno površino jedra  $A_{\text{eff}}=30\mu\text{m}^2$  in prenaša svetlobno moč  $P=30\text{mW}$ . ( $Z_0=377\Omega$ ) Gostota svetlobne moči  $|S|$  v jedru z lomnim količnikom  $n_1=1.46$  dosega vrednost:

- (A)  $146\text{MW/m}^2$  (B)  $377\text{MW/m}^2$  (C)  $1\text{GW/m}^2$  (D)  $2\text{GW/m}^2$

## 5. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 09.06.2016

1. Silicijeva PIN fotodiode doseže kvantni izkoristek  $\eta=80\%$  pri valovni dolžini  $\lambda=900\text{nm}$ . Kolikšen kvantni izkoristek iste fotodiode  $\eta'=?$  pričakujemo pri valovni dolžini  $\lambda'=1550\text{nm}$ ? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ ,  $\Delta W_{\text{Si}}=1.1\text{eV}$ ).

- (A) 0% (B) 50% (C) 80% (D) 95%

2. PIN-FET modul dosega občutljivost  $N_f/\text{bit}=2000\text{fotonov/bit}$  pri vsoti kapacitivnosti fotodiode, ojačevalnika in povezav na vhodu  $\Sigma C=3\text{pF}$ . Pri kateri vsoti kapacitivnosti  $\Sigma C'=?$  bi dosegli  $N_f/\text{bit}'=1000\text{fotonov/bit}$ , če se ostale veličine ne spremenijo?

- (A) 12pF (B) 6pF (C) 1.5pF (D) 0.75pF

3. V koherentnem svetlobnem sprejemniku z mešanjem znižamo prispevek amplitudnega šuma DFB laserja, ki ga uporabimo kot lokalni oscilator, na naslednji način:

- (A) dva mešalnika vezana v kvadraturi (B) balančna vezava dveh fotodiod (C) znižanje šuma DFB laserja ni možno (D) sprejemamo obe polarizaciji

4. Amplitudni svetlobni modulator uporabimo v preprosti ON/OFF dvojiški zvezi in pri tem dosežemo ugasno razmerje  $ER=25\text{dB}$ . Kolikšno moč dobimo na izhodu modulatorja v ugasnjem stanju  $P_{\text{OFF}}=?$ , če znaša izhodna moč v vključenem stanju  $P_{\text{ON}}=10\text{mW}$ ?

- (A) 400μW (B) 100nW (C) 31.6μW (D) 1.00mW

5. Lokalni oscilator koherentnega sprejemnika uglašujemo v pasu  $\lambda_0\approx 1.55\mu\text{m}$ . Z nastavljanjem temperature čipa DFB laserja dosežemo premik valovne dolžine  $\Delta\lambda=4\text{nm}$ . V kolikšnem frekvenčnem pasu  $\Delta f=?$  lahko uglašujemo sprejemnik? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 5THz (B) 60GHz (C) 6GHz (D) 500GHz

6. Z osciloskopom izmerimo na izhodu APD-FET modula povprečni napetosti enice  $\langle U_1 \rangle = 200\text{mV}$  in ničle  $\langle U_0 \rangle = 50\text{mV}$ . Zrnati šum opazimo kot povečani šum enice  $\sigma_1=20\text{mV}_{\text{eff}}$  v primerjavi s šumom ničle  $\sigma_0=10\text{mV}_{\text{eff}}$ . Kolikšno je razmerje signal/šum  $Q=?$

- (A) 25.0 (B) 8.33 (C) 5.00 (D) 15.0

7. Ojačevalno vlakno za  $\lambda_0\approx 1.55\mu\text{m}$  izdelamo tako, da sredico vlakna, pretežno iz kremenovega stekla  $\text{SiO}_2$  dopiramo z erbijem v obliki ionov  $\text{Er}^{3+}$ . Ker je erbijevih ionov razmeroma malo, lomni količnik sredice ojačevalnega vlakna povečamo z dodatkom:

- (A)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (B)  $\text{P}_2\text{O}_5$  (C)  $\text{GeO}_2$  (D)  $\text{B}_2\text{O}_3$

8. Erbijeve laserske ojačevalnike uporablja črpalni laser moči  $P_c=80\text{mW}$  na valovni dolžini  $\lambda_c=980\text{nm}$ . Kolikšna je največja moč signala  $P_s=?$  na izhodu ojačevalnika na valovni dolžini  $\lambda_s=1550\text{nm}$ , če ojačevalnik uspe izkoristiti  $\eta=80\%$  fotonov črpalke?

- (A) 101mW (B) 40.5mW (C) 50.5mW (D) 64mW

9. Dvojiško (0 in 1) zaporedje maksimalne dolžine  $2^n-1$ , ki ga uporabljamo za preizkus optične zveze, ima naslednje matematične lastnosti (obkrožite NAPAČEN odgovor):

- (A) enako število enic in ničel (B) dvonivojsko avtokorelacijo (C) spekter  $2^n-1$  črt do  $f_{\text{takta}}$  (D) dobro premešane 1 in 0

10. Oprema Ethernet omrežja 100Mbps po kablu UTP je zaščitena pred prenapetostmi in drugimi škodljivimi zunanji električnimi vplivi na naslednji način:

- (A) s talilnimi varovalkami (B) s sklopnimi kondenzatorji (C) s plinskimi odvodniki (D) z ločilnimi transformatorji

11. Ethernet okvir vsebuje IPv4 okvir dolžine 1500byte in dodatno VLAN glavo. Skupna dolžina opisanega Ethernet okvirja vključno s sinhronizacijsko glavo v tem primeru znaša:

- (A) 1522byte (B) 1514byte (C) 1530byte (D) 1518byte

12. Ethernet okvir vsebuje na začetku 48-bitni MAC naslov prejemnika in nato 48-bitni MAC naslov pošiljatelja. Ethernet MAC naslov poljubne naprave običajno:

- (A) določi naključni algoritem v napravi (B) določi proizvajalec naprave (C) samodejno izbere DHCP (D) vpiše uporabnik

Priimek in ime:

Elektronski naslov:

## 1. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 9.03.2017

1. Radijska zveza s plovila na Marsu dosega zmogljivost  $C=1.0\text{Mbit/s}$  v neskončno veliki pasovni širini  $B\rightarrow\infty$ . Kolikšna bo zmogljivost zveze  $C'=?$ , če pasovno širino modulacije omejimo na  $B'=1\text{MHz}$  in ostanejo vsi ostali podatki zveze enaki?

- (A)  $0.5\text{Mbit/s}$  (B)  $0.693\text{Mbit/s}$  (C)  $0.76\text{Mbit/s}$  (D)  $1.0\text{Mbit/s}$

2. Če iz zračnega telefonskega dvovoda odstranimo Pupinove tuljave, se pasovna širina zveze  $B[\text{kHz}]$  in slabljenje zveze  $\alpha[\text{Np}]$  spremenita na naslednji način:

- (A)  $B$  poveča in  $\alpha$  naraste (B)  $B$  poveča in  $\alpha$  upade (C)  $B$  zmanjša in  $\alpha$  naraste (D)  $B$  zmanjša in  $\alpha$  upade

3. Kolikšna je valovna dolžina  $\lambda=?$  TEM rodu frekvence  $f=250\text{MHz}$  v koaksialnem kablu? Izolacija kabla ima relativno dielektričnost  $\epsilon_r=2.25$  in ni feromagnetik ( $\mu=\mu_0$ ). Učinek kožnega pojava na valovno dolžino je zanemarljiv. ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $0.533\text{m}$  (B)  $0.8\text{m}$  (C)  $1.2\text{m}$  (D)  $1.8\text{m}$

4. Nečistoče v optičnem vlaknu na osnovi kremenovega stekla ( $\text{SiO}_2$ ) povečujejo slabljenje zveze na povsem določenih valovnih dolžinah na naslednji način:

- (A) UV rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla (B) Rayleigh-ovo sipanje (C) IR rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla (D) rezonance  $\text{OH}^-$  ionov

5. Kolikšna je valovna impedanca  $Z=?$  feritnega materiala, ki ima relativno permeabilnost  $\mu_r=160$  in relativno dielektričnost  $\epsilon_r=10$  pri frekvenci  $f=1\text{MHz}$ , kjer smemo zanemariti izgube? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $Z_0\approx 377\Omega$ )

- (A)  $23.5\Omega$  (B)  $94.3\Omega$  (C)  $1508\Omega$  (D)  $6032\Omega$

6. Nepolarizirana svetloba frekvence  $f=474\text{THz}$  vpada iz zraka ( $n_{\text{ZRAK}}\approx 1$ ) na vodno gladino ( $n_{\text{VODA}}\approx 1.333$ ). Pri katerem vpadnem kotu  $\theta_v=?$  bosta odbiti žarek in lomljeni žarek med sabo pravokotna? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $53.1^\circ$  (B)  $56.3^\circ$  (C)  $60.9^\circ$  (D)  $67.5^\circ$

7. HeNe laser oddaja svetlobo z valovno dolžino  $\lambda_0=633\text{nm}$  v praznem prostoru. Kolikšno je valovno število  $k=?$  HeNe svetlobe v steklu z lomnim količnikom  $n=1.5$ ? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $Z_0\approx 377\Omega$ )

- (A)  $4.41\cdot 10^6\text{rd}$  (B)  $6.62\cdot 10^6\text{rd/m}$  (C)  $9.93\cdot 10^6\text{rd}$  (D)  $1.49\cdot 10^7\text{rd/m}$

8. Svetlobni signal  $P_{\text{ZRAK}}=1\text{mW}$  vpada pod pravim kotom ( $\theta=0$ ) iz zraka ( $n_{\text{ZRAK}}\approx 1$ ) na površino čipa fotodiode ( $n_{\text{POLPREVODNIK}}\approx 3.7$ ). Kolikšna moč signala  $P_{\text{POLPREVODNIK}}=?$  prispe v notranjost čipa, če površina čipa ni prekrita z antirefleksnim slojem? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $0.43\text{mW}$  (B)  $0.67\text{mW}$  (C)  $0.57\text{mW}$  (D)  $0.33\text{mW}$

9. Zaščitno kupolo za radarsko anteno, ki deluje na frekvenci  $f=9.375\text{GHz}$ , izdelamo iz smole, ojačane s steklenimi vlakni z relativno dielektričnostjo  $\epsilon_r=4.5$ . Kolikšna naj bo debelina kupole  $d=?$ , da je neželjen odboj radarskih valov najmanjši? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A)  $1.7\text{mm}$  (B)  $3.6\text{mm}$  (C)  $7.5\text{mm}$  (D)  $16\text{mm}$

10. Valovanje prehaja iz gostejše snovi  $n_1$  v redkejšo snov  $n_2$ . Izgube v obeh snoveh so zanemarljivo majhne in velja  $n_1>n_2$ . Za poljuben vpadni kot valovanja  $0\leq\theta_v\leq\pi/2$  tedaj vedno velja naslednja povezava med odbojnostima  $\Gamma_{\text{TE}}$  in  $\Gamma_{\text{TM}}$ :

- (A)  $|\Gamma_{\text{TE}}|\leq|\Gamma_{\text{TM}}|$  (B)  $|\Gamma_{\text{TE}}|\neq|\Gamma_{\text{TM}}|$  (C)  $|\Gamma_{\text{TE}}|\approx|\Gamma_{\text{TM}}|$  (D)  $|\Gamma_{\text{TE}}|\geq|\Gamma_{\text{TM}}|$

11. Kolikšen delež svetlobe  $\eta=?$  rdeče svetleče diode  $\lambda_0=650\text{nm}$  se sklopi v jedro plastičnega optičnega vlakna z numerično aperturo  $\text{NA}=0.47$ ? Čip svetleče diode je dosti manjši od premera jedra vlakna in seva v vse smeri enako. Odboje prepreči AR sloj.

- (A) 12% (B) 6% (C) 23% (D) 3%

12. Valovni vektor  $\vec{k}$  ima v oblogi svetlobnega vlakna, ki vodi valovanje preko popolnega odboja na meji jedro/obloga, naslednje komponente:

- (A) Im prečno in Re vzdolžno (B) Im prečno in Im vzdolžno (C) Re prečno in Re vzdolžno (D) Re prečno in Im vzdolžno

## 2. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ – 30.03.2017

1. Plastično optično vlakno s stopničastim lomnim likom ter povprečnim lomnim količnikom  $n=1.55$  dosega numerično aperturo  $NA=0.47$ . Kolikšna je relativna razlika lomnih količnikov jedra in obloge  $\Delta$ =?

- (A) 0.137 (B) 0.068 (C) 0.046 (D) 0.009

2. Planarni dielektrični valovod ima jedro z lomnim količnikom  $n_1$  in dve enaki oblogi z lomnim količnikom  $n_2$ . Velja  $n_1 > n_2$  in  $k_0 = 2\pi/\lambda_0$ . Med vpadnim kotom žarka  $\theta$  v jedru valovoda in fazno konstanto pripadajočega rodu  $\beta$  velja naslednja povezava:

- (A)  $\beta = n_2 \cdot k_0 \cdot \sin\theta$  (B)  $\beta = n_2 \cdot k_0 \cdot \cos\theta$  (C)  $\beta = n_1 \cdot k_0 \cdot \cos\theta$  (D)  $\beta = n_1 \cdot k_0 \cdot \sin\theta$

3. Kako obdelamo konec enorodovnega vlakna G.652, da doseže najvišjo vrednost odbojnosti  $|r|_{\text{MAX}}$  v področju valovnih dolžin III. komunikacijskega okna?

- (A) odrezan pod pravim kotom (B) potopljen v vodo (C) navit na premer 5mm (D) naključno zlomljen

4. Svetlobno vlakno krožnega prereza s stopničastim lomnim likom, numerično aperturo  $NA$  in jedrom polmera  $a$  je uporabno v enorodovnem načinu delovanja (samo osnovni rod  $HE_{11}$  obeh polarizacij) v naslednjem območju normiranih frekvenc  $V = (2\pi/\lambda_0) \cdot a \cdot NA$ :

- (A) 0–1.8 (B) 1.8–2.405 (C) 1.8–3.83 (D) 2.405–3.83

5. Mejno valovno dolžino  $\lambda_m$  pojava višjih rodov v svetlobnem vlaknu izmerimo tako, da vlakno navijemo na tulec predpisanega premera  $2r$ . Če je premer tulca večji  $2r' > 2r$  od predpisanega premera, bo izmerjena mejna valovna dolžina  $\lambda_m'$ :

- (A)  $\lambda_m' > \lambda_m$  (B)  $\lambda_m' \rightarrow \infty$  (C)  $\lambda_m' = \lambda_m$  (D)  $\lambda_m' < \lambda_m$

6. Dodatek plina fluora ( $F_2$ ) v postopku izdelave zelo čistega stekla za svetlobna vlakna povzroči naslednjo spremembo lastnosti kremenovega stekla (glavnina  $SiO_2$ ):

- (A) zvišanje lomnega količnika (B) znižanje temperature postopka (C) znižanje lomnega količnika (D) znižanje slabljenja

7. Kolikšno dolžino vlakna G.652  $l$ =? lahko povlečemo iz surovca (preforma) dolžine  $l_p=2m$  in premera  $2r_p=25mm$ ? Uporabimo tehnologijo "rod-in-tube": surovec vstavimo v zunanjo kvarčno cev notranjega premera  $2r_1=28mm$  in zunanjšega premera  $2r_2=40mm$ .

- (A) 80km (B) 104km (C) 209km (D) 184km

8. S sukanjem surovca (preforma) med vlečenjem optičnega vlakna iz kremenovega stekla dosežemo naslednjo tehnološko izboljšavo končnega izdelka:

- (A) boljši oprijem primarne zaščite (B) znižamo koeficient PMD (C) preprečimo trganje vlakna (D) omogočimo vijačne rodove

9. Polariziran HeNe laser zasukamo za pokončno polarizacijo, kjer oddaja moč  $P_{TM}=5mW$ . Kolikšno moč lahko dobimo na vodoravni polarizaciji  $P_{TE}$ =?, če med laser in merjenec vstavimo idealen absorpcijski polarizator in ga zasukamo tako, da je  $P_{TE}$  največja?

- (A) 5mW (B) 2.5mW (C) 1.25mW (D) 0.31mW

10. Kateri od navedenih fizikalnih pojavov NIMA večjega učinka na barvno razpršitev enorodovnega vlakna G.652 na osnovi kremenovega stekla?

- (A) IR rezonance stekla  $SiO_2$  (B) Rayleigh-ovo sipanje v steklu (C) UV rezonance stekla  $SiO_2$  (D) valovodni rod  $HE_{11}$

11. Zveza dolžine  $l=40km$  uporablja kabel z NZDSF vlaknom, ki ima koeficient barvne razpršitve  $D=6ps/nm.km$ . Barvno razpršitev odstranimo s kolutom DCF vlakna, ki ima barvno razpršitev  $D'=-80ps/nm.km$ . Kolikšno dolžino DCF vlakna  $l'$ =? potrebujemo?

- (A) 3km (B) 4km (C) 6km (D) 8km

12. Alkalna fotokatoda infrardečega slikovnega pretvornika NE VIDI naslednje vrste svetlobe, opisane z valovno dolžino v praznem prostoru:

- (A) zelena  $\lambda_0=500nm$  (B) rdeča  $\lambda_0=650nm$  (C) bližnja IR  $\lambda_0=850nm$  (D) daljna IR  $\lambda_0=10\mu m$

### 3. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 20.04.2017

1. V zvezi z enorodovnim svetlobnim vlaknom G.652 optični reflektometer v časovnem prostoru (OTDR) NE zazna odbite svetlobe od naslednjega gradnika/pojava:

- (A) spoj dveh FC-PC konektorjev      (B) Rayleighovo sipanje svetlobe      (C) dober zvar dveh vlaken      (D) odboj na koncu zveze

2. Pri kateri svetlobni moči  $P=?$  doseže vršna vrednost električnega polja  $E_{\text{MAX}}=2.1\text{MV/m}$  v enorodovnem svetlobnem vlaknu G.652 z efektivno površino  $A_{\text{eff}}=70\mu\text{m}^2$  in lomnim količnikom  $n_1=1.463$ ? Vir je linearno-polariziran laser z valovno dolžino  $\lambda_0=1550\text{nm}$ . ( $Z_0=377\Omega$ )

- (A) 1W      (B) 0.5W      (C) 0.25W      (D) 124mW

3. Nelinearni lomni količnik stekla (brez vgrajenega enosmernega električnega) polja razvijemo v potenčno vrsto  $n=n_0+n_1\cdot E+n_2\cdot E^2+n_3\cdot E^3+\dots$ . Največji člen vrste je:

- (A) Kerrov pojav  $n_2\cdot E^2$       (B) Pockelsov pojav  $n_1\cdot E$       (D) kubni pojav  $n_3\cdot E^3$       (D) konstantni člen  $n_0$

4. Disperzijsko premaknjeno vlakno (DSF) G.653 ima slabljenje  $\alpha/l=0.5\text{dB/km}$  in efektivno površino jedra  $A_{\text{eff}}=30\mu\text{m}^2$ . Kolikšna je efektivna dolžina  $l_{\text{eff}}=?$  zelo dolgega vlakna  $l \gg l_{\text{eff}}$  za nelinearne pojave, če smemo zanemariti učinek barvne razpršitve?

- (A) 8.7km      (B) 15.3km      (C) 21.7km      (D) 54.3km

5. Po svetlobnem vlaknu peljemo dva močna signala z valovnima dolžinama  $\lambda_1=1550.3\text{nm}$  in  $\lambda_2=1550.6\text{nm}$  v praznem prostoru. Motnje zaradi nelinearnosti pričakujemo na:

- (A) 1550.0nm in 1550.9nm      (B) 1550.4nm in 1550.5nm      (C) 1550.2nm in 1550.4nm      (D) samo na 1550.45nm

6. Pretrgano plastično vlakno s stopničastim lomnim likom in premerom jedra  $2a=2\text{mm}$  skušamo pokrpati s kosom podobnega plastičnega vlakna z enako numerično aperturo  $NA=0.47$  ampak manjšim premerom jedra  $2a'=1\text{mm}$ . Kolikšno dodatno slabljenje pričakujemo?

- (A) 2dB      (B) 3dB      (C) 4dB      (D) 6dB

7. Dogajanje v svetlobnem vlaknu z dvema enakima jedroma opišemo s sodim (sofaznim) rododom in lihim (protifaznim) rododom valovanja. Če osamljeno jedro omogoča razširjanje samo osnovnega rodu  $HE_{11}$ , za fazni konstanti rodov sklopljenih jeder velja:

- (A)  $\beta_{\text{SODI}} < \beta_{\text{LIHI}}$       (B)  $\beta_{\text{SODI}} = \beta_{\text{LIHI}}$       (C)  $\beta_{\text{SODI}} > \beta_{\text{LIHI}}$       (D)  $\beta_{\text{SODI}} = -\beta_{\text{LIHI}}$

8. Sklopnik iz enorodovnih vlaken dolžine  $l=20\text{mm}$  deli vpadno moč svetlobe z valovno dolžino  $\lambda_0=1310\text{nm}$  v razmerju 25/75. Kolikšna je utripna dolžina  $\Lambda=?$  opisanega sklopnika pri nazivni valovni dolžini?

- (A) 4cm      (B) 12cm      (C) 8cm      (D) 20cm

9. Kolikšna je vzdolžna koherenčna dolžina  $d=?$  polprevodniškega DFB laserja, ki deluje na osrednji valovni dolžini  $\lambda_0=1560\text{nm}$  v praznem prostoru? Širina spektralne črte znaša  $\Delta f=14\text{MHz}$  v frekvenčnem prostoru. ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 3m      (B) 7m      (C) 14m      (D) 21m

10. Konec enorodovnega vlakna G.652 s premerom jedra  $2a=9\mu\text{m}$  pravilno odrežemo pod pravim kotom. Kolikšna je prečna koherenčna dolžina  $d=?$  svetlobe, ki izhaja iz odrezanega konca vlakna, če v vlaknu vzbujamo samo osnovni rod  $HE_{11}$  frekvenca  $f=230\text{THz}$ ?

- (A)  $\infty$       (B)  $9\mu\text{m}$       (C)  $1.3\mu\text{m}$       (D) 0

11. Listek sljude ima lomna količnika  $n_x=1.596$  za linearno polarizacijo v smeri  $\vec{E}=\vec{I}_x\cdot E_x$  in  $n_y=1.601$  za linearno polarizacijo v smeri  $\vec{E}=\vec{I}_y\cdot E_y$ . Kolikšna mora biti debelina listka  $d=?$ , da se obnaša kot četrtvalovna ploščica za žarek HeNe laserja  $\lambda_0=633\text{nm}$ ? ( $\vec{k}=\vec{I}_z\cdot k$ )

- (A) 99nm      (B)  $32\mu\text{m}$       (C) 1.6mm      (D)  $4.2\mu\text{m}$

12. Valovno dolžino ničelne barvne razpršitve  $D(\lambda)=0\text{ps/nm.km}$  pomaknemo proti daljšim dolžinam z naslednjim postopkom pri načrtovanju in izdelavi svetlobnega vlakna:

- (A) eliptičnim jedrom      (B) manjšo NA      (C) tanjšim jedrom      (D) sukanjem preforma

Priimek in ime:

Elektronski naslov:

#### 4. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 18.05.2017

1. Radioteleskop sprejema na frekvenci atomarnega vodika  $f=1420.406\text{MHz}$ . Kolikšna je energija fotona  $w=?$ , ki jo pri pripadajočem energijskem prehodu izseva atom vodika? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $Q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 21.1cm (B) 21.1keV (C) 9.41pJ (D) 5.88μeV

2. Fotopomnoževalka je vakuumna cev, ki vsebuje fotokatodo, 8 množilnih elektrod in anodo. Učinkovito množenje elektronov dobimo v primeru, ko uporabni delilnik za napajanje cevi priključimo na vir napetosti:

- (A) 1000V (B) 100V (C) 10V (D) 1V

3. Z optičnim spektralnim analizatorjem, ki vsebuje uklonsko mrežico velikosti  $d=1\text{cm}$ , NE MOREMO razločiti vzdolžnih rodov nihanja naslednjega svetlobnega izvora:

- (A) nemoduliran FP laser 1.3μm (B) rdeč HeNe laser 632.8nm (C) nemoduliran DFB laser 1.55μm (D) nemoduliran FP laser 980nm

4. Polprevodniški laser ima pragovni tok  $I_{TH}=15\text{mA}$ . Pri toku  $I_1=20\text{mA}$  dobimo izhodno moč  $P_1=1.5\text{mW}$  sklopljeno v jedro enorodovnega vlakna. Kolikšno izhodno moč  $P_2=?$  pričakujemo pri toku  $I_2=30\text{mA}$ , če zadržujemo čip laserja na konstantni temperaturi  $T=30^\circ\text{C}$ ?

- (A) 1.5mW (B) 3.0mW (C) 4.5mW (D) 6mW

5. Kolikšna je dolžina čipa polprevodniškega FP laserja, ki izkorišča odboja na mejah polprevodnik  $n_1=3.7$  / zrak  $n_0=1$ ? Ojačanje na enoto dolžine vgrajenega valovoda v čipu laserja znaša  $G/l=10^4\text{dB/m}$  pri nazivnem delovnem toku  $I=30\text{mA}$  skozi PN spoj.

- (A) 241μm (B) 481μm (C) 963μm (D) 1.93mm

6. Z ohlajevanjem čipa polprevodniškega laserja s porazdeljeno povratno vezavo DFB lahko frekvenco izhodnega signala v pasu  $f_0=194\text{THz}$  spremenimo:

- (A) zvišamo za  $\Delta f=3\text{THz}$  (B) znižamo za  $\Delta f=5\text{THz}$  (C) zvišamo za  $\Delta f=200\text{GHz}$  (D) znižamo za  $\Delta f=400\text{GHz}$

7. Polprevodniški laser s Fabry-Perot-ovim rezonatorjem nima višjih prečnih rodov. Vzdolžna koherenčna dolžina proizvedene svetlobe znaša  $d=100\mu\text{m}$  pri osrednji valovni dolžini  $\lambda=1310\text{nm}$ . Kolikšna je širina spektra  $\Delta\lambda=?$  izhodne laserske svetlobe?

- (A) 17nm (B) 23nm (C) 6.7μm (D) 46nm

8. Kolikšna je največja amplituda električne poljske jakosti  $E=?$  v valovodu polprevodniškega optičnega ojačevalnika širine  $w=5\mu\text{m}$  in višine  $h=1\mu\text{m}$  pri izhodni moči  $P=+13\text{dBm}$ ? Lomni količnik sredice valovoda znaša  $n=3.7$ . ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $Z_0=377\Omega$ )

- (A) 1.74MV/m (B) 3.47MV/m (C) 451kV/m (D) 903kV/m

9. Polprevodniški elektro-absorpcijski modulator (EAM) za valovno dolžino  $\lambda=1550\text{nm}$  s heterostrukturo MQW (InGaAsP) ima naslednje slabe lastnosti (obkrožite NAPACNO!):

- (A) počasen odziv  $\tau\sim 10\text{ns}$  (B) odvisnost od valovne dolžine  $\lambda$  (C) nelinearen odziv modulacije (D) odvisnost od temperature

10. Akustooptična celica odklanja žarek argonskega laserja  $\lambda=514\text{nm}$  s pomočjo Braggovega odboja. Hitrost zvočnega valovanja v steklu znaša  $v=4.5\text{km/s}$ . Kolikšna je frekvenca krmiljenja modulatorja  $f=?$  za odklon žarka  $\alpha=0.7^\circ$ ?

- (A) 11GHz (B) 3.4MHz (C) 17MHz (D) 107MHz

11. V pasivnem optičnem omrežju razdelimo signal na  $N=128$  uporabnikov z drevesom vlakenskih sklopnikov 50/50 in pri tem izgubimo  $a=-23\text{dB}$  signala. Kolikšno je vstavitevno slabljenje posameznega delilnika 50/50  $a_0=?$  vključno z zvari?

- (A) 3.01dB (B) 3.29dB (C) 3.50dB (D) 3.92dB

12. Svetlobni modulator je izdelan kot Mach-Zehnder-jev interferometer na podlagi  $\text{LiNbO}_3$  in dosega občutljivost  $U_{\text{MTE}}=6\text{V}$  pri  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ . Pri kateri krmilni napetosti  $U=?$  upade izhodna svetlobna moč (TE) na 25% maksimalne vrednosti  $P=0.25\cdot P_{\text{MAX}}$ ?

- (A) 2.0V (B) 3.0V (C) 4.0V (D) 5.0V



## 5. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 08.06.2017

1. Heterostrukturna InGaAs/InP fotodioda doseže kvantni izkoristek  $\eta=80\%$  pri valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$ . Kolikšen kvantni izkoristek iste fotodiode  $\eta'=?$  pričakujemo pri valovni dolžini  $\lambda'=550\text{nm}$ ? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ ,  $\Delta W_{\text{InP}}=1.34\text{eV}$ )

- (A) 0% (B) 28% (C) 48% (D) 80%

2. PIN-FET modul ima fotodiodo z odzivnostjo  $I/P=0.7\text{A/W}$  in transimpedanco  $R_t=2.85\text{k}\Omega$ . Kolikšna je povprečna optična moč  $P_o=?$  (50%enig, 50%ničel in visoko ugasno razmerje), da ojačevalnik modula pride v nasičenje pri izhodni napetosti  $U_{\text{VRH-VRH}}=500\text{mV}$ ?

- (A) -12dBm (B) -9dBm (C) -6dBm (D) -3dBm

3. Kolikšna je odzivnost  $I/P=?$  InGaAs/InGaAsP plazovne fotodiode, ki ima kvantni izkoristek  $\eta=60\%$  pri valovni dolžini  $\lambda=1480\text{nm}$  in doseže najboljše razmerje signal/šum pri faktorju množenja  $M=20$ ? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 0.72A/W (B) 23.8A/W (C) 1.2A/W (D) 14.3A/W

4. Kateri od navedenih pogojev NI potreben, da interferenco signala in lokalnega oscilatorja zaznamo kot električni signal na priključkih fotodiode?

- (A) majhna razlika svetlobnih frekvenc (B) isti rod valovanja (C) majhna razlika svetlobnih moči (D) ista polarizacija

5. Lokalni oscilator koherentnega sprejemnika uglašujemo v pasu  $\lambda_0\approx 1.55\mu\text{m}$ . Z nastavljanjem toka skozi DFB laser dosežemo premik valovne dolžine  $\Delta\lambda=0.5\text{nm}$ . v kolikšnem frekvenčnem pasu  $\Delta f=?$  lahko uglašujemo sprejemnik? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 5THz (B) 62GHz (C) 6GHz (D) 500GHz

6. Ramanovo sipanje svetlobe opazimo v enorodovnem svetlobnem vlaknu kot dodatno svetlobo, ki se siplje v naslednji smeri glede na signal, ki potuje po vlaknu:

- (A) samo v smeri nazaj (B) naprej in nazaj po vlaknu (C) bočno na smer vlakna (D) samo v smeri naprej

7. Optično zvezo preizkušamo z zaporedjem maksimalne dolžine, ki ga proizvaja dvojiški pomikalni register z linearno povratno vezavo. Pomikalni register ima 20 celic D-flip-flop. Povratna vezava gre iz 3. in 20. celice EXOR na vhod. Dolžina zaporedja je:

- (A) 19 (B) 1023 (C) 131071 (D) 1048575

8. v laserjih na osnovi trdnih snovi (oksidna in fluoridna stekla, različni kristali) imajo zelo ugodne lastnosti, dolgo življenjsko dobo vzbujenega stanja, 3+ ioni naslednje skupine elementov v periodičnem sistemu:

- (A) alkalije (B) aktinidi (C) halogeni (D) lantanidi

9. Sodobni svetlobni  $\text{Er}^{3+}$  ojačevalnik vsebuje aktivno vlakno, ki ima sredico dodatno dopirano z  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Slednja omogoča večjo gostoto aktivnih  $\text{Er}^{3+}$  ionov. Dolžina aktivnega vlakna v takšnem ojačevalniku znaša:

- (A) 400 $\mu\text{m}$  (B) 30cm (C) 20m (D) 10km

10. UTP kabel za Ethernet vsebuje štiri parice. Če sta v kablu prekinjeni obe žici parice, ki naj bi bili povezani na priključka 7 in 8 vtikača RJ45, s takšnim kablom ne bo delovalo naslednje:

- (A) 100Mbps in 1Gbps (B) kakršnakoli zveza (C) 1Gbps in PoE (D) samo 10Mbps

11. Ethernet zveza po UTP kablu se po izvedbi postopkov auto-MDIX in auto-negotiation nastavi na hitrost 100Mbps v načinu full-duplex. Ko po takšnem kablu ni aktivnega prometa podatkovnih okvirjev, je na kablu prisoten naslednji signal:

- (A) znaki idle (B) samo FLP (C) okvirji pause (D) brez signala

12. Ethernet stikalo je opremljeno z vtičnicami RJ45 in SFP modulom za 1Gbps full-duplex oddajo in sprejem po dveh vlaknih. Modulacija optike je preprosta ON/OFF. Očesni vzorec optičnega signala ima periodo:

- (A) 800ps (B) 1000ps (C) 1250ps (D) 500ps

## 1. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 08.03.2018

1. Zaradi staranja gradnikov upade moč oddajnika na polovico  $P'=P/2$ . Vsi ostali podatki zveze ostanejo nespremenjeni: pasovna širina, slabljenje prenosne poti, spektralna gostota šuma sprejemnika. Zmogljivost zveze  $C'$  [bit/s] upade na:

- (A)  $C'=C/2$  (B)  $C'>C/2$  (C)  $C'<C/2$  (D)  $C'=C$

2. Ar/Ar<sup>+</sup> laser oddaja žarek zelene svetlobe, ki ga v praznem prostoru opisuje valovni vektor  $\vec{k}=(\vec{i}_x+\vec{i}_y+\vec{i}_z)\cdot 7.06\cdot 10^6\text{rd/m}$ . Kolikšna je valovna dolžina laserske svetlobe  $\lambda=?$  v praznem prostoru  $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $Z_0\approx 377\Omega$ ?

- (A) 890nm (B) 629nm (C) 514nm (D) 297nm

3. Z izbiro svetlobne hitrosti  $c_0=299792458\text{m/s}$  v praznem prostoru ( $\epsilon_0$  in  $\mu_0$ ) je določena velikost naslednje merske enote v mednarodnem sistemu merskih enot MKSA (meter, kilogram, sekunda, amper):

- (A) m (meter) (B) kg (kilogram) (C) s (sekunda) (D) A (amper)

4. Za komunikacijo na velike razdalje uporabimo kovinski valovod krožnega prereza, bakreno cev iz katere izčrpamo zrak za čim nižje slabljenje zrak. V valovodu krožnega prereza ima pri dovolj visoki frekvenci najnižje slabljenje naslednji valovodni rod:

- (A)  $TE_{11}$  (B)  $TM_{01}$  (C)  $TM_{11}$  (D)  $TE_{01}$

5. Kateri fizikalni pojav ima največji doprinos slabljenju svetlobnega vlakna iz kremenovega stekla pri frekvenci  $f=170\text{THz}$ ? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) UV rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla (B) Rayleigh-ovo sipanje (C) IR rezonance  $\text{SiO}_2$  stekla (D) rezonance nečistoč

6. Čip polprevodniškega laserja ima lomni količnik  $n=3.7$  za svetlobo laserja frekvence  $f=230\text{THz}$ . Pod kakšnim kotom  $\theta=?$  mora vpadati žarek na stranico čipa, da ne pride do odboja polarizirane svetlobe laserja pri izhodu iz čipa v zrak?

- (A)  $15.1^\circ$  (B)  $4.2^\circ$  (C)  $27.5^\circ$  (D)  $30.0^\circ$

7. Okrasni bazenček globine  $h=0.5\text{m}$  ima na dnu podvodno svetilko. Kolikšna je površina osvetljenega kroga  $A=?$  na vodni gladini, kjer svetilko vidimo iz zraka  $n_{\text{zrak}}=1$ ? Lomni količnik vode znaša približno  $n_{\text{voda}}=1.333$  za vidno svetlobo.

- (A)  $0.444\text{m}^2$  (B)  $2.02\text{m}^2$  (C)  $0.888\text{m}^2$  (D)  $1.01\text{m}^2$

8. Zaščitno kupolo za satelitsko anteno, ki deluje na frekvenci  $f=19.6\text{GHz}$ , izdelamo iz smole, ojačane s steklenimi vlakni z relativno dielektričnostjo  $\epsilon_r=4.5$ . Kolikšna naj bo debelina kupole  $d=?$ , da je neželjen odboj satelitskega signala najmanjši? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 1.7mm (B) 3.6mm (C) 7.5mm (D) 16mm

9. Šibko-lomno svetlobno vlakno na osnovi kremenovega stekla (lomni količnik  $\text{SiO}_2$  je v velikostnem razredu  $n\approx 1.46$ ) dosega numerično aperturo  $NA=0.2$ . Kolikšna je relativna razlika lomnih količnikov  $\Delta=?$  šibko-lomnega vlakna?

- (A) 0.0094 (B) 0.0685 (C) 0.0047 (D) 0.0343

10. Kolikšen delež svetlobe  $\eta=?$  zelene svetleče diode  $\lambda_0=550\text{nm}$  se sklopi v jedro plastičnega optičnega vlakna z numerično aperturo  $NA=0.47$ ? Čip svetleče diode je dosti manjši od premera jedra vlakna in seva v vse smeri enako. Odboje prepreči AR sloj.

- (A) 12% (B) 6% (C) 23% (D) 3%

11. Pri iskanju Brewsterjevega kota ne dobimo ostre ničle na površini trdne snovi, pač pa samo minimum odboja polarizirane svetlobe nazaj v zrak. Kaj NI vzrok tega pojava?

- (A) vir ni TM (HP) polariziran (B) površina snovi ni vzporedna  $\vec{E}$  (C) snov ima  $n_{\text{snov}}<n_{\text{zrak}}$  (D) snov ima izgube  $\gamma\neq 0$

12. Sevanje Sonca dosega na površju Zemlje električno poljsko jakost  $|\vec{E}_{\text{eff}}|=614\text{V}_{\text{eff}}/\text{m}$ . Kolikšni gostoti pretoka moči  $|\vec{S}|=?$  ustreza navedena električna poljska jakost v praznem prostoru? ( $c_0\approx 3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $Z_0\approx 377\Omega$ )

- (A)  $10\text{kw}/\text{m}^2$  (B)  $0.1\text{kw}/\text{m}^2$  (C)  $10\text{W}/\text{m}^2$  (D)  $1\text{kw}/\text{m}^2$

## 2. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 29.03.2018

1. Svetloba izstopa iz pravilno odrezanega konca optičnega vlakna. Na oddaljenosti  $d=10\text{cm}$  osvetli krog premera  $2r=2.4\text{cm}$  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

2. Kolikšna sme biti največja debelina  $d=?$  steklene opne z lomnim količnikom  $n=1.5$ , da se skupaj z okoliškim zrakom ( $\mu_0, \epsilon_0$ ) obnaša kot enorodovni planarni valovod za rdečo svetlobo HeNe laserja  $f=474\text{THz}$ ? ( $c_0=3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 283nm (B) 566nm (C) 1.13 $\mu\text{m}$  (D) 2.26 $\mu\text{m}$

3. 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)

4. 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 zmogljivost zveze  $C=?$  pri dolžini  $l=6.8\text{km}$ , če premer jedra omogoča veliko rodov in zahtevamo razširitev  $\Delta t < T/3$ ?

- (A) 1Mbit/s (B) 3Mbit/s (C) 10Mbit/s (D) 30Mbit/s

5. Kolikšen premer  $2a=?$  naj ima svetlobno vlakno z numerično odprtino  $NA=0.2$ , ki naj bo enorodovno za zeleno svetlobo Ar/Ar+ laserja  $\lambda=514\text{nm}$ ? Premer jedra izberemo tik ob meji pojava višjih rodov, da je krivinsko slabljenje najmanjše.

- (A) 1 $\mu\text{m}$  (B) 2 $\mu\text{m}$  (C) 4 $\mu\text{m}$  (D) 8 $\mu\text{m}$

6. Sodobna enorodovna svetlobna vlakna, izdelana danes po standardu ITU G.652, se bistveno razlikujejo od vlaken, izdelanih pred tremi desetletji po istem okvirnem standardu v naslednji lastnosti:

- (A) nižji koeficient PMD (B) nižje slabljenje (C) nižja raven nečistoč v jedru (D) večje jedro vlakna

7. Svetlobna vlakna na osnovi kremenovega stekla spajamo z varjenjem z električnim lokom. Pri spajanju enorodovnih vlaken nastavimo čas trajanja  $t=?$  električnega loka na naslednjo okvirno vrednost:

- (A) 3min (B) 3ms (C) 0.1s (D) 2s

8. Kolikšno vstavitveno slabljenje  $a=?$  pričakujemo za pravilen spoj dveh FC-PC konektorjev med dvema povsem enakima enorodovnim vlaknoma G.652, če privzamemo, da so spojka in oba konektorja nepoškodovani in skrbno očiščeni.

- (A) 0.5dB (B) 2dB (C) 0.1dB (D) 10dB

9. V položenem kablju dolžine  $l=50\text{km}$  izmerimo povprečno vrednost polarizacijske rodovne razpršitve  $\Delta t=20\text{ps}$ . Kolikšen je koeficient polarizacijske rodovne razpršitve  $D_{\text{PMD}}=?$  za navedeni kabel?

- (A) 0.4ps/ $\sqrt{\text{km}}$  (B) 2.8ps/km (C) 0.4ps/km (D) 2.8ps/ $\sqrt{\text{km}}$

10. Kateri od navedenih fizikalnih pojavov ima največji učinek na barvno razpršitev enorodovnega vlakna G.652 na osnovi kremenovega stekla pri  $f=200\text{THz}$ ? ( $c_0=3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) IR rezonance stekla  $\text{SiO}_2$  (B) Rayleigh-ovo sipanje v steklu (C) UV rezonance stekla  $\text{SiO}_2$  (D) valovodni rod  $\text{HE}_{11}$

11. Zveza dolžine  $l=40\text{km}$  uporablja kabel z enorodovnim SI vlaknom, ki ima koeficient barvne razpršitve  $D=16\text{ps/nm.km}$ . Barvno razpršitev odstranimo s kolutom DCF vlakna, ki ima barvno razpršitev  $D'=-80\text{ps/nm.km}$ . Kolikšno dolžino DCF vlakna  $l'=?$  potrebujemo?

- (A) 3km (B) 4km (C) 6km (D) 8km

12. Vlakno G.652 dolžine  $l=60\text{km}$  uporabljamo pri frekvenci  $f=230\text{THz}$ , kjer je koeficient barvne razpršitve enak nič  $D(\lambda)=0\text{ps/nm.km}$ . Kakšno vrednost doseže skupinska zakasnitev  $t_g=?$  pri navedeni frekvenci?

- (A)  $t_g=0$  (B)  $t_g \rightarrow \infty$  (C)  $t_g=t_{g\text{MIN}}$  (D)  $t_g=t_{g\text{MAX}}$

### 3. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 19.04.2018

1. Disperzijsko premaknjeno vlakno (DSF) G.653 doseže ničelno barvno razpršitev  $D=0\text{ps/nm.km}$  okoli valovne dolžine  $\lambda_0=1550\text{nm}$ . Kolikšna je površina jedra vlakna G.653 v primerjavi s površino jedra običajnega enorodovnega vlakna G.652?

- (A)  $A_{653} < A_{652}$  (B)  $A_{653} \approx A_{652}$  (C)  $A_{653} > A_{652}$  (D)  $A_{653} \rightarrow 0$

2. V zvezi z enorodovnim svetlobnim vlaknom G.652 optični reflektometer v časovnem prostoru (OTDR) zazna najmočnejši odboj svetlobe od naslednjega gradnika/poja:va:

- (A) spoj dveh FC-PC konektorjev (B) Rayleighovo sipanje svetlobe (C) dober zvar dveh vlaken (D) odboj na odprtem koncu

3. Standardno enorodovno vlakno G.652 ima slabljenje  $\alpha/l=0.35\text{dB/km}$  pri valovni dolžini  $\lambda_0=1310\text{nm}$ . Kolikšna je efektivna dolžina  $l_{\text{eff}}=?$  zelo dolgega vlakna  $l \gg l_{\text{eff}}$  za nelinearne pojave, če smemo zanemariti učinek barvne razpršitve  $D \rightarrow 0$  pri  $\lambda_0=1310\text{nm}$ ?

- (A) 3.5km (B) 12.4km (C) 21.7km (D) 38.0km

4. Območje valovnih dolžin, ki jih zazna vakuumška cev infrardečega slikovnega pretvornika, je odvisno od naslednje lastnosti oziroma veličine:

- (A) fosforja zaslona anode (B) napetosti med elektrodama  $U_{AK}$  (C) snovi foto-katode (D) anodnega toka  $I_A$

5. Kolikšna je valovno-dolžinska pasovna širina  $\Delta\lambda=?$  (v praznem prostoru) enorodovnega polprevodniškega DFB laserja, ki ima pri osrednji frekvenci  $f=194\text{THz}$  frekvenčno pasovno širino  $\Delta f=20\text{MHz}$ ? ( $c_0=3 \cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 1.6nm (B) 0.16nm (C) 1.6pm (D) 0.16pm

6. v WDM sistemu s kanalskim razmakom  $\Delta f=100\text{GHz}$  barvna razpršitev +NZDSF vlakna daje efektivno dolžino  $l_{\text{eff}}=400\text{m}$  za pojav štiri-valovnega mešanja dveh sosednjih kanalov. Kolikšna bi bila efektivna dolžina  $l_{\text{eff}}'=?$  pri polovičnem razmaku  $\Delta f=50\text{GHz}$ ?

- (A) 1.6km (B) 800m (C) 200m (D) 100m

7. Na zaslonu merilnika OTDR vidimo dva odboja, ki sta med sabo oddaljena za  $\Delta t=20\mu\text{s}$  na časovni skali. Kolikšni razdalji  $\Delta l=?$  ustreza navedena razlika v času prihoda obeh odbojev od dveh konektorskih spojev na steklenem vlaknu? ( $c_0=3 \cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $n \approx 1.5$ )

- (A) 1km (B) 2km (C) 1.5km (D) 3km

8. Pred varjenjem moramo oba konca enorodovnega steklenega vlakna G.652 pravilno odrezati. Kakovost reza ocenimo oziroma izmerimo z naslednjim pripomočkom:

- (A) vlakenskim merilnikom OTDR (B) vlakenskim merilnikom OFDR (C) optičnim mikroskopom (D) elektronskim mikroskopom

9. Barvna razpršitev vlakna G.652 omejuje domet zveze zmogljivosti  $C=10\text{Gbit/s}$  na  $l=64\text{km}$  s kakovostnim oddajnikom z zunanjim ON/OFF modulatorjem. Kolikšen je domet  $l'=?$  zveze zmogljivosti  $C'=40\text{Gbit/s}$  z istim oddajnikom po enakem vlaknu?

- (A) 32km (B) 16km (C) 4km (D) 1km

10. Konec enorodovnega vlakna G.652 s premerom jedra  $2a=9\mu\text{m}$  pravilno odrežemo pod pravim kotom. Kolikšna je prečna koherenčna dolžina  $d=?$  svetlobe, ki izhaja iz odrezanega konca vlakna, če v vlaknu vzbujamo samo osnovni rod  $HE_{11}$  frekvence  $f=194\text{THz}$ ?

- (A)  $\infty$  (B)  $9\mu\text{m}$  (C)  $1.55\mu\text{m}$  (D) 0

11. Brillouinovo sipanje svetlobe je nelinearen pojav v enorodovnem vlaknu na osnovi kremenovega stekla ( $\text{SiO}_2$ ) z naslednjimi lastnostmi (obkrožite NAPAČEN odgovor):

- (A) se svetloba siplje samo nazaj (B) ima visoko pragovno moč  $>1\text{W}$  (C) spreminja frekvenco (D) je izredno ozkopasovno

12. Žarek nepolarizirane sončne svetlobe vpada na steklo pokončnega okna natančno pod Brewsterjevim kotom  $\theta_B$ . Kakšno polarizacijo ima odbiti žarek od okenskega stekla?

- (A) pokončno polarizacijo (B) ni odboja od okna (C) krožno polarizacijo (D) vodoravno polarizacijo

#### 4. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 17.05.2018

1. Polprevodniški laser daje pri toku  $I_1=15\text{mA}$  izhodno moč  $P_1=1\text{mW}$ . Izhodna moč laserja se poveča na  $P_2=3\text{mW}$  pri toku  $I_2=25\text{mA}$ . Kolikšen je pragovni tok laserja  $I_{\text{TH}}=?$ , če Peltier-ova toplotna črpalka zadržuje temperaturo čipa laserja na  $T=25^\circ\text{C}$ ?

- (A) 10mA (B) 15mA (C) 20mA (D) 25mA

2. Polprevodniški laser niha na osrednji valovni dolžini  $\lambda_0=1.31\mu\text{m}$  brez višjih prečnih rodov. Širina spektra znaša  $\Delta\lambda=3\text{nm}$ . Kolikšna je prečna koherenčna dolžina svetlobe  $d_{\text{prečna}}=?$ , ki izstopa iz odprtine laserja  $h=2\mu\text{m}$  in  $w=10\mu\text{m}$ ? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 3nm (B)  $10\mu\text{m}$  (C)  $572\mu\text{m}$  (D)  $\infty$

3. Svetleča dioda proizvaja modro svetlobno z valovno dolžino  $\lambda_0=450\text{nm}$  v praznem prostoru. Kolikšna je energija  $w=?$  posameznega fotona opisane modre svetlobe? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 3.40eV (B) 2.76eV (C)  $3.87\cdot 10^{-19}\text{J}$  (D)  $4.41\cdot 10^{-19}\text{W}$

4. Z optičnim spektralnim analizatorjem s Fabry-Perot-ovim resonatorjem s  $\text{FSR}=10\text{GHz}$  lahko izmerimo spekter naslednjega vira svetlobe:

- (A) polprevodniški FP laser (B) naravna svetloba Sonca (C) polprevodniški DFB laser (D) svetleča dioda LED

5. Plinski laserji z razredčenimi plini  $p\ll 1\text{bar}$  imajo naslednje električne oziroma optične lastnosti (obkrožite NAPAČEN odgovor):

- (A) slab energijski izkoristek (B) majhno vzdolžno koherenčno dolžino (C) nizko ojačanje aktivne snovi (D) napajanje visoka napetost

6. Akusto-optični modulator izkorišča Raman-Nath-ov uklon svetlobe. Uklonjena žarka prvega reda se odklonita za kot  $\alpha=\pm 0.2^\circ$ . Kolikšna je valovna dolžina zvočnega valovanja  $\Lambda=?$  za zeleno svetlobo argonskega laserja  $\lambda=514\text{nm}$ ?

- (A)  $147\mu\text{m}$  (B)  $295\mu\text{m}$  (C)  $589\mu\text{m}$  (D)  $1.47\text{mm}$

7. Optično vlakno dolžine  $l=50\text{km}$  krmilimo z dvema črtama na razdalji  $\Delta f=100\text{GHz}$ . Koeficient barvne razpršitve vlakna znaša  $D=17\text{ps/nm.km}$  pri osrednji frekvenci. Za koliko  $\Delta a[\text{dB}]=?$  narastejo produkti FWM (IMD), če razmak črt razpolovimo na  $\Delta f'=50\text{GHz}$ ?

- (A) +3dB (B) +6dB (C) +12dB (D) +24dB

8. Optična zveza ima zmogljivost  $10\text{Gbit/s}$  s preprosto ON/OFF modulacijo brez vnaprejšnjega popravljanja napak FEC. Uporabnik zahteva pogostnost napak nižjo od  $\text{BER}<10^{-14}$ . Koliko časa potrebujemo za meritev BER, da zaznamo vsaj eno napako?

- (A) 10s (B) 2min (C) 17min (D) 2.8h

9. Svetlobni modulator je izdelan kot Mach-Zehnder-jev interferometer na podlagi  $\text{LiNbO}_3$  in dosega občutljivost  $U_{\text{MTE}}=6\text{V}$  pri  $\lambda=1.55\mu\text{m}$ . Pri kateri krmilni napetosti  $U=?$  upade izhodna svetlobna moč (TE) na 90% maksimalne vrednosti  $P=0.9\cdot P_{\text{MAX}}$ ?

- (A) 1.23V (B) 4.77V (C) 6.00V (D) 7.23V

10. Polprevodniški laser s Fabry-Perot-ovim resonatorjem je izdelan za osrednjo valovno dolžino  $\lambda=1310\text{nm}$ . Pragovni tok laserja znaša  $I_{\text{TH}}=3\text{mA}$  na sobni temperaturi. Kolikšen je padec napetosti  $U=?$  na laserski diodi pri krmiljenju s pragovnim tokom?

- (A) 0.2V (B) 0.5V (C) 1.2V (D) 2.3V

11. V pasivnem optičnem omrežju razdelimo signal na  $N=64$  uporabnikov z drevesom vlakenskih sklopnikov 50/50 in pri tem izgubimo  $a=-23\text{dB}$  signala. Kolikšno je vstavitevno slabljenje posameznega delilnika 50/50  $a_0=?$  vključno z zvari?

- (A) 3.01dB (B) 3.29dB (C) 3.50dB (D) 3.83dB

12. Barvna razpršitev in PMD omejujeta hitrost prenosa po svetlobnem vlaknu na  $R=15\cdot 10^9\text{znakov/s}$ . Kolikšna je skupna zmogljivost zveze  $C=?$ , ki uporablja znake iz nabora QAM16 na obeh med sabo neodvisnih polarizacijah?

- (A) 30Gbit/s (B) 60Gbit/s (C) 120Gbit/s (D) 240Gbit/s

## 5. tiha vaja iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ - 07.06.2018

1. Brillouinovo sipanje proizvaja signal in ojačanje v smeri nazaj v enorodovnem vlaknu, ki ima v primeru ozkopasovnega izvornega signal premaknjeno frekvenco v naslednji smeri:

- (A) -13THz dol (B) -10GHz dol (C) +10GHz gor (D) +13THz gor

2. Heterostrukturna InGaAs/InP fotodioda doseže kvantni izkoristek  $\eta=80\%$  pri valovni dolžini  $\lambda=1550\text{nm}$ . Kolikšen kvantni izkoristek iste fotodiode  $\eta'=?$  pričakujemo pri valovni dolžini  $\lambda'=1310\text{nm}$ ? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ ,  $\Delta W_{\text{InP}}=1.34\text{eV}$ )

- (A) 0% (B) 20% (C) 75% (D) 95%

3. Ethernet okvirji imajo pri prenosu s hitrostjo  $C=100\text{Mbit/s}$  po prepleteni parici (kابلu UTP) vgrajeno naslednjo zaščito prenosa podatkov:

- (A) Reed-Solomon dvostopenjski FEC (B) ARQ ponavljanje izgubljenih okvirjev (C) nobene zaščite podatkov (D) 32-bitni CRC (4byte)

4. Polprevodnik selen ima prepovedan energijski pas  $\Delta W_{\text{se}}=1.95\text{eV}$ . Kolikšna je največja valovna dolžina  $\lambda_{\text{MAX}}=?$  svetlobe, ki lahko vpliva na upornost palice selen?

( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 636nm (B) 1120nm (C) 1310nm (D) 1573nm

5. PIN-FET modul dosega občutljivost  $N_f=1000$  fotonov/bit za  $\text{BER}=10^{-9}$  pri kapacitivnosti fotodiode  $C_d=0.3\text{pF}$  in kapacitivnosti ojačevalnika  $C_0=0.2\text{pF}$ . Kolikšno občutljivost  $N_f'=?$  bi dosegel modul z boljšo fotodiodo  $C_d'=0.1\text{pF}$ ? Vsi ostali podatki ostanejo enaki.

- (A) 600 fotonov/bit (B) 775 fotonov/bit (C) 880 fotonov/bit (D) ni sprememb

6. Optično zvezo preizkušamo z zaporedjem maksimalne dolžine, ki ga proizvaja dvojiški pomikalni register z linearno povratno vezavo. Pomikalni register ima 31 celic D-flip-flop. Povratna vezava gre iz 28. in 31. celice EXOR na vhod. Dolžina zaporedja je:

- (A) 2147483647 (B) 268435455 (C) 131071 (D) 1048575

7. Kolikšen je kvantni izkoristek  $\eta=N_e/N_f=?$  PIN fotodiode pri valovni dolžini  $\lambda=1310\text{nm}$ , če znaša njena odzivnost  $I/P=0.5\text{A/W}$  pri isti valovni dolžini? ( $h=6.626\cdot 10^{-34}\text{Js}$ ,  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ ,  $q_e=-1.6\cdot 10^{-19}\text{As}$ )

- (A) 95% (B) 33% (C) 68% (D) 47%

8. Enorodovno ojačevalno vlakno ima jedro premera komaj  $2a=3\mu\text{m}$  dopirano z erbijevimi ioni  $\text{Er}^{3+}$ . Obloga ojačevalnega vlakna je iz čistega kremenovega stekla  $\text{SiO}_2$ . Za najboljše lastnosti ojačevalnika lomni količnik jedra povečuje naslednji dodatek:

- (A)  $\text{GeO}_2$  (B)  $\text{B}_2\text{O}_3$  (C)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (D)  $\text{P}_2\text{O}_5$

9. Kaj omejuje porabo energije naprave, ki jo napajamo preko PoE po UTP kابلu z vtičnicami RJ45? Obkrožite NAPAČNI odgovor!

- (A) dopustni tok v žicah UTP kabla (B) hitrost prenosa podatkov v Ethernetu (C) enosmerna napetost na RJ45 (D) upornost žic UTP kabla

10. Več radijskih oddajnikov, ki delajo na različnih kanalih v skupnem frekvenčnem pasu, želimo povezati na eno samo skupno anteno na stolpu. Najučinkovitejša rešitev je:

- (A) kretnica s frekvenčnimi siti (B) vezje smernih sklopnikov (C) uporovni združevalnik signalov (D) vezava ni izvedljiva

11. Ethernet zveza po UTP kابلu se po izvedbi postopkov auto-MDIX in auto-negotiation nastavi na hitrost  $C=10\text{Mbps}$  v načinu full-duplex. Ko po takšnem kابلu ni aktivnega prometa podatkovnih okvirjev, je na kابلu prisoten naslednji signal:

- (A) znaki idle (B) brez signala (C) okvirji pause (D) link pulzi

12. Erbijev optični ojačevalnik z dvosmernim črpanjem  $980\text{nm}+1480\text{nm}$  vsebuje izravnalno sito v sredini, ki daje konstantno ojačanje v celotnem pasu  $\lambda_0=1530\text{nm}\dots 1565\text{nm}$ . Kolikšna je frekvenčna pasovna širina  $B=?$  opisanega ojačevalnika? ( $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ )

- (A) 35.0THz (B) 125GHz (C) 4.4THz (D) 35.0GHz