

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 30.06.1998

1. Plinski laser ima vgrajeno Brewster-jevo okno iz stekla z lomnim količnikom $n=1.5$. Izračunajte kot med stekleno ploščico in osjo laserske cevi! Koliko znašajo dodatne izgube svetlobe (v decibelih) za neželjeno polarizacijo pri enem prehodu žarka skozi ploščico? Upoštevajte glavna odboja na obeh površinah ploščice, odboje višjih redov pa zanemarite!

2. Izračunajte premer jedra enorodovnega vlakna s stopničastim lomnim likom, da bo znašala mejna valovna dolžina $\lambda=1.3\mu\text{m}$ za nastanek višjih rodov ($v=2.405$)! Lomni količnik obloge je $n_2=1.482$, jedra pa $n_1=1.487$. Kolikšna je numerična apertura takšnega vlakna?

3. Polprevodniški laser iz mešanice polprevodnikov InGaAsP za valovno dolžino $\lambda=1.3\mu\text{m}$ vsebuje dielektrični valovod pravokotne oblike. Svetloba izstopa iz rezonatorja skozi pravokotnik višine $h=3\mu\text{m}$ in širine $w=10\mu\text{m}$. Določite -3dB širino izstopnega svetlobnega snopa v obeh smereh ob upoštevanju, da je odprtina približno enakomerno osvetljena! (Rešitev enačbe $\sin(x)/x=0.707$ je $x=1.392$, člen $(\cos(\theta)+1)$ je zanemarljiv).

4. Optični PIN-FET sprejemniški modul vsebuje električni ojačevalnik s šumno temperaturo $T=100\text{K}$. Skupna kapacitivnost fotodiode in vhoda ojačevalnika znaša $C=3\text{pF}$. Določite število fotonov, potrebnih za prenos logične enice pri valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$, če zahtevamo razmerje $P_{\text{enice}}/P_{\text{šuma}}=30$ na izhodnih sponkah sprejemnika in znaša kvantni izkoristek fotodiode $\eta=0.7$. ($h=6.6\text{E-}34\text{Js}$, $k_B=1.38\text{E-}23\text{J/K}$ in $q_e=1.6\text{E-}19\text{As}$)

5. Erbijev optični ojačevalnik s črpanjem na 980nm in šumnim faktorjem $F=4\text{dB}$ (v logaritemskih enotah!) ojačuje pas valovnih dolžin širine $\Delta\lambda=25\text{nm}$ okoli osrednje valovne dolžine $\lambda=1550\text{nm}$. Jakost vhodnega signala znaša $P_{\text{vh}}=-20\text{dBm}$ in jakost izhodnega signala $P_{\text{iz}}=+10\text{dBm}$. Določite jakost šuma (spontane emisije) na izhodu ojačevalnika! ($h=6.6\text{E-}34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 23.09.1998

1. Sončna svetloba z gostoto pretoka moči $S_0=1\text{kw/m}^2$ vpada na okno pod kotom $\theta=30^\circ$ od navpičnice. Izračunajte gostoto pretoka prepuščene svetlobe skozi okno $S=?$ Upoštevajte samo odboj svetlobe na prednji in zadnji površini okenskega stekla z lomnim količnikom $n=1.5$ za obe polarizaciji!
2. Optična zveza uporablja gradientna vlakna $50/125\mu\text{m}$ z (največjo) numerično aperturo sredi jedra vlakna $NA=0.15$. Izračunajte dodatne izgube svetlobe v dB, ki nastanejo takrat, ko pretrgan kabel pokrpamo z vgradnjo dolgega kosa neustreznega gradientnega vlakna $62.5/125\mu\text{m}$ z enako numerično aperturo NA ? Koliko bi morala znašati numerična apertura vlakna $62.5/125\mu\text{m}$ s paraboličnim potekom lomnega količnika, da ne pride do dodatnih izgub pri krpanju z vlaknom $50/125\mu\text{m}$?
3. Polprevodniški laser za nazivno valovno dolžino $\lambda=1300\text{nm}$ (v praznem prostoru) vsebuje Fabry-Perot-ov rezonator dolžine $l=300\mu\text{m}$. Izračunajte razmak v nanometrih ($\Delta\lambda$) med sosednjima spektralnima črtama. Rezonator je dovolj ozek, da laser niha samo na vzdolžnih rodovih. Lomni količnik polprevodnika InGaAsP znaša $n=3.7$. Na koliko spektralnih črtah niha laser, ko znaša celotna širina izhodnega spektra 10nm ?
4. Izračunajte domet infrardečega daljinca za televizor v praznem prostoru, ki deluje na valovni dolžini $\lambda=900\text{nm}$! Sprejemna PIN fotodioda ima površino $A=1\text{mm}^2$, kvantni izkoristek $\eta=0.7$ in kapacitivnost $C=100\text{pF}$ ter je priključena na predojačevalnik s šumno temperaturo $T=300\text{K}$. Oddajna ledika ima izhodno svetlobno moč $P_0=1\text{mW}$ (enica) in je opremljena z lečo z dobitkom $G_0=10$. Bitna hitrost znaša $C=1\text{kbit/s}$. Moč enice naj bo vsaj 30-krat večja od moči šuma. ($h=6.6\text{E}-34\text{Js}$, $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$ in $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$).
5. Izračunajte domet ojačevane optične zveze, ki uporablja običajno optično vlakno $9/125\mu\text{m}$ s stopničastim lomnim likom pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$. Spektralna širina svetlobnega izvora znaša $\Delta\lambda=1\text{nm}$, bitna hitrost $C=2.5\text{Gbit/s}$ in disperzijski koeficient vlakna $D=18\text{ps/nm.km}$. Disperzije v vlaknu ne kompenziramo, zato zahtevamo, da se začetni impulz ne razširi na več kot eno tretjino trajanja enega bita podatkov.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 18.12.1998

1. Izračunate zahteve za antirefleksni sloj (debelino d in lomni količnik n_1), ki ga nanese na površino stekla z lomnim količnikom $n_2=1.5$! Za antirefleksni sloj zahtevamo, da odboj svetlobe izgine pri pravokotnem vpadu svetlobe z valovno dolžino $\lambda=632.8\text{nm}$ v praznem prostoru ($n_0=1$).

2. Linearno-polarizirano svetlobo laserja pretvorimo v krožno s pomočjo $\lambda/4$ ploščice (primerno debel listek sljude). Pri sukanju listka okoli osi žarka dobimo linearno, levo ali desno krožno polarizacijo. Za kakšen kot smemo zasukati listek iz idealnega položaja za krožno polarizacijo, da osno razmerje nastale eliptične polarizacije ne preseže $R=1\text{dB}$?

3. Polarizirani helij-neonski laser niha na dveh spektralnih črtah, ki so razmaknjene za $\Delta f=700\text{MHz}$. Izračunajte moči posameznih črt, če znaša skupna izhodna moč laserja $P=2\text{mW}$! Vidljivost interferenčnega vzorca znaša $V=0.6$, ko Michelson-ov interferometer nastavimo tako, da je vidljivost najmanjša.

4. Elektro-optični modulator v obliki Mach-Zehnder-jevega interferometra uporabljamo v oddajniku za analogno kabelsko televizijo. Izračunajte razmerje signal/popačenje, če modulator z $U_{pi}=6\text{V}$ krmilimo s sinusnim signalom amplitude $U=100\text{mV}$ in predstavlja glavnino popačenja tretji harmonik.

5. Izračunajte domet ojačevane optične zveze na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ z uporabo običajnega vlakna z disperzijskim koeficientom $D=18\text{ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$! Oddajnik uporablja DFB laser z zelo ozko spektralno črto (manj kot 10MHz) in zunanjim amplitudnim modulatorjem, pasovno širino signala zato določa modulacija $C=10\text{Gbit/s}$. Na sprejemni strani zahtevamo, da razlika zakasnitev najvišje in najnižje spektralne komponente signala ne preseže polovico bitne periode.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 09.04.1999

1. Sončna svetloba s pretokom moči $S=1\text{kw/m}^2$ vpada pravokotno na steklo z lomnim količnikom $n=1.5$. Izračunajte pretok moči S' v steklu ter velikost vektorja električne poljske jakosti E' v steklu!
2. Stekleno optično vlakno (lomni količnik približno 1.5) ima stopničast lomni lik z relativno razliko lomnih količnikov jedra in obloge $\Delta n=0.003$. Izračunajte polmer jedra vlakna, da vlakno postane mnogorodovno pri frekvenci $f=300\text{THz}$!
3. Razdalja med zrcali helij-neonske laserske cevi (dolžina cevi) znaša $l=320\text{mm}$. Izračunajte frekvenčni razmak med sosednjima spektralnima črtama laserja, ko cev niha na več vzdolžnih rodovih! Lomni količnik razredčenega plina v cevi je zelo blizu enote, cev niha samo na osnovnem prečnem rodu.
4. Mach-Zehnder-jev elektro-optični modulator na podlagi iz litijevega niobata ima za dano polarizacijo vhodne svetlobe napetost $U_{pi}=6\text{V}$. Izračunajte napetost na krmilni elektrodi, ko modulator prepušča 80% moči vhodne svetlobe! Izgube v dielektričnih valovodih in sklopnikih zanemarimo.
5. Povprečna svetlobna moč signala na vhodu sprejemnika znaša $P_s=-40\text{dBm}$ pri bitni hitrosti $C=140\text{Mbit/s}$ (dvojiški prenos) in valovni dolžini (v praznem prostoru) $\lambda=1.3\text{mikrometra}$. Izračunajte število fotonov, ki predstavljajo logično enico, če signal v povprečju vsebuje enako število enic in ničel. Ničlo predstavlja ugasnjen izvor svetlobe. ($h=6.624\text{E-34Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 09.06.1999

1. Določite vstavitveno slabljenje v dB mehanskega spoja dveh mnogorodovnih vlaken, če je med koncema vlaken zračna reža. Zračna reža je dosti ožja od debeline jeder obeh vlaken, do izgub pride v glavnem zaradi odbojev svetlobe na prehodu iz stekla ($n=1.5$) v zrak in nazaj v steklo. Frekvenčni spekter svetlobnega izvora je dovolj širok, da med odbojema ne pride do interference.

2. Gradientno optično vlakno 62.5/125 ima jedro premera $62.5\mu\text{m}$ s paraboličnim profilom lomnega količnika. Določite numerično aperturo vlakna NA na oddaljenosti $d=20\mu\text{m}$ od osi vlakna, če znaša numerična apertura na osi $NA_0=0.2$!

3. Polprevodniški laser za nazivno valovno dolžino $\lambda=1.3\mu\text{m}$ (v praznem prostoru) ima Fabry-Perot-ov resonator dolžine $l=200\mu\text{m}$. Izračunajte razmak med sosednjima spektralnima črtama ($\Delta\lambda$), ko laser niha na več vzdolžnih rodovih! Lomni količnik polprevodnika InGaAsP znaša $n=3.7$.

4. Silicijeva PIN fotodiode ima odzivnost $I/P=0.3\text{A/W}$ pri valovni dolžini $\lambda=850\text{nm}$ (v praznem prostoru). Določite kvantni izkoristek (η) fotodiode! Kolikšna je teoretsko največja možna odzivnost $(I/P)_{\text{max}}$ idealne fotodiode pri navedeni valovni dolžini? ($h=6.624\text{E-34Js}$, $q=-1.6\text{E-19As}$)

5. Določite frekvenco zvočnega valovanja v akusto-optičnem modulatorju svetlobe, da znaša kot med uklonjenima žarkoma prvega reda $\alpha=1\text{stopinja}$ (v zraku)! Hitrost zvočnega valovanja v snovi (steklu) znaša $v=3.5\text{km/s}$, lomni količnik stekla je $n=1.5$, kot izvor svetlobe uporabimo HeNe laser ($\lambda=632.8\text{nm}$).

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 09.06.1999

1. Desno-krožno polarizirana svetloba ($Q_v=0$) vpada na mejo zrak / steklo ($n=1.5$). Izrazite razmerje krožnih komponent odbitega vala ($Q_o=?$) kot funkcijo vpadnega kota θ (kot med smerjo razširjanja vpadne svetlobe in pravokotnico na površino stekla)!

2. Določite sklopni izkoristek svetlobe majhnega neusmerjenega izvora na mnogorodovno optično vlakno s stopničastim lomnim likom z lomnim količnikom jedra $n_1=1.48$ in lomnim količnikom obloge $n_2=1.47$. Izvor je manjši od premera jedra vlakna (majhna svetleča dioda) in ga postavimo tako, da je sklop svetlobe v vlakno največji.

3. Izračunajte dodatni (nelinearni) fazni zasuk v optičnem vlaknu dolžine $l=50\text{km}$, če pošljemo v vlakno svetlobo $1.3\mu\text{m}$ moči $P=10\text{mW}$! Pri računu upoštevajte, da ima vlakno izgube $a=0.4\text{dB/km}$ in moč v vlaknu eksponencialno upada. Nelinearni lomni količnik stekla znaša $n_2=3.2\text{E-}20\text{m}^2/\text{W}$ in efektivna površina jedra vlakna $A=80\mu\text{m}^2$.

4. Sprejemniški PIN-FET modul vsebuje električni ojačevalnik s šumno temperaturo $T=100\text{K}$ in vhodno kapacitivnostjo $C_o=2\text{pF}$ vključno s fotodiodo. Izračunajte potrebno povprečno vhodno moč svetlobnega signala (50% enic) pri bitni hitrosti $C=140\text{Mbit/s}$, če zahtevamo razmerje $P_{\text{enice}}/P_{\text{šuma}}=30$ na električnem izhodu modula! ($h=6.624\text{E-}34\text{Js}$, $Q_e=-1.6\text{E-}19\text{As}$, $k_b=1.38\text{E-}23\text{J/K}$, $\lambda=1.3\mu\text{m}$, $\eta=70\%$)

5. Kolikšen sme biti disperzijski koeficient D (ps/nm.km) enorodovnega vlakna pri valovni dolžini $\lambda=1300\text{nm}$, če zahtevamo, da se pri prenosni hitrosti $C=2.5\text{Gbit/s}$ impulzi ne razširijo za več kot tretjino dolžine enega bita. Širina spektra svetlobnega izvora znaša $\Delta f=300\text{GHz}$, dolžina zveze pa je $l=70\text{km}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 14.09.1999

1. Svetlobni žarek vpada pravokotno na stekleno ploščico debeline $d=1\text{mm}$ z lomnim količnikom $n=1.5$. Izračunajte najmanjše in največje vstavitveno slabljenje ploščice zaradi interference med odbojema pri vstopu in izstopu svetlobe! Kolikšna je razdalja med maksimumom in minimumom ($\Delta\lambda=?$) za zeleno svetlobo (velikostni razred $\lambda=0.5\mu\text{m}$)?
2. Izračunajte vstavitveno slabljenje (v dB) mehanskega spoja (konektorja) med dvema enakima, mnogorodovnima optičnima vlaknoma s premerom sredice $2a=50\mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA=0.2$! Osi vlaken sta sicer poravnani, zaradi nepravilnega vstavljanja konektorjev pa sta konca vlaken vzdolžno razmaknjena za $d=200\mu\text{m}$. Odboj svetlobe na izstopni in vstopni površini vlaken zanemarimo ter upoštevamo, da je svetlobna moč enakomerno razporejena med množico rodov.
3. Mach-Zehnder-jev elektro-optični modulator na podlagi iz litijevega niobata ima omejeno pasovno širino zaradi različnih hitrosti valovanja svetlobe in električnega signala na krmilni elektrodi. Določite -3dB pasovno širino B modulatorja, če odziv modulatorja upade na nič pri modulacijski frekvenci $f=10\text{GHz}$! (Rešitev enačbe $\sin(x)/x=0.707$ je $x=1.392$) koliko znaša pri tej frekvenci $U_{\pi}(B)$, če je za nizke frekvence $U_{\pi}(f=0)=5\text{V}$?
4. Optični sprejemnik s PIN fotodiodo (kvantni izkoristek $\eta_a=0.8$ in kapacitivnost $C_d=3\text{pF}$) in transimpedančni ojačevalnik ($C_o=2\text{pF}$ in $T=200\text{K}$) ima občutljivost $P_{\min}=-45\text{dBm}$. Izračunajte občutljivost sprejemnika $P_{\min}'$ (v dBm), če vgradimo manjšo fotodiodo, ki ima kapacitivnost $C_d'=1.5\text{pF}$ in kvantni izkoristek $\eta_a'=0.7$! ($\lambda=1300\text{nm}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$ in $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$)
5. V optični zvezi uporabimo oddajnik povprečne moči $P_o=1\text{mW}$ na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ in s širino spektra $\Delta\lambda=1\text{nm}$. Enorodovno vlakno ima slabljenje $\alpha=0.2\text{dB/km}$ in disperzijski koeficient $D=18\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$. Sprejemnik ima občutljivost $P_s=-35\text{dBm}$ pri zmogljivosti $C=1\text{Gbit/s}$, toplotni šum električnega ojačevalnika v sprejemniku pa je prenosorazmeren pasovni širini. Določite tisto zmogljivost zveze C' , pri kateri je omejitev dometa zaradi slabljenja primerljiva omejitvi dometa zaradi disperzije, če naj se impulzi ne razširijo za več kot tretjino bitne periode!

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 01.02.2000

1. Nepolarizirana sončna svetloba z gostoto moči $S_v=1\text{kw/m}^2$ vpada pod Brewster-jevim kotom iz praznega prostora na površino stekla ($n=1.5$). Določite gostoto moči odbite svetlobe $S_o=?$ v praznem prostoru!

2. Lomni količnik jedra mnogorodovnega gradientnega vlakna se spreminja po izrazu:

$$n(r)=1.5-(0.0001*(r**2)) \quad \text{kjer je "r" podan v mikrometrih.}$$

Izračunajte relativno razliko lomnih količnikov $\Delta n=?$ in numerično aperturo $NA=?$ na osi vlakna, če znaša premer jedra $d=50\mu\text{m}$!

3. Optični oddajnik uporablja zunanji elektro-optični modulator z Mach-Zehnder-jevim interferometrom na podlagi LiNbO_3 , ki ima $U_{pi}=6\text{V}$. Določite ugasno razmerje oddajnika ($P_{enica}/P_{ničla}=?$) v decibelih, če modulator krmilimo z modulacijskim signalom $U_s=5\text{V}$ (vrh-vrh) in je delovna točka modulatorja nastavljena točno na sredino prenosne funkcije modulatorja!

4. Sprejemniški PIN-FET modul za $C=622\text{Mbit/s}$ vsebuje fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=75\%$ in transimpedančni ojačevalnik $Z=1\text{kohm}$. Določite napetost signala na izhodu ($U_{vrh-vrh}=?$), če predstavlja logično enico $N=3000$ fotonov valovne dolžine $\lambda=1.3\mu\text{m}$, logično ničlo pa odsotnost svetlobe na vhodu vhodu sprejemnika! ($h=6.624\text{E-}34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

5. Optični ojačevalnik z erbijevim vlaknom črpamo z laserjem moči $P_p=70\text{mw}$ na valovni dolžini $\lambda_{pdp}=980\text{nm}$. Določite izhodno moč ojačevalnika $P_s=?$ na valovni dolžini signala $\lambda_{das}=1550\text{nm}$, če ojačevalnik izkorišča $\eta_a=90\%$ fotonov črpalke!

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 24.03.2000

1. Nepolarizirana sončna svetloba z gostoto moči $S_v = 1 \text{ kW/m}^2$ vpada pod Brewster-jevim kotom na gladino tekočine z lomnim količnikom $n = 1.3$. Določite gostoto moči odbite svetlobe $S_o = ?$ v paznem prostoru nad tekočino!

2. Določite sklopni izkoristek svetleče diode premera $2r = 300 \mu\text{m}$ na mnogorodovno optično vlakno s stopničastim lomnim likom, premerom jedra $2a = 100 \mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA = 0.2$! Svetleča ploskev LED-ike seva kot Lambertov izvor svetlobe $S = S_o \cdot \cos(\theta)$ na valovni dolžini $\lambda = 900 \text{ nm}$. Odboj svetlobe pri vstopu v vlakno zanemarimo.

3. Izračunajte širino spektra $\Delta\lambda = ?$ polprevodniškega laserja s Fabry-Perot-ovim resonatorjem dolžine $l = 200 \mu\text{m}$! Laser deluje na osrednji valovni dolžini $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ in niha na $N = 25$ vzdolžnih rodovih. Lomni količnik polprevodnika laserskega čipa znaša $n = 3.7$.

4. Optični PIN-FET sprejemniški modul vsebuje električni ojačevalnik s šumno temperaturo $T = 150 \text{ K}$. Skupna kapacitivnost fotodiode in vhoda ojačevalnika znaša $C = 3 \text{ pF}$. Določite razmerje $P_{\text{enice}}/P_{\text{šuma}}$ v decibelih na električnem izhodu sprejemnika! Kvantni izkoristek fotodiode znaša $\eta = 0.7$, logično enico pa predstavlja $N = 2000$ fotonov valovne dolžine $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$. ($h = 6.624 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ in $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$)

5. Določite hitrost zvočnega valovanja $v = ?$ v akusto-optičnem modulatorju, če se žarka prvega reda uklonita za kot $\alpha = 0.1$ stopinje! Kot izvor svetlobe uporabimo rdeči HeNe laser z valovno dolžino $\lambda = 632.8 \text{ nm}$, piezoelektrični pretvornik pa krmilimo z radiofrekvenčnim generatorjem s frekvenco $f = 12 \text{ MHz}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 24.03.2000

1. Polarizacijo HeNe laserske cevi za $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ določa Brewster-jevo okno v obliki primerno nagnjene steklene ploščice znotraj laserskega resonatorja. Določite dodatno vstavitevno slabljenje okna za neželjeno polarizacijo $a = ?$ v dB! Kolikšen mora biti kot α med ploščico in osjo cevi, če je lomni količnik ploščice $n = 1.6$?

2. Svetlobni signal prihaja po vlaknu z gradientnim profilom lomnega količnika $50/125 \mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA = 0.15$. Izračunajte numerično aperturo $NA' = ?$ vlakna $62.5/125 \mu\text{m}$, ki ga privarimo na prvo vlakno, da bojo izgube svetlobe pri prestopu v novo vlakno najmanjše!

3. Polprevodniški laser ima pri $T = 25^\circ\text{C}$ pragovni tok $I_p = 15 \text{ mA}$, ki se pri $T' = 35^\circ\text{C}$ poveča na $I_p' = 20 \text{ mA}$. Laser sicer krmilimo s konstantnim tokom $I = 30 \text{ mA}$. Kolikšno moč $P' = ?$ pričakujemo iz laserja pri $T' = 35^\circ\text{C}$, če daje laser moč $P = 3 \text{ mW}$ pri $T = 25^\circ\text{C}$?

4. Izračunajte faktor plazovnega ojačanja $M = ?$ fotodiode, ki daje pri vhodni svetlobni moči $P = 1 \mu\text{W}$ na valovni dolžini $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ električni tok $I = 10 \mu\text{A}$. Plazovna fotodioda ima brez pritisknjene zaporne napetosti kvantni izkoristek $\eta = 0.6$. ($h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

5. Izračunajte zmogljivost $C = ?$ optične zveze po enorodovnem vlaknu s koeficientom disperzije $D = 18 \text{ ps/nm/km}$! v oddajniku uporabimo laser na valovni dolžini $\lambda = 1550 \text{ nm}$ in širino spektra $\Delta\lambda = 3 \text{ nm}$. Zmogljivost zveze nam omejuje razširitev impulzov v sprejemniku, ki naj ne presega ene tretjine bitne periode. ($l = 100 \text{ km}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 05.07.2000

1. Pokončno polarizirano valovanje vpada na gladino tekočine z lomnim količnikom $n=1.333$. Izračunajte vpadni kot valovanja, ko znaša moč odbitega žarka 1% moči vpadnega žarka! Poiščite vse rešitve naloge!

2. Stekleno optično vlakno ima pri valovni dolžini $\lambda_1=1.3\mu\text{m}$ slabljenje $\alpha_1=0.35\text{dB/km}$. Ocenite slabljenje istega vlakna $\alpha_2=?$ pri valovni dolžini $\lambda_2=850\text{nm}$, če upoštevamo, da je glavni vzrok slabljenja v obeh slučajih Rayleigh-ovo sipanje svetlobe na nehomogenostih v steklu!

3. Sklopnik z dvema enorodovnim vlaknom ima pri valovni dolžini svetlobe $\lambda=1550\text{nm}$ utripno dolžino $\Lambda=10\text{mm}$. Izračunajte najmanjšo potrebno dolžino sklopnika $l=?$, da se v drugo vlakno sklopi $\alpha=1\%$ svetlobne moči iz prvega vlakna!

4. Sprejemniški PIN-FET modul za $C=622\text{Mbit/s}$ vsebuje fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta=80\%$ in transimpedančni ojačevalnik s transimpedanco $Z=1\text{k}\Omega$. Določite napetost signala na izhodu ($U_{\text{vrh}}=?$), če pripeljemo na vhod dvojiški signal s povprečno optično močjo $P_0=-30\text{dBm}$ in enakim številom enic ter ničel! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $\lambda=1300\text{nm}$)

5. Na vhod idealnega optičnega ojačevalnika z Er^{3+} vlaknom in črpalko na 980nm (popolna inverzna naseljenost, $F=3\text{dB}$) pripeljemo signal z valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ in močjo $P=-10\text{dBm}$. Izračunajte razmerje signal/šum na izhodu ojačevalnika, kjer večino šuma predstavlja ojačeno spontano sevanje laserskega ojačevalnika v pasovni širini $B=4\text{THz}$! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 05.07.2000

1. Nepolarizirana sončna svetloba z gostoto pretoka moči $S_0 = 1 \text{ kW/m}^2$ vpada pod Brewster-jevim kotom na okno iz stekla z lomnim količnikom $n = 1.6$. Izračunajte gostoto moči prepuščene svetlobe $S = ?$ z upoštevanjem odbojev pri vstopu in izstopu iz okna! Odboje višjih redov (večkratne odboje) zanemarite!
2. Izračunajte sklopni izkoristek $\eta = ?$ svetleče diode na plastično optično vlakno s premerom jedra $2a = 1 \text{ mm}$ in numerično aperturo $NA = 0.47$! Svetleča dioda se obnaša kot kroglast izvor s polmerom $r = 100 \mu\text{m}$ in enakomerno seva v vse smeri. Koliko lahko odmaknemo $x = ?$ začetek vlakna od svetleče diode, da se sklopni izkoristek ne zmanjša?
3. Polprevodniški laser ima pragovni tok $I_p = 20 \text{ mA}$ in daje pri toku $I_o = 35 \text{ mA}$ nazivno izhodno moč $P_o = 3 \text{ mW}$. Izračunajte povprečno moč optičnega oddajnika $P = ?$, če enosmerno delovno točko nastavimo na prag laserja ter dodamo sinusni izmenični modulacijski tok $I_{\text{eff}} = 10 \text{ mA}$!
4. Izračunajte kvantni izkoristek $\eta = ?$ PIN fotodiode, ki daje pri vpadni optični moči $P = -25 \text{ dBm}$ na valovni dolžini $\lambda = 1550 \text{ nm}$ enosmerni foto-tok $I = 2.2 \mu\text{A}$! Temni tok fotodiode je zanemarljivo majhen, površina čipa pa je prekrita z antirefleksnim slojem. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$)
5. Izračunajte domet $d = ?$ optične zveze po enorodovnem vlaknu, ki ima nekompenzirano disperzijo $D = 17 \text{ ps/nm/km}$! Kot oddajnik uporabimo neposredno modulirani FP laser s širino spektra $\Delta\lambda = 2 \text{ nm}$ na osrednji valovni dolžini $\lambda = 1550 \text{ nm}$. Bitna hitrost znaša $C = 622 \text{ Mbit/s}$. Domet zveze omejuje razširitev impulzov zaradi disperzije, ki naj ne presega ene tretjine bitne periode.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 20.09.2000

1. Ravninski val z gostoto moči $S_v = 1 \text{ kW/m}^2$ se širi v smeri osi z in pravokotno vpada na dielektrično ploščo ($\epsilon_r = 2$) debeline $d = \lambda/2$ (valovna dolžina v dielektriku). Izračunajte Poynting-ov vektor $\mathbf{S} = ?$ (realno in imaginarno komponento) v notranjosti plošče!

2. Določite približno število rodov $N = ?$ (TE in TM), ki se lahko širi v planarnem valovodu v obliki steklene ploščice z lomnim količnikom $n = 1.5$ in debelino $d = 1 \text{ mm}$! Za svetlobo z valovno dolžino $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$ v praznem prostoru lahko pri oceni števila rodov zanemarimo fazni zasuk pri popolnem odboju svetlobe, ker je $d \gg \lambda$.

3. Elektro-optični modulator na osnovi Mach-Zehnder-jevega interferometra na podlagi iz LiNbO_3 ima $U_{\pi\text{TE}} = 6 \text{ V}$ in $U_{\pi\text{TM}} = 15 \text{ V}$. Določite napetost prvega minimuma $U_{\min 1} = ?$ izhodne moči ter slabljenje svetlobe (v decibelih) glede na maksimalni prepust pri $U = 0 \text{ V}$, če modulator krmilimo z idealno krožno polarizirano svetlobo!

4. Infrardeči daljinec za televizor doseže domet $d = 10 \text{ m}$ s sprejemno PIN fotodiodo s površino $A = 1 \text{ mm}^2$ in kapacitivnostjo $C = 70 \text{ pF}$, vhodna kapacitivnost nizkošumnega ($T = 200 \text{ K}$) električnega predojačevalnika pa znaša $C_a = 20 \text{ pF}$. Izračunajte povečani domet daljinca $d' = ?$, če uporabimo večjo fotodiodo s površino $A' = 4 \text{ mm}^2$, ki ima površini sorazmerno višjo kapacitivnost, ter isti električni ojačevalnik! ($k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

5. Ojačevano optično zvezo sestavlja $N = 10$ enakih odsekov s slabljenjem $a = -20 \text{ dB}$ na vsakem odseku, ki ga nadomestimo z s prav toliko idealnimi ($F = 3 \text{ dB}$) erbijevimi ojačevalniki. Izračunajte šumno moč spontane emisije ojačevalnikov na koncu takšne zveze (obe polarizaciji), če znaša pasovna širina ojačevalnikov $B = 4 \text{ THz}$ in osrednja frekvenca $f = 196 \text{ THz}$! ($h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 20.09.2000

1. Svetlobni žarek vpada pod kotom $\theta = 45^\circ$ na debelo stekleno ploščo ($n=1.5$) in se v plošči večkrat odbije od obeh ploskev. Določite število odbojev N , ko lahko vse naslednje odboje zanemarimo, ker so šibkejši kot $a = -40\text{dB}$ od moči vpadnega žarka.

2. Izračunajte slabljenje spoja a ? (v decibelih) dveh enakih mnogorodovnih optičnih vlaken s premerom jedra $2r=50\mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA=0.2$! Pri spajanju vlaken pride do prečnega premika $d=20\mu\text{m}$, prispevek slabljenja ostalih pojavov pa je zanemarljiv. Pri izračunu slabljenja upoštevamo, da se po vlaknu širi množica rodov in je svetlobna moč enakomerno porazdeljena med posameznimi rodovi.

3. Določite izkoristek η_a ? svetleče diode, ki daje izhodno svetlobno moč $P_o=100\text{uW}$ na povprečni valovni dolžini $\lambda=900\text{nm}$! Diodo krmilimo s tokom $I=30\text{mA}$, glavni padca napetosti dobimo na PN spoju, ostale padce lahko zanemarimo. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

4. Določite optično moč P_o ? (v dBm) na vhodu transimpedančnega sprejemnika ($R_t=10\text{k}\Omega$), če dobimo na izhodu modula napetost $U=100\text{mV}$! Kvantni izkoristek PIN fotodiode znaša $\eta_a=0.7$ na valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$ (v praznem prostoru). ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Optična zveza ima zmogljivost $C_1=155\text{Mbit/s}$ in domet $d_1=100\text{km}$, ki ga določa toplotni šum električnega ojačevalnika za fotodiodo v sprejemniku. Izračunajte domet zveze d_2 ? z istim oddajnikom in sprejemnikom, če zmogljivost povečamo na $C_2=622\text{Mbit/s}$! Toplotni šum sprejemnika je premo sorazmeren pasovni širini, ostale omejitve dometa zanemarimo ter slabljenje vlakna znaša v povprečju $a=0.35\text{dB/km}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 15.02.2001

1. Nepolarizirana sončna svetloba vpada iz praznega prostora na prozorno snov z neznanim lomnim količnikom $n=?$ pod Brewster-jevim kotom. Izračunajte lomni količnik snovi n , če znaša moč odbitega žarka $P_o=0.01 \cdot P_v$ moči vpadnega žarka!

2. Izračunajte lomni količnik jedra vlakna $n_1=?$, da bo znašala mejna valovna dolžina višjih rodov $\lambda=1.27\mu\text{m}$ (v praznem prostoru). Lomni količnik obloge je $n_2=1.46$, premer jedra znaša $2r=9\mu\text{m}$ in predpostavljamo idealni stopničasti lomni lik (mejna frekvenca višjih rodov $v=2.405$).

3. Optični reflektometer vsebuje polprevodniški laser, ki proizvede svetlobni impulz z močjo $P_o=10\text{mW}$ v trajanju $t=100\text{ns}$. Izračunajte število fotonov $N=?$, ki priletijo na sprejemno fotodiodo zaradi odboja na prostem koncu merjenega vlakna ($n=1.5$ za steklo), če ima vlakno enosmerno slabljenje $a=10\text{dB}$ ter laser in fotodiodo spojimo na merjenec s 50/50 (3dB) vlakenskim sklopnikom! ($\lambda=1.3\mu\text{m}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

4. Izračunajte občutljivost optičnega sprejemnika (povprečna moč signala $P_s=?$) s fotopomnoževalko, ki ima pri valovni dolžini $\lambda=632.8\text{nm}$ kvantni izkoristek fotokatode $\eta=0.2$! Pri računu upoštevajte, da mehanizem ojačanja signala v fotopomnoževalki navidezno podvoji moč zrnatega šuma na vhodu fotopomnoževalke. Občutljivost sprejemnika izračunajte za bitni pretok $C=1\text{kbit/s}$, 50% verjetnost enice in $\text{BER}=1.0\text{E}-6$. ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Disperzijo v enorodovnem vlaknu koristno uporabimo za zmanjševanje presluha pri valovnodolžinskem multipleksu v ojačevani prekooceanski optični zvezi na razdalji $l=5000\text{km}$. Izračunajte časovno razliko $\Delta t=?$ v času potovanja signalov na sosednjih kanalih, ki so razmaknjeni za $\Delta f=200\text{GHz}$ pri osrednji frekvenci $f_o=194\text{THz}$. Vlakno ima v tem frekvenčnem pasu povprečni disperzijski koeficient $D=18\text{ps/nm/km}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 15.02.2001

1. Nepolarizirana sončna svetloba vpada iz praznega prostora pod pravim kotom na prozorno snov z neznanim lomnim količnikom $n=?$. Določite lomni količnik snovi n , če znaša moč odbitega žarka $P_o=0.02 \cdot P_v$ moči vpadnega žarka!

2. Mnogorodovno optično vlakno ima jedro premera $2a=50\mu\text{m}$ in oblogo iz čistega kremenovega stekla z lomnim količnikom $n_2=1.46$. Izračunajte lomni količnik jedra $n_1=?$, če se na dolžini $l=10\text{km}$ svetlobni impulz razširi za $\Delta t=1\mu\text{s}$ zaradi razlik v hitrosti širjenja različnih rodov!

3. Polprevodniški laser za valovno dolžino $\lambda=1.3\mu\text{m}$ v praznem prostoru je izdelan iz polprevodnika na osnovi InGaAsP s povprečnim lomnim količnikom $n=3.7$. Izračunajte število vzdolžnih rodov, na katerih hkrati niha laser, če znaša dolžina čipa (razdalja med zrcali) $l=0.3\text{mm}$ ter širina optičnega spektra $\Delta\lambda=0.5\text{nm}$!

4. Izračunajte izhodno napetost $U=?$ APD-FET modula, ki vsebuje plazovno fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=0.8$ pri valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$ in transimpedančni ojačevalnik z $R_t=1\text{k}\Omega$! Na vhod sprejemnika pripeljemo svetlobno moč $P_o=1\mu\text{W}$, zaporno napetost na plazovni diodi pa nastavimo za faktor multiplikacije $M=20$. ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Izračunajte potrebno moč črpalke $P_c=?$ laserskega ojačevalnika z erbijevim vlaknom, ki dela na valovni dolžini $\lambda_{\text{dlač}}=980\text{nm}$! Od ojačevalnika zahtevamo, da razmeroma šibek vhodni signal z valovno dolžino $\lambda_{\text{das}}=1550\text{nm}$ ojača na izhodno moč $P_i=25\text{mW}$. Ojačevalnik izkoristi $\eta_a=90\%$ fotonov črpalke, dodatne izgube sklopa črpalke in izhodnega izolatorja pa znašajo $a=1\text{dB}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 25.05.2001

1. Optično vlakno izdelamo s tehnologijo MCVD tako, da postopek začnemo s cevjo iz čistega kremenčevega stekla z notranjim premerom $d_1=15\text{mm}$ in zunanjim premerom $d_2=25\text{mm}$. Kako debelo $h=?$ oblogo z dodatkom germanijevega oksida moramo nanesti na notranjo steno cevi, da bo končni izdelek enorodovno vlakno s premerom jedra $d_j=10\text{mikrometrov}$ in zunanjim premerom $d=125\text{mikrometrov}$? Koliko km vlakna $l=?$ dobimo iz cevi dolžine $l_c=1\text{m}$?
2. Svetlobni signal dobimo po optičnem vlaknu s premerom jedra $d_1=50\text{mikrometrov}$ in stopničastim lomnim likom z numerično aperturo $NA_1=0.15$. Vstopno vlakno zavarimo na vlakno fotodetektorja s premerom jedra $d_2=62.5\text{mikrometra}$, stopničastim lomnim likom in numerično aperturo $NA_2=0.22$. Izračunajte izgubo signala na spoju različnih vlaken v decibelih $a=?$, če je zvar res kvalitetno opravljen in sam zvar ne vnaša dodatnih izgub!
3. Polprevodniški laser vsebuje Fabry-Perot-ov resonator, kjer predstavljata zrcali kar odbojnosti polprevodnik/zrak na mejnih ploskvah čipa. Izračunajte potrebno dolžino $l=?$ valovoda v čipu, da naprava začne delovati kot laser! Dielektrična konstanta polprevodnika znaša $\epsilon_r=14$ za svetlobo z valovno dolžino $\lambda=1.3\text{mikrometra}$. Lasersko ojačanje v valovodu pri izbranem delovnem toku doseže $G=5000\text{dB/m}$ za TE polarizacijo.
4. Izračunajte domet $r=?$ daljinca za televizor, ki ima oddajnik s svetlečo diodo z vršno močjo (enica) $P_o=10\text{mW}$ na valovni dolžini $\lambda=900\text{nm}$! Sprejemnik je opremljen s fotodiodo s površino $A=1\text{mm}^2$ in kvantnim izkoristkom $\eta=0.7$. Fotodioda ima kapacitivnost $C=100\text{pF}$ in mora za vsako enico dovesti na vhodne sponke visokoimpedančnega ojačevalnika napetost $U_s=0.25\text{mV}$. Bitna hitrost znaša $R=1\text{kbit/s}$. ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)
5. Optično zvezo sestavimo iz treh kosov različnih kablov. Prvi odsek ima disperzijski koeficient $D_1=+17\text{ps}/(\text{nm.km})$ in dolžino $l_1=20\text{km}$. Drugi odsek ima disperzijski koeficient $D_2=-5\text{ps}/(\text{nm.km})$ in dolžino $l_2=40\text{km}$. Tretji odsek ima disperzijski koeficient $D_3=+5\text{ps}/(\text{nm.km})$ in dolžino $l_3=10\text{km}$. Izračunajte zmogljivost zveze $C=?$, če naj se impulzi ne razširijo za več kot tretjino bitne periode! Kot izvor uporabimo FP laser na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ s širino spektra $\Delta\lambda=1\text{nm}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 20.06.2001

1. Zelen žarek ($\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ v zraku) v stekleni ploščici $n = 1.5$ vpada na mejo steklo/zrak pod kotom $\theta = 80^\circ$ in se popolnoma odbije. Izračunajte oddaljenost $d = ?$ nad površino ploščice, kjer jakost polja upade za $a = -60\text{dB}$ glede na polje na površini ploščice!

2. Svetlobo privedemo po kablu z optičnim vlaknom s stopničastim lomnim likom, premerom jedra $d_1 = 50 \mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA_1 = 0.1$ na fotodiodo. Fotodioda je opremljena s krajšim kosom gradientnega vlakna s paraboličnim lomnim likom in s premerom jedra $d_2 = 62.5 \mu\text{m}$. Izračunajte potrebno numerično aperturo $NA_2 = ?$ (v sredini) gradientnega vlakna, da so izgube svetlobe zaradi spoja različnih vlaken čimmanjše!

3. Smerni diagram polprevodniškega laserja z valovno dolžino $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ ima -3dB širino snopa (kot med obema -3dB točkama izbranega prereza smernega diagrama) $\alpha_1 = 10^\circ$ v ravnini E in $\alpha_2 = 50^\circ$ v ravnini H. Izračunajte širino $w = ?$ in višino $h = ?$ izstopne ploskvice ob predpostavki, da je izstopna ploskvice približno enakomerno in sofazno osvetljena! (Rešitev enačbe $\sin(x)/x = 0.707$ je $x = 1.392$)

4. Hitra fotodioda s kvantnim izkoristkom $\eta = 0.4$ na valovni dolžini $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ je opremljena z elektrodami v obliki prenosnega voda s karakteristično impedanco $Z_k = 50 \Omega$, ki je na enem koncu zaključen na prilagojeno breme $R = 50 \Omega$, na drugem pa na ojačevalnik z vhodno impedanco $Z = 50 \Omega$, šumno temperaturo $T = 500\text{K}$ in pasovno širino $B = 10\text{GHz}$. Izračunajte povprečno moč $P = ?$ $C = 10\text{Gbps}$ optičnega signala na vhodu sprejemnika, ki da razmerje $U_{\text{senice}}/U_{\text{neff}} = 20$ na električnem izhodu! ($h = 6.624 \times 10^{-34}\text{Js}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{As}$, $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$)

5. Optična zveza na valovni dolžini $\lambda = 1550\text{nm}$ je sestavljena iz odsekov z različnimi kabli. Prvi odsek vsebuje $l_1 = 30\text{km}$ navadnega enorodovnega vlakna z disperzijo $D_1 = 17\text{ps}/(\text{nm.km})$, drugi odsek vsebuje $l_2 = 40\text{km}$ NZDSF vlakna z disperzijo $D_2 = 5\text{ps}/(\text{nm.km})$ in tretji odsek spet navadno enorodovno vlakno dolžine $l_3 = 15\text{km}$ in $D_3 = 17\text{ps}/(\text{nm.km})$. Kolikšna je potrebna dolžina kompenzacijskega vlakna $l_k = ?$ z disperzijo $D_k = -100\text{ps}/(\text{nm.km})$, ki ga vgradimo pred sprejemnik, za popolno kompenzacijo disperzije?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 18.07.2001

1. Mnogorodovno optično vlakno s premerom sredice $2r=50\text{mikrometrov}$, lomnim količnikom jedra $n_1=1.48$ ter lomnim količnikom obloge $n_2=1.47$, je odrezano pod pravim kotom. Izračunajte odstotek moči svetlobe posameznih rodov, ki se na koncu vlakna odbije nazaj v vlakno, za oba skrajna primera: $a_1=?$ za rodove nizkih redov, ki se širijo skoraj v smeri osi vlakna, ter $a_2=?$ za rodove visokih redov, ki se širijo pod kotom, ki komaj še dopušča popolni odboj na meji med jedrom in oblogo!

2. Enorodovno optično vlakno izdelamo po postopku MCVD. Postopek začnemo s cevjo iz čistega kremenovega stekla SiO_2 z lomnim količnikom 1.46, notranjim premerom $d_n=15\text{mm}$ in zunanjim premerom $d_z=25\text{mm}$. Izračunajte debelino obloge $d=?$ zmesi SiO_2 in GeO_2 , ki jo moramo nanesti na notranjo steno cevi, da po skrčenju cevi in vlečenju vlakna s premerom $d_v=125\text{mikrometrov}$ dobimo numerično aperturo $\text{NA}=0.1$ in mejno valovno dolžino višjih rodov $\lambda=1.3\text{mikrometra}$!

3. Polprevodniški laser vsebuje Fabry-Perot-ov resonator, kjer predstavljata zrcali kar odbojnosti polprevodnik/zrak na mejnih ploskvah čipa. Izračunajte lasersko ojačenje na enoto dolžine $G/l=?$ (v dB/m) v čipu dolžine $l=500\text{mikrometrov}$, če znaša dielektrična konstanta polprevodnika $\epsilon_r=14$ za svetlobo valovne dolžine $\lambda=1.3\text{mikrometra}$!

4. Optični sprejemnik je izdelan kot APD-FET modul s fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=0.7$ in faktorjem multiplikacije $M=10$. Električno vezje je izvedeno kot transimpedančni ojačevalnik z $R_t=10\text{kohm}$. Izračunajte vhodno moč optičnega signala $P_o=?$ z valovno dolžino $\lambda=1.55\mu\text{m}$, ki na izhodu sprejemnika da napetost signala $U_s=100\text{mV}$! ($h=6.624\text{E-34Js}$, $q_e=-1.6\text{E-19As}$, $c=3\text{E+8m/s}$)

5. Akusto-optični modulator vsebuje kot aktivno snov stekleno kocko z lomnim količnikom $n=1.5$, v kateri se širi zvočno valovanje s hitrostjo $v=3.5\text{km/s}$. Na stekleno kocko je pritrjen piezoelektrični pretvornik, ki ga krmilimo s frekvenco $f=100\text{MHz}$. Izračunajte kot uklonjenega žarka prvega reda (Raman-Nath-ov uklon) v zraku za zeleno svetlobo argonskega laserja z valovno dolžino $\lambda=514\text{nm}$!

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 19.09.2001

1. Pri spajanju enakih mnogorodovnih vlaken s polmerom sredice $2a=50\mu\text{m}$ vnaša velike izgube nagib osi enega vlakna glede na os drugega vlakna. Izračunajte kot nagiba $\Theta=?$, ko zaradi nagiba izgubimo polovico svetlobne moči! Lomni količnik jedra vlakna znaša $n_1=1.47$, lomni količnik obloge $n_2=1.46$, vse ostale izvore izgub zanemarimo in svetlobna moč v prvem vlaknu je dobro porazdeljena med rodovi.

2. Izračunajte največjo dopustno optično moč $P_{\max}=?$, ki jo lahko prenašamo preko konektorskega spoja dveh enorodovnih optičnih vlaken s polmerom sredice $2a=10\mu\text{m}$! v konektorskem spoju pride do preboja, ko vršna električna poljska jakost v tanki zračni reži med koncema vlaken doseže vrednost $E_{\max}=2\text{E}+6\text{V/m}$. Pri računu predpostavimo, da se moč enakomerno porazdeli po preseku jedra vlakna. ($Z_0=377\Omega$)

3. Določite izkoristek $\eta=?$ polprevodniškega laserja s Fabry-Perot-ovim rezonatorjem, ki daje pri valovni dolžini $\lambda=780\text{nm}$ izhodno moč $P_0=3\text{mW}$ skozi prednje okno ohišja! Laser krmilimo s tokom $I=50\text{mA}$, padcu napetosti na polprevodniškem spoju pa se pridruži še padec na upornosti elektrod, ki znaša $R=5\Omega$. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

4. Elektro-optični modulator z Mach-Zehnder-jevim interferometrom na podlagi LiNbO_3 ima zaradi netočnosti polarizacije vhodne svetlobe ugasno razmerje (razmerje moči enica/ničla) $a=15\text{dB}$. Izračunajte svetlobno moč enice $P_1=?$ in ničle $P_0=?$ na izhodu modulatorja, če znaša povprečna svetlobna moč na izhodu modulatorja $P'=1.5\text{mW}$ (50% enic v podatkih)! Modulator krmilimo z najustreznejšim signalom, ki ustreza $U_{\pi E}=7\text{V}$.

5. Disperzijo v enorodovnem vlaknu koristno uporabimo za zmanjševanje presluha zaradi nelinearnih pojavov pri ojačevani WDM preko oceanske zvezi na razdalji $l=7000\text{km}$. Izračunajte časovno razliko $\Delta t=?$ v času potovanja signalov na sosednjih svetlobnih nosilcih, ki so razmaknjeni za $\Delta f=100\text{GHz}$ pri osrednji frekvenci $f_0=194\text{THz}$! Vlakno ima v tem frekvenčnem pasu povprečni disperzijski koeficient $D=17\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 22.01.2002

1. Planarni optični valovod je sestavljen iz osrednje plasti z lomnim količnikom $n_1=1.47$ in dveh debelih oblog z lomnim količnikom $n_2=1.46$. Izračunajte največjo dopustno debelino osrednje plasti $d=?$, da se po valovodu širita en sam TE rod in en sam TM rod pri valovni dolžini svetlobe (v praznem prostoru $n_0=1$) $\lambda=1550\text{nm}$!
2. Polprevodniški DFB laser niha na eni sami spektralni črti širine $\Delta\lambda=0.4\text{pm}$ pri osrednji valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ (v praznem prostoru, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$). Izračunajte osredno frekvenco delovanja laserja $f_0=?$, širino frekvenčnega spektra $\Delta f=?$ ter koherenčno dolžino svetlobe $l=?$
3. Elektro-optični Mach-Zehnder modulator na LiNbO_3 podlagi ima za TE polarizacijo $U_{\pi}=7\text{V}$. Izračunajte potrebno izhodno moč $P=?$ (v dBm) krmilnega električnega ojačevalnika, ki popolnoma izkrmili elektro-optični modulator (največje ugasno razmerje) z električnim signalom pravokotne oblike! vsi električni priključki so prilagojeni na karakteristično impedanco $Z_k=50\Omega$, delovno točko modulatorja nastavimo na ločeni "bias" elektrodi.
4. InGaAs PIN fotodioda ima kvantni izkoristek $\eta=70\%$ in daje pri povprečni vpadni svetlobni moči $P=-35\text{dBm}$ enosmerni foto tok $I=0.233\mu\text{A}$. Površina čipa fotodiode je prekrita z antirefleksnim slojem, temni tok fotodiode pa je pri dani temperaturi zanemarljivo majhen. Določite valovno dolžino vpadne svetlobe! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q=-1.6\text{E}-19\text{As}$)
5. Kolikšen sme biti disperzijski koeficient $D=?$ (ps/nm.km) enorodovnega vlakna pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$, če zahtevamo, da se pri prenosni hitrosti $C=2.488\text{Gbit/s}$ impulzi ne razširijo za več kot tretjino dolžine enega bita? Širina spektra svetlobnega izvora vključno z modulacijo znaša $\Delta f=50\text{GHz}$, dolžina zveze pa je $l=50\text{km}$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 29.03.2002

1. Delovanje DFB laserja motijo neželjeni odboji svetlobe na meji polprevodnik-zrak. Kolikšen kot $\alpha = ?$ mora zaklepati smer valovoda z izstopno ploskvijo čipa, da bo neželjeni odboj namanjši, če laser niha na enem samem TE rodu? Lomni količnik sredice valovoda znaša $n_1 = 3.7$, lomni količnik zraka pa je praktično enak enoti.

2. Oblogi planarnega svetlovoda izdelam iz stekla z lomnim količnikom $n_2 = 1.46$, sredico svetlovoda pa iz stekla z lomnim količnikom $n_1 = 1.48$. Izračunajte debelino sredice $d = ?$, da se pri valovni dolžini $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ (v praznem prostoru) širijo po valovodu največ $m = 3$ trije TE in trije TM rodovi!

3. Elektro-optični modulator na osnovi LiNbO_3 ima napetost $U_{pi} = 6.5\text{V}$. Modulator krmilimo z električnim signalom pravilne amplitude ($U_s = 6.5\text{V}$ vrh-vrh), vendar se delovna točka modulatorja odseli za $U = 0.5\text{V}$ zaradi spremembe temperature čipa modulatorja. Izračunajte ugasno razmerje (Penica/Pničla) modulatorja v takšnih delovnih razmerah!

4. Sprejemniški APD-FET modul vsebuje plazovno fotodiodo s faktorjem množenja $M = 10$ in kvantnim izkoristkom $\eta = 0.7$ ter električni ojačevalnik s šumno temperaturo $T = 200\text{K}$. Skupna vhodna kapacitivnost fotodiode in ojačevalnika znaša $C_v = 2\text{pF}$. Izračunajte število fotonov $N = ?$ z valovno dolžino $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ na vhodu APD-FET modula, ki daje enako močen signal kot skupni električni šum in šum multiplikacije! Zaporna napetost na fotodiodi je izbrana tako, da sta oba šuma enako velika. ($h = 6.624 \times 10^{-34}\text{Js}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{As}$, $k_B = 1.38 \times 10^{-23}\text{J/K}$, $C = 140\text{Mbit/s}$)

5. Bragg-ovo akusto-optično stikalo uporabimo za modulacijo argonskega laserja na valovni dolžini $\lambda = 488\text{nm}$. Izračunajte kot odklona žarka $\alpha = ?$, če modulator krmilimo z električnim signalom frekvence $f_m = 100\text{MHz}$ in znaša hitrost ultrazvoka v modulatorju $v = 4\text{km/s}$!

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 26.06.2002

1. Določite lastnosti jedra optičnega vlakna (lomni količnik $n_1 = ?$ in polmer jedra $a = ?$), da bo imelo vlakno numerično aperturo $NA = 0.1$ ter postane vlakno mnogorodovno pri valovni dolžini $\lambda = 1.27 \mu\text{m}$ (v praznem prostoru)! Obloga vlakna je izdelana iz čistega kremenovega stekla z lomnim količnikom $n_2 = 1.46$.

2. Dvolomna snov ima za TE polarizacijo lomni količnik $n_{TE} = 2.05$, za TM polarizacijo pa lomni količnik $n_{TM} = 2.20$. Izračunajte debelino $d = ?$ $\lambda/4$ ploščice, ki jo izdelamo iz navedene snovi! Ploščico uporabljamo za pretvorbo linearno polarizirane svetlobe HeNe laserja z valovno dolžino $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ (v praznem prostoru) v krožno polarizirano svetlobo.

3. Polprevodniški laser (FP rezonator) za valovno dolžino $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ niha na več vzdolžnih TE rodovih. Pri kateri frekvenci $f = ?$ dobimo največji modulacijski šum zaradi preskakovanja laserja med rodovi, če dolžina laserskega čipa $l = 1 \text{ mm}$ in znaša povprečni lomni količnik valovoda $n = 3.7$? ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

4. Določite skupni faktor množenja elektronov $M = ?$ fotopomnoževalke, ki je opremljena s fotokatodo s kvantnim izkoristkom $\eta = 0.2$! Na fotokatodo vpada $N = 1 \times 10^6$ (miljon) fotonov na sekundo rdeče svetlobe HeNe laserja ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$). Anoda fotopomnoževalke vleče električni tok $I_a = 1 \text{ mA}$. ($h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ As}$)

5. Kolikšen je domet zveze po vlaknu s koeficientom disperzije $D = 17 \text{ ps/(nm.km)}$ z zmogljivostjo $C = 622 \text{ Mbit/s}$? Oddajnik uporablja mnogorodovni FP laser s pasovno širino $\Delta f = 300 \text{ GHz}$ pri osrednji frekvenci $f = 194 \text{ THz}$. Omejitev dometa predstavlja razširitev impulzov, ki ne sme preseči ene tretjine trajanja enega bita. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 26.06.2002

1. Polarizator svetlobe izdelamo tako, da svetlobni žarek spustimo pod Brewster-jev kot skozi zaporedje $N=30$ steklenih ploščic. Pri tem se večji del TE polariziranega valovanja izgubi v odbitih žarkih, TM valovanje pa se lomi skozi zaporedje ploščic brez izgub. Izračunajte slabljenje TE polarizacije (v dB) takšnega polarizatorja, če so ploščice iz stekla z $n=1.5$, vmes pa je zrak!
2. Optično vlakno navijemo na polmer $r=1\text{cm}$, da postane jedro vlakna zaradi mehanske napetosti dvo lomno. Pri tem en ovoj predstavlja $\lambda/4$ ploščico pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte razliko med lomnima količnikoma za TE in TM polarizacijo v zakrivljenem delu vlakna Δn , če znaša povprečni lomni količnik jedra $n=1.47$!
3. Izračunajte električno poljsko jakost E na izstopni ploskvi polprevodniškega laserja širine $w=5\mu\text{m}$ in višine $h=1.5\mu\text{m}$. Izhodna moč laserja znaša $P=5\text{mW}$ na valovni dolžini $\lambda=850\text{nm}$. Lomni količnik polprevodnika je $n_1=3.7$, lomni količnik zraka pa je praktično enak enoti. Pri računu predpostavimo, da je odprtina enakomerno osvetljena z osnovnim TE rodом laserskega resonatorja. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $Z_0=377\Omega$)
4. PIN-FET sprejemnik ima občutljivost $P_{\min}=-40\text{dBm}$ pri zmogljivosti zveze $C=155\text{Mbit/s}$. Izračunajte občutljivost izboljšanega sprejemnika $P_{\min}'$, kjer prvotno PIN fotodiodo s kapacitivnostjo $C_d=2\text{pF}$ in kvantnim izkoristkom $\eta=0.6$ nadomestimo z boljšo fotodiodo s kapacitivnostjo $C_d'=1\text{pF}$ in kvantnim izkoristkom $\eta'=0.8$! Električni ojačevalnik ostane v obeh slučajih enak z isto kapacitivnostjo $C_0=1\text{pF}$ in šumno temperaturo $T=200\text{K}$. ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)
5. Visokozmogljivo $C=40\text{Gbit/s}$ optično zvezo omejuje polarizacijska disperzija vlakna s povprečnim koeficientom $D_{\text{pmd}}=0.2\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$. Določite razdaljo med regeneratorji signala, če naj razširitev impulzov ne preseže ene tretjine bitne periode! Upoštevajte tudi trikratni varnostni faktor za vršno vrednost polarizacijske disperzije glede na njeno povprečno vrednost!

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 11.10.2002

1. Mnogorodovno optično vlakno z numerično aperturo $NA=0.18$ je na enem koncu priključeno na svetlobni izvor, na drugem koncu pa ga potopimo v tekočino z lomnim količnikom $n=1.3$. Kolikšen je premer $2r=?$ svetle lise na dnu posode s tekočino, če se potopljeni konec vlakna nahaja na višini $h=10\text{cm}$ nad dnom posode?

2. Optični signal se širi po $l=6\text{cm}$ dolgem planarnem valovodu v kristalu iz LiNbO_3 , ki je močno dvolomen: za hitrejšo polarizacijo znaša lomni količnik $n'=2.05$, za počasnejšo polarizacijo pa $n''=2.2$. Izračunajte vrednost polarizacijske disperzije $\Delta t=?$, ki jo vnaša takšen valovod pri osrednji valovni dolžini svetlobe $\lambda=1.55\mu\text{m}$ v praznem prostoru!

3. Pri sobni temperaturi $T=25^\circ\text{C}$ in toku $I=22\text{mA}$ daje polprevodniški laser nazivno izhodno moč $P=4\text{mW}$. Izhodna moč laserja pade na zelo majhno vrednost pri temperaturi $T'=65^\circ\text{C}$ pri nespremenjenem krmilnem toku. Pri kateri temperaturi laserja $T''=?$ dobimo z istim tokom izhodno moč $P''=5\text{mW}$?

4. Optični PIN-FET sprejemniški modul vsebuje električni ojačevalnik s šumno temperaturo $T=300\text{K}$. Skupna kapacitivnost fotodiode in vhoda ojačevalnika znaša $C=2\text{pF}$. Določite število fotonov $N=?$, potrebnih za prenos logične enice pri valovni dolžini $\lambda=1.55\mu\text{m}$, če zahtevamo razmerje $P_{\text{enice}}/P_{\text{šuma}}=30$ na električnem izhodu sprejemnika in znaša kvantni izkoristek PIN fotodiode $\eta=0.7$. ($h=6.624\text{E-}34\text{Js}$, $k_B=1.38\text{E-}23\text{J/K}$, $q_e=-1.6\text{E-}19\text{As}$, $c=3\text{E+}8\text{m/s}$)

5. Erbijev vlakenski optični ojačevalnik črpamo s svetlobo valovne dolžine $\lambda=980\text{nm}$ do popolne inverzne naseljenosti energijskih nivojev. Brez vhodnega signala daje ojačevalnik svetlobno moč spontanega sevanja $P=15\text{mW}$ v pasu okoli $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte število erbijevih ionov $N=?$ v ojačevalnem vlaknu, če spontano sevanje preneha $t=10\text{ms}$ po izklopu črpalke! ($c=3\text{E+}8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E-}34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 22.01.2003

1. Svetlobni žarek vpada iz praznega prostora na površino snovi z lomnim količnikom $n=1.6$ pod Brewster-jevim kotom. Kolikšna je tedaj odbojnost za TE polarizacijo G_{TE} ? Kolikšna je moč odbitega žarka P_o ? od površine snovi, če je vpadni žarek nepolariziran in ima moč $P_v=5\text{mW}$?

2. Izračunajte električno poljsko jakost E ? v jedru enorodovnega vlakna s polmerom $a=5\mu\text{m}$ in lomnim količnikom $n_1=1.46$! Po vlaknu prenašamo svetlobno moč $P=10\text{mW}$ z valovno dolžino $\lambda=1.55\mu\text{m}$. Pri računu upoštevamo, da je pretok moči skoraj enakomerno razporejen po preseku jedra vlakna. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $Z_o=377\text{ohm}$)

3. GaAlAs polprevodniški laser za osrednjo valovno dolžino $\lambda=850\text{nm}$ vsebuje Fabry-Perot-ov resonator, kjer so zrcala kar stranice čipa. Dolžina laserskega čipa znaša $l=0.4\text{mm}$, srednji lomni količnik valovoda je $n=3.7$. Izračunajte širino spektra laserske svetlobe $\Delta\lambda$?, če laser istočasno niha na $N=10$ vzdolžnih rodovih! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

4. PIN-FET modul vsebuje fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=70\%$ pri valovni dolžini $\lambda_1=1.3\mu\text{m}$. Pri tej valovni dolžini znaša občutljivost sprejemnika $P_1=-35\text{dBm}$ za dovolj nizko pogostnost napak BER. Kolikšna je občutljivost sprejemnika P_2 ? na valovni dolžini $\lambda_2=1.55\mu\text{m}$, kjer kvantni izkoristek fotodiode naraste na $\eta_a=80\%$? Pri računu upoštevamo, da večino šuma povzroča električni ojačevalnik, ki sledi fotodiodi. ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Podmorski prekooceanski kabel sestavlja $N=100$ odsekov dolžine $l=50\text{km}$. Odseki vsebujejo enorodovno optično vlakno s slabljenjem $\alpha=0.22\text{dB/km}$ pri valovni dolžini $\lambda=1.55\mu\text{m}$. Vsakemu odseku vlakna sledi erbijev laserski ojačevalnik ($F=3\text{dB}$), ki nadomesti izgube v vlaknu. Izračunajte skupno šumno moč ojačenega spontanega sevanja P_{se} ? na koncu verige na obeh polarizacijah skupaj, če znaša pasovna širina sistema $\Delta\lambda=30\text{nm}$! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 14.03.2003

1. Nepolariziran svetlobni žarek z valovno dolžino $\lambda = 0.6 \mu\text{m}$ vpada iz praznega prostora na površino $d = 1 \mu\text{m}$ debele prozorne opne z lomnim količnikom $n = 1.5$. Pri katerem vpadnem kotu $\theta = ?$ doseže moč odbitega žarka najnižjo vrednost? Koliko rešitev ima naloga?

2. Izračunajte sklopni izkoristek $\eta = ?$ svetleče diode na mnogorodovno gradientno vlakno s premerom jedra $2r = 50 \mu\text{m}$, premerom obloge $2r_o = 125 \mu\text{m}$ in največjo numerično aperturo v osi vlakna $NA_{\text{max}} = 0.2$! Vlakno ima parabolični lomni lik. Svetleča dioda sveti kot neusmerjeno svetilo ($\lambda = 1.3 \mu\text{m}$) s premerom, ki ustreza premeru jedra vlakna.

3. Mach-Zehnder-jev modulator na osnovi LiNbO_3 ima pri valovni dolžini $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ občutljivosti $U_{\text{piTE}} = 6\text{V}$ in $U_{\text{piTM}} = 17\text{V}$. Pri kateri napetosti na krmilni elektrodi $U = ?$ upade izhodna svetlobna moč na polovico $P_i = P_{\text{max}}/2$, če uporabimo kot izvor svetlobe nepolarizirano ojačeno spontano sevanje ASE erbijevega optičnega ojačevalnika?

4. Delovanje koherentnega optičnega sprejemnika moti neskladnost polarizacije med vhodnim signalom in signalom lokalnega oscilatorja (DFB laserja). Koliko znaša izguba občutljivosti sprejemnika (v decibelih) v najboljšem slučaju $a_1 = ?$ in najslabšem slučaju $a_2 = ?$, če vhodni signal razdelimo med dva sprejemnika, ki imata ortogonalno polarizirana lokalna oscilatorja? Elektronika izbere izhod tistega sprejemnika, ki trenutno daje na svojem izhodu boljše razmerje signal/šum.

5. Na koncu podmorskega prekooceanskega kabla z $N = 150$ odseki dolžine $l = 50\text{km}$ izmerimo šumno moč $P = +0\text{dBm}$. Kolikšna je pasovna širina $\Delta\lambda = ?$ Er^{3+} laserskih ojačevalnikov z idealnim šumnim številom $F = 3\text{dB}$ na osrednji valovni dolžini $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$? Ojačevalniki natančno nadomestijo slabljenje kabla $a = 0.2\text{dB/km}$. ($C = 3 \times 10^8\text{m/s}$, $h = 6.624 \times 10^{-34}\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 14.03.2003

1. Izračunajte debelino $d=?$ in lomni količnik $n=?$ antirefleksnega sloja, ki ga naneseemo na ravno površino stekla z lomnim količnikom $n'=1.6$! Antirefleksni sloj izdelamo za vidno svetlobo z osrednjo valovno dolžino $\lambda=0.5\mu\text{m}$, ki vpada pod kotom $\theta=30^\circ$ iz praznega prostora na površino stekla.

2. Določite potrebni vzdolžni razmik $d=?$ med koncema enakih mnogorodovnih vlaken $50/125\mu\text{m}$ s stopničastim lomnim likom, da zmanjšamo jakost signala za $a=15\text{dB}$! Pri računu zanemarimo odboj svetlobe pri izstopu svetlobe iz jedra v zrak in ponovnem vstopu svetlobe v drugo vlakno. Numerična apertura je $NA=0.2$.

3. Izračunajte največjo dopustno moč polprevodniškega laserja $P_{\text{max}}=?$, če predstavlja omejitev električni preboj v zraku na površini izstopne ploskvice $E_{\text{max}}=1\text{E}+6\text{V/m}$! Izstopna ploskvice seva kot odprtina širine $w=6\mu\text{m}$ in višine $h=2\mu\text{m}$. Izračun poenostavimo z upoštevanjem, da je izstopna ploskvice približno enakomerno osvetljena z osnovnim TE rodom. ($Z_0=377\Omega$)

4. Izračunajte domet reflektometra OTDR v smislu slabljenja merjenja $a=?$ (v decibelih)! Reflektometer vsebuje oddajnik na valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$, ki oddaja impulze dolžine $t=200\text{ns}$ in moči $P=25\text{mW}$. Sprejemnik vsebuje plazovno diodo in električni ojačevalnik, ki omogočata zaznavanje impulzov z $N=1000$ fotonov. Impulzi prepotujejo merjenec v obeh smereh in se na koncu merjenja odbijejo na meji steklo($n=1.46$)/zrak. ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

5. Kolikšen sme biti disperzijski koeficient $D=?$ (ps/nm.km) enorodovnega vlakna pri valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$, če zahtevamo, da se pri prenosni hitrosti $C=622\text{Mbps}$ impulzi ne razširijo za več kot tretjino trajanja bita? Dolžina zveze je $l=85\text{km}$, kot izvor svetlobe pa uporabimo mnogorodovni FP laser z dolžino resonatorja $l_r=500\mu\text{m}$, ki niha na $N=10$ rodovih. Lomni količnik polprevodniškega čipa znaša $n=3.7$. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 18.06.2003

1. Enorodovno svetlobno vlakno s premerom jedra $2a=10\mu\text{m}$ ($n_1=1.47$) se obnaša kot četrtvalovna ploščica za valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$, ko vlakno navijemo v krog s polmerom $r=9\text{mm}$. Izračunajte razliko lomnega količnika Δn za obe polarizaciji, ki jo povzroča mehanska napetost v vlaknu!
2. Rdeči žarek HeNe laserja z valovno dolžino $\lambda=632.8\text{nm}$ vpada pod kotom $\Theta=60^\circ$ na valovito površino uklonske mrežice s periodo $d=5\mu\text{m}$ in amplitudo $\Delta=+/-0.2\mu\text{m}$. Izračunajte smeri $\Theta+1$ in $\Theta-1$ uklonjenih žarkov prvega reda v bližini osnovnega odbitega žarka v smeri $\Theta_0=60^\circ$!
3. Elektro-optični amplitudni modulator z Mach-Zehnder-jevimi interferometri na podlagi iz LiNbO₃ ima pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ občutljivosti $U_{\pi TE}=6\text{V}$ in $U_{\pi TM}=16\text{V}$ za obe polarizaciji. Kolikšne občutljivosti $U_{\pi TE}'$ in $U_{\pi TM}'$ lahko pričakujemo pri valovni dolžini izvora $\lambda=1300\text{nm}$ za isti modulator, če ostanejo elektro-optične lastnosti LiNbO₃ nespremenjene?
4. Fotopomnoževalka ima $N=10$ množilnih elektrod (dinod), ki v povprečju proizvedejo $M=4$ sekundarne elektrone za vsak vpadni elektron. Izračunajte vpadno svetlobno moč P na fotokatodo, ki ima pri valovni dolžini $\lambda=632.8\text{nm}$ kvantni izkoristek $\eta=0.2$, če znaša končni anodni tok $I_a=1\text{mA}$. ($h=6.624\text{E-}34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E-}19\text{As}$, $c=3\text{E+}8\text{m/s}$)
5. v visokozmogljivem WDM sistemu s številnimi svetlobnimi ojačevalniki v pasu $\lambda=1.55\mu\text{m}$ vzpostavimo pomožno službeno zvezo male zmogljivosti $C=155\text{Mbit/s}$ za nadzor sistema s cenanim neposredno moduliranim DFB laserjem. DFB laser sicer niha na enem rodu, vendar neposredna modulacija toka povzroča frekvenčno modulacijo s kolebom v pasu $\Delta f=50\text{GHz}$. Izračunajte domet službene zveze po NZDSF vlaknu s koeficientom disperzije $D=+7\text{ps}/(\text{nm.km})$, če v službeni zvezi barve disperzije vlakna ne kompenziramo! ($\Delta t_{\max}=T_{\text{bit}}/3$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 18.06.2003

1. Svetlobno vlakno ima jedro premera $2r=50\mu\text{m}$ z lomnim količnikom $n_1=1.47$ ter oblogo z lomnim količnikom $n_2=1.46$. Izračunajte slabljenje odbitega vala $a=?$ (v decibelih!) na koncu vlakna, ki je odrezano pod pravim kotom ter potopljeno v tekočino z lomnim količnikom $n'=1.33$ pri valovni dolžini $\lambda=850\text{nm}$!

2. Svetlobna vlakna z numerično aperturo $NA=0.1$ in premerom jedra $2a=10\mu\text{m}$ spajamo s pomočjo kotno-brušenih (APC) konektorjev. Pod kakšnim kotom $\alpha=?$ glede na pravokotnico morajo biti brušene spojne ploskve konektorjev, da preprečimo neželjeni odboj svetlobe nazaj v jedro vlakna?

3. HeNe laser vsebuje kapilaro dolžine $l=150\text{mm}$ in dve selektivni zrcali za valovno dolžino $\lambda=632.8\text{nm}$ z odbojnostima $G_{a1}=0.98$ in $G_{a2}=0.995$. Določite ojačanje plinske zmesi $dG/dz=?$ na enoto dolžine (v dB/m), ko laser ravno začne nihati!

4. Daljinec za televizor vsebuje svetlečo diodo, ki na valovni dolžini $\lambda=900\text{nm}$ sveti z močjo $P=5\text{mW}$ v prostorskem kotu $\Omega=1\text{sr}$. Izračunajte število fotonov $N=?$, ki v času trajanja enega bita $T=1\text{ms}$ padejo na sprejemno fotodiodo s površino $A=1\text{mm}^2$ na oddaljenosti $d=10\text{m}$! ($h=6.624\text{E-34Js}$, $q_e=-1.6\text{E-19As}$)

5. Preko oceanski kabel uporablja valovnodolžinski multipleks (WDM) in erbijeve svetlobne ojačevalnike. V prvem pasu valovnih dolžin $\lambda_1=1530\text{nm}-1540\text{nm}$ uporabljamo $C_1=2.5\text{Gbit/s}$ kanale s kanalskim razmakom $\Delta f_1=50\text{GHz}$, v drugem pasu $\lambda_2=1545\text{nm}-1565\text{nm}$ pa $C_2=10\text{Gbit/s}$ kanale s kanalskim razmakom $\Delta f_2=100\text{GHz}$. Kolikšna je celotna zmogljivost $C=?$ kabla z $N=8$ svetlobnimi vlakni? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 24.09.2003

1. Enorodovno optično vlakno izdelamo s tehnologijo MCVD tako, da v notranjost cevi iz čistega kremenovega stekla nanesemo plast z dodatkom germanijevega oksida. Izračunajte debelino nanesene plasti $d=?$, če znaša notranji polmer kremenove cevi $r_1=5\text{mm}$, zunanji polmer $r_2=15\text{mm}$ in mora imeti končni izdelek zunanji premer $2r=125\mu\text{m}$, numerično aperturo $NA=0.1$ ter mejno valovno dolžino $\lambda=1.25\mu\text{m}$ za enorodovno delovanje!

2. Izračunajte slabljenje spoja $a=?$ (v dB) dveh različnih mnogorodovnih vlaken. Svetloba najprej potuje po vlaknu s premerom jedra $d_1=50\mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA_1=0.2$. Drugo vlakno s premerom jedra $d_2=62.5\mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA_2=0.25$ je zavarjeno na konec prvega vlakna, da so izgube čim manjše in ni neželjenih odbojev svetlobe. Obe vlakni imata zunanji premer obloge $d_o=125\mu\text{m}$ in imata pri brezhibnem zvaru točno poravnane osi.

3. Svetlobni oddajnik vsebuje neposredno moduliran laser in doseže ugasno razmerje $a=10\text{dB}$. Izračunajte, za koliko km $\Delta L=?$ se zmanjša domet zveze zaradi končnega ugasnega razmerja oddajnika, če v sprejemniku prevladuje toplotni šum elektronike, v primerjavi z idealnim oddajnikom enake vršne moči (enice)! Slabljenje vlakna znaša 0.35dB/km pri valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$.

4. Sprejemniški APD-FET modul vsebuje plazovno fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta=0.7$ in faktorjem množenja $M=20$ ter transimpedančni ojačevalnik z $R_t=10\text{k}\Omega$. Izračunajte izhodno napetost $U=?$, ki jo dajejo enice s po $N=1000$ fotoni pri bitni hitrosti $C=155\text{Mbit/s}$! ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $\lambda=1.3\mu\text{m}$, $Q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Laserski ojačevalnik z erbijevim vlaknom doseže izhodno moč $P=+17\text{dBm}$ pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte potrebno moč $P'=?$ črpalnega laserja na valovni dolžini $\lambda'=980\text{nm}$, če ojačevalno vlakno izkorišča $\eta=85\%$ fotonov črpalke in znašajo dodatne izgube v izolatorju na izhodu ojačevalnika $a=0.3\text{dB}$!

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 19.12.2003

1. Rdeč žarek nepolariziranega HeNe laserja z valovno dolžino $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ vpada pod kotom $\theta = 15^\circ$ iz praznega prostora na stekleno ploščico z lomnim količnikom $n = 1.48$. Izračunajte, v kolikšnem območju Δ (v decibelih) se lahko spreminja jakost odbitega žarka, če se polarizacija laserja naključno spreminja, njegova povprečna izhodna moč pa ostane konstantna!

2. Planarni valovod, debeline plasti $d = 10 \mu\text{m}$ na podlagi iz čistega kremenovega stekla $n_2 = 1.46$, postane mnogorodoven pri frekvenci $f = 250 \text{ THz}$. Izračunajte lomni količnik plasti n_1 , ki jo naneseemo na podlago in pokrijemo z dovolj debelo oblogo z enakim lomnim količnikom n_2 , kot ga ima podlaga! ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

3. Polprevodniški DFB laser za nazivno valovno dolžino $\lambda = 1550 \text{ nm}$ je sklopljen z lečami na izhodno svetlobno vlakno brez optičnega izolatorja. Določite razdaljo med sosednjima rodovoma $\Delta \lambda$, med katerima preskakuje laser zaradi delnega odboja svetlobe na konektorskem spoju vlaken na razdalji $l = 1 \text{ m}$ od laserja! ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $n = 1.46$)

4. Sprejemniški APD-FET modul za zvezo zmogljivosti $C = 622 \text{ Mbit/s}$ na valovni dolžini $\lambda = 1300 \text{ nm}$ vsebuje plazovno fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta = 75\%$ in optimalnim faktorjem multiplikacije $M = 15$. Izračunajte napetost U_{vrh} na izhodu transimpedančnega ojačevalnika z $R = 800 \Omega$ pri povprečni moči vhodnega svetlobnega signala $P_0 = -35 \text{ dBm}$ z uravnoteženim razmerjem enic in ničel! ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$)

5. Svetlobno zvezo sestavimo iz vlaken v kablji, ki so že vkopani. V prvem odseku zveze dolžine $l_1 = 30 \text{ km}$ imamo na razpolago le standardno vlakno G.652 z disperzijskim koeficientom $D_1 = +17 \text{ ps/(nm.km)}$ in slabljenjem $\alpha_1 = 0.22 \text{ dB/km}$. V drugem odseku zveze dolžine $l_2 = 25 \text{ km}$ imamo na razpolago NZDSF vlakno z disperzijskim koeficientom $D_2 = +4 \text{ ps/(nm.km)}$ in slabljenjem $\alpha_2 = 0.25 \text{ dB/km}$. Izračunajte potrebno dolžino l_k kompenzacijskega vlakna z disperzijskim koeficientom $D_k = -80 \text{ ps/(nm.km)}$ in slabljenjem $\alpha_k = 0.6 \text{ dB/km}$! Kolikšno je celotno slabljenje a (dB) disperzijsko kompenzirane zveze?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 02.02.2004

1. Žarek polariziranega HeNe laserja moči $P_v=2\text{mW}$ z valovno dolžino $\lambda=632.8\text{nm}$ vpada pod Brewster-jevim kotom θ_B na stekleno ploščo debeline $d=15\text{mm}$. Izračunajte največjo moč prepuščenega žarka $P_p=?$ v zraku na drugi strani ploščice, če ima steklo lomni količnik $n=1.6$ in slabljenje $a=100\text{dB/m}$! Polarizacijo laserja nastavimo za največjo prepuščeno moč.

2. Mnogorodovno vlakno $50/125\mu\text{m}$ ima oblogo iz čistega kremenovega stekla $n_2=1.46$ in numerično aperturo $NA=0.2$. Izračunajte domet $l=?$ zveze z zmogljivostjo $C=34\text{Mbit/s}$, če naj se impulzi ne razširijo za več kot četrtno bitne periode ($\Delta t=T/4$) in ima vlakno stopničast lomni lik! Kolikšen je domet $l'=?$ za idealno gradientno vlakno?

3. InGaAsP polprevodniški laser za osrednjo valovno dolžino $\lambda=1320\text{nm}$ vsebuje Fabry-Perot-ov resonator, kjer so zrcala kar stranice čipa. Dolžina laserskega čipa znaša $l=550\mu\text{m}$, srednji lomni količnik valovoda je $n=3.6$. Izračunajte vzdolžno koherentno dolžino $d=?$ laserske svetlobe, če laser istočasno niha na $N=7$ vzdolžnih rodovih! ($c=3E+8\text{m/s}$)

4. Daljinec za televizor odda sporočilo z zmogljivostjo $C=1\text{kbit/s}$ na valovni dolžini $\lambda=900\text{nm}$. Svetleča dioda daljinca odda enico z močjo $P_o=20\text{mW}$ enakomerno na vse strani. Televizor na oddaljenosti $r=5\text{m}$ od daljinca je opremljen s silicijevo PIN fotodiodo s površino $A=1\text{mm}^2$, kvantnim izkoristkom $\eta=80\%$ in kapacitivnostjo $C_d=80\text{pF}$. Izračunajte napetost signala $U_s=?$ na fotodiodi, ki jo povzroči oddana enica v sporočilu! ($q_e=-1.6E-19\text{As}$, $h=6.625E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$)

5. Odsek vlakna G.652 dolžine $l=60\text{km}$ s slabljenjem $a=0.22\text{dB/km}$ in disperzijo $D=17\text{ps}/(\text{nm.km})$ uporabimo v visokozmogljivi zvezi tako, da na sprejemni strani vse slabljenje najprej nadomestimo z erbijevim svetlobnim predojačevalnikom in nato popravimo barvno disperzijo s kompenzacijskim vlaknom z $D_k=-80\text{ps}/(\text{nm.km})$ in slabljenjem $a_k=0.7\text{dB/km}$. Kolikšno naj bo ojačanje ojačevalnika $G=?$, če mora nadomestiti slabljenje kabla in tudi slabljenje kompenzacijskega vlakna?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 15.06.2004

1. Izračunajte lomni količnik tekočine $n=?$, če postane odbiti žarek popolnoma polariziran pri vpadnem kotu $\theta=60^\circ$ iz praznega prostora nad gladino tekočine! Kolikšen delež moči nepolariziranega vpadnega žarka $P_o/P_v=?$ se tedaj odbije od gladine tekočine? ($\lambda=0.5\mu\text{m}$)

2. Enorodovno svetlobno vlakno izdelamo s tehnologijo MCVD tako, da v notranjost cevi iz čistega kremenovega stekla $n_2=1.46$ nanese plast z dodatkom germanijevega oksida. Izračunajte debelino nanese plasti $d=?$ in lomni količnik $n_1=?$, če znaša notranji premer kremenove cevi $2r_1=15\text{mm}$, zunanji premer kremenove cevi $2r_2=25\text{mm}$. Končni izdelek mora imeti zunanji premer $2r=125\mu\text{m}$, numerično aperturo $NA=0.08$ ter mejno valovno dolžino $\lambda=1.27\mu\text{m}$ za enorodovno delovanje! Difuzijo germanija pri vlečenju vlakna zanemarimo.

3. Polprevodniški laser s porazdeljeno povratno vezavo (DFB) ima vgrajeni dve zrcali v obliki uklonskih mrežic. Izračunajte periodo uklonske mrežice $d=?$ (razdaljo, na kateri se vzorec dopiranja ponovi), če znaša povprečni lomni količnik valovoda $n=3.5$. Laser naj niha na enem samem vzdolžnem rodu na frekvenci $f=194.7\text{THz}$. ($c=3E+8\text{m/s}$)

4. PIN fotodioda ima pri valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$ kvantni izkoristek $\eta=0.7$ in kapacitivnost spoja $C=2\text{pF}$. Izračunajte spremembo napetosti $\Delta U=?$ na priključkih fotodiode, ko fotodioda sprejme logično enico podatkovnega niza s hitrostjo $C=140\text{Mbit/s}$. Podatkovni niz s povprečno svetlobno močjo $P=-35\text{dBm}$ vsebuje 50% enic (vključen izvor svetlobe) in 50% ničel (izključen izvor svetlobe). ($h=6.624E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$, $k_B=1.38E-23\text{J/K}$, $q_e=-1.6E-19\text{As}$)

5. Erbijev optični ojačevalnik z izhodno močjo $P_s=+17\text{dBm}$ na valovni dolžini $\lambda_s=1550\text{nm}$ črpamo s svetlobno črpalko na valovni dolžini $\lambda_c=1480\text{nm}$. Izračunajte število fotonov $N=?$, ki jih črpalka v času $t=1\text{s}$ pošlje v ojačevalno vlakno, če znaša izkoristek črpanja $\eta=70\%$? Kolikšna je izhodna svetlobna moč črpalke $P_c=?$ ($h=6.624E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 09.07.2004

1. Podmornica pluje na globini $g=20\text{m}$ pod morsko gladino. Na kakšni (vodoravni) razdalji $r=?$ jo lahko opazi posadka površinske ladje, če morski valovi onemogočajo opazovanje pri vpadnih kotih večjih od $\theta=80^\circ$? Lomni količnik zraka je enak enoti, lomni količnik vode je $n=1.3$. Opazovalec na ladji se nahaja na višini $h=3\text{m}$ nad morsko gladino.

2. V enorodovno optično vlakno z lomnim količnikom jedra $n_1=1.47$ in lomnim količnikom obloge $n_2=1.46$ s pomočjo UV svetlobe vrišemo uklonsko mrežico. Izračunajte periodo ponavljanja mrežice $d=?$, če naj mrežica odbija svetlobo z valovno dolžino $\lambda=1562\text{nm}$ v smeri nazaj v vlaknu! Valovna dolžina svetlobe je dovolj majhna, da širjenje svetlobe v oblogi lahko zanemarimo.

3. Polprevodniški FP laser za $\lambda=850\text{nm}$ vsebuje valovod širine $w=5\mu\text{m}$ in višine $h=1.5\mu\text{m}$. Določite največjo dopustno izhodno moč laserja $P_{\text{max}}=?$, ki jo omejuje električni preboj $E_{\text{max}}=2.0\text{E}+6\text{V/m}$ v zraku tik nad površino čipa! Lomni količnik polprevodnika je $n=3.7$, lomni količnik zraka je enak enoti. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $Z_0=377\Omega$)

4. Policijski merilnik hitrosti vozil vsebuje laser na valovni dolžini $\lambda=900\text{nm}$ z vršno (pulzno) izhodno močjo $P=10\text{W}$. Kolikšna mora biti površina $A=?$ fotodiode v sprejemniku v avtomobilu, da bo ta na razdalji $r=500\text{m}$ pravočasno opozoril voznika, naj zmanjša hitrost? Silicijska fotodioda ima kvantni izkoristek $\eta=80\%$. Sprejemnik še zazna tok $I=10\mu\text{A}$. Optika merilnika hitrosti osvetli krog premera $d=1\text{m}$ na omenjeni razdalji. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Erbijev optični ojačevalnik izključimo tako, da najprej odklopimo vhodni signal, za tem pa izključimo še črpalni laser na $\lambda_c=980\text{nm}$. Po izklopu črpalke ojačevalnik odda še $w=1\text{mJ}$ svetlobne energije v obliki spontanega sevanja z valovno dolžino $\lambda_s=1550\text{nm}$. Koliko $N=?$ erbijevih ionov Er^{3+} vsebuje ojačevalno vlakno? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (VSP) - 29.09.2004

1. Svetlobno vlakno je opremljeno s kotno brušenimi (APC) vtičnicami pod kotom $\alpha = 8^\circ$ glede na pravokoten rez. Kolikšna je lahko največja numerična apertura vlakna $NA = ?$, da se odbita svetloba ne ujame v jedru vlakna z lomnim količnikom $n_1 = 1.47$? ($\lambda = 1.3 \mu\text{m}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
2. Svetlobno vlakno izdelamo s tehnologijo MCVD tako, da nanese plast z višjim lomnim količnikom $n_1 = 1.47$ na notranjo steno cevi iz čistega kremenovega stekla z lomnim količnikom $n_2 = 1.46$, zunanjim premerom $d_2 = 25 \text{ mm}$ in notranjim premerom $d_1 = 10 \text{ mm}$. Kolikšna naj bo debelina nanošene plasti $d = ?$, da bo imelo izdelano vlakno zunanji premer $d_v = 125 \mu\text{m}$ in mejno valovno dolžino enorodovnega delovanja $\lambda = 1.2 \mu\text{m}$?
3. Polarizirana HeNe laserska cev oddaja svetlobo z valovno dolžino $\lambda = 632.8 \text{ nm}$. S hitro fotodiodo opazimo utripanje moči s frekvenco $f = 450 \text{ MHz}$ in višjimi harmoniki te frekvence. Izračunajte dolžino cevi $l = ?$ (razdaljo med zrcali), če upoštevamo, daje lomni količnik ionizirane plinske zmesi zelo blizu enote! ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)
4. Izračunajte tok $I = ?$ skozi silicijevo fotodiodo, na katero vpada svetloba moči $P = 100 \text{ nW}$ z valovno dolžino $\lambda = 780 \text{ nm}$! Površina fotodiode je prekrita z antirefleksnim slojem, kvantni izkoristek fotodiode znaša $\eta = 75\%$. Fotodioda je priključena na dovolj nizko zaporno napetost, da je plazovno ojačanje zanemarljivo. Prav tako je zanemarljiv tudi temni tok. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ As}$, $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
5. Izračunajte domet $d = ?$ zveze po svetlobnem vlaknu z nekompenziranim disperzijskim koeficientom $D = +17 \text{ ps/(nm.km)}$ pri valovni dolžini $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$. Oddajnik vsebuje svetlobni izvor s spektralno širino $B = 500 \text{ GHz}$, svetlobni impulzi pa naj se ne razširijo za več kot $t_{\text{max}} = 1 \text{ ns}$. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 04.03.2005

1. Svetlobno vlakno z jedrom z lomnim količnikom $n_1=1.464$ in oblogo z lomnim količnikom $n_2=1.461$ odrežemo pod pravim kotom in potopimo v prozorno tekočino z neznanim lomnim količnikom $n_t=?$. Izračunajte lomni količnik tekočine $n_t=?$, če znaša slabljenje odbitega vala na meji vlakno/tekočina $a=30\text{dB}$!

2. Svetlobno vlakno ima pri $\lambda_1=1.3\mu\text{m}$ slabljenje $a_1=0.35\text{dB/km}$, pri $\lambda_2=1.4\mu\text{m}$ slabljenje $a_2=1.5\text{dB/km}$ in pri $\lambda_3=1.5\mu\text{m}$ slabljenje $a_3=0.2\text{dB/km}$. Kolikšna slabljenja $a_1', a_2', a_3'=?$ pričakujemo pri istih valovnih dolžinah, če z izboljšano tehnologijo zmanjšamo vsebnost OH⁻ ionov za faktor $N=10$ -krat?

3. Polprevodniški laser za $\lambda=1.3\mu\text{m}$ s FP rezonatorjem daje pri toku $I_1=20\text{mA}$ izhodno moč $P_1=+3\text{dBm}$, pri toku $I_2=25\text{mA}$ pa izhodno moč $P_2=+7\text{dBm}$. Izračunajte pragovni tok laserja $I_t=?$, če ostane med poskusi temperatura laserja nespremenjena: $T=25^\circ\text{C}$!

4. Izračunajte odzivnost $I/P=?$ fotopomnoževalke, ki vsebuje fotokatodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=20\%$ pri valovni dolžini $\lambda=514\text{nm}$ in $N=8$ množilnih elektrod s povprečnim faktorjem množenja $M=4.5$! ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

5. v laboratorijskem preizkusu $C=2.488\text{Gbps}$ zveze peljemo takt po kratki žici iz oddajnika v sprejemnik, podatki pa grejo preko $l=50\text{km}$ dolgega svetlobnega vlakna s koeficientom barvne disperzije $D=+17\text{ps}/(\text{nm.km})$. Za koliko nm $\Delta\lambda=?$ se sme spremeniti valovna dolžina laserja, ki nazivno dela na $\lambda=1.55\mu\text{m}$, da se podatki ne premaknejo glede na takt za več kot $\Delta t=10\% \cdot T$ bitne periode?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 14.06.2005

1. Dvolomna snov ima lomna količnika $n_E=2.05$ in $n_M=2.2$. Izračunajte debelino ploščice $d=?$ iz takšne snovi, da se polarizacija svetlobe pri prehodu skozi snov ne spremeni! Valovna dolžina svetlobe znaša $\lambda=514\text{nm}$ v praznem prostoru. Poiščite vse rešitve naloge! ($c=3E+8\text{m/s}$)

2. Mnogorodovno gradientno vlakno s premerom jedra $2r_j=50\mu\text{m}$ in premerom obloge $2r_o=125\mu\text{m}$ ima največjo numerično aperturo $NA_{\text{max}}=0.25$ v osi vlakna in parabolični potek lomnega količnika v jedru vlakna. Določite numerično aperturo $NA=?$ na razdalji $r=20\mu\text{m}$ od osi vlakna!

3. Vlakenski laser (oscilator) vsebuje $l=5\text{cm}$ dolgo Er^{3+} vlakno. Frekvenčno selektivna zrcala (vlakenski uklonski mrežici) na obeh koncih aktivnega vlakna omogočata enorodovno delovanje na valovni dolžini $\lambda=1553\text{nm}$. Izračunajte premik valovne dolžine $\Delta\lambda=?$, če s piezoelektričnim aktuatorjem nategnemo aktivno vlakno za $\Delta l=1\mu\text{m}$ in pri tem laser ne preskoči na drugačen rod nihanja! ($n_{\text{jedra}}=1.463$, $c=3E+8\text{m/s}$)

4. PIN-FET sprejemnik s fotodiodo s kapacitivnostjo $C_d=3\text{pF}$ in kvantnim izkoristkom $\eta_a=70\%$ omogoča sprejem signala s povprečno $N=3000$ fotonov/bit na valovni dolžini $\lambda=1.3\mu\text{m}$. Kolikšna bo občutljivost sprejemnika $N'=?$, če vgradimo boljšo fotodiodo s kapacitivnostjo $C_d'=1\text{pF}$ in kvantnim izkoristkom $\eta_a'=80\%$? Vhodna kapacitivnost tranzistorja ostane enaka $C_g=1\text{pF}$. ($Q_e=-1.6E-19\text{As}$, $c=3E+8\text{m/s}$, $h=6.624E-34\text{Js}$)

5. Na vhod optičnega ojačevalnika z Er^{3+} vlaknom in črpalko na $\lambda'=1480\text{nm}$ (delna inverzna naseljenost, $N_2=80\%N$, $N_1=20\%N$) pripeljemo signal z valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ in močjo $P=-7\text{dBm}$. Izračunajte razmerje signal/šum (v dB) na izhodu ojačevalnika, kjer večino šuma predstavlja ojačeno spontano sevanje laserskega ojačevalnika v pasovni širini $B=4\text{THz}$ na obeh ortogonalnih polarizacijah! ($c=3E+8\text{m/s}$, $h=6.624E-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 15.09.2005

1. Izračunajte največje slabljenje $a=?$ (v decibelih) mehanskega spoja dveh vlaken, ki nastane zaradi zelo tanke zračne reže d med konci vlaken. Vlakni sta mnogorodovni, gradientni, z jedrom $2r_j=62.5\mu\text{m}$ in $n_1=1.47$ ter oblogo $2r_o=125\mu\text{m}$ in $n_2=1.46$. Širina reže $d \ll 2r_j$ je majhna v primerjavi izmerami jedra, odboja se seštejeta v fazi.

2. Izračunajte premer jedra $2r_j=?$ in lomni količnik jedra $n_1=?$ vlakna za črpalni laser v svetlobnem ojačevalniku. Laser potrebuje enorodovno vlakno na valovni dolžini $\lambda=970\text{nm}$ z numerično aperturo $NA=0.15$. Obloga je izdelana iz čistega kremenovega stekla z lomnim količnikom $n_2=1.46$.

3. HeNe laserska cev dolžine $l=150\text{mm}$ niha na enem samem rodu z valovno dolžino $\lambda=632.8\text{nm}$. Razdalja med zrcali se zaradi segrevanja cevi povečuje in cev preskoči na nov rod. Pri kolikšnem podaljšanju cevi $\Delta l=?$ bo frekvenca novega rodu natančno enaka frekvenci starega rodu pred podaljšanjem cevi? Lomni količnik plinske zmesi je enak enoti, $c=3E+8\text{m/s}$.

4. PIN-FET modul vsebuje fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta=70\%$ ter ojačevalnik s transimpedanco $R_t=3\text{k}\Omega$. Pri vhodni svetlobni moči $P=-30\text{dBm}$ daje modul izhodno napetost $U=2.2\text{mV}$. Izračunajte valovno dolžino vpadne svetlobe $\lambda=?$ Temni tok fotodiode je zanemarljivo majhen. ($h=6.624E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$, $q_e=-1.6E-19\text{As}$)

5. Izračunajte izhodno moč $P=?$ erbijevega vlakenskega ojačevalnika na valovni dolžini $\lambda=1570\text{nm}$! Ojačevalnik zmore izhodno moč $P'=+14\text{dBm}$ na valovni dolžini $\lambda'=1530\text{nm}$. Črpalka uporablja valovno dolžino $\lambda_{\text{dač}}=980\text{nm}$ in privzamemo, da se izkoristek črpanja ne spreminja z valovno dolžino signala. ($h=6.624E-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 21.04.2006

1. Določite lomni količnik jedra svetlobnega vlakna $n_1 = ?$, če ima vlakno jedro premera $2a = 3\mu\text{m}$ in mora biti enorodovno na valovnih dolžinah $\lambda_1 = 980\text{nm}$ in $\lambda_2 = 1550\text{nm}$ hkrati! Lomni količnik obloge znaša $n_2 = 1.462$. Kolikšna je numerična apertura $NA = ?$ takšnega vlakna?

2. Močno dvolomno PANDA vlakno ima utripno dolžino $\Lambda = 3\text{mm}$ (dolžina, ko naraste fazni zamik med rodovoma s pravokotnima polarizacijama na 2π). Kolikšna je razlika lomnih količnikov $\Delta n = ?$ za obe polarizaciji? Povprečni lomni količnik stekla je $n = 1.463$ pri frekvenci $f = 194\text{THz}$. ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

3. Polprevodniški laser na valovni dolžini $\lambda = 850\text{nm}$ je sklopljen na mnogorodovno vlakno s stopničastim lomnim likom, premerom jedra $2a = 100\mu\text{m}$ in numerično aperturo $NA = 0.2$. Kolikšna je vzdolžna koherenčna dolžina $d = ?$ laserske svetlobe, če pojav interference med rodovi izgine pri dolžini vlakna $l = 10\text{m}$? ($n_2 = 1.46$, $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

4. Fotopomnoževalka ima fotokatodo s kvantnim izkoristkom $\eta = 35\%$ in skupni faktor množenja $M = 2.5 \times 10^9$. Koliko fotonov $N = ?$ zelene svetlobe argonskega laserja z valovno dolžino $\lambda = 514\text{nm}$ pade v eni sekundi ($t = 1\text{s}$) na fotokatodo, če znaša anodni tok $I_a = 100\mu\text{A}$? ($h = 6.624 \times 10^{-34}\text{Js}$, $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{As}$)

5. Zveza vsebuje $l = 17\text{km}$ svetlobnega vlakna, ki ima pri valovni dolžini $\lambda = 1550\text{nm}$ koeficient barvne disperzije $D_b = 5\text{ps}/(\text{nm.km})$ in koeficient polarizacijske disperzije $D_p = 1\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$. Pri kateri širini spektra izvora $\Delta f = ?$ bosta učinka obeh disperzij enako velika? ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 16.06.2006

1. Valovanje s frekvenco $f=30\text{GHz}$ se popolnoma odbije na meji vosek/zrak. Izračunajte razdaljo v zraku $d=?$, kjer eksponentno usihajoče polje upade na $1/e$ vrednosti ob meji snovi! Valovanje vpada na mejo snovi pod kotom $\theta=45^\circ$. Relativna dielektričnost voska je $\epsilon_r=2.2$, relativno dielektričnost zraka privzamemo enako enoti. ($c=3E+8\text{m/s}$)

2. Pri enorodovnem optičnem vlaknu G.652 dolžine $l=60\text{km}$ izmerimo razliko v zakasnitvi TE in TM valovanja $\Delta t=30\text{ps}$. Izračunajte razliko lomnih količnikov $\Delta n=?$ med obema polarizacijama, če znaša povprečni lomni količnik vlakna $n=1.46$ pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$! ($c=3E+8\text{m/s}$)

3. Določite kot $\alpha=?$ med izvornim žarkom in uklonjenim žarkom v praznem prostoru za Bragg-ovim akusto-optičnim stikalom! Piezoelektrični pretvornik napajamo frekvenco $f=100\text{MHz}$, hitrost zvočnega valovanja v stikalu v snovi z lomnim količnikom $n=1.5$ znaša $v=4\text{km/s}$. valovna dolžina svetlobe je $\lambda=488\text{nm}$ v praznem prostoru.

4. Izračunajte povprečno svetlobno moč $P_s=?$, ki vpada na fotokatodo fotopomnoževalke s kvantnim izkoristkom $\eta=20\%$ pri valovni dolžini $\lambda=514\text{nm}$. Zahtevamo pogostnost napak $P_n=1.E-6$ pri zmogljivosti zveze $C=100\text{kbit/s}$. Ojačanje fotopomnoževalke je zelo visoko, temni tok je zanemarljiv. V sporočilu je v povprečju 50% enic in 50% ničel. ($h=6.624E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$, $q_e=-1.6E-19\text{As}$, $k_b=1.38E-23\text{J/K}$)

5. Na izhodu polarizacijsko-neodvisnega polprevodniškega svetlobnega ojačevalnika izmerimo jakost šuma spontanega sevanja $P_{se}=0.5\text{mw}$. Kolikšno je ojačanje ojačevalnika $G=?$ (v decibelih) na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$, če znaša pasovna širina ojačevalnika $\Delta\lambda=70\text{nm}$? Privzamemo popolno obratno naseljenost $u=1$. ($h=6.624E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 15.02.2007

1. Izračunajte mejni kot popolnega odboja $\theta = ?$ v steklu, pri izstopu svetlobe v zrak. Na površino stekla z lomnim količnikom $n = 1.6$ je nanošen antirefleksni sloj debeline četrte valovne dolžine (za pravokotni vpad valovanja) in primernim lomnim količnikom. ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$ v zraku)

2. Teflonsko palico ($\epsilon_r = 2.2$) želimo uporabiti kot mikrovalovni valovod pri frekvenci $f = 10 \text{ GHz}$. Kolikšen naj bo premer palice $2r = ?$, če se palica nahaja v praznem prostoru in zahtevamo enorodovno delovanje? ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

3. Polprevodniški laser niha na osrednji valovni dolžini $\lambda = 1550 \text{ nm}$, izmerjena širina spektra svetlobe pa znaša $\Delta\lambda = 0.0003 \text{ nm}$. Na koliko različnih vzdolžnih rodovih $N = ?$ niha laser, če znaša dolžina čipa $l = 0.5 \text{ mm}$ in je povprečni lomni količnik polprevodnika $n = 3.7$? ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

4. PIN-FET modul vsebuje fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta = 0.7$ in temnim tokom $I_t = 10 \mu\text{A}$ pri valovni dolžini $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$. Fotodiodi sledi transimpedančni ojačevalnik z $R_t = 10 \text{ k}\Omega$. Izračunajte izhodno napetost $U = ?$, ko na vhod modula privedemo svetlobni signal moči $P_o = -20 \text{ dBm}$! ($h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ As}$)

5. Izračunajte domet optične zveze $d = ?$, ki ga omejuje razširitev impulzov zaradi barvne disperzije enorodovnega vlakna! Koeficient barvne disperzije znaša $D = 5 \text{ ps/(nm.km)}$. Oddajnik vsebuje neposredno moduliran FP laser s svetlobno pasovno širino $\Delta f = 400 \text{ GHz}$ pri osrednji frekvenci $f = 194 \text{ THz}$. Razširitev impulzov ne sme preseči ene tretjine trajanja bita pri prenosni zmogljivosti $C = 622 \text{ Mbit/s}$. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 13.06.2007

1. Izračunajte kot α , pod katerim moramo izbrusiti ferulo konektorja z vgrajenim mnogorodovnim svetlobnim vlaknom, da odbita svetloba ni več vodena v vlaknu. Vlakno ima zunanji premer $2r=125\mu\text{m}$, premer jedra $2r_j=50\mu\text{m}$, numerično aperturo $NA=0.2$ in lomni količnik jedra $n_1=1.463$. Kot α merimo glede na pravokoten rez (0 stopinj).

2. Enorodovno svetlobno vlakno ima efektivno površino jedra $A=70\mu\text{m}^2$ in slabljenje $a=0.2\text{dB/km}$ pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte dodatni nelinearni fazni zasuk ϕ v vlaknu dolžine $l=20\text{km}$, če znaša nelinearni koeficient lomnega količnika stekla $n_2=3.2\text{E-}20\text{m}^2/\text{W}$! Vstopna svetlobna moč v vlakno je $P_0=100\text{mW}$ in z razdaljo upada zaradi slabljenja vlakna.

3. Polprevodniški FP laser niha na $N=11$ rodovih pri osrednji valovni dolžini $\lambda=1310\text{nm}$. Izračunajte vzdolžno koherenčno dolžino d laserske svetlobe, če znaša dolžina resonatorja $l=350\mu\text{m}$ v polprevodniku z lomnim količnikom $n=3.7$! Vsi rodovi imajo enako prečno porazdelitev polja (en sam prečni rod). ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

4. Fotopomnoževalka ima fotokatodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=0.2$ pri valovni dolžini $\lambda=700\text{nm}$ in $N=10$ množilnih elektrod, od katerih vsak pomnoži tok elektronov s faktorjem $M=5$. Koliko fotonov N_f mora vsebovati svetlobni paket z valovno dolžino $\lambda=700\text{nm}$, da ga fotopomnoževalka zazna z verjetnostjo vsaj $P=90\%$? ($q_e=-1.6\text{E-}19\text{As}$, $h=6.624\text{E-}34\text{Js}$)

5. Polprevodniški svetlobni ojačevalnik ima $G=15\text{dB}$ ojačanja v pasu širine $\Delta\lambda=60\text{nm}$ okoli osrednje valovne dolžine $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte moč ASE P_{ase} (v dBm) na izhodu ojačevalnika na obeh polarizacijah, če znaša faktor inverzne naseljenosti $u=1.5$ ter sklopni izkoristek vhodnega in izhodnega vlakna $\eta_a=50\%$! Ojačanje je merjeno od vlakna do vlakna, ojačevalnik je izdelan kot polarizacijsko neodvisen. ($h=6.624\text{E-}34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 26.10.2007

1. Svetlobni žarek vpada iz praznega prostora na prozorno snov pod kotom $\theta = 60^\circ$. Izračunajte odbojnost snovi za TE polarizacijo $\Gamma_{TE} = ?$ v navedenih pogojih, če TM odboj pri danem vpadnem kotu izgine? Izgube v snovi so zanemarljivo majhne.

2. Dvolomno PANDA vlakno ima utripno dolžino $L_{\text{PANDA}} = 3\text{mm}$, ko fazni zasuk doseže 2π med hitrim in počasnim rodnom. Izračunajte potrebno dolžino vlakna $l = ?$, da z njim naredimo iz enega svetlobnega impulza dva impulza z medsebojno pravokotno polarizacijo in časovnim razmikom $t = 100\text{ps}$ pri valovni dolžini $\lambda = 1550\text{nm}$! ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

3. Izračunajte število fotonov $N = ?$ znotraj HeNe laserske cevi z izhodno močjo $P = 1\text{mW}$ na valovni dolžini $\lambda = 633\text{nm}$. Izhodno zrcalo prepušča 4% vpadne svetlobe, drugo zrcalo pa odbije praktično vso vpadno svetlobo. Dolžina cevi znaša $l = 20\text{cm}$, ojačenje (prirastek števila fotonov) pa poenostavimo enakomerno razporejeno po celi dolžini cevi v obeh smereh. ($h = 6.624 \times 10^{-34}\text{Js}$)

4. Enopolarizacijski izolator za valovno dolžino $\lambda = 1550\text{nm}$ sestavljajo polarizator, ferit in še en polarizator. Določite vstavitveno slabljenje $\alpha_1 = ?$ in povratno slabljenje $\alpha_2 = ?$ takšnega izolatorja (v dB!), če zaradi netočnosti enosmernega magnetnega polja Faraday-ev pojav odstopa za $\delta\theta = 3^\circ$ od nazivne vrednosti 45° ! Vse ostale izgube zanemarimo!

5. Sistem valvnodolžinskega multipleksa uporablja pas valovnih dolžin od $\lambda_1 = 1530\text{nm}$ do $\lambda_2 = 1570\text{nm}$. Sprejemnik vsebuje valvnodolžinsko kretnico, da vsak kanal pride do svoje fotodiode s kvantni izkoristkom $\eta = 70\%$ in transimpedančnim ojačevalnikom z $R_t = 1\text{k}\Omega$. Kolikšna naj bo moč svetlobnih signalov na obeh koncih pasu $P_1 = ?$ in $P_2 = ?$, če je moč signala osrednjega kanala na $\lambda_3 = 1550\text{nm}$ enaka $P_3 = 10\mu\text{W}$ in želimo vse električne signale na izhodih enako močne? ($Q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{As}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 24.06.2008

1. Steklana ploščica debeline $d=2\text{mm}$ z lomnim količnikom $n=1.67$ deluje kot dielektrični valovod. Okolica ploščice je prazen prostor. V valovodu se širi vidna svetloba z valovno dolžino $\lambda=550\text{nm}$. Kolikšna mora biti najmanjša spektralna širina vira $\Delta\lambda=?$, da v valovodu ne opazimo rodov, da so torej možni vsi vpadni koti žarkov od meje popolnega odboja do pravega kota? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
2. Enorodovno svetlobno vlakno ima pri valovni dolžini $\lambda=1300\text{nm}$ slabljenje $a=0.35\text{dB/km}$. Kolikšno je slabljenje istega vlakna $a'=?$ pri valovni dolžini $\lambda'=900\text{nm}$ za osnovni rod ob predpostavki, da je v obeh primerih poglavitni izvor izgub Rayleigh-ovo sipanje svetlobe na nehomogenostih v jedru vlakna? Slabljenje molekularnih rezonanc stekla in nečistoč zanemarimo!
3. Izračunajte kvaliteto $Q=?$ FP rezonatorja polprevodniškega laserja dolžine $l=500\mu\text{m}$ pri valovni dolžini $\lambda=1310\text{nm}$ (v praznem prostoru). Jedro rezonatorja ima povprečni lomni količnik $n=3.7$. Glavnino izgub predstavljata oba Fresnel-ova odboja na obeh koncih rezonatorja, kjer svetloba uhaja v prazen prostor. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
4. Izračunajte domet $d=?$ visokozmogljive zveze $C=40\text{Gbit/s}$ po NZDSF vlaknu z nekompenzirano barvno disperzijo $D=+7\text{ps/nm.km}$. Zveza uporablja DFB laser z zelo ozko spektralno črto $\Delta f=5\text{MHz}$ na valovni dolžini $\lambda=1560\text{nm}$ in zunanji elektro-optični amplitudni modulator. Popačenje impulzov zaradi polarizacijske disperzije zanemarimo.
5. Svetlobni impulz, ki prileti na fotokatodo fotopomnoževalke s kvantnim izkoristkom $\eta=0.2$, vsebuje v povprečju $N_f=50$ fotonov valovne dolžine $\lambda=633\text{nm}$. Izračunajte verjetnost $P=?$, da impulz izbiije manj kot $m=3$ (torej $m=0, 1$ ali 2) fotoelektrone! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 28.08.2008

1. Žarek nepolarizirane sončne svetlobe z gostoto moči $S_v = 1 \text{ kW/m}^2$ vpada iz praznega prostora na gladino prozorne tekočine z lomnim količnikom $n = 1.33$. Izračunajte gostoto moči odbitega žarka $S_o = ?$, če je vpadni kot takšen, da je odbiti žarek popolnoma linearno polariziran!

2. Stekleno ploščico z lomnim količnikom $n = 1.6$ in debelino $d = 3 \text{ mm}$ uporabljamo kot planarni svetlobni valovod. Obloga dielektričnega valovoda je prazen prostor. Izračunajte razliko v zakasnitvi med najpočasnejšim in najhitrejšim žarkom $\Delta t = ?$ Valovna dolžina svetlobe $\lambda = 514 \text{ nm}$, dolžina ploščice $l = 1 \text{ m}$. ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

3. Polprevodniški laser ima izmerjen pragovni tok $I_{p1} = 10 \text{ mA}$ pri temperaturi $T_1 = 0^\circ \text{C}$, potem $I_{p2} = 12 \text{ mA}$ pri temperaturi $T_2 = 25^\circ \text{C}$ in se $I_{p3} = 15 \text{ mA}$ pri temperaturi $T_3 = 50^\circ \text{C}$. Izračunajte pragovni tok laserja pri temperaturi $T = 35^\circ \text{C}$, če predpostavimo, da je krivulja temperature odvisnosti pragovnega toka parabola!

4. Vlakenska zveza z zmogljivostjo $C = 10 \text{ Gbit/s}$ ima oddajnik povprečne moči $P_o = 10 \text{ mW}$. Slabljenje zveze znaša $a = 26 \text{ dB}$ pri valovni dolžini $\lambda = 1532 \text{ nm}$. Izračunajte povprečno število fotonov $N_f = ?$, ki v času trajanja enega bita priletijo v sprejemnik! Kolikšno je povprečno število elektronov $N_e = ?$ v tokokrogu plazovne fotodiode s kvantnim izkoristkom $\eta = 0.7$ in faktorjem množenja $M = 20$? ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 6.624 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ As}$)

5. Enorodovno vlakno ima koeficient barvne disperzije $D_{\text{barvna}} = 17 \text{ ps/(nm.km)}$ in koeficient polarizacijske rodovne disperzije $D_{\text{pmd}} = 0.5 \text{ ps/sqrt(km)}$. Pri kateri dolžini vlakna $l = ?$ bosta učinka obeh disperzij enako velika, če znaša pasovna širina vira $\Delta \lambda = 0.3 \text{ nm}$? Kolikšna je tedaj skupna razširitev impulza $\Delta t = ?$

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 14.11.2008

1. Okrasna svetilka se nahaja na dnu bazena, ki je napolnjen z vodo z lomnim količnikom $n=1.33$ do višine $h=1.2\text{m}$ nad dnom. Izračunajte prostorski kot sevanja svetilke $\Omega=?$ v vodi, da svetlobo vidi opazovalec nad vodno gladino.

2. Enorodovno svetlobno vlakno s stopničastim lomnim likom, premerom jedra $2a=9\mu\text{m}$, mejno valovno dolžino $\lambda_{\text{dam}}=1270\text{nm}$ in oblogo iz čistega kremenovega stekla $n_2=1.46$ uporabimo za prenos vidne rdeče svetlobe z valovno dolžino $\lambda=650\text{nm}$. Določite razširitev impulzov $\Delta t=?$ v vlaknu dolžine $l=1\text{km}$! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

3. Polarizirani HeNe laser niha na dveh sosednjih rodovih z razliko frekvenc $\Delta f=620\text{MHz}$. Izhodna moč je na obeh rodovih enaka $P_1=P_2=1\text{mW}$ pri osrednji valovni dolžini $\lambda=633\text{nm}$. Izračunajte električno moč $P=?$ (v dBm) za radijski spektralni analizator z vhodno impedanco $Z=50\Omega$, krmiljen s silicijevo fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta=70\%$. Kapacitivnost fotodiode zanemarimo - kompenziramo. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

4. PIN-FET sprejemnik ima vgrajeno fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta_1=70\%$ pri valovni dolžini $\lambda_1=1300\text{nm}$, kjer za predpisano pogostnost napak doseže občutljivost $P_1=-38\text{dBm}$. Izračunajte občutljivost $P_2=?$ (v dBm) pri valovni dolžini $\lambda_2=1550\text{nm}$, če tam kvantni izkoristek fotodiode upade na $\eta_2=50\%$! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

5. Barvno disperzijo merimo tako, da svetlobni oddajnik moduliramo s sinusnim signalom frekvence $f=1\text{GHz}$ ter merimo spremembo faze modulacije kot funkcijo valovne dolžine. Kolikšen je koeficient barvne disperzije $D=?$ za vzorec vlakna dolžine $l=30\text{km}$, če fazni zasuk doseže $\phi=2\text{PI}$ pri spremembi valovne dolžine iz $\lambda_1=1550\text{nm}$ na $\lambda_2=1552\text{nm}$?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 27.02.2009

1. Mnogorodovno vlakno ima zelo debelo jedro s polmerom $a=1\text{mm}$ in lomnim količnikom $n_1=1.6$. Izračunajte vdorno globino valovanja $\Delta=?$ (razdalja na kateri pade jakost polja na $1/e$) v oblogi z lomnim količnikom $n_2=1.4$, če v vlaknu vzbudimo le osnovni rod (žarek v smeri osi vlakna) s frekvenco $f=474\text{THz}$! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
2. Enorodovno svetlobno vlakno ima pri valovni dolžini $\lambda=980\text{nm}$ (v praznem prostoru) slabljenje $\alpha=1.3\text{dB/km}$, ki ga v glavnem povzroča Rayleigh-ovo sipanje svetlobe na nehomogenostih stekla. Pri kateri valovni dolžini $\lambda'=?$ se slabljenje podvoji, če v obeh primerih vzbudimo v vlaknu le osnovni rod valovanja HE_{11} ?
3. Elektro-optični Mach-Zehnder modulator na osnovi GaAs je vgrajen v čip DFB laserja in ima $U_{pi}=1.8\text{V}$. Določite potrebno izhodno moč $P=?$ (v dBm) električnega krmilnega ojačevalnika, ki popolnoma izkrmili elektro-optični modulator (največje ugasno razmerje) z električnim signalom pravokotne oblike! Vsi električni priključki so prilagojeni na karakteristično impedanco $Z_k=50\Omega$. Enosmerno delovno točko modulatorja nastavimo z ločeno elektrodo.
4. Izračunajte električni tok $I=?$ skozi silicijevo PIN fotodiodo, če do zaporne plasti fotodiode pride svetlobna moč $P=-15\text{dBm}$ na frekvenci $f=194\text{THz}$! Izgube svetlobe zaradi odboja na površini čipa in absorpcije v ostalih plasteh polprevodniške diode zanemarimo. Na priključke fotodiode privedemo dovolj visoko zaporno napetost, da izkoristimo vse nastale pare elektron-vrzel v zaporni plasti. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)
5. DFB laser na valovni dolžini $\lambda=1560\text{nm}$ priključimo preko izolatorja in elektro-absorpcijski amplitudni modulator. Na slednjega pripeljemo tudi analogni (radijski) signal z nosilno frekvenco $f=60\text{GHz}$. Kolikšna sme biti dolžina prenosnega vlakna $l=?$ z disperzijskim koeficientom $D=17\text{ps/nm.km}$, da fazni zasuk bočnih pasov ne preseže vrednosti $\phi=30\text{stopinj}$ glede na optični nosilec? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 17.06.2009

1. Ravnina XY kartezičnega koordinatnega sistema predstavlja mejo dveh snovi z lomnima količnikoma $n_1=2.205$ in $n_2=?$. Žarek HeNe laserja s frekvenco $f=474\text{THz}$ vpada pod kotom $\theta=45^\circ$ iz snovi 1 na mejo. Izračunajte lomni količnik snovi $n_2=?$, če je Z-komponenta (pravokotna na mejo) valovnega vektorja v snovi 2 enaka 0 ($k_{2z}=0$)! ($c=3E+8\text{m/s}$)

2. Izračunajte vstavitveno slabljenje $a=?$ (v dB) med dvema koncema mnogorodovnih vlaken $50/125\mu\text{m}$ s stopničastim lomnim likom in enakomerno porazdelitvijo rodov. Oba konca vlaken sta pravilno odrezana pod pravim kotom, osi vlaken sta poravnani, razdalja med koncema znaša $d=1.5\text{mm}$. Odboja na mejah steklo/zrak in zrak steklo doprinašata vsak še dodatne 4% izgub. Numerična apertura vlaken znaša $NA=0.2$.

3. Laser za vrtanje zob oddaja povprečno svetlobno moč $P_o=10\text{W}$ na valovni dolžini $\lambda=2940\text{nm}$. Izračunajte toplotno moč $P_t=?$, ki se sprošča v paličastem kristalu Er-YAG, če laser črpamo s ksenonsko žarnico na osrednji valovni dolžini $\lambda_c=800\text{nm}$! Pri izračunu upoštevajte, da izkoristimo $\eta=80\%$ črpalnih fotonov. Neizkoriščena črpalka in vsi ostali energijski prehodi Er-YAG proizvajajo le toploto v kristalu. ($h=6.625E-34\text{Js}$, $c=3E+8\text{m/s}$)

4. Izračunajte povprečno svetlobno moč $\langle P_o \rangle=?$ (v dBm) za PIN-FET modul pri hitrosti prenosa $C=2.5\text{Gbit/s}$ pri valovni dolžini $\lambda=1.55\mu\text{m}$! PIN fotodioda ima kvantni izkoristek $\eta=70\%$. Zrnati šum lahko zanemarimo. Skupna kapacitivnost vhoda znaša $C_d+C_o=0.5\text{pF}$. Toplotni šum ojačevalnika daje napetost $U_n=30\mu\text{V}_{\text{eff}}$ preračunano na električni priključek fotodiode. Na izhodu sprejemnika zahtevamo razmerje $Q=10$. V povprečju sporočilo vsebuje polovico enic in polovico ničel. ($h=6.625E-34\text{Js}$, $q_e=-1.6E-19\text{As}$, $c=3E+8\text{m/s}$)

5. Podoceanski kabel dolžine $l=5000\text{km}$ uporablja svetlobne ojačevalnike v frekvenčnem pasu $f=194\text{THz}$ in valovnodolžinski multipleks (WDM) s kanalskim razmakom $\Delta f=100\text{GHz}$. Presluh med kanali izvira iz mešalnih produktov zaradi nelinearnosti stekla. Presluh skušamo zadušiti tako, da zanj zahtevamo fazno neusklajenost $\Delta\beta=-4\text{rd/km}$. Kolikšen mora biti koeficient barvne razpršitve $D=?$ (v ps/nm.km) uporabljenega svetlobnega vlakna? ($c=3E+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 09.09.2009

1. Nepolariziran žarek svetlobe z valovno dolžino $\lambda = 514\text{nm}$ vpada iz zraka ($n=1$) pod pravim kotom na gladko površino velikega bloka dielektrika. Pri tem znaša moč vpadnega žarka $P_v = 25\text{mW}$ ter moč odbitega žarka $P_o = 10\text{mW}$. Kolikšna je relativna dielektričnost bloka $\epsilon_r = ?$ ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

2. Določite parametre jedra vlakna: polmer jedra $a = ?$ in lomni količnik jedra $n_1 = ?$. Obloga vlakna je izdelana iz stekla z lomnim količnikom $n_2 = 1.483$. Zaželjena sta numerična apertura $NA = 0.15$ ter enorodovno delovanje za vidno rdečo svetlobo na valovni dolžini $\lambda = 650\text{nm}$. ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

3. Valovno dolžino DFB laserja uglašujemo s temperaturo polprevodniškega čipa preko vgrajene Peltier-jeve toplotne črpalke. Pri temperaturi $T_1 = 0^\circ\text{C}$ laser niha na valovni dolžini $\lambda_1 = 1552\text{nm}$ nad pragovnim tokom $I_{p1} = 15\text{mA}$. Pri temperaturi $T_2 = 50^\circ\text{C}$ laser niha na valovni dolžini $\lambda_2 = 1556\text{nm}$ nad pragovnim tokom $I_{p2} = 25\text{mA}$. Kolikšen je pragovni tok $I_p = ?$ laserja pri valovni dolžini $\lambda = 1555\text{nm}$, če predpostavimo linearno odvisnost vseh veličin?

4. Na elektro-absorpcijski modulator pripeljemo svetlobo laserja moči $P_v = 3\text{mW}$ na valovni dolžini $\lambda = 1540\text{nm}$. Enosmerno zaporno napetost na krmilni elektrodi modulatorja nastavimo tako, da znaša vstavitveno slabljenje modulatorja $a = 6\text{dB}$. Izračunajte tok krmilne elektrode $I = ?$, če se vsa absorbirana svetloba pretvori v nosilce elektrine v čipu modulatorja! Izgube svetlobe pri sklopu vlakna na čip zanemarimo. ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$, $h = 6.625 \times 10^{-34}\text{Js}$, $q_e = -1.6 \times 10^{-19}\text{As}$)

5. Izračunajte povečanje dometa ΔL (v kilometrih) merilnika OTDR, če povečamo širino svetlobnih impulzov iz $t_1 = 1\mu\text{s}$ na $t_2 = 5\mu\text{s}$! Laser merilnika deluje v obeh primerih z isto vršno močjo $P_o = 1\text{W}$ na valovni dolžini $\lambda = 1550\text{nm}$. Povprečno slabljenje optičnega kabla vključno s številnimi zvari znaša $a = 0.22\text{dB/km}$. ($c = 3 \times 10^8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 05.03.2010

1. Michelson-ov interferometer deluje s kolimiranim žarkom HeNe laserja s premerom $d=1\text{cm}$ in valovno dolžino $\lambda=632.8\text{nm}$ v praznem prostoru. Na zaslonu vidimo v celotnem premeru žarka $N=17$ svetlih prog. Izračunajte vpadni kot merjenega žarka $\theta=?$, če je referenčni žarek točno pravokoten na zaslon!
2. Mnogorodovno svetlobno vlakno $50/125\mu\text{m}$ ima numerično aperturo $NA=0.2$ ter oblogo iz stekla z lomnim količnikom $n_2=1.463$. Izračunajte, v kakšnem razponu se lahko giblje fazna konstanta $\beta_{\text{min}}=?$ in $\beta_{\text{max}}=?$ za vodeno valovanje z valovno dolžino $\lambda=1309\text{nm}$ v praznem prostoru? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
3. HeNe laserska cev dolžine $l=200\text{mm}$ niha na enem samem rodu na frekvenci $f=474\text{THz}$. Izračunajte spremembo frekvence rdeče svetlobe $\Delta f=?$, če se zaradi segrevanja laserska cev podaljša za $\Delta l=50\text{nm}$ in pri tem še ne pride do preskoka na naslednji rod nihanja! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $n=1$ za plinsko zmes)
4. Sprejemnik vsebuje fotodiodo iz polprevodnika z lomnim količnikom $n=3.8$, ki ni opremljena z antirefleksnim slojem na vstopni površini. Na vstopno ploskvico vpada žarek iz praznega prostora pod kotom $\theta=30^\circ$. V kakšnem razponu Δ ? (v optičnih decibelih) se spreminja odzivnost sprejemnika, če spreminjamo polarizacijo vpadne svetlobe z valovno dolžino $\lambda=900\text{nm}$?
5. Erbijev vlakenski svetlobni ojačevalnik črpamo s svetlobo valovne dolžine $\lambda=980\text{nm}$ do popolne inverzne naseljenosti energijskih nivojev. Brez vhodnega signala daje ojačevalnik skupno svetlobno moč spontanega sevanja $P=20\text{mW}$ v pasu okoli $\lambda=1532\text{nm}$. Izračunajte koncentracijo erbijevih ionov v enoti volumna jedra $N=?$ ($/\text{m}^3$), če je ojačevalno vlakno dolgo $l=30\text{m}$ in znaša polmer dopiranega jedra $a=2\mu\text{m}$. Spontano sevanje preneha $t=9\text{ms}$ po izklopu črpalke. ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 21.06.2010

1. Steklana ploščica $n_1=1.5$ se obnaša kot planarni dielektrični valovod v zraku $n_2=1$. Debelina ploščice d je dosti večja od valove dolžine ($d \gg \lambda = 0.5 \mu\text{m}$), zato lahko ploščica vodi veliko število rodov. Izračunajte vdorno globino valovanja v zrak $\delta = ?$ (kjer upade polje na $1/e$), ki jo presega polovica vodenih rodov!

2. Enorodovno svetlobno vlakno ima zaradi netočnosti pri izdelavi nekoliko ekscentrično jedro. Posledica mehanskih sil sta različna lomna količnika jedra za TE in TM polarizacijo: $n_{1\text{TE}}=1.4635724$ in $n_{1\text{TM}}=1.4635737$. Izračunajte dolžino vlakna, ko se slika poljubnega EM polja frekvence $f=194\text{THz}$ v jedru vlakna ponovi (utripna dolžina) $\lambda = ?$ ($c=3 \times 10^8 \text{m/s}$)

3. Polprevodniški DFB laser oddaja svetlobno moč $P=10\text{mW}$ v okoliški zrak ($n=1$) na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte največjo električno poljsko jakost $E_{\text{max}}=?$ v zraku na izhodni ploskvi višine $h=1.5 \mu\text{m}$ in širine $w=10 \mu\text{m}$, če laser niha na enem samem TE rodu. Račun si poenostavimo tako, da privzamemo konstantno osvetlitev celotne izhodne ploskvice. ($c=3 \times 10^8 \text{m/s}$, $Z_0=377\Omega$, $n(\text{polprevodnik})=3.8$)

4. Mach-Zehnder-jev modulator ima najnižje vstavitveno slabljenje $\alpha_{\text{min}}=5\text{dB}$ brez krmilne napetosti na elektrodah. Slabljenje se monotonno poveča na $\alpha=15\text{dB}$, ko krmilna napetost naraste na $U=5\text{V}$. Izračunajte $U_{\text{pi}}=?$ modulatorja, če slabljenje merimo pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ in polarizaciji TE!

5. Sprejemnik vsebuje svetlobni predojačevalnik z Er^{3+} vlaknom in InGaAs fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta_a=0.7$ pri valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$. Izračunajte temni tok $I=?$ v fotodiodi (tok brez vhodnega signala), če znaša ojačanje predojačevalnika $G=20\text{dB}$ in fotodioda ni občutljiva na polarizacijo svetlobe! Črpalka na $\lambda_c=980\text{nm}$ zagotavlja popolno inverzno naseljenost v ojačevalniku, ostale izgube lahko zanemarimo. ($h=6.625 \times 10^{-34}\text{Js}$, $q_e=-1.6 \times 10^{-19}\text{As}$, $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$, $\Delta f=4\text{THz}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 11.11.2010

1. Sončna svetloba vpada iz praznega prostora na vodno gladino ($n=1.33$) pod kotom $\Theta=45^\circ$. Izračunajte osno razmerje $R=?$ (v dB) odbitega žarka! Polarizacijo svetlobe merimo z vrtljivo ploščico, ki prepušča linearno-polarizirano svetlobo.
2. Določite lomni količnik jedra $n_1=?$ in polmer jedra $a=?$ svetlobnega vlakna, ki naj bo enorodovno za zeleno svetlobo $\lambda_1=514\text{nm}$ in modro svetlobo $\lambda_2=488\text{nm}$ argonskega laserja! Vlakno ima oblogo z lomnim količnikom $n_2=1.48$. Želimo numerično aperturo $NA=0.1$ in čimvečje jedro.
3. Polprevodniški DFB laser na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$ ima vgrajen Mach-Zehnderjev modulator na isti polprevodniški podlagi z $U_p=2.2\text{V}$. Izračunajte potrebno izhodno moč električnega krmilnika $P_m=?$ (v dBm), da dosežemo najboljše ugasno razmerje modulatorja! Krmilna elektroda modulatorja je v samem čipu zaključena na karakteristično impedanco $Z_k=50\Omega$, z dodatno elektrodo pa nastavimo delovno točko modulatorja tako, da krmilni signal ne potrebuje enosmerne komponente.
4. Transimpedančni PIN-FET sprejemnik je izdelan za bitno hitrost $R=2.488\text{Gbit/s}$ in dosega občutljivost $P_{\min}=-25\text{dBm}$ za vhodni svetlobni signal z valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$. Kolikšno občutljivost $P_{\min}'=?$ (v dBm) dosežemo z istim sprejemnikom pri isti valovni dolžini in bitni hitrosti $R'=622\text{Mbit/s}$, če električni šum na izhodu sprejemnika omejimo s prilagojenim nizkoprepustnim sitom? ($h=6.625\text{E-34Js}$, $k_B=1.38\text{E-23J/K}$, $q_e=-1.6\text{E-19As}$, $c=3\text{E+8m/s}$)
5. Svetlobno vlakno s povprečnim koeficientom barvne razpršitve $D=17\text{ps/nm.km}$ uporabljamo na dveh valovnih dolžinah $\lambda_1=1532\text{nm}$ in $\lambda_2=1560\text{nm}$. Kolikšna je razlika hitrosti valovanja $\Delta v=?$ (v m/s) med obema valovnima dolžinama? ($c=3\text{E+8m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 01.04.2011

1. Nepolarizirana sončna svetloba $S_v = 1 \text{ kW/m}^2$ vpada pod kotom $\theta = 30^\circ$ na vodno gladino ($n = 1.33$ pri valovni dolžini $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$). Izračunajte gostoto moči odbitega žarka $S_o = ?$ v praznem prostoru nad vodno gladino! ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

2. Izračunajte numerično aperturo $NA = ?$ vlakna v laserskem svetlobnem ojačevalniku, ki ima premer jedra $2a = 3 \mu\text{m}$! Vlakno mora biti enorodovno na valovnih dolžinah $\lambda_{d1} = 975 \text{ nm}$ in $\lambda_{d2} = 1560 \text{ nm}$. Kolikšen naj bo lomni količnik aktivnega jedra $n_1 = ?$, če je obloga iz čistega kremenovega stekla z $n_2 = 1.463$? ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

3. Palčko Nd:YAG dolžine $l = 5 \text{ cm}$ uporabimo v laserju na valovni dolžini $\lambda = 1064 \text{ nm}$ (v praznem prostoru). Na katerem vzdolžnem rodu TEM₀₀, $m = ?$ niha laser, če je palčka na obeh koncih opremljena z zrcali in znaša lomni količnik Nd:YAG $n = 1.818$? Kolikšna je frekvenčna razdalja $\Delta f = ?$ med sosednjima TEM rodovoma? ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

4. Svetlobni signal povprečne moči $P = -20 \text{ dBm}$ na valovni dolžini $\lambda = 1560 \text{ nm}$ vpada na fotodiodo s kvantnim izkoristkom $\eta = 70\%$. Izračunajte elektrino $Q = ?$, ki jo ustvari na fotodiodi logična enica! Hitrost prenosa podatkov znaša $C = 1 \text{ Gbit/s}$ in dvojiško linijsko kodiranje zagotavlja 50% enic in 50% ničel. Ugasno razmerje oddajnika je $a = 10 \text{ dB}$. ($h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J/K}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $Q_e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ As}$)

5. Svetlobna zveza uporablja običajno vlakno G.652 z barvno razpršitvijo $D = 17 \text{ ps/nm.km}$ pri valovni dolžini $\lambda = 1550 \text{ nm}$ in omogoča zmogljivost $C = 10 \text{ Gbit/s}$. Kolikšno zmogljivost $C' = ?$ dosežemo na isti razdalji z uporabo NZDSF vlakna z $D' = 5 \text{ ps/nm.km}$, če v obeh primerih uporabljamo svetlobni vir z zelo ozkim spektrom in domet omejuje nekompenzirana barvna razpršitev?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 06.07.2011

1. Elektromagnetno valovanje vpada pod pravim kotom iz praznega prostora na snov z lomnim količnikom $n=4$. Od površine snovi se odbije $S_o/S_v=1/9$ vpadne moči. Kolikšni sta dielektričnost $\epsilon_r=?$ in permeabilnost $\mu_r=?$ snovi, če je snov brezizgubna? Poiščite vse rešitve naloge! ($c=3E+8m/s$)

2. Kolikšna sme biti debelina aktivne laserske plasti $d=?$ z lomnim količnikom $n_1=3.8$, da polprevodniški laser ne more nihati na več prečnih rodovih na valovni dolžini $\lambda=1550nm$? Lomni količnik oblog znaša $n_2=3.6$. ($c=3E+8m/s$)

3. Oddajnik vsebuje elektroabsorpcijski modulator z ugasnim razmerjem $a=10dB$. Z upoštevanjem slabljenja zveze ima signal na vhodu sprejemnika povprečno jakost $P_s=-20dBm$ pri razmerju pogostnosti enic/ničel $=50/50$. Kolikšen tok $I_1=?$ (μA) požene skozi fotodiodo enica in kolikšen tok $I_0=?$ (μA) ničla, če znaša odzivnost fotodiode $I/P=0.66A/W$?

4. Izračunajte odzivnost $I/P=?$ ($v A/W$) plazovne fotodiode (APD) s heterostrukturo InGaAsP na valovni dolžini $\lambda=1550nm$! Kvantni izkoristek fotodiode znaša $\eta=70\%$. Zaporno napetost nastavimo za faktor množenja $M=20$. ($h=6.625E-34Js$, $c=3E+8m/s$, $q_e=-1.6E-19As$, $m_e=9.1E-31kg$)

5. Akustooptični modulator dela na osnovi Bragg-ovega odboja s frekvenco zvočnega valovanja $f=105MHz$. Hitrost zvočnega valovanja v steklu znaša $v=3.5km/s$. Za kolikšen kot $\alpha=?$ spremeni svojo smer v zraku vpadni žarek argonskega laserja z valovno dolžino $\lambda=488nm$ v zraku, ko vključimo izvor zvoka? Lomni količnik stekla je $n=1.5$.

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 10.11.2011

1. Žarek podvodne svetilke ($f=600\text{THz}$) se na vodni gladini popolnoma odbije, pri tem pa svetlobno polje v zraku $n_2=1$ nad gladino vode ($n_1=1.33$) upade za $a=60\text{dB}$ na višini $z=0.1\text{mm}$ nad gladino. Kolikšen je vpadni kot žarka Θ ? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
2. Izračunajte število rodov $N=?$ (vsota TE in TM), ki jih vodi planarna struktura z lomnim količnikom sredice $n_1=1.481$ ter oblogama z lomnim količnikom $n_2=1.485$, oboje pri valovni dolžini $\lambda=1300\text{nm}$ (v praznem prostoru)! Debelina sredice znaša $d=0.16\text{mm}$. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
3. NdYAG laser za graviranje dela s povprečno izhodno močjo $P=50\text{W}$ na valovni dolžini $\lambda=1064\text{nm}$. Izračunajte potrebno moč svetlobne črpalke $P_c=?$ na valovni dolžini $\lambda_c=820\text{nm}$, če laser izkoristi $\eta=70\%$ fotonov črpalke! ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$)
4. Izračunajte faktor množenja $M=?$ fotopomnoževalke, če za svetlobni impulz z $N=1000$ fotoni dobimo izhodni električni impulz s $Q=1\text{pAs}$! Kvantni izkoristek fotopomnoževalke znaša $\eta=0.2$ pri valovni dolžini $\lambda=500\text{nm}$. ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
5. Izračunajte domet zveze $d=?$ z zmogljivostjo $C=100\text{Gbit/s}$ in preprosto modulacijo vklop/izklop oddajnika po enorodovnem svetlobnem vlaknu z barvno razpršitvijo $D=17\text{ps/nm.km}$ na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$! Polarizacijsko rodovno razpršitev zanemarimo. Oddajnik uporablja zunanji modulator, da je spektralna širina vira dosti manjša od spektra modulacije. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 03.07.2012

1. Končni izdelek želimo enorodovno svetlobno vlakno z zunanjim premerom $2r=0.125\text{mm}$, oblogo iz čistega kremenovega stekla $n_2=1.46$, numerično aperturo $NA=0.1$ in mejno frekvenco višjih rodov $f=240\text{THz}$. Kolikšen naj bo premer jedra surovca (preforma) $2a_s=?$ in kolikšen njegov lomni količnik $n_1=?$ Surovec naj bo dolžine $l_s=1\text{m}$ in zunanjega premera $2r_s=25\text{mm}$? Difuzijo dopantov med vlečenjem vlakna zanemarimo! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

2. Dvojedrni dielektrični valovod ima utripno dolžino $\text{LAMBDA}=50\text{mm}$ pri frekvenci $f=194\text{THz}$. Kolikšna naj bo dolžina $l=?$ sklopnika z delilnim razmerjem moči $r=99/1$? Poiščite najkrajšo rešitev naloge! ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $n_1=1.47$, $n_2=1.46$)

3. Lasersko ojačanje v valovodu polprevodniške diode dosega vrednost $G/l=15000\text{dB/m}$ pri frekvenci $f=230\text{THz}$. Pri kateri dolžini valovoda $l=?$ naprava zaniha kot oscilator zaradi odbojev na obeh koncih čipa, kjer svetloba prehaja iz jedra z lomnim količnikom $n_1=3.8$ naravnost v zrak ($n=1$)? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

4. PIN-FET modul ima vgrajeno fotodiodo s kapacitivnostjo $C_d=0.2\text{pF}$ ter ojačevalnik z vhodno kapacitivnostjo $C_o=0.2\text{pF}$. Kapacitivnost povezave med fotodiodo in FETom znaša $C_p=0.6\text{pF}$, kar omogoča vhodno občutljivost sprejemnika $P_s=-35\text{dBm}$. Kolikšna bo občutljivost sprejemnika $P_s'=?$, če v izboljšani izvedbi uspemo znižati kapacitivnost povezav na $C_p'=0.1\text{pF}$? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $k_b=1.38\text{E}-23\text{J/K}$, $T=300\text{K}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$, $h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $\eta=70\%$)

5. Erbijev vlakenski ojačevalnik črpamo s polprevodniškim laserjem moči $P_c=80\text{mw}$ na valovni dolžini $\lambda=980\text{nm}$. Kolikšno je ojačanje ojačevalnika $G=?$ (v dB) za male signale, če se brez vhodnega signala vsa moč pretvori v ojačano spontano sevanje (ASE šum) v pasovni širini $B=4\text{THz}$ okoli osrednje frekvence $f=194\text{THz}$? Izgube v WDM sklopnikih in izolatorjih zanemarimo. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.625\text{E}-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 14.09.2012

1. Svetlobni žarek z gostoto moči $S_v=100\text{W/m}^2$ vpada pod pravim kotom iz praznega prostora na vodno gladino z $n=1.33$. Izračunajte največje $E_{\text{max}}=?$ in najmanjše $E_{\text{min}}=?$ električno polje zaradi stojnega vala nad gladino! ($\lambda=500\text{nm}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $Z_0=377\text{ohm}$)

2. Svetlobno vlakno ima pri valovni dolžini $\lambda_1=850\text{nm}$ slabljenje $a_1=3\text{dB/km}$. Kolikšno slabljenje $a_2=?$ pričakujemo pri valovni dolžini $\lambda_2=1300\text{nm}$, če je poglavitni izvor slabljenja Rayleigh-ovo sipanje svetlobe v steklu?

3. Kolikšna je ločljivost $\Delta f=?$ optičnega spektralnega analizatorja pri osrednji valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$? Spektralni analizator vsebuje Fabry-Perot-ov rezonator z zrcali z odbojnostjo $\Gamma=0.99$ na razdalji $l=1\text{mm}$. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

4. Fotopomnoževalka ima $N=10$ množilnih elektrod s povprečnim faktorjem množenja $M=4$. Kolikšna svetlobna moč $P_o=?$ (v dBm) vpada na fotokatodo s kvantnim izkoristkom $\eta=20\%$ pri valovni dolžini $\lambda=633\text{nm}$, če znaša anodni tok $I_a=1\text{mA}$? ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)

5. Izhoda dveh enako močnih laserjev na valovnih dolžinah $\lambda_1=1545\text{nm}$ in $\lambda_2=1548\text{nm}$ združimo s sklopnikom 50/50 in peljemo na skupni amplitudni modulator. Izhod modulatorja peljemo po vlaknu z barvno razpršitvijo $D=17\text{ps/nm.km}$ na fotodiodo. Pri kateri (najkrajši) dolžini vlakna $l=?$ sinusna modulacija s frekvenco $f=1\text{GHz}$ na fotodiodi izgine?

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 11.04.2013

1. Žarek svetlobe moči $P_v=1\text{W}$ vpada pod pravim kotom ($\Theta=0$) iz praznega prostora na gladino neznane dielektrične tekočine. Pri tem znaša moč odbitega žarka $P_o=20\text{mW}$. Kolikšen je lomni količnik neznane tekočine $n=?$, če je vpadna svetloba na valovni dolžini $\lambda=514\text{nm}$ nepolarizirana? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
2. Zrnce umazanije sicer ne senči svetlobnega žarka, ampak preprečuje, da bi se feruli dveh FC konektorjev dotaknili v spojki. Meritev prevajalne funkcije takšnega slabega spoja pokaže dva sosednja maksimuma pri $\lambda_1=1530\text{nm}$ in $\lambda_2=1568\text{nm}$, vmes je en sam minimum. Kolikšna je debelina zrnca oziroma širina zračne reže $d=?$ med ferulama? ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
3. Zunanji elektro-optični modulator z Mach-Zehnder-jevimi interferometri na podlagi LiNbO_3 ima $U_{\text{PTE}}=6\text{V}$ in $U_{\text{PTM}}=15\text{V}$. Električni vhod modulatorja ima nazivno impedanco $Z=50\Omega$. Z ločeno krmilno elektrodo nastavimo delovno točko na sredino odziva. Kolikšna električna krmilna moč je potrebna za visoko ugasno razmerje v obeh primerih $P_{\text{TE}}=?$ in $P_{\text{TM}}=?$, če ima sporočilo v povprečju 50% enic in 50% ničel?
4. PIN-FET sprejemniški modul vsebuje električni ojačevalnik s šumno temperaturo $T=200\text{K}$. Skupna kapacitivnost fotodiode, vhoda ojačevalnika in povezav znaša $C=1\text{pF}$. Določite razmerje $U_{\text{enice}}/U_{\text{effsuma}}$ v decibelih na električnem izhodu sprejemnika! Logično enico predstavlja $N=3000$ fotonov valovne dolžine $\lambda=1310\text{nm}$. Kvantni izkoristek fotodiode znaša $\eta=0.75$. ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $k_B=1.38\text{E}-23\text{J/K}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)
5. Laserski ojačevalnik uporablja dopirano vlakno, ki vsebuje skupno $N=1\text{E}+15$ erbijevih ionov Er^{3+} . Kolikšna je potrebna moč črpalke $P_C=?$ na valovni dolžini $\lambda_c=980\text{nm}$, da dosežemo popolno inverzno naseľjenost v odsotnosti vhodnega signala na valovni dolžini $\lambda=1550\text{nm}$? Časovna konstanta spontanega sevanja Er^{3+} ionov znaša $\tau=10\text{ms}$. ($c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $h=6.625\text{E}-34\text{Js}$)

Pisni izpit iz OPTIČNIH KOMUNIKACIJ (UNI) - 19.09.2013

1. Izračunajte lomni količnik $n=?$ in debelino $d=?$ (v μm) antirefleksnega sloja, ki ga naneseemo na površino čipa fotodiode z lomnim količnikom polprevodnika $n_p=3.9$! Svetloba z valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ vpada na čip iz praznega prostora pod pravim kotom.
2. Mnogorodovno telekomunikacijsko svetlobno vlakno $50/125\mu\text{m}$ z numerično aperturo $NA=0.2$ vzbujamo z vidno svetlobo. Pravilno odrezan konec vlakna potopimo navpično v vodo z lomnim količnikom $n=1.33$. Kolikšen je premer $2r=?$ osvetljenega kroga na dnu posode z vodo, če se konec vlakna nahaja v vodi na višini $h=10\text{cm}$ nad dnom?
3. Erbijev ojačevalnik za valovno dolžino $\lambda=1550\text{nm}$ črpamo s $P_c=100\text{mW}$ na valovni dolžini $\lambda_c=980\text{nm}$. Kolikšno vršno moč $P_{\text{max}}=?$ lahko dobimo pri ojačevanju redkih svetlobnih impulzov v trajanju $t=1\mu\text{s}$, če znaša časovna konstanta Er^{3+} ionov $\tau=10\text{ms}$? ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
4. Na fotodiodo pripeljemo dva svetlobna signala s frekvencama $f_1=194.00\text{THz}$ in 194.01THz . Optična signala imata enako polarizacijo in enako moč $P_1=P_2=1\text{mW}$. Fotodioda ima odzivnost $I/P=0.7\text{A/W}$ v tem frekvenčnem pasu. Kolikšno visokofrekvenčno moč $P_{\text{vf}}=?$ dobimo na $\Delta f=10\text{GHz}$ na bremenu $Z_k=50\Omega$, če enosmerno komponento toka kratkostičimo z VF dušilko vzporedno bremenu? ($h=6.625\text{E}-34\text{Js}$, $q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$)
5. Barvna razpršitev omejuje domet zveze po vlaknu G.652 na vrednost $d=70\text{km}$ ob uporabi kakovostnega oddajnika za $C=10\text{Gbit/s}$ pri $\lambda=1550\text{nm}$ ($B_{\text{vira}} \ll B_{\text{modulacije}}$). Kolikšen bo domet zveze $d'=?$ po enakem vlaknu in pri isti valovni dolžini, če zmogljivost povečamo na $C'=25\text{Gbit/s}$? Modulacija oddajnika ostaja v obeh primerih enaka OOK (On-Off Keying).