

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 $l_c=1\text{m}$?

$$\frac{A_j}{A_o} = \frac{d_j^2}{d^2 - d_i^2} = \frac{d_1^2 - (d_1 - 2h)^2}{d_2^2 - d_1^2} = \frac{4dh - 4h^2}{d_2^2 - d_1^2} \quad 4h^2 - 60h + \frac{100}{15625 - 100} \cdot (625 - 225) = 0 \quad V_o = \sqrt{\frac{d_2^2 - d_1^2}{4}} l_c = \sqrt{\frac{d^2 - d_j^2}{4}} l$$

$$4h^2 - 4dh + \frac{d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} \cdot (d_2^2 - d_1^2) = 0 \quad h = \frac{60 - \sqrt{3600 - 44.22}}{8} \text{ mm} = \underline{0.043 \text{ mm}} \quad \lambda = \frac{d_2^2 - d_1^2}{d^2 - d_j^2} l_c = \frac{625 - 225}{0.015625 - 0.0001} \cdot 1 \text{ m}$$

$$\lambda = \underline{25765 \text{ m}} = \underline{25.8 \text{ km}}$$

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!

$$\left. \begin{array}{l} NA_1 < NA_2 \\ d_1 < d_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \underline{a = 0 \text{ dB}} \text{ ni zgub}$$

3. Polprevodniški laser vsebuje Fabry-Perot-ov rezonator, 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 ojačenje v valovodu pri izbranem delovnem toku doseže $G=5000\text{dB/m}$ za TE polarizacijo.

$$n = \sqrt{\epsilon_r} = \underline{3.741} \quad \alpha_{\text{dB}} = 10 \log_{10} |\Gamma_{\pi}|^2 = -4.758 \text{ dB}$$

$$\Gamma_{\pi} = \frac{1-n}{1+n} = \underline{-0.578} \quad 2L \cdot G + \alpha_{\text{dB}} = 0 \rightarrow l = -\frac{\alpha_{\text{dB}}}{G} = \underline{0.952 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \underline{0.952 \text{ mm}}$$

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 $R=1\text{kbit/s}$.

$$(h=6.624 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, Q_e=-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ As})$$

$$Q = C U_s \quad W = N_f h f = N_f h \frac{c}{\lambda} \quad P_s = W \cdot R \quad P_s = P_o \frac{A}{4\pi r^2} \rightarrow r = \sqrt{\frac{P_o A}{P_s}} = \underline{4.02 \text{ m}}$$

$$N_e = \frac{Q}{Q_e} \quad P_s = \frac{C U_s}{\eta |Q_e|} h \frac{c}{\lambda} R = \underline{4.929 \cdot 10^{-11} \text{ W}}$$

$$N_f = \frac{N_e}{\eta}$$

5. Optično zvezo sestavimo iz treh kosov različnih kablov. Prvi odsek ima disperzijski koeficient $D_1=+17\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ in dolžino $l_1=20\text{km}$. Drugi odsek ima disperzijski koeficient $D_2=-5\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ in dolžino $l_2=40\text{km}$. Tretji odsek ima disperzijski koeficient $D_3=+5\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 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 $\Delta\lambda=1\text{nm}$.

$$\Delta t = (D_1 l_1 + D_2 l_2 + D_3 l_3) \Delta\lambda = (+17 \cdot 20 - 5 \cdot 40 + 5 \cdot 10) \cdot 1 \text{ ps} = \underline{190 \text{ ps}} \quad C = \frac{1}{3\Delta t} = \underline{1.75 \text{ Gbit/s}}$$