

1. Enorodovno optično vlakno izdelamo s tehnologijo MCVD tako, da v notranjost cevi iz čistega kremenovega stekla nanese 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!

$$V=2.405; \quad k=\frac{2\pi}{\lambda}; \quad \frac{A_{\text{jedra}}}{A_{\text{obloje}}} = \frac{\pi a^2}{\pi(r_2^2 - a^2)} = \frac{\pi[r_1^2 - (r_1 - d)^2]}{\pi(r_2^2 - r_1^2)}; \quad (r_1 - d)^2 = r_1^2 - \frac{a^2(r_2^2 - r_1^2)}{r_1^2 - a^2}$$

$$V = k a NA$$

$$a = \frac{V}{k NA} = \frac{2.405 \lambda}{2\pi NA} = 4.785 \mu\text{m}; \quad d = r_1 - \sqrt{r_1^2 - \frac{a^2(r_2^2 - r_1^2)}{r_1^2 - a^2}} = 119.1 \mu\text{m}$$

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 čimmanjše in ni neželenih odbojev svetlobe. Obe vlakni imata zunanji premer obloge $d_o=125\mu\text{m}$ in imata pri brezhibnem zvaru točno poravnane osi.

$$\left. \begin{array}{l} d_2 > d_1 \\ NA_2 > NA_1 \end{array} \right\} a = 0 \text{ dB}$$

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 $\lambda=1.3\mu\text{m}$.

$$a = 10 \text{ dB} = 10; \quad \frac{(P_1 - P_0)}{(P_1 - P_0/a)} = \frac{P_1}{P_1 - (P_1/a)} = \frac{a}{a-1} = \frac{10}{9} = 1.11 = 0.435 \text{ dB}$$

$$P_0 = P_1/a$$

$$\Delta l = \frac{0.435 \text{ dB}}{0.35 \text{ dB/km}} = 1.295 \text{ km}$$

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 hitosti $C=155\text{Mbit/s}$! ($h=6.624\text{E}-34\text{Js}$, $c=3\text{E}+8\text{m/s}$, $\lambda=1.3\mu\text{m}$, $Q_e=-1.6\text{E}-19\text{As}$)

$$Q = |Q_e| N \eta M; \quad I = \frac{Q}{T} = Q C; \quad U = I R_t$$

$$U = |Q_e| N \eta M C R_t = 3.47 \text{ mV}$$

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 $a=0.3\text{dB}$!

$$P = +17 \text{ dBm} = 50.1 \text{ mW}; \quad a = 0.3 \text{ dB} = 1.072$$

$$P' = P a \frac{\lambda}{\lambda'} \left(\frac{1}{\eta}\right) = 99.9 \text{ mW} = +20 \text{ dBm}$$