

OPTICKÉ VLNOVODY

Vlnové číslo prostredia

$$k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$$

Normovaná frekvencia optického vlákna

$$v = k \cdot a(\text{NA}) = kn_1 a \sqrt{2\Delta}$$

Vlnová teória šírenia svetla v optickom vlákne so skokovou zmenou indexu lomu:

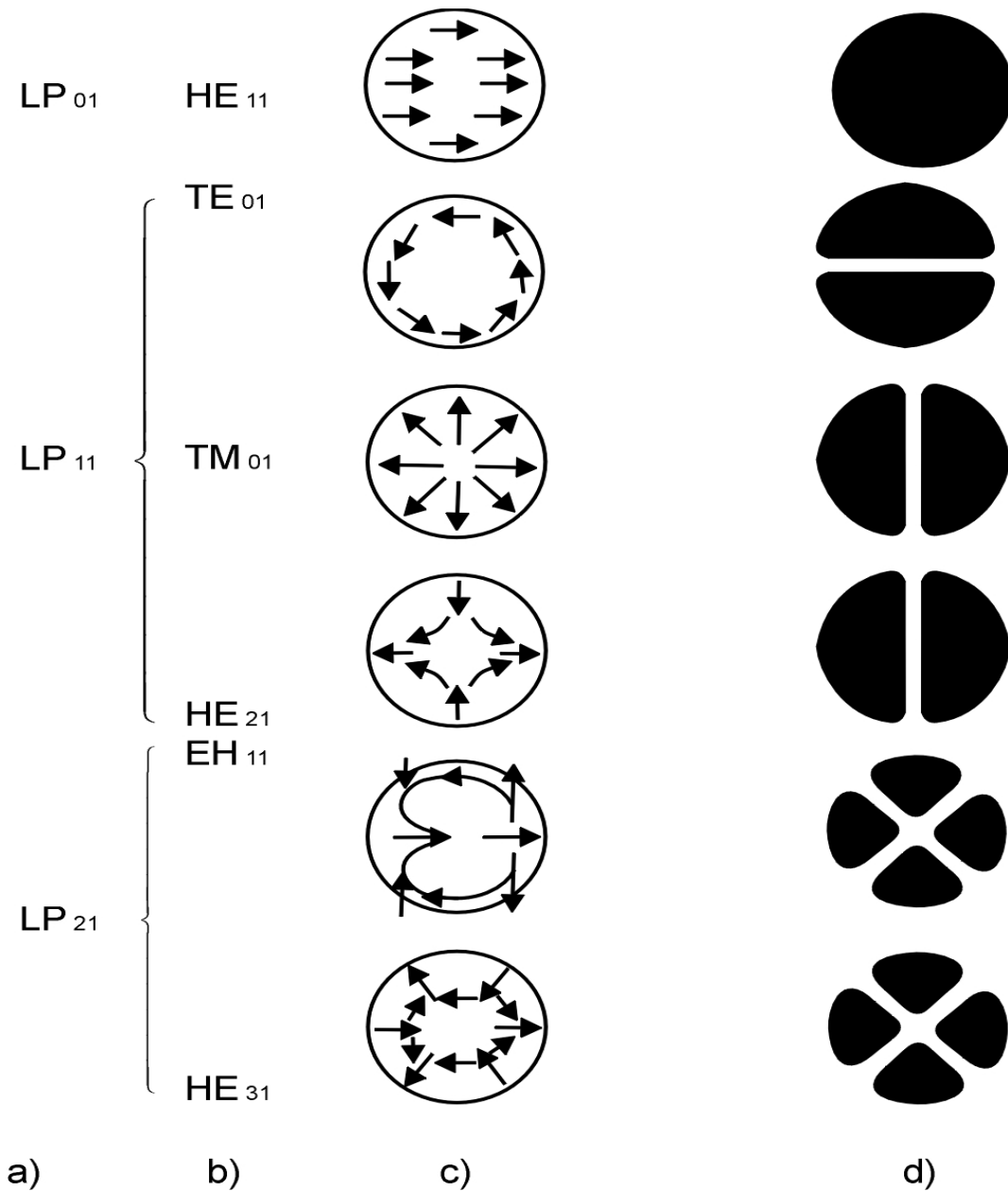
Vidový objem, t.j. počet vedených vidov v SI-MM vlákne

$$M_s \approx \frac{v^2}{2}$$

Oblasť šírenia dominantného vidu (jednovidovosť) v stupňovitom OV

$$0 < v = kn_1 a \sqrt{2\Delta} < v_c^{\text{LP}_{11}} \approx 2.405$$

- na **obr. 1** je znázornené rozloženie intenzity elektrického poľa troch najnižších LP vidov.



Obr.1 Rozloženie intenzity elektrického poľa troch najnižších LP vidov v homogénnom SI-MM OV: (a) označenie LP vidov, (b) tradičné označenie vidov, (c) rozloženie elektromagnetického poľa tradičných vidov, (d) rozloženie E_{ox} pre LP vidy

Vlnová teória šírenia svetla v optickom vlákne so spojitou zmenou indexu lomu:

Vidový objem, t. j. počet vedených vidov v gradientnom OV

$$M_g = \frac{\alpha}{\alpha + 2} (n_1 k a)^2 \Delta$$

pre $\Delta \ll 1$

$$M_g \cong \frac{\alpha}{\alpha + 2} \frac{v^2}{2}$$

pre parabolický profil indexu lomu ($\alpha = 2$)

$$M_g \cong \frac{v^2}{4} = \frac{1}{2} M_s$$

Oblasť jednovidovosti pre gradientné optické vlákno

$$0 < v < v_c = 2.405 \sqrt{1 + \frac{2}{\alpha}}$$

PRÍKLADY

Príklad 1 Uvažujte gradientné optické vlákno s indexom lomu na osi jadra 1,5, konštantou α profilu indexu lomu 1,90, relatívnym rozdielom indexu lomu na osi jadra a plášťa 1,3 % a priemerom jadra 40 μm . Vypočítajte počet vedených vidov v tomto vlákne pri šírení svetla s vlnovou dĺžkou 1,55 μm . Určite medznú hodnotu normovanej frekvencie pre jednovidový režim práce tohto vlákna.
(93,66 vidov = 93 použiteľných vidov , $v_c = 3,4456$)

Príklad 2 Jednovidové stupňovité optické vlákno má priemer jadra 4 μm a index lomu jadra je 1,49. Vypočítajte najkratšiu vlnovú dĺžku, pre ktorú je možné jednovidové šírenie svetla v tomto vlákne, ak uvažujete, že relatívny rozdiel indexov lomu je 2 %.
($\lambda_{\min} = 1,55708\mu\text{m}$)

Príklad 3 Mnohovidové stupňovité optické vlákno má relatívny rozdiel indexov lomu 1% a index lomu jadra 1,5. Nech týmto vláknom sa pri vlnovej dĺžke 1,3 μm šíri približne 1100 vidov. Vypočítajte priemer jadra tohto optického vlákna.
(priemer jadra optického vlákna je 91,4949 μm)

Príklad 4 Gradientné optické vlákno s parabolickým profilom indexu lomu má index lomu jadra na osi vlákna 1,5 a relatívny rozdiel indexov lomu je 1%. Určite maximálny priemer jadra vlákna, ktorý umožňuje jednovidový režim práce na vlnovej dĺžke 1,3 μm .
(maximálny priemer jadra gradientného optického vlákna pri zachovaní jednovidového režimu práce je $d = 2a = 6,635 \mu\text{m}$)

PRÍKLADY na precvičenie doma

Príklad 1 Určite relatívny rozdiel indexov lomu pre jednovidové optické vlákno s priemerom jadra $10\ \mu\text{m}$ a s indexom lomu jadra 1,49, ktoré pracuje pri vlnovej dĺžke $1,56\ \mu\text{m}$. ($\Delta = 0,32\%$)

Príklad 2 Gradientné optické vlákno s parabolickým profilom indexu lomu umožňuje šírenie 742 vedených vidov. Vlákno má numerickú apertúru vo vzduchu 0,3 a priemer jadra $70\ \mu\text{m}$. Vypočítajte vlnovú dĺžku svetla, ktoré sa šíri optickým vláknom. Ďalej určite maximálny priemer jadra vlákna, ktorý pri tej istej vlnovej dĺžke umožňuje jednovidový režim práce. ($\lambda = 1,2\ \mu\text{m}$, $a = 2,2\ \mu\text{m}$ teda maximálny priemer jadra optického vlákna pre jednovidový režim práce je $4,4\ \mu\text{m}$.) (4)

Príklad 3 Určite maximálny priemer jadra stupňovitého optického vlákna s relatívnym rozdielom indexov lomu $1,5\%$ a indexom lomu jadra 1,48 tak, aby toto vlákno pracovalo v jednovidovom režime. Nech vlákno pracuje na vlnovej dĺžke $0,85\ \mu\text{m}$. Určite, ako sa zmení takto vypočítaný priemer jadra pri desaťnásobnom zmenšení relatívneho rozdielu indexov lomu. (maximálny priemer jadra stupňovitého optického vlákna pri zachovaní jednovidového režimu práce je $d = 2a = 2,6\ \mu\text{m}$, po zmenšení relatívneho rozdielu indexov lomu dostaneme $d = 2a = 8\ \mu\text{m}$. Došlo k **zväčšeniu** maximálneho priemeru jadra.)