

## Vlnové destičky

Vlnové destičky (někdy též zvané fázové destičky) jsou optická zařízení, která mění stav [polarizace světla](#) procházejícího těmito destičkami. Existují dva běžně používané typy těchto destiček:

1. půlvlnná destička - mění směr lineární polarizace světla;
2. čtvrtvlnná destička - mění lineárně [polarizované světlo](#) na [kruhově polarizované světlo](#) (resp. elipticky polarizované světlo) a opačně.

Tyto destičky jsou vyráběny z anizotropních krystalů (křemen, křemičité sklo, slída, ...), které mají různý [index lomu světla](#) v různých směrech; jedná se tedy o dvojlomné krystaly. Vlastnosti takových destiček závisí na jejich tloušťce, vlnové délce světla, které jimi prochází, a rozdílu indexů lomu světla v různých směrech. Vhodnou volbou těchto parametrů lze ovlivňovat fázi procházejícího světla (viz vztah (1)) a tím i ovlivňovat polarizaci světla.

Princip činnosti vlnových destiček je založen na posunu fáze mezi dvěma navzájem kolmými polarizovanými vlnami procházejícími destičkou. Typická vlnová destička je dvojlomný krystal s pečlivě zvolenou orientací a tloušťkou. Z krystalu je vyříznuta destička tak, aby [optická osa](#) krystalu byla rovnoběžná s povrchem destičky. To má za následek vznik dvou os v rovině řezu:

1. **řádná osa** - ve směru této osy, která je kolmá k optické ose, má krystal index lomu  $n_o$ , a proto se světlo podél této osy šíří [rychlostí](#) o velikosti  $v_o = \frac{c}{n_o}$ ;
2. **mimořádná osa** - ve směru této osy, která je rovnoběžná s optickou osou, má krystal index lomu  $n_e$ , a proto se světlo šíří podél této osy rychlostí o velikosti  $v_e = \frac{c}{n_e}$ .

Světelná vlna dopadající na destičku se rozdělí na dvě části. Jedna část se šíří podél řádné osy, druhá podél mimořádné osy.

Rozdílná [velikost rychlosti](#) světelných vln šířících ve směru řádné osy a mimořádné osy je příčinou vzniku [fázového rozdílu](#) mezi oběma vlnami po [výstupu](#) z destičky.

Pokud je  $n_e < n_o$ , a tedy pokud je  $v_e > v_o$  (jako je tomu např. v kalcitu), je mimořádná osa nazývána *rychlá osa* a řádná osa je nazývána *pomalá osa*. V případě, že platí  $n_e > n_o$  (resp.  $v_e < v_o$ ), nazývá se řádná osa *rychlá osa* a mimořádná osa se pak nazývá *pomalá osa*.

V závislosti na tloušťce krystalu se následně změní stav polarizace obou světelných vln šířících se podél obou os. Vlnová destička je charakterizována hodnotou relativní fáze  $\Delta\varphi$ , která závisí na rozdílu  $\Delta n$  uvažovaných indexů lomu ve směru obou os a na tloušťce  $L$  destičky vztahem

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta n \cdot L}{\lambda_0}, \quad (1)$$

kde  $\lambda_0$  je vlnová délka světla procházejícího destičkou měřená ve [vakuu](#).

„Relativní“ fáze je uvedena proto, že se jedná o vzájemný posun jedné části vlny vůči druhé, nezávisí na fázovém posunu původní světelné vlny ani na fázovém posunu jednotlivých částí vůči původní vlně. Stejně tak nezávisí na znaménku rozdílu indexů lomu  $\Delta n$ . Vypočtená relativní fáze se bude lišit znaménkem a bude tedy pouze informovat, že se jedna část vlny vůči druhé předbíhá (resp. opožděje), ale která část vůči které se bude předbíhat nebo opožděvat, je pro výsledný efekt destičky nepodstatné.

Závislost právě na vlnové délce  $\lambda_0$  měřené ve vakuu je podstatná proto, že v libovolném hmotném prostředí s indexem lomu  $n$  se vlnová délka daného světla oproti vlnové délce  $\lambda_0$   $n$ -krát zmenší.

Ačkoliv může být rozdíl indexů lomu  $\Delta n$  mírně ovlivněn [disperzí](#) (tj. pro různé vlnové délky světla se mohou oba uvažované indexy mírně lišit vlivem disperze), tento vliv je zanedbatelný ve

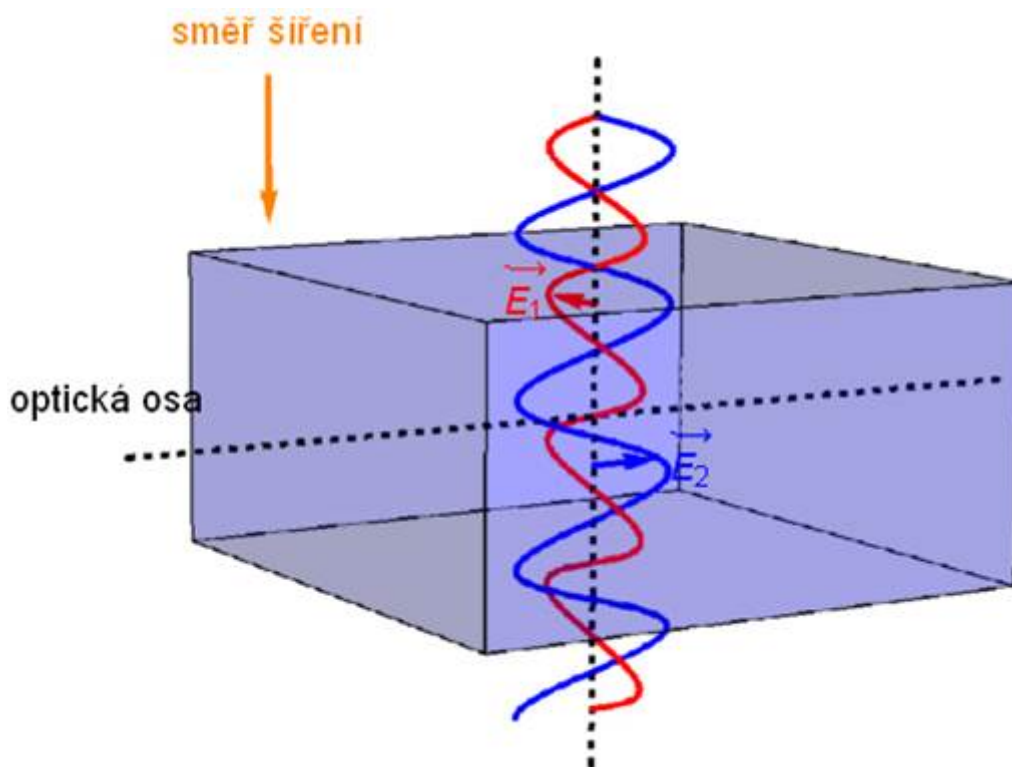
srovnání se změnou indexů lomu danou anizotropií materiálu destičky. Vlnové destičky jsou tedy vyráběny (jak ostatně vyplývá ze vztahu (1)) pouze pro konkrétní omezený rozsah vlnových délek procházejícího světla. Kolísání fáze lze minimalizovat tak, že se umístí dvě vlnové destičky za sebou, přičemž se tyto destičky budou mírně lišit svojí tloušťkou a budou mít vůči sobě vyměněné pomalé osy a rychlé osy. Výsledný fázový rozdíl obou vln ovlivňuje i úhel, pod kterým vstupuje světlo do destičky. Tento úhel způsobí relativní změnu indexu lomu  $n_o$ . V závislosti na rozdílu indexů lomu  $n_o$  a  $n_e$  pro daný typ materiálu a vlnovou délku světla, pro které bude destička určena, je nutné volit i správnou tloušťku destičky.

Fázové destičky jsou součástí např. i polaroidů vytvářejících kruhově polarizované světlo. Vzhledem k tomu, že fázový posun vytvořený danou destičkou souvisí pouze s jedinou vlnovou délkou, nebude pro ostatní vlnové délky světla pracovat tato fázová destička dokonale. To se projeví např. vznikem duhového zabarvení u polaroidů pro vznik kruhově polarizovaného světla.

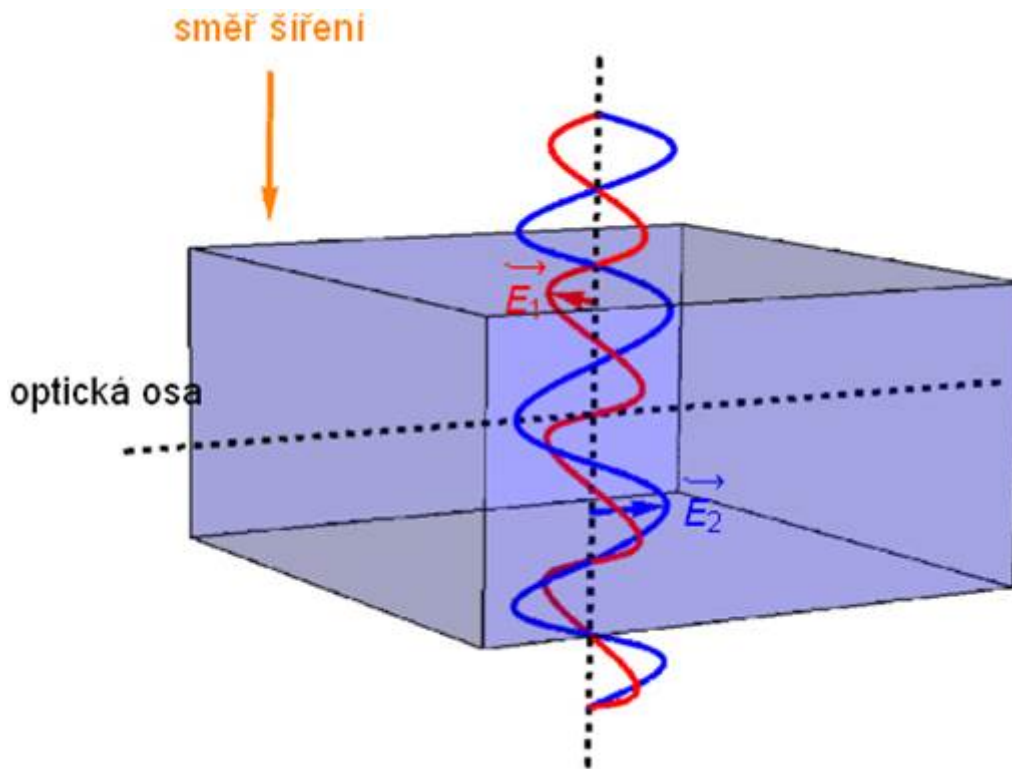
Změna fázového posunu světla procházejícího dvěma typy fázových destiček je schematicky zobrazena na obr. 91 a obr. 92:

1. průchod čtvrtvlnnou destičkou, která mění vzájemný fázový posun vln o  $\frac{\pi}{2}$ , je zobrazen na obr. 91 - vlna popsána vektorem  $\vec{E}_1$  změní vlivem rozdílného indexu lomu svou vlnovou délku tak, že po průchodu destičkou je fázový rozdíl mezi oběma vlnami právě  $\frac{\pi}{2}$  (tj. vlny jsou navzájem posunuty o čtvrtinu vlnové délky);
2. průchod půlvlnnou destičkou, která mění vzájemný fázový posun vln o  $\pi$ , je zobrazen na obr. 92 - vlna popsána vektorem  $\vec{E}_1$  změní vlivem rozdílného indexu lomu svou vlnovou délku tak, že po průchodu destičkou je fázový rozdíl mezi oběma vlnami právě  $\pi$  (tj. vlny jsou navzájem posunuty o polovinu vlnové délky).

Na obr. 91 a obr. 92 není uvažována změna vlnové délky popsané vektorem  $\vec{E}_1$  při vstupu z okolního prostředí do materiálu destičky.



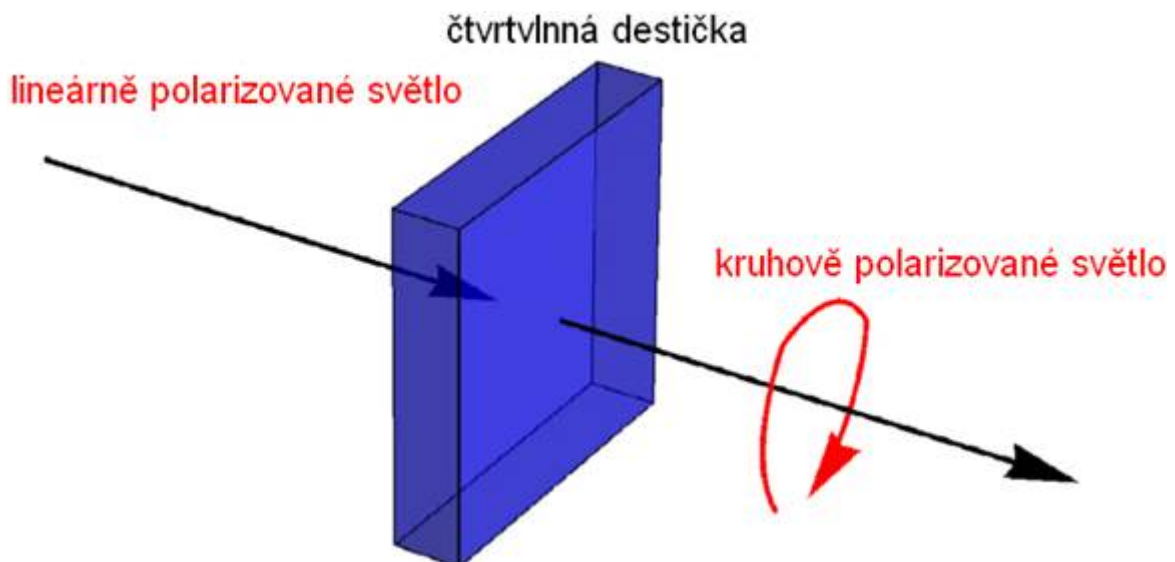
Obr. 89



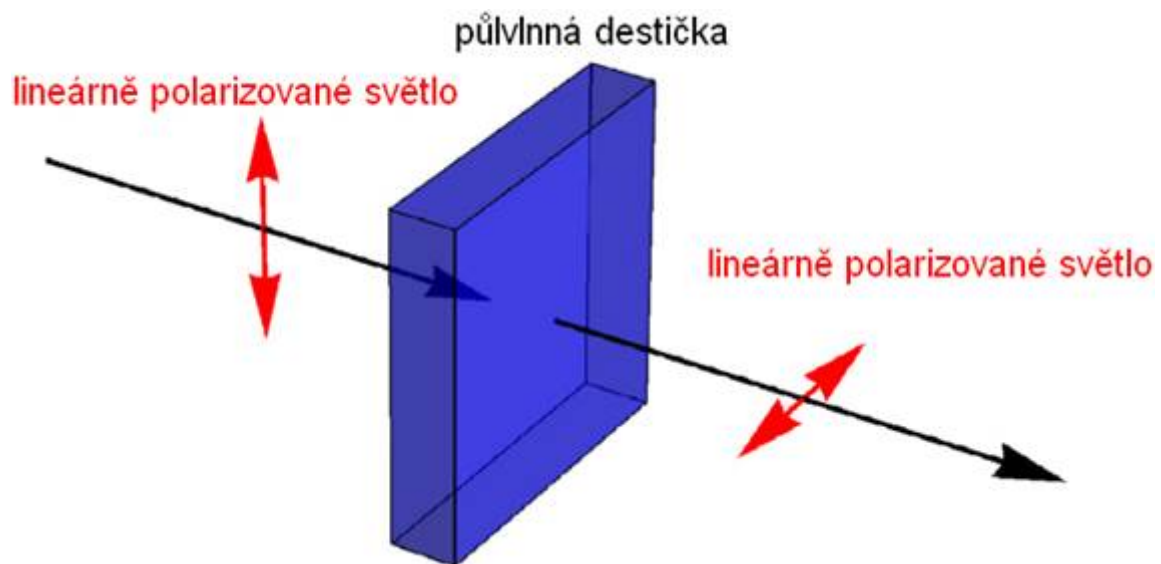
Obr. 90

Čtvrtvlnná destička a půlvlnná destička se používají např. ke změně vlastností polarizovaného světla:

1. s využitím čtvrtvlnné destičky lze lineárně polarizované světlo změnit na kruhově polarizované světlo (viz obr. 93);
2. s využitím půlvlnné destičky lze lineárně polarizované světlo s jedním typem polarizace změnit na lineárně polarizované světlo s polarizací oproti původní otočenou o devadesát stupňů (viz obr. 94).



Obr. 93



Obr. 94