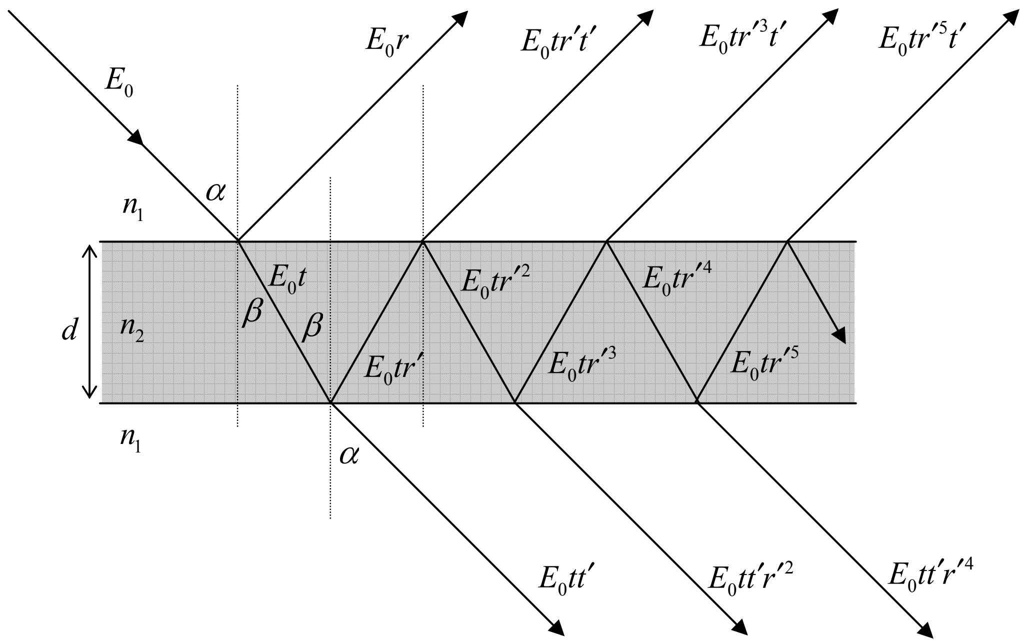
Mnohosvazková interference na planparalelní vrstvě (Fabry-Perotův etalon)



Obr. MI-1. Mnohosvazková interference na planparalelní vrstvě.

odrazivost $R > 90\%$ (pokovený povrch)

zanedbatelná vlastní absorpce

zřejmě $\quad r = -r'$

v prošlém světle bude amplituda výsledné vlny (kde φ je fázový rozdíl mezi sousedními paprsky)

$$E_t = E_0\left(tt' + tt'r'^2 e^{i\varphi} + tt'r'^4 e^{2i\varphi} + \ldots + tt'r'^{2m-2} e^{i(m-1)\varphi}\right)$$

což je geometrická řada o kvocientu $\quad q = r'^2 e^{i\varphi}$

pro velmi velká m součet konverguje k

$$E_t = \frac{E_0 tt'}{1 - r'^2 e^{i\varphi}}$$

Přejdeme-li od amplitudy k zářivosti, dostaneme

$$I_t = I_i \frac{(tt')^2}{\left(1 - r'^2 e^{i\varphi}\right)\left(1 - r'^2 e^{-i\varphi}\right)} = I_i \frac{T^2}{1 + R^2 - 2R\cos\varphi} = I_i \frac{T}{(1-R)^2 + 4R\sin^2\dfrac{\varphi}{2}}$$

kde jsme označili $\quad T = tt', \qquad R = r'^2 \left(= r^2\right)$

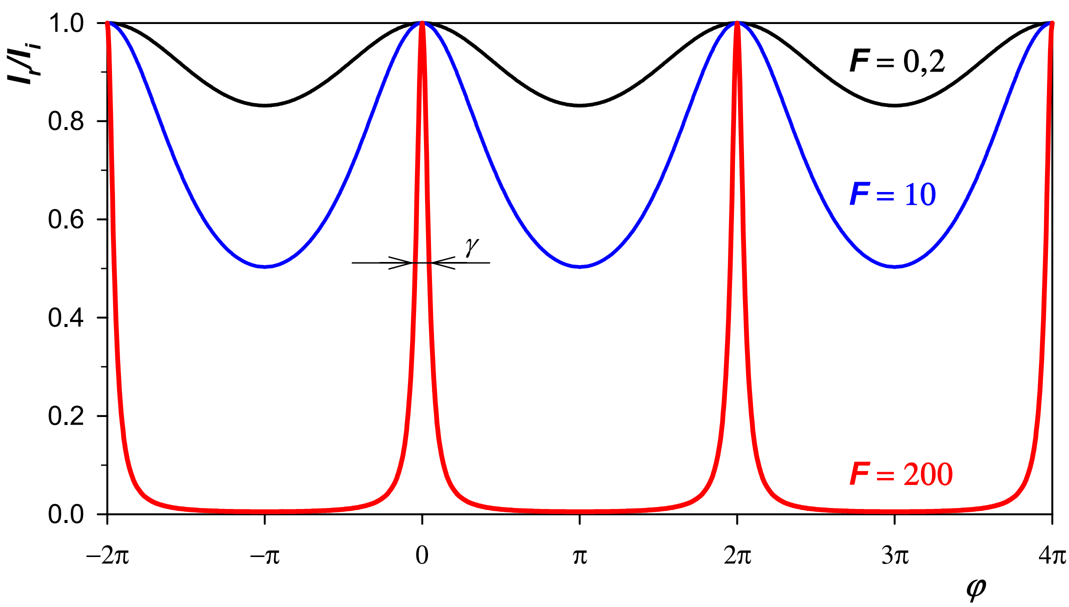
V protože v neabsorbujícím prostředí platí $T + R = 1$ můžeme upravit výraz pro I_t do tvaru

$$I_t = I_i \frac{(1-R)^2}{(1-R)^2 + 4R\sin^2\dfrac{\varphi}{2}} = I_i \frac{1}{1 + \dfrac{4R}{(1-R)^2}\sin^2\dfrac{\varphi}{2}}$$

Zavedeme $F = \dfrac{4R}{(1-R)^2}$ ***činitel jemnosti*** (coefficient of finesse).

Výraz $\dfrac{I_t}{I_i} = \dfrac{1}{1 + F\sin^2\dfrac{\varphi}{2}}$ se nazývá ***Airyho funkcí***.

Pro velkou odrazivost R nabývá činitel jemnosti F vysoké hodnoty (např. pro R = 0,8 bude F = 80). Z toho plyne, že Airyho funkce nabývá malých hodnot s výjimkou směrů β, pro něž nabývá $\sin\dfrac{\varphi}{2}$ velmi malé hodnoty (jde tedy o proužky stejného sklonu).



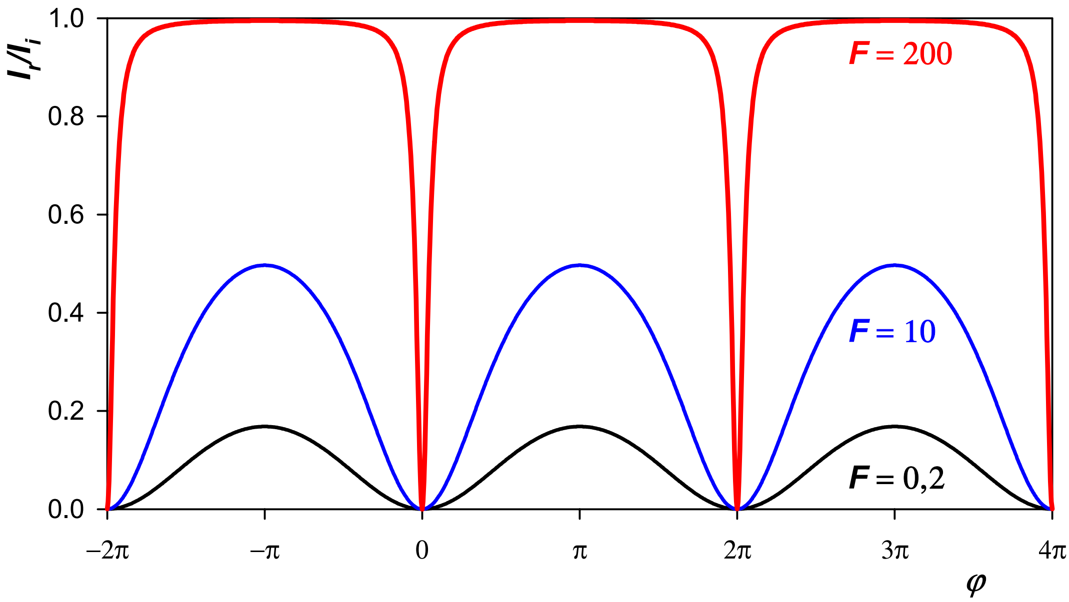
Obr. MI-2. Průběh Airyho funkce pro různé činitele jemnost F.

Maxima nastávají pro $\varphi = 2m\pi$ $\left(\sin\dfrac{\varphi}{2} = 0\right)$ $(I_t)_{\max} = I_0$

a pro $\sin\dfrac{\varphi}{2} = 1$ nabývá Airyho funkce minima $(I_t)_{\min} = I_0 \dfrac{1}{1+F}$

V prošlém monochromatickém světle pozorujeme ostré světlé proužky. V odraženém světle pozorujeme jev doplňkový – ostré tmavé proužky, neboť

$$I_r = I_i - I_t = I_i \frac{F\sin^2\frac{\varphi}{2}}{1+F\sin^2\frac{\varphi}{2}}$$



Obr. MI-3. Průběh 1-Airyho funkce pro různé činitele jemnosti F.

Fázový posun mezi sousedními vlnami je

$$\varphi = \frac{4\pi n_f}{\lambda_0} d\cos\beta + 2\delta$$

kde δ je dodatečný fázový posuv při odrazu na pokoveném povrchu, který se může lišit od 0 i od π. Protože úhel dopadu α je malý a d je ve srovnání s vlnovou délkou velké, může být zanedbán.

Pološířka maxima Airyho funkce

z podmínky $$\frac{1}{1+F\sin^2\frac{\varphi_{1/2}}{2}} = \frac{1}{2}$$

dostáváme $$\varphi_{1/2} = 2\arcsin\frac{1}{\sqrt{F}} \approx \frac{2}{\sqrt{F}}$$ (neboť F je velké)

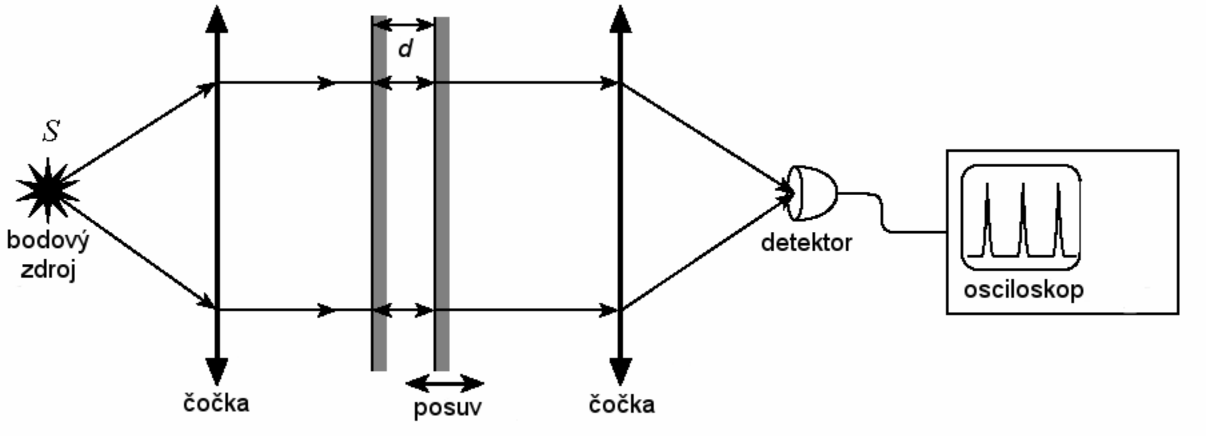
a tedy ***pološířka maxima*** (vzdálenost bodů, ve kterých nabývá Airyho funkce hodnoty 0,5)

bude $$\gamma = \frac{4}{\sqrt{F}}$$, tedy čím vyšší bude činitel jemnosti, tím užší budou interferenční maxima.

Vzdálenost sousedních maxim (jsou ekvidistantní) udává tzv. ***volný spektrální obor***.

Fabry-Perotův etalon – fixní vzdálenost zrcadel

Fabry-Perotův interferometr – buď měníme vzdálenost zrcadel (piezoelektricky) nebo index lomu uvnitř změnou tlaku plynu mezi zrcadly a tedy indexu lomu n_f. Užití ve spektroskopii vysokého rozlišení (dosahuje vysokého rozlišení – až řádu 10^6, volný spektrální obor je úzký).



Obr. MI-4. Fabry-Perotův interferometr.

Interferenční filtr – Fabry-Perotův etalon o malé tloušťce a s prostředím $n_f > 1$. V kombinaci s barevnými filtry lze potlačit maxima vyšších řádů.