

Jak vyrobit monochromatické Slunce

Spektroskopie (nejen)
ve sluneční fyzice
LS 2011/2012

Michal Švanda

Astronomický ústav MFF UK
Astronomický ústav AV ČR

Pozorování Slunce ve spektrální čáře

• Spektroheliogram

- Rekonstrukce obrazu ve spektrální čáře na základě skenu zajímavé oblasti
- Variabilní, nedocenitelné při studiu změn charakteru spektrální čáry
- Pro obraz štěrbiny současná informace
- Vynikající spektrální rozlišení, horší prostorové

• Filtrogram

- V daném místě spektra celá oblast najednou
- Přes filtr
- Současná informace
- Vynikající prostorové rozlišení, horší spektrální

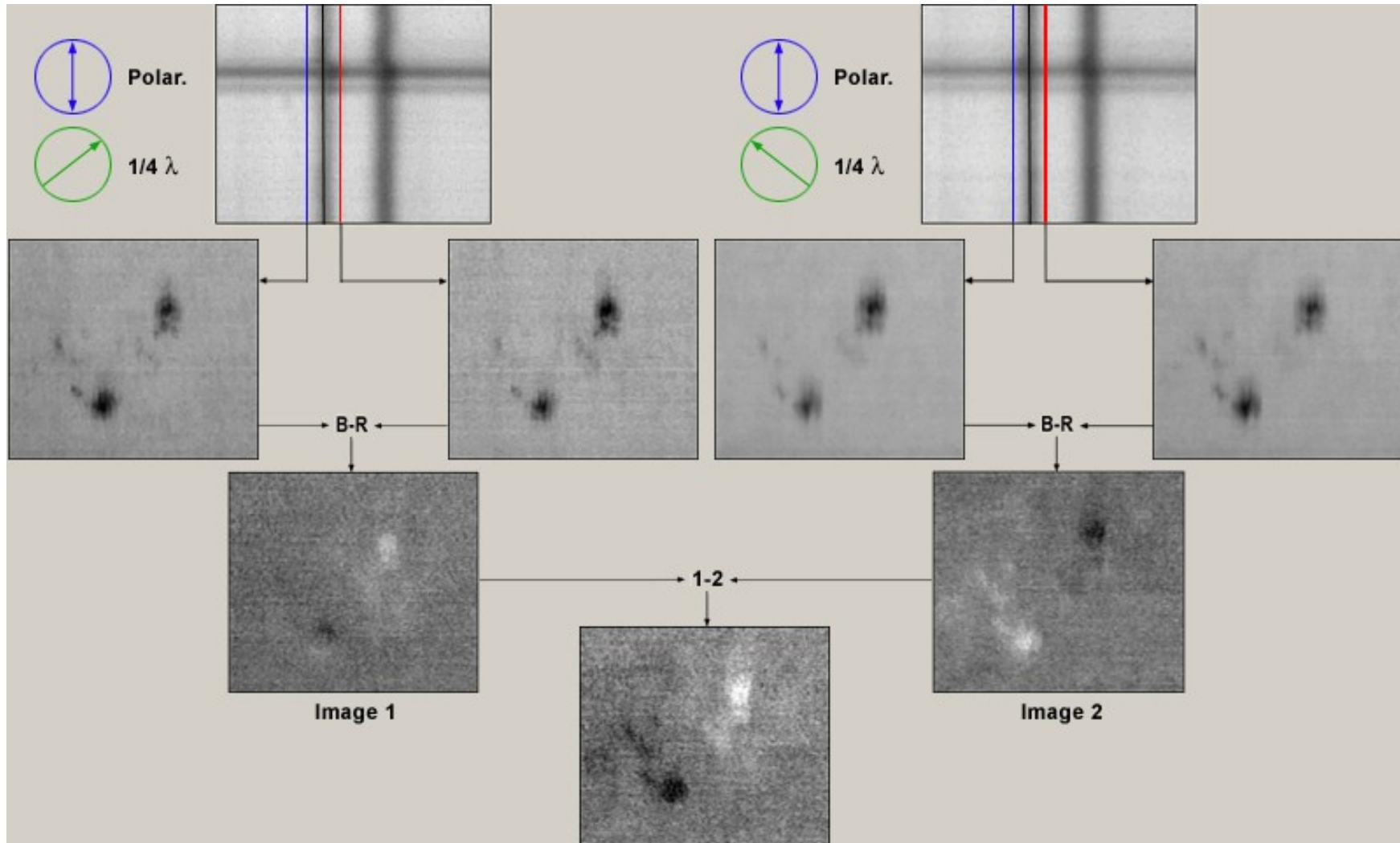
Princip spektroheliogramu



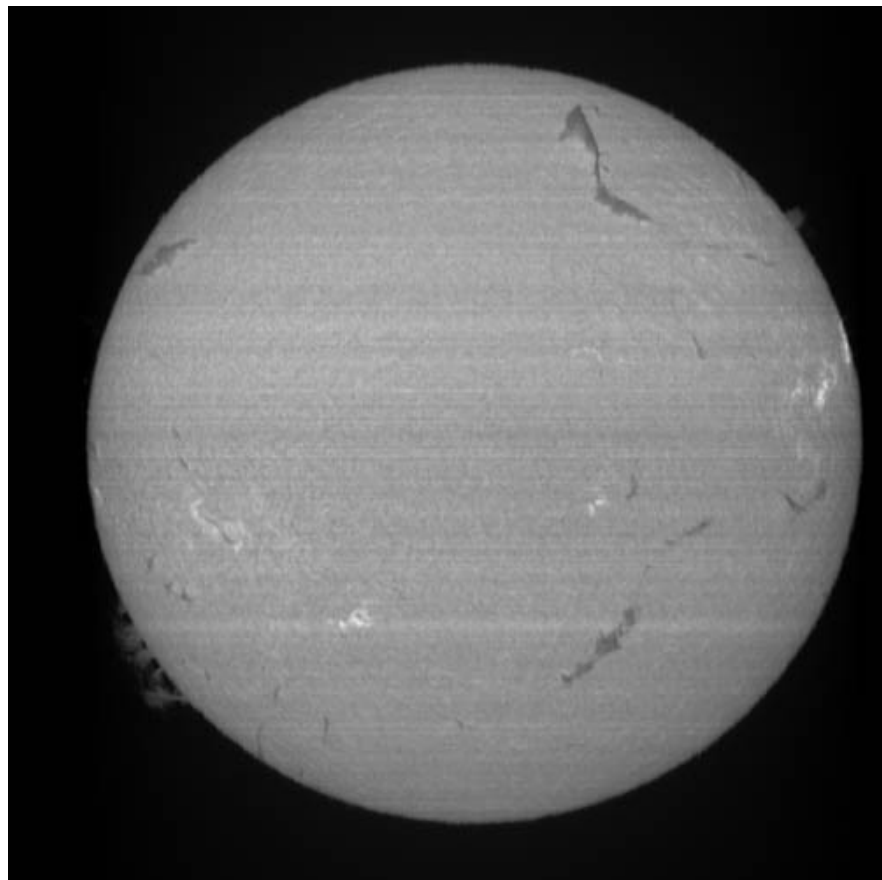
Vlastnosti spektroheliogramů

- Dnes se provádí záznam na 2D detektor celého úseku spektra
 - Lze tedy zkonstruovat spektroheliogram pro libovolnou část ve spektrální čáře
 - Lze zkonstruovat dopplergram, případně magnetogram
- Nevýhoda – informace v různých částech obrazu je nesoučasná – problém při studiu rychle probíhajících jevů
- Výhoda – obrovská variabilita („pouze se zatočí mřížkou...“)
 - Multikanálové spektrografy – současná informace ve více spektrálních čarách – důležité pro studium aktivních jevů

Magnetogram ze spektroheliogramu

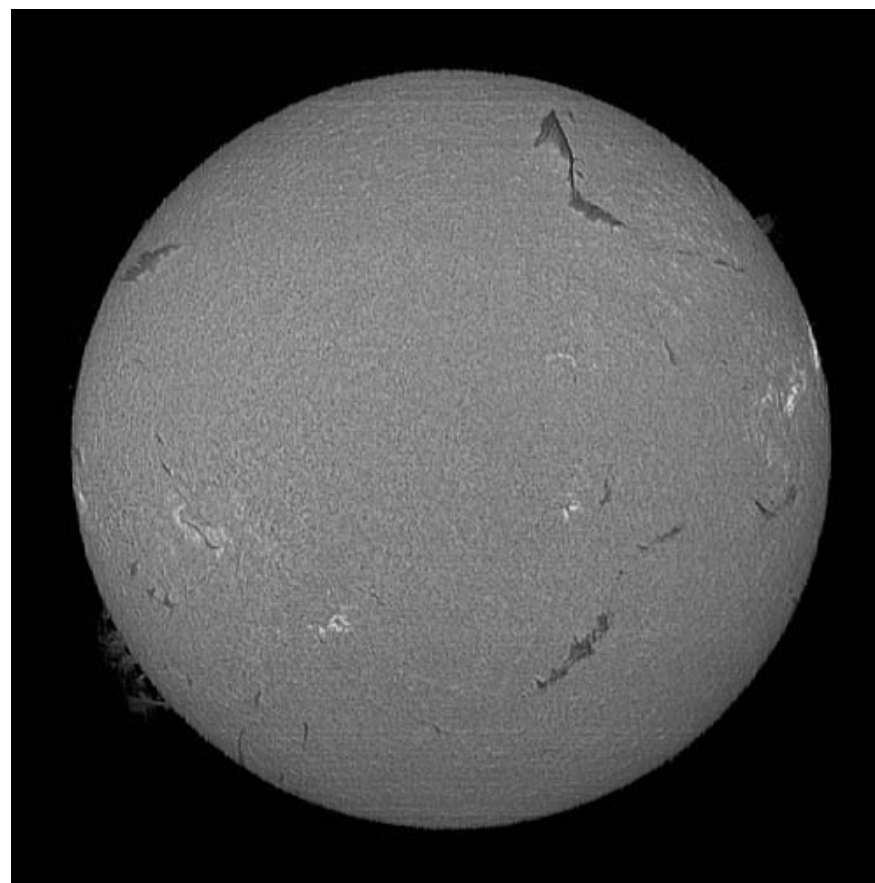


Spektroheliogramy



redukovaný

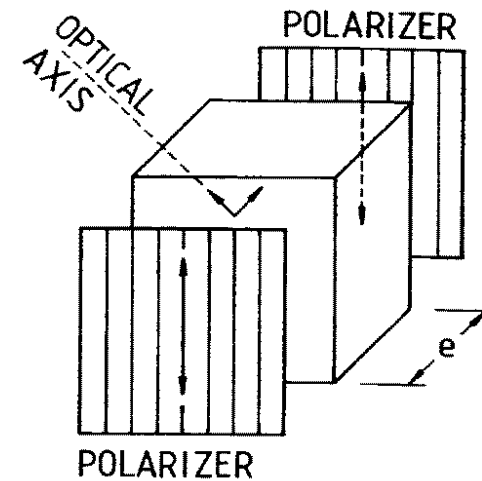
surový



- Absorpční
 - Fyzikální vlastnost látek ($T(\lambda)$)
 - Široké (rámcovací, termální, ...)
- Interferenční (dichroické)
 - Interference na tenké vrstvě
 - Vše dané vlastností vrstev
 - Kombinací vrstev lze filtr “naladit” na libovolnou vlnovou délku
- Dvojlomné
 - Interference světla po průchodu dvojlomným materiálem
 - Lyotův, Šolcův
- Fabry-Perot
 - Interference světla mezi poloodraznými deskami

Dvojlomný filtr Lyotova typu

- Dvojlom, fázový rozdíl mezi řádným a mimořádným – přes kombinaci polarizátor+ dvojlomný krystal+polarizátor projde jen paprsek rovnoběžný s osou druhého polarizátoru



$$\frac{A}{2} \cos(\phi + \delta) + \frac{A}{2} \cos \phi = A \cos \frac{\delta}{2} \cos \left(\phi + \frac{\delta}{2} \right)$$

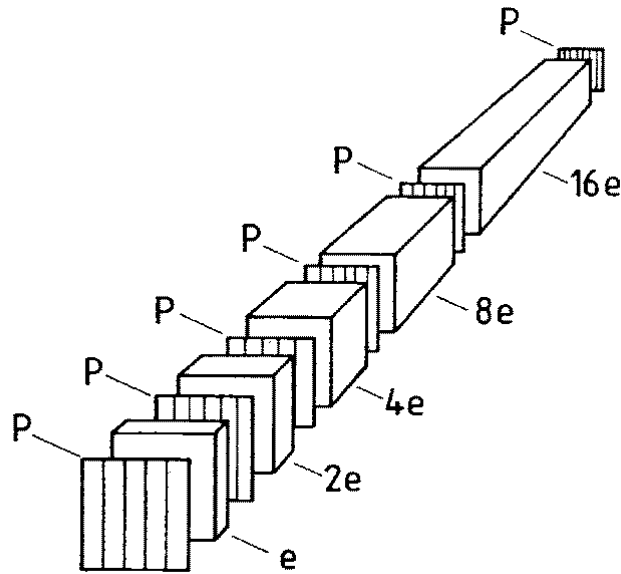
$$\delta = \frac{2\pi e J}{\lambda}, \quad J = n_o - n_e$$

$$I = A^2 \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

$$I_{\max} : \delta = 2k\pi, \lambda = eJ/k$$

Lyotův filtr – N destiček

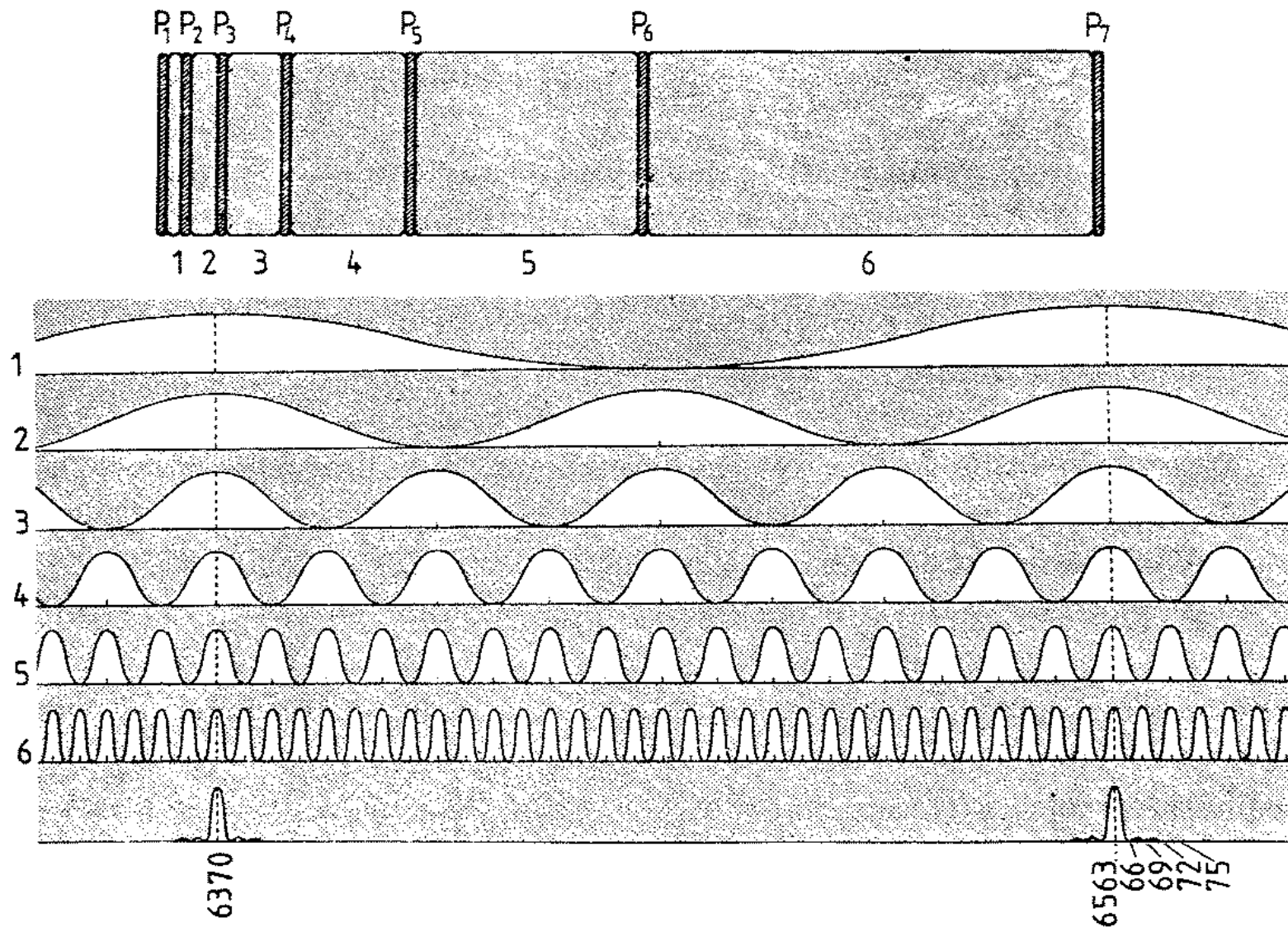
- N destiček s tloušťkou e ,
 $2e$, $4e$, ...



$$I_N = A^2 \cos^2(\pi eJ/\lambda) \cos^2(2\pi eJ/\lambda) \dots \cos^2(2^{N-1} \pi eJ/\lambda)$$

$$\lambda_{\max} = eJ/k, \quad \Delta\lambda \sim 2^{N-1} eJ/k^2$$

Lyotův filtr – průchod světla

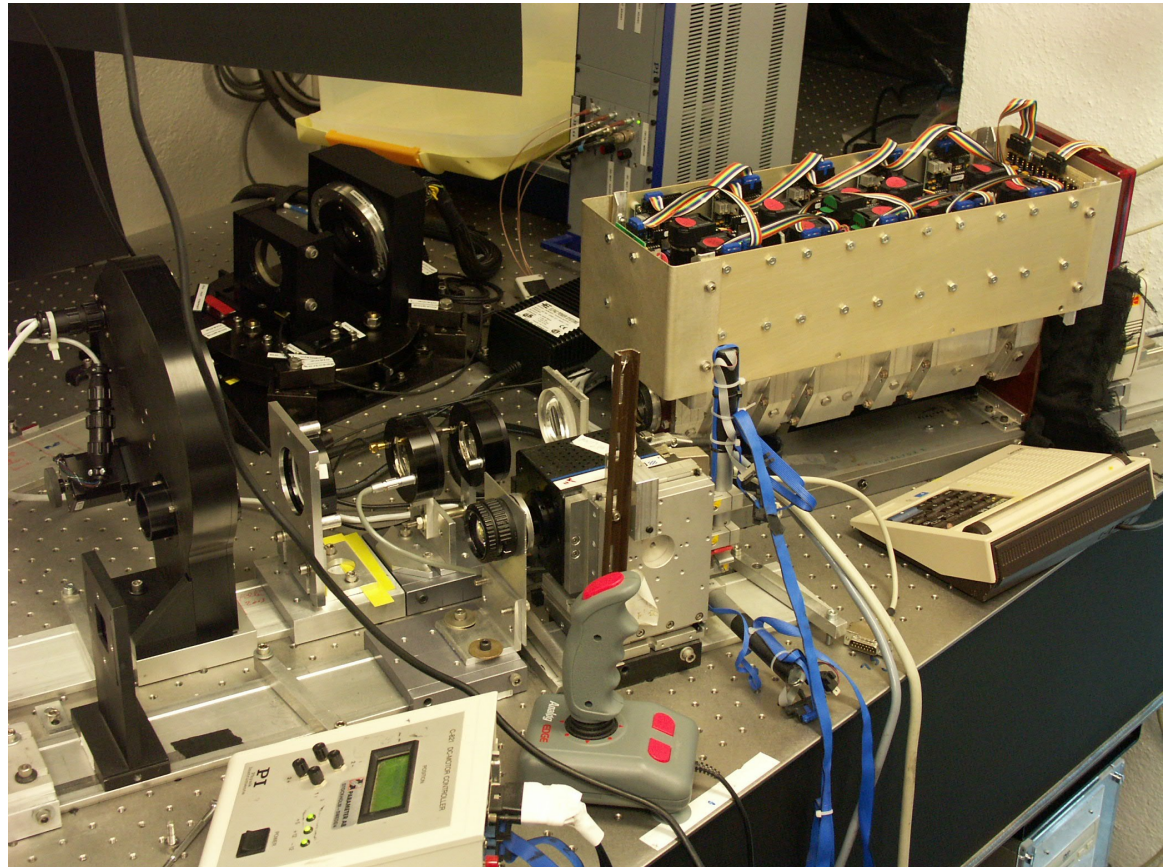


+široký rámcovací filtr

- *Dr. Ivan Šolc, Turnov*
- Pouze dva polarizátory na vstupu a výstupu
- Orientace destiček (stejně tloušťky!) symetricky kolem střední polohy tak, aby se minimalizovala nežádoucí minima
- Průchozí maxima – odpovídají tloušťce destičky
- Šířka maxima – nepřímo úměrná počtu destiček
- Všechny destičky stejně tlusté, málo polarizátorů – mnohem menší celkové náklady

Laditelný dvojlomný filtr

- Dvojlomné filtry jsou omezeně laditelné náklonem nebo změnou teploty – ale zhnusí to tvar okna propustnosti (už to není symetrický profil)
- Vložením otočné $\lambda/4$ destičky – dodatečný fázový posuv, který moduluje polohu maxim
- Lze zařadit i tekuté krystaly



Filtr typu Fabry-Perot

- Fabry-Perot: interference na dvojici desek

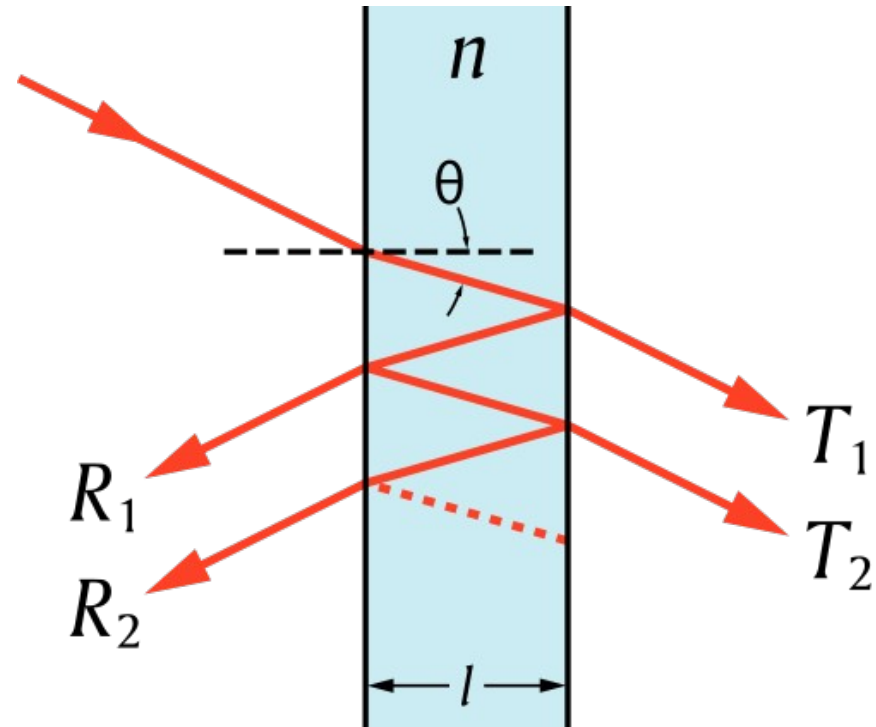
$$I = \frac{T^2}{(1-R)^2 + 4R \sin^2 \frac{\delta}{2}}$$

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{2nd \cos \theta}$$

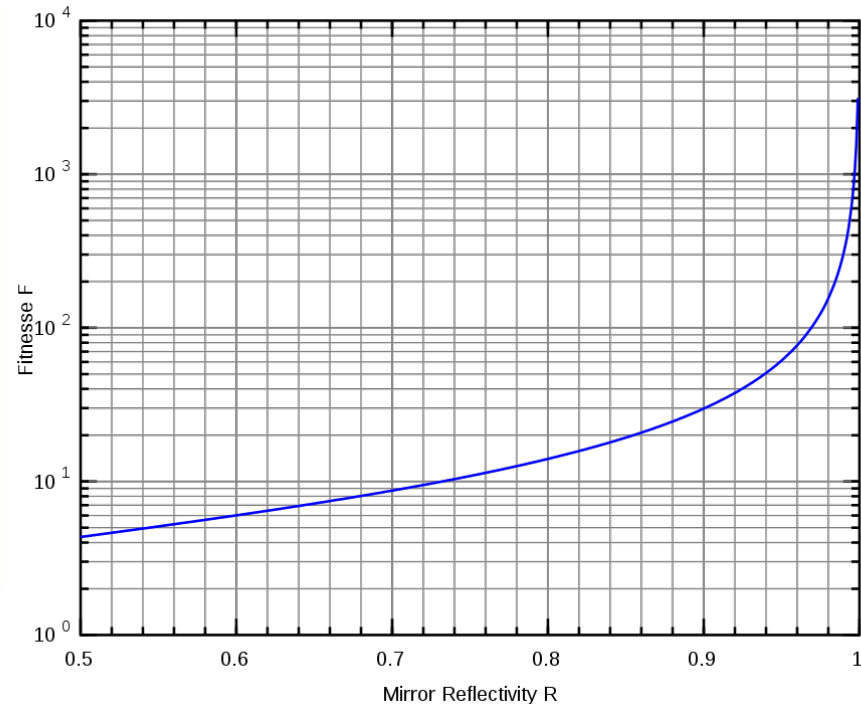
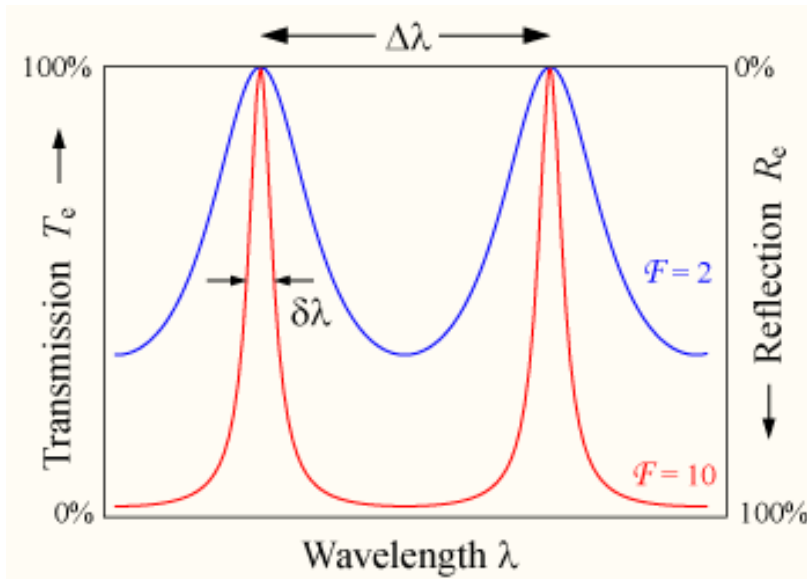
$$\delta \lambda = \frac{\lambda^2}{\pi nd \cos \theta} \arcsin \frac{1}{\sqrt{F}}$$

$$F = \frac{4R}{(1-R)^2}$$

$$\text{finesse} = \frac{\Delta \lambda}{\delta \lambda} = \frac{\pi}{2 \arcsin 1/\sqrt{F}} \approx \frac{\pi \sqrt{R}}{1-R}$$



Fabry-Perot: propustnost

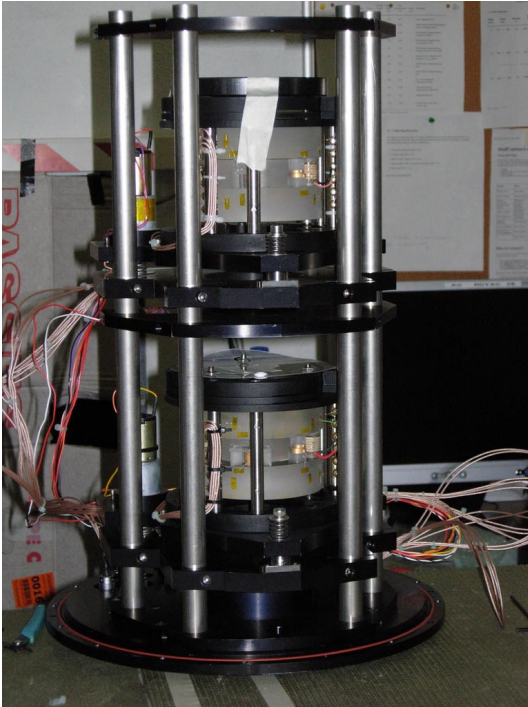


Lepší jemnost – nutná vysoká reflexivita R zrcadel – pak ale projde méně světla

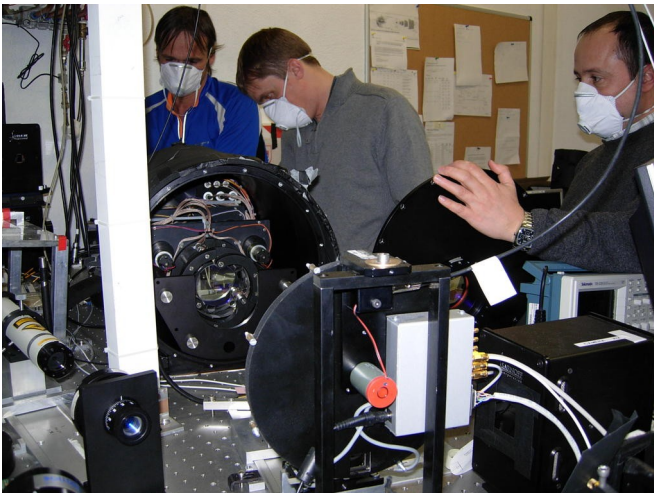
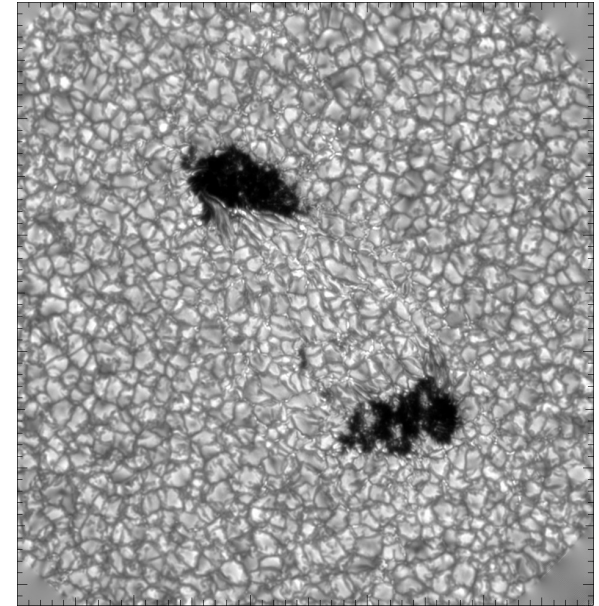
Laditelnost – náklonem (ale u velkých se nedělá)

Minimalizace vedlejší maxim – další, jinak laděné filtry. Obvykle dva až tři Fabry-Perotovy etalony za sebou plus široké rámcovací filtry

CRISP: Fabry-Perot na Švédské věži



FeI 630,2 nm
jádro čáry



FeI 630,2 nm
50 mA od jádra

