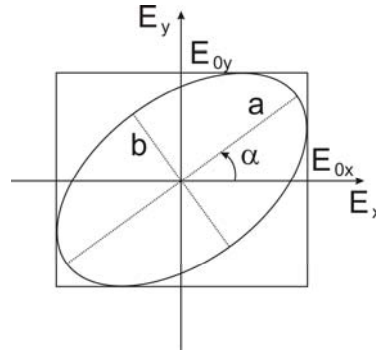


8. Měření polarizace světla a jeho využití

8.1. Popis polarizace



- Polarizační elipsa: $\alpha, \varepsilon, \delta$

- Jonesovy vektory

$$\mathcal{J} = \begin{pmatrix} E_{0x} e^{i\delta_x} \\ E_{0y} e^{i\delta_y} \end{pmatrix}$$

Jonesova matice

$$\mathcal{J}_{OUT} = M_{2 \times 2} \mathcal{J}_{IN}$$

$$I = \mathcal{J}^+ \cdot \mathcal{J}$$

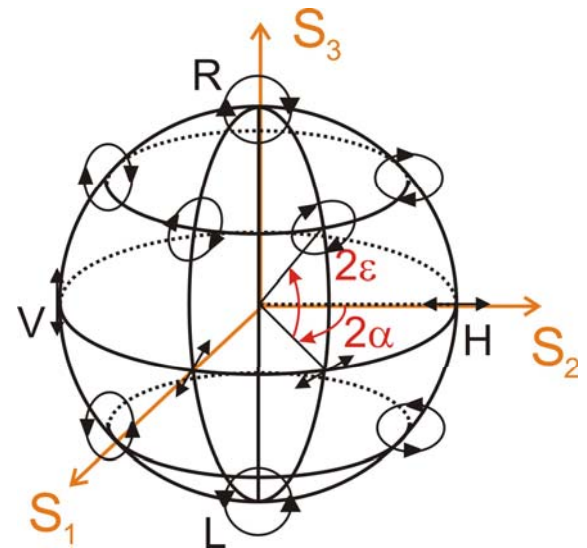
- Stokesovy parametry

$$S = \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix}$$

Muellerova matice

$$S_{OUT} = M_{4 \times 4} S_{IN}$$

$$I = S_0$$



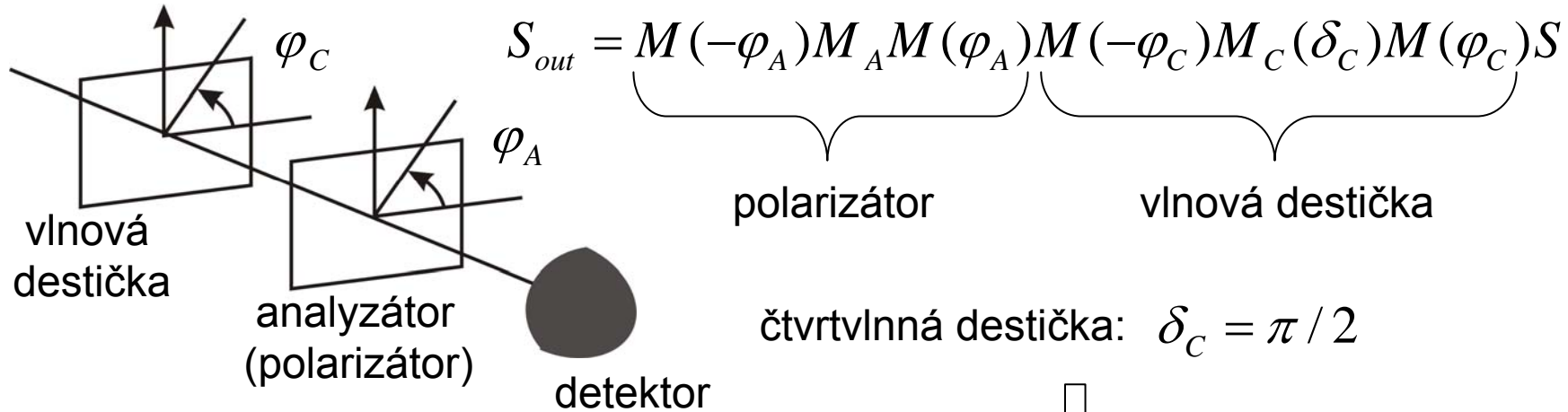
Stupeň polarizace:

$$P = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}{S_0}$$

Stav polarizace	Jonesův vektor	Stokesův vektor
Lineární horizontální	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$
Kruhová pravotočivá	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$
Nepolariz. světlo	Nelze popsat	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$

Optický element	Jones. matice	Mueller. matice
Rotátor (rotace o úhel α)	$\begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\alpha & \sin 2\alpha & 0 \\ 0 & -\sin 2\alpha & \cos 2\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
Vlnová destička (zpoždění δ)	$\begin{pmatrix} e^{i\delta/2} & 0 \\ 0 & e^{-i\delta/2} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \delta & \sin \delta \\ 0 & 0 & -\sin \delta & \cos \delta \end{pmatrix}$
Izotropní depolarizátor	Nelze popsat	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & d & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d \end{pmatrix}$

8.2. Měření stavu polarizace



$$I = S_{0_out} = \frac{1}{2} \left[S_0 + (S_1 \cos 2\varphi_C + S_2 \sin 2\varphi_C) \cos(2(\varphi_A - \varphi_C)) + S_3 \sin(2(\varphi_A - \varphi_C)) \right]$$

Změření stavu polarizace: $S_0 = I(0,0) + I\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$
 6 nastavení

$$S_1 = I(0,0) - I\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$$

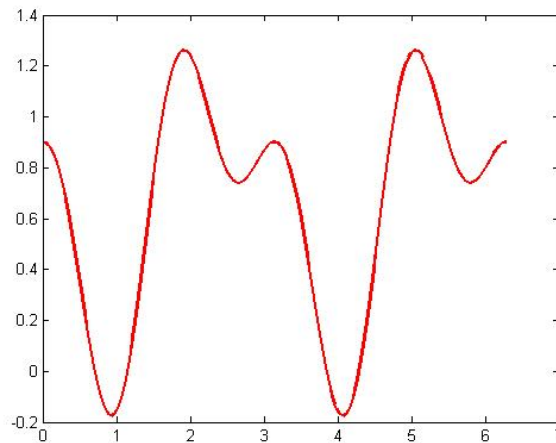
$$S_2 = I\left(\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}\right) + I\left(-\frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{4}\right)$$

$$S_3 = I\left(0, \frac{\pi}{4}\right) + I\left(0, -\frac{\pi}{4}\right)$$

Nevýhoda tohoto měření - nastavení úhlů musí být přesné

Uspořádání s rotující vlnovou destičkou

- polarizátor je fixní; např. $\varphi_A = 0$
- rotuje pouze vlnová destička – plynule rotuje kolem osy

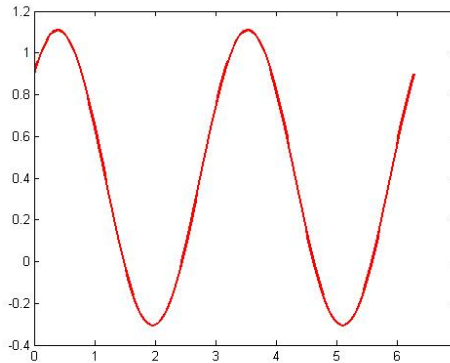


- všechny 4 Stokesovy parametry můžeme získat pomocí diskrétní Fourierovy transformace
- velice často používaná metoda analýzy neznámého polarizovaného světla
- musíme znát přesnou vln.délku světla – určuje δ_C , které se vyskytuje v algoritmu

Uspořádání s rotujícím polarizátorem

- jednodušší uspořádání – bez vln.destičky, pouze rotující polarizátor
- výsledek sinová závislost

$$I(\varphi_A) = \frac{1}{2} [S_0 + S_1 \cos 2\varphi_A + S_2 \sin 2\varphi_A]$$



- nedokážeme určit Stokesův parametr S_3
- výhoda - měření nezávislé na vlnové délce

Měření Muellerovy matice

-polarizační charakterizace vzorku



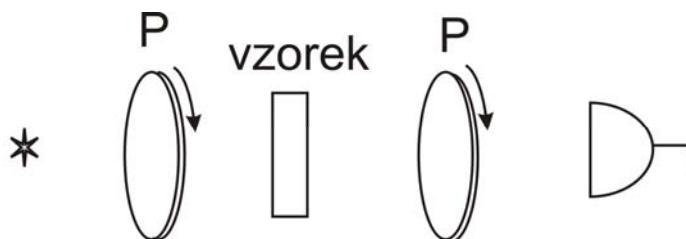
PGS – generátor polarizačních stavů
(polarization state generator)
PSA – analyzátor polarizačních stavů
(polarization state analyzer)

- uspořádání se dvěma rotujícími vlnovými destičkami



P – polarizátory
V – vlnové destičky

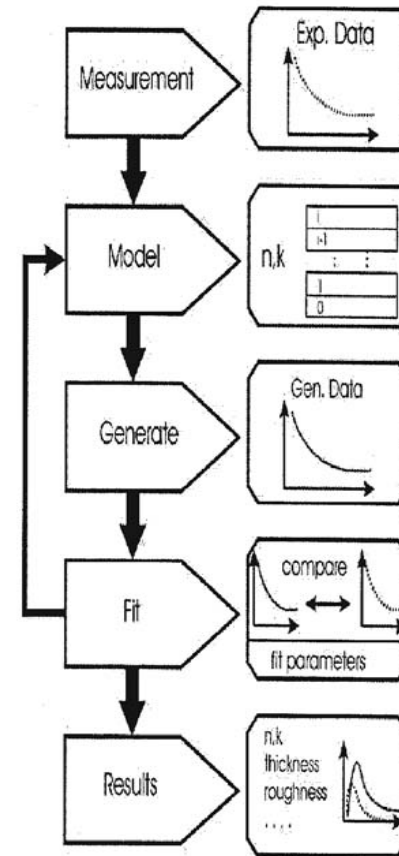
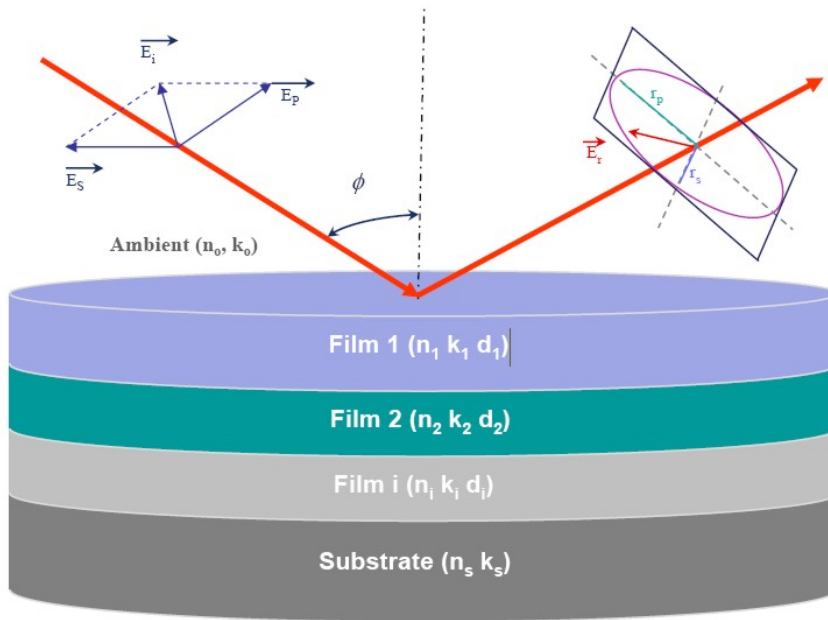
- uspořádání se dvěma rotujícími polarizátory



8.3. Využití měření polarizace

ELIPSOMETRIE

$$\rho = \frac{r_{pp}}{r_{ss}} = \text{tg} \psi \cdot e^{i\Delta} = f(n_i, k_i, d_i, \dots)$$



POLARIMETRIE

- měření koncentrací opticky aktivních látek
- základní uspořádání polarimetru – polarizátor, kyveta s opticky aktivní látkou, analyzátor

úhel stočení
roviny polarizace

$$\alpha = [\alpha] \cdot k \cdot l$$

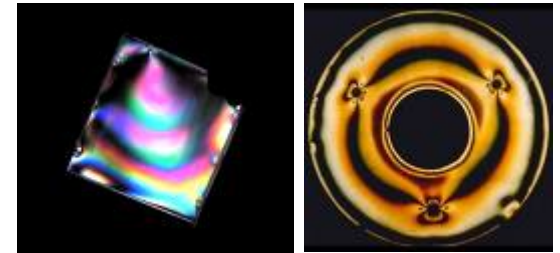
specifická
otáčivost

koncentrace
látky

délka
kyvety

FOTOELASTICIMETRIE

- zkoumá se umělá anizotropie vyvolaná pnutím
- polariskop – polarizátor, model, analyzátor



ROZŠÍŘENÍ NĚKTERÝCH STÁVAJÍCÍCH METOD O MĚŘENÍ POLARIZACE

- v astronomii, spektropolarimatrie v chemických aplikacích, ...