

Polaryskopy

Polaryskop – para polaryzatorów, z których jeden nazywany jest analizatorem, najczęściej o zgodnych kierunkach przepuszczania (polaryskop równoległy) lub ortogonalnych (polaryskop skrzyżowany lub tzw. krzyż polaryzacyjny)

Typy polaryskopów:

- liniowe
- kołowe
- eliptyczne
- mieszane (np. polaryzator kołowy i analizator liniowy)

Polaryskopy

Polaryskop liniowy, skrzyżowany:

$$\alpha_P = 0^\circ, \alpha_A = 90^\circ, T_{fP} = T_{fA} = 1, T_{sP} = T_{sA} = 0$$

obiekt: dichroiczny eliptycznie dwójłomny ze zmiennym kątem azymutu

$$T_M^2 = \frac{T_f^2 + T_s^2}{2}, \tan \mu = \frac{T_s}{T_f},$$

$$X = \cos \gamma, Y = \sin \gamma, Z = 1 - \sin 2\mu \cdot X,$$

$$M = \cos 2\alpha_f \cdot \cos 2\vartheta_f, C = \sin \alpha_f \cdot \cos 2\vartheta_f, S = \sin 2\vartheta_f.$$

Polaryskopy

Polaryskop liniowy, skrzyżowany

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_0 T_M^2 (1 - \sin 2\mu \cdot X) (\sin^2 2\vartheta_f + \cos^2 2\vartheta_f \cdot \sin^2 2\alpha_f)$$

$$I_{min} = \frac{1}{2} I_0 T_M^2 \sin^2 2\vartheta_f (1 - \sin 2\mu \cdot X) \Leftrightarrow \alpha_f = 0^\circ \vee \alpha_f = 90^\circ,$$

$$I_{max} = \frac{1}{2} I_0 T_M^2 (1 - \sin 2\mu \cdot X) \Leftrightarrow \alpha_f = 45^\circ \vee \alpha_f = 135^\circ.$$

ośrodki niedichroiczne $\mu = 45^\circ$

$$I_{out} = I_0 T_M^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} (\sin^2 2\vartheta_f + \cos^2 2\vartheta_f \cdot \sin^2 2\alpha_f)$$

$$I_{min} = I_0 T_M^2 \sin^2 2\vartheta_f \sin^2 \frac{\gamma}{2} \Leftrightarrow \alpha_f = 0^\circ \vee 90^\circ,$$

$$I_{max} = I_0 T_M^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} \Leftrightarrow \alpha_f = 45^\circ \vee 135^\circ.$$

Polaryskopy

Polaryskop liniowy, skrzyżowany

Wnioski:

- natężenie światła osiąga wartość minimalną gdy kąt azymutu pierwszego wektora własnego ośrodka równy jest kątowi azymutu albo polaryzatora albo analizatora, niezależnie od typu ośrodka,
- natężenie światła osiąga wartość maksymalną, gdy kąt azymutu pierwszego wektora własnego ośrodka różni się o 45° od kąta azymutu albo polaryzatora albo analizatora, niezależnie od typu ośrodka,
- $I_{\min} / I_{\max} = \sin^2 2\vartheta_f$
- powyższy iloraz NIE zależy od dichroizmu ośrodka oraz od różnicy dróg optycznych, a wyłącznie od jego eliptyczności.

Polaryskopy

Polaryskop liniowy, równoległy:

$$\alpha_P = \alpha_A = 0^\circ, T_{fP} = T_{fA} = 1, T_{sP} = T_{sA} = 0$$

obiekt niedichroiczny eliptycznie dwójłomny ze zmiennym kątem azymutu

$$I_{out} = I_0 T_M^2 \left[1 - \sin^2 \frac{\gamma}{2} \left(1 - \cos^2 2\vartheta_f \cdot \cos^2 2\alpha_f \right) \right],$$

$$I_{min} = I_0 T_M^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2} \Leftrightarrow \alpha_f = 45^\circ \vee 135^\circ,$$

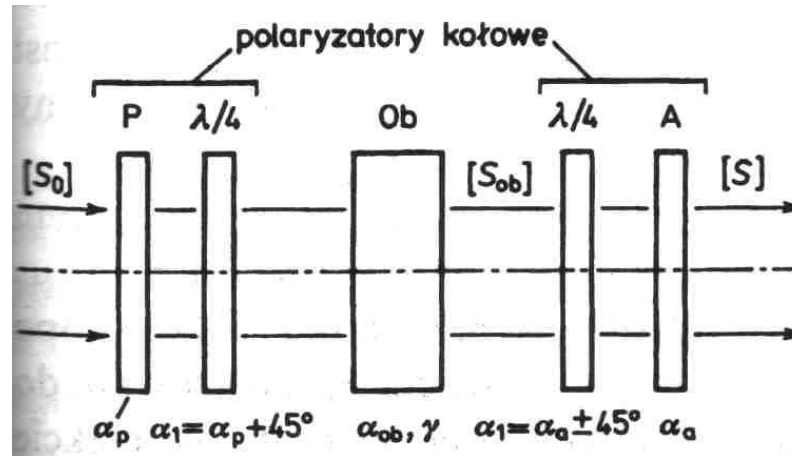
$$I_{max} = I_0 T_M^2 \left(1 - \sin^2 \frac{\gamma}{2} \cdot \sin^2 2\vartheta_f \right) \Leftrightarrow \alpha_f = 0^\circ \vee 90^\circ$$

Wnioski:

- natężenie światła osiąga wartość maksymalną, gdy kąt azymutu pierwszego wektora własnego ośrodka równy jest kątowi azymutu albo polaryzatora albo analizatora
- natężenie światła osiąga wartość minimalną, gdy kąt azymutu pierwszego wektora własnego ośrodka różni się o 45° od kąta azymutu albo polaryzatora albo analizatora
- bardziej użyteczny jest jednak polaryskop skrzyżowany niż równoległy

Polaryskopy

Polaryskopy kołowe



obiekt liniowo dwójłomny niedichroiczny:

- polaryskop o zgodnych skrętnościach:
$$I_{out} = I_0 T_M^2 \sin^2 \frac{\gamma}{2}$$
- polaryskop o przeciwnych skrętnościach:
$$I_{out} = I_0 T_M^2 \cos^2 \frac{\gamma}{2}$$

natężenie światła za polaryskopem NIE zależy od orientacji obiektu względem elementów polaryzatora

Pomiar właściwości ośrodków dwójłomnych metodą polaryskopową

1. krok – polaryzator liniowy pod kątem azymutu $\alpha_P = 0^\circ$
2. krok – pomiar natężenia I_0 za polaryzatorem
3. krok – wstawienie analizatora liniowego pod kątem azymutu $\alpha_A = 0^\circ$
oraz pomiar natężenia światła I_{0A} za analizatorem ; stąd
współczynnik transmisji fali szybkiej analizatora T_A $T_A^2 = \frac{I_{0A}}{I_0}$
4. krok – analizator ustawiony pod kątem azymutu $\alpha_A = 90^\circ$

Pomiar właściwości ośrodków dwójłomnych metodą polaryskopową

5. krok – wstawienie między polaryzator a analizator badanego obiektu i obrót tego obiektu w celu znalezienia minimum i maksimum natężenia światła za polaryskopem

$$I_{\min} = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 \sin^2 2\mathcal{G}_f (1 - \sin 2\mu \cdot X) \equiv I_1 \Leftrightarrow \alpha_f = 0^\circ \vee 90^\circ,$$

$$I_{\max} = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 (1 + \sin 2\mu \cdot X) \equiv I_2 \Leftrightarrow \alpha_f = \pm 45^\circ.$$

6. krok – ustawienie obiektu pod kątem azymutu $\alpha_f = 45^\circ$

7. krok – obrót analizatora do położenia $\alpha_A = 0^\circ$ i pomiar natężenia światła

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 (1 + \sin 2\mu \cdot X) \equiv I_3$$

8. krok – obrót analizatora do położenia $\alpha_A = 45^\circ$ i pomiar natężenia światła

$$I_{out} = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 (1 + \cos 2\mathcal{G}_f \cos 2\mu - \sin 2\mathcal{G}_f \sin 2\mu \cdot Y) \equiv I_4$$

Pomiar właściwości ośrodków dwójłomnych metodą polaryskopową

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 \sin^2 2\vartheta_f (1 - \sin 2\mu \cdot X),$$

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 (1 - \sin 2\mu \cdot X),$$

$$I_3 = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 (1 + \sin 2\mu \cdot X),$$

$$I_4 = \frac{1}{2} I_0 T_A^2 T_M^2 (1 + \cos 2\vartheta_f \cos 2\mu - \sin 2\vartheta_f \sin 2\mu \cdot Y)$$

$$T_M^2 = \frac{I_2 + I_3}{T_A^2 I_0}$$

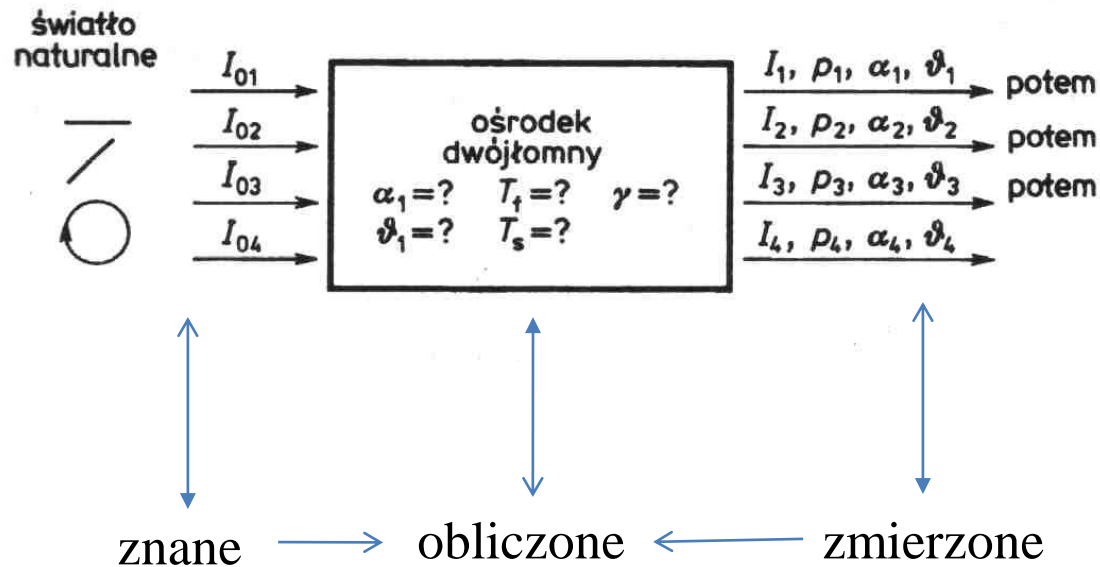
$$\sin^2 2\vartheta_f = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin 2\mu \cdot X = \frac{I_3 - I_2}{I_3 + I_2} \\ \cos 2\vartheta_f \cos 2\mu - \sin 2\vartheta_f \sin 2\mu \cdot Y = \frac{I_4}{\frac{1}{2}(I_2 + I_3)} - 1 \rightarrow (\mu, \gamma) \end{array} \right.$$

Metoda identyfikacji macierzy Muellera ośrodka

$$V = [M]V_0$$

Metoda 4 fal



Metoda 4 fal

$$V_1 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix}$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m12 \\ m22 \\ m32 \\ m42 \end{bmatrix} = V_1 + \begin{bmatrix} m12 \\ m22 \\ m32 \\ m42 \end{bmatrix}$$

$$V_3 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m13 \\ m23 \\ m33 \\ m43 \end{bmatrix} = V_1 + \begin{bmatrix} m13 \\ m23 \\ m33 \\ m43 \end{bmatrix}$$

$$V_4 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m14 \\ m24 \\ m34 \\ m44 \end{bmatrix} = V_1 + \begin{bmatrix} m14 \\ m24 \\ m34 \\ m44 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} = V_1$$

$$\begin{bmatrix} m12 \\ m22 \\ m32 \\ m42 \end{bmatrix} = V_2 - V_1$$

$$\begin{bmatrix} m13 \\ m23 \\ m33 \\ m43 \end{bmatrix} = V_3 - V_1$$

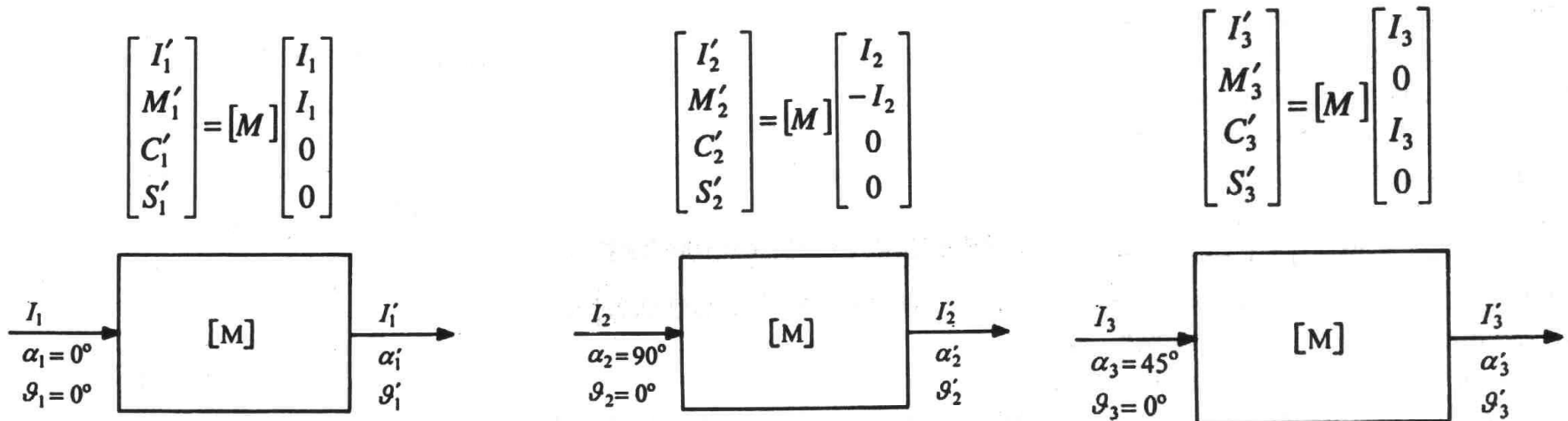
$$\begin{bmatrix} m14 \\ m24 \\ m34 \\ m44 \end{bmatrix} = V_4 - V_1$$

Metoda identyfikacji macierzy Muellera ośrodka

Metoda 3 fal

uwagi:

- nie trzeba znać wszystkich 16 elementów macierzy Muellera-Ścierskiego, by znaleźć właściwości anizotropowe ośrodka,
- uzyskanie za pomocą jednego źródła światła raz całkowicie niespolaryzowanego, a innym razem całkowicie spolaryzowanego bywa czasem trudne.



Metoda 3 fal

$$V_1 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ +1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m12 \\ m22 \\ m32 \\ m42 \end{bmatrix}$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m12 \\ m22 \\ m32 \\ m42 \end{bmatrix}$$

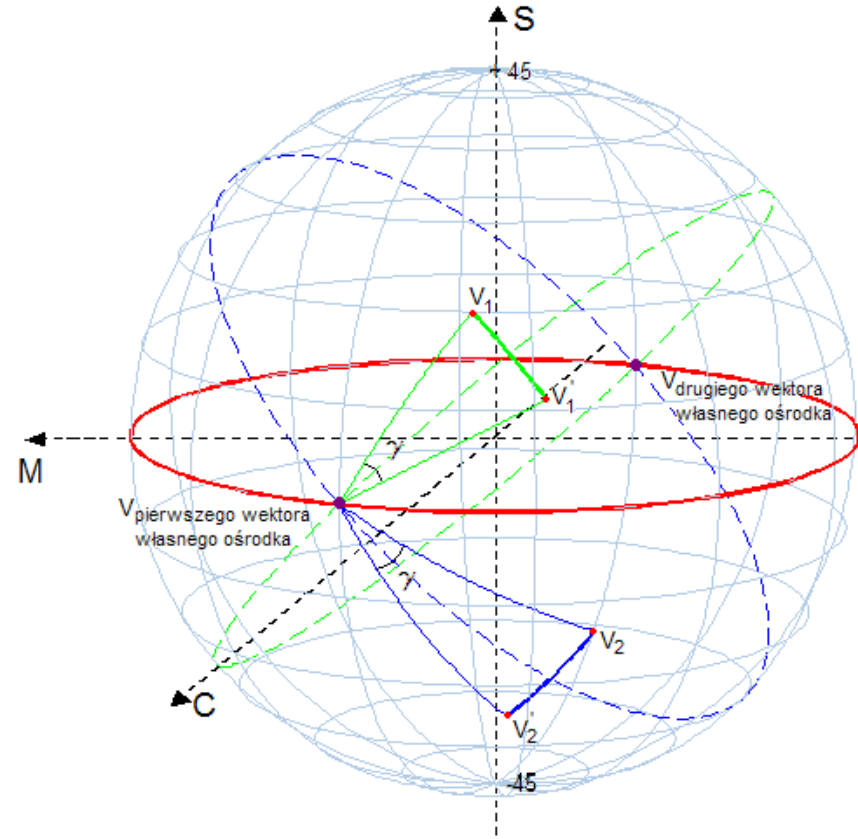
$$V_3 = \begin{bmatrix} m11 & m12 & m13 & m14 \\ m21 & m22 & m23 & m24 \\ m31 & m32 & m33 & 34 \\ m41 & m42 & m43 & m44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m13 \\ m23 \\ m33 \\ m43 \end{bmatrix} = V_1 + \begin{bmatrix} m13 \\ m23 \\ m33 \\ m43 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m11 \\ m21 \\ m31 \\ m41 \end{bmatrix} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\begin{bmatrix} m12 \\ m22 \\ m32 \\ m42 \end{bmatrix} = \frac{V_1 - V_2}{2}$$

$$\begin{bmatrix} m13 \\ m23 \\ m33 \\ m43 \end{bmatrix} = V_3 - V_1$$

Metoda identyfikacji pierwszego wektora własnego ośrodka



$$\sphericalangle(\vec{V}_1, \vec{V}_f) = \sphericalangle(\vec{V}'_1, \vec{V}_f)$$

$$[M_1, C_1, S_1] \cdot [M_f, C_f, S_f] = [M'_1, C'_1, S'_1] \cdot [M_f, C_f, S_f]$$

$$\sphericalangle(\vec{V}_2, \vec{V}_f) = \sphericalangle(\vec{V}'_2, \vec{V}_f)$$

$$[M_2, C_2, S_2] \cdot [M_f, C_f, S_f] = [M'_2, C'_2, S'_2] \cdot [M_f, C_f, S_f]$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha_f = -\frac{(M_1 - M'_1)(S_2 - S'_2) - (M_2 - M'_2)(S_1 - S'_1)}{(C_1 - C'_1)(S_2 - S'_2) - (C_2 - C'_2)(S_1 - S'_1)}$$

$$\operatorname{tg} 2\vartheta_f = -\frac{\cos 2\alpha_f (M_1 - M'_1) + \sin 2\alpha_f (C_1 - C'_1)}{S_1 - S'_1} = -\frac{\cos 2\alpha_f (M_2 - M'_2) + \sin 2\alpha_f (C_2 - C'_2)}{S_2 - S'_2}$$

γ - z zależności trygonometrycznych (bardziej złożone wzory)