

Magnetooptische Effekte

Formale Beschreibung: Nichtdiagonalelemente des Dielektrizitätstensors (hier: für ein Material, das ohne Magnetfeld isotrop ist)

$$\vec{D} = \epsilon_0 \hat{\epsilon} \vec{E} \quad \hat{\epsilon} = \begin{pmatrix} \epsilon & \epsilon_{12} & 0 \\ -\epsilon_{12} & \epsilon & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon \end{pmatrix} \quad \vec{B} \parallel z$$

allgemein für eine beliebige Magnetfeldrichtung

$$\hat{\epsilon} = \begin{pmatrix} \epsilon & \epsilon_{12} & \epsilon_{13} \\ -\epsilon_{12} & \epsilon & \epsilon_{23} \\ -\epsilon_{13} & -\epsilon_{23} & \epsilon \end{pmatrix}$$

damit kann man schreiben

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} + \epsilon_0 \begin{pmatrix} -\epsilon_{23} \\ \epsilon_{13} \\ -\epsilon_{12} \end{pmatrix} \times \vec{E} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} + \epsilon_0 iQ \vec{m} \times \vec{E}$$

(„Lorentz-Kraft“), Voigt-Konstante Q

Für $\vec{B} \parallel z$ erhält man in dieser Nomenklatur

$$\epsilon \begin{pmatrix} 1 & iQ & 0 \\ -iQ & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ 0 \end{pmatrix} = n^2 \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

Eigenzustände der Matrix sind zirkulare Vektoren

$\vec{e}_r = \vec{e}_x + i\vec{e}_y$ $\vec{e}_l = \vec{e}_x - i\vec{e}_y$ in dieser Basis:

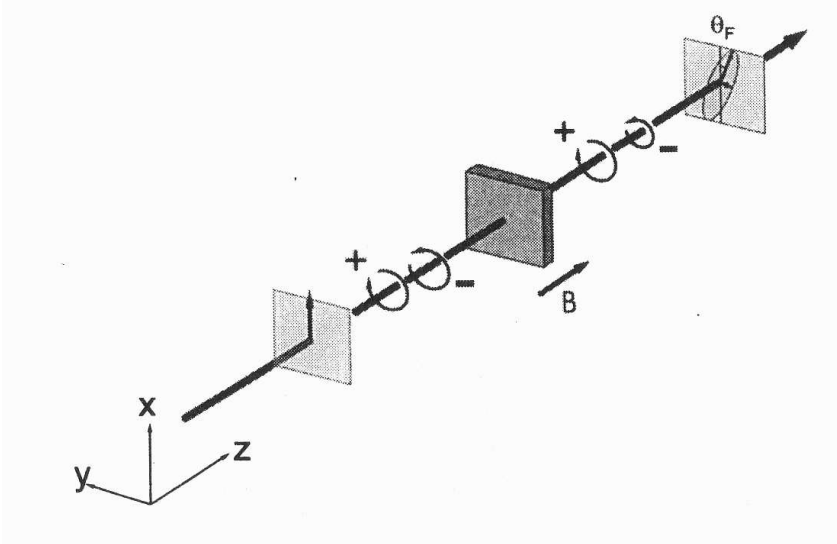
$$\Rightarrow \hat{\epsilon} = \epsilon \begin{pmatrix} 1-Q & 0 & 0 \\ 0 & 1+Q & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Man erhält also die Brechungsindizes für links und rechts zirkular polarisiertes Licht:

$$n_r = \sqrt{\varepsilon(1-Q)} \approx \sqrt{\varepsilon} \left(1 - \frac{Q}{2}\right) \quad n_l = \sqrt{\varepsilon(1+Q)} \approx \sqrt{\varepsilon} \left(1 + \frac{Q}{2}\right)$$

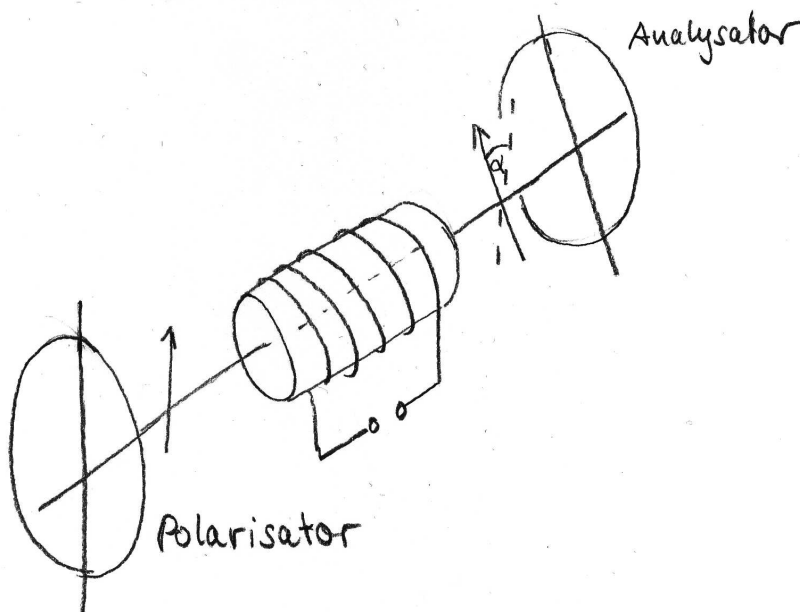
Der Unterschied in den Brechungsindizes führt zu einer Drehung der Polarisationsrichtung wie bei optisch aktiven Medien.

Mit Absorption: elliptisch polarisiertes Licht

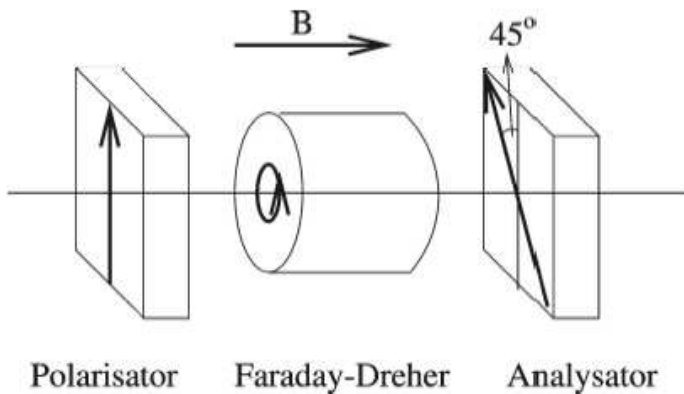


Anwendungen:

(i) Faraday-Modulator – schnelle Modulation der Lichtintensität hinter dem Analysator durch den Spulenstrom

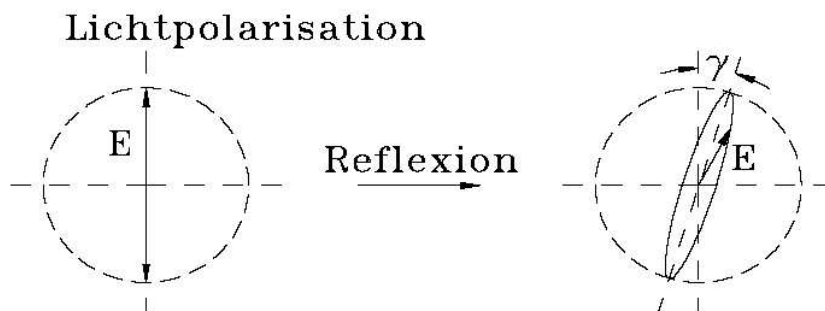


(ii) „Optische Diode“ - Faraday-Rotation um 45° . Wichtig: Strahl der vom Analysator in Richtung Polarisator läuft, wird um weitere 45° gedreht ($\rightarrow 90^\circ$ zum Polarisator).



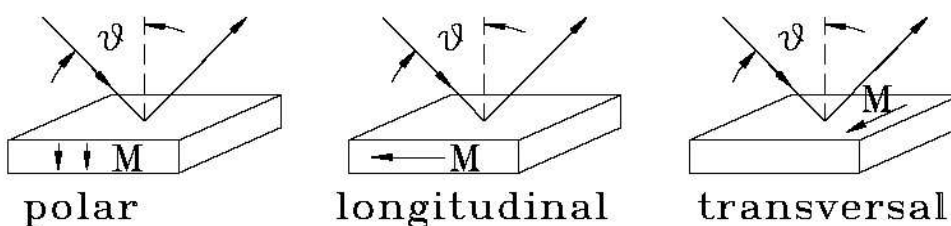
Faraday-Effekt benötigt transparente Materialien
 stark absorbierende Materialien \rightarrow Messung in Reflexion
 \rightarrow magnetooptischer Kerr-Effekt (MOKE)

Linear polarisiertes Licht \rightarrow elliptisch polarisiertes Licht



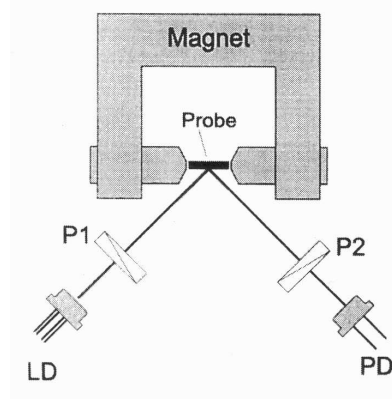
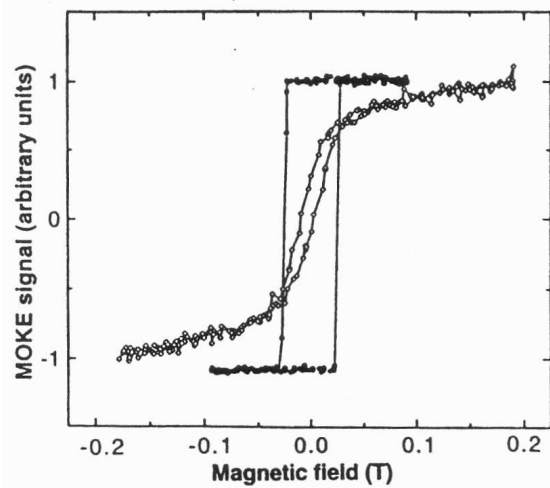
(Drehung und Elliptizität) Messung der Magnetisierung M

Geometrien



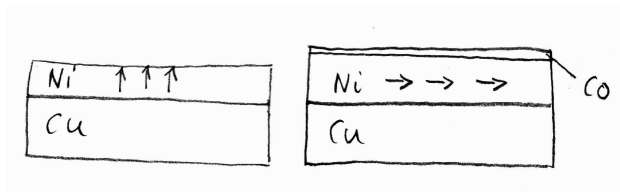
Wichtige Anwendung: Untersuchung dünner ferromagnetischer Filme

Einfache Versuchsanordnung

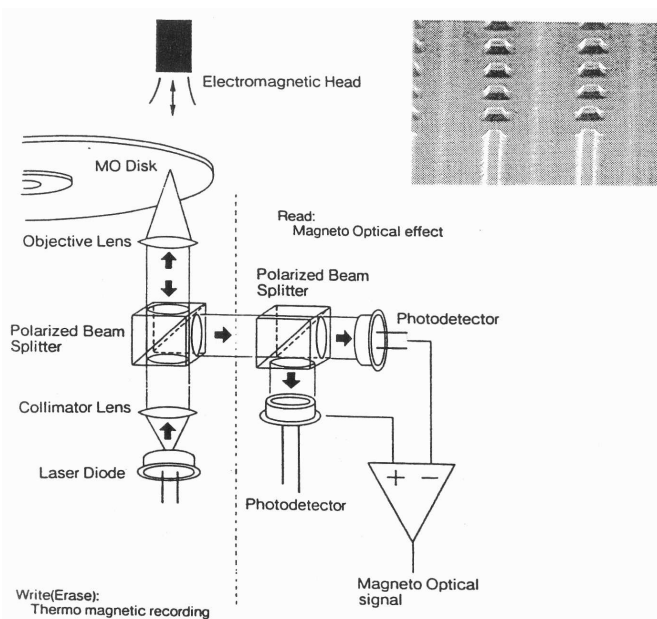


polares MOKE-Signal von 33 atomaren Lagern Ni auf Cu (geschlossene Punkte: sauberer Film – Hysterese in leichter Richtung, offene Punkte: nach Deposition von 3 Lagern Co – Hysterese in schwerer Richtung)

→ Drehung der leichten Magnetisierungsrichtung von senkrecht zur Filmebene in die Ebene



Magnetooptische Speichermedien (MO-Disk)



Speicherschicht: TbFeCo mit senkrechter Anisotropie

Schreiben: Ummagnetisieren durch kleines Feld (Elektromagnetic Head).

→ Heizen mit Laser-Diode (9 mW) in die Nähe der Curietemperatur.

Lesen: polarer Kerr-Effekt (Laser 1,5 mW)