

Optische Bauelemente

(Teil 2)

Matthias Pospiech

Universität Hannover

1. **Akusto-Optische Modulatoren (AOMs)**
2. Faraday Rotator (Faraday Effekt)
3. Optische Diode

Aufbau

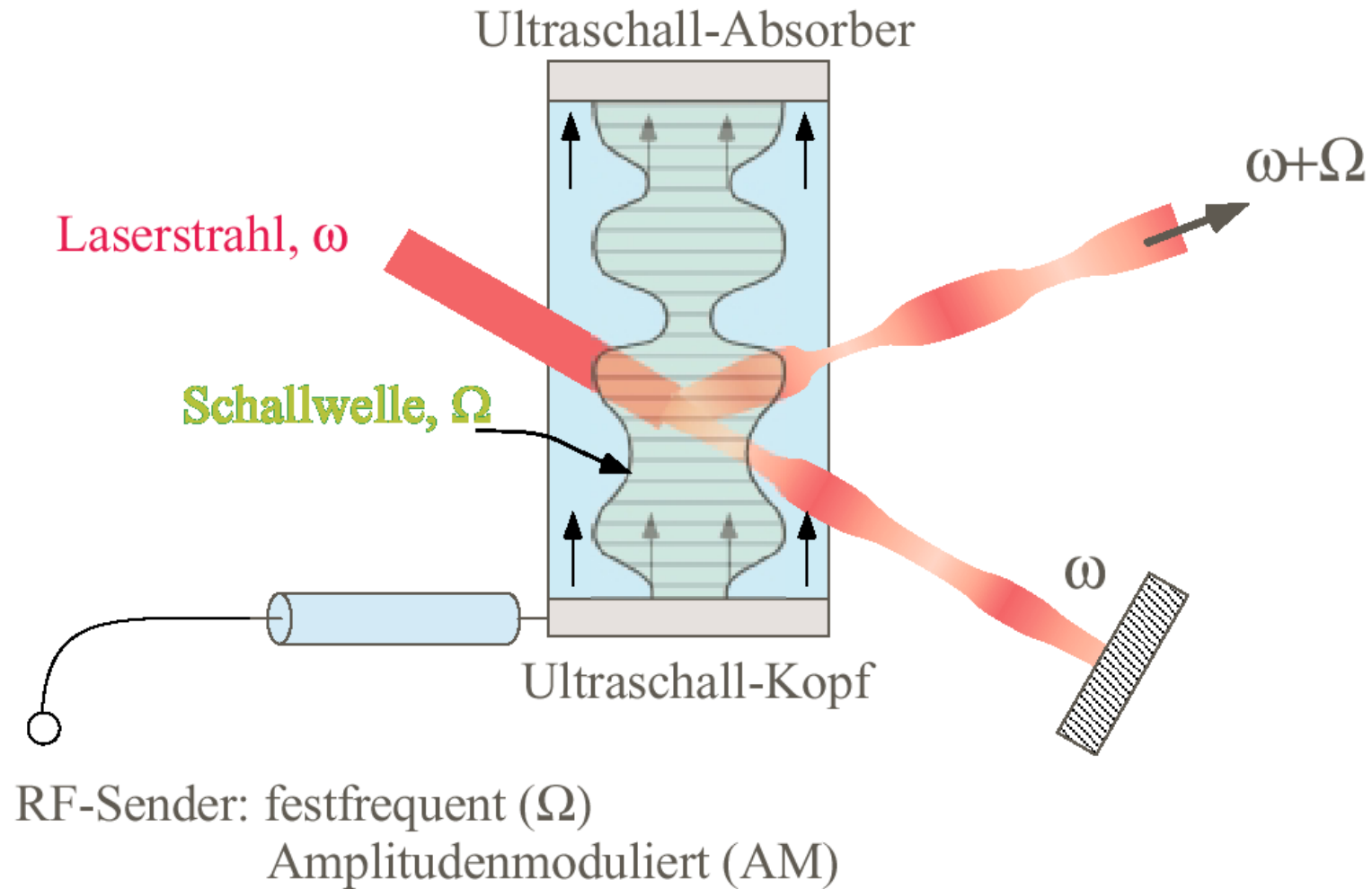
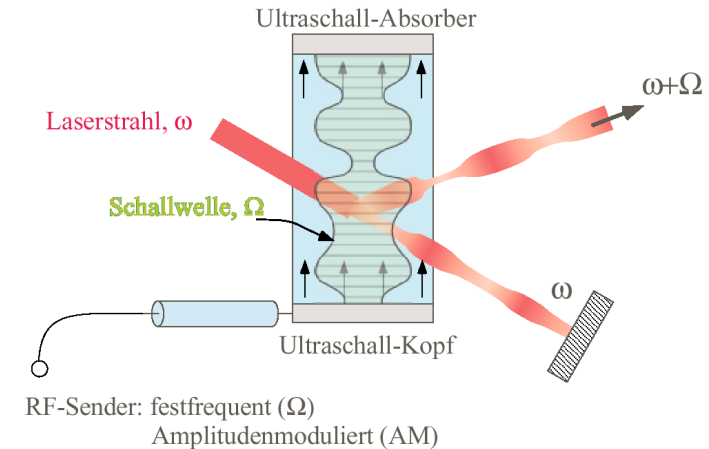


Abbildung 1: Akustooptischer Modulator

Aufbau

- Piezoelement erzeugt Schallwellen im Kristall.
- Schallabsorber am anderen Ende verhindert Reflexionen
- Anregungsfrequenzen des Piezoelements im Ultraschallbereich (10 – 1000 MHz)



Grundprinzip Akusto-Optischer Modulatoren

Akustooptische Modulatoren nutzen Schallwellen zur Modulation des Brechungsindex in einem transparenten Kristall.

⇒ Die Lichtwelle lässt sich in Amplitude und Frequenz modulieren.

Funktionsweise des Akusto-Optischen Effekts

- Die Schallwelle bewirkt eine periodische Dichtemodulation im Kristall. Diese erzeugt eine Modulation des Brechungsindex.
- Die periodische Änderung des Brechungsindex lässt sich beschreiben als:

$$n(t) = n_0 + \delta n_0 \cos(\Omega t - \mathbf{q}\mathbf{r})$$

(mit $\delta n_0 = \sqrt{\mathcal{M}I_{\text{Schall}}/2}$, \mathcal{M} ist ein Materialkoeffizient, I_{Schall} die Intensität.)

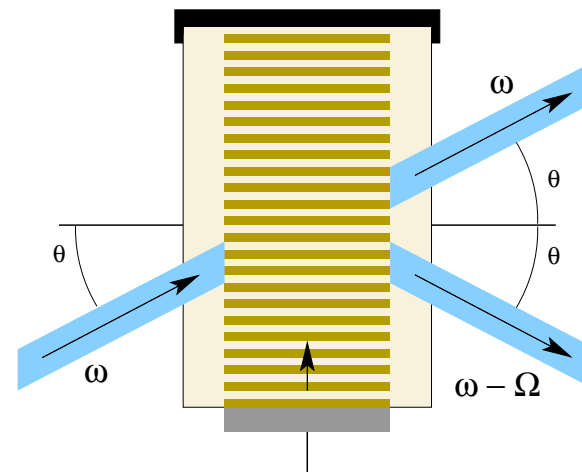
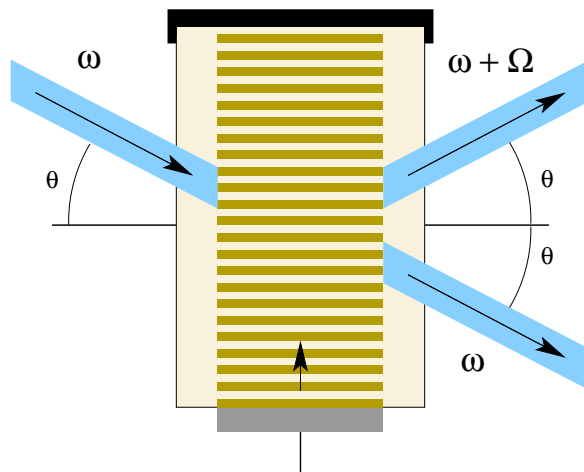
Näherungen

- Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls wesentlich geringer als die des Lichtes: $c_S \ll c_n = c/n$.
⇒ Licht sieht eine statische Brechungsindex-Modulation.
- Querschnitt der einfallenden Strahlung ist groß gegenüber der Periode der Brechungsindexmodulation

Funktionsweise des Akusto-Optischen Effekts: Bragg-Beugung

- Das einfallende Licht sieht die Brechzahlchwankung als parallele (halbdurchlässige) Platten, an denen das Licht reflektiert wird.
- Konstruktive Interferenz für die Bragg-Bedingung: $\sin \Theta = \frac{\lambda_n}{2\Lambda}$
(mit λ_n Wellenlänge des Lichtes im Medium, Λ Periode der Brechungsindexmodulation)
- Bei der Streuung gelten Energie und Impulserhaltung:

$$\mathbf{k}_{\text{refl}} = \mathbf{k} \pm \mathbf{q} \quad \omega_{\text{refl}} = \omega \pm \Omega \quad (\text{mit } \Omega \ll \omega)$$



Anwendungen

- **Frequenzmodulation:** $\omega_{\text{refl}} = \omega \pm \Omega$
- **Amplitudenmodulation** (über die Intensität der Schallwelle)
- **Spektrum-Analysator** (verschiedene Ablenkwinkel der Bragg-Reflexion für unterschiedliche Frequenzen)
- **Isolator**

Inhalt

1. Akusto-Optische Modulatoren (AOMs)
2. **Faraday Rotator (Faraday Effekt)**
3. Optische Diode

Grundprinzip des Faraday Effekts

Der Faradayeffekt ist eine magnetische Einwirkung auf einen ansonsten isotropen Kristall, der eine Drehung der Polarisationsrichtung bewirkt.

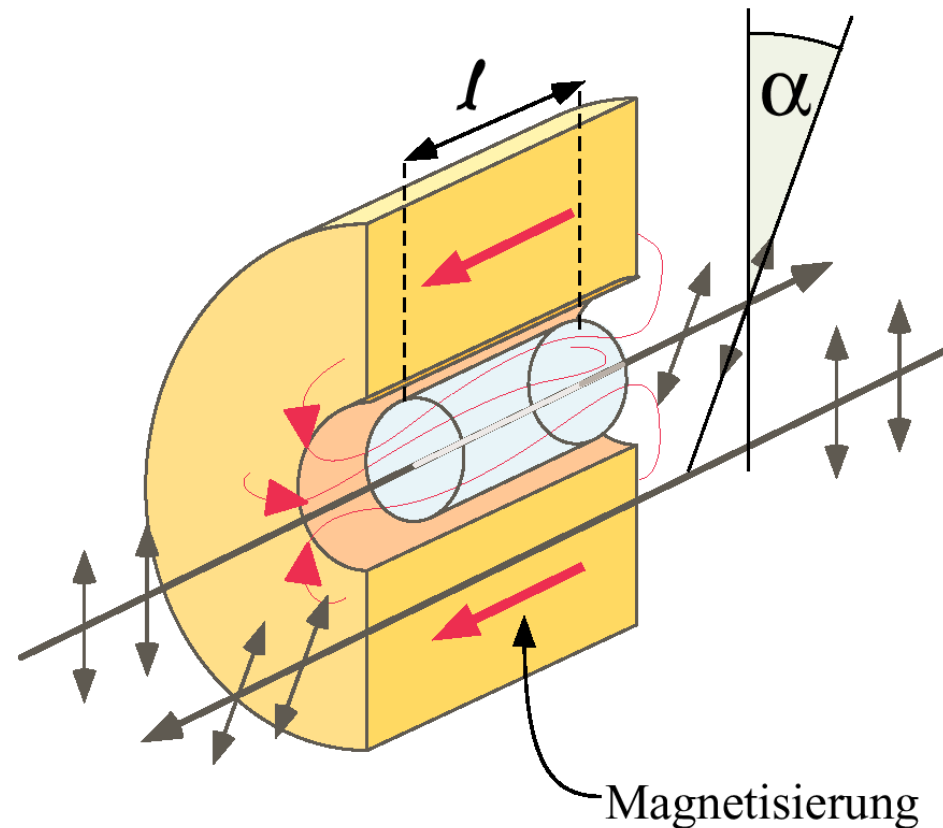


Abbildung 2: Faraday Rotator

Funktionsweise

Das isotropes Medium erfährt durch das magnetische Feld eine Verschiebung der atomaren Energieniveaus, was zu einer Änderung der Brechzahl führt und damit das isotropes Medium zirkular doppelbrechend macht.

Der Winkel α , um den sich die Polarisationssebene dreht, ist durch folgenden empirisch ermittelten Ausdruck gegeben:

$$\alpha = \mathcal{V} \cdot l \cdot H$$

(Mit der materialabhängigen Proportionalitätskonstante \mathcal{V} (Verdetkonstante), der Länge l des Materials und der magnetischen Feldstärke H .)

nicht-reziproke Polarisationstransformation:

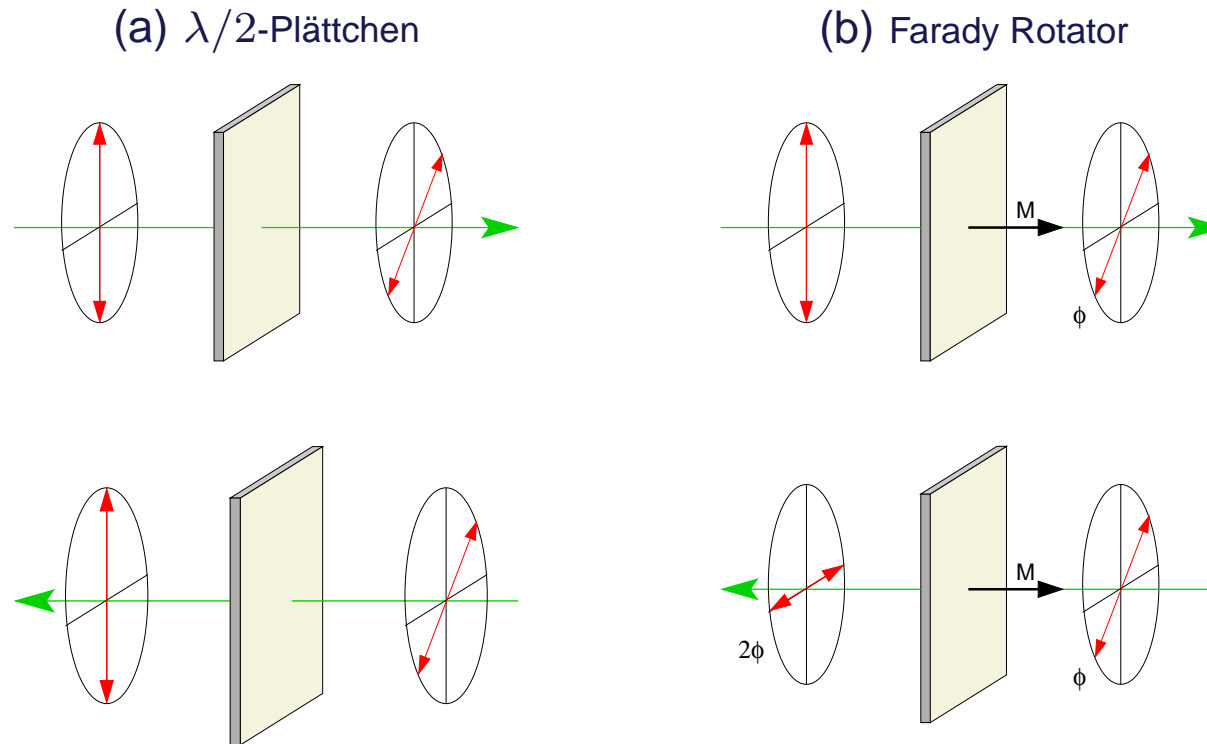


Abbildung 3: Reziproke und nicht reziproke Transformationen

Den Effekt der Polarisationsdrehung kann man entsprechend verstärken, indem man das Licht einige mal durch das Material hin- und herreflektiert.

Inhalt

1. Akusto-Optische Modulatoren (AOMs)
2. Faraday Rotator (Faraday Effekt)
3. **Optische Diode**

Zweck

Man möchte Rückstrahlung von Optischen Komponenten in den Resonator in jedem Fall vermeiden. Die Optischen Dioden / Isolatoren bieten die Möglichkeit Lichtquelle und Experiment voneinander zu trennen.

Konzepte

- **$\lambda/4$ Isolator:** Einfacher Aufbau, allerdings nur für zirkular polarisiertes Licht anwendbar
- **Faraday Isolator:** Nutzt den Faraday Effekt; Hochwertige Isolatoren erreichen Dämpfung von über 30dB
- **Akustooptischer Isolator:** Nutzt den akustooptischen Effekt (Frequenzverschiebung um 2Ω)

Optische Diode

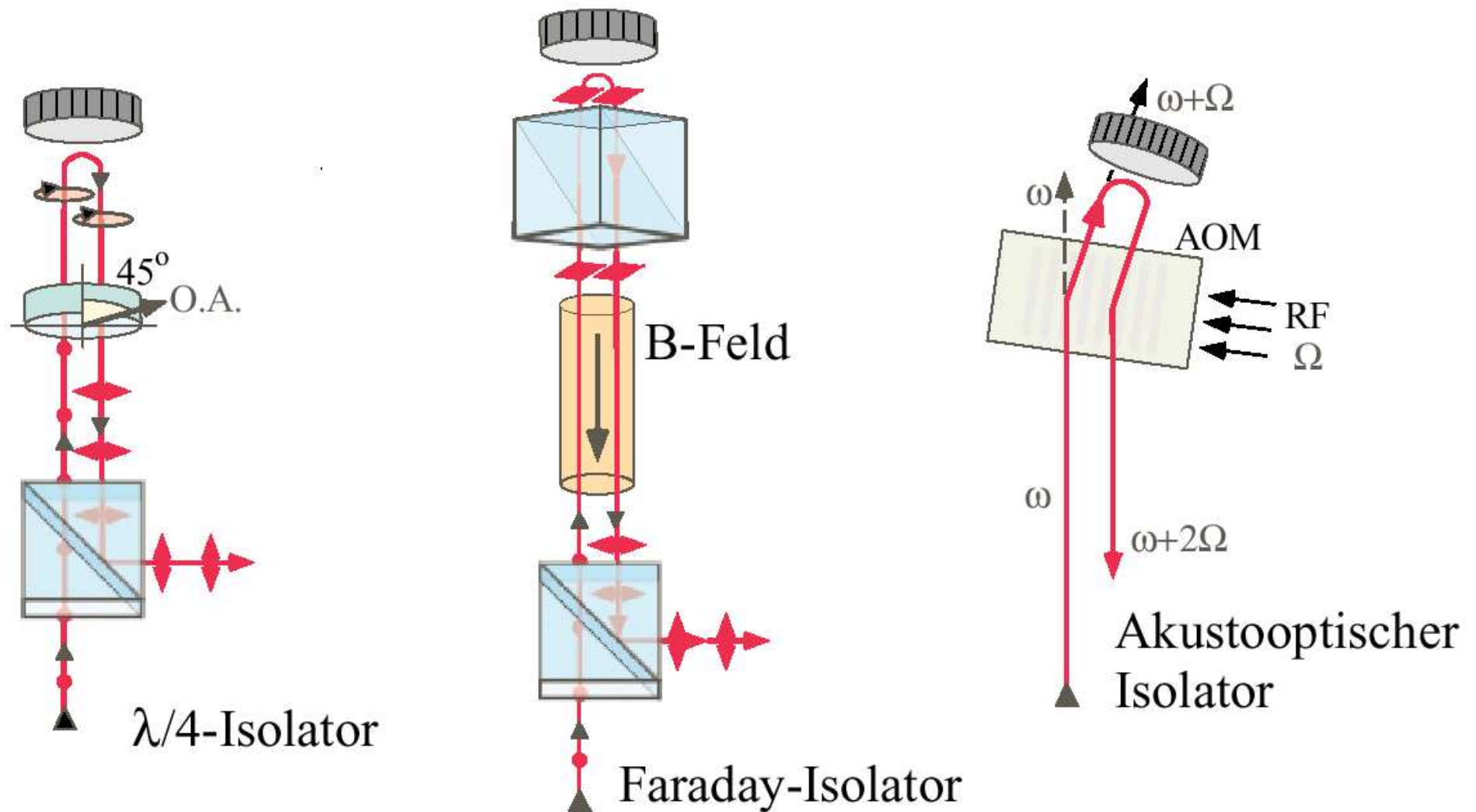


Abbildung 4: Optische Dioden

Inhalt

1. Akusto-Optische Modulatoren (AOMs)
2. Faraday Rotator (Faraday Effekt)
3. Optische Diode
4. ... ?