

V46

Der Faraday-Effekt

Fritz Agildere
fritz.agildere@udo.edu

Amelie Strathmann
amelie.strathmann@udo.edu

Durchführung: 15. April 2024
Abgabe:

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	2
2 Theorie	2
2.1 Bandstruktur	2
2.2 Dotierung	2
2.3 Faraday-Effekt	2
3 Aufbau	5
4 Durchführung	6
5 Auswertung	6
5.1 Magnetfeld	6
5.2 Faraday-Rotation.....	6
5.2.1 Dotierte Proben	6
5.2.2 Reine Probe	6
5.3 Effektive Masse	6
6 Diskussion	6
Literatur	6
Anhang	7

1 Zielsetzung

Im diesem Versuch soll die Faraday-Rotation ausgenutzt werden, um die effektive Masse der Leitungselektronen in negativ dotiertem Galliumarsenid (n-GaAs) zu bestimmen.

2 Theorie [1]

2.1 Bandstruktur

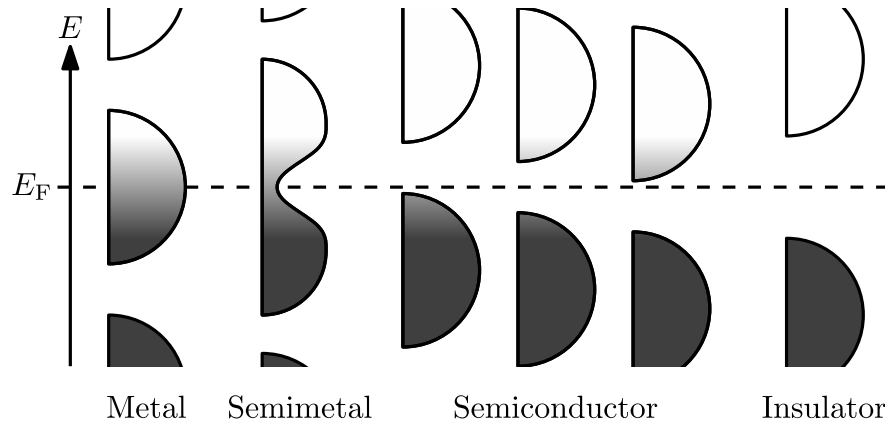


Abbildung 1: Energieschemata verschiedener Materialklassen im Vergleich. [3]

2.2 Dotierung

2.3 Faraday-Effekt

$$\mathbf{E}(z) = \frac{1}{2} (\mathbf{E}_R(z) + \mathbf{E}_L(z)) \quad (1)$$

$$\mathbf{E}_R(z) = E_0 (\hat{\mathbf{x}} - i\hat{\mathbf{y}}) e^{ik_R z} \quad (2)$$

$$\mathbf{E}_L(z) = E_0 (\hat{\mathbf{x}} + i\hat{\mathbf{y}}) e^{ik_L z} \quad (3)$$

$$\mathbf{E}(0) = E_0 \hat{\mathbf{x}} \quad (4)$$

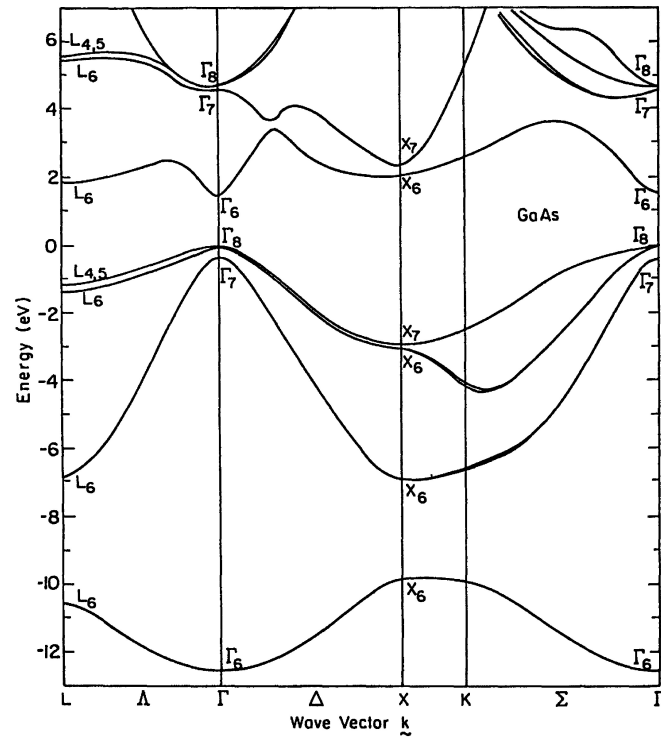


Abbildung 2: Berechnete Bandstruktur von GaAs um die Bandlücke. [2]

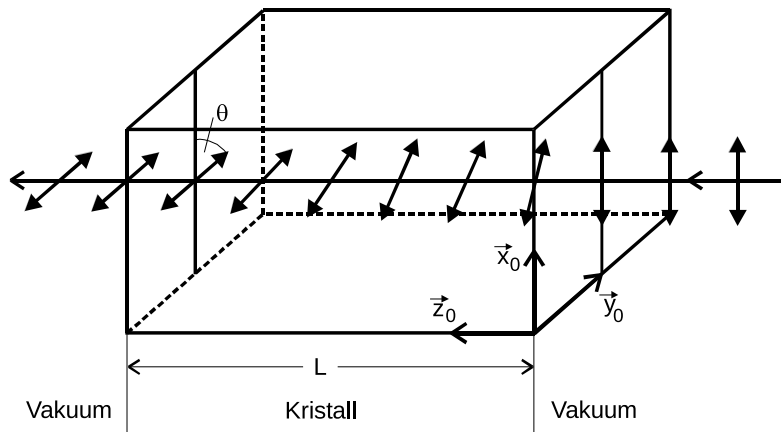


Abbildung 3: Drehung der Polarisationssebene einer Lichtwelle beim Durchgang durch einen Kristall. [1]

$$\mathbf{E}(L) = \frac{1}{2}E_0 \left((e^{ik_R L} + e^{ik_L L}) \hat{\mathbf{x}} + (e^{ik_R L} - e^{ik_L L}) \hat{\mathbf{y}} \right) \quad (5)$$

$$\psi \equiv \frac{L}{2}(k_R + k_L) \quad (6)$$

$$\theta \equiv \frac{L}{2}(k_R - k_L) \quad (7)$$

$$\mathbf{E}(L) = \frac{1}{2}E_0 \left((e^{i\psi} e^{i\theta} + e^{i\psi} e^{-i\theta}) \hat{\mathbf{x}} + (e^{i\psi} e^{i\theta} - e^{i\psi} e^{-i\theta}) \hat{\mathbf{y}} \right) \quad (8)$$

$$\mathbf{E}(L) = E_0 e^{i\psi} (\cos \theta \hat{\mathbf{x}} + \sin \theta \hat{\mathbf{y}}) \quad (9)$$

$$v = \frac{\omega}{k} \quad (10)$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{ck}{\omega} \quad (11)$$

$$\theta = \frac{L\omega}{2c}(n_R - n_L) \quad (12)$$

$$\chi = \begin{pmatrix} \chi_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \chi_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \chi_{zz} \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$\chi = \begin{pmatrix} \chi_{xx} & i\chi_{xy} & 0 \\ -i\chi_{xy} & \chi_{xx} & 0 \\ 0 & 0 & \chi_{zz} \end{pmatrix} \quad (14)$$

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} \approx \varepsilon_0 (1 + \chi) \mathbf{E} \quad (15)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = -\nabla \times \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\mu_0 \frac{\partial}{\partial t} \nabla \times \mathbf{H} = -\mu_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(\mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \quad (16)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) \approx -\mu_0 \frac{\partial^2 \mathbf{D}}{\partial t^2} \approx -\varepsilon_0 \mu_0 (1 + \chi) \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = -\frac{1}{c^2} (1 + \chi) \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (17)$$

3 Aufbau

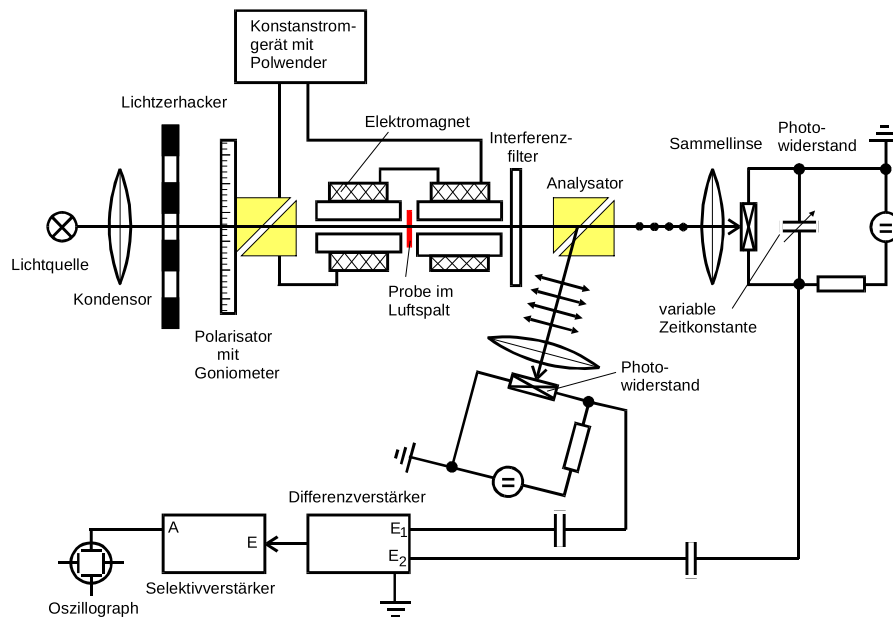


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Messapparatur. [1]

4 Durchführung

5 Auswertung

5.1 Magnetfeld

5.2 Faraday-Rotation

5.2.1 Dotierte Proben

5.2.2 Reine Probe

5.3 Effektive Masse

6 Diskussion

Literatur

- [1] *Anleitung zu Versuch 46, Der Faraday-Effekt*. TU Dortmund, Fakultät Physik. 2024.
- [2] „Band Structure of Gallium Arsenide“. In: Marvin L. Cohen und James R. Chelikowsky. *Electronic Structure and Optical Properties of Semiconductors*. Springer Berlin, Heidelberg, 1988, S. 103. ISBN: 978-3-642-97080-1. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-97080-1>.
- [3] *Valence and Conduction Bands*. 2013. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/file:band_filling_diagram.svg.

Anhang