

Versuch 311

Der Hall-Effekt

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Durchführung: 20.12.2017

Abgabe: 10.01.2017

1 Einleitung

In dem folgenden Versuch geht es darum, mithilfe der Messungen der Hall-Spannung und des Widerstandes die mikroskopischen Leitfähigkeitsparameter von verschiedenen Metallen zu bestimmen. Für den folgenden Versuch wurden die Metalle Zink und Kupfer verwendet.

2 Theorie

2.1 Bandstruktur und elektrische Leitfähigkeit bei Kristallstrukturen

Grundlegend für den folgenden Versuch ist die Eigenschaft, dass sich in Metallatomen die Valenzelektronen abspalten können und mit benachbarten Valenzelektronen ein System bilden, dass dem Pauli-Prinzip unterliegt. Somit können die Energieniveaus in der Atomhülle als Energiebänder aufgefasst werden. Diese können sich einerseits überlappen, andererseits können jedoch auch Lücken auftreten, die als verbotene Zone beschrieben werden. Es handelt sich hierbei um Energiewerte, die die Elektronen nicht annehmen können.

Aus dem Pauli-Prinzip folgt des weiteren, dass Energiebänder nur eine begrenzte Anzahl an Elektronen aufnehmen können. Gefüllte Energiebänder können somit keine Energie mehr aufnehmen, lediglich teilweise gefüllte Bänder rufen die hohe elektrische Leitfähigkeit von Metallen hervor. Diese Bänder nennt man Leitungsbänder und ihre Elektronen werden als Leitungselektronen bezeichnet.

Die fehlende Leitfähigkeit bei Isolatoren lässt sich auf ein leeres oberes Band zurückführen, durch das die verbotene Zone zu breit ist um den Elektronen zu erlauben, die Lücke zu überspringen. Mithilfe der Quantentheorie kann nun gezeigt werden, dass ein idealer Metallkristall eine unendlich hohe elektrische Leitfähigkeit besitzen müsste. Die endliche Leitfähigkeit realer Proben beruht somit im weitesten Sinne auf Kristallaufbaufehler.

2.2 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit eines Metalles

Um die elektrische Leitfähigkeit eines Metalles zu bestimmen müssen vorher noch andere mikroskopische Größen bestimmt werden. Die mittlere Flugzeit $\bar{\tau}$ gibt zum Beispiel das gemittelte Zeitintervall zwischen zwei Zusammenstößen eines Elektrons an.

Bei einem angelegten äußerem Feld \vec{E} erfährt das Elektron eine Beschleunigung \vec{b} in Richtung des E-Feldes und erfährt somit folgende Geschwindigkeitsänderung:

$$\vec{b} = -\frac{e_0}{m_0} \vec{E} \quad (1)$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{b} \cdot \vec{\tau} = -\frac{e_0}{m_0} \vec{E} \quad (2)$$

Da die Elektronen nach jedem Zusammenstoß zufällig in eine beliebige Richtung gestreut werden, beträgt die Startgeschwindigkeit in Richtung von \vec{E} im Mittel null. Somit kann über $\Delta \vec{v}$ noch die Driftgeschwindigkeit \vec{v}_d definiert werden:

$$\vec{v}_d = \frac{1}{2} \Delta \vec{v} \quad (3)$$