

**Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit
von Metallen und Halbleitern**

Studiengang: _____

Datum: _____

Set: _____ Platz: _____

Teilnehmer: _____

Zielstellung

- Ermittlung der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes eines Platindrahtes (Widerstandstemperturfühler PT100) und eines Halbleiterwiderstandes (NTC-Thermistor aus Übergangsmetalloxiden)
- Bestimmung des Temperaturkoeffizienten des spezifischen Widerstandes α_T von Platin
- Bestimmung der Aktivierungsenergie der Leitfähigkeit des Halbleiterwiderstandes

1. Begriffe und Formelzeichen

spezifische Leitfähigkeit κ , Aktivierungsenergie der Leitfähigkeit E_a , Temperaturkoeffizient des spezifischen Widerstandes α_T

2. Versuchsvorbereitung

2.1. Wiederholen Sie die Vorlesung zu den o.g. Themen, insbesondere den Abschnitt 'Leitfähigkeit von Metallen und Halbleiterwerkstoffen'. Machen Sie sich mit den in Punkt 1. angegebenen Begriffen und Formelzeichen vertraut. Machen Sie sich die Zusammenhänge zwischen den angegebenen Größen klar.

2.2. Beantworten Sie folgende Kontrollfragen:

- Erklären Sie mit Hilfe des Bändermodells den Unterschied zwischen der Leitfähigkeit von Metallen und Halbleitern.
- Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit, Ladungsträgerbeweglichkeit und Ladungsträgerkonzentration.
- Wie kann man die Leitfähigkeit von Metallen und Halbleitern beeinflussen?
- Was versteht man unter der Aktivierungsenergie der Leitfähigkeit von Halbleitern?

2.3. Nennen Sie charakteristische Eigenschaften eines PT100-Widerstandes und eines NTC-Thermistors.

3. Versuchsdurchführung und -auswertung

3.1. Messungen

Bauen Sie die Meßanordnung nach Bild 1 auf. Machen Sie sich mit der Bedienung des Thermostaten vertraut. Fertigen Sie zur Erfassung der Meßwerte und davon abgeleiteter Größen eine Tabelle entsprechend dem folgenden Muster an:

				PT 100	NTC		
Nr.	T [°C]	T [K]	10 ³ /T [K ⁻¹]	R [Ω]	R [Ω]	κ [Ω ⁻¹ cm ⁻¹]	lg κ

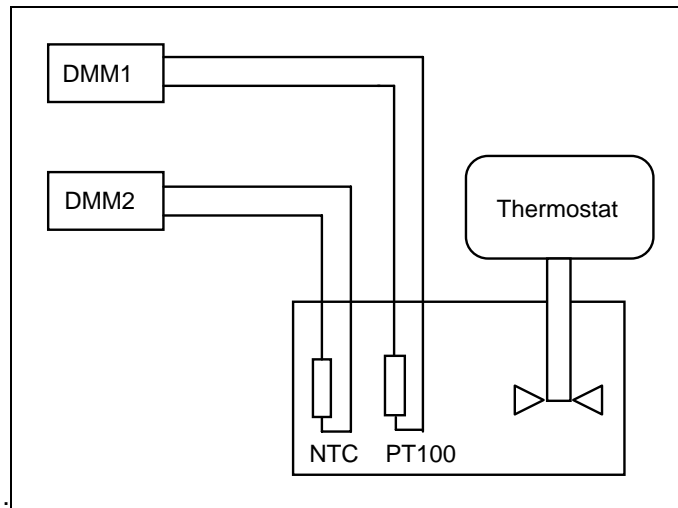


Bild 1: Meßaufbau

DMM1, DMM2: Digitalmultimeter mit Widerstandsmeßbereich
 NTC: Halbleiterwiderstand, Ø=5 mm, l=2 mm
 PT100: Platinwiderstand

Messen Sie die Widerstandswerte des Halbleiter- und des Platinwiderstandes im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 90 °C in Schritten von 5 K. Beachten Sie dabei, daß nach Erreichen der Solltemperatur des Wasserbades noch eine Zeit von 5-10 Minuten vergeht, bevor die Proben-temperatur angeglichen ist.

Stellen Sie nach Abschluß Ihrer Messungen die Solltemperatur des Thermostaten auf 20 °C ein!

3.2. Auswertung Halbleiterwiderstand

Zunächst ist aus den gemessenen Widerstandswerten die spezifische Leitfähigkeit zu berechnen:

$$\kappa = \frac{1}{R} * \frac{l}{A} \quad /1/$$

Für die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit des Halbleiters gilt der Modellansatz:

$$\kappa = \kappa_0 \exp\left(-\frac{E_a}{k * T}\right) \quad /2/$$

mit:

κ spezifische Leitfähigkeit
 l Länge in cm

κ₀ präexp. Faktor in Ω⁻¹cm⁻¹
 E_a Aktivierungsenergie in eV

A	Fläche in cm ²		k	Boltzmannkonstante
T	absolute Temperatur in K			k=8,617 *10 ⁻⁵ eV/K

Zur Bestimmung von E_a und κ₀ aus den Meßwerten, d.h. κ(T), ist es zweckmäßig, Gleichung /2/ zu linearisieren. Durch Logarithmieren und Umformen erhält man:

$$\lg \kappa = \lg \kappa_0 - \frac{E_a \cdot \lg e}{k} \cdot \frac{1}{T} \quad /3/$$

Das entspricht einer Geradengleichung der Form y=a+bx mit:

$$y = \lg \kappa \quad /4/$$

$$a = \lg \kappa_0 \quad /5/$$

$$b = - \frac{E_a \cdot \lg e}{k} \quad /6/$$

$$x = \frac{1}{T} \quad /7/$$

Stellen Sie $\lg \kappa=f(10^3/T)$ in einem geeigneten Koordinatensystem dar. Bestimmen Sie die Aktivierungsenergie der Leitfähigkeit E_a und den präexponentiellen Faktor κ₀ aus Ihren Meßwerten!

3.2. Auswertung Platinwiderstand

Stellen Sie die Temperaturabhängigkeit des Widerstands in einer linearen Darstellung grafisch dar. Allgemein wird die Temperaturabhängigkeit beschrieben durch den Ansatz:

$$R(T) = R(T_0) \cdot [1 + \alpha_T(T - T_0)] \quad /8/$$

T₀: Bezugstemperatur, ist mit T₀=0 °C vorgegeben

Ermitteln Sie α_T und R(0 °C).

4. Bedienung des Thermostaten

Nach dem Einschalten des Gerätes wird nach einiger Zeit die Isttemperatur der Badflüssigkeit angezeigt. Die Temperatur kann durch Eingabe eines neuen Sollwertes geändert werden.

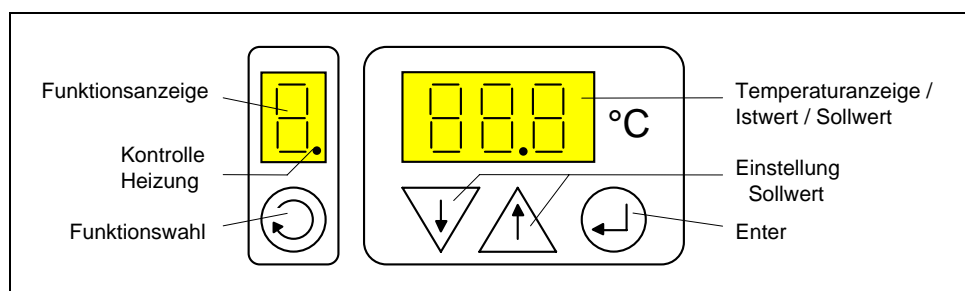


Bild 2: Bedienfeld Thermostat

Dazu wählen Sie mit der Funktions-Wahl-Taste die Funktion "S" (Sollwert) an. In der Temperatur-Anzeige erscheint der momentan eingestellte Wert. Dieser kann über die Tasten "↑" oder "↓" auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Der neue Wert muß mit der Taste "↵" (Enter) bestätigt werden. Nach einigen Sekunden schaltet die Temperaturanzeige auf den Istwert zurück. Die Temperatur der Badflüssigkeit wird auf den neu eingestellten Sollwert erhöht.

Wird der neu eingestellte Sollwert nicht mit der Taste "↵" bestätigt, so schaltet die Temperaturanzeige auch wieder auf den Istwert zurück, der davor eingestellte Sollwert bleibt jedoch erhalten.