

V48-Dipolrelaxation in Ionenkristallen

Ziel des Versuches

In diesem Versuch soll die Dipolrelaxation von Ionenkristallen untersucht werden. Dabei wird die Relaxationszeit der Dipole $\tau(T) = \tau_0 \exp(W/k_B T)$ bestimmt. Hierzu werden die Aktivierungsenergie W und die charakteristische Relaxationszeit τ_0 benötigt, welche im folgenden Versuch ermittelt werden.

Vorbereitungsaufgaben

1. Beantwortet die folgenden Fragen:

- Was ist ein Ionenkristall? Erklärt dies an den Beispielen Kaliumbromid KBr und Cäsiumiodid CsJ.
- Was sind Dipole in Ionenkristallen?
- Wie können sie durch die Dotierung von Ionenkristalle erzeugt werden? (Stichwörter Leerstellenbildung, Ladungsneutralität)
- Wie ist die Orientierung von Dipolen bei Raumtemperatur verteilt?
- Was ist die Aktivierungsenergie W und die Relaxationszeit $\tau(T)$ eines Dipols?

2. Im Versuch wird ein dotierter Ionenkristall im E-Feld zwischen zwei Kondensatorplatten platziert und abgekühlt. Wird daraufhin das Magnetfeld ausgeschaltet, kann beim Aufwärmen des Ionenkristalls ein Strom zwischen den Kondensatorplatten gemessen werden (Depolarisationsstrom). Erklärt die Ursache für diesen Strom.

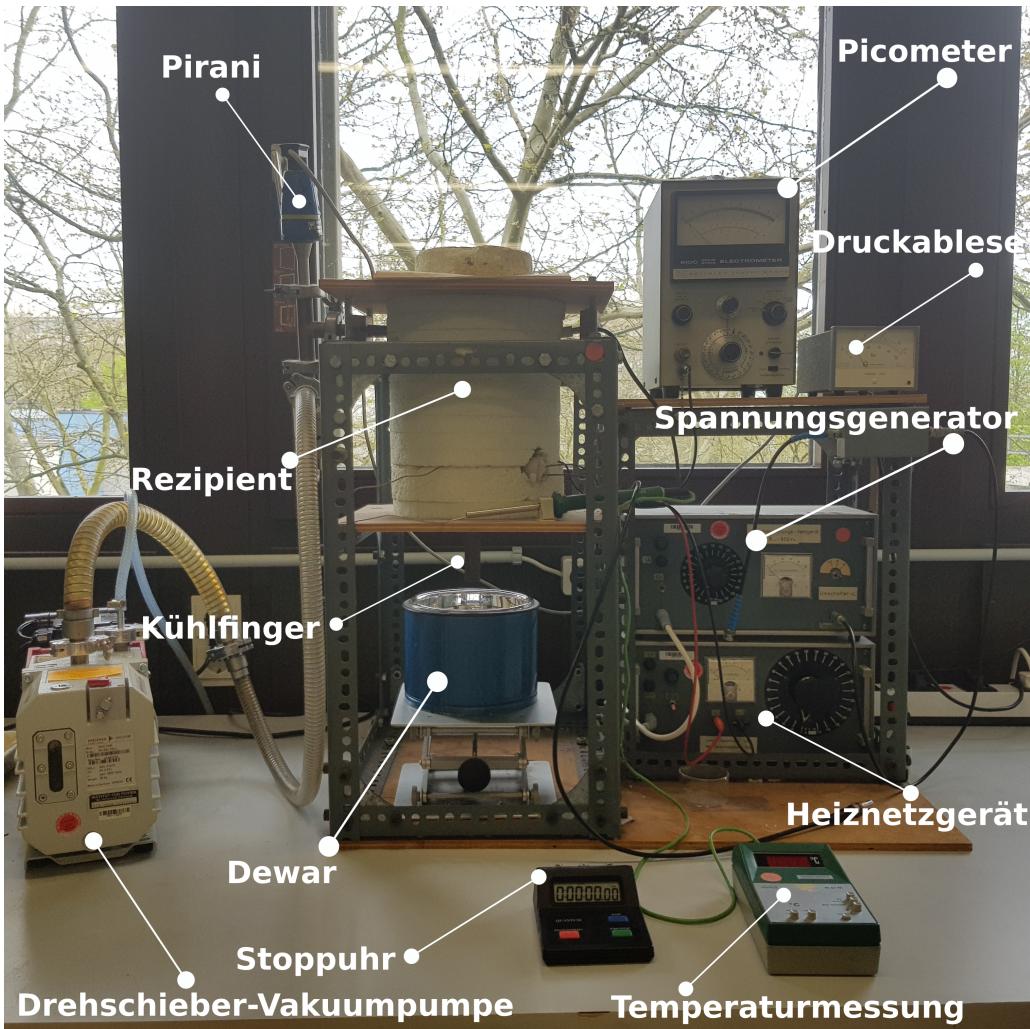
3. Informiert euch darüber, was neben der einfachen Dipolrelaxation zum messbaren Strom beiträgt.

4. Herleitung des Depolarisationsstroms über die Stromdichte mit Näherung für kleine Temperaturen T .

5. Herleitung des Depolarisationsstroms über den Polarisationsansatz.

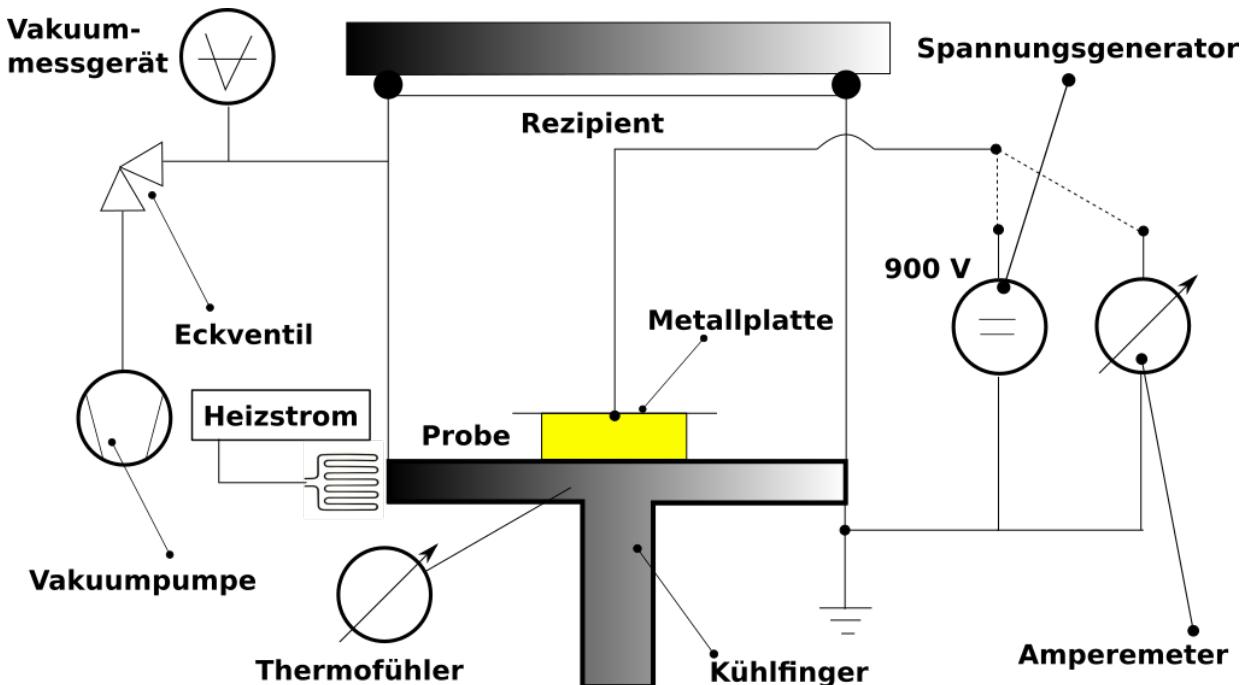
Versuchsaufbau und Durchführung

Abbildung 1: Abbildung des Versuchsaufbaus mit den wichtigsten Peripheriegeräte, welche beschriftet sind.



In Abbildung 1 ist der Versuchsaufbau dargestellt. Als Proben können Kaliumbromid KBr oder CsJ verwendet werden, welche mit Strontium dotiert sind. Diese sind auf dem Boden des Rezipienten aufgekittet. Auf der Probe liegt eine Metallplatte auf, die mit dem Boden des Probenbehälters einen Plattenkondensator bildet, siehe hierzu die skizzenhafte Darstellung des Rezipienten nach Abbildung 2. Im Rezipient wird ein Vakuum von etwa 10^{-2} mbar aufrecht erhalten, da die zu untersuchenden Kristalle hygroskopisch sind. Im Boden des Rezipienten befindet sich eine Heizwicklung, um die Probe aufwärmen zu können. Die Temperatur der Probe kann über ein Thermoelement, welches am Rezipientenboden befestigt ist, abgelesen werden. Um eine konstante Heizrate zu erreichen, muss der Heizstrom während der Messung über das entsprechende Netzgerät nachgeregelt werden. Zum Abkühlen der Probe befindet sich am Boden des Rezipienten ein Kupfer Kühlfinger, der in flüssigen Stickstoff getaucht werden kann.

Abbildung 2: Skizzenhafte Darstellung des Rezipienten mit der Probe auf dem Boden des Rezipienten in gelb dargestellt. Des Weiteren ist der Rezipient geerdet und die Metallplatte gegenüber dieser isoliert.



Beim Befüllen des Dewargefäßes mit dem flüssigen Stickstoff Kälteschutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!!!

Zu Beginn muss der Plattenkondensator durch Anlegen eines E-Feldes mit einer Spannung von 950 V aufgeladen werden. Die Einschaltzeit muss groß gegen die Relaxationszeit sein. Für CsJ bei $T = 295 \text{ K}$ und für KBr bei **T=320 K** ist eine Zeit von 900 s hinreichend. Danach wird die Probe auf 210 K abgekühlt. Nach Erreichen der Temperatur wird das E-Feld abgestellt und der Kondensator für 5 min kurzgeschlossen. Daraufhin wird das Picoamperemeter angeschlossen und der Strom beobachtet. Nach dem Erreichen eines konstanten Stromwertes, welcher im Bereich von 1-2 pA liegen sollte, kann mit der Messung begonnen werden. Hierbei ist zu beachten, dass das Elektrometer empfindlich auf Änderungen des elektrischen und magnetischen Feldes seiner Umgebung reagiert. Rasche und viele Bewegungen sind darum zu vermeiden. Die Probe wird möglichst gleichmäßig bis auf ca. 330 K aufgewärmt und Temperatur und Depolarisationsstrom in Abhängigkeit der Zeit aufgenommen. Die verwendeten Geräte ermöglichen dabei eine, über den betrachteten Temperaturbereich konstante Heizrate von maximal 2 K pro Minute.

Die maximale Gehäusetemperatur liegt bei 370 K.

Aufgaben und Auswertung

1. Aufnahme der Temperatur-Strom Kurven bei zwei verschiedenen Heizraten b für CsJ oder KBr.
2. Berechnung der Aktivierungsenergie W für die Diffusion der Kationenleerstellen nach den beiden Methoden aus Vorbereitungsaufgabe 4 und 5.
3. Bestimmung von τ_0 aus der Lage T_{\max} des Strommaximums der Depolarisationsstrom.
4. Darstellung des Temperaturverlaufs der Relaxationszeit $\tau(T)$.

Literatur

- [1] C. Bucci, R. Fieschi in Physical Review, **148**, 816, (1966).
- [2] R.M. Fuller in American Journal of Physics, **40**, 883, (1972). (**Formel 13 ln fehlt vor dem Integral**)
- [3] R.Muccillo, J. Rolfe in physica status solidi (b), **61**, 579, (1974).
- [4] K.D. Becker, H. Hamann, N. Nozubek, H. Richtering, Berichte der Bundesengesellschaft für physikalische Chemie, **79**, 11, (1975).