

V48 Dipolrelaxation in Ionenkristallen

Ziel des Versuchs

In diesem Versuch soll die Dipolrelaxation in 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.

Literatur

- [1] C. Bucci, R. Fieschi, Phys. Rev **148**, 816, (1966)
- [2] R. M. Fuller, Am J. Phys. **40**, 883, (1972). (Gleichung 13: \ln fehlt vor dem Integral)
- [3] R. Muccillo, J. Rolfe, Physica status solidi (b), **61**, 579, (1974)
- [4] K. D. Becker, H. Hamann, N. Nozubek, H. Richtering, Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie **79**, 11, (1975)

Vorbereitung

Folgende Fragen sollen beantwortet werden können:

- Was ist ein Ionenkristall? Erklären Sie dies an den Beispielen Kaliumbromid KBr und Cäsiumiodid CsJ? Was sind Dipole in Ionenkristallen? Wie können sie durch Dotierung von Ionenkristallen erzeugt werden (Leerstellenbildung, Ladungsneutralität)? Wie ist die Orientierung von Dipolen bei Raumtemperatur verteilt? Was ist die Aktivierungsenergie A und die Relaxationszeit $\tau(T)$ eines Dipols?
- Im Versuch wird ein dotierter Ionenkristall im E-Feld zwischen zwei Kondensatorplatten platziert und abgekühlt. Wird daraufhin das E-Feld ausgeschaltet, kann beim Aufwärmen des Ionenkristalls ein Strom zwischen den Kondensatorplatten gemessen werden (Depolarisationsstrom). Erklären Sie die Ursache für diesen Strom.
- Informieren Sie sich, was neben der einfachen Dipolrelaxation zum messbaren Strom beiträgt.
- Skizzieren Sie die Herleitung des Depolarisationsstroms (a) über die Stromdichte mit Näherung für kleine Temperaturen T und (b) über den Polarisationsansatz.

Versuchsaufbau

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

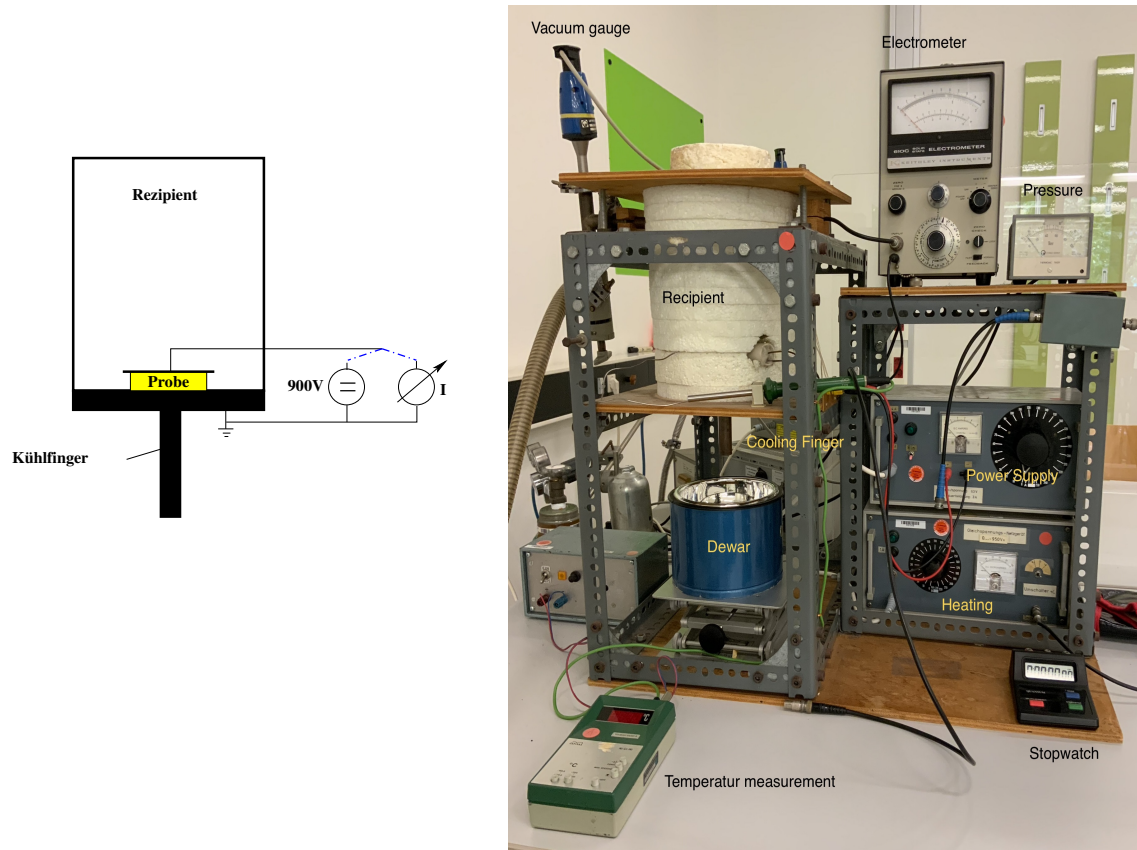


Abbildung 1: Links: Skizze vom Rezipienten mit Probe und elektronischer Schaltung. Rechts: Versuchsaufbau

Probenbehälters einen Plattenkondensator bildet (Abb. 1, links). Im Rezipienten 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 b 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 Kühlfinger aus Kupfer, der in flüssigen Stickstoff getaucht werden kann.

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

Versuchsdurchführung

Zu Beginn muss der Plattenkondensator durch Anlegen eines E-Feldes mit einer Spannung von 950 V aufgeladen werden. Die Einschaltdauer muss groß gegen die Relaxationszeit sein. Für CsJ bei $T = 295$ 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 ca. 5 min kurzgeschlossen. Danach wird der Kondensator mit dem Elektrometer verbunden. Nach dem Erreichen eines konstanten Stromwertes, welcher im Bereich von 1-2pA liegen sollte, kann mit der Messung begonnen werden. Hierbei ist zu beachten, dass das Elektrometer empfindlich auf Änderungen des elektrischen und magnetischen Feldes in 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 als Funktion 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!!

Messprogramm und Auswertung

- Messen Sie für zwei verschiedene Heizraten b die Temperatur-Stromkurve für CsJ oder KBr.
- Berechnen Sie die Aktivierungsenergie W für die Diffusion der Kationenstellen nach den beiden Methoden aus den Vorbereitungsaufgaben.
- Bestimmen Sie τ_0 aus der Lage des Strommaximums (T_{max}) vom Depolarisationsstrom.
- Stellen Sie den Temperaturverlauf der Relaxationszeit $\tau(T)$ graphisch dar.