

Versuch 48 - Dipolrelaxation in Ionenkristallen

**TU Dortmund, Fakultät Physik
Fortgeschrittenen-Praktikum**

Jan Adam

jan.adam@tu-dortmund.de

Dimitrios Skodras

dimitrios.skodras@tu-dortmund.de

16. April 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
1.1	Ionengitter	1
1.2	Messverfahren	2
2	Durchführung	4
3	Auswertung	4

1 Theorie

1.1 Ionengitter

Ein einwertiger Ionenkristall (CsJ) erfährt einen Einbau eines zweiwertigen Kations (Sr^{++}), wodurch ein permanenter Dipol entsteht. Denn aufgrund der Ladungserhaltung entsteht mit dem zweiwertigen Kation eine Leerstelle, die gemeinsam entsprechend Abbildung 1 den Dipol bilden.

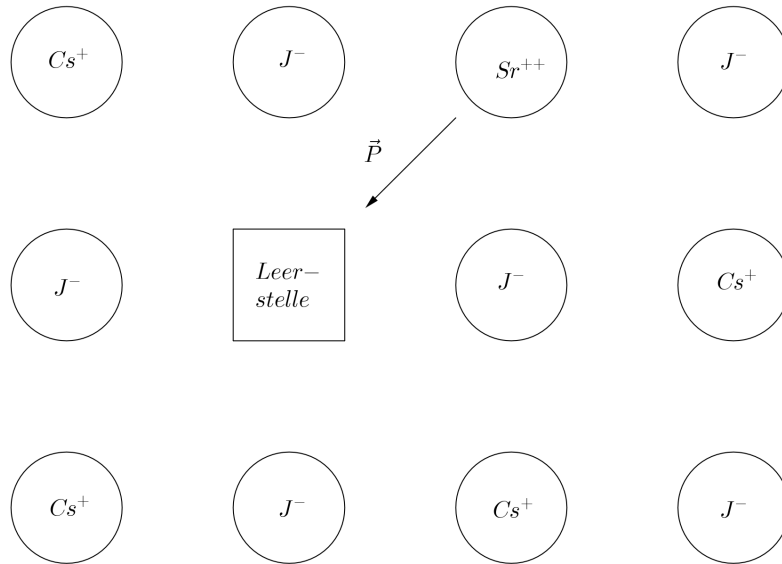


Abbildung 1: Entstehung eines Dipols im Ionengitter

Wegen der diskreten Gitterpunkte sind nur diskrete Dipolausrichtung möglich, wobei unterhalb von $500\text{ }^\circ\text{C}$ sich ausschließlich die Leerstellen bewegen. Die Potentialschwelle die zu dieser Leerstellendiffusion die durch den periodischen Verlauf des Gitterpotentials festgelegt ist, muss überwunden werden. Damit ist eine Aktivierungsenergie W verbunden. Der Anteil der Dipole, die diese Energie mittels der thermischen Bewegung aufbringt ist verteilt nach der Boltzmann-Statistik $\exp(W/k_B T)$, mit k_B als Boltzmann-Konstante. Die mittlere Zeit einer Dipolumorientierung wird Relaxationszeit τ genannt, die direkt proportional zur Boltzmann-Statistik sein muss

$$\tau(T) = \tau_0 \exp\left(\frac{W}{k_B T}\right), \quad (1)$$

mit τ_0 als charakteristische Relaxationszeit, die bei unendlicher Temperatur bestehen würde. Im Versuch sollen die Aktivierungsenergie und die charakteristische Relaxationszeit ermittelt werden.

1.2 Messverfahren

Die untersuchte mit Strontium dotierte Kaliumbromid-Probe ist kreisförmig und etwa 3-5 mm dick. Sie dient als Dielektrikum eines Plattenkondensators, an den eine Gleichspannung angeschlossen wird, sodass innerhalb der Probe ein elektrisches Feld E wirkt. Die statistisch ausgerichteten Dipole in der Probe richten sich entsprechend der Feldrichtung aus. Die Ausrichtung wird jedoch durch die thermische Bewegung der Gitterbausteine gestört, sodass nur ein Bruchteil y der Dipole in Feldrichtung zeigt. Dieser Anteil wird durch die Langevin-Funktion $L(x)$ beschrieben

$$y = L(x) = \coth(x) - \frac{1}{x} \quad \text{mit } x = \frac{pE}{k_B T}, \quad (2)$$

die für den Fall $pE \ll k_B T$ wird zu

$$y = \frac{pE}{3k_B T}. \quad (3)$$

Um tatsächlich diesen Bruchteil zu erhalten, muss das Feld lange gegenüber der Relaxationszeit eingeschaltet sein. Bei eingeschaltetem E-Feld wird die Probe mit flüssigem Stickstoff schnell auf eine Temperatur T_0 gebracht. Wegen des exponentiellen Zusammenhangs, ist es möglich, diesen Polarisationszustand konstant zu halten. Nach Abschalten des Felds, wird der Kondensator kurzgeschlossen, was den Ladungsteil bei tiefen Temperaturen in Form von Elektronen verschwinden lässt. Mit konstanter Heizrate $b = dT/dt = \text{const}$ wird die Probe erhitzt, was dazu führt, dass die Dipole sich wieder statistisch ausrichten werden. Dieser Vorgang wird Dipolrelaxation genannt und bringt einen Depolarisationsstrom mit sich, der mit einem empfindlichen Strommessgerät gemessen werden kann. Zu Beginn steigt der Strom entsprechend Abbildung 2 mit der Temperatur steil an, da τ schnell abnimmt, woraufhin er ein Maximum erreicht und wieder abnimmt, da nicht relaxierte Dipole weniger werden. Die Depolarisationsstromdichte $j(T)$ setzt sich zusammen aus dem Bruchteil y , der bei Polarisations Temperatur T_p orientierten Dipole, dem Dipolmoment p und der Zahl der pro Zeiteinheit relaxierenden Dipole dN/dt

$$j(T) = y(T_p) p \frac{dN}{dt}. \quad (4)$$

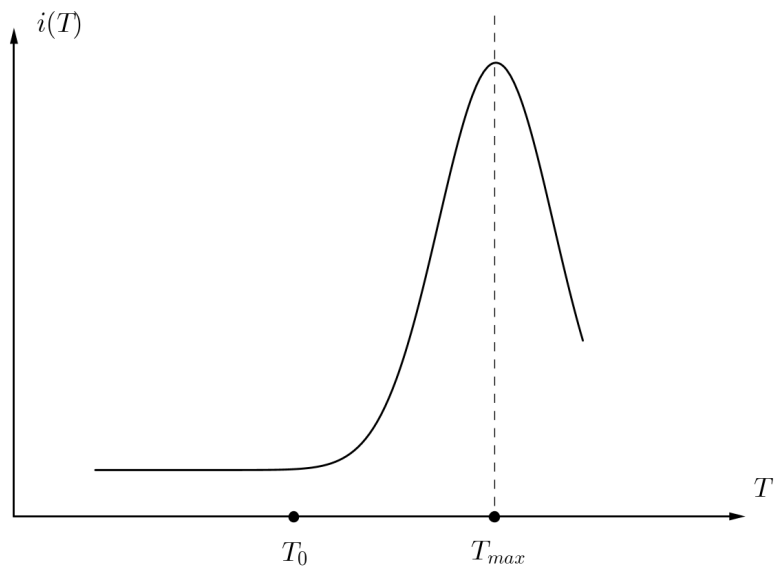


Abbildung 2: Entstehung eines Dipols im Ionengitter

2 Durchführung

3 Auswertung

Literatur