

# Praktikum B

## 2.3 Ferroelektrische Ordnung in TGS

6. November 2015

### 1 Vorbereitung

Die folgenden Kenntnisse sind für die Versuchsdurchführung zwingend erforderlich.

#### Physikalischer Hintergrund

1. Festkörpereigenschaften von TGS ( $(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH})_3\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$ ), Punktsymmetriegruppe, elektrische Eigenschaften
2. Ursache, Dimension, Symmetrie von Piezoelektrizität, Ferroelektrizität und Pyroelektrizität. Welche Eigenschaften sind Voraussetzung für Ferroelektrizität in einem Einkristall? [2]
3. Erklären Sie die Landau Theorie für Phasenübergänge am Beispiel des Versuchs [3].
4. Welche experimentell überprüfbareren Ergebnisse liefert die thermodynamische Theorie für den ferroelektrischen Phasenübergang 1. und 2. Ordnung? [4]
5. Welche Temperaturabhängigkeit erwartet man für  $P_S$ ? Wie lässt sich diese mit der Landau-Theorie erklären?
6. Wie gut ist diese Bedingung zwischen Raumtemperatur und  $T_C$  bei TGS erfüllt? (Vergleich Abb. 2 mit Abb. I-4 auf Seite 5, Jona und Shirane [1].)
7. Curie-Weiss-Gesetz, Curie-Temperatur, Curie-Konstante
8. Koexistenz von Ferroelektrizität und Ferromagnetismus

## Messmethode

9. Schaltung von Sawyer und Tower [5]
10. Wie sollte  $C_{\text{ref}}$  gegenüber  $C_x$  dimensioniert sein (mit Begründung)?
11. Wieso sieht man mit Hilfe der Schaltung von Sawyer und Tower die Hystereseschleife  $P(E)$ ? Wie lauten die Umrechnungsfaktoren  $P/U_y$  und  $E/U_x$ ? Wie sieht die Herleitung für die Beziehungen zwischen  $U_x$  und  $E$  und zwischen  $U_y$  und  $P$  aus?
12. Kapazitätsmessbrücke
13. Temperaturdifferenzmessung mittels Thermoelement

## 2 Probe und Schaltung

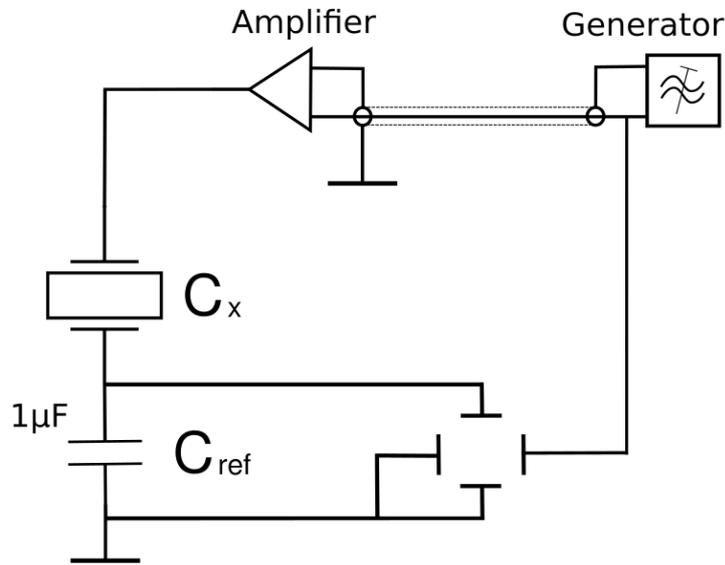
### 2.1 Probe und Probenhalterung

Ein quaderförmiger TGS-Einkristall mit einer Länge von  $(27 \pm 1)$  mm und einer Breite von  $(1.8 \pm 0.3)$  mm wurde auf den Flächen senkrecht zur polaren Achse mit einer dünnen Goldschicht bedampft. Die Goldschichten haben einen Abstand von  $d=(1.0 \pm 0.1)$  mm. TGS hat eine Dichte von  $\rho = (1.690 \pm 0.005) \text{ g/cm}^3$ . Die Proben temperatur wird mit Hilfe eines Typ-T Thermoelements (Cu - CuNi) gemessen, welches thermisch jeweils mit der Probe und dem (Eis-)Wasserbad in Kontakt ist. Die Probe ist von einem Messingblock umgeben, welcher mit einem Heizdraht umwickelt ist. Die Probenhalterung ist gegenüber Erschütterungen empfindlich.

## 3 Versuchsdurchführung und Auswertung

Erstellen Sie von jedem Aufbau eine detaillierte Skizze und dokumentieren Sie genau Ihre Einstellungen und Dateinamen. Verwenden Sie ein sinnvolles System für die Dateinamen. Verwenden Sie SI-Einheiten.

1. Schließen sie die Geräte wie abgebildet an und bilden Sie die Hysteresekurve mit dem Oszilloskop ab. Variieren Sie Spannung und Frequenz und stellen Sie anhand dieser Versuchsreihe den beobachtbaren Effekt dar. Dokumentieren Sie den Aufbau genau und diskutieren Sie die Schaltung in der Auswertung.
2. Zur Bestimmung der spontanen Polarisation wählen Sie nun eine geeignete Einstellung. Warum ist es wichtig auf eine Sättigung zu achten?
3. Bestimmen Sie den Verlauf der spontanen Polarisation  $P_S$  in Abhängigkeit von der Temperatur. Dazu werden unter langsamen Aufheizen von Zimmertemperatur an bis über den Phasenübergang für hinreichend viele Temperaturen die Hysteresekurven aufgezeichnet. Bestimmen Sie  $P_S$  durch einen linearen Fit und



**Abbildung 1:** Schaltung von Sawyer und Tower [5]. Das von einem Frequenzgenerator erzeugte Sinussignal wird zunächst von einem Hochspannungsverstärker 100-fach verstärkt. Bei der Berechnung der  $y$ -Ablenkung am Oszilloskop ist zu beachten, dass die als Plattenkondensator wirkende Probe  $C_x$  und der Vergleichskondensator  $C_1$  infolge der Reihenschaltung gleiche Ladung besitzen.

Mittlung. Tragen Sie auf:  $P_S(T)$ ,  $\varepsilon_{st}(T)$ . Entnehmen Sie daraus den Wert der spontanen Polarisation bei Raumtemperatur und die Curie-Temperatur  $T_C$ .

Langsames Aufheizen der Probe erreicht man bei einer Heizleistung von rund 4 W. Was geschieht bei größerer oder kleinerer Heizleistung?

4. Tragen Sie das Quadrat der spontanen Polarisation gegen die Temperatur auf und bestimmen Sie daraus durch geeignete Geradenanpassung  $T_C$  und die Curie-Konstante  $C$ . Markieren Sie die gewählten Fitbereiche.
5. Messen Sie den Temperaturgang der statischen Dielektrizitätskonstanten  $\varepsilon_{st}(T)$  in der paraelektrischen Phase. Heizen Sie dabei die Probe auf 80 °C.
6. Messen Sie anschließend beim Abkühlen die Kapazität der Probe.
7. Tragen Sie die inverse Dielektrizitätskonstante in der paraelektrischen Phase gegen die Temperatur auf und bestimmen Sie durch Geradenanpassung  $T_C$  und  $C$ . Wählen und markieren Sie einen geeigneten Fitbereich.

8. Beschreiben Sie den Verlauf der Kurven und etwaige Unterschiede in den Ergebnissen physikalisch.

## 4 Aufräumen

Nach Beendigung der Messung bitte das Dewar-Gefäß entleeren und abtrocknen. Schalten Sie alle Geräte aus.

## Literatur

- [1] Franco Jona und G Shirane. *Ferroelectric crystals*. S. 1-17; 19-22; 28-36; 56-59. New York: Dover Publications, 1993. ISBN: 0486673863.
- [2] Will Kleber. *Einführung in die Kristallographie /Symmetriemodelle der 32 Kristallklassen zum Selbstbau*. München: Oldenbourg, R, 2010. ISBN: 3486702467.
- [3] Landau und Lifschitz. *Lehrbuch der Theoretischen Physik V, Statistische Physik*.
- [4] M. E. Lines und A. M. Glass. *Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials (Oxford Classic Texts in the Physical Sciences)*. Oxford University Press, USA, Apr. 2001. ISBN: 9780198507789.
- [5] C. B. Sawyer und C. H. Tower. "Rochelle Salt as a Dielectric". In: *Phys. Rev.* 35 (3 Feb. 1930), S. 269–273. DOI: [10.1103/PhysRev.35.269](https://doi.org/10.1103/PhysRev.35.269).

