

PC der Festkörper, Übungsblatt 3, Aufgabe 9

Blei-Zirkonium-Titanat besitzt in einer bestimmten Raumrichtung einen piezoelektrischen Koeffizienten von $d = -262 \frac{\text{pm}}{\text{V}}$

- Wie groß ist die Strecke, um die sich zwei senkrecht zu dieser Raumrichtung liegenden Seitenflächen eines Würfels (unnötige Angabe folgt) der Kantenlänge 2 mm bewegen müssen, um eine Spannung von 10 V zu erzeugen.
- Welcher Druck auf diese Flächen erzeugt eine Polarisation von 1 C/m^2
- Um welche Strecke bewegen sich die Flächen beim Anlegen von 0,1 mV
- Skizzieren sie eine Apparatur, die einen Würfel von 0.1 mm Seitenlänge in drei Raumrichtungen um einige μm verschieben kann.

Lösung:

Ausgehend von

$$dG(T, \sigma, E) = -SdT - \varepsilon d\sigma - PdE$$

und den entsprechenden Maxwell-Beziehungen (s. Skript, Kap. 2.2.) folgen drei Zustandsgleichungen:

$$\text{mechanisch:} \quad d\varepsilon = \underbrace{s d\sigma}_{\text{Elastizität \u00e4t}} + \underbrace{d dE}_{\text{inverser Piezoeffekt}} + \underbrace{\alpha dT}_{\text{therm. Ausdehnung}} \quad (1)$$

$$\text{elektrisch:} \quad dP = \underbrace{d d\sigma}_{\text{direkter Piezoeffekt}} + \underbrace{\chi dE}_{\text{elektrische Suszeptibilit\u00e4t}} + \underbrace{\gamma dT}_{\text{Pyroelektrizit\u00e4t}} \quad (2)$$

kalorisch (f\u00fcr die Aufgabe nicht von Belang, s. Skript, Kap. 2.2.)

a) Betrachtet wird Gleichung (1) unter der Voraussetzung, dass keine \u00e4u\u00dfere mechanische Spannung angelegt wird und die Temperatur konstant bleibt. Es gilt also $d\sigma = dT = 0$ und damit $d\varepsilon = d dE$. Integriert ergibt dies $\varepsilon = d \cdot E$, wobei f\u00fcr die elektrische Feldst\u00e4rke $E = U/l$ und die Dehnung $\varepsilon = \Delta l/l$ gilt.

Das ist der sogenannte inverse Piezoeffekt: Bei Anlegen eines elektrischen Feldes verformen sich Materialien elastisch in Folge der Ladungsverschiebung auf atomarem Niveau.

Gegeben: $d = -262 \frac{\text{pm}}{\text{V}}$, $U = 10 \text{ V}$

Gesucht: Δl

$$\begin{aligned} \varepsilon &= d \cdot E \\ \frac{\Delta l}{l} &= d \cdot \frac{U}{l} \\ \Delta l &= d \cdot U = -2,62 \text{ nm} \end{aligned}$$

b) Nun wird Gleichung (2) betrachtet, wobei diesmal kein elektrisches Feld angelegt wird und die Temperatur wieder konstant gehalten wird: $dE = dT = 0$. Die Integration der Gleichung $dP = d d\sigma$ ergibt $P = d \cdot \sigma$. In diesem Fall spricht man vom direkten Piezoeffekt: Bei Anlegen mechanischer Spannung \u00e4ndert sich die Polarisation des Festk\u00f6rpers.

Gegeben: $d = -262 \frac{\text{pm}}{\text{V}}$, $U = 10 \text{ V}$

Gesucht: σ

$$\sigma = \frac{P}{d} = -3,8 \text{ GPa}$$

c) analog zu (a): $\Delta l = d \cdot U = -2,62 \cdot 10^{-2} \text{ pm}$

d) Keine Ahnung, wie so etwas im Detail aussieht, sorry =)