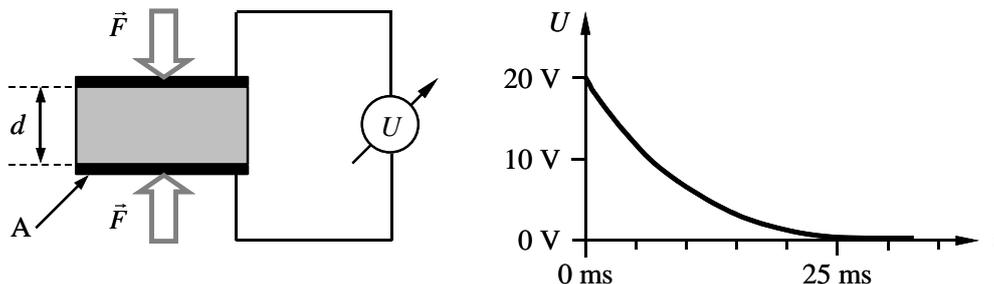


Saalübung	Mo, 02.02.2015, 15:45 –17:15 Uhr
Themengebiete	Piezo-, Ferro-, Pyroelektrizität, Kondensatoren
Übungsleiter	Dipl.-Ing. Michael Schönleber Dipl.-Phys. Julian Szász

A1: Piezoelektrizität, Anwendung: Vielschichtaktor

- Wie entsteht die Polarisation P und welche unterschiedlichen Typen können unterschieden werden?
- Geben Sie die relative Dielektrizitätszahl ϵ_r jetzt allgemeiner für den Fall anisotroper Materie an.
- Welche Beziehung (welcher Unterschied) besteht zwischen ferroelektrischen und piezoelektrischen Kristallen?
- Piezokeramiken werden in Einspritzdüsen von Dieselmotoren eingesetzt um die präzise die optimale Einspritzmenge/-dauer zu gewährleisten. Zunächst soll die Funktionsweise eines einzelnen Piezo-Elements des Vielschichtaktors untersucht werden.

Eine piezoelektrische Keramik wird gemäß der skizzierten Anordnung kontaktiert und an ein Oszilloskop mit dem Innenwiderstand R angeschlossen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird die Kraft F auf die Stirnflächen A gebracht. Gleichzeitig wird der Verlauf der Spannung U aufgezeichnet.



Es sind folgende Zahlenwerte gegeben:

$$R = 1 \text{ M}\Omega \quad A = 10 \text{ cm}^2$$

$$F = 400 \text{ N} \quad d = 4,425 \text{ mm}$$

- Bestimmen Sie die Kapazität C der Anordnung, die relative Dielektrizitätszahl ϵ_r und die die Materialkonstanten g_p und d_p der Piezokeramik.
- Aus dem Werkstoff wird ein Vielschichtaktor (Bild rechts) hergestellt. Die technologisch bedingte minimale Dicke der einzelnen Schichten beträgt $100 \mu\text{m}$. Bestimmen Sie die minimale Gesamtdicke des Aktors, damit im unbelasteten Zustand bei einer Spannung von $U = 20 \text{ V}$ eine Längenänderung von $1 \mu\text{m}$ erreicht wird?
- Zeichnen sie das Ersatzschaltbild eines Vielschichtaktors.

Kondensatorplatte(n)
(grau/schwarz)

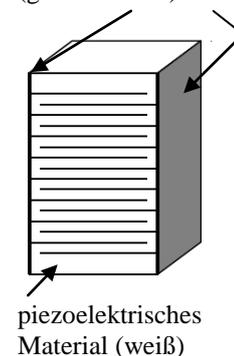


Bild: Vielschichtaktor

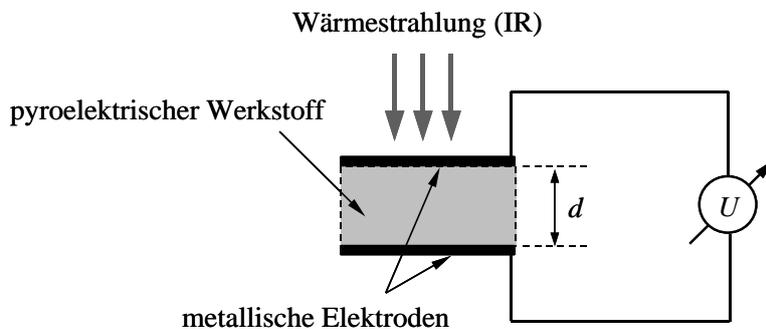
Hinweis: Die Elektroden sind vernachlässigbar dünn.

A2: Ferroelektrizität

- a) Skizzieren Sie die Hysterese $D(E)$ eines ferroelektrischen Werkstoffs, der nur eine einzige Domäne besitzt. Diskutieren Sie, ob sich der Werkstoff als Speichermedium für binäre Informationen eignet.
- b) Skizzieren Sie das $D(E)$ -Diagramm eines ferroelektrischen Werkstoffes für $T > T_C$

A3: Pyroelektrizität

- a) Pyroelektrische Werkstoffe werden unter anderem in Bewegungsmeldern zur Detektion von Wärmestrahlung eingesetzt. Warum ist der verantwortliche physikalische Effekt durch eine Maximaltemperatur begrenzt? **(1 Punkt)**
- b) In einer Alarmanlage wird eine pyroelektrische Scheibe aus einkristallinem LiTaO_3 an den Seiten mit dünnen, metallischen Elektroden an eine potentiometrische Auswerteelektronik angeschlossen. Bei einfallender Wärmestrahlung wird durch eine Spannungsänderung ΔU ein Alarm ausgelöst. Berechnen Sie die Kapazität C der Scheibe. **(1 Punkt)**

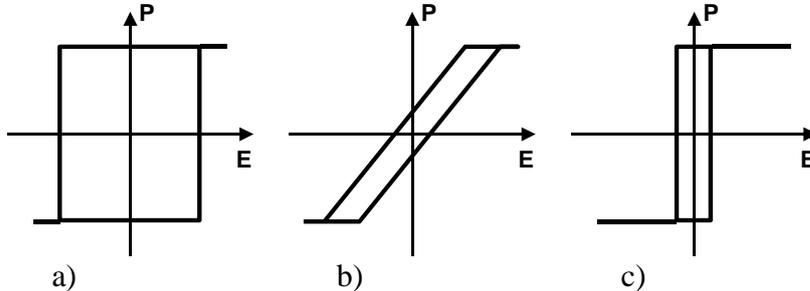


Elektrodenfläche	A	=	210 mm^2
Temperaturänderung	ΔT	=	28 K
Spannungsänderung	ΔU	=	140 mV
Pyrokoeffizient	π_P	=	$230 \text{ } \mu\text{C}/(\text{m}^2\text{K})$

- c) Pyroelektrische Werkstoffe werden durch Pyrokoeffizient und Dielektrizitätszahl charakterisiert. Wann wird, bezogen auf diese Materialeigenschaften, die optimale Empfindlichkeit eines potentiometrischen IR-Sensors erreicht? **(1 Punkt)**

Kurzaufgabe: Multiple Choice

1. Für einen Kondensator stehen 3 ferroelektrische Dielektrika mit den unten dargestellten, vereinfachten Hysteresekurven zur Verfügung. Welches Material wählen Sie, wenn der Kondensator bei gegebenen Abmessungen eine möglichst lineare, spannungsunabhängige Kapazität aufweisen soll?



2. Ein luftgefüllter Plattenkondensator ist an eine Konstantspannungsquelle angeschlossen. Zur Zeit $t = t_0$ wird ein Dielektrikum eingeschoben, welches den gesamten Raum zwischen den Platten ausfüllt. Jetzt gilt für die Feldstärke E zwischen den Platten:
- $E(t > t_0) > E(t < t_0)$
 - $E(t > t_0) = E(t < t_0)$
 - $E(t > t_0) < E(t < t_0)$
3. Ein Kondensator mit ferroelektrischem Dielektrikum werde bei einer Temperatur $T \gg T_C$ zum Aufladen **kurzzeitig** an eine Spannungsquelle angeschlossen. Anschließend wird der geladene Kondensator auf $T < T_C$ abgekühlt. Wie verändert sich die Spannung?
- Die Spannung steigt an.
 - Die Spannung sinkt ab.
 - Die Spannung bleibt gleich.
4. Ferroelektrische Substanzen zeigen unterhalb des Curie-Punktes T_C :
- paraelektrisches Verhalten, d.h. den Zusammenhang P proportional E .
 - ferroelektrisches Verhalten, d.h. den Zusammenhang P nicht proportional E (Hysterese).
 - permanente/spontane Dipole (Orientierungspolarisation).