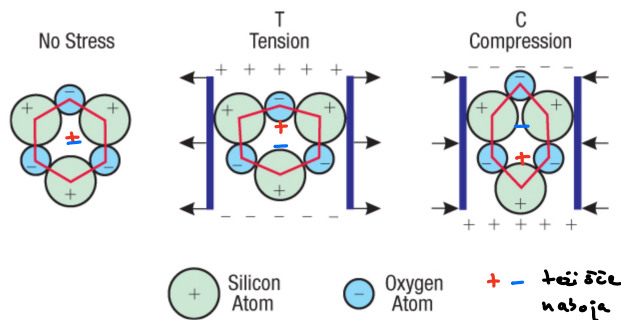


# Piezo - Piezoelektričnost

## 1 Teorija

Pri deformaciji piezoelektričnih kristalov lahko izmerimo električno napetost med obema koncema. Piezoelektričnost nastopa le v kristalih s polarnimi vezmi in kristalih brez točke simetrije. To je pomembno, saj pri deformaciji pride do ločitve pozitivnega in negativnega naboja. Iz deformacije sledi polarizacija snovi.

Piezoelectric Effect in Quartz



Matematično, deformacijo opičemo s tenzorjem  $T_{ij}$ , silo  $d\vec{F} = (dF_1, dF_2, dF_3)$ , ki deluje na ploskevco  $d\vec{S} = (dS_1, dS_2, dS_3)$ . 1, 2, 3 so tri med sebojno pravokotne smeri (npr. x, y, z).

$$T_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{dF_i}{dS_j} + \frac{dF_j}{dS_i} \right)$$

①

Polarizacija podaja naslednjo enačbo:

$$P_i = d_{ijk} T_{jk}$$

②

Tenzor  $d_{ijk}$  imenujemo piezoelektrični moduli.

Uporaba piezoelektričnega efekta: merilci tlaka / sila, mikrofoni, zvočniki, tunnelni mikroskop.

Enačbi ① in ② lahko poenostavimo za naš primer, ko se omejujemo le na silo in polarizacijo v eni smeri.

$$T_{ij} \Rightarrow T = \frac{F}{S} \quad P_i \Rightarrow P = dT$$

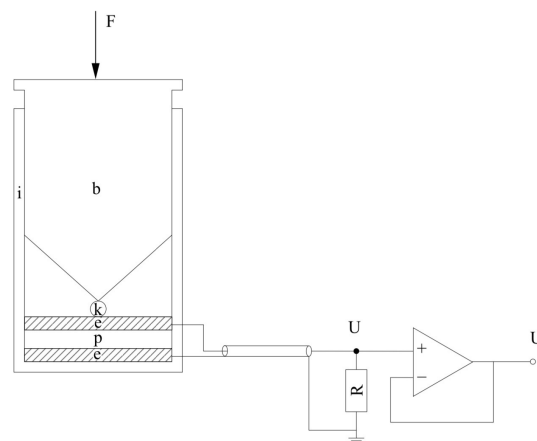
$$D = \epsilon \epsilon_0 E + dT$$

$$\text{naboj na eni strani } q = \underbrace{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{b}}_C U + dF = CU + dF$$

C kapaciteta

Na kristal lahko gledamo kot kondenzator, ki se prazni preko R.

$$U = RI = -R \dot{q}$$



$$R = 5 \text{ G}\Omega (\pm 2\%)$$

Če to vstavimo v zgorajjo enačbo dobimo:

$$\dot{U} = -\frac{1}{\tau} U - \frac{d}{\epsilon} \dot{F} \quad \tau = RC$$

Sila lahko deluje v dveh smereh, zato vpičemo

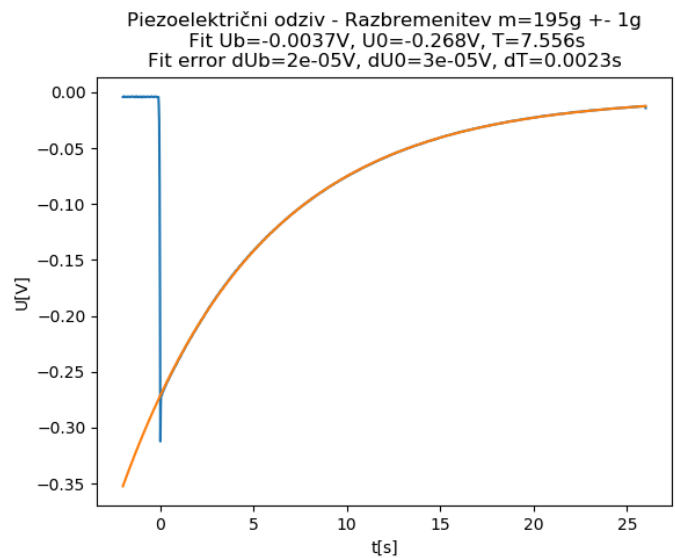
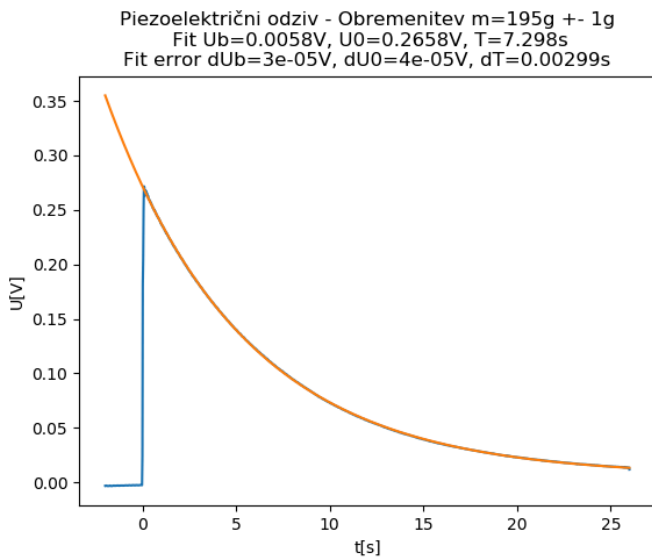
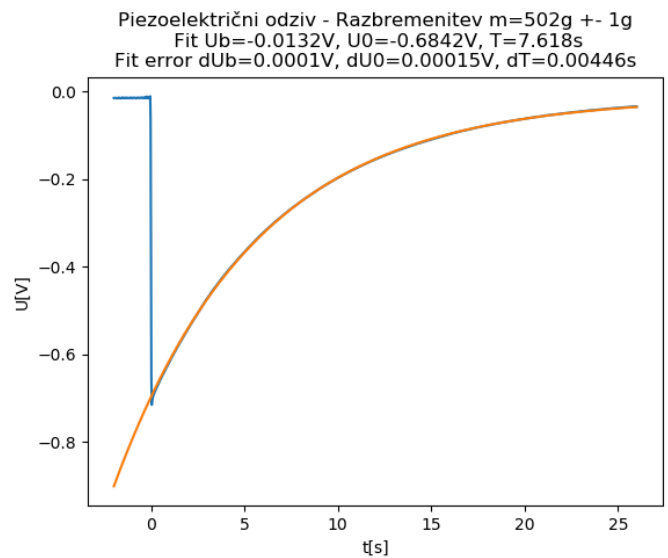
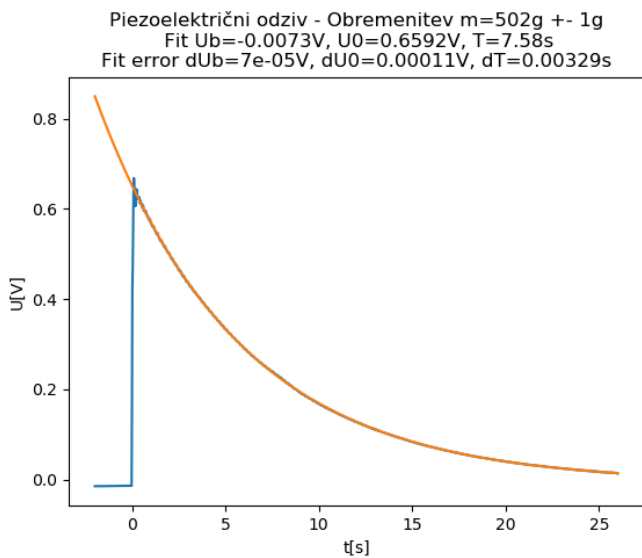
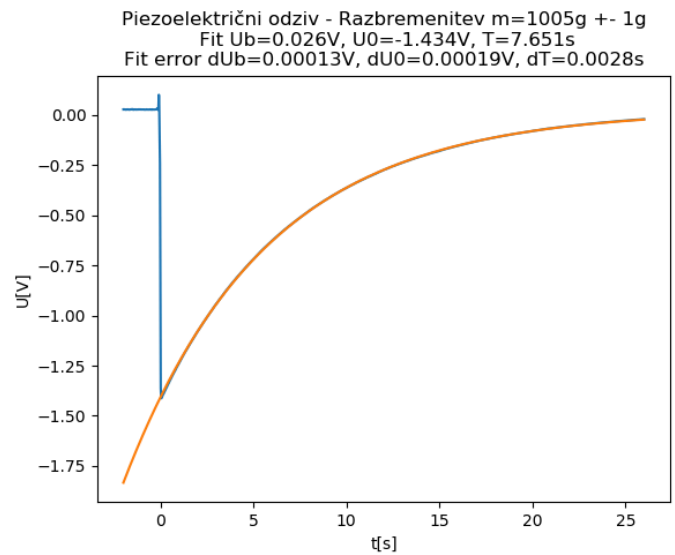
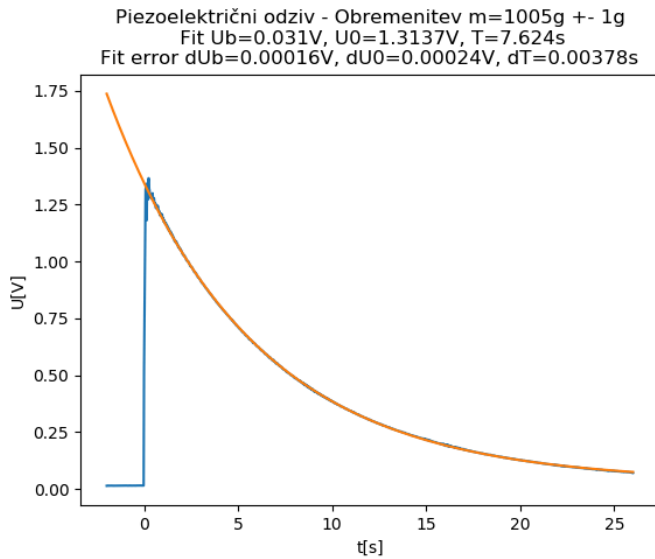
$$F(t) = F_0 \Theta(st) \quad s = \begin{cases} + & \text{obremenitev} \\ - & \text{razbremenitev} \end{cases} \quad \Theta(t) = \begin{cases} 1 & ; t \geq 0 \\ 0 & ; \text{sicer} \end{cases}$$

Ob upoštevanju začetnega pogoja  $U(t=0) = 0$  dobimo rešitev diferencialne enačbe.

$$U_s(t) = s U_0 e^{-t/\tau}$$

$$U_0 = -\frac{dF_0}{c}$$

## 2 Rezultati



Napeta na peto sk.  $\Delta U = 3,9 \text{ mV}$

Meritve prikazujejo časovni odziv napetosti ob dani deformaciji (sila). Zaradi velikega števila meritev sem lahko povzel z modro črto. Napake so prav tako zaradi preglednosti izpuščene, so pa navedene napake posameznih parametrov fita. Polagostitev je narejen le za eksponentni del ( $\approx t > 0$ ), kjer opazimo zelo dobro prilagoditev z modelom. Model se od meritev razlikuje še le na 4 decimalke, relativna napaka  $\approx 0,01\%$ . Uporabljen je fit:

$$U(t) = U_b + U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Iz meritev lahko izračunamo časovno konstanto  $\tau$ :

$$\tau = 7,55 \text{ s} \pm 0,08 \text{ s}$$

Izračun dielektrične konst.:

$$\tau = RC = R \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{b}$$

$$\epsilon = \frac{\tau b}{R \epsilon_0 S}$$

$$C = 1,51 \cdot 10^{-9} \text{ F} \pm 0,03 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

$$\epsilon = 977 \pm 20$$

Za izračun piezoelektrične konst. namreč potrebujemo  $U_0$  v odvisnosti od sile ( $\propto m$ ). Napake meritev so  $\Delta U = 3,9 \text{ mV}$ ,  $\Delta m = 1 \text{ g}$  ker pa na sliki ni mo goče videti, ker merimo  $U_0$  pri  $t=0$  sledi:

$$0 = dF + cU$$

$$d = -c \frac{U}{F} = -\frac{c}{g} \frac{U}{m}$$

Naklon premice  $k = \frac{U}{m} = -\frac{dg}{c}$   
zato dobimo

$$d_1 = 2,17 \cdot 10^{-10} \frac{\text{FV}}{\text{N}} \pm 0,04 \cdot 10^{-10} \frac{\text{FV}}{\text{N}}$$

$$d_2 = 1,95 \cdot 10^{-10} \frac{\text{FV}}{\text{N}} \pm 0,04 \cdot 10^{-10} \frac{\text{FV}}{\text{N}}$$

Teoretično bi se moglo da in da ujemanja, vendar lahko iz meritev opazimo, da se ne.

