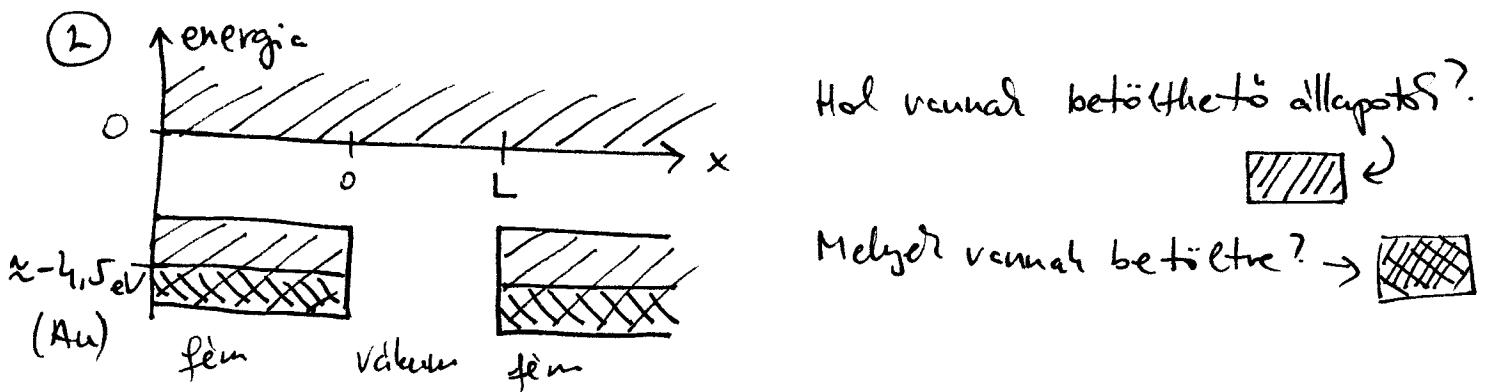
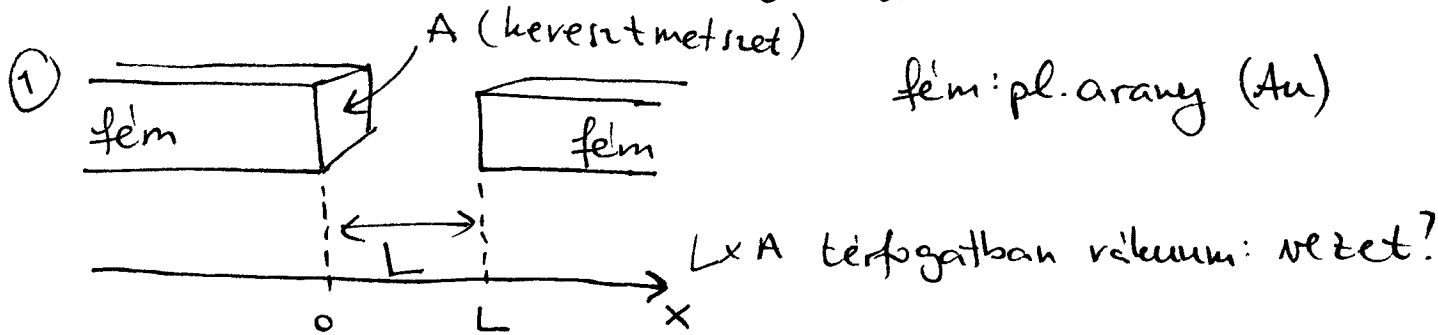


III/B Elektromos vezetőség a vákuumon keresztül:

a kvantummechanikai alagút-effektus



③ átjuthat egy e^- $x < 0$ -ból $x > L$ -be? Klasszikus mech: nem
 kvantummech: igen! Sch-egyenletből: átjutás valószínűsége

$$L_t = \frac{\hbar}{2\sqrt{2m_e V_0}}$$

$$P_{\text{átjut}} \approx e^{-L/L_t}$$

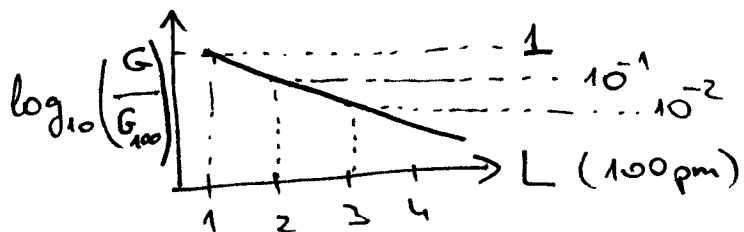
'kielepési munka', 'kötési energia', V_0 (Au) $\approx 4,5 \text{ eV}$

④ 'Quantum tunneling', 'alagúteffektus'.

L_t : 'alagutazási hossz'. L_t (Au) $\approx 46 \text{ pm}$.

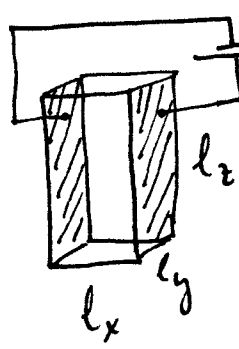
⑤ Kör. L -et 100 pm -vel növeljük $\rightarrow P_{\text{átjut}}$ kb. $\frac{1}{10}$ -ére csökken \rightarrow

$\rightarrow G = \frac{1}{R}$ kb. $\frac{1}{10}$ -ére csökken.



III/c) Atomi pontos mechanikai szabályozás piezoelektromosan

1) anyag: PZT, $Pb[Zr_xTi_{1-x}]O_3$ ($0 \leq x \leq 1$)



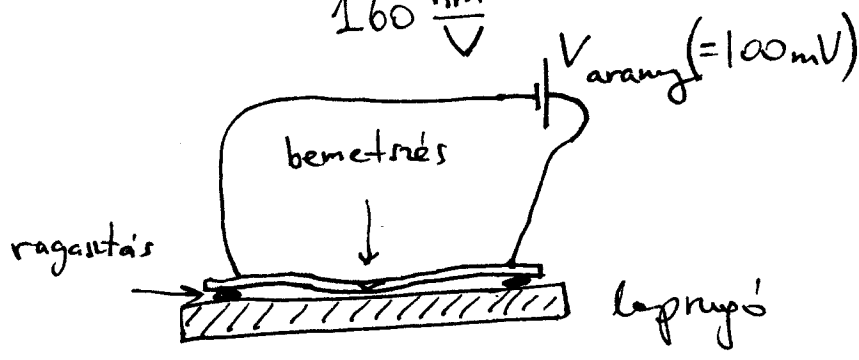
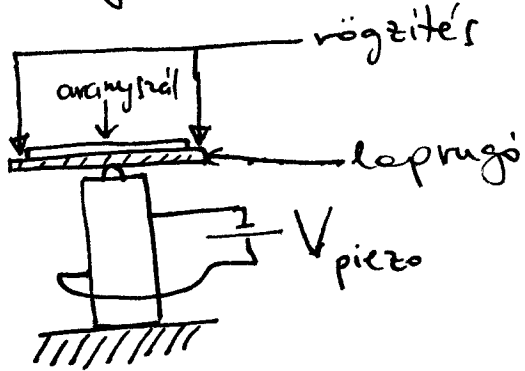
$l_x = l_y = 3,5 \text{ mm}$
 $l_z = 18 \text{ mm}$

$V_{piezo} \rightarrow$ el. fesz. hatására megnyúlik/összehúzódik

$$\Delta l_z = \tilde{\eta} \cdot V_{piezo}$$

$160 \frac{\text{nm}}{\text{V}}$

2) aranyréteg szelvétele

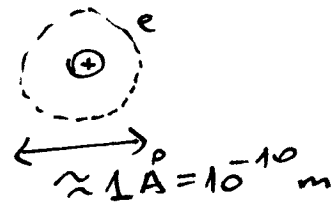


aranyréteg: hossz \sim ~~1000~~ cm \equiv l_{arany}
átmérő $\sim 100 \mu\text{m}$

3) átlét: kb x100, pl. $V_{piezo} = 1 \text{ V} \rightarrow \Delta l_z = 160 \text{ nm} \rightarrow \Delta l_{arany} = 1,6 \text{ nm}$

mV feszültség - szabályozás \rightarrow pm = 10^{-12} m pozíció - szabályozás

Emlékeztető: H-atom:

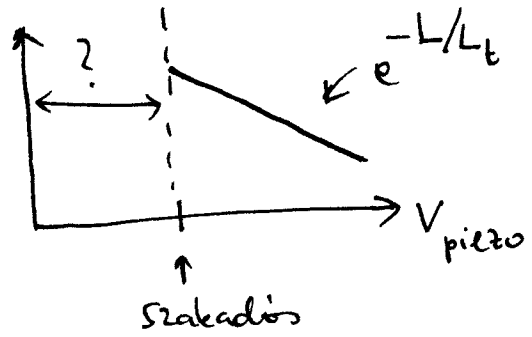


4) vezetőképesség - egység: 'vezetőképesség - kvantum', $G_0 = \frac{2e^2}{h} \approx 77 \mu\text{S}$

$$R_0 \equiv \frac{1}{G_0} \approx 12,9 \text{ k}\Omega$$

5) kísérlet:

$$\log\left(\frac{G}{G_0}\right)$$



e^{-L/L_t} exponenciális csökkenés
alagút-effektus

⑥ emlékeztető: makroszkopikus és mikroszkopikus Ohm-tör:

$$I = G \cdot U \quad \vec{j} = \underline{\underline{\sigma}} \cdot \underline{\underline{E}} \leftrightarrow j_\alpha = \sum_{\beta \in \{x,y,z\}} \sigma_{\alpha\beta} E_\beta \quad (\alpha \in \{x,y,z\})$$

elektromos tér → elektromos áram; lineáris válasz

⑦ Piezoelektromos hatás mikroszkopikus leírása:

mechanikai deformáció → elektromos tér } $u(\underline{r})$
dmozdulástér

$$E_\alpha = \sum_{\beta, \gamma} d_{\alpha\beta\gamma} E_{\beta\gamma}$$

↑ piezoelektromos tenzor

↑ mech. def. tenzora, $E_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_\alpha}{\partial x_\beta} + \frac{\partial u_\beta}{\partial x_\alpha} \right)$

Inverz piezoelektromos hatás
elektromos tér → mechanikai deformáció

$$E_{\alpha\beta} = \sum_\gamma \tilde{d}_{\alpha\beta\gamma} E_\gamma$$

↑ inverz piezoelektromos tenzor

⑧ makro-mikro kapcsolat? ld pl ①; $\tilde{d}_{zzx} = ?$

$$\tilde{d}_{zzx} = \frac{E_{zz}}{E_\gamma} = \frac{\Delta l_z / l_z}{V_{piezo} / l_x} = \tilde{\eta} \cdot \frac{l_x}{l_z} \approx 30 \frac{nm}{V}$$

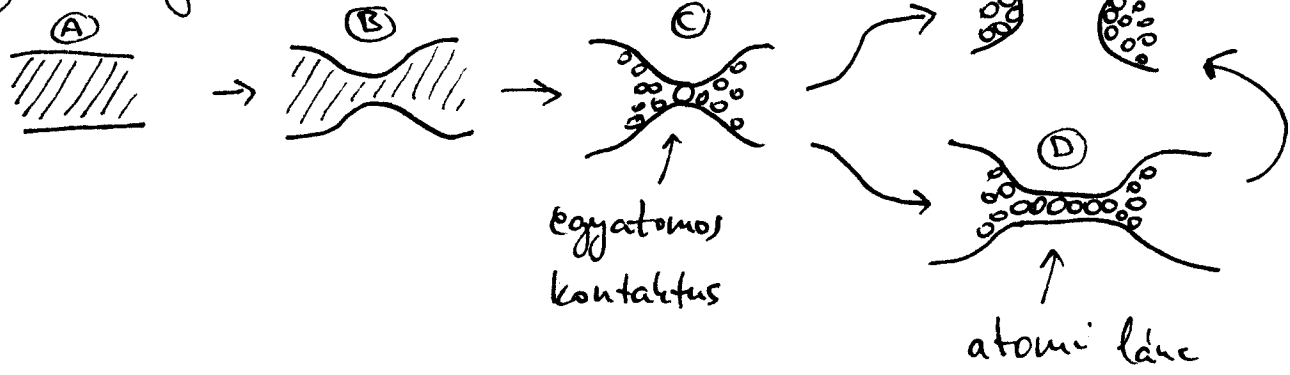
(analógia: $S = \frac{A \cdot R}{L}$)

⑨ piezo & inverz piezo együtt jár, és $\tilde{d} = d^{-1}$

anyagi (mikroszkopikus) paraméter	mintára jellemző (makroszkopikus) paraméter
S, σ	R, G
d, \tilde{d}	$\eta, \tilde{\eta}$

⑩ piezo anyagok: szigetelők hisz fémben $\underline{\underline{E}} = 0$.

11) aranyrúd, szalutás közben

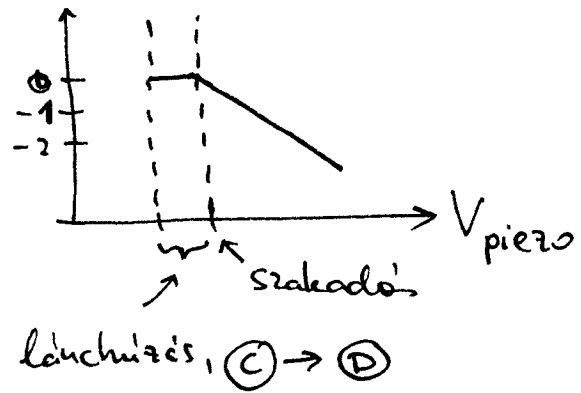


12) elrendezés neve: MCBJ, mechanically controlled break junction
mechanikailag vezérelt törökontaktus

13) egyatomos kontaktus, atomi lánc aranyban: $G \approx G_0$

→ tipikus kísérleti eredmény:

$$\log_{10} \left(\frac{G}{G_0} \right)$$



14) piezo alkalmazásai

szenzor (piezo)	aktuator (inverz piezo)
(öngyújtó)	MCBJ
mikrofon	hangszóró
ultrahang-detektor	motorok
	nyomtatók