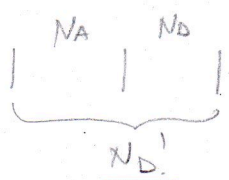


- oddajo e⁻
- + DONORJI - 5 valentni
 - FOSFOR
 - ARZEN
 - ANTIMON
 - + AKCEPTORJI - 3 valentni
 - ALUMIN
 - GALIJ
 - INDIJ

Elektronski elementi - kolokvij 1



Ime: GREGOR Priimek: NIKOLIĆ Ocena:

1.) Polprevodniku smo dodali primesi aluminija (Al) v vrednosti $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Izračunajte njegovo specifično prevodnost. Koliko atomov fosforja (P) mu moramo dodati, da bo polprevodnik postal nasprotnega tipa s 30% višjo specifično prevodnostjo.

Podatki: $\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $n_i = 1,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $N_A = 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ As}$.

$N_A = 3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ Št. točk (od 25):

$\sigma = ?$

p → n-tip

$N_D' = ?$ da bo $1,3 \cdot N_{Ap} = N_D' \mu_n$

$\sigma_n = 1,3 \cdot \sigma_p$ $1,3 \cdot N_A \mu_p = \mu_n N_D' - \mu_n N_A$

$N_D' = \frac{N_A (1,3 \mu_p + \mu_n)}{\mu_n} = \frac{3 \cdot 10^{15} (1,3 \cdot 500 + 1200)}{1200 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}} = 4,625 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

$\sigma_p = q (\mu_n n + \mu_p p) = q \cdot \mu_p N_A = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 500 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3} = 0,24 \text{ S/cm}$

$\sigma_n = 1,3 \cdot \sigma_p = 0,312 \text{ S/cm}$

2.) Za podano polprevodniško strukturo izračunajte in narišite energijske nivoje v posamezni plasti. Določite tudi difuzijsko napetost takšne polprevodniške strukture.

Podatki: $W_g = 1,1 \text{ eV}$, $U_T = 26 \text{ mV}$

- n^+ ; $N_{D1} = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
- p^- ; $N_{A1} = 10^{12} \text{ cm}^{-3}$
- p^+ ; $N_{A2} = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
- n_i ; $1,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

Št. točk (od 25):

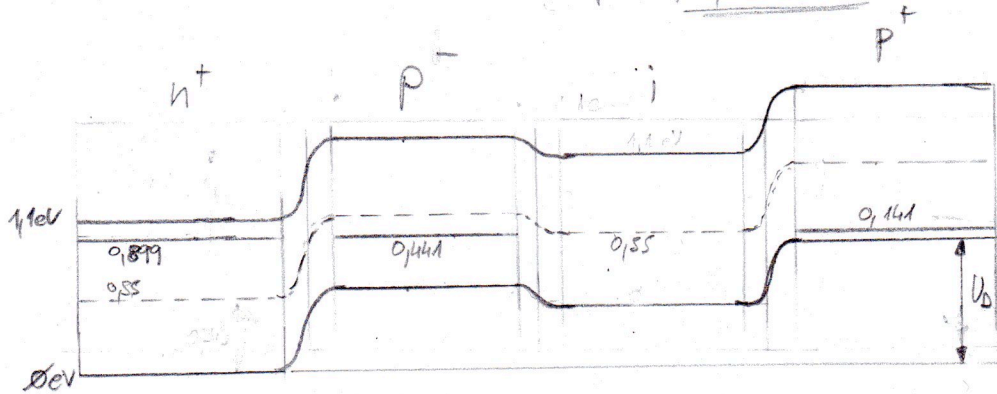
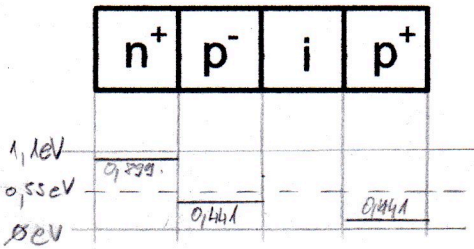
$n^+ = \Delta W_{Fn} = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_{D1}}{n_i}$

$n^+ = 26 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \ln \left(\frac{10^{16}}{1,5 \cdot 10^{10}} \right) = 0,349 \text{ eV}$

$p^- = 0,109 \text{ eV}$

$i = 0 \text{ eV}$

$p^+ = 0,409 \text{ eV}$



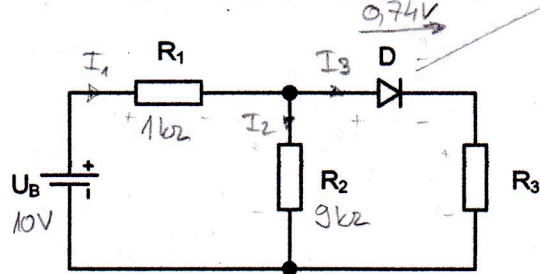
$U_D = 0,899 - 0,141$

$U_D = 0,758 \text{ V}$



3.) Za diodo D, ki je priključena v vezju imamo naslednje podatke: $N_A=10^{17} \text{ cm}^{-3}$, $N_D=10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $n_i=1,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, $T=350\text{K}$, $q=1,6 \times 10^{-19} \text{ As}$, $k=1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$. Za diodo še vemo, da pri prevodno priključeni napetosti 0,65V teče skozi njo tok 1mA. Izračunajte vrednost upora R_3 tako, da bo na diodi padec napetosti enak njeni difuzijski napetosti. Izračunajte še moč, ki se troši na diodi.

Podatki: $U_B=10\text{V}$, $R_1=1 \text{ k}\Omega$, $R_2=9 \text{ k}\Omega$;



$N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ $T = 350\text{K}$
 $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

$n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

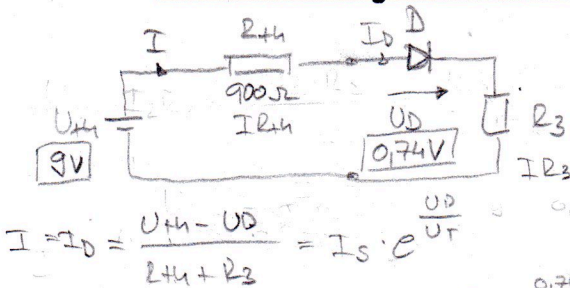
Št. točk (od 25):

$I_D (U_D = 0,65\text{V}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

$R_3 = ?$ da bo $U_D = U_{dif}$ $U_T = 30,16 \cdot 10^{-3} \text{ V}$

$I_D = I_S \cdot e^{\frac{U_D}{U_T}}$
 $I_S = \frac{I_D}{e^{\frac{U_D}{U_T}}} = 0,445 \text{ pA}$

$U_{dif} = \frac{kT}{q} \cdot \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$
 $= \frac{350\text{K} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ A s}} \cdot \ln \frac{10^{14} \cdot 10^{17}}{(1,5 \cdot 10^{10})^2}$
 $= 0,74\text{V}$



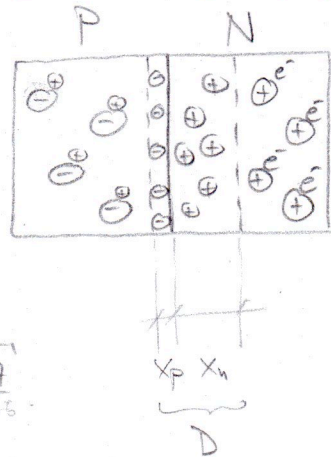
$I = I_D = \frac{U_{Th} - U_D}{R_{Th} + R_3} = I_S \cdot e^{\frac{U_D}{U_T}}$

$\Rightarrow R_3 = \frac{(U_{Th} - U_D) - I_S e^{\frac{U_D}{U_T}} R_{Th}}{I_S e^{\frac{U_D}{U_T}}} = -489,93 \Omega$

Naloga ni možna saj bi potrebni negativno upornost!

4.) Izračunajte za koliko se spremeni širina osiromašenega območja silicijeve PN diode, če na diodo priključimo napetost 20V v zaporni smeri. Pri kateri napetosti bi dioda prebila, če je prebojna električna poljska jakost v siliciju 250kV/cm.

Podatki: $N_A=10^{17} \text{ cm}^{-3}$,
 $N_D=10^{14} \text{ cm}^{-3}$,
 $n_i=1,5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$,
 $U_T=25,66 \text{ mV}$,
 $\epsilon_0=8,854 \times 10^{-14} \text{ As/Vcm}$,
 $\epsilon_r=11,7$,
 $q=1,6 \times 10^{-19} \text{ As}$



Št. točk (od 25):

$U_D = U_T \cdot \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2} = 0,629 \text{ V}$

$D = X_p + X_n$ $D_1 = 2,85 \mu\text{m}$

$X_n = \sqrt{\frac{2 \epsilon U_D}{q N_D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-14} \cdot 20\text{V} \cdot 11,7}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{14}}} = 16,33 \mu\text{m}$

$X_p = X_n \frac{N_D}{N_A} = 16,08 \mu\text{m} \cdot \frac{10^{14}}{10^{17}} = 16,33 \text{ nm}$

$D_2 = X_p + X_n = 16,33 \mu\text{m}$

$\Delta D = D_2 - D_1 = 13,48 \mu\text{m}$

$E_{max} = 250 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{cm}}$

$U_{BR} = E_{BR}^2 \cdot \frac{\epsilon}{2q N_D} - U_T \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$
 $= (250 \cdot 10^3)^2 \cdot \frac{8,85 \cdot 10^{-14} \cdot 11,7}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{14}} - 25,66 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{10^{17} \cdot 10^{14}}{(1,5 \cdot 10^{10})^2}$

2-2 $U_{BR} = 2,02 \text{ kV}$

