

Örnek: ideal bir p-n birleşiminde 300K'de ters saturasyon akımının % 95 oranında gerçekteki bias voltajı nedir? n=1 idealite faktörü

$$I = I_s \left[ \exp\left(\frac{qV_F}{nKT}\right) - 1 \right] \quad I = I_0 \left[ \exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1 \right]$$

$$1 - 0,95 = 0,05 = \exp\left(\frac{qV_F}{nKT}\right) - 1$$

$$1 - 0,95 = 0,05 = \exp\left(\frac{qV_F}{nKT}\right)$$

$$\ln(0,05) = \frac{qV_F}{nKT}$$

$$V_F = \frac{nKT}{q} \ln(0,05) = -2,59 \cdot \frac{nKT}{q} = -77,4 \text{ mV}$$

$$\frac{nKT}{q} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\frac{nKT}{q} = 0,026 \text{ eV}$$

Örnek: Bir p-n diyette 0,5 V bias voltajında 1mA akım geçiyorsa, Ters saturasyon akımı ne olur? 300K n=1 idealite faktörü

$$I = I_s \left( \exp\left(\frac{qV_D}{nKT}\right) - 1 \right) \approx I_s \exp\left(\frac{qV_D}{nKT}\right)$$

$$I_s = I_D \exp\left(-\frac{qV_D}{nKT}\right) = 0,001 \exp\left(-\frac{0,5}{0,026}\right)$$

$$I_s = 4,45 \cdot 10^{-12} \text{ A}$$

$$I = I_s \left[ \exp\left(\frac{qV_D}{nKT}\right) - 1 \right] \approx I_s \exp\left(\frac{qV_D}{nKT}\right)$$

$$0,001 = I_s \left[ \exp\left(\frac{0,5}{0,026}\right) - 1 \right]$$

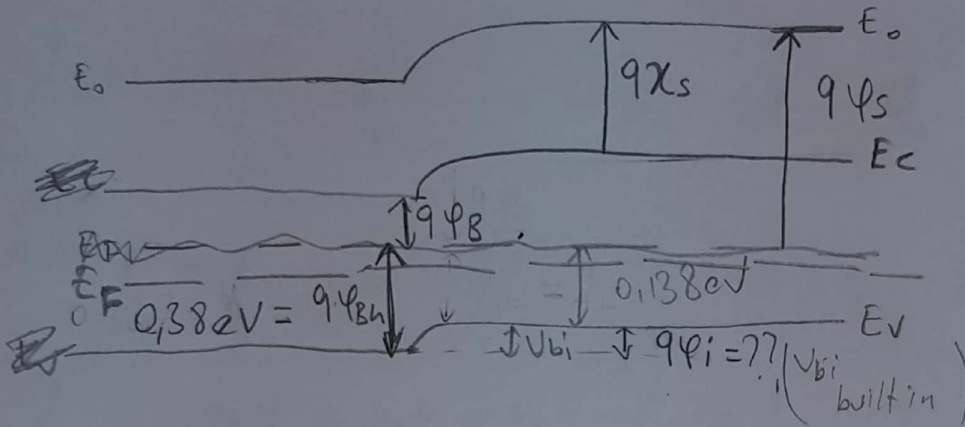
$$I_s = 0,001 \cdot \exp\left(-\frac{0,5}{0,026}\right) = 4,45 \cdot 10^{-12} \text{ A}$$

Örnek: P-tipi silisyum üzerine aliminyum kaplanarak elde edilen Schottky Diyotta  $\phi_B = 0,38 \text{ eV}$  'dur - idealite faktörü 1,05. (2)

- a) Silisyum üzerine yapılan katkı  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  ise, bölgeler için yükler ne olur?
- b) 300K'de ters biaslama yapıldığında  $10^{-6} \text{ A}$  akım geçtiğine göre, eklemden 1 mA akım geçebilmesi için metale uygulanması gereken potansiyelin (işareti) ne olmalıdır?

$$N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_V = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$



- a)  $\phi_i$  ve  $E_F - E_V$  'ye ihtiyacımız var.

$$E_F = E_V + kT \ln \left( \frac{N_V}{N_A} \right) = E_V + 0,138 \text{ eV} \Rightarrow E_F - E_V = 0,138 \text{ eV}$$

$$q\phi_i = q\phi_B - (E_F - E_V) = 0,38 \text{ eV} - 0,138 \text{ eV}$$

$$q\phi_i = 0,242 \text{ eV}$$

$$\frac{kT}{q} = 0,026 \text{ eV}$$

$$b) I = I_0 \left[ \exp \left( \frac{qV_A}{(1,05)kT} \right) - 1 \right]$$

idealite Faktörü

Ters biaslama akımı =  $I_0$

$$I_0 = 10^{-6} \text{ A}$$

$$1 \cdot 10^{-3} = 10^{-6} \exp \left( \frac{qV_A}{1,05kT} \right)$$

$$I = 1 \text{ mA} \text{ isteniyorsa}$$

$$V_A = 1,05 \left( \frac{kT}{q} \right) \ln(1000)$$

1000 kat arttırmak  
gerekir. ~~7~~

$$V_A = 0,124 \text{ V} \Rightarrow \text{Doğru biaslama değeri.}$$

$$V_A = 0,188 \text{ V}$$

Örneği: 0,25m uzatılmış, 400 sarımlı bir kalem 15A'lık akım geçiriyor.  $\mu_m = 3,13 \cdot 10^{-4}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$

a) Uzulanın magnetik alanı (Dış Magnetik Alan)

b) Magnetizasyonu  $\Rightarrow M = ?$

c) Magnetik indüksiyonu bulunuz.

$B = ?$

~~I akımı  
H' elde etmek için mi?  
Ind. mı???~~

$$a) H = \frac{NI}{l} = \frac{400 \cdot 15}{0,25} = 24.000 \text{ A.sarım/m} \Rightarrow \text{turn}$$

$$NI = Hl$$

$$b) M = \mu_m H = 3,13 \cdot 10^{-4} \cdot 24.000 = 7,51 \text{ A/m}$$

$$c) B = \mu_0 H + \mu_0 M = \mu_0 H + \mu_0 \mu_m H = \mu_0 H (1 + \mu_m)$$

$$B = 1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 24.000 (1 + 3,13 \cdot 10^{-4}) = 3,017 \cdot 10^{-2} \text{ Tesla}$$

Örneği: 20 sarımlı, 0,5m bir demir-silikon alaşımında  $B = 1,3 \text{ Tesla}$ ,  $\mu_m = 1,19 \cdot 10^{-4}$  ise dışındaki geçirgenliği?

Magnetik Duyarlık

$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_0 \mu_r} = \frac{B}{\mu_0 (1 + \mu_m)}$$

$$H = \frac{1,3}{1,257 \cdot 10^{-6} (1 + 1,19 \cdot 10^{-4})} = 1,034 \cdot 10^6 \text{ A.sarım/m}$$

$$I = \frac{Hl}{N} = \frac{1,034 \cdot 10^6 \cdot 0,5}{20} = 25,850 \text{ A}$$

Örnek: Bir maddesinde  $M = 3,2 \cdot 10^5 \text{ A/m}$ ,  $H = 50 \text{ A/m}$  ise

- a) Manyetik duyarlılık  
b) Manyetik sızdırmaklılık  
c) Manyetik indüksiyon
- } nedir??

$$a) \chi_m = \frac{M}{H} = \frac{3,2 \cdot 10^5}{50} = 6400$$

$$b) \mu = \mu_r \mu_0 = (1 + \chi_m) \mu_0$$

$$\mu = (1 + 6400) (1,257 \cdot 10^{-6})$$

$$\mu = 8,05 \cdot 10^{-3} \text{ H/m}$$

$$c) B = \mu H = 8,05 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 0,40 \text{ Tesla}$$



Örnek:

3

6

700nm dalga boyunda ışık yapan bir yarıiletkenin yasaak enj. aralıı nedir?

$$E_g = \frac{1,24 \text{ eV}}{\lambda (\mu\text{m})} = \frac{1,24 \text{ eV}}{0,7 \mu\text{m}} = 1,77 \text{ eV}$$

R

Örnek: a) Yansıtma katsayısı 0,7 olan bir ortamda;

ışığın hızı  $2,8 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  olduğuna göre ortamın sönüm katsayısı nedir?

b)  $\gamma = \frac{1}{2}$ ,  $h\nu = 4 \text{ eV}$ ,  $A = 800 \frac{1}{\text{meV}}$ ,  $E_g = 2,3 \text{ eV}$ ,  $I = 1 \text{ mA}$ ,  $I_0 = 4 \text{ mA}$  ise maddenin kalınlığı ne kadardır?

c) Ortamın geçirgenliğini bulunuz.

Çözüm:

a)

$$R = \frac{(n_r - 1)^2 + k^2}{(n_r + 1)^2 + k^2}$$

$$n_r = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,8 \cdot 10^8} = 1,071$$

$$0,7 = \frac{(1,071 - 1)^2 + k^2}{(1,071 + 1)^2 + k^2}$$

$$0,7 \left[ \underbrace{(1,071 + 1)^2}_{4,283} + k^2 \right] = (1,071 - 1)^2 + k^2$$

$$3,0023 + 0,7k^2 = 0,005041 + k^2$$

$$2,9972 = k^2 \left( \frac{1 - 0,7}{0,3} \right)$$

$$k^2 = 9,906$$

$$k = 3,16$$

(7)

b)

(4)

$$\alpha = A (h\nu - E_g)^{\frac{1}{2}}$$

$$\alpha = 800 (4 - 2,3)^{\frac{1}{2}} = 1040 \text{ cm}^{-1}$$

$$* I = I_0 \exp(-\alpha l)$$

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\alpha l)$$

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\alpha l \Rightarrow \underbrace{\ln\left(\frac{1}{4}\right)}_{-1,38} = -1040 l$$

$$l = 0,00133 \text{ cm}$$

c)

$$* T = (1 - R^2) \exp(-\alpha l)$$

$$T = (1 - 0,7^2) \exp(-1040 \cdot 0,00133)$$

-1,38

0,25

$$T = 0,127$$

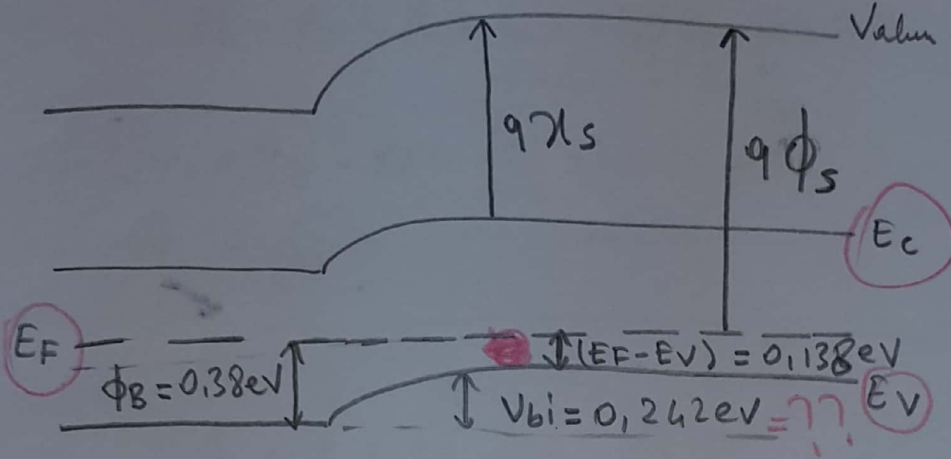
6

Soru-2-

p-tipi silisyum üzerine aliminyum kaplanarak elde edilen Schottky diyotta bariyer yüksekliği  $0,38 \text{ eV}$  ve idealite faktörü  $1,05$  'dir.

- a) Silisyum üzerine yapılan katkı  $N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  ise diyetun oluşum potansiyeli nedir?  
b)  $300 \text{ K}$ 'de ters biaslama yapıldığında  $10^{-6} \text{ A}$  akım geçtiğine göre, eklemiden  $1 \text{ mA}$  akım geçebilmesi için metale uygulanması gereken potansiyel fark ne olmalıdır.

$$N_V = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$



a)  $V_{bi} = \phi_B - (E_F - E_V) = 0,38 - (E_F - E_V) = 0,38 - 0,138 = 0,242 \text{ eV}$

\*  $E_F = E_V + \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{N_V}{N_A} \right) = E_V + 0,026 \ln \left( \frac{2 \cdot 10^{19}}{10^{17}} \right)$   
 $E_F - E_V = 0,138 \text{ eV}$

b)  $I = I_s \left[ \exp \left( \frac{q V_A}{n k T} \right) - 1 \right]$   $I_s = 10^{-6} \text{ A}$   
 $I = 1 \text{ mA}$

$$10^{-3} = 10^{-6} \left[ \exp \left( \frac{q V_A}{1,05 \cdot 0,026 \text{ eV}} \right) \right]$$

$$\ln 10^3 = \frac{V_A}{\frac{1,05 \cdot 0,026}{0,0273}} \Rightarrow 0,027168$$

$V_A = 0,19 \text{ (V)}$   $\Rightarrow$  Doğru biaslama şekli.

Örnek: Bir  $n$ -tipi Krom-silisyum, metal-yarıiletken ekleme  $N_d \approx 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  de  $\phi_m = 4,5 \text{ eV}$   $\chi = 4,05 \text{ eV}$   $E_g = 1,12 \text{ eV}$   $N_c = 2,82 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$   $N_v = 4,83 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$   $\phi_B = 0,45 \text{ eV}$   $\phi_i = 0,30 \text{ eV}$   $\phi_B = 0,67 \text{ eV}$   $\phi_i = 0,53 \text{ eV}$

Barier yüksekliğini ve  $V_{bi}$  built-in potansiyeli hesaplayınız.

Aynı şeyi  $p$ -tipi katkılanmış sistem için hesaplayınız.

a) Barier yüksekliği:

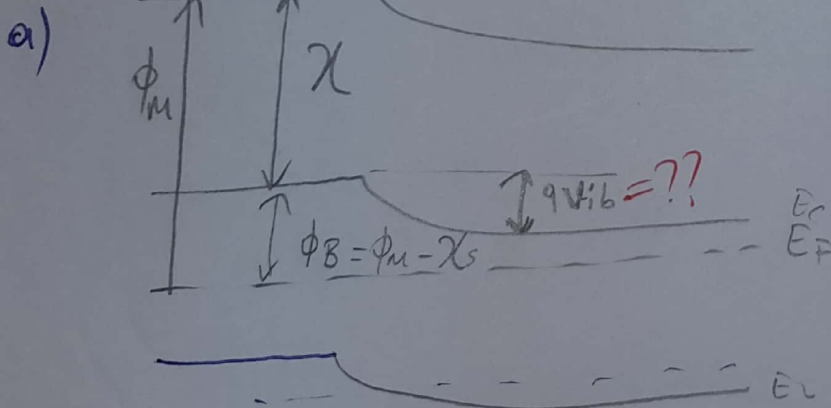
$n$ -tipi:  $\phi_B = \phi_m - \chi = 4,5 - 4,05 = 0,45 \text{ eV}$   $E_f = E_c - kT \ln \frac{N_c}{N_d}$   $\phi_i = \phi_B - kT \ln \frac{N_c}{N_d} = 0,45 - 0,0259 \ln \left( \frac{2,82 \cdot 10^{19}}{10^{17}} \right) = 0,30 \text{ eV}$   $\phi_i = qV_{bi}$

b)  $p$ -tipi:

$\phi_B = \chi + \frac{E_g}{q} - \phi_m = 4,05 + 1,12 - 4,5 = 0,67 \text{ eV}$

Built-in potansiyeli:

$\phi_i = \phi_B - kT \ln \frac{N_v}{N_a} = 0,67 - 0,0259 \ln \left( \frac{4,83 \cdot 10^{17}}{10^{17}} \right) = 0,53 \text{ eV}$





8

Soru- 2-

- a) n-kanal oluşturmali MOSFET için  $I_{DS}-V_{DS}$  ve  $I_{DS}-V_{GS}$  karakteristiklerini çiziniz.
- b) Doyum bölgesinde çalışan kanal ayarlamali MOSFET için yük hareketliliği  $400\text{cm}^2/\text{Vs}$  oksit kapasitesi  $C_{ox}=40\text{ nF/cm}^2$  kanal uzunluğu  $0.5\text{ }\mu\text{m}$ , kanal genişliği  $3\text{ }\mu\text{m}$ 'dir. Bu MOSFET'ten geçen akımın sıfır olması için  $V_{GS}$  ne olmalıdır ? ( $V_t=3\text{V}$ )

$$I_D = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$0 = \frac{400 \cdot 40 \cdot 10^{-9}}{2} \frac{3 \mu\text{m}}{0.5 \mu\text{m}} \frac{(V_{GS} - 3)^2}{0}$$

$$V_{GS}^2 + 9 - 6 V_{GS} = 0$$

$$V_{GS}^2 - 6 V_{GS} + 9 = 0$$

$$V_{GS} = 3\text{V}$$

## Yarıiletken Fizikî-1-

$$\left. \begin{array}{l} n\text{-tipi} \Rightarrow E_F = E_c - kT \ln \left( \frac{N_c}{N_d} \right) \\ p\text{-tipi} \Rightarrow E_F = E_v + kT \ln \left( \frac{N_v}{N_a} \right) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \mu = \mu_0 (1 + \chi) \\ NI = H \ell \\ M = \chi_m H \\ B = \mu_0 H (1 + \chi_m) \\ \mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m} \end{array}$$

$$I = I_0 \left[ \exp \left( \frac{qV}{n k T} \right) - 1 \right] \quad \begin{array}{l} I \Rightarrow \text{Doğru akım} \\ I_0 \Rightarrow \text{Ters akım} \end{array}$$

$$\frac{1}{r_c} = \frac{dI}{dV}, \quad V_{Hall} = \frac{IB}{nqa}, \quad K = ^\circ C + 273$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$E_g = \frac{1,24 \text{ eV}}{\lambda (\mu m)}$$

$$e = q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k_n' = \mu_n C_{ox}, \quad \beta = \frac{I_c}{I_B}$$

$$I = I_0 \exp(-\alpha e)$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_0 \Rightarrow \text{Geçen ısıtık şiddeti}$$

$$R = \frac{V}{I}, \quad I_C = \beta I_B$$

$$I \Rightarrow \text{Geçen ısıtık şiddeti}$$

$$I_D = k_n' \frac{W}{L} \left[ (V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right] \Rightarrow \text{Triode Bölgesi}$$

$$I_D = \frac{1}{2} k_n' \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2 \Rightarrow \text{Doğru Bölgesi}$$