

Đáp số và bài giải của Bài tập ôn KTGHK–AY1213-S1
Môn học: Dụng cụ bán dẫn

<p><i>Các hằng số được sử dụng trong các câu hỏi:</i> $k =$ hằng số Boltzman $= 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/}^\circ\text{K}$ $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ (điện tích điện tử) $\epsilon_s = 11.9 \times 8.85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$ (hằng số điện môi bán dẫn Si) $V_T = kT/q = 0.025 \text{ V}$ ở $T = 300^\circ\text{K}$ $n_i = 10^{10} / \text{cm}^3$ ở $T = 300^\circ\text{K}$ (bán dẫn Si)</p>	<p><i>Trích bảng phân loại tuần hoàn:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Nhóm 3: B, Al, Ga, In Nhóm 4: C, Si, Ge, Sn, Pb Nhóm 5: N, P, As, Sb
--	--

Chú ý:

- ĐS là viết tắt của “đáp số”.
- Qui ước:
 - Với diode nếu không cho trị số của η thì hiểu ngầm $\eta = 1$.
 - Không ghi nhiệt độ đang xét thì $T = 300^\circ\text{K}$.
 - Mô hình sụt áp hằng của diode Si có $V_{ON} = V_\gamma = 0.7 \text{ V}$

Đáp án các câu trắc nghiệm

Câu	ĐS	Chú thích
1	C	
2	B	
3	A	$\phi_F = (E_i - E_F)/q$, với bán dẫn loại N thì $E_F > E_i$ và tăng $N_D \Rightarrow$ tăng $E_F \Rightarrow \phi_F$ âm hơn!
4	B	
5	B	$p = N \gg n_i \Rightarrow n_i/N \ll 1 \Rightarrow n = n_i^2/N \ll n_i \Rightarrow p \gg n \Rightarrow$ bán dẫn loại P
6	A	Ga (III) $\Rightarrow N_A = 2 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ và As (V) $\Rightarrow N_D = 10^{16} / \text{cm}^3$ Vì $N_D - N_A = 8 \times 10^{15} / \text{cm}^3 \gg n_i = 10^{10} / \text{cm}^3 \Rightarrow n = 8 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ và $p = n_i^2/n = (1/8) \times 10^5 / \text{cm}^3$
7	A	
8	B	Ta có $N_A W_P = N_D W_N \Rightarrow W_P/W_N = N_D/N_A = N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3} / 10^{17} \text{ cm}^{-3} = 10^{-2} = 0.01$
9	B	$\mu_n = vn/E = 6 \times 10^6 / 5 \times 10^3 = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs} \Rightarrow D_n = V_T \mu_n = 30 \text{ cm}^2/\text{s}$
10	C	$\lambda [\text{nm}] = 1240 / E_g [\text{eV}] = 1240 / 1.42 \text{ eV} = 873.24 \text{ nm} \approx 873 \text{ nm}$
11	B	$p_p = N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ và $n_n = 10^{15} \text{ cm}^{-3} \Rightarrow p_n = n_i^2/n_n = 10^{20} / 10^{15} = 10^5 \text{ cm}^{-3}$
12	C	$\phi_F = (E_i - E_F)/q$, với bán dẫn loại N thì $E_F > E_i \Rightarrow \phi_F < 0$
13	A	$V_{bi} = V_T \ln(N_A N_D / n_i^2) = 0.025 \ln(10^{17} \times 10^{15} / 10^{20}) = 0.6908 \approx 0.69 \text{ V}$
14	D	$I_D = I_0 (\exp((V_D - R_S I_D)/\eta V_T) - 1) = 1.8 \times 10^{-12} \times (\exp(0.6/(1.2 \times 0.025)) - 1) = 87 \text{ mA}$
24	D	Bán dẫn loại N $\Rightarrow \sigma \approx \sigma_n = nq\mu_n \Rightarrow R = \rho L/HW = L/(nq\mu_n HW) = 862 \Omega$ (chú ý đơn vị tính)
25	D	
26	A	$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s(V_{bi} - V_A)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)} \Rightarrow W = 0.275 \mu\text{m}$ (phải tính trước $V_{bi} = 0.691 \text{ V}$)
27	B	Xét về độ lớn X của V_{BR} , theo đề bài thì $TCX < 0 \Rightarrow$ đánh thủng đường hầm
28	A	$r_D = V_T/I_D \Rightarrow I_D = V_T/r_D = 0.025/2.5 = 0.01 \text{ A} = 10 \text{ mA}$ và $V_D = V_T \ln(I_D/I_0 + 1) = 0.56 \text{ V}$
29	D	
30	D	Ta có $C_J = \frac{C_{J0}}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_{bi}}}} \Rightarrow V_R = V_{bi}((C_{J0}/C_J)^2 - 1) = 0.7 \times ((100/50)^2 - 1) = 0.7 \times 3 = 2.1 \text{ V}$

37	D	D1 – OFF và D2 – ON $\Rightarrow I_X = (2 - V_{ON} - (-4))/2 \text{ K} = \mathbf{2.65 \text{ mA}}$ và $V_X = 2 - V_{ON} - (-4) = \mathbf{5.3 \text{ V}}$
38	D	Diode bên trái OFF và diode bên phải ON $\Rightarrow I_X = \mathbf{0 \text{ mA}}$ và $I_{10K} = (5 - (-5) - 0.7)/15 \text{ K} = 0.62 \text{ mA}$ và $V_X = 5 - 10K \times I_{10K} = \mathbf{-1.2 \text{ V}}$

ĐS hoặc bài giải các câu tự luận

15_ĐS. $n = p = 0$

16_ĐS. $n = N \gg n_i \Rightarrow n_i/N \ll 1 \Rightarrow p = n_i^2/N \ll n_i \Rightarrow n \gg p \Rightarrow$ bán dẫn loại N \Rightarrow Tạp chất là donor

17_ĐS. $p = n_i^2/n = 10^{20}/10^5 = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

18_ĐS.

- a) $N_D = 10^{15}/\text{cm}^3 \gg N_A \Rightarrow n = N_D = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ và $p = n_i^2/n = 10^{20}/10^{15} = 10^5 \text{ cm}^{-3}$
b) $N_A = 10^{16}/\text{cm}^3 \gg N_D \Rightarrow p = N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ và $n = n_i^2/p = 10^{20}/10^{16} = 10^4 \text{ cm}^{-3}$
c) $N_D - N_A = 10^{16} - 9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3} = 10^{15} \text{ cm}^{-3} \gg n_i \Rightarrow n = N_D - N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ và $p = n_i^2/n = 10^5 \text{ cm}^{-3}$

19_ĐS. Ga (III) $\Rightarrow N_A = 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

\Rightarrow Bán dẫn loại P với $p = N_A = 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ và $n = n_i^2/p = (2 \times 10^{13})^2 / 3 \times 10^{15} = (4/3) \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$

\Rightarrow Loại hạt dẫn đa số là lỗ, nồng độ hạt dẫn đa số là $p = 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

và nồng độ hạt dẫn thiểu số là $n = (4/3) \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$

\Rightarrow Độ dẫn điện $\sigma \approx \sigma_p = pq\mu_p =$ (đề này thiếu số liệu μ_p)

21_ĐS.

Ta có $\sigma = \sigma_n + \sigma_p = nq\mu_n + pq\mu_p \Rightarrow \rho = 1/\sigma = 1/(nq\mu_n + pq\mu_p)$

Theo đề bài ta tìm được $p = N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3} = 10^{23} \text{ m}^{-3}$ và $n = n_i^2/p = 10^{20}/10^{17} = 10^3 \text{ cm}^{-3} = 10^9 \text{ m}^{-3}$

Thay các trị số $\mu_n = 800 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 330 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Vs}$, n, p và q vào biểu thức trên, suy ra

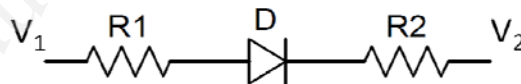
$$\rho = 1.89 \times 10^{-3} \Omega\text{m} = 0.189 \Omega\text{cm}$$

22_ĐS. $R = L/((nq\mu_n + pq\mu_p)HW)$

23_ĐS. $R = L/((nq\mu_n + pq\mu_p)HW)$

Với bán dẫn loại N thì $R \approx L/(nq\mu_n HW) = 862 \Omega$

31_ĐS. Loại BT này thường nhận xét hiệu điện thế của $V_1 - V_2$ của dạng tổng quát sau:



$V_1 - V_2$	Diode D
< 0	Được phân cực ngược
$= 0$	Không phân cực
> 0	Được phân cực thuận

Áp dụng bảng trên để tìm các trường hợp phân cực trong hình BT.1 và BT.2:

Trường hợp	Hình BT.1	Hình BT.2
(a)	Được phân cực thuận	Được phân cực thuận
(b)	Được phân cực ngược	Được phân cực ngược
(c)	Được phân cực thuận	Được phân cực ngược
(d)	Được phân cực thuận	Được phân cực thuận

32_ĐS. $I = (V_{CC} - 2 \times V_{ON})/R = (6 - 2 \times V_{ON})/10^3$

a) $I = (6 - 2 \times V_{ON})/10^3 = (6 - 2 \times 0.7)/10^3 = 4.6 \times 10^{-3} \text{ A} = 4.6 \text{ mA}$

b) $I = (6 - 2 \times V_{ON})/10^3 = (6 - 2 \times 0.3)/10^3 = 5.4 \times 10^{-3} \text{ A} = 5.4 \text{ mA}$

33_ĐS.

Các giá trị	Mô hình lý tưởng	Mô hình sụt áp hằng	Mô hình có r_F
I	$16/2K = 8 \text{ mA}$	$(16 - 0.7)/2K = 7.65 \text{ mA}$	$(16 - 0.7)/(2K + 50) = 7.46 \text{ mA}$
V_R	16 V	$16 - 0.7 = 15.3 \text{ V}$	$2K \times I = 2 \times 7.46 = 14.92 \text{ V}$
V_D	0 V	$V_{ON} = V_\gamma = 0.7 \text{ V}$	$16 - V_R = 16 - 14.92 = 1.08 \text{ V}$

34_ĐS.

Các giá trị	Hình BT.5 (a) (D1-OFF và D2-ON)	Hình BT.5(b) (D1 và D2 đều ON)
Dòng qua diode D1	0 mA	$(5 - 2 \times 0.7)/200 = 18 \text{ mA}$
Dòng qua diode D2	$(10 - 0.7)/1.8K = 5.17 \text{ mA}$	18 mA

35_ĐS.

- c) Diode dẫn $\Rightarrow I_X = (8 - (-4) - 0.7)/10K = 1.113 \text{ mA}$ và $V_X = -4 + 0.7 = -3.3 \text{ V}$
d) Diode tắt $\Rightarrow I_X = 0$ và $V_X = 10 \text{ V}$

39_ĐS. Bán dẫn thuần có $n = p = n_i \Rightarrow \sigma = qn_i(\mu_n + \mu_p) = 2.88 \times 10^{-4} \text{ S/m}$

40_ĐS. Gọi A là tiết diện ngang và L là chiều dài của thanh Si.

Theo câu trên thì $\rho = 1/\sigma = 1/(qn_i(\mu_n + \mu_p)) = 3.04 \times 10^{-4} \text{ S/m}$

Ta có $R = V/I = 9V/1.2mA = \rho \times L/A$

$\Rightarrow L = AV/\rho I = \rho AV/I = 3.04 \times 10^{-4} \times 2.5 \times 10^{-4} \times 9/1.5 \times 10^{-3} = 4.56 \times 10^{-4} \text{ m}$

41_ĐS.

Ta có dòng qua diode $I_D \approx I_0 \times \exp(V_D/\eta V_T)$

$\Rightarrow I_{D2}/I_{D1} = \exp(V_{D2}/\eta V_T) / \exp(V_{D1}/\eta V_T) = \exp((V_{D2} - V_{D1})/\eta V_T)$

$\Rightarrow I_{D2} = I_{D1} \times \exp((V_{D2} - V_{D1})/\eta V_T) = 2.5 \text{ mA} \times \exp((0.8 - 0.71)/(2 \times 0.025)) = 15.12 \text{ mA}$

42_ĐS.

Ta có $I_{D2}/I_{D1} = 2 = \exp((V_{D2} - V_{D1})/\eta V_T)$

$\Rightarrow \eta = (V_{D2} - V_{D1})/(\ln 2 \times V_T) = (0.42 - 0.4) / (\ln 2 \times 0.025) = 1.15$

Ngoài ra $I_{D1} = 10 \text{ mA} = I_0 \times \exp(0.4/(1.15 \times 0.025)) \Rightarrow I_0 = 3.63 \times 10^{-8} \text{ A}$

Như vậy diode này có $\eta = 1.15$ và $I_0 = 3.63 \times 10^{-8} \text{ A}$

43_ĐS.

- a) Theo đề bài ta có $I_0(T_2) = I_0(T_1) \times 2^{(T_2 - T_1)/10}$ với T_1, T_2 tính theo $^\circ\text{C}$.

$\Rightarrow I_0(82^\circ\text{C}) = I_0(27^\circ\text{C}) \times 2^{(82-27)/10} = 3 \text{ nA} \times 2^{55/10} = 135.76 \text{ nA}$

- b) $I_D(82^\circ\text{C}) = I_0(82^\circ\text{C}) \times \exp(0.25/(2 \times 0.025)) = 2.02 \times 10^{-5} \text{ A}$

44_ĐS.

$N_A - N_D = 3 \times 10^{14}/\text{cm}^3 - 2 \times 10^{14}/\text{cm}^3 = 10^{14}/\text{cm}^3 > 0 \Rightarrow$ Bán dẫn loại P.

$p_p = \frac{1}{2} \left[N_A - N_D + \sqrt{(N_A - N_D)^2 + 4n_i^2} \right] \Rightarrow p_p = 1.06 \times 10^{14}/\text{cm}^3$

Và $n_p = n_i^2/p_p = 6.25 \times 10^{26}/\text{cm}^3 / 1.06 \times 10^{14}/\text{cm}^3 = 5.896 \times 10^{12}/\text{cm}^3$

45_ĐS.

Bán dẫn loại P có $\sigma \approx \sigma_p = qp\mu_p$

$\Rightarrow p = \sigma/q\mu_p = 1.25 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

Và $n = n_i^2/p = 6.25 \times 10^{26} \text{ cm}^{-3} / 1.25 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} = 5 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$