3.19

（a） $E_{F0}(T) - E_i = \begin{cases} 0.0194 \ln\left(\dfrac{0.250 m_0}{1.10 m_0}\right) = -0.0287 \text{ V} \\ 0.0194 \ln\left(\dfrac{1.21 m_0}{0.450 m_0}\right) = 0.0192 \text{ V} \end{cases}$

（b） $E_{F0}(T) - E_i = 0.0299$ V

3.23

（2分） $n_i = \sqrt{N_C N_V} \exp\left(-\dfrac{E_g}{2k_B T}\right) = aT^{1.5} \exp\left(-\dfrac{b}{T}\right)$（a）

） $T = 300$K，应该完全电离， $n_i = 3.05 \times 10^{13}$ cm^{-3}

$E_{Fi} - E_F = 0.0904$ eV

$T = 400$K， $n_i = 1.13 \times 10^{15}$ cm^{-3}

$E_{Fi} - E_F = 0.0148$ eV

$T = 500$K， $E_{Fi} - E_F = 0.00206$ eV

$T = 600$K， $E_{Fi} - E_F = 0.000517$ eV

3.24 $p_0 = 2.13 \times 10^{15}$ cm^{-3}

$n_0 = 2.27 \times 10^{4}$ cm^{-3}

补充题：

1. （5 分）dE 能量范围有自旋量子态数为

$$dN = (2L/\pi)dk = L(2m)^{1/2}E^{-1/2}dE/(\pi\hbar)$$

$$\rho(E) = dN/(LdE) = (2m/E)^{1/2}/(\pi\hbar)$$

2.（a） $E \geq E_F + k_B T \ln(9.512) = E_F + 2.253 k_B T$

（b） $f_F(E = E_F + 2.253 k_B T) = \dfrac{1}{1+9.512} = 0.09513 = 9.513\%$

4.6【20 分】（a）

（1）空穴和电子反向饱和电流

$$J_{sp} = 3.6\times10^{-10}\ \mathrm{A/cm^2} \qquad J_{sn} = 5.69\times10^{-11}\ \mathrm{A/cm^2}$$

$$I_{sp} = J_{sp}\times A = 3.6\times10^{-14}\ \mathrm{A} \qquad I_{sn} = J_{sn}\times A = 5.69\times10^{-15}\ \mathrm{A}$$

（2） $V_D = 0.617V \qquad p_n(x_n) = 3.35\times10^{10}\ \mathrm{cm^{-3}}$

（3）
$$J_p(x_n+0.5L_p) \approx -eD_p\left.\frac{\mathrm{d}\Delta p}{\mathrm{d}x}\right|_{x_n+0.5L_p} = 3.25\times10^{-5}\ \mathrm{A/cm^{-2}}$$

$$I_p(x_n+0.5L_p) = 3.25\times10^{-9}\ \mathrm{A}$$

（b）
$$\Delta p_n(x) = p_n(x) - p_{n_0} = p_{n_0}\left(\exp\left(\frac{eV_F}{k_BT}\right)-1\right)\exp\left(\frac{x_n-x}{L_p}\right) = \frac{n_i^2}{N_D}\left(\exp\left(\frac{eV_F}{k_BT}\right)-1\right)\exp\left(\frac{-x}{\sqrt{D_p\tau_{p0}}}\right)$$

$$J_p(x) = 0.192\exp(-0.354\times10^3 x)\ \mathrm{A/cm^2}$$

$$J_0 = 0.433\ \mathrm{A/cm^2}$$

$$J_p(x = x_n + 3\times10^{-4}\ \mathrm{cm}) = 0.173\ \mathrm{A/cm^2}$$

$$J_n(x = x_n + 3\times10^{-4}\ \mathrm{cm}) = 0.26\ \mathrm{A/cm^2}$$

补充题：

1. $J_p = eD_p \frac{p_{n0}}{L_p} = eD_p \frac{n_i^2}{N_D L_p}$ =8.36*10^{-11} A/cm^2

$J_0 = J_n + J_p \approx J_p$ =8.36*10^{-11} A/cm^2

V_t = 0.661v

3. 略

2. （a）GaAs 材料是 P 型导电、Ge 材料是 n 型导电　形成 Pn 异质结

（b）晶格失配率 = 0.07%

（c） = 0.0600 eV

（d） 0.710 eV

（e） $E_{FGaAs} - E_{iGaAs}$ = -0.577 eV

GaAs 中性区的费米能级与最近允带之差：$E_{FGaAs} - E_{VGaAs} = (E_{FGaAs} - E_{iGaAs}) - (E_{VGaAs} - E_{iGaAs})$ = 0.138 eV

（f） $E_{FGe} - E_{iGe} = k_B T \ln(N_D/n_{iGe})$ = 0.136 eV

Ge 中性区的费米能级与最近允带之差：$E_{FGe} - E_{CGe} = (E_{FGe} - E_{iGe}) - (E_{CGe} - E_{iGe})$ = -0.194 eV

（g） ΔE_0 = 1.04 eV

（h） $x_n = \left[\frac{2\varepsilon_n \varepsilon_P N_A V_D}{eN_D(\varepsilon_n N_D + \varepsilon_P N_A)}\right]^{1/2}$ = 0.491 μm

$x_P = (N_D / N_A)\, x_n$ = 0.266 μm

（i） V_{Dn} = 0.627 eV

V_{DP} = 0.414 eV