

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester KSCP  
Sidang Akademik 2004/2005

Mei 2005

**ZCC - 543/4 - Fizik Semikonduktor**

Masa 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini

Jawab kesemua **EMPAT** soalan. Kesemua soalan wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia

Pemalar, Cas elektron  $C = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$   
 Pemalar Planck  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J s}$   
 Pemalar Boltzmann  $k = 1.381 \times 10^{-23} \text{J/K}$   
 Jisim rehat elektron  $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$

- 1 (a) Antara dua sifat utama semikonduktor ialah kebersandaran kekonduksian kepada suhu dan kebersandaran kekonduksian kepada jenis bendasing di dalam semikonduktor. Berdasarkan dua sifat tersebut di atas bincangkan secara ringkas bagaimana anda memanipulasinya dalam teknologi masaknya.  
(10/100)
- (b) Perbincangan pengangkutan elektron di dalam semikonduktor memerlukan jisim berkesan  $m^*$  diperkenalkan menggantikan jisim rehat elektron  $m_0$ . Jelaskan kenapa?  
(10/100)
- (c) Pergerakan elektron 1-dimensi di dalam bahan semikonduktor akan lebih jelas difahami dengan bantuan lakaran rajah tenaga elektron, halaju elektron dan jisim berkesan elektron melawan vektor gelombang  $k$ . Lakarkan ketiga-tiga rajah tersebut.  
(30/100)
- (d) Tanpa daya luar elektron bergerak secara rawak di dalam semikonduktor dengan sesaran bersih sifar. Adanya pengaruh daya luar  $F$  menyebabkan elektron mengalami pergerakan bersih yang bukan sifar. Bincangkan bagaimana satu elektron berinteraksi dengan kekisi hablur dibawah suatu daya luar  $F$  menggunakan rajah tenaga  $E$  melawan vektor gelombang  $k$ .  
(30/100)
- (e) Menggunakan persamaan pengangkutan elektron di dalam semikonduktor isotropik terbitkan ungkapan mewakili kelincahan elektron.  
(20/100)
- 2 (a) Huraikan kenapa konsep kelincahan tidak boleh digunapakai bagi elektron yang bergerak di dalam vakum?  
(10/100)
- (b) Lohong di dalam semikonduktor sentiasa kurang lincah daripada elektron. Huraikan kenyataan ini.  
(10/100)

- (c) Terangkan secara ringkas proses-proses serakan terhadap pembawa seperti berikut (20/100)

- I Serakan getaran kekisi
- II Serakan bendasing neutral
- III Serakan bendasing terion
- IV Serakan pembawa-pembawa

- (d) Diketahui bahawa kelincahan pembawa adalah bersandar suhu. Ini adalah kerana ungkapan masa serakan yang bersandar suhu di dalam persamaan kelincahan pembawa. Daripada senarai di bahagian c) di atas nyatakan proses serakan yang akan menghadkan kelincahan pada i) suhu rendah ii) suhu bilik. Jelaskan kenapa? (20/100)

- (g) Untuk semikonduktor tak degenerat, keadaan keneutralan cas menghasilkan ungkapan

$$N_V \exp\left(-\frac{E_F - E_V}{kT}\right) - N_C \exp\left(-\frac{E_C - E_F}{kT}\right) + N_d \left[1 + 2 \exp\left(\frac{E_F - E_d}{kT}\right)\right]^{-1} - N_a \left[1 + 2 \exp\left(\frac{E_a - E_F}{kT}\right)\right]^{-1} = 0$$

- (i) Tunjukkan bahawa untuk semikonduktor jenis -p

$$E_F = E_i - kT \ln\left(\frac{p_0}{n_i}\right) \quad (30/100)$$

- (ii) Seterusnya hitung dan lakarkan kedudukan paras Fermi di dalam sampel Si pada 300K yang didop dengan  $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  atom P. Anggapkan kesemua atom penerima terion. (10/100)

- 3 (a) Huraikan kesan banyak jasad di dalam semikonduktor yang degenerat (40/100)

- (b) Terangkan secara ringkas perbezaan antara serapan optik di dalam semikonduktor tak terus seperti Ge dengan semikonduktor terus seperti GaAs (20/100)

- (c) Suatu sampel Si didop dalam keadaan di mana  $J_h = 3J_e$  di bawah suatu medan elektrik luar di mana  $J_h$  dan  $J_e$  adalah arus lohong dan elektron. Hitung kepekatan elektron dan lohong pada keseimbangan, pendopan bersih dan kerintangan bahan pada suhu 300K  
(20/100)
- (d) Pemalar resapan elektron di dalam sampel Ge ialah  $105\text{cm}^2/\text{s}$ . Tentukan panjang laluan bebas dan halaju hanyut pembawa di dalam medan elektrik  $250\text{V/cm}$ . Tentukan juga tenaga diperolehi oleh pembawa di dalam laluan bebas. Anggapkan suhu 300K  
(20/100)
- 4 (a) Terangkan fenomena diod terowong dengan bantuan rajah jalur tenaga  
(30/100)
- (b) Lakarkan kurva I-V diod terowong dan kaitkan bahagian kurva tertentu dengan rajah-rajah-rajah jalur tenaga yang anda lakarkan di dalam bahagian a)  
(30/100)
- (c) Di dalam proses serapan fonon, jelaskan kenapa sinar elektromagnet yang datang hanya berinteraksi dengan mod optik tetapi tidak dengan mod akustik?  
(20/100)
- (d) Jelaskan struktur, binaan, operasi dan output suatu laser semikonduktor  
(20/100)

**Properties of Ge, Si and GaAs at 300K**

Property	Ge	Si	GaAs
Atomic/molecular weight	72.6	28.09	144.63
Density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	5.33	2.33	5.32
Dielectric constant	16.0	11.9	13.1
Effective density of states			
Conduction band, $N_c$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$1.04 \times 10^{19}$	$2.8 \times 10^{19}$	$4.7 \times 10^{17}$
Valence band $N_v$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$6.0 \times 10^{18}$	$1.02 \times 10^{19}$	$7.0 \times 10^{18}$
Electron affinity (eV)	4.01	4.05	4.07
Energy gap, $E_g$ (eV)	0.67	1.12	1.43
Intrinsic carrier concentration, $n_i$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$2.4 \times 10^{13}$	$1.5 \times 10^{16}$	$1.79 \times 10^6$
Lattice constant (Å)	5.65	5.43	5.65
Effective mass			
Density of states $m_e^*/m_0$	0.55	1.18	0.068
$m_h^*/m_0$	0.3	0.81	0.56
Conductivity $m_e/m_0$	0.12	0.26	0.09
$m_h/m_0$	0.23	0.38	
Melting point (°C)	937	1415	1238
Intrinsic mobility			
Electron ( $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{sec}^{-1}$ )	3900	1350	8500
Hole ( $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{sec}^{-1}$ )	1900	480	400