
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2008/2009

November 2008

ZAT 386/4 – Physics of Semiconductor Devices
[Fizik Peranti Semikonduktor]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains **FIVE** printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

Instruction: Answer **ALL FIVE (5)** questions. Students are allowed to answer all questions in Bahasa Malaysia or in English.

Arahan: Jawab **SEMUA LIMA (5)** soalan. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

.../2-

- 2 -

1. (a) How many atoms are there at every face (mm^2) in lead (atomic radius = 1.750 \AA at plane face (100) and (111)? (lead – face centered cubic – fcc).
[Berapa jumlah atom bagi setiap muka (mm^2) bagi plumbum (jejari atom = 1.750 \AA) pada muka satah (100) dan (111)? (plumbum – kubus berpusatkan muka – fcc).]
 (30/100)
- (b) Calculate the energy relative to the Fermi energy for which the Fermi function equals 5%. Write the answer in units of kT.
[Kira relatif tenaga kepada tenaga Fermi bagi fungsi Fermi sama dengan 5%. Tulis jawapan dalam unit kT.]
 (30 /100)
- (c) Two different types of semiconductor materials n and p types are combined? Why did the carriers move? In a short moment the carriers stop moving, why carriers stop moving?
[Dua jenis bahan semikonduktor jenis n dan jenis p telah digabungkan. Mengapakah pembawa-pembawa cas bergerak? Seketika kemudian pembawa-pembawa tersebut berhenti bergerak, apakah yang menyebabkan gerakan pembawa-pembawa tersebut berhenti?]
 (40/100)
2. (a) A piece of silicon doped with arsenic ($N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) is $100 \mu\text{m}$ long, $10 \mu\text{m}$ wide and $1 \mu\text{m}$ thick. Calculate the resistance of this sample when contacted one each end. (carrier mobility = $727 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)
[Satu bahan silikon terdop dengan arsenik ($N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) panjang $100 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$ lebar dan $1 \mu\text{m}$ tebal. Kira rintangan sampel apabila di sentuh pada kedua-dua hujungnyanya. (kelincahan pembawa = $727 \text{ cm}^2/\text{Vs}$).]
 (30/100)

.../3-

- (b) When a carrier which was excited to a higher energy impurity level decay back to equilibrium level for direct band gap, light will be emitted. Explain this situation based on excitation mechanism.
[Apabila pembawa yang teruja kedalam paras bendasing yang lebih tinggi tenaga jatuh semula keparas keseimbangan bagi jurang jalur terus maka cahaya akan dipancarkan. Terangkan fenomena ini berdasarkan mekanisma pengujian.]
 (40/100).
- (c) A silicon sample is doped 5×10^{14} atom boron/ cm^3 at room temperature. Minority carriers are injected from outside energy source at the rate of 10^{15} carriers/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{s}$) until an equilibrium state is achieved. If the minority carrier lifetime is $10 \mu\text{s}$, is this a low level or high level injection?
[Satu sampel silikon pada suhu bilik terdop 5×10^{14} atom boron/ cm^3 . Pembawa minoriti telah di suntikan kedalam sampel oleh sumber tenaga luar pada kadar 10^{15} pembawa/ ($\text{cm}^3 \cdot \text{s}$) sehingga mencapai keadaan keseimbangan. Jika masahayat pembawa minoriti adalah $10 \mu\text{s}$, adakah ini suntikan paras rendah atau paras tinggi?]
 (30 /100)
3. (a) Give and explain differences between solar cell and optical detector?
[Berikan dan bincangkan perbezaan diantara sel suria dengan pengesan optik?]
 (30/100)
- (b) Metal contact is important for semiconductor device for communication with outside world. How do you ensure that the contact is suitable ?
[Sentuhan logam penting bagi peranti semikonduktor untuk berhubung dengan dunia luar. Bagaimanakah anda memastikan sentuhan tersebut sesuai digunakan ?]
 (30/100)

- (c) A contact between tungsten and n-type Silicon which has doping concentration of 10^{16} cm^{-3} was made at room temperature. What is the width of transition region formed? Assume that the barrier height of tungsten on silicon is 0.66 V and the effective density of state of the conduction band is $2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.
[Satu sentuhan diantara tungsten dan silikon jenis-n yang kepekatan pendopnya adalah 10^{16} cm^{-3} telah dibuat pada suhu bilik. Berapakah lebar rantau kesusutan yang terbentuk ? Anggap ketinggian sawar tungsten atas silikon adalah 0.66 V dan ketumpatan keadaan berkesan jalur konduksi adalah $2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.]
 (40/100)
4. (a) Explain three techniques whereby you can control the threshold voltage of MOS (Metal oxide semiconductor) transistor during design stage.
[Terangkan tiga cara bagaimana kawalan voltan ambang transistor MOS (logam oksida semikonduktor) dapat dilaksanakan semasa peringkat rekaan.]
 (30 /100)
- (b) How does pnpn diode switch function?
[Bagaimanakah suis diod pnpn berfungsi?]
 (30/100)
- (c) What is the threshold voltage of an ideal MOS (metal oxide semiconductor) on p type silicon with acceptor concentration of 10^{15} cm^{-3} and silicon dioxide of thickness 1000 Å ? Relative dielectric constant of silicon is 11.8 and relative dielectric constant of silicon dioxide is 3.9.
Berapakah voltan ambang bagi satu kapasitor MOS (semikonduktor oksida logam) unggul diatas Si jenis p dengan kepekatan penerima 10^{15} cm^{-3} dan lapisan silikon dioksida berketebalan 1000 Å ? Pemalar dielektrik relatif silikon adalah 11.8 dan pemalar dielektrik relatif silikon dioksida adalah 3.9.
 (40 /100)

5. (a) Explain how the depletion region is used to control a semiconductor device. Give two relevant examples.
[Terangkan bagaimana rantau kesusutan digunakan untuk mengawal peranti semikonduktor. Berikan dua contoh yang bersesuaian.]
(40 /100)
- (b) A silicon ingot doped with 10^{16} arsenic atom/cm³. Determine carrier concentration and Fermi level at room temperature.
[Satu jongkong silikon didopkan dengan 10^{16} atom arsenik/cm³. Tentukan kepekatan pembawa dan paras Fermi pada suhu bilik.]
(30 /100)
- (c) A silicon pn junction is reverse biased 0.5 V, determine the width of depletion region for acceptor density of 10^{19} cm⁻³ and donor density of 10^{16} cm⁻³ at room temperature.
[Satu simpangan pn silikon telah di pincang songsang 0.5 V, kira lebar rantau kesusutan bagi ketumpatan penerima 10^{19} cm⁻³ dan ketumpatan penderma 10^{16} cm⁻³ pada suhu bilik.]
(30/100)