



KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI
TUN HUSSEIN ONN

PEPERIKSAAN AKHIR
SEMESTER II
SESI 2004/05

NAMA MATAPELAJARAN : SISTEM KOMUNIKASI OPTIK
KOD MATA PELAJARAN : BTE 4283
KURSUS : 4 BTD
TARIKH PEPERIKSAAN : MAC 2005
JANGKA MASA : 2½ JAM
ARAHAN : JAWAB EMPAT (4) SOALAN
SAHAJA DARIPADA LIMA (5)
SOALAN.

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI 12 MUKA SURAT

SOALAN DALAM BAHASA MELAYU

S1 (a) Kenalpasti empat (4) kelebihan penghantaran gentian optik berbanding penghantaran kabel sepaksi.

(4 markah)

(b) Terangkan perambatan cahaya dengan bantuan gambarajah sinar mudah yang sesuai dalam gentian optik berikut:

(i) Indek langkah mod pelbagai.

(ii) Indek terged mod pelbagai.

(iii) Indek langkah mod tunggal.

(6 markah)

(c) Suatu sinar memasuki gentian indek langkah mod pelbagai dari udara dan teras gentian dengan indek biasan n_1 yang lebih besar sedikit dari indek biasan pelapisan n_2 .

(i) Takrifkan sudut terima, θ_a .

(ii) Terbitkan suatu ungkapan untuk sudut terima θ_a bagi gentian di atas. Nyatakan sebarang andaian dibuat.

(7 markah)

(d) Satu pengeluar ingin menghasilkan suatu gentian indek langkah teras silika dengan frekuensi pelaziman 75 dan bukaan berangka 0.30 digunakan pada 820 nm. Jika indek biasan teras ialah 1.458, apakah saiz teras dan indek biasan pelapisan yang diperlukan?

(4 markah)

(e) Kirakan jumlah mod pada 820 nm dan 1.3 μm dalam gentian indek terged dengan profil indek ialah 2, 2.5 μm jejari teras, indek biasan teras maksima ialah 1.48 dan indek biasan pelapisan ialah 1.46.

(4 markah)

- S2 (a) Pelemahan isyarat cahaya ketika merambat sepanjang gentian perlu dipertimbangkan di dalam rekebentuk sesuatu sistem komunikasi optik. Bincangkan dengan bantuan graf yang sesuai untuk menunjukkan ciri-ciri pelemahan terhadap jarak gelombang dalam gentian standard yang terdiri daripada pelbagai mekanisma pelemahan.
(8 markah)
- (b) Pelebaran ragaman menjejaskan lebar jalur dalam sistem mod pelbagai. Terangkan cara untuk mengubah dua parameter gentian bagi memaksimumkan lebar jalur sistem.
(6 markah)
- (c) Gentian optik indeks tergrad parabola profil mempunyai parameter pelebaran bahan $30 \text{ ps nm}^{-1} \text{ km}^{-1}$ apabila menggunakan suatu sumber LED dengan lebar spektrum 25 nm . Gentian mempunyai bukaan berangka sebanyak 0.4 dan indeks biasan teras maksima ialah 1.48.
- (i) Anggarkan jumlah pelebaran denyut ps km^{-1} per kilometer di dalam gentian dengan mengabaikan pelebaran pandu gelombang.
- (ii) Anggarkan hasil darab lebar jalur panjang untuk gentian.
(5 markah)
- (d) Terangkan secara ringkas dengan bantuan gambarajah sesuai, tiga (3) jenis salah penjarangan yang mungkin berlaku pada sambungan gentian.
(6 markah)

- S3 (a) Dengan bantuan gambarajah sesuai, terangkan istilah berikut untuk LED.
- (i) Penyinaran Lambertian.
 - (ii) Pengurungan elektrik.
 - (iii) Pengurungan optikal.
- (6 markah)
- (b) Suatu LED InGaAsP dwi simpang hetero memancarkan panjang gelombang puncak pada 1310 nm dengan tempoh penggabungan bersinar dan tak bersinar masing-masing ialah 30 ns dan 100 ns.
- (i) Tentukan jumlah tempoh hayat penggabungan pembawa.
 - (ii) Apabila arus pemacu ialah 40 mA, tentukan kuasa dalaman terjana.
- (5 markah)
- (c) Terangkan secara ringkas, dengan bantuan gambarajah sesuai istilah berikut berkaitan dengan LASER.
- (i) Penyongsangan populasi.
 - (ii) Penyalun Fabry-Perot.
- (8 markah)
- (d) Bandingkan ciri-ciri berikut antara suatu LED dan LASER suntikan mod tunggal.
- (i) Kuasa cahaya keluaran terhadap arus.
 - (ii) Spektrum keluaran terhadap panjang gelombang.
- (6 markah)

- S4 (a) Fotodiod adalah komponen penting bagi komunikasi gantian optik.
- (i) Terangkan secara ringkas prinsip asas operasi sebuah p-n fotodiod.
 - (ii) Mengapa terdapat tolak ansur antara kepekaan dan kepantasan masa sambutan dalam merekabentuk p-n fotodiod?
- (6 markah)
- (b) Takrifkan kecekapan kuantum dan 'responsivity' sebuah pengesan cahaya. Terbitkan suatu ungkapan untuk 'responsivity' untuk suatu pengesan cahaya intrinsik dalam sebutan kecekapan kuantum peranti dan panjang gelombang sinar tuju.
- (4 markah)
- (c) Sesuatu bahan separa pengalir bagi fotodiod hanya boleh digunakan sehingga julat panjang gelombang tertentu sahaja.
- (i) Beri tiga (3) contoh bahan semi pengalir yang digunakan untuk fabrikasi fotodiod.
 - (ii) Terangkan secara ringkas hubungan antara panjang gelombang potong dan jalur pemisah tenaga.
- (5 markah)
- (d) Suatu penerima optik terdiri daripada sebuah p-i-n fotodiod silikon dengan kecekapan kuantum 60% apabila beroperasi pada panjang gelombang 0.9 μm . Rintangan beban ialah 4 $\text{k}\Omega$ dan arus gelap di dalam peranti ketika beroperasi ialah 3 nA. Kuasa tuju optik ialah 200 nW dan lebar jalur pasca pengesanan penerima ialah 5 MHz.
- (i) Tentukan 'responsivity' bagi fotodiod p-i-n.
 - (ii) Banding hingar das terhasil dalam fotodiod dengan hingar terma dalam perintang beban pada suhu 20 $^{\circ}\text{C}$.
 - (iii) Tentukan SNR pada keluaran penerima jika penerima mempunyai penguat dengan angka hingar 3 dB.
- (10 markah)

- S5 (a) Sebuah pengandeng bintang $N \times N$ boleh dibina dengan lataan pengandeng 3 dB.
- (i) Apakah fungsi sebuah pengandeng bintang?
 - (ii) Kirakan jumlah pengandeng 3 dB yang diperlukan untuk membina pengandeng 8×8 .
 - (iii) Lakarkan pengandeng bintang 8×8 dengan lataan pengandeng 3 dB.
 - (iv) Kirakan jumlah kehilangan yang dialami oleh isyarat ketika melalui pengandeng bintang dalam S5 (a)(iii).
- (9 markah)
- (b) Penguat optik beroperasi sepenuhnya dalam domain optik untuk menaikkan paras kuasa isyarat optik. Terangkan secara ringkas dengan bantuan gambarajah sesuai,
- (i) operasi asas sebuah penguat optik generik.
 - (ii) aplikasi penguat optik sebagai penguat dalam talian dan pra-penguat.
- (6 markah)
- (c) Dengan bantuan gambarajah sesuai, terangkan secara ringkas konsep asas multipleksan pembahagian panjang gelombang (WDM).
- (3 markah)
- (d) Satu sistem gentian optik mod tunggal berdigit direkabentuk untuk beroperasi pada panjang gelombang $1.5 \mu\text{m}$ dan kadar penghantaran ialah 560 Mbit/s sejauh 50 km tanpa pengulang. Laser suntikan mod tunggal mampu memancarkan min kuasa optik -13 dBm ke dalam kabel gentian dengan pelemahan 0.25 dB/km. Selain itu terdapat purata kehilangan sambatan iaitu 0.1 dB pada sela 1 km. Kehilangan penyambung di penerima ialah 0.5 dB dan kepekaan penerima ialah -39 dBm.
- (i) Laksanakan bajet kuasa untuk sistem yang beroperasi pada keadaan tersebut dan pastikan kebolehoperasiannya.
 - (ii) Anggarkan panjang maksima talian yang mampu dicapai jika jidar keselamatan sebanyak 5 dB diperlukan.
- (7 markah)

SOALAN DALAM BAHASA INGGERIS

- Q1** (a) Identify four (4) advantages of fiber optic transmission over coaxial cable transmission. (4 marks)
- (b) Describe the propagation of light with the aid of simple ray diagrams in the following fiber:
- (i) Multimode step index
 - (ii) Multimode graded index
 - (iii) Single mode step index. (6 marks)
- (c) The ray enters the multimode step index fiber from air and the fiber core has a refractive index n_1 , which is slightly greater than the cladding refractive index n_2 .
- (i) Define the acceptance angle θ_a .
 - (ii) Derive an expression for the acceptance angle θ_a for the above fiber. State any assumption(s) made. (7 marks)
- (d) A manufacturer wishes to make a silica-core, step index fiber with a normalized frequency of 75 and a numerical aperture, NA of 0.30 to be used at 820 nm. If a core refractive index of 1.458, what should the core size and cladding refractive index be? (4 marks)
- (e) Calculate the number of modes at 820 nm and 1.3 μm in graded index fiber with index profile of 2, a 25 μm core radius, a core refractive index of 1.48 and a cladding refractive index of 1.46. (4 marks)

- Q2** (a) Attenuation of a light signal as it propagates along a fiber is an important consideration in the design of an optical communication system. Discuss with the aid of suitable graph to show the attenuation against wavelength characteristic of standard fiber that consist of various attenuation mechanism.
- (8 marks)
- (b) Modal dispersion affects the bandwidth of multimode systems. Explain how to adjust two parameters of fiber in order to maximize system bandwidth.
- (6 marks)
- (c) Parabolic profile graded index fiber has a material dispersion parameter of $30\text{ps nm}^{-1}\text{ km}^{-1}$ when using a LED source with rms spectral width of 25 nm. The fiber has a numerical aperture of 0.4 and a core axis refractive index of 1.48.
- (i) Estimate the total rms pulse broadening per kilometer within the fiber assuming waveguide dispersion to be negligible.
- (ii) Estimate the bandwidth length product for the fiber.
- (5 marks)
- (d) Briefly explain with the aid of suitable diagrams, three (3) types of misalignment which may occur at fiber joint.
- (6 marks)

Q3 (a) With the aid of suitable diagrams, explain the following terms for LED.

- (i) Lambertian radiation.
- (ii) Electrical confinement.
- (iii) Optical confinement.

(6 marks)

(b) A double heterojunction InGaAsP LED emitting at a peak wavelength of 1310 nm has radiative and nonradiative recombination times of 30 ns and 100 ns, respectively.

- (i) Determine the total carrier recombination lifetime.
- (ii) When the drive current is 40 mA, determine the power generated internally.

(5 marks)

(c) Briefly explain, with the aid of suitable diagrams, the following terms for LASER.

- (i) Population inversion.
- (ii) Fabry-Perot resonator.

(8 marks)

(d) Compare the following characteristic between an LED and a single mode injection LASER.

- (i) The optical output power against current.
- (ii) The spectral output against wavelength.

(6 marks)

- Q4** (a) The photodiode is an essential component of an optical fiber communication.
- (i) Briefly explain the principles operation of a p-n photodiode.
 - (ii) Why there is a trade-off between the sensitivity and fast response time in designing p-n photodiode?
- (6 marks)
- (b) Define the quantum efficiency and the responsivity of a photodetector. Derive an expression for the responsivity of an intrinsic photodetector in terms of the quantum efficiency of the device and the wavelength of the incident radiation.
- (4 marks)
- (c) A particular semiconductor material of photodiode can be used only over a limited wavelength range.
- (i) Give three (3) examples of semiconductor material to fabricate a photodiode.
 - (ii) Briefly explain the relation between the wavelength cutoff and the band-gap energy.
- (5 marks)
- (d) An optical receiver consists of a silicon p-i-n photodiode has a quantum efficiency of 60% when operating at a wavelength of 0.9 μm . The load resistance is 4 $\text{k}\Omega$ and the dark current in the device at this operating point is 3 nA. The incident optical power at this wavelength is 200 nW and the post detection bandwidth of the receiver is 5 MHz.
- (i) Determine the responsivity of the p-i-n photodiode.
 - (ii) Compare the shot noise generated in the photodiode with the thermal noise in the load resistor at a temperature of 20 $^{\circ}\text{C}$.
 - (iii) Determine the SNR at the output of the receiver if the receiver has an amplifier with a noise figure of 3 dB.
- (10 marks)

- Q5** (a) A $N \times N$ star coupler can be constructed by cascading 3 dB coupler.
- (i) What is the function of a star coupler?
 - (ii) Calculate the number of 3 dB coupler needed to construct an 8×8 star coupler.
 - (iii) Sketch the 8×8 star coupler by cascading 3 dB coupler.
 - (iv) Calculate the total loss experienced by a signal as it passes through the star coupler in Q5 (a)(iii).
- (9 marks)
- (b) Optical amplifier operates completely in the optical domain to boost the power levels of optical signal. Briefly explain with the aid of suitable diagram,
- (i) the basic operation of a generic optical amplifier.
 - (ii) the application of optical amplifier as in-line optical amplifier and preamplifier.
- (6 marks)
- (c) With the aid of suitable diagram, briefly explain the basic concept of wavelength division multiplexing (WDM).
- (3 marks)
- (d) A digital single mode optical fiber system is designed for operation at a wavelength of $1.5 \mu\text{m}$ and a transmission rate of 560 Mbit/s over a distance of 50 km without repeaters. The single mode injection laser is capable of launching a mean optical power of -13 dB into the fiber cable which exhibits a loss of 0.25 dB/km. In addition, average splice losses are 0.1 dB at 1km intervals. The connector loss at the receiver is 0.5 dB and the receiver sensitivity is -39 dBm.
- (i) Perform an optical budget for the system operating under the above conditions and ascertain its viability.
 - (ii) Estimate the maximum possible link length if the safety margin of 5 dB will be required.
- (7 marks)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/ 2004/05 KURSUS : 4 BTD
MATA PELAJARAN : SISTEM KOMUNIKASI OPTIK KOD MATA PELAJARAN : BTE 4283

Pemalar

Planck's constant	$h=6.62620 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
Boltzmann's constant	$K=1.38062 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$
Electron charge	$e=1.602 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$
Velocity of light in vacuum	$c=2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$