

## UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 1995/96

Oktober/November 1995

ZSC 545 - Spektroskopi Keadaan Pepejal

Masa : [3 jam]

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

Jawab EMPAT soalan sahaja. Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia kecuali soalan 3.

- 1.(a) Terangkan bagaimana teorem konvolusi digunakan di dalam spektroskopi jelmaan Fourier. (30/100)
  - (b) Bincangkan cara untuk memperolehi spektrum pantulan kuasa di dalam kawasan jalur reststrahlen GaAs serta lukiskan konfigurasi spektrometer yang digunakan. (30/100)
  - (c) Jelaskan kenapa dan bagaimana analisis Kramers-Kronig digunakan di dalam spektrum pantulan kuasa. Tunjukkan juga cara komputasi data. (40/100)
- 2.(a) Terangkan perbezaan utama di antara model ion tegar dengan model petala. (20/100)
  - (b) [i] Jelaskan cara untuk melukis kurva sebaran fonon model 3-dimensi semikonduktor III-V
  - [ii] Tandakan 2 contoh lokasi titik genting di dalam lakaran [i] di atas (50/100)
  - (c) Berpandukan kepada suatu kurva sebaran fonon, bincangkan hubungan antara ketumpatan keadaan 1-fonon dengan ketumpatan keadaan 2-fonon dan jelaskan bagaimana analisis serapan 2-fonon dijalankan. (30/100)

- 3(a). Satu bahantara dicirikan oleh satu fungsi dielektrik bersandar frekuensi  $\epsilon(\omega)$ . Daripada persamaan-persamaan Maxwell buktikan bahawa satu gelombang satah dengan komponen-komponen medan bersandar kepada eksp  $(\mathbf{q} \cdot \mathbf{r} - i\omega t)$  dapat merambat di dalam bahantara jika

$$q^2 = \epsilon(\omega)\omega^2/c^2 \quad (1) \quad (10/100)$$

- (b) Fungsi dielektrik bagi satu gas elektron bebas dalam bentuk paling mudah diberi sebagai

$$\epsilon(\omega) = 1 - \omega_p^2/\omega^2 \quad (2)$$

dengan  $\omega_p = 2\pi f_p$  dan  $f_p$  ialah frekuensi plasma. Di dalam bahagian spektrum elektromagnetik manakah  $f_p$  bagi (a) satu logam seperti perak dan (b) satu semikonduktor terdop? (10/100)

- (c) Guna (2) bagi melakarkan graf  $\epsilon(\omega)$  sebagai satu fungsi  $\omega/\omega_p$ . (10/100)
- (d) Seterusnya guna (1) bagi melukis graf sebaran,  $\omega/\omega_p$  lawan  $cq/\omega_p$ . (10/100)
- (e) Terangkan dengan satu perihalan tentang corak medan elektromagnetik apa yang dimaksudkan oleh satu polariton permukaan (SP) pada antaramuka vakum dan satu bahantara sebaran. (10/100)
- (f) Anggapkan bahawa persamaan sebaran polariton permukaan ialah

$$q^2 = \epsilon(\omega) [\epsilon(\omega) + 1]^{-1} (\omega^2/c^2) \quad (3)$$

Tentukan secara tepat julat frekuensi kemunculan SP apabila fungsi dielektrik diberi oleh (2) dan lukiskan graf sebarannya. (20/100)

- (g) Perihalkan prinsip satu eksperimen ATR, dengan membezakan tatarajah Otto dan Raether-Kretschmann, dan terangkan kenapa ATR membolehkan pengesanan SP. (20/100)
- (h) Lakarkan satu spektrum tipikal ATR yang mana SP pada antaramuka perak-vakum dapat dikesan dengan mentakrifkan paksi-paksi anda dengan tepat. Hubungkan spektrum tersebut dengan lengkung sebaran. (10/100)
- 4.(a) Perihalkan komponen-komponen utama cahaya terserak dalam satu ujikaji serakan Raman yang unggul. (20/100)
- (b) Perincikan keuntungan mengukur komponen Stokes dalam ujikaji Raman menerusi teori keratan rentas pembezaan. (30/100)

- (c) Terbitkan persamaan bagi vektor gelombang pengujaan dalam serakan Raman dan tunjukkan bahawa pengujaan tersebut berada di pusat zon Brillouin.

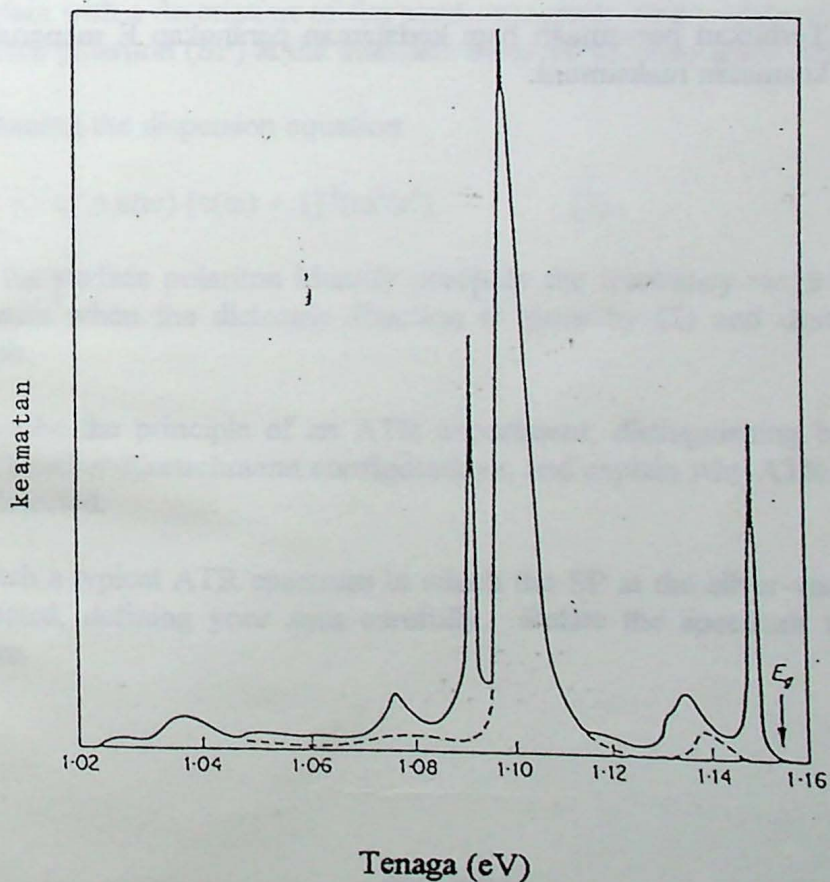
(30/100)

- (d) Perihalkan dengan jelas (termasuk bentuk spektrum cahaya terseraknya) dua (2) pengujaan yang disenaraikan di bawah:

- [i] fonon tertib kedua
- [ii] polariton
- [iii] magnon
- [iv] plasmon

(20/100)

- 5.(a) Rajah di bawah menunjukkan spektrum pancaran daripada Si yang diuja secara optik pada suhu 25 K. Lengkung putus mewakili Si tulen manakala lengkung penuh mewakili Si yang didop dengan  $8 \times 10^{16}$  bendasing As se cc. Daripada J.R. Haynes, Phys. Rev. Lett., 4, 361 (1960).



Perihalkan dengan jelas proses-proses pancaran foton bagi spektrum pancaran tersebut

(30/100)

....4

- (b) Bincangkan peranan bendasing Cu, Al, I dan In di dalam spektrum fotoluminesens ZnS apabila diuja dengan cahaya ultra lembayung. (20/100)
- (c) [i] Terbitkan keamatan pancaran termoluminesens kinetik molekul (Tertib Pertama)

$$I = n_{t_0} s \exp\left(-\frac{E}{k_B T}\right) \exp\left\{-\int_{T_0}^T \frac{s}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{k_B T}\right) dT\right\}$$

dengan  $n_{t_0}$  ialah bilangan elektron yang terperangkap pada suhu  $T_0$   
 $s$  ialah pekali kebarangkalian lepasan,  
 $E$  ialah kedalaman paras perangkap di bahagian bawah jalur konduksi dan  
 $\beta = \frac{dT}{dt}$  ialah kadar pemanasan malar.

- [ii] Bincangkan kelakuan persamaan di atas pada suhu rendah, pertengahan dan tinggi.
- [iii] Terbitkan persamaan bagi kedalaman perangkap  $E$  menerusi syarat bagi keamatan maksimum.

(50/100)

Terjemahan

- 3.(a) A medium is characterised by a frequency-dependent dielectric function  $\epsilon(\omega)$ . Prove from Maxwell's equations that a plane wave with field components proportional to  $\exp(iq \cdot r - i\omega t)$  can propagate in the medium provided

$$q^2 = \epsilon(\omega)\omega^2/c^2 \quad (1) \quad (10/100)$$

- (b) In a simple description the dielectric function of a free-electron gas is given by

$$\epsilon(\omega) = 1 - \omega_p^2/\omega^2 \quad (2)$$

where  $\omega_p = 2\pi f_p$  and  $f_p$  is the plasma frequency. In what part of the electromagnetic spectrum is  $f_p$  for (a) a metal like silver and (b) a doped semiconductor? (10/100)

- (c) Use (2) to sketch the graph of  $\epsilon(\omega)$  as a function of  $\omega/\omega_p$ . (10/100)
- (d) Hence use (1) to draw the dispersion graph,  $\omega/\omega_p$  versus  $cq/\omega_p$ . (10/100)
- (e) Explain with a description of the electromagnetic-field pattern what is meant by a surface polariton (SP) at the interface between vacuum and a dispersive medium. (10/100)
- (f) Assuming the dispersion equation

$$q^2 = \epsilon(\omega) [\epsilon(\omega) + 1]^{-1}(\omega^2/c^2) \quad (3)$$

for the surface polariton identify precisely the frequency range in which the SP appears when the dielectric function is given by (2) and draw the dispersion graph. (20/100)

- (g) Describe the principle of an ATR experiment, distinguishing between the Otto and Raether-Kretschmann configurations, and explain why ATR allows the SP to be detected. (20/100)
- (h) Sketch a typical ATR spectrum in which the SP at the silver-vacuum interface is detected, defining your axes carefully. Relate the spectrum to the dispersion curve. (10/100)