

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2009/2010

November 2009

**EBB 443/4 – Technical Ceramics**  
***[Seramik Teknikal]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

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

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

This paper consists of SEVEN questions.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]*

**Instruction:** Answer **FIVE** questions. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

***[Arahan:*** Jawab **LIMA** soalan. *Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]*

The answers to all questions must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

1. [a] The resistivity values of  $\text{SiO}_2$  and Pyrex were obtained from impedance plane plots and are summarized in Arrhenius conductivity format in Figure 1. Calculate the activation energy for  $\text{SiO}_2$  and Pyrex. Given Boltzman constant,  $k=1.3806 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ .

*Nilai rintangan bagi  $\text{SiO}_2$  dan pyrex di dapati daripada plot impedance dan di ringkaskan dalam bentuk kekonduksian Arrhenius di dalam Rajah 1. Kirakan tenaga pengaktifan bagi  $\text{SiO}_2$  dan pyrex. Di beri nilai pemalar Boltzman,  $k=1.3806 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ .*

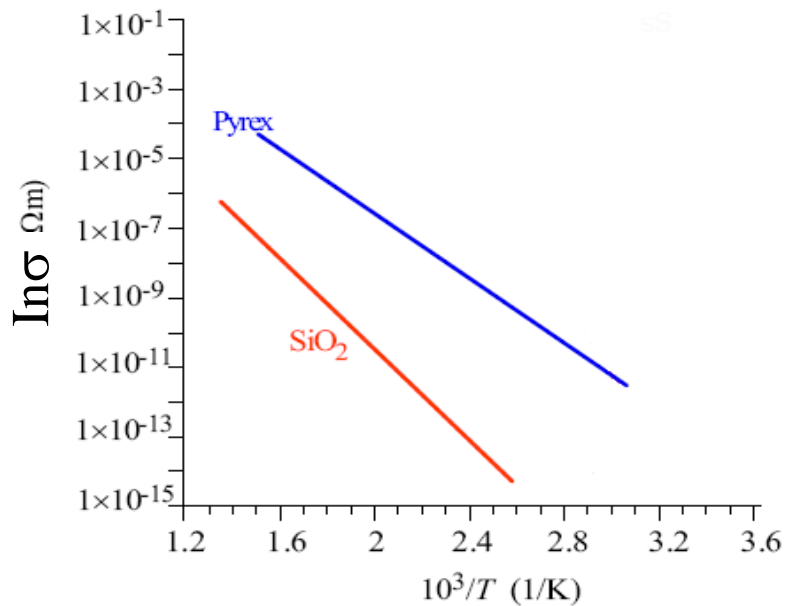


Figure 1 / Rajah 1

(30 marks/markah)

- [b] Why does ferroelectric behaviour exist in all ceramic materials, particularly materials with a perovskite structure? Explain the ferroelectric mechanism in perovskite materials.

*Mengapa sifat feroelektrik boleh wujud dalam bahan seramik, khususnya pada bahan yang memiliki struktur perovskit? Terangkan mekanisme feroelektrik di dalam bahan perovskite.*

(40 marks/markah)

- [c] A parallel plate capacitor, consists of metal sheet with area  $1.0 \text{ m}^2$  separated by a barium strontium titanate (BST) plate with dielectric constant of 20 and thickness of 0.005 mm. The maximum electric field across the BST is  $60 \times 10^6 \text{ V/m}$ . Find the capacitance, maximum voltage and maximum energy that can be stored.

*Kapasitor plat yang selari terdiri daripada kepingan logam dengan keluasan  $1.0 \text{ m}^2$  dipisahkan oleh barium strontium titanate (BST) dengan nilai pemalar dielektriknya 20 dan ketebalannya 0.005 mm. Nilai medan elektrik maksimum melalui BST ialah  $60 \times 10^6 \text{ V/m}$ . Kirakan kapasitan, voltan maksima dan tenaga maksima yang boleh distorkan.*

(30 marks/markah)

2. [a] Discuss the property and application of the following category of ceramic materials:
- (i) Electroceramic
  - (ii) Dielectric materials
  - (iii) Piezoelectric materials
  - (iv) Pyroelectric materials
  - (v) Ferroelectric materials

*Bincangkan sifat dan aplikasi kategori bahan-bahan seramik berikut*

- (i) Elektroseramik*
- (ii) Bahan dielektrik*
- (iii) Bahan piezoelektrik*
- (iv) Bahan piroelektrik*
- (v) Bahan feroelektrik*

(50 marks/markah)

- [b] A hysteresis loop is formed when an electric field is applied to a ferroelectric material. Why does hysteresis occur? Explain briefly and draw a typical hysteresis loop for a ferroelectric. Discussion should be focused on domain movement, spontaneous polarization, remanent polarization and coercive field.

*Gelung histeresis terbentuk apabila medan elektrik dikenakan ke atas bahan feroelektrik. Mengapa histerisis wujud? Jelaskan secara ringkas dan lukis contoh gelung histerisis bagi bahan feroelektrik. Perbincangan sepatutnya ditekankan kepada pergerakan domain, pengutuban tepu, pengutuban baki dan medan paksa.*

(30 marks/markah)

- [c] Briefly explain what is the difference between diamagnetism and paramagnetism. The explanation should include the basic requirement, magnetic moment and direction, permeability, impact of lines of flux in a magnetic field, type of materials and magnetization of both materials.

*Terangkan secara ringkas apakah perbezaan antara diamagnetism dan paramagnetism. Penerangan tersebut perlu meliputi keperluan asas, arah dan magnetik moment, kebolehtelapan, hentaman garisan fluk dalam medan magnetik, contoh bahan dan pemagnetan bagi kedua-dua bahan tersebut.*

(20 marks/markah)

3. [a] (i) Explain the Meissner effect and draw a schematic diagram to show the difference between a superconductor and non-superconductor material when the materials are placed in a magnetic field.

*Terangkan kesan Meissner dan lukis rajah skema bagi menunjukkan perbezaan antara bahan superkonduktor dan bukan superkonduktor apabila bahan tersebut diletakkan dalam medan magnet.*

(20 marks/markah)

- (ii) The first widely accepted theoretical understanding of superconductivity was advanced by some American physicists and is known as BCS theory. Explain this theory with a aid of a diagram.

*Teori pemahaman tentang superkonduktiviti yang pertama dan diterima secara menyeluruh telah dihasilkan oleh ahli-ahli fizik Amerika. Huraikan teori ini dengan bantuan gambarajah.*

(20 marks/markah)

- [b] Explain in details the various techniques to control the grain growth or coarsening process during solid sintering. What would be a suitable technique to stop the pores being trapped within the grains?

*Huraikan secara terperinci mengenai berbagai kaedah untuk mengawal pertumbuhan butir atau proses pengasaran semasa pensinteran fasa pepejal. Apakah teknik yang sesuai untuk menghentikan berlakunya keadaan liang-liang yang terperangkap di dalam butir?*

(30 marks/markah)

- [c] Explain two (2) toughening mechanism in ceramics materials with the help of appropriate diagrams.

*Huraikan dengan ringkas dua mekanisma penglihatan dalam bahan seramik dengan bantuan gambarajah yang bersesuaian.*

(30 marks/markah)

4. [a] Describe how the coefficient of thermal expansion of the matrix and inclusion would affect the properties of a ceramic body.

*Huraikan bagaimana pekali pengembangan terma bagi matriks dan bendasing boleh mempengaruhi sifat-sifat jasad seramik.*

(30 marks/markah)

- [b] Discuss two (2) approaches to measure fracture toughness of ceramics with the help of a diagram.

*Bincangkan dua (2) pendekatan untuk mengukur ketahanan patah dengan bantuan gambarajah yang bersesuaian.*

(20 marks/markah)

- [c] Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) is widely used as an advanced ceramic and it is produced in mass production using the Bayer Process. Describe in detail on the operation in Bayer Process for alumina production.

*Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) digunakan secara meluas bagi seramik termaju dan ianya dihasilkan secara pukal melalui Proses Bayer. Terangkan dengan mendalam operasi Proses Bayer bagi penghasilan alumina.*

(50 marks/markah)

5. Compare critically the processing of Reaction Bonded Silicon Nitride (RBSN) and Hot Pressed Silicone Nitride (HPSN). This should include the properties, advantages and disadvantages of both types of Silicon Nitride stated above.

*Terangkan dengan mendalam pemprosesan Silikon Nitrida Ikatan Tindakbalas (RBSN) dan Silikon Nitrida Ditekan Panas (HPSN) termasuk sifat-sifat, kelebihan serta kekurangan kedua-dua jenis Silikon Nitrida tersebut.*

(100 marks/markah)

6. [a] For an idealized solid-state sintering theory, make a table of the three stages of sintering. For each stage, give the mechanisms of sintering, and explain which mechanisms lead to densification and which do not.

*Untuk suatu teori pensinteran unggul, sediakan satu jadual untuk ketiga-tiga tahap pensinteran. Untuk setiap tahap, berikan mekanisme-mekanisme pensinteran dan huraikan mekanisme-mekanisme yang manakah yang menghasilkan ketumpatan dan yang mana tidak.*

(30 marks/markah)

- [b] Compare the densification of a homogeneous compact of 5  $\mu\text{m}$  single crystal particles with a compact of 5  $\mu\text{m}$  agglomerates that consist of 0.5  $\mu\text{m}$  single crystal particles. Assume that the chemical composition of the particle is the same.

*Bandingkan penumpatan untuk suatu padatan yang homogen yang terdiri dari partikel-partikel hablur tunggal bersaiz 5  $\mu\text{m}$  dengan suatu padatan aglomerat bersaiz 5  $\mu\text{m}$  yang terdiri daripada partikel-partikel hablur tunggal bersaiz 0.5  $\mu\text{m}$ . Andaikan bahawa komposisi kimia untuk kedua-dua hablur adalah sama.*

(30 marks/markah)



- [c] Discuss the effects of each of the following factors on the densification and microstructural evolution during liquid phase sintering of  $\text{Si}_3\text{N}_4$ :
- (i) composition of the liquid-producing additive.
  - (ii) volume fraction of the additive.
  - (iii) sintering temperature.
  - (iv) particle size of  $\text{Si}_3\text{N}_4$
  - (v) applied pressure.

*Bincangkan mengenai kesan-kesan untuk faktor-faktor yang berikut ke atas penumpatan dan evolusi mikrostruktur semasa pensinteran fasa cecair  $\text{Si}_3\text{N}_4$ :*

- (i) komposisi bahan tambah yang menghasilkan cecair.*
- (ii) pecahan isipadu bahan tambah.*
- (iii) suhu pensinteran.*
- (iv) saiz partikel  $\text{Si}_3\text{N}_4$*
- (v) tekanan gunaan.*

(40 marks/markah)

7. [a] Explain the reasons why the thermal expansion and thermal conductivity of refractory materials must be determined prior to their application in the furnace construction? The details of each test must be included in your explanation.

*Huraikan alasan-alasan mengapakah pengembangan terma dan pengaliran terma bahan-bahan refraktori mesti ditentukan sebelum ianya boleh digunakan untuk pembinaan sesebuah relau? Maklumat lanjut mengenai ujian yang dijalankan mestilah dimasukkan di dalam penjelasan anda.*

(50 marks/markah)

- [b] Firebricks are among the cheapest of refractories. Fireclay bricks are usually manufactured by semi-dry pressing or extruding and wire cutting a column of clay, followed by repressing to give the desired shape. For more severe applications improved refractoriness, strength under load and thermal shock resistance can be obtained by increasing the alumina content of the brick. Beside this flexibility, the consumption of these bricks in the world market keeps on decreasing. Provide a technical explanation for this trend.

*Bata tanahliat bakar adalah refraktori yang paling murah. Bata tanahliat bakar selalunya dihasilkan melalui kaedah tekanan separa kering atau semperitan tanahliat dan dipotong menggunakan wayar, diikuti dengan penekanan semula untuk menghasilkan bentuk yang dikehendaki. Untuk kegunaan pada suhu yang lebih tinggi biasanya tanahliat bakar ditambah dengan alumina untuk meningkatkan kerefraktorian, kekuatan menanggung beban dan rintangan kejutan terma. Walaupun dengan keadaan yang fleksibel ini tetapi penggunaan bata jenis ini di pasaran dunia semakin berkurangan. Berikan penjelasan teknikal anda mengenai kecenderungan ini.*

(50 marks/markah)