
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2005/2006

November 2005

EBB 323/3 - Teknologi Fabrikasi Semikonduktor

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH muka surat beserta DUA muka surat (Lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.

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

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. [a] Peranti semikonduktor memerlukan darjah kesempurnaan hablur yang tinggi. Hablur sempurna sukar diperolehi, walaupun menggunakan teknik pertumbuhan yang canggih. Jelaskan 3 kategori cacat hablur yang wujud di dalam wafer silikon.
- (30 markah)
- [b] Dalam sesetengah peranti semikonduktor memerlukan hablur silikon yang berdop dengan atom pendop arsenik (As) pada kerintangan $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$.
- (i) Berapakah kepekatan atom As yang perlu ada di dalam leburan untuk memberikan nilai kerintangan ini?
($k_d = 0.3$ bagi As di dalam Si)
- (ii) Dengan menganggapkan berat leburan ialah 50 kg, berapa gram As (berat atom As 74) yang perlu ditambah untuk dapatkan nilai kerintangan di atas?
(Ketumpatan leburan Si = 2.53 g/cm^3)
- (40 markah)
- [c] Salah satu langkah di dalam pemotongan dan pengilapan wafer ialah pengilapan mekanikal kimia. Secara ringkas terangkan proses ini?
- (30 markah)

2. [a] Dengan bantuan gambarajah, berikan 2 kaedah yang berlainan yang digunakan untuk pertumbuhan lapisan epitaksi GaAs?
(40 markah)
- [b] Terangkan langkah-langkah yang diperlukan oleh seseorang pereka litar untuk merekabentuk litar semikonduktor.
(30 markah)
- [c] Jelaskan apakah cecaran ion logam dan mengapakah ia tidak dikehendaki di dalam kawasan fabrikasi peranti semikonduktor.
(30 markah)
3. [a] Dengan bantuan gambarajah, bincangkan 2 jenis sumber pendop yang biasa digunakan dalam proses pendopan terma.
(40 markah)
- [b] Penyaluran (*channeling*) adalah masalah yang biasa dihadapi semasa proses penanaman ion. Masalah ini wujud apabila satah utama hablur wafer didedahkan pada alur ion. Ini menyebabkan ion mudah meresap masuk ke dalam kekisi melalui paksi satah hablur ini sehingga 10 kali ganda daripada kedalaman yang dikehendaki. Anda perlu membincangkan 3 teknik yang digunakan untuk mengurangkan masalah penyaluran ini.
(60 markah)

4. [a] Litografi alur elektron (*electron beam lithography*) dan litografi ultraungu lampau (*extreme ultraviolet lithography*) merupakan dua teknik litografi berperingkat maju. Senaraikan empat (4) perbezaan di antara kedua-dua teknik tersebut.

(20 markah)

- [b] Satu sistem litografi optik mempunyai kuasa pendedahan (*exposure power*) setinggi 0.3 mW/cm^2 . Fotorintang (*photoresist*) berjenis positif dan negatif yang digunakan, masing-masing mempunyai tenaga pendedahan (*exposure energy*) sebanyak 140 mJ/cm^2 dan 9 mJ/cm^2 . Fotorintang manakah yang akan menghasilkan celusan (*throughput*) wafer yang tertinggi? Anggapkan masa pemindahan wafer ke dalam dan ke luar sistem itu boleh diabaikan.

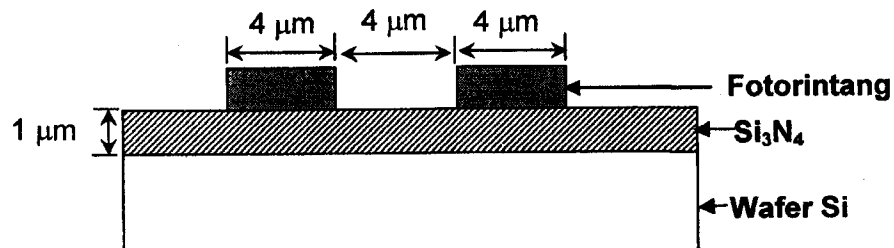
(40 markah)

- [c] Rajah 1 menunjukkan suatu corak fotorintang (*photoresist*) di atas satu lapisan silikon nitrida (Si_3N_4). Selepas menyempurnakan proses punaran silikon nitrida dan pembuangan fotorintang itu, lukiskan struktur-struktur silikon dan silikon nitrida yang akan terhasil sekiranya teknik pemunaran berikut digunakan.

- (i) Pemunaran basah isotropik
(ii) Pemunaran kering anisotropik

Anggapkan kedua-dua kes di atas adalah dalam keadaan unggul dan pemunaran yang digunakan hanya memunaran Si_3N_4 sahaja.

(40 markah)



Rajah 1

5. [a] Penggantian penyalang hubungan (*interconnect*) yang berasaskan aluminium (Al) dengan kuprum (Cu) mempunyai beberapa kebaikan. Huraikan secara ringkas tiga (3) kebaikan yang dapat dinikmati oleh peranti apabila penyalang hubungan yang berasaskan kuprum digunakan.
- (30 markah)
- [b] Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, terangkan langkah turutan yang digunakan untuk menghasilkan penyalang hubungan kuprum (*copper interconnects*) berasaskan teknologi "*dual damascene*". Peralatan serta bahan yang digunakan mesti dinyatakan dengan jelas.
- (40 markah)
- [c] Elektromigrasi merupakan sejenis penyumbang kegagalan dalam penyalang hubungan (*interconnect*) logam. Kegagalan ini berfungsi secara eksponen dengan suhu. Terdapat dua penyalang hubungan logam yang serupa dan beroperasi pada ketumpatan arus (*current density*) yang sama. Kirakan nisbah Masa Min Kerosakan [*Mean Time Failure (MTF)*] untuk penyalang hubungan yang beroperasi pada suhu 300 K dan 400 K. Anggap tenaga pengaktifan, $E_A = 0.5 \text{ eV}$.
- (30 markah)

6. [a] Huraikan dua teknik pengikatan (*bonding*) yang digunakan dalam penyambungan cip-ke-pembungkus (*chip-to-package*).

(30 markah)

- [b] Jelaskan kriteria pemilihan bahan-bahan pembungkusan dalam teknologi modul cip berbilang [*multicip module (MCM)*].

(40 markah)

- [c] Fungsi kebarangkalian untuk ketumpatan kegagalan, D , (*defect density*) dalam sesuatu proses penyaling hubungan (*interconnect*) logam ialah seperti berikut:

$$f(D) = -100D + 10$$

di mana

$$0 \leq D \leq 0.1$$

Jika luas kritikal (*critical area*) bagi penyaling hubungan itu ialah 100 cm^2 dan ketumpatan kegagalan adalah dalam julat $0.05 - 0.1 \text{ cm}^{-2}$, ramalkan hasilannya (*yield*).

(30 markah)

7. [a] Senaraikan kelebihan litar bersepadu jika dibandingkan dengan litar yang sama yang dibina menggunakan peranti diskrit.

(10 markah)

- [b] Dengan bantuan gambarajah, terangkan proses menukarkan silikon bergred logam kepada silikon bergred elektronik.

(40 markah)

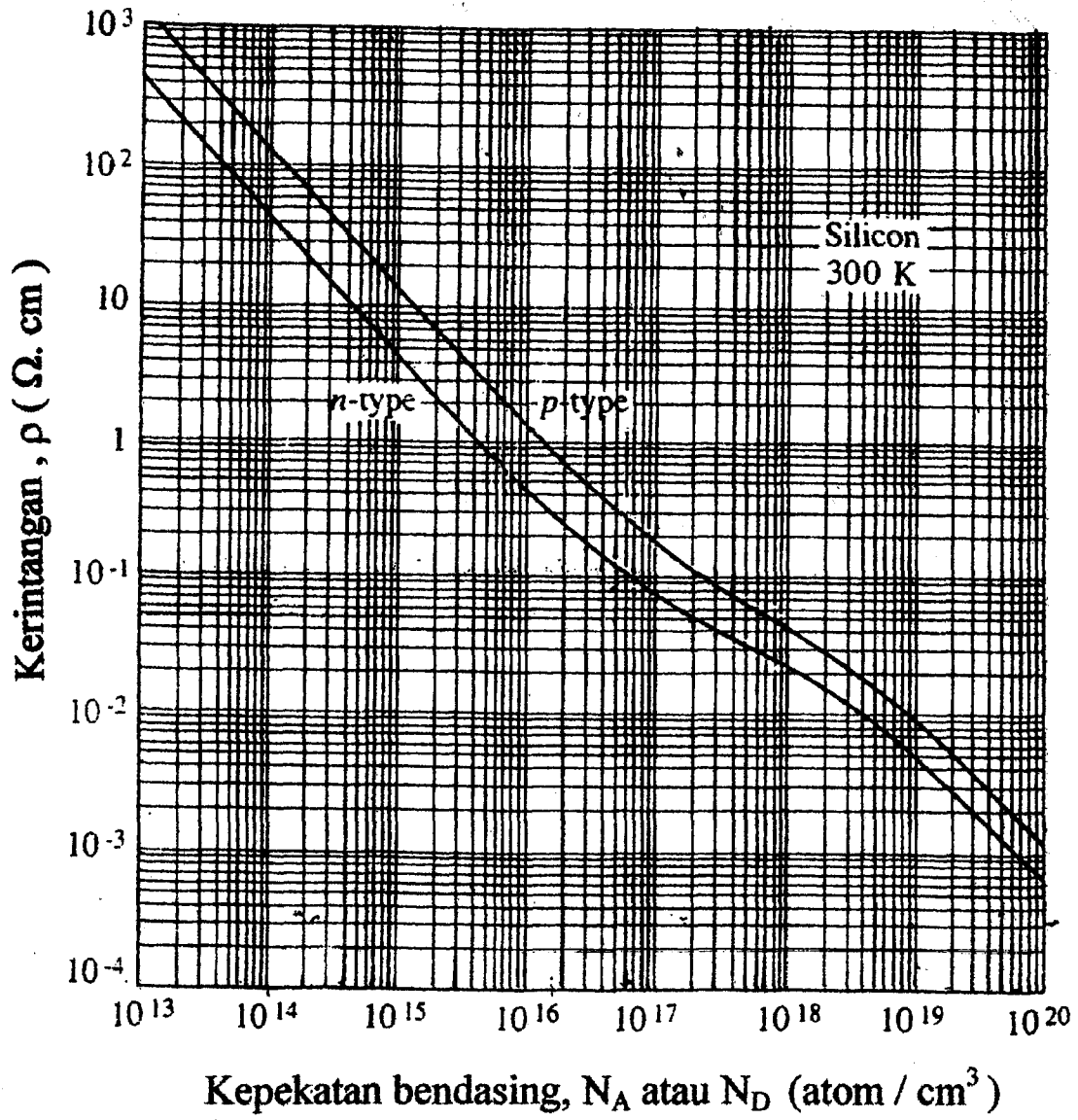
[c] Dengan bantuan gambarajah, jelaskan turutan-turutan proses pembuatan salah satu daripada peranti yang tersenarai di bawah. Mulakan penerangan anda daripada wafer yang telah dicuci dan sedia untuk digunakan sehingga peranti tersebut sedia untuk dibungkuskan.

(1) Teknologi transistor kesan-medan logam-oksida-semikonduktor [*metal-oxide-semiconductor field-effect transistor* (MOSFET)] untuk menghasilkan satu transistor bersaluran N (NMOS).

atau

(2) Teknologi dwikutub (*bipolar*) untuk menghasilkan satu transistor dwikutub yang diasingkan oleh oksida (*oxide-isolated bipolar transistor*).

(50 markah)



LAMPIRAN 2**Jadual Pemalar Fizikal**

<u>Kuantiti</u>	<u>Simbol/Unit</u>	<u>Nilai</u>
Angstrom unit	\AA	$1 \text{\AA} = 10^{-1} \text{ nm} = 10^{-4} \text{ }\mu\text{m}$ $= 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m}$
Pemalar Avogadro	N_{AVO}	$6.02204 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$
Jejari Bohr	a_{B}	0.52917 \AA
Pemalar Boltzmann	k	$1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K } (R/N_{\text{AVO}})$
Cas Elementari	q	$1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$
Jisim Rehat Elektron	m_0	$0.91095 \times 10^{-30} \text{ kg}$
Elektron Volt	eV	$1.60218 \times 10^{-19} \text{ J} = 23.053 \text{ kcal/mole}$
Pemalar Gas	R	$1.98719 \text{ cal/mole-K}$
Kebolehtelapan (Permeability) di vakum	μ_0	$1.25663 \times 10^{-8} \text{ H/cm } (4\pi \times 10^{-9})$
Kebolehtelusan (Permittivity) di vakum	ϵ_0	$8.85418 \times 10^{-14} \text{ F/cm } (1/\mu_0 c^2)$
Pemalar Plank	h	$6.62617 \times 10^{-34} \text{ J-s}$
Pemalar Plank terkurang	\hbar	$1.05458 \times 10^{-34} \text{ J-s } (h/2\pi)$
Jisim Rehat Proton	M_p	$1.67264 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Laju cahaya di vakum	c	$2.99792 \times 10^{10} \text{ cm/s}$
Atmosfera Piawai		$1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
Voltan Termal pada 300 K	kT/q	0.0259 V
Jarak Gelombang bagi kuantum 1-eV	λ	$1.23977 \text{ }\mu\text{m}$