

Curso: Engenharia Elétrica	Série: 4º/ 5º semestre	Turma: A
Disciplina: Materiais Eletroeletrônicos	Período: NOTURNO	Data da Prova: 29/06/2015
Professor: Msc. Cristiano Malheiro	RA:	NOTA:
Nome do Aluno:		

PROVA – Materiais Eletroeletrônicos – PROVA A

Atenção:

- Proibido utilizar qualquer material de consulta sob pena de retirada de prova e atribuição de nota “0”. Uso permitido apenas de calculadora científica (exclui-se tablets, celulares e calculadoras gráficas).
- Tempo de prova: 90 minutos. As respostas finais devem ser apresentadas à caneta para revisão da mesma em sala de aula. Boa Prova!

Gabarito de Respostas

(Utilizar no mínimo 3 casas decimais nas respostas finais)

1. C	2. A	3. E	4. C	5. C	6. A
7.					
$x_{0x} = 3,137 \times 10^{-6} \text{ cm}$		$CS_{\text{Imin}} = 48,24 \text{ nF/cm}^2$			
$d_{\text{máx}} = 21,35 \times 10^{-6} \text{ cm}$		$N_a = 1,996 \times 10^{16} / \text{atmos} / \text{cm}^3$			

 1. (Modificação- Concurso-Metrô 2014) Cristal de silício dopado com átomos pentavalentes e trivalentes corresponde respectivamente a: **(1,0 ponto)**

- Silício Extrínseco Tipo P e Silício Extrínseco Tipo N.
- Silício Intrínseco Tipo P e Silício Intrínseco Tipo N.
- ~~Silício Extrínseco Tipo N e Silício Extrínseco Tipo P.~~
- Silício Intrínseco Tipo N e Silício Intrínseco Tipo P.
- Silício Intrínseco Tipo N e Silício Extrínseco Tipo P.



Anhanguera

UNIVERSIDADE ANHANGUERA DE SÃO PAULO - UNIAN

Unidade SBC: Av. Rudge Ramos, nº 1.501 • São Bernardo do Campo (SP) • 09636-000 • (11) 4362-9000

2. A estrutura cristalina CCC e CFC possuem respectivamente: **(1,0 ponto)**

- ☒ a) 2 e 4 átomos na célula unitária.
- b) 4 e 2 átomos na célula unitária.
- c) 2 e 2 átomos na célula unitária.
- d) 1 e 3 átomos na célula unitária.
- e) Nenhuma das anteriores.

3. No diagrama de bandas de energia, a região onde existem o mar de elétrons e de lacunas é respectivamente nas: **(1,0 ponto)**

- a) Bandas de valência e condução
- b) Bandas de nível intrínseco e valência
- c) Bandas de condução e nível intrínseco
- d) Bandas de Fermi e valência
- ☒ e) Bandas de condução e valência

4. O capacitor encontra-se na região de depleção quando: **(1,0 ponto)**

- a) Acumula lacunas na interface Si- SiO₂.
- b) Acumula elétrons na interface Si- SiO₂.
- ☒ c) Acumulam elétrons e lacunas na interface Si- SiO₂.
- d) Não acumula nenhum portador.
- e) Quando a capacitância é máxima.

5. Os espaços vazios em uma célula unitária chamamos de: **(1,0 ponto)**

- a) Estruturas cristalinas.
- b) Estruturas desordenadas
- ☒ c) Interstícios.
- d) Estruturas aleatórias
- e) Interstícios aleatórios.

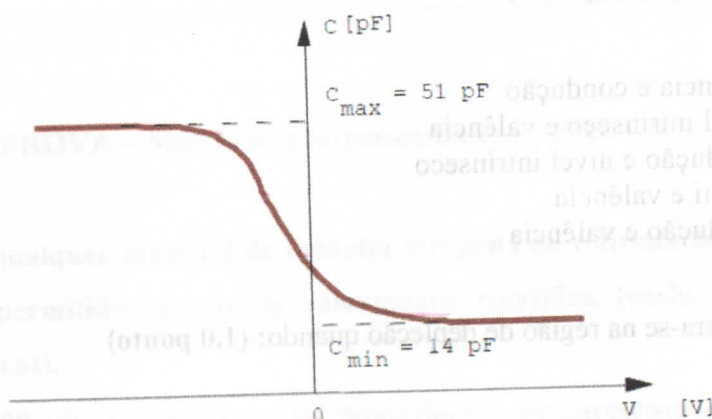
6. Quando um elétron passa de uma camada para outra, no modelo de Bohr ele emite: **(1,0 ponto)**

- ☒ a) Um fóton de energia.
- b) Uma energia intrínseca.
- c) Uma energia forte e se aniquila.
- d) Dois fótons de energia.
- e) Energia para o próton.

7. Dada a curva CV abaixo, medida em um capacitor MOS quadrado de 200µm, determinar:

- Espessura do óxido de porta (x_{ox}) em centímetros (cm) (0,5 ponto)
- Capacitância mínima do silício ($C_{Si\min}$) (0,5 ponto);
- Espessura de depleção máxima ($d_{máx}$) em centímetros (cm) (1,0 ponto);
- Concentração de Aceitadores (Na) (1,0 ponto).

Dados: Considerar $KT/q = 25mV$.



Constantes a serem adotadas, caso necessário:

- Carga do elétron (q) = $1,6 \times 10^{-19} C$;
- Permissividade do óxido: (ϵ_{ox}) = $40 \times 10^{-14} F/cm$;
- Permissividade do silício: (ϵ_{si}) = $1,03 \times 10^{-12} F/cm$;
- Densidade intrínseca de portadores SI (300K): $n_i = 1,45 \times 10^{10} PEL/cm^3$;
- Constante de Boltzman (K) = $8,62 \times 10^{-5} eV/K$;
- Adotar na primeira iteração $Na = 5 \times 10^{15} lacunas/cm^3$.

$$C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{x_{ox}} \cdot A$$

$$51 \times 10^{-12} = \frac{40 \times 10^{-14}}{x_{ox}} \cdot (200 \times 10^{-4})^2 \quad \therefore x_{ox} = 3,137 \times 10^{-6} cm$$

$$C_{máx} = C_{ox} \cdot A \rightarrow C_{ox} = \frac{51 \times 10^{-12}}{(200 \times 10^{-4})^2} \quad \therefore C_{ox} = 127,5 nF/cm^2$$

$$\frac{C_{min}}{A} = \frac{C_{ox} \cdot C_{Si\min}}{C_{ox} + C_{Si\min}}$$

$$\frac{14 \times 10^{-12}}{(200 \times 10^{-4})^2} = \frac{127,5 \times 10^{-9} \cdot C_{Si\min}}{127,5 \times 10^{-9} + C_{Si\min}}$$

$$14 \times 10^{-12} \cdot (127,5 \times 10^{-9} + C_{smin}) = (200 \times 10^{-4})^2 \cdot (127,5 \times 10^{-9} \cdot C_{smin})$$

$$1,785 \times 10^{-18} + 14 \times 10^{-12} C_{smin} = 5,1 \times 10^{-11} C_{smin}$$

$$C_{smin} = \frac{1,785 \times 10^{-18}}{3,7 \times 10^{-11}}$$

$$C_{smin} = 48,24 \text{ nF/cm}^2$$

$$c) \lambda_{max} = \frac{E_{Ai}}{C_{smin}} = \frac{1,03 \times 10^{-12}}{48,24 \times 10^{-9}} \therefore \lambda_{max} = 21,35 \times 10^{-6} \text{ cm}$$

$$d) N_D = \frac{4 \cdot E_{pi} \cdot K \cdot T \cdot \ln\left(\frac{N_D}{n_i}\right)}{q^2 \cdot \lambda_{max}^2}$$

$$N_D = \frac{4 \cdot 1,03 \times 10^{-12} \cdot 25 \times 10^{-3} \cdot \ln\left(\frac{5 \times 10^{15}}{1,45 \times 10^{10}}\right)}{1,6 \times 10^{-19} \cdot (21,35 \times 10^{-6})^2}$$

$$1^{\circ}: N_D = 1,8 \times 10^{16} \text{ portões/cm}^3$$

$$2^{\circ}: N_D = 1,98 \times 10^{16} \text{ portões/cm}^3$$

$$3^{\circ}: N_D = 1,995 \times 10^{16} \text{ portões/cm}^3$$

$$4^{\circ}: N_D = 1,996 \times 10^{16} \text{ portões/cm}^3$$