

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT)  
CENTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO  
RENATO ARCHER (CTI)**

CONCURSO PÚBLICO

NÍVEL SUPERIOR

**CADERNO DE PROVAS – PARTE II  
CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS**

Cargo

**2**

Tecnologista Pleno 2 – Padrão I  
Área de Atuação:

**Empacotamento Eletrônico**

Aplicação: 16/11/2008

**ATENÇÃO!**

- » Leia atentamente as instruções constantes na capa da Parte I do seu caderno de provas.
- » Nesta parte do seu caderno de provas, que contém os itens relativos à prova objetiva de **Conhecimentos Específicos**, confira inicialmente os seus dados pessoais transcritos acima e o seu nome no rodapé de cada página numerada deste caderno. Em seguida, verifique o número e o nome de seu cargo e de sua área de atuação transcritos acima e no rodapé de cada página numerada desta parte do caderno de provas.

**AGENDA (datas prováveis)**

- I **18/11/2008**, após as 19 h (horário de Brasília) – Gabaritos oficiais preliminares das provas objetivas: Internet — [www.cespe.unb.br](http://www.cespe.unb.br).
- II **19 e 20/11/2008** – Recursos (provas objetivas): exclusivamente no Sistema Eletrônico de Interposição de Recurso, Internet, mediante instruções e formulários que estarão disponíveis nesse sistema.
- III **9/12/2008** – Resultado final das provas objetivas e resultado provisório da prova discursiva: Diário Oficial da União (DOU) e Internet.
- IV **10 e 11/12/2008** – Recursos (prova discursiva): exclusivamente no Sistema Eletrônico de Interposição de Recurso, Internet, mediante instruções e formulários que estarão disponíveis nesse sistema.
- V **30/12/2008** – Resultado final da prova discursiva e convocação para prova oral, defesa pública de memorial e avaliação de títulos e currículo: DOU e Internet.
- VI **17/1/2009** – Realização da prova oral e da defesa pública de memorial, em locais e horários a serem divulgados na respectiva convocação.

**OBSERVAÇÕES**

- Não serão objeto de conhecimento recursos em desacordo com o item 12 do Edital n.º 2 - CTI, de 18/8/2008.
- Informações adicionais: telefone 0(XX) 61 3448-0100; Internet – [www.cespe.unb.br](http://www.cespe.unb.br).
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

De acordo com o comando a que cada um dos itens de **51 a 120** se refira, marque, na **folha de respostas**, para cada item: o campo designado com o código **C**, caso julgue o item **CERTO**; ou o campo designado com o código **E**, caso julgue o item **ERRADO**. A ausência de marcação ou a marcação de ambos os campos não serão apenadas, ou seja, não receberão pontuação negativa. Para as devidas marcações, use a **folha de respostas**, único documento válido para a correção das suas provas.

## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

Com relação aos processos físicos e químicos de fabricação de dispositivo eletroeletrônicos, julgue os itens que se seguem.

- 51** A deposição por evaporação é uma técnica a alto-vácuo utilizada para fazer filmes finos.
- 52** A taxa de deposição na evaporação depende da pressão do vapor e da geometria do reator.
- 53** A pulverização catódica (*sputtering*) é um processo puramente químico que usa a descarga elétrica luminosa de um plasma para remover o material a ser depositado em determinado alvo.
- 54** Uma das desvantagens da pulverização catódica é a necessidade de se operar a pressões de trabalho muito baixas, o que não permite sintetizar materiais de elevada pureza.
- 55** O processo de deposição química de vapor (CVD) pode ser feito sob pressão atmosférica. Um exemplo do emprego desse processo é a deposição de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>).
- 56** A espessura de um filme formado pela técnica de *spin-coating* é diretamente proporcional à velocidade do *spin*.

material	condutividade térmica (W/cm.K)	coeficiente de expansão térmica (10 <sup>-6</sup> x K <sup>-1</sup> )	constante dielétrica	resistência elétrica (μΩ . cm)
<u>metais:</u>				
prata	4,3	19,0		1,6
cobre	4,0	17,0		1,7
alumínio	2,3	23,0		2,8
tungstênio	1,7	4,6		5,3
molibdênio	1,4	5,0		5,3
<u>semicondutor:</u>				
silício	1,5	2,5	11,8	
<u>substratos isolantes:</u>				
carbeto de silício (SiC)	2,2	3,7	42,0	
óxido de berílio (BeO)	2,0	6,0	6,7	
óxido de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,3	6,0	9,5	
dióxido de silício (SiO <sub>2</sub> )	0,01	0,5	3,9	
poliimido	0,004		3,5	
resina de epóxi	0,003	15,0	5,0	

H. B. Bakoglu. Circuits, interconnections and packaging for VLSI. 1.ª ed., EUA: Addison-Wesley, 1990.

Considerando os dados apresentados na tabela acima, julgue os itens de **57 a 66**.

- 57** O cobre possui valores de condutividade térmica e elétrica muito próximos aos da prata. Entretanto, a prata é de custo mais baixo que o cobre.
- 58** O alumínio possui resistividade elétrica maior que a prata e o cobre, o que o torna menos compatível com empacotamento de aplicações de alta velocidade.

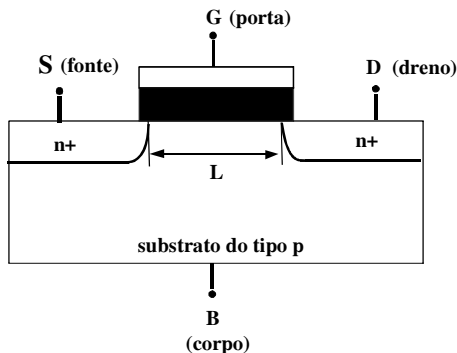
- 59** Molibdênio, apesar de não ser um condutor elétrico tão bom quanto o cobre, possui um alto ponto de fusão. Essa característica não o torna apropriado para substratos cerâmicos com vários níveis de interconexões.
- 60** Carbeto de silício, nitrito de alumínio, óxido de berílio e óxido de alumínio são algumas das cerâmicas utilizadas em empacotamento eletrônico.
- 61** Entre as cerâmicas, o carbeto de silício possui valor de coeficiente de expansão térmica mais próximo ao do silício e, por isso, não pode ser ligado diretamente à lâmina de silício sem gerar estresse em ambos os materiais.
- 62** O óxido de alumínio é o substrato cerâmico mais comum.
- 63** Quanto maior for a constante dielétrica da cerâmica, menor será o valor das capacitâncias associadas às interconexões.
- 64** Se o poliimido for utilizado no empacotamento, deve-se cuidar para que não haja contaminantes que possam ser prejudiciais aos circuitos integrados.
- 65** O dióxido de silício pode ser depositado mais facilmente que o poliimido, que é um polímero orgânico.
- 66** Resina de epóxi (*epoxy glass*) é um isolante bastante utilizado em placas de circuito impresso.

Acerca dos dispositivos de onda acústica de superfície — *surface acoustic wave* (SAW) —, julgue os itens subsequentes.

- 67** Baseiam-se em ondas acústicas de superfície. Nessas ondas, a amplitude da onda decai exponencialmente com a profundidade do substrato.
- 68** Utilizam materiais piezelétricos para fazer a transdução da energia mecânica proveniente das ondas acústicas de superfície em energia elétrica e vice-versa.
- 69** Normalmente, não utilizam transdutores interdigitais para fazer a conversão da energia das ondas em energia elétrica e vice-versa.
- 70** São geralmente utilizados como filtros, osciladores e transformadores.
- 71** Não são construídos por fotolitografia.

Julgue os seguintes itens, relativos a dispositivos elétricos ou eletrônicos.

72 Em um transistor de efeito de campo nMOS do tipo enriquecimento, como o mostrado na figura abaixo, existirão três regiões de operação: a região de corte, quando  $V_{GS} < V_T$ ; a região linear, quando  $V_{DS} < V_{GS} - V_T$ ; a região de saturação, quando  $V_{DS} > V_{GS} - V_T$ , sendo  $V_T$  a tensão de limiar do transistor.



73 A geometria do FinFET, que é um dispositivo com dois terminais de porta, é feita com a intenção de reforçar os efeitos provenientes da redução do comprimento do canal.

74 O diodo *laser* é um dispositivo semiconductor que é formado dopando-se uma camada muito fina na superfície de uma lâmina de cristal. O cristal é dopado de forma a produzir uma junção pn.

75 Telas de LCD (*liquid crystal display*) possuem tempo de resposta menor que OLEDs (*organic light emitter diode*).

76 A desvantagem dos diodos orgânicos em relação aos tradicionais é que as moléculas orgânicas não podem ser diretamente aplicadas sobre a superfície da tela, usando um método de impressão.

O microscópio eletrônico utiliza feixes de elétrons em vez de luz, como é o caso do microscópio óptico. Existem três tipos básicos de microscópios eletrônicos: de transmissão, de varredura e de tunelamento. Como todos os tipos possuem potencial de aumento superior ao óptico, são bastante utilizados para a caracterização de materiais e dispositivos. Quanto a esse tema, julgue os itens de 77 a 84.

77 Na microscopia de varredura por tunelamento — *scanning tunneling microscopy* (STM) — a superfície é diretamente caracterizada pela varredura de uma ponta capaz de seguir a topologia em escala atômica de resolução.

78 Na microscopia de transmissão eletrônica — *transmission electron microscopy* (TEM) —, que pode alcançar resoluções de escala atômica, também é obtida informação sobre a profundidade da amostra.

79 Na microscopia eletrônica de varredura — *scanning electron microscopy* (SEM) —, as amostras devem ser eletricamente condutivas ou, ao menos, possuir uma fina camada condutiva na superfície.

80 A preparação da amostra na TEM pode ser um procedimento bastante complexo. A preparação deve levar em consideração o tipo de material e o tipo de caracterização que será feita.

81 A SEM pode ser utilizada para se obter informação cristalográfica do material sob análise.

82 STM e AFM (*atomic force microscopy*) são geralmente utilizadas para obter imagens topográficas do material.

83 A TEM proporciona dois modos para se observar amostras: modo de difração e modo de imagens.

84 A TEM é utilizada para analisar a estrutura cristalina e a microestrutura dos materiais, podendo ser usada para estudar toda variedade de material: metal, cerâmico, semiconductor e polímero.

No que se refere às técnicas de montagem de empacotamento eletrônico de buraco passante (*through-hole*) e de superfície (*surface mounting*), julgue os itens a seguir.

85 O empacotamento de circuitos integrados pode ser classificado em duas categorias: montagem *through-hole* e montagem de superfície (*surface mounting*).

86 *Dual in-line packaging* (DIP) é um tipo de encapsulamento que pode ser feito com invólucro plástico ou metálico. Os pinos ficam, geralmente, distribuídos em duas linhas em lados opostos da cápsula.

87 Atualmente, o empacotamento de capacitores eletrolíticos é realizado pela técnica de montagem *through-hole*.

88 Em um arranjo do tipo *pin grid array* (PGA), os pinos são distribuídos aleatoriamente por todo o encapsulamento, e não só nas bordas, como é o caso do DIP.

89 Empacotamentos DIP e PGA são do tipo *through-hole*.

90 O arranjo PGA geralmente utiliza substratos cerâmicos de alta constante dielétrica, o que resulta em baixos valores de capacitâncias de contato.

91 Na técnica de montagem de superfície, os circuitos são montados diretamente na placa de circuito impresso. Essa técnica geralmente utiliza mais espaço que a técnica *through-hole*.

92 Dispositivos eletrônicos montados com o uso da técnica de superfície são denominados SMD (*surface mounting devices*).

93 Para sistemas de alta frequência de operação, a técnica *through-hole* é melhor que a técnica de montagem de superfície, pois apresenta menores valores de resistência e capacitância nas conexões.

94 Componentes podem ser soldados em ambos os lados da placa de circuito impresso no caso da técnica de montagem *through-hole*.

Quanto às características térmicas do empacotamento eletrônico, julgue os próximos itens a seguir.

- 95** O principal mecanismo de dissipação de calor é a radiação.
- 96** Um dos caminhos da dissipação de calor em empacotamentos eletrônicos pode ocorrer da superfície do empacotamento para a atmosfera.
- 97** Um dos caminhos da dissipação de calor em empacotamentos eletrônicos pode ocorrer dos pinos externos para a atmosfera, sem passar pela placa de circuito impresso.
- 98** A maior parte da dissipação de calor não passa pela placa de circuito impresso.
- 99** A principal forma de se obter uma melhor dissipação de calor é aumentar a resistência térmica do dispositivo.

Geralmente, sistemas eletrônicos possuem diversas camadas ou níveis de empacotamento. Cada nível possui dispositivos de hierarquia diferente associados. Acerca da hierarquia do nível de empacotamento, julgue os itens que se seguem.

- 100** As conexões internas de um circuito integrado definem o empacotamento de nível zero.
- 101** Conexões entre placas de circuito impresso, por exemplo, definem um empacotamento de nível quatro.
- 102** Caminhos condutores impressos para fazer a conexão dos contatos dos componentes à placa de circuito impresso definem um empacotamento de nível um.
- 103** A conexão entre um computador e uma impressora é definida como um empacotamento de nível cinco.

No que se refere às metodologias de modelagem de processos de fabricação, julgue os seguintes itens.

- 104** Algumas das etapas de processo que não são contempladas nas simulações de processo são implantação iônica, corrosão, deposição e oxidação.
- 105** Um dos objetivos principais da simulação do processo de fabricação é obter uma predição acurada da distribuição de dopantes.
- 106** Não é possível obter uma predição da distribuição de estresse em uma simulação do processo de fabricação.

No projeto de equipamentos para processos algumas variáveis estão envolvidas, como as de processo e de projeto, bem como os parâmetros do equipamento. Com relação a essas variáveis, julgue os itens de **107** a **112**.

- 107** As variáveis do processo são o número de variáveis totais, incógnitas ou não, envolvidas no processo.
- 108** As variáveis de projeto são as variáveis do processo que o projetista deve especificar.

- 109** As variáveis de projeto podem ser intensivas ou extensivas.
- 110** Pressão e temperatura são exemplos de variáveis de projeto intensivas.
- 111** As variáveis de processo não podem ser repetitivas.
- 112** Parâmetros do equipamento são fatores ligados às dimensões e características do equipamento, como, por exemplo, volume, altura, curvas características etc.

O comportamento da corrente elétrica em uma junção **pn** pode ser modelada matematicamente pela expressão:  $I = I_s [\exp(V_d/nV_t) - 1]$ , em que  $n$  está relacionado à quantidade de portadores. Baseando-se nessa expressão, julgue os itens a seguir.

- 113** A expressão acima denota o modelo de pequenos sinais da junção **pn**.
- 114**  $V_t$  é a tensão de limiar do diodo, que possui valor de aproximadamente 0,6 V.
- 115**  $I_s$  é a corrente de saturação reversa.
- 116** Não existe um modelo para a junção **pn** que utilize uma aproximação linear por partes.

As técnicas de planejamento de experimentos são empregadas para melhorar a qualidade dos processos de fabricação e do produto final, reduzindo o número de testes e otimizando a utilização dos recursos disponíveis. Quanto a esse tema, julgue os itens subsequentes.

- 117** Variáveis de resposta são variáveis independentes que sofrem variações quando os fatores que influenciam o experimento são alterados.
- 118** Os fatores de controle são aqueles que são deliberadamente alterados durante o experimento para avaliar o comportamento das variáveis de resposta.
- 119** A metodologia de planejamento fatorial é utilizada quando algumas combinações dos níveis dos fatores de controle são realizadas.
- 120** A metodologia de planejamento de superfície de resposta (*response surface methodology*) é um conjunto de técnicas de planejamento e análise de experimento usadas na modelagem matemática das respostas. Nessa metodologia, há uma identificação do relacionamento entre as variáveis quantitativas (tempo, velocidade, pressão etc.) e as respostas do sistema analisado.

## PROVA DISCURSIVA

- Nesta prova, que vale **trinta** pontos, faça o que se pede, usando o espaço para rascunho indicado no presente caderno. Em seguida, transcreva o texto para a **FOLHA DE TEXTO DEFINITIVO DA PROVA DISCURSIVA**, no local apropriado, pois **não será avaliado fragmento de texto escrito em local indevido**.
- Qualquer fragmento de texto além da extensão máxima de **trinta** linhas será desconsiderado.
- Na **folha de texto definitivo**, identifique-se apenas no cabeçalho da primeira página, pois **não será avaliado** texto que tenha qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.

No passado, os sistemas eletrônicos eram discretos, com computadores desempenhando processamento de dados, telecomunicações proporcionando comunicações baseadas em voz, e a eletrônica de consumo fornecendo áudio, vídeo e outras funções em produtos portáteis. O foco atual, entretanto, é em sistemas sem fio e portáteis, como telefones celulares. Existe um desafio novo e emergente em sistemas denominados convergentes, que são caracterizados pela convergência do computador, da telecomunicação, da eletrônica de consumo e de equipamentos biomédicos que funcionem em uma só embalagem ou produto.

R. R. Tummala. **Packaging: past, present and future**. Publicado nos anais da conferência IEEE 6<sup>th</sup> International Conference on Electronic Packaging Technology, IEEE, p. 3-7 (tradução).

Considerando que o fragmento de texto acima tem caráter unicamente motivador, redija um texto dissertativo acerca do seguinte tema.

### **DESAFIOS DA EVOLUÇÃO DO EMPACOTAMENTO ELETRÔNICO**

Ao elaborar seu texto, aborde, necessariamente, os seguintes aspectos:

- ▶ funções básicas do empacotamento eletrônico;
- ▶ limitações tecnológicas do empacotamento eletrônico;
- ▶ desafios tecnológicos a serem enfrentados pelo desenvolvimento do empacotamento eletrônico.

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	