

**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**

Aplicação: 16/11/2008

Cargo

3

Tecnologista Pleno 2 – Padrão I
Área de Atuação:

Energia Solar, com foco em Energia Fotovoltaica

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.
- 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.
- 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

Julgue os itens a seguir, os quais estão relacionados aos conceitos de métodos matemáticos.

- 51** A equação de Laplace é um caso especial da equação de Poisson, quando a densidade de cargas volumétricas é zero.
- 52** As coordenadas cartesianas de um ponto podem servir como componentes do vetor correspondente.
- 53** A transformada de Laplace é o resultado de certa operação efetuada sobre uma função espacial $f(x)$.

Com relação aos métodos de aquisição e tratamento de dados experimentais, julgue o item abaixo.

- 54** Alguns *softwares*, como Matlab e Labview, são bastante utilizados na aquisição e no tratamento de dados experimentais. O primeiro é mais utilizado na aquisição de dados e o segundo, no tratamento de dados.

Julgue os itens a seguir, relativos aos conceitos de energia e termodinâmica.

- 55** A utilização de uma xícara de aço inox para tomar um café quente é preferível a uma xícara de alumínio devido ao fato de o aço inox possuir condutividade térmica mais baixa do que o alumínio, evitando, assim, que o café esfrie mais rapidamente.
- 56** É possível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de um reservatório e produzir uma quantidade equivalente de trabalho.
- 57** Os processos irreversíveis são aqueles que não possuem uma direção preferencial no tempo, podendo ser executados de trás para frente.
- 58** O grau de desordem de um sistema é chamado de entropia, a qual tende sempre a aumentar.

Em um experimento, foram colocados em um pequeno forno, durante o mesmo tempo, um disco de ferro e uma quantidade equivalente de água, que, a princípio, estavam à mesma temperatura. A quantidade de calor recebida por ambos foi a mesma, contudo, após o aquecimento, o ferro apresentou temperatura superior à da água.

Considerando conceitos de energia e termodinâmica, julgue os itens a seguir, referentes ao experimento acima descrito.

- 59** O fato de as temperaturas finais dos dois materiais terem sido diferentes está relacionado a uma propriedade intrínseca dos mesmos, chamada calor específico.
- 60** Com base no experimento descrito, é correto afirmar que a capacidade calorífica da água é maior do que a capacidade calorífica do ferro.

Quanto ao funcionamento das bombas de vácuo iônica e de sublimação de titânio, julgue os próximos itens.

- 61** O funcionamento de uma bomba iônica baseia-se na absorção de gás na presença de uma descarga elétrica. Essa descarga elétrica possibilita a ionização das moléculas do gás, que serão aceleradas para os eletrodos com energia suficiente para se alojarem na rede cristalina do mesmo. O material usado no catodo é normalmente o titânio.
- 62** Para que a bomba iônica mantenha o seu funcionamento mesmo a baixas pressões, a câmara de descarga elétrica deve ser imersa em um campo magnético de 1 kG a 2 kG, criado por um ímã permanente.
- 63** Uma bomba de sublimação de titânio é usada quando se necessita de vácuo da ordem de 10^{-5} torr.
- 64** Uma bomba de sublimação de titânio consiste de filamentos (liga de titânio e tungstênio) que são aquecidos resistivamente. A fonte de titânio é aquecida a uma temperatura de sublimação de 1.500°C . O bombeamento por sublimação baseia-se na ação absorvedora do titânio evaporado.

Acerca de sistemas de vácuo, julgue os itens que se seguem.

- 65** A seqüência correta de bombeamento para se conseguir o ultra-alto vácuo (aproximadamente 10^{-11} torr) é a seguinte: bombas de sorção; bombas iônicas; sublimação de titânio associado a um painel criogênico de nitrogênio líquido; bomba turbomolecular.
- 66** A bomba de sorção é feita de um corpo de aço inox com palhetas de cobre internas para facilitar a transferência de calor para a carga de zeólitas. As zeólitas são cerâmicas muito porosas que conseguem absorver e adsorver grandes quantidades de gás de um sistema quando o recipiente de aço inox é esfriado com nitrogênio líquido.
- 67** As bombas de vácuo mecânicas não podem ser usadas em sistemas que requeiram um ambiente livre de impurezas e contaminantes, uma vez que a possibilidade de injeção de óleo nesse sistema é grande.
- 68** Em sistemas onde o ultra-alto vácuo é necessário, sempre existe a possibilidade de vazamentos. Uma forma de detectar vazamentos pequenos seria espirrar um pouco de acetona no local de que se desconfia que o vazamento esteja ocorrendo. Isso é feito porque a acetona em contato com a baixa pressão se congela e pode obstruir o ponto que está vazando.

- 69** A acetona pode ser empregada para a detecção de grandes vazamentos em câmaras de vácuo usadas para crescimento epitaxial de semicondutores. A molécula de acetona entra em contato com a baixa pressão através do lugar do vazamento e se congela, fechando temporariamente esse ponto. Contudo, após certo tempo, tal molécula é sugada para dentro do sistema, ocasionando um aumento de pressão, indicativo de que o vazamento continua e se situa exatamente naquele lugar.
- 70** O gás hélio pode ser usado na detecção de vazamentos muito pequenos em câmaras de ultra-alto vácuo, pois sua molécula é pequena. Quando passa pelo vazamento e entra no sistema, esse gás é facilmente detectado por um espectrômetro de massa que esteja acoplado à câmara de ultra-alto vácuo, demonstrando que naquele lugar existe um vazamento que permitiu a entrada desse gás.

Epitaxia é o crescimento regular e orientado de um cristal simples com espessura e dopagem controladas sobre um cristal simples e similar, chamado substrato. As técnicas epitaxiais são usadas para realizar junções, camadas ultrafinas, multipoços quânticos etc. com controle excelente na pureza, dopagem e espessura dos filmes. Existem muitas técnicas de epitaxia, mas as mais comuns são as epitaxias por fase líquida, por fase vapor e por feixe molecular. Com referência a essas técnicas, julgue os itens a seguir.

- 71** A técnica de epitaxia por fase líquida é baseada em um diagrama de equilíbrio entre a fase líquida e a fusão congruente do sólido. A fusão congruente ocorre em qualquer temperatura na qual o sólido e o líquido tenham a mesma composição.
- 72** A técnica de epitaxia por fase vapor é também chamada de deposição por vapor químico. Uma das modalidades de deposição por vapor químico mais usadas é a epitaxia por fase vapor de organometálicos.
- 73** Nas técnicas de epitaxia por fase líquida e por fase vapor, o crescimento de cristais semicondutores ocorre em condições de não-equilíbrio, diferentemente da técnica de epitaxia por feixe molecular, que se desenvolve em condições de quase-equilíbrio, sendo que o principal processo é o da cinética da superfície.

O processo de dopagem é um dos passos mais importantes na fabricação de muitos dispositivos eletrônicos e optoeletrônicos. As três técnicas mais comuns para dopagem em semicondutores são: crescimento epitaxial, difusão, implantação de íons. Julgue os itens subseqüentes, relativos a essas três técnicas de dopagem.

- 74** Das técnicas de epitaxia mais usadas, a técnica de epitaxia por feixe molecular é a que oferece um melhor controle na concentração dos dopantes e também é a que fornece interfaces das junções *p-n* mais abruptas.
- 75** A técnica de difusão de impurezas é mais utilizada para a dopagem em semicondutores compostos, tal como o arseneto de gálio, e menos utilizada para dopagem em semicondutores simples, tal como o silício.
- 76** O processo de difusão envolve a substituição de um átomo da rede pelo átomo dopante. Esse processo é geralmente muito rápido e pode ser feito à temperatura ambiente.
- 77** Um elemento dopante que seja capaz de dopar um mesmo semicondutor composto tanto *n* quanto *p* é chamado de anfótero.
- 78** Para que possa ser evaporado pela técnica de epitaxia por feixe molecular, o dopante deve possuir uma pressão de vapor muito baixa, uma vez que a dopagem é feita em condições de ultra-alto vácuo.
- 79** A implantação iônica é a técnica de dopagem mais usada na fabricação de dispositivos eletrônicos, tais como o transistor de efeito de campo de junção metal-semicondutor. Tal técnica consiste da projeção de íons de alta energia sobre a superfície do substrato.
- 80** O substrato que foi dopado por implantação iônica normalmente se torna quase amorfo devido aos danos causados pelos íons de alta energia durante a implantação, e não há nada que possa ser feito para restaurar a sua condição cristalina anterior.

A respeito de células solares de junção *p-n*, julgue os itens seguintes.

- 81** A emissão de luz de uma junção *p-n* polarizada diretamente é conhecida como efeito fotovoltaico.
- 82** No efeito fotovoltaico, há o aparecimento de uma tensão direta na junção iluminada.
- 83** O valor da tensão de circuito aberto é limitado pelo potencial de contato da junção *p-n*.
- 84** Os requisitos necessários para que um material seja usado para a confecção de células solares de junção *p-n* são: largura da banda de energia proibida próxima ao valor de energia do espectro solar, portadores de carga com alta mobilidade e baixo tempo de vida.
- 85** A corrente de um diodo de junção *p-n* iluminada é composta inteiramente por portadores que se deslocam do lado *p* para o lado *n*.

- 86** Apesar de haver uma inclinação nas bandas de energia da junção *p-n* muito parecida com a inclinação de banda de um diodo polarizado diretamente, os portadores de carga fluem na direção oposta quando a junção é iluminada.
- 87** Uma célula solar consiste basicamente de uma junção *p-n* rasa com contatos ôhmicos finos na superfície. Esses contatos servem para a coleta dos portadores de carga, contudo, eles fornecem uma resistência em série grande, o que, muitas vezes, acarreta diminuição da eficiência da célula.
- 88** Ao se examinar a curva corrente-voltagem de uma célula solar, percebe-se que o fator de preenchimento está relacionado diretamente ao valor da resistência em série devida aos contatos ôhmicos finos na superfície da célula. O fator de preenchimento aumenta quando a resistência em série aumenta.
- 89** No caso de uma célula solar de junção *p-n*, é esperado que a corrente de saturação reversa cresça à medida que a célula é iluminada. Isso acontece porque a aplicação de uma polarização reversa diminui a altura da barreira de energia na interface da junção, de modo a facilitar a passagem de corrente.

Julgue os itens que se seguem, referentes aos processos físico-químicos envolvidos na incorporação de cátions e ânions durante o crescimento epitaxial de semicondutores compostos.

- 90** O processo de crescimento cristalino por epitaxia por feixe molecular consiste da adsorção dos átomos constituintes, da sua dissociação e migração na superfície e, finalmente, da sua incorporação, resultando no crescimento.
- 91** As temperaturas dos substratos durante o crescimento por epitaxia por feixe molecular devem ser mantidas abaixo da temperatura de evaporação congruente do composto que se deseja crescer.
- 92** O fato de ânions e cátions possuírem diferentes dinâmicas de adsorção sobre o mesmo substrato é devido à temperatura do mesmo.
- 93** São exemplos de processos de deposição por vapor físico: sublimação, epitaxia por feixe molecular, *sputtering* e epitaxia por fase vapor.
- 94** A adsorção física é caracterizada por um estado precursor fracamente ligado e móvel.
- 95** A adsorção química é realizada por meio de interações de Van der Waals e não forma ligação química.

Acerca da caracterização óptica e química de semicondutores, julgue os próximos itens.

- 96** O processo de luminescência é chamado de: fotoluminescência, quando o par elétron-buraco é gerado a partir da injeção de fótons; eletroluminescência, quando o par elétron-buraco é gerado por elétrons energéticos.
- 97** A fotoluminescência pode ser de dois tipos: fluorescente ou fosforescente, sendo que a primeira é um processo muito rápido e a segunda é um processo mais lento.
- 98** Fotoluminescência é uma poderosa ferramenta para a caracterização óptica de materiais semicondutores. Utilizando-a, é possível obter-se características de materiais semicondutores, tais como valor da energia da banda proibida, impurezas não-intencionais durante o crescimento do semicondutor e transições entre diferentes níveis de energia.
- 99** Um sistema para medidas de fotoluminescência deve consistir basicamente de: fonte de excitação, criostato com temperatura variável com prendedor de amostra acoplado, espectrômetro de varredura de alta resolução e sistema de detecção.
- 100** A composição química e estrutural de materiais orgânicos ou inorgânicos pode ser determinada por medidas Raman.

Julgue os itens subseqüentes, relacionados à remoção de camadas de metais, isolantes e semicondutores.

- 101** O ataque químico úmido é geralmente usado para a limpeza inicial do substrato, retirando certa quantidade de material por meio de oxidação e remoção do óxido.
- 102** A litografia por feixe de íons focados e o ataque químico seco podem ser acoplados diretamente à câmara de crescimento do sistema de epitaxia por feixe molecular, a fim de reduzir a grande densidade de defeitos na interface durante um recrescimento convencional.
- 103** A técnica de remoção de camadas por fotolitografia consiste basicamente em: oxidação da superfície da amostra; aplicação de *fotorresiste* sobre a camada de óxido; colocação de máscara sobre o *fotorresiste* e exposição à luz ultravioleta; e remoção do *fotorresiste* exposto à luz ultravioleta.

Julgue os itens a seguir, relativos às técnicas de caracterização de superfícies e de caracterização elétrica de semicondutores.

- 104** A mobilidade dos portadores pode ser determinada por medida *Hall*, em que o movimento dos portadores através da amostra é alterado pela força de Lorentz devido a um campo elétrico aplicado.
- 105** O experimento de *Haynes-Shockley* é usado para determinar os parâmetros devido aos portadores minoritários, enquanto que o experimento de efeito *Hall* determina parâmetros devido aos portadores majoritários.
- 106** As mobilidades dos portadores dependem fortemente de dois tipos de espalhamento que são influenciados pela temperatura. Em altas temperaturas, a mobilidade é limitada pelo espalhamento por impurezas, e em baixas temperaturas ela é limitada pelo espalhamento por fônons ópticos.
- 107** Considerando que a mobilidade do elétron em um semicondutor muito puro é de $200.000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$ à temperatura de $4,2 \text{ K}$, é correto afirmar que a mobilidade desse mesmo elétron à temperatura ambiente será maior que $200.000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$.
- 108** Os portadores de carga em uma junção *p-n* podem formar dois tipos de corrente elétrica, uma devido à deriva dos portadores (causada pelo campo elétrico aplicado), e outra devido ao gradiente de concentração dos portadores, que é chamada de corrente de difusão.
- 109** Quando se realizam medidas de corrente-voltagem em um diodo, pode-se polarizá-lo de duas formas, direta ou reversa. A polarização direta é responsável por um aumento da barreira de energia na interface, aumentando também a largura da camada de depleção desse diodo.
- 110** A difração de raios X é uma ferramenta muito usada para a observação da superfície de um material, pois, como não possuem carga elétrica, os raios X podem interagir mais facilmente com o mesmo.
- 111** A difração de elétrons rasantes de alta energia é muito usada para a verificação *in situ* das condições de crescimento epitaxial de um material semicondutor. É uma medida feita em tempo real e fornece informação sobre a desoxidação do substrato, a velocidade de crescimento e o modo de crescimento.
- 112** A microscopia de força atômica oferece a possibilidade de observação da superfície do material em escalas nanométricas somente para materiais condutores e semicondutores, enquanto que a microscopia por tunelamento pode examinar as topografias da superfície de materiais condutores e não-condutores.

A operação de quase todos os dispositivos optoeletrônicos baseia-se na criação ou aniquilação do par elétron-buraco. A formação desse par resulta da passagem de um elétron da banda de valência para a banda de condução, deixando na banda de valência um estado vazio, chamado de buraco. A partir dessas informações, julgue os itens que se seguem.

- 113** O par elétron-buraco pode ser criado, a princípio, por qualquer partícula energética incidente sobre o semicondutor, desde que esta tenha pelo menos energia igual à energia da banda proibida.
- 114** O processo pelo qual um par elétron-buraco pode ser criado a partir de incidência de luz sobre um semicondutor é chamado de absorção, pois fótons com energia suficiente são absorvidos pelo mesmo.
- 115** A absorção é um fenômeno estimulado, ou seja, a transição do elétron da banda de valência para a banda de condução é um fenômeno estimulado.
- 116** O processo de recombinação pode ser de dois tipos: recombinação radiativa, com emissão de luz; recombinação não-radiativa (sem emissão de luz). No processo não-radiativo, não há perda de energia.

Com referência a aplicações e mercados de energia fotovoltaica, julgue os seguintes itens.

- 117** Três condições básicas são necessárias para o sucesso de implementação e difusão da tecnologia fotovoltaica para a população rural: disponibilidade comercial, facilidade na obtenção de peças de reposição e existência de pessoal técnico local com capacidade para instalar e dar manutenção aos sistemas baseados na tecnologia fotovoltaica.
- 118** A célula solar atualmente mais usada é a construída à base de silício. Esse material é de alto custo, o que torna o preço de grandes painéis para transformação de energia solar em energia elétrica algo muito oneroso ainda.
- 119** O principal uso de tecnologia fotovoltaica em áreas rurais se restringe à eletrificação de cercas e aquecimento de água.
- 120** Novas tecnologias estão surgindo no mercado, tais como células solares à base de corante e também confeccionadas com polímeros. A grande vantagem dessas novas tecnologias, além do seu preço reduzido, é que possuem eficiências de conversão maiores do que a célula solar de silício.

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.

A empresa Dai Nippon Printing Co. (DNP) desenvolveu uma célula solar do tipo Graetzel, feita por impressão sobre um filme plástico, com eficiência de conversão de 7,1%. As células solares feitas sobre filmes flexíveis têm, geralmente, baixa eficiência, dado que esse substrato não permite tratamentos a temperaturas muito elevadas, o que limita as possibilidades de fabricação dessas células. Além disso, é requerida uma etapa de vácuo para formar o eletrólito, o que reduz a produtividade das células. A empresa japonesa, então, desenvolveu uma técnica em que a camada ativa é depositada sobre um substrato metálico (o que permite livrar-se de restrições da alta temperatura) e depois transferida para o filme plástico. Por outro lado, a etapa sob vácuo foi suprimida, utilizando-se um eletrólito sob forma de gel, depositado por um procedimento de impressão desenvolvido pela Dai Nippon. Na camada ativa, é utilizado TiO_2 , dióxido de titânio. O protótipo, que mede 30 mm × 30 mm, por 250 μm de espessura, tem uma eficiência de 7,1%. Testes mostraram que ele funcionou corretamente por, pelo menos, 1.000 horas, a 65 °C. A empresa informa que pretende melhorar o rendimento do modelo e atingir 10% de eficiência. Tais inovações permitirão que a DNP possa vir a fabricar tais células solares a baixo custo. Além disso, a tecnologia de impressão possibilita que sejam acrescentados cores e padrões para, por exemplo, a obtenção de papéis de parede pintados e de geradores de energia fotovoltaica. As amostras deverão estar disponíveis em 2008, tendo a empresa fixado suas previsões de venda, para 2010, em cerca de oito milhões de dólares.

Internet: <www.nni.nikkei.co.jp> Trad. MIA (com adaptações).

Considerando que o texto acima tem caráter unicamente motivador, redija um texto dissertativo que aborde, necessariamente, os seguintes tópicos:

- ▶ terceira geração de células solares: células orgânicas, células híbridas e células do tipo Graetzel;
- ▶ breve descrição da célula solar de Graetzel;
- ▶ vantagens e desvantagens das células solares de terceira geração em relação à célula solar convencional de silício (célula solar de primeira geração).

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	

