

ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI  
1° appello scritto 5 Luglio 2006

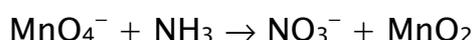
Esercizio 1 (8 punti)

Definire il fattore di impacchettamento di una struttura cristallina e determinare tale fattore per il diamante (una forma allotropica del carbonio C), la cui struttura è riportata in basso e nella quale gli atomi interni stanno in posizione tetraedrica. Calcolare la densità teorica del diamante.

Sapendo che il raggio atomico del carbonio è 0.077 nm calcolare i primi tre angoli  $2\theta$  di diffrazione che si possono osservare sottoponendo il diamante ad analisi diffrattometrica ai raggi X, con anodo al Cu, caratterizzato da  $\lambda = 0.1541$  nm. Si applichino le regole di estinzione sistematiche delle strutture cubiche a facce centrate. Individuare infine i piani che corrispondono agli angoli di diffrazione del punto precedente nella cella elementare.

Esercizio 2 (8 punti)

Si bilanci la seguente reazione di ossido-riduzione in ambiente basico indicando inoltre il nome di ciascun composto chimico partecipante alla reazione:



Supponendo di mettere a reagire 13 g di  $\text{MnO}_4^-$  e 10 litri, misurati in condizioni standard, di  $\text{NH}_3$ , quanti grammi di  $\text{MnO}_2$  si formeranno?

Esercizio 3 (10 punti)

Un processo di drogaggio, a sorgente infinita, di boro in silicio, inizialmente puro, prevede di avere ad una profondità di 0.5  $\mu\text{m}$  una concentrazione di 80 ppb. Sapendo che la concentrazione superficiale garantita durante il processo è 200 ppb, calcolare la durata della operazione alla temperatura di 1150 °C. Per il coefficiente di diffusione si utilizzi il diagramma allegato. Calcolare anche la conducibilità elettrica di tale semiconduttore. Per i dati necessari si utilizzi la tabella allegata. La densità del silicio è 2.33 g/cm<sup>3</sup>.

Esercizio 4 (4 punti)

Calcolare il momento magnetico di un singolo atomo di nichel usando le regole di accoppiamento dei momenti magnetici di Russell-Saunders.

ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI  
II° appello scritto 12 Luglio 2006

Esercizio 1 (8 punti)

Il tantalio è un metallo CCC con raggio atomico di 0.143 nm. Calcolare la densità teorica del tantalio. Individuare i primi 3 angoli  $2\theta$  di diffrazione che appaiono nello spettro quando polvere di tantalio è sottoposta a diffrazione a raggi X con  $\lambda = 0.1541$  nm. Rappresentare nella cella elementare questi piani e calcolarne la densità atomica superficiale.

Esercizio 2 (7 punti)

Elettrolizzando una soluzione acquosa di NaCl si osserva sviluppo di gas all'anodo e al catodo. Scrivere le reazioni di elettrodo indicando i gas che evolvono agli elettrodi. Calcolare il volume di tali gas, misurati in condizioni standard, quando l'elettrolisi è condotta su un beaker di 2 litri con disciolti 50 g di NaCl con una corrente di 5 A per 45 minuti. Calcolare la concentrazione di ioni  $\text{OH}^-$  (in moli/l) presenti in soluzione al termine della elettrolisi. Come si colorerà la cartina al tornasole, se immersa in tale soluzione?

Esercizio 3 (7 punti)

Indicare gli ioni che contribuiscono alla magnetizzazione della ferrite  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$ . Sapendo che la magnetizzazione di saturazione è  $4.13 \times 10^5$  A/m, calcolare anche il numero di magnetoni di Bohr posseduti da ognuno di tali ioni.

Dati:  $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24}$  Am<sup>2</sup>,  $a = 0.839$  nm.

Esercizio 4 (8 punti)

Un composto del ferro, costituito da Fe, C, H e O, viene trattato con ossigeno in due esperimenti diversi: nel primo 1.5173 g di composto hanno dato origine a 2.838 g di  $\text{CO}_2$  e 0.8122 g di  $\text{H}_2\text{O}$ , mentre nel secondo 0.3355 g del composto hanno dato origine a 0.0758 g di ossido di ferro (III). Calcolare la formula empirica del composto.

ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI  
III° appello scritto 24 Luglio 2006

Esercizio 1 (6 punti)

In un processo di indurimento di un acciaio è necessario accrescere la concentrazione di carbonio da 0.15 a 0.20 % ad una profondità di 15  $\mu\text{m}$ . Potendo assicurare una concentrazione superficiale di 0.4 % di C, quanto durerà l'operazione a 1000 °C?

Dati di diffusione:  $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $Q = 142 \text{ kJ/mol}$

Esercizio 2 (8 punti)

Un procedimento di largo uso per proteggere dalla corrosione atmosferica l'acciaio normale è la zincatura, che consiste nel realizzare un sottile strato di zinco metallico sull'oggetto in acciaio. Uno dei processi attraverso i quali realizzare la zincatura è per via elettrolitica, in cui è elettrolizzata una soluzione acida di solfato di zinco. Fare uno schema della elettrolisi, indicare a quale elettrodo deve essere collegato l'oggetto da zincare e indicare le reazioni di elettrodo (lo ione solfato non partecipa alle reazioni di elettrodo). Supponendo di voler realizzare uno strato di 35  $\mu\text{m}$  di zinco su un oggetto avente area di 2.5  $\text{m}^2$ , calcolare per quanto tempo deve circolare una corrente di 10 A. La densità dello zinco è 7.14  $\text{g/cm}^3$ .

Esercizio 3 (8 punti)

Calcolare la conducibilità elettrica del silicio drogato dapprima con 50 ppb di boro e poi con 60 ppb di arsenico. Che tipo di semiconduttore estrinseco è? Per i dati necessari consultare la tabella allegata.

Esercizio 4 (8 punti)

Per determinare la formula minima dell'aspartame, il noto dolcificante, ne furono bruciati 0.152 g. I prodotti della reazione furono: anidride carbonica (0.318 g), acqua (0.084 g) e azoto molecolare (0.0145 g). Stabilire la formula minima e formula molecolare dell'aspartame sapendo che ogni molecola di aspartame ha una massa di 294 unità di massa atomica.

TABELLA DI PROPRIETA' DI ALCUNI SEMICONDUCTTORI A 300 K

Materiale	Energia Gap eV	Mobilità $\mu$ ( $\text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ )		Densità degli stati ( $\text{m}^{-3}$ )		Costante dielettrica
		elettroni	lacune	elettroni	lacune	
Silicio	1.1	0.135	0.048	$2.40 \times 10^{25}$	$8.87 \times 10^{24}$	11.7
Germanio	0.67	0.390	0.190	$5.08 \times 10^{25}$	$4.12 \times 10^{24}$	16.3
GaAs	1.40	0.800	0.025	$4.85 \times 10^{23}$	$8.87 \times 10^{24}$	12.5
InP	1.29	0.460	0.015	$4.64 \times 10^{23}$	$6.34 \times 10^{24}$	14.0

ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI  
ELETTRICI

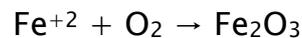
Anno acc. 2005/06 IV° appello – 07/09/2006

Esercizio 1 (6 punti)

Scrivere la reazione di decomposizione termica del carbonato di bario. Supponendo di porre nel forno a 700 °C e a pressione atmosferica un campione di 8.5 g di carbonato di bario, calcolare le masse e/o i volumi (a seconda dello stato di aggregazione) dei prodotti della reazione.

Esercizio 2 (8 punti)

Bilanciare la seguente reazione di ossido-riduzione in ambiente acido, indicando i nomi delle sostanze chimiche presenti:



Sciogliendo 20 g di  $\text{FeCl}_2$  in 5 l di acqua nella quale è presente  $\text{O}_2$  in condizioni di saturazione (10 ppm), quanti grammi di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  si formeranno? Quale sarà la concentrazione delle specie ioniche presenti nella soluzione dopo la reazione?

Esercizio 3 (8 punti)

Un pezzo di acciaio allo 0.85 % in C deve operare a 975 °C in atmosfera ossidante che genera una concentrazione nulla di carbonio sulla superficie del pezzo. Sapendo che solo uno strato superficiale di 150  $\mu\text{m}$  può avere una concentrazione inferiore a 0.80 % in C, determinare quanto tempo massimo può stare il pezzo a 975 °C.

Dati di diffusione:  $D_0 = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $Q = 142 \text{ kJ/mol}$

Esercizio 4 (8 punti)

Un wafer di silicio è drogato con 40 ppb di antimonio. Calcolare, a temperatura ambiente, la conducibilità elettrica e la concentrazione dei portatori di carica maggioritari e minoritari.

Dati del silicio:  $d = 2.33 \text{ g/cm}^3$ ,  $N_C = N_V = 1.1 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ ,  $E_g = 1.1 \text{ eV}$ ,  $\mu_e = 0.135 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_h = 0.048 \text{ m}^2/\text{Vs}$

# ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Anno acc. 2005/06 VI° appello – 06/12/2006

## Esercizio 1 (6 punti)

Scrivere la reazione di decomposizione termica del carbonato di calcio. Supponendo di porre in forno del volume di 1.8 litri, a 950 °C un campione di 8.5 g di carbonato di calcio, calcolare la massa solida residua e la pressione dei prodotti della reazione di decomposizione termica.

## Esercizio 2 (10 punti)

Per realizzare una pila sono state preparate due soluzioni, del volume di 2.5 l ognuna, la prima contenente cloruro di cromo (III) 0.5 M e la seconda contenente solfato di rame (II) 0.7 M. Calcolare le masse di reagenti necessari. Scrivere la reazione della cella e calcolarne il potenziale. Supponendo che la pila faccia funzionare un dispositivo che assorbe 15 mA, calcolare dopo 12 ore di funzionamento il potenziale della cella e le masse di materiali eventualmente depositatisi sugli elettrodi.

## Esercizio 3 (8 punti)

Sono noti i seguenti dati di diffusione di Nichel nel Ferro:

$$\text{a } 1000 \text{ }^\circ\text{C} \quad D = 2.76 \times 10^{-12} \quad \text{cm}^2/\text{s}$$

$$\text{a } 1100 \text{ }^\circ\text{C} \quad D = 1.82 \times 10^{-11} \quad \text{cm}^2/\text{s}$$

Supponendo di trattare a 1030 °C un campione di ferro privo di nichel imponendo alla superficie esterna il 5 % massa di nichel, calcolare dopo quanto tempo ad 1.5  $\mu\text{m}$  al di sotto di tale superficie si ha una concentrazione di nichel del 2.5 % massa.

## Esercizio 4 (6 punti)

Un wafer di silicio è drogato con  $7.0 \times 10^{21}$  atomi P/m<sup>3</sup>. Calcolare, a temperatura ambiente, la conducibilità elettrica e la concentrazione dei portatori di carica maggioritari e minoritari.

Dati del silicio:  $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ,  $\mu_e = 0.135 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_h = 0.048 \text{ m}^2/\text{Vs}$

ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI  
ELETTRICI

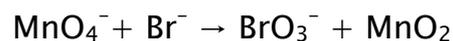
Anno acc. 2005/06 VII° appello - 15/12/2006

Esercizio 1 (8 punti)

Il composto chimico noto come urea, formula chimica  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , si può sintetizzare dalla reazione diretta di anidride carbonica e ammoniaca, formando oltre all'urea, acqua come sottoprodotto. Scrivere e bilanciare la reazione chimica in esame. Calcolare il volume di anidride carbonica e di ammoniaca necessarie, a 200 atm e 450 °C, per formare 2.5 kg di urea.

Esercizio 2 (8 punti)

Bilanciare la seguente reazione chimica in ambiente basico:



Indicare i nomi delle specie chimiche coinvolte nella reazione e rappresentare la struttura di Lewis dello ione  $\text{BrO}_3^-$ .

Esercizio 3 (8 punti)

Il carburo di silicio (SiC) ha una struttura cubica e sottoposto ad analisi diffrattometrica ( $\lambda = 0.1541 \text{ nm}$ ) ha mostrato picchi di diffrazione ai seguenti angoli  $2\theta$ :

35.683, 41.438, 60.043, 71.843, 75.580, 90.074

Effettuare l'indicizzazione di tali riflessi, determinare il parametro di cella e calcolare la densità del materiale, sapendo che ci sono 4 unità di formula nella cella elementare.

Esercizio 4 (6 punti)

Un wafer di silicio è drogato con 55 ppb di boro. Calcolare, a temperatura ambiente, la conducibilità elettrica e la concentrazione dei portatori di carica maggioritari e minoritari.

Dati del silicio: densità =  $2.33 \text{ g/cm}^3$ ,  $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ,  $\mu_e = 0.135 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_h = 0.048 \text{ m}^2/\text{Vs}$

# ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Anno acc. 2005/06 VIII° appello – 09/01/2007

## Esercizio 1 (8 punti)

Una soluzione acquosa di nitrato di manganese è elettrolizzata con una corrente di 350 mA per 13.7 ore, ottenendo 4.9 g di manganese metallico. A quale elettrodo si è depositato il manganese? Qual è il numero di ossidazione del manganese nel nitrato di manganese utilizzato? Qual è la formula chimica del nitrato utilizzato? Indicare una possibile semireazione di elettrodo che accompagni quella del manganese e scrivere la reazione complessiva.

## Esercizio 2 (6 punti)

In un recipiente di 5 l, a circa  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  e completamente vuoto, si pongono 43.78 g di tetrossido di diazoto che in tali condizioni è un solido incolore. Riscaldando il recipiente a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  il composto dapprima vaporizza e quindi, in parte, si dissocia in biossido di azoto. Si raggiunge una situazione stabile con una pressione di 2.96 atm. Rispondere alle seguenti domande:

- In base al legame presente, che tipo di solido è il tetrossido di azoto?
- Scrivere e bilanciare la reazione di dissociazione.
- Quale sarebbe la pressione nel recipiente, sempre a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se il tetrossido non si dissociasse affatto oppure se la reazione di dissociazione fosse completa?
- Scrivere le strutture di Lewis del tetrossido di diazoto e del biossido di azoto.

Parte facoltativa: calcolare le pressioni parziali di tetrossido e biossido nella situazione reale di pressione totale di 2.96 atm.

## Esercizio 3 (10 punti)

Sono stati condotti una serie di esperimenti di diffusione di boro in silicio a partire da campioni di silicio purissimi. In ogni esperimento è stata misurata la concentrazione di Boro dopo 3 ore di trattamento, alla profondità di  $5\text{ }\mu\text{m}$  e mantenendo una concentrazione superficiale costante di  $7.8 \times 10^{21}$  atomi B/m<sup>3</sup>.

I risultati sono stati:

$T = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c = 5.77 \times 10^{20} \text{ atomi B/m}^3$ ;  $T = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c = 4.67 \times 10^{21} \text{ atomi B/m}^3$ ;  
 $T = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c = 6.67 \times 10^{21} \text{ atomi B/m}^3$ ;  $T = 1300 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c = 7.35 \times 10^{21} \text{ atomi B/m}^3$

Calcolare la conducibilità elettrica di un pezzo di silicio drogato con boro nelle stesse condizioni descritte sopra ma con il trattamento di diffusione svolto a  $1250 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Dati del silicio: densità =  $2.33 \text{ g/cm}^3$ ,  $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ,  $\mu_e = 0.135 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_h = 0.048 \text{ m}^2/\text{Vs}$

#### Esercizio 4 (6 punti)

Calcolare la magnetizzazione di saturazione teorica nel cobalto, sapendo che la struttura cristallina è esagonale compatta con raggio atomico di  $0.1253 \text{ nm}$  e rapporto  $c/a = 1.624$ .

$\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} \text{ Am}^2$ .

# ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Anno acc. 2005/06 IX° appello – 30/03/2007

## Esercizio 1 (8 punti)

Si sciolgono in 0.75 l di soluzione di  $\text{HClO}_4$  (indicare il nome di questo composto) 1.5 M i seguenti composti chimici:

3.5 g di permanganato di potassio e 2.5 g di solfuro di sodio.

Ha luogo una reazione chimica che porta alla formazione ioni manganese (II) e anidride solforosa. Scrivere e bilanciare la reazione chimica.

Calcolare il volume di anidride solforosa che si forma misurato in condizioni normali.

Disegnare la struttura di Lewis dell'anidride solforosa.

## Esercizio 2 (8 punti)

Un composto gassoso è costituito solo da C e H, con H = 7,69 % massa. La densità di questo gas, misurata a 45 °C e a 0.912 MPa è 0.897 g/l. Determinare la formula molecolare del composto e disegnarne la struttura di Lewis. Scrivere e bilanciare la reazione chimica di combustione (reazione con l' $\text{O}_2$ ) di tale gas e calcolare la densità del gas costituito dai prodotti della combustione.

## Esercizio 3 (8 punti)

Il CaO ha una struttura cubica e sottoposto ad analisi diffrattometrica ( $\lambda = 0.1541$  nm) ha mostrato picchi di diffrazione ai seguenti angoli  $2\theta$ :

32.204, 37.347, 53.856, 64.154, 67.375, 79.665

Effettuare l'indicizzazione di tali riflessi, determinare il parametro di cella e calcolare la densità del materiale, sapendo che ci sono 4 unità di formula nella cella elementare. Rappresentare i piani reticolari corrispondenti ai vari picchi di diffrazione.

## Esercizio 4 (6 punti)

Un wafer di silicio è drogato con 25 ppb di fosforo. Calcolare, a temperatura ambiente, la conducibilità elettrica e la concentrazione dei portatori di carica maggioritari e minoritari.

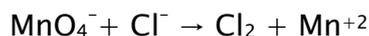
Dati del silicio: densità = 2.33 g/cm<sup>3</sup>,  $n_i = 1.5 \times 10^{16}$  m<sup>-3</sup>,  $\mu_e = 0.135$  m<sup>2</sup>/Vs,  $\mu_h = 0.048$  m<sup>2</sup>/Vs

# ESAME SCRITTO DI CHIMICA E SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI ELETTRICI

Anno acc. 2005/06 X° appello – 20/04/2007

## Esercizio 1 (8 punti)

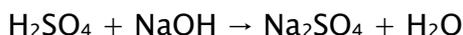
Bilanciare la seguente reazione chimica in ambiente acido:



Indicare i nomi delle specie chimiche coinvolte nella reazione. Sapendo che sono stati sciolti in 750 ml di acqua 3.5 g di  $\text{KMnO}_4$  e 1.5 g di  $\text{KCl}$ , in eccesso di acido, calcolare il volume, misurato in condizioni standard, di  $\text{Cl}_2$  che si forma e la concentrazione finale di ioni  $\text{Mn}^{+2}$ .

## Esercizio 2 (8 punti)

Per determinare il contenuto di zolfo (S) in un combustibile, si brucia il combustibile e quindi si fanno passare i fumi della combustione in  $\text{H}_2\text{O}_2$  diluita di modo che gli ossidi di solfo (scrivere le formule degli ossidi di solfo possibili) si trasformano in  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . La quantità di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  viene quindi misurata aggiungendo alla soluzione acquosa  $\text{NaOH}$  in modo da avere la seguente reazione di neutralizzazione (da bilanciare):



Sapendo che sono occorsi 17.4 ml di  $\text{NaOH}$  0.10 M per neutralizzare  $\text{H}_2\text{SO}_4$  derivato dalla combustione di 6.43 g di combustibile, determinare la percentuale di zolfo presente nel combustibile.

## Esercizio 3 (8 punti)

Determinare il volume massimo di un serbatoio sferico in acciaio, contenente  $\text{H}_2$  gassoso, che deve operare a 600 °C ed alla pressione di 50 atm. Lo spessore del recipiente è di 10 mm. La perdita massima sopportabile è di 5 kg/anno di  $\text{H}_2$  persi per diffusione. Si assuma per semplicità che la concentrazione di atomi di H sulla superficie del serbatoio sia un millesimo della concentrazione di molecole di  $\text{H}_2$  presenti nella fase gassosa.

Dati di diffusione di H in acciaio:  $Q = 15050 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ ;  $D_0 = 1.2 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

## Esercizio 4 (6 punti)

Un wafer di silicio è drogato con 55 ppb di alluminio. Calcolare, a temperatura ambiente, la conducibilità elettrica e la concentrazione dei portatori di carica maggioritari e minoritari.

Dati del silicio: densità =  $2.33 \text{ g/cm}^3$ ,  $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ ,  $\mu_e = 0.135 \text{ m}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_h = 0.048 \text{ m}^2/\text{Vs}$