

第 11 章

11.1 節

p.154

1. アナターゼ： 密度 3.89, 屈折率 2.48~2.57

ルチル： 密度 4.25, 屈折率 2.60~2.90

(出典：文献 (1))

2. 加水分解 $\text{Ti}(\text{O}-i\text{-C}_4\text{H}_9)_4 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ti}(\text{OH})_4 + 4 \text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

縮合重合 $\text{Ti}(\text{OH})_4 \rightarrow \text{TiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

3. $1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$

波長 $\lambda = hc/E_g$

h : プランク定数 $6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$

c : 光の速度 $2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

E_g : バンドギャップエネルギー 3.0 eV

$$\begin{aligned} \therefore \lambda &= (6.626 \times 10^{-34} \times 2.998 \times 10^8) / (3 \times 1.602 \times 10^{-19}) \text{ m} \\ &= 413 \times 10^{-9} \text{ m} = 413 \text{ nm} \end{aligned}$$

4. 光子数 $n = E/(hc/\lambda)$

h : プランク定数 $6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$

c : 光の速度 $2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

E : 照射する光のエネルギー 10 W m^{-2}

λ : 照射する光の波長 $400 \times 10^{-9} \text{ m}$

$$\begin{aligned} \therefore n &= (10 \times 400 \times 10^{-9}) / (6.626 \times 10^{-34} \times 2.998 \times 10^8) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \\ &= 2.01 \times 10^{19} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

5. Ti: [Ar] 3d² 4s²

Ti³⁺: [Ar] 3d¹ 4s⁰

Ti⁴⁺: [Ar] 3d⁰ 4s⁰

11.2 節

p.163

1. 黒鉛（グラファイト）：L殻の s 軌道および p 軌道が混ざり合い、三つの等価で独立な軌道、sp² 混成軌道をつくる。これらは互いに 120 度の角度をもち、六角形の編目平面構造（六方格子）を形成している。これがグラフェンである。残された電子はこの平面に垂直な π 軌道にあり、特定の位置に局在せず広く炭素間結合（したがって二重結合を形成）と導電性に寄与している。多数のグラフェンが比較的弱いファンデル・ワールス力で積み重なったものがグラファイトである。

ダイヤモンド：L殻の s および p 軌道が 4 つの等価で独立な軌道、sp³ 混成軌道（三角錐の中心からそれぞれ頂点に伸びる軌道）を形成している。したがって炭素結合は一重結合で立体構造をもつ。

フラーレン：炭素原子 60 個からなるサッカーボール状のかご形構造物。フラーレンの炭素結合は sp² 結合である。

カーボンナノチューブ：グラフェンを円筒状に巻きつけ、両端に 6 個の五角形をもつ蓋の付いた形状をもつ。ナノチューブは両端に蓋がなくても安定に存在し、チューブ特有の性質をもつ。カーボンナノチューブの炭素結合は sp² 結合である。つまり π 電子も加わって二重に結合している。

2. カーボンナノチューブは、sp² 結合によるつなぎ目のない構造をもつことから機械的特性に優れ、しかも軽量であるため。

3. (5,5)アームチェアナノチューブ、金属的性質（直径が小さいために厳密には小さな禁制帯が存在する）

4. ナノチューブの先端が鋭いため、100V 以下の低電圧でも先端付近に高電界が得られ、トンネル効果(tunnel effect)による電子放出が容易に得られるから。参考：孤立している場合、半径 r の

先端部分の電界は印加電圧を V とすると、 $V/\beta r$ と見積もられる。ただし、 β は形状因子で 3～5 の値である。

11.3 節

p.169

1. 生体の機能を修復または支援することを目的として、身体の表面や内部の組織、あるいは体液と接して用いられる人工材料。
2. 生物学的条件としては、毒性、組織刺激性、発がん性などの有害な作用を示さないことに加え、周囲の硬組織や軟組織になじみやすいことが要求される。機械的な条件としては、材料には修復部位に近い機械的特性が要求される。さらに、使用上の条件として、製造しやすく、臨床でも使用しやすい機能が求められる。
3. 生体不活性セラミックス、生体活性セラミックス、生体吸収性セラミックスの三つである。
4. 幹細胞、成長因子、および細胞増殖のための足場の三要素が重要となる。
5. 連続気孔をもち、細胞の増殖のための足場となるとともに成長因子を担持できること。

11.4 節

p.177

1. 水素をつくるために、一次エネルギーである化石資源などに由来する熱や電力を使用するため。
2. 太陽光、水力、原子力、風力などの自然エネルギーや廃熱を利用し、化石資源の使用を抑制する。
3. 天然ガス（メタン）、ナフサ、水など。
4. 重量当りの水素密度が大きいこと、体積当りの水素密度が大きいこと、常温・常圧付近で水素を吸蔵－放出できること、取り扱いが容易であることなど。
5. 化学エネルギー、熱的エネルギー、機械的エネルギー、電気エネルギー。

6. 20 °Cのまま水素分圧を 0.1 MPa 以下に下げる, または, 温度を 60 °Cまで上昇させる.

11.5 節

p.184

1. 水銀の融点が $-38.87\text{ }^{\circ}\text{C}$ と金属のなかできわめて低く, 高純度化しやすかったため.
2. 超伝導体は完全反磁性を示し, 磁束は超伝導体内に入ることができない. このことをマイスナー-オクセンフェルト効果という.
3. 第1種超伝導体は臨界磁場(H_c)以下では完全反磁性を示すが臨界磁場以上では完全に超伝導が壊れて常伝導体となる. 一方, 第2種超伝導体では臨界磁場にも下部臨界磁場(H_{c1})と上部臨界磁場(H_{c2})があり, 下部臨界磁場以下では第1種超伝導体と同様に完全反磁性を示すが, H_{c1} を越えると磁束が侵入し, ついには上部臨界磁場(H_{c2})において超伝導が壊れる.
4. $\text{Ln}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ では3価の Ln を2価の Ba で部分置換しているため, ホールが生成する. 一方, $\text{Ln}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ では3価の Ln を4価の Ce で部分置換しているため, 電子が生成する.

5. Nb-Ti 合金と Nb_3Sn

11.6 節

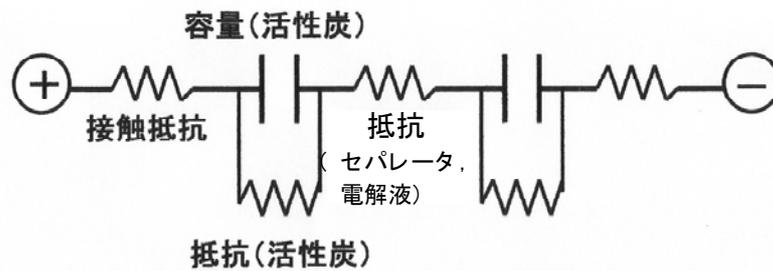
p.191

1. 化学センサは特定のガスのみを素早く検知するための安価なデバイスであり, それに対して分析機器は, 精度よくガスの定量分析をするための装置である.
2. NO_2 ガスは電子求引性のガスであり, n 型半導体では伝導電子を奪うため電気抵抗が増大し, p 型半導体では価電子帯のホール濃度を増大させるため電気抵抗は減少する.
3. 式(11.2)より, $E = [RT/(4F)] \ln(\text{PO}_2/\text{P}'\text{O}_2)$ であり, $T = 1073\text{K}$, $\text{PO}_2 = 0.01$, $\text{P}'\text{O}_2 = 0.21$ を代入すると, 起電力 $E = -0.074\text{ (V)}$ となる.
4. 可燃性ガスが触媒層と接触して燃焼したときの熱により Pt の抵抗が増大する.

11.7 節

p.196

1. 電気二重層キャパシタは、コンデンサが二つ直列に接続した構造になっている。活性炭のもつ容量と抵抗，セパレータあるいは電解液の抵抗，および活性炭と集電体との接触抵抗を考える必要がある。



2. 活性炭の製造方法には、薬品賦活法とガス賦活法がある。水蒸気を用いたガス賦活法が広く使われている。ここで賦活とは、ガスにより炭素を酸化し、炭素材料の表面を侵食させて炭素材料の細孔構造を発達させることをいう。薬品賦活法は、原料に塩化亜鉛やリン酸などの化学薬品を加えてから、不活性ガス雰囲気中で加熱して炭化と賦活を同時に行う方法である。ガス賦活法は、原料を一度炭化した後、水蒸気、二酸化炭素、燃焼ガスなどを用いて賦活する方法である。