

目 次

第 1 章 はじめに	1
1.1 材料とは何か	1
1.2 材料研究の歴史	2
1.3 将来の材料	3
第 2 章 機能性先端材料科学の基礎	5
2.1 物質の分類と構造	5
2.1.1 物質の状態	5
2.1.2 固体の分類(1) 相による分類～純物質と混合物	7
2.1.3 固体の分類(2) 元素の種類による分類～単体と化合物	7
2.1.4 固体の分類(3) 原子の配置による分類～結晶と非結晶	8
2.1.5 固体の分類(4) 性質による分類～有機物、無機物	9
2.1.6 固体の分類(5) 形状、組織による分類	10
2.2 原子・分子	10
2.2.1 原子と原子軌道および周期表	11
2 章 章末問題	17
第 3 章 材料の構造	18
3.1 結晶構造	18
3.1.1 最密充填構造（面心立方構造と六方最密構造）	18
3.1.2 体心立方構造	20
3.1.3 単純立方構造	20
3.1.4 NaCl型構造とCsCl型構造	21
3.1.5 蛍石型構造	21
3.1.6 セン亜鉛鉱型構造とウルツ鉱型構造	22
3.1.7 ダイヤモンド型構造	23
3.2 配位構造	23
3.3 電子構造	25
3.3.1 電子軌道～原子核を周回する電子たち	25
3.3.2 周期表と電子配置	29
3.3.3 遍歴する自由電子、結合に寄与する電子	30
3 章 章末問題	32

第4章 材料の組織と相	33
4.1 代表的な金属の結晶構造	33
4.1.1 代表的な3つの結晶構造	33
4.1.2 同素変態	35
4.2 欠陥の種類と性質	35
4.2.1 点欠陥	36
4.2.2 結晶におけるすべり変形	37
4.2.3 転位	38
4.2.4 面欠陥	40
4.2.5 体欠陥	40
4.2.6 転位論的強化機構	40
4.3 平衡状態図	41
4.3.1 成分と相	41
4.3.2 合金の状態図と組成表示	42
4.4 代表的な金属組織	47
4章 章末問題	50

第5章 材料の作製と加工（1）物理的	52
5.1 製鍊（鉄鋼材料を中心として）	52
5.2 塑性加工	53
5.2.1 圧延加工	54
5.2.2 押出し加工・引抜き加工	55
5.2.3 鍛造加工	56
5.3 無機材料粉末の合成	57
5.3.1 気相法	57
5.3.2 液相法	58
5.3.3 固相法	60
5.4 無機材料の焼結	60
5.4.1 焼結過程	60
5.4.2 焼結の種類と方法	62
5.5 単結晶の作製法	64
5.5.1 液相からの成長	64
5.5.2 気相からの成長	67
5.6 薄膜の作製法	67
5.6.1 大気プロセス	68
5.6.2 真空プロセス	70
5.6.3 液相プロセス	74

5 章 章末問題	76
----------	----

第6章 材料の作製と加工（2）化学的 77

6.1 有機化合物の合成反応	77
6.1.1 反応のカテゴリー	77
6.1.2 反応の熱力学と活性種	78
6.1.3 合成反応の実例（総論・道具・精製法）	79
6.1.4 エステル合成	81
6.1.5 エーテル合成	82
6.1.6 グリニヤール合成	83
6.1.7 ハロゲン化物の合成	84
6.1.8 工業化学プロセス	85
6.2 高分子材料の合成	86
6.2.1 付加重合	87
6.2.2 縮合重合（重縮合）	89
6.2.3 配位重合	90
6.3 高分子材料の加工	92
6.3.1 射出成形	93
6.3.2 押出し成形	94
6.3.3 プロー成形	95
6 章 章末問題	97

第7章 材料の力学的性質と機能（1）金属 98

7.1 鉄鋼材料	98
7.1.1 Fe-C系の状態図	98
7.1.2 鉄鋼材料の熱処理と力学的性質	101
7.2 アルミニウムとその合金	105
7.3 銅とその合金	107
7.4 チタンとその合金	109
7.5 ニッケルとその合金	111
7.6 マグネシウムとその合金	111
7.7 形状記憶合金	112
7 章 章末問題	115

第8章 材料の力学的性質と機能（2）セラミックスと高分子 116

8.1 セラミックスの弾性率と硬度	116
8.1.1 セラミックスの弾性率	116

8.1.2 セラミックスの硬度	118
8.2 破壊強度	119
8.2.1 理想強度	119
8.2.2 セラミックスのエネルギー解放率と強度	121
8.3 セラミックスの靭性	122
8.3.1 き裂先端近傍の応力場	122
8.3.2 応力拡大係数と破壊靭性	123
8.3.3 エネルギー解放率と応力拡大係数	124
8.4 高分子材料の力学的性質	124
8.4.1 弹性率と結晶弾性率	125
8.4.2 引張り強度	126
8.4.3 粘弾性	127
8.4.4 ゴム弾性	128
8 章 章末問題	130
第 9 章 材料の熱的性質と機能	131
9.1 耐熱性	131
9.1.1 高温強度と弾性率	131
9.1.2 耐熱衝撃性	132
9.1.3 クリープ	134
9.2 热膨張	136
9.3 热伝導	138
9.3.1 自由電子による热伝導	138
9.3.2 フォノンによる热伝導	139
9 章 章末問題	142
第 10 章 材料の電磁気的性質と機能 (1)導体, 誘電体・磁性体	143
10.1 電気伝導の種類	143
10.1.1 導体金属の電気伝導と自由電子	145
10.1.2 半導体における電気伝導	147
10.1.3 その他の電気伝導モデル	148
10.2 導体材料	149
10.2.1 導線材料	150
10.2.2 抵抗材料	152
10.2.3 接点材料	153
10.2.4 超伝導材料	153
10.3 誘電体材料	154

10.3.1 分極と誘電率	154
10.3.2 強誘電体	157
10.3.3 誘電体材料の種類と応用	159
10.4 磁性材料	159
10.4.1 磁性の起源	160
10.4.2 磁性体の分類	162
10.4.3 磁気ヒステリシス曲線	164
10.4.4 磁性体の応用	164
10 章 章末問題	166
第 11 章 材料の電磁気的性質と機能（2）半導体	167
11.1 半導体の種類	167
11.1.1 真性半導体（固有半導体）	167
11.1.2 不純物半導体	170
11.1.3 元素半導体（IV族半導体）	172
11.1.4 III-V族（化合物）半導体	173
11.1.5 II-VI族（化合物）半導体	173
11.1.6 アモルファス半導体	173
11.2 電子デバイス	174
11.2.1 ホール素子	174
11.2.2 PN接合（ダイオード）	175
11.2.3 トランジスタ	179
11.2.4 集積回路（IC）	182
11.3 熱電材料	183
11.3.1 熱電変換の基本原理	183
11.3.2 熱電変換の効率と性能指数	185
11 章 章末問題	189
第 12 章 材料の光学的性質と機能	190
12.1 光とは何か	190
12.2 光の伝搬	191
12.3 干渉と回折	192
12.4 偏光	194
12.5 光の吸収	195
12.5.1 ベールの法則	196
12.5.2 複素屈折率と吸収スペクトル	196
12.5.3 光吸収の応用	199

12.6 光の放出	200
12.6.1 自然放出	200
12.6.2 誘導放出	201
12.6.3 レーザー	201
12.7 光触媒	203
12.7.1 光触媒の原理	203
12.7.2 光触媒の反応	204
12.7.3 光触媒材料の実用化	205
12.7.4 光触媒材料の設計	206
12.8 光学測定技術	207
12.8.1 分光測定	207
12.8.2 非線形光学測定	208
12.8.3 時間分解測定	209
12.8.4 光電子分光	210
12 章 章末問題	211

第13章 材料の化学的性質と機能	212
13.1 酸化と還元	212
13.2 酸化剤と還元剤	213
13.3 化学反応と触媒	214
13.3.1 自然界における触媒反応	215
13.3.2 均一系触媒と不均一系触媒	216
13.3.3 酸触媒と塩基触媒	217
13.3.4 ハーバー・ボッシュ法によるアンモニア合成	218
13.3.5 石油化学とエチレンプラント	219
13.3.6 Ziegler-Natta 触媒による高分子合成	221
13.3.7 カップリング反応による精密有機合成	222
13.4 電気化学反応	224
13.4.1 標準酸化還元電位	224
13.4.2 ネルンストの式	226
13.5 電池	226
13.5.1 一次電池と二次電池	227
13.5.2 マンガン乾電池	227
13.5.3 アルカリマンガン乾電池	228
13.5.4 鉛蓄電池	229
13.5.5 リチウムイオン二次電池	230
13.5.6 燃料電池	231

13 章 章末問題	232
第 14 章 材料の生物学的性質と機能	233
14.1 材料の生体適合性	233
14.1.1 免疫、補体、炎症の役割	233
14.1.2 生体内での酵素と材料への応用	234
14.1.3 血液凝固作用と材料	236
14.1.4 アレルギー反応と材料	237
14.1.5 材料と生体の接触による生体の変化	238
14.1.6 偽内膜形成と抗凝固薬	239
14.2 主な医用材料とその特徴	240
14.2.1 金属材料	240
14.2.2 非金属無機材料	240
14.2.3 高分子材料	241
14.2.4 生体由来材料	243
14.3 ティッシュエンジニアリング	244
14 章 章末問題	246
索引	247