

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	9
Глава 1. Управление качеством промышленной продукции и материалы технического назначения	11
1.1. Показатели качества	13
1.2. Управление качеством и жизненный цикл продукции	16
1.3. Нормативно-правовая база управления качеством	20
Глава 2. Атомно-кристаллическое строение материалов	23
2.1. Типы химических связей	23
2.2. Аморфные и кристаллические тела	25
2.3. Типы кристаллических решеток	26
2.4. Индексы Миллера	30
2.5. Индексы Миллера—Бравэ	32
2.6. Анизотропия свойств кристаллов	34
2.7. Кристаллизация	34
2.8. Классификация дефектов кристаллического строения материалов	36
2.9. Точечные дефекты	36
2.10. Дислокации	42
2.10.1. Краевая дислокация	43
2.10.2. Винтовая дислокация	44
2.10.3. Вектор Бюргерса и его свойства	46
2.10.4. Смешанные дислокации	47
2.10.5. Движение дислокаций	48
2.10.6. Плотность дислокаций	52
2.10.7. Энергия дислокации	55
2.10.8. Сила, действующая на дислокацию	55
2.10.9. Образование и размножение дислокаций	56
2.11. Двумерные (поверхностные) дефекты кристаллов	60
2.11.1. Границы зерен и субзерен	60
2.11.2. Дефекты упаковки	63
2.12. Частичные дислокации	66
2.13. Призматические и сидячие дислокационные петли	68
2.14. Дислокация (барьер) Ломер—Коттрелла	71
2.15. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами	72
2.16. Объемные (трехмерные) дефекты	77
2.17. Энергетические дефекты	77
2.18. Особенности дефектов кристаллической структуры в неметаллических материалах	78
2.19. Собственные точечные дефекты в ионных кристаллах	79
2.20. Центры окраски	81
2.20.1. Электронные центры окраски	81
2.20.2. Дырочные центры окраски	82
2.21. Экситоны	83

2.22. Дислокации в ионных кристаллах.	85
2.23. Особенности поведения точечных дефектов в полупроводниковых материалах.	88
2.24. Дислокации в полупроводниковых материалах.	91
Глава 3. Элементы теории сплавов	95
3.1. Химические соединения	96
3.2. Твердые растворы	97
3.3. Эвтектики	98
3.4. Правило фаз.	99
3.5. Фазовые диаграммы равновесия.	100
3.5.1. Фазовая диаграмма равновесия эвтектического типа системы двух компонентов, неограниченно взаимно растворимых в жидком состоянии и нерастворимых в твердом.	101
3.5.2. Правило отрезков	106
3.5.3. Фазовая диаграмма равновесия системы двух компонентов, неограниченно взаимно растворимых в жидком и твердом состояниях	107
3.5.4. Фазовая диаграмма равновесия эвтектического типа системы двух компонентов, неограниченно взаимно растворимых в жидком состоянии и ограниченно растворимых в твердом	109
3.5.5. Фазовая диаграмма равновесия перитектического типа системы двух компонентов, неограниченно взаимно растворимых в жидком состоянии и ограниченно растворимых в твердом	112
3.5.6. Фазовые диаграммы равновесия систем двух компонентов, неограниченно взаимно растворимых в жидком состоянии и образующих химическое соединение.	114
3.5.7. Фазовые диаграммы равновесия систем двух компонентов, претерпевающих полиморфные превращения	116
3.6. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов и сплавов	118
3.7. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированных металлов и сплавов	120
3.7.1. Возврат металлов и сплавов	121
3.7.2. Рекристаллизация металлов и сплавов	122
3.8. Термическая обработка металлов и сплавов	125
3.8.1. Виды термической обработки	125
3.8.2. Отжиг первого рода	126
3.8.3. Отжиг второго рода	128
3.8.4. Закалка.	129
3.8.5. Отпуск и старение	130
3.8.6. Параметры термообработки	132
3.8.7. Термообработка и фазовые диаграммы.	133
3.9. Химико-термическая и термомеханическая обработка металлов и сплавов	134
3.10. Применение термической, химико-термической и термомеханической обработки металлов и сплавов	135
Глава 4. Электрические свойства твердых тел	138
4.1. Электрические свойства металлических материалов.	141
4.2. Электрические свойства тонких металлических пленок.	145
4.3. Контактная разность потенциалов и термо-ЭДС	147

4.4. Электрические свойства полупроводников	147
4.4.1. Электропроводность полупроводников	152
4.4.2. Электронно-дырочный переход ($p-n$ -переход)	154
4.5. Электрические свойства диэлектриков	156
Глава 5. Магнитные свойства твердых тел	159
5.1. Характеристики магнитных свойств	159
5.2. Классификация материалов по магнитным свойствам.	161
5.3. Доменная структура ферромагнетиков	163
5.4. Магнитная анизотропия	164
5.5. Намагничивание и перемангничивание. Петля гистерезиса	165
5.6. Магнитные свойства в переменных полях	169
5.7. Зависимость магнитных свойств от температуры	170
Глава 6. Тепловые свойства твердых тел	172
Глава 7. Диэлектрические свойства материалов	176
7.1. Поляризация диэлектриков	176
7.1.1. Характеристики поляризации	178
7.1.2. Классификация диэлектриков	181
7.1.3. Поляризация диэлектриков в электрическом поле	182
7.1.4. Поляризация диэлектриков при отсутствии электрического поля. Спонтанная (самопроизвольная) поляризация	188
7.1.5. Зависимость диэлектрической проницаемости от различных факторов.	189
7.2. Диэлектрические потери	190
7.2.1. Характеристики диэлектрических потерь	191
7.2.2. Виды диэлектрических потерь	194
7.3. Электрическая прочность твердых диэлектриков.	199
7.3.1. Виды пробоя в твердых диэлектриках	199
7.3.2. Электрический пробой	200
7.3.3. Тепловой (электротепловой) пробой	201
7.3.4. Другие виды пробоя	202
7.3.5. Влияние различных факторов на электрическую прочность.	202
Глава 8. Механические и технологические свойства твердых тел	206
8.1. Механические свойства	206
8.1.1. Общие понятия и механические характеристики	206
8.1.2. Упругая деформация. Модули упругости.	211
8.1.3. Неупругие явления.	214
8.1.4. Эффект Баушингера	224
8.1.5. Пластическая деформация материалов.	226
8.1.6. Деформационное упрочнение	232
8.1.7. Деформационное старение	238
8.1.8. Упрочнение сплавов частицами второй фазы	239
8.1.9. Особенности пластической деформации поликристаллических материалов	240
8.1.10. Теоретическая и реальная прочность материалов.	243
8.1.11. Разрушение	244
8.1.12. Ползучесть	256
8.1.13. Сверхпластичность	262

8.1.14. Усталость	264
8.1.15. Изнашивание	273
8.1.16. Твердость	275
8.1.17. Прочность и пластичность неметаллических материалов	276
8.2. Технологические свойства	277
Глава 9. Проводниковые и резистивные материалы	281
9.1. Материалы высокой проводимости	281
9.2. Материалы низкой проводимости (высокоомные, или резистивные).	283
9.3. Металлические проводниковые и резистивные материалы для электроники	285
9.4. Сверхпроводящие материалы	287
Глава 10. Полупроводниковые материалы	292
10.1. Тенденции развития полупроводниковой микроэлектроники	292
10.2. Общие сведения о технологии полупроводников	296
10.3. Методы получения монокристаллов полупроводниковых материалов	298
10.3.1. Коэффициент сегрегации	300
10.3.2. Методы направленной кристаллизации	300
10.3.3. Методы зонной кристаллизации	302
10.3.4. Методы кристаллизации из раствора и газовой фазы	304
10.4. Методы эпитаксиального наращивания полупроводниковых пленок	305
10.4.1. Жидкофазная эпитаксия	306
10.4.2. Газофазная эпитаксия	306
10.4.3. Молекулярно-лучевая эпитаксия	307
10.4.4. Контроль качества эпитаксиальных слоев	308
10.5. Плоская технология	308
10.5.1. Процессы получения тонких пленок	309
10.5.2. Процессы травления	310
10.5.3. Процессы легирования	311
10.5.4. Литографические процессы	314
10.6. Основные группы полупроводниковых материалов	316
10.7. Элементарные полупроводники	316
10.7.1. Элементарные полупроводники IV группы Периодической системы. Германий, кремний	318
10.7.2. Элементарные полупроводники других групп	325
10.8. Полупроводниковые соединения	327
10.8.1. Полупроводниковые соединения типа A^3B^5	328
10.8.2. Полупроводниковые соединения типа A^2B^6	333
10.8.3. Другие полупроводниковые соединения	335
10.9. Органические полупроводники	336
Глава 11. Диэлектрические материалы	340
11.1. Эксплуатационные свойства диэлектриков	340
11.2. Классификация диэлектриков	342
11.3. Твердые органические электроизоляционные и конденсаторные материалы	344
11.3.1. Пластмассы.	344
11.3.2. Полимеры.	345
11.3.3. Эластомеры.	362
11.3.4. Электроизоляционные лаки, эмали, компаунды	367
11.4. Твердые неорганические электроизоляционные и конденсаторные материалы	369
11.4.1. Электроизоляционные стекла	369

11.4.2. Ситаллы (стеклокерамика)	373
11.4.3. Электротехническая керамика	376
11.4.4. Материалы подложек интегральных микросхем	382
11.5. Активные (нелинейные) диэлектрики	382
11.5.1. Материалы твердотельных лазеров	383
11.5.2. Сегнетоэлектрики	384
11.5.3. Пьезоэлектрики	386
11.5.4. Электреты.	388
11.5.5. Жидкокристаллические материалы	390
Глава 12. Магнитные материалы	395
12.1. Классификация магнитных материалов	395
12.2. Металлические магнитно-мягкие материалы	400
12.3. Магнитно-мягкие ферриты.	402
12.4. Металлические магнитно-твердые материалы.	403
12.5. Магнитно-твердые ферриты	405
12.6. Металлопорошковые материалы.	405
12.7. Магнитодиэлектрики	406
12.8. Материалы для магнитных носителей информации	406
12.9. Нанокристаллические магнитные материалы	411
Глава 13. Конструкционные материалы	414
13.1. Сплавы системы «железо—углерод».	415
13.1.1. Общая характеристика	422
13.1.2. Углеродистые стали	423
13.1.3. Термическая обработка стали	426
13.1.4. Сверхупругость и эффект памяти формы	440
13.1.5. Химико-термическая обработка стали	444
13.1.6. Холодная пластическая деформация	445
13.1.7. Чугуны	446
13.1.8. Легированные стали.	448
13.2. Цветные металлы и сплавы	451
13.2.1. Медь и сплавы на ее основе	452
13.2.2. Алюминий и сплавы на его основе	460
13.2.3. Магний и сплавы на его основе	472
13.2.4. Титан и сплавы на его основе	475
13.2.5. Бериллий и сплавы на его основе	479
13.2.6. Припои	481
13.3. Специальные конструкционные металлические материалы	483
13.3.1. Коррозионностойкие стали и сплавы	484
13.3.2. Жаропрочные стали и сплавы	500
13.3.3. Жаростойкие стали и сплавы	505
13.4. Неметаллические конструкционные материалы	509
13.5. Композиционные конструкционные материалы	512
13.5.1. Неорганические композиционные материалы	513
13.5.2. Пластики	515
Глава 14. Нанообъекты и наноструктурированные материалы	526
14.1. Терминология и исходные понятия	527
14.2. Строение и свойства нанообъектов	534
14.2.1. Графит	534
14.2.2. Алмаз	535
14.2.3. Карбин	535

14.2.4. Графен	536
14.2.5. Фуллерены и фуллереноподобные нанобъекты	543
14.2.6. Нанотрубки и родственные нанобъекты	558
14.2.7. Астралены	594
14.2.8. Квантовые нанобъекты	595
14.3. Методы получения нанобъектов и наноструктурированных материалов.	602
14.3.1. Плазменный метод	603
14.3.2. Метод лазерной абляции	608
14.3.3. Метод каталитического разложения углеводородов	610
14.3.4. Другие методы получения нанобъектов	612
14.4. Механизмы образования нанобъектов	618
14.5. Примеры практического применения и перспективы использования нанобъектов и наноструктурированных материалов	621
14.5.1. Использование наноматериалов в машиностроении	622
14.5.2. Использование наноматериалов в электронике	626
14.5.3. Применение наноматериалов в энергетике и на транспорте	633
14.5.4. Применение наноматериалов в приборостроении	639
14.5.5. Использование наноматериалов в химической отрасли.	644
14.5.6. Применение наноматериалов в строительной индустрии.	644
14.5.7. Использование наноматериалов в медицине	647
14.5.8. Применение наноматериалов в других отраслях промышленности и в быту.	649
Глава 15. Методы анализа материалов	656
15.1. Электронно-лучевые методы	656
15.1.1. Просвечивающая электронная микроскопия.	658
15.1.2. Растровая электронная микроскопия	666
15.1.3. Электронная оже-спектроскопия.	676
15.1.4. Рентгеновский микроанализ.	680
15.1.5. Автоионная проекционная микроскопия	686
15.2. Сканирующие зондовые методы исследования	688
15.2.1. Сканирующая туннельная микроскопия	689
15.2.2. Атомно-силовая микроскопия	694
15.2.3. Магнитосиловая зондовая микроскопия	696
15.3. Квантовые методы	696
15.3.1. Микроскопия ближнего поля	696
15.3.2. Конфокальная микроскопия	701
15.3.3. Фотолуминесцентный анализ	704
15.3.4. Рентгеноструктурный анализ	708
15.3.5. Метод комбинационного рассеяния	713
15.4. Ионно-лучевые методы	715
15.4.1. Спектроскопия обратного рассеяния Резерфорда	716
15.4.2. Ионный микроанализ и ионная масс-спектрометрия.	720
Список литературы	727
Приложение	729
Тестовые задания	729
Ответы к тестовым заданиям	746
Предметный указатель	748