

Предисловие	10
Глава 1. Основные понятия, единицы измерения, атом Бора	13
1.1. Введение	13
1.2. Терминология	14
1.3. Характерные энергии, единицы измерения и разновидности частиц ..	19
1.4. Корпускулярно-волновой дуализм и периодичность кристаллической решетки.....	22
1.5 Модель Бора	23
Задачи	25
Литература	26

Глава 2. Атомные столкновения и спектрометрия обратного рассеяния	27
2.1. Введение	27
2.2. Кинематика упругих столкновений.....	28
2.3. Спектрометрия резерфордовского обратного рассеяния	32
2.4. Поперечное сечение рассеяния и прицельный параметр.....	32
2.5. Рассеяние в центральном поле	35
2.6. Поперечное сечение рассеяния: задача двух тел	38
2.7. Отклонения от законов резерфордовского рассеяния при низких и высоких энергиях частиц	40
2.8. Рассеяние ионов низких энергий	43
2.9. Спектрометрия атомов отдачи, вылетающих вперед	45
2.10. Преобразования при переходе от системы отсчета, связанной с центром масс, к лабораторной системе отсчета.....	47
Задачи	51
Литература	52

Глава 3. Получение распределений по глубине с помощью обратного рассеяния с использованием измерений потерь энергии легких ионов	53
3.1. Введение	53

3.2. Общие закономерности и единицы измерения для потерь энергии	53
3.3. Потери энергии легких ионов высоких энергий в твердых телах	55
3.4. Потери энергии в химических соединениях и правило Брэгга	61
3.5. Ширина энергетического спектра в обратном рассеянии	62
3.6. Форма спектра обратного рассеяния	65
3.7. Получение распределений по глубине с помощью резерфордского рассеяния	66
3.8. Разрешение по глубине и флуктуации потерь энергии	68
3.9. Анализ распределения водорода и дейтерия по глубине	73
3.10. Пробег ионов водорода и гелия	75
3.11. Распыление и пределы чувствительности	77
3.12. Перечень формул и соотношений рассеяния	79
Задачи	79
Литература	81

Глава 4. Профили распыления и масс-спектрокопия

вторичных ионов	83
4.1. Введение	83
4.2. Общие понятия о процессе распыления ионной бомбардировкой	85
4.3. Ядерные потери энергии	87
4.4. Выход распыления	93
4.5. Масс-спектрокопия вторичных ионов (ВИМС-SIMS)	95
4.6. Масс-спектрокопия вторичных нейтральных частиц (ВНМС-SNMS)	102
4.7. Избирательное распыление и анализ распределения по глубине	103
4.8. Уширение внутренней границы раздела и ионное перемешивание	106
4.9. Статистическая модель атома Томаса – Ферми	108
Задачи	110
Литература	111

Глава 5. Каналирование ионов

5.1. Введение	113
5.2. Каналирование в монокристаллах	113
5.3. Определение расположения примесей в кристаллической решетке	118
5.4. Распределение потока каналированных частиц.....	119
5.5. Поверхностное взаимодействие в двухатомной модели.....	123
5.6. Поверхностный пик.....	127
5.7. Затенение подложки Ag (111) эпитаксиальным Au	130
5.8. Эпитаксиальный рост.....	133
5.9. Анализ тонких пленок.....	134
Задачи.....	135
Литература.....	137

Глава 6. Электрон-электронные взаимодействия и чувствительность анализа с помощью электронной спектроскопии к глубине.....	138
6.1. Введение	138
6.2. Анализ энергии с помощью методов электронной спектроскопии	138
6.3. Глубина выхода электронов и объем исследуемой области вещества..	140
6.4. Неупругие электрон-электронные столкновения	142
6.5. Поперечное сечение ударной электронной ионизации	144
6.6. Плазмоны	146
6.7. Средняя длина свободного пробега электрона	147
6.8. Влияние морфологии тонких пленок на уменьшение выхода электронов	149
6.9. Пробег электронов в твердых телах.....	154
6.10. Спектроскопия энергетических потерь электронов (СЭПЭ-EELS)....	157
6.11. Тормозное излучение.....	161
Задачи	164
Литература	165
Глава 7. Дифракция рентгеновских лучей.....	166
7.1. Введение	166
7.2. Закон Брэгга в вещественном пространстве	167
7.3. Измерение коэффициента теплового расширения.....	171
7.4. Определение текстуры в тонких поликристаллических пленках	174
7.5. Измерение деформаций в эпитаксиальных слоях.....	176
7.6. Кристаллическая структура.....	181
7.7. Разрешенные отражения и относительные интенсивности.....	183
Задачи	191
Литература	193
Глава 8. Дифракция электронов	194
8.1. Введение	194
8.2. Обратное пространство	195
8.3. Уравнения Лауэ	200
8.4. Закон Брэгга.....	201
8.5. Построение сферы Эвальда	203
8.6. Электронный микроскоп	204
8.7. Расшифровка дифрактограмм.....	211
Задачи	217
Литература	219
Глава 9. Поглощение фотонов в твердых телах и расширенная рентгеновская спектроскопия поглощения тонкой структуры (PPSPTC-EXAFS)	220
9.1. Введение	220

9.2. Уравнение Шредингера	221
9.3. Волновые функции	223
9.4. Квантовые числа, электронные конфигурации и обозначения	226
9.5. Вероятность переходов.....	228
9.6. Фотоэлектрический эффект в приближении прямоугольной ямы	229
9.7. Вероятность фотоэлектронного перехода для водородоподобного атома	231
9.8. Поглощение рентгеновского излучения	233
9.9. Расширенная рентгеновская спектроскопия поглощения тонкой структуры (PPСПТС-EXAFS)	238
9.10. Нестационарная теория возмущений.....	241
Задачи.....	247
Литература.....	248
Глава 10. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФС-XPS) ...	249
10.1. Введение	249
10.2. Экспериментальные методики	250
10.3. Кинетическая энергия фотоэлектронов.....	254
10.4. Энергетический спектр фотоэлектронов.....	256
10.5. Энергия связи и влияние конечных состояний	258
10.6. Сдвиги энергии связи – химические сдвиги	260
10.7. Количественный анализ	262
Задачи.....	264
Литература.....	265
Глава 11. Излучательные переходы и электронный микроанализ	267
11.1. Введение	267
11.2. Обозначения в рентгеновской спектроскопии	268
11.3. Дипольные правила отбора.....	269
11.4. Электронный микроанализ	270
11.5. Скорости переходов для спонтанного излучения	273
11.6. Скорость перехода для $K\alpha$ излучения никеля	274
11.7. Электронный микроанализ: количественные данные	276
11.8. Рентгеновская эмиссия, возбуждаемая частицами (РЭВЧ-PIXE).....	280
11.9. Вывод формулы вероятности излучательных переходов.....	283
11.10. Вычисление отношения K_{β}/K_{α}	285
Задачи.....	287
Литература.....	288
Глава 12. Безызлучательные переходы и Оже-электронная спектроскопия	290
12.1. Введение	290
12.2. Оже-переходы.....	291

12.3. Выход Оже-электронов и выход флуоресценции	299
12.4. Ширина атомных уровней и времена жизни	301
12.5. Оже-электронная спектроскопия	302
12.6. Количественный анализ	306
12.7. Получение профилей распределения концентрации по глубине с помощью Оже-спектроскопии	308
Задачи	311
Литература	313

Глава 13. Ядерные методики: активационный анализ

и мгновенный анализ наведенной радиоактивности 314

13.1. Введение	316
13.2. Значения Q и кинетические энергии	318
13.3. Радиоактивный распад	322
13.4. Закон радиоактивного распада	325
13.5. Получение радионуклидов	326
13.6. Активационный анализ	327
13.7. Мгновенный анализ наведенной радиации	329
Задачи	336
Литература	337

Глава 14. Сканирующая зондовая микроскопия 339

14.1. Введение	339
14.2. Сканирующая туннельная микроскопия	342
14.3. Атомно-силовая микроскопия	348
Литература	355

Приложения	356
------------------	-----