

# Содержание

<b>Часть I. Основные принципы.....</b>	<b>15</b>
<b>Глава 1. Взаимодействие электромагнитного излучения с материалом.....</b>	<b>15</b>
1.1. Введение.....	15
1.1.1. Технология – структура – свойства.....	16
1.1.2. Оптические и неоптические методы.....	17
1.1.3. Возможности автоматизированных микроскопов.....	18
1.1.4. Моделирование и визуализация трехмерных объектов.....	20
1.2. Характеристики электромагнитного излучения.....	21
1.2.1. Математическое моделирование и физическая реальность.....	21
1.2.2. Электромагнитная волна.....	22
1.2.3. Показатель преломления.....	25
1.2.4. Групповая скорость.....	29
1.2.5. Поляризация.....	30
1.2.6. Поляризаторы и пластинки в четверть длины волны.....	32
1.3. Распространение световых волн.....	34
1.3.1. Отражение света от плоских поверхностей.....	34
1.3.2. Влияние угла падения на коэффициент отражения.....	36
1.3.3. Отражение от неплоских поверхностей.....	37
1.3.4. Интерференция волн.....	38
1.3.5. Светофильтры.....	42
1.3.6. Дифракция.....	44
1.3.7. Поглощение света.....	46
1.3.8. Квантовая механика и теория Бора.....	49
1.3.9. Источники электромагнитного излучения.....	53
1.4. Конструкция микроскопа.....	55
1.4.1. Линзы.....	55
1.4.2. Микроскоп.....	60
1.4.3. Аберрация.....	64
1.4.4. Оптический микроскоп проходящего света.....	71
1.4.5. Оптический микроскоп отраженного света.....	72
1.4.6. Флуоресцентный микроскоп.....	73
1.4.7. Методы темного поля, фазового контраста и интерференционная микроскопия .....	74
1.4.8. Поляризационный микроскоп.....	78
1.5. Фотоника.....	79
1.5.1. Магнитооптические и электрооптические материалы.....	79
1.5.2. Оптические свойства линзы.....	82
1.5.3. Оптоэлектронные нейронные сети.....	85



1.5.4. Будущее компьютерной оптической микроскопии.....	87
1.6. Литература.....	89
1.7. Дополнительная литература.....	89
<b>Глава 2. Цифровое изображение и его обработка.....</b>	<b>90</b>
2.1. Введение.....	90
2.2. Цифровая информация.....	91
2.2.1. Числовые коды.....	91
2.2.2. Кодирование текста.....	92
2.2.3. Кодированные процессы и действия.....	93
2.3. История развития вычислительных методов .....	95
2.3.1. Транзистор.....	95
2.3.3. Motorola 6802.....	100
2.3.2 История развития микропроцессоров.....	100
2.3.4. Измерительные системы Vela и LabView.....	102
2.3.5. Связь языка программирования с электроникой.....	104
2.3.6. Транспьютер T800 фирмы INMOS.....	104
2.3.7. Сигнальный процессор (DSP).....	107
2.3.8. Корреляция и свертка.....	110
2.3.9. Прогноз вычислительных возможностей.....	110
2.4. ПЗС-матрицы.....	111
2.4.1. Спектральные характеристики.....	113
2.4.2. Температура эксплуатации.....	114
2.4.3. Спектральное и пространственное разрешение.....	115
2.4.4. Диапазон измерений и увеличение.....	116
2.5. Оцифровка и АЦП-устройства.....	116
2.5.1. Медленное сканирование в режиме реального времени.....	119
2.5.2. Ошибки, обусловленные дискретностью сигнала.....	119
2.5.3. Значения времени выборки.....	120
2.5.4. Теорема Котельникова о частоте съема информации.....	121
2.5.5. Видеокарты C80 и «Genesis» .....	122
2.6. Цифровое изображение.....	125
2.6.1. Структура цифрового изображения.....	125
2.6.2. Анализ изображения.....	128
2.6.3. Преобразование изображения.....	129
2.7. Хранение и редактирование изображений.....	130
2.7.1. Структура файлов данных.....	130
2.7.2. Формат изображения.....	132
2.7.3. Сжатие без потери качества.....	134
2.7.4. Сжатие с потерей информации.....	134
2.8. Преобразование изображения.....	134
2.8.1. Коррекция изображения.....	135
2.8.2. Преобразование распределения интенсивности.....	138
2.8.3. Пространственные фильтры.....	140
2.8.4. Частотный фильтр.....	141
2.8.5. Преобразование Хоуга.....	143
2.8.6. Выделение областей.....	148
2.8.7. Характеризация и классификация.....	151



2.9. Ошибки и стереология.....	151
2.10. Литература.....	154
<b>Часть II. Микроскопия отраженного света и конфокальная растровая лазерная микроскопия.....</b>	<b>155</b>
<b>Глава 3. Микроскопия отраженного света .....</b>	<b>155</b>
3.1. Введение.....	155
3.1.1. Подготовка образца.....	158
3.1.2. Микроскоп Olympus BH2.....	160
3.1.3. Измерения на единичном кадре.....	162
3.2. Автоматизированная микроскопия крупных областей.....	169
3.2.1. Введение.....	169
3.2.2. Система на основе транспьютеров.....	172
3.2.3. Калибровка поля зрения.....	173
3.2.4. Определение ориентации волокна.....	176
3.2.5. Волокна необычной формы.....	181
3.3. Ориентация волокон в композитах, полученных литьем под давлением.....	185
3.3.1. Краткое описание.....	185
3.3.2. Введение.....	186
3.3.3. Автоматизированная система определения ориентации волокон.....	189
3.3.4. Стереология.....	191
3.3.5. Разделение касающихся волокон.....	191
3.3.6. Характеристики степени ориентации волокон.....	193
3.3.7. Анализ процесса многократной инъекции расплава.....	194
3.3.8. Заключительные замечания.....	196
3.4. Измерение длины волокон.....	196
3.4.1. Краткое описание.....	196
3.4.2. Введение.....	197
3.4.3. Области детекции.....	198
3.4.4. Метод.....	200
3.4.5. Результаты.....	202
3.5. Последние достижения.....	202
3.5.1. Последовательные 2D-сечения.....	202
3.5.2. Изучение трехмерной структуры композита.....	206
3.6. Литература.....	207
<b>Глава 4. 3D конфокальная лазерная сканирующая микроскопия.....</b>	<b>211</b>
4.1. Принципы конфокальной лазерной сканирующей микроскопии.....	211
4.1.1. Первые конфокальные микроскопы.....	211
4.1.2. Оптика конфокального микроскопа.....	215
4.2. Современные конфокальные микроскопы.....	218
4.2.1. Конфокальный микроскоп Biorad MRC 500.....	219
4.2.2. Конфокальный микроскоп «Одиссей» фирмы Норан.....	220
4.3. Оптические сечения.....	222
4.3.1. Влияние диафрагмы.....	223
4.3.2. Показатель преломления и проблема глубины.....	225
4.3.3. Максимальная глубина проникновения.....	228



4.3.4. Уменьшение интенсивности света в образце.....	228
4.3.5. Интерпретация данных.....	230
4.4. Проблемы калибровки.....	230
4.4.1. Коррекция неравномерности освещенности.....	230
4.4.2. Геометрическая коррекция.....	232
4.4.3. Z-калибровка.....	234
4.5. Способы построения изображения.....	235
4.5.1. Работа в отраженном и флуоресцентном свете.....	235
4.5.2. Представление трехмерной структуры.....	238
4.5.3. Методы получения тонких оптических сечений.....	241
4.5.4. Исследование поверхности.....	241
4.5.5. Автофокусировка микроскопа.....	245
4.6. Анализ тонких пленок, наполненных частицами.....	246
4.6.1. Краткое описание.....	246
4.6.2. Полимерные пленки.....	247
4.6.3. Стереологический анализ частиц.....	248
4.6.4. Анализ частиц методом конфокальной микроскопии.....	249
4.6.5. Методы измерения объема.....	250
4.6.6. Эксперимент.....	254
4.6.7. Результаты и выводы.....	255
4.7. Исследование волнистости волокон.....	256
4.7.1. Краткое описание.....	256
4.7.2. Введение.....	257
4.7.3. Изучение однонаправленных композитов методом конфокальной микроскопии.....	260
4.7.4. Изучение формы волокон.....	262
4.7.5. Анализ многослойных композитов.....	264
4.7.6. Изучение волнистости волокон.....	267
4.7.7. Заключение.....	273
4.8. Перспектива развития конфокальной микроскопии.....	273
4.9. Литература.....	274
<b>Часть III. Дополнительные микроскопические методы.....</b>	<b>278</b>
<b>Глава 5. Дополнительные оптические и электромагнитные методы исследования...278</b>	
5.1. Введение.....	278
5.2. Рамановская микроскопия.....	280
5.2.1. Раманскоп.....	282
5.2.2. Дополнительные методы, связанные с эффектом комбинационного рассеяния.....	284
5.3. Растровая атомно-силовая микроскопия и микроскопия ближнего поля.....	287
5.3.1. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ).....	290
5.3.2. Атомно-силовой микроскоп (АСМ).....	291
5.3.3. Сканирующая микроскопия ближнего поля.....	292
5.4. Дополнительные оптические и электромагнитные методы.....	294
5.4.1. Термография и метод Фурье-анализа инфракрасного света (FTIR).....	294
5.4.2. Флуоресцентная микроскопия (FLIM).....	298
5.4.3. Программируемый матричный микроскоп (ПММ) с двойным оптическим путем.....	300



5.4.4. Когерентная оптическая томография.....	301
5.5. Рентгеновская микроскопия, томография и микротомография.....	304
5.5.1. Микроскопы, использующие мягкое рентгеновское излучение.....	304
5.5.2. Рентгеновская микрорадиография.....	307
5.6. Рентгеновская микротомография волокнистых материалов.....	308
5.6.1. Краткое описание.....	308
5.6.2. Введение.....	308
5.6.3. Рентгеновская компьютерная томография.....	310
5.6.4. Качество изображения. Артефакты и разрешение.....	311
5.6.5. Текстильные и композиционные волокнистые материалы.....	313
5.6.6. Микротомография волокнистых структур.....	315
5.6.7. Автоматизированный анализ формы волокон.....	316
5.6.8. Выводы.....	320
5.7. Литература.....	321
<b>Глава 6. Другие микроскопические методы.....</b>	<b>327</b>
6.1. Растровая и просвечивающая электронная микроскопия .....	329
6.1.1. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия и Оже-спектроскопия.....	334
6.1.2. Спектроскопия отраженных электронов и спектроскопия энергопотерь электронов.....	335
6.2. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).....	338
6.2.1. Основные принципы ЯМР.....	338
6.2.2. Практические соображения.....	339
6.2.3. Применение ЯМР в материаловедении.....	341
6.3. Ультразвуковая и сканирующая акустическая микроскопия.....	341
6.3.1. Введение.....	342
6.3.2. Сканирующая акустическая микроскопия.....	343
6.3.3. Сканирующие системы, измеряющие время распространения ультразвука.....	344
6.4. Ультразвуковая трехмерная картография констант упругости композиционных материалов.....	345
6.4.1. Введение.....	345
6.4.2. Методология.....	348
6.4.3. Исследование полиметилметакрилата.....	353
6.4.4. Углепластики, армированные непрерывными волокнами.....	357
6.4.5. Стеклопластик, полученный методом литья под давлением.....	358
6.4.6. Выводы.....	362
6.5. Заключение.....	366
6.6. Литература.....	368