

ОГЛАВЛЕНИЕ

Благодарности	7
Предисловие	9
Глава 1	
РЕТРОСПЕКТИВА: ОТ КАМЕРЫ ОБСКУРА ДО ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	12
<i>Литература</i>	21
Глава 2	
ПОНЯТИЕ КОГЕРЕНТНОСТИ В ОПТИКЕ И ЭЛЕКТРОННОЙ ОПТИКЕ	23
2.1. Когерентность: упрощенное введение	24
2.2. Оптическая когерентизация состояний атомно-молекулярных систем	27
2.3. Когерентность при дифракции	33
2.3.1. Критерий Рэлея и разрешение	33
2.3.2. Дифракция электронов на атомах и молекулах	39
2.4. Когерентность и дифракция в кристаллографии	44
2.5. Когерентность в процессах построения изображения	49
2.5.1. Базовые подходы	49
2.5.2. Когерентность источника, продольная и поперечная	57
2.5.3. Построение изображения в электронной микроскопии	59
2.6. Приборные факторы, ограничивающие когерентность	67
<i>Литература</i>	69
Глава 3	
ОТ ДВУМЕРНОГО К ТРЕХМЕРНОМУ СТРУКТУРНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ. Основопологающие подходы	71
3.1. Двумерное и трехмерное изображения	74
3.2. Электронная кристаллография: комбинация дифракции и изображения	81
3.3. Высокоразрешающая сканирующая электронная просветная микроскопия	83



3.3.1. Использование STEM для электронной томографии неорганических материалов	
3.4. Биологические и другие органические материалы	
3.4.1. Визуализация архитектуры макромолекул при помощи криоэлектронной томографии	
3.5. Спектроскопия потерь энергии электронов (EELS) и изображение при энергетически фильтрованной TEM	
3.5.1. Сочетание EELS и ET в клеточной биологии	
3.6. Электронная голография	
<i>Литература</i>	

Глава 4

ПРИЛОЖЕНИЯ ДВУ- И ТРЕХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЙ И СОПУТСТВУЮЩИХ МЕТОДИК

4.1. Введение	
4.2. Кристаллография в реальном пространстве посредством HRTEM и HRSTEM	
4.2.1. Капсулированные нанокристаллические структуры	
4.2.2. Частицы нанокристаллического платинового катализатора	
4.2.3. Микропористые катализаторы и молекулярные сита	
4.2.4. Другие цеолитные структуры	
4.2.5. Структуры сложных окисных катализаторов, определенные HRSTEM	
4.2.6. Значение дифракции электронов в определении трехмерной структуры	
4.3. Электронная томография	
4.4. Электронная голография	
4.5. Электронная кристаллография	
4.5.1. Другие сложные неорганические структуры	
4.5.2. Сложные биологические структуры	
4.6. Спектроскопия потери энергии электронами и изображение	
4.7. Атомное разрешение TEM при газовом окружении образца	
4.7.1. Электронная микроскопия атомного разрешения при внешнем давлении, использующая технологию микроэлектромеханических систем	
<i>Литература</i>	

Глава 5

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ (основы)

5.1. Временное разрешение масштаба атомных движений	
---	--



5.1.3. Классические атомы: волновые пакеты	141
5.1.4. Исследование модельного случая: два атома	145
5.2. От статической фотографии к сверхскоростному изображению	151
5.2.1. Высокоскоростные затворы	151
5.2.2. Стробоскопия	155
5.2.3. Сверхскоростные методики	157
5.2.4. Фемтосекундные лазеры	162
5.3. Одноэлектронное построение изображений	166
5.3.1. Когерентность сверхбыстрых пакетов	166
5.3.2. Возвращаясь к эксперименту с двумя щелями	172
5.3.3. Сверхскоростное изображение по сравнению со скоростным	176
5.3.4. Невязка скоростей и аттосекундный режим	179
5.4. Микроскопия в реальном времени: яркость, когерентность и вырождение	188
5.4.1. Объем когерентности и вырождение	191
5.4.2. Яркость и вырождение	193
5.4.3. Когерентность и контраст	198
5.4.4. Контраст, доза и разрешение	201
<i>Дополнительная литература</i>	203
<i>Литература</i>	204

Глава 6

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ

И ВРЕМЕНИ (достижения и приложения)	207
6.1. Достижения Калифорнийского технологического института. Краткая история	207
6.2. Установки и методики	209
6.3. Структура, морфология и механика	223
6.3.1. Динамика изображения (дифракции) избранной площади	223
6.3.2. Динамика морфологии: кривизна, зависимость от времени	224
6.3.3. Подтверждение принципа: динамика золота	226
6.3.4. Модельный случай: графит в реальном времени	232
6.3.4.1. Атомные движения	232
6.3.4.2. Когерентные резонансы в дифракции: продольный модуль Юнга	237
6.3.4.3. Резонансы в изображениях: продольная упругость	241
6.3.4.4. Появление механического звона: поперечная упругость	242
6.3.4.5. Динамика муаровых затрихов	244
6.3.4.6. FEELS: фемтосекундная EELS и химические связи	247
6.4. Другие приложения (выборочно)	252
6.4.1. Структурные фазовые переходы	252
6.4.1.1. Переход проводник—диэлектрик	252
<i>Литература</i>	257



Глава 7

**СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА
И СИНХРОТРОНА**

7.1. Введение	262
7.2. Рентгеновская просветная микроскопия и микроскопическая томография	265
7.2.1. Рентгеновская томография биологических клеток	267
7.3. Изображение при когерентной дифракции рентгена	269
7.4. Определение структуры по порошковым образцам	272
7.4.1. Определение структур ультрамикрористаллических образцов	273
7.4.2. Дифракция рентгена с энергетической дисперсией	273
7.4.3. Рентгеновская спектроскопия тонкой структуры (EXAFS)	275
7.4.4. Комбинация поглощения и дифракции рентгена для изучения порошковых катализаторов	277
7.5. Исследование растворенных веществ	278
7.6. Статическая и динамическая кристаллография Лауэ	283
7.7. Вечная проблема радиационного повреждения	285
7.8. Окончательная оценка	286
<i>Литература</i>	289

Глава 8

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

(прошлое, настоящее и будущее)	294
8.1. Визуализация и сложность	294
8.2. Парадокс сложности: когерентность и созидательный хаос	300
8.3. От дву- и трехмерной к микроскопии в реальном времени	302
8.4. Грядущее развитие	308
8.4.1. Материаловедение	308
8.4.2. УЕМ в биологии	309
8.4.3. Структурная динамика: теория и эксперимент	311
8.4.4. Изображение ориентированных и одиночных молекул	315
8.4.5. Изображение аттосекундными электронами	319
8.5. Заключение	322
<i>Литература</i>	323