

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	9
ЧАСТЬ 1. ЛАЗЕРЫ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ	13
Глава 1. ПРЕДМЕТ КНИГИ	14
1.1. История оптики коротких вспышек света	14
1.2. Лазер – новый источник импульсов света	15
1.3. Достижения в области получения лазерного излучения в виде импульсов	17
Литература.....	21
Глава 2. ОСНОВЫ ЛАЗЕРОВ	22
2.1. Классическая схема лазера.....	22
2.2. Резонаторы	23
2.2.1. Конфигурация Фабри-Перо	23
2.2.2. Кольцевая конфигурация.....	24
2.2.3. Зеркала и селекторы мод.....	25
2.2.4. Волоконно-оптические системы	27
2.3. Активные среды	30
2.3.1. Твердотельные среды (кристаллы и стёкла).....	30
2.3.2. Красители	32
2.3.3. Активные волоконные световоды	32
2.4. Источники накачки	34
2.4.1. Ламповая накачка.....	34
2.4.2. Лазерная накачка.....	36
2.4.3. Особенности непрерывного режима (резонатор Когельника).....	37
2.4.4. Диодная накачка.....	38
2.4.5. Проблема отвода тепла и устранения нелинейно-оптических ограничений ...	43
Литература	47
Глава 3. ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТА В ВИДЕ ИМПУЛЬСОВ.....	48
3.1. Амплитудная модуляция светового пучка	48
3.2. Быстрое включение источника света.....	51
3.3. Метод модуляции добротности.....	51
3.4. Сложение волн.....	57
3.5. Синтез лазерных пучков.....	59
Литература.....	61



Глава 4. МЕТОД СИНХРОНИЗАЦИИ МОД	62
4.1. Активная синхронизация мод	62
4.2. Пассивная синхронизация мод	66
4.2.1. Сочетание режимов модуляции добротности и синхронизации мод.....	67
4.2.2. Роль быстрого действия просветляющего поглотителя	68
4.2.3. Флуктуационная модель формирования УКИ	68
Литература	72
Глава 5. ИЗМЕРЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВИДЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ	73
5.1. Измерения энергии, спектра и расходимости пучка.....	73
5.2. Временные измерения.....	74
5.2.1. Развёртка и скоростные фоторегистраторы	74
5.2.2. Электронные методы.....	74
5.2.3. Корреляционные методы	76
Литература.....	80
Глава 6. ЛАЗЕРЫ С ПАССИВНОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ МОД	81
6.1. Твердотельные лазеры с ламповой накачкой	82
6.2. Лазеры на красителях	85
6.2.1. Механизм формирования УКИ	85
6.2.2. Непрерывный режим (режим «сталкивающихся импульсов»).....	88
6.3. Сравнение разных способов синхронизации мод	90
Литература.....	91
Глава 7. ИМПУЛЬС СВЕТА И ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ПРОЗРАЧНОЙ СРЕДЕ	92
7.1. Математическое описание импульса	92
7.2. Дисперсия и её роль в распространении импульса	94
7.3. Методы управления дисперсией групповых скоростей	96
7.4. Дисперсия оптических волокон	101
Литература.....	103
Глава 8. ЭФФЕКТЫ САМОВОЗДЕЙСТВИЯ	104
8.1. Самофокусировка	105
8.2. Фазовая самомодуляция (ФСМ).....	106
8.3. Синхронизация мод с помощью эффекта нелинейного показателя преломления ...	107
8.3.1. «Добавочная» синхронизация мод.....	108
8.3.2. Волоконный лазер в виде «восьмёрки».....	109
8.3.3. Керровская линза	109
8.3.4. Нелинейная поляризация	110
8.4. Взаимная игра дисперсии и фазовой самомодуляции	111
8.4.1. Солитонный лазер	113
8.4.2. Растянутый chirпированный импульс	114
Литература.....	115
Глава 9. СХЕМЫ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРОВ	116
9.1. Объёмные твердотельные лазеры с керровской линзой	116
9.2. Полупроводниковое зеркало с насыщаемым поглотителем (SESAM).....	121

9.2.1. Одностенные углеродные нанотрубки	123
9.2.2. Графен.....	123
9.3. Волоконные лазеры	124
9.3.1. Солитонный режим	125
9.3.2. Режим управляемой дисперсии	126
9.4. Общие характеристики фемтосекундных лазеров.....	127
Литература.....	129
Глава 10. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ РАССМОТРЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРА УКИ.....	131
10.1. Модель рассмотрения	132
10.2. Уравнение Гинзбурга-Ландау	133
10.3. Сравнение с экспериментом	134
10.4. Принципиальная особенность лазера УКИ непрерывного действия	134
Литература.....	136
Глава 11. УСИЛЕНИЕ УКИ	137
11.1. Схемы многопроходного усиления	139
11.2. Метод усиления чирпированных импульсов.....	142
11.3. Параметрическое усиление	150
Литература.....	155
Глава 12. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ С ЦЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ УКИ И СПЕКТРОМ ИЗЛУЧЕНИЯ	157
12.1. Сокращение длительности импульса.....	157
12.2. Контроль формы импульса по спектру.....	158
12.2.1. Сдвиг несущей частоты относительно максимума огибающей импульса	159
12.2.2. Метод регулировки и контроля формы импульса и спектра	159
12.3. Генерация суперконтинуума в виде протяжённой гребёнки оптических частот.....	164
12.4. Предельно короткая длительность импульса	165
12.5. Генерация на новых длинах волн.....	166
Литература.....	168
Глава 13. ГЕНЕРАЦИЯ НА ДЛИНАХ ВОЛН ГРАНИЦ ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА	169
13.1. Терагерцовые пучки	169
13.2. Вакуумный ультрафиолет и мягкий рентген	176
13.2.1. Генерация гармоник высшего порядка	176
13.2.2. Ионизация атомов в сверхсильном лазерном поле	177
13.2.3. Процесс испускания коротковолнового излучения.....	178
13.3. Аттосекундные импульсы.....	179
Литература.....	182
Глава 14. ТЕНДЕНЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРОВ УКИ	184
14.1. Системы петаваттного уровня	184
14.2. Волоконные системы.....	186
14.2.1. Насыщающиеся поглотители на основе углеродных наноструктур.....	186
14.3. Полупроводниковые дисковые лазеры.....	189
Литература.....	190

ЧАСТЬ 2 ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРОВ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ	192
Глава 1. ПРИМЕНЕНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА МИНИМАЛЬНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ	193
1.1. Исследования сверхбыстрых явлений	193
1.2. Волновые пакеты и фемтохимия	196
1.3. Когерентная временная Фурье-спектроскопия	198
Литература	199
Глава 2. ПРИМЕНЕНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРА ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	200
2.1. Прецизионная метрология	200
2.2. Проблема точного измерения времени и оптические стандарты частоты	201
2.3. Проблема измерения оптических частот и её решение с помощью фемтосекундных лазеров непрерывного действия (оптические часы)	206
2.4. Компактные оптические сверхточные часы на основе фемтосекундной гребёнки	208
2.5. Прецизионное измерение длины	212
2.6. Лазерный фемтосекундный гироскоп	212
2.7. Прецизионная спектроскопия	213
2.7.1. Тесты фундаментальных теорий	214
2.8. Применения в астрономии	214
2.8.1. Интерферометр со сверхдлинной базой	215
2.8.2. Калибровка астрономических спектрографов	216
Литература	220
Глава 3. ПРИМЕНЕНИЯ, ОСНОВАННЫЕ НА ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ, ИНТЕНСИВНОСТИ И НАПРЯЖЁННОСТИ ПОЛЕЙ В СВЕТОВОЙ ВОЛНЕ	222
3.1. Релятивистский режим взаимодействия излучения с веществом	222
3.2. Ускорение электронов и протонов	223
3.3. Инициирование фотоядерных реакций	225
3.4. Лазерный термоядерный синтез	225
3.5. Генерация жёсткого рентгеновского и γ -излучения	228
3.6. Эксперименты по нелинейной квантовой электродинамике	230
Литература	231
Глава 4. ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНИКЕ	232
4.1. Сверхбыстродействующая оптоэлектроника	232
4.2. Прецизионная обработка материалов	234
4.3. Изготовление микро- и наноструктур	236
Литература	237
Глава 5. ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ	238
5.1. Прецизионная хирургия	238
5.2. Микрохирургия клеток	239
5.3. Возможная терапия рака	240
5.4. Оптическая когерентная томография	240
5.5. Двух- и трёхфотонная микроскопия	242
Литература	243
Заключение	244