



## ОГЛАВЛЕНИЕ



Предисловие.....	3
------------------	---

### ЧАСТЬ I

### ЛАЗЕРЫ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Введение к части I.....	5
-------------------------	---

#### Глава 1

<b>Измерение расстояний.....</b>	<b>7</b>
1.1. Лазерная дальнометрия .....	7
1.2. Триангуляционный метод .....	10
1.3. Времяпролетный импульсный метод.....	12
1.3.1. Различные типы импульсных лазерных дальнометров .....	18
1.4. Метод фазового сдвига.....	21
1.4.1. Бытовые фазовые дальнометры.....	23
1.5. Метод модуляции частоты .....	24
1.4. Интерферометрические методы измерения расстояний.....	27

#### Глава 2

<b>Получение объёмных изображений.....</b>	<b>31</b>
2.1. 3D-сканеры на основе «структурированного света» .....	31
2.2. Лазерные сканеры с механической развёрткой .....	33

2.3. Сканирующий лидар для получения информации в режиме реального времени .....	34
2.3.1. Лазерное сканирование в геодезии и картографии .....	35
2.3.2. Батиметрия – зондирование дна водоемов .....	39
2.4. Флэш-лидары .....	43

### Глава 3

<b>Оптические методы измерения скорости .....</b>	<b>47</b>
3.1. Расчёт скорости по измерению расстояния до объекта .....	47
3.2. Доплеровские методы измерения скорости .....	48
3.2.1. Доплеровские лидары .....	48
3.2.2. Лазерная доплеровская анемометрия .....	49
3.3. Метод цифровой трассерной визуализации .....	50
3.4. Оптические гироскопы .....	52
3.4.1. Сравнение гироскопов различных типов .....	52
3.4.2. Принцип действия оптических гироскопов .....	54
3.4.3. Основные характеристики гироскопов .....	55
3.4.4. Кольцевой лазерный гироскоп .....	56
3.4.5. Волоконно-оптический гироскоп .....	59

### Глава 4

<b>Метрология времени, частоты и длины .....</b>	<b>65</b>
4.1. Оптический эталон длины .....	65
4.2. Оптические методы измерения времени .....	66
4.3. Единый эталон единиц времени-частоты-длины .....	68


## ЧАСТЬ II

### ЛАЗЕРЫ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

<b>Введение к части II .....</b>	<b>72</b>
----------------------------------	-----------

### Глава 5

<b>Оптические каналы связи .....</b>	<b>73</b>
5.1. Передача данных в оптическом диапазоне .....	73
5.1.1. Проблемы электроники при передаче сигнала на большие расстояния .....	73
5.2. Линии связи с открытой оптикой .....	75
5.2.1. Наземные (атмосферные) оптические каналы связи .....	76
5.2.2. Космическая лазерная связь .....	79
5.2.3. Подводная оптическая связь .....	80
5.3. Волоконно-оптические системы связи .....	83
5.3.1. Принцип работы оптического волокна .....	84

5.3.2. Дисперсия и затухание, типы оптически волокон.....	87
5.3.3. Волоконные усилители.....	92
5.3.4. Перспективы развития.....	97
<i>Глава 6</i>	
<b>Хранение и обработка информации.....</b>	<b>101</b>
6.1. Запись и хранение данных.....	101
6.1.1. Лазерные диски.....	102
6.1.2. Голограммы.....	106
6.2. Оптическая обработка информации.....	108
 <i>ЧАСТЬ III</i>	
<b>ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	
<b>Введение к части III.....</b>	<b>124</b>
<i>Глава 7</i>	
<b>Поверхностная лазерная обработка.....</b>	<b>125</b>
7.1. Основные методы лазерной поверхностной обработки.....	125
7.1.1. Операции, применяемые в лазерной поверхностной обработке.....	127
7.1.2. Установки для лазерной поверхностной обработки.....	129
7.2. Лазерная маркировка и гравировка.....	130
7.2.1. Принцип работы.....	131
7.2.2. Способы лазерной маркировки и гравировки.....	131
7.2.3. Лазеры для маркировки и гравировки.....	132
7.3. Лазерная микрообработка.....	133
7.3.1. Операции, применяемые в лазерной микрообработке.....	134
7.3.2. Лазеры для микрообработки.....	136
7.3.3. Методы лазерной микрообработки.....	136
7.4. Лазерная фотолитография.....	139
7.4.1. Основные принципы действия.....	139
7.4.2. Лазеры для фотолитографии.....	143
7.5. Лазерная очистка поверхности.....	144
7.5.1. Основной принцип.....	145
7.5.2. Основные механизмы лазерной очистки.....	149
7.5.3. Оборудование для лазерной очистки.....	150
<i>Глава 8</i>	
<b>Глубокая лазерная обработка.....</b>	<b>155</b>
8.1. Основы лазерной глубокой обработки.....	155
8.2. Лазерная резка.....	156
8.2.1. Основной принцип.....	156

8.2.2 Способы лазерной резки .....	157
8.2.3. Устройство станков для лазерной резки .....	159
8.3. Лазерная сварка .....	161
8.3.1. Лазеры, используемые для сварки .....	163
8.3.2. Преимущества лазерной сварки .....	164
8.4. Лазерное сверление .....	164
8.4.1. Основные принципы .....	165
8.4.2. Способы лазерного сверления .....	165
8.4.3. Лазеры, используемые для сверления .....	167
8.4.4. Преимущества лазерного сверления .....	168

### *Глава 9*

<b>Лазерные аддитивные технологии .....</b>	<b>171</b>
9.1. Основные принципы и виды аддитивных технологий .....	171
9.2. Спекание пластиковых материалов .....	175
9.3. Спекание металлических материалов .....	177
9.4. Аддитивные технологии в авиа- и ракетостроении .....	180
9.5. Преимущества аддитивных технологий .....	185

## *ЧАСТЬ IV*

### **ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

<b>Введение к части IV .....</b>	<b>188</b>
----------------------------------	------------

### *Глава 10*

<b>Принципы лазерного зондирования .....</b>	<b>189</b>
10.1. Методы дистанционного лазерного зондирования .....	189
10.2. Схемы лидаров .....	192
10.3. Лидарное уравнение .....	197
10.4. Решение лидарного уравнения .....	200
10.4.1. Метод логарифмической производной .....	201
10.4.2. Метод Клетта .....	201

### *Глава 11*

<b>Зондирование атмосферных аэрозолей .....</b>	<b>205</b>
---	------------

### *Глава 12*

<b>Контроль химического состава атмосферы .....</b>	<b>217</b>
---	------------

### *Глава 13*

<b>Измерение метеорологических параметров атмосферы .....</b>	<b>231</b>
---	------------

13.1. Лидары для диагностики ветровых полей.....	232
13.1.1. Принцип измерения скорости ветра .....	232
13.1.2. Методы лидарного измерения скорости ветра .....	233
13.2. Когерентные доплеровские лидары .....	235
13.2.1. Лидар Windcube .....	236
13.2.2. Лидар ZephIR .....	237
13.2.3. Лидар Galion.....	241
13.2.4. Лидар WindTracer.....	241
13.3. Российские когерентные доплеровские лидары .....	244
13.4. Доплеровские лидары с прямым детектированием .....	251
13.5. Лидар для контроля облачности и динамики приземного слоя.....	259



## ЧАСТЬ V

### ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

<b>Введение к части V.....</b>	<b>272</b>
--------------------------------	------------

#### Глава 14

<b>Воздействие света на биоткани.....</b>	<b>273</b>
14.1. Физические процессы.....	273
14.2. Виды воздействия света на биологические ткани.....	276
14.3. Эффекты воздействия лазерного излучения на биоструктуры.....	279
14.3.1. Фотохимические эффекты .....	281
14.3.2. Фототермические эффекты .....	281
14.3.3. Фотомеханические эффекты.....	283

#### Глава 15

<b>Лазерная медицинская диагностика.....</b>	<b>286</b>
15.1. Диагностика <i>in vivo</i> и <i>in vitro</i> .....	286
15.2. Преимущества лазерной диагностики.....	287
15.3. Методы оптической диагностики <i>in vivo</i> .....	288
15.3.1. Визуализация в оптическом диапазоне.....	288
15.3.2. Оптическая когерентная томография .....	291
15.3.3. Конфокальная визуализация.....	294
15.3.4. Флуоресцентная спектроскопия и визуализация.....	296
15.3.5. Рамановская спектроскопия.....	298

#### Глава 16

<b>Лазерные лечебные технологии .....</b>	<b>302</b>
16.1. Физиотерапия низкоинтенсивным лазерным излучением.....	302
16.2. Фотодинамическая терапия.....	304
16.2.1. Основные факторы, влияющие на ФДТ.....	304

16.2.2. Применение ФДТ .....	305
16.2.3. Инструменты и приборы для фотодинамической терапии .....	307
16.3. Общая и сосудистая хирургия .....	308
16.3.1. Хирургия ЖКТ, остановка кровотечений .....	308
16.3.2. Лазерное лечение онкологических заболеваний .....	309
16.3.3. Эндовазальная лазерная коагуляция (ЭВЛК) .....	310
16.3.4. Лазерная ангиопластика .....	311
16.4. Дерматология .....	313
16.4.1. «Винное» пятно .....	314
16.4.2. Пигментные пятна и татуировки .....	315
16.4.3. Лазерная эпиляция .....	316
16.4.4. Лазеры для дерматологии .....	317
16.5. Офтальмология .....	318
16.5.1. Рефракционная хирургия .....	319
16.5.2. Лечение глаукомы .....	321
16.5.3. Хирургия катаракты .....	322
16.5.4. Лечение отслоения сетчатки (ретинопексия) .....	324
16.5.5. Лечение пролиферативной диабетической ретинопатии .....	324
16.6. Лазерная стоматология .....	326
16.6.1. Лечение кариеса .....	326
16.6.2. Лазеры для стоматологии .....	327

## *ЧАСТЬ VI*

### **ВОЕННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРОВ**

<b>Введение к части VI</b> .....	334
----------------------------------	-----

#### *Глава 17*

<b>Оценки воздействия лазерного излучения</b> .....	335
17.1. Воздействие на элементы ракетно-космических систем .....	335
17.2. Воздействие на элементы конструкций БПЛА .....	338
17.3. Воздействие на мины и боеприпасы .....	340
17.4. Воздействие на органы зрения .....	341
17.5. Точность прицеливания .....	343
17.6. Учет расходимости лазерного излучения в атмосфере .....	344

#### *Глава 18*

<b>Лазерные системы поражения</b> .....	351
18.1. «Стратегические» лазерные системы .....	352
18.2. Разработка и испытания лазерных систем .....	352
18.3. «Тактические» лазерные системы .....	359
18.4. Вспомогательные лазерные системы направленного действия .....	365

18.5. Нелетальное лазерное оружие .....	366
---	-----

### *Глава 19*

<b>Конструктивные схемы лазерных систем</b> .....	370
---	-----

19.1. Мобильные лазерные комплексы .....	370
--	-----

19.2. Системы формирования и наведения луча .....	375
---	-----

19.3. Системы слежения и управления лазерным лучом .....	378
--	-----

### *Глава 20*

<b>Лазерные инструменты</b> .....	383
-----------------------------------	-----

20.1. Способы высокоточного наведения снаряда на цель .....	383
---	-----

20.2. Целеуказатели для стрелкового оружия .....	384
--	-----

20.3. Высокоточное наведение ударных боеприпасов .....	385
--	-----

20.4. Целеуказатели для наземных систем высокоточного оружия .....	392
--	-----

20.5. Авиационные оптико-электронные системы (ОЭС) .....	394
--	-----

20.6. Бесконтактные лазерные датчики .....	397
--	-----

20.7. Средства электрооптического противодействия (СЭОП) .....	401
--	-----

20.7.1. Приборы для обнаружения оптических и электрооптических устройств .....	401
---	-----

20.7.2. Виды систем электрооптического противодействия .....	403
--	-----

### *Глава 21*

<b>Лидары (лазерные радары)</b> .....	407
---------------------------------------	-----

21.1. Трехмерная лазерная локация с использованием матричных приемников .....	407
--	-----

21.2. Компенсация помехи обратного рассеяния .....	409
--	-----

21.3. Лазерное сканирование .....	412
-----------------------------------	-----

21.4. Ладарные системы наведения (ЛСН) .....	417
--	-----

21.5. Лидарные комплексы дистанционного зондирования атмосферы .....	418
--	-----

21.6. Лазерное обнаружение подводных объектов .....	423
---	-----

## *ЧАСТЬ VII*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ**

<b>Введение к части VII</b> .....	432
-----------------------------------	-----

### *Глава 22*

<b>Лазеры и развитие научных исследований</b> .....	433
---	-----

22.1. Спектральные и временные диапазоны микропроцессов .....	433
---	-----

22.2. Фемтосекундные лазерные импульсы .....	435
--	-----

22.2.1. Фемтохимия .....	435
--------------------------	-----

22.2.2. Фемтобиология .....	438
-----------------------------	-----

22.3. Аттофизика .....	442
22.4. Лазерное охлаждение атомов .....	445

### *Глава 23*

<b>Лазеры и развитие технологий</b> .....	450
23.1. Лазеры в космосе .....	450
23.1.1. Борьба с космическим мусором и астероидной опасностью .....	452
23.1.2. Энергоснабжение космических аппаратов .....	457
23.2. Лазеры в энергетике .....	461
23.2.1. Лазерный термоядерный синтез .....	462
23.2.2. Лазеры в солнечной энергетике .....	468
23.3. Лазеры в нанотехнологиях .....	472
23.4. Комплексирование лазерных технологий .....	477
23.4.1. Комплексирование радио- и лазерных систем .....	477
23.4.2. Метеорология .....	478
23.4.3. Автомобили нового поколения .....	481
23.4.4. Квантовые радары .....	483
23.4.5. Обработка материалов .....	484
<b>Послесловие</b> .....	490

### *Приложение*

<b>Лазерная безопасность</b> .....	491
П.1 Повреждения, вызванные лазерным излучением .....	491
П.2 Определение класса опасности лазера .....	492
П.3 Требования к изготовлению лазерных изделий .....	499
П.4 Знаки и надписи .....	501
П.5 Средства индивидуальной защиты .....	503
П.6 Пример определения ПДУ .....	504
П.7 Перечень государственных стандартов и других нормативных документов .....	506
П.8 Некоторые характеристики лазерной безопасности .....	509

