



Издательский Дом
ИНТЕЛЛЕКТ

В.П. МИНАЕВ

ЛАЗЕРНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ СИСТЕМЫ И МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ИХ ОСНОВЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Глава 1. ВВЕДЕНИЕ. СВЕТ И ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ ЛАЗЕРОВ	11
Глава 2. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ЛАЗЕРОВ	26
2.1. Основные физические принципы работы лазеров	26
2.1.1. Спонтанное и вынужденное излучение	26
2.1.2. Инверсная населенность	30
2.1.3. Положительная обратная связь. Оптический резонатор	36
2.1.4. Первый лазер	37
2.2. Свойства лазерного излучения	40
2.2.1. Расходимость излучения. Пространственная когерентность	40
2.2.2. Спектр излучения. Временная когерентность. Однородное и неоднородное уширение линии люминесценции	41
2.3. Оптические резонаторы	45
2.3.1. Резонатор и характеристики лазера	45
2.3.2. Принцип Гюйгенса-Френеля. Интеграл Френеля-Кирхгофа	46
2.3.3. Собственные функции и собственные типы колебаний	47
2.3.4. Резонаторы Фабри-Перо. Метод Фокса-Ли	50
2.3.5. Симметричный конфокальный резонатор	52
2.3.6. Резонаторы с произвольными сферическими зеркалами	55
2.3.7. Диаграмма устойчивости резонаторов	57
2.3.8. Неустойчивые резонаторы (геометрическое приближение)	59
2.3.9. Влияние активной среды на свойства резонаторов	62
2.4. Балансные уравнения для расчёта лазерных характеристик	65
2.4.1. Уравнения для интенсивности излучения	65
2.4.2. Уравнения для инверсной населенности. Трёхуровневая схема	69
2.4.3. Четырёхуровневые системы	72
2.5. Различные режимы работы лазеров	75



2.5.1. Непрерывный режим	75
2.5.2. Лазеры с накоплением инверсной населенности	78
2.5.3. Лазеры с пассивными затворами	84
2.5.4. Лазеры с накоплением инверсной населенности и непрерывной накачкой	86
2.5.5. Лазеры с накоплением интенсивности излучения (режим разгрузки резонатора)	87
2.5.6. Режим синхронизации мод	88
2.6. Устройства для пространственной и временной модуляции лазерного излучения	91
2.6.1. Естественная анизотропия	91
2.6.2. Электрооптический эффект	93
2.6.3. Вращение плоскости поляризации, магнитооптический эффект	97
2.6.4. Акустооптический эффект и его использование в лазерной технике	99
2.6.5. Сканирующие системы	101
2.7. Нелинейные оптические явления и их использование в лазерной технике	102
2.7.1. Генерация оптических гармоник	102
2.7.2. Параметрические генераторы света	108
2.7.3. Вынужденное комбинационное рассеяние	110
2.8. Типы лазеров, применяемых в медицине	114
2.8.1. Твердотельные лазеры	114
2.8.2. Полупроводниковые лазеры	122
2.8.3. Волоконные лазеры	132
2.8.4. Газовые лазеры на нейтральных атомах	143
2.8.5. Молекулярные газовые лазеры	146
2.8.6. Ионные газовые лазеры	150
2.8.7. Экимерные лазеры	153
2.8.8. Лазеры на парах металлов	156
2.8.9. Лазеры на органических красителях	158
Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БИОТКАНЯМИ	163
3.1. Распространение света в биотканях. Спектры поглощения и рассеяния	163
3.2. Действие излучения на биоткани	176
3.2.1. Фотодинамический эффект, флюоресценция биотканей	176
3.2.2. Тепловые эффекты при воздействии лазерного излучения	179
3.2.3. Обратимая потеря упругости хрящей при нагреве	182
3.2.4. Процессы, происходящие при эндовенозной лазерной коагуляции	184
3.2.5. Другие применения неабляционного воздействия на биоткани. Использование фракционного фототермолиза	188

3.2.6. Воздействие лазерного излучения на жировые клетки	190
3.2.7. Особенности контактного воздействия на биоткани	191
3.2.8. Влияние временных параметров лазерного излучения на характер воздействия на биоткани	193
3.2.9. Абляция	200
3.2.10. Зависимость характера воздействия на биоткани от параметров излучения.....	201
3.2.11. Зависимость характера воздействия на биоткани от параметров излучения	203
Глава 4. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ	210
4.1. Структурно-функциональная схема лазерного аппарата.	210
4.2. Устройства доставки лазерного излучения	211
Дополнение к разделу 4.2.	
Волоконные световоды для среднего и дальнего ИК диапазонов	218
4.3. Устройства контроля и управления	219
4.4. Способы воздействия лазерным излучением на ткани и инструменты для их осуществления	220
4.5. Вспомогательные инструменты и приспособления	226
Глава 5. ЛАЗЕРНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И АППАРАТУРА ДЛЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ	232
5.1. Лазерная аппаратура, выпускаемая для хирургии и силовой терапии	232
5.1.1. 10,6 мкм – аппараты на основе CO ₂ -лазеров	232
5.1.2. Аппараты с длиной волны излучения 0,8–1,1 мкм	235
5.1.3. Аппараты, работающие в видимом спектре	242
5.1.4. Аппараты, работающие в диапазоне 1,3–1,7 мкм	245
5.1.5. Диапазон 2 мкм	247
5.1.6. Диапазон 2,9 мкм – максимальное поглощение в воде	249
5.1.7. Аппараты, работающие в УФ диапазоне	251
5.1.8. Диапазон 6,1–6,5 мкм – новые возможности	251
5.1.9. Двухволновые аппараты	252
5.2. Лазерные технологии в хирургии и силовой терапии	256
5.2.1. Применение лазеров в онкологии	256
5.2.2. Лазерные технологии в оториноларингологии	261
5.2.3. Лазерные технологии в лечении сосудистой патологии	267
5.2.4. Применение лазеров в кардиологии	273
5.2.5. Лазерные технологии в дермато-косметологии	276
5.2.6. Использование лазеров в стоматологии	282
5.2.7. Применение лазерного излучения в гинекологии и проктологии	285
5.2.8. Лазерные технологии в урологии	287
5.2.9. Применение лазеров в лечении опорно-двигательного аппарата	293

5.2.10. Применение лазеров в нейрохирургии	296
5.2.11. Применение лазеров в общей хирургии	299
5.2.12. Лазерные технологии в лечении туберкулеза	300
5.3. Лазерные технологии в офтальмологии и аппараты для их осуществления	302
5.3.1. Особенности анатомического строения глаза	302
5.3.2. Лазерные технологии в офтальмологии	305
5.3.3. Лазерная аппаратура для офтальмологии	310
5.4. Низкоинтенсивная лазерная терапия (НИЛТ) и аппаратура для ее осуществления	316
5.4.1. Воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения на биообъекты	316
5.4.2. Аппаратура для низкоинтенсивной лазерной терапии	318
5.5. Методы и аппаратура для лазерной диагностики	322
5.6. Примеры других лазерных технологий медицинского назначения	330
5.6.1. Лазерная биоинженерия	330
5.6.2. Лазерные технологии в медицинской промышленности	334
Глава 6. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛАЗЕРНОЙ АППАРАТУРЫ	338
6.1. Техника безопасности при работе с лазерами	338
6.1.1. Особенность воздействия лазерного излучения на органы зрения	338
6.1.2. Воздействие лазерного излучения на кожу	340
6.1.3. Нормативные документы по лазерной безопасности	341
6.1.4. Средства защиты	345
6.1.5. Вторичные факторы воздействия лазерного излучения	347
6.2. Общие вопросы разработки и внедрения медицинских техники и технологий. Сертификация и внедрение разработок в медицинскую практику	349
6.2.1. Основные этапы разработки и внедрения медицинской техники	349
6.2.2. Лицензирование производства медицинских изделий	354
6.2.3. Регистрация медицинских технологий	355
Глава 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	358