

621.38(075)

К 440

Киселев Г.Л.

Квантовая и оптическая электроника : учеб. пособие для вузов / Г. Л. Киселев. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 313 с. : ил. – ISBN 9785811411146.

Предисловие ко второму изданию .....	5
Введение .....	7
<i>Глава 1</i>	
Основы теории оптического излучения .....	13
1.1. Основные идеи и принципы .....	13
1.2. Электромагнитное излучение .....	14
1.2.1. Плоские волны .....	15
1.2.2. Энергия электромагнитного излучения .....	16
1.2.3. Спектр излучения .....	17
1.3. Когерентность .....	18
1.3.1. Когерентность первого порядка .....	18
1.3.2. Когерентность второго порядка .....	20
1.4. Фотонная структура поля .....	20
1.4.1. Квантование поля излучения .....	20
1.4.2. Формула Планка .....	23
<i>Глава 2</i>	
Лучевая и электромагнитная теории распространения света .....	26
2.1. Основные принципы и идеи .....	26
2.2. Моды .....	27
2.2.1. Граничные условия .....	27
2.2.2. Отражение и преломление волн .....	28
2.2.3. Моды диэлектрического волновода .....	30
2.3. Дифракция .....	33
2.3.1. Постановка дифракционных задач .....	33
2.3.2. Функция Грина .....	34
2.3.3. Приближение Гюйгенса-Кирхгофа .....	35
2.4. Гауссовы пучки .....	36
2.5. Оптико-геометрическое приближение .....	39
2.5.1. Уравнение эйконала .....	39
2.5.2. Уравнение луча .....	39
2.5.3. Матрицы преломления и передачи .....	40
<i>Глава 3</i>	
Оптические линзовые волноводы и резонаторы .....	45
3.1. Основные принципы и идеи .....	45
3.2. Линзовые волноводы .....	46
3.2.1. Преобразование поля с помощью линзы .....	46
3.2.2. Условие получения изображения .....	47
3.2.3. Преобразование Фурье .....	48
3.2.4. Моды конфокального линзового волновода .....	48
3.3. Лазерные резонаторы .....	51
3.3.1. Моды конфокального резонатора .....	54
3.3.2. Моды неконфокального резонатора .....	55
3.3.3. Неустойчивые резонаторы .....	57

3.3.4. Устройства связи мод .....	59
3.3.5. Селекция поперечных мод .....	61
3.3.6. Селекция продольных мод .....	62
3.3.7. Селекция мод в связанных резонаторах .....	63
3.3.8. Синтез оптических резонаторов .....	64
3.3.8.1. Синтез амплитудно-фазового корректора .....	65
3.3.8.2. Синтез частотного фильтра .....	67

#### Глава 4

##### Физические основы взаимодействия квантовых систем

с электромагнитным полем .....	71
4.1. Основные идеи и принципы .....	71
4.2. Уравнение Шредингера .....	72
4.3. Энергетический спектр состояний .....	74
4.3.1. Энергетический спектр свободной частицы .....	75
4.3.2. Энергетический спектр частицы во внешнем поле .....	76
4.3.3. Энергетический спектр атома во внешних электрическом или магнитном полях .....	78
4.3.4. Энергетические зоны в кристаллах .....	79
4.4. Однофотонные квантовые переходы .....	80
4.4.1. Излучательные и безызлучательные переходы .....	80
4.4.2. Спонтанные и индуцированные переходы .....	84
4.5. Населенность энергетических уровней .....	86
4.5.1. Распределение Больцмана .....	86
4.5.2. Распределение Ферми-Дирака .....	87
4.5.3. Распределение Бозе-Эйнштейна .....	87
4.5.4. Инверсия населенностей уровней .....	89
4.6. Схемы создания инверсии населенностей .....	90
4.6.1. Двухуровневая схема .....	92
4.6.2. Трехуровневая схема .....	93
4.6.3. Четырехуровневая схема .....	94
4.6.4. Многоуровневые схемы .....	95
4.7. Линейная макроскопическая поляризация среды .....	95
4.7.1. Дисперсия и усиление в среде .....	97
4.7.2. Форма линии усиления .....	98
4.8. Методы создания инверсии населенностей в лазерных средах .....	101
4.8.1. Твердотельные лазерные среды .....	101
4.8.2. Полупроводниковые лазерные среды .....	103
4.8.3. Газовые лазерные среды .....	105
4.8.4. Жидкостные лазерные среды .....	107

#### Глава 5

Приближенные уравнения теории лазеров .....	109
5.1. Основные идеи и принципы .....	109
5.2. Уравнения электромагнитного поля .....	109
5.3. Материальные уравнения .....	111
5.4. Уравнения лазера и лазерного усилителя .....	114
5.4.1. Стационарное усиление .....	115
5.4.2. Нестационарное усиление .....	116
5.4.3. Нестационарная генерация .....	117

#### Глава 6

Лазерные усилители .....	119
6.1. Основные принципы и идеи .....	119
6.2. Усилители бегущей волны .....	119

6.2.1.Частотная характеристика .....	120
6.2.2.Коэффициент усиления.....	122
6.2.3.Фазовая характеристика.....	124
6.2.4.Полоса пропускания .....	125
6.2.5.Динамический диапазон усиления .....	126
6.2.6.Шумы усилителя .....	126
6.2.7.Режимы работы.....	129
6.3.Резонаторные усилители .....	129
6.3.1.Коэффициент усиления.....	129
6.3.2.Полоса пропускания .....	131
6.3.3.Динамический диапазон усиления .....	132
6.3.4.Шумы усилителя .....	133
6.3.5.Стабильность усилителя.....	133
6.3.6.Сверхрегенеративный режим усиления .....	134
<b>Глава 7</b>	
Лазерные генераторы.....	135
7.1.Основные идеи и принципы.....	135
7.2.Условия самовозбуждения и существования стационарного режима.....	135
7.3.Спектр излучения .....	138
7.3.1.Однородное уширение линии усиления .....	139
7.3.2.Неоднородное уширение линии усиления.....	142
7.3.3.Конкуренция мод .....	144
7.3.4.Спектральная ширина излучения лазерного генератора.....	147
7.3.5.Мощность излучения генератора .....	147
7.4.Переходные процессы в генераторе.....	149
7.5.Генераторы с нестационарными параметрами.....	152
7.5.1.Периодическая модуляция параметров генератора.....	153
7.5.2.Синхронизация мод.....	154
7.5.3.Генераторы с модулированной добротностью.....	154
7.5.4.Генераторы с нелинейными потерями.....	157
7.5.5.Генераторы с нелинейным поглощающим фильтром .....	160
<b>Глава 8</b>	
Нелинейная оптика .....	182
8.1.Основные принципы и идеи.....	162
8.2.Многофотонные квантовые переходы.....	162
8.2.1.Двухфотонные переходы .....	168
8.2.2.Трехфотонные переходы .....	164
8.2.3.Многофотонные переходы .....	166
8.3.Нелинейная макроскопическая поляризация среды .....	166
8.4.Методы осуществления когерентного взаимодействия волн в нелинейных средах .....	170
8.5.Нелинейное взаимодействие электромагнитных полей .....	172
8.6.Умножители частоты.....	176
8.6.1.Преобразование основной частоты в частоту второй гармоники.....	176
8.6.2.Преобразование основной частоты в частоту высших гармоник .....	179
8.7.Параметрическое преобразование частоты .....	179
8.8.Параметрические усилители и генераторы .....	181
8.8.1.Параметрический усилитель .....	181
8.8.2.Параметрический генератор .....	188
8.9.Лазеры на вынужденном комбинационном рассеянии.....	184
8.10.Лазеры на вынужденном рассеянии Манделъштама-Бриллюэна.....	188

8.10.1. Усилитель на ВРМБ .....	189
8.10.2. Генераторы на ВРМБ .....	190
8.10.3. Модулятор добротности на ВРМБ и обращение волнового фронта .....	191
8.11. Лазеры на динамических решетках (голографические лазеры) .....	191
8.12. Вещество в сильном поле лазерного излучения .....	192
8.12.1. Механическое действие света. Световое давление .....	193
8.12.2. Оптический пробой прозрачных диэлектриков .....	195
8.12.3. Тепловое воздействие .....	196
8.12.3.1. Лазерно-индуцированное плавление .....	197
8.12.3.2. Лазерно-индуцированное испарение и абляция .....	197
8.12.3.3. Лазерно-индуцированная генерация мощных акустических импульсов .....	198
8.13. Вещество в сверхсильных оптических полях .....	198
<i>Глава 9</i>	
Модуляция и детектирование оптического излучения .....	200
9.1. Основные принципы и идеи .....	200
9.2. Модуляторы и дефлекторы .....	200
9.2.1. Электрооптические модуляторы .....	200
9.2.2. Магнитооптические модуляторы .....	203
9.2.3. Акустооптические модуляторы .....	204
9.2.4. Опико-механические модуляторы .....	206
9.2.5. Модуляторы в схемах интегральной оптики .....	206
9.2.6. Пассивные оптические элементы .....	207
9.3. Детектирование лазерного излучения .....	208
9.3.1. Фотоэлектрические детекторы .....	208
9.3.2. Гетеродинное фотодетектирование .....	209
9.3.3. Оптические регистрирующие среды .....	210
9.4. Лазерные схемы управления параметрами излучения .....	212
9.4.1. Схемы управления спектром излучения .....	212
9.4.2. Схемы управления временным режимом излучения .....	213
9.4.3. Схемы управления поляризацией излучения .....	216
9.4.4. Схемы управления распределением поля .....	216
9.4.5. Схемы мощных лазеров .....	217
<i>Глава 10</i>	
Газовые, твердотельные, полупроводниковые и жидкостные лазеры .....	219
10.1. Основные принципы и идеи .....	219
10.2. Газовые лазеры .....	220
10.2.1. Газоразрядные лазеры .....	220
10.2.2. Газодинамические лазеры .....	225
10.2.3. Плазмодинамические лазеры .....	227
10.2.4. Химические лазеры .....	227
10.2.5. Электроионизационные лазеры .....	228
10.3. Твердотельные лазеры .....	229
10.3.1. Конструкция .....	230
10.3.2. Рабочие характеристики .....	233
10.3.3. Промышленные твердотельные лазеры .....	236
10.4. Полупроводниковые лазеры .....	241
10.4.1. Инжекционные лазеры .....	241
10.4.2. Лазеры с электронной накачкой .....	246
10.4.3. Лазеры с оптической накачкой .....	250
10.5. Жидкостные лазеры .....	251

10.5.1.Лазеры на растворах неорганических соединений .....	251
10.5.2.Лазеры на растворах органических красителей .....	252
10.6.Тонкопленочные лазеры .....	254
<i>Глава 11</i>	
Мазеры .....	258
11.1.Основные идеи и принципы .....	258
11.2.Парамагнитные усилители .....	258
11.2.1.Усилители бегущей волны .....	260
11.2.2.Резонаторные усилители .....	261
11.3.Пучковые генераторы .....	262
11.3.1.Генераторы на аммиаке (NH <sub>3</sub> ).....	264
11.3.2.Генераторы на водороде (H <sub>2</sub> ) .....	265
<i>Глава 12</i>	
Квантовая и оптическая наноэлектроника .....	267
12.1.Основные принципы и идеи.....	267
12.2.Квантовые ямы, квантовые нити и ящики.....	268
12.2.1.Стоячая волна в бесконечно глубокой потенциальной яме.....	268
12.2.2.Стоячая волна в потенциальной яме конечной глубины.....	269
12.2.3.Потенциальный барьер конечной высоты и конечной ширины .....	270
12.3.Квантово-размерные структуры .....	271
12.4.Квантово-размерные лазерные диоды .....	273
12.4.1.Лазеры с квантовыми ямами .....	273
12.4.2.Униполярные квантово-каскадные лазерные диоды .....	274
12.4.3.Лазерный генератор на квантовой точке .....	276
12.5.Квантово-размерные фотоприемники .....	277
12.6.Квантово-размерные электрооптические модуляторы .....	278
12.7.Нанооптика .....	279
12.8.Обратные задачи квантовой и оптической электроники .....	281
12.8.1. Управление положением энергетических уровней квантовой системы.....	282
12.8.2.Управление пространственным положением волновой функции.....	283
12.8.3.Управление энергетическим спектром квантовой системы .....	284
12.8.4.Управление временами жизни на энергетических уровнях квантовой системы.....	284
<i>Глава 13</i>	
Применение лазеров .....	286
13.1.Основные принципы и идеи .....	286
13.2.Области применения лазеров.....	286
13.3.Информационное применение лазеров .....	287
13.3.1.Обработка информации .....	287
13.3.2.Голография.....	290
13.3.3.Измерительная техника.....	296
13.4.Энергетическое применение лазеров .....	300
13.4.1.Технология.....	303
13.4.2.Медицина .....	304
13.4.3.Энергетика .....	305
Список рекомендуемой литературы .....	306