

# ОГЛАВЛЕНИЕ

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

## ЧАСТЬ I

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ (стационарный режим)**

#### Глава первая

#### **ПОГЛОЩЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ**

§ 1. Возбуждение системы внешними источниками радиации . . . . .	9
Термодинамическое равновесие (9). Населенности уровней в стационарном режиме (12). Свойства систем частиц с двумя уровнями энергии (18). Основные свойства многоуровневых систем. Параметры нелинейности (21). Нестационарный режим (27).	
§ 2. Поглощение, усиление и люминесценция . . . . .	32
Мощность поглощения (32). Закон Бугера (34). Коэффициент поглощения (36). Люминесценция и выделение тепла (41). Контур спектральных линий (полос) (46). Влияние перераспределения частиц по подуровням энергии на контур спектральных линий (полос) (52). Соотношения контуров поглощения, усиления и люминесценции при сильных перераспределениях по подуровням энергии (57). Однородное и неоднородное уширение (59). Доплеровское уширение спектральных линий (64).	

#### Глава вторая

#### **РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИНТЕНСИВНЫХ ПОТОКОВ РАДИАЦИИ**

§ 3. Нарушение закона Бугера . . . . .	73
Основные формулы (73). Распространение потока в поглощающей среде (75).	
§ 4. Усиление потоков в средах с отрицательным коэффициентом поглощения . . . . .	79
Зависимость яркости потока от длины пути (79). Экспериментальное определение параметров среды (87).	

#### Глава третья

#### **ГЕНЕРАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ**

§ 5. Энергетические характеристики квантового генератора . . . . .	91
Усиление и генерация (91). Баланс энергии при стационарной генерации (93). Выходящий поток (95). Расчет среднего коэффициента усиления для стержня с плоскопараллельными отражающими основаниями (98). Потоки, выходящие из разных торцов стержня (103). Решение нелинейных уравнений переноса	

са. Среднее значение  $\frac{\bar{I}}{k_0}$  и средняя плотность радиации  $\bar{i}$

(105). Учет поглощения в покрытиях (110). Внешние зеркала (113). Сложный резонатор (115). Приближенные выражения для распределения плотности радиации и потока энергии вдоль стержня (118). Населенности уровней энергии при стационарной генерации (121).

§ 6. Волновые характеристики квантового генератора . . . . . 124

Решение линейных уравнений Максвелла для плоскопараллельного слоя (нормальное падение) (124). Интерференционное условие стационарной генерации (132). Решение нелинейных уравнений Максвелла для плоскопараллельного слоя (нормальное падение) (134). Интерференционные условия генерации для наклонного падения (140). Моды (144). Совместные моды (149). Мощность генерации совместных мод (151). Устойчивые моды (153). Вредные моды (157). Свойства плоскопараллельного слоя в режиме усиления (159). Пропускание и отражение плоскопараллельного слоя в режиме усиления (162). Эффективный коэффициент отражения сложного резонатора с учетом интерференционных явлений (166).

§ 7. Зависимость мощности выходящих потоков от параметров резонатора . . . . . 168

Сводка основных формул (168). Пороговые значения  $k_0$ ,  $I$  и  $r_1 r_2$  (170). Зависимость мощности выходящего потока от длины стержня и коэффициентов отражения (171). Оптимальные параметры резонатора (178). Учет поглощения в покрытиях и зеркалах (184).

§ 8. Учет влияния радиационного шума . . . . . 189

Причины возникновения шумов (189). Баланс энергии радиации шума (192). Эффективные значения начального коэффициента усиления и параметра нелинейности (195). Влияние шума на мощность генерации (198).

#### Глава четвертая

### ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРА ОТ ПАРАМЕТРОВ ВЕЩЕСТВА И ИНТЕНСИВНОСТИ НАКАЧКИ

§ 9. Трехуровневый генератор . . . . . 205

Спектроскопическая модель рабочего вещества (205). Населенности уровней в отсутствие резонатора (207). Начальный коэффициент усиления и параметр нелинейности (213). Поглощение радиации накачки, люминесценция и неоптические переходы в отсутствие резонатора (216). Коэффициент поглощения радиации накачки в отсутствие резонатора (218). Мощности поглощения радиации накачки, люминесценции и тепловыделения в режиме стационарной генерации. Коэффициент поглощения радиации накачки (220). Баланс радиации накачки внутри осветителя (223). Мощность и порог генерации (229). Зависимость порога генерации от свойств вещества и параметров резонатора (234). Коэффициент вредных потерь  $\rho$  (242). Зависимость порога генерации от температуры (243). Потоки радиации, выходящие из резонатора (246). Плотность генерируемого излучения (253). Баланс энергии. Энергетический выход генерации (255).

Примеры численных расчетов (262). Коэффициент полезного действия генератора (264). Баланс частиц (269). Учет влияния шума (272). Методы обработки экспериментальных данных (279). Определение коэффициента вредных потерь на основе изучения свойств канала накачки и измерения населенностей уровней (292). Определение коэффициента потерь радиации шума путем измерения населенностей уровней (294). Экспериментальный пример. Влияние шума на оптические характеристики генератора (297). Учет невозбуждающего поглощения радиации накачки (302).

§ 10. Более сложные схемы рабочего вещества трехуровневого генератора . . . . . 303

Тонкая структура уровней 1 и 3 (304). Расщепление уровня 3 (306). Расщепление метастабильного уровня (308). Переход генерации с частоты  $\nu_{21}'$  на частоту  $\nu_{21}''$  при повышении интенсивности накачки (314). Переход генерации с частоты  $\nu_{21}'$  на частоту  $\nu_{21}''$  при повышении температуры (317). Переход генерации с частоты  $\nu_{21}'$  на частоту  $\nu_{21}''$  при изменении коэффициента потерь (318). Параметры генерации на частоте  $\nu_{21}''$  (321). Учет поглощения радиации накачки возбужденными частицами (при отсутствии резонатора) (323). Учет поглощения радиации накачки при переходах с метастабильного уровня (в режиме стационарной генерации) (326). Учет поглощения генерируемого излучения при переходах 2→4 (330).

§ 11. Четырехуровневый генератор . . . . . 331

Основные особенности четырехуровневого генератора (331). Населенности уровней в отсутствие резонатора (334). Начальный коэффициент усиления и параметр нелинейности (337). Поглощение радиации накачки, люминесценция и неоптические переходы в отсутствие резонатора (340). Коэффициент поглощения радиации накачки в отсутствие резонатора (342). Населенности уровней в режиме стационарной генерации (343). Мощности поглощения радиации накачки, люминесценции и тепловыделения в режиме стационарной генерации. Коэффициент поглощения радиации накачки (345). Мощность и порог генерации (348). Зависимость порога генерации от степени метастабильности третьего уровня (355). Потоки радиации, выходящие из резонатора (358). Плотность генерируемого излучения (363). Баланс энергии. Энергетический выход генерации (363). Примеры численных расчетов (369). Коэффициент полезного действия генераторов (372). Баланс частиц (373). Сравнение свойств трехуровневого и четырехуровневого генераторов (376). Свойства четырехуровневого генератора при недостаточно высокой дезактивации уровня 2 (382). Условия возникновения генерации в каналах 3→2 и 3→1 (386). Переход генерации из канала 3→2 в канал 3→1 (389). Совместная генерация в каналах 3→2 и 3→1 (394). Учет переходов 3→4 (396). Учет влияния шума (399). Методы обработки экспериментальных данных при отсутствии шума (403). Методы обработки экспериментальных данных при наличии шума (410). Пример обработки экспериментальных данных для генератора на неодимовом стекле (414). Расщепление уровней 2 и 3 (426). Генерация органических комплексов редких земель (430).

- § 12. Влияние колебательной структуры на частоту, порг и мощность генерации . . . . . 433  
Система частиц с тремя электронно-колебательными уровнями в отсутствие резонатора (433). Зависимость начального коэффициента усиления от частоты (437). Пороговое значение скорости накачки и частота генерируемого излучения (441). Зависимость порога генерации от ширины полосы усиления (444). Мощность генерации (449). Генерация системы частиц с двумя электронно-колебательными уровнями энергии (452).

## Глава пятая

### МЕТОДЫ ПОИСКА НОВЫХ ГЕНЕРИРУЮЩИХ СРЕД

- § 13. Люминесцентно-спектроскопические характеристики вещества и их расшифровка . . . . . 455  
Постановка задачи (455). Спектры поглощения (456). Спектры люминесценции (459). Послесвечение люминесценции (465). Квантовый выход люминесценции (469). Спектры поглощения возбужденных молекул (470). Нелинейные эффекты (471).
- § 14. Выражение порога генерации через экспериментально наблюдаемые величины . . . . . 472  
Порог генерации в идеальном резонаторе (472). Связь между стационарным и нестационарным порогами генерации (475).
- Список работ Института физики АН БССР, использованных при написании I части монографии . . . . . 477

### МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОПТИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ. Том I

Издательство «Наука и техника». Минск,  
Ленинский проспект, 68.

Редактор издательства Л. Бельзаккая.  
Обложка художника С. Алексеенко.  
Художественный редактор Н. Евменова.  
Технический редактор А. Атлас.  
Корректоры А. Корниевская, Д. Ясонова.

АТ 04525. Сдано в набор 9/IV-66 г. Подписано к печати 28/X-66 г.  
Тираж 3200 экз. Бум. тип. № 1. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Печ. листов 30,25.  
Уч.-изд. листов 29,7. Изд. заказ 28. Тип. заказ 585. Цена 1 р. 98 к.  
Типография издательства «Наука и техника» АН БССР и Комитета  
по печати при Совете Министров БССР. Минск, Ленинский проспект, 68.