

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Грибковский В. П. Полупроводниковые лазеры

ББК 32.86.5я73

Г 82 УДК 621.373.826(075.8)

Кафедра физики полупроводников Киевского государственного университета (зав. кафедрой доктор физико-математических наук, профессор В. И. Стриха); доктор физико-математических наук, профессор Р. А. Балтрамеюнас

Грибковский В. П.

Полупроводниковые лазеры: Учеб. пособие по спец. «Радиофизика и электроника». — Мн.: Университетское, 1988.— 304 с: ил.

Изложены важнейшие физические характеристики инжекционных гомо- и гетеролазеров, лазеров с оптической накачкой, электронным возбуждением, стримерных лазеров, лазеров на доменах Ганна и лазеров на полупроводниках в скрещенных электрическом и магнитном полях. В конце каждой главы даны контрольные вопросы и задачи.

Для студентов вузов, а также научных работников, преподавателей, аспирантов и инженеров.

Содержание книги Полупроводниковые лазеры

Предисловие

Введение

Вопросы

1 Основные части лазера

§ 1.1. Активные среды

Закон Бугера (39). Спонтанные и вынужденные переходы (40). Естественный контур уровней энергии и спектральных линий (44). Однородное и неоднородное уширение спектральных линий (46). Условия создания инверсной населенности (48).

§ 1.2. Накачка

Разновидности накачки (50). Насыщение поглощения в системах с дискретными уровнями энергии (51). Насыщение поглощения в полупроводниках (56). О невозможности создания активной среды (59).

§ 1.3. Оптические резонаторы

Типы резонаторов (61). Коэффициент потерь плоского резонатора (64). Типы электромагнитных колебаний (лазерные моды) (66). Спектральное расстояние между модами (69). Устойчивые и неустойчивые резонаторы (69). Добротность резонатора (70). Вопросы и задачи

2. Порог генерации инжекционных лазеров

§ 2.1. Генерация по трех- и четырехуровневым схемам

Признаки преодоления порога (75). Общее выражение для порога генерации систем с дискретными уровнями энергии (76). Мощность генерации (79).

§ 2.2. Активный слой инжекционных гомо- и гетеролазеров

Электронные характеристики лазерных $p-n$ -переходов (81). Гетеро-структуры (83).

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Квантоворазмерные структуры (КРС) (88).

§ 2.3. Пороговый ток

Соотношение между порогом, мощностью и квантовым выходом люминесценции (90). Зависимость порога от толщины активного слоя (92). Зависимость порога от коэффициента потерь (94). Ток инверсии и параметров (99). Максимальный коэффициент усиления (100). Поглощение излучения свободными носителями в активном слое (101). Температурная зависимость порога (102). Учет зависимости функции плотности состояний от уровня заполнения зон (107).

§ 2.4. Усиленная люминесценция в лазерах

Люминесценция — неустраняемый источник излучения (108). Коэффициент потерь люминесценции (111). Влияние усиленной люминесценции на порог генерации (112). Лазер с непланарным p—n -переходом (114).

Вопросы и задачи

3. Мощность и КПД стационарной генерации лазерных диодов

§ 3.1. Люминесценция и генерация

Рост люминесценции после преодоления порога (121). Мощность генерации в линейном приближении (122). Внутренний и внешний квантовые выходы генерации (123). Ватт-амперная характеристика генерации (125).

§ 3.2. Максимальная мощность и предельный КПД генерации

Оптимальный режим генерации (127). Максимальный КПД при const (129). Плотность тока при максимальном КПД диода и $K_n = \text{const}$ (129). Предельный КПД генерации (131).

§ 3.3. Основные каналы потерь энергии в инжекционных лазерах

Внутренние лазерные параметры (134). Определение значений ρ (135). Определение η и ρ (136). Рассеяние генерируемого излучения в активной среде (137).

§ 3.4. Спектральные и пространственные характеристики генерируемого излучения

Одномодовый и многомодовый режимы генерации (138). Угол расходимости лазерного луча (144). Экспериментальное определение спектра усиления активной среды (147). Лазеры с распределенной обратной связью (150).

Вопросы и задачи

4. Временные характеристики генерации инжекционных лазеров

§ 4.1. Свободная импульсная генерация

Динамические режимы работы лазеров (155). Время задержки генерации (158). Зависимость порога от длительности возбуждающего импульса (161). Переходный режим генерации (162).

§ 4.2. Генерация нано- и пикосекундных импульсов излучения

Сокращение длительности импульсов генерации путем модуляции добротности резонатора (165). Генерация пикосекундных импульсов излучения в режиме синхронизации мод (167).

§ 4.3. Модуляция излучения. Шумы

Амплитудная и частотная автомодуляции (169). Амплитудные шумы инжекционных лазеров

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

(172). Модуляция излучения гармоническим токовым сигналом (175).

Вопросы и задачи

5. Лазеры с оптической накачкой

§ 5.1. Поглощение света в полупроводниках

Особенности оптической накачки (181). Межзонное поглощение (184). Экситонное поглощение (186). Примесное поглощение (189). Поглощение свободными носителями (191). Двухфотонное поглощение (192). Нелинейное оптическое пропускание плоскопараллельных пластин (193).

§ 5.2. Энергетические характеристики межзонной и примесной генерации

Порог генерации с учетом насыщения поглощения (196). Мощность и КПД генерации (198). Генерация при неоднородном возбуждении (200).

§ 5.3. Экситонный механизм генерации

Спектр усиления (201). Мощность и спектр генерации (204).

§ 5.4. Лазеры микрорезонаторные, с распределенной обратной связью и на динамических решетках

Лепестковые и игольчатые лазеры (206). Микрорезонатор на электронно-дырочной жидкости (209). РОС-лазеры (210). Параметрическая генерация (212).

Вопросы и задачи

6. Лазеры с электронной накачкой

§ 6.1. Возбуждение полупроводников быстрыми электронами

Виды потерь энергии электронов в твердом теле (217). Пространственное распределение возбужденных электронов и дырок (218). Поперечное и продольное возбуждение (221).

§ 6.2. Пороговые характеристики

Зависимость плотности порогового тока от энергии электронов (223). Рост порога с увеличением коэффициента потерь (224). Температурные характеристики (226).

§ 6.3. Свойства генерируемого излучения

Спектр генерации (227). Индикатриса излучения (228). Мощность генерации (228). КПД генерации (231).

Вопросы и задачи

7. Возбуждение генерации электрическим и магнитным полями

§ 7.1. Свойства стримерных разрядов в полупроводниках

Возбуждение стримеров (235). Типы неполного электрического пробоя (239). Звезда стримеров (240). Зависимость локализации поверхностных стримеров от полярности напряжения (244). Тушение и стимуляция стримерных разрядов излучением (244). Стримерная люминесценция (245).

§ 7.2. Теоретические представления о природе стримерных разрядов

Кристаллографическая направленность (246). Генерация свободных носителей (249). Стримеры в полупроводниках — кооперативные самоорганизованные процессы (253).

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 7.3. Генерация излучения

Стримерный лазер с плоским резонатором (258). Генерация вдоль канала стримера (261). Возбуждение генерации электрическим полем доменов Ганна (262).

§ 7.4. Лазеры дальнего ИК диапазона на полупроводниках в скрещенных электрическом и магнитном полях

Внутризонное возбуждение носителей электрическим и магнитным полями (264).

Пороговые условия (268). Мощность и КПД генерации (269). Тонкая структура спектра излучения (269).

Вопросы и задачи

8. Деградация лазеров

§ 8.1. Внешние проявления деградации

Определение терминов «деградация» и «отказ» (275). Увеличение порога генерации (276).

Падение внутреннего квантового выхода и мощности генерации (277). Затухание люминесценции (279). Ухудшение спектральных и пространственных характеристик излучения (279). Уменьшение времени жизни носителей (280). Изменение внутренних лазерных параметров (280).

§ 8.2. Основные механизмы деградации

Дефекты темных линий (281). Дефекты темных пятен (283). Размножение и комплексообразование точечных дефектов (285). Разрушение зеркал резонатора. (287).

§8.3. Отбраковка лазеров. Прогнозирование ресурса

Отбраковка до ресурсных испытаний (288). Ресурсные испытания (290). Прогнозирование ресурса (290). Способы повышения ресурса (292).

Вопросы и задачи

Послесловие

Ответы на задачи

Численные значения величин, используемых при решении задач

Рекомендуемая литература

Основные сокращения и обозначения

[Скачать книгу Грибковский В. П. Полупроводниковые лазеры: Учебное пособие по специальности «Радиофизика и электроника». Минск, Издательство Университетское, 1988](#)