

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИСКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

## **9 Семестр**

### **Раздел 1 Первый раздел**

#### **1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя**

Текущий контроль успеваемости

#### **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Полупроводниковые дисковые лазеры**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Полупроводниковые дисковые лазеры» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### **Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации**

| <b>Код</b> | <b>Наименование оценочного средства</b> | <b>Краткая характеристика оценочного средства</b>                                                                        | <b>Представление оценочного средства в фонде</b> |
|------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| КР         | Контрольная работа                      | Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Фонд контрольных вопросов                        |
| ДЗ         | Домашнее задание                        | Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Перечень домашнего задания                       |

#### **Шкала оценки образовательных достижений**

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за текущий контроль по итогам складывается следующим образом:

#### **Раздел 1**

| Сумма баллов               | Контрольная работа                                  | Домашнее задание                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 25 – максимальное значение | 15 - максимальное значение за все правильные ответы | 10 - максимальное значение за все правильные ответы на |

|                                                                 |                               |                                                  |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|
| Складывается из баллов за тест, домашнее задание и круглый стол | на вопросы контрольной работы | вопросы по подготовке к круглому столу в разделе |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|

#### Характеристика ответов для выставления оценок

| Характеристика ответа<br>Процент от максимального балла | Домашнее задание                                                         | Контрольная работа                                                       |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 88-100%                                                 | Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос               | Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос               |
| 72-88%                                                  | Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями | Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями |
| 60-72%                                                  | Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками            | Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками            |
| Менее 60%                                               | Незнание вопроса                                                         | Незнание вопроса                                                         |
| 0                                                       | Полное незнание вопроса                                                  | Полное незнание вопроса                                                  |

### ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В) ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Для текущего контроля уровня знаний студентов выдаются задания, позволяющие в процессе проведения занятий преподавателю контролировать уровень усвоения материала слушателями, в форме теста, собеседования, лабораторной работы, домашнего задания.

Итоговый балл по разделу учитывает посещаемость занятий, активность, выполнение контрольных работ и домашних заданий. Каждый раздел проходит аттестацию.

#### Список вопросов для проведения контрольной работы

1. Устройство ПДЛ его достоинства. Различие и сходство ПДЛ с лазером типа VCSEL и твердотельным дисковым лазером.
2. Различные способы накачки ПДЛ. Инжекционная накачка. Накачка электронным пучком.
3. Наноразмерная гетероструктура для ПДЛ. Зонная структура. Требования к глубине, ширине квантовых ям, ширине барьераных слоев.
4. Контроль гетероструктуры методами люминесценции и фотоотражения.
5. Требования к эпитаксиальным брэгговским зеркалам. Однополосные, двухполосные брэгговские зеркала, узкополосные и краевые фильтры.
6. Технология изготовления наноразмерных гетероструктур с брэгговскими зеркалами. Условие изоморфного роста.
7. Резонансно периодическое усиление. Требования к точности изготовления гетероструктуры.
8. Материальный коэффициент усиления в квантовых ямах.
9. Усиление в гетероструктурах с разрывами зон второго типа.
10. Распределение неравновесных носителей тока в гетероструктуре. Электронное ограничение.

## **Список тем для Домашнего задания**

### **Микротест 1.**

1. Опишите оптическую схему ПДЛ, назовите основные элементы схемы, их характерные размеры.
2. В чем заключаются сходство и отличие ПДЛ с твердотельным лазером?
3. В чем заключаются сходство и отличие ПДЛ с полупроводниковым лазером с «вертикальным резонатором»?
4. Назовите различные способы накачки ПДЛ.
5. Назовите основные достоинства и недостатки различных способов накачки.

### **Микротест 2.**

1. Каким образом вычисляются коэффициенты оптического отражения и пропускания слоистых сред?
2. Что такое брэгговские зеркала? Чем определяется ширина полосы отражения брэгговского зеркала?
3. Что такое узкополосный и краевой фильтр?
4. Как сделать двухполосное брэгговское зеркало?
5. Как получить просветляющее покрытие?

### **Микротест 3**

1. Каковы особенности микрорезонатора?
2. Какими методами изготавливается микрорезонатор?
3. Какими методами контролируются параметры микрорезонатора?
4. Как рассчитать спектр спонтанного излучения структуры с квантовыми ямами, помещенной в микрорезонатор, образованный двумя брэгговскими зеркалами?

### **Микротест 4**

1. Что такое электронное ограничение в квантоворазмерных гетероструктурах?
2. Почему порог генерации в ПДЛ на основе структур с квантовыми ямами меньше чем в ПДЛ на основе однородной пленке?
3. Напишите формулу расчета коэффициента оптического усиления квантовой ямы?
4. Как коэффициент оптического усиления зависит от температуры?
5. Как коэффициент оптического усиления зависит от глубины и ширины квантовой ямы?
6. Как коэффициент оптического усиления зависит от зонной диаграммы гетероструктуры?

### **Микротест 5**

1. Напишите пороговое условие генерации в ПДЛ.
2. Как должны размещаться квантовые ямы относительно узлов моды резонатора?
3. Каковы особенности температурной зависимости порога генерации в ПДЛ?
4. Как рассчитать эффективность сбора неравновесных носителей в квантовые ямы при объемном возбуждении гетероструктуры?
5. Как может изменится порог и спектр генерации лазера с микрорезонатором при учете скачка показателя преломления на гетерограницах квантовых ям?
6. Какова требуемая точность изготовления толщин слоев гетероструктуры для ПДЛ?

Составитель профессор Козловский В.И.

## **Раздел 2 Второй раздел**

### **2.1 Контроль по итогам (КИ) - 16 Неделя**

Текущий контроль успеваемости

#### **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Полупроводниковые дисковые лазеры**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Полупроводниковые дисковые лазеры» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### **Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации**

| <b>Код</b> | <b>Наименование оценочного средства</b> | <b>Краткая характеристика оценочного средства</b>                                                                        | <b>Представление оценочного средства в фонде</b> |
|------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| КР         | Контрольная работа                      | Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Фонд контрольных вопросов                        |
| ДЗ         | Домашнее задание                        | Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. | Перечень домашнего задания                       |

#### **Шкала оценки образовательных достижений**

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за текущий контроль по итогам складывается следующим образом:

#### **Раздел 1**

| Сумма баллов                                                  | Контрольная работа                                                                | Домашнее задание                                                             |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 25 – максимальное значение<br>Складывается из баллов за тест, | 15 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы контрольной работы | 10 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы по подготовке |

|                                    |  |                               |
|------------------------------------|--|-------------------------------|
| домашнее задание и<br>круглый стол |  | к круглому столу в<br>разделе |
|------------------------------------|--|-------------------------------|

#### Характеристика ответов для выставления оценок

| Характеристика ответа          | Домашнее задание                                                         | Контрольная работа                                                       |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Процент от максимального балла |                                                                          |                                                                          |
| 88-100%                        | Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос               | Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос               |
| 72-88%                         | Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями | Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями |
| 60-72%                         | Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками            | Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками            |
| Менее 60%                      | Незнание вопроса                                                         | Незнание вопроса                                                         |
| 0                              | Полное незнание вопроса                                                  | Полное незнание вопроса                                                  |

### **ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В) ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Для текущего контроля уровня знаний студентов выдаются задания, позволяющие в процессе проведения занятий преподавателю контролировать уровень усвоения материала слушателями, в форме теста, собеседования, лабораторной работы, домашнего задания.

Итоговый балл по разделу учитывает посещаемость занятий, активность, выполнение контрольных работ и домашних заданий. Каждый раздел проходит аттестацию.

#### **Список вопросов для проведения контрольной работы**

1. Технология изготовления активного элемента ПДЛ.
2. Модовый коэффициент усиления ПДЛ, пороговое условие.
3. Согласование области возбуждения с поперечным размером основной поперечной моды. Расчет резонатора.
4. Нагрев активной области ПДЛ. Различные схемы теплоотвода.
5. Преимущества и недостатки оптической накачки структуры непосредственно в квантовые ямы.
6. Спектр, мощность и кпд ПДЛ.
7. Температурная зависимость основных характеристик ПДЛ.
8. Особенности импульсной генерации ПДЛ.
9. Генерация второй гармонике в ПДЛ.
10. Генерация вынужденного комбинационного рассеяния в ПДЛ.
11. Генерация разностной частоты в ПДЛ.
12. Оптический параметрический генератор среднего инфракрасного и терагерцового диапазонов на основе ПДЛ.

#### **Список тем для Домашнего задания**

#### **Микротест 6**

1. Что такое внутренний квантовый выход излучения гетероструктуры? Как он зависит от дефектов структуры?
2. Что такое изоморфный рост структуры? Что такое критическая толщина изоморфного роста? Как она зависит от рассогласования параметров кристаллической решетки эпитаксиальной пленки и подложки?
3. Приведите примеры наиболее согласованных пар практически важных соединений для ПДЛ.

#### **Микротест 7**

1. Напишите формулу расчета поперечного размера основной моды плоско-сферического резонатора ПДЛ на поверхности гетероструктуры.
2. Какой длины может быть резонатор при импульсной накачке?
3. Есть ли ограничения по поперечному размеру области возбуждения?
4. Как можно уменьшить ширину линии генерации?
5. Чем определяется эффективность ПДЛ?

#### **Микротест 8**

1. От каких параметров активного элемента ПДЛ зависит приращение температуры активной области гетероструктуры при непрерывной оптической накачке?
2. Как решается проблема теплоотвода в ПДЛ?
3. Есть ли проблема тепловой линзы в ПДЛ?

#### **Микротест 9**

1. Каковы преимущества и недостатки прямой оптической накачки квантовых ям в ПДЛ?
2. Какова зависимость коэффициента поглощения излучения накачки структурой за один проход от длины волны накачки?
3. Опишите схемы многопроходной системы накачки дисковых лазеров?

#### **Микротест 10**

1. Опишите оптическую схему внутрирезонаторной генерации второй гармоники ПДЛ. Приведите основные характеристики ПДЛ, работающие на второй гармонике в видимом диапазоне.
2. Опишите схему генерации вынужденного комбинационного рассеяния в ПДЛ.
3. Как можно запустить ПДЛ на двух частотах? Опишите оптическую схему генерации разностной частоты в ПДЛ.
4. Что такое квазисинхронизм в периодически поляризованных нелинейных кристаллах? Опишите оптическую схему оптического параметрического генератора среднего и терагерцового диапазонов на основе ПДЛ.

Составитель профессор Козловский В.И.

## **9 Семестр**

### **Экзамен**

Промежуточный контроль успеваемости

#### **ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Полупроводниковые дисковые лазеры**

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Полупроводниковые дисковые лазеры» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### **Перечень оценочных средств используемых для промежуточной аттестации**

| <b>Код</b> | <b>Наименование оценочного средства</b> | <b>Краткая характеристика оценочного средства</b>                                                             | <b>Представление оценочного средства в фонде</b> |
|------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| C          | Собеседование по изученному материалу   | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу | Комплект вопросов для устных опросов             |

#### **Шкала оценки образовательных достижений**

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за промежуточный контроль (зачет) по дисциплине складывается следующим образом:

|              |                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Сумма баллов | Собеседование по изученному материалу                                   |
| 45-50        | Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос              |
| 35-45        | Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами, замечаниями |
| 30-35        | Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками           |
| 1-29         | Незнание вопроса                                                        |

0

Полное незнание вопроса

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Устройство ПДЛ его достоинства. Различие и сходство ПДЛ с лазером типа VCSEL и твердотельным дисковым лазером.
2. Различные способы накачки ПДЛ. Инжекционная накачка. Накачка электронным пучком.
3. Наноразмерная гетероструктура для ПДЛ. Зонная структура. Требования к глубине, ширине квантовых ям, ширине барьерах слоев.
4. Контроль гетероструктуры методами люминесценции и фотоотражения.
5. Требования к эпитаксиальным брэгговским зеркалам. Однополосные, двухполосные брэгговские зеркала, узкополосные и краевые фильтры.
6. Технология изготовления наноразмерных гетероструктур с брэгговскими зеркалами. Условие изоморфного роста.
7. Технология изготовления активного элемента ПДЛ.
8. Резонансно периодическое усиление. Требования к точности изготовления гетероструктуры.
9. Материальный коэффициент усиления в квантовых ямах.
10. Усиление в гетероструктурах с разрывами зон второго типа.
11. Распределение неравновесных носителей тока в гетероструктуре. Электронное ограничение.
12. Модовый коэффициент усиления ПДЛ, пороговое условие.
13. Согласование области возбуждения с поперечным размером основной поперечной моды. Расчет резонатора.
14. Нагрев активной области ПДЛ. Различные схемы теплоотвода.
15. Преимущества и недостатки оптической накачки структуры непосредственно в квантовые ямы.
16. Спектр, мощность и кпд ПДЛ.
17. Температурная зависимость основных характеристик ПДЛ.
18. Особенности импульсной генерации ПДЛ.
19. Генерация второй гармонике в ПДЛ.
20. Генерация вынужденного комбинационного рассеяния в ПДЛ.
21. Генерация разностной частоты в ПДЛ.
22. Оптический параметрический генератор среднего инфракрасного и терагерцового диапазонов на основе ПДЛ.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

| Оценка по 5-балльной шкале | Сумма баллов за разделы и зачет | Оценка ECTS |
|----------------------------|---------------------------------|-------------|
| 5 – «отлично»              | 90-100                          | A           |
| 4 – «хорошо»               | 85-89                           | B           |
|                            | 75-84                           | C           |
|                            | 70-74                           | D           |
|                            |                                 |             |

|                           |         |   |
|---------------------------|---------|---|
| 3 – «удовлетворительно»   | 65-69   |   |
|                           | 60-64   | E |
| 2 – «неудовлетворительно» | Ниже 60 | F |

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

| Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS | Сумма баллов за разделы и зачет | Требования к знаниям на устном зачёте                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «отлично»<br>—<br>A                         | 90 ÷ 100                        | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.                                        |
| «хорошо»<br>—<br>D, C, B                    | 70 ÷ 89                         | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.                                                                                                                                         |
| «удовлетворительно»<br>—<br>E, D            | 60 ÷ 69                         | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.                                        |
| «неудовлетворительно»<br>—<br>F             | менее 60                        | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

Составитель профессор Козловский В.И.