

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

МОЩНЫЕ ОДИНОЧНЫЕ ДИОДНЫЕ ЛАЗЕРЫ

9 Семестр

Раздел 1 Первый раздел

1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя

Текущий контроль успеваемости

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Мощные одиночные диодные лазеры

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

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Мощные одиночные диодные 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

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
T	Тест	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
ДЗ	Домашнее задание	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося,	Перечень вопросов и заданий
ЛР	Лабораторная работа	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося	Перечень лабораторных работ

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	Тест	Домашнее задание	Лабораторная работа
--------------	------	------------------	---------------------

25 – максимальное значение Складывается из баллов за тест, домашнее задание и круглый стол	5 – максимальное значение за все правильные ответы на тесты в разделе	10 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы по подготовке к круглому столу в разделе	10 - максимальное значение за выполнение лабораторных работ
---	---	---	---

Характеристика ответов для выставления оценок

Характеристика ответа Процент от максимального балла	Домашнее задание	Тест	Лабораторная работа
88-100%	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Активное включение в выполнение лабораторной работы, выполнение всей последовательности необходимых заданий, ответы на все вопросы по итогам выполнения
72-88%	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Включение в выполнение лабораторной работы, выполнение последовательности необходимых заданий, ответы на вопросы по итогам выполнения с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями
60-72%	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Включение в выполнение лабораторной работы, выполнение части последовательности необходимых заданий, ответы на вопросы по итогам выполнения с серьезными ошибками и недостатками,
Менее 60%	Незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Выполнение менее половины заданий лабораторной работы, незнание ответов на вопросы
0	Полное незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Невыполнение лабораторной работы

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 лабораторных работ и домашних заданий). Каждый раздел проходит аттестацию.

Список тестовых заданий

1. Есть ли отличия (если есть, то каковы они) между терминами: 1 - «полупроводниковые лазеры», 2 - «диодные лазеры», 3- «лазерные диоды», 4 - «инжекционные лазеры» ?
 1. Отличий нет, все термины означают одно и то же.
 2. 1,2,3,4 - это четыре различных типа лазеров.
 3. Полупроводниковые и инжекционные – один тип лазеров, диодные лазеры и лазерные диоды – другой тип.
 4. Полупроводниковые лазеры включают в себя 3 различных типа лазеров : лазерные диоды, диодные лазеры и инжекционные лазеры.
 5. Термин 1 - полупроводниковые лазеры включает в себя все типы лазеров с полупроводниковой усиливающей средой, термины 2,3,4 – различные названия одного из типов полупроводниковых лазеров, в котором накачка активной среды осуществляется путём инжекции носителей в активную область при протекании электрического тока.
 6. Полупроводниковые и инжекционные – один тип лазеров, диодные лазеры и лазерные диоды – другой тип.

Ответ 5

2. Какие переходы электронов (как правило) обеспечивают вынужденное излучение фотонов в полупроводниковом лазере ?

1. Переходы донор – акцептор.
2. Переходы донор – валентная зона.
3. Переходы зона проводимости – валентная зона.
4. Переходы зона проводимости – акцептор.
5. Переходы зона проводимости – донорный уровень.
6. Переходы акцепторный уровень – валентная зона.

Ответ 3

3. Как образом в полупроводниковой лазерной гетероструктуре достигается «электронное ограничение» инжектированных носителей ?

1. За счёт разного уровня легирования областей р и n типа .
2. За счёт разной толщины широкозонных слоёв р и n типа .
3. За счёт увеличения толщины активной области .
4. За счёт скачков ширины запрещённой зоны на границах между активной областью и широзонными слоями .
5. За счёт разности в легировании активной области и широкозонных слоёв .

Ответ 4

4. Каким образом в полупроводниковой лазерной гетероструктуре достигается «оптическое ограничение» ?

1. За счёт разного уровня легирования областей р и n типа .
2. За счёт различий в показателе преломления между активной областью и широзонными слоями .
3. За счёт разной толщины широкозонных слоёв р и n типа .
4. За счёт уменьшения уровня легирования активной области .
5. За счёт разности в легировании активной области и широкозонных слоёв .

Ответ 2

6. Какова типичная ширина спектра излучения мощного непрерывного многомодового лазерного диода (10 Вт) спектрального диапазона 808 нм ?

1. 1000 А .
2. 100 А.
3. 10 А
4. 1 А
5. менее 1 А

Ответ 3

7. Какова типичная ширина спектра излучения мощного непрерывного одномодового и одночастотного лазерного диода (0.1 – 0.3 Вт) спектрального диапазона 808 нм ?

1. 1000 А.
2. 100 А.
3. 10 А.
4. 1 А .
5. менее 1 А.

Ответ 5

8. Какова кристаллографическая ориентация ростовой плоскости подложек GaAs и InP, используемых для эпитаксиального выращивания лазерных гетероструктур ?

1. (100).
2. (111).
3. (110).
4. (011).

Ответ 1

9. Каковы плоскости спайности кристаллов лазерных гетероструктур по которым скальваются зеркала резонаторов лазерных диодов ?

1. (100).
2. (011).
3. (111).
4. (010).

Ответ 2

10. Какой тип кристаллической решётки у лазерных гетероструктур на основе соединений A3 B5 , например гетероструктур AlGaAs/ GaAs и InGaAsP/InP ?

1. Типа вюрцита
2. Объёмоцентрированная кубическая ОЦК.
3. Гексагональная плотноупакованная ГП .
4. Гранецентрированная кубическая ГЦК .
5. Типа сфалерита .

Ответ 5

11. Чем отличаются лазерные гетероструктуры типа ОГС, ДГС, РО-ДГС ?

1. Типом полупроводникового материала .
2. Уровнем легирования .
3. Технологиями эпитаксиального выращивания .
4. Типом электронного и оптического ограничения.
5. Ничем не отличаются, это разные названия одного типа лазерной гетероструктуры .

Ответ 4

12. Существуют ли принципиальные отличия лазерных гетероструктур типа ДГС и РО-ДГС и если да, то в чём ?

1. Никаких отличий нет
2. Отличия только в уровне легирования, ДГС легирована сильнее, чем РО –ДГС .

3. Отличия в технологии выращивания, РО –ДГС изготавливается с помощью технологии эпитаксиального роста , а ДГС – методом диффузии акцепторной примеси.
4. Отличие в том, что РО-ДГС содержит дополнительно волноводные слои .
5. Отличие в том, что РО-ДГС содержит напряжённый буферный слой на основе сверхрешётки .

Ответ 4

Список вопросов для подготовки домашнего задания

Л1 .

1. Развитие каких областей знания привело к созданию полупроводниковых лазеров?
2. Какие основные этапы развития прошли лазерные диоды с момента изобретения и до настоящего времени ? (по параметрам температурного интервала , режима работы, выходной мощности)
3. Какие типы полупроводниковых лазеров Вам известны ?
4. Какие типы накачки используются для создания инверсии населённости в полупроводниковых лазерах ?
5. В каких областях науки , техники, технологий применяются лазерные диоды ?

Л2.

1. Что такое «электронное ограничение» в лазерной гетероструктуре ?
2. Что такое «оптическое ограничение в лазерной гетероструктуре» ?
2. Что такое «резонатор типа Фабри-Перо» ?
3. Чему равен показатель преломления GaAs ?
4. Что такое эффективный показатель преломления в лазерной гетероструктуре ?
5. Что такое межмодовое расстояние между продольными модами в резонаторе лазерного диода ? Чему оно равно ?
6. Чему равно межмодовое расстояние между поперечными модами в резонаторе Фабри-перо лазерного диода ?
7. Какова кристаллографическая ориентация подложек и готовых лазерных гетероструктур ?
8. По каким плоскостям проводится скальвание для формирования зеркал лазерных резонаторов для диодных лазеров ?
9. Какие дефекты сколов и способы их устранения Вам известны ?

Л3.

1. Какие типы полосковых структур для лазерных диодов Вам известны ?
2. Что такое «боковое оптическое ограничение» в полосковых диодных лазерах ?
3. Какие методы создания бокового оптического ограничения Вам известны ?
4. Что такое пространственно - одномодовый режим генерации ?
5. Каковы пространственные параметры излучения в одномодовом режиме ?
6. Каковы спектральные параметры в одномодовом режиме ?
7. Какие методы симметризации излучения лазерных диодов Вам известны ?
8. Что такое «быстрая» , «медленная» оси ?
9. Объясните , что означает английский термин “FAC” ?
10. Что такое «режим вытекающих мод» по медленной оси ?

Л4

1. Что такое пороговый ток, как определяется значение порогового тока ?
2. Что такая плотность порогового тока и как она определяется ?
3. Каковы типичные плотности порогового тока го тока для разных типов гетероструктур ОГС , ДГС , квантоворазмерных РО-ДГС ?
4. Что такая Ватт-Амперная характеристика ?
5. Как определяется крутизна ВтАХ, дифференциальная эффективность ?
6. Каковы типичные спектральные параметры одномодовых и многомодовых ЛД ?

7. Что такое ВАХ ? Какой вид имеет типичная ВАХ лазерного диода ?
8. Как определяется последовательное сопротивление ЛД ?
9. Что такое полный К.П.Д. ЛД от розетки ?
10. Каковы практические пути повышения полного к.п.д. ЛД ?

Л5

1. Что такое « торцевой » вывод излучения в ЛД ?
2. Какие основные требования к дизайну лазерного чипа Вам известны ?
3. Что такое «кольцевые моды» ?
4. Какие методы подавления кольцевых мод резонаторе ЛД Вам известны ?
5. С какой целью используется защита боковых граней чипа ЛД ?
6. Каким образом в ЛД достигается вывод излучения в одну сторону ?
7. Каковы особенности работы ЛД в импульсном режиме ?

Л6

1. Каковы типичные параметры современных мощных ЛД (мощность, крутизна ВтАХ, дифференциальная эффективность, ширина спектра) ?
2. Каков состав гетероструктур для мощных ЛД на 808 нм. ?
3. Каков состав гетероструктур для мощных ЛД на 980 нм. ?
4. Что такое «монолитная линейка» ЛД ?
5. Чем отличается ЛД с поверхностным выводом излучения (VCSEL) ?

Л7.

1. Какие гетероструктуры для ЛД выращиваются на подложках GaAs и InP ?
2. По какой причине ЛД на основе GaAs/AlGaAs называют «подарком природы» ?
3. В чём сущность принципа «изопериодического замещения» ?
4. Какие Вам известны лазерные гетероструктуры, изготовленные на основе принципа «изопериодического замещения» ?
5. Каковы особенности ЛД на основе гетероструктуры GaInAsP / InP ?
6. Каковы особенности ЛД на основе гетероструктуры GaInAsN/GaAs ?
7. Каковы параметры ЛД на основе гетероструктуры ZnCdSe/GaAs ?
8. Что такое «напряженные гетероструктуры» ?

Л8

1. Что означает термин «ЛД на основе квантоворазмерных гетероструктур» ?
2. Что означает термин «ЛД на основе квантовых проволок» ?
3. Что такое «ЛД на основе гетероструктур на квантовых точках» ?
4. Что Вам известно о конструкциях ЛД на основе нитридных гетероструктур ?
5. Что Вы знаете о конструкциях ЛД на основе органических полупроводников ?

Список Лабораторных работ

Исследование спектров излучения мощных лазерных диодов.

- оборудование и контрольно-измерительные приборы для спектральных измерений
 - проведение спектральных измерений
 - запись спектров излучения при различных значениях токов накачки
- построение зависимостей пика огибающей и ширины спектрального распределения на половине высоты от тока накачки
- использование полученных результатов для вычисления зависимости средней температуры активной области лазерного диода от тока накачки, прогнозирование теплового режима при более высоких токах накачки по характеру этих зависимостей

Исследование пространственного распределения излучения мощных лазерных диодов.

- ближняя и дальняя зоны излучения
- каналы генерации и неоднородности ближней зоны в мощных лазерных диодах, их влияние на расходимость излучения в дальней зоне
- применение периодических структур для повышения однородности ближней зоны излучения

- расходимость излучения по «медленной» оси и по «быстрой» оси
- применение цилиндрической оптики для уменьшения расходимости по «быстрой» оси
- методические и приборные проблемы при изучении дальней зоны излучения мощных лазерных диодов
- оборудование и контрольно-измерительные приборы для исследования пространственного распределения излучения мощных лазерных диодов
- сканатор лазерного пучка, измеритель профиля лазерного пучка на основе CCD камеры.

Измерение распределения излучения в дальней зоне мощного лазерного диода с помощью сканатора лазерного пучка , определение ширины распределения на половине высоты .

Предварительные испытания и исследование ресурсных параметров лазерных диодов.

- первое измерение электрических и оптических параметров лазерных диодов после сборки, кратковременные испытания на измерительном стенде
 - эффекты «приработки» и стабилизации параметров
- «быстрая мода» деградации , связь с качеством зеркальных граней и качеством монтажа
 - исследование деградации на стенде ресурсных испытаний
- конструкция стенда ресурсных испытаний, термоплита, питание, регистрация параметров , сбор и хранение файлов данных
- монтаж и демонтаж исследуемых образцов мощных лазерных диодов» на стенде ресурсных испытаний
- исследования при повышенной температуре, метод ускоренных испытаний, обоснованность метода ускоренных испытаний
 - натурные выборочные долговременные ресурсные испытания и тренировочные испытания
 - концепция обеспечения гарантированного ресурса после проведения успешных тренировочных испытаний . Качество , обеспеченное технологией на всех этапах изготовления, измерений и сертификации .

Практические занятия . Монтаж и демонтаж образцов на ресурсном стенде .

Проведение испытаний, контроль и запись параметров в процессе испытаний.

Итоговая работа , закрепляющая полученные знания и навыки методом самостоятельного выполнения студентами всех этапов изготовления мощного лазерного диода и измерения его параметров.

- навыки работы в КЧП и с оборудованием обеспечения
- проверка и закрепление знаний по безопасной работе с лазерным излучением
- проверка знаний по работе с чипами лазерных диодов , в том числе технологиям ESD –safe , обеспечивающие отсутствие механических и электрических повреждений, а также гарантии отсутствия привнесённых загрязнений и сохранность внутренних параметров лазерного чипа при манипуляциях , монтаже и полном цикле измерений.
- проверка знаний по конструкциям мощных лазерных диодов
- проверка знаний по методам правильного и безопасного обращения с мощными лазерными диодами , по оборудованию питания и охлаждения мощных лазерных диодов
 - проверка знаний по методам монтажа
- проверка знаний по методам измерения основных электрических и оптических параметров, ,ВАХ, ВТАХ, спектров излучения, пространственного распределения излучения в дальней зоне , ресурсных параметров.
 - проверка знаний по методам прогнозирования срока службы
 - проверка знаний по сертификация параметров.

Составитель доцент Безотосный В.В.

Раздел 2 Второй раздел

2.1 Контроль по итогам (КИ) - 16 Неделя

Текущий контроль успеваемости

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Мощные одиночные диодные лазеры

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

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Мощные одиночные диодные 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

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
T	Тест	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
ДЗ	Домашнее задание	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося,	Перечень вопросов и заданий
ЛР	Лабораторная работа	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося	Перечень лабораторных работ

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	Тест	Домашнее задание	Лабораторная работа
25 – максимальное значение	5 – максимальное значение за все	10 - максимальное значение за все правильные ответы на	10 - максимальное значение за

Складывается из баллов за тест, домашнее задание и круглый стол	правильные ответы на тесты в разделе	вопросы по подготовке к круглому столу в разделе	выполнение лабораторных работ
---	--------------------------------------	--	-------------------------------

Характеристика ответов для выставления оценок

Характеристика ответа Процент от максимального балла	Домашнее задание	Тест	Лабораторная работа
88-100%	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Активное включение в выполнение лабораторной работы, выполнение всей последовательности необходимых заданий, ответы на все вопросы по итогам выполнения
72-88%	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Включение в выполнение лабораторной работы, выполнение последовательности необходимых заданий, ответы на вопросы по итогам выполнения с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями
60-72%	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Включение в выполнение лабораторной работы, выполнение части последовательности необходимых заданий, ответы на вопросы по итогам выполнения с серьезными ошибками и недостатками,
Менее 60%	Незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Выполнение менее половины заданий лабораторной работы, незнание ответов на вопросы
0	Полное незнание вопроса	Балл рассчитывается по количеству правильных ответов из общего количества вопросов	Невыполнение лабораторной работы

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 лабораторных работ и домашних заданий). Каждый раздел проходит аттестацию.

Список тестовых заданий

1. Существуют ли преимущества или недостатки у ассиметричной РО –ДГС структуры по - сравнению с симметричной и если есть, то в чём они заключаются ?

1. Никаких преимуществ и недостатков нет, структуры имеют одинаковые волноводные и прочие параметры.

2. У ассиметричной структуры есть только недостатки, обусловленные ассиметрией оптического поля в плоскости перпендикулярной плоскости р-п перехода

3. У ассиметричной структуры есть преимущество связанное с возможностью увеличения толщины волноводных слоёв при сохранении пространственно - одномодовой генерации в плоскости перпендикулярной плоскости р-п перехода

4. У ассиметричной структуры есть преимущество связанное с возможностью уменьшения толщины волноводных слоёв для сужения диаграммы направленности в плоскости перпендикулярной р-п переходу

5. У ассиметричной структуры есть преимущество связанное с возможностью снижения порогового тока и повышения дифференциальной квантовой эффективности

Ответ 3

2. Какова кристаллографическая ориентация подложек GaAs и InP, используемых для эпитаксиального роста лазерных гетероструктур ? (100)

1. (111)

2. (110)

3. (011)

Ответ 1

3. Каковы плоскости спайности кристаллов лазерных гетероструктур по которым скальваются зеркала резонаторов лазерных диодов ?

1. (100)

2. (011)

3. (111)

4. (010)

Ответ 2

4. Каков тип кристаллической решётки у лазерных гетероструктур на основе AlGaAs/ GaAs и InGaAsP/InP ?

1. Кубическая объёмоцентрированная ОЦК

2. Гексагональная

3. Тип сфалерита

4. Типа алмаза

5. Типа вюртцита

Ответ 3

5. С какой целью создаются полосковые структуры для лазерных диодов ?

1. Для уменьшения угла расходимости излучения и снижения стоимости изготовления .

2. Для повышения угла расходимости излучения и снижения стоимости изготовления .

3. Для снижения порогового тока лазерного диода, получения непрерывного режима генерации, получения одномодового режима генерации в плоскости р-п перехода .

4. Для повышения к.п.д. лазерного диода, повышения срока службы, снижения угла расходимости излучения .

5. Для снижения последовательного сопротивления лазерного диода, повышения внутреннего квантового выхода, уменьшения расходимости излучения .

Ответ 3

6. С какой целью создаётся боковое оптическое ограничение в полосковых диодных лазерах ?

1. Для увеличения растекания электрического тока под полосковым контактом

2. Для уменьшения расходимости излучения в плоскости перпендикулярной р-п переходу

3. Для повышения расходимости излучения в плоскости р-п перехода

4. Для получения многомодового режима генерации

5. Для снижения порогового тока и получения пространственно - одномодового режима генерации в плоскости р-п перехода.

Ответ 5

7. Как изменится расходимость излучения лазерного диода в плоскости перпендикулярной р-п переходу при увеличении толщины волновода РО-ДГС гетероструктуры в интервале более l/n , где l – длина волны , n - показатель преломления ?

1. Расходимость излучения не изменится при изменении толщины волновода .

2. Расходимость увеличится .

3. Расходимость уменьшится.

4. Расходимость увеличится если длина резонатора значительно больше толщины волновода .

5. Расходимость уменьшится если ширина полоскового контакта значительно больше толщины волновода .

Ответ 3

8. Как изменится расходимость излучения лазерного диода в плоскости перпендикулярной р-п переходу при увеличении толщины волновода существенно больше l/n и уменьшении толщины активного слоя РО-ДГС гетероструктуры существенно меньше l/n , где l – длина волны , n – эффективный показатель преломления в полупроводниковом лазере ?

1. Расходимость излучения не изменится при изменении толщины волновода
2. Расходимость увеличится
3. Расходимость уменьшится
4. Расходимость увеличится при большой ширине полоскового контакта .
5. Расходимость уменьшится при малой ширине полоскового контакта .

Ответ 3

9. Какие параметры оказывают наибольшее влияние на полный К.П.Д лазерного диода ?

1. Длина резонатора и ширина полоскового контакта.
2. Последовательное сопротивление и дифференциальная эффективность .
3. Ширина полоскового контакта и толщина буферного слоя .
4. Толщина контактного слоя гетероструктуры и ширина полоскового контакта .
5. Толщина волноводных слоёв и контактного слоя .

Ответ 2

10. Как изменится плотность порогового тока лазерного диода при увеличении длины резонатора в диапазоне длин резонатора существенно меньше $1/6 \text{ int}$ где $\text{б int} - \text{внутренние потери}$?

1. Не изменится .
2. Увеличится.
3. Уменьшится.
4. Увеличится если ширина полоскового контакта более 100 мкм.
5. Уменьшится если ширина полоскового контакта менее 100 мкм.

Ответ 3

11. Как зависит пороговый ток лазерного диода от длины резонатора и ширины полоскового контакта ? (в диапазоне длин резонатора существенно меньше $1/6 \text{ int}$ (где $\text{б int} - \text{внутренние потери см -1}$) ?

1. Не зависит.
2. Увеличивается с увеличением длины резонатора и ширины полоскового контакта.
3. Уменьшается с увеличением длины резонатора и ширины полоскового контакта.
4. Уменьшается при неизменной длине резонатора по мере увеличения ширины полоскового контакта более 30 мкм.
5. Увеличится при неизменной длине резонатора если ширина полоскового контакта уменьшается менее 100 мкм.

Ответ 2

12. Какой вид имеет кривая зависимости полного к.п.д. лазерного диода от тока накачки ?

1. Монотонный рост при возрастании тока накачки от порога генерации .
2. Постоянное значение начиная от порога генерации.

1. Постоянный спад после достижения порога генерации.
2. Кривая с минимумом.
3. Кривая с максимумом .

Ответ 5

13. Какой фактор принципиально ограничивает максимальное значение полного к.п.д. лазерного диода при высоком уровне возбуждения ?

1. Длина резонатора .
2. Ширина полоскового контакта .
3. Коэффициент отражения зеркал резонатора.
4. Последовательное сопротивление.
5. Толщина активного слоя.

Ответ 4

14. Как изменится предельная мощность при которой произойдёт катастрофическое оптическое разрушение выходного зеркала при уменьшении толщины волновода в РО- ДГС ?

6. Увеличится.
7. Уменьшится.
8. Не изменится.

Ответ 3

15 . Какой вид имеет кривая зависимости расходности излучения лазерного диода в плоскости перпендикулярной р-п переходу от толщины активной области в ДГС ?

1. Монотонный рост при увеличении толщины активной области.
2. Постоянное значение .
3. Монотонное снижение при увеличении толщины активной области.
4. Кривая с минимумом .
5. Кривая с максимумом .

Ответ 5

Список вопросов для подготовки домашнего задания

Л9

- 1 . Какие гетероструктуры используются для изготовления ЛД ближнего и среднего ИК диапазона ($l > 1.5 \text{ mm}$) ?
2. Какой спектральный диапазон перекрывают ЛД на основе антимонидов – арсенидов ?
- 9.3. Что Вы знаете о антимонид-арсенидных ЛД на основе гетеропереходов II типа ?
- 9.4. Что Вам известно о длинноволновых ЛД на основе полупроводников II-VI групп ?
- 9.5. Что Вам известно о ЛД на основе полупроводников IV-VI групп ?

Л10

1. Каковы требования к помещениям чистых зон для изготовления ЛД ?
- 2 . Что означает термин ESD –safe ?
3. В чём причина необходимости обеспечения условий ESD –safe при производстве и использовании ЛД ?
4. Что такое межоперационные переходы ?

5. Что такое локальное зонирование внутри чистой зоны ?
6. Что Вы знаете о МОС – гидридной эпитаксии как методе изготовления лазерных гетероструктур ?
7. Что Вы знаете о молекулярно – лучевой эпитаксии как методе изготовления лазерных гетероструктур ?
8. Что Вы знаете о подложках, применяемых для эпитаксии лазерных гетероструктур ?
10. Какие методы применяются при изготовлении подложек для эпитаксии лазерных гетероструктур ?

Л11

1. Что Вы знаете о методе фотолитографии при изготовлении полосковых ЛД ?
2. Что Вы знаете о методе химического травления и его селективности по отношению к кристаллографическим плоскостям и материалам лазерных гетероструктур ?
3. Какие технологии относят к технологиям «сухого» травления ?
4. В чём преимущества технологий «сухого» травления по-сравнению с «мокрым» химическим травлением ?
5. Какими методами наносятся диэлектрические покрытия для ЛД ?
6. Какие Вам известны методы нанесения омических контактов ?
7. Что такое «вплавление омических контактов» и как оно проводится ?

Л12

1. Что такое скрайбирование и разделение пластин гетероструктур на иголки (линейки) ? С какой целью проводятся эти операции при изготовлении ЛД ?
2. Что такое скрайбирование и разделение иголок на чипы ?
3. Каковы особенности обращения с лазерными чипами, зачем нужны вакуумные держатели и вакуумные пинцеты, как осуществляется «переворот» чипов ?
4. Как необходимо хранить чипы готовых изделий и полуфабрикаты изделий на промежуточных стадиях изготовления ЛД ? Что такое Gel-Pak и каковы принципы их работы ?
5. Что такое Glove box (азотный бокс) и зачем он нужен в технологии ЛД ?

Л13

1. Что означает КОР (английский термин COD) ?
2. Каковы типичные параметры КОР по плотности оптической мощности ?
3. Какие методы повышения порога КОР Вам известны ?
4. Какие новые методы повышения порога КОР Вы можете предложить ?
5. Для чего применяются гетероструктуры с широким и сверхшироким волноводом ?
6. Что такое «гетероструктуры с широкозонным окном» ?
7. В чём заключается физический механизм КОР ?
8. В чём суть метода пассивации поверхности сколотых граней ?
9. Как меняется порог КОР со временем наработки ?
10. Каковы типичные коэффициенты отражения зеркал резонаторов ЛД и почему ?

Л14

1. Чем обусловлена т.н. «тепловая проблема» в ЛД ?
2. Чем обусловлена т.н. «проблема термоупругих напряжений» ЛД ?
3. Какие Вам известны основные типы базовых теплоотводящие элементов для одиночных мощных ЛД ?
4. Чем с точки зрения теплового режима отличаются теплоотводящие элементы типа С-маунт и F-маунт ?
5. Что такое сабмаунт в технологии ЛД и чем обусловлена необходимость его использования ?
6. Какие Вам известны материалы сабмаунтов и на какие группы их можно разделить по функциональным признакам ?
7. На какие группы и по каким признакам можно разделить сабмаунты из BeO, SiC, AlN, CuW, CuMo, Алмаз, композит медь-алмаз ?

8. Какие базовые теплоотводящие элементы применяются для монолитных лазерных линеек ?
9. Какие технологии применяются для присоединения верхних электродов к лазерным чипам ?
10. Что такое оптический модуль на основе ЛД ?
11. Что такое «pigtail» , оптический разъём , микролинза ?

Л15

1. Какие приборы нужны для измерения ВтАХ и ВАХ ЛД ?
2. Каковы особенности измерения ВтАх в импульсном режиме ?
3. Какие методы применяются для измерения расходимости излучения ЛД ? Измерение
4. Что означают термины «ближняя и дальняя зоны» излучения ?
5. Какие приборы нужны для измерение спектральных характеристик ЛД ?
6. Зачем нужны ресурсные испытания ?
7. Что означает термин «тренировка» ЛД ?
8. Каковы методики прогнозирования надёжности ЛД ?
9. Что включает в себя «Сертификат параметров ЛД» ?

Л16.

1. Что означает термин «продольная диодная накачка» ?
2. Что означает термин «неоднородная продольная диодная накачка» ?
3. Что означает термин «поперечная диодная накачка» ?
4. Какие Вам известны методы суммирования мощности нескольких ЛД ?
5. Какие суммарные мощности ЛД нужны для сварки и резки металлов ?
6. . Какие мощность ЛД необходимы для хирургии ?
7. Какие типичные мощности ЛД применяются в терапии ?
8. Какие типичные длины волн и мощности ЛД применяются в онкологии (в фотодинамической и светокислородной терапии) ?

Список Лабораторных работ

Темы занятий / Содержание
<p style="text-align: center;">Исследование спектров излучения мощных лазерных диодов.</p> <ul style="list-style-type: none"> - оборудование и контрольно-измерительные приборы для спектральных измерений <ul style="list-style-type: none"> - проведение спектральных измерений - запись спектров излучения при различных значениях токов накачки - построение зависимостей пика огибающей и ширины спектрального распределения на половине высоты от тока накачки <ul style="list-style-type: none"> - использование полученных результатов для вычисления зависимости средней температуры активной области лазерного диода от тока накачки , прогнозирование теплового режима при более высоких токах накачки по характеру этих зависимостей
<p style="text-align: center;">Исследование пространственного распределения излучения мощных лазерных диодов.</p> <ul style="list-style-type: none"> - ближняя и дальняя зоны излучения - каналы генерации и неоднородности ближней зоны в мощных лазерных диодах, их влияние на расходимость излучения в дальней зоне - применение периодических структур для повышения однородности ближней зоны излучения <ul style="list-style-type: none"> - расходимость излучения по «медленной» оси и по «быстрой» оси - применение цилиндрической оптики для уменьшения расходимости по «быстрой» оси - методические и приборные проблемы при изучении дальней зоны излучения мощных лазерных диодов <ul style="list-style-type: none"> - оборудование и контрольно-измерительные приборы для исследования пространственного распределения излучения мощных лазерных диодов - сканатор лазерного пучка, измеритель профиля лазерного пучка на основе CCD камеры.

Измерение распределения излучения в дальней зоне мощного лазерного диода с помощью сканатора лазерного пучка , определение ширины распределения на половине высоты .

Предварительные испытания и исследование ресурсных параметров лазерных диодов.

- первое измерение электрических и оптических параметров лазерных диодов после сборки, кратковременные испытания на измерительном стенде
 - эффекты «приработки» и стабилизации параметров
- «быстрая мода» деградации , связь с качеством зеркальных граней и качеством монтажа
 - исследование деградации на стенде ресурсных испытаний
- конструкция стенда ресурсных испытаний, термоплита, питание, регистрация параметров , сбор и хранение файлов данных
 - монтаж и демонтаж исследуемых образцов мощных лазерных диодов» на стенде ресурсных испытаний
- исследования при повышенной температуре, метод ускоренных испытаний, обоснованность метода ускоренных испытаний
 - натурные выборочные долговременные ресурсные испытания и тренировочные испытания
- концепция обеспечения гарантированного ресурса после проведения успешных тренировочных испытаний . Качество , обеспеченное технологией на всех этапах изготовления, измерений и сертификации .

Практические занятия . Монтаж и демонтаж образцов на ресурсном стенде .

Проведение испытаний, контроль и запись параметров в процессе испытаний.

Итоговая работа , закрепляющая полученные знания и навыки методом самостоятельного выполнения студентами всех этапов изготовления мощного лазерного диода и измерения его параметров.

- навыки работы в КЧП и с оборудованием обеспечения
- проверка и закрепление знаний по безопасной работе с лазерным излучением
- проверка знаний по работе с чипами лазерных диодов , в том числе технологиям ESD-safe , обеспечивающие отсутствие механических и электрических повреждений, а также гарантии отсутствия привнесённых загрязнений и сохранность внутренних параметров лазерного чипа при манипуляциях , монтаже и полном цикле измерений.
- проверка знаний по конструкциям мощных лазерных диодов
- проверка знаний по методам правильного и безопасного обращения с мощными лазерными диодами , по оборудованию питания и охлаждения мощных лазерных диодов
 - проверка знаний по методам монтажа
- проверка знаний по методам измерения основных электрических и оптических параметров, ,ВАХ, ВтАХ, спектров излучения, пространственного распределения излучения в дальней зоне , ресурсных параметров.
 - проверка знаний по методам прогнозирования срока службы
 - проверка знаний по сертификация параметров.

Составитель доцент Безотосный В.В.

9 Семестр

Экзамен

Промежуточный контроль успеваемости

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Мощные одиночные диодные лазеры

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

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Мощные одиночные диодные 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

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
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 ЗАЧЕТУ

1. Электронное ограничение в лазерной гетероструктуре.

Комментарий: ответ должен содержать представление о полупроводниковых гетероструктурах, их конструкции, о лазерных гетероструктурах, физическом смысле понятия «электронное ограничение».

Вопрос обычной степени сложности.

2. Оптическое ограничение в лазерной гетероструктуре .

Комментарий: ответ должен содержать представление о полупроводниковых гетероструктурах, их конструкции, о лазерных гетероструктурах, физическом смысле понятия «оптическое ограничение».

Вопрос обычной степени сложности.

3. Резонатор Фабри-Перо, показатель преломления GaAs, определение межмодового расстояния между продольными модами резонатора Фабри-Перо лазерного диода.

Комментарий: ответ должен содержать представление о полупроводниковых гетероструктурах, их конструкции, о резонаторе Фабри-Перо, о межмодовом расстоянии между продольными модами резонатора Фабри-Перо.

Вопрос повышенной степени сложности.

4. Кристаллическая структура, плоскости спайности в GaAs, скальвание зеркал резонаторов, определение кристаллографических направлений в плоскости роста полупроводниковой гетероструктуры.

Комментарий: ответ должен содержать представление о полупроводниковых гетероструктурах, их конструкции, представления о типе кристаллической решётки, об основных кристаллографических плоскостях гетероструктур, о плоскостях спайности, о технологии разделения гетероструктур на чипы методом скальвания по плоскостям спайности.

Вопрос повышенной степени сложности.

5. ОГС, ДГС, РО-ДГС.

Комментарий: ответ должен содержать представления о полупроводниковых гетероструктурах, их конструкции, свойствах и отличительных особенностях гетероструктур на основе ОГС, ДГС, РО-ДГС.

Вопрос повышенной степени сложности.

6. Ассиметричная РО-ДГС

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых гетероструктур, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях гетероструктур на основе ассиметричной РО-ДГС, её преимуществах по сравнению с обычной ДГС и симметричной РО-ДГС.

Вопрос повышенной степени сложности.

7. Полосковая геометрия, методы создания бокового электрического и оптического ограничения.

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях, методах создания бокового электрического и оптического ограничения.

Вопрос повышенной степени сложности.

8. Пространственное распределение излучения в плоскости перпендикулярной р-п переходу.

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых гетероструктур, о распределении оптического поля в волноводе полупроводникового лазерного диода в плоскости перпендикулярной р-п переходу.

Вопрос обычной степени сложности.

9. Пространственное распределение излучения в плоскости р-п перехода в полосковых лазерных диодах и в широких лазерных диодах, явление канализации излучения (самофокусировки).

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях, методах создания бокового электрического и оптического ограничения, причинах канализации излучения в широких ЛД, явлении самофокусировки света.

Вопрос повышенной степени сложности.

10. Пространственно – одномодовый лазерный диод.

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях, методах создания бокового электрического и оптического ограничения, причинах канализации излучения в широких ЛД, методах подавления канализации и многомодовой генерации в плоскости р-п перехода, методах получения пространственно – одномодовой генерации.

Вопрос повышенной степени сложности.

11. Режим «вытекающей моды».

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях, методах создания бокового электрического и оптического ограничения, причинах канализации излучения в широких ЛД, методах подавления канализации и многомодовой генерации в плоскости р-п перехода, методах получения пространственно – одномодовой генерации , режиме «вытекающей моды» в плоскости р-п перехода .

Вопрос повышенной степени сложности.

12. Кольцевые моды и методы их подавления.

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях, методах создания бокового электрического и оптического ограничения, методах получения пространственно – одномодовой генерации, о кольцевых модах генерации, способах борьбы с кольцевыми модами генерации в плоскости р-п перехода.

Вопрос повышенной степени сложности.

13. Спектральные параметры излучения в одномодовом и многомодовом режимах.

Комментарий: ответ должен содержать представления о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, отличительных особенностях, методах создания бокового электрического и оптического ограничения, о многомодовой и пространственно – одномодовой генерации, о спектральном составе излучения многомодовых и одномодовых лазерных диодов.

14. Пороговый ток

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, о Ватт - амперной характеристике, крутизне, дифференциальной эффективности, методе определения порогового тока.
Вопрос обычной степени сложности.

15. Полный К.П.Д.

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, о Ватт - амперной характеристике, крутизне, дифференциальной эффективности, о вольт -амперной характеристике, методе определения последовательного сопротивления, метод определения полного к.п.д.
Вопрос повышенной степени сложности.

16. Ватт-амперная характеристика, крутизна, дифференциальная квантовая эффективность.

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, о методе измерения Ватт - амперных характеристик, крутизне, дифференциальной эффективности.

Вопрос обычной степени сложности.

17. Мощность излучения в непрерывном и импульсном режимах генерации.

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, о методе измерения Ватт - амперных характеристик, крутизне, дифференциальной эффективности, аппаратуре и методиках измерения непрерывной и импульсной мощности излучения лазерных диодов.

Вопрос обычной степени сложности.

18. Дизайн лазерного чипа.

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, сведения о дизайне лазерных чипов на основе гетероструктур.

Вопрос обычной степени сложности.

19. Основные этапы технологии изготовления.

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типах полупроводниковых полосковых лазерных диодов, их конструкции, свойствах, о дизайне лазерного чипа и готовых лазерных диодов, о базовых технологических этапах изготовления лазерных диодов.

Вопрос обычной степени сложности.

20. Термовая проблема и методы её решения.

Комментарий: ответ должен содержать представления: о типичных уровнях мощности современных лазерных диодов, об удельной плотности тепловыделения в активной области мощного лазерного диода, о плотности отводимых тепловых потоков, о проблеме повышения эффективности отвода тепла.

Вопрос обычной степени сложности.

21. Проблема термоупругих напряжений и методы её решения.

Комментарий: ответ должен содержать представления о причине возникновения внутренних термоупругих напряжений в лазерных полупроводниковых гетероструктурах, о термоупругих напряжениях вносимых в конструкцию лазерных диодов на этапах планарного процессинга и монтажа на теплоотводящие элементы, о путях решения проблемы.

Вопрос повышенной степени сложности.

22. Проблема оптической стойкости зеркал резонаторов и её решения.

Комментарий: ответ должен содержать представления о типичной величине предельной плотности мощности на зеркалах резонаторов современных лазерных диодов , о ресурсной плотности мощности , о способах повышения срока службы зеркал путём пассивации и создания защитно – просветляющих покрытий.

Вопрос повышенной степени сложности.

23. Основные области применений лазерных диодов.

Комментарий: ответ должен содержать представления об основных областях применения мощных лазерных диодов в технологии, медицине и т.д.

Вопрос обычной степени сложности.

24. Перспективы развития направления.

Комментарий: ответ должен содержать представления о возможностях и перспективах повышения излучательных параметров мощных лазерных диодов, расширении спектральных диапазонов, применении ЛД в мощных энергетических установках, в частности для разделения изотопов, для создания лазерных термоядерных электростанций.

Вопрос обычной степени сложности.

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
	85-89	B
4 – «хорошо»	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
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» – 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» – 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» – 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» — <i>F</i>	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 доцент Безотосный В.В.