

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением
ученого совета ННГУ
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика и технология полупроводниковых лазеров
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 радиофизика
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Квантовая радиофизика и лазерная физика
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01, <i>физика и технология полупроводниковых лазеров</i> относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 <i>радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	З-1 Знание основных принципов, лежащих в основе работы полупроводниковых лазерных излучателей, а также их рабочих характеристик У-1 Умение использовать базовые знания радиофизики при изучении полупроводниковых лазеров, а также при использовании их в научно-исследовательской деятельности В-1 Владение опытом использования фундаментальных разделов радиофизики и физики полупроводниковых лазеров при решении научно-исследовательских задач	<i>Собеседование</i>

ПК-2. Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники и оформлять их результаты	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области квантовой радиофизики, лазерной физики и фотоники	З1 Знать основные возможности современного оптического и лазерного оборудования, а также новейший отечественный и зарубежный опыт У1 Уметь использовать современное оптическое и лазерное оборудование и новейший отечественный и зарубежный опыт В1 Владеть опытом самостоятельной постановки научных задач в области квантовой радиофизики и лазерной физики и их решения с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта	Собеседование
--	---	---	---------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	75
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего (часы)	В том числе					Самост ятельна работа
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Введение. Общие принципы работы лазеров.		2				2	4
Активная полупроводниковая среда. Специфика условий создания инверсии в полупроводниках. Спектральные особенности		5				5	12
Потери и усиление в полупроводниковых излучателях		4				4	8
Основы технологии изготовления полупроводниковых многослойных структур		4				4	8
Волноводные свойства излучателя. Оптический резонатор. Многослойные зеркала.		5				2	5

Основные характеристики излучения полупроводникового лазера		4				4	10
Лазеры с распределенной обратной связью		4				5	12
Лазеры с вертикальным резонатором		4				4	8
Тенденции в развитии полупроводниковых лазерных систем		2				2	8
Текущий контроль	1					1	
Промежуточная аттестация (зачет)							
Итого	72	32				33	75

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Помимо ознакомления с рекомендованной литературой в процессе обучения самостоятельная работа обучающегося предполагает проработку контрольных вопросов.

Текущий контроль успеваемости проводится во время занятий семинарского типа и научно-практических занятий.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonstr ированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonstr ированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстри рованы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстр ированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстр ированы все основные умения, . Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстр ированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстри рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстр ированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстр ирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

зачтено	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
1. В чем заключается основное отличие для 3-х и 4-уровневых схем при создании инверсии в активной среде?	ПК-1
2. Объяснить эквивалентность 4-уровневой схемы при рассмотрении полупроводниковой активной среды	ПК-1
3. Изобразить энергетическую схему лазерного диода на гетероструктуре	ПК-1
4. Почему в квантоворазмерных активных слоях происходит увеличение запрещенной зоны?	ПК-1
5. Что произойдет с порогом генерации при уменьшении квантового выхода люминесценции?	ПК-1
6. Чем определяется оптимальная толщина активного слоя в полупроводниковой среде, при которой порог имеет наименьшее значение?	ПК-1
7. К чему приводит наличие дополнительного волновода внутри активной зоны?	ПК-2
8. Как можно охарактеризовать спонтанное излучение в полупроводниковом лазере?	ПК-2
9. Чем ограничивается максимальный объем активного слоя в лазере?	ПК-2
10. Каким способом и за счет каких параметров можно увеличить мощность генерации лазерного диода?	ПК-2
11. Чем определяется частота генерации в резонаторах с селективными и неселективными потерями?	ПК-2

12. Какой физический смысл имеют параметры внутреннего и внешнего квантового выхода ?	ПК-2
13. Чем объясняется наблюдаемое переключение мод в спектре генерации при изменении тока накачки?	ПК-2
14. С какими внутренними параметрами связана диаграмма направленности излучения лазера?	ПК-2
15 . Почему с увеличением длины резонатора в полупроводниковом лазере мощность генерации при постоянном токе сначала растет, а потом падает?	ПК-2

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Х.Кейси, М.Паниш “Лазеры на гетероструктурах” т.2, М. “Мир”, 1981г., 364 с. – 3 экз.
2. В.Б.Цареградский «Инжекционный полупроводниковый лазер» Учебное пособие // Горький, Горьковский университет, 1988г., 59с. – 4 экз.

б) дополнительная литература:

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи.// - М.: Техносфера, 2003. - С. 440. – 15 экз.
2. Карлов Н.В. *Лекции по квантовой электронике* - М.: «Наука», 1983, 320с. – 63 экз.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 918.

Автор (ы) к.ф.-м.н. доцент А.В.Маругин

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н. профессор М.И. Бакунов

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.