

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 7 от 28.06.2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Полупроводниковые приборы и электроника

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы
Новые полупроводниковые технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.05 Полупроводниковые приборы и электроника относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-3: Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники	<p>ПК-3.1: Знает фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.2: Умеет проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.3: Имеет опыт разработки методик экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных материалов</p>	<p>ПК-3.1: Знать фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы полупроводниковых приборов.</p> <p>ПК-3.2: Уметь проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства полупроводниковых приборов.</p> <p>ПК-3.3: Владеть Опытom экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных полупроводниковых материалов.</p>	Отчет по лабораторным работам	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы
ПК-6: Готовность определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного	<p>ПК-6.1: Знает алгоритмы проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения</p> <p>ПК-6.2: Умеет определять цели, осуществлять постановку задач</p>	<p>ПК-6.1: Знать физические принципы функционирования полупроводниковых приборов.</p> <p>ПК-6.2: Уметь</p>	Отчет по лабораторным работам	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы

функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения ПК-6.3: Имеет навыки проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовки технического задания на выполнение проектных работ	использовать специализированные знания в области физики полупроводников и смежных дисциплин для обоснования выбора оптимального способа проектирования полупроводниковых приборов. ПК-6.3: Владеть навыками постановки экспериментов определения и количественных оценок важнейших характеристик элементов полупроводниковой электроники.		
ПК-7: Способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-7.1: Знает алгоритмы проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием ПК-7.2: Умеет использовать средства автоматизации проектирования ПК-7.3: Имеет навыки выполнения расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	ПК-7.1: Знать основные физические принципы расчёта основных характеристик полупроводниковых приборов. ПК-7.2: Уметь использовать специализированные знания в области физики полупроводников и смежных областях для проектирования полупроводниковых приборов. ПК-7.3: Владеет навыками проектирования полупроводниковых приборов.	Отчет по лабораторным работам	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы
ПК-9: Готовность осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	ПК-9.1: Знает принципы работы устройств, приборов и систем электронной техники ПК-9.2: Способен разрабатывать устройства, приборы и системы электронной техники, готов осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств на этапах	ПК-9.1: Знать Основные физические принципы работы полупроводниковых приборов и электроники. ПК-9.2: Уметь У1: использовать специализированные знания в области физики полупроводников для	Отчет по лабораторным работам	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы

	проектирования и производства ПК-9.3: Имеет навыки разработки устройств, приборов и системы электронной техники	обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач. ПК-9.3: Владеть В1: навыками экспериментального определения и количественных оценок важнейших характеристик элементов полупроводниковой электроники. В2: навыками монтажа чипов лазерных диодов на корпусные элементы.		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	48
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт с оценкой

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о

Полупроводниковые лазеры.	44		20	20	24
Приборы полупроводниковой оптоэлектроники	63		28	28	35
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	0	48	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Полупроводниковые лазеры. Лабораторные работы: «Исследование спектральных и пространственных характеристик полупроводникового лазера», «Исследование выходных электрофизических характеристик лазерного диода», «Монтаж чипов лазерных диодов».

Приборы полупроводниковой оптоэлектроники. Лабораторные работы: «Фотоприёмники», «Тиристоры, динисторы и прочие коммутаторы», «Измерение оптических потерь в планарных оптических волноводах»

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение учебно-методического материала, основной и вспомогательной учебной литературы, перечень которой приведен в п.6 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является подготовка к выполнению лабораторных работ и анализ результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются доступ к компьютерной технике и доступ к исследовательскому оборудованию (после сдачи допуска для работы с ним), перечень которого приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- степень понимания целей работы, в том числе – умение соотнести цели и задачи работы (проекта) с более общими целями и задачами своей научно-исследовательской работы;
- степень достижения поставленных целей (соответствие объема выполненной работы минимальным требованиям, установленным в учебном или учебно-методическом пособии);

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- качество и достоверность полученных экспериментальных результатов;
- степень владения исследовательским оборудованием, а также специализированным программным обеспечением;

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-7:

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- обоснованность полученных выводов (качество анализа полученных экспериментальных результатов, включая сопоставление полученных результатов с литературными данными, а также данными, полученными другими исследователями);
- умение объяснить полученные результаты с использованием базовых и дополнительных источников, а также знаний, полученных при изучении профильных дисциплин

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- умение представить полученные результаты (оформить отчет в соответствии с требованиями, изложенными в учебном или учебно-методическом пособии).

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса
не зачтено	предполагает неудовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курс

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 ошибок	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. Ошибок нет.	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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Опишите основные физические принципы формирования волноводного эффекта.
2. Расскажите об эффекте полного внутреннего отражения
3. Расскажите о физических принципах работы р-п гетероперехода, явлении инжекции
4. Расскажите о методиках измерения выходных характеристик лазерного излучения
5. Какой ток – прямой или обратный – возрастает в фотодиоде под действием света?
6. Чем отличается ток в металлическом проводе от тока через р-п-переход?
7. Каковы особенности вольт-амперной характеристики тиристора?
8. Для чего применяется тиристор/динистор в электронных схемах?

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Назовите основные конструктивные элементы лазерного излучающего устройства.
2. Какие методы монтажа чипов полупроводниковых приборов существуют?

3. Почему p-область фотодиода изготавливается тонкой?

4. Опишите конструкцию тиристора.

5. Опишите транзисторную модель тиристора.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-7

1. Назовите принципиальные отличия когерентного квантового излучающего устройства (лазера) от светоизлучающего элемента.

2. Назовите основные выходные характеристики излучения лазера

3. Назовите методы разделения полупроводниковой пластины на чипы.

4. Выделите критерии качества монтажа чипов.

5. Назовите основные выходные характеристики фотодиода. От каких параметров они зависят?

6. Из каких материалов изготавливают тиристоры?

7. Опишите принцип работы диристора.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9

1. Назовите основные элементы установки монтажа чипов полупроводниковых приборов.

2. Какое назначение корпуса лазерного диода?

3. Опишите последовательность выполнения лабораторной работы с использованием выбранных методик и изучаемого материала.

4. Назовите основные элементы измерительных установок

5. Расскажите о способах создания каждого конструктивного элемента полупроводникового излучающего устройства.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

Оценка	Критерии оценивания
	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»
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»
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»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кейси Х. Лазеры на гетероструктурах : в 2 т. [Т.] 1. Основные принципы / пер. с англ. А. Е. Дракина ; под ред. П. Г. Елисеева. - М. : Мир, 1981. - 299 с. : ил. - 2.80., 2 экз.
2. Кейси Х. Лазеры на гетероструктурах : в 2 т. [Т.] 2. Материалы. Рабочие характеристики / пер. с англ. Б. Н. Свердлова ; под ред. П. Г. Елисеева. - М. : Мир, 1981. - 364 с. : ил. - 3.60., 3 экз.
3. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов : в 2 кн. [Кн.] 1 / пер. с англ. В. А. Гергеля, В. В. Ракитина ; под ред. Р. А. Суриса. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир , 1984. - 455 с. : ил. - 2.20., 16 экз.
4. Курносов Анатолий Иванович. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : [для вузов по специальностям "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1979. - 367 с. : ил. - 1.20., 3 экз.
5. Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс / под ред. А. Ноймана, Е. Рихтера ; пер. с нем. А. А. Шарпова ; под ред. В. Н. Волченко. - М. : Металлургия, 1980. - 463 с. : ил. - 2.70., 1 экз.
6. Достанко Анатолий Павлович. Пленочные токопроводящие системы СБИС / под ред. Ю. Д. Чистякова. - Минск : Вышэйшая школа, 1989. - 237, [1] с. : ил. - ISBN 5-339-00247-0 : 4.00., 1 экз.

7. Блихер Адольф. Физика тиристоров / пер с англ. В. М. Волле, Л. С. Костиной ; под ред. И. В. Грехова. - Л. : Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. - 261 с. - 1.60., 3 экз.
8. Пасынков Владимир Васильевич. Полупроводниковые приборы : учеб. для вузов. - Изд. 6-е, стер. - СПб. : Лань, 2002. - 480 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0368-2 : 151.00., 1 экз.
9. Кублановский Я. С. Тиристорные устройства. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1987. - 110, [2] с. : ил. - (МРБ : Массовая радиобиблиотека ; вып. 1104). - 0.70., 1 экз.
10. Тейлор Поль Д. Расчет и проектирование тиристорov / пер. с англ. под ред. Ю. А. Евсеева. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 208 с. : ил. - ISBN 5-283-02495-4 : 0.90., 1 экз.
11. Шалимова Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник. - Изд. 4-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 400 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0922-8 : 703.56., 39 экз.

Дополнительная литература:

1. Павлов Павел Васильевич. Физика твердого тела : учебник. - 3-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2000. - 494 с. - 78.54., 33 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
4. <http://znanium.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znanium.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебно-лабораторный интерактивный комплекс «Схемотехника радиофотоники» для проведения занятий со студентами с использованием современного технологического оборудования, современных условий производства (чистых зон), современных методов измерений характеристик изделий микроэлектроники, предусмотренных программой, оснащенный - чистой зоной (ISO-7) для обеспечения технологического процесса и ознакомления студентов с правилами работы в чистых помещениях; - высокотехнологичным оборудованием:

- фемтосекундный лазер FX200 – для исследования динамических эффектов в элементах оптоэлектроники, развития методической базы и привлечения студентов к современным методам измерений характеристик оптоэлектронных компонент;
- пикосекундный лазер PX110 – для исследования динамических эффектов в элементах оптоэлектроники, элемент технологического цикла оптоэлектроники, разработка новой технологической линейки с использованием методов лазерного отжига, обучение студентов современным технологическим процессам;
- установка микросварки RM-BW – технологический компонент для присоединения контактов к полупроводниковым компонентам, обучение студентов практическим навыкам работы на

Для выполнения лабораторных работ со стороны НИФТИ ННГУ предоставляется доступ к современному исследовательскому и технологическому оборудованию, необходимому для проведения практических занятий, в том числе:

- Установка исследования спектральных и пространственных характеристик полупроводниковых лазеров и фотодиодов;
- источник-измеритель Keithley 2440;
- установка сверхточного монтажа fineplacer lambda;
- установка для микросварки проволокой и лентой hb 16.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника.

Автор(ы): Дикарева Наталья Васильевна, кандидат физико-математических наук

Самарцев Илья Владимирович

Жидяев Кирилл Сергеевич

Дорохин Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чувильдеев Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.