

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и нанoeлектроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов;
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 133,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошников Б.Н.
	Идентификатор	Rd4c7098c-MiroshnikovBN-eb38ec4

Б.Н.
Мирошников

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д. Баринов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8c

И.Н.
Мирошникова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Состоит в изучении разновидностей полупроводниковых оптоэлектронных приборов, их принципа действия, основных параметров и характеристик, области применения.

Задачи дисциплины

- освоение принципов работы и моделей основных полупроводниковых источников излучения (электролюминесцентных конденсаторов, светодиодов, лазеров).

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники	знать: - основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Твердотельная микро- и наноэлектроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств	24	2	6	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 48-54, 104-131 [2], 3-19 [3], 50-68 [4], 7-57 [5], 7 - 23, 38-45</p>	
1.1	Физические основы электромагнитного излучения.	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-		
1.2	Когерентное излучение.	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-		
2	Люминесценция полупроводников.	32		6	4	4	-	-	-	-	-	18	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Люминесценция полупроводников."</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Люминесценция полупроводников."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 20-33 [3], 71-80</p>
2.1	Физические основы люминесценции.	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
2.2	Электролюминесценция	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-			
2.3	Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).	20	2	4	4	-	-	-	-	-	10	-			
3	Светодиоды и	44	8	8	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение</u>		

оптроны													
3.1	Светодиоды	22	4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Светодиоды и оптроны" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Светодиоды и оптроны" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 277-281 [2], 34-47 [3], 112-125, 142-155
3.2	Оптроны и оптоэлектронные схемы.	22	4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	
4	Полупроводниковые лазеры	43	8	-	10	-	-	-	-	-	25	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Полупроводниковые лазеры" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые лазеры" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 282-286 [2], 48-65 [4], 157-165, 305-311 [5], 24 - 37, 46-59, 198-228
4.1	Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.	16	2	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
4.2	Лазеры на основе монопереходах.	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
4.3	Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
4.4	Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
5	Оптические модуляторы и дефлекторы	25	4	4	2	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Оптические модуляторы и дефлекторы" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптические модуляторы и дефлекторы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 120-126 [3], 199-227 [4], 169-198 [5], 275-285
5.1	Управление параметрами излучения.	7	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
5.2	Оптические модуляторы и дефлекторы.	18	2	4	2	-	-	-	-	-	10	-	

6	Устройства и элементы современной интегральной оптики	12	-	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Устройства и элементы современной интегральной оптики"
6.1	Устройства оптической памяти.	6	-	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Устройства и элементы современной интегральной оптики"
6.2	Устройства и элементы интегральной оптики.	6	-	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 297-345
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	32	16	32	-	2	-	-	0.5	100	33.5	
	Итого за семестр	216.0	32	16	32	2	-	-	-	0.5	133.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств

1.1. Физические основы электромагнитного излучения.

Уравнения Максвелла.. Прохождение электромагнитных волн в диэлектрике..

1.2. Когерентное излучение.

Функция взаимной когерентности.. Основные свойства фотонов..

2. Люминесценция полупроводников.

2.1. Физические основы люминесценции.

Основные понятия и определения.. Рекомбинационное излучение..

2.2. Электролюминесценция

Спонтанные и вынужденные переходы.. Механизмы возбуждения электролюминесценции.. Спектры люминесценции..

2.3. Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).

принцип работы, устройство, материалы, области применения.. Характеристики (ВАХ и ВЯХ) ЭЛК.

3. Светодиоды и оптроны

3.1. Светодиоды

Материалы, используемые для конструирования светодиодов.. Параметры светодиодов..

3.2. Оптроны и оптоэлектронные схемы.

Определение оптрона, его устройство, принцип действия.. Классификация оптронов. Системы параметров оптронов..

4. Полупроводниковые лазеры

4.1. Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.

Первое лазерное условие.. Второе лазерное условие..

4.2. Лазеры на основе монопереходах.

Устройство и типы приборов. Резонаторы и моды.. Основные параметры лазеров: диаграмма направленности, ВАХ и КПД..

4.3. Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.

Устройство и типы приборов..

4.4. Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.

Устройство и типы приборов..

5. Оптические модуляторы и дефлекторы

5.1. Управление параметрами излучения.

Оптические свойства анизотропной среды..

5.2. Оптические модуляторы и дефлекторы.

Модуляторы оптического излучения.. Оптические дефлекторы..

6. Устройства и элементы современной интегральной оптики

6.1. Устройства оптической памяти.

Принципы записи и считывания информации.. Голография..

6.2. Устройства и элементы интегральной оптики.

Элементы оптических вычислительных машин..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет параметров полупроводникового лазера;
2. Расчет параметров и характеристик оптрона;
3. Расчет характеристик инжекционного светодиода;
4. Модуляторы и дефлекторы;
5. Принцип действия и расчет параметров электролюминесцентного конденсатора порошкового типа;
6. Способы люминесценции, вывод коэффициентов люминесценции;
7. Устройства оптической памяти, голограммы;
8. Пропускание оптической среды, отражение;
9. Принцип действия и расчет параметров электролюминесцентного конденсатора пленочного типа;
10. Виды резонаторов п/п лазеров и их параметры.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование акустооптического дефлектора;
2. Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме;
3. Изучение характеристик инжекционного светодиода;
4. Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
Знать:								
основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	ИД-1 _{ПК-1}	+	+	+	+	+	+	<p>Контрольная работа/Входной контроль знаний по теме источники излучения</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе"</p> <p>Контрольная работа/Итоговая контрольная работа</p>

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Входной контроль знаний по теме источники излучения (Контрольная работа)
2. Итоговая контрольная работа (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Твердотельная электроника : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Э. Н. Воронков, [и др.] . – М. : АКАДЕМИЯ, 2009 . – 320 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-4618-1 .;
2. Мирошникова, И. Н. Оптоэлектроника. Лабораторные работы. Ч.1 : методическое пособие по курсам "Оптоэлектроника", "Приемники излучения и фотоприемные устройства" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / И. Н. Мирошникова, Ю. А. Мухин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 136 с.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=2863>;
3. Шуберт, Ф. Светодиоды : пер. с англ. / Ф. Шуберт . – 2-е изд . – М. : Физматлит, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-922108-51-5 .;
4. Панов, М. Ф. Физические основы интегральной оптики : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, Ю. В. Филатов . – М. : АКАДЕМИЯ, 2010 . – 432 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-5976-1 .;

5. Борейшо А. С., Ивакин С. В.- "Лазеры: устройство и действие", (3-е изд., стер.),
Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (304 с.)
<https://e.lanbook.com/book/186213>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
11. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
15. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	К-108, Учебная лаборатория по курсам: «Оптоэлектроника», «Многоэлементные приемники излучения»	стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, лабораторный стенд, оборудование учебное, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Помещения для самостоятельной	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер

работы	учебной литературой	персональный
Помещения для консультирования	К-109/1, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, стол для совещаний, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, оборудование для экспериментов, компьютер персональный, документы, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	К-115, Склад каф. "ЭиН"	стеллаж, инвентарь учебный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковые источники излучения

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Входной контроль знаний по теме источники излучения (Контрольная работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе" (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода" (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме" (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора" (Лабораторная работа)
- КМ-6 Итоговая контрольная работа (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	12	15	15	15
1	Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств							
1.1	Физические основы электромагнитного излучения.		+	+	+	+	+	+
1.2	Когерентное излучение.		+	+	+	+	+	+
2	Люминесценция полупроводников.							
2.1	Физические основы люминесценции.		+	+	+	+	+	+
2.2	Электролюминесценция		+	+	+	+	+	+
2.3	Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).		+	+	+	+	+	+
3	Светодиоды и оптроны							
3.1	Светодиоды		+	+	+	+	+	+
3.2	Оптроны и оптоэлектронные схемы.		+	+	+	+	+	+
4	Полупроводниковые лазеры							
4.1	Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.		+	+	+	+	+	+

4.2	Лазеры на основе монопереходах.	+	+	+	+	+	+
4.3	Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.	+	+	+	+	+	+
4.4	Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.	+	+	+	+	+	+
5	Оптические модуляторы и дефлекторы						
5.1	Управление параметрами излучения.	+	+	+	+	+	+
5.2	Оптические модуляторы и дефлекторы.	+	+	+	+	+	+
6	Устройства и элементы современной интегральной оптики						
6.1	Устройства оптической памяти.	+	+	+	+	+	+
6.2	Устройства и элементы интегральной оптики.	+	+	+	+	+	+
Вес КМ, %:		5	15	15	15	15	35