

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 президиума
ученого совета ННГУ
(протокол № 13 от 30 ноября 2022 г.)

Рабочая программа дисциплины

**Функциональная
микроэлектроника**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
09.04.02 Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы в научных исследованиях

Форма обучения
очная

Год начала подготовки

2023 год

Нижний Новгород

2022 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Фидельман В.Р.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Функциональная микроэлектроника» (Б1.В.ДВ.02.02) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана основной образовательной программы, является курсом по выбору.

Дисциплина преподается в 2 семестре.

Содержание дисциплины направлено на введение студентов в круг проблем научно-технического направления функциональной микроэлектроники.

Задачи изучения дисциплины «Функциональная микроэлектроника»: дать студентам представления об основных направлениях развития функциональной микроэлектроники; дать знания об основных физических явлениях, используемых в твердотельной функциональной электронике, принципах работы функциональных устройств и материалах, используемых для их изготовления; познакомить студентов с основными проблемами функциональной микроэлектроники. Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачётных единиц.

Дисциплина «Функциональная микроэлектроника» предполагает знакомство с базовыми и прикладными информационными технологиями, структурой и принципами функционирования ЭВМ, основами радиотехники и электроники.

Курс опирается на следующие дисциплины:

- Информатика (программирование и численные методы);
- Архитектура информационных систем;
- Радиотехника и электроника;

Целями освоения дисциплины «Функциональная микроэлектроника» являются:

- дать студентам представления об основных направлениях развития функциональной микроэлектроники;
- дать знания об основных физических явлениях, используемых в твердотельной функциональной электронике, принципах работы функциональных устройств и материалах, используемых для их изготовления;
- познакомить студентов с основными проблемами функциональной микроэлектроники.

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**	
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1. Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами	<i>Знать</i> об основных физических явлениях, используемых в твердотельной функциональной электронике, принципах работы функциональных устройств и материалах, используемых для их	<i>Собеседование</i>

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**	
		изготовления.	
	УК-2.2. Уметь: работать в коллективе, разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.	Уметь использовать полученные знания при проектировании и эксплуатации программно-аппаратных комплексов информационных систем.	Практическое задание
	УК-2.3. Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта.	Владеть методами настройки и отладки инструментальных средств, их модификации и модернизации.	Практическое задание
ПК-14. Способен осуществлять проведение научно-исследовательских работ самостоятельно или под научным руководством на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности, проводить анализ результатов исследований	ПК-14.1. Знает: принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала.	Знать основные направления развития функциональной микроэлектроники.	Собеседование
	ПК-14.2. Умеет: осуществлять постановку и проведение экспериментов, верификацию моделей программного обеспечения в соответствии с выбранной методикой и проводить анализ результатов исследований	Уметь использовать полученные знания при проектировании и эксплуатации программно-аппаратных комплексов.	Практическое задание
	ПК-14.3. Владеет: навыком проводить статистическую обработку результатов	Владеть навыками работы с инструментальными средствами в процессе реализации проектов информационных систем	Практическое задание

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**	
	исследований.		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения	
Общая трудоемкость	12 ЗЕТ
Часов по учебному плану	432
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	66
- занятия лекционного типа, ч	16
- практические занятия, ч	48
- лабораторных, ч	
самостоятельная работа, ч	303
КСРИФ	2
контроль	63
Промежуточная аттестация – экзамен/зачет	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Вводный курс.	22	2	-			20
2. Оптоэлектроника	50	2	8			40
3. Акустоэлектроника	50	2	8			40

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Занятия лабораторного типа	Всего	
4. Магнетoeлектроника	50	2	8			40
5. Кpиoeлектроника на сверхпроводниках	50	2	8			40
6. Квантовая электроника на двумерных системах	92	4	8			80
7. Одноэлектроника	53	2	8			43
<u>Итого</u>	367	Error! Resource not found.	Error! Resource not found.	Error! Resource not found.		303

Содержание разделов дисциплины:

1. Вводный курс.

- 1.1. Цели и задачи курса.
- 1.2. Пределы традиционной элементной интеграции при создании функциональных устройств.
- 1.3. Принципиально новый подход в функциональной микроэлектронике, основанный непосредственно на физических явлениях в твердых телах.
- 1.4. Основные направления развития функциональной электроники.

2. Опoeлектроника.

- 2.1. Оптические явления (когерентная и некогерентная оптика, нелинейная оптика, электроника, магнитооптика).
- 2.2. Возможности обработки большого объема информации за счет высокой несущей частоты, двумерности светового потока, зарядовая нейтральность и отсутствие гальванических связей.
- 2.3. Фотоприемники и излучатели, оптроны, световоды, интегральная оптика, голография.
- 2.4. Двумерные устройства обработки информации.

3. Акустoeлектроника.

- 3.1. Частотный диапазон акустических волн. Сравнительно малая скорость распространения акустических волн, малые потери.
- 3.2. Взаимодействие потоков электронов с акустическими волнами. Линии задержки.
- 3.3. Высокочастотные резонаторы, фильтры.
- 3.4. Акустoeлектронный усилитель на поверхностных акустических волнах (ПАВ).
- 3.5. Акусто-оптoeлектронные устройства - дефлекторы.

4. Магнетoeлектроника.

- 4.1. Магнитно-мягкие и магнитно-жесткие материалы.
- 4.2. Материалы с прямоугольной петлей гистерезиса.
- 4.3. Цилиндрические магнитные домены (ЦМД).
- 4.4. Магнитная память. Высокая плотность записи информации, сохранение информации без источника питания.

4.5. Устройства на ЦМД.

4.6. СВЧ-ИМС.

5. Криоэлектроника на сверхпроводниках.

5.1. Высокотемпературные сверхпроводники.

5.2. Квантование магнитного потока.

5.3. Эффект Джозефсона (ЭД). Квантовые осцилляции тока, ступеньки Шапиро.

5.4. Стационарный ЭД, нестационарный ЭД. СКВИД.

5.5. Перспективы аналоговых и логических устройств микроэлектроники на ЭД и СКВИДах.

6. Квантовая электроника на двумерных системах .

6.1. Полупроводниковые структуры пониженной размерности. Квантование электронных состояний.

6.2. Квантовые гетероструктуры на основе полупроводников A^3B^5 . НЕМТ-эффект. Быстродействующий фотоприемник на квантовых гетероструктурах.

6.3. Акустоэлектронная линия задержки с квантовой гетероямой и высокоэффективным преобразованием электрический сигнал - акустоэлектрический сигнал (ПАВ).

7. Одноэлектроника.

7.1. Эффект коррелированного одноэлектронного туннелирования в МДМ-структурах.

7.2. Когерентные одноэлектронные колебания. Суб-одноэлектронная чувствительность.

7.3. Контролируемая передача одиночных электронов. Стандарты тока.

7.4. Сверхчувствительная электрометрия.

7.5. Цифровые СБИС со степенью интеграции до 10^{10} вентилях.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме - экзамен.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных и учебно-методических пособий, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов осуществляется в следующих формах:

- Работа с компьютерными обучающими программами, электронными учебниками, тестовыми системами.
- Использование профессиональных прикладных программ моделирования физических процессов и методов обработки данных.
- Работа со средствами телекоммуникации.
- Использование Интернет-ресурсов, электронных библиотек, распределенных и централизованных издательских систем.
- Использование открытых форм дистанционного обучения с использованием Интернета.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя обсуждение полученных результатов с преподавателем, возможную корректировку программного проекта. Промежуточная аттестация включает **экзамен** во втором семестре.

Контрольные вопросы:

1. Принципиальное отличие функциональной микроэлектроники (ФМЭ) от традиционной микроэлектроники. Основные направления ФМЭ.
2. Оптоэлектроника. Светодиоды и лазеры.

3. Оптоэлектроника. Формирователи сигналов изображения.
 4. Оптоэлектроника. Волоконно-оптические линии связи.
 5. Оптические эффекты, используемые для управления полем оптического излучения.
 6. Интегральная оптика.
 7. Резонистор и приборы на упругих колебаниях в твердом теле.
 8. ПАВ и приборы на их основе.
 9. Магнитно-жесткие материалы с ЦМД.
 10. Виды магнитной памяти. Преимущества и недостатки по сравнению с электронной памятью.
 11. Сверхпроводимость.
 12. Эффект Джозефсона (ЭД), квантовые осцилляции тока, ступеньки Шапиро.
 13. Стационарный ЭД, нестационарный ЭД. СКВИД.
 14. Полупроводниковые структуры пониженной размерности. Квантовые гетероструктуры на основе полупроводников АЗВ5
 15. НЕМТ-эффект. Быстродействующий фотоприемник на квантовых гетероструктурах.
- Эффект коррелированного одноэлектронного туннелирования в МДМ-структурах.
- Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

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 ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами,	Продemonстрированы все основные умения, Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

	я от ответа		но не в полном объеме.	полном объеме, но некоторые с недочетами.	некоторые с недочетами.	выполнены все задания в полном объеме.	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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	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»
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

Контрольные (экзаменационные) вопросы для собеседования и задания

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1.	Принципиальное отличие функциональной микроэлектроники (ФМЭ) от традиционной микроэлектроники. Основные направления ФМЭ.	УК-2, ПК-14
2.	Оптоэлектроника. Светодиоды и лазеры.	УК-2, ПК-14
3.	Оптоэлектроника. Формирователи сигналов изображения.	УК-2, ПК-14
4.	Оптоэлектроника. Волоконно-оптические линии связи.	УК-2, ПК-14
5.	Оптические эффекты, используемые для управления полем оптического излучения.	УК-2, ПК-14
6.	Интегральная оптика.	УК-2, ПК-14
7.	Резонистор и приборы на упругих колебаниях в твердом теле.	УК-2, ПК-14
8.	ПАВ и приборы на их основе.	УК-2, ПК-14
9.	Магнитно-жесткие материалы с ЦМД.	УК-2, ПК-14
10.	Виды магнитной памяти. Преимущества и недостатки по сравнению с электронной памятью.	УК-2, ПК-14
11.	Сверхпроводимость.	УК-2, ПК-14
12.	Эффект Джозефсона (ЭД), квантовые осцилляции тока, ступеньки Шапиро.	УК-2, ПК-14
13.	Стационарный ЭД, нестационарный ЭД. СКВИД.	УК-2, ПК-14
14.	Полупроводниковые структуры пониженной размерности. Квантовые гетероструктуры на основе полупроводников АЗВ5	УК-2, ПК-14
15.	НЕМТ-эффект. Быстродействующий фотоприемник на квантовых гетероструктурах.	УК-2, ПК-14
16.	Эффект коррелированного одноэлектронного туннелирования в МДМ-структурах.	УК-2, ПК-14

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике [Электронный ресурс] / Афонский А.А., Дьяконов В.П. - М. : ДМК Пресс, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940746263.html>.
2. Электроника и микроэлектроника. Физикотехнологические основы. [Электронный ресурс] / Барыбин А.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106795.html>
3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/708>.

б) дополнительная литература:

4. Проскальзывание фазы, поглощение электромагнитного излучения и формирование отклика в детекторах на основе узких полосок сверхпроводников [Электронный ресурс] : монография / А.В. Семенов, И.А. Девятов, Г.Н. Гольцман, А.А. Корнеев, Г.М. Чулкова. - М. : Прометей, . - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704224853.html>.
5. Физика полупроводниковых приборов. [Электронный ресурс] / Лебедев А. И. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109956.html>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: современными персональными компьютерами, измерительным оборудованием, источниками питания и лабораторными отладочными платформами. При проведении лекционных занятий может быть использована аудитория, оснащенная мультимедийным проектором.

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 ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии».

Автор (ы):

Рецензент

д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.
статистической радиофизики и
мобильных систем связи РФФ

Мальцев А.А.

Заведующий кафедрой ИТФИ
д.т.н., профессор

Фидельман В.Р

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета, протокол № 6/н от 17.11.2022.

Председатель УМК физ.ф-та _____ Перов А.А.