

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 № 4 от 26.04.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Проектирование интегральных схем мемристорной наноэлектроники

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

28.04.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность образовательной программы

Квантовые и нейроморфные технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.08.04 Проектирование интегральных схем мемристорной наноэлектроники 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-10: Способен осваивать существующие и разрабатывать новые технологические процессы и внедрение их в производство	<p>ПК-10.1: Имеет представление о существующих технологических процессах и применении их в производстве</p> <p>ПК-10.2: Осваивает существующие технологические процессы и внедряет их в производство</p> <p>ПК-10.3: Разрабатывает новые технологические процессы и подходы к внедрению их в производство</p>	<p>ПК-10.1:</p> <p>Знать современные подходы, применяемые в мемристорной наноэлектронике.</p> <p>Уметь совершенствовать современные методики, применяемые в мемристорной наноэлектронике.</p> <p>Владеть навыками совершенствования современных методик, применяемых в мемристорной наноэлектронике.</p> <p>ПК-10.2:</p> <p>Знать методы, используемые в технологических процессах мемристорной наноэлектроники.</p> <p>Уметь внедрять новые методики в мемристорной наноэлектронике.</p> <p>Владеть навыками использования современных методов, применяемых в мемристорной наноэлектронике.</p> <p>ПК-10.3:</p> <p>Знать методики, применяемые в мемристорной</p>	Задачи	Зачёт: Доклад-презентация

		<p>наноэлектронике.</p> <p>Уметь применять методики, используемые в технологии мемристорной наноэлектроники.</p> <p>Владеть навыками совершенствования разработок интегральных схем мемристорной наноэлектроники.</p>		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1. Введение. Мемристоры, нейронные сети и интегральные схемы	10	2	2	4	6
2. Физическое проектирование искусственных нейронных сетей	25	6	6	12	13
3. Проектирование нейронных сетей на интегральных схемах	26	6	6	12	14
4. Достоверность операций с использованием искусственных нейронных	10	2	2	4	6

сетей					
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Мемристоры, нейронные сети и интегральные схемы.

Общие сведения о мемристорах как элементах микроэлектроники. Способы организации интегральных схем и нейронных сетей на основе мемристоров.

2. Физическое проектирование искусственных нейронных сетей.

Физико-технологическое проектирование искусственных нейронных сетей. Физико-топологическое проектирование искусственных нейронных сетей.

3. Проектирование нейронных сетей на интегральных схемах.

Схемотехническое проектирование искусственных нейронных сетей. Функционально-логическое проектирование искусственных нейронных сетей.

4. Достоверность операций с использованием искусственных нейронных сетей.

Определение достоверности операций в аппаратно реализованных искусственных нейронных сетях. Методы коррекции ошибок.

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.

1. Особенности электрофизических характеристик мемристивных структур на основе диоксида кремния : учебно-методическое пособие / А. Н. Михайлов, А. И. Белов, Д. И. Тетельбаум [и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Институт экономики и предпринимательства. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 39 с. - Текст : электронный.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/1293>

2. Измерение и анализ электрофизических характеристик мемристивных структур : учебно-методическое пособие / О. Н. Горшков, С. В. Тихов, М. Н. Коряжкина [и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 31 с. - Текст : электронный.
<http://e-lib.unn.ru/MegaPro/Download/MObject/2280>

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-10:

1. Смоделировать поведение мемристора при подаче импульсного сигнала.
2. Рассчитать ток через одиночный филамент.
3. Рассчитать токи и напряжения в замкнутой цепи с одним или двумя мемристивными элементами.
4. Оценить сопротивления мемристора в высокоомном и низкоомном состояниях по заданной вольт-амперной характеристике.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.
не зачтено	Обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий.

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.	При решении стандартных задач не	Продемонстрированы основные	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все	Продемонстрированы все основные

	Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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	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 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 - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-10

На промежуточную аттестацию обучающийся готовит доклад-презентацию с использованием доступного ПО. Тема доклада определяется преподавателем на основе перечня. Примерное время доклада (без учета ответов на вопросы) составляет 20-30 минут, примерное число слайдов презентации – 20-40. Обучающийся обязан отразить в докладе современное состояние заданной темы.

Типовые темы для подготовки доклада-презентации:

1. Физические реализации мемристоров.
2. Формальные нейронные сети.
3. Органические мемристоры.
4. Радиационные эффекты в электронных схемах.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения доклада-презентации по теме курса.
не зачтено	Обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения доклада-презентации.

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

Основная литература:

1. Трубочкина Н. К. Нанoeлектроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 : учебник / Н. К. Трубочкина. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 281 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-9916-7735-6. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849280&idb=0>.
2. Трубочкина Н. К. Нанoeлектроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2 / Трубочкина Н. К. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 250 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/490532> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-9916-7737-0 : 849.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=787798&idb=0>.
3. Основы работы в среде приборно-технологической САПР SENTAURUS. - Воронеж : ВГУ, 2017. - 97 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ВГУ - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730927&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Плотников Геннадий Семенович. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники : учебное пособие для вузов / Г. С. Плотников, В. Б. Зайцев. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2024. - 166 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/539169> (дата обращения: 15.08.2024). - ISBN 978-5-534-03637-4 : 649.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=911036&idb=0>.
2. Щука А. А. Нанoeлектроника / Щука А. А. ; под общ. ред. Сигова А.С. - Москва : Юрайт, 2022. - 297 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/490154> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-9916-8280-0 : 939.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=788533&idb=0>.

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

1. Электронный ресурс <http://www.synopsys.com>; демонстрационная версия программы «TCAD Sentaurus»; демонстрационная версия программы «Microwave Office».
2. ОС Windows и пакет Office.
3. Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

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: лабораторным оборудованием ННГУ.

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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 28.04.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника.

Автор(ы): Михайлов Алексей Николаевич, кандидат физико-математических наук
Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук
Филатов Дмитрий Олегович, доктор физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Бурдов Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 15.04.2024, протокол № б/н.