

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 18.08.2025 15:52:01

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73ed70e30e302b8807

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

« 2 » декабря 2020 г.

М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС
и систем на кристалле»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.АПЭ Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность технических проблем.	Знания тенденций и перспектив развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники Умения выявлять естественнонаучную сущность технических проблем Опыт выявления сущности технических проблем в профессиональной области
ОПК-3 Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.	ОПК-3.АПЭ Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области.	Знания типовых процедур применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в профессиональной сфере деятельности Умения использовать современные информационные и компьютерные технологии, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности Опыт использования методов математического моделирования в профессиональной области

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Материалы, изучаемые в данной дисциплине, используются при прохождении практик и подготовке выпускной квалификационной работы.

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Электротехника», «Радиоэлектроника», «Физика полупроводников и полупроводниковых приборов», «Автоматизация схемотехнического проектирования», «Автоматизация функционально-логического проектирования», «Модели и методы анализа проектных решений». Для успешного усвоения дисциплины наиболее важными являются следующие разделы (темы) этих дисциплин: полевые транзисторы, модели полупроводниковых приборов, КМОП схемотехника, методы проектирования цифровых КМОП СБИС.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: «Цифровые интегральные схемы. Проектирование сложно-функциональных блоков», «Проектирование схем со смешанными сигналами», «Цифровые интегральные схемы. Энергоэффективное проектирование».

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	16	16	-	76	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1. История и этапы развития электроники и нанoeлектроники.	4	2	–	12	Написание контрольной работы №1
2. Актуальные проблемы микроэлектроники и нанoeлектроники	6	6	–	20	Сдача индивидуального задания №1
					Написание контрольной работы №2
3. Современные аналитические методы	4	6	–	16	Сдача индивидуального задания №2

исследования изделий микроэлектроники и наноэлектроники					Написание контрольной работы №3
4. Современные направления наноэлектроники	2	2	–	24	Написание контрольной работы №4
1-4	-	-	-	4	Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Современное состояние, роль электроники в мире. История развития электроники. Основные вехи: электровакуумные лампы, транзистор, ИС, ПС, Интернет, мобильный телефон, смартфон, планшет.
	2	2	Закон Мура. Международная программа развития микроэлектроники (ITRS). Современный уровень технологии. Развитие КМОП ИС. Направления улучшения параметров транзистора. Изменение конструкции и размеров (напряженный кремний, h_k и l_k диэлектрики, Tri-gate). Ожидаемые вехи в развитии ИС.
2	3	2	Актуальные проблемы технология микроэлектроники и наноэлектроники. Методы литографии (оптическая, электронная, рентгеновская, импринт-литография), история их развития, сравнение характеристик.
	4	2	Виды коррекции изображения. Фазосдвигающие фотошаблоны. Безмасочные методы формирования рисунка.
	5	2	Методы осаждения слоев (термическое, магнетронное, CVD, ALD, ионнолучевое и электростимулированное). История развития, перспективы. Методы легирования (диффузия, ионная имплантация). Химико-механическая полировка. История развития, перспективы.
3	6	2	Современные аналитические методы исследования изделий микроэлектроники и наноэлектроники, их физический принцип и возможности. Измерение линейных размеров (электронные, зондовые).
	7	2	Элементные и химические методы анализа (ВИМС, Оже, РФЭС).

			Электронные и рентгеновские методы исследования структуры.
4	8	2	Современные направления развития нанoeлектроники.

4.2. Практические занятия

№ модуля	№ практического занятия	Объём занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Основные направления развития КМОП ИС
2	2	2	Методы литографии (оптическая, электронная, рентгеновская, импринт-литография).
	3	2	Технологическое оборудование для изготовления МЭМС изделий
	4	2	Фазосдвигающие фотошаблоны.
3	5	2	Современные аналитические методы исследования изделий нано- и микроэлектроники
	6	2	Измерение линейных размеров (электронные, зондовые).
	7	2	Элементные и химические методы анализа (ВИМС, Оже, РФЭС).
4	8	2	Современные направления развития нанoeлектроники.

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объём занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Работа с учебными пособиями, конспектами лекций и ресурсами Интернет по освоению содержания лекций
	6	Подготовка к контрольной работе №1
2	6	Работа с учебными пособиями, конспектами лекций и ресурсами Интернет по освоению содержания лекций
	7	Выполнение индивидуального домашнего задания №1
	7	Подготовка к контрольной работе №2
3	4	Работа с учебными пособиями, конспектами лекций, материалами ЭМИРС и ресурсами Интернет по освоению содержания лекций

	6	Выполнение индивидуального домашнего задания №2
	6	Подготовка к контрольной работе №3
4	10	Работа с учебными пособиями, конспектами лекций, материалами ЭМИРС и ресурсами Интернет по освоению содержания лекций
	14	Подготовка к контрольной работе №4
1-4	4	Выполнение практико-ориентированного задания

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для каждого модуля используется соответствующее пособие, размещенное в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»:

https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=353936

Модуль 1 «История и этапы развития электроники и нанoeлектроники»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература (см. п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для подготовки к практическим занятиям (учебная литература (см. п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения самостоятельной работы (учебная литература (см. п.1).
- ✓ Подготовка к контрольной работе осуществляется на основе материалов, перечисленных выше.

Модуль 2 «Актуальные проблемы микроэлектроники и нанoeлектроники»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература (см. п.2), материалы включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для подготовки к практическим занятиям (учебная литература (см. п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения самостоятельной работы (учебная литература (см. п.1).
- ✓ Подготовка к контрольной работе, выполнение индивидуального задания осуществляется на основе материалов, перечисленных выше.

Модуль 3 «Современные аналитические методы исследования изделий микроэлектроники и нанoeлектроники»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература (см. п.3), материалы включают изложение теоретического материала модуля.
- ✓ Материалы для подготовки к практическим занятиям (учебная литература (см. п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения самостоятельной работы (учебная литература (см. п.1).
- ✓ Подготовка к контрольной работе, выполнение индивидуального задания осуществляется на основе материалов, перечисленных выше.

Модуль 4 «Современные направления нанoeлектроники»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература (см. п.4), материалы включают изложение теоретического материала модуля.
- ✓ Материалы для подготовки к практическим занятиям (учебная литература (см. п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения самостоятельной работы (учебная литература (см. п.1).
- ✓ Подготовка к контрольной работе осуществляется на основе материалов, перечисленных выше.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

- 1 Нанотехнологии в электронике: Вып. 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2015. - 480 с. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-422-3
- 2 Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов [Текст] / Г. Я. Красников. - 2-е изд., испр. - М. : Техносфера, 2011. - 800 с. - (Мир электроники). - ISBN 978-5-94836-289-2
- 3 Попков А.Ф. Физические основы магнетизма и спинного транспорта в устройствах магнитной электроники: Учеб. пособие / А. Ф. Попков, М. Н. Журавлев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2014. - 260 с. - ISBN 978-5-7256-0758-1
- 4 Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева ; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 400 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/66309> (дата обращения: 09.12.2020). - ISBN 978-5-9963-2904-5
- 5 Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М. А. Королев, [и др.] ; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с. - Изд. выполнено в рамках инновац. образоват. программы МИЭТ "Соврем. проф. образование для рос. инновац. системы в области электроники". - ISBN 978-5-94774-583-2
- 6 Киреев В.Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии / В. Ю. Киреев. - М. : ФГУП "ЦНИИХМ", 2008. - 432 с. - ISBN 978-5-904586-01-0

Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.
2. IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTERGRATED CIRCUITS & SYSTEMS . - USA : IEEE, [б.г.]. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43> (дата обращения: 09.12.2020).

- 12.12.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: Теорет. и прикладной науч.-техн. журн. / Издательство "Новые технологии". - М. : Новые технологии, 1995 -.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : электронно-библиотечная система. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.11.2020); Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
4. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 30.09.2019)
5. ProQuest : сайт. - URL: <http://search.proquest.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
6. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 30.10.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
7. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : электронная библиотека. - USA ; UK, 1998 - . - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение, которое предполагает использование внешних электронных ресурсов сети Интернет для самостоятельной работы по освоению дополнительного материала дисциплины.

Материал электронного курса посвящен актуальным проблемам технологии, современным аналитическим методам исследования изделий и направлениям развития микроэлектроники и наноэлектроники. Студенту требуется изучать материалы курса параллельно с основным материалом.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы (<http://orioks.miet.ru>).

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Microsoft (Azure), Microsoft Office
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Microsoft (Azure), Microsoft Office, браузер Google Chrome

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ОПК-1.АПЭ** «Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность технических проблем»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ОПК-2.АПЭ** «Способен применять современные методы исследования»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны:

- принять участие в опросах и дискуссиях во время лекций;
- выполнить контрольные работы и практическое задание;
- выполнить задание на практический опыт деятельности.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лекционным и практическим занятиям, использование основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

С целью качественной организации самостоятельной работы студентов проводятся разъяснения материала. Вводное разъяснение проводится лектором дисциплины в начале первой лекции и включает: информацию о структуре и графике контрольных мероприятий, содержании и порядке проведения контрольных мероприятий, правилах оценивания согласно НБС МИЭТ, учебной литературе и дополнительных

информационных источниках, основных требованиях по оценке качества освоения дисциплины, самостоятельной работе студентов, организации и назначении консультаций.

Для студентов проводятся консультации. Студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями преподавателя: это единственная возможность обучаться индивидуально и выяснить все возникшие вопросы. Кроме этого на консультациях можно защитить лабораторную работу, если не успели на занятии.

В конце семестра студентами выполняется практико-ориентированное задание, по результатам которого происходит публичное представление результатов заданий СРС на опыт деятельности.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета.

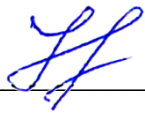
11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 60 баллов, и сдача зачета (максимум 40 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИК:

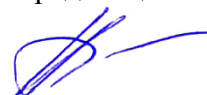
Доцент кафедры ПКИМС, к.ф.-м.н. _____  /Н.А. Дюжев/

Рабочая программа дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС и систем на кристалле» разработана на кафедре ПКИМС и утверждена на заседании кафедры 27 ноября 2020 года, протокол № 8

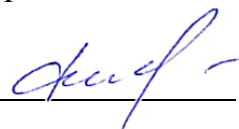
Заведующий кафедрой ПКИМС _____  /С.В. Гаврилов/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____  /И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____  / Т.П. Филиппова/