

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

---

УТВЕРЖДАЮ:  
Малышев А.И.  
декан \_\_\_\_\_  
« 30 » \_\_\_\_\_ августа 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«Проектирование и технология ЭКБ»**

Уровень подготовки

Аспирантура

Направление подготовки

11.06.01 ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Направленность образовательной программы

05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и  
наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Квалификация

Исследователь, преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Нижний Новгород  
2021 год

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Проектирование и технология ЭКБ» относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору и изучается на 4 году обучения в 7 семестре.

### Целями освоения дисциплины являются:

Целями освоения дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы» являются следующие:

- 1.1. Изучение основных методов проектирования электронной компонентной базы и технологий ее изготовления, физических и технологических ограничений пределов уменьшения размеров, возможности увеличения частотного предела быстрогодействия.
- 1.2. Формирование у студентов умений и навыков, необходимых для проектирования электронной компонентной базы, а также оптимизации ее конструкции и электрофизических характеристик по заданным критериальным параметрам.
- 1.3. Получение углубленного профессионального образования по физике и идеологии разработки электронной компонентной базы, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области микро- и нанoeлектроники.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<b>ОПК-1</b> владение методологией и теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> методологию теоретических и экспериментальных исследований в области проектирования и технология электронной компонентной базы. <b>Уметь:</b> разбираться в теоретических и экспериментальных исследованиях в области проектирования и технология электронной компонентной базы. <b>Владеть:</b> методологией теоретических и экспериментальных исследований в области проектирования и технология электронной компонентной базы.
<b>ОПК-4</b> готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы. <b>Уметь:</b> организовать работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы. <b>Владеть:</b> основными особенностями работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.

<b>ПК-6</b> Готовность реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях	<p><b>Знать:</b> специфику инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в проектировании и технологии электронной компонентной базы.</p> <p><b>Уметь:</b> разбираться в особенностях инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.</p> <p><b>Владеть:</b> Готовностью реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.</p>
--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часа, из которых 37 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 34 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очное					
Введение		2				6
Физико-технологическое проектирование ЭКБ		3				6
Физико-топологическое проектирование ЭКБ		3				6
Схемотехниче		4				6

ское проектирование ЭКБ						
Функционально-логическое проектирование ЭКБ		2				6
Заключение		3				4
Итого		36				34
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация - зачет						

### Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
	Введение	Иерархия моделирования и проектирования микро- и наноструктур изделий электронной компонентной базы. Понятие сквозного проектирования изделий микроэлектроники на примере САПР «TCAD Sentaurus». Взаимосвязи процессов развития технологии и проектирования изделий микроэлектроники. Закон Мура. Физические и технологические ограничения технологии производства изделий микроэлектроники.	лекции	зачёт
	Физико-технологическое проектирование ЭКБ	Моделирование основных этапов технологического процесса изготовления изделий микроэлектроники. Реализация моделирования технологических процессов в САПР «TCAD Sentaurus» (эпитаксия, ионная имплантация, диффузия, окисление). Моделирование процесса ионного легирования. Алгоритм TRIM/TRIS. Взаимодействие ионов с аморфной и кристаллической мишенью. Понятие диэлектрического формализма. Особенности моделирования диффузионных процессов, процессов эпитаксии и окисления.	лекции	зачёт

	Физико-топологическое проектирование ЭКБ	Иерархия математических моделей переноса носителей заряда в полупроводниковых структурах. Реализация моделей переноса носителей заряда в САПР «TCAD Sentaurus». Перенос носителей заряда в наноструктурах. Продольное и поперечное квантование. Перенос носителей заряда в субмикронных структурах. Пределы применимости кинетического уравнения Больцмана. Метод частиц на основе процедуры Монте-Карло решения кинетического уравнения Больцмана. Перенос носителей заряда в субмикронных структурах. Система уравнений квазигидродинамического приближения. Пределы применимости квазигидродинамического приближения. Перенос носителей заряда в микронных структурах. Система уравнений диффузионно-дрейфового приближения. Пределы применимости диффузионно-дрейфового приближения. Методы численного решения систем уравнений диффузионно-дрейфового и квазигидродинамического приближений. Метод расщепления по физическим процессам (метод Гуммеля). Метод прямых сведения системы уравнений переноса к системе дифференциально-алгебраических уравнений и особенности ее решения.	лекции	зачёт
	Схемотехническое проектирование ЭКБ	Методы описания линейного четырехполосника. Импульсная и амплитудно-частотная характеристики линейного четырехполосника. S-, Y-, Z-, H- и G-параметры четырехполосника. Особенности описания нелинейного четырехполосника. Эквивалентные схемы базовых полупроводниковых элементов: диода, биполярного транзистора, полевого транзистора.	лекции	зачёт
	Функционально-логическое	Макромоделирование аналоговых интегральных схем. Проектирование	лекции	зачёт

проектирование ЭКБ	СВЧ монолитных интегральных схем в программе Microwave Office. Комбинаторная логика. Базовые логические элементы: И, ИЛИ, НЕ. Последовательная логика. Триггеры, счетчики, ячейка статической памяти. Основы архитектуры микропроцессора.		
Заключение	О точности и достоверности результатов проектирования ЭКБ.	лекции	зачёт

#### 4. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проводят в лекционной форме. На лекциях студенты знакомятся с основными методами проектирования электронной компонентной базы и технологиями ее изготовления, физическими и технологическими ограничениями пределов уменьшения размеров, возможностями увеличения частотного предела быстрого действия.

#### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает в себя активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных пособий.

Оценочными средствами для контроля текущей успеваемости являются текущие оценки в ходе регулярной и равномерной для каждой группы студентов работы на лекциях.

Для прохождения итоговой аттестации проводится экзамен, включающий в себя теоретические вопросы, указанные в разделе «Содержание разделов дисциплины».

При подготовке к итоговой аттестации используются следующие контрольные вопросы, включающиеся в экзаменационные билеты.

1. В чем заключаются основные преимущества сквозного проектирования электронной компонентной базы.
2. Основные технологические этапы изготовления электронной компонентной базы.
3. В чем заключается физико-технологическое моделирование электронной компонентной базы?
4. В чем заключается физико-топологическое моделирование электронной компонентной базы?
5. В чем заключается метод эквивалентной схемы для диодных и транзисторных структур?
6. Каковы физические и технологические ограничения в процессах изготовления изделий микро- и нанoeлектроники?
7. В чем заключается эффект каналирования?
8. В чем заключается основная идея алгоритма Монте-Карло?
9. Сеточные методы решения задач переноса носителей заряда в полупроводниковых структурах.
10. Способы описания линейного четырехполюсника. В чем заключаются особенности описания нелинейного четырехполюсника?
11. Базовые логические элементы (И, ИЛИ, НЕ).
12. Функциональные узлы комбинаторного типа: двоичный сумматор и двоичный умножитель.
13. Функциональные узлы последовательного типа: триггеры (асинхронные и синхронные), счетчики (асинхронные и синхронные).
14. Запоминающие устройства: статическая и динамическая память, постоянная и перепрограммируемая память.

15. В чем заключаются различия между RISC- и CISC-архитектурами процессора, их преимущества и недостатки.
16. В чем заключаются преимущества и недостатки Гарвардской архитектуры и архитектуры фон Неймана.
17. Погрешность входных данных и проблема выбора оптимальной математической модели. Почему достоверность результатов моделирования может падать с увеличением точности самой математической модели?

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**  
включающий:

6.1. *Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования.*

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

6.2. *Описание шкал оценивания*

«Зачтено» – владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, наличие хотя бы фрагментарных знаний по каждому из основных вопросов, способность критически анализировать и сравнивать получаемые научные результаты. Приняты все отчёты.

«Незачтено» – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией. Хотя бы один из отчётов не принят.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

***Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:***

- индивидуальное собеседование,

***Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:***

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций.

Типовые контрольные задания включают в себя 2 вопроса из списка контрольных вопросов выше в п.5.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания приведены в фонде оценочных средств.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины а)**

Основная литература

1. Зи С.М. Технология СБИС. Кн.1 – М.: Мир, 1986. – 404 с. -**3**
2. Зи С.М. Технология СБИС. Кн.2 – М.: Мир, 1986. – 453 с. -**3**
3. Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с. -**4**

б) Дополнительная литература

1. Шкелев Е.И. Электронные цифровые системы и микропроцессоры. – Нижний Новгород: Издательство ННГУ, 2004. – 153 с. -**9**
2. Валиев К.А., Вьюрков В.В., Орликовский А.А. Кремниевая наноэлектроника: проблемы и перспективы // Успехи современной радиоэлектроники. 2010. №6. С.7-22.  
[http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_13/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=MARS&P21DBN=MARS&S21STN=1&S21REF=&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21CNR=&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%9E%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9,%20%D0%90.%20%D0%90.](http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_13/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=MARS&P21DBN=MARS&S21STN=1&S21REF=&S21FMT=fullweb&C21COM=S&S21CNR=&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%9E%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9,%20%D0%90.%20%D0%90.)

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Электронный ресурс <http://www.synopsys.com>
2. Демонстрационная версия программы «TCAD Sentaurus»
3. Демонстрационная версия программы «Microwave Office»

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование – комплекс учебного оборудования фирмы Natinal Instruments;
- лицензионное программное обеспечение фирмы Natinal Instruments.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.06.01 ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор (ы)



к.ф.-м.н., с.н.с ФГУП ФНПЦ НИИИС

им. Ю.Е. Седакова \_\_\_\_\_ Пузанов А.С.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

профессор кафедры физики полупроводников,

электроники и нанoeлектроники, д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_ Демидов Е.С.

Программа рекомендована на заседании кафедры «Физики полупроводников, электроники и нанoeлектроники» от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

# Приложение 1

## ОПК-1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знать:</b> методологию теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	В целом успешное знание методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	Успешное и систематическое знание методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.
<b>Уметь:</b> разбираться в теоретических и экспериментальных исследованиях в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение разбираться в теоретических и экспериментальных исследованиях в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение разбираться в теоретических и экспериментальных исследованиях в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разбираться в теоретических и экспериментальных исследованиях в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	Сформированное умение разбираться в теоретических и экспериментальных исследованиях в области проектирование и технология электронной компонентной базы.
<b>Владеть:</b> методологией теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	В целом успешное, но не систематическое применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.	Успешное и систематическое применение методологии теоретических и экспериментальных исследований в области проектирование и технология электронной компонентной базы.

## ОПК-4 готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности

Планируемые	Критерии оценивания результатов обучения
-------------	--

результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	1	2	3	4	5
<b>Знать:</b> работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	В целом успешное знание работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Успешное и систематическое знание работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.
<b>Уметь:</b> организовать работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение организовать работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение организовать работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение организовать работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Сформированное умение организовать работу исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.
<b>Владеть:</b> основными особенностями работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение основных особенностей работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	В целом успешное, но не систематическое применение основных особенностей работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение основных особенностей работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Успешное и систематическое применение основных особенностей работы исследовательского коллектива в проектировании и технологии электронной компонентной базы.

**ПК-6** Готовность реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знать:</b> специфику инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в проектировании и технологии электронной компонентной базы.	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание специфики инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в проектировании и технологии электронной	В целом успешное знание специфики инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в проектировании и технологии электронной	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание специфики инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в проектировании и технологии	Успешное и систематическое знание специфики инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в проектировании и технологии электронной компонентной базы.

		компонентной базы.	компонентной базы.	электронной компонентной базы.	
<b>Уметь:</b> разбираться в особенностях инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	Отсутствие умений	Частично освоенное умение разбираться в особенностях инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение разбираться в особенностях инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разбираться в особенностях инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	Сформированное умение разбираться в особенностях инновационных проектов в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.
<b>Владеть:</b> Готовностью реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение готовности реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	В целом успешное, но не систематическое применение готовности реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение готовности реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.	Успешное и систематическое применение готовности реализовывать инновационные проекты в научных, образовательных организациях, учреждениях социальной сферы и в высокотехнологичных предприятиях.