

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

Северодонецкий технологический институт

Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись)
« 26 » 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование и технология электронной компонентной базы»

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и микроэлектроника

Магистерская программа «Промышленная электроника
и микропроцессорная техника»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (магистерская программа «Промышленная электроника и микропроцессорная техника») – 22 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Проектирование и технология электронной компонентной базы» разработана в соответствии Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 82 от 08.02.2021 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Чебан В.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники « 05 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой ИТПЭ  В.Г. Чебан

Переутверждена: « » 20 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» « 16 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»

 Ю.В. Бородач

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование у обучающихся знаний о методах проектирования, а именно моделирования конструкции и топологии, электронной компонентной базы (ЭКБ), физических принципах и методике выполнения основных технологических процессов производства современных изделий микро- и нанoeлектроники.

Задачи: изучить методы расчета, моделирования конструкции и топологии изделий ЭКБ с учетом заданных требований и с использованием систем автоматизированного проектирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Проектирование и технология электронной компонентной базы» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знания физики и математики, основ измерительной техники, основ теории сигналов и цепей, физических основ полупроводниковых приборов; приборов и методов, технологии производства полупроводниковых приборов, гибридных и интегральных микросхем;

умения использования персонального компьютера на уровне пользователя;

навыки обработки информации из различных источников, в том числе с использованием современных информационных технологий.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники», «САПР электронных устройств и систем».

Служит основой для изучения следующих дисциплин: «Динамика управляемых преобразовательных установок», «Магнитные элементы электронных устройств», «Моделирование электронных устройств и систем», «Конструирование электронной аппаратуры», «Замкнутые электромеханические системы», «Проектный менеджмент», приобретенные знания и умения используются при прохождении производственных практик, для выполнения и защиты ВКР.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-5. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	ПК-5.1. Знает принципы подготовки технических заданий на современные электронные устройства	Знать: подготовку технических заданий на современные электронные устройства; принципы построения ЭКБ; основы проектирования и конструирования приборов и устройств разных видов; основные физические и технологические ограничения при проектировании и изготовлении изделий микро- и нанoeлектроники
	ПК-5.2. Умеет разрабатывать приборы и системы электронной техники	Уметь: использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

	ПК-5.3. Владеет навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и нанoeлектроники	Владеть: навыками использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования ЭКБ
ПК-6. Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	ПК-6.1. Знает нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации	Знать: нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации; правила оформления отчетов о научно-исследовательской работе, основанных на требованиях ГОСТ
	ПК-6.2. Умеет использовать стандарты и нормативные требования при разработке документации	Уметь: использовать стандарты и нормативные требования при оформлении результатов экспериментальной деятельности, а также подготавливать документы для проектирования ЭКБ
	ПК-6.3. Владеет навыками выпуска документации для организации серийного выпуска изделий	Владеть: навыками выпуска документации и работы в проектных системах
ПК-7. Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	ПК-7.1. Знает современные технологические процессы производства изделий микро- и нанoeлектроники	Знать: фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и нанoeлектроники
	ПК-7.2. Умеет проводить анализ и выбор перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники	Уметь: проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий электроники и нанoeлектроники
	ПК-7.3. Владеет навыками проектирования технологических процессов производства изделий микро- и нанoeлектроники	Владеть: опытом разработки методик экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных материалов
ПК-8. Способен осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	ПК-8.1. Знает методы авторского сопровождения разрабатываемых изделий микроэлектроники	Знать: методы авторского сопровождения разрабатываемых изделий микроэлектроники
	ПК-8.2. Умеет анализировать причины брака выпускаемых изделий микроэлектроники	Уметь: анализировать причины брака выпускаемых изделий микроэлектроники
	ПК-8.3. Владеет навыками подготовки дефектных ведомостей устройств, приборов и систем электронной техники	Владеть: навыками подготовки дефектных ведомостей устройств, приборов и систем электронной техники

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	216 (6 зач. ед)	216 (6 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	108	60
Лекции	14	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	56	16
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	36	36
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	108	156
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Исходные данные и порядок проектирования микросхем.

Схема устройства (принципиальная или блок-схема). Технологические нормы производственного процесса.

Порядок проектирования - проектирование элементов, проектирование функциональных узлов, проектирование функциональных блоков, проектирование IP-блоков, проектирование системы на кристалле.

Тема 2. Элементы полупроводниковых ЭКБ.

Элементы полупроводниковых ЭКБ на биполярных транзисторах. Транзисторы типа *n-p-n* (транзисторы с тонкой базой, многоэмиттерные транзисторы, многоколлекторные транзисторы). Транзисторы типа *p-n-p* (горизонтальные транзисторы типа *p-n-p*, вертикальные транзисторы типа *p-n-p*). Составные транзисторы. Интегральные диоды. Интегральные резисторы (диффузионные резисторы, пинч-резисторы, эпитаксиальные резисторы, эпитаксиальные пинч-резисторы, ионно-легированные резисторы, тонкопленочные резисторы). Интегральные конденсаторы. Соединения и контактные площадки. Элементы полупроводниковых ЭКБ на униполярных транзисторах.

Тема 3. Конструирование и расчет параметров элементов ЭКБ.

Конструирование и расчет параметров резисторов. Конструирование и расчет параметров конденсаторов.

Конструирование и выбор структуры интегральных транзисторов.

Конструирование и выбор структуры диодов ЭКБ.

Тема 4. Разработка топологии ЭКБ.

Конструктивно-технологические ограничения при разработке топологии ЭКБ на биполярных транзисторах. Правила проектирования топологии полупроводниковой ЭКБ (правила проектирования изолированных областей, правила размещения элементов ЭКБ на площади кристалла, рекомендации по разработке эскиза топологии, проверка правильности разработки топологии ЭКБ).

Разработка документации на комплект фотошаблонов для производства ЭКБ.

Подложки тонкопленочных интегральных микросхем (ИМС). Материалы элементов тонкопленочных ИМС. Методы формирования конфигураций элементов. Компоненты ИМС. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонкопленочных ИМС. Расчет конструкций элементов и разработка топологии тонкопленочных ИМС.

Тема 5. Основы планарной технологии.

Структура приборов и основные процессы планарной технологии. Особенности и преимущества планарной технологии. Обработка кремниевых подложек. Легирование кремния. Эпитаксиальное наращивание слоев кремния. Получение тонких пленок. Фотолитография.

Тема 6. Технологический процесс изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.

Методы изоляции элементов. Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых ИМС.

Тема 7. Технологические процессы изготовления тонкопленочных и гибридных интегральных микросхем

Материалы подложек. Материалы пленок в тонкопленочных ИМС. Получение рисунков в тонких пленках. Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных и толстопленочных ИМС.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Исходные данные и порядок проектирования микросхем	2	2
2	Элементы полупроводниковых ЭКБ	2	
3	Конструирование и расчет параметров элементов ЭКБ	2	2
4	Разработка топологии ЭКБ	2	
5	Основы планарной технологии	2	2
6	Технологический процесс изготовления полупроводниковых ИМС	2	2
7	Технологические процессы изготовления тонкопленочных и гибридных ИМС	2	
Итого:		14	8

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Исходные данные и порядок проектирования микросхем	4	-
2	Элементы полупроводниковых ЭКБ	4	-
3	Конструирование и расчет параметров ЭКБ	4	-
4	Типовые технологические процессы изготовления ИМС на биполярных транзисторах	4	-

5	Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых ИМС	4	-
6	Материалы подложек. Материалы пленок. Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных и толстопленочных ИМС	4	-
7	Анализ схемы электрической принципиальной	4	4
8	Выбор конструкции ИМС	4	
9	Выбор технологии изготовления ИМС	4	4
10	Расчет активных элементов ИМС	4	
11	Расчет геометрических размеров пассивных элементов ИМС	4	4
12	Разработка топологии ИМС в соответствии с технологией изготовления	4	
13	Выбор и разработка корпуса ИМС	4	4
14	Проверочные расчеты проектирования ИМС	4	
Итого:		56	16

4.5. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Исходные данные и порядок проектирования микросхем	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	-
2	Элементы полупроводниковых ЭКБ	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	-
3	Конструирование и расчет параметров ЭКБ	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	-
4	Типовые технологические процессы изготовления ИМС на биполярных транзисторах	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	-
5	Типовые технологические процессы изготовления полупроводниковых ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	-
6	Материалы подложек. Материалы пленок. Типовые технологические процессы изготовления тонкопленочных и толстопленочных ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	-
7	Анализ схемы электрической принципиальной	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
8	Выбор конструкции ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
9	Выбор технологии изготовления ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15

10	Расчет активных элементов ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
11	Расчет геометрических размеров пассивных элементов ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
12	Разработка топологии ИМС в соответствии с технологией изготовления	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
13	Выбор и разработка корпуса ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
14	Проверочные расчеты проектирования ИМС	Подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов	6	15
15	Курсовая работа	Выполнение курсовой работы	24	36
Итого:			108	156

4.7. Курсовые работы/проекты

Учебным планом предусмотрено выполнение студентами курсовой работы.

Тематика курсовой работы – проектирование интегральной микросхемы.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);
- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;
- технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;
- технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);
- технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;
- технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на

личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы), защита курсовой работы. Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Торгонский Л.А. Проектирование интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебное пособие. В 2-х разделах. - Томск: ТМЦДО, 2007. - Раздел 1. - 254 с
2. Торгонский Л.А. Проектирование интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебное пособие. В 2-х разделах. - Томск: ТМЦДО, 2007. - Раздел 2. - 228 с.
3. Хорин И.А. Технологии электронной компонентной базы [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Хорин. - Электрон. текстовые данные. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. - 278 с. - 978-5-4486-0210-8. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73345.html>

б) Дополнительная литература:

1. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.А. Коледов. - 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-0766-8. URL: <https://e.lanbook.com/book/167750>
2. Попов В.Д. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Д. Попов, Г.Ф. Белова. - СПб. Лань, 2022. - 208 с. - ISBN 978-5-8114-1375-1. URL: <https://e.lanbook.com/book/211199>

в) Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф>
2. Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – <http://www.mnr.gov.ru>
3. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru>
4. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
5. Министерство природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР – <https://www.mprlnr.su>
6. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
7. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
8. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>
9. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru>
10. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» – <http://elibrary.ru>
4. ЭБС Издательства «ЛАНЬ» – <https://e.lanbook.com>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Практические занятия проводятся с использованием компьютеризированных аудиторий.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

**8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине**

**Паспорт
фонда оценочных средств по учебной дисциплине
«Проектирование и технология электронной компонентной базы»**

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контроли- руемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирова- ния (семестр изучения)
1.	ПК-5	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	ПК-5.1. ПК-5.2. ПК-5.3.	Тема 1 Исходные данные и порядок проектирования микросхем	2
				Тема 2 Элементы полупроводнико- вых ЭКБ	2
				Тема 3 Конструирование и расчет параметров элементов ЭКБ	2
				Тема 4 Разработка топологии ЭКБ	2
				Тема 5 Основы планарной технологии	2
				Тема 6 Технологический процесс изготовления полупроводнико- вых ИМС	2
				Тема 7 Технологические процессы изготовления тонкопленочных и гибридных ИМС	2

2.	ПК-6	Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	ПК-6.1. ПК-6.2. ПК-6.3.	Тема 1 Исходные данные и порядок проектирования микросхем	2
3.	ПК-7	Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	Тема 1 Исходные данные и порядок проектирования микросхем Тема 3 Конструирование и расчет параметров элементов ЭКБ	2 2
4.	ПК-8	Способен осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	ПК-8.1. ПК-8.2. ПК-8.3.	Тема 1 Исходные данные и порядок проектирования микросхем Тема 3 Конструирование и расчет параметров элементов ЭКБ	2 2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-5	ПК-5.1. ПК-5.2. ПК-5.3.	Знать: подготовку технических заданий на современные электронные устройства; принципы построения ЭКБ; основы проектирования и конструирования приборов и устройств разных видов; основные физические	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7. Практические занятия 1-14	Контрольные вопросы к практическим занятиям, тесты, вопросы к экзамену

			и технологические ограничения при проектировании и изготовлении изделий микро- и наноэлектроники. Уметь: использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения. Владеть: навыками использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования ЭКБ		
2.	ПК-6	ПК-6.1. ПК-6.2. ПК-6.3.	Знать: нормативные требования к разработке проектно-конструкторской документации; правила оформления отчетов о научно-исследовательской работе, основанных на требованиях ГОСТ. Уметь: использовать стандарты и нормативные требования при оформлении результатов экспериментальной деятельности, а также подготавливать документы для проектирования ЭКБ. Владеть: навыками выпуска документации и работы в проектных системах	Тема 1. Практические занятия 1-14	Контрольные вопросы к практическим занятиям, тесты, вопросы к экзамену

3.	ПК-7	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	Знать: фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники. Уметь: проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий электроники и наноэлектроники. Владеть: опытом разработки методик экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров нано- структурированных материалов	Тема 1, Тема 3. Практические занятия 1, 3	Контрольные вопросы к практическим занятиям, тесты, вопросы к экзамену
4.	ПК-8	ПК-8.1. ПК-8.2. ПК-8.3.	Знать: методы авторского сопровождения разрабатываемых изделий микроэлектроники. Уметь: анализировать причины брака выпускаемых изделий микроэлектроники. Владеть: навыками подготовки дефектных ведомостей устройств, приборов и систем электронной техники	Тема 1, Тема 3. Практические занятия 1, 3	Контрольные вопросы к практическим занятиям, тесты, вопросы к экзамену

8.1. Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Общая классификация и краткая характеристика микросхем.
2. Основные процессы планарной технологии.
3. Конструирование и расчет параметров элементов ЭКБ.
4. Порядок расчета конструктивных и электрических параметров элементов ЭКБ.
5. Подложки тонкопленочных ИМС.
6. Компоненты ИМС.
7. Расчет конструкций элементов тонкопленочных ИМС.
8. Разработка топологии тонкопленочных ИМС.
9. Обеспечение тепловых режимов работы ЭКБ.
10. Структура приборов и основные процессы планарной технологии.
11. Особенности и преимущества планарной технологии.
12. Механическая обработка кремния.
13. Травление кремния.
14. Легирование кремния. Эпитаксиальное наращивание слоев кремния.
15. Получение тонких пленок.
16. Фотолитография.
17. Технологический процесс изготовления полупроводниковых ИМС.
18. Технологические процессы изготовления тонкопленочных и ИМС.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

8.2. Тесты:

1. Топология интегральной схемы – это:
 - а) вид сверху на интегральную схему;
 - б) регламент, пространственные отношения связности и соседства векторных объектов;
 - в) зафиксированное на материальном носителе пространственно-геометрическое расположение совокупности элементов интегральной микросхемы и связей между ними;
 - г) многоцветный рисунок поверхности интегральной схемы.
2. Правила Мида Конвея отвечают за:
 - а) соотношение и допуски между элементами топологии;
 - б) допустимые номиналы в топологии интегральной схемы;

- в) последовательность слоев в топологии интегральной схемы;
- г) углы наклона топологического рисунка.

3. Коэффициент Лямбда (λ) в проектировании топологии выполняет роль:

- а) коэффициента плотности рабочей сетки на экране;
- б) отношения ширины и длины канала полевого транзистора;
- в) длины волны в топологии ИС;
- г) коэффициента масштабирования.

4. К основным электрическим параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика;
- б) тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний;
- в) геометрические размеры истока/стока, глубина залегания p - n перехода;
- г) пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика.

5. К основным электрофизическим параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика;
- б) тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний;
- в) геометрические размеры истока/стока, глубина залегания p - n перехода;
- г) пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика.

6. К основным конструктивным параметрам МДП транзистора с изолированным затвором относятся:

- а) длина канала, ширина канала, толщина затворного диэлектрика;
- б) тип и концентрация примеси в подложке, подвижность основных носителей в канале, плотность поверхностных состояний;
- в) геометрические размеры истока/стока, глубина залегания p - n перехода;
- г) пороговое напряжение, коэффициент влияния подложки, удельная крутизна, стоковая характеристика.

7. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом n -типа:

- а) увеличивается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке;
- б) не изменяется с ростом концентрации примеси в подложке;
- в) уменьшается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке;
- г) увеличивается с ростом концентрации примеси в подложке, а затем резко падает.

8. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом p -типа:

- а) увеличивается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке;
- б) не изменяется с ростом концентрации примеси в подложке;
- в) уменьшается с ростом концентрации легирующей примеси в подложке;
- г) увеличивается с ростом концентрации примеси в подложке, а затем резко падает.

9. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом n -типа:

- а) увеличивается с ростом толщины подзатворного диэлектрика;
- б) не изменяется с ростом толщины подзатворного диэлектрика;
- в) уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика;

- г) уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика, а затем резко нарастает.
10. Пороговое напряжение МДП транзистора с индуцированным каналом р-типа:
- увеличивается с ростом толщины подзатворного диэлектрика;
 - не изменяется с ростом толщины подзатворного диэлектрика;
 - уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика;
 - уменьшается с ростом толщины подзатворного диэлектрика, а затем резко нарастает.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

8.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

- Интегральная микросхема. Элемент интегральной микросхемы. Компонент интегральной микросхемы.
- Классификация ИС: полупроводниковые, гибридные и прочие (пленочные, вакуумные и др.).
- Полупроводниковая интегральная микросхема.
- Пленочная интегральная микросхема.
- Гибридная интегральная микросхема.
- Полупроводниковые (твердотельные) – биполярные, МОП, БИМОП.
- Плёночные – тонкопленочные, толстопленочные.
- Гибридные и совмещённые микросхемы.
- Среднее, большое, сверхбольшое быстродействие микросхем.
- Малые ИС (МИС), средние ИС (СИС), большие ИС (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы.
- Значение и роль физики полупроводников, технологии и схемотехники в проектировании ИМС.
- Составляющие процесса проектирования ЭКБ (элементы, логические элементы, функциональные узлы, функциональные блоки, IP-блоки (intellectual property), SoC (System-on-Chip)).
- Схема устройства (принципиальная или блок-схема).
- Технологические нормы производственного процесса.
- Общие принципы проектирования ИМС.
- Порядок проектирования - проектирование элементов, проектирование функциональных узлов, проектирование функциональных блоков, проектирование IP-блоков, проектирование системы на кристалле.
- Уровни проектирования.
- Рабочие слои ИМС.
- Основные слои твердотельных ИМС. Свойства материалов ИМС.
- Рабочие слои полупроводника.
- Контакты в ИМС. Контакт «металл – полупроводник». Контакт «металл – металл».

22. Межсоединения в ИМС. Материалы токоведущих дорожек. Ширина токоведущих дорожек. Сопротивление и емкость токоведущей дорожки.
23. Элементы полупроводниковых ЭКБ на биполярных транзисторах.
24. Транзисторы типа $n-p-n$ (транзисторы с тонкой базой, многоэмиттерные транзисторы, многоколлекторные транзисторы).
25. Транзисторы типа $p-n-p$ (горизонтальные транзисторы типа $p-n-p$, вертикальные транзисторы типа $p-n-p$).
26. Составные транзисторы.
27. Интегральные диоды.
28. Интегральные резисторы (диффузионные резисторы, пинч-резисторы, эпитаксиальные резисторы, эпитаксиальные пинч-резисторы, ионно-легированные резисторы, тонкопленочные резисторы).
29. Интегральные конденсаторы.
30. Соединения и контактные площадки.
31. Элементы полупроводниковых ЭКБ на униполярных транзисторах.
32. Изоляция с помощью $p-n$ -переходов.
33. Изоляция диэлектриком. Комбинированная изоляция.
34. Конструирование и расчет параметров резисторов.
35. Конструирование и расчет параметров конденсаторов.
36. Конструирование и выбор структуры интегральных транзисторов.
37. Конструирование и выбор структуры диодов ЭКБ.
38. Конструктивно-технологические ограничения при разработке топологии ЭКБ на биполярных транзисторах.
39. Правила проектирования топологии полупроводниковой ЭКБ (правила проектирования изолированных областей, правила размещения элементов ЭКБ на площади кристалла, рекомендации по разработке эскиза топологии, проверка правильности разработки топологии ЭКБ).
40. Подложки тонкопленочных ИМС.
41. Материалы элементов тонкопленочных ИМС.
42. Методы формирования конфигураций элементов.
43. Компоненты ИМС.
44. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании тонкопленочных ИМС.
45. 43. Расчет конструкций элементов и разработка топологии тонкопленочных ИМС.
46. Платы толстопленочных ИМС.
47. Основные технологические операции изготовления толстопленочных ИМС.
48. Конструктивный расчет элементов и разработка топологии.
49. Технические условия на ЭКБ.
50. Конструктивные методы защиты от дестабилизирующих факторов.
51. Обеспечение тепловых режимов работы ЭКБ.
52. Обеспечение влагозащиты.
53. Структура приборов и основные процессы планарной технологии.
54. Особенности и преимущества планарной технологии.
55. Механическая обработка кремния.
56. Очистка поверхности кремния.
57. Травление кремния.
58. Легирование кремния.
59. Эпитаксиальное наращивание слоев кремния.
60. Получение тонких пленок.
61. Фотолитография.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль
(экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
 - продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
 - продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			