

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	1 семестр - 109,2 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	1 семестр - 4 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0 часов;
Защита курсового проекта	1 семестр - 0,8 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение особенностей конструкции, расчета основных характеристик активных элементов современных цифровых сверхбольших и ультрабольших интегральных микросхем (СБИС и УБИС), технологических приемов их изготовления.

Задачи дисциплины

- изучение основных конструктивно-технологических особенностей современных СБИС и УБИС;;
- приобретение навыков критического анализа применяемых на практике при создании СБИС и УБИС конструктивных и технологических решений, их достоинств и возможных недостатков;;
- овладение навыками выполнения расчетов основных характеристик и параметров активных элементов интегральных микросхем;;
- формирование навыков учета особенностей работы и применения ИМС, предназначенных для обработки цифровых сигналов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и наноэлектроники	ИД-2 _{ПК-2} Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования материалов микро- и наноэлектроники	знать: - особенности применения и конструктивно-технологические требования, предъявляемые к приборам, предназначенных для обработки цифровых сигналов.;; - особенности изготовления и применения комплементарных МОП и МДП структур, структур с управляющим р-п переходом, МЕР-структур, транзисторов с высокой подвижностью электронов (НЕМТ-приборов); - назначение, принципы практического применения, конструктивные особенности биполярных и униполярных приборов, используемых в качестве активных элементов современных СБИС и УБИС;; - уметь 4. уметь: - использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных.;; - делать научно-обоснованные выводы по результатам выполненных исследований изделий микро- и наноэлектроники.;; - применять методы анализа для выбора адекватных конструктивно-технологические решений при создании

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		приборов микро- и нанoeлектроники;; - использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Полупроводниковые материалы и структуры (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	(1) Роль микроэлектроники и наноэлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.	12	1	3	-	2	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> прорабатываются материалы по существующим системам классификации изделий микроэлектроники, основные отличия и преимущества каждой из применяемых систем</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу: "Системы классификация изделий электронной техники."</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения мини-задач по разделам: особенности расчета порогового напряжения МОП-структуры с учетом работ выхода материалов затвора, подзатворного диэлектрика и полупроводника. .Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. учет величины встроенного заряда в подзатворный окисел при расчете величины порогового напряжения. 2. Учет кристаллографической ориентации кремниевой подложки на величину встроенного в диэлектрик заряда. 3. Учет</p>
1.1	(1) Роль микроэлектроники и наноэлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.	12		3	-	2	-	-	-	-	-	7	-	

												<p>величины работы выхода материала затвора на величину порогового напряжения.</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Студенту необходимо провести обзор литературных источников по заданной теме, выполнить расчеты основных электрических характеристик МОП полевого транзистора в соответствии с заданием, описать и рассчитать параметры проведения технологической операции по созданию отдельных областей МОП-структуры в соответствии с темой задания. В качестве тем курсовой работы студенту предлагаются следующие варианты: 1. Расчет основных характеристик МОП-структуры и параметров технологического процесса диффузии при создании областей стока и истока p-канального полевого транзистора 2. Расчет характеристик p-канального полевого транзистора и технологического процесса создания областей стока и истока методом ионной имплантации. 3. Расчет электрических характеристик МОП полевого транзистора с алюминиевым затвором, расчет параметров процесса имплантации примеси в канал для подгонки величины порогового напряжения прибора 4. Расчет характеристик p-канального МОП полевого транзистора и создания областей стоп-каналов инверсной проводимости методом диффузии</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники."</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: - бурное развитие микроэлектроники, как ответ на запросы научно-технического прогресса. - основные причины постоянного снижения технологической нормы при производстве изделий микроэлектроники -</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники" и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники." подготовка к выполнению заданий</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

													на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-98 [2], 99-132
2	(2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.	11	3	-	1	-	-	-	-	-	7	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: - расчет величины порогового напряжения МДП-структуры при различных значениях толщины подзатворного диэлектрика: использование диоксида кремния - расчет величины порогового напряжения МДП-структуры при использовании материалов с различными значениями диэлектрической проницаемости подзатворного диэлектрика: использование диоксида гафния. - расчет величины порогового напряжения МДП-структуры при использовании материалов с различными значениями диэлектрической проницаемости подзатворного диэлектрика: использование диоксида тантала.
2.1	(2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.	11	3	-	1	-	-	-	-	-	7	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Проработка материалов лекций, дополнительных материалов и материалов практических занятий по теме "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадоч по

													<p>разделу "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного p-n перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: - Расчет площади, занимаемой изоляционными областями на поверхности пластины, при использовании V- образных изолирующих канавок. - Расчет площади, занимаемой изоляционными областями на поверхности пластины, при использовании U- образных изолирующих канавок/ - Учет размеров деформированных областей кремния в результате выращивания слоя окисла на боковых поверхностях изолирующих канавок.</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Основные причины перехода от дискретных полупроводниковых приборов к интегральным микросхемам при производстве изделий микроэлектроники - Преимущества и основные недостатки метода изоляции элементов ИМС обратно-смещенным p-n переходом. - Основные преимущества перехода к технологии изоляции элементов ИМС Изопланар при производстве изделий микроэлектроники - Основные преимущества применения</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														<p>структур Кремний- на - изоляторе и кремний на сапфире. Проблемы создания таких структур.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция."</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Межэлементная изоляции в ИМС с</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

														<p>применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция. и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-98 [2], 87-98</p>
3	(3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.	13		3	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования используются следующие темы: - Механизм возникновения и роль радиационных нарушений при ионной имплантации. - Модели дефектообразования при проведении плазменных процессов. - Влияние дефектов на границе раздела кремний-подзатворный диэлектрик на характеристики МДП-структуры</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется выбор конкретного</p>
3.1	(3) Создание межэлементной	13		3	-	2	-	-	-	-	-	8	-	

	<p>изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.</p>																									<p>технологического процесса создания заданной объемной области МДП-структуры с учетом особенностей его проведения. Приводится конструкция основного технологического узла . Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: - Особенности проведения диффузии из ограниченного источника, методы создания необходимой концентрации примеси на лицевой поверхности, требования к выбору диффузанта и режимам проведения технологического процесса. - Особенности проведения диффузии из неограниченного источника, методы создания постоянной концентрации примеси на лицевой поверхности пластины, требования к выбору диффузанта и режимам проведения технологического процесса. - Особенности проведения процесса ионной имплантации пр создании областей стока-истока МДП-структуры: выбор материала примеси, ускоряющего напряжения, учет отклонения профиля распределения примеси от нормального, влияние ускоряющего напряжения и массы ионов на форму распределения. <u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы МДП-структуры, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. Выполняется расчет следующих характеристик: Расчет величины порогового напряжения МДП- структуры с</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

												<p>учетом влияния разностей работ выхода материалов металлического затвора, подзатворного диэлектрика и кремния. В качестве материалов затвора используются: а) алюминий б) поликремний в) молибден г) титан</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: - Расчет профилей легирования примеси из неограниченного источника при создании изолирующих областей ИМС. Учет влияния температуры процесса на значение коэффициента диффузии примеси. - Расчет профилей легирования примеси из ограниченного источника при создании изолирующих областей ИМС. Преимущества недостатки данного метода. - Расчет профилей легирования примеси при создании изолирующих областей ИМС методом ионной имплантации. Учет влияния ускоряющего напряжения на профили распределения примеси.</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														<p>форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты:</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления. и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-98 [2], 76-86</p>
4	(4 Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л	13	3	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам</p>	
4.1	(4) Особенности применения биполярных структур	13	3	-	2	-	-	-	-	-	8	-		

	<p>в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л</p>																		<p>предлагаются следующие варианты: - Преимущества использования класса кремниевых логических ИМС с максимальным быстродействием - ЭСЛ логических схем. - Преимущества и недостатки применения цифровых ИМС интегрально-инжекционной логики - И2Л. <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример обязательного задания: Расчет и построение сток-истоковых и сток-затворных характеристик МДП-структуры в соответствии с заданием на курсовое проектирование. <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: - расчет переходных характеристик инвертора на биполярном транзисторе. - Влияние конструктивно-технологических характеристик биполярного транзистора на время задержки переключения (тип проводимости базы, степень легирования и протяженность области базы, степени легирования областей коллектора и эмиттера на характеристики переключения транзистора). <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													<p>выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Цифровые ИМС на основе биполярных структур: преимущества и недостатки использования биполярных структур по сравнению с униполярными приборами. - Преимущества использования класса эмиттерно-связанных кремниевых логических схем по сравнению с остальными классами ЛС на кремнии. - Преимущества применения класса цифровых логических схем Интегральная инжекционная логика.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													И2Л и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-98 [2], 99-132
5	(5) Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: -- Преимущества и недостатки применения в цифровых логических ИМС биполярных транзисторов р- и n-типов. - Преимущества и особенности применения интегральных стабилитронов по сравнению с диодными структурами, создаваемыми в ходе технологического процесса. <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример расчетного задания: - Расчет паразитных
5.1	(5) Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС	14	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	

														<p>емкостей для рассчитываемой МДП-структуры (затвор-подложка, областей перекрытия металлическим затвором областей стока и истока и т.д.). - Расчет удельной крутизны МДП-структуры с учетом влияния напряженностей продольного и поперечного электрических полей на значения подвижностей электронов и дырок у канале прибора)</p> <p>Подготовка реферата: В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Преимущества применения в цифровых логических ИМС биполярных транзисторов с шунтирующим диодом Шоттки. - Преимущества использования интегральных диодов и стабилитронов по сравнению с диодными ,специально создаваемыми структурами в рамках производства ИМС.</p> <p>Подготовка к текущему контролю: Повторение материала по разделу "Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС"</p> <p>Подготовка к аудиторным занятиям: Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p>Подготовка домашнего задания: Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Горизонтальный р-п-р транзистор,</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

													<p>транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-98 [2], 99-132</p>
6	(6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	12	3	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы</p>

6.1	(6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	12		3	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<p>представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: - Преимущества использования оптического волокна для передачи цифровых сигналов. - Преимущества и недостатки использования цифровых каналов связи (уплотнение каналов связи и шум квантизации). - Влияние "короткой" базы двоичной системы счисления, как основной недостаток процесса преобразования аналогового сигнала связи в дискретный, влияние формы кривой компандирования (сжатия) на качество передачи речевого сигнала.</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Примеры выполняемого задания в в ходе курсового проектирования: - Выполнение проверки, относится ли проектируемый прибор к классу короткоканальных (в соответствии с критерием короткого канала $3\tau \leq C$), или нет.. - расчет предельной частоты работы проектируемой МДП-структуры. - расчет времени пролета носителей заряда в канале МДП-структуры.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)" - Теорема КОТЕЛЬНИКОВА о минимальной частоте дискретизации аналогового сигнала и особенности метода импульсно-кодовой модуляции.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания</p>
-----	--	----	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

																						<p>ориентированы на решения минизадч по разделу "Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: - Определение минимальной скорости передачи информации в цифровом канале связи при частоте дискретизации аналогового сигнала 8 кГц. - Определение требуемой полосы пропускания цифрового канала связи. - Определение скоростей передачи информации цифровых потоков низшего уровня стандартов DS-1 для стран США и Канады (уплотнение 24 каналов связи) и E-0 для Европейского стандарта (уплотнение 32 каналов) -</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Представление непрерывного аналогового сигнала в виде ряда дискретных значений. - Преимущества использования цифровых сигналов при передаче информации. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65-98 [2], 99-132
7	(7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.	12	3	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание на курсовое	
7.1	(7)	12	3	-	1	-	-	-	-	-	8	-		

	<p>Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.</p>																		<p>проектирование входит расчет режимов технологического процесса проведения операций, используемых для создания областей стоп-каналов инверсной проводимости ИМС: - создание областей методом диффузии примеси из ограниченного источника примеси, расчет необходимой концентрации примеси для получения заданного значения порогового напряжения МОП-структуры. - создание областей методом диффузии примеси из неограниченного источника , расчет необходимой концентрации примеси для получения заданного значения порогового напряжения МОП-структуры. - создание областей методом имплантации примеси, расчет необходимой концентрации примеси для получения заданного значения порогового напряжения МОП-структуры. <u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: - Вопросы увеличения скорости и надежности передачи информации при использовании оптоволоконных каналов связи. - Пути решения проблемы синхронизации цифровых каналов связи при методе синхронной цифровой иерархии. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи и подготовка к контрольной работе</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														<p>работам.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи."</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - методы передачи цифровых сигналов: синхронная цифровая иерархия - методы передачи цифровых сигналов: асинхронная цифровая иерархия - коды цифровых каналов связи.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 65-98 [2], 99-132</p>
8	(8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.	13	4	-	2	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение заданий и подготовка к практическим занятиям</p> <p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: - Влияние продольной и поперечной составляющих электрического поля в канале</p>	
8.1	(8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.	13	4	-	2	-	-	-	-	-	7	-		

													<p>описание этапов проведения процесса с обоснованием критически важных операций и параметров проведения технологического процесса , влияющих на свойства изготавливаемой МОП-структуры и ее электрические характеристики</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину." Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину."</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: - Расчет порогового напряжения идеализированной трехслойной структуры металл - окисел - полупроводник - Учет влияния встроенного в подзатворный окисел постоянного по величине (в зависимости от кристаллографической ориентации и режимов окисления подложки) положительного заряда на величину порогового напряжения. - учет влияния характеристик диэлектрического материала, используемого в качестве подзатворного</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

													<p>диэлектрика (толщины слоя, величины диэлектрической проницаемости, величины сквозных токов утечки, - влияние работ выхода материалов трехслойной структуры металл - диэлектрик - полупроводник на величину порогового напряжения</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Преимущества использования униполярных структур по сравнению с биполярными при создании быстродействующих цифровых ИМС. - Основные преимущества использования КМОП структур для создании логической схемы инвертора. Необходимость и методы согласования характеристик переключения n- и p-канальных приборов. - Использование КНС и КНИ структур в КМОП-структурах, Эффект защелкивания в КМОП-структурах, меры по его устранению.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 45-64 [2], 99-132</p>
9	(9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.	12.7	3	-	2	-	-	-	-	-	7.7	-	<p><u>Подготовка доклада, выступления:</u></p> <p>Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам</p>
9.1	(9) МОП полевой	12.7	3	-	2	-	-	-	-	-	7.7	-	

	<p>транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.</p>																							<p>предлагаются следующие варианты: - диффузионный МОП транзистор: особенности конструкции, принцип работы, основные преимущества использования и недостатки прибора. - Полевой транзистор с р-п переходом: особенности конструкции, принцип работы, основные преимущества использования и недостатки прибора. - <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы." <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы". Подготовка к контрольной работе <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в учебном процессе в виде крупной задачи, охватывающей вопросы расчета и выбора варианта проектного решения. Помимо расчетной части необходимо соблюдение стандартных требований к оформлению расчетно- пояснительной записки: (деление на главы и</p>
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

														<p>легирования. - использование металлов с различными значениями работы выхода для n-канальных и р-канальных приборов с целью согласования величин порогового напряжения в КМОП-структурах.</p> <p><u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: - Необходимость замены металлического затвора на поли-кремниевый затвор (технология самосовмещенного затвора), возникшая при уменьшении топологической нормы изготовления МОП-структур. - Основные требования, предъявляемые к свойствам поли-кремниевого затвора для n-канальных и р-канальных приборов. Методы создание контактных областей затвора. Основные недостатки МОП-структур с поли-кремниевыми затворами.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 23-33 [2], 99-132</p>
10	(10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры.	11	3	-	1	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: - Использование материалов с высокой</p>	
10.1	(10) Комплементарные структуры, КМОП-	11	3	-	1	-	-	-	-	-	7	-	<p>Использование материалов с высокой</p>	

	инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЭП- и НЭМТ-структуры.																		<p>подвижностью электронов для создания приборов СВЧ диапазона. Работы, выполненные в Санкт-Петербургском Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе под руководством лауреата Нобелевской премии академика Алферова. - Приборы на основе гетероперехода GaAs-AlGaAs : энергетическая диаграмма гетероперехода, основные требования к выбору материалов гетеропары, основные свойства гетероперехода , образование двумерного электронного газа, ДЭГ.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЭП- и НЭМТ-структуры."</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЭП- и НЭМТ-структуры." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЭП- и НЭМТ-структуры. Подготовка к контрольной работе.</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Подготовка к защите выполненного курсового проекта на комиссии (подготовка доклада и иллюстративного материала к докладу по</p>
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

	Экзамен	35.5		-	-	-	-	2	-	-	-	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	20.8		-	-	-	16	-	4	-	0.8	-	-	
	Всего за семестр	180.0		32	-	16	16	2	4	-	0.8	75.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	-	16	18		4		0.8	109.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. (1) Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.

1.1. (1) Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.

Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники..

2. (2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного p-n перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.

2.1. (2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного p-n перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.

Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного p-n перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция..

3. (3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.

3.1. (3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.

Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления..

4. (4) Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л

4.1. (4) Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л

Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л.

5. (5) Горизонтальный p-n-p транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС

5.1. (5) Горизонтальный p-n-p транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС

Горизонтальный p-n-p транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС.

6. (6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)

6.1. (6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)

Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

7. (7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.

7.1. (7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.

Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи..

8. (8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.

8.1. (8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.

Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину..

9. (9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.

9.1. (9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.

МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы..

10. (10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры.

10.1. (10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры.

Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры..

3.3. Темы практических занятий

1. 2;
2. 8;
3. 7;
4. 6;
5. 5;
6. 4;
7. 3;
8. 1.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации проводятся по разделу "Роль микроэлектроники и наноэлектроники в научно-техническом прогрессе. Преимущества использования униполярных структур в микроэлектронике.
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий разделов "Особенности Расчета величины порогового напряжения МОП-структуры", "Особенности расчета стоковых и сток-затворных характеристик прибора с учетом зависимости подвижности носителей заряда в канале прибора от напряженности вертикального и продольного электрических полей".
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Межэлементная изоляции в ИМС на базе КМОП структур" - методы создания изолирующих областей, или стоп-каналов инверсной проводимости между отдельными униполярными приборами
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные элементы расчетных заданий курсового проекта - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, и ионной имплантации при создании отдельных областей КМОП-структуры, методы расчета профилей распределения легирующих примесей при различных вариантах проведения технологических процессов.
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: интегральной инжекционной логики - И2Л)"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя проекта (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя проекта (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части заданий раздела "Уплотнение цифровых каналов связи, требования к синхронизации приемно-передающих устройств каналов связи)"
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя проекта (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей - основные типы иерархии цифровых каналов связи: синхронная, асинхронная, плезиохронная"
9. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя проекта (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения: учет влияния толщины и диэлектрической проницаемости подзатворного диэлектрика на величину порогового напряжения."
10. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя проекта (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами:

применение в качестве затворов металлов с различающимися значениями работ выхода для р- и n-канального транзисторов для согласования значений пороговых напряжений при создании комплементарной (КМОП) структуры.

11. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством руководителя проекта (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Комплементарные структуры: частотные характеристики МОП полевого транзистора, влияние подвижности носителей заряда в канале прибора на время переключения, факторы, влияющие на подвижность носителей заряда в канале, методы повышения подвижности носителей заряда в канале. Преимущества применения МЕР- и НЕМТ-структур."

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделам "Роль микроэлектроники и наноэлектроники в научно-техническом прогрессе. Принятые в настоящее время системы классификации изделий электронной техники.
2. Обсуждение материалов по пунктам раздела "Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-n перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция", "методы создание областей ограничителей канала инверсной проводимости в ИМС на МОП-структурах".
3. Обсуждение материалов по пунктам раздела "Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления." Также рассматриваются особенности проведения технологических операций легирования областей Стоп-каналов инверсной проводимости, используемых при создании изолирующих областей в ИМС на МОП-структурах.
4. Обсуждение материалов раздела "Особенности применения биполярных структур в логических схемах эмиттерно-связанной логики - ЭСЛ "
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности применения Интегральных диодов и стабилитронов в ИМС при создании емкостных элементов". Пассивные элементы ИМС"
6. Обсуждение материалов по разделу "Шум операции дискретизации, основные требования к выполнению операции компандирования сигнала при применении метода импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)"
7. Обсуждение материалов по разделу "Коды цифровых линий связи - назначение кода, основные типы кодов в цифровых каналах связи, особенности использования и преимущества манчестерского кода"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения: учет влияния встроенного в диэлектрик постоянного положительного заряда на его величину."
9. Обсуждение материалов по разделу "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами: необходимость возврата к применению металлического затвора при использовании в качестве подзатворного диэлектрика материалов с высоким значением диэлектрической проницаемости. Диффузионные МОП полевые транзисторы."
10. Обсуждение материалов по разделу "Комплементарные структуры, КМОП-инвертор: необходимость и методы согласования характеристик переключения р- и n-канальных приборов в составе КМОП-структуры в схемах обработки цифровых сигналов". Преимущества и недостатки применения МЕР- и НЕМТ-структур."

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККИ)

1. Консультации проводятся по разделам: необходимость применения межэлементной изоляции в ИМС. Методы изоляции элементов с применением обратно-смещенного

p-n перехода, преимущества и недостатки данного метода. Изоляция с применением U- и V-образных канавок, щелевая изоляция. Диэлектрическая и комбинированная изоляция элементов ИМС на базе биполярных структур.

2. Консультации проводятся по разделу "Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления."
3. Консультации проводятся по разделу "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ)"
4. Консультации проводятся по разделу "Особенности и варианты конструктивного исполнения горизонтального p-n-p транзистора и транзистора с барьером Шоттки."
5. Консультации проводятся по разделу "Преобразование аналогового сигнала в дискретный. Метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)"
6. Консультации проводятся по теме "Преимущества мультиплексирование каналов цифровой связи, побитовое и побайтовое мультиплексирование, синхронизация цифровых каналов связи."
7. Консультации проводятся по разделу "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения трехслойной МОП-структуры, учет влияния разностей работ выхода материалов затвора, подзатворного диэлектрика и кремния на его величину."
8. Консультации проводятся по разделу "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами: основные преимущества и недостатки применения металлического и поликремниевого затворов."
9. Консультации проводятся по разделу "Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим p-n переходом. МЭП- и НЭМТ-структуры."

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на разъяснение деталей индивидуального задания, необходимых для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе".
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Межэлементная изоляция в ИМС с применением обратно-смещенного p-n перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция."
3. Консультации направлены на разъяснение деталей индивидуального задания при выполнении контрольных мероприятий по разделу "Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления."
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л"
5. Консультации направлены на разъяснение и детализацию индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Горизонтальный p-n-p транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи."
8. Консультации направлены на уточнение деталей индивидуального задания при выполнении контрольных мероприятий по разделу "Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину."

9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы."
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры."

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 1 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- КП тема 1 КП тема 2 КП тема 3

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	1
2	2
3	3
4	4

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)										Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Знать:													
уметь 4	ИД-2ПК-2					+							Контрольная работа/КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС».
назначение, принципы практического применения, конструктивные особенности биполярных и униполярных приборов, используемых в качестве активных элементов современных СБИС и УБИС;	ИД-2ПК-2	+											Контрольная работа/КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС».
особенности изготовления и применения комплементарных МОП и МДП структур, структур с управляющим р-п переходом, МЕР-структур, транзисторов с высокой подвижностью электронов (НЕМТ-приборов)	ИД-2ПК-2		+										Контрольная работа/КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС».
особенности применения и конструктивно-технологические требования, предъявляемых к приборам, предназначенных для обработки цифровых сигналов.	ИД-2ПК-2			+	+								Контрольная работа/КМ-2 Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой». Контрольная работа/КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС».
Уметь:													
использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных.	ИД-2ПК-2								+				Контрольная работа/КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и

												недостатки. струкции, преимущества и недостатки».	
применять методы анализа для выбора адекватных конструктивно-технологические решений при создании приборов микро- и нанoeлектроники;	ИД-2ГК-2										+	+	Контрольная работа/КМ-5 «Униполярные приборы в цифровых ИМС»
делать научно-обоснованные выводы по результатам выполненных исследований изделий микро- и нанoeлектроники,	ИД-2ГК-2										+		Контрольная работа/КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС».
использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных.	ИД-2ГК-2											+	Контрольная работа/КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки. струкции, преимущества и недостатки».

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС». (Контрольная работа)
2. КМ-2 Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой». (Контрольная работа)
3. КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС». (Контрольная работа)
4. КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки. структуры, преимущества и недостатки». (Контрольная работа)
5. КМ-5 «Униполярные приборы в цифровых ИМС» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Курсовой проект (КП) (Семестр №1)

стандартная

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники : Учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко . – 2-е изд . – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000 . – 488 с. - ISBN 5-932080-45-0 : 117.50 .;
2. Гуртов В. А., Осауленко Р. Н.- "Физика твердого тела для инженеров", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2012 - (560 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=73515.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Майнд Видеоконференции;
4. GPSS World Student.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНИТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-301, Лаборатория полупроводниковых приборов и компонентов	стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-305, Аудитория для проведения лекционных и практических занятий	рабочее место сотрудника, стеллаж для хранения инвентаря, стол преподавателя, стул, вешалка для одежды, оборудование специализированное
Помещения для самостоятельной работы	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие
Помещения для консультирования	Е-302, Учебная аудитория каф. "ФТЭМК"	парта со скамьей, стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Микроэлектроника

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС». (Контрольная работа)
 КМ-2 КМ-2 Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой». (Контрольная работа)
 КМ-3 КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС». (Контрольная работа)
 КМ-4 КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки. структуры, преимущества и недостатки». (Контрольная работа)
 КМ-5 КМ-5 «Униполярные приборы в цифровых ИМС» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	15
1	(1) Роль микроэлектроники и наноэлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.						
1.1	(1) Роль микроэлектроники и наноэлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.		+				
2	(2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.						
2.1	(2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.		+				
3	(3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.						
3.1	(3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.			+	+		
4	(4) Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л						
4.1	(4) Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л			+	+		

5	(5) Горизонтальный p-n-p транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС					
5.1	(5) Горизонтальный p-n-p транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС			+		
6	(6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)					
6.1	(6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)			+		
7	(7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.					
7.1	(7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.				+	
8	(8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.					
8.1	(8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.				+	
9	(9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.					
9.1	(9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.					+
10	(10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим p-n переходом. МЭП- и НЕМТ-структуры.					
10.1	(10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим p-n переходом. МЭП- и НЕМТ-структуры.					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Микроэлектроника

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 1

КМ-2 2

КМ-3 3

КМ-4 4

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	1		+			
2	2			+		
3	3				+	
4	4					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25