

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--


УТВЕРЖДЕНО
 решением Ученого совета ИФФВТ
 от 21 мая 2024 г. протокол № 10
 Председатель _____ (Рыбин В.В.)
(по текст, расшифровка подписи)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Микро- и нанoeлектроника
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра радиофизики и электроники
Курс	1 - очная форма обучения

Направление (специальность): 03.04.02 Физика

Направленность (профиль/специализация): Физика полупроводников. Микроэлектроника

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Гурин Нектарий Тимофеевич	Кафедра радиофизики и электроники	Заведующий кафедрой, Доктор физико-математических наук, Профессор

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

Целью дисциплины «Микро- и наноэлектроника» является подготовка физика к деятельности по разработке и исследованию одного из важнейших компонентов современной электроники - интегральных микросхем и функциональных микроэлектронных устройств.

Задачи освоения дисциплины:

-сообщить студенту принципы создания и функционирования ИС различного назначения, конструкции элементов ИС, топологии ИС, оценки надежности ИС;

-ознакомить студента с достижениями и перспективными направлениями развития микро- и наноэлектроники, проблемами качества интегральных схем, областями их применения;

-сформировать у студента навыки контроля параметров физической структуры и топологии ИС и ее элементов, контроля электрических параметров ИС и ее элементов, оценки надежности;

-сформировать представление о фундаментальных и конструкторско-технологических ограничениях в микроэлектронике и о функциональной микроэлектронике.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Микро- и наноэлектроника» относится к числу дисциплин блока Б1.В, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 03.04.02 Физика.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ПК-2, ПК-3, ПК-4.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Проектная деятельность, Научно-исследовательская работа, Преддипломная практика, Телекоммуникационная техника и волоконная оптика, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, СВЧ-приборы и интегральные микросхемы, Материалы электронной техники, Оптоэлектронные устройства, Радиофизика, Методы контроля и диагностики полупроводниковых приборов, Электроника СВЧ, Автоматизированные методы анализа, контроля и диагностики полупроводниковых приборов, Современные проблемы физики, Иностранный язык в профессиональной деятельности и межкультурной коммуникации.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-4 способность моделировать научные задачи и новые технологические процессы в области физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики	<p>знать: Знать: методики планирования и организацию измерения и исследования параметров и характеристик полупроводниковых и других элементов ИС</p> <p>уметь: Уметь: осуществлять измерения и исследования параметров и характеристик полупроводниковых и других элементов ИС.</p> <p>владеть: Владеть: навыками планирования исследований, самостоятельного измерения и исследования параметров и характеристик полупроводниковых и других элементов ИС и организации научных семинаров.</p>
ПК-3 способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	<p>знать: : основы физики полупроводников, микроэлектроники и радиофизики.</p> <p>уметь: : анализировать научные и научно-практические публикации и патенты в области физики полупроводниковых приборов, микроэлектроники</p> <p>владеть: навыками моделирования и разработки новых научных подходов и методов полупроводниковых приборов и микроэлектроники.</p>
ПК-2 способность оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и представлять научно-исследовательские результаты на семинарах и конференциях	<p>знать: особенности составления научно-технической документации.</p> <p>уметь: использовать навыки в оформлении научной документации, представлять полученный научный результат на семинарах и конференциях, готовить презентации</p> <p>владеть: : навыками написания научных отчетов, обзоров, докладов и навыками участия в семинарах и конференциях.</p>

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 5 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 180 часов

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		2
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	48	48

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		2
1	2	3
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции	24	24
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	24	24
Самостоятельная работа	96	96
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование	Тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Экзамен (36)	Экзамен
Всего часов по дисциплине	180	180

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. . Введение							
Тема 1.1. 1. Основные этапы и тенденции развития электроники	2	1	0	0	1	1	Тестирование
Тема 1.2. 2. Классификация ИС.	3	1	0	0	1	2	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний	
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа		
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы				
1	2	3	4	5	6	7	8	
Виды технологии ИС.								
Раздел 2. . Полупроводниковая планарная технология ИС.								
Тема 2.1. 1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.	10	4	0	0	4	6	Тестирование	
Тема 2.2. Методы изоляции элементов ИС..	4	1	0	0	1	3	Тестирование	
Тема 2.3. . Принципы действия и конструкции и биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.	21	1	0	8	9	12	Тестирование	
Тема 2.4. Принципы действия и конструкции и полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.	21	1	0	8	9	12	Тестирование	

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС							
Тема 3.1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение.	10	2	0	0	2	8	Тестирование
Тема 3.2. Ионное распыление.	8	2	0	0	2	6	Тестирование
Тема 3.3. Химическое осаждение.	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Тема 3.4. Электродлитическое наращивание. Анодирование	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Тема 3.5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	4	1	0	0	1	3	Тестирование
Тема 3.6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	14	1	0	4	5	9	Тестирование
Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.							
Тема 4.1.	3.5	0.5	0	0	0.5	3	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Конструкции толстопленочных ИС.							ние
Тема 4.2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.	3.5	0.5	0	0	0.5	3	Тестирование
Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.							
Тема 5.1. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса	5	0	0	1	1	4	Тестирование
Тема 5.2. Присоединение выводов.	3	0	0	1	1	2	Тестирование
Раздел 6. Герметизация ИС.							
Тема 6.1. Конструкции корпусов ИС.	3	0	0	1	1	2	Тестирование
Тема 6.2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов	5	0	0	1	1	4	Тестирование
Раздел 7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.							

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 7.1. . Качество ИС. Надежность и ее свойства.	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Тема 7.2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанoeлектроника.							
Тема 8.1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанoeлектроника	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.							
Тема 9.1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Тема 9.2. Оптоэлектроника.	3	1	0	0	1	2	Тестирование

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 9.3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	3	1	0	0	1	2	Тестирование
Итого подлежит изучению	144	24	0	24	48	96	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. . Введение

Тема 1.1. 1. Основные этапы и тенденции развития электроники

Основные этапы и тенденции развития электроники как материальной основы технических систем обработки, передачи и хранения информации. Микроэлектроника. Наноэлектроника. Интегральная и функциональная микроэлектроника. Терминология микроэлектроники.

Тема 1.2. 2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.

. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам степени интеграции и функциональной сложности, функциональному назначению. Виды технологии ИС.

Раздел 2. . Полупроводниковая планарная технология ИС.

Тема 2.1. 1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.

Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС. Обработка полупроводниковых материалов. Маскирующие и изолирующие пленки. Фото- и опто- литография. Электролитография, рентгенолитография. ионная литография, Диффузия. Эпитаксия. Ионное легирование. Контроль параметров слоев. Металлизация

Тема 2.2. Методы изоляции элементов ИС..

Методы изоляции элементов. Методы диодной изоляции. Методы диэлектрической изоляции. Комбинированные методы изоляции.

Тема 2.3. . Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.

Тема 2.4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.

Конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.

Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС

Тема 3.1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение.

Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение. Основные этапы. Методы формирования потока пара вещества. Состав и структура вакуумных напылительных установок. Методы получения вакуума. Вакуумные насосы. Вакуумные ловушки. Методы измерения вакуума.

Тема 3.2. Ионное распыление.

Ионное распыление. Катодное, магнетронное, ионно-плазменное, ВЧ-плазменное распыление, плазменное анодирование.

Тема 3.3. Химическое осаждение.

Химическое осаждение. Осаждение из газовой фазы, из растворов.

Тема 3.4. Электролитическое наращивание. Анодирование

Электролитическое наращивание. Анодирование.

Тема 3.5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.

Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.

Тема 3.6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.

. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС. Конструкции пленочных пассивных элементов. Навесные компоненты.

Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.

Тема 4.1. Конструкции толстопленочных ИС.

1. Конструкции толстопленочных ИС. Конструкции пассивных элементов. Подложки, пасты, трафареты. Конструкции толстопленочных ИС.

Тема 4.2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.

Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.

Тема 5.1. .Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса

. Монтаж активных элементов, крепление подложек и кристаллов к основанию корпуса.

Тема 5.2. Присоединение выводов.

Присоединение выводов.

Раздел 6. Герметизация ИС.

Тема 6.1. Конструкции корпусов ИС.

Конструкции корпусов ИС.

Тема 6.2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов

Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.

Раздел 7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.

Тема 7.1. . Качество ИС. Надежность и ее свойства.

Качество ИС. Определение качества, показатели качества. Надежность и ее свойства. Показатели надежности.

Тема 7.2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.

Виды и механизмы отказа межсоединений, планарных структур. Контроль и оценка качества ИС. Виды и методы контроля качества.

Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Наноэлектроника.

Тема 8.1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Наноэлектроника

Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Наноэлектроника

Раздел 9. Функциональная микро- и наноэлектроника.

Тема 9.1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.

Тема 9.2. Оптоэлектроника.

Оптоэлектроника.

Тема 9.3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

Изучение работы транзистора

Цели: Изучить принцип работы транзистора, исследовать его статические входные и выходные характеристики, определить параметры транзистора и ознакомиться с его работой в качестве усилителя. Предварительно следует изучить описание работы № 4.

Содержание: 1. Снять семейство входных и выходных характеристик транзистора в схеме ОЭ.

Выходные характеристики снять для $I_B = 30, 50$ и 70 мкА , входные при $U_{CE} = 0, 5$ и 10 В . 2. Снять передаточную характеристику при $U_{CE} = 5 \text{ В}$ и определить коэффициенты передачи и по формулам (2.1) и (2.2). 3. Снять передаточную характеристику при инверсном включении. Для этого поменять местами выводы эмиттера и коллектора. Рассчитать коэффициенты передачи и β . 4. Снять входную характеристику транзистора при инверсном включении. 5. Построив входные характеристики при прямом и инверсном включении в логарифмическом масштабе по оси токов, как показано на рис. 2.6, определить параметры эмиттерного и коллекторного диодов β_{em} , β_{cm} .

Результаты: Результаты исследования транзистора в схеме с общей базой.

Ссылка: Гурин Н.Т. Лабораторные работы по дисциплине “Микро- и наноэлектроника”. Ульяновск, УлГУ.-2018.-100 с.

Изучение конструкций полупроводниковых интегральных микросхем.

Цели: Изучение терминологии, классификации микросхем, а также конструкций полупроводниковых микросхем

Содержание: 1. Изучить основные термины и определения микроэлектроники, классификацию и обозначение микросхем, конструктивно-технологические особенности и конструкции элементов полупроводниковых микросхем. 2. Используя микроскоп типа МБС (ОГМЭ), изучить конструктивно-технологические особенности и оценить степень интеграции различных ИМС, а также степень интеграции микросхемы. 3. Используя микроскоп типа МБС (ОГМЭ), зарисовать эскиз топологии исследуемой полупроводниковой ИМС. 4. Пользуясь справочными данными на ИМС, идентифицировать отдельные топологические участки с элементами исследуемой ИМС. 5. Используя микроскоп типа МБС (ОГМЭ) с окуляром 8X со шкалой, оценить размеры кристалла и элементов ИМС, для чего: - механизмом диоптрийной наводки окуляра добиться резкого изображения шкалы; - поворотом рукояток механизма фокусировки добиться резкого изображения полупроводниковой ИМС; - подсчитать число делений шкалы, которое укладывается в измеряемый

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

участок объекта, и это число умножить на число, указанное в переводной таблице, соответствующее тому увеличению головки микроскопа, при котором производится измерение. - сформулировать выводы по работе

Результаты: Результаты изучения конструкций полупроводниковых интегральных схем.

Ссылка: Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" [Электронный ресурс] : методические указания. Ч. 2 : / сост. Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,07 Мб). - Ульяновск : УлГУ, 2018.

Характеристики и параметры полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом

Цели: ознакомиться с ВАХ и основными статическими параметрами полевых транзисторов с затвором в виде р-п-перехода (в англоязычной литературе JFET – junction field effect transistor).

Содержание: 1. Собрать схему для измерения ВАХ в соответствии. 2. Снять семейства входных и выходных характеристик транзисторов в схеме ОИ, обращая особое внимание на начальный участок выходной характеристики. Выходные характеристики снять для $U_{GS} = 0, 0.6$ и 0.8 В, передаточные при $U_{DS} = 0.1$ и 5 В. 3. По передаточной характеристике полевого транзистора с управляющим р-п-переходом определить напряжение отсечки и сопротивление открытого канала.. 4. Определить выходные проводимости в пологой области при трех разных напряжениях на затворе и построить зависимость выходной проводимости от тока стока.

Результаты: Результаты изучения принципа действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим рп - переходом.

Ссылка: Гурин Н.Т. Лабораторные работы по дисциплине “Микро- и наноэлектроника”. Ульяновск, УлГУ.-2018.-100 с.

МДП ТРАНЗИСТОР

Цели: определить основные статические параметры транзисторов. В работе снимаются статические характеристики полевых транзисторов с изолированным затвором на основе структуры металл–диэлектрик–полупроводник (МДП-транзисторов).

Содержание: 1. Снять передаточные и семейство выходных ВАХ транзисторов при трех различных напряжениях на стоке и затворе. 2. По передаточным характеристикам определить пороговое напряжение и удельную крутизну. 3. Снять передаточную характеристику МДП транзистора с индуцированным каналом при $U_{GS} = -3$ В. 4. Построить передаточные характеристики МДП транзистора с индуцированным каналом при $U_{GS} = 0$ и -3 В в координатах (I_{DS}, U_{DS}) . Определить при указанных напряжениях на подложке, используя (4.14). По угловому коэффициенту зависимости и рассчитанному определить величину удельной крутизны .

Результаты: Результаты исследования характеристик МДП транзистора.

Ссылка: Гурин Н.Т. Лабораторные работы по дисциплине “Микро- и наноэлектроника”. Ульяновск, УлГУ.-2018.-100 с.

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Цели: Изучение конструкций пленочных и гибридных интегральных микросхем (ИМС)

Содержание: 1. Изучить конструктивно-технологические особенности пленочных и гибридных ИМС, конструкции пленочных элементов и навесных компонентов гибридных ИМС. 2. Используя микроскоп типа МБС (ОГМЭ) зарисовать эскиз топологии исследуемой пленочной (гибридной) ИМС. 3. Пользуясь справочными данными на ИМС, идентифицировать отдельные топологические участки с элементами исследуемой ИМС. 4. Используя микроскоп типа МБС (ОГМЭ) с окуляром 8X со шкалой, оценить размеры заданных пленочных резисторов и конденсаторов. 5. Используя микроинтерферометр МИИ-4 (рис.9), измерить толщину резистивной пленки одного из заданных резисторов ИМС, 6. С помощью мультиметра и измерителя емкости произвести измерение сопротивления и емкости заданных резисторов и конденсаторов ИМС. 7. Используя формулы (1),

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

(2) и полученные в п.4 значения размеров двух резисторов и двух конденсаторов рассчитать значения X_s , X_v и C_0 материалов пленочных элементов. 8. Результаты всех измерений и расчетов свести в таблицу. 9. Сформулировать выводы по работе.

Результаты: Результаты изучения конструкций гибридных интегральных схем.

Ссылка: Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" [Электронный ресурс] : методические указания. Ч. 2 : / сост. Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,07 Мб). - Ульяновск : УлГУ, 2018. <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/1810/Gurin2018-2.pdf>

Изучение методов сборки и герметизации микросхем.

Цели: Изучение методов монтажа кристаллов и плат, присоединения выводов, сборки и защиты микросхем.

Содержание: 1. Изучить методы монтажа кристаллов ИМС и компонентов на платы при сборке гибридных ИМС. 2. Изучить методы монтажа кристаллов полупроводниковых ИМС и плат гибридных ИМС на основания корпусов, посадочных площадок выводных рамок и т.д. 3. Изучить методы присоединения выводов корпусированных ИМС к контактным площадкам ИМС. 4. Изучить методы герметизации бескорпусных ИМС. 5. Изучить типы корпусов ИМС и методы их герметизации. 6. Используя образцы микросхем, определить типы корпусов ИМС по: - форме и расположению выводов; -по используемым материалам корпусов. 7. Предъявить преподавателю результаты выполнения работы и зафиксировать их в отчете. 8.Сформулировать выводы по работе
Результаты: Результаты изучения методов сборки и герметизации микросхем.

Ссылка: Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" [Электронный ресурс] : методические указания. Ч. 2 : / сост. Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,07 Мб). - Ульяновск : УлГУ, 2018. <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/1810/Gurin2018-2.pdf>

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные этапы и тенденции развития электроники. Микроэлектроника.Наноэлектроника. Интегральная и функциональная микроэлектроника.
2. Терминология микроэлектроники
3. Классификация ИС по конструктивно-технологическим признакам степени интеграции, функциональной сложности и назначению.
4. . Виды технологии ИС.
5. . Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.
6. Механическая обработка полупроводниковых материалов.
7. Химическая, электро-, плазмо- химическая, ионная обработка полупроводниковых материалов.
8. Маскирующие и изолирующие пленки.
9. Оптическая литография.
10. . Электроно- и рентгенолитография, ионная литография.
11. . Диффузия.
12. Эпитаксия.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

13. Ионное легирование
14. Контроль параметров диффузионных слоев.
15. Металлизация полупроводниковых ИС.
16. . Методы изоляции элементов полупроводниковых ИС диффузионными областями.
17. Методы диэлектрической изоляции элементов полупроводниковых ИС.
18. . Комбинированные методы изоляции элементов полупроводниковых ИС.
19. Конструкции и свойства интегральных биполярных транзисторов
20. Конструкции и свойства интегральных диодов.
21. Конструкции конденсаторов полупроводниковых ИС.
22. Конструкции резисторов полупроводниковых ИС.
23. Конструкции и свойства интегральных полевых транзисторов.
24. Основные методы тонкопленочной технологии.
25. . Вакуумтермическое испарение.
26. Принцип работы и структура вакуумных напылительных установок.
27. Способы получения вакуума. Форвакуумные насосы.
28. Высоко- и сверхвысоковакуумные насосы.
29. Способы измерения вакуума.
30. Контроль параметров тонких пленок.
31. Методы ионного распыления. Катодное и реактивное катодное распыление. Магнетронное распыление.
32. Ионно-плазменное, ВЧ-плазменное распыление. Плазменное анодирование.
33. Химическое осаждение из газовой фазы и из растворов.
34. Электролитическое наращивание. Анодирование.
35. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ГИС.
36. Конструкции тонкопленочных (гибридных и пленочных) ИС. Подложки ГИС.
37. Конструкции тонкопленочных конденсаторов.
38. Конструкции тонкопленочных резисторов.
39. Конструкции тонкопленочных индуктивностей. Навесные компоненты ГИС.
40. Конструкции толстопленочных ИС.
41. Подложки, пасты, трафареты толстопленочных ИС.
42. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.
43. Методы монтажа кристаллов и плат на основание корпуса.
44. . Методы присоединения выводов
45. Конструкции корпусов ИС.
46. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов.
47. . Качество и надежность ИС. Показатели качества и надежности.
48. Виды и механизмы отказов ИС. Контроль ИС.
49. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники и наноэлектроники.
50. Функциональная микроэлектроника. Приборы с зарядовой связью
51. Оптоэлектроника.
52. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. . Введение			
Тема 1.1. 1. Основные этапы и тенденции развития электроники	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	1	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 1.2. 2. Классификация ИС. Виды технологии ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 2. . Полупроводниковая планарная технология ИС.			
Тема 2.1. 1. Основные технологические этапы производства полупроводниковых ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.2. Методы изоляции элементов ИС..	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	3	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.3. . Принципы действия и конструкции биполярных транзисторов, диодов, конденсаторов и резисторов ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 2.4. Принципы действия и конструкции полевых транзисторов с управляющим р-п переходом, МДП, КМДП транзисторов.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	12	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 3. Тонкопленочная технология ИС			

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 3.1. Основные методы тонкопленочной технологии. Вакуумтермическое испарение.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.2. Ионное распыление.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	6	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.3. Химическое осаждение.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.4. Электролитическое наращивание. Анодирование	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.5. Методы оформления контуров элементов тонкопленочных ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	3	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 3.6. Конструкции тонкопленочных (пленочных и гибридных) ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	9	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 4. Толстопленочная технология ИС.			
Тема 4.1. Конструкции толстопленочных ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	3	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 4.2. Основные технологические операции в производстве толстопленочных ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	3	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 5. Монтаж и сборка ИС.			
Тема 5.1. Монтаж активных элементов, крепление подложек	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-	4	Вопросы к экзамену, Тестирование

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
и кристаллов к основанию корпуса	методического и информационного обеспечения дисциплины.		
Тема 5.2. Присоединение выводов.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 6. Герметизация ИС.			
Тема 6.1. Конструкции корпусов ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 6.2. Герметизация ИС. Контроль герметичности корпусов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	4	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 7. Качество и надежность микроэлектронных устройств.			
Тема 7.1. . Качество ИС. Надежность и ее свойства.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 7.2. Виды и механизмы отказа ИС. Контроль и оценка качества ИС.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 8. Пределы микроэлектроники. Нанoeлектроника.			
Тема 8.1. Физические и конструктивно-технологические пределы и ограничения интегральной микроэлектроники. Нанoeлектроника	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Раздел 9. Функциональная микро- и нанoeлектроника.			
Тема 9.1. Обработка, передача и хранение информации на основе интеграции физических эффектов.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование
Тема 9.2. Оптоэлектроника.	Проработка учебного материала с	2	Вопросы к экзамену,

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
	использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.		Тестирование
Тема 9.3. Акустоэлектроника, магнитоэлектроника.	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	2	Вопросы к экзамену, Тестирование

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Драгунов В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2024. - 285 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/536922> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-05170-4 : 1199.00. / .— ISBN 0_526729

2. Драгунов В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2024. - 235 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/539592> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-05171-1 : 1019.00. / .— ISBN 0_526728

3. Щука А. А. Нанoeлектроника : учебник / А. А. Щука, А. С. Сигов. - Москва : Юрайт, 2024. - 297 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/537130> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9916-8280-0 : 1239.00. / .— ISBN 0_526730

дополнительная

1. Плотников Г. С. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники : учебное пособие / Г. С. Плотников, В. Б. Зайцев. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2024. - 166 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/539169> . - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-03637-4 : 619.00. / .— ISBN 0_526917

2. Драгунов В. П. Микро- и нанoeлектроника: Сборник задач и примеры их решения : учеб. пособие

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

/ В. П. Драгунов, Д. И. Остертак ; Драгунов В. П., Остертак Д. И. - Новосибирск : НГТУ, 2015. - 50 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции НГТУ - Инженерно-технические науки. - Режим доступа: ЭБС "Лань"; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-7782-2615-9. / .— ISBN 0_368742

3. Гурин Нектарий Тимофеевич. Полупроводниковые и оптоэлектронные приборы и структуры с отрицательным сопротивлением : монография / Н.Т. Гурин, С. Г. Новиков ; УлГУ, ИФФВТ, Н.-исслед. технол. ин-т им. С. П. Капицы. - Ульяновск : УлГУ, 2020. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 12,3 МБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-88866-808-5. / .— ISBN 0_42581

учебно-методическая

1. Гурин Н. Т. Исследование полупроводниковых структур методом вольт-фарадных характеристик : метод. указания к лабораторной работе по дисциплине "Микроэлектроника" / Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2016. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 969 КБ). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_34178.

2. Гурин Н. Т. Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" : методические указания / Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - Ульяновск : УлГУ, 2018. - Загл. с экрана. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,46 Мб). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_36061.

3. Лабораторные работы по дисциплине "Микро- и наноэлектроника" : методические указания. Ч. 2 / сост. Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2018. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2,07 Мб). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_36477.

4. Гурин Н. Т. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Микро- и наноэлектроника» по направлению 03.04.02 «Физика» (уровень магистратуры) очной формы обучения / Н. Т. Гурин ; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. - 2020. - Загл. с экрана. - Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 344 КБ). - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/5154>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_38754.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт /

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. – Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик	Заведующий кафедрой Доктор физико-математических наук, Профессор	Гурин Нектарий Тимофеевич
	Должность, ученая степень, звание	ФИО

Лист согласования от 16.01.2025

Роль согласующего	ФИО	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Гурин Нектарий Тимофеевич	Согласовано в ЭИОС	11.10.2024 21:17:36
Руководитель ОПОП	Елисеева Светлана Вячеславовна	Согласовано в ЭИОС	14.10.2024 0:53:14
Сотрудник библиотеки	Мамаева Елена Петровна	Согласовано в ЭИОС	07.10.2024 11:43:12