

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 26.04.2023 14:52:26
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Информационные технологии
проектирования радиоэлектрон-
ных устройств»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ»
для подготовки бакалавров
по направлению
11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»
по профилю
«Информационные технологии проектирования радиоэлектронных
устройств»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

заведующий кафедрой, д.т.н., доцент Тупик В.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МИТ
19.01.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	МИТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	20
Лабораторные занятия (академ. часов)	10
Практические занятия (академ. часов)	20
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	51
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	57
Всего (академ. часов)	108
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ»

Изучение дисциплины «Физическо-технологические основы проектирования интегральных схем» позволит студентам грамотно подойти к пониманию основных процессов интегрированной микроэлектроники, структур, основных характеристик и технологических процессов изготовления интегральных микросхем на основе полупроводниковых и гибридно-пленочных технологий; изучить основные характеристики и технологические процессы изготовления полупроводниковых интегральных микросхем на основе биполярного транзистора (ИБТ), интегрального полевого транзистора (ИПТ), на основе интегральных транзисторных структур метал-окисел-полупроводник (МОП), комплементарных МОП-структур, интегральных структур на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС), интегральных структур кремний-на-сапфире (КНС) и кремний-на-изоляторе (КНИ), интегральных микроэлектромеханических структур (МЭМС) и других устройств функциональной микроэлектроники; методы проектирования конструкций полупроводниковых интегральных микросхем (ПИМС) и гибридно-плёночных интегральных микросхем (ГПИМС).

SUBJECT SUMMARY

«PHYSICAL-TECHNOLOGICAL BASIS OF THE DESIGN OF THE INTEGRATED CIRCUITS»

The study of discipline «Physical-technological basis of the design of the Integrated Circuits» will allow students to competently approach the understanding of the basic processes of the integrated microelectronics and the structures, main characteristics and technological processes of manufacturing integrated circuits based on semiconductor and hybrid-film technologies, basic characteristics and technological

processes of semiconductor integrated circuits manufacturing on the basis of bipolar transistor (IBT), integrated field-effect transistor (IPT), based on integrated metal oxide-semiconductor (MOS) integrated transistor structures, complementary MOS structures, integrated structures based on charge-coupled devices (CCD), silicon-on-sapphire (SPS) and silicon-on-insulator (SOI) integrals, integrated microelectromechanical structures (MEMS), and other devices of functional microelectronic.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цели изучения дисциплины:

-изучение основных типов полупроводниковых интегральных структур на основе биполярных, полевых, МДП и кМДП структур, структур на основе ПЗС, КНС и КНИ, интегральных структур типа МЭМС и функциональной микроэлектроники;

-формирование умений и навыков расчета параметров и режимов технологических процессов проектирования интегральных микросхем.

2. Задачи изучения дисциплины:

-получение знаний о полупроводниковых и гибридно-пленочных технологиях;

-формирование умений и навыков расчета параметров и режимов технологических процессов создания активных и пассивных элементов интегральных микросхем.

3. Получение знаний об основных технологических процессах интегральной микроэлектроники, применяемых для изготовления интегральных микросхем; овладение умениями и навыками их анализа.

4. Приобретение умений и навыков формирования интегральных полупроводниковых структур с заданными электрофизическими характеристиками на основе знаний об эпитаксиальных, диффузионных, процессов имплантации и иных способах формирования планарных и объемных областей с заданными характеристиками.

5. Формирование навыков расчета параметров и режимов технологических процессов создания активных и пассивных элементов интегральных микросхем, навыков создания интегральных полупроводниковых структур с заданными электрофизическими характеристиками

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Основы электроники и радиоматериалы»
4. «Химия»
5. «Физико-химические основы технологии электронных средств»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-2	Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения
<i>ПК-2.1</i>	<i>Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить исследования характеристик электронных средств и технологических процессов</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				1
2	Тема 1. Полупроводниковые интегральные микросхемы (ПИМС) на биполярных транзисторах	2	4	4		3
3	Тема 2. ПИМС на полевых транзисторах	2	2	2		6
4	Тема 3. Пассивные элементы ПИМС	2	2	2		6
5	Тема 4. Этапы проектирования ПИМС	4	6	2		3
6	Тема 5. Большие и сверхбольшие ПИМС	2				10
7	Тема 6. Гибридно-пленочные интегральные микросхемы (ГПИМС)	2	2			11
8	Тема 7. Проектирование ГПИМС	2	2			9
9	Тема 8. Проектирование конструкций микросборок на ИМС	2	2		1	7
10	Заключение	1				1
	Итого, ач	20	20	10	1	57
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет и задачи дисциплины, ее связь с дисциплинами учебного плана. Место ИМС в конструкциях РЭС, функциональная и структурная классификация ИМС; преимущества использования ИМС в конструкциях РЭС.
2	Тема 1. Полупроводниковые интегральные микросхемы (ПИМС) на биполярных транзисторах	Структура, функциональное назначение, связь структурных и электрических параметров ИБТ; типы ИБТ; проектирование ИБТ; особенности структуры и свойства интегральных диодов (ИД), порядок их проектирования.
3	Тема 2. ПИМС на полевых транзисторах	Типы ИПТ, их функциональное назначение, структура; Связь структурных и электрических параметров; порядок их проектирования.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Пассивные элементы ПИМС	Структуры интегральных резисторов и конденсаторов, связь структурных и электрических параметров; проектирование интегральных резисторов и конденсаторов.
5	Тема 4. Этапы проектирования ПИМС	Выбор, оптимизация и обоснование интегрального исполнения электрической принципиальной схемы устройства, разработка конструкции ПИМС; проектирование кристалла ПИМС; выбор и обоснование унифицированного корпуса; обеспечение теплового режима ПИМС.
6	Тема 5. Большие и сверхбольшие ПИМС	Функциональное назначение и особенности структуры больших и сверхбольших ПИМС (БПИМС и СБПИМС). Цифровые и аналоговые БПИМС и СБПИМС в конструкциях РЭС. Особенности проектирования БПИМС и СБПИМС.
7	Тема 6. Гибридно-пленочные интегральные микросхемы (ГПИМС)	Тонкопленочные и толстопленочные резисторы и конденсаторы: структура, связь их структурных и электрических параметров, особенности их проектирования; навесные микрокомпоненты, транзисторные и диодные сборки, бескорпусные ПИМС, микроконденсаторы и конденсаторные сборки. Унификация конструкций и отраслевая стандартизация
8	Тема 7. Проектирование ГПИМС	Этапы проектирования ГПИМС. Выбор и обоснование унифицированного корпуса. Обеспечение теплового режима ГПИМС.
9	Тема 8. Проектирование конструкций микросборок на ИМС	Структура корпусированных и бескорпусных микросборок (МСБ). Коммутационные платы для бескорпусных ПИМС.
10	Заключение	Перспективные методы проектирования ИМС, автоматизации сборки и монтажа.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Анализ конструкции ПИМС с диодной и комбинированной изоляцией элементов.	2
2. Исследование влияния изгибов и выводов на величину сопротивления диффузионных резисторов ПИМС.	2
3. Исследование паразитных эффектов в ПИМС с различными видами изоляции.	2
4. Моделирование и расчет теплового режима ПИМС в круглом металлостеклянном корпусе	2
5. Исследование интегральных микросхем МЭМС.	2
Итого	10

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Определение электрической схемы ПИМС с БТ по заданной топологии.	4
2. Моделирование и расчет зависимости $I_e(U_{be}, T)$ ИБТ с помощью программы Mathcad.	2
3. Определение энергетической нагрузки элементов ПИМС с БТ с помощью программы Mathcad.	2
4. Моделирование и расчет теплового режима ГПИМС в прямоугольном металлостеклянном корпусе.	4
5. Расчет параметров МОП транзистора.	2
6. Расчет характеристик интегральных схем на ПАВ.	2
7. Расчет характеристик электростатических актюаторов МЭМС.	2
8. Расчет характеристик тепловых актюаторов МЭМС.	2
Итого	20

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	12
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	57

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Тупик, Виктор Анатольевич. Технология и организация производства радиоэлектронной аппаратуры [Текст] : учеб. пособие / В.А. Тупик, 2005. - 172 с.	99
2	Марголин, Владимир Игоревич. Физические основы микроэлектроники [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления подгот. "Проектирование и технология электронных средств" / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, В.А. Тупик, 2008. -399 с.	143
3	Коледов, Леонид Александрович. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок [Текст] : учеб. для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" / Л.А. Коледов, 2008. -400 с.	307
Дополнительная литература		
1	Игнатов, Александр Николаевич. Оптоэлектроника и нанофотоника [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. "Электроника и наноэлектроника" и "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов, 2016. -538 с.	21

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Чернышова Т.И. М.В. Макаrchук Радиоматериалы и радиокомпоненты: лабораторные работы. -Тамбов, ТГТУ, 2008. -35с. http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2008/chernyshoval-a.pdf

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12520>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Физико-технологические основы проектирования интегральных микросхем» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

Особенности допуска

К зачету с оценкой допускаются студенты, посещавшие не менее 80% лекционных занятий, 80 % практических занятий, а также допущенные по результатам выполнения и защиты лабораторных работ на коллоквиумах.

Зачет с оценкой проводится в устной форме. Студенту задаются два вопроса из перечня вопросов.

Помимо этого, обучающемуся предлагается кратко ответить на дополнительный вопрос. Эти вопросы формулируются преподавателем во время устной беседы.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Функциональная и структурная классификация ИМС; преимущества использования ИМС в конструкциях РЭС.
2	Структура полупроводниковые интегральные микросхемы (ПИМС) на биполярных транзисторах.
3	Методы изоляции элементов полупроводниковых интегральных микросхем.
4	Связь структурных и электрических параметров интегральных биполярных транзисторов.
5	Особенности структуры и свойства интегральных диодов (ИД), порядок их проектирования.
6	ПИМС на полевых транзисторах: назначение, структура. Связь структурных и электрических параметров.
7	МДП и КМДП интегральные микросхемы, связь структурных и электрических параметров.
8	Интегральные микросхемы типа кремний на сапфире (КНС) и кремний на изоляторе (КНИ). Структура, технология, свойства.
9	Пассивные элементы ПИМС. Структуры интегральных резисторов и конденсаторов, связь структурных и электрических параметров.
10	Гибридно-пленочные интегральные микросхемы (ГПИМС): назначение, структура, свойства.
11	Тонкопленочные и толстопленочные резисторы и конденсаторы ГПИМС: структура, параметры.
12	Дискретные компоненты для ГПИМС.

13	Этапы проектирования ГПИМС. Выбор и обоснование унифицированного корпуса. Обеспечение теплового режима ГПИМС.
14	Перспективные методы проектирования ИМС, автоматизации сборки и монтажа.
15	Классификация ИМС по конструктивно-технологическим признакам. Сравнительная характеристика полупроводниковых и гибридно-пленочных ИМС.
16	Распределение примеси в р-п переходах интегрального планарного биполярного транзистора.
17	Характеристики подзатворного диэлектрика интегральных МОП-структур.
18	Методы минимизации энергопотребления ПП ИМС на полевых структурах.
19	Интегральные устройства функциональной микроэлектроники: физические основы функционирования приборов.
20	Физические основы функционирования устройств интегральной микроэлектроники, использующих взаимодействие акустических и электромагнитных полей.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Тема 1. Полупроводниковые интегральные микросхемы (ПИМС) на биполярных транзисторах Тема 2. ПИМС на полевых транзисторах	
3		
4		Коллоквиум
5	Тема 3. Пассивные элементы ПИМС	
6		Коллоквиум
7	Тема 4. Этапы проектирования ПИМС	
8		Коллоквиум
9	Тема 8. Проектирование конструкций микросборок на ИМС	
10		Коллоквиум

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет.

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине "Физико-технологические основы проектирования интегральных микросхем" студент обязан выполнить 5 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждых 2 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 4, 6, 8 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригаде. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на

проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на зачет с оценкой.

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на зачет с оценкой.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, проектор, компьютер или ноутбук, меловая или маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, компьютеры, проектор, меловая или маркерная доска	1. Windows 7 и выше; 2. Microsoft Office 2007 и выше 3. MathCad14 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, компьютеры, проектор, меловая или маркерная доска	1. Windows 7 и выше; 2. Microsoft Office 2007 и выше 3. MathCad14 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА