

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 14:46:05  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
И.Г. Игнатова  
«17» сентября 2020 г.  
М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Конструкторское проектирование и технология производства  
БИС и СБИС»

Направление подготовки – 11.03.03 «Конструирование и технология  
электронных средств»

Направленность (профиль) – «Изделия микросистемной техники»

Направленность (профиль) – «Роботизированные устройства и системы»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-3 «Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования» сформулирована на основе профессионального стандарта 25.036 - «Специалист по электронике бортовых комплексов управления».**

**Обобщенная трудовая функция - В:** Создание электронных средств и электронных систем БКУ.

**Трудовая функция: В/02.6** Проектирование электронных средств и электронных систем БКУ и осуществление контроля над их изготовлением.

<b>Подкомпетенции, формируемые в дисциплине</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>	<b>Индикаторы достижения подкомпетенций</b>
ПК-3. КПиТП БИС. Способен выполнять расчет и проектирование интегральных схем различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием	Расчет и проектирование электронных средств, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	<b>Знания:</b> принципов конструирования отдельных узлов и блоков интегральных схем; <b>Умения:</b> проводить оценочные расчеты характеристик интегральных схем; <b>Опыт деятельности:</b> по применению навыков подготовки принципиальных и монтажных электрических схем для интегральных схем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, изучается на 3 курсе 5 семестре бакалавриата (очная форма обучения).

Входные требования к дисциплине:

знание основных законов физики, высшей математики, правил выполнения и редактирования текстов, изображений и чертежей;

современных принципов поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации;

опыт деятельности в решении задач обработки данных с помощью современных компьютерных средств.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	5	5	180	32	32	16	64	Экз (36), КП

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные работы (часы)		
1. Конструктивный базис БИС и СБИС	16	8	16	32	Защита лабораторных работ №1-4
					Тестирование №1
					Защита реферата
					Проверка выполнения курсового проекта
2. Технологии производства БИС и СБИС	16	8	16	32	Защита лабораторных работ №5-8
					Тестирование №2
					Защита курсового проекта

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Закономерности развития электронной промышленности и необходимость перехода к качественно новому этапу – микроэлектронике.
	2	2	Интегральные схемы (ИС). Основные понятия и определения. Классификации ИС.
	3	2	Принцип работы, основные параметры и характеристики биполярных транзисторов. Особенности БИС и СБИС на биполярных транзисторах.
	4	2	Принцип работы, основные параметры и характеристики униполярных транзисторов. Особенности БИС и СБИС на униполярных транзисторах.
	5	2	Пассивные элементы полупроводниковых БИС, СБИС и микропроцессоров.
	6	2	Элементы и компоненты пленочных ГИС и микросборок.
	7	2	Принципы функциональной микроэлектроники. Основные направления функциональной микроэлектроники. Элементы функциональной микроэлектроники.
	8	2	От микроэлектроники к микромеханике: нано- и микроэлектромеханические устройства и системы
2	9	2	Общие сведения о технологии изготовления БИС и СБИС. Базовые технологии полупроводниковой микроэлектроники. Технологические процессы производства гибридных и пленочных ИС.
	10	2	Получение монокристаллических подложек и подготовка их поверхностей. Методы эпитаксиального наращивания при производстве БИС и СБИС.
	11	2	Методы формирования диэлектрических и маскирующих покрытий. Методы нанесения тонких плёнок. Металлизация и способы ее получения.
	12	2	Методы внедрения примесей при формировании БИС и СБИС. Ионная имплантация, термическая диффузия.
	13	2	Методы удаления материалов при формировании функциональных слоёв. Литографические процессы.
	14	2	Сборочно-монтажные операции.
	15	2	Применение технологий микроэлектроники при создании микроэлектромеханических систем. Интеграция технологий микроэлектроники и микросистемной техники.
	16	2	Внедрение АСУ ТП. Использование САПР, вычислительной техники в инженерных и экономических расчетах, управлении производством.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	1	Интерактивный опрос «Этапы развития электроники. Переход от электроники к микроэлектронике»
	2	2	Лекция пресс-конференция «Элементы полупроводниковых БИС и СБИС»
	3	2	Групповая дискуссия «Пленочные ГИС»
	4	1	Интерактивный опрос «Функциональная микроэлектроника»
	5	2	Проблемная лекция «От микроэлектроники к микромеханике: задачи и решения»
2	6	2	Групповая дискуссия «Базовые технологии полупроводниковой микроэлектроники»
	7	2	Лекция пресс-конференция «Наращивание эпитаксиальных слоев»
	8	2	Групповая дискуссия «Метод термической диффузии в технологии микроэлектроники»
	9	2	Семинар: «Разработка топологии тонкопленочной гибридной интегральной схемы»

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Изучение материалов, деталей, элементов и конструкций интегральных микросхем
	2	4	Изучение конструкций, параметров и характеристик полупроводниковых микросхем
	3	4	Изучение конструкции и топологии гибридных интегральных микросхем
	4	4	Изучение конструкции и топологии полупроводниковых интегральных микросхем
2	5	4	Изучение технологии изготовления гибридных тонкопленочных интегральных микросхем
	6	4	Изучение технологии изготовления гибридных толстопленочных

			интегральных микросхем
	7	4	Технологии изготовления полупроводниковых микросхем на биполярных транзисторах
	8	4	Технологии изготовления полупроводниковых микросхем на МДП-транзисторах

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Подготовка к лабораторным работам №1-4
	3	Работа с ресурсами ОРИОКС, ресурсами Интернет
	3	Работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями
	3	Подготовка к интерактивным и практическим занятиям
	1	Прохождение теста №1
	4	Подготовка реферата
	14	Выполнение и демонстрация выполнения курсового проекта, Часть 1, Часть 2
2	4	Подготовка к лабораторным работам №5-8
	3	Работа с ресурсами ОРИОКС, ресурсами Интернет
	3	Работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями
	3	Подготовка к интерактивным и практическим занятиям
	1	Прохождение теста №2
	18	Выполнение и защита курсового проекта, Часть 3, Часть 4

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Тема: «Разработка конструкции и технологии изготовления гибридной интегральной микросхемы».

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

- ✓ Методические указания для студентов по изучению дисциплины «Конструкторское проектирование и технология производства БИС и СБИС»;
- ✓ Методическое пособие для практических (семинарских) занятий.

### **Модуль 1 «Конструктивный базис БИС и СБИС»**

- ✓ Методические указания к проведению лабораторных занятий 1-4 по дисциплине
- ✓ Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе студентов (курсовое проектирование), Часть 1
- ✓ Конспект лекций 1-8 по дисциплине

### **Модуль 2 «Технологии производства БИС и СБИС»**

- ✓ Методические указания к проведению лабораторных занятий 5-8 по дисциплине
- ✓ Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе студентов (курсовое проектирование), Часть 2
- ✓ Конспект лекций 9-16 по дисциплине

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Родионов, Ю. А. Технологические процессы в микро- и нанoeлектронике : учебное пособие / Ю. А. Родионов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 352 с. — ISBN 978-5-9729-0337-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/124695>
2. Воротынцев, В. М. Базовые технологии микро- и нанoeлектроники : учебное пособие / В. М. Воротынцев, В. Д. Скупов. — Москва : , 2017. — 519 с. — ISBN 978-5-392-25297-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/150495>
3. Родионов, Ю. А. Производство гибридных интегральных схем : учебное пособие / Ю. А. Родионов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 300 с. — ISBN 978-5-9729-0460-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/148379>
4. Симонов Б.М. Технологические основы микроэлектроники: Учеб. пособие. Ч. 1 / Б.М. Симонов, А.В. Заводяи; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : МИЭТ, 2008. - 160 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0520-4
5. Симонов Б.М. Технологические основы микроэлектроники: Учеб. пособие. Ч. 2 / Б.М. Симонов, А.В. Заводяи; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : МИЭТ, 2009. - 156 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0541-9

### **Периодические издания**

1. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука, 1967 - . – URL: <https://link.springer.com/journal/11453> (дата обращения: 19.02.2020)

2. НАНО- И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА: Ежемес. междисциплинарный теорет. и приклад. науч.-техн. журн. / РАН, Отделение информационных технологий и вычислительных систем. - М. : Новые технологии : Нано-микросистемная техника, 1999 -

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 20.08.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Электронно-библиотечная система Лань: сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 20.08.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
3. SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики: сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.08.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. Nanonewsnet.ru : сайт о нанотехнологиях в России : сайт. – Москва, 2004-2014. - URL: [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru) (дата обращения: 20.08.2019).

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В данной дисциплине используются различные виды образовательных технологий, при подготовке и проведении занятий используется схема:

- СРС (онлайновая предаудиторная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса: записи видеолекции, темы онлайн-курса, тестирование);
- аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, возможно презентаций с применением на практическом примере изученного материала, тематической дискуссии, разбор ошибок при тестировании);
- обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы (<http://orioks.miet.ru>).

Тестирование проводится в ОРИОКС (MOODLe).



## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер
«Центр проектирования трехмерных структур РТС-МИЭТ» №4116	Компьютер (Intel Core i3, 4Gb ОЗУ) (12 шт.). Компьютер (Intel Core i5, 8Gb ОЗУ) (1 шт.). Микроскоп металлографический упрощенный ММУ-3 (7 шт.). Фотокамера для микроскопа (7 шт.). Осциллограф С1-65А (3 шт.). Стенд измерительный (3 шт.). Вольтметр В7-38 (2 шт.). Макеты конструктивных элементов ИС. Стенды (10 шт.). Фотоальбомы.	Microsoft Office, Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС, Acrobat Reader DC
Помещение для самостоятельной работы обучающихся: аудитория	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-3. КПиТП БИС** «Способен выполнять расчет и проектирование интегральных схем различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Одним из решающих условий качественного обучения является активная работа на лекциях. Активное слушание лекций должно приобрести характер поиска ответов на поставленные преподавателем вопросы. Правильно их понять можно лишь при условии предельной мобилизации внимания к излагаемому материалу, последовательного усвоения материала, умения записывать основные положения, категории, обобщения, выводы, собственные мысли, замечания, вопросы.

Максимальная эффективность от работы на лекциях достигается при предварительной подготовке к ней – студент должен ознакомиться с предстоящей темой лекции и основными ее тезисами, предложенных преподавателем или найденных в рекомендуемой основной литературе, подготовить вопросы к лектору по заинтересовавшим вопросам. В процессе изучения модулей студенты участвуют в лекциях-пресс-конференциях, лекциях-дискуссиях по темам курса.

Практические занятия (семинары) проводятся под руководством преподавателя. Чтобы хорошо подготовиться к практическому занятию, студенту необходимо:

- уяснить вопросы и задания, рекомендуемые для подготовки к практическому занятию;
- прочитать конспект лекций и соответствующие главы учебника (учебного пособия), дополнить запись лекций выписками из него;
- изучить и законспектировать рекомендованные преподавателем основные литературные источники;
- прочитать дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем;
- сформулировать и записать развернутые ответы на вопросы для подготовки к практическому занятию.

Особенностью изучения дисциплины является последовательность изучения и усвоения учебного материала. Нельзя переходить к изучению нового, не усвоив предыдущего, так как понимание и знание последующего в курсе базируется на глубоком знании предыдущих тем.

На семинаре разрешается пользоваться конспектом первоисточников и планом-конспектом, составленным по вопросам плана для подготовки к практическому занятию.

В ответе студента на практическом занятии должны быть отражены следующие моменты:

- анализ взглядов по рассматриваемой проблеме;
- изложение сути вопроса, раскрытие проблемы, аргументация высказываемых положений на основе фактического материала;

- связь рассматриваемой проблемы с современностью, значимость ее для жизни и будущей деятельности;
- вывод, вытекающий из рассмотрения вопроса (проблемы).

Лучшим выступлением считается то, в котором студент в течение до 10 минут свободно и логично по памяти излагает изученный материал, используя для доказательства наглядные пособия, структурно-логические схемы, классную доску, электронные презентации.

Студентам, выступающим на практическом занятии с 10-15 минутным докладом (научным сообщением), целесообразно подготовить конспект выступления. При выступлении следует стремиться излагать содержание доклада своими словами (избегая безотрывного чтения текста), поддерживать контакт с аудиторией, ставить перед ней проблемные вопросы, использовать технические средства обучения.

Одной из форм обучения, подготовки к практическому занятию, разработки и написания реферата, контрольной работы является консультация у преподавателя. Обращаться к помощи преподавателя следует при подготовке реферата, научного сообщения, доклада, контрольной работы, а также в любом случае, когда студенту не ясно изложение какого-либо вопроса в учебной литературе или он не может найти необходимую литературу. Преподаватель поможет составить план доклада (творческой работы), порекомендует порядок изложения вопросов, поможет рассчитать время выступления, подобрать соответствующую литературу, раскрыть профессиональный аспект рассматриваемой проблемы.

Важной составляющей настоящей дисциплины является курсовое проектирование, подразумевающее активную самостоятельную работу студентов по разработке конструкции и топологии гибридных тонкопленочных или толстопленочных интегральных микросхем. В качестве задания для курсового проекта каждый из студентов получает свой вариант схемы электрической принципиальной гибридной интегральной схемы. Выполнение курсового проекта содержит несколько основных этапов: расчет тонкопленочных резисторов; расчет конструкций тонкопленочных конденсаторов; разработка топологии гибридной интегральной схемы; подготовка пояснительной записки. В ходе работы над курсовым проектом студенты изучают теоретические сведения о свойствах и характеристиках используемых материалов и компонентов в производстве гибридных ИМС, технологических процессах и технологических ограничениях (возможностях), осваивают способы расчетов конструкций элементов ГИС. По завершении работы над курсовым проектом студент представляет его преподавателю. Студент демонстрирует пояснительную записку и ее содержание, включающее основные теоретические сведения, расчеты элементов конструкции тонкопленочной ГИС, описание технологических процессов, конструкторскую документацию. Студент должен быть готов ответить на вопросы преподавателя, пояснить ход работы и основных расчетов, обосновать выбор технологических процессов.

## **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 57 баллов), активность в семестре (в сумме 3 баллов) и сдача экзамена (40 баллов).

Перечень контрольных мероприятий и методика их балльной оценки изложена в методических указаниях для студентов.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/> .

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент Института НМСТ, к.т.н., доцент



/А.Н. Бойко/

Рабочая программа дисциплины «Конструкторское проектирование и технология производства БИС и СБИС» по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», направленности (профилю) «Изделия микросистемной техники» и направленности (профилю) «Роботизированные устройства и системы» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании УС Института НМСТ 22.10.2020 года, протокол № 3.

Директор Института НМСТ \_\_\_\_\_  /С.П. Тимошенко/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК \_\_\_\_\_  / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки \_\_\_\_\_  / Т.П. Филиппова /