

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:29:41  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffd3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f80ea82b8d802

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

«14» сентября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Базовая КМОП технология. Специальные разделы»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-2. Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ**

**сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков»**

**Обобщенная трудовая функция Д «Разработка электрических схем, характеристика сложнофункциональных блоков (СФ-блоков)»**

**Трудовая функция Д/01.7 «Разработка электрической принципиальной схемы СФ-блока»**

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-2.БКМОПТСР Способен рассчитывать электрические характеристики наноразмерных КМОП-структур средствами TCAD	Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере	<b>Знать:</b> содержание технологического маршрута создания МОП-транзисторов в составе наноразмерной КМОП-структуры КМОП СБИС с наноразмерными проектными нормами. <b>Уметь:</b> рассчитывать электрические характеристики наноразмерных КМОП-структур. <b>Опыт деятельности:</b> приборно-технологического моделирования для расчета электрических характеристик наноразмерных КМОП-структур.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Входные требования к дисциплине: знание основных этапов технологических маршрутов формирования элементов КМОП СБИС, основ технологии интегральных схем, принципы работы МОП-транзисторов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	2	72	-	16	16	40	3а

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)			
1. Маршруты изготовления наноразмерных КМОП СБИС	-	16	16	16	Опросы на практических занятиях	
				16	Выполнение и защита лабораторных работ	
				8	Сдача практического задания	

#### 4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Формирование активных областей СБИС и межэлементной изоляции. Выбор подложки и создание мелкой щелевой изоляции
	2	2	Формирование активных областей СБИС и межэлементной изоляции.

			Создание охранных областей.
	3	2	Формирование активных областей СБИС и межэлементной изоляции. Создание карманов р и п –типа с ретроградным распределением примеси.
	4	2	Формирование транзисторных структур. Выращивание подзатворного окисла, формирование электрода затвора и исток-стоковых областей
	5	2	Формирование транзисторных структур. Выращивание подзатворного окисла, формирование электрода затвора и исток-стоковых областей
	6	2	Формирование самосовмещенных силицидных контактов. Выбор материала, оптимизация процесса силицидобразования
	7	2	Формирование металлизированной разводки. Создание переходных окон, межэлектродной изоляции и медной металлизации
	8	2	Межоперационный контроль. Виды контроля, выбор критических операций маршрута

#### 4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Преобразование наноразмерной КМОП – структуры для проведения приборного моделирования
	2	4	Приборное моделирование наноразмерной КМОП – структуры.
	3	4	Расчет проходной ВАХ при низком напряжении сток-исток.
	4	4	Приборное моделирование наноразмерной КМОП – структуры.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	16	Опросы на практических занятиях
	16	Выполнение и защита лабораторных работ
	8	Выполнение практического задания

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

Не предусмотрены

## 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 студентам по изучению дисциплины «Базовая КМОП технология. Специальные разделы».

### Модуль 1 «Маршруты изготовления наноразмерных КМОП СБИС»

- ✓ Методические указания к семинарам.
- ✓ Описание лабораторных работ.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М.А. Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2007. - 397 с.
2. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М.А. Королев, [и др.]; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с.
3. Киреев В.Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии / В.Ю. Киреев. - М. : ФГУП ЦНИИХМ, 2008. - 432 с.

### Периодические издания

1. RUSSIAN MICROELECTRONICS. - : Springer, [2000] - . - URL: <http://link.springer.com/journal/11180> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 - .
3. IEEE Transactions on Electron Devices. - USA : IEEE, [б.г.]. - URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=16> (дата обращения: 14.06.2018). - Режим доступа: по подписке МИЭТ

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для

- зарегистрир. Пользователей
2. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

В ходе реализации обучения используются **смешанное обучение**, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения. Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя. Информационно-коммуникативные технологии с использованием сети Интернет применяются для консультирования студентов, в том числе с использованием сервисов Zoom.

Дисциплина может реализовываться с использованием дистанционного обучения. При дистанционном обучении проводятся *online* практические занятия с использованием платформы Zoom, вся информация доступна для студентов через среду ОРИОКС.

## 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	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus
Компьютерный класс для лабораторных работ и самостоятельной работы	Рабочие станции	Операционная система Linux, программное обеспечение Synopsys
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.БКМОПТСР Способен рассчитывать электрические характеристики наноразмерных КМОП-структур средствами TCAD.

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

Посещение практических занятий, выполнение и защита лабораторных работ обязательны. Для семинаров студенты готовят доклады на заданные темы. Во время семинаров несколько студентов по очереди докладывают подготовленное задание (при необходимости с использованием компьютера и проектора). Каждый доклад обсуждается как с преподавателем, так и между студентами группы в форме дискуссии.

На лабораторных работах студенты индивидуально или в мини-группах выполняют лабораторные работы с использованием средств приборно-технологического моделирования в компьютерной аудитории. Оформляется отчет на мини-группу.

Во время самостоятельной работы студенты готовятся к опросам на практических занятиях, к выполнению и защите лабораторных работ, выполняют практическое задание на проверку элементов компетенции, размещенное в ОРИОКС.

### 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (до 40 баллов) и итоговое контрольное мероприятие (до 60 баллов). По сумме баллов оценивается успеваемость студентов по дисциплине: если сумма баллов по результатам прохождения всех контрольных мероприятий, включая оценку активности в семестре, составляет 50 баллов и выше, ставится зачет. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС <http://orioks.miet.ru/>).

### РАЗРАБОТЧИК:

Доцент, к.т.н., доцент \_\_\_\_\_



/ А.Ю. Красюков /

Рабочая программа дисциплины «Базовая КМОП-технология. Специальные разделы» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника», направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной микроэлектроники» разработаны на кафедре ИЭМС и утверждены на заседании кафедры

26.11 2020 года, протокол № 5  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ю.А. Чаплыгин /

### 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 /