

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 15:29:42

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

«14» декабря 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология спецсхем»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

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

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-3. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований

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-3.ТСС Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники специального назначения	Анализ конструкций и определение параметров сенсоров, элементов СБИС с повышенной надежностью, силовых, магниточувствительных, микроэлектромеханических компонентов интегральных микросхем с субмикронными размерами; расчет параметров и разработка технологических маршрутов производства СБИС с интегрированными элементами специального назначения, с учетом контрольных операций и с использованием тестовых структур в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.	Знает: тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники; основные физические явления, используемые в процессах формирования элементов интегральных схем, математическое описание этих явлений; конструкции силовых элементов СБИС, нано- и микроэлектромеханических систем, магниточувствительных и СВЧ элементов, совместимых с технологией КМОП СБИС. Умеет: рассчитывать параметры и анализировать сенсоры, элементы СБИС с повышенной надежностью, силовых, магниточувствительных, микроэлектромеханических компонентов интегральных микросхем с субмикронными размерами. Имеет опыт: разработки технологических маршрутов производства СБИС с интегрированными элементами специального назначения, с учетом контрольных операций и с использованием тестовых структур

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Дисциплина «Технология спецсхем» базируется на компетенциях, формируемых в дисциплинах: «Проектирование и технология электронной компонентной базы», «Моделирование технологических процессов и наноразмерных структур». «Технологические процессы нанoeлектроники».

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	Практические занятия (часы)		
2	3	3	108	–	16	16	76	За

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ		
1. Основные тенденции развития микро- и нанoeлектромеханических систем. Функциональная электроника	–	2	–	4	Тестирование
2. Основные технологические методы изготовления микро- и нанoeлектромеханических систем	–	6	–	4	Опрос на занятиях
				4	Тестирование
3. Основные типы интегральных датчиков и сенсоров физических величин	–	8	16	28	Выполнение и защита лабораторных работ
				10	Опрос на занятиях
				10	Тестирование
				16	Выполнение практического задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Терминология. Типы микросистем. Основные тенденции развития микро- и нанoeлектромеханических систем. Функциональная электроника.
2	2	2	Базовые технологии изготовления интегральных микросистем. Жидкостное анизотропное травление кремния. Химические травители. Особенности создаваемой микрогеометрии, формируемые микромеханические компоненты. Маски,

№ модуля дисциплины	№ занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			используемые для травления. Методы двухстороннего совмещения фотолитографических масок. Объемная микрообработка при помощи сухого травления.
	3	2	Объемная микрообработка при помощи сухого травления. Глубокое анизотропное травление кремния, основные возможности получения микроструктур. Основные операции технологического маршрута. Реализуемые микромеханические компоненты, характерные размеры и особенности. Основные проблемы формирования поверхностных микромеханических элементов из поликристаллического кремния. Методы преодоления проблем внутренних механических напряжений и эффекта залипания. Основные микросистемы на элементах поверхностной микромеханики.
	4	2	Поверхностная микрообработка кремния. Основные проблемы формирования поверхностных микромеханических элементов из поликристаллического кремния. Методы преодоления проблем внутренних механических напряжений и эффекта залипания. Основные конструкции микросистем с элементами поверхностной микромеханики.
3	5	2	Особенности измерения температуры. Температурные шкалы. Основные типы преобразователей температуры. Возможности использования элементов ИС в качестве преобразователей температуры. Схемотехнические и конструктивные принципы построения преобразователей температуры в составе интегральных микросхем.
	6	2	Принципы преобразования давления в кремниевых кристаллах. Тензорезистивный эффект. Основные конструкции интегральных тензопреобразователей давления. Конструкции кристаллов с плоской мембраной и мембраной с «жестким центром».
	7	2	Основные характеристики акселерометров. Конструктивные принципы исполнения интегральных акселерометров. Тензорезистивные и емкостные интегральные акселерометры. Примеры конструктивно-технологической реализации. Основные характеристики микрогироскопов. Конструктивные принципы исполнения. Разработанные и перспективные технологии изготовления.
	8	2	Интегральные датчики магнитного поля.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
МЗ	1	4	Учет радиационных эффектов при топологическом проектировании
МЗ	2	4	Исследование влияния конструктивных параметров сенсора гамма-излучения на основе МОП-транзистора на электрические характеристики прибора
МЗ	3	4	Расчет напряжения пробоя элементов интегральных схем с использованием системы приборно-технологического моделирования TCAD
МЗ	4	4	Исследование латерального двухколлекторного биполярного магниточувствительного транзистора средствами программ TCAD

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Подготовка к тесту
2	4	Подготовка к опросам
	4	Подготовка к тесту
3	28	Подготовка к лабораторным работам
	10	Подготовка к опросам
	10	Подготовка к тесту
	16	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 рекомендации студентам по изучению дисциплины ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>

Модуль 1 «Микро- и наносистемная техника – основные понятия и определения»

✓ Контрольные вопросы к практическим занятиям и зачету, презентация к занятию.

Модуль 2 «Основные технологические методы изготовления микро- и нанoeлектромеханических систем»

✓ Контрольные вопросы к практическим занятиям и зачету, лабораторной работе №1 и зачету, презентации к занятиям.

Модуль 3 «Основные типы микро- и нанoeлектромеханических систем»

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам №2 - №4, контрольные вопросы к практическим занятиям и зачету, лабораторным работам, презентации к занятиям.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резнев А.А. Тенденции развития МЭМС / А.А. Резнев, В.Д. Вернер. - М. : Амиант, 2010. - 274 с.
2. Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 1 : Введение в приборно-технологическое моделирование / Е.А. Артамонова [и др.]; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2009. - 172 с.
3. Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 2 : Приборно-технологическое моделирование элементов интегральных схем / Е.А. Артамонова [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2012. - 140 с.
4. 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.
5. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2015. - 480 с.
6. Нанотехнологии в электронике. Вып. 2 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2013. - 688 с.
7. Чаплыгин Ю.А. Введение в технологию кремниевых микроэлектронных датчиков: Учеб. пособие / Ю.А. Чаплыгин, А.И. Галушков; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : МИЭТ, 1996. - 70 с.
8. Тихонов Р.Д. Трехколлекторный магнитотранзистор / Р.Д. Тихонов. - Deutschland : LAP Lambert Academic Publishing, 2013. - 232 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 БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-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/ (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
Аудитории для практических занятий	Мультимедийное оборудование	Операционная система Windows, пакет MS Office
Аудитории для лабораторных занятий и самостоятельной работы.	Компьютеры с возможностью доступа в интернет, сетевой принтер	Программное обеспечение Synopsys, операционная система Linux

Технологическая лаборатория 7217	Рабочая станция HP HP xw8400 Workstation (RB270UT), Зондовое устройство А-5, Измеритель Л2-56, Измеритель характеристик п/п Л2-56, Лазерный эллипсомер SD2100, Принтер HP LI 2200, Установка лабораторного типа для быстрого отжига RTP-1200-100, Установка магнетронного напыления различных функциональных слоев СБИС и МЭМС SSP 3000 SUGA	Microsoft Office, Windows (Azure)
Технологическая лаборатория 7219	Малогабаритная вакуумная установка МВУ ТМ-ТИС осаждения тонких пленок методом термического испарения, Малогабаритная вакуумная установка настольного типа МВУ ТМ Плазма-РИТ реактивно-ионного травления, Малогабаритная вакуумная установка настольного типа МВУ ТМ-Магна нанесения пленок металлов, Бокс для установки совмещения 726М-128, Вольтметр В7-21	Microsoft Office, Windows (Azure)

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-3.ТСС Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники специального назначения.

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины в электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита лабораторных работ, активность в семестре (опросы), выполнение тестовых заданий и практического задания. По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий приведены доступен в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>).

Разработчик:

К.т.н., доцент кафедры ИЭМС



С.А. Поломошнов

Рабочая программа дисциплины «Технология спецсхем» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» по направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники» разработана на кафедре ИЭМС и утверждена 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 /