


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 04.09.2020 15:56:22
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bca882b8d602

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

«Технологические процессы нанозлектроники»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанозлектроника»
Направленность (профиль) – «Нанодиагностика материалов и структур»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-4. «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов»

Сформулирована на основе профессионального стандарта 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция Д 7 «Руководство подразделениями по измерениям параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Трудовая функция Д/01.7 «Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Д/03.7 «Руководство взаимодействием работников смежных подразделений и сторонних организаций»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-4.ТПНЭ Способен исследовать технологические процессы и параметры технологической структуры с помощью контрольно-измерительных приборов.	Разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;	Знает: основные технологические процессы создания элементной базы кремниевой нанoeлектроники. Умеет: аргументированно анализировать технологические процессы создания кремниевых биполярных и МДП структур с нанометровыми проектными нормами. Опыт деятельности: по анализу конструктивных вариантов функциональных элементов биполярных и МДП структур с нанометровыми проектными нормами.

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 основ проведения технологических операций создания кремниевых ИС;
- знание основных технологических маршрутов создания кремниевых ИС.

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	5	180	-	16	32	96	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия		
1. Технология кремниевой нанoeлектроники	-	12	24	24	Опрос на практических занятиях
				24	Выполнение и защита лабораторных работ
2. Технология нанoeлектроники на основе арсенида и нитрида галлия	-	-	4	16	Опрос на практических занятиях
3 Технология нанoeлектроники на основе самоорганизующихся систем	-	4	4	8	Опрос на практических занятиях
				4	Выполнение и защита лабораторных работ
				20	Защита практического задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Фундаментальные ограничения при создании элементов кремниевой нанoeлектроники
	2	2	Легированные области активных элементов кремниевой нанoeлектроники
	3	2	Особенности создания подзатворного диэлектрика МОП транзисторов с нанометровыми топологическими нормами
	4	2	Конструктивно- технологические особенности изолирующих областей активных элементов нанoeлектроники
	5	2	Технология оптической нанолитографии
	6	2	Технология импринт - литографии
	7	2	Многоуровневая металлизации кремниевой нанoeлектроники.
	8	2	Материалы силицидных омических контактов. Технологические особенности создания силицидных контактов
	9	2	Основные проблемы создания многоуровневой металлизации с медными межсоединениями
	10	2	Методы исследования морфологии наноструктур
	11	2	Сканирующая зондовая микроскопия. Основные методы
	12	2	Нанолитография на основе локального зондового окисления
2	13	2	Технологические особенности создания элементов нанoeлектроники на основе арсенида галлия
	14	2	Технологические особенности создания элементов нанoeлектроники на основе нитрида галлия
3	15	2	Технология самоорганизующихся систем
	16	2	Технологические особенности формирования элементов нанoeлектроники на основе пористых оксидов металлов

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	4	Исследование эффекта конволюции в атомно- силовой микроскопии
	2	4	Исследование нанолитографии на основе локального зондового окисления
	3	4	Исследование предельных возможностей магнитно- силовой микроскопии
3	4	4	Исследование морфологии поверхности пористого анодного оксида алюминия

4.4. Самостоятельная работа студентов

4.5.

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	24	Подготовка к опросу на практических занятиях
	24	Подготовка к лабораторным работам
2	16	Подготовка к опросу на практических занятиях
3	8	Подготовка к опросу на практических занятиях
	4	Подготовка к лабораторным работам
	20	Выполнение практического задания

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 «Технологические процессы нанозлектроники».

Модуль 1. «Технология кремниевой нанозлектроники»

✓ Материалы для подготовки к опросам на семинарах: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным работам по модулю 1 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 2 «Технология нанозлектроники на основе арсенида и нитрида галлия»

✓ Материалы для подготовки к опросам на семинарах: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

Модуль 3 «Технология нанозлектроники на основе самоорганизующихся систем»

✓ Материалы для подготовки к опросам на семинарах: конспект лекций под ред. Шевякова В.И. Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным работам по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Металлизация ультрабольших интегральных схем : Учеб. пособие / Д.Г. Громов [и др.]; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 277 с.
2. Основы технологии электронной компонентной базы : Лабораторный практикум / А.А. Голишников [и др.]; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : МИЭТ, 2013. - 176 с.
3. Нанотехнологии в электронике. [Вып. 1] / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2005. - 448 с.
4. Нанотехнологии в электронике. Вып. 2. Под ред. Ю.А. Чаплыгин. М.: Техносфера. 2013. 688с.
5. Нанотехнологии в электронике. Вып. 3 / Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Техносфера, 2015. - 480 с.
6. Королев М.А. (Автор МИЭТ, ИЭМС). 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.
7. Королев М.А. (Автор МИЭТ, ИЭМС). 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.
8. Технологические процессы нанозлектроники : Лабораторный практикум / А.А. Голишников [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : МИЭТ, 2016. - 192 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: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей 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/ (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используются смешанное обучение, сочетающее традиционные формы аудиторных занятий и взаимодействие в электронной образовательной среде.

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

При реализации дисциплины помимо традиционных технологий обучения могут применяться следующие дистанционные образовательные технологии: онлайн практические занятия, онлайн консультации. В этом случае работа поводится по следующей схеме: самостоятельная работа с использованием онлайн-ресурсов, в т.ч. для организации обратной связи с обсуждением, консультированием, с последующей доработкой и подведением итогов; аудиторная работа с разбором конкретных примеров и опросами.

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 Windows, Microsoft Office
Учебная аудитория №4203А «Лаборатория НИЧ кафедры»	Сканирующий зондовый микроскоп, установка для контроля параметров тонких пленок	Операционная система Windows, Microsoft Office, браузер
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Azure Open Office, браузер Mozilla Firefox или Google Chrome Acrobat reader DC

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-6.ТПНЭ Способен исследовать технологические процессы и параметры технологической структуры с помощью контрольно-измерительных приборов

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. Особенности организации процесса обучения

На практических занятиях изучаются основные технологические процессы создания кремниевых биполярных и МДП структур с нанометровыми проектными нормами, разбираются конкретные примеры реализации оптической нанолитографии (занятие №5), конструктивные варианты реализации импринт - литографии (занятие №6), разбираются основные проблемы создания многоуровневой металлизации с медными межсоединениями (занятие №9), разбираются основные элементы сканирующей зондовой микроскопии (занятие №11). На лабораторных работах исследуются: эффекта конволюции в атомно- силовой микроскопии; нанолитография на основе локального зондового окисления; предельные возможности магнитно- силовой микроскопии; морфология поверхности пористого анодного оксида алюминия.

В рамках самостоятельной работы в течении семестра каждый студент должен подготовить и представить на практическом занятии доклад на одну из тем, предложенных преподавателем, а также выполнить практическое задание на выбор оптимальных конструктивных вариантов функциональных элементов биполярных и МДП структур.

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме экзамена.

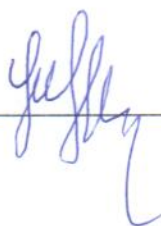
12.1. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита лабораторных работ, выполнение практического задания, работа на практических занятиях (до 50 баллов) и сдача экзамена (до 50 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор, д.т.н



/ В.И. Шевяков /

Рабочая программа дисциплины «Технологические процессы наноэлектроники» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Нанодиагностика материалов и структур» разработана 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 выпускающей кафедрой ОФ

Заведующий кафедрой ОФ  / Н.И. Боргардт /

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 /