

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 16:18:56  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73bd76c818b6ea882b8d602

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  
2020 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физико-химические основы структур кремний на изоляторе»

Направление подготовки - 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
Направленность (профиль) – «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

<p><b>ПК-2</b> «Способен разрабатывать процессы жизненного цикла изделий микро- и нанoeлектроники»</p> <p><b>Сформулирована на основе</b> профессионального стандарта <b>40.005</b> «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»</p> <p><b>Обобщенная трудовая функция - С[7]</b> Процессы жизненного цикла продукции С/08.7 Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов</p>		
Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
<p><b>ПК-2.ФХОСКНИ</b></p> <p>Способен привлекать физико-химический аппарат для решения проблем реализации технологии и анализа структур КНИ</p>	<p>Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи</p>	<p><b>Знания:</b> способов организации и проведения разработок современных технологических маршрутов и процессов по производству, а так же экспериментальных исследований структур КНИ</p> <p><b>Умения:</b> проводить анализ современных технологических операций, а также определять типы требуемых экспериментальных исследований</p> <p><b>Опыт деятельности:</b> по проведению экспериментальных исследований, разработки современных технологических маршрутов/процессов/операций по производству структур КНИ</p>

## 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:

находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи;

рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки;

знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований физико-химических процессов;

умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;

умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования;

умеет определять ожидаемые результаты решения выделенных задач исследования физико-химических процессов;

владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач;

владеет способами обработки и представления полученных данных исследования физико-химических процессов.

### 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)		
2	3	3	108	16	-	32	60	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1. Получение структур КНИ	10	18	-	34	Контрольная работа
					Доклад
					Рубежный контроль
					Опрос
2. Исследование структур КНИ	6	14	-	26	Контрольная работа
					Сдача результатов Проектного задания
					Опрос

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Многослойные структуры. Основные понятия, классификация, назначение структур. Номенклатура изготавливаемых приборов и устройств.
	2	2	Материалы (подложек и пленок), используемые для получения многослойных структур. Синтез многокомпонентных стекловидных материалов.
	3	2	Основные физико-химические свойства материалов многослойных структур.
	4	2	Основные технологические процессы изготовления многослойных структур.
	5	2	Выбор материалов подложек. Контроль качества.
2	6	2	Дефектность многослойных структур, методы анализа и контроля.
	7	2	Деформации и напряжения, возникающие в многослойных структурах. Электрические, тепловые свойства и химическая стойкость основных материалов.
	8	2	Использование многослойных структур для создания элементов микросистемной техники. Свойства материалов для диэлектрической изоляции.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Методы получения структур КНИ.
	2	2	Технологический маршрут получения структур с диэлектрической изоляцией (типа КСДИ).
	3	2	Процессы получения структур типа Smart Cut и Eltran.
	4	2	Технологические процессы срачивания. Способы и механизмы срачивания поверхностей кремниевых и других подложек (полупроводниковых, диэлектрических, проводящих).
	5	2	Ионная имплантация как метод формирования многослойных структур.
	6	2	Химическое травление полупроводниковых материалов в процессах получения многослойных структур.

2	7	2	Электрохимическое травление кремния в процессах получения многослойных структур (структур КНИ)
	8	2	Плазмохимическое травление кремния. Процессы подготовки подложек, активации поверхности.
	9	2	Bosch-процесс.
	10	2	Электропроводность и теплопроводность. Электрическая стойкость многослойных структур.
	11	2	Тепловая стойкость многослойных структур: тепловое расширение, размягчение, плавление.
	12	2	Геометрические параметры структур КНИ.
	13	2	Разрушающие и неразрушающие методы контроля структур КНИ
14	2	Создание сложно-профильных конструкций.	
15	2	Микромеханические элементы на основе многослойных структур.	
16	2	Применение многослойных структур. Интегральные схемы. Сенсоры, актюаторы, основные элементы конструкций.	

#### 4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	8	ЭМИРС, работа с ресурсами Интернет, работа с учебной литературой
	5	Подготовка к контрольной работе
	10	Подготовка к практическим занятиям
	11	Подготовка доклада
2	4	ЭМИРС, работа с ресурсами Интернет, работа с учебной литературой
	12	Выполнение проектного задания на составление технологического маршрута получения структур КНИ
	5	Подготовка к контрольной работе
	5	Подготовка к практическим занятиям

#### 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/>):

Материалы, при необходимости, высылаются преподавателем по электронной почте студентам.

### Модуль 1 «Получение структур КНИ»

- ✓ Методические указания студентам для СРС
- ✓ Материал для самостоятельной подготовки к лекциям №1-5.
- ✓ Материал для самостоятельной подготовки к выполнению практических занятий №1-9

### Модуль 2 «Изучение структур КНИ»

- ✓ Методические указания студентам для СРС
- ✓ Материал для самостоятельной подготовки к лекциям №6-8
- ✓ Материал для самостоятельной подготовки к выполнению практических занятий №10-16

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Практикум по микросистемным датчикам [Текст] / В.Д. Вавилов, А.С. Тимошенко, С.Г. Миронов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : МИЭТ, 2017. - 148 с.
2. Технологические процессы нанoeлектроники [Текст] : 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.
3. Тимошенко С.П. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] / С.П. Тимошенко, В.В. Калугин; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2011. - 24 с.
4. Тимошенко С.П. Учебное пособие по дисциплине "Технология наносистем" [Текст] / С.П. Тимошенко, В.В. Калугин; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2011. - 200 с.
5. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : учебник / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2003-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/67462> (дата обращения: 10.09.2020)

## Периодические издания

1. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996-
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 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2020). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
4. ФИПС : Информационно-поисковой системы Интернет портала ФИПС: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php>
5. BOOK.RU : Электронно-библиотечная система : сайт. - Москва, 2010 - . - URL: <https://www.book.ru/> (дата обращения: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В данной дисциплине используется смешанное обучение. Учебный процесс представляет собой чередование фаз традиционного и электронного обучения. Смешанное обучение складывается из: 1) традиционного прямого личного взаимодействия участников образовательного процесса – студентов и преподавателя; 2) интерактивного взаимодействия с привлечением компьютерных технологий и электронных ресурсов; 3) самообразования.

В дисциплине применяются дистанционные образовательные технологии с использованием для онлайн занятий возможности Скайп. Дисциплина может целиком быть реализована в дистанционном формате.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя. Для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы (<http://orioks.miet.ru>), а также созданные ресурсы на Гугл диске.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийный проектор, экран, доска	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat Reader DC браузер
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows Microsoft Office Acrobat reader DC браузер

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.ФХОСКНИ Способен привлекать физико-химический аппарат для решения проблем реализации технологии и анализа структур КНИ.

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

Изучение дисциплины требует строгой посещаемости.

Одним из решающих условий качественного обучения студентов является их **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.

#### **Общие и приемы конспектирования лекций:**

- необходимо записывать тему и план лекции, рекомендуемую литературу к теме;



- в конспекте дословно записываются определения понятий. Остальное должно быть записано своими словами;
- каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий (например: п/п – полупроводник).

Если у студента есть индивидуальные ПК (ноутбуки и т.п.), то тексты выданных тезисов лекций на лекции дополняются и расширяются. С таким текстом надо поработать дома, исправив вкравшиеся при наборе неточности и ошибки.

В конспект следует заносить все то, что преподаватель пишет на доске (демонстрирует с применением средств наглядности), а также рекомендуемые схемы, таблицы, диаграммы и т.д. Очевидно, что 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-визуализациях 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 литературные источники;
- сформулировать и записать развернутые ответы на вопросы для подготовки к практическому занятию.

Также студенты вместе с преподавателем формулируют темы для самостоятельной работы для презентации материала студентом на занятии. В аудитории предлагается дискуссия по вопросам практического занятия, подготовленным докладам.

Преподаватель согласует со студентом тему доклада в соответствии с планом последующих занятий. Студенты готовят презентацию, согласуют формат представления и очередность выступления. На определенном ранее занятии проводится презентация материала студентом, даются ответы на вопросы (не менее трех), обсуждается данная тематика в свете современных вопросов микроэлектроники и микросистемной техники. Оформляется доклад в электронном виде в соответствии с правилами.

Одной из форм обучения, и выполнения контрольной работы является *консультация у преподавателя*. Обращаться к помощи преподавателя следует при подготовке 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.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оценивается: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 100 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий см. в журнале успеваемости в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>.

### РАЗРАБОТЧИК:

Директор института НМСТ,  
доктор технических наук, профессор \_\_\_\_\_



/ Тимошенко С.П./

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические основы структур кремний-на-изоляторе» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Микроэлектроника и твердотельная электроника» разработана в Институте НМСТ и утверждена на заседании Ученого совета Института НМСТ 19 ноября 2020 года, протокол № 4.

Директор Института НМСТ



\_\_\_\_\_/Тимошенко С.П./

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Институтом ПИТ

Зам директора Института ПИТМ



\_\_\_\_\_/А.В.Железнякова/

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

Начальник АНОК



\_\_\_\_\_/Никulina И.М./

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



\_\_\_\_\_/Филиппова Т.П./