

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

Авторы-составители: **Луногов Игорь Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОНИКИ, МИКРО- И
НАНОЭЛЕКТРОНИКИ**

Код УМК 95870

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Современные технологии электроники, микро- и нанoeлектроники

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.04.03** Радиофизика

направленность Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Современные технологии электроники, микро- и наноэлектроники** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.03 Радиофизика (направленность : Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)

ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач

ПК.1 способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.03 Радиофизика (направленность: Радиоэлектроника, телекоммуникации и интеллектуальные системы)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	2
Объем дисциплины (з.е.)	5
Объем дисциплины (ак.час.)	180
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	60
Проведение лекционных занятий	24
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	36
Самостоятельная работа (ак.час.)	120
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (2 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Современные технологии электроники, микро- и нанoeлектроники

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЦЕССАМ МАКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Введение

Классификация технологических процессов при производстве современной электронной техники

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ОСАЖДЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

ОСАЖДЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Понятие эпитаксии. Виды эпитаксии. Особенности осаждения слоев из газовой фазы. Получение оксида и нитрида кремния. Пиролитическое осаждение. Газофазная эпитаксия тонких слоёв металлов

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ЖИДКОЙ ФАЗЫ

Жидкофазная эпитаксия. Метод движущегося растворителя

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ВАКУУМЕ

Вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Катодное распыление. Ионно – плазменное распыление. Плазмохимическое осаждение

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

СКРАЙБИРОВАНИЕ. ПРОЦЕССЫ ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ

Виды скрайбирования. Лазерное, химическое травление. Виды травителей. Селективное растворение полупроводникового материала. Электрохимическое травление. Сухое травление. Фотостимулированное травление

МЕТОДЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ОКИСЛЕНИЯ

Термическое окисление. Окисление при высоком давлении. Окисление при пиролитическом разложении тетраэтоксисилана (ТЭОС). Плазменное анодное окисление. Качество окисных слоёв.

ЛИТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТОГРАФИИ

Виды литографии. Циклы литографии. Фотолитография. Фотошаблоны. Однолучевые сканирующие установки. Многолучевые сканирующие установки. Сканирующие установки векторно - проекционного типа.

СБОРКА И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ

СБОРКА МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Разделение пластин на элементы. Монтаж соединительных проводов. Термокомпрессия. Ультразвуковая сварка. Пайка выводов. Инструменты для подключения выводов. Герметизация

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Нанотехнологии в электронике-3.1 / И. И. Амиров, Е. А. Артамонова, А. Г. Балашов [и др.] ; под редакцией Ю. А. Чаплыгин. — Москва : Техносфера, 2016. — 480 с. — ISBN 978-5-94836-423-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/58864.html>
2. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 2. Микроэлектроника : учебник для академического бакалавриата / А. А. Щука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 326 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01867-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.ura.it.ru/bcode/434302>
3. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 1. Вакуумная и плазменная электроника : учебник для академического бакалавриата / А. А. Щука, А. С. Сигов ; под редакцией А. С. Сигова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 172 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01763-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.ura.it.ru/bcode/433735>

Дополнительная:

1. Берикашвили, В. Ш. Электроника и микроэлектроника: импульсная и цифровая электроника : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Ш. Берикашвили. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 242 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05543-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.ura.it.ru/bcode/441143>
2. Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. К. Неволин. — Москва : Техносфера, 2014. — 174 с. — ISBN 978-5-94836-382-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/26894>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.nanonewsnet.ru/> Сайт о нанотехнологиях в России

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Современные технологии электроники, микро- и наноэлектроники** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Образовательный процесс по дисциплине предполагает использование следующих информационных технологий, программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета (ЕТИС ПГНИУ);
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень используемого программного обеспечения:

- открытая система "ALT Linux"
- офисный пакет приложений "Libre office";
- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов "Adobe Acrobat Reader DC";
- программы демонстрации видео материалов (проигрыватель) "Windows Media Player";
- программа просмотра интернет контента (браузер) "Google Chrome".

Используется программное обеспечение для управления напылительной установкой и обработки результатов измерений

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия, групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук), а также меловой (и) или маркерной доской.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории зондовой микроскопии с техническим оснащением, представленным в паспорте лаборатории.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Современные технологии электроники, микро- и нанoeлектроники**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Знать современные технологии электроники, микро- и нанoeлектроники, уметь пользоваться современным оборудованием, владеть исследование тонких пленок</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основных современных технологий электроники, микро- и нанoeлектроники. Не умеет пользоваться современным оборудованием. Не имеет навыков исследования тонких пленок</p> <p align="center">Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания основных современных технологий электроники, микро- и нанoeлектроники. Демонстрирует частично сформированное умение пользоваться современным оборудованием. Имеет представление о методах исследования тонких пленок</p> <p align="center">Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных современных технологий электроники, микро- и нанoeлектроники. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умение пользоваться современным оборудованием. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков исследования тонких пленок различными методами</p> <p align="center">Отлично Проявляет сформированные систематические знания основных современных технологий электроники, микро- и нанoeлектроники, сформированное умение пользоваться современным оборудованием, успешное применение навыков исследования тонких пленок различными методами</p>
<p>ПК.1 способность использовать в своей</p>	<p>Знать современные методы вакуумного напыления, уметь пользоваться установкой</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает современные методы вакуумного напыления. Не умеет пользоваться</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики</p>	<p>вакуумного напыления, владеть навыками нанесения тонких пленок</p>	<p>Неудовлетворител установкой вакуумного напыления. Не имеет представление о методах нанесения тонких пленок различными методами</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания современные методы вакуумного напыления. Демонстрирует частично сформированное умение пользоваться установкой вакуумного напыления. Имеет представление о методах нанесения тонких пленок различными методами</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современные методы вакуумного напыления. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умение пользоваться установкой вакуумного напыления. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы навыков нанесения тонких пленок различными методами</p> <p>Отлично Проявляет сформированные систематические знания современные методы вакуумного напыления, сформированное умение пользоваться установкой вакуумного напыления, успешное применение навыков нанесения тонких пленок различными методами</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение Входное тестирование	проверка остаточных знаний по твердотельной электронике, квантовой и оптической электронике
ПК.1 способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач	ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ВАКУУМЕ Защищаемое контрольное мероприятие	- знать методы осаждения вещества из жидкой фазы;- знать методы нанесения вещества в вакууме;- знать современные методы литографии

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1 способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики</p> <p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ВАКУУМЕ</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>- уметь пользоваться специализированным оборудованием, владеть навыками осаждения вещества из жидкой фазы;- уметь пользоваться вакуумным постом, владеть методами нанесения вещества в вакууме;- уметь пользоваться атомно-силовым микроскопом, владеть навыками создания микролитографических объектов.</p>
<p>ПК.1 способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики</p> <p>ОПК.3 способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>СБОРКА МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знать современные методы электроники, микро- и нанoeлектроники, уметь пользоваться современным оборудованием, владеть навыками нанесения вещества на подложку из жидкой фазы и в вакууме</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Допущено менее 10% ошибок при тестировании	81
Допущено менее 30% ошибок при тестировании	61
Допущено менее 50% ошибок при тестировании	41
Допущено более 50% ошибок при тестировании	0

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ВАКУУМЕ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Допущено менее 10% ошибок при тестировании	81
Допущено менее 30% ошибок при тестировании	61
Допущено менее 50% ошибок при тестировании	41
Допущено более 50% ошибок при тестировании	0

ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ВАКУУМЕ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
выбранный режим работы испарителя (термического, магнетронного), либо режим работы центрифуги	10
ответ на теоретический вопрос	10
качество полученной пленки	10

СБОРКА МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**
 Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
выполнить одну из указанных преподавателем операций (нанесение вещества методом центрифугирования, испарением в вакууме, микролитографическая надпись)	15
ответ на теоретический вопрос	15
исчерпывающий ответ на дополнительные вопросы по каждому из проводимых действий	10