

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

**Авторы-составители: Волынцев Анатолий Борисович
Пономарев Роман Сергеевич**

Рабочая программа дисциплины

МИКРО- И НАНОСИСТЕМЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

Код УМК 87747

Утверждено
Протокол №9
от «13» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Микро- и наносистемы в технике и технологиях

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **28.04.01** Нанотехнологии и микросистемная техника
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Микро- и наносистемы в технике и технологиях** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

ОПК.3 Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

Индикаторы

ОПК.3.1 Понимает последовательность создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники

ОПК.3.2 Проводит оценку экономических, экологических, социальных и других факторов, влияющих на процесс создания изделий нанотехнологий и микросистемной техники

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Пьезопозиционеры, простые и линейные трансляторы.

Прямой и обратный пьезоэффект. Пьезоэлектрики: кристаллическая решетка пьезоэлектриков, поведение во внешнем электрическом поле. Пьезоэлектрические материалы. Однокристалльные и сборные пьезотрансляторы. Условия применения пьезотрансляторов: диапазон напряжений, температура, давление. Циклическое поведение пьезокристаллов. Факторы, определяющие погрешность работы пьезопозиционеров. Линейные пьезотрансляторы. Применение линейных пьезотрансляторов для прецизионного позиционирования деталей в МНСТ. Существующие производители, классы и модели пьезотрансляторов.

Методы сборки и использования пьезотрансляторов. Управляющая электроника.

Раздел 2. Оптические микросистемы: волноводы, делители, модуляторы

Оптические волноводы в кристаллах и стеклах. Методы формирования волноводов: протонный обмен, ионный обмен, пучковые методы, лазерные методы. Оптические волоконные и интегральные делители. Управляемые делители и аттенюаторы.

Раздел 3. Методы сборки фотонных интегральных схем

Методы фиксации оптических деталей: вакуум, пневматические держатели, механические держатели, электромагнитные держатели, пьезодержатели. Методы соединения деталей МНСТ: клеевое соединение, соединение на оптический контакт. Источники ультрафиолета в МНСТ. Факторы надежности микро- и наносистем

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. Микро- и наноэлектроника в системах радиолокации: монография/Ю. В. Гуляев [и др.]. - М.: Радиотехника, 2013, ISBN 978-5-88070-377-7.-4761.-Библиогр. в конце глав.
2. Технологии строительства ВОЛП. Оптические кабели и волокна : учебное пособие для вузов / В. А. Андреев, Р. В. Андреев, А. В. Бурдин [и др.] ; под редакцией В. А. Андреев. — 7-е изд. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 370 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/75418.html>

Дополнительная:

1. Микроэлектроника. Учеб. пособие для вузов: В 9 кн./Под ред. Л. А. Коледова. Кн. 4. Гибридные интегральные микросхемы. - М.: Высш. шк., 1987. - 95. - Библиогр.: с. 94
2. Пьезоэлектрические материалы и преобразователи. Вып. 7. - Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1988. - 127
3. Азанова И. С., Шевцов Д. И. Физические свойства и структура волоконно-оптических систем: учебно-методическое пособие/И. С. Азанова, Д. И. Шевцов. - Пермь, 2012, ISBN 978-5-7944-1918-4. - 1. <https://elis.psu.ru/node/13929>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/56649.html> Элионная технология в микро- и наноиндустрии

<http://www.iprbookshop.ru/56648.html> Элионная технология в микро- и наноиндустрии

<http://www.iprbookshop.ru/31296.html> Технология микросистемной техники

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

Образовательный процесс по дисциплине **Микро- и наносистемы в технике и технологиях** предполагает использование следующего 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.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Операционная система "ALT Linux".
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель)«WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome» или аналогичных.
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».
6. Пакет FreeCAD.

При освоении материала и выполнения 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 проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

Практические занятия проходят в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской, а также в лаборатории Материаловедения, оснащенной специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

Текущий контроль осуществляется в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

Групповые (индивидуальные) консультации проводятся в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

К помещениям для самостоятельной работы студентов относятся:

- Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с 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
Микро- и наносистемы в технике и технологиях**

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

ОПК.3

Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Понимает последовательность создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники</p>	<p>Имеет базовые знания по оптике. Владеет методами сборки фотонных интегральных схем. Знает методы создания оптических волноводов. Знает основы по пьезоэлектричеству и пьезокристаллам. Умеет работать с пьезотрансляторами.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основных принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, методов формирования оптических волноводов, методов сборки фотонных интегральных схем</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает основные принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, знает основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки. Понимает суть процесса формирования волноводов, знаком с методами формирования волноводов и методами их тестирования. Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные принципы данного процесса, способен указать на основные источники погрешности при проведении сборочных операций.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает основные принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, знает основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки, владеет методами подключения позиционера к источнику напряжения и управления. Понимает суть процесса формирования волноводов, знаком с методами формирования волноводов и методами их тестирования, может применять на практике методы формирования волноводов, включая испытания полученных образцов. Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>принципы данного процесса, способен указать на основные источники погрешности при проведении сборочных операций, способен собрать фотонную интегральную схему, пригодную для проведения испытаний.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные принципы работы пьезоэлектрических позиционеров, знает основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки, владеет методами подключения позиционера к источнику напряжения и управления, способен применять позиционеры в практической профессиональной деятельности. Понимает суть процесса формирования волноводов, знаком с методами формирования волноводов и методами их тестирования, может применять на практике методы формирования волноводов, включая испытания полученных образцов и коррекцию технологических режимов. Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные принципы данного процесса, способен указать на основные источники погрешности при проведении сборочных операций, способен собрать фотонную интегральную схему, пригодную для проведения испытаний, способен провести переналадку сборочной установки, учесть особенности волноводов фотонной интегральной схемы, выбрать тип и характеристики стыковочных модулей</p>
<p>ОПК.3.2 Проводит оценку экономических, экологических, социальных и других факторов, влияющих на процесс создания изделий нанотехнологий и микросистемной</p>	<p>Владеет базовыми знаниями в области фотонных интегральных схем, пьезоэлектрических позиционеров, оптических волноводов и способен провести оценку различных факторов, влияющих на процесс создания готовых изделий микросистемной</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основных принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, методов формирования оптических волноводов, методов сборки фотонных интегральных схем.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает основные принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, знает основные ограничения по величине</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
техники	техники.	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>подаваемых сигналов и нагрузки. Понимает суть процесса формирования волноводов, знаком с методами формирования волноводов и методами их тестирования. Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные принципы данного процесса, способен указать на основные источники погрешности при проведении сборочных операций.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, знает основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки, владеет методами подключения позиционера к источнику напряжения и управления. Понимает суть процесса формирования волноводов, знаком с методами формирования волноводов и методами их тестирования, может применять на практике методы формирования волноводов, включая испытания полученных образцов. Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные принципы данного процесса, способен указать на основные источники погрешности при проведении сборочных операций, способен собрать фотонную интегральную схему, пригодную для проведения испытаний.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные принципы работы пьезоэлектрических позиционеров, знает основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки, владеет методами подключения позиционера к источнику напряжения и управления, способен применять позиционеры в практической профессиональной деятельности. Понимает суть процесса формирования волноводов, знаком с методами формирования волноводов и методами их тестирования, может применять</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>на практике методы формирования волноводов, включая испытания полученных образцов и коррекцию технологических режимов. Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные принципы данного процесса, способен указать на основные источники погрешности при проведении сборочных операций, способен собрать фотонную интегральную схему, пригодную для проведения испытаний, способен провести переналадку сборочной установки, учесть особенности волноводов фотонной интегральной схемы, выбрать тип и характеристики стыковочных модулей</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 (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.1 Понимает последовательность создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники	Раздел 1. Пьезопозиционеры, простые и линейные трансляторы. Защищаемое контрольное мероприятие	Знание основных принципов работы пьезоэлектрических позиционеров, знание основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки, владение методами подключения позиционера к источнику напряжения и управления, способность применять позиционеры в практической профессиональной деятельности
ОПК.3.1 Понимает последовательность создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники	Раздел 2. Оптические микросистемы: волноводы, делители, модуляторы Защищаемое контрольное мероприятие	Основные методы формирования оптических волноводов в кристаллах и стеклах, способен применять их на практике в части формирования волноводов и исследования полученного результаты, а также коррекции процесса
ОПК.3.2 Проводит оценку экономических, экологических, социальных и других факторов, влияющих на процесс создания изделий нанотехнологий и микросистемной техники	Раздел 3. Методы сборки фотонных интегральных схем Защищаемое контрольное мероприятие	Основные методы сборки фотонных интегральных схем, источники погрешности, операции тестирования

Спецификация мероприятий текущего контроля

Раздел 1. Пьезопозиционеры, простые и линейные трансляторы.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает методы подключения позиционера к источнику напряжения и управления	9
Знает основные принципы работы пьезоэлектрических позиционеров	8
Знает основные ограничения по величине подаваемых сигналов и нагрузки	8
Знает применение позиционеров в практической профессиональной деятельности	5

Раздел 2. Оптические микросистемы: волноводы, делители, модуляторы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает основные методы формирования волноводов: ионный обмен, протонный обмен, электростимулированная миграция ионов, пучковые и лазерные методы	9
Знает методы тестирования и метрологического обеспечения процесса формирования волноводов. Измерение оптических потерь, числовой апертуры, поляризационной экстинкции волноводов	8
Знает суть процесса формирования волноводов: локальное повышение показателя преломления, упруго-оптический эффект, искажения кристаллической решетки	8
Знает методы оптимизации технологического процесса формирования волноводов, выбор режимов, допустимые отклонения и диапазон внешних параметров	5

Раздел 3. Методы сборки фотонных интегральных схем

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Знает методики испытания фотонных интегральных схем, статические и динамические характеристики схемы, термоциклирование и нормализация.	13
Знает основные особенности процесса сборки фотонных интегральных схем и основные принципы данного процесса: стыковка с оптическим волокном, разварка электрических выводов, корпусирование	10
Знает основные источники погрешности при сборке фотонных интегральных схем: точность позиционеров, влияние температуры, тепловое расширение клея и его усадка в ходе полимеризации	10
Знает принципы выбора методов сборки фотонных интегральных схем: метод стыковки, тип и конструкция волоконного соединителя, выбор клея и способа полимеризации, выбор корпуса и методов корпусирования	7