

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.
«29» 01 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1.1.03 Технология в микросистемной технике

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров/магистров

Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
(код и направление подготовки)

Направленность Информационно-измерительная техника и технологии
(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения очная, очно-заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2025

Объем дисциплины 216/6
(часов/з.е)

Промежуточная аттестация экзамен,
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Авиационные приборы и устройства
(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Авиационные приборы и устройства
(наименование кафедры)

Разработчик(и): Карасева Т.В., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2025 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, утвержденного приказом Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 957 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 29.01.2025 г. № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 15.01.2025 г. № 1

Заведующий кафедрой Гуськов А.А.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 29.01.2025 г. № 1

Зам. директора по УР Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 12.04.01-12

Начальник УО Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	9
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	9
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	16
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости.....	16
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине.....	20
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине.....	22
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	24
6.1 Основная литература.....	24
6.2 Дополнительная литература.....	24
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	24
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	25
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	25
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	25
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	25
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	27
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии.....	27
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа.....	27
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах.....	27
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа.....	28
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся.....	28
10.6. Методические указания для выполнения РГР.....	28
10.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы.....	28
10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса.....	29

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения данной дисциплины является подготовка студента к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональному стандарту 29.007 «Специалист по проектированию микро- и наноразмерных электромеханических систем» в рамках обобщенной трудовой функции «Определение набора физических блоков микроэлектромеханической системы на основе функциональной блок-схемы».

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

Задачи:

- формирование знаний в рамках основ технологии микросистемной техники;
- формирование умений работы с технической литературой в области производства МСТ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Технология в микросистемной технике» включена в перечень дисциплин вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений, определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при освоении программы бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Технология в микросистемной технике», необходимы при изучении дисциплины «Микросистемная техника», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Технология в микросистемной технике» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Технология в микросистемной технике» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки **«12.04.01 Приборостроение»**:

профессиональных (ПКС): ПКС-1, ПКС-5

Данные компетенции осваиваются частично. Их полное освоение осуществляется совместно со следующими дисциплинами.

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами. (очная форма обучения)

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины.			
	1	2	3	4
ПКС-1				
Технология в микросистемной технике	+			
Микросистемная техника	+	+		
Преддипломная практика				+
Научно-исследовательская практика				+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				
ПКС-5				
Технология в микросистемной технике	+			

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины.			
	1	2	3	4
Микросистемная техника	+	+		
Проектно-конструкторская практика		+		
Проектно-конструкторская практика		+		
Научно-исследовательская работа	+	+	+	
Научно-исследовательская работа				+
Научно-исследовательская практика				+
Преддипломная практика				+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				

Таблица 3.1¹ – Формирование компетенций дисциплинами. (Очно-заочная форма обучения)

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины.				
	1	2	3	4	5
ПКС-1					
Микросистемная техника	+	+			
Технология в микросистемной технике			+		
Научно-исследовательская практика				+	
Преддипломная практика					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					
ПКС-5					
Микросистемная техника	+	+			
Технология в микросистемной технике			+		
Проектно-конструкторская практика		+			
Проектно-конструкторская практика		+			
Технология в микросистемной технике			+		
Научно-исследовательская работа	+	+	+	+	
Научно-исследовательская практика				+	
Научно-исследовательская работа					+
Преддипломная практика					+
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Технология в микросистемной технике», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-1 Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других	ИПК (ИПКС)-1.1 – Осуществляет подбор и изучение литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	Знать: - основы микросистемной технологии; - главные тенденции развития технологии в приборостроении	Уметь: - использовать в своей работе тенденции развития технологии в приборостроении - выбирать важные тенденции развития технологии	Владеть: - методиками анализа современных тенденций развития техники и технологий; - методами анализа и синтеза технологичности изделий

источников информации		и применение их на практике, - методы расчета показателей техно-логических процессов		приборостроения.
ПКС-5 Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями	ИПК (ИПКС)-5.1 – Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	Знать: - основные способы анализа полученных результатов Уметь: - систематизировать и анализировать полученные результаты - оформлять и описывать полученных результатов	Владеть: - навыками практического анализа по заданию составления технической документации	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. ед. или 216 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной / заочной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		№1 семестра/ Очное обучение	№ 3 семестра/ Очно-заочное обучение
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	216/216	216	216
1. Контактная работа:	96/60	96	60
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	88/54	88	54
занятия лекционного типа (Л)	32/18	32	18
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	32/24	32	24
лабораторные работы (ЛР)	24/12	24	12
1.2. Внеаудиторная, в том числе	8/8	8	8
курсовая работа (проект) (КР/КП), расчетно-графическая работа (РГР), контрольная работа (к.р.) (консультация, защита)	2/2	2	2
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРа)	2/2	2	2
2. Самостоятельная работа (СРС)	120/156	120	156
реферат/эссе (подготовка)			
расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	36/36	36	36
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	48/84	48	84
Подготовка к экзамену (контроль)*	36/36	36	36
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)			

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной/очно-заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Содержание разделов, тем, занятий	Вид СРС		
		Контактная работа							
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
<i>1 семестр /3 семестр</i>									

ПКС-1 ИПК-1.1	Раздел 1. Формирование микромеханических структур					
	Тема 1.1. Сверхчистые материалы, их физико-химические и физико-механические свойства.	3/1			6/8	Особенности и перспективные направления развития микротехнологии на современном этапе. Полупроводниковый кремний как конструкционный материал для приборостроения. Специфические свойства полупроводникового кремния.
Тема 1.2. Технология получения полупроводниковых пластин (п/п)		3/2			6/8	Выращивание п/п стержней. Резка стержней на пластины. Шлифование и полирование пластин. Контроль качества п/п пластин.
Тема 1.3 Способы формирования покрытий п/п пластин		3/1			6/10	Термическое окисление. Термическое испарение материалов в вакууме. Пиролитический способ осаждения материалов на подложку. Эпитаксия. Задачи, решаемые покрытиями.
Тема 1.4 Литография		3/2			6/12	Основы литографических процессов. Резисты. Характеристики, свойства, виды. Шаблоны. Технология фотолитографии. Технология рентгено-лучевой литографии. Ионно-лучевая литография.
Тема 1.5 Размерная обработка п/п пластин для изготовления микромеханических структур.		3/2	12/-	8/8	6/8	Плазмохимическая (сухая) размерная обработка кремния. Ионное травление. Химическая размерная обработка. Травление диоксида кремния.
Итого по 1 разделу		15/ 8	12/-	8/8	30/46	

ПКС-1 ИПКС-1.1	Раздел 2. Формирование микроэлектронных структур.					
	Тема 2.1. Диффузия.	3/1			4/8	Механизмы диффузии. Диффузанты. Способы диффузии. Качественный анализ. Ионное легирование для получения активных структур
	Тема 2.2 Омические контакты, соединения микроэлектронных структур.	3/1			4/8	Материалы, системы материалов и требования к ним. Анализ качества и надежности контактных.

	Тема 2.3 Электрические соединения в микроэлектронных структурах	2/1			3/8	Соединение материалов в твердой фазе. Гипотезы твердофазного соединения материалов. Микросварка. Микропайка. Материалы, оснастка.	
	Итого по 2 разделу	8/3		-/-	11/24		
Раздел 3. Формирование микросистемного преобразователя							
ПКС-1 ИПКС-1.1	Тема 3.1 Разработка топологии микроэлектронных и микромеханических структур	3/2		12/8	4/8	Исходные данные. Этапы проектирования. Требования к размещению элементов и компонентов на подложке. Общий топологический и послойные чертежи и требования к их оформлению. Комплект документов.	Проработка теоретического материала по курсу [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1], Решение индивидуальных задач по темам [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] Выполнение лабораторных работ
	Тема 3.2 Технологические погрешности и их анализ	2/2	12/ 12	12/8	6/8	Анализ структурных и температурных напряжения в подложках и оценка их влияние на точность микросистемных устройств. Погрешности размерного травления. Погрешности анизотропного травления и их анализ.	
	Тема 3.3 Надежность и испытание микросистемных устройств.	2/2			6/5	Специфика испытаний микросистемных устройств. Режимы испытаний. Оборудование, оснастка. Технологические основы обеспечения надежности микросистемных устройств.	
	Тема 3.4 Экологический менеджмент и менеджмент производственной безопасности и здоровья в рамках реализации технологического процесса	2/1			/2	Экологический менеджмент. Менеджмент производственной безопасности и здоровья в рамках реализации технологического процесса производства микроэлектромеханических систем.	
	Итого по разделу 3	9/7	12/ 12	24/16	16/23		
ПКС-1 ИПКС-1.1 ПКС-5 ИПКС 5.1	Выполнение курсовой работы				36/36		Выполнение курсовой работы по индивидуальному заданию
	ИТОГО за семестр	32/ 18	24/ 12	32/24	84/129		
	ИТОГО по дисциплине	32/ 18	24/ 12	32/24	84/129		

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия, лабораторные работы	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

Таблица 4.4 – Темы практических занятий

№ ПЗ	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	3	4
1	1	Расчет параметров инерционной массы и упругих подвесов осевого чувствительного элемента в рамках анизотропного химического травления	3/3
2	1	Расчет параметров инерционной массы и упругих подвесов маятникового чувствительного элемента в рамках анизотропного химического травления	3/3
3	1	Расчет параметров микромеханической кремниевой мембранны в рамках анизотропного химического травления	2/2
4	3	Оценка погрешности размерной обработки осевого чувствительного элемента	4/4
5	3	Оценка погрешности размерной обработки маятникового чувствительного элемента	4/-
6	3	Оценка погрешности размерной обработки микромеханической мембранны	4/4
7	3	Разработка топологии электронного блока	4/4
8	3	Разработка топологии чувствительного элемента микромеханического акселерометра	4/4
9	3	Разработка топологии чувствительного элемента микромеханического датчика давления	4/-
Итого			32/24

Таблица 4.5 - Тема лабораторных работ

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	3	4
1	3	Экспериментально-статистические исследования влияния технологических операций на угловую жесткость чувствительных элементов микросистемных акселерометров	4/4
2	3	Определение конструктивных параметров чувствительных элементов микросистемных акселерометров и датчиков давлений с учетом технологических погрешностей	4/4
3	1	Анализ погрешностей при изготовлении чувствительных элементов микросистемных датчиков (ЧЭ МСТ)	6
4	3	Математическое моделирование технологического процесса изготовления чувствительных элементов микросистемных акселерометров	4/4
5	1	Количественная оценка вариации массы ЧЭ микросистемного акселерометра в условиях производства	6
Итого			24/12

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях, ответы на вопросы преподавателя при работе в интерактивном режиме. Практические занятия проводятся в форме решения задач по конкретным темам курса как совместно с преподавателем, так и самостоятельно студентами. При решении задач преподавателем оценивается правильность решения, затраченное время, качество оформления, умение представить и объяснить решение, ответы на вопросы преподавателя. Одной из основных форм и методов оценки текущей успеваемости являются лабораторные работы. При их выполнении оцениваются навыки и умения, а также уровень соответствующих знаний. Выполнение студентами лабораторных работ регистрируется преподавателем в журнале. Лабораторные работы проводятся согласно утвержденному расписанию учебных занятий. Отработка пропущенных студентами лабораторных работ осуществляется по графику, как правило, в конце семестра. Замена пропущенных студентами лабораторных работ другими видами учебных занятий не допускается. Защита отчетов является одной из форм текущего контроля успеваемости студентов (контроль знаний). Процедура приема лабораторных работ включает в себя проверки: достоверности полученных измерений и результатов обработки данных; знаний студентом основных понятий, определений и теоретических положений, применяемых к данной лабораторной работе; знаний студентом методики выполнения лабораторной работы; умений студентом объяснить полученные результаты; степени самостоятельности выполнения лабораторной работы. Защита лабораторных работ предполагает проведение самооценки и внутригрупповой оценки, критического анализа используемых для оценки методов.

Самостоятельная работа студента включает самостоятельную проработку теоретического материала по темам и разделам курса, выполнение индивидуальных заданий в рамках курсовой работы по конкретным темам курса.

Текущая аттестация проводится в форме устного опроса на практических и лабораторных занятиях по теоретическим материалам при защите решений индивидуальных задач. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации (экзамен), если в результате изучения разделов дисциплины в рамках текущего контроля по каждой теме выполнено не менее 60 процентов заданий.

Промежуточная аттестация студентов проводится в форме экзамена, а также защиты курсовой работы.

Для допуска к экзамену студенту необходимо выполнить не менее чем на 60% все текущие работы по плану*.

Курсовая работа является комплексной работой студента, которая подводит итоги его знаниям и умениям, полученным при изучении данной дисциплины. Решение поставленной задачи развивает полученные навыки в процессе формирования научно-технической документации в рамках производства микроэлектромеханических приборов и устройств и заставляет студента решать конкретные технологические проблемы, закрепляя и углубляя теоретические знания.

Объем и содержание курсовой работы определяется заданием, содержащим, помимо исходных данных, также предъявляемые к нему технические требования и особые условия, связанные с условиями эксплуатации.

Оценка курсовой работы проходит по пятибалльной системе. Курсовая работа представляется в виде пояснительной записки, а ее защита происходит в форме устной беседы с преподавателем. Для успешной сдачи курсовой работы студент должен по предложенному заданию проанализировать различные технологические аспекты производства микросистемных преобразователей, оценить технологические погрешности и разработать топологию микросистемного преобразователя. При этом студент знаком с основными передовыми направлениями развития микроэлектромеханических систем. Хорошо ориентируется в

теоретических аспектах. Знаком с современной проектной и конструкторской базой по реализации МЭМС и знает основные алгоритмы оценки параметров элементов, узлов и систем в целом.

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса. Время на подготовку – 45 мин. При промежуточном контроле (экзамене) успеваемость студентов оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (очная (заочная) форма обучения, экзамен, 8 (9) семестр) представлены в табл. 5.3. Шкала соответствия набранных баллов** и экзаменационной оценки представлена в табл. 5.4.

*Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

**Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.3.

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			1 балл	0 баллов	
ПКС-1 Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	ИПК (ИПКС)-1.1 – Осуществляет подбор и изучение литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	Знать: - основы микросистемной технологии; - главные тенденции развития техники и технологии в области приборостроения и применение их на практике, - методы расчета показателей технологических процессов	Студент легко ориентируется в теоретическом материале, связанным с выполняемыми практическими и лабораторными заданиями. Он свободно отвечает на поставленные вопросы; владеет базовым аппаратом.	Студенту не хватает теоретических знаний для выполнения задания. Он не ориентируется в материале; не отвечает на поставленные вопросы; не владеет базовым аппаратом.	Контроль выполнения практических и лабораторных заданий (ПЗ и ЛР)
		Уметь: - использовать в своей работе тенденции развития технологий в приборостроении - выбирать важные тенденции развития техники и технологий	Практические и лабораторные задания выполнены качественно, оформлены в срок и студент показал достаточные знания при защите работы**	Практические и лабораторные задания не выполнены и не оформлены. Студенту не хватает теоретических знаний для выполнения задания. Он не ориентируется в материале; не отвечает на поставленные вопросы; не владеет базовым аппаратом.	Контроль выполнения практических и лабораторных заданий (ПЗ и ЛР)
		Владеть: - методиками анализа современных тенденций развития техники и технологии; - методами анализа и синтеза технологичности изделий приборостроения.			
ПКС-5 Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями	ИПК (ИПКС)-5.1 – Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	Знать: - основные способы анализа полученных результатов	Студент легко ориентируется в теоретическом материале, связанным с выполняемыми практическими и лабораторными заданиями. Он свободно отвечает на поставленные вопросы; владеет базовым аппаратом.	Студенту не хватает теоретических знаний для выполнения задания. Он не ориентируется в материале; не отвечает на поставленные вопросы; не владеет базовым аппаратом.	Контроль выполнения практических и лабораторных заданий (ПЗ и ЛР)

установленными требованиями		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизировать и анализировать полученные результаты - оформлять и описывать полученных результатов <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками практического анализа по заданию составления технической документации 	<p>Практические и лабораторные задания выполнены качественно, оформлены в срок и студент показал достаточные знания при защите работы**</p>	<p>Практические и лабораторные задания не выполнены и не оформлены. Студенту не хватает теоретических знаний для выполнения задания. Он не ориентируется в материале; не отвечает на поставленные вопросы; не владеет базовым аппаратом.</p>	Контроль выполнения практических и лабораторных заданий (ПЗ и ЛР)
-----------------------------	--	--	---	--	---

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (экзамен)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПКС-1 Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	ИПК (ИПКС)-1.1 – Осуществляет подбор и изучение литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы микросистемной технологии; - главные тенденции развития техники и технологии в области приборостроения и применение их на практике, - методы расчета показателей технологических процессов 	ответ на вопрос абсолютно правильный и полный	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия	Ответ на теоретический вопрос билета и на дополнительные вопросы
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать в своей работе тенденции развития технологий в приборостроении - выбирать важные тенденции развития техники и технологий 	абсолютно правильно и полно выполняет качественный анализ; в ходе дискуссии грамотно и полно обосновывает свои варианты, демонстрируя умения анализа	определены методы реализации элементов МСТ, при выполнении анализа присутствуют неточности или ошибки, допускает некоторые неточности при обосновании, но в ходе дискуссии демонстрирует отсутствие умений и	при проведении анализа допущены грубые принципиальные ошибки, приведшие к неверному результату; в ходе дискуссии демонстрирует отсутствие умений и	Ответ на теоретический вопрос билета и на дополнительные вопросы
		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками анализа современных тенденций развития техники и технологий; - методами анализа и синтеза технологичности изделий приборостроения. 				

				демонстрируя некоторые умения	владений общими принципами анализа имеющейся информации	
ПКС-5 Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями	ИПК (ИПКС)-5.1 – Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные способы анализа полученных результатов 	ответ на вопрос не полный, при ответе допускает неточности и ошибки, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных дисциплин	нет ответа на теоретический вопрос или при ответе путает понятия	Ответ на теоретический вопрос билета и на дополнительные вопросы	
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизировать и анализировать полученные результаты - оформлять и описывать полученных результатов <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками практического анализа по заданию составления технической документации 	абсолютно правильно и полно выполняет качественный анализ и может систематизировать знания; в ходе дискуссии грамотно и полно обосновывает свои варианты, демонстрируя умения анализа	определенны методы реализации элементов МСТ, при выполнении анализа присутствуют неточности или ошибки, допускает некоторые неточности при обосновании, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя некоторые умения	при проведении анализа и систематизации сведений допущены грубые принципиальные ошибки, приведшие к неверному результату; в ходе дискуссии демонстрирует отсутствие умений и владений общими принципами анализа имеющейся информации	Ответ на теоретический вопрос билета и на дополнительные вопросы

Таблица 5.2¹ – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (курсовая работа)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			отлично	Форма контроля
			неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо		
ПКС-1 Способен формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных, патентных и других источников информации	ИПК (ИПКС)-1.1 – Осуществляет подбор и изучение литературных, патентных и других источников информации по теме исследований и разработок	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы микросистемной технологии; - главные тенденции развития техники и технологии в области приборостроения и применение их на практике, - методы расчета показателей технологических процессов <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать в своей работе тенденции развития технологий в приборостроении - выбирать важные тенденции развития техники и технологий <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками анализа современных тенденций развития техники и технологии; - методами анализа и синтеза технологичности изделий приборостроения 				в работе представлены: достаточный анализ поставленной проектной задачи по разработке микросистемного преобразователя, разработка топологии на уровне узлов и элементов МСТ по заданному техническому заданию, проведен достаточный и правильный расчет технологических погрешностей при размерной обработке. Результаты проектирования соответствуют техническому заданию, расчет проведен в полном объеме, разработан полный перечень соответствующей технической документации с незначительными ошибками (спецификации, технические условия). В работе представлены все необходимые конструктивные исследования на основе литературных источников; усвоены теоретические положения в рамках учебной программы;	в работе представлены: полный анализ поставленной проектной задачи, разработка топологии на уровне узлов и элементов МСТ по техническому заданию, проведен полный и правильный расчет технологических погрешностей при размерной обработке. Результаты проектирования соответствуют техническому заданию, проведен в полном объеме проектный расчет и разработан полный перечень соответствующие й технической документации. Самостоятельное усвоение знаний сверх учебной программы; четкая композиция
ПКС-5 Способен к подготовке научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, используя современные средства редактирования, в соответствии с установленными требованиями	ИПК (ИПКС)-5.1 – Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с использованием современных средств редактирования в соответствии с установленными требованиями	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные способы анализа полученных результатов <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизировать и анализировать полученные результаты - оформлять и описывать полученных результатов <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками практического анализа по заданию составления технической документации 	представлена не полная работа; недостаточно усвоены базовые теоретические положение в рамках учебной программы; доклад читается, не может четко ответить на вопросы;	в работе представлена разработка топологии микросистемного преобразователя со всеми необходимыми разделами с обобщением по нормативным требованиям и собственными выводами; полученные результаты доказывают усвоение базовых теоретических положений в рамках учебной программы; отсутствует последовательность изложения, не может четко ответить на ряд вопросов;			

требованиями					четкая композиция доклада, изложение логичное, отвечает на большинство вопросов;	доклада, изложение выразительное, компактное, логичное, отвечает на вопросы или на большинство вопросов	
--------------	--	--	--	--	--	---	--

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

Текущую успеваемость*	Суммарное количество баллов**	Оценка
Не полный объем выполненных работ	0...1	«неудовлетворительно»
Полный объем выполненных работ	2	«удовлетворительно»
Полный объем выполненных работ	3	«хорошо»
Полный объем выполненных работ	4	«отлично»

*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.;

**) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям (темы докладов/сообщений)

Разработка топологии электронного блока

1. Разработать сборочный топологический чертеж электрической принципиальной схемы в соответствующем масштабе.
2. Снять послойные чертежи и составить на каждый слой морфологические таблицы координат.

Оценка погрешности размерной обработки микромеханической мембранны

1. Определить идеальную и фактическую активную площадь кремниевой мембранны. Оценить влияние анизотропного химического травления на активную площадь.
2. Определить идеальную и фактическую жесткость кремниевой мембранны интегрального датчика давления. Оценить вариацию жесткости с учетом анизотропного химического травления. Рассмотреть одностороннее и двустороннее травление.
3. Рассчитать параметры для фотошаблона при формировании кремниевой мембранны с целью компенсации размерных погрешностей.
4. Определить перемещение мембранны исходя из действующего давления.

Расчет параметров инерционной массы и упругих подвесов осевого чувствительного элемента в рамках анизотропного химического травления

1. Определить идеальную и фактическую массу чувствительного элемента. Оценить влияние анизотропного химического травления на массу.
2. Определить идеальную и фактическую жесткость упругого подвеса чувствительного элемента. Оценить вариацию жесткости с учетом анизотропного химического травления. Рассмотреть одностороннее и двустороннее травление.
3. Рассчитать параметры для фотошаблона при формировании чувствительной массы и упругого подвеса с целью компенсации размерных погрешностей.
4. Определить величину перемещения чувствительной массы в зависимости от измеряемого диапазона с учетом вариации конструктивных параметров.

Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Экспериментально-статистические исследования влияния технологических операций на угловую жесткость чувствительных элементов микросистемных акселерометров

1. Ознакомиться с теоретической частью лабораторной работы и кратко сформулировать основные цели и задачи.

2. Зарисовать эскиз испытуемого ЧЭ маятникового типа микросистемного акселерометра.

3. Получить у преподавателя задание на исходные данные по изготовлению ЧЭ маятникового типа акселерометров (конструктивные параметры) и партию ЧЭ для определения их собственной частоты.

4. Рассчитать по соотношению теоретическую угловую жесткость ЧЭ маятникового типа микросистемного акселерометра.

5. Определить собственную частоту путем исследований выборки ЧЭ маятникового типа акселерометров и рассчитать угловую жесткость каждого из них по предложенной методике. Результаты представить в виде таблицы.

Таблица 1.1

Номер образца	Собственная частота, Гц	Экспериментальная угловая жесткость, 10^{-3} Н м	Расчетная номинальная угловая жесткость, 10^{-3} Н м
1			
2			
n			

6. Рассчитать среднее значение экспериментальной угловой жесткости выборки ЧЭ маятникового типа акселерометров.

Среднее значение экспериментальной угловой жесткости $G_{\text{ср}}$ определяется следующим соотношением:

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{1}} + G_{\text{2}} + G_{\text{3}} + \dots + G_{\text{n}}}{n},$$

где $G_{\text{1}}, \dots, G_{\text{n}}$ - экспериментальная угловая жесткость 1-го ... n элемента, Нм; n - число элементов в выборке.

7. Оценить степень расхождения теоретических и экспериментальных данных по жесткости ЧЭ. Расхождение экспериментальных данных относительно теоретических можно оценить через коэффициент K , который можно определить через следующее соотношение

Лабораторная работа 2. Определение конструктивных параметров чувствительных элементов микросистемных акселерометров и датчиков давлений с учетом технологических погрешностей

1. Ознакомиться с теоретической частью лабораторной работы и кратко сформулировать основные цели и задачи.

2. Зарисовать эскиз испытуемого чувствительного элемента микросистемного акселерометра (микросистемного датчика давлений).

3. Получить у преподавателя задание на исходные данные по изготовлению чувствительных элементов акселерометров (датчиков давлений) и партию ЧЭ для определения основных конструктивных параметров.

4. Определить конструктивные параметры чувствительных элементов с помощью микроскопа.

5. Провести качественный анализ влияния погрешностей несовмещения и линейных размеров (на основе технологических допусков) на воспроизводимость конструктивных параметров чувствительной массы и упругого подвеса и, как следствие, на жесткость.

6. Провести оценку степени варьирования массы в зависимости от основных технологических погрешностей.

7. Оценить изменение жесткости чувствительного элемента с учетом погрешности геометрии формы по величине технологических допусков.

Лабораторная работа 3. Анализ погрешностей при изготовлении чувствительных элементов микросистемных датчиков (ЧЭ МСТ)

1. Ознакомиться с теоретической частью лабораторной работы и кратко сформулировать основные цели и задачи.

2. Зарисовать эскиз испытуемого чувствительного элемента микросистемного датчика первичной информации.

3. Получить у преподавателя партию чувствительных элементов для оценки точности воспроизведения конструктивных параметров чувствительного элемента датчика первичной информации.

4. Определить основные конструктивные параметры чувствительных элементов для каждого экземпляра. Результаты занести в таблицу.

Таблица

№ образца	A, мм	B, мм	a _п , мм	b _п , мм
1				
2				
...				
n				
	A _{ср}	B _{ср}	a _{пср}	b _{пср}

5. Оценить случайную погрешность при групповой размерной обработке. Определите среднее квадратическое отклонение для распределения средних арифметических всех вариационных величин:

$$\sigma_{x_i} = \frac{S_i}{\sqrt{N - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}},$$

где S_i – эмпирическое среднее квадратическое отклонение параметра;

x_i – параметр i -го образца;

\bar{x} – среднее значение i -го параметра;

N – число образцов;

k – число рассматриваемых параметров.

Типовые вопросы (задания) для устного (письменного) опроса

1. Свойства полупроводникового (п/п) как конструкционного материала для приборостроения.
2. Окисление п/п пластин и функции диоксида кремния.
3. Сущность фотолитографии и решаемые с ее помощью задачи.
4. Фоторезисты, их состав и свойства. Негативные и позитивные фоторезисты.
5. Фотошаблоны и способы их изготовления. Эталонные и рабочие фотошаблоны.
6. Сущность электронолитографии. Достиинства и недостатки.
7. Физические основы термического вакуумного напыления тонких пленок.
8. Рентгенолитография. Достиинства и недостатки.
9. Легирование локальных поверхностей путем ионного внедрения примесных атомов.
10. Термическая диффузия примесей.
11. Формирование диэлектрических покрытий.
12. Технология тонкопленочных покрытий.
13. Методы и средства контроля параметров пленок в процессе их напыления.
14. Химическая размерная обработка п/п пластин для создания микроструктур.
15. Свойства и состав травителей п/п кремния. Анизотропное и изотропное травление.
16. Способы герметизации микросистемной техники и методы контроля герметичности изделий.
17. Технологические факторы, влияющие на выходные характеристики микросистемной техники и их анализ.
18. Надежность микросистемной техники и ее обеспечение в процессе их производства.

19. Предпосылки перехода от микро- к наноструктурам.
20. Физические основы нанотехнологии.
21. Технические средства нанотехнологий.
22. Пиролитический способ осаждения пленок.
23. Эпитаксия. Задачи, решаемые эпитаксией.
24. Омические контакты, контактные соединения, тонкопленочные проводники.
25. Материалы, системы материалов в микросистемной технике и требования к ним.
26. Анализ качества и надежности контактных элементов.
27. Микропайка. Оснастка, материалы, используемые в микропайки.
28. Кинетика и физические процессы при сварке в твердой фазе.
29. Требования к оформлению общей топологии и послойным чертежам при проектировании микросистемной техники.
30. Ионно-плазменное размерное травление п/п кремния.

Типовые тестовые задания

1. Физико-механические свойства полупроводникового кремния:
А) обладает высокой термостабильностью (малым коэффициентом температурного расширения);
В) имеет высокую концентрацию примесных атомов в своей структуре;
С) обладает хорошей отражательной способностью.
2. Основные требования к полупроводниковым пластинам:
А) стабильность упругих свойств;
Б) термостойкость;
С) звуконепроницаемость.
3. Способы формирования покрытий полупроводниковых пластин:
А) электрохимическое осаждение металлических пленок;
Б) термическое испарение материалов в вакууме;
С) плазменное напыление металлов на поверхность полупроводниковых пластин.
4. Достоинства термического напыления материалов в вакууме на полупроводниковые пластины:
А) отсутствует температурное воздействие на полупроводниковые пластины;
Б) получение тонкого равномерного слоя напыления на полупроводниковых пластинах;
С) отсутствует потребность вакуумировать рабочую камеру.

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен и сдача курсовой работы. Возможно проведение промежуточной аттестации в устно-письменной форме по экзаменационным билетам, по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования.

Защита курсовой работы. Результаты защиты курсовой работы выставляются по пятибалльной системе оценивания («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Перечень вопросов к защите курсовой работы ПКС-1, ИПКС 1.1, ПКС5, ИПКС5.1):

- 1 Определите основной конструкционный материал при создании элементов микросистемной техники.
2. Определите основные физико-механические свойства монокристаллического кремния.
3. Определите виды литографии, применяемые для формирования конфигурации элементов. Проведите их качественный анализ.
4. В чем суть процесса литографии.
5. Какие требования предъявляются к резистам и шаблонам для реализации литографических процессов.
6. С помощью каких способов можно сформировать защитные покрытия. Проведите качественный анализ этих способов.
7. Какие способы размерной обработки применяются для формирования микромеханических структур. Какие погрешности при этом возникают.
8. Какие технологии применяют для формирования пленочных проводниковых структур.
9. Какие этапы имеет разработка топологии.
10. Что такое морфологические таблицы координат.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ПКС-1, ИПКС 1.1):

Примерный тест для итогового тестирования:

1. Технологические факторы, влияющие на точность микросистемной техники при размерном травлении полупроводниковых пластин:
 - A) время травления;
 - B) температура травителя;
 - C) разработка проектной документации МСТ.
2. Природа возникновения структурных деформаций в полупроводниковых пластинах:
 - A) диффузионные процессы на поверхности полупроводниковых пластин;
 - B) ионное легирование на поверхности полупроводниковых пластин;
 - C) количество отмывочных операций на поверхности полупроводниковых пластин.
3. Природа возникновения термических деформаций в полупроводниковых пластинах:
 - A) процессы нанесения фоторезиста на полупроводниковые пластины;
 - B) окисление полупроводниковых пластин;
 - C) размерное травление полупроводниковых пластин.
4. Способы устранения структурных и термических напряжений в полупроводниковых пластинах:
 - A) термообработка (отжиг);
 - B) окисление пластин;
 - C) металлизация пластин.
5. Разработка топологии микромеханических структур включает в себя:
 - A) травление полупроводниковых пластин;
 - B) проектирование топологии микромеханических структур;
 - C) расчет погрешности при размерном химическом травлении полупроводниковых пластин.
6. Разработка топологии микроэлектронных структур включает в себя:

- А) выбор способа соединения контактных площадок с выводами;
- Б) выбор и назначение флюса для микропайки;
- С) проектирование топологии микроэлектронных структур.

7. Исходные данные для разработки топологии микромеханических структур:

- А) чертеж микромеханической структуры;
- Б) результаты расчета необходимой концентрации примесных атомов при ионном легировании;
- С) принципиальная электрическая схема электронного преобразователя.

8. Исходные данные для разработки топологии микроэлектронных структур:

- А) свойства материалов для получения токоведущих дорожек;
- Б) принципиальная электрическая схема электронного преобразователя;
- С) требования к микросварке.

9. В процессе диффузионного процесса важно обеспечить:

- А) освещенность помещения, в котором протекает процесс;
- Б) концентрацию и подвижность примесных атомов;
- С) влажность атмосферы окружающей среды.

10. В процессе ионного легирования важно обеспечить:

- А) энергию потока заряженных частиц;
- Б) температуру в помещении, в котором протекает процесс;
- С) степень влажности в помещении.

11. Достоинства ионного легирования над процессами диффузии:

- А) высокий процент выхода качественной продукции;
- Б) низкая температура процесса;
- С) высокая температура процесса;
- Д) низкая квалификация рабочих занятых в процессе.

12. Физико-механические свойства полупроводникового кремния:

- А) обладает высокой термостабильностью (малым коэффициентом температурного расширения);
- Б) имеет высокую концентрацию примесных атомов в своей структуре;
- С) обладает хорошей отражательной способностью.

13. Основные требования к полупроводниковым пластинам:

- А) стабильность упругих свойств;
- Б) термостойкость;
- С) звуконепроницаемость.

14. Способы формирования покрытий полупроводниковых пластин:

- А) электрохимическое осаждение металлических пленок;
- Б) термическое испарение материалов в вакууме;
- С) плазменное напыление металлов на поверхность полупроводниковых пластин.

15. Достоинства термического напыления материалов в вакууме на полупроводниковые пластины:

- А) отсутствует температурное воздействие на полупроводниковые пластины;
- Б) получение тонкого равномерного слоя напыления на полупроводниковых пластинах;
- С) отсутствует потребность вакуумировать рабочую камеру.

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций (элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.3).

Таблицы 5.3 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПКС-1 ИПКС-1.1					
Знать: - основы микросистемной технологии; -главные тенденции развития техники и технологии в области приборостроения и применение их на практике, - методы расчета показателей технологических процессов	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - использовать в своей работе тенденции развития технологий в приборостроении - выбирать важные тенденции развития техники и технологий	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ и ЛР Отчет и защита СР, Промежуточная аттестация
Владеть: - методиками анализа современных тенденций развития техники и технологии; - методами анализа и синтеза технологичности изделий приборостроения.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ Отчет и защита СР, Промежуточная аттестация
ПКС-5 ИПКС-5.1					
Знать: - основные способы анализа полученных результатов	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - систематизировать и анализировать полученные результаты - оформлять и описывать полученных результатов	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ Отчет и защита СР, Промежуточная аттестация п.
Владеть: - навыками практического анализа по заданию составления технической документации	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ Отчет и защита СР, Промежуточная аттестация п.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

- 6.1.1.** **Обухов В.И.** Технология интегральных датчиков и систем. С грифом УМО. Н. Новгород, 2015 – 165 с. 100 экз.
- 6.1.2.** **Карасева, Т.В.** Размерная обработка кремния и оценка технологических погрешностей [Текст] : Учебное пособие / Т. В. Карасева. - Рекомендовано УМО. - Н.Новгород : НГТУ, 2014.-127 с.
- 6.1.3.** **Вавилов, В.Д.** Микросистемная техника [Текст] : Учебное пособие / В. Д. Вавилов. - Рекомендовано УМО. - Н.Новгород : НГТУ, 2015. - 625 с. 50 экз.
- 6.1.4.** **Вавилов, В.Д.** Микроэлектромеханические системы [Текст] : Монография / В. Д. Вавилов. - Н.Новгород : НГТУ, 2014. - 631 с. 98 экз.

6.2 Дополнительная литература

- 6.2.1.** **Джексон, Р.Г.** Новейшие датчики [Текст] : Пер. с англ. / Р. Г. Джексон ; Под ред. В.В. Лучинина. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2008. - 400 с. - (Мир электроники). 30 экз.
- 6.2.2.** **Фостер, Л.** Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности [Текст] / Л. Фостер ; Пер. с англ. А. Хачояна. - М. : Техносфера, 2008. - 352 с. : ил. - (Мир материалов и технологий). 20 экз.
- 6.2.3.** **Лозовский, В.Н.** Нанотехнология в электронике. Введение в специальность [Текст] : Учебное пособие / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - 2-е изд., испр. ; Рекомендовано УМО. - СПб. : Лань, 2008. - 336 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). 20 экз.
- 6.2.4.** **Распопов, В.Я.** Микромеханические приборы [Текст] : Учебное пособие / В. Я. Распопов. - Допущено Министерством образования и науки РФ. - М. : Машиностроение, 2007. - 400 с. 23 экз.
- 6.2.5.** **Кручинин, Д. Ю.** Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей : учебное пособие для СПО / Д. Ю. Кручинин, Е. П. Фарафонова ; под редакцией В. А. Дерябина. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 49 с. — ISBN 978-5-4488-0454-0, 978-5-7996-2891-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87896.html> (дата обращения: 20.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/87896>
- 6.2.6.** **Васильев, В. Ю.** Технология тонких пленок для микро- и наноэлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 107 с. — ISBN 978-5-7782-3915-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98748.html> (дата обращения: 20.12.2021). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Карасева, Т.В. Размерная обработка кремния и оценка технологических погрешностей [Текст] : Учебное пособие / Т. В. Карасева. - Рекомендовано УМО. - Н.Новгород : НГТУ, 2014.-127 с.

Технология интегральных измерительных преобразователей: метод. указания к лабораторным работам по дисциплинам “Технология интегральных измерительных преобразователей” и “Технология интегральных датчиков и МЭМС” для студентов всех форм обучения по специальностям “Информационно-измерительная техника и технологии” и “Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы”/НГТУ; сост.: Т.В. Карасева. Н. Новгород, 2006.- 57 с. Методические указания и задания к практическим занятиям по дисциплине «Технология в микросистемной технике»;

Методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию для специальностей "Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы" и "Информационно-измерительная техника и технологии"/НГТУ; Сост.: Т.В. Карасева, Я.Л. Миркин. Н. Новгород, 2005. -87 с.

Технология интегральных датчиков и систем [Текст] : Методические указания к лабораторным работам для студентов спец. "Инф.-изм. техника и технологии" и "Авиац. приборы и изм.-выч. комплексы" / Сост.: В.И. Обухов. - Арзамас : АПИ(ф) НГТУ, 2015. - 56 с.



7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>.

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 - Microsoft Office (Excel, Power Point, Word);

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.
Аудитория .9 (кафедра АПУ)	проектор Benq, компьютеры Pentium 4 - 1 шт., доска магнитно-маркерная, экран, мультимедийный проектор BenQMP622 посадочных мест - 32, шкаф для методической литературы - 3шт.
Аудитория 8 (кафедра АПУ)	Микроскоп ММИ-2- 1 шт., Набор чувствительных элементов микромеханических акселерометров, Доска магнитно-маркерная, экран, мультимедийный проектор BenQMP622 , экран, Персональный компьютер-1шт. подключением к интернету (пакет Microsoft Office/ Пакет прикладных программ MatLab, лабораторный стол - 8 шт; Лабораторный стенд - 1 шт., комплект специальных измерительных средств, посадочных мест - 29

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;

- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработки собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Приводятся конкретные методические указания для обучающихся по подготовке доклада, выполнению реферата или эссе, требования к их оформлению, порядок сдачи.

10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.6. Методические указания для выполнения РГР

Учебным планом не предусмотрена

10.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы

Выполнение курсовой работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине, способствует формированию у обучающихся готовности к самостоятельной профессиональной деятельности, является этапом к выполнению выпускной квалификационной работы.

Примерная тематика курсовых работ (проектов)

1. Проектирование общей топологии и послойных чертежей микросистемного акселерометра.
2. Проектирование общей топологии и послойных чертежей микросистемного датчика давления.
3. Проектирование общей топологии и послойных чертежей микросистемного датчика абсолютного давления.

4. Проектирование общей топологии и послойных чертежей микросистемного датчика линейных ускорений прямого измерения.
5. Проектирование общей топологии и послойных чертежей микросистемного датчика относительного давления.
6. Проектирование общей топологии и послойных чертежей микросистемного прецизионного датчика температуры.

Целью курсовой работы является оценка готовности студента к выполнению профессиональных задач в рамках трудовой деятельности по профессиональному стандарту 29.007 «Специалист по проектированию микро- и наноразмерных электромеханических систем» в рамках обобщенной трудовой функции «Определение набора блоков микроэлектромеханической системы на основе функциональной блок-схемы».

Исходным документом для разработки является техническое задание. В нем упрощены некоторые технические требования (его назначение, требования к изделию, условия работы) и приведен эскиз чувствительного элемента и принципиальная схема. Упрощения вызваны учетом объекта работы, отведенного студентам учебным планом, и уровнем их знаний к началу курсового проектирования. Процесс проектирования проводится в соответствии со стадиями его выполнения, регламентированными ГОСТ 2.103-68, согласно которому разработку курсовой работы можно разделить на следующие этапы:

- анализ технологических процессов для реализации элементов микросистемной техники по заданию;
- разработка топологии чувствительного элемента с учетом технологических аспектов реализации микросистемного преобразователя;
- разработка топологии принципиальной схемы с учетом технологических ограничений реализации микросистемного преобразователя;
- разработка послойных и сборочных чертежей в рамках реализации принципиальной схемы, на базе которых проводится технологическая реализация фотошаблонов;
- разработка послойных чертежей в рамках реализации чувствительного элемента, на базе которых проводится технологическая реализация фотошаблонов для размерной обработки механического узла.

Пояснительная записка курсовой работе является текстовым документом, содержащим обоснование решений, все виды расчетов, программы, инструкции, спецификации, различные ведомости.

Пояснительная записка к курсовой работе должна включать:

- титульный лист;
- техническое задание;
- аннотацию;
- ведомость курсовой работы;
- содержание;
- введение;
- основную часть;
- заключение;
- список использованной литературы;
- спецификации;
- приложения (при необходимости).

В соответствии с ГОСТ 2.105-95 текст пояснительной записи выполняют одним из следующих способов:

- машинописным, соблюдая требования ГОСТ 13.1.002, шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко, черным шрифтом;
- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004).
- Все расчеты выполняются в системе СИ. При этом для удобства расчетов используют производные единицы длины (мм) и напряжения ($\text{Н}/\text{мм}^2$). Точность расчетов зависит от определяемой величины и, как правило, не превышает одного-двух знаков после запятой; точность выполнения некоторых расчетов указывается отдельно.

10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatiij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20____/20____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.
«____»____ 20____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1)
- 2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____.
Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____.
Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)