Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н., доцент С.А. Стрельцов
“___”_____ _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДИСЦИПЛИНЫ

Микроэлектромеханика

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Микроэлектроника и наноэлектроника

Новосибирск 2021

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по **дисциплине** Микроэлектромеханика представлена в Таблице. Результаты обучения по дисциплине соотнесены с уровнями сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Таблица

Формируемые компетенции	**Индикаторы компетенций**	**Темы**	**Этапы оценки компетенций и соотнесенных с ними индикаторов**	
			Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.)	**Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)**
ПК-5/НА Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	Динамические свойства элементов в МЭМС. Свободные колебания. Колебания механической системы с демпфированием. Вынужденные колебания механической системы. Динамические характеристики микроэлектромеханических систем Достоинства и недостатки пьезоэлектрических преобразователей. Физическое и математическое описания эффекта пьезоэлектричества. Коэффициент электромеханической связи. Модель пьезоэлектрического балочного актюатора (пьезоэлектрический биморфный элемент). Свойства пьезоэлектрических материалов. Достоинства и недостатки электромагнитных преобразователей. Электромагнитные силы. Магнитное и магнито-электромагнитное преобразование энергии. Достоинства и недостатки электростатических преобразователей. Электростатические силы при постоянном напряжении. Электростатические силы при постоянном заряде. Влияние краевых эффектов на электрическую ёмкость и электростатические силы в МЭМС. Механизмы демпфирования в МЭМС: конструкционное и флюидное. Вязкое демпфирование. Модели демпфирования в МЭМС. Демпфирование с	Контрольная работа, РГЗ/Реферат, разделы 1	Экзамен, вопросы 1-12

		выдавливанием слоя. Демпфирование со скользящим слоем: модель Стокса и Куэтта. Механические нагрузки. Виды механических нагрузок: статическая нагрузка, линейные ускорения, полигармонические нагрузки, случайные нагрузки, ударные нагрузки. Обзор базовых электрических и механических концепций МЭМС Плоскопараллельный актюатор. Эффект схлопывания и способы его устранения. Встречно-штыревые актюаторы. Виды конструкций и эффекты нестабильности в них. Эффект электростатического размягчения в МЭМС. Принцип работы интегрального микромеханического реле. Принцип работы и виды электростатических микродвигателей. Скребущий шаговый микродвигатель. S-образный электростатический актюатор. Электростатический сегнетоэлектрический планарный двигатель. Электростатический зарядовый микроактюатор. Электростатический мускул. Встречно-штыревой актюатор для больших смещений. Принцип работы электростатического микронасоса. Принцип работы DLP-проекционных систем. Принцип работы GLV-проекционных систем. Емкостной МЭМС микрофон. Емкостные акселерометры. Конструкции и принцип работы. МЭМС гироскоп. Принцип работы одноосного гироскопа. Принцип работы двуосного гироскопа. Пьезоэлектрические акселерометры балочного и мембранного типов. Пьезоэлектрические акустические сенсоры балочного и мембранного типов. Полимерный пьезоэлектрический тактильный сенсор. Пьезоэлектрический датчик скорости потока. Линейные пьезоэлектрические микроактюаторы. Пьезоэлектрический шаговый двигатель. Биморфный пьезоэлемент. Пассивный и активный биморфные пьезоэлементы. Мембранные микроактюаторы. Технология пьезоструйной и термоструйной		

		печати. Пьезоэлектрические преобразователи Электромагнитные актюаторы. Магнитоэлектрический двигатель. Магнитный балочный актюатор. Электромагнитный торсионный актюатор. Двуосный электромагнитный торсионный актюатор. Двунаправленный магнитный балочный актюатор. Бистабильный магнитный актюатор. Электромагнитные преобразователи Электростатические сенсоры и актюаторы Эффекты демпфирования в микроэлектромеханических системах Эффекты масштабирования в МЭМС. Масштабирование геометрических размеров и механических систем. Масштабирование температурных и флюидных систем. Масштабирование электрических систем. Свойства материалов при масштабировании. Новые физические явления при масштабировании. Вычислительные проблемы при масштабировании.		
ПК-6/НА Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	2. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков	Динамические характеристики микроэлектромеханических систем Достоинства и недостатки пьезоэлектрических преобразователей. Физическое и математическое описания эффекта пьезоэлектричества. Коэффициент электромеханической связи. Модель пьезоэлектрического балочного актюатора (пьезоэлектрический биморфный элемент). Свойства пьезоэлектрических материалов. Достоинства и недостатки электромагнитных преобразователей. Электромагнитные силы. Магнитное и магнито-электромагнитное преобразование энергии. Достоинства и недостатки электростатических преобразователей. Электростатические силы при постоянном напряжении. Электростатические силы при постоянном заряде. Влияние краевых эффектов на электрическую ёмкость и электростатические силы в МЭМС. Механизмы	Контрольная работа, РГЗ/Реферат, разделы 2	Экзамен, вопросы 13-24

		демпфирования в МЭМС: конструкционное и флюидное. Вязкое демпфирование. Модели демпфирования в МЭМС. Демпфирование с выдавливанием слоя. Демпфирование со скользящим слоем: модель Стокса и Куэтта. Обзор базовых электрических и механических концепций МЭМС Плоскопараллельный актюатор. Эффект схлопывания и способы его устранения. Встречно-штыревые актюаторы. Виды конструкций и эффекты нестабильности в них. Эффект электростатического размягчения в МЭМС. Пьезоэлектрические преобразователи Электромагнитные преобразователи Электростатические сенсоры и актюаторы Эффекты демпфирования в микроэлектромеханических системах Эффекты масштабирования в МЭМС. Масштабирование геометрических размеров и механических систем. Масштабирование температурных и флюидных систем. Масштабирование электрических систем. Свойства материалов при масштабировании. Новые физические явления при масштабировании. Вычислительные проблемы при масштабировании.		
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	Основные понятия и определения. Основные тенденции развития современной микросистемной техники. Классификация микроэлектромеханических систем, области их применения. Принцип работы интегрального микромеханического реле. Принцип работы и виды электростатических микродвигателей. Скребущий шаговый микродвигатель. S-образный электростатический актюатор. Электростатический сегнетоэлектрический планарный двигатель. Электростатический зарядовый микроактюатор. Электростатический мускул. Встречно-штыревой актюатор для больших смещений. Принцип работы электростатического	Контрольная работа, РГЗ/Реферат, разделы 1-2	Экзамен, вопросы 25-36

		микронасоса. Принцип работы DLP-проекционных систем. Принцип работы GLV-проекционных систем. Емкостной МЭМС микрофон. Емкостные акселерометры. Конструкции и принцип работы. МЭМС гироскоп. Принцип работы одноосного гироскопа. Принцип работы двуосного гироскопа. Пьезоэлектрические акселерометры балочного и мембранного типов. Пьезоэлектрические акустические сенсоры балочного и мембранного типов. Полимерный пьезоэлектрический тактильный сенсор. Пьезоэлектрический датчик скорости потока. Линейные пьезоэлектрические микроактюаторы. Пьезоэлектрический шаговый двигатель. Биморфный пьезоэлемент. Пассивный и активный биморфные пьезоэлементы. Мембранные микроактюаторы. Технология пьезоструйной и термоструйной печати. Электромагнитные актюаторы. Магнитоэлектрический двигатель. Магнитный балочный актюатор. Электромагнитный торсионный актюатор. Двуосный электромагнитный торсионный актюатор. Двунаправленный магнитный балочный актюатор. Бистабильный магнитный актюатор.		

2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Уровни сформированности компетенций проверяется при проведении мероприятий текущей аттестации (контроля) в процессе изучения дисциплины, указанных в таблице раздела 1.

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК-5/НА, ПК-6/НА, УК-1 и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

Экзамен проводится в устной форме, по билетам.

Общие правила выставления оценок текущей и промежуточной аттестации по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно оценить уровни сформированности компетенций ПК-5/НА, ПК-6/НА, УК-1, закрепленных за дисциплиной.

3. Общая характеристика уровней освоения компетенций

Продвинутый. Теоретическое содержание курса освоено полностью. Студент демонстрирует систематическое и глубокое понимание учебного материала и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Сформированы необходимые навыки практической работы. Все учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнены качественно, без замечаний. Уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной, оценен числом баллов, входящим в диапазон продвинутого уровня.

Базовый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Навыки практической работы сформированы на базовом уровне. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с небольшими погрешностями. Уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной, оценен числом баллов в пределах базового уровня.

Пороговый. Теоретическое содержание курса освоено, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы с сформированы с незначительными пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной, оценен числом баллов в пределах порогового уровня.

Ниже порогового. Теоретическое содержание курса освоено фрагментарно. Необходимые навыки практической работы сформированы минимально. Большинство учебных заданий, предусмотренных программой обучения, не выполнены. Уровень сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, закрепленных за дисциплиной, оценен числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.