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

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: С.А. Стрельцов
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДИСЦИПЛИНЫ

Микроэлектромеханика

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль: Полупроводниковые микро- и наносистемы

Новосибирск 2026

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по **дисциплине** Микроэлектромеханика представлена в Таблице. Совокупность результатов обучения по дисциплине соотнесена с уровнями сформированности компетенций и соотнесенными с ними индикаторами. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по **дисциплине** Микроэлектромеханика.

Таблица

Формируемые компетенции	**Индикаторы компетенций**	**Темы**	**Этапы оценки результатов обучения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций**	
			Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.)	**Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)**
ПК-3/ПК Готов рассчитывать и проектировать компоненты нано- и микросистемной техники	2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик компонентов нано- и микросистемной техники	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. 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	Контрольная работа, РГЗ	Экзамен

		размягчения в МЭМС. Пьезоэлектрические преобразователи Электромагнитные преобразователи Электростатические сенсоры и актюаторы Эффекты демпфирования в микроэлектромеханических системах		
ПК-4/ПК Готов рассчитывать и проектировать основные параметры техники наноструктурных материалов различного функционального назначения	1. Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов	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 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	Контрольная работа, РГЗ	Экзамен

		базовых электрических и механических концепций МЭМС Основные понятия и определения. Основные тенденции развития современной микросистемной техники. Классификация микроэлектромеханических систем, области их применения. 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.		

2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций проверяются 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 результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-3/ПК, ПК-4/ПК 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 критериев, приведенных в п. 3, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-3/ПК, ПК-4/ПК, закрепленных за дисциплиной.

3. Общая характеристика уровней результатов обучения, соотнесенных с индикаторами достижения 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. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены 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. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах базового уровня.

Пороговый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы с сформированы с пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены 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. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.