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

Микроэлектромеханические системы

Образовательная программа: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерская программа: Электронные и микроэлектронные системы

Новосибирск 2026

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по **дисциплине** Микроэлектромеханические системы 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** Микроэлектромеханические системы.

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-11/НА Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	3. Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и наноэлектроники	Двумерный электростатический анализ Модальный и гармонический анализ Расчет мембран сенсоров давления Статический анализ	РГЗ	Зачет
ПК-12/НА Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	Акселерометры. Принцип работы. Уравнение акселерометра. Частотная характеристика. Амплитудно-частотная характеристика акселерометра. Фазочастотная характеристика. Вибрационный двухмодовый гироскоп. Колебания управляющей и чувствительной мод. Совпадающие и разделенные моды. Генератор механического шума. Гироскопы. Общие сведения. Вибрационный двухмодовый гироскоп. Емкостное преобразование на переменном напряжении: с постоянным смещением, на частоте w0/2, на высоких частотах. Емкостные гироскопы. Квадратурная ошибка. Емкостные датчики давления. Емкостные упругие силы. Продольный (гребенчатый) переменный конденсатор. Измерительная схемотехника для МЭМС гироскопов. Импульсное воздействие на акселерометр.	РГЗ	Зачет

		Слабое, критическое и сильное демпфирование. Нелинейные колебания. Вынужденные колебания с демпфированием. Нелинейные колебания. Нелинейные упругие силы. Свободные незатухающие колебания. Особенности изготовления МЭМС: поверхностная и объёмная микрообработка. Принцип работы DLP-проекционных систем. Принцип работы GLV-проекционных систем, решётчатый световой модулятор. Принцип работы и виды электростатических шаговых микродвигателей. Принцип работы электростатического микронасоса: прямой и инверсный режимы. Сенсоры давления. Механические диафрагмы: круглая, квадратная. Силовое возбуждение колебаниями акселерометра. Слабое, критическое и сильное демпфирование. Скребущий шаговый микродвигатель. S-образный электростатический актюатор. Электростатический сегнетоэлектрический планарный двигатель. Ступенчатое воздействие на акселерометр. Слабое, критическое и сильное демпфирование. Тензорезистивные датчики давления. Транзистор с резонирующим затвором. Принцип работы интегрального микромеханического реле. Шумы в гироскопах. Шум в гироскопах с совпадающими и разделенными модами. Электростатические актюаторы. Силы действующие на конденсатор переменной ёмкости. Плоскопараллельный преобразователь. Положение равновесия и точка нестабильности. Электростатический зарядовый микроактюатор.		
ПК-13/НА Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать	1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований	Акселерометры. Принцип работы. Уравнение акселерометра. Частотная характеристика. Амплитудно-частотная характеристика акселерометра. Фазочастотная характеристика. Вибрационный двухмодовый гироскоп. Колебания управляющей и чувствительной мод.	РГЗ	Зачет

рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации.		Совпадающие и разделенные моды. Генератор механического шума. Гироскоп с поверхностной микрообработкой. Гироскопы. Общие сведения. Вибрационный двухмодовый гироскоп. Двумерный электростатический анализ Емкостное преобразование на переменном напряжении: с постоянным смещением, на частоте w0/2, на высоких частотах. Емкостные гироскопы. Квадратурная ошибка. Емкостные датчики давления. Емкостные упругие силы. Продольный (гребенчатый) переменный конденсатор. Измерительная схемотехника для МЭМС гироскопов. Импульсное воздействие на акселерометр. Слабое, критическое и сильное демпфирование. Коммерческие акселерометры. Коммерческие гироскопы. Кварцевый гироскоп камертонного типа. Модальный и гармонический анализ Нелинейные колебания. Вынужденные колебания с демпфированием. Нелинейные колебания. Нелинейные упругие силы. Свободные незатухающие колебания. Особенности сборки сенсоров давления. Принцип работы DLP-проекционных систем. Принцип работы GLV-проекционных систем, решётчатый световой модулятор. Принцип работы и виды электростатических шаговых микродвигателей. Принцип работы электростатического микронасоса: прямой и инверсный режимы. Пьезоэлектрический метал/керамический гироскоп. Расчет мембран сенсоров давления Сенсоры давления. Механические диафрагмы: круглая, квадратная. Силовое возбуждение колебаниями акселерометра. Слабое, критическое и сильное демпфирование. Скребущий шаговый микродвигатель. S-образный электростатический актюатор. Электростатический сегнетоэлектрический планарный двигатель. Статический анализ Ступенчатое воздействие на акселерометр. Слабое,		

		критическое и сильное демпфирование. Тензорезистивные датчики давления. Транзистор с резонирующим затвором. Принцип работы интегрального микромеханического реле. Шумы в гироскопах. Шум в гироскопах с совпадающими и разделенными модами. Электростатические актюаторы. Силы действующие на конденсатор переменной ёмкости. Плоскопараллельный преобразователь. Положение равновесия и точка нестабильности. Электростатический зарядовый микроактюатор.		
ПК-14/НА Способен анализировать и выбирать перспективные технологические процессы и оборудование для производства изделий микроэлектроники	2. Умеет применять цифровые технологии в производстве изделий микроэлектроники	Двумерный электростатический анализ Модальный и гармонический анализ Расчет мембран сенсоров давления Статический анализ	РГЗ	Зачет

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 1 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 1 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-11/НА, ПК-12/НА, ПК-13/НА, ПК-14/НА и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

Зачет 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-11/НА, ПК-12/НА, ПК-13/НА, ПК-14/НА, 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 (модулю), 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 (модулю), 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 (модулю), 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 (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.