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

Микро- и наносистемы в технике и технологии

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** Микро- и наносистемы в технике и технологии 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** Микро- и наносистемы в технике и технологии.

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	1. Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач	виды функционализации, ковалентная функционализация, производные графена с широкой запрещенной зоной: окись графена, методы исследования функционализированных слоев, гидрированный графен, графан, графон, фторографен, графеновая бумага и ее свойства, направления работ по ковалентной функционализации графена, нековалентная функционализация графена, открытие запрещенной зоны графена, функционализация подложки, легирование графена, нанокомпозитные материалы и их применение. Кристалографическое строение графена, зонные структуры графена, мультиграфена и графита, термодинамическая стабильность графена, парадокс Клейна, квантовый эффект Холла, комбинационное рассеяние света в графене, проводимость и подвижность графена и методы их определения, теплопроводность, оптические свойства графена, поглощение света в графене, механические свойства Методы получения и методы исследования монослойных материалов, гексагональный нитрид бора hBN и его свойства, проблема подложек для графена, гетероструктуры графен / hBN, получение слоев hBN, квантовые точки графена в матрице hBN, взаимодействие графена с hBN, дихалькогениды	Реферат, Семинары	Зачет во 2 семестре, Зачет в 3 семестре

		переходных металлов, получение и свойства слоев MoS2 транзисторы и элементы логики с использованием слоя MoS2 , гетероструктуры графен - MoS2 - hBN, элементы памяти, гетероструктуры для фотовольтаики со слоями WS2, наноленты из силицина, 2Dматериалы для Ван дер Ваальсовских гетероструктур. механическое отслоение графена от графита, электростатическое отслоение графена, химические методы получения графена, CVD осаждение графена на металлические подложки, выбор и подготовка подложки для роста, современные подходы к выращиванию графена на меди и последние достижения, рост монокристаллов графена, рост на расплавленных подложках, эпитаксия на SiC, взаимодействие выращенных слоев с подложкой SiC, методы и подходы при диагностики свойств выращенных слоев Области применения графена, сенсоры газов на основе графена и мультиграфена, биосенсоры, светоизлучающие диоды, прозрачные электроды, сенсорный экран из графена, графен для гибкой оптоэлектроники, фотодетектор на графене, оптический модулятор с электродами из графена. Определения и особенности наноматериалов и нанотехнологий, силы преобладающие на наноуровне, примеры наноматериалов и особенности их свойств, Ван дер Вальсовские гетероструктуры, эффект геккона, поверхностное натяжение и эффект лотоса, особенности свойств нанокриаталлов, метаматериалы, графен и др. монослойные материалы, история открытия графена полупроводниковые нитевидные нанокристаллы, вискеры, механизм роста "пар-жидкость-кристалл", свойства, структура и применение нитевидных нанокристаллов, углеродные нанотрубки, капиллярное формование 3D наноструктур из углеродных трубок, формирование 3D наноструктур из напряженных		

		мультислоев, расширение функциональных возможностей 3D наноструктур, графен на напряженных подложках, графен и углеродные трубки для полевых эмиттеров, электростатические наноразмерные машины, 3D-нанообъекты, изготовленные литографией с использованием самоорганизующихся органических наночастиц, или посредством "печати". прямой перенос графена, перенос с использованием промежуточной полимерной пленки, виды полимерных пленок, методы определения параметров, сравнение параметров получаемых слоев и критерии качества переноса, перенос с использованием установки штамповой литографии, создание изолирующего слоя под графеном без его переноса, перенос графена большой площади на полимерные пленки, свойства графена на полимерной подложке, проблема образования складок при переносе графена Стрейнтроника 2D материалов. Механические свойства двумерных материалов. Сравнение возможности растяжения и изгиба монослоев и зависимость свойств материалов от толщины в случае использования неслольких монослоев. Теоретические и экспериментальные данные об изменении проводимости и подвижности под действием деформаций. Возможности изменения запрещенной зоны 2D материалов и их приложения.		
ПК-12/НА Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	виды функционализации, ковалентная функционализация, производные графена с широкой запрещенной зоной: окись графена, методы исследования функционализированных слоев, гидрированный графен, графан, графон, фторографен, графеновая бумага и ее свойства, направления работ по ковалентной функционализации графена, нековалентная функционализация графена, открытие запрещенной зоны графена, функционализация подложки, легирование графена,	Реферат, Семинары	Зачет во 2 семестре, Зачет в 3 семестре

		нанокомпозитные материалы и их применение. Кристалографическое строение графена, зонные структуры графена, мультиграфена и графита, термодинамическая стабильность графена, парадокс Клейна, квантовый эффект Холла, комбинационное рассеяние света в графене, проводимость и подвижность графена и методы их определения, теплопроводность, оптические свойства графена, поглощение света в графене, механические свойства Методы получения и методы исследования монослойных материалов, гексагональный нитрид бора hBN и его свойства, проблема подложек для графена, гетероструктуры графен / hBN, получение слоев hBN, квантовые точки графена в матрице hBN, взаимодействие графена с hBN, дихалькогениды переходных металлов, получение и свойства слоев MoS2 транзисторы и элементы логики с использованием слоя MoS2 , гетероструктуры графен - MoS2 - hBN, элементы памяти, гетероструктуры для фотовольтаики со слоями WS2, наноленты из силицина, 2Dматериалы для Ван дер Ваальсовских гетероструктур. механическое отслоение графена от графита, электростатическое отслоение графена, химические методы получения графена, CVD осаждение графена на металлические подложки, выбор и подготовка подложки для роста, современные подходы к выращиванию графена на меди и последние достижения, рост монокристаллов графена, рост на расплавленных подложках, эпитаксия на SiC, взаимодействие выращенных слоев с подложкой SiC, методы и подходы при диагностики свойств выращенных слоев полупроводниковые нитевидные нанокристаллы, вискеры, механизм роста "пар-жидкость-кристалл", свойства, структура и применение нитевидных нанокристаллов, углеродные нанотрубки, капиллярное формование 3D наноструктур из углеродных трубок, формирование 3D		

		наноструктур из напряженных мультислоев, расширение функциональных возможностей 3D наноструктур, графен на напряженных подложках, графен и углеродные трубки для полевых эмиттеров, электростатические наноразмерные машины, 3D-нанообъекты, изготовленные литографией с использованием самоорганизующихся органических наночастиц, или посредством "печати". прямой перенос графена, перенос с использованием промежуточной полимерной пленки, виды полимерных пленок, методы определения параметров, сравнение параметров получаемых слоев и критерии качества переноса, перенос с использованием установки штамповой литографии, создание изолирующего слоя под графеном без его переноса, перенос графена большой площади на полимерные пленки, свойства графена на полимерной подложке, проблема образования складок при переносе графена		
ПК-12/НА	3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	Методы создания и методы исследования, латеральные сверхрешетки на основе графена, квантовые точки графена в матрице фторографена, получение квантовых точек графена, квантовые точки и квантовые кольца, созданные путем 3D деформации, фотодетектор на основе графена и квантовых точек, запрещенная зона в наноструктурированном графене, способы определения ширины запрещенной зоны, влияние краев наноэлементов на их энергетический спектр, структурирование графена с помощью блок-сополимеров, и штамповой литография примеры реализации транзисторов на графене, транзистор на биграфене, транзисторы на гидрированном графене, транзисторы с подвешенным графеном, транзистор на вертикальных гетероструктурахс использованием слоев h-BN, MoS2, WS2 и их характеристики, транзистор на гетероструктуре графен на кремнии. функционализация	Реферат, Семинары	Зачет во 2 семестре, Зачет в 3 семестре

		поверхности структур органическими монослоями, пассивация поверхности, методы исследования гибких и гибридных материалов, различные аспекты применения органических монослоев, гибридные подложки для графена, гибкая электроника, гибкая электроника на основе кремния, гибкая органическая флеш-память, гибкий транзистор на графене и его параметры, гибридные структуры на основе мультиграфена элементы энергонезависимой флэш-памяти на объемных материалах, требования и существующие проблемы, элементы памяти на полупроводниковых нанокристаллах, элементы памяти с металлическими нанокристаллами, флеш-пфмять на графене, резистивная память, память на основе мультиграфена, резистивная память на основе оксида графена и физические основы переключений сопротивления, сравнение параметров флэш- и резистивной памяти.		
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	Методы создания и методы исследования, латеральные сверхрешетки на основе графена, квантовые точки графена в матрице фторографена, получение квантовых точек графена, квантовые точки и квантовые кольца, созданные путем 3D деформации, фотодетектор на основе графена и квантовых точек, запрещенная зона в наноструктурированном графене, способы определения ширины запрещенной зоны, влияние краев наноэлементов на их энергетический спектр, структурирование графена с помощью блок-сополимеров, и штамповой литография Области применения графена, сенсоры газов на основе графена и мультиграфена, биосенсоры, светоизлучающие диоды, прозрачные электроды, сенсорный экран из графена, графен для гибкой оптоэлектроники, фотодетектор на графене, оптический модулятор с электродами из графена. примеры реализации транзисторов на графене,	Реферат, Семинары	Зачет во 2 семестре, Зачет в 3 семестре

		транзистор на биграфене, транзисторы на гидрированном графене, транзисторы с подвешенным графеном, транзистор на вертикальных гетероструктурахс использованием слоев h-BN, MoS2, WS2 и их характеристики, транзистор на гетероструктуре графен на кремнии. Стрейнтроника 2D материалов. Механические свойства двумерных материалов. Сравнение возможности растяжения и изгиба монослоев и зависимость свойств материалов от толщины в случае использования неслольких монослоев. Теоретические и экспериментальные данные об изменении проводимости и подвижности под действием деформаций. Возможности изменения запрещенной зоны 2D материалов и их приложения. функционализация поверхности структур органическими монослоями, пассивация поверхности, методы исследования гибких и гибридных материалов, различные аспекты применения органических монослоев, гибридные подложки для графена, гибкая электроника, гибкая электроника на основе кремния, гибкая органическая флеш-память, гибкий транзистор на графене и его параметры, гибридные структуры на основе мультиграфена элементы энергонезависимой флэш-памяти на объемных материалах, требования и существующие проблемы, элементы памяти на полупроводниковых нанокристаллах, элементы памяти с металлическими нанокристаллами, флеш-пфмять на графене, резистивная память, память на основе мультиграфена, резистивная память на основе оксида графена и физические основы переключений сопротивления, сравнение параметров флэш- и резистивной памяти.		

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 3 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 2 семестре - в форме зачета, в 3 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-11/НА, ПК-12/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-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.