



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Дека́н физического факультета
/ Н.М. Буднев
«17» апреля 2024 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Код дисциплины **Б1.В.04**

Наименование дисциплины (модуля): Введение в нанотехнологии

Рекомендуется для направления подготовки специальности

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника. «Электроника и нанoeлектроника»

Степень (квалификация) выпускника – магистр.

Форма обучения: очная.

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
_____ Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 7
от «26» марта 2024 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор
_____ А.А. Гаврилюк

Иркутск 2024 г.

Содержание

	Стр.
1. Цели освоения дисциплины	
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы	
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля	
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля	
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения	
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	
7. Литература	
8. Интернет-ресурсы	
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану	

Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины "Введение в нанотехнологии" является формирование знаний о фундаментальных принципах и физических эффектах, лежащих в основе нанотехнологий; получение общих представлений о нанотехнологиях, как о принципиально новом шаге в развитии науки и производства. Лекции посвящены теоретическим основам и практическим приложениям размерных эффектов, которые характерны для объектов величиной одного до сотни нанометров, и которые лежат в основе современных нанотехнологий. Излагаются методы получения и исследования различных наноструктур (наночастиц и нанотрубок, объемных наноструктур, нанокатализаторов и др.) Рассматриваются возможности использования наноструктурированных материалов и наноустройств в различных областях (нанoeлектронике, спинтронике, химии, биологии).

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Для освоения дисциплины необходимы знания следующих базовых дисциплин: общая физика, атомная физика, введение в физику твердого тела, основы химии и биологии. Студенты должны обладать навыками работы с информационными ресурсами в Интернете, компьютерными программами типа PowerPoint, Adobe Photoshop, Adobe Acrobat Professional, которые будут ими использоваться при самостоятельной работе в процессе подготовке рефератов и презентаций по ним.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

3. Компетенции (дескрипторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины:

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	Способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области естественных наук
Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3);
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки)
ПК 18 (профессиональные компетенции)	способностью собирать, анализировать и систематизировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области нанотехнологий

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	38.4
В том числе:	-
Лекции	18
Практические занятия	18
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет
Зачет	1.5
Консультация	0.9
Общая трудоемкость	144

5. Содержание дисциплины (модуля).

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля). Все разделы и темы нумеруются.

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Что такое наноиндустрия.	5	1	2	0	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Методы получения наночастиц и наноструктур	5	2, 3	6	0	0	Реферат
3.	Тема 3. Основные методы исследования наноструктур	5	4,5	6	0	0	Презентация
4.	Тема 4. Свойства наночастиц	5	6	2	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Углеродные наноструктуры	5	7	4	0	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Объемные наноструктурированные материалы	5	8	2	0	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Электропроводность наноструктур	5	9	2	0	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Свойства квантовых ям, нитей и точек	5	10	4	0	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Магнитные свойства наноструктур	5	11	2	0	0	Устный опрос
10.	Тема 10. Наноструктурированные катализаторы	5	12	2	0	0	Устный опрос
11.	Тема 11. Биологические наноструктуры.	5	13	2	0	0	Устный опрос
12.	Тема 12. Наномашины и наноприборы	5	14	2	0	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	0	

Тема 1. Введение. Что такое наноиндустрия.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

История развития нанотехнологий. Основные классы наноразмерных систем.

Основы физики и химии поверхности

Тема 2. Методы получения наночастиц и наноструктур**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

- Химические и электрохимические методы. Фотолитография. Рентгеновская, электронная и ионная литография. Нанопечать. Лазерные методы. Сканирующая зондовая литография. Нано- и молекулярное конструирование. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Сравнение нанолитографических методов

Тема 3. Основные методы исследования наноструктур лекционное занятие (6 часа(ов)):

- Дифракция электронов. Электронная и ионная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Электронная спектроскопия. Оже спектроскопия и микроскопия.

Тема 4. Свойства наночастиц лекционное занятие (2 часа(ов)):

- Металлические нанокластеры. Полупроводниковые наночастицы. Зависимость свойств наночастиц от их размеров.

Тема 5. Углеродные наноструктуры лекционное занятие (4 часа(ов)):

- Углеродные кластеры и фуллерены. Углеродные нанотрубки. Графен и его необычные свойства. Применение углеродных наноструктур.

Тема 6. Объемные наноструктурированные материалы лекционное занятие (2 часа(ов)):

- Методы синтеза и свойства нанокристаллических порошков. Наноструктурированные многослойные материалы. Пористые наноструктуры.

Тема 7. Электропроводность наноструктур лекционное занятие (2 часа(ов)):

- Наноконтакты (методы получения). Баллистический и диффузный транспорт электронов через наноконтакт. Квантование проводимости.

Тема 8. Свойства квантовых ям, нитей и точек лекционное занятие (4 часа(ов)):

- Приготовление квантовых наноструктур. Размерное квантование и квантово-размерные структуры. Свойства, зависящие от плотности состояний. Оптические свойства наноструктур

Тема 9. Магнитные свойства наноструктур лекционное занятие (2 часа(ов)):

- Ферромагнетизм в наноструктурах. Гигантское и колоссальное магнитосопротивление.

Что такое спинтроника и наноэлектроника. Спиновый клапан **Тема 10.****Наноструктурированные катализаторы лекционное занятие (2 часа(ов)):**

- Природа гетерогенного катализа. Зависимость каталитического эффекта от размеров наночастиц. Коллоиды.

Тема 11. Биологические наноструктуры. лекционное занятие (2 часа(ов)):

- Биологические строительные наноблоки. Биологические нанопроволоки и наночастицы. ДНК и РНК. Мицеллы и везикулы.

Тема 12. Наномашины и наноприборы лекционное занятие (2 часа(ов)):

- Микроэлектромеханические системы. Наноэлектромеханические системы. Молекулярные и супрамолекулярные триггеры.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми**(последующими) дисциплинами**

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)								
		1	2	3	4	5	6			
1.	Материалы электронной техники									
2.	Методы исследования материалов и структур	1	2	3	4	5	6			

1.1 Структура самостоятельной работы дисциплины (модуля)

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
Тема 1. Введение. Что такое наноиндустрия.	5	1	2	0	0	Устный опрос
Тема 2. Методы получения наночастиц и наноструктур	5	2, 3	6	0	0	Реферат
Тема 3. Основные методы исследования наноструктур	5	4,5	6	0	0	Презентация
Тема 4. Свойства наночастиц	5	6	2	0	0	Устный опрос
Тема 5. Углеродные наноструктуры	5	7	4	0	0	Устный опрос
Тема 6. Объемные наноструктурированные материалы	5	8	2	0	0	Устный опрос
Тема 7. Электропроводность наноструктур	5	9	2	0	0	Устный опрос
Тема 8. Свойства квантовых ям, нитей и точек	5	10	4	0	0	Устный опрос
Тема 9. Магнитные свойства наноструктур	5	11	2	0	0	Устный опрос
Тема 10. Наноструктурированные катализаторы	5	12	2	0	0	Устный опрос
Тема 11. Биологические наноструктуры.	5	13	2	0	0	Устный опрос
Тема 12. Наномашины и наноприборы	5	14	2	0	0	Устный опрос
Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет

Примерные вопросы к зачету:

Билет ^1

1. Что такое нанотехнология - определение.
2. Растровая и просвечивающая электронная микроскопия.
3. Наноконтакты - способы получения.

7

Билет ^2

1. Что такое размерный эффект?
2. Дифракция электронов.
3. Использование наночастиц в катализе.

Билет ^3

1. Основные классы наноразмерных систем.
2. Описание реконструкции поверхности методом Вуда.
3. Рентгеновская, электронная и ионная литография.

Билет ^4

1. Основные понятия физики и химии поверхности.
2. Лазерные методы получения наноструктур.
3. Мицеллы и везикулы.

Билет ^5

1. Электронная спектроскопия (фотоэлектронная и Оже).
2. Размерное квантование и квантово-размерные структуры.
3. Применение нанотехнологий в медицине и биологии.

Билет ^6

1. Полевая электронная и ионная микроскопия.
2. Использование СЗМ для получения микро- и наноструктур.
3. Размерные эффекты в наночастицах.

Билет ^7

1. Работа обратной связи в туннельном и атомно-силовых микроскопах.
2. Нано- и молекулярное конструирование (самоорганизация).
3. Коллоиды.

Билет ^8

1. Получения атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе.
2. Магнитные свойства наночастиц.
3. Пористые наноматериалы и молекулярные сита.

Билет ^9

1. Контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы работы атомно-силового микроскопа.
2. Строение и свойства углеродных кластеров, фуллеренов и графена.
3. Биологические наномашинны.

Билет ❖Ю

1. Формирование и обработка изображений в сканирующих зондовых микроскопах (СЗМ).
2. Химические и электрохимические методы получения наноструктур.
3. Гигантское магнитосопротивление.

Билет ❖И

1. Углеродные нанотрубки и их применение.
2. Условия наблюдения квантоворазмерных эффектов.
3. Природа катализа.

Билет ^12

1. Способы получения квантовых наноструктур.
2. Кулоновская блокада.

7. Примерная тематика заданий для самостоятельной работы (реферат)

1. Классификация процессов микро- и нанотехнологии по физико-химической сущности: механический, термический, химический, корпускулярно-полевой; виду процесса: нанесение, удаление, модифицирование; характеру протекания процессов: тотальный, локальный, селективный, избирательный, анизотропный; способу активации: тепло, излучение, поле.
2. Системный подход к управлению качеством.
3. Виды термического и корпускулярно-лучевого воздействий: резистивный, лучистый и индукционный нагрев, электронные и лазерные пучки, плазма и ионные пучки.
4. Интегрированные технологические кластерные комплексы: минифабрики, нанотехнологические комплексы на основе туннельно-полевого массопереноса и модифицирования. Виды термического и корпускулярно-лучевого воздействий: резистивный, лучистый и индукционный нагрев, электронные и лазерные пучки, плазма и ионные пучки.
5. Каталитические свойства поверхности и атомно-силовое воздействие.
6. Самоформирование: интеграция физико-химических процессов на основе топохимической селективности поверхности, структурно-топологические операции на основе анизотропии, маски дифференциального действия, принцип матрицы.
7. Чистые помещения: классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты.
8. Физико-технологические и экономические ограничения миниатюризации и интеграции.
9. Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля.
10. Сборка микроэлектронных устройств: монтаж кристаллов, термокомпрессия, ультразвуковая микросварка, пайка выводов; оборудование для микросборки; беспроводный монтаж.
11. Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков: вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия.
12. Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное распыления; ионно- и плазмохимическое осаждение.
13. Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитография.
14. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение металлов; газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений.
15. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения, позитивные, негативные, жидкие и сухие резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; планаризация, предэкспозиционная обработка, проявление и сушка.
16. Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия, электрохимическое осаждение слоев.
17. Фотошаблоны. Аппаратура и способы совмещения и экспонирования. Пространственное разрешение.
18. Эволюция процессов экспонирования: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом.

19. Оборудование и методы окисления в газовой и жидких средах: высокотемпературное термическое сухое и влажное окисление, электрохимическое окисление.
20. Диффузия примесей: распределение примесей при диффузии, стадии загонки и разгонки примесей, оборудование и методы диффузии из газообразных, жидких и твердых источников.
21. Ионная имплантация: распределение примесей, оборудование и методы ионной имплантации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Марголин В. И., Жабрев В. А., Лукьянов Г. Н., Тупик В. А. Введение в нанотехнологию Санкт-Петербург: Лань, 2012, 464с 2010г.
2. Л.А. Коледов. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. М.: Изд-во «Техносфера», 2009 г.
3. Алпатов А.В., Вихров С.П., Рыбина Н.В., Рыбин Н.Б. Методы исследования процессов самоорганизации : Учебное пособие Рязань: РИЦ РГРТУ, 2015

б) дополнительная литература

4. Дж.М.Мартинес- Дуарт, Р.Дж.Мартин- Палма, Ф. Агулло- Руеда. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. Пер с англ. Техносфера, 2009,368 с.
5. Л.Фостер. Нанотехнологии, наука, инновации и возможности. М., Техносфера, с.348, 2008г.
6. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения. Сборник под редакцией д.т.н., профессора П.П.Мальцева. Москва: Техносфера,2008. – 432с.
7. В.И.Галкин, В.Е.Пелевин. Промышленная электроника и микроэлектроника. Учебное пособие, М. ;Высшая школа, 2006 г. – 350с.
8. Гаврилюк А.А., Зубрицкий С.М., Петров А.Л.. Физика металлов и сплавов. Учебное пособие. Иркутск-2009, 93с.

в) Интернет источники:

научные публикации в реферативных журналах по актуальным проблемам физики магнитных явлений и магнитным материалам электроники
 Электронные версии журналов: “Физика твердого тела”, “Журнал технической физики”, “Письма в журнал технической физики”, “Физика и техника полупроводников” <http://journals.ioffe.ru>.
www.nanonewsnet.ru – Сайт о нанотехнологиях в России.
www.nanodigest.ru – Интернет журнал о нанотехнологиях
www.nano-info.ru - Сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий
www.nanometer.ru – Сайт нанотехнологического сообщества ученых, студентов и любознательных читателей
www.nano-portal.ru - Портал посвящен развитию нанотехнологий

г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы:

1. Книгафонд - библиотека онлайн чтения. www.knigafund.ru
2. ЭБС "Издательство Лань" <http://e.lanbook.com/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Компьютерные презентации, программа для тестирования.

10. Образовательные технологии:

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Вводная лекция, информация лекция, лекция с элементами дискуссии, интерактивная лекция (лекция диалог), информационная лекция с элементами обратной связи, информационная лекция с элементами проблемных ситуаций.
3.	Практическое занятие	Занятие – решение задач.

11. Оценочные средства (ОС):

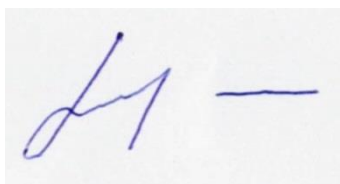
11.1. Текущий контроль осуществляется в устной и письменной форме при выполнении студентами учебных заданий - решении задач и выполнении контрольных работ на протяжении всего курса.

11.2. Рубежный контроль проводится между модулями – тестирование.

11.3. Промежуточный контроль – подготовка реферата по теме из списка заданий для самостоятельной работы.

11.4. Итоговый контроль – экзамен.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по профилю подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника. Электроника и наноэлектроника».

Разработчик:


доцент

А.Л. Петров.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики.

«26» марта 2024г.

Протокол № 7

Зав. кафедрой _____



_____ Гаврилюк А.А. _ _

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. «Электроника и наноэлектроника».

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.