



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

Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета

Н.М. Буднев

«17» апреля 2024 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Код дисциплины **Б1.В.06**

Наименование дисциплины (модуля): Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

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 и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	5
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	5
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	6
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	7
6. Перечень практических занятий.	7
6.1 План самостоятельной работы студентов	8
6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.	9
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	10
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	11
а) основная литература;	11
б) дополнительная литература;	11
в) программное обеспечение;	12
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	12
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	12
10. Образовательные технологии	12
11. Оценочные средства (ОС).	12

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1 Целью освоения дисциплины является формирование профессиональных знаний в области управления свойствами наноматериалов и наноструктур в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом;

развитие современных представлений о методах получения, модификации и контроля свойств твердотельных структур электроники и наноэлектроники;

формирование у студентов способности к логическому мышлению, анализу и восприятию информации посредством обеспечения этапов формирования компетенций,

предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачи дисциплины:

1.2 Задачи:

1.3 - изучение способов управления свойствами наноматериалов и наноструктур;

1.4 - изучение методов контроля свойств наноматериалов и наноструктур;

1.5 - обучение навыкам аналитической работы подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников;

1.6 - обучение навыками использования новых идей и подходов к решению задач в области управления свойствами наноматериалов и наноструктур.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

2.1.1 Современная философия и методология науки

2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как

предшествующее:

2.2.1 Научно-исследовательская работа (часть 2)

2.2.2 Производственная практика

2.2.3 Технология систем на кристалле

2.2.4 Фундаментальные основы физики наносистем и нанотехнологий

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

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

(МОДУЛЯ)

УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода,

вырабатывать стратегию действий

УК-1.1. Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними

Знать

методы критического анализа

Уметь

критически анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними

Владеть

навыками анализа проблемной ситуации

ПК-8: Способен разрабатывать и внедрять современные технологические процессы, осваивает новое оборудование,

технологическую оснастку, необходимые режимы производства на выпускаемую организацией продукцию

ПК-8.1. Выполняет экспериментальные работы и освоение новых технологических процессов

Знать

способы выполнения экспериментальных работ и освоения новых технологических процессов

Уметь

выполнять экспериментальные работы и освоение новых технологических процессов

Владеть

навыками выполнения экспериментальных работ и освоения новых технологических процессов

ПК-8.2. Выполняет экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов, новых видов

оборудования и технологической оснастки

Знать

методы выполнения экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования

и технологической оснастки

Уметь

выполнять экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования и технологической оснастки

Владеть

навыками выполнения экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования и технологической оснастки

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов
Аудиторные занятия (всего)	55.7
В том числе:	-
Лекции	40
Лабораторные работы)	15.7
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет
Общая трудоемкость	144
часы	

5. Содержание дисциплины (модуля).

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

Тема 1. Физические основы структурообразования твердого тела

Классификация и характеристика основных технологических процессов производства изделий микроэлектроники. Особенности микро- и нанoeлектронной технологии.

Тенденции и основные особенности развития современной технологии МЭ. Базовые технологические процессы МЭ.

Тема 2. Наноматериалы, применяемые в

электронике.

Самоорганизация, самосборка наноматериалов.

Конструкционные и функциональные наноматериалы.

Области применения наноматериалов

Физико-химические основы и технология эпитаксиального наращивания монокристаллических пленок. Молекулярная эпитаксия.

Тема 3. Наноструктуры, изготовленные физическими методами

Углеродные нанотрубки, фуллерены,

графен. Нанокристаллические, нанокпозиционные материалы.

Исследования влияния технологических параметров при синтезе наноматериалов и наноструктур методом химического осаждения

из газовой фазы.

Технология формирования сверхтонких и слаболегированных слоев.

Сравнительный анализ методов. Методы локального легирования. Области применения методов диффузионного легирования и ионной имплантации..

Тема 4. Диагностика наноматериалов и их свойства.

Физические методы исследования свойств наноматериалов и наноструктур.

Методы анализа данных структуры материалов. Физико-химические основы фотохимических методов обработки..

Технологическая схема процесса фотолитографии. Назначение, физическая сущность и технология основных этапов процесса фотолитографии.

Тема 5. Способы управления свойствами наноматериалов и наноструктур..

Структурная модификация материалов. Введение легирующих добавок в процессе изготовления материалов. Воздействие внешних факторов на процесс изготовления материала. Влияние ионного излучения на структуру материала.

Исследования влияния технологических параметров при синтезе наноматериалов и наноструктур методом физического осаждения из газовой фазы.

Тема 6. Заключительная лекция..

Современные тенденции развития микроэлектронной технологии. Способы увеличения быстродействия и степени интеграции

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			

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1 Раздел 1.1	Решение и разбор задач по теме.	4	Контрольная работа.	ПК1
2.	Тема 2 Разделы 2.1-2.2	Решение и разбор задач по теме.	4	Контрольная работа.	ПК4
3.	Тема 3 Раздел 3.1	Решение и разбор задач по теме.	2	Контрольная работа.	ПК4
4.	Тема 4 Разделы 4.1-4.3	Решение и разбор задач по теме.	8	Контрольная работа.	ПК5
5.	Тема 5 Разделы 5.1-5.3	Решение и разбор задач по теме.	6	Контрольная работа.	ПК5

6.	Тема 6 Разделы 6.1-6.2	Решение и разбор задач по теме.	4	Контрольная работа.	ПК1
----	---------------------------	------------------------------------	---	------------------------	-----

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; беспроволочный 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.

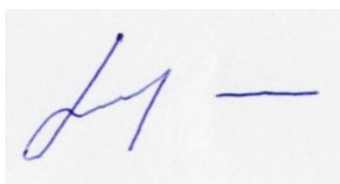
11.2. Рубежный контроль проводится между модулями – тестирование.

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 микроэлектроника. Электроника и микроэлектроника».

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.