

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по УР и КО

\_\_\_\_\_ С. А. Льянова

« 29 » июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б.1.В.04 Современные проблемы науки и производства**

Направление подготовки магистратура)

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль подготовки)

**Физика полупроводников**

Квалификация выпускника

**магистр**

Форма обучения

**Очная**

Магас, 2023

## 1. 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Современные проблемы науки и производства» является ознакомление слушателя с комплексом теоретических и практических методов анализа динамики развития науки и техники. Она относится к дисциплинам магистерской подготовки, формирующим современную точку зрения на приоритетные направления развития, в частности электроники и средства реализации идей микро- и нанoeлектроники.

В области воспитания личности целью подготовки по данной дисциплине является формирование социально-личностных качеств студентов: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникативности, толерантности.

### Задачи изучения дисциплины

получение знаний по основным направлениям развития электроники и нанoeлектроники, умений применять данные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения, овладение методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нанoeлектроники.

### Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
<b>01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)</b>	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6
<b>01.003</b> Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и	А	Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам.	6	Организация деятельности обучающихся, направленной на освоение дополнительной общеобразовательной программы	А.01.6	6.1

взрослых				Организация досуговой деятельности обучающихся в процессе реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.02.6	6.1
				Обеспечение взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся, осваивающих дополнительную общеобразовательную программу, при решении задач обучения и воспитания	A.03.6	6.1
				Педагогический контроль и оценка дополнительной общеобразовательной программы	A.04.6	6.1
				Разработка программно-методического обеспечения реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.05.6	6.2
	Б	Организационно-методическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация и проведение исследований рынка услуг дополнительного образования детей и взрослых	В/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	В/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	В/03.6	6.3

	С	Организационно-педагогическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация дополнительного образования детей и взрослых по одному или нескольким направлениям деятельности	С/03.6	6.3
--	---	--	---	---	--------	-----

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Современные проблемы науки и производства» в соответствии с учебным планом направления подготовки магистров ФГОС ВПО-3 03.04.02 «Физика. Физика полупроводников» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

**Таблица 2.1.**

**Связь дисциплины «Современные проблемы науки и производства» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Современные проблемы науки и производства»	Семестр
Б1.В.03	История и методология физики	1

**Таблица 2.2.**

**Связь дисциплины «Современные проблемы науки и производства» с последующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, следующие за дисциплиной «Современные проблемы науки и производства»	Семестр
Б1.В.ДВ.02.01	Физика полупроводниковых приборов	3
Б1.В.ДВ.01.01	Термодинамика конденсированных сред	3

**Таблица 2.3.**

**Связь дисциплины «Современные проблемы науки и производства» со смежными дисциплинами**

Код дисциплины	Дисциплины, смежные с дисциплиной «Современные проблемы науки и производства»	Семестр
Б1.В.06	Физические основы вакуума	2
Б1.В.ДВ.05.01	Физика полупроводников	2

## 3. Результаты освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

**Таблица 3.1.**

**Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) универсальных компе-	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
--	--	--

тенций		
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	ИДК <sub>УК1.1</sub> Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
		ИДК <sub>УК-1.2</sub> . Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению;
		ИДК <sub>УК1.3</sub> Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников
		ИДК <sub>УК1.4</sub> Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов
		УК-1.5. Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения.

**Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения**

Наименование категории (группы) профессиональных компетенций	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора* достижения профессиональной компетенции
--	---	--

Проведение и анализ результатов научных исследований в сфере науки и образования с использованием современных научных методов и технологий.	<b>ПК- 1</b> Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	<p><b>ПК-1.1.</b> Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости.</p> <p><b>ПК-1.2.</b> Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.</p> <p><b>ПК-1.3.</b> Владеет навыками аналитической переработки информации, проведения исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, обобщения и представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.</p>
---	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость	180
Аудиторные занятия	88
Лекции	52
Практические занятия	36
Лабораторные занятия	
Контроль самостоятельной работы	4
Самостоятельная работа	92
Промежуточная форма контроля – зачет с оценкой	
Итоговая форма контроля – зачет с оценкой	
Зачетные единицы	5

##### 4.2. Содержание дисциплины

№ п/п темы	Модуль и тема дисциплины	Лекции, зачетные единицы (часы)	ЛР, зачетные единицы (часы)	Самостоятельная работа, зачетные единицы (часы)
	<b>Модуль1.Современные тенденции реализации микро и наноструктур</b>	<b>0,4 (14)</b>	<b>0,4 (14)</b>	<b>0,94(34)</b>
1	Тема 1.1. Поверхностные и межфаз-	0,11 (4)	0,11 (4)	0,16 (6)

	ные границы			
2	Тема 1.2. Перспективны технологии формирования микро- и наноструктур	0,17 (6)	0,17 (6)	0,55 (20)
3	Тема 1.3. Квантовые основы нанотехнологии	0,12 (4)	0,12 (4)	0,23 (8)
	<b>Модуль 2. Технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники</b>	<b>0,6 (22)</b>	<b>0,6 (22)</b>	<b>0,94(34)</b>
4	Тема 2.1. Технология квантоворазмерных систем	0,17 (6)	0,17 (6)	0,1 (4)
5	Тема 2.2. Реализация устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП)	0,11 (4)	0,11 (4)	0,5 (18)
6	Тема 2.3. Микроволновые и оптоэлектронные технологические и энергетические системы	0,16 (6)	0,16 (6)	0,17 (6)
7	Тема 2.4. Проблемы экстремальной электроники	0,17 (6)	0,17 (6)	0,17 (6)
	Итого:	1 (36)	1 (36)	1,9 (68)

### Модуль 1

#### Современные тенденции реализации микро- и наноструктур.

**Объем: 0,4 з. е./14 ч – аудиторные занятия; 0,94 з. е./34 ч – самостоятельная работа.**

**Тема 1.1. Поверхностные и межфазные границы** (аудиторные занятия – 0,11 з. е./4 ч; самостоятельная работа по теоретическому изучению темы – 0,94 з. е./34 ч).

Лекция 1 (2 ч – аудиторные занятия). Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники. Поверхность и ее свойства. Поверхностный потенциал. Поверхностные состояния. Уровни Тамма. Быстрые и медленные поверхностные состояния.

Лекция 2 (2 ч – аудиторные занятия, 34 ч – самостоятельная работа). Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства. Микрокластеры и их энергетическое состояние. Методы получения и применения структур с атомными кластерами. Межфазные границы и их свойства.

Самостоятельное изучение 0,94 з. е./34 ч:

1. Возможность формирования структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки.

2. Напряженные полупроводниковые структуры, их свойства и применение.

3. Выбор материалов полупроводниковых гетеропар, их электрофизические свойства.

4. Гетеропереход GaAs– Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As как модельный элемент микро- и нанoeлектроники.\

**Тема 1.2. Перспективные технологии формирования микро- и наноструктур** (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч).

Лекция 3 (2 ч – аудиторные занятия). Технологические возможности перспективных видов эпитаксии. Достижения молекулярно-лучевой эпитаксии. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.

Лекция 4 (2 ч – аудиторные занятия). Создание интегральных устройств методами литографии. Традиционная фотолитография и ее проблемы. Электроннолучевая литография. Рентгеновская литография.

Лекция 5 (2 ч – аудиторные занятия). Литография высокого разрешения. Методы безмасочной технологии. Перьевая нанолитография. Нанопечатная литография. Электронный и ионный луч как инструмент современной технологии. Электронно-лучевая технология. Электронный луч для обработки металлов. Ионный луч.

### **Тема 1.3. Квантовые основы наноинженерии**

(аудиторные занятия – 0,12 з. е./8 ч).

Лекция 6 (2 ч – аудиторные занятия). Квантовые основы наноинженерии. Понятие эффекта размерного квантования. Принцип квантования и условия наблюдения квантоворазмерных эффектов. Структуры с двумерным электронным газом. Структуры с одномерным электронным газом. Структуры с нульмерным электронным газом. Квантовое ограничение. Интерференционные эффекты. Туннелирование.

Лекция 7 (2 ч – аудиторные занятия). Низкоразмерные кремниевые среды. Актуальность использования низкоразмерного кремния в производстве изделий микро- и нанoeлектроники. Физические принципы создания низкоразмерного кремния. Условия формирования каналов в кремнии *n*-типа проводимости. Условия формирования наноканалов в кремнии *p*-типа проводимости. Вольт-амперные характеристики при формировании низкоразмерного кремния. Структурные модификации пористого кремния. Электрохимические реакции в системе «кремний – электролит». Основные свойства и применения.

## **Модуль 2**

**Технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники. Объем: 0,6 з. е./22 ч – аудиторные занятия; 0,94 з. е./34 ч – самостоятельная работа.**

**Тема 2.1. Технология квантоворазмерных систем** (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч; самостоятельная работа по теоретическому изучению темы – 0,06 з. е./2 ч).

Лекция 8 (2 ч – аудиторные занятия). Технология тонких пленок и многослойных структур. Введение. Механизмы эпитаксиального роста тонких пленок. Жидкофазная эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Установка МЛЭ.

Лекция 9 (2 ч – аудиторные занятия). Квантовая инженерия. Эффект размерного квантования и квантовые точки. Изготовление структур с квантовыми точками. Методы определения СКТ. Лазеры на самоорганизованных квантовых точках.

Лекция 10 (2 ч – аудиторные занятия, 2 ч – самостоятельная работа). Многослойные структуры и наноструктуры. Многослойное осаждение посредством магнетронного распыления. Поверхностные наноструктуры и метод МЛЭ. Получение поверхностных структур МОС-гидридной технологией. Химическая сборка поверхностных наноструктур. Углеродные нанотрубки.

Самостоятельное изучение 0,06 з. е./2 ч:

Низкоразмерные структуры на основе кремния. Пористый кремний. Применение низкоразмерного кремния в технологии изготовления транзисторов и интегральных схем.

**Тема 2.2. Реализация устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), аудиторные занятия – 0,11 з. е./4 ч.**



Лекция 11 (2 ч – аудиторные занятия). Физическая природа сверхпроводимости. Свойства сверхпроводников. Теория сверхпроводимости. Теория Бардина – Купера – Шриффера. Эффект Джозефсона. Эффект Мейснера.

Лекция 12 (2 ч – аудиторные занятия). Высокотемпературная сверхпроводимость и ее применение. Явление высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Материалы с ВТСП. Методы получения ВТСП-пленок. Применение высокотемпературной сверхпроводимости.

**Тема 2.3. Микроволновые и оптоэлектронные технологические и энергетические системы** (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч).

Лекция 13 (2 ч – аудиторные занятия). Микроволны и их природа. История открытия микроволн. Природа микроволн. Сверхвысокочастотная терапия.

Лекция 14 (2 ч – аудиторные занятия). Элементная база микроволновых систем. История создания лазера. Полупроводниковые лазеры. Область применения лазеров. Нанолазеры. Светоизлучающие диоды. Оптоволоконные кабели.

Лекция 15 (2 ч – аудиторные занятия). Системы связи. Системы телевизионного вещания. Спутниковая связь. Сотовая связь. Оптоэлектронные системы.

**Тема 2.4. Проблемы экстремальной электроники** (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч, самостоятельная работа по теоретическому изучению темы – 0,13 з. е./5 ч).

Лекция 16 (2 ч – аудиторные занятия). Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники. Механизмы теплопередачи. Температурная стойкость и способы теплоотвода. Радиационная стойкость. Влияние радиации на параметры электронных устройств.

Лекция 17 (2 ч – аудиторные занятия; 2 часа – самостоятельная работа). Технологии изготовления структур КНИ. Структуры КНС, их достоинства и перспективы применения. Преимущества и перспективы карбидокремниевой электроники.

Самостоятельное изучение 0,06 з. е./2 ч:

Перспективы кремния как материала экстремальной электроники. Структуры кремний-на-изоляторе (КНИ) и их преимущества.

Лекция 18 (2 ч – аудиторные занятия; 3 ч – самостоятельная работа).

Материалы и структуры экстремальной электроники. Карбид кремния в решении задач экстремальной электроники. Структуры и приборы экстремальной электроники. Запираемые тиристоры. Биполярные транзисторы с изолированным затвором. МОП-транзисторы.

Самостоятельное изучение 0,07 з. е./3 ч:

Углерод в решении задач экстремальной электроники. Ультрадисперсные алмазы в технологическом применении в устройствах экстремальной электроники.

**Семинарские занятия**

Общая трудоемкость 0,70 з. е. (25 ч). Из них аудиторные занятия составляют 0,5 з. е. (18 ч).

Наименование и трудоемкость занятий представлены в табл. 4.

Таблица 4

№ п/п	№ темы дисциплины	Наименование лабораторных работ, объем в зачетных единицах/часах (з. е./ч)
1	1.1, 1.2	Исследование полупроводниковых материалов (0,28 з. е./10 ч)
2	1.3, 2.1, 2.3	Автоматизированный лабораторный стенд для исследования оптических свойств материалов электронной

		техники и параметров оптоэлектронных приборов (0,44 з. е./16 ч)
3	2.2	Исследование свойств полупроводников методом вольт-фарадных характеристик (0,11 з. е./4 ч)
4	2.4	Исследование свойств полупроводников методом эффекта Холла (0,17 з. е./6 ч)
	Итого:	(1,0 з. е./36 ч)

По усмотрению ведущего преподавателя и согласно возможностям кафедры могут проводиться иные лабораторные работы по тематике дисциплины.

### **Тема № 1**

#### **Исследование процесса формирования полупроводниковой низкоразмерной среды для создания устройств нанoeлектроники**

Низкоразмерная среда представляет собой слой или слои на пластинах монокристаллических полупроводников с различной кристаллографической ориентацией, в которых электрохимическим способом формируются поры нанометрового размера.

Необходимо ознакомиться с механизмами порообразования и электрохимическими методами травления полупроводников.

Предметом исследований являются структурные характеристики пористых слоев в зависимости от используемых электролитов, технологических режимов формирования низкоразмерной среды, способов подвода тока к электрохимической ячейке.

### **Тема № 2**

#### **Исследование технологии создания гетеролазерной структуры методом жидкостной эпитаксии**

В качестве гетеролазерной структуры используется двойная гетеро-структура (ДГС) системы «галлий – алюминий – мышьяк».

Ознакомиться с закономерностями и факторами, оказывающими влияние на процесс формирования гетерогенной системы и механизм зарождения новой фазы в условиях направленной кристаллизации и ориентированного нарастания, а также методом жидкостной эпитаксии.

Предметом исследования являются геометрические и структурные характеристики эпитаксиальных слоев, входящих в гетеролазерную структуру.

Ознакомиться как с помощью селективного травления выявляют границы слоев и на оптическом микроскопе определяют толщины слоев. На основании известных диаграмм состояния и данных о растворимости компонентов твердого раствора рассчитывают температуру эпитаксии и весовые соотношения между компонентами в шихте, требуемыми для выращивания всех слоев гетеролазерной структуры.

### **Тема № 3**

#### **Исследование электрических и структурных дефектов поверхности полупроводниковых подложек**

Ознакомиться с видами дефектов, которые возникают при получении исходных подложек и эпитаксиальных структур, изучить методы визуализации дефектов с помощью химического травления и метода нематического жидкого кристалла (метода НЖК).

Электрические дефекты (неравномерность распределения поверхностных потенциалов и мерцающие электрически активные дефекты) определяют методом НЖК. Структурные дефек-

ты выявляют анизотропным химическим травлением и визуализацией с помощью оптического микроскопа.

#### Тема № 4

### **Исследование процесса электрофоретического осаждения наноалмаза на кремниевые подложки для решения задач экстремальной электроники**

Кремниевая подложка является важнейшим элементом электронной техники. На ее поверхности и в объеме производятся различные структуры, из которых формируются приборы современной электроники. Защищая подложки алмазными покрытиями, можно решать проблемы теплостойкости и радиационной стойкости приборов. Исследуемой подложкой является полированная с двух или с одной стороны пластина монокристаллического кремния электронного типа электропроводности, вырезанная перпендикулярно кристаллографическому направлению (100).

Ознакомиться с детонационным методом получения наноалмазов, свойствами наноалмазов детонационного синтеза и методом электрофореза, используемым для осаждения наноалмазов на поверхности изделий из различных материалов, способами приготовления суспензий.

Определение структуры и равномерности осажденных алмазных покрытий в зависимости от режимов электрофореза, а также количества осажденного на поверхность алмаза.

Рекомендуемая литература: [2, 4, 14, 17, 18, 19, 21, 23 – 25, 30 – 34, 40, 41 – 43, 45, 46].

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации курса СПНИП используются:

**Технологии:** концентрированного обучения, модульного обучения, развития личности и развивающего обучения, дифференцированного обучения.

**Формы:** лекции и практические занятия.

Занятия проводятся в виде лекций с использованием современных технических средств обучения (персонального компьютера и проектора) с демонстрацией практической работы программных продуктов, а также практические занятия с применением наглядного материала в виде реальных образцов (по возможности).

Применение информационных технологий позволяет:

- наполнить занятия новым содержанием;
- повысить мотивацию к обучению;
- развивать творческое восприятие окружающего мира;
- развивать интеллектуальные ресурсы учащихся;
- формировать элементы информационной культуры;

**Методы и цели:** традиционные и активные (групповые и индивидуальные);

три основные цели для успешного проведения урока с компьютерной поддержкой:

- Дидактическая (под дидактическим обеспечением понимаются учебные материалы, конкретная обучающая программа и аппаратура)
- Методическая (определение методов использования компьютера в преподавании темы, анализ учебных результатов и постановка следующей учебной цели)
- Организационная (эта задача состоит в том, чтобы выработать и закрепить у учащихся навыки работы с учебной программой, организовать работу, избегая перегрузки учащихся и нерациональной траты времени)

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

**6.1. План самостоятельной работы студентов**

Общая трудоемкость 1,9 з. е./68 ч.

**Целью** самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Общее число часов между самостоятельной работой студентов и аудиторными занятиями делится поровну. Общий объем дисциплины «Современные проблемы в науке и производстве» составляет 144 ч (4 з. е.). На самостоятельную работу приходится 68 ч (1,9 з. е.).

Виды самостоятельной работы и их трудоемкость приведены в табл. 5.

Таблица 5

Условное обозначение	№ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, з. е./ч
ТО	1.1–2.4	Самостоятельное изучение теоретического материала	0,85 з. е./34 ч
СЗ	1.1–2.4	Подготовка к семинарским занятиям	0,885 з. е./ 34 ч
	Итого:		1,9 з. е./68 ч

**Самостоятельное изучение теоретического материала**

Общая трудоемкость 0,85 з. е./34 ч.

Видом итогового контроля по дисциплине является сдача дифзачета по теоретическому курсу.

При подготовке к сдаче зачета по лекционному курсу необходимо в первую очередь воспользоваться курсом лекций по данной дисциплине. Теоретический курс поделен на два модуля. В первом модуле изложены различные технологии формирования микро- и наноструктур. Во втором – технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники на основе сформированных наноструктур.

При изучении первого модуля нужно обратить внимание на перечень всех технологических процессов, с помощью которых можно формировать среду для создания на ее основе приборов и устройств нанoeлектроники; усвоить физические принципы, лежащие в основе каждого процесса; последовательность технологических операций и необходимых параметров создаваемой среды. Немаловажное значение имеет знание технологического оборудования.

Изучение второго модуля требует установления связи между формируемой средой и тем, что можно изготовить на ее основе. Необходимо четко знать требования к среде для создания устройства или прибора, – обратить внимание на повышение эксплуатационной устойчивости приборов. Всегда держать в поле зрения тенденции развития технологий как формирования среды, так и приборов на ее основе.

Для выяснения возникших вопросов или получения углубленных знаний по дисциплине воспользуйтесь перечнем библиографических ссылок, приведенных в конце каждой лекции курса лекций.

Магистрантам, которые должны самостоятельно отыскивать необходимые сведения из представленных литературных источников, нецелесообразно указывать номера страниц, поэтому авторы страницы не приводят.

Самоконтроль усвоенных знаний можно провести по вопросам, приведенным в конце каждой лекции. Общее количество вопросов для самооценки не менее 10 на одну лекцию теоретического курса, т. е. всего не менее 180 вопросов.

На самостоятельное изучение теоретического материала, который не рассматривается в часы лекционных занятий, отведено 9 ч.

**Вопросы для самостоятельного изучения** теоретического курса и литературные источники, в которых этот материал приведен.

**Тема 1.1 (2 ч).**

1. Формирование структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки.
  2. Напряженные полупроводниковые структуры, их свойства и применение.
  3. Выбор материалов полупроводниковых гетеропар, их электрофизические свойства.
  4. Гетеропереход  $\text{GaAs}-\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  как модельный элемент микро-и нанoeлектроники.
- Литература: [18, разделы 1.2, 6.1, 6.2, 6.6].

**Тема 2.1 (2 ч).**

5. Низкоразмерные структуры на основе кремния. Пористый кремний.
6. Применение низкоразмерного кремния в технологии изготовления транзисторов и интегральных схем.

Литература: [17, раздел 4.3].

**и интегральных схем.**

**Тема 2.4 (5 ч).**

**Лекция 17 (2 ч)**

7. Перспективы кремния как материала экстремальной электроники. Структуры кремний-на-изоляторе (КНИ) и их преимущества.

Литература: [17, раздел 3.2, 3.3].

**Лекция 18 (3 ч)**

8. Углерод в решении задач экстремальной. Ультрадисперсные алмазы в технологическом применении в устройствах экстремальной электроники

Литература: [3, 19, 34, 41–43, 46].

Проверка знаний по самостоятельному изучению теоретического лекционного материала может осуществляться по вопросам для самоконтроля, приводимым в конце каждой лекции в [2]. Более подробные вопросы приведены в методических указаниях по самостоятельной работе в [4].

**6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов**

**Контрольно-измерительные материалы**

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине предназначены для проведения самоконтроля и итоговой аттестации.

Самоконтроль предполагается проводить в рамках самостоятельной работы студентов.

Итоговый контроль заключается в сдаче тестовых заданий на зачете в аттестационную неделю.

На промежуточную аттестацию по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» контрольно-измерительные материалы не разрабатываются.

**Текущий контроль**

Для текущего контроля не создаются отдельные контрольно-измерительные материалы. Их формируют из вопросов для самопроверки.

Текущий контроль может быть представлен двумя типами контрольно-измерительных материалов:

вопросы для текущего контроля контроля;

Вопросы текущего контроля контроля (1–3 вопроса за лекцию) задаются студентам на лекциях для решения следующих задач:

контроль посещаемости;

контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о более углубленном изложении лекционного материала;

контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о проведении дополнительных занятий в рамках консультаций;

контроль базовых знаний и выдача рекомендаций преподавателям, ведущим дисциплины, обеспечивающим получение необходимых знаний и умений в рамках направления, для формирования междисциплинарной связи;

контроль усвоенных теоретических знаний – проверка остаточных знаний по дисциплине; развитие логического мышления.

**Вопросы** текущего контроля составляются из вопросов для самопроверки, которые представлены в конце каждой лекции в количестве не менее 10 штук в учебном пособии курса лекций. Общее количество вопросов распределенного входного контроля не менее 180.

1. Что вы понимаете под идеальным кристаллом и идеальной поверхностью?
2. Что вы понимаете под реальным кристаллом и реальной поверхностью?
3. Какова природа поверхностного потенциала?
4. Какова природа уровней Тамма?
5. Какие внешние факторы оказывают влияние на свойства поверхности?
6. Какие энергетические состояния называются быстрыми?
7. Каково время установления равновесия быстрых состояний с объёмом?
8. Какие энергетические состояния называются медленными?
9. Каково время установления равновесия медленных состояний с объёмом?
10. Каковы концентрации поверхностных состояний?
11. Каковы принципиальные ограничения для традиционного подхода к управлению свойствами полупроводникового материала?
12. Что понимают под атомным кластером?
13. Что является движущей силой в образовании кластера?
14. Каковы современные методы получения структур с атомными кластерами?
15. Каковы методы исследования нанокластеров?
16. Что понимают под межфазными границами?
17. Что представляет собой полупроводниковая сверхрешетка?
18. Каковы возможности эпитаксии в формировании структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки?
19. Какая полупроводниковая структура называется напряженной?
20. Каковы реальные применения напряженных гетероструктур?
21. Что понимают под эпитаксией?
22. Какие поверхностные процессы происходят при выращивании тонкой пленки методом МЛЭ?
23. Чем определяется конденсация на подложку нового материала из газовой фазы?
24. Каковы преимущества метода МЛЭ?

25. Каков механизм послойного роста?
26. Каков механизм роста Вольмера – Вебера?
27. Каков механизм роста Странски – Крастанова?
28. Что представляет собой механизм роста «статистическое осаждение»?
29. Что общего между методами МЛЭ и РГФ МОС?
30. Каковы различия между методами МЛЭ и РГФ МОС?
31. Какова задача фотолитографии?
32. Что понимают под законом Мура?
33. Каков прогноз уменьшения длины затвора МДП-транзисторов?
34. Каковы минимальный размер и длина канала  $K L$ , достигаемые в настоящее время?
35. Каковы длины волн эксимерных лазеров и от чего они зависят?
36. Каковы принципиально иные, по сравнению с фотолитографией, методы получения рисунка с размерами элементов менее 100 нм?
37. Каковы виды литографии высоких энергий?
38. Какова разрешающая способность электронно-лучевого экспонирования по сравнению с фотоэкспонированием?
39. Какова основная причина разработки метода рентгеновской литографии?
40. Каковы главные преимущества рентгеновской литографии?
41. Каковы преимущества перьевой нанолитографии?
42. Каковы преимущества нанопечатной литографии?
43. Каковы возможности электронного луча как инструмента прецизионной технологии?
44. Каковы принципы электронно-лучевой обработки?
45. Почему обработка электронным лучом ведется в высоком вакууме?
46. Какова поверхностная плотность излучения электронной пушки?
47. Каково место электронно-лучевой обработки в технологии микросхем?
48. Каковы условия конкуренции ионной и рентгеновской литографии?
49. В чем состоит сущность ионной литографии?
50. Какова разрешающая способность позитивных резистов в случае ионно-лучевого экспонирования?
51. Почему широкое развитие нанотехнологий связывают с появлением ска-нирующего микроскопа?
52. Что представляет собой эффект размерного квантования?
53. Какая гетероструктура является типичным примером эффекта размерного квантования?
54. Почему тонкие плёнки являются примером структуры с двумерным электронным газом?
55. В чём состоит важный для атомной теории принцип соответствия?
56. В чём состоит эксперимент по наблюдению магнитного эффекта Ааронова – Бома?
57. Каковы практические применения процесса туннелирования электрона?
58. Что представляет собой холодная эмиссия электронов из металлов?
59. Что понимают под нанотехнологиями?
60. Каково применение эффекта резонансного туннелирования в двухбарьерной квантовой структуре?
61. Почему кремний является основным материалом современной микро-электроники?
62. Какие причины сдерживают использование монокристаллического кремния в оптоэлектронике?
63. Сравните электрические сопротивления монокристаллического и пористого кремния.
64. Сравните теплопроводности монокристаллического и пористого кремния.

65. Какие составы электролитов используются при формировании низкоразмерного кремния?
66. Присутствие носителей заряда какого знака необходимо для получения низкоразмерного кремния при анодировании?
67. Как классифицируется пористый кремний по размеру пор?
68. Что понимают под пористостью низкоразмерного кремния?
69. При каких значениях пористости низкоразмерный кремний генерирует видимый свет?
70. Каковы перспективы применения пористого кремния в нанoeлектронике?
71. Каковы возможности метода молекулярно-лучевой эпитаксии?
72. Что общего и в чём разница методов молекулярно-лучевой эпитаксии и роста из газовой фазы с использованием металлоорганических соединений?
73. Каковы наиболее важные индивидуальные атомные процессы, сопровождающие эпитаксиальный рост?
74. Что представляет собой послойный рост, каков его механизм?
75. Что представляет собой островковый рост, каков его механизм?
76. Что представляет собой рост Странски – Крастанова, каков его механизм?
77. Каковы принципы жидкостной эпитаксии, каково её место в технологии микро- и нанoeлектроники?
78. Каков смысл терминов «гетероэпитаксия», «гомоэпитаксия», «хемоэпитаксия»?
79. Поясните упрощённую схему ростовой камеры в установке молекулярно-лучевой эпитаксии.
80. Каковы возможности контроля структуры и элементного состава плёнок в методе молекулярно-лучевой эпитаксии?
81. В чём состоит эффект размерного квантования?
82. В чём состоит отличие микрочастиц от макрочастиц?
83. Что понимают под квантовой ямой, квантовой нитью, квантовой точкой?
84. Что понимают под дислокациями несоответствия, каковы условия их возникновения?
85. Что понимают под самоорганизацией, каков природный процесс само-организации твердотельных наноструктур?
86. Каковы методы исследования самоорганизованных квантовых точек?
87. В чём состоят преимущества лазеров на самоорганизованных квантовых точках по сравнению с лазерами на квантовых ямах?
88. Что представляют собой искусственные периодические структуры и почему их называют сверхрешётками?
89. Что понимают под композиционной сверхрешёткой?
90. Что понимают под легированной сверхрешёткой?
91. Каковы преимущества магнетронного распыления по сравнению с термическими способами осаждения?
92. Каковы возможности экспериментальной реализации многослойных систем для вакуумного ультрафиолета?
93. Каков наиболее простой способ получения многослойных структур металлов?
94. Что общего и в чём разница между потенциостатическим и гальваностатическим электролитическим осаждением?
95. Каковы особые свойства поверхностных наноструктур, определяющие перспективы их применения?
96. Каковы возможности получения поверхностных структур методом молекулярно-лучевой эпитаксии?



97. Что представляет собой химическая сборка поверхностных наноструктур?
98. Каковы перспективы низкоразмерных структур на основе пористого кремния?
99. Что представляют собой структуры кремний-на-изоляторе (КНИ)?
100. Что представляют собой углеродные нанотрубки и каковы идеи создания на их основе электронных устройств?
101. Что понимают под сверхпроводимостью?
102. Что означает термин «гелиевые температуры»?
103. Почему при абсолютном нуле электрическое сопротивление должно исчезать?
104. В каком году было открыто сверхпроводящее состояние вещества?
105. Что понимают под сверхпроводниками I рода?
106. Что понимают под сверхпроводниками II рода?
107. Кем и когда была предложена теория сверхпроводимости?
108. Каково происхождение термина «куперовская пара»?
109. Какое количество куперовских пар находится в 1 см<sup>3</sup> вещества?
110. Кто авторы наиболее популярной модели сверхпроводимости?
111. Каково происхождение термина «высокотемпературная сверхпроводимость»?
112. Что лежит в основе теоретической модели высокотемпературной сверхпроводимости, разработанной академиком В. Л. Гинзбургом?
113. Какова эволюция температуры перехода в сверхпроводящее состояние?
114. Чем объясняется интерес к высокотемпературной сверхпроводимости?
115. Каковы основные преимущества ВТСП?
116. Какой параметр определяет высокочастотные свойства ВТСП материалов?
117. Что понимают под керамическим методом получения ВТСП материалов?
118. Каковы возможности молекулярно-лучевой эпитаксии для получения ВТСП пленок?
119. Каковы возможности золь-гель метода для получения ВТСП пленок?
120. Каковы коммерческие применения ВТСП материалов?
121. Какие электронные приборы называются микроволновыми?
122. Каковы частоты и длины волн сверхвысокочастотного диапазона?
123. Какие теоретические и экспериментальные исследования в области рас-пространения и взаимодействия волн стимулированы потребностями интегральной оптики СВЧ?
124. Каковы сферы применения микроволновой техники в настоящее время?
125. Какое соотношение связывает длину волны, скорость распространения волны и частоту колебаний электромагнитного поля?
126. Какова природа радиоволн?
127. Сравните скорости движения электрона и распространения электромагнитного поля по телефонному проводу.
128. От каких факторов зависит предельно достижимая скорость передачи данных?
129. Что представляет собой СВЧ-терапия?
130. Каковы параметры волн, используемых в сантиметровой и дециметровой терапии?
131. Каков смысл термина «лазер»?
132. Каков вклад отечественных ученых в создание первого твердотельного лазера?
133. Когда начался «лазерный» период оптики?
134. Что представляет собой лазер на двойной гетероструктуре (ДГС-лазер)?
135. Что представляет собой нанолазер?
136. Какова роль светоизлучающих диодов в развитии микроволновых систем?
137. Каким сигналом передается информация по оптоволоконному кабелю?

138. Какова структура оптоволоконного кабеля и его недостатки?
139. Каковы характеристики оптоволоконного кабеля по помехозащищенности и секретности передаваемой информации?
140. Каковы принципиальные различия одномодового и многомодового кабеля?
141. Какой диапазон волн используется для телевизионного вещания?
142. Каково устройство наземной телевизионной передающей сети?
143. Какие спутниковые системы связи осуществляют распределение сигналов ТВ программ по территории России?
144. Каковы основные структуры построения систем кабельного телевидения?
145. Каковы основные преимущества сотовых систем телевидения?
146. Что представляет собой геостационарная орбита искусственного спутника Земли?
147. Каковы преимущества систем мобильной связи?
148. Какие этапы в своем развитии прошла сотовая связь?
149. Что представляет собой волоконно-оптические линии связи (ВОЛС)? Каковы их преимущества?
150. Какие устройства составляют элементную базу волоконнооптических линий связи?
151. Что означает термин «экстремальная электроника»?
152. Какие механизмы теплопередачи применимы к электронным устройствам?
153. Что понимают под температурной стойкостью изделий электронной техники?
154. Что понимают под пассивным способом теплоотвода?
155. Что понимают под активным способом теплоотвода?
156. Какие жидкие диэлектрики являются перспективными для охлаждения?
157. Что означает термин «криогенная электроника»? Каковы свойства криогенной электроники?
158. Что понимают под радиационной стойкостью изделий электронной техники?
159. Что происходит в электронных устройствах при воздействии радиации?
160. Каковы меры по повышению радиационной стойкости изделий электронной техники?
161. Какие проблемы в технологии полупроводниковых приборов можно решить с помощью структуры КНИ?
162. Каковы основные преимущества структур КНИ перед обычными кремниевыми подложками?
163. Каковы основные свойства технологии Smart Cut?
164. Что понимают под процессом SIMOX?
165. Каковы основные свойства технологии сращивания пластин?
166. Каково место эпитаксии в создании структур КНИ?
167. Каковы преимущества структур КНС и каковы ограничения в развитии КНС направления?
168. Каковы преимущества карбидокремниевой электроники?
169. Каковы основные направления использования приборов на карбиде кремния?
170. Какие устройства реально создаются на основе карбида кремния?
171. Какова эволюция метода получения монокристаллов карбида кремния?
172. Каковы преимущества графена как возможного материала для создания транзистора?
173. Каковы перспективы алмаза как материала экстремальной электроники?
174. Что представляет собой тиристор и почему его считают прибором силовой электроники?
175. Почему коммутационные и частотные характеристики биполярных транзисторов лучше, чем у запираемых тириستоров?

176. Сколько поколений насчитывает развитие биполярного транзистора с изолированным затвором?
177. Почему полевые транзисторы лучше защищены от радиации и температуры, чем биполярные транзисторы?
178. Каковы предельные рабочие токи и напряжения для современных МОП-транзистора?
179. Какие приборы силовой электроники наиболее распространены в устройствах мощностью до нескольких сотен киловатт?
180. Каковы основные особенности планарной технологии?

**Таблица 6.1**

**Шкала и критерии оценки промежуточной аттестации в форме зачета**

Оценка (баллы)	Уровень сформированности компетенций	Общие требования к результатам аттестации в форме зачета
«Зачтено» (61-100)	Высокий уровень	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов или в целом, или большей частью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы или в основном сформированы, все или большинство предусмотренных рабочей программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки
	Базовый уровень	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.
	Минимальный уровень	Теоретическое содержание курса освоено большей частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.
«Не зачтено» (менее 61)	компетенции, закреплённые за дисциплиной, <b>не сформированы</b>	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.

**Итоговый контроль**

Для итогового контроля знаний, умений и навыков, в соответствии с требованиями к компетенциям магистра, применяются контрольно-измерительные материалы в виде тестовых заданий или билетов, составленных из вышеприведенных вопросов. Итоговый контроль осуществляется при сдаче зачета в аттестационную неделю.

## **7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1. Учебная литература:**

#### **Основная литература**

1. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: учеб. программа дисциплины / сост. : В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 46 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
2. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 222 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. Коллектива Г. Н. Шелованова).
3. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: лаб. практикум / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 123 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
4. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: метод. указания к самост. работе / сост. В. А. Юзова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 27 с – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
5. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: учеб. пособие по курсовой работе / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 121 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 /рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
6. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: организац.-метод. указания / сост. В. А. Юзова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 66 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
7. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам: сб. статей / ред.: П. П. Мальцев. – М.: Техносфера, 2008. – 589 с.: ил. – (Мир электроники).
8. Драгунов, В. П. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. – 332 с.
9. Мальцев, П. П. Наноматериалы, нанотехнологии / П. П. Мальцев. – М.: Техносфера, 2008. – 241 с.
10. Чаплыгин, Ю. А. Нанотехнологии в электронике / Ю. А. Чаплыгин. – М.: Техносфера, 2008.
11. Драгунов, В. П. Основы нанoeлектроники : учеб. пособие / В. П. Драгунов. – М.: Логос, 2008.
12. Шик, А. Я. Физика низкоразмерных систем / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуева, С. Ф. Мусихина. – СПб., 2011. – 346 с.
13. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М., 2010.
14. Герасименко, Н. Н. Мир материалов и технологий. Кремний – материал нанoeлектроники / Н. Н. Герасименко, Ю. Н. Пархоменко. – М.: Техно-сфера, 2008. – 355 с.

15. Шик, А. Я. Введение в сверхпроводимость: учеб. пособие / А. Я. Шик, С. Н. Лыков. – М., 2011 – 102 с.: ил.
16. Шувалов, В. П. Телекоммуникационные системы и сети : учеб. пособие в 3-х т. Т. 2 / В. П. Шувалов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 672с.
17. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника : учеб. пособие. – Красноярск : – ИПЦ КГТУ, 2008. – 178 с.
18. Шелованова, Г. Н. Физические основы микроэлектроники. Полупроводниковые гетероструктуры в микро- и нанoeлектронике : учеб. пособие / Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – 181 с.
19. Байдамов, В. М. Основы электрохимии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Байдамов – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 240 с.
20. Юзова, В. А. Материалы и элементы электронной техники. Обработка диэлектрических подложек микроэлектроники с использованием детонационных наноалмазов: учеб. пособие / В. А. Юзова, О. В. Семенова; Красноярск. гос. техн. ун-т. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 76 с.

#### **Дополнительная литература**

21. СТО 4.2-07–2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разраб. : Т. В. Сильченко, Л. В. Белашапо, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Введ. впервые 09. 12. 2008. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.
22. Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ / сост.: А. В. Сарафанов, М. М.Торопов. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – (Вып. 3)
23. Зимин, С. П. Пористый кремний – материал с новыми свойствами / С. П. Зимин // Соросовский образовательный журнал. – 2004. – Т.8 (№ 1) – С. 101–107.
24. Зимин, С. П. Электрические свойства пористого кремния / С. П. Зимин // ФТП. – 2000. – Т.34 (вып.3) – С. 359–363.
25. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика. Приборы / Под ред. В. В. Лучинина, Ю. М. Таирова – М. : Физматлит, 2006. – 552с.
26. Савченко, М. А. Высокотемпературная сверхпроводимость: учеб. пособие / М. А. Савченко, А. М. Савченко, А. В. Стефанович. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 836 с.: ил.
27. Хохлова, Н. М. Информационные технологии / Н. М. Хохлова. – М.: Приориздат, 2004. – 192 с.
28. Носов, Ю. Р. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов. – М.: Радио и связь, 2004. – 360 с.
29. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника / В. А. Гуртов. – М.: Техно-сфера, 2005. – 350 с.
30. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико- технологические основы. – М. : Физматлит, 2006. – 387 с.
31. Материаловедение: учеб. для вузов / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – 3-е изд., стереотип. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 411 с.
32. Ермаков, О. Н. Мир электроники. Прикладная оптоэлектроника. / О. Н. Ермаков. – М. : Техносфера, 2004. – 372 с.
33. Брандон, Д. Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан; Пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова. – М. : Техносфера, 2004. – 384 с.
34. Долматов, В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение / В. Ю. Долматов. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. – 344 с.

35. Бехштейн, Ф. Поверхности и границы раздела полупроводников / Ф. Бехштейн, Р. Эндерлайн – М. : Мир, 1990. – 72 с.
36. Сейсян, Р. Нанолитография СБИС в экстремально дальнем вакуум-ном ультрафиолете / Р. Сейсян. – Санкт-Петербург, 2002. – 417 с.
37. Максимов, Е. Г. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. Современное состояние: учеб. пособие / Е. Г. Максимов. – М.: 2000. – 533с.
38. Мильвидский, М. Г. Полупроводниковый кремний на пороге XXI века / М. Г. Мильвидский // Материалы электронной техники. – 2000. – № 3. – С. 4–14.
39. Асеев, А. Л. Перспективы применения структур «кремний на изоляторе» в микро-, наноэлектронике и микросистемной технике / А. Л. Асеев и др. // Микросистемная техника – 2002. – № 9. С. 25–29.
40. Алферов, Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж. И. Алферов // Физика и техника полупроводников. –1998. – Т. 32 (№ 1). – С. 3–18.
41. Пузырь А. П., Бондарь В. С. Патент RU 2252192 С2. МПК С01 В36/06.БИ.15(2005).
42. Пузырь А. П., Бондарь В. С. Патент RU 2258671 С2. МПК С01В36/06.БИ.23(2005).
43. Юзова, В. А. Введение ультрадисперсного порошка алмаза детонационного синтеза в каналы пористого кремния / В. А. Юзова // Письма в ЖТФ. – 2008. – т. 34 (вып.10) – с. 34–38.
44. Юзова, В. А. Методические указания по применению технологии изготовления алмазных и алмазграфитовых полировочных паст : препринт № 823Ф / В. А. Юзова, О. В. Семенова, А. А. Митин, А. В. Угрюмов : Институт физики СО РАН. – Красноярск :2003. – 42 с.
45. Готра, З. Ю. Технология микроэлектронных устройств: справ. /З. Ю. Готра – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.
46. Захаров, А. А. Физико-химические основы размерной обработки полупроводников. Механическая обработка : учеб. пособие / В. А. Юзова, А. А. Захаров. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Красноярск : КГТУ, 1997 – 216 с.
47. Положение об организации учебного процесса в Сибирском федеральном университете с использованием зачетных единиц (кредитов) и балльно-рейтинговой системы.-

#### **Периодическая литература известия вузов. Электроника.**

48. Известия вузов. Электроника.
49. Микроэлектроника.
50. Физика и техника полупроводников.
51. Нанотехнологии и наноматериалы.
52. Нано- и микросистемная техника.
53. Перспективные материалы. Микроэлектроника.

#### **7.2. Интернет-ресурсы**

##### **Информационные ресурсы**

54. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс / Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова. – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 187 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная си-

стема Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

55. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины /сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

56. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

57. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб. пособие по курсовой работе / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

58. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. лаб. практикум / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (4 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

59. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Банк тестовых заданий. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: контрольно-измерительные материалы / Г. Н. Шелованова, В. А. Барашков, О. В. Семенова. – Электронные дан. (44 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/ рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 104 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

60. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самост. работе /сост. В. А. Юзова. – Электронные дан. (2

Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

61. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : метод. указания по организац.–метод. работе / сост. В. А. Юзова. – Электронные дан. (4 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

62. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. : руководство пользователя / А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

63. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники : кремниевая электроника [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск: КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.php?section=shelovanova> – Загл. с экрана.

64. Юзова, В. А. Материалы и элементы электронной техники. Обработка диэлектрических подложек микроэлектроники с использованием детонационных наноалмазов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. А. Юзова, О. В. Семенова. – Электрон. дан. – Красноярск : КГТУ, 2005. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.php?section=yuzova> – Загл. с экрана.

65. [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)

66. <http://www.nanometer.ru>

67. <http://www.nanoink.net>

68. <http://www.ioffe.ru/journals/>

69. <http://journal.sfu-kras.ru/>

70. <http://www.mikrosystems.ru>

71. <http://www.isstp.issi.ru>

### 7.3. Программное обеспечение

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
3. Программный продукт «Антивирус Касперского».
4. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
5. Программный продукт MATLAB 6.

**Таблица 10.1**

#### **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Название отдельной темы дисциплины (практического занятия или лабораторной работы), в которой используется ИТ	Перечень применяемой ИТ или ее частей	Цель применения	Перечень компетенций



	Исследования оптических свойств материалов электронной техники и параметров оптоэлектронных приборов	Автоматизированный лабораторный стенд	изучение процессов, протекающих в проводниках в электрическом поле; – исследование основных свойств проводников по температурным зависимостям проводимости.	УК-1, ПК-1
--	--	---------------------------------------	--	------------

#### 7.4. Материально-техническое обеспечение

##### Перечень наглядных и других пособий, методических указаний и материалов к техническим средствам обучения

Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы электроники и нанoeлектроники. Презентационные материалы. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: наглядное пособие / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (16 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. Коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 16 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 / Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

Интерактивные технические средства обучения: практическое руководство / сост. : А. Г. Суковатый, К. Н. Захарьин, А. В. Казанцев, А. В. Сарафанов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 84 с.

Стандарт организации СТО СФУ 7.2.04–2007. Электронные образовательные ресурсы на базе гипертекстовых технологий со встроенной системой компьютерной проверки знаний тестированием. Требования к структуре, организации и интерфейсу /разр.: К. Н. Захарьин, А. В. Сарафанов, А. Г. Суковатый и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2007. Утвержден и введен в действие приказом ректора СФУ № 659 от 15. 11. 2007.

##### Перечень технических средств, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Перечень основного оборудования	Нумерация разделов/тем дисциплины
1	Исследование полупроводниковых материалов	1.1, 1.2
2	Автоматизированный лабораторный стенд для исследования оптических свойств материалов электронной техники и параметров оптоэлектронных приборов	1.3, 2.1, 2.3
3	Исследование свойств полупроводников методом вольт-фарадных характеристик	2.2
4	Исследование свойств полупроводников методом эффекта Холла	2.4

Рабочая программа дисциплины «Современные проблемы науки и производства» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 914

Программу составил: д.ф-м.н., профессор кафедры «Физика» Матиев А.Х.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»  
Протокол № 10 от «20» июня 2023 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета  
Протокол № 10 от «23» июня 2023 года  
Председатель Учебно-методического совета факультета \_\_\_\_\_ /Нальгиева М. А.

Программа рассмотрена на заседании Учебно-методического совета университета  
Протокол №10 от «28» июня 2023г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой