



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра общей и экспериментальной физики**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан физического факультета  
**И.М. Буднев**  
«17» апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Код дисциплины Б1.В.07

Наименование дисциплины (модуля) - Современное физическое материаловедение

Рекомендуется для направления подготовки: **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Профиль – Электроника и нанoeлектроника**

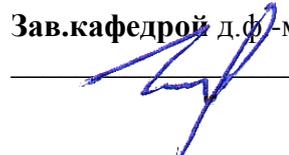
Степень (квалификация) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

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

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики  
**Протокол № 7**  
от «26» марта 2024г.

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

**Зав.кафедрой** д.ф.-м.н.  
 / 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	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	4
5.2 Разделы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	5
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	5
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов.	6
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	9
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	9
а) основная литература;	9
б) дополнительная литература;	9
в) программное обеспечение;	9
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).	10
10. Образовательные технологии	10
11. Оценочные средства. (ОС).	11
12. Приложение 1. Примерный перечень вопросов и заданий к зачету	18

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью изучения учебной дисциплины “ Современное физическое материаловедение” является знакомство студентов с базовыми научными положениями физического материаловедения, с новыми перспективными материалами, с их структурным состоянием и свойствами. Познакомить с областями применения перспективных функциональных материалов в изделиях и технологиях различных отраслей науки и производства.

- Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с проблемами современного материаловедения применительно к различным областям науки и технологии материалов;
- изучение возможностей решения научных, технических и технологических задач посредством перехода к использованию наноматериалов и нанотехнологий;
- выработка навыков комплексного оценивания и прогнозирования тенденций и последствий развития материаловедения на решение научных, технических и технологических задач электроники и микроэлектроники.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина “Современное физическое материаловедение” является дисциплиной вариативного цикла и относится к дисциплинам по выбору. Дисциплина читается на 4-ом курсе в 8 семестре. Дисциплина “Современное физическое материаловедение” основывается на дисциплинах “Физика конденсированного состояния”, “Физика полупроводников”. Общая трудоемкость - 2 зачетных единицы.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональных компетенций (ОПК):

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-1.1 Использует в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и микроэлектроники	Знать: современные проблемы достижений физики, электроники и микроэлектроники. Уметь: Использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и микроэлектроники. Владеть: Навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и микроэлектроники.
	ПК-1.2 Самостоятельно проводит экспериментальные научные исследования в области электроники и микроэлектроники (в	Знать: правила проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и микроэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного

	<p>соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>оборудования, отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Уметь: Самостоятельно проводить экспериментальные научные исследования в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Владеть: Навыками проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта.</p>
	<p>ПК-1.3 Использует современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p>	<p>Знать: современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p> <p>Уметь: Использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p> <p>Владеть: способностью использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации</p>
<p>ПК-4 Проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и</p>	<p>ПК-4.1 Знает категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, средства измерения, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге</p>	<p>Знать: категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге</p> <p>Уметь: Использовать категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге.</p>

зарубежного опыта.		<p>Владеть:</p> <p>Навыками использования категорий (типов), видов стандартов и их особенностей; видов измерений, средств измерений, погрешностей; процедур и нормативных актов для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге</p>
	ПК-4.2 Владеет навыками и методами расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств нанoeлектроники	<p>Знать:</p> <p>методы расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств нанoeлектроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>Проводить расчёт параметров и характеристик, моделирование и проектирование</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками внедрения и контроля приборов и устройств нанoeлектроники</p>
	ПК-4.3 Знаком с основными этапами сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции	<p>Знать:</p> <p>основные этапы сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции.</p> <p>Уметь:</p> <p>Ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p> <p>Владеть:</p> <p>Способностью ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>

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

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		8			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	62	62	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	22	22			
Практические занятия (ПЗ)	32	32			

КСР					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>10</b>	<b>10</b>			
В том числе:			-	-	-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Доклады, подготовка к экзаменам и зачетам					
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет	зачет			
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	зачетные единицы	2	2		

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).

#### **Т1. Физические основы материаловедения.**

Типичные свойства и кристаллические структуры металлов. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца. Правило Матиссена для удельного сопротивления металла. Металлические сплавы. Твердые растворы замещения и внедрения. Правила Юм-Розери образования твердых растворов замещения. Строение поликристаллических металлических сплавов. Зерна. Дефектность металлов. Точечные дефекты. Линейные дефекты. Вектор Бюргерса. Механизмы пластической деформации металла. Механизм образования дислокаций Франка – Рида. Зависимость прочности металлов от их дефектности. Диаграммы состояния металлов. Эвтектика. Перетектика. Полиморфизм. Аллотропические фазы.

Изоморфные металлы. Диффузионный и мартенситный механизм фазовых превращений. Полигонизация сплава. Первичная и вторичная рекристаллизации сплава. Температурный порог рекристаллизации. Термообработка сплавов. Основные виды термообработки. Графическое изображение процесса термообработки металлического сплава.

#### **Т2. Аморфные металлические сплавы.**

Природа аморфного состояния. Общие закономерности аморфизации и кристаллизации. Термодинамика аморфного состояния. Различие между аморфным и стеклообразным состояниями. Особенности структуры аморфных веществ. Аморфные металлические сплавы (АМС). Способы получения АМС. Модели структуры АМС. Структурная релаксация. Кинетика кристаллизации аморфных металлических сплавов. Дефекты в АМС. Упругие и неупругие свойства АМС. Электрические и магнитные свойства АМС. Магнитная проницаемость аморфных металлических сплавов. Петли магнитного гистерезиса. Магнитострикционные аморфные металлические сплавы. Влияние упругих механических напряжений на магнитные свойства аморфных металлических сплавов. ДЕ-эффект. Применение аморфных металлических сплавов.

#### **Т3. Нанокристаллические металлические сплавы.**

Нанокристаллические сплавы на основе переходных металлов типа Файнмет. Получение из аморфного состояния. Фазовая структура. Роль меди и ниобия в процессе кристаллизации. Эволюция аморфной фазы и микроструктуры при нагреве. Магнитные свойства нанокристаллических сплавов на основе переходных металлов. Доменная структура и процессы намагничивания. Магнитострикция. Магнитная анизотропия. Модель случайной анизотропии. Зависимость коэрцитивной силы от размера зерна. Суперпарамагнетизм.

#### **T4. Современные полупроводниковые материалы и соединения.**

Соединения галлия. Арсенид галлия – полупроводник для СВЧ и сверхскоростной микроэлектроники. Технологические методы получения арсенида галлия. Типовые полупроводниковые элементы на арсениде галлия. Соединение арсенида галлия с алюминием. Соединения кремния. Полупроводниковое соединение кремний – германий. Алмаз и алмазные материалы. Карбид кремния. Свойства карбида кремния. Элементы микроэлектроники на основе карбида кремния.

#### **T5. Некристаллические полупроводники.**

Топологически неупорядоченные полупроводники. Получение некристаллических полупроводников. Зонная структура. Электропроводность. Влияние примесей. Подвижность носителей заряда. Наиболее изученные аморфные полупроводники. Аморфный кремний. Селен. Халькогенидные стекла.

#### **T6. Фрактальные структуры в материаловедении.**

Фракталы как самоподобный объект. Размерность фракталов. Математические и физические методы определения размерности фрактальных структур. Методы моделирования фрактальных структур. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния. Условие образования фрактальных структур. Конечный размер фрактала. Элементы теории перколяции. Аномальная диффузия во фрактальной сетке. Электрическая проводимость. Поглощение электромагнитных волн фрактальными структурами. Фрактальность границ зерен. Фрактальные мартенситные структуры. Аэрогели. Методы получения. Свойства.

### **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.	Производственная практика	T1	T2	T3	T4	T5
2	Государственная итоговая аттестация	T1	T2	T3	T4	T5

### **5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий**

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	T1. Физические основы материаловедения	1.1. Металлические сплавы. 1.2. Дефекты в	4	4			10	18

	ния.	металлах. 1.3. Диаграммы состояния металлов и фазовые превращения в металлах.						
2.	T2. Аморфные металлические сплавы.	2.1. Аморфное состояние твердых тел. 2.2. Получение и структура аморфных металлических сплавов. 2.3. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов.	4	4			10	18
3	T3. Нанокристаллические металлические сплавы.	3.1. Нанокристаллические сплавы на основе переходных металлов типа Файнмет. 3.2. Магнитные свойства нанокристаллических сплавов на основе переходных металлов.	4	4			8	16
4	T4. Современные полупроводниковые материалы и соединения.	4.1. Соединения галлия. 4.2. Соединения кремния. 4.3. Алмаз и алмазные материалы.	4	4			10	18
5	T5. Некристаллические полупроводники.	5.1. Топологически неупорядоченные полупроводники. 5.2. Электрофизические свойства некристаллических полупроводников. 5.3. Наиболее изученные аморфные полупроводники.	2	2			10	14
6.	T6. Фрактальные структуры в материаловедении.	6.1. Фрактальные объекты. 6.2. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния. 6.3. Аэрогели.	4	4			10	18

### 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6

1	Т1. Физические основы материаловедения.	Пз.1. Металлические сплавы. Пз.2. Температурные изменения структуры металлических сплавов.	4	Письменный и устный текущий контроль.	ОПК-1 ОПК-2
3	Т2. Аморфные металлические сплавы.	Пз.3. Получение и структура аморфных металлических сплавов. Пз.4. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов.	4	Письменный и устный текущий контроль	ОПК-1 ОПК-2
3	Т3. Нанокристаллические металлические сплавы.	Пз.5. Модель случайной магнитной анизотропии и коэрцитивная сила нанокристаллических магнитных материалов.	4	Письменный текущий контроль	ОПК-1 ОПК-2
4	Т4. Современные полупроводниковые материалы и соединения.	Пз.6. Арсенид галлия – полупроводник для СВЧ и сверхскоростной микроэлектроники. Пз.7. Материалы и элементы микроэлектроники на основе карбида кремния.	4	Письменный и устный текущие контроли	ОПК-1 ОПК-2
5	Т5. Некристаллические полупроводники.	Пз-8. Некристаллические полупроводники Зонная структура. Электропроводность. Подвижность носителей заряда	2	Устный текущий контроль	ОПК-1 ОПК-2
6	Т6. Фрактальные структуры в материаловедении.	Пз-9. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния. Пз-10. Основы теории перколяции.	4	Устный и письменный текущий контроль	ОПК-1 ОПК-2

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед	№ темы	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Т1	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом. решение домашнего задания . Подготовка реферата и /(или)	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов ИГУ.	Источники 1,2 из основной и 1.-3 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю,	10

		выступление с докладом	Написание реферата и/или выступление с докладом по предложенной тематике.	предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	
3	T2	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом. решение домашнего задания . Подготовка реферата и /(или) выступление с докладом.	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов ИГУ. Написание реферата и/или выступление с докладом по предложенной тематике.	Источники 1,2 из основной и 1-4 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	10
5	T3	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом, решение домашнего задания. Подготовка реферата и /(или) выступление с докладом. Подготовка реферата и /(или) выступление с докладом.	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов ИГУ. Написание реферата и/или выступление с докладом по предложенной тематике.	Источники 1,2 из основной и 1-3 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	8
6	T4	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом. Подготовка реферата и /(или) выступление с докладом.	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов ИГУ. Написание реферата и/или выступление с докладом по предложенной тематике.	Источники 1,2 из основной и 1-3 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	10
8	T5	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом. Подготовка реферата и /(или)	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы,	Источники 1,2 из основной и 1-3 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах,	10

		выступление докладом.	с	Интернет - ресурсов ИГУ. Написание реферата и/или выступление с докладом по предложенной тематике.	доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	
9	Т6	Работа учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом. Подготовка реферата и /(или) выступление с докладом.	с	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов ИГУ. Написание реферата и/или выступление с докладом по предложенной тематике.	Источники 1,2 из основной и 1-3 из дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	10

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой студент активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируются компетенции ОПК-1 и ОПК-2. В самостоятельную работу входит также написание реферата по предлагаемым темам и /(или) подготовка доклада с представлением компьютерной презентации.

**На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины:**

### Т1. Физические основы материаловедения.

1. Металлические сплавы. Механические гетерогенные смеси. Интерметаллические соединения. Твердые растворы внедрения.
2. Электрофизические свойства металлов. Проводимость металлов. Теплоемкость металлов. Магнетизм электронов проводимости.
3. Ферромагнитные металлические сплавы. Пермаллои, инвары. Свойства, применение.

### Т2. Аморфные металлические сплавы.

1. Ближний порядок в расположении атомов. Функция радиального распределения. Приведенная функция радиального распределения. Структурный фактор
2. Кинетика структурной релаксации и кристаллизации аморфных металлических сплавов.
3. Методы контроля процесса кристаллизации аморфных металлических сплавов. Рентгеноструктурный анализ. Дифференциальная сканирующая калориметрия. Резистивный метод. Электронно - микроскопический метод.
4. Термомагнитная обработка аморфных металлических сплавов на основе переходных металлов.
5. Магнитоимпедансный эффект в аморфных металлических сплавах на основе переходных металлов.

### Т3. Нанокристаллические металлические сплавы.

1. Методы получения нанокристаллических металлических сплавов.

2. Механические свойства нанокристаллических металлических сплавов.
3. Ферромагнетики наноразмерного объема.
4. Применение нанокристаллических металлических сплавов на основе переходных металлов.

#### **Т4. Современные полупроводниковые материалы и соединения.**

1. Биполярный SiGe транзистор.
2. БиКМОП технология на основе SiGe.
3. СВЧ-приборы на основе карбида кремния.
4. Приборные структуры на алмазных материалах

#### **Т5. Некристаллические полупроводники.**

1. Управление свойствами некристаллических полупроводников.
2. Легирование гидрогенизированного аморфного кремния.
3. Структурная модификация свойств некристаллических полупроводников.
4. Изменения структуры некристаллических полупроводников на уровне разных порядков.
5. Применение некристаллических полупроводников.

#### **Т6. Фрактальные структуры в материаловедении.**

1. Образование фрактальных структур в парогазовой фазе.
2. Формирование фрактальных структур в плазме дугового разряда.
3. Механизмы образования фрактальных агрегатов из активных наполнителей.
4. Механические свойства фрактальных сеточных наполнителей.
5. Аномальная диффузия во фрактальной сетке.
6. Поглощение электромагнитных волн фрактальными агрегатами.

**Контроль самостоятельной работы проводится** на практических занятиях и на КСР по окончании Т.6.

#### **7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

планом не предусмотрено

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

а) основная литература

1. Аморфно-нанокристаллические сплавы [Текст] : научное издание / А. М. Глезер, Н. А. Шурыгина. - М. : Физматлит, 2013. - 450 с. ; 21 см. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9221-1547-6 -1 экз
2. Физика металлов и сплавов : учеб. пособие / А. А. Гаврилюк, С. М. Зубрицкий, А. Л. Петров ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - 93 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 93 -13 экз.
3. Физика твердого тела [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - 3-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2010. - 288 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 282-283. - Предм. указ.: с. 284-286. - ISBN978-5-8114-1001-9 : -10 экз
4. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] : научное издание / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2007. - 414 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 408-414. - ISBN 978-5-9221-0582-8 : -10 экз.

б) дополнительная литература

1. Структура и свойства неупорядоченных твердых тел [Текст] : учеб. пособие / А.Л. Петров, А.А. Гаврилюк, С.М. Зубрицкий ; М-во образования и науки РФ, Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2004. - 77 с. ; -13 экз.
2. Физика твердого тела [Текст] : учеб. пособие для студ. физ. спец. ун-тов и тех. ун-тов / А.Г. Гуревич ; Рос. акад. наук; Физико-техн. ин-т А.Ф. Иоффе. - СПб. : БХВ-Петербург : Невский диалект, 2004. - 318 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 306-311. -Предм. указ.: с. 312-318. - ISBN 5-94157-519-х. - ISBN 5-7940-0117-8 -11 экз.
3. Нанокристаллические материалы [Текст] / А.И. Гусев, А.А. Ремпель. - М. : Физматлит, 2000. - 223 с. : ил. ; 22см. - ISBN 5922100750 -1 экз
4. Металлические стекла [Текст] : научное издание / ред. Д. Д. Гилман ; пер. с англ.: М. А. Дроздова, В. В. Федоров. - М. : Металлургия, 1984. - 263 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 260-263. - Пер. изд. : Metallic glasses. - Ohio, 1978. -1 экз.
5. Физика твердого тела [Текст] : учеб.для студ.вузов,обуч.по напр."Физика" и спец."Физика и технология материалов и компонентов электрон.техники", "Микроэлектроника и полупровод.приборы" / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. - 3-е изд.,стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 494 с. : . - ISBN 5060037703 -1 экз.
6. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле [Текст] : научное издание / А. И. Гусев. - М. : Физматлит, 2007. - 856 с. : ил. ; 24 см. - (Фундаментальная и прикладная физика). - Библиогр. в конце глав. - Имен. указ.: с. 843-845 . - Предм. указ.: с. 846-855 . - ISBN 978-5-9221-0609-2 : - 2 экз.
7. Наноструктурные материалы [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки дипломир. спец. 651800 "Физическое материаловедение" / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. - М. : Академия, 2005. - 187 с. : ил. ; 22 см. - (Высшее профессиональное образование) (Учебное пособие. Естественные науки). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-7695-2034-5 -2 экз.

в) программное обеспечение – тест по основным разделам дисциплины

1. Microsoft PowerPoint

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Поисковые системы Google, Yandex.

2. Электронные ресурсы доступные по логину и паролю, предоставляемые Научной библиотекой ИГУ

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Чтение ряда лекций сопровождается демонстрацией информации (мультимедийный проектор, офисное оборудование для оперативного размножения иллюстративного и раздаточного лекционного материалов).

### 10. Образовательные технологии:

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций).

*Сверено с №5 ЧИТ*

### 11. Оценочные средства (ОС):

#### 11.1. Оценочные средства для входного контроля

Не предусмотрено.

#### а. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля на Пз 1, Пз 4, Пз.5, Пз.6, Пз.10, и устного контроля на Пз.2, Пз.3, Пз.7, Пз.8, Пз.9.

Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ОПК-1,

ОПК-2, ПК-8.

Для реализации текущего контроля используется балльная система оценки.

Усвоение студентом изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество баллов за текущую работу в семестре ограничивается 64-мя баллами, на оценку зачета максимально предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены студенту за активные формы работы (до 10 баллов) и т.д.

За посещение одного занятия дается 1 балл (23 занятия (Л+Пз+КСР) \* 1 балл = 23 балла), максимальное количество баллов за письменный контроль на КСР и Пз – 2 балла (13 занятий (КСР+Пз)\*2 балла = 26 баллов). Написание реферата и/или представление устного доклада оценивается в интервале от 5 до 15 баллов (в зависимости от содержания и полноты реферата или доклада).

**Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля на Пз.1-Пз.10 и КСР.**

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 2,0-1,6 балла.	Хорошо 1,5-1,0 баллов	Удовлетв. 0,9 -0,5 балла.	Неудовл. > 0,5 балла
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания. Допущено не более 1 –ой неточности	Полностью выполнены все задания, допущены две малозначительные неточности или одна ошибка	Не полностью выполнены задания, допущены неточности и одна – две серьезные ошибки.	Задание не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х серьезных ошибок.

**Примерные вопросы для письменного и устного текущего контроля приведены ниже:**

### **Пз-1. Металлические сплавы.**

1. Типичные свойства и кристаллические структуры металлов. Закон Ома. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца. Правило Матиссена для удельного сопротивления металла.

2. Типы металлических сплавов. Механические (гетерогенные) смеси. Интерметаллические соединения. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Правила Юм – Розери для твердых растворов замещения. Неограниченные твердые растворы замещения.

3. Строение поликристаллических металлических сплавов. Зоны неравновесных кристаллитов. Зоны равновесных кристаллитов. Кристаллические зерна. Межкристаллитные границы.

### **Пз-2. Температурные изменения структуры металлических сплавов.**

1. Диаграммы состояния металлов. Эвтектика. Перетектика. Полиморфизм. Аллотропические фазы. Изоморфные металлы.

2. Диффузионный и мартенситный механизм фазовых превращений. Полигонизация сплава. Первичная и вторичная рекристаллизации сплава. Температурный порог рекристаллизации.

3. Термообработка сплавов. Основные виды термообработки. Графическое изображение процесса термообработки металлического сплава.

### **Пз-3. Получение и структура аморфных металлических сплавов.**

1. Получение аморфных структур из газообразного состояния. Термическое напыление. Ионно – плазменное напыление. Получение аморфных сплавов из жидкого состояния. Методы закалки из расплава. Получение аморфного состояния из твердого кристаллического состояния.

2. Способы описания аморфной структуры. Функция радиального распределения (ФРР). Однокомпонентные аморфные тела. Сравнение ФРР жидкого и аморфного состояния. Модели аморфной структуры. Микрокристаллическая модель. Модель плотной упаковки жестких сфер. Модель плотной упаковки мягких сфер. Модель Эгами.

3. Структурная релаксация. Кинетика кристаллизации аморфных металлических сплавов. Дефекты в АМС.

#### **Пз.4. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов.**

1. Магнитная проницаемость аморфных металлических сплавов Петли магнитного гистерезиса.

2. Магнитострикционные аморфные металлические сплавы.  $\Delta E$ -эффект. Влияние упругих механических напряжений на магнитные свойства аморфных металлических сплавов..

3. Магнитоимпедансный эффект в аморфных металлических сплавах. Петли гистерезиса магнитоимпедансного эффекта. Магнитоимпедансная спектроскопия контроля структурных параметров аморфных металлических сплавов.

#### **Пз-5. Модель случайной магнитной анизотропии и коэрцитивная сила нанокристаллических магнитных материалов.**

1. Магнитная анизотропия в нанокристаллических металлических ферромагнетиках.

2. Доменная структура и процессы намагничивания.

3. Магнитострикция в нанокристаллических сплавах типа Файнмет.

4. Магнитная анизотропия.

5. Причины перехода ферромагнитных наночастиц в однодоменное состояние.

6. Причины возникновения эффекта суперпарамагнетизма в ансамбле однодоменных наночастиц, возникающих при уменьшении их размера.

7. Ансамбль ферромагнитных наночастиц с различной ориентацией кристаллографических осей легкого намагничивания. Обменное взаимодействие между ферромагнитными наночастицами. Длина обменного взаимодействия. Модель случайной магнитной анизотропии.

8. Зависимость коэрцитивной силы нанокристаллического ферромагнетика от размеров кристаллитов. Причины уменьшения коэрцитивной силы с уменьшением размеров нанокристаллитов.

9. Суперпарамагнетизм.

10. Задача на вычисление эффективной константы анизотропии в нанокристаллических материалах.

#### **ПЗ –6. Арсенид галлия – полупроводник для СВЧ и сверхскоростной микроэлектроники.**

1. Основные преимущества GaAs по сравнению с другими полупроводниковыми материалами.

2. Основные недостатки GaAs по сравнению с другими полупроводниковыми материалами.

3. Технологические методы получения арсенида галлия.

4. Типовые полупроводниковые элементы на арсениде галлия.

5. Компенсирующая легирующая примесь для обеспечения высоких уровней удельного сопротивления для подложек арсенида галлия.

6. Какие типы приборов изготавливаются на арсениде галлия?
7. Каких типов разрабатываются диоды Шоттки?

**Пз-7. Элементы микроэлектроники на основе карбида кремния.**

1. Основные электрофизические и термоэлектрические свойства карбида кремния.
2. Кристаллические модификации SiC. Политипизм.
3. Преимущества карбида кремния по сравнению с другими типами полупроводниковых материалов.
4. Классификация приборов на основе SiC по вариантам применения.
5. Сравнение основных параметров Si и SiC
6. Элементы на основе карбида кремния.
7. Свойства подложек на основе карбида кремния.
8. Перспективы развития SiC-технологии.

**Пз-8. Некристаллические полупроводники. Зонная структура. Электропроводность. Подвижность носителей заряда.**

1. Что понимается по термину некристаллические полупроводники? Какие материалы к ним относятся?
2. Причины слабой зависимости свойств электрофизических свойств некристаллических полупроводников от концентрации примеси
3. Легирование гидрогенизированного аморфного кремния.
4. Химическая модификация пленок ХСП.
5. Структурная модификация свойств некристаллических полупроводников.
6. Применение некристаллических полупроводников.
7. Возможность изготовления активных электронных матриц на некристаллических подложках.
8. Эффекты переключения и фазовые переходы в ХСП.
9. Конструкция ячейки памяти на фазовых переходах.

**Пз-9. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния.**

1. Образование фрактальных структур в парогазовой фазе.
2. Формирование фрактальных структур в плазме дугового разряда.
3. Фрактальная структура наполнителей каучука.
4. Механизмы образования фрактальных агрегатов из активных наполнителей.
5. Диффузионно – ограниченная агрегация атомов.
6. Аномальная диффузия во фрактальной сетке.
7. Электрическая проводимость фрактальной сетки.
8. Поглощение электромагнитных волн фрактальными агрегатами.

**Пз-10. Основы теории перколяции.**

1. Вероятность протекания.
2. Перколяционный кластер. Перколяционный предел. Перколяционный переход.
3. Фрактальная размерность перколяционного кластера.
4. Примеры использования теории перколяции в материаловедении. Дислокации.
5. Эффект гигантского магнитосопротивления в гранулированных композитах. Перколяционный предел перехода диэлектрик – проводник, парамагнетик – ферромагнетик.

**Примерный перечень тем рефератов и/или докладов**

1. Структура атомно-чистых поверхностей кремния
2. Гибридные полупроводниковые материалы.

3. Эпитаксия GaAs на кремниевых подложках.
4. Проблемы получения слоев GaN на кремнии.
5. Проблемы получения слоев SiC на кремнии.
6. Структура и свойства диэлектрика  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
7. Эпитаксиальный графен: технология получения и свойства.
8. Эндоэдральные структуры фуллеренов.
9. Процессоры на углеродных структурах.
10. Молекулярная электроника.
11. Магнитные свойства полупроводниковых материалов.
12. Материалы полупроводниковой спинтроники.
13. Свойства топологических изоляторов.
14. Двухмерные и трехмерные топологические изоляторы.
15. Топологические изоляторы на основе квантовых ям CdTe/HgTe.
16. Перспективные направления исследований в области полупроводникового материаловедения.

#### а. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-1, ОПК-2 и проводится в форме зачета. Форма проведения зачета – устный по билетам. Зачет проводится во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием. Экзаменационный билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Вопросы для самостоятельной подготовки студентов к зачету приведены в приложении 1.

Студент допускается к зачету в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время зачета студент может набрать до 30 баллов. Если на ответ студента оценивается менее, чем 10-ю баллами, то зачет считается несданным, студенту выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «незачтено».

Если на зачете студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу и переводятся в оценку в форме “зачтено”- “незачтено”, которая фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Преподаватель выставляет зачет без процедуры его сдачи, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу, составит не менее 60 баллов.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
Не менее 60-баллов	«зачтено»
Менее 60 баллов	«не зачтено»

Критерии	ЗАЧТЕНО			НЕЗАЧТЕНО
	Знание	Всесторонние глубокие знания (10 -11 баллов)	Знание материала в пределах программы (7 -9 баллов)	Отмечены пробелы в усвоении программного материала (4 -6 баллов)
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает

	вопросы не требуются (8 -10 баллов)	затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы (6 -8 баллов)	на дополнительные вопросы неуверенные (4 -6 баллов)	ответа на дополнительные вопросы (0-3 балла)
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию(3-5 баллов)	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию (2-3 балла)	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию (1-2 балла)	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию (0-2 балла)
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения (3-4 балла)	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки (2- 3 балла)	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала (1-2 балл)	Косноязычная речь искажает смысл ответа (0-1 балл)

**Разработчик:**

 Зав. кафедрой общей и экспериментальной физики Гаврилюк А.А.

Программа рассмотрена на заседании **кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ**

«26» марта 2024 г.

Протокол № 7

Зав.кафедрой



д.ф.-м..н. Гаврилюк А.А.

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

**Примерный перечень вопросов и заданий к зачету**

1. Типичные свойства металлов. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца. Правило Матиссена для удельного сопротивления металла.
2. Металлические сплавы. Твердые растворы замещения и внедрения. Правила Юм-Розери образования твердых растворов замещения.
3. Строение поликристаллических металлических сплавов. Зерна. Зоны кристаллитов.
4. Дефектность металлов. Точечные дефекты. Линейные дефекты. Вектор Бюргера.
5. Механизмы пластической деформации металла. Механизм образования дислокаций Франка – Рида. Зависимость прочности металлов от их дефектности.
6. Диаграммы состояния металлов. Эвтектика. Перетектика. Полиморфизм. Аллотропические фазы. Изоморфные металлы. Диффузионный и мартенситный механизм фазовых превращений.
7. Полигонизация сплава. Первичная и вторичная рекристаллизации сплава. Температурный порог рекристаллизации.
8. Термообработка сплавов. Основные виды термообработки. Графическое изображение процесса термообработки металлического сплава.
9. Природа аморфного состояния. Общие закономерности аморфизации и кристаллизации. Термодинамика аморфного состояния. Различие между аморфным и стеклообразным состояниями.
10. Аморфные металлические сплавы (АМС). Способы получения АМС. Модели структуры АМС.
11. Структурная релаксация. Кинетика кристаллизации аморфных металлических сплавов. Дефекты в АМС.
12. Упругие и неупругие свойства АМС. Электрические и магнитные свойства АМС.
13. Магнитная проницаемость аморфных металлических сплавов. Петли магнитного гистерезиса.
14. Магнитострикционные аморфные металлические сплавы.  $\Delta E$ -эффект. Применение аморфных металлических сплавов.
15. Нанокристаллические сплавы на основе переходных металлов типа Файнмет. Получение из аморфного состояния. Фазовая структура.
16. Роль меди и ниобия в процессе нанокристаллизации аморфного сплава. Эволюция аморфной фазы и последующей нанороструктуры при нагреве.
17. Магнитные свойства нанокристаллических сплавов на основе переходных металлов. Доменная структура и процессы намагничивания. Магнитострикция.
18. Магнитная анизотропия. Модель случайной анизотропии. Зависимость коэрцитивной силы от размера зерна. Суперпарамагнетизм.
19. Соединения галлия. Арсенид галлия – полупроводник для СВЧ и сверхскоростной микроэлектроники. Технологические методы получения арсенида галлия.
20. Типовые полупроводниковые элементы на арсениде галлия. Соединение арсенида галлия с алюминием.
21. Соединения кремния. Полупроводниковое соединение кремний – германий.
22. Алмаз и алмазные материалы.
23. Карбид кремния. Свойства карбида кремния. Элементы микроэлектроники на основе карбида кремния.
24. Топологически неупорядоченные полупроводники. Получение некристаллических полупроводников.

25. Зонная структура. Электропроводность. Влияние примесей. Подвижность носителей заряда.
26. Наиболее изученные аморфные полупроводники. Аморфный кремний. Селен. Халькогенидные стекла.
27. Фракталы как самоподобный объект. Размерность фракталов. Математические и физические методы определения размерности фрактальных структур
28. Методы моделирования фрактальных структур.
29. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния. Условие образования фрактальных структур. Конечный размер фрактальной структуры.
30. Элементы теории перколяции. Перколяционный кластер. Перколяционный предел.
31. Фрактальность границ зерен. Фрактальные мартенситные структуры.
32. Аэрогели. Методы получения. Свойства.



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Иркутский государственный университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
**Физический факультет**  
**Кафедра Общей и экспериментальной физики**

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине Б1.В.07 Современное физическое материаловедение**  
**направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**  
**направленность (профиль) Электроника и нанoeлектроника**

Иркутск, 2024

Одобен  
УМК физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.  
Председатель, д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев



Разработан в соответствии с приказом от 19 сентября 2017 г. № 927 об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.04 электроника и нанoeлектроника

**Разработчик:**

д.ф.-м.н. Гаврилюк А.А.

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Наименование дисциплины (модуля)** Б1.В.07 Современное физическое материаловедение

**Направления подготовки** 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

**Направленности (профили) подготовки** Электроника и нанoeлектроника

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Форма обучения** очная

### 1. Компетенции (индикаторы компетенций), формируемые в процессе изучения дисциплины (курс 4 семестр 8):

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен анализировать современное состояние методов и технологий модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-1.1 Использует в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и нанoeлектроники	Знать: современные проблемы физики, электроники и нанoeлектроники. Уметь: Использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и нанoeлектроники. Владеть: Навыками использования в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем достижений физики, электроники и нанoeлектроники.
	ПК-1.2 Самостоятельно проводит экспериментальные научные исследования в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта	Знать: правила проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Уметь: Самостоятельно проводить экспериментальные научные исследования в области электроники и нанoeлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Владеть: Навыками проведения экспериментальных научных исследований

		исследований в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта.
	ПК-1.3 Использует современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации	Знать: современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации Уметь: Использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации Владеть: способностью использовать современные информационные технологии с целью получения, анализа и интерпретации необходимой научной информации
ПК-4 Проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.	ПК-4.1 Знает категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге	Знать: категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге Уметь: Использовать категории (типы), виды стандартов и их особенности; виды измерений, средства измерений, погрешности; процедуры и нормативные акты для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге. Владеть: Навыками использования категорий (типов), видов стандартов и их особенностей; видов измерений, средств измерений, погрешностей; процедур и нормативных актов для оценки характеристик модифицированных наноматериалов и наноструктур на каждом технологическом шаге
	ПК-4.2 Владеет навыками и методами расчёта параметров и характеристик,	Знать: методы расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и

	<p>моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>	<p>контроля приборов и устройств наноэлектроники. Уметь: Проводить расчёт параметров и характеристик, моделирование и проектирование Владеть: Навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>
	<p>ПК-4.3 Знаком с основными этапами сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>	<p>Знать: основные этапы сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции. Уметь: Ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции Владеть: Способностью ориентироваться в основных этапах сертификации систем обеспечения качества; порядком и правилами подтверждения соответствия продукции</p>

## 2. Текущий контроль

### Программа оценивания контролируемых компетенций ПК–1, ПК-4

Тема или раздел дисциплины	Код индикатора компетенции	Планируемый результат	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1-6	ПК–1, ПК-4	<p>Знать: правила проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта Уметь: Самостоятельно проводить экспериментальные научные исследования в</p>	См. «Тестовые задания»	собеседование, тестирование, экзамен	Тест 1

		<p>области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками проведения экспериментальных научных исследований в области электроники и наноэлектроники (в соответствии с профилем подготовки) и решает их с использованием современного оборудования, отечественного и зарубежного опыта.</p> <p>Знать:</p> <p>методы расчёта параметров и характеристик, моделирования и проектирования, навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники.</p> <p>Уметь:</p> <p>Проводить расчёт параметров и характеристик, моделирование и проектирование</p> <p>Владеть:</p> <p>Навыками внедрения и контроля приборов и устройств наноэлектроники</p>			
--	--	--	--	--	--

### **3.3 Оценочные материалы (средства), обеспечивающие диагностику сформированности компетенций (или индикаторов компетенций), заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)**

*В этом разделе могут быть представлены зачётно-экзаменационные материалы, содержащие комплекты вопросов (заданий) для зачёта и экзаменационных билетов для экзамена, а также критерии формирования оценок. Решением кафедры в состав экзаменационных билетов для экзамена или заданий к зачёту вместо вопросов, задач/заданий, могут включаться тесты и иные КИМ, применение которых позволит оценить уровни сформированности компетенций у студентов.*

*Обратите внимание! Данный раздел содержит только тот материал, который используется автором при проведении промежуточной аттестации (зачет или экзамен) по дисциплине (модулю) и указан в его рабочей программе.*



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Иркутский государственный  
университет»

(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Физический факультет

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Типичные свойства и кристаллические структуры металлов. Закон Ома. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца. Правило Матиссена для удельного сопротивления металла.

2. Типы металлических сплавов. Механические (гетерогенные) смеси. Интерметаллические соединения. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Правила Юм – Розери для твердых растворов замещения. Неограниченные твердые растворы замещения.

3. Строение поликристаллических металлических сплавов. Зоны неравновесных кристаллитов. Зоны равновесных кристаллитов. Кристаллические зерна. Межкристаллитные границы.

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

«26» марта 2024 г.

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;
- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное**  
**бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**

*«Иркутский государственный  
 университет»*

**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
**Физический факультет**

### **Вопросы для собеседования**

#### **Пз-1. Металлические сплавы.**

1. Типичные свойства и кристаллические структуры металлов. Закон Ома. Закон Видемана – Франца. Число Лоренца. Правило Матиссена для удельного сопротивления металла.

2. Типы металлических сплавов. Механические (гетерогенные) смеси. Интерметаллические соединения. Твердые растворы замещения. Твердые растворы внедрения. Правила Юм – Розери для твердых растворов замещения. Неограниченные твердые растворы замещения.

3. Строение поликристаллических металлических сплавов. Зоны неравновесных кристаллитов. Зоны равновесных кристаллитов. Кристаллические зерна. Межкристаллитные границы.

#### **Пз-2. Температурные изменения структуры металлических сплавов.**

1. Диаграммы состояния металлов. Эвтектика. Перетектика. Полиморфизм. Аллотропические фазы. Изоморфные металлы.

2. Диффузионный и мартенситный механизм фазовых превращений. Полигонизация сплава. Первичная и вторичная рекристаллизации сплава. Температурный порог рекристаллизации.

3. Термообработка сплавов. Основные виды термообработки. Графическое изображение процесса термообработки металлического сплава.

#### **Пз-3. Получение и структура аморфных металлических сплавов.**

1. Получение аморфных структур из газообразного состояния. Термическое напыление. Ионно – плазменное напыление. Получение аморфных сплавов из жидкого состояния. Методы закалки из расплава. Получение аморфного состояния из твердого кристаллического состояния.

2. Способы описания аморфной структуры. Функция радиального распределения (ФРР). Однокомпонентные аморфные тела. Сравнение ФРР жидкого и аморфного состояния. Модели аморфной структуры. Микрокристаллическая модель. Модель плотной упаковки жестких сфер. Модель плотной упаковки мягких сфер. Модель Эгами.

3. Структурная релаксация. Кинетика кристаллизации аморфных металлических сплавов. Дефекты в АМС.

#### **Пз.4. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов.**

1. Магнитная проницаемость аморфных металлических сплавов Петли магнитного гистерезиса.
2. Магнитострикционные аморфные металлические сплавы.  $\Delta E$ -эффект. Влияние упругих механических напряжений на магнитные свойства аморфных металлических сплавов..
3. Магнитоимпедансный эффект в аморфных металлических сплавах. Петли гистерезиса магнитоимпедансного эффекта. Магнитоимпедансная спектроскопия контроля структурных параметров аморфных металлических сплавов.

### **Пз-5. Модель случайной магнитной анизотропии и коэрцитивная сила нанокристаллических магнитных материалов.**

1. Магнитная анизотропия в нанокристаллических металлических ферромагнетиках.
2. Доменная структура и процессы намагничивания.
3. Магнитострикция в нанокристаллических сплавах типа Файнмет.
4. Магнитная анизотропия.
5. Причины перехода ферромагнитных наночастиц в однодоменное состояние.
6. Причины возникновения эффекта суперпарамагнетизма в ансамбле однодоменных наночастиц, возникающих при уменьшении их размера.
7. Ансамбль ферромагнитных наночастиц с различной ориентацией кристаллографических осей легкого намагничивания. Обменное взаимодействие между ферромагнитными наночастицами. Длина обменного взаимодействия. Модель случайной магнитной анизотропии.
8. Зависимость коэрцитивной силы нанокристаллического ферромагнетика от размеров кристаллитов. Причины уменьшения коэрцитивной силы с уменьшением размеров нанокристаллитов.
9. Суперпарамагнетизм.
10. Задача на вычисление эффективной константы анизотропии в нанокристаллических материалах.

### **Пз –6. Арсенид галлия – полупроводник для СВЧ и сверхскоростной микроэлектроники.**

1. Основные преимущества GaAs по сравнению с другими полупроводниковыми материалами.
2. Основные недостатки GaAs по сравнению с другими полупроводниковыми материалами.
3. Технологические методы получения арсенида галлия.
4. Типовые полупроводниковые элементы на арсениде галлия.
5. Компенсирующая легирующая примесь для обеспечения высоких уровней удельного сопротивления для подложек арсенида галлия.
6. Какие типы приборов изготавливаются на арсениде галлия?
7. Каких типов разрабатываются диоды Шоттки?

### **Пз -7. Элементы микроэлектроники на основе карбида кремния.**

1. Основные электрофизические и термоэлектрические свойства карбида кремния.
2. Кристаллические модификации SiC. Политипизм.
3. Преимущества карбида кремния по сравнению с другими типами полупроводниковых материалов.
4. Классификация приборов на основе SiC по вариантам применения.
5. Сравнение основных параметров Si и SiC
6. Элементы на основе карбида кремния.
7. Свойства подложек на основе карбида кремния.

## 8. Перспективы развития SiC-технологии.

### **Пз-8. Некристаллические полупроводники. Зонная структура. Электропроводность. Подвижность носителей заряда.**

1. Что понимается по термином некристаллические полупроводники? Какие материалы к ним относятся?
2. Причины слабой зависимости свойств электрофизических свойств некристаллических полупроводников от концентрации примеси
3. Легирование гидрогенизированного аморфного кремния.
4. Химическая модификация пленок ХСП.
5. Структурная модификация свойств некристаллических полупроводников.
6. Применение некристаллических полупроводников.
7. Возможность изготовления активных электронных матриц на некристаллических подложках.
8. Эффекты переключения и фазовые переходы в ХСП.
9. Конструкция ячейки памяти на фазовых переходах.

### **Пз-9. Фрактальные структуры в физике конденсированного состояния.**

1. Образование фрактальных структур в парогазовой фазе.
2. Формирование фрактальных структур в плазме дугового разряда.
3. Фрактальная структура наполнителей каучука.
4. Механизмы образования фрактальных агрегатов из активных наполнителей.
5. Диффузионно – ограниченная агрегация атомов.
6. Аномальная диффузия во фрактальной сетке.
7. Электрическая проводимость фрактальной сетки.
8. Поглощение электромагнитных волн фрактальными агрегатами.

### **Пз-10. Основы теории перколяции.**

1. Вероятность протекания.
2. Перколяционный кластер. Перколяционный предел. Перколяционный переход.
3. Фрактальная размерность перколяционного кластера.
4. Примеры использования теории перколяции в материаловедение. Дислокации.
5. Эффект гигантского магнитосопротивления в гранулированных композитах. Перколяционный предел перехода диэлектрик – проводник, парамагнетик – ферромагнетик.

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

«26» марта 2024 г.

### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если верно отвечает на 3 вопроса;
- оценка «хорошо» - правильный ответ на 2 вопроса и общий ответ на 1 вопрос;
- оценка «удовлетворительно» - общий ответ на заданные вопросы, отсутствие конкретики при понимании механизмов, лежащих в основе;

- оценка «неудовлетворительно» - полное отсутствие понимания общих базовых механизмов.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

*«Иркутский государственный  
университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Физический факультет*

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ****Тест №1 (пример)**

Тестовое комплексное задание для контроля знаний

*Инструкция:*

Прежде чем приступить к выполнению тестового задания, внимательно прочитайте вопросы. Если Вы затрудняетесь ответить на вопрос, переходите к следующему, но не забудьте вернуться к пропущенному заданию.

Время выполнения теста – 45 мин.

Каждый правильный ответ на вопрос блока А оценивается в 1 балл;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Б и В – 1,5 балла;

Каждый правильный ответ на вопрос блоков Г и Д – 2 балла.

**БЛОК А.**

*Выберите один правильный ответ и обведите его кружком:*

*Что такое физическое материаловедение?*

- а) Изучение только металлов*
  - б) Изучение физических свойств материалов*
  - в) Изучение биологических материалов*
- Ответ: б) Изучение физических свойств материалов*

*Какой фактор влияет на механические свойства материала?*

- а) Только химический состав*
  - б) Только температура*
  - в) Химический состав, структура и температура*
- Ответ: в) Химический состав, структура и температура*

*Какие из перечисленных материалов являются металлами?*

- а) Стекло и дерево*
  - б) Алюминий и железо*
  - в) Пластик и керамика*
- Ответ: б) Алюминий и железо*

*Что такое кристаллическая структура материала?*

- а) Отсутствие атомов
  - б) Регулярное упорядочение атомов
  - в) Хаотическое расположение атомов
- Ответ: б) Регулярное упорядочение атомов

Какой метод используется для анализа структуры материалов на атомарном уровне?

- а) Магнитный резонанс
  - б) Рентгеновская дифракция
  - в) Масс-спектрометрия
- Ответ: б) Рентгеновская дифракция

Какой параметр характеризует способность материала проводить электричество?

- а) Цвет
  - б) Электроотрицательность
  - в) Электропроводность
- Ответ: в) Электропроводность

Какой закон описывает отношение напряжения к деформации в упругом режиме?

- а) Закон Ньютона
  - б) Закон Ома
  - в) Закон Гука
- Ответ: в) Закон Гука

Что такое теплопроводность материала?

- а) Способность материала пропускать свет
  - б) Способность материала проводить электричество
  - в) Способность материала передавать тепло
- Ответ: в) Способность материала передавать тепло

Какой процесс позволяет укрепить материал путем нагрева и последующего охлаждения?

- а) Жарка
  - б) Цементация
  - в) Закалка
- Ответ: в) Закалка

Какой материал используется для создания магнитов?

- а) Алюминий
  - б) Стекло
  - в) Ферромагнетики, такие как железо
- Ответ: в) Ферромагнетики, такие как железо

Что такое светорассеяние?

- а) Преломление света

- б) Отражение света
  - в) Рассеяние света во всех направлениях
- Ответ: в) Рассеяние света во всех направлениях

Какой метод используется для изучения электронной структуры материалов?

- а) Магнитная резонансная томография
  - б) Спектроскопия фотоэлектронов
  - в) Рентгеновская дифракция
- Ответ: б) Спектроскопия фотоэлектронов

Какой фактор описывает эффект пьезоэлектричества?

- а) Изменение температуры
  - б) Изменение давления
  - в) Изменение магнитного поля
- Ответ: б) Изменение давления

Какие материалы могут демонстрировать сверхпроводимость при очень низких температурах?

- а) Пластик
  - б) Стекло
  - в) Некоторые металлы и керамика
- Ответ: в) Некоторые металлы и керамика

Что такое оптический фазовый переход в материале?

- а) Изменение цвета материала
  - б) Изменение структуры материала под воздействием света
  - в) Изменение магнитных свойств материала
- Ответ: б) Изменение структуры материала под воздействием света

Какие из перечисленных свойств характеризуют полупроводники?

- а) Очень низкая электропроводность
  - б) Полная прозрачность для света
  - в) Повышенная электропроводность при повышении температуры
- Ответ: в) Повышенная электропроводность при повышении температуры

Что такое ферроэлектричество?

- а) Эффект восприятия запаха ферромагнитными материалами
  - б) Эффект возникновения электрического поля под воздействием магнитного поля
  - в) Эффект появления постоянной электрической поляризации в материале
- Ответ: в) Эффект появления постоянной электрической поляризации в материале

Какой метод используется для создания тонких пленок материала на поверхности другого материала?

- а) Внедрение
- б) Нанесение

в) Плавление

Ответ: б) Нанесение

Какой параметр описывает способность материала сопротивляться разрушению при наличии дефектов?

а) Твердость

б) Изломаемость

в) Прочность

Ответ: в) Прочность

Какие из перечисленных материалов могут быть использованы в солнечных панелях для преобразования солнечной энергии?

а) Дерево и стекло

б) Серебро и алюминий

в) Кремний и кремний

Ответ: в) Кремний и кремний

Педагогический работник \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк  
(подпись)