

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
материаловедения и индустрии наносистем
Академик РАН


В.М. Иевлев
подпись, расшифровка подписи

23.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 Материаловедение

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:** 04.03.02 Химия, физика и механика материалов
- 2. Профиль подготовки/специализация:** материаловедение и индустрия наносистем
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра материаловедения и индустрии наносистем
- 6. Составители программы:** Донцов Алексей Игоревич, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол №4 от 25.04.2023

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Изучение основных групп материалов, их свойств и областей применения. Познание взаимосвязи состава, структуры и свойств различных материалов, способах воздействия на материалы для получения требуемого набора практически значимых характеристик.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Б1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач	ПК-2.1.	Способен выбирать методы синтеза материалов различного назначения (в том числе наноматериалов) в соответствии с поставленной задачей	знать: Основы технологий получения и исследования различных материалов уметь: интерпретировать результаты исследований полученных различными аналитическими методами владеть: способностью к оптимизации и реализации основных технологий получения современных материалов.
		ПК-2.2.	Способен использовать знания о свойствах материалов для решения конкретных профессиональных задач	знать: основные классы материалов, их физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства. уметь: наиболее рационально выбирать материалы для решения практических задач. владеть: физическими принципами работы современных технических устройств

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8		...
Контактная работа				
в том числе:	лекции	30	30	
	практические	30	30	
	лабораторные			
	курсовая работа			
Самостоятельная работа	48	48		
Промежуточная аттестация				
Итого:	108	108		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Классификация материалов	Материаловедение, как междисциплинарная отрасль знаний. Классификации материалов: по агрегатному состоянию, по назначению, по наиболее важным свойствам, по этапу переработки, по эксплуатационным и технологическим свойствам.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
1.2	Основные полупроводниковые материалы	Кремний, как основной материал современной микроэлектроники и силовой электроники. Производство высокочистого кремния и выращивание высокосовершенных кристаллов. Технология создания интегральных схем и силовых приборов на основе кремния. Арсенид галлия - как альтернативный высокоэффективный полупроводник для микроэлектроники и силовой электроники. Промышленный синтез высокочистого GaAs и выращивание высокосовершенных кристаллов. Основы технологии создания интегральных схем и силовых приборов на кристаллах GaAs. Другие полупроводниковые материалы для силовой электроники – германий, селен.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
1.3	Материалы для оптоэлектроники	Физические основы работы солнечных батарей и материалы для них. Материалы для датчиков инфракрасного излучения фотовольтаического и фоторезистивного типа. Материалы для полупроводниковых лазеров. Физические основы их работы.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
1.4	Термоэлектрические материалы	Эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона и их применение для создания различных термоэлектрических преобразователей. Критерии оценки термоэлектрической добротности материалов. Общие принципы поиска новых высокодобротных термоэлектрических материалов. Влияние легирования изовалентными и гетеровалентными примесями на термоэлектрическую добротность.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
1.5	Материалы для химических сенсоров	Физические основы работы химических сенсоров и типы материалов применяемых для их создания.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
1.6	Материалы для записи информации	Магнитные носители, плавкие материалы, полупроводниковые материалы для записи информации.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
2. Практические занятия			
2.1	Классификация материалов	Построение фазовых и структурных диаграмм состояния	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
2.2	Основные полупроводниковые материалы	Решение задач по теме: Классификация полупроводниковых материалов. Деформационное упрочнение и рекристаллизация. Термическая	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221

		обработка. Оптимизационные задачи в материаловедении.	
2.3	Материалы для оптоэлектроники	Решение задач по теме: Классификация материалов для оптоэлектроники. Деформационное упрочнение и рекристаллизация. Термическая обработка. Оптимизационные задачи в материаловедении.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
2.4	Термоэлектрические материалы	Решение задач по теме: Классификация термоэлектрических материалов. Деформационное упрочнение и рекристаллизация. Термическая обработка. Оптимизационные задачи в материаловедении.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221
2.5	Материалы для химических сенсоров	Решение задач по теме: Классификация материалов для химических сенсоров. Рекристаллизация и химическая обработка. Оптимизационные задачи в материаловедении.	Использование ЭУМК https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Классификация материалов	4	5		2	
2	Основные полупроводниковые материалы	6	5		8	
3	Материалы для оптоэлектроники	4	5		8	
4	Термоэлектрические материалы	6	5		10	
5	Материалы для химических сенсоров	7	5		10	
6	Материалы для записи информации	3	5		10	
	Итого:	30	30		48	

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- выполнение практического задания;
- текущий контроль успеваемости в форме тестового контроля и устного опроса по основным разделам дисциплины.

Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221>

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Источник
1	Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина; под ред. В.П. Зломанова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 400 с.
2	Герасименко Н.Н. Кремний – материал наноэлектроники / Н.Н. Герасименко, Ю.Н. Пархоменко. – М.: Техноспера, 2007. – 352 с.
3	Павлов П.В. Физика твердого тела. / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. — 3-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 2000. — 493 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Угай Я.А. Введение в химию полупроводников: учеб. пособие для вузов. / Я.А. Угай. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. школа, 1975. – С. 91-97
5	Анфищеров В.Н. Новые материалы / В.Н. Анфищеров [и др.]. Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М. : МИСИС, 2002, – 736 с.
6	Третьяков Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов. / Ю.Д. Третьяков, В.П. Путляев - М. : Наука, 2006. - 400 с.
7	Рындин Е.А. Субмикронные интегральные схемы: элементная база и проектирование / Е.А. Рындин, Б.Г.Коноплев. – Таганрог: Изд – во ТРТУ, 2001. –147 с.
8	Арсенид галлия в микроэлектронике. /Под ред. Айнспрука Н. и Уиссмена У./Пер. с англ. под ред. д.ф.-м.наук Мордковича В.Н. - М.: Мир. 1988. -555 с.
9	Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учебник для вузов / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. - М. : МИСИС, 2003. - 480 с.
10	А.И.Курносков, В.В.Юдин "Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем", М., "Высшая школа", 1986 – 368 с.
11	Материалы электронных средств / Ю.А. Гатчин [и др.]. – Спб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 112 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1.	http://www.elibrary.ru – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
2.	Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet, http://www.chem.msu.ru/rus/
3.	Образовательный ресурс по материаловедению – http://www.materialscience.ru/lectures.htm

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7221>

Проведение текущей аттестации и самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Классификация материалов	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
2	Основные полупроводниковые материалы	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
3	Материалы для оптоэлектроники	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
4	Термоэлектрические материалы	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
5	Материалы для химических сенсоров	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
6	Материалы для записи информации	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2	Устный опрос
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущая аттестация

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Классификация материалов.
2. Механические свойства материалов.
3. Технологические свойства материалов.
4. Физические свойства кристаллов кремния. Применение.
5. Эксплуатационные свойства материалов.
6. Технология создания интегральных схем и силовых приборов на основе кремния.
7. Физические свойства кристаллов GaAs. Применение.
8. Материалы для датчиков инфракрасного излучения фотовольтаического и фоторезистивного типа.
9. Промышленный синтез высокочистого GaAs и выращивание высокосвершенных кристаллов.
10. Термоэлектрические материалы.
11. Технология создания интегральных схем и силовых приборов на основе кристаллов GaAs.
12. Материалы для инфракрасной оптоэлектроники.
13. Материалы для записи информации.
14. Получение совершенных кристаллов кремния. Методы легирования.
15. Материалы для химических сенсоров.
16. Физические свойства кристаллов кремния. Применение.
17. Материалы для лазеров.
18. Полупроводниковые носители информации.
19. Классификация материалов.
20. Механические свойства материалов.
21. Физические свойства кристаллов германия. Применение.
22. Термоэлектрические материалы.
23. Эксплуатационные свойства материалов.
24. Материалы для инфракрасной оптоэлектроники.
25. Технологические свойства материалов.
26. Магнитные носители информации.
27. Материалы для химических сенсоров.

28. Эксплуатационные свойства материалов.
29. Физические основы работы солнечных батарей и материалы для них.
30. Классификация материалов.
31. Технологические свойства материалов
32. Классификация материалов.

Практические задания

1. Определить концентрацию точечных дефектов при заданной температуре в кристалле меди.
2. Построить дислокацию в ГЦК-кристалле. Определить ее вектор Бюргерса.
3. Построить контур Бюргерса.
4. Определить тип дислокации, приведенной на рисунке.
5. Рассчитать энергию полной дислокации в ОЦК-кристалле.
6. Доказать выгодность диссоциации полной дислокации в ГЦК-кристалле на две частичные дислокации Шокли.
7. Определить параметры специальной границы.
8. Построить поверхность с заданной атомной структурой.

Описание технологии проведения.

После получения студентом билета КИМ и бланка листа ответа, самостоятельно выполняются задания КИМ в письменной форме. Время подготовки 40 минут.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели :

- 1) знание основных классов материалов, их физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства.
- 2) Основ технологий производства различных материалов
- 3) Умение наиболее рационально выбирать материалы для решения практических задач.
- 4) способностью к оптимизации и реализации основных технологий производства современных материалов.
- 5) владение способностью иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Владение теоретическим материалом, изложенном в лекциях, умение ставить и решать задачи средней сложности	Повышенный уровень	Отлично
Владение теоретическим материалом, изложенном в лекциях, умение решать простейшие задачи	Базовый уровень	Хорошо
Владение теоретическим материалом, изложенном в лекциях	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Недостаточное знание теоретического материала.	–	Неудовлетворительно

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

ПК-2 __ Способен использовать знания о методах синтеза и свойствах материалов различного назначения, в том числе наноматериалов, для решения профессиональных задач

Перечень заданий для оценки сформированности компетенции:

1. Группы методов нанотехнологий, в которых атомы, молекулы и даже отдельные наночастицы используются в качестве строительных блоков, из которых создаются сложные наноструктуры, называются _____.
2. Группы методов нанотехнологий, основанные как на удалении или дроблении объёмного материала, так и на миниатюризации макроскопической технологии изготовления, приводящей к получению нужной структуры с заданными свойствами, называются _____.
3. Метод исследования, в основе которого лежит исследование боковых отклонений кантилевера атомно-силового микроскопа (визуализация вариаций поверхностного трения), называется микроскопией _____.
4. Метод исследования, в основе которого лежит исследование локальных зарядовых доменов на поверхности образца, называется микроскопией _____.
5. Перечислите методы исследования, позволяющие получить изображение одностенных углеродных нанотрубок с атомарным разрешением: _____.
6. Какие дефекты относятся к точечным?
 - а) линейные, вакансии, примесные атомы;
 - б) вакансии, междоузельные атомы, примесные атомы;
 - в) межфазные границы, вакансии, границы зерен;
 - г) вакансии, междоузельные атомы, поверхностные атомы.
7. К какому типу дефектов относятся дислокации:
 - а) точечные;
 - б) линейные;
 - в) двухмерные;
 - г) трехмерные.
8. Какие дефекты во всех трех измерениях имеют размеры, сравнимые с межатомным расстоянием:
 - а) точечные;
 - б) линейные;
 - в) двухмерные;
 - г) трехмерные.
9. Что такое дефект кристаллической структуры?
 - а) несоответствие параметров решетки кристаллов;
 - б) брак, возникающий при производстве изделия;
 - в) отклонение от периодичности расположения атомов;
 - г) отклонение параметра решетки кристалла.
10. Дефект по Френкелю – это:
 - а) парный дефект, состоящий из вакансии и междоузельного атома;
 - б) вакансия, находящаяся в объеме кристалла;
 - в) парный дефект, состоящий из вакансии и примесного атома;
 - г) атом, находящийся на поверхности.
11. Как называется явление упрочнения материала под действием пластической деформации?
 - а) Текстура. б) Улучшение. в) Деформационное упрочнение. г) Полигонизация.
12. Что такое рекристаллизация? Это группа явлений, происходящих при нагреве деформированного металла и охватывающих ...
 - а) процессы образования субзерен с малоугловыми границами, возникающими при скольжении и переползании дислокаций.
 - б) все изменения кристаллического строения и связанных с ним свойств.
 - в) процессы зарождения и роста новых зерен с меньшим количеством дефектов строения.
 - г) изменения тонкой структуры (главным образом уменьшение количества точечных дефектов).
13. Какое свойство материала называют выносливостью?
 - а) Способность сопротивляться развитию постепенного разрушения, обеспечивая работоспособность деталей в течение заданного времени.

- б) Способность противостоять усталости.
 - в) Способность работать в поврежденном состоянии после образования трещины.
 - г) Способность противостоять хрупкому разрушению.
14. Какова конечная цель цементации стали?
- а) Создание мелкозернистой структуры сердцевины.
 - б) Повышение содержания углерода в стали.
 - в) Получение в изделии твердого поверхностного слоя при сохранении вязкой сердцевины.
 - г) Увеличение пластичности поверхностного слоя.
15. Какие материалы называют жаростойкими?
- а) Металлы, способные сопротивляться часто чередующимся нагреву и охлаждению.
 - б) Материалы, способные сопротивляться коррозионному воздействию газа при высоких температурах.
 - в) Металлы, способные сохранять структуру мартенсита при высоких температурах.
 - г) Металлы, способные длительное время сопротивляться деформированию и разрушению при повышенных температурах.

Расчетные задачи

- 1) При 278 К железо (Fe) кристаллизуется в ОЦК-структуру с параметром решетки 0,2866 нм. Определите плотность железа в г/см³.
- 2) Рассчитать ненулевой структурный фактор ГЦК решетки, если атомный фактор рассеяния равен f .
- 3) Используя закон Вегарда, рассчитать параметр кристаллической решетки твердого раствора Pd-Cu(60%). Параметры для металлов равны $a=3.8902$ (Pd), $a=3.6250$ (Cu) Å соответственно.
- 4) Определить угол между плоскостями (111) и (422) в кубическом кристалле.

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

3) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).