




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)


ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


_____ Крайнова Г. С..
(подпись)
« 15 » декабря 2021 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор департамента общей и
экспериментальной физики


_____ Короченцев В. В..
(подпись)
« 15 » декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Синтез и свойства наноструктурированных материалов
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
Нанотехнологии в электронике
Форма подготовки очная

курс 4 семестр 8
лекции 22 час.
практические занятия - час.
лабораторные работы 44 час.
в том числе с использованием МАО лек. /д.р. 16 час.
всего часов аудиторной нагрузки 66 час.
в том числе с использованием МАО 16 час.
самостоятельная работа 78 час.
в том числе на подготовку к экзамену час.
контрольные работы (количество) - 2
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет 8 семестр
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 г. №927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 3 от « 29 » ноября 2021 г.

И.о. директора департамента: к.х.н., доцент Короченцев В. В.

Составитель: _____ к.ф.-м.н., профессор Крайнова Г. С.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель - изучение закономерностей и механизмов образования металлических, полупроводниковых, диэлектрических, магнитных и других фаз в равновесных и неравновесных условиях на основе кристаллохимических, термодинамических подходов, формирование у студентов современных физико-химических представлений о приёмах и методах, применяемых при проектировании, синтезе и изучении наноматериалов. Данные знания необходимы при проектировании наноструктурированных материалов с новыми физико-химическими свойствами.

Задачи:

- 1) приобретение знаний в области процессов синтеза наноматериалов;
- 2) приобретение навыков решения материаловедческих задач;
- 3) формирование научно обоснованного подхода к изучению свойств наноматериалов и наноструктур;
- 4) формирование научно обоснованного подхода к разработке процессов получения наноструктурированных материалов.

Для успешного изучения дисциплины «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

УК-6 - способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;

ОПК-1 - способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2 - способность самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

ПК-4 – способность организовать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	<p>ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров</p> <p>ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров	Знает принципы получения наноматериалов и наноструктур, методы измерения их параметров
	Умеет осуществлять оценочные расчеты характеристик наноматериалов и наноструктур
	Владеет навыками оценки соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров
ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	Знает принципы модификации свойств наноматериалов и наноструктур
	Умеет осуществлять подготовку к процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур
	Владеет навыками проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- лекция пресс-конференция
- коллективная мыслительная деятельность

- проблемная ситуация.

А также индивидуальные методы активного обучения:

- выполнение практических задач.

2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Введение. Термодинамика гетерогенных систем	8	6	44	-	78	-	ПР-1, ПР-2, ПР-6
2	Структура расплавов и кристаллизация		8		-			
3	Дефектообразование. Пластическая деформация.		4		-			
4	Аморфные материалы и металлические стекла		4		-			
	Итого:		22		44			

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (22 ЧАСА)

1. Введение (2 часа)

Предмет материаловедения. Методы исследования атомной и фазовой структуры материалов. Основные задачи и проблемы материаловедения.

2. Термодинамика гетерогенных систем (4 часа)

Первое и второе начала термодинамики. Элементы теории диссипативных структур. Основные термодинамические потенциалы и условия равновесия для них. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.

Фазовые переходы I рода, уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы II рода, уравнения Эренфеста. Равновесные и метастабильные состояния.

Двухкомпонентные системы конденсированного типа. Энтропия смешения. Растворимость.

4. Структура расплавов и кристаллизация (6 часов)

Структура расплавленных металлов. Характеристики тел в твердом и жидком состояниях: прочность, теплоемкость, спектр тепловых колебаний атомов, электрическое сопротивление и т.д. Дальний и ближний порядок.

Основные положения общей теории образования фаз. Гомогенная кристаллизация. Гетерогенное зародышеобразование. Атомная теория роста кристаллов: формы роста, анизотропия роста.

Стабильные и метастабильные кривые свободной энергии. Непрерывные превращения, спинодальный распад.

5. Методы выращивания кристаллов (2 часа)

Морфология поверхности раздела кристалла. Слоистая структура, образование ячеистой структуры. Дендритный рост.

Механизмы и кинетика роста тонких пленок. Два механизма конденсации тонких пленок. Формы роста вакуумных конденсатов на изотропных подложках. Коалесценция, текстура коалесценции. Коагуляция.

Особенности структуры и свойств эпитаксиальных слоев.

6. Дефектообразование в кристаллах и пленках (2 часа)

Основные дефекты в кристаллах: нульмерные, одномерные, линейные, трехмерные. Дефекты в жидких кристаллах.

Особенности дефектных систем в тонких пленках.

7. Пластическая деформация и термическая обработка металлов и полупроводников (2 часа)

Возврат и полигонизация. Понятие рекристаллизационного отжига. Первичная и вторичная рекристаллизация. Холодная и горячая деформации. Модифицирование свойств материалов с помощью лазерного, ионного, электронного и других видов облучений.

8. Аморфные материалы и металлические стекла (4 часа)

Особенности строения аморфных слоев. Структурообразование при сверхбыстром охлаждении расплавов и свойства сплавов.

Методы достижения аморфного состояния металлических сплавов; факторы, влияющие на склонность сплавов к аморфизации. Анализ стеклования металлов с позиций неравновесной динамики. Самоорганизация микрокристаллических и нанокристаллических структур. Свойства аморфных, микрокристаллических и нанокристаллических сплавов.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (44 ЧАСА)

Перечень лабораторных работ

1. Построение фазовых диаграмм бинарных систем термическим методом
2. Качественный и количественный анализ сплавов с эвтектическим и перитектическим неинвариантными превращениями по диаграммам состояния и микроструктуре
3. Анализ диаграммы состояния двойных систем. Виды фаз. Электронные соединения. Фазы внедрения. Принцип плотной упаковки и его реализация в структурах интерметаллических соединений. Металлические соединения типа σ -FeCr и родственные им фазы. Некоторые интерметаллические соединения при простых стехиометрических (атомных) соотношениях
4. Диаграммы состояния систем с точками экстремума на кривых ликвидуса и солидуса. Правило Ван-дер-Ваальса.
5. Диаграммы состояния систем с бинодальной кривой. Диаграммы состояния систем с упорядоченными твердыми растворами.
6. Граничные растворы на основе компонентов. Системы с ограниченной растворимостью компонент в твердом состоянии.
7. Построение диаграмм состояния эвтектического и перитектического типов. Кристаллизация сплавов в точке эвтектики и перитектики. Неинвариантные превращения в бинарных системах. Диаграммы состояния с ретроградной кривой солидуса.
8. Системы с промежуточными фазами. Диаграммы состояний с образованием химического соединения. Диаграммы состояния систем с конгруэнтно плавящимися промежуточными фазами.

9. Распад пересыщенных твердых растворов, системы с превращением в твердом состоянии: эвтектоидная, перитектоидная неинвариантные реакции; аллотропия металлов, превращения типа беспорядок – порядок. Кататектическая неинвариантная реакция. Диаграммы состояния систем с ограниченной растворимостью в жидком состоянии: монотектическая, синтетектическая неинвариантные реакции.
10. Фазовая диаграмма железо-цементит.
11. Зарождение и рост кристаллов из жидкой фазы
12. Пластическая деформация металлов. Свойства пластически деформированных металлов. Изучение процесса рекристаллизации
13. Зависимость электросопротивления однофазных сплавов от состава
14. Испытания при статических нагрузках на твердость. Определение твердости сплавов по Бринелю. Зависимость микротвердости кристаллов твердого раствора от состава сплава Bi- Sb
15. Определение твердости сплавов по Бринелю. Микротвердость стеклообразных сплавов Se-Te

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» представлено в Приложении 1, включает в себя:

- характеристику заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1 Термодинамика гетерогенных систем	ПК-3.1, ПК - 3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 1 - 8
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Тема 2. Диаграммы состояния и методы их построения	ПК-3.1, ПК - 3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 9-19
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
3	Тема 3 Структура расплавов и кристаллизация	ПК-3.1, ПК - 3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 20 - 24
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
4	Тема 4 Методы выращивания кристаллов	ПК-3.1, ПК - 3.3	знает	Дискуссия (УО-4)	зачет, вопросы 25 - 29
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-3)	
			владеет	Коллоквиум (УО-2)	
5	Тема 5. Пластическая деформация и термическая обработка металлов и полупровод-	ПК-3.1, ПК -	знает	Выполнение лабораторной работы	зачет, вопросы 25-27, 30

	ников	3.3		(ПР-6)	
			умеет	Отчет по лабораторной работе (ПР-6)	
			владеет	Собеседование (УО-1)	
6	Тема 6 Аморфные материалы и металлические стекла	ПК-3.1, ПК-3.3	знает	Дискуссия (УО-4)	зачет, вопросы 31-32
			умеет	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	
			владеет	Коллоквиум (УО-2)	

Вопросы и типы заданий к зачету, типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. И.И. Павлов, А.Ф. Хохлов. Физика твердого тела. М., Высшая Школа, 2005, 494 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:14758&theme=FEFU>

2. Ю.А. Байков., В.М. Кузнецов. Физика конденсированного состояния // М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011, 294 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668131&theme=FEFU>

3. [Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. М., Физматлит, 2011. – 400 с. http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663084&theme=FEFU](http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:663084&theme=FEFU)
4. Перлин Е.Ю., Вартанян Т.А., Федоров А.В. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. - 216 с. <http://window.edu.ru/resource/408/54408>
5. Морозов А.И. Физика твердого тела. Кристаллическая структура. Фононы: Учебное пособие. - М.: МИРЭА, 2006. - 151 с. <http://window.edu.ru/resource/033/47033>
6. Шевченко О.Ю. Основы физики твердого тела: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 76 с. <http://window.edu.ru/resource/613/69613>

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

1. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела // Изд. М.: Мир, 1979. Часть 1, 2. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:67373&theme=FEFU>
2. Рыбкин В.В., Титов В.А., Смирнов С.А. Физика твердого тела: Структура и симметрия твердых тел. Колебания кристаллической решетки. Точечные дефекты. Электроны в твердом теле: Учебное пособие / Иван. гос. хим.-технол. университет. - Иваново, 2001. - 100 с. <http://window.edu.ru/resource/532/69532>
ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:31459&theme=FEFU>
3. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела // Изд. М.: Мир, 1978, 792 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:63726&theme=FEFU>
2. А.А. Абрикосов. Основы теории металлов. М., Физматлит, 2009. – 589 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:288852&theme=FEFU>
3. Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г. Дж. Голдсмида//Изд. М.:Наука, 1976, 432 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:669025&theme=FEFU>

4. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела // Изд. М.: Мир, 1974, 472 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:57998&theme=FEFU>
5. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела // М. : Металлургия, 1988, 608 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:56763&theme=FEFU>
6. А.С. Давыдов. Теория твердого тела. Изд. М.: Наука, 1976, 640 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:61617&theme=FEFU>
7. Р. Уайт, Т. Джебелл. Дальний порядок в твердых телах. Изд. М.: Мир, 1982, 448 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668967&theme=FEFU>
8. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел // Изд. М.: Мир, 1967, 492 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667883&theme=FEFU>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В общей трудоемкости дисциплины 144 часа (4 ЗЕ) аудиторные занятия составляют 66 часов, включая лекции (22 часа) и лабораторные работы (44 часа).

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 78 часа на весь курс дисциплины. Рекомендуется учащимся планировать внеаудиторную самостоятельную работу в объеме 6 часов в учебную неделю.

Для углубленного изучения теоретического материала курса дисциплины рекомендуются использовать основную и дополнительную литературу, указанную в приведенном выше перечне.

Рекомендованные источники доступны студентам в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронной библиотечной системе (ЭБС) IPRbooks.

Доступ к системе ЭБС IPRbooks осуществляется на сайте www.iprbookshop.ru под учётными данными вуза (ДВФУ): логин **dvfu**, пароль **249JWmhe**.

Для подготовки к зачету определен перечень вопросов, представленный ниже, в материалах фонда оценочных средств дисциплины.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Образовательный процесс по дисциплине проводится в лекционных аудиториях корпуса L и лаборатории материаловедения и кристаллографии кафедры физики низкоразмерных структур (Кампус ДВФУ) с возможностью использования презентаций. Задания для самостоятельной работы и некоторые главы лекционного курса предоставляются студентам в распечатанном виде.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных
материалов»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Форма подготовки очная

**Владивосток
2021**

Практические занятия.

В течение семестра проводятся лабораторные занятия.

Перед каждым занятием студенты должны изучить теоретические основы работы, уяснить содержание, цель и порядок выполнения работы, заготовить необходимые таблицы.

В начале занятий проверяется готовность студентов к выполнению работы в объеме контрольных вопросов. Неподготовленные студенты к выполнению практических работ не допускаются.

Перед каждым практическим занятием студенту выдается тема, по которой он должен подготовиться, поэтому обсуждение вопросов проходит в форме диалога, совместного решения поставленных задач. Контроль за усвоением материала осуществляется путем проведения контрольных работ.

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку к лабораторным работам, контрольным работам, выполнение домашних заданий по определенным разделам дисциплины. Типовые домашние задания и вопросы к контрольным работам приведены в программе и методические указаниях.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах, отчетах по домашнему заданию, в защите контрольных работ.

Контрольные работы по дисциплине проводятся на аудиторных (практических) занятиях по определенным разделам дисциплины, сопровождается самостоятельной подготовкой студентов.

К представлению и оформлению отчета по домашним заданиям предъявляются следующие требования.

Структура отчета по практической работе

Отчеты по домашним работам представляются в отдельной тетради, которая по требованию сдается преподавателю в течение семестра. Наличие выполненных домашних заданий является обязательным условием допуска к экзамену.

Отчет по домашней работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, графика и т. д. Обязательным условием является формулировка физических законов, используемых при решении определенных задач.

Рекомендуется в основной части отчета делать промежуточные пояснения при решении конкретных задач и выводе формул.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценивание домашних работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий в соответствии с требованиями;
- качество оформления отчета;
- отсутствие фактических ошибок, в том числе арифметических.

Для самостоятельного ознакомления студентам вынесены следующие темы:

1. Железо и его сплавы. Теория термической обработки стали. Технология термической обработки стали. Конструкционные стали.

2. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами.
3. Цветные металлы и сплавы.
4. Тугоплавкие металлы и сплавы.
5. Титан и сплавы на его основе.
6. Поверхность как особая область твердого тела.
7. Поверхность раздела двух твердых фаз.
8. Основы вакуумного материаловедения.
9. Пленочные материалы.
10. Проблемы материаловедения в области планарной микроминиатюризации.

Темы коллоквиума:

1. Анализ магнитных свойств сплавов на основе железа
2. Формирование слоя пористого кремния на подложках кремния n и p-типа и его фотолюминесцентные свойства
3. Магнитные свойства электроосажденного Ni на Cu
4. Исследование двумерного электронного газа на поверхности Si
5. Исследование двумерного электронного газа на поверхности Si
6. Процессы самоорганизации в наноструктурах
7. Изучение магнитной структуры многослойных нанопроволок (Co/Cu/Co) с конкурирующими анизотропиями
8. Фракталы в материаловедении
9. Рост Mg_2Si при осаждении атомов Mg на аморфный Si при комнатной температуре
10. Фракталы и мультифракталы
11. Преобразование Фурье в исследовании поверхностей разупорядоченных сред
12. Магнитные нанопроволоки



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных
материалов»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Форма подготовки очная

**Владивосток
2021**

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
	ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров	Знает
Умеет		осуществлять оценочные расчеты характеристик наноматериалов и наноструктур
Владеет		навыками оценки соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров
ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	Знает	принципы модификации свойств наноматериалов и наноструктур
	Умеет	осуществлять подготовку к процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур
	Владеет	навыками проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Тема 1. Термодинамика гетерогенных систем	ПК - 3.1, ПК-3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 1 - 8
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
2	Тема 2. Диаграммы состояния и методы их построения	ПК - 3.1, ПК-3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 9-19
			умеет	Выполнение домашних	

				заданий (ПР-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
3	Тема 3 Структура расплавов и кристаллизация	ПК - 3.1, ПК-3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 20 - 24
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-1)	
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	
4	Тема 4 Методы выращивания кристаллов	ПК - 3.1, ПК-3.3	знает	Дискуссия (УО-4)	зачет, вопросы 25 - 29
			умеет	Выполнение домашних заданий (ПР-3)	
			владеет	Коллоквиум (УО-2)	
5	Тема 5. Пластическая деформация и термическая обработка металлов и полупроводников	ПК - 3.1, ПК-3.3	знает	Выполнение лабораторной работы (ПР-6)	зачет, вопросы 25-27, 30
			умеет	Отчет по лабораторной работе (ПР-6)	
			владеет	Собеседование (УО-1)	
6	Тема 6 Аморфные материалы и металлические стекла	ПК - 3.1, ПК-3.3	знает	Дискуссия (УО-4)	зачет, вопросы 31-32
			умеет	практические занятия	
			владеет	выполнение домашних заданий	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров	знает (пороговый уровень)	основы синтеза наноматериалов и принципы решения материаловедческих задач	знает основы синтеза наноматериалов и принципы решения материаловедческих задач	способность показать базовые знания и основные умения в использовании знаний синтеза наноматериалов	удовлетворительно
	умеет (продвинутый)	применять научно-обоснованный подход к синтезу наноматериалов и наноструктур и изучению их свойств	решать задачи на основе знаний, законов на практике, систематизировать результаты исследований	способность применить полученные знания умения в практических задачах, выбор и обоснование стратегии решений по всем разделам дисциплины, систематизировать результаты исследований	хорошо
	владеет (высокий)	научно-обоснованным подходом к разработке процессов получения наноматериалов, к изучению их свойств, влиянию методов получения на модификацию структуры и свойств наноматериалов	решать усложненные нетипичные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков в разработке процессов получения наноматериалов, к изучению их свойств, влиянию методов получения на модификацию структуры	способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения по анализу и решению задач синтеза и получения наноматериалов, реализовывать их на практике	отлично
ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	знает (пороговый уровень)	кристаллохимические и термодинамические принципы процессов синтеза наноматериалов	воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	способность показать базовые знания и основные умения в использовании: - подробный анализ и разбор основных задач всех разделов дисциплины; - применение соответствующих законов создания наноматериалов	удовлетворительно
	умеет (продвинутый)	анализировать способы построения, синтеза и методов получения наноструктурированных материалов с последующим описанием их свойств и дальнейшего применения	решать типичные задачи на основе знания основных разделов; объяснять полученные результаты практических занятиях	способность применить знания и практические умения в задачах, выбор и обоснование стратегии решений по всем разделам дисциплины, используя законы и математические преобразования для конструирования материалов электроники и нанoeлектроники	хорошо
	владеет	кристаллохимиче-	решать услож-	способность применить	отлично

	(высокий)	скими и термодинамическими принципами процесса синтеза наноматериалов, методом получения наноструктурированных материалов навыками решения материаловедческих задач	ненные нетипичные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков	фактическое и теоретическое знание, практические умения по анализу и решению задач, используя знания законов построения твердых тел, умение объяснить полученные результаты для конструирования, создания материалов нанoeлектроники	но
--	-----------	--	---	--	----

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» проводится в форме контрольных мероприятий (защита практических (домашних), контрольных работ, тестирование) по оцениванию фактических результатов обучения студентов осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами.

Критерии оценки по контрольным работам

Оценивание защиты контрольной работы проводится после написания работы на аудиторных занятиях, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет к защите контрольную работу, удовлетворяющую требованиям по поставленным заданиям, по оформлению, демонстрирует знание физических законов, владение навыками работы с формулами, умение объяснить полученный результат.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не знает физических законов, допускает существенные ошибки в работе, представляет отчет с существенными отклонениями от правил оформления письменных работ.

Критерии оценки практических (домашних) заданий

Оценивание домашних заданий проводится индивидуально.

Все домашние задания представляются в отдельной тетради и оцениваются по системе «зачтено» / «не зачтено».

В рамках текущего контроля уровня усвоения знаний по дисциплине допускается результат не ниже 80% решенных задач, входящих в блок «Домашние задания».

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных материалов» проводится в виде зачета, форма зачета – устный.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине
«Синтез и свойства наноструктурированных материалов»:**

Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал. Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно применяет его, умеет тесно увязывать теорию с практическими вопросами. Свободно справляется с дополнительными вопросами по всем разделам дисциплины, проводит связь между ними, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.
«не зачтено»	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями формулирует основные законы.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации
(вопросы к зачету)**

1. Основные термодинамические потенциалы: энергия Гиббса, свободная энергия Гельмгольца, химический потенциал. Условия равновесия для них.
2. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса.
3. I и II начала термодинамики.
4. Фазовый переход I рода, уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
5. Фазовый переход II рода, уравнения Эренфеста.
6. Двухкомпонентные системы. Энтропия смешения.
7. Растворимость.
8. Твердые растворы внедрения, замещения, вычитания. Закон Вегарда. Правила Юм-Розери.
9. Системы с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состояниях. Правило отрезков. Понятие линии солидуса, ликвидуса, коноды.

10. Фазовые диаграммы с экстремальной точкой. Правило Ван-дер-Ваальса.
11. Фазовые диаграмм с бинодальной кривой.
12. Диаграммы состояния эвтектического типа. Кристаллизация в точке эвтектики.
13. Диаграммы состояния перитектического типа. Кристаллизация в точке перитектики.
14. Системы с промежуточными фазами. Диаграммы состояния с образованием химического соединения.
15. Распад пересыщенных твердых растворов: эвтектоидная, перитектоидная реакции.
16. Полиморфизм металлов.
17. Превращения типа беспорядок-порядок.
18. Фазовые диаграммы с ограниченной растворимостью в жидком состоянии: монотектическое, синтектическое равновесия.
19. Фазовая диаграмма железо-цементит.
20. Структура расплавленных металлов. Сравнительные характеристики тел в твердом и жидком состояниях. Дальний и ближний порядок.
21. Гомогенная кристаллизация. Понятие критического зародыша.
22. Гетерогенное зародышеобразование.
23. Атомная теория роста кристаллов: формы роста, анизотропия роста.
24. Непрерывные превращения в твердом теле. Спинодальный распад.
25. Методы выращивания кристаллов. Слоистая структура, образование ячеистой структуры. Дендритный рост.
26. Механизм и кинетика роста тонких пленок на изотропных подложках. Коалесценция, коагуляция.
27. Эпитаксиальный рост. Структура монокристаллических пленок.
28. Особенности строения и получения аморфных слоев.
29. Дефекты в кристаллах и пленках. Классификация дефектов.

30. Термическая обработка холоднодеформированных металлов. Первичная и вторичная рекристаллизация.

31. Структура сплавов, полученных быстрой закалкой из жидкого состояния. Критерий стеклообразования.

32. Металлические стекла и их свойства. Процессы структурной релаксации в металлических стеклах.

Типовые задания к домашним работам

Домашнее задание № 3.

ПРОВЕСТИ КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СПЛАВОВ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО ДИАГРАММЕ СОСТОЯНИЯ

1. Начертить диаграмму состояния системы Bi-Sn.
2. Определить по диаграмме состояния структурные составляющие и их количество, используя правило отрезков, для сплавов, составы которых указаны в таблице.
3. Зарисовать схематически элементы структуры приведенных сплавов.
4. Данные анализа по диаграмме состояния записать в таблицу:

5. Состав сплава	По диаграмме	
	Доля эвтектики, %	Доля α (или β),%
10% Sn – 90% Bi		
25% Sn – 75% Bi		
35% Sn – 65% Bi		
42% Sn – 58% Bi		
70% Sn – 30% Bi		

5. Объяснить структуры данных сплавов, сделать выводы.

Домашнее задание № 5.

1. Нарисовать кривую охлаждения, схемы фазовых состояний (структуры) сплавов I, II, III, рис. 29 б. Обосновать процессы, происходящие при охлаждении сплава.

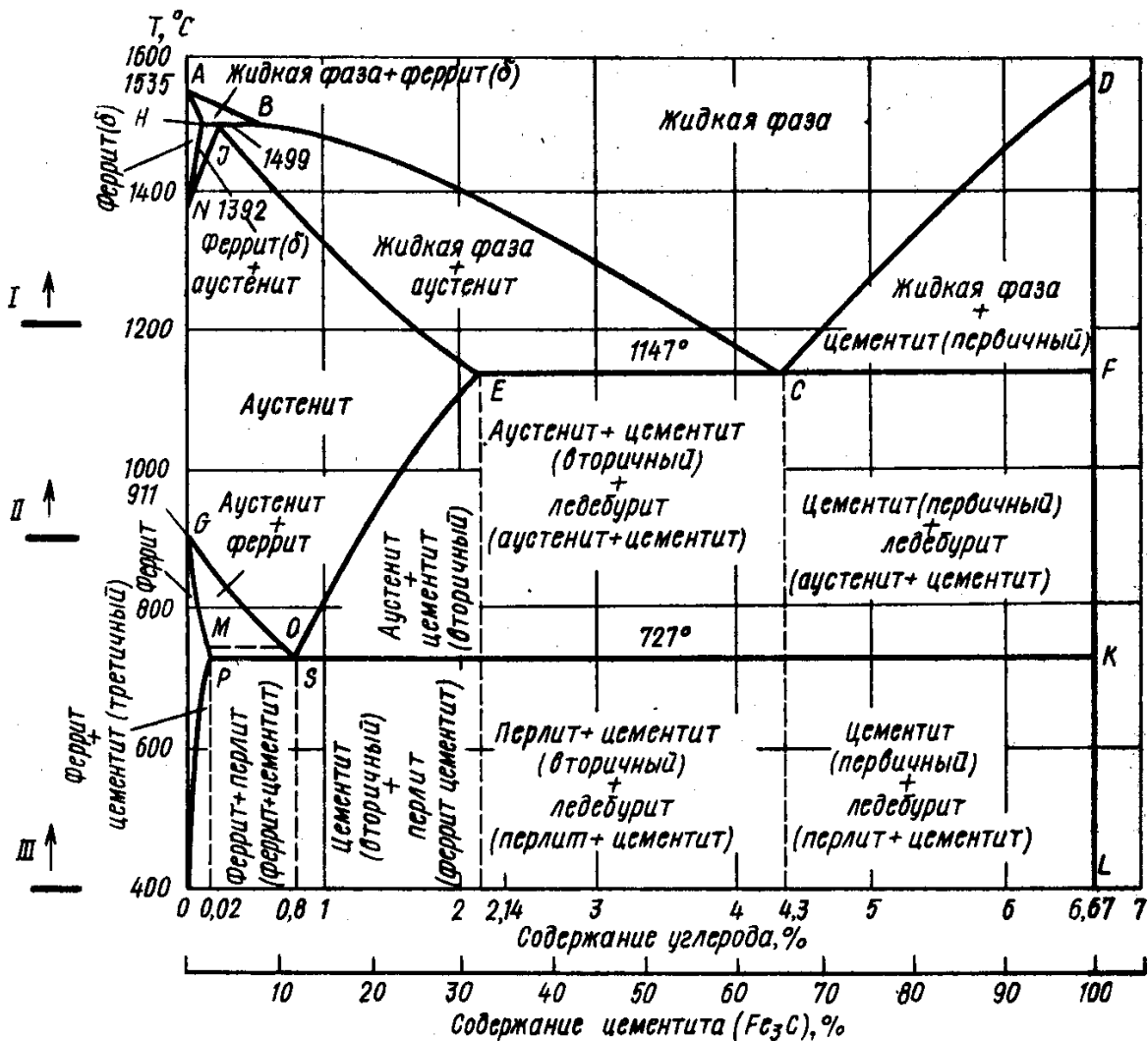


Рис 27. Диаграмма состояния "железо - цементит"

чугуны имеют в структуре ледебурит при высоких и низких температурах. В чем различие высокотемпературного и низкотемпературного ледебурита?

Типовые задания к контрольным работам

Контрольная работа №1

1. II начало термодинамики. Понятие энтропии.

2. Ввести понятие химического потенциала. Условие равновесия для него.
3. Вывести правило фаз Гиббса.
4. Фазовые переходы I рода.
5. Энтропия смешения.

Контрольная работа №2

ТЕСТ

ВАРИАНТ I

Обведите кружком номер правильного ответа:

1. КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО СПЛАВА ПРОИСХОДИТ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ, ЕСЛИ В РАВНОВЕСИИ НАХОДИТСЯ:
 - 1) две фазы;
 - 2) три фазы.
2. СИСТЕМА СОСТОИТ ИЗ n КРИСТАЛЛОВ МЕДИ С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ И РАЗМЕРАМИ. ЭТУ СИСТЕМУ СЛЕДУЕТ ОХАРАКТЕРИЗОВАТЬ:
 - 1) гетерогенная, однокомпонентная, n – фазная;
 - 2) гомогенная, однокомпонентная, однофазная.
3. ПРЕРЫВИСТОЕ, ГЕТЕРОГЕННОЕ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЕ ПО ГИББСУ МОЖЕТ ПРОИСХОДИТЬ В СИСТЕМАХ, ЕСЛИ ВЫПОЛНЯЕТСЯ СООТНОШЕНИЕ:

1) $\frac{\partial^2 F}{\partial C^2} > 0;$

2) $\frac{\partial^2 F}{\partial C^2} < 0.$

4. УПОРЯДОЧЕННЫЙ ТВОДЫЙ РАСТВОР В СПЛАВАХ Cu – Au МОЖНО ВЫРАЗИТЬ ФОРМУЛОЙ Cu_3Au И ОН ИМЕЕТ ТИП РЕШЕТКИ ГЦК, ТОГДА ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЯЧЕЙКА ЭТОГО СОЕДИНЕНИЯ ИМЕЕТ ВИД:

1) атомы золота находятся в вершинах куба, а атомы меди – в центре граней;

2) атомы меди находятся в вершинах куба, а атомы золота – в центре граней;

3) атомы золота находятся в основании куба, а атомы меди – в центре боковых граней.

5. РАЗМЕР КРИТИЧЕСКОГО ЗАРОДЫША МАТЕРИАЛА ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ С:

1) уменьшением температуры плавления;

2) увеличением температуры плавления;

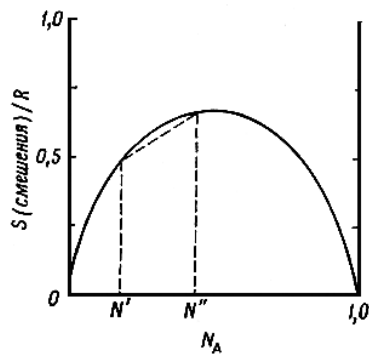
3) не зависит от температуры плавления.

6. УРАВНЕНИЕ $\frac{dP}{dT} = \frac{S_2 - S_1}{V_2 - V_1}$ ОПИСЫВАЕТ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ, КОТОРЫЕ НАЗЫВАЮТСЯ:

- 1) фазовые переходы II рода;
- 2) фазовые переходы I рода;
- 3) спиnodальный распад.

7. ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ АТОМОВ КОМПОНЕНТОВ НА ФРОНТЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЕ НАЧАЛУ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ, НАЗЫВАЕТСЯ _____

8. НА РИСУНКЕ ПРИВЕДЕНА ЗАВИСИМОСТЬ МОЛЯРНОЙ ЭНТРОПИИ ОТ СОСТАВА ДЛЯ ИДЕАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ. ИСХОДЯ ИЗ ЭТОЙ ЗАВИСИМОСТИ, СЛЕДУЕТ:

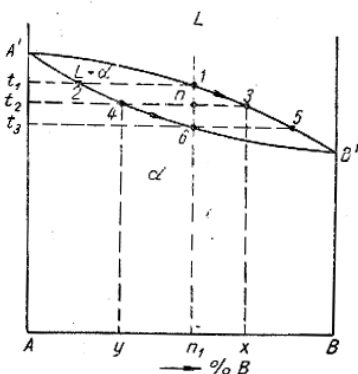


- 1) энтропия любого негомогенного идеального раствора может быть увеличена гомогенизацией этого раствора;
- 2) энтропия первоначально негомогенной системы при гомогенизации будет уменьшаться.

9. ФУНКЦИЯ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ F НАЗЫВАЕТСЯ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИЕЙ ГЕЛЬМГОЛЬЦА И ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ УРАВНЕНИЕМ:

- 1) $E - T * S + P * V$;
- 2) $E + T * S$;
- 3) $E - T * S$.

10. НА РИСУНКЕ ПРИВЕДЕНА ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ АВ, КОМПОНЕНТЫ КОТОРОЙ ОБРАЗУЮТ НЕПРЕРЫВНЫЕ:



- 1) твердые растворы;
- 2) жидкие растворы;
- 3) жидкие и твердые растворы.

Обведите кружком номера всех правильных ответов:

11. СПЛАВ АВ ЯВЛЯЕТСЯ ИДЕАЛЬНЫМ РАСТВОРОМ, ЕСЛИ:

- 1) энергия кристалла не зависит от взаимного расположения атомов А и В;
- 2) расположение атомов А и В носит случайный характер и вероятность каждого распределения одинакова;
- 3) атомы А и В расположены строго в определенных местах, поэтому термодинамическая вероятность такого состояния равна единице.

12. ВЕРОЯТНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ НОВОЙ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ НА СТЕНКЕ СОСУДА ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЖИДКОСТИ ПРЕВЫШАЕТ ВЕРОЯТНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАРОДЫША В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ:

- 1) полном смачивании;
- 2) любой степени смачивания;
- 3) полном смачивании.

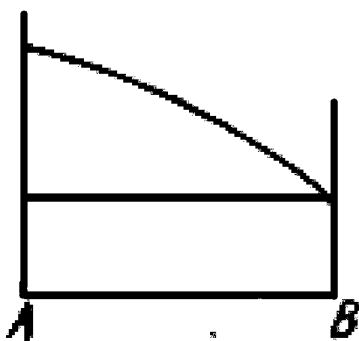
Дополните:

13. ФАЗЫ, В КОТОРЫХ ОДИН ИЗ КОМПОНЕНТОВ СПЛАВА СОХРАНЯЕТ СВОЮ КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ РЕШЕТКУ, А АТОМЫ ДРУГОГО КОМПОНЕНТА РАСПОЛАГАЮТСЯ В РЕШЕТКЕ РАСТВОРИТЕЛЯ, ИЗМЕНЯЯ ЕЕ РАЗМЕРЫ, НАЗЫВАЮТСЯ _____.

14. ЛИНИЯ НА ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЕ С НЕОГРАНИЧЕННОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ КОМПОНЕНТ, ВЫШЕ КОТОРОЙ ВСЕ СПЛАВЫ ОДНОФАЗНЫ И НАХОДЯТСЯ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ, НАЗЫВАЕТСЯ ЛИНИЕЙ _____.

15. НАГРЕВ β -ЛАТУНИ ДО ТЕМПЕРАТУРЫ БОЛЕЕ 460° ПРИВОДИТ К ИСЧЕЗНОВЕНИЮ ДАЛЬНЕГО ПОРЯДКА И ОБРАЗОВАНИЮ НЕУПОРЯДОЧЕННОГО ТВЕРДОГО РАСТВОРА С ОЦК СТРУКТУРОЙ. ТАКОЙ ПЕРЕХОД НАЗЫВАЕТСЯ _____.

16. В СИСТЕМЕ АВ РАСТВОРИМОСТЬ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ _____ В ЖИДКОМ СОСТОЯНИИ РАСТВОРИМОСТЬ _____.



17. РАЗНОСТЬ ΔT МЕЖДУ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ T_s И РЕАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ T_k , ПРИ КОТОРОЙ ПРОТЕКАЕТ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ($\Delta T = T_s - T_k$) НАЗЫВАЕТСЯ _____.

18. ПРАВИЛО ФАЗ ГИББСА УСТАНОВЛИВАЕТ СВЯЗЬ МЕЖДУ ЧИСЛОМ ФАЗ, НАХОДЯЩИХСЯ В РАВНОВЕСИИ, ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ И _____.

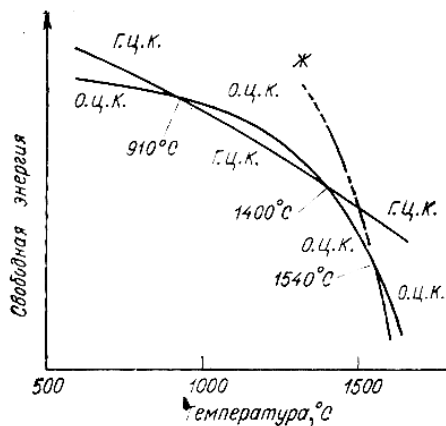
19. Установите соответствие:

Нонвариантные реакции в бинарных сплавах	Формула превращения
--	---------------------

1) монотектики	A) $\mathcal{J}_r \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \alpha_p + \beta_q$
2) перитектики	B) $\mathcal{J}_r + \alpha_p \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \beta_q$
3) синтектики	C) $\alpha_p + \beta_q \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \gamma_t$
4) эвтектики	D) $\beta_q \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \alpha_p + \gamma_t$
5) эвтектоиды	E) $\mathcal{J}_r \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \alpha_p + \mathcal{J}_x$
6) перитектоиды	F) $\mathcal{J}_r \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \mathcal{J}_x + \mathcal{J}_y$

1__ 2__ 3__ 4__ 5__ 6__

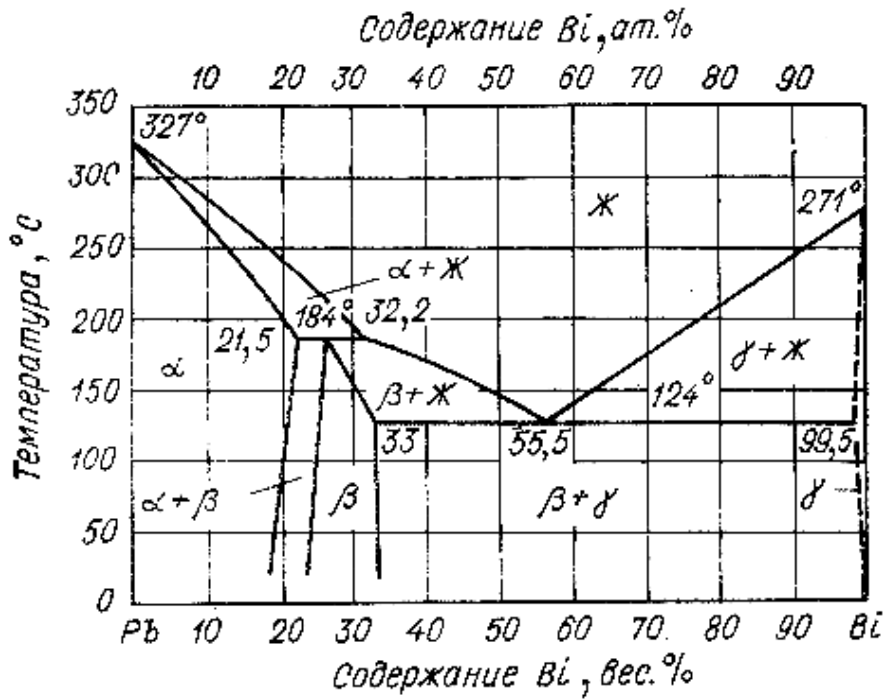
20. ПОСТАВТЕ В СООТВЕТСТВИЕ ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ ТЕМПЕРАТУРЕ ПЕРЕХОДА:



Температура	Превращение
1) 910 °C	A) О.Ц.К. → Г.Ц.К.
2) 1400 °C	B) Г.Ц.К. → О.Ц.К.

1__ 2__

21. СПЛАВ СОСТАВА 70% Рb – 30% Вi ОХЛАЖДАЕТСЯ ПРИ РАВНОВЕСНЫХ УСЛОВИЯХ. УПОРЯДОЧИТЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАВНОВЕСНЫХ ФАЗ И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАВНОВЕСИЯ:



Температура, °C	Фазы	Состав
1) $T > 186$	A) β	a) β (27%Bi),
2) $186 > T > 184$	B) $\beta + ж + \alpha$	ж(32.2%Bi),
3) $T = 184$	C) $\beta + ж$	α (21.5%Bi)
4) $184 > T > 155$	D) $ж + \alpha$	b) $ж$ (30% → 32.2%Bi),
5) $T < 155$	E) $ж$	α (20% → 21.5%Bi)
		c) β (30%Bi)
		d) $ж$ (30%Bi)
		e) β (27% → 30%Bi),
		ж(32.2% → 46%Bi)

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

Установите правильную последовательность

22 _____

- одного
- аллотропическими
- различные
- вещества
- называют
- модификации

Контрольная работа №3

Вариант 1

1. Структура твердых растворов замещения, внедрения, вычитания. Закон Вегарда.
2. Системы с неограниченной растворимостью компонент в жидком и твердом состояниях. Анализ схмы кристаллизауии сплавов. Понятие коноды.
3. Системы с ограниченной расовримостью в твердом состоянии. Фазовая диаграмма с перитектическим нонвариантным превращением.
4. Сиситы с ограниченной растворимостью в жидком состоянии. Синтектическая, монотектическая реакции.
5. Системы с превращениями в твердом состоянии: эвтектоидное нонвариантное превращение, аллотропия металлов, кататектика.

Контрольная работа №4

Вариант 1

1. Гомогенна кристаллизация. Размер критического зародыша. Вероятность гомогенного зародышеобразования.
2. Анизотропия роста кристаллов.