

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.01.ДВ.02.01 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
Физическая химия материалов электронной техники
наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

04.04.01 Химия

Направленность (профиль)

04.04.01.07 Физическая химия

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

д-р хим наук, профессор, Денисов В.М.

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Основная цель изучения дисциплины - формирование фундаментальных знаний в области физико-химических процессов разработки материалов электронной техники и их применение для решения практических задач в области технологии их получения.

1.2 Задачи изучения дисциплины

- освоение основных принципов контроля структуры и свойств полупроводниковых материалов;
- формирование представлений о методах выращивания монокристаллов полупроводниковых материалов;
- изучение основ получения чистых металлов и полупроводниковых материалов;
- изучение основ получения материалов с наперед заданными свойствами;
- установление основных принципов легирования полупроводниковых материалов;
- применение направленной кристаллизации при физико – химическом анализе.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ПК-2: Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и / или смежных наук	
ПК-2.1: Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных	знать российские и зарубежные патентно-информационные бвзы данных уметь проводить патентный поиск по заданной тематике владеть навыками поиска необходимой информации с использованием патентных баз данных
ПК-2.2: Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	знать правила обобщения и анализа результатов патентного поиска по заданной тематике уметь анализировать и обобщать результаты патентного поиска владеть навыком анализа и обобщения патентного поиска, проведенного по заданной тематике
ПК-4: Способен выбрать обоснованные подходы к синтезу и анализу свойств полифункциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами	

ПК-4.1: Применяет знания о химических свойствах веществ, при анализе соотношения «состав - физико	знать свойства веществ, используемых для получения материалов электронной техники, для анализа соотношения "состав - физико-химические свойства"
-химические свойства»	уметь применять знания о свойствах материалов электронной техники для анализа "состава и их физико-химических свойств" владеть умением анализировать соотношение "состав - физико-химические свойства" в целях получения и применения материалов электронной техники
ПК-4.3: Вырабатывает стратегию поиска прототипов материалов, полифункционального назначения с учетом требований к их физико-химическим и эксплуатационным свойствам и возможных ограничений	знать физико-химические свойства материалов с необходимыми эксплуатационными свойствами, используемых в качестве прототипов уметь выбирать необходимые эксплуатационные условия и ограничения материалов в соотношении с их физико-химическими свойствами для подбора прототипа владеть стратегией поиска прототипов материалов с необходимыми эксплуатационными свойствами
ПК-4.7: Выбирает на основании знаний о физико-химических свойствах материалов способы термической или химико-термической обработки	знать физико-химические свойства материалов уметь подбирать условия термической или химико-термической обработки веществ (материалов) для электронной техники владеть знаниями о физико-химических свойствах материалов для проведения их термической или химико-термической обработки
ПК-5: Способен к поиску и анализу научной информации по актуальным проблемам химии, анализу и обобщению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования	
ПК-5.1: Проводит поиск научной информации в специализированных базах данных	знать специализированные базы данных уметь проводить литературный поиск по заданной теме с использованием отечественных и зарубежных информационных систем владеть навыком поиска информации по заданной тематике
ПК-5.2: Анализирует современные тенденции и перспективы развития производств в области материаловедения и технологии материалов.	знать современные тенденции и перспективы развития производств в области материалов электронной техники уметь анализировать перспективность развития в области производств МЭТ владеть методами анализа литературных данных

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
Контактная работа с преподавателем:	1 (36)	
занятия лекционного типа	0,5 (18)	
практические занятия	0,5 (18)	
Самостоятельная работа обучающихся:	2 (72)	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Методы получения чистых материалов									
	1. Основные этапы развития электроники. Роль материалов в развитии элементной базы электронной техники. Повышение эффективности и надежности работы электронной аппаратуры, основные направления её миниатюризации. Структурные свойства материалов электронной техники.	1							
	2. Основные этапы развития электроники. Роль материалов в развитии элементной базы электронной техники. Повышение эффективности и надежности работы электронной аппаратуры, основные направления её миниатюризации. Структурные свойства материалов электронной техники.			2					

3. Общие свойства и особенности материалов электронной техники							2	
4. Общая классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам. Виды химической связи. Особенности строения твёрдых тел. Монокристаллы и элементы структурной кристаллографии.	1							
5. Общая классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам. Виды химической связи. Особенности строения твёрдых тел. Монокристаллы и элементы структурной кристаллографии.			2					
6. Химическая связь. Особенности строения твердых тел, влияние агрегатного состояния на электрические свойства материалов. Роль поверхностных явлений.							4	
7. Чистые металлы и материалы в современной технике. Чистота и свойства металлов. Значения чистых металлов и полупроводниковых материалов для развития новой техники. Характеристика процессов разделения и очистки.	1							
8. Способы выражения степени чистоты металлов и полупроводниковых материалов. Общая характеристика и классификация способов разделения и очистки. Химические методы очистки.							6	
9. Равновесие жидкость-жидкость. Экстракция. Физико-химическая сущность экстракции и ее значение для разделения и очистки. Закон распределения. Изотермическое равновесие в тройной жидкой системе.	1							

10. Равновесие жидкость-жидкость. Экстракция. Физико-химическая сущность экстракции и ее значение для разделения и очистки. Закон распределения. Изотермическое равновесие в тройной жидкой системе.			2					
11. Взаимная растворимость двух жидкостей. Механизм экстракции. Экстракция из растворов в трехкомпонентной системе. Равновесие жидкость-пар и твердое-пар.							4	
12. Дистилляция, сублимация и ректификация. Физико-химическая сущность сублимации и дистилляции. Кинетика сублимации и дистилляции. Удаление примесей путем испарения в вакууме. Применение ректификации для очистки и разделения металлов и соединений.	1							
13. Дистилляция, сублимация и ректификация. Физико-химическая сущность сублимации и дистилляции. Кинетика сублимации и дистилляции. Удаление примесей путем испарения в вакууме. Применение ректификации для очистки и разделения металлов и соединений.			2					
14. Равновесие твердое-жидкость. Применимость уравнения Шредера ван Лаара.							4	
15. Кристаллизационные методы очистки. Методы исследования равновесия между твердой и жидкой фазами. Коэффициент распределения как параметр фазового равновесия и диаграммы состояния. Равновесная и неравновесная кристаллизация.	1							

16. Кристаллизационные методы очистки. Методы исследования равновесия между твердой и жидкой фазами. Коэффициент распределения как параметр фазового равновесия и диаграммы состояния. Равновесная и неравновесная кристаллизация.			4					
17. Виды направленной кристаллизации.							2	
18. Распределение компонентов при направленной кристаллизации. Нормальная направленная кристаллизация. Зонная перекристаллизация. Обычная зонная перекристаллизация. Зонное выравнивание. Неконсервативные процессы направленной кристаллизации. Коэффициент распределения.	2							
19. Распределение компонентов при направленной кристаллизации. Нормальная направленная кристаллизация. Зонная перекристаллизация. Обычная зонная перекристаллизация. Зонное выравнивание. Неконсервативные процессы направленной кристаллизации. Коэффициент распределения.								
20. Расчет коэффициента распределения по экспериментальным данным направленной кристаллизации. Применение направленной кристаллизации при физико-химическом анализе.							4	
21. Зонная перекристаллизация градиентом температуры (ЗПГТ) полупроводниковых материалов. Физико-химические основы ЗПГТ. Кинетика зонной перекристаллизации градиентом температуры. Перераспределение примесей.	2							

22. Зонная перекристаллизация градиентом температуры (ЗПГТ) полупроводниковых материалов. Физико-химические основы ЗПГТ. Кинетика зонной перекристаллизации градиентом температуры. Перераспределение примесей.			2					
23. Применение ЗПГТ в полупроводниковой технологии.							8	
24. Методы выращивания монокристаллов. Вытягивание из расплава. Совершенные монокристаллы больших диаметров. Зонная плавка. Выращивание из паровой фазы. Выращивание из расплавов или растворов. Эпитаксиальное наращивание. Выращивание эпитаксиальных слоев осаждением в вакууме. Химическое осаждение из паровой фазы. Жидкостная эпитаксия.	2							
25. Основные этапы и требования к методам получения монокристаллов. Преимущества и недостатки каждого из метода. Получение профилированных материалов. Профилированные полупроводниковые материалы. Методы профилирования. Поликристаллические и аморфные полупроводники. Подготовка к контрольной работе.							10	
2. Технология получения материалов электронной техники								
1. Технология элементарных полупроводников. Химические и физические свойства германия и кремния. Химические методы получения германия и кремния. Поведение примесей. Получение кристаллов германия и кремния высокой чистоты, получение п/п кристаллов с заданными свойствами.	2							

2. Технология элементарных полупроводников. Химические и физические свойства германия и кремния. Химические методы получения германия и кремния. Поведение примесей. Получение кристаллов германия и кремния высокой чистоты, получение п/п кристаллов с заданными свойствами.			2					
3. Получения германия и кремния высокой чистоты. Подготовка реферата.							10	
4. Природа полупроводниковых соединений. Основные физико-химические свойства полупроводниковых соединений. Получение неразлагающихся полупроводниковых соединений. Антимониды индия и галлия. Полупроводниковые термоэлектрические материалы. Твердые растворы неразлагающихся полупроводниковых соединений.	2							
5. Природа полупроводниковых соединений. Основные физико-химические свойства полупроводниковых соединений. Получение неразлагающихся полупроводниковых соединений. Антимониды индия и галлия. Полупроводниковые термоэлектрические материалы. Твердые растворы неразлагающихся полупроводниковых соединений.			2					
6. Технология полупроводниковых соединений, методы получения. Подготовка реферата							10	

7. Технология и аппаратура для получения разлагающихся полупроводниковых соединений. Оксиды меди, цинка, кадмия и других металлов. Карбид кремния. Арсениды индия и галлия. Фосфориды индия и галлия. Полупроводниковые соединения АІІВVI. Твердые растворы разлагающихся полупроводниковых соединений.	2							
8. Получение разлагающихся полупроводниковых соединений. Виды обработки, контроль структуры и свойств полупроводниковых материалов. Виды обработки. Резка. Шлифовка. Полировка. Контроль структуры кристаллов. Контроль электрических параметров. Подготовка к экзамену.							8	
9.								
Всего	18		18				72	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Герасименко Н. Н., Пархоменко Ю. Н. Кремний - материал нанoeлектроники: учеб. пособие для студентов вузов(Москва: Техносфера).
2. Подкопаев О. И., Шиманский А. Ф. Выращивание монокристаллов германия с низким содержанием дислокаций и примесей: монография (Красноярск: СФУ).
3. Денисов В. М., Истомин С. А., Подкопаев О. И., Серебрякова Л. И., Антонова Л. Т., Пастухов Э. А., Белецкий В. В. Кремний и его сплавы: монография(Екатеринбург: УрО РАН).
4. Денисов В. М., Истомин С. А., Подкопаев О. И., Белоусова Н. В., Пастухов Э. А. Германий, его соединения и сплавы(Екатеринбург: УрО РАН).
5. Юзова В.А., Шелованова Г.Н., Комогорцев С.В., Патрушева Т.Н., Левицкий А.А., Зеер Г.М. Материалы и элементы электронной техники: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
6. Денисова Л. Т., Денисов В. М. Избранные главы физической химии. Фазовые равновесия: учеб.-метод. пособие [для студентов спец. 020100.62 «Химия», 020101.65 «Химия», 020201.65 «Фундаментальная и прикладная химия»](Красноярск: СФУ).
7. Ищенко А. А., Фетисов Г. В., Асланов Л. А. Нанокремний: свойства, получение, методы исследования и контроля: [монография](Москва: ФИЗМАТЛИТ).
8. Бахвалов С. Г., Денисов В. М., Бахвалова И. П., Бахвалова И. П. Материалы электронной техники. Получение и свойства: сборник научных трудов НИИЦ "Кристалл"(Красноярск: КрасГУ).
9. Горелик С. С., Дашевский М. Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник(Москва: МИСИС).
10. Юзова В. А. Материалы и элементы электронной техники: учеб.-метод. пособие по самостоят. работе(Красноярск: СФУ).
11. Денисова Л. Т., Денисов В. М. Высокотемпературная физическая химия. Методы выращивания кристаллов: учеб.-метод. пособие [для студентов спец. 020100.68 Химия, 020101.65 Химия, 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия](Красноярск: СФУ).
12. Денисова Л. Т., Чумилина Л. Г., Денисов В. М. Высокотемпературная физическая химия. Методы выращивания кристаллов: учебно-методическое пособие(Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Сопровождение учебного процесса требует применения программного обеспечения, позволяющего создавать, редактировать, представлять текстовый и иллюстративный материал: MSOffice (MSWord, MSExcel, MSPowerPoint).

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная Электронная Библиотека e-LIBRARY.RU. Полнотекстовая коллекция «Российские академические журналы on-line» (издательство «Наука») включает 139 журналов. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>.
2. Royal Society of Chemistry - журналы открытого доступа. - Режим доступа: <http://pubs.rsc.org>.
3. Elsevier - доступ к Freedom Collection издательства Elsevier. - Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>
4. Электронная химическая энциклопедия – он-лайн. -Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia>

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Технические средства обучения для проведения лекционных и занятий (мультимедийный проектор, интерактивная доска, ПЭВМ).