

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

2022

Красноярск 2022

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) | |
| 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 | <p>знать специализированные базы данных</p> <p>уметь проводить литературный поиск по заданной теме с использованием отечественных и зарубежных информационных систем</p> |
| | <p>владеть навыком поиска информации по заданной тематике</p> |
| ПК-5.2: Анализирует современные тенденции и перспективы развития производств в области материаловедения и технологии материалов. | <p>знать современные тенденции и перспективы развития производств в области материалов электронной техники</p> <p>уметь анализировать перспективность развития в области производств МЭТ</p> <p>владеть методами анализа литературных данных</p> |
| ПК-5.3: Анализирует и обобщает отечественный и зарубежный опыт по тематике проводимого исследования | |
| ПК-5.4: Составляет аналитические обзоры, научные отчеты, обобщает и публикует результаты исследований | <p>знать правила оформления полученной информации в виде обзоров, отчетов</p> <p>уметь составлять отчет о проделанной научной работе</p> <p>владеть правилами и нормами при оформлении аналитических обзоров (в виде реферата)</p> |

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).

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).