

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра физической и
неорганической химии
(ФиНХ_ХМФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра физической и
неорганической химии
(ФиНХ_ХМФ)

наименование кафедры

Л.Т. Денисова

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКИ**

Дисциплина Б1.В.01.ДВ.02.01 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЦИКЛ
Физическая химия материалов электронной техники

Направление подготовки / 04.04.01 Химия, 04.04.01.07 Физическая
специальность химия

Направленность
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

040000 «ХИМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 04.04.01 Химия, 04.04.01.07 Физическая химия

Программу
составили

д-р хим наук, профессор, Денисов В.М.

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

ПК-2:Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и / или смежных наук
--

ПК-5:Способен к поиску и анализу научной информации по актуальным проблемам химии, анализу и обобщению отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина "Физическая химия материалов электронной техники" является дисциплиной по выбору. Для освоения материала данной дисциплины обучающимся необходимо знать основное содержание следующих дисциплин, изучаемых при обучении в бакалавриате:

- общая и неорганическая химия,
- физическая химия (химическая термодинамика, химическая

кинетика ,
физико-химический анализ.

Дисциплина является необходимой для освоения следующих дисциплин:

Физическая химия композиционных материалов
Физическая химия наноструктурированных систем
Химия новых материалов и нанотехнологии

1.5 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)	Семестр
		1
Общая трудоемкость дисциплины	4 (144)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	1 (36)	1 (36)
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	0,5 (18)	0,5 (18)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
Самостоятельная работа обучающихся:	2 (72)	2 (72)
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Экзамен)	1 (36)	1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Методы получения чистых материалов	12	14	0	44	
2	Технология получения материалов электронной техники	6	4	0	28	
Всего		18	18	0	72	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	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	0	0
2	1	Общая классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам. Виды химической связи. Особенности строения твёрдых тел. Монокристаллы и элементы структурной кристаллографии.	1	0	0
3	1	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	0	0
4	1	Равновесие жидкость-жидкость. Экстракция. Физико-химическая сущность экстракции и ее значение для разделения и очистки. Закон распределения. Изотермическое равновесие в тройной жидкой системе.	1	0	0

5	1	<p>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.</p>	1	0	0
6	1	<p>Кристаллизационные методы очистки. Методы исследования равновесия между твердой и жидкой фазами. Коэффициент распределения как параметр фазового равновесия и диаграммы состояния. Равновесная и неравновесная кристаллизация.</p>	1	0	0
7	1	<p>Распределение компонентов при направленной кристаллизации. Нормальная направленная кристаллизация. Зонная перекристаллизация. Обычная зонная перекристаллизация. Зонное выравнивание. Неконсервативные процессы направленной кристаллизации. Коэффициент распределения.</p>	2	0	0

8	1	Зонная перекристаллизация градиентом температуры (ЗПТ) полупроводниковых материалов. Физико-химические основы ЗПТ. Кинетика зонной перекристаллизации градиентом температуры. Перераспределение примесей.	2	0	0
9	1	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	1	0
10	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	2	0

11	2	Природа полупроводниковых соединений. Основные физико-химические свойства полупроводниковых соединений. Получение неразлагающихся полупроводниковых соединений. Антимониды индия и галлия. Полупроовдниковые термоэлектрические материалы. Твердые растворы неразлагающихся полупроводниковых соединений.	2	0	0
12	2	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 АПВІ. Твердые растворы разлагающихся полупроводниковых соединений.	2	0	0
Всего			18	2	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	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.	2	0	0
2	1	Общая классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам. Виды химической связи. Особенности строения твёрдых тел. Монокристаллы и элементы структурной кристаллографии.	2	0	0
3	1	Равновесие жидкость-жидкость. Экстракция. Физико-химическая сущность экстракции и ее значение для разделения и очистки. Закон распределения. Изотермическое равновесие в тройной жидкой системе.	2	0	0
4	1	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	0	0

5	1	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	0	0
6	1	Распределение компонентов при направленной кристаллизации. Нормальная направленная кристаллизация. Зонная перекристаллизация. Обычная зонная перекристаллизация. Зонное выравнивание. Неконсервативные процессы направленной кристаллизации. Коэффициент распределения.	0	0	0
7	1	Зонная перекристаллизация градиентом температуры (ЗПТ) полупроводниковых материалов. Физико-химические основы ЗПТ. Кинетика зонной перекристаллизации градиентом температуры. Перераспределение примесей.	2	0	0

8	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	0	0
9	2	Природа полупроводниковых соединений. Основные физико-химические свойства полупроводниковых соединений. Получение неразлагающихся полупроводниковых соединений. Антимониды индия и галлия. Полупроовдниковые термоэлектрические материалы. Твердые растворы неразлагающихся полупроводниковых соединений.	2	0	0
Всего			18	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
---------------------	----------	-------------------

Л1.1	Юзова В. А.	Материалы и элементы электронной техники: учеб.-метод. пособие по самостоят. работе	Красноярск: СФУ, 2012
------	-------------	---	-----------------------

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Герасименко Н. Н., Пархоменко Ю. Н.	Кремний - материал нанoeлектроники: учеб. пособие для студентов вузов	Москва: Техносфера, 2007
Л1.2	Подкопаев О. И., Шиманский А. Ф.	Выращивание монокристаллов германия с низким содержанием дислокаций и примесей: монография	Красноярск: СФУ, 2013
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	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, 2005
Л2.2	Денисов В. М., Истомин С. А., Подкопаев О. И., Белоусова Н. В., Пастухов Э. А.	Германий, его соединения и сплавы	Екатеринбург: УрО РАН, 2002
Л2.3	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, 2007
Л2.4	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, 2012

Л2.5	Ищенко А. А., Фетисов Г. В., Асланов Л. А.	Нанокремний: свойства, получение, методы исследования и контроля: [монография]	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011
Л2.6	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, 2000
Л2.7	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник	Москва: МИСИС, 2003
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Юзова В. А.	Материалы и элементы электронной техники: учеб.-метод. пособие по самостоят. работе	Красноярск: СФУ, 2012
Л3.2	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, 2012

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : [учеб. пособие] / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; [под общ. ред. В. Ф. Маркова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 272 с.	Режим доступа: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28841/1/978-5-7996-1186-6_2014.pdf
Э2	В.А. Юзова , Г.Н. Шелованова, С.В.Комогорцев, Т.Н.Патрушева, А.А.Левицкий, Г.М. Зеер Материалы и элементы электронной техники	Режим доступа: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/25/u_lectures.pdf

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Учебные занятия по "Физической химии материалов электронной техники" проводятся в виде лекций и самостоятельной работы.

Лекции носят установочно-фундаментальный характер, направленный на изучение обучающимися соответствующей темы и содержат основные положения вопросов, составляющих сущность темы, содержат рекомендации по более глубокому самостоятельному изучению темы с помощью литературных источников.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает:

1. Текущую проработку теоретического материала и материала для самостоятельной аудиторной работы

2. Подготовку к итоговому контролю

4. Выполнение индивидуального домашнего задания (реферат)

Проработка лекционного материала контролируется предварительным опросом материала и выполнением самостоятельных работ по дисциплине.

Эффективной формой самостоятельной работы является выполнение задания с элементами научного исследования: подготовка индивидуального реферативного доклада.

На самостоятельное изучение дополнительного теоретического материала выносятся следующие темы:

Общие свойства и особенности материалов электронной техники.

Химическая связь. Виды химической связи.

Химическая связь. Особенности строения твердых тел, влияние агрегатного состояния на электрические свойства материалов. Роль поверхностных явлений.

Способы выражения степени чистоты металлов и полупроводниковых материалов. Общая характеристика и классификация способов разделения и очистки. Химические методы очистки.

Взаимная растворимость двух жидкостей. Механизм экстракции. Экстракция из растворов в трехкомпонентной системе. Равновесие жидкость-пар и твердое-пар.

Равновесие твердое-жидкость. Применимость уравнения Шредера ван Лаара.

Виды направленной кристаллизации.

Расчет коэффициента распределения по экспериментальным данным направленной кристаллизации. Применение направленной кристаллизации при физико-химическом анализе.

Основные этапы и требования к методам получения монокристаллов. Преимущества и недостатки каждого из методов. Получение профилированных материалов. Профилированные полупроводниковые материалы. Методы профилирования. Поликристаллические и аморфные полупроводники.

Применение ЗПГТ в полупроводниковой технологии.

Получения германия и кремния высокой чистоты.

Технология полупроводниковых соединений, методы получения.

Получение разлагающихся полупроводниковых соединений. Виды обработки, контроль структуры и свойств полупроводниковых материалов. Виды обработки. Резка. Шлифовка. Полировка. Контроль структуры кристаллов. Контроль электрических параметров.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

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

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

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

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

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