

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 15.11.2023 13:22:51
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и методической
работе

_____ Б.В.Пекаревский

« 24 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**ПОЛУЧЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛОВ, ЧИСТЫХ И ОСОБО
ЧИСТЫХ ВЕЩЕСТВ**

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленности образовательных программ

Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
профессор		профессор Ю.К.Ежовский

Рабочая программа дисциплины «Получение монокристаллов, чистых и особо чистых веществ» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники
протокол от 19.04.2021 № 9
Заведующий кафедрой

А.А.Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от 20.05.2021 № 8

Председатель

С.Г.Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		Н.В.Захарова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины.....	05
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	05
4.2. Занятия лекционного типа	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	10
4.4.1. Семинары, практические занятия	10
4.4.2. Лабораторные занятия	11
4.5. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	13
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	15
10.1. Информационные технологии	15
10.2. Программное обеспечение	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	15
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	15
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	15
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	16

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
--------------------------------	--	---

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-1 Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.</p> <p>ПК-3 Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий.</p>	<p>ПК-1.4 Знание основных требований по чистоте материалов в заданных условиях его эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности</p> <p>ПК-3.3 Знание основных способов производства чистых веществ и методов контроля качества на этапах получения изделий на их основе.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способы получения чистых и особо чистых веществ и методов анализа на содержание примесей (ЗН-1) <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обоснованно выбрать необходимую чистоту материала для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности и экономичности. (У-1) <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками обоснованного выбора необходимой чистоты материала для экономически надежного использования (Н-1). <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическую сущность, особенности и структуру процессов очистки веществ и способах их производства (ЗН-2). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса и осуществлять контроль качества (У-2). <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками анализа и сертификационных испытаний чистых и особо чистых веществ (Н-2).

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам образовательной программы бакалавриата, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.07) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика» и «Неорганическая химия», «Физика», «Введение в специальность и основы научных исследований». Полученные в процессе изучения дисциплины «Получение монокристаллов, чистых и особо чистых веществ» знания, умения и навыки могут быть использованы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, а также при решении научно-исследовательских и инженерно-технологических задач.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	5/180
Контактная работа с преподавателем:	94
занятия лекционного типа	44
занятия семинарского типа, в т.ч.	44
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	44 (44)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	6
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	59
Формы текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе, КР, КП)	
Форма промежуточной аттестации (экзамен)	Экзамен (27)

4 Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Основные понятия, подходы и требования к веществам высокой чистоты	2			4	ПК-1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
2	Рост кристаллов. Методы получения монокристаллов	8	4		4	ПК-1
3	Жидкофазный синтез неорганических веществ	2	4		4	ПК-1
4	Методы кристаллизации и осаждения из растворов	2	4		8	ПК-1
5	Твердофазный синтез неорганических веществ	4	4		4	ПК-1
6	Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения. Классификация веществ высокой чистоты и методов очистки.	4	4		11	ПК-3
7	Физические методы очистки веществ	4	2		4	ПК-3
8	Дистилляционные и экстракционные методы очистки	2	4		4	ПК-3
9	Способы адсорбционной очистки веществ	2	2		4	ПК-3
10	Химические методы очистки веществ	4	4		4	ПК-3
11	Кристаллизационные методы глубокой очистки	6	8		4	ПК-3
12	Условия проведения очистки веществ	2	2		4	ПК-3
13	Методы контроля степени чистоты химических соединений	2	2		4	ПК-3

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.4	Введение. Основные понятия, подходы и требования к веществам высокой чистоты. Рост кристаллов. Методы получения моно-кристаллов. Жидкофазный синтез неорганических веществ. Методы кристаллизации и осаждения из растворов. Твердофазный синтез неорганических веществ.
2	ПК-3.3	Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения. Классификация веществ высокой чистоты и методов очистки. Физические методы очистки веществ. Дистилляционные и экстракционные методы очистки. Способы адсорбционной очистки веществ. Химические методы очистки веществ. Кристаллизационные методы глубокой очистки. Условия проведения очистки веществ. Методы контроля степени чистоты химических соединений.

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение. Основные понятия, подходы и требования к веществам высокой чистоты Предмет курса и его задачи. Основные определения, подходы и требования к веществам высокой чистоты. Понятия «индивидуального вещества» и «высокочистого вещества». Основное вещество и примеси. Типы примесей (лимитирующие, химические, технологические, специфические, сопутствующие) и их определение.	2	Лекция-беседа
2	Представление о зарождении и росте кристаллов. Гомогенное и гетерогенное образование зародышей твердой фазы. Термодинамика образования зародышей твердой фазы. Кинетика и механизм роста кристаллов. Термодинамическая и дислокационная теории роста кристаллов. Получение монокристаллов из расплава, раствора, газовой фазы.	4	Лекция-беседа
3	Неорганический синтез твердых веществ: основные понятия и определения. Расчет выхода продуктов по уравнениям реакций. Учет константы устойчивости и произведения растворимости при синтезе комплексных соединений. Различные виды выражения концентраций.	2	Лекция-беседа
4	Равновесный и неравновесный процесс кристаллизации. Перекристаллизация, определение условий перекристаллизации, фракционная (дробная) перекристаллизация. Эффект высаливания. Фильтрование. Промывка осадка. Высушивание. Перекристаллизация и фильтрование с использованием неводных растворителей. Характеристика и классификация процессов разложения.	2	Лекция-беседа
5	Выращивания монокристаллов из стехиометрических расплавов. Механизмы роста монокристаллов. Роль полупроводниковых материалов. Получение и основные свойства германия, кремния, соединений $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$. Особенности получения монокристаллов разлагающихся соединений. Выращивание монокристаллов тугоплавких соединений. Методы направленной кристаллизации и вытягивания кристаллов из расплавов. Методы Бриджмена-Стокбаргера, Киропулоса, Чохральского, Хорна и Вернейля.	6	Лекция-беседа
6	Классификация веществ высокой чистоты. Маркировка материалов по чистоте. Классификация, общая характеристика методов и оценка предельных возможностей очистки веществ. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ.	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Предельные возможности методов. Пределы влияния примесей на свойства веществ.		
7	Диффузионные методы разделения. Метод удаления примесей в форме частиц.	2	Лекция-беседа
8	Ректификация. Оценка глубины ректификационной очистки. Ректификация под пониженным давлением. Использование ректификационных методов в технологии очистки полупроводниковых материалов. Фракционная перегонка. Однократная и многократная перегонка.	2	Лекция-беседа
9	Адсорбция, абсорбция, хемосорбция. Основные закономерности и особенности. Адсорбция на поверхности твердых тел.. Практическое применение адсорбционных методов для глубокой очистки веществ.	2	Лекция-беседа
10	Химические методы разделения смесей и очистки, основанные на различиях в свойствах основного вещества и примеси. Избирательное осаждение примесей. Реакции избирательного окисления / восстановления. Метод химических транспортных реакций. Термодинамическая оценка эффективности очистки. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией. Гидридный, хлоридный и карбонильные методы. Метод с использованием металлоорганических соединений. Основные критерии очистки и предельные возможности химических и физико-химических методов.	4	Лекция-беседа
11	Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода. Виды и их предельные возможности. Кристаллизация из расплава. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей. Направленная кристаллизация. Распределение примесей по длине слитка при однократной и многократной направленной кристаллизации. Зонная перекристаллизация (плавка). Типы зонной плавки (с различными способами нагрева) и их использование в технологии полупроводниковых материалов. Распределение примеси по длине слитка. Факторы, влияющие на эффективность процесса: скорость передвижения зоны, варианты ее перемещения, длина зоны, температура на границе раздела фаз. Зонное замораживание (затвердевание). Противоточная кристаллизация из расплава.	8	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
12	Требования к помещениям и оборудованию для очистки веществ. Зависимость процесса глубокой очистки веществ от выбора материала для изготовления химической аппаратуры и степени изоляции от воздушной среды. Коррозия конструкционных материалов.	2	Лекция-беседа
13	Критерии выбора методов анализа. Методы термogrавиметрии. Рентгенофазовый анализ. Методы оптической спектроскопии и люминесценции: атомно-эмиссионный спектральный анализ; масс- спектрометрия; атомно-абсорбционная спектроскопия; атомно-флуоресцентный метод; люминесцентный метод анализа. Хромато-масс-спектрометрия.	4	Лекция-беседа

4.4 Занятия семинарского типа

4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
2	Определение параметров критического зародыша. Оценка термодинамических характеристик процесса зародышеобразования.	4	4	Расчетная работа
3	Оценка константы устойчивости и произведения растворимости при синтезе комплексных соединений.	2	2	Расчетная работа
4	Определение условий перекристаллизации при фракционная (дробная) перекристаллизации.	2	2	Разбор конкретных ситуаций
5	Основные свойства очищенного германия, кремния, соединений $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$.	4	4	Разбор конкретных ситуаций
	Особенности получения монокристаллов разлагающихся соединений.	2	2	Разбор конкретных ситуаций
6	Оценка предельных возможностей химических и физико-химических методов очистки веществ.	2	2	Расчетная работа
	Пределы влияния примесей на свойства веществ.	2	2	Разбор конкретных ситуаций
8	Коэффициент разделения. Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения.	4	4	Расчетная работа
9	Практическое применение адсорбционных методов для глубокой очистки веществ.	4	4	Разбор конкретных ситуаций
10	Термодинамическая оценка эффективности очистки.	4	4	Расчетная работа
11	Определение эффективного коэффициента распределения примеси при кристаллизационной очистке.	2	2	Расчетная работа
	Расчет профиля распределения примеси по длине слитка при направленной кристаллизации и зонной плавке.	4	4	Расчетная работа
	Определение влияния размеров зоны и скорости перекристаллизации на профиль распределения примеси по длине слитка.	4	4	Разбор конкретных ситуаций
	Распределение примеси по длине слитка после одного и нескольких проходов расплавленной зоны.	4	4	Разбор конкретных ситуаций

4.4.2 Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены.

4.5 Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Кинетика и механизм роста кристаллов. Термодинамическая и дислокационная теории.	8	контрольный опрос
3	Неорганический синтез. Расчет выхода продуктов по уравнениям реакций. Синтез комплексных соединений.	2	контрольный опрос
4	Перекристаллизация, определение условий перекристаллизации, фракционная (дробная) перекристаллизация. Эффект высаливания. Гидротермальный метод выращивания монокристаллов.	4	контрольный опрос
5	Особенности получения монокристаллов разлагающихся соединений. Выращивание монокристаллов тугоплавких соединений.	6	контрольный опрос
6	Пределы влияния примесей на свойства веществ. Понятие об области примесной чувствительности свойств веществ	4	контрольный опрос
7	Диффузионные методы разделения. Метод удаления примесей в форме частиц.	4	контрольный опрос
8	Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения.	4	контрольный опрос
	Экстракция координационно несольватированных сольватированных солей..	2	контрольный опрос
	Экстракционное разделение смесей неорганических соединений	2	контрольный опрос
9	Адсорбция на границе раздела "жидкость – газ". Адсорбция на поверхности твердых тел.	4	контрольный опрос
	Практическое применение адсорбционных методов для глубокой очистки веществ.	4	контрольный опрос
10	Химические методы разделения Избирательное осаждение примесей. Реакции избирательного окисления / восстановления.	4	контрольный опрос
11	Факторы, влияющие на эффективность процесса: скорость передвижения зоны, варианты ее перемещения, длина зоны, форма и способ расположения вещества. Противоточная кристаллизация из расплава.	4	контрольный опрос
12	Зависимость процесса глубокой очистки веществ от выбора материала для изготовления химической аппаратуры и степени изоляции от воздушной среды	4	контрольный опрос
13	Критерии выбора методов анализа чистых веществ.	3	контрольный опрос

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы, обучающихся по дисциплине.

1. Ежовский, Ю.К. Основы технологии монокристаллов и особо чистых веществ./ Ю.К. Ежовский – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2017.- 91 с.
2. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества./ Ю.К. Ежовский – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2010.- 91 с.
3. Ежовский, Ю.К. Физико-химические основы технологии материалов электронной техники/ Ю.К. Ежовский – СПб.: ИК СИНТЕЗ, 2007.– 125 с.
4. Девярых, Г.Г. Глубокая очистка веществ./ Г.Г. Девярых, Ю.В. Еллиев, - М.: Высшая школа, 1990.- 192 с.
5. Пасынков, В.В. Материалы электронной техники./В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. - М.-СПб.-Кр.: Высшая школа, 2004.- 366 с.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Аттестация по дисциплине – в конце 8 семестра в виде экзамена в устной форме. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Чистые и особо чистые вещества. Типы примесей, их классификация и контроль. Классификация особо чистых материалов.
2. Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения.
3. Методы глубокой очистки веществ. Общая характеристика.
4. Характеристика и типы химических методов очистки.
5. Очистка веществ методом химических транспортных реакций.
6. Кристаллизационная очистка материалов.
7. Зарождение и рост кристаллов. Пересыщение, его физико-химический смысл. Критический зародыш. Определение параметров критического зародыша.
8. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей.
9. Очистка материалов методом направленной кристаллизации. Распределение примесей по длине слитка.
10. Глубокая очистка веществ методом зонной перекристаллизации (зонная плавка). Распределение примесей по длине слитка после одного и нескольких проходов зон.

7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Основы технологии монокристаллов и особо чистых веществ: учебное пособие/ Ю.К. Ежовский, Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. - 91с.

2. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с.

3. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества: учебное пособие/ Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010.- 91 с.

б) электронные издания:

1. Ежовский, Ю.К. Основы технологии монокристаллов и особо чистых веществ./ Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. - 91с. СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

2. Ежовский, Ю.К. Введение в технологию материалов электронной техники: учебное пособие / Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 108 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

3. Ежовский, Ю.К. Чистые и особо чистые вещества./ Ю.К. Ежовский; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической нанотехнологии и материалов электронной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2010.- 91 с. СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.03.2021). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет;
4. www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3160.html
5. www.studmed.ru/stepin-bd-i-dr

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.
3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий студенту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

С целью более эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины также рекомендуется использовать наглядные пособия и раздаточные материалы. К ним можно отнести:

- национальные стандарты и технические регламенты;
- международные стандарты;
- информационно-рекламную информацию центров по сертификации;
- формы сертификатов соответствия;
- комплект документации для прохождения процедуры сертификации продукции;
- изображения знаков соответствия, принятых в РФ, зарубежных странах;
- образцы отраслевой продукции, маркированной знаками соответствия.

Для более глубокого изучения предмета преподаватель предоставляет студентам информацию о возможности использования интернет-ресурсов по разделам дисциплины. Рекомендуется проведение экскурсии в научный центр метрологии.

10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

10.1 Информационные технологии

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2 Программное обеспечение

Представление лекционного материала:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

10.3 Базы данных и информационные справочные системы

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеofilьмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

12 Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
" Получение монокристаллов, чистых и особо
чистых веществ "**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и гибридных материалов, способах их получения, подходах к выбору материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.	промежуточный
ПК-3	Способен использовать на практике знания о традиционных и новых технологических процессах, способах обработки композиционных и иных материалов, методах контроля качества на этапах получения изделий.	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.4 Знание основных требований по чистоте материалов в заданных условиях его эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности.	Знание основных требований по чистоте материалов в заданных условиях его эксплуатации с учетом требований технологичности. (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-10 к экзамену	Имеет представления о чистоте материалов и сферах их использования	Знает принципы классификации примесей свойства материалов.	Знает принципы действия различных примесей на свойства материалов, в том числе полупроводниковых.
	Знает классификацию чистых и особо чистых веществ и методы их получения (ЗН-2).	Ответы на вопросы №№ 11-12 к экзамену	Имеет представление о некоторых характеристиках чистых и особо чистых веществ.	Знает как оценивать основные характеристики чистых и особо чистых веществ	Знает основные характеристики чистых и особо чистых веществ и области их применения
	Умеет оценить чистоту материала для использования в тех или иных направлениях(У-1).	Ответы на вопросы №№ 13-17 к экзамену	Имеет слабые представления об оценке чистоты материала для практического использования	Имеет представление об оценке чистоты материала для практического использования	Владеет приемами оценки основных характеристик чистых веществ для практического использования в электронике.
	Владеет методами получения монокристаллов и чистых веществ для практического использования (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 18-25 к экзамену	Имеет представление о методах получения монокристаллов и методах очистки веществ.	Владеет методами очистки веществ и монокристаллов для практического использования.	Владеет методами очистки веществ и получения монокристаллов для практического использования в электронике.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.3 Знание основных способов производства чистых веществ и методов контроля качества на этапах получения изделий на их основе.	Знает основные уравнения распределения примесей по объему кристалла для различных методов кристаллизационной очистки (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 25-33 к экзамену	Имеет представления об основных уравнениях распределения примесей по объему кристалла.	Знает основные уравнения распределения примесей по объему кристалла.	Знает выводы основных уравнений распределения примесей по объему кристалла.
	Умеет проводить выбор метода получения монокристалла и его очистки вещества для использования в различных направлениях (У-2).	Ответы на вопросы №№ 34-42	Не умеет проводить выбор метода получения монокристалла и его очистки для практического использования.	Имеет представление о принципах выбора метода получения монокристалла и его очистки для практического использования.	Умеет правильно обосновать выбор метода получения монокристалла и его очистки для практического использования.
	Владеет методиками для выбора методов получения монокристаллов и их очистки для получения материала с заданными свойствами (Н-2)	Ответы на вопросы №№ 43-49	Не владеет методиками выбора методов получения монокристаллов и их очистки для получения материала с заданными свойствами.	Имеет представление о принципах выбора методов получения монокристаллов и их очистки для получения материала с заданными свойствами.	Владеет методиками выбора способов получения монокристаллов и их очистки для получения материала с заданными свойствами.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Критерии оценивания – «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» приведены в таблице 2.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1

1. Понятие чистые вещества. Подходы к оценке чистоты и типы примесей.
2. Классификация веществ высокой чистоты и их маркировка.
3. Физико-химические основы очистки веществ. Энтропия смешения и оценка термодинамических условий разделения смеси веществ.
4. Классификация методов глубокой очистки веществ.
5. Общая характеристика и оценка предельных возможностей метода.
6. Сравнительная характеристика химических и физико-химических методов очистки веществ.
7. Дистилляционные методы. Виды и физико-химическая сущность методов.
8. Методики расчета выхода продуктов по уравнениям реакций.
9. Учет константы устойчивости и произведения растворимости при синтезе комплексных соединений.
10. Виды выражения концентраций.
11. Коэффициент разделения. Теоретическая и экспериментальные оценки коэффициента разделения.
12. Равновесный и неравновесный процесс кристаллизации.
13. Перекристаллизация, определение условий перекристаллизации, фракционная (дробная) перекристаллизация.
14. Эффект высаливания. Фильтрование. Промывка осадка. Высушивание.
15. Перекристаллизация и фильтрование с использованием неводных растворителей.
16. Гидротермальный метод выращивания монокристаллов
17. Однократная и многократная перегонка.
18. Ректификация. Ректификация в тарельчатых и насадочных колоннах.
19. Ректификация под пониженным давлением.
20. Использование ректификационных методов в технологии очистки полупроводниковых материалов.
21. Химические методы глубокой очистки веществ. Их классификация и характерные особенности.
22. Метод химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа-реагента и перенос вещества молекулярной диффузией.
23. Гидридный, хлоридный и карбонильные методы очистки.
24. Метод с использованием металлоорганических соединений.
25. Основные критерии очистки и предельные возможности химических методов.

г) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3

26. Кристаллизационная очистка. Физико-химические основы метода.
27. Зарождение и рост кристаллов. Пересыщение, его физико-химический смысл.
28. Критический зародыш. Определение параметров критического зародыша.
29. Термодинамика гомогенного образования зародышей твердой фазы. Энергия и скорость образования критического зародыша.
30. Механизмы роста кристаллов и формирование граней кристалла .

31. Методы выращивания монокристаллов.
32. Кристаллизация из расплава. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примесей.
33. Метод направленной кристаллизации. Распределение примесей по длине слитка при однократной и многократной направленной кристаллизации.
34. Выращивание монокристаллов тугоплавких соединений.
35. Особенности получения монокристаллов разлагающихся соединений.
36. Классификацию и общую характеристику методов очистки монокристаллов
37. Пределы влияния примесей на свойства веществ.
38. Методы направленной кристаллизации и вытягивания кристаллов из расплавов.
39. Зонная перекристаллизация (плавка). Типы зонной плавки и их использование в технологии полупроводниковых материалов.
40. Распределение примеси по длине слитка после бесконечно большого числа проходов расплавленной зоны (конечное распределение).
41. Зонное замораживание (затвердевание).
42. Противоточная кристаллизация из расплава.
43. Влияние загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ кристаллизационными методами.
44. Безтигельные методы глубокой очистки веществ.
45. Кристаллизация из раствора. Способы осуществления процесса. Коэффициент разделения (сокристаллизации).
46. Фракционированная (дробная) кристаллизация. Противоточная кристаллизация из раствора.
47. Требования к помещениям и оборудованию для очистки веществ.
48. Зависимость процесса глубокой очистки веществ от выбора материала для изготовления химической аппаратуры и степени изоляции от воздушной среды.
49. Методы анализа чистых веществ и критерии выбора.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего и промежуточного контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2016.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.- 38 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.