

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Технология тонких пленок и покрытий

**Код модуля**  
1157988

**Модуль**  
Технологии материалов оптоэлектроники и  
сенсорики

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Виноградова Татьяна Владимировна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и коллоидной химии
2	Марков Вячеслав Филиппович	доктор химических наук, профессор	Заведующий кафедрой	физической и коллоидной химии
3	Маскаева Лариса Николаевна	доктор химических наук, профессор	Профессор	физической и коллоидной химии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

Авторы:

- Маскаева Лариса Николаевна, Профессор, физической и коллоидной химии

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Технология тонких пленок и покрытий**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Расчетная работа	2

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Технология тонких пленок и покрытий**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предьявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-6 -Способен осуществить разработку технологических условий и методик для производства новых материалов	З-1 - Характеризовать методы получения тонких пленок и покрытий П-1 - Иметь практический опыт осаждения тонких пленок У-1 - Обосновывать выбор условий проведения синтеза в зависимости от вида получаемых материалов	Контрольная работа Лабораторные занятия Расчетная работа № 2 Расчетная работа №1 Экзамен
ПК-10 -Способен провести анализ и измерение характеристик новых наноструктурированных материалов	З-2 - Сделать обзор методов получения новых наноструктурированных материалов и измерения их характеристик П-2 - Имеет практический опыт синтеза и измерения характеристик материалов	Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Экзамен

	У-2 - Анализировать результаты измерения характеристик материалов	
ПК-12 -Способен организовать проведение испытаний и работу по освоению производства новых материалов, осуществлять руководство работами по производству новых материалов	З-3 - Характеризовать базовые технологические процессы и технологическое оборудование, используемые в процессе производства новых материалов П-3 - Работая в команде, составлять план проведения эксперимента по синтезу новых материалов У-3 - Формулировать задание на синтез и исследование новых материалов	Лабораторные занятия Экзамен

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.60</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	5,6	40
<i>расчетная работа</i>	5,8	30
<i>расчетная работа</i>	5,10	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		

<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.40</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>выполнение лабораторных работ</i>	5,15	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.

Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

## 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

### 5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Расчет условий образования твердой фазы халькогенидов металлов при гидрохимическом осаждении
  2. Гидрохимический синтез фоточувствительных пленок сульфида свинца
  3. Гидрохимический синтез фоточувствительных пленок твердых растворов замещения  $Cd_xPb_{1-x}S$
  4. Определение толщины бинарных пленок халькогенидов металлов и твердых растворов
  5. Фотоэлектрические свойства тонких пленок сульфидов металлов
  6. Фотоэлектрические свойства тонких пленок сульфидов металлов и твердых растворов на их основе
- LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Физические процессы, лежащие в основе технологий тонких пленок и покрытий электронной техники и энергетики

Примерные задания

1. Какова роль подложки при осаждении пленок? Приведите подложечные материалы, каковы их свойства, какие требования предъявляют к выбору материала подложки.
2. Приведите параметры подложки, оказывающие влияние на структуру и параметры пленочных элементов.
3. Что представляет собой шероховатость поверхности, плоскостность, теплопроводность, термическое расширение, механическая прочность, термическая стойкость, электропроводность, стоимость, химическая стойкость?
4. Какие вы знаете основные источники загрязнений поверхности подложек?
5. Приведите классификацию методов очистки подложки.
6. Что представляет собой физическое обезжиривание?
7. Приведите схему процесса обезжиривания подложек погружением в органический растворитель.
8. Чем отличается химическое обезжиривание от физического?

9. Что такое химическое травление?
  10. Приведите методы контроля степени очистки подложки.
  11. Что собой представляет процесс адсорбции?
  12. Каковы основные отличия физической адсорбции от химической?
  13. Каковы основные стадии конденсации пленок на подложке?
  14. Какие Вам известны механизмы зародышеобразования тонких пленок? Чем они отличаются?
  15. Каковы основные стадии роста пленок? Их особенности.
  16. Что такое коалесценция островков?
  17. Что собой представляют механизмы роста пленок?
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Расчетная работа №1**

Примерный перечень тем

1. Расчет граничных условий образования халькогенида металла гидрохимическим осаждением

Примерные задания



1. Расчет граничных условий образования тонких пленок CdS гидрохимическим осаждением тиомочевинной (аллилтиомочевинной) при использовании в качестве лиганда водного раствора аммиака, цитрата натрия, смеси водного раствора аммиака и цитрата натрия.
2. Расчет граничных условий образования тонких пленок PbS гидрохимическим осаждением тиомочевинной (тиоацетамидом, аллилтиомочевинной) при использовании в качестве лиганда гидроксокомплексов, цитрата натрия, триэтанолamina, этилендиамина.
3. Расчет граничных условий образования тонких пленок CuS гидрохимическим осаждением тиомочевинной (тиосульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда водного раствора аммиака.
4. Расчет граничных условий образования тонких пленок Cu<sub>2</sub>S гидрохимическим осаждением тиомочевинной (тиосульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда ацетата натрия.
5. Расчет граничных условий образования тонких пленок SnS гидрохимическим осаждением тиомочевинной (тиоацетамидом, тиосульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда трилона Б.
6. Расчет граничных условий образования тонких пленок ZnS гидрохимическим осаждением тиомочевинной (тиоацетамидом, тиосульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда водного раствора аммиака, цитрата натрия.
7. Расчет граничных условий образования тонких пленок CdSe гидрохимическим осаждением (селеномочевинной, селеносульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда водного раствора аммиака, цитрата натрия, смеси водного раствора аммиака и цитрата натрия.
8. Расчет граничных условий образования тонких пленок PbSe гидрохимическим осаждением (селеномочевинной, селеносульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда ацетата натрия, цитрата натрия, трилона Б.
9. Расчет граничных условий образования тонких пленок CuSe гидрохимическим осаждением тиомочевинной (селеномочевинной, селеносульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда гидроксилamina, цитрата натрия, аммиака.
10. Расчет граничных условий образования тонких пленок Cu<sub>2</sub>Se гидрохимическим осаждением (селеномочевинной, селеносульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда гидроксилamina, цитрата натрия, аммиака.
11. Расчет граничных условий образования тонких пленок SnSe гидрохимическим осаждением (селеномочевинной, селеносульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда трилона Б, цитрата натрия.
12. Расчет граничных условий образования тонких пленок ZnSe гидрохимическим осаждением (селеномочевинной, селеносульфатом натрия) при использовании в качестве лиганда лиганда трилона Б, цитрата натрия, гидроксилamina.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Расчетная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Расчет долевых концентраций комплексных форм от величины рН в водных растворах « $Me_{1n+} - Me_{2n+} - L_1 - L_2 - H_2O$ » и построение диаграмм распределения

Примерные задания

1. Провести расчет при  $[\text{PbAc}_2] = 0.04$  моль/л,  $[\text{Na}_3\text{Cit}] = 0.4$  моль/л,  $[\text{In}(\text{NO}_3)_3] = 0.01$  моль/л,  $[\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4] = 0.01$  моль/л и  $T = 298$  К.
2. Провести расчет при  $[\text{PbAc}_2] = 0.04$  моль/л,  $[\text{En}] = 0.4$  моль/л,  $[\text{In}(\text{NO}_3)_3] = 0.01$  моль/л,  $[\text{Трилон Б}] = 0.1$  моль/л и  $T = 298$  К.
3. Провести расчет при  $[\text{PbAc}_2] = 0.02$  моль/л,  $[\text{Na}_3\text{Cit}] = 0.3$  моль/л,  $[\text{CuCl}] = 0.01$  моль/л,  $[\text{NaAc}] = 0.7$  моль/л и  $T = 298$  К.
4. Провести расчет при  $[\text{PbAc}_2] = 0.03$  моль/л,  $[\text{Na}_3\text{Cit}] = 0.35$  моль/л,  $[\text{AgNO}_3] = 0.001$  моль/л,  $[\text{NH}_4\text{OH}] = 0.7$  моль/л и  $T = 298$  К.
5. Провести расчет при  $[\text{ZnCl}_2] = 0.03$  моль/л,  $[\text{Na}_3\text{Cit}] = 0.3$  моль/л,  $[\text{AgNO}_3] = 0.02$  моль/л,  $[\text{NH}_4\text{OH}] = 0.7$  моль/л и  $T = 298$  К.
6. Провести расчет при  $[\text{ZnCl}_2] = 0.03$  моль/л,  $[\text{Na}_3\text{Cit}] = 0.3$  моль/л,  $[\text{FeCl}_3] = 0.02$  моль/л,  $[\text{NH}_4\text{OH}] = 0.5$  моль/л и  $T = 298$  К.
7. Провести расчет при  $[\text{ZnSO}_4] = 0.1$  моль/л,  $[\text{Na}_3\text{Cit}] = 0.4$  моль/л,  $[\text{FeCl}_3] = 0.02$  моль/л,  $[\text{NH}_4\text{OH}] = 0.5$  моль/л и  $T = 298$  К.
8. Провести расчет при  $[\text{ZnSO}_4] = 0.1$  моль/л,  $[\text{NH}_4\text{OH}] = 1.0$  моль/л,  $[\text{CuCl}_2] = 0.02$  моль/л,  $[\text{NH}_4\text{OH}] = 0.5$  моль/л и  $T = 298$  К.

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Какова роль планарных технологий в развитии современной техники? Понятия "пленка", "тонкая пленка", "покрытие".
2. Физико-химические принципы организации технологий тонких пленок и покрытий. Основные этапы процесса осаждения тонких пленок и покрытий. Процесс конденсации твердой фазы на подложке, образование зародышей и механизмы роста тонких пленок
3. Роль подложки при осаждении тонких пленок и покрытий. Подложечные материалы, их свойства, требования к выбору материала подложки. Методы подготовки поверхности подложек: механическая, химическая, плазмохимическая и ионная обработка поверхности
4. Методы подготовки поверхности подложек: механическая, химическая, плазмохимическая и ионная обработка поверхности
5. Методы анализа пленок (рентгенографический, нейтронографический, энерго-дисперсионный, КР-спектроскопия, оптическая и сканирующая микроскопия). Измерение толщин пленок (оптический метод, микроинтерферометрия)
6. Физические процессы, лежащие в основе технологии получения тонких пленок и покрытий полупроводниковых материалов термическим вакуумным испарением. Способы нагрева и конструкции испарителей. Испарение сплавов и соединений. Загрязнения в пленках и требования к вакууму. Преимущества и недостатки метода
7. Физические процессы, лежащие в основе ионного вакуумного распыления. Взаимодействие ионов с поверхностью. Отражение от поверхности. Имплантация газовых ионов. Преимущества и недостатки метода
8. Катодное вакуумное распыление. Газовый разряд, его типы, тлеющий разряд, распределение параметров плазмы по длине. Энергии ионов в темном катодном пространстве. Зависимость энергии распыленных атомов от катодного потенциала
9. Высокочастотное распыление. Магнетронное распыление. Электроны в электрическом и магнитном полях. Типы и характеристики магнетронных распылительных систем. Реактивное ионно-плазменное напыление. Реакции в газовой фазе
10. Лазерное испарение. Взаимодействие лазерных пучков с поверхностью материалов. Испарение материалов под действием лазеров. Импульсное лазерное испарение
11. Процессы, лежащие в основе химического осаждения из газовой фазы тонкопленочных материалов и покрытий в электронной технике и энергетике. Пиролиз, реакции восстановления, окисления и т. д. Пиролиз при распылении жидкофазной реакционной смеси. Синтез тонких пленок и покрытий из металлоорганических соединений.
12. Электрохимические методы формирования пленок. Условия его проведения. Электролитический способ осаждения пленок. Металлизация. Электрофоретический метод формирования покрытий.
13. Гидрохимический метод осаждения тонких пленок и покрытий. Необходимые условия для его проведения. Осаждение тонкопленочных покрытий халькогенидов металлов. Халькогенизаторы. Существующие представления о механизме взаимодействия тио-, селеномочевины с солями тяжелых металлов. Комплексообразующие агенты. Расчет

доли незакомплексованных ионов металлов в растворе. Граничные и равновесные условия образования халькогенидов металлов.

14. Химическое соосаждение халькогенидов металлов с целью синтеза твердых растворов. Изоморфные условия образования твердых растворов замещения. Вклад кафедры физической и коллоидной химии УрФУ в развитие гидрохимического метода осаждения тонкопленочных покрытий.

15. Понятие эпитаксии. Виды эпитаксий и их особенности: автотаксия, гетеротаксия, хемотаксия, реотаксия. Классификация эпитаксиальных процессов: газофазный, жидкофазный, твердофазный, эпитаксия в системе пар-жидкость-кристалл. Метод газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии.

16. Обзор основных теоретических подходов к исследованию эпитаксиальных процессов формирования тонких пленок и покрытий. Основные процессы зародышеобразования на поверхности твердых тел. Равновесная концентрация атомов и пересыщение.

17. Кинетика начальной стадии формирования тонких пленок и покрытий. Понятие о критическом размере островка и активационном барьере нуклеации. Средний размер и поверхностная плотность островков. Иерархия временных масштабов процесса конденсации тонких пленок. Слияние островков и образование сплошной пленки и покрытия.

18. Монослойные и многослойные пленки. Основы теории формирования многослойных пленок и покрытий.

19. Влияние условий роста на морфологию поверхности тонких пленок. Формирование гетероструктур и сверхрешеток. Технологии наращивания эпитаксиальных слоев кремния, соединений АЗВ5.

20. Области применения тонкопленочных материалов и покрытий, основные достоинства детекторов оптического излучения на их основе. Виды фоточувствительных тонкопленочных материалов и их классификация по спектральному диапазону чувствительности. Фоточувствительные материалы для инфракрасного диапазона спектра.

21. Технологии выращивания покрытий кремния, германия, свойства и применение изделий оптоэлектроники на их основе.

22. Тонкопленочные покрытия А2В6, А4В6 АЗВ5, получение, свойства, области применения. Тонкие пленки, получение, свойства, области применения.

23. Пленки твердых растворов замещения на основе халькогенидов металлов, основные свойства и области применения.

24. Материалы для преобразователей солнечного излучения (кремний, халькогениды кадмия, индий-медь-селен и др.). Достижения кафедры физической и коллоидной химии УрФУ в развитии технологии тонкопленочного синтеза материалов ИК-техники.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
---	---------------------------------	--	-------------	---------------------	----------------------------------

Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-6	У-1 П-1	Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Расчетная работа № 2 Расчетная работа №1 Экзамен
			ПК-10	П-2	