

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и нанoeлектроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Современные методы исследования поверхности полупроводников**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д. Баринов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д.
Баринов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зезин Д.А.
	Идентификатор	Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73

Д.А. Зезин

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

ИД-1 Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники

2. ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

ИД-2 Демонстрирует знание методов контроля производства и исследования полупроводниковых структур

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации:

1. Расчётное задание по теме "Рентгеноспектральный микроанализ" (Расчётно-графическая работа)

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа по теме: «Ионная спектроскопия» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа по теме: «Электронная спектроскопия» (Контрольная работа)

3. Опрос по теме "Перспективные методы исследования" (Проверочная работа)

4. Опрос по теме "Проблемы физики поверхности" (Проверочная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Расчётное задание по теме "Резерфордовское обратное рассеяние" (Расчётно-графическая работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	2	6	8	12	15	15
Фундаментальные и прикладные проблемы физики поверхности твёрдого тела							
Поверхность		+					

Вакуум	+					
Классификация аналитических методов исследования поверхности	+					
Ионная спектроскопия						
Методы ионной спектроскопии		+	+			
Масс-спектроскопия вторичных ионов		+	+			
Электронная и рентгеновская спектроскопии						
Методы электронной спектроскопии				+	+	
Методы рентгеновской спектроскопии				+	+	
Перспективные методы анализа. Сравнительный анализ методов						
Перспективные методы анализа						+
Вес КМ:	5	25	20	25	20	5

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-1	ИД-1 _{ОПК-1} Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники	Знать: перспективные методы исследования	Опрос по теме "Перспективные методы исследования" (Проверочная работа)
ПК-1	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники		
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует знание методов контроля производства и исследования полупроводниковых структур	Знать: физические основы и аппаратную реализацию ионных методов исследования поверхности полупроводников и тонких плёнок физические основы и аппаратную реализацию электронных и	Опрос по теме "Проблемы физики поверхности" (Проверочная работа) Контрольная работа по теме: «Ионная спектроскопия» (Контрольная работа) Расчётное задание по теме "Резерфордовское обратное рассеяние" (Расчётно-графическая работа) Контрольная работа по теме: «Электронная спектроскопия» (Контрольная работа) Расчётное задание по теме "Рентгеноспектральный микроанализ" (Расчётно-графическая работа)

		рентгеновских методов исследования поверхности полупроводников и тонких плёнок проблемы физики поверхности Уметь: проводить анализ и расчёт параметров для ионной спектроскопии проводить анализ и расчёт параметров для электронной и рентгеновской спектроскопий	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Опрос по теме "Проблемы физики поверхности"

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 5

Процедура проведения контрольного мероприятия: В билете несколько вопросов, на которые студенту требуется ответить. Время проведения работы - 45 минут

Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: проблемы физики поверхности	1.Какие проблемы физики поверхности Вы можете привести в качестве примера в области оптоэлектроники? 2.Какие проблемы физики поверхности Вы можете привести в качестве примера в области газовой сенсорики? 3.Почему исследование поверхности в основном проводят в сверхвысоком вакууме?
------------------------------------	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Контрольная работа по теме: «Ионная спектроскопия»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: В билете 4 вопроса: три теоретических и один практический. Теоретическую часть студент пишет на бумаге, а практическую решает с использованием компьютера

Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы билета

Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические основы и аппаратную реализацию ионных методов исследования поверхности полупроводников и тонких плёнок	1. <i>Дифференциальным сечением рассеяния</i> называют Чем оно отличается от <i>полного сечения рассеяния</i>? 2. Почему чувствительность к тяжёлым элементам в спектроскопии ионного рассеяния выше, чем к лёгким? 3. Поясните принцип работы квадрупольного масс-анализатора. 4. Что называют явлением <i>затенения</i> и «<i>конусом тени</i>» в спектроскопии ионного рассеяния? 5. Чем обусловлена поверхностная чувствительность в спектроскопии рассеяния медленных ионов (СРМИ)? 6. Поясните принцип работы время-пролётного масс-анализатора. 7. Поясните принцип работы электростатического анализатора. 8. Почему количественный анализ в методе вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС) затруднителен? 9. <i>Прицельным параметром</i> называют Угол рассеяния будет выше у частицы, летящей с большим или меньшим прицельным параметром? Поясните ответ. 10. Поясните принцип работы магнитного масс-анализатора. 11. С чем связано наличие ограничения применения формулы Резерфорда для сечения рассеяния при низких и высоких энергиях? 12. Что называют «<i>каналированием</i>»?
Уметь: проводить анализ и расчёт параметров для ионной спектроскопии	1. Оцените минимальное поверхностное содержание бора (атом/см²) в монокристаллическом кремнии, определяемое методом резерфордовского обратного рассеяния (РОР), которое может быть обнаружено с помощью детектора площадью 1 см², расположенного под углом рассеяния 170° на расстоянии 5 см от мишени. Считать, что порог регистрации составляет 100 событий в час (ионов в час); величина тока ионов ⁴He⁺ с энергией 1,5 МэВ равна 10 мкА (плотность тока 10 мА/см²). Сравните полученный результат с плотностью атомов монослоя (порядка 10¹⁵ атом/см²) – во сколько раз больше или меньше. <i>Обратите внимание: длительность проведения эксперимента неизвестна. Для удобства рекомендуется изобразить схему эксперимента.</i> 2. На ситалловую подложку нанесли плёнку аморфного кремния <i>a</i>-Si толщиной 0,5 мкм. Поверхность плёнки бомбардируют ионами ¹⁶O⁺ и

	40Ar⁺ с энергией 50 кэВ. Достигнут ли ионы подложки? Плотность аморфного кремния принять равной 2,33 г/см³. Для удобства рекомендуется изобразить схему эксперимента. 3. Оцените скорость потерь энергии [эВ/Å] и сечение торможения ϵ [эВ·см²/(1015 ат)] для ионов 4He⁺ с энергией 1 МэВ в соединении SiGe, нанесённом на кремниевую подложку. Какую энергию будут иметь обратно рассеянные от атомов поверхности подложки ионы при толщине плёнки 0,1 мкм (угол рассеяния 170°)? Плотность мишени принять равной 3,83 г/см³. Для удобства рекомендуется изобразить схему эксперимента. 4. Поверхность антимонида индия InAs бомбардируют ионами аргона 40Ar⁺ с энергией 3 кэВ при плотности тока 7 мкА/см². Время травления составляет 5 минут. Определите толщину протравленного слоя. Энергию связи атомов с поверхностью принять равной 3 эВ. Плотность InAs принять равной 5,8 г/см³, молярную массу – 236,6 г/моль. Поправочный множитель α принять равным 0,25. При расчёте коэффициента S_n рекомендуется использовать усреднённые массы и заряды для параметров мишени. Для удобства рекомендуется изобразить схему эксперимента.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Расчётное задание по теме "Резерфордовское обратное рассеяние"

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задание выполняется на компьютере

Краткое содержание задания:

Ионы гелия 4He⁺ с энергией 2 МэВ бомбардируют поверхность плёнки толщиной t , мкм, покрытой с обеих сторон монослоем металла (наличием подложки пренебречь).

Выполнить:

1. Постройте кривые зависимости сечения торможения от энергии иона для каждого из элементов плёнки, а также для материала самой плёнки на одном графике в диапазоне энергий от 0,5 до 3 МэВ.
2. Постройте спектр обратного рассеяния, укажите особенности спектра (начало, конец, высоту и ширину).

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить анализ и расчёт параметров для ионной спектроскопии	1. Постройте спектр обратного рассеяния
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Контрольная работа по теме: «Электронная спектроскопия»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: В билете 4 вопроса: три теоретических и один практический. Теоретическую часть студент пишет на бумаге, а практическую решает с использованием компьютера

Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы билета

Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические основы и аппаратную реализацию электронных и рентгеновских методов исследования поверхности полупроводников и тонких плёнок	1. Электронный пучок с энергией E_0 взаимодействует с поверхностью твёрдого тела. Как выглядит энергетический спектр электронов, образовавшихся в результате взаимодействия? Нарисуйте его и поясните. (10 баллов) 2. С чем связано повышенное разрешение электронного микроскопа по сравнению с оптическим микроскопом? (15 баллов) 3. Поясните, по какой причине Оже-электронная спектроскопия обладает поверхностной чувствительностью и чувствительностью к лёгким элементам? (25 баллов) 4. Поясните, с какой целью в Оже-электронной
---	---

	спектроскопии проводят дифференцирование спектра? (15 баллов) 5.Поясните, по какой причине рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия обладает поверхностной чувствительностью? (25 баллов) 6.Какие Оже-переходы называют <i>переходами Костера-Кронига</i>? С чем связано увеличение ширины их спектральной линии по сравнению с обычными ССС Оже-переходами? Поясните, что такое <i>ССС Оже-переход</i>? (15 баллов) 7.Поясните, чем определяется форма Оже- и фотоэлектронного спектров при исследовании валентной зоны полупроводникового соединения? Какую информацию и почему можно получить, проводя это исследование? (25 баллов) 8.Нарисуйте схематически и поясните принцип работы детектора вторичных электронов типа Эверхарта-Торнли. (15 баллов) 9.С чем связано затруднение при количественном анализе лёгких элементов методом рентгеноспектрального микроанализа? (25 баллов)
Уметь: проводить анализ и расчёт параметров для электронной и рентгеновской спектроскопий	1.Элементный состав диэлектрической мишени SixNy исследуют методом рентгеноспектрального микроанализа. Для этого поверхность облучают электронным пучком с энергией 5 кэВ и интенсивностью I_0. Детектор располагается под углом 45° к поверхности мишени. Для минимизации эффекта зарядки на поверхность напылили слой Al толщиной 10 нм. Определите, во сколько раз изменилась после напыления интенсивность рентгеновской линии SiKα? (50 баллов) 2.Методом рентгеноспектрального микроанализа исследуют элементный состав плёнки SixGe1-x, Определите параметр x и запишите химическую формулу материала плёнки, если отношение интенсивностей линий SiKα и GeKα составляет 1:44. Указание: долю регистрируемых квантов считать одинаковой для обоих элементов, пренебречь поглощением рентгеновского излучения в окне детектора. (50 баллов) 3.Определите, возможны ли переходы KL1L3 для He, Li, C, O, Si, W при облучении их электронным пучком с энергией 2 кэВ? Поясните ответ. (50 баллов) 4.Какова величина средней длины свободного пробега электрона с энергией 200 эВ и 2000 эВ в плёнке Au? Определите, при какой толщине плёнки интенсивность прошедших электронов уменьшится в 10 раз по отношению к падающим. Указание: считать, что энергию электрон теряет только на возбуждение плазмонов. (50 баллов)

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Студент не набрал необходимого количества баллов

КМ-5. Расчётное задание по теме "Рентгеноспектральный микроанализ"

Формы реализации:

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задание выполняется на компьютере

Краткое содержание задания:

Проводится рентгеноспектральный анализ мишени бинарного соединения AnBm .

1. Подобрать энергию пучка электронов исходя из величины перенапряжения для K-, L- или M-уровня тяжёлого элемента, но не более 20 кэВ.

2. Рассчитать массовый коэффициент поглощения.

3. Оценить глубину генерации рентгеновского излучения.

4. Рассчитать k-отношение и отношение интенсивностей рентгеновских линий каждого элемента.

5 (доп.). Для каждого элемента мишени построить графики зависимости массового коэффициента поглощения от энергии рентгеновского излучения в диапазоне от 1 до 30 кэВ.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить анализ и расчёт параметров для электронной и рентгеновской спектроскопий	1. Определите параметры рентгеноспектрального микроанализа
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-6. Опрос по теме "Перспективные методы исследования"

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 5

Процедура проведения контрольного мероприятия: В билете несколько вопросов, на которые студенту требуется ответить. Время проведения работы - 45 минут

Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: перспективные методы исследования	1.Какую информацию можно получить при исследовании атомно-силовой микроскопией? 2.Какую информацию можно получить при исследовании сканирующей туннельной микроскопией? 3.Какую информацию можно получить при исследовании спектроскопией характеристических потерь энергии электронами?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

В плёнку аморфного углерода a -C вводится молибден Mo. Известно, что этот переходный металл образует два карбида: **MoC** и **Mo₂C**. У Вас есть возможность исследования плёнки методами резерфордовского обратного рассеяния (РОР), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА). Каким из этих методов исследования Вы можете установить наличие в плёнке вида карбида молибдена (определить химическое состояние молибдена) и почему?

Процедура проведения

Задание выполняется не более 20 мин. После подготовки происходит беседа с оцениванием аргументации решения задания.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ОПК-1} Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники

Вопросы, задания

1. В плёнку аморфного углерода a -C вводится молибден Mo. Известно, что этот переходный металл образует два карбида: **MoC** и **Mo₂C**. У Вас есть возможность исследования плёнки методами резерфордовского обратного рассеяния (РОР), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА). Каким из этих методов исследования Вы можете установить наличие в плёнке вида карбида молибдена (определить химическое состояние молибдена) и почему?

2. На поверхности серебра при температуре 300 К на воздухе происходит адсорбция атомов кислорода. Перед Вами стоит задача определения механизма роста слоя адсорбата (как атомы кислорода взаимодействуют с атомами серебра на поверхности, какие химические связи образуют и пр.). Каким из предложенных методов исследования Вы воспользуетесь: ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС), резерфордовское обратное рассеяние (РОР) или рентгеноспектральный микроанализ (РСМА)? Почему?

3. Плёнка аморфного углерода a -C гидрогенизируется (a -C:H). У Вас есть возможность исследования плёнки методами вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА). Каким из этих методов исследования Вы можете установить наличие и концентрацию атомов водорода в плёнке и почему?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Метод резерфордовского обратного рассеяния может дать информацию о ...

Ответы:

элементном составе

химическом составе

Верный ответ: элементном составе

2. Информацию о химическом составе на основе химического сдвига может дать ...

Ответы:

спектроскопия Резерфордовского обратного рассеяния

дифракция быстрых электронов

рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

Верный ответ: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

3. Информацию о структуре материала (аморфный, поликристаллический или монокристаллический) может дать ...

Ответы:

же-электронная спектроскопия

дифракция электронов

вторичная ионная масс-спектрометрия

Верный ответ: дифракция электронов

4. Фотоэлектроном называют вылетевший с энергетического уровня в результате ...

Ответы:

ударной ионизации

взаимодействия с электромагнитным излучением

Верный ответ: взаимодействия с электромагнитным излучением

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Демонстрирует знание методов контроля производства и исследования полупроводниковых структур

Вопросы, задания

1. Перед Вами стоит задача определения кристаллической структуры материала: монокристалл, поликристалл или аморфный. Есть возможность использовать спектроскопию рассеяния медленных ионов (СРМИ), дифракцию медленных электронов (ДМЭ) или рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию (РФЭС). Каким методом Вы воспользуетесь и почему?

2. В плёнку аморфного углерода α -C вводится хром Cr. Известно, что этот металл образует несколько карбидов: Cr_3C_2 , Cr_7C_3 и Cr_{23}C_6 . У Вас есть возможность исследования плёнки методами Резерфордовского обратного рассеяния (РОР), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА). Каким из этих методов исследования Вы можете установить наличие в плёнке того или иного вида карбида хрома (определить химические связи) и почему?

3. При создании фотоприёмников на основе селенида свинца PbSe фоточувствительный слой отжигается в атмосфере йода и кислорода $\text{I}_2 + \text{O}_2$. Перед Вами стоит задача определения вхождения йода в структуру материала (образование химических связей). Вы можете использовать рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию (РФЭС), дифракцию быстрых электронов (ДБЭ) или вторичную ионную масс-спектрометрию (ВИМС). Каким методом и почему Вы воспользуетесь?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Информацию о содержании кислорода в материале может дать ...

Ответы:

вторичная ионная масс-спектрометрия

же-электронная спектроскопия

атомно-силовая микроскопия

Верный ответ: вторичная ионная масс-спектрометрия

2. Информацию о расположении атомов на поверхности материала может дать ...

Ответы:

атомно-силовая микроскопия

рентгеновская фото-электронная спектроскопия
спектроскопия рентгеновского поглощения

Верный ответ: атомно-силовая микроскопия

3. Коллективные колебания электронного газа называют квазичастицами ...

Ответы:

плазмоны

фотоны

фононы

Верный ответ: плазмоны

4. Поверхностной чувствительностью обладает ...

Ответы:

рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

рентгеноспектральный микроанализ

спектроскопия рентгеновского поглощения

Верный ответ: рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

5. Большой разрешающей способностью обладает метод картирования элементного состава в просвечивающем электронном микроскопе метод ...

Ответы:

рентгеноспектрального микроанализа

спектроскопии характеристических потерь энергии электронами

Верный ответ: спектроскопии характеристических потерь энергии электронами

6. Исследование поверхности различными методами проводится в условиях ...

Ответы:

сверхвысокого вакуума

низкого вакуума

атмосферы

Верный ответ: сверхвысокого вакуума

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу