

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

А. Г. Коротаев

Оценочные материалы по дисциплине

Методы исследований параметров материалов и структур

по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:

Материалы и устройства функциональной электроники и фотоники

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.А. Прудаев

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 Способен применять современные информационные технологии, использовать компьютерные сети и программные продукты для решения задач профессиональной деятельности..

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач в области радиофизики и электроники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 3.1 Осуществляет поиск научно-технической информации с использованием информационных технологий

ИПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники

ИПК 3.2 Проводит измерения с использованием современных устройств и систем для решения профессиональных задач

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тесты;
- лабораторные работы;
- презентации на семинарах.

В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: ИОПК-3.1 (Осуществляет поиск научно-технической информации с использованием информационных технологий), ИПК-3.1 (Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники), ИПК-3.2 (Проводит измерения с использованием современных устройств и систем для решения профессиональных задач).

Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов (тестов)

1. Что описывает уравнение непрерывности?
2. Какова причина отклонения носителей заряда от прямолинейного движения при одновременном воздействии на полупроводник взаимно перпендикулярных электрического и магнитного полей?
3. Зондовые методы измерения удельного сопротивления?
4. Какие методы используются для определения структуры и состава полупроводниковых кристаллов?
5. В чем заключается метод бесконтактного измерения удельного сопротивления?
6. В чем заключается метод зонда Кельвина?
7. Какие параметры ловушек в полупроводнике вы знаете, какие есть методы для их определения?
8. В чем заключается явление оже-рекомбинации?
9. Какие основные параметры есть у биполярного и полевого транзистора?
10. Какими параметрами и как определяется величина барьера “металл-полупроводник”?
11. Чем определяется емкость $p-n$ -перехода?
12. В чем отличие принципа работы дисперсионного и Фурье-спектрометра?
13. Какая величина непосредственно измеряется в оптическом методе «накачка-зонд» для определения времени жизни неравновесных носителей заряда?

14. Чем определяется сдвиг частоты зондирующего излучения в рамановском спектрометре?
15. Что такое двулучепреломление и как можно его измерить?
16. Какие методы позволяют находить кристаллографическую ориентацию кристаллов?
17. Каков механизм влияния симметрии кристаллической решетки на регистрируемую дифракционную картину рентгеновских лучей?
18. На чем основан метод дифференциального термического анализа?
19. В чем отличие конструкций спектрометра и эллипсометра?
20. Основные методы ионной спектроскопии.
21. Спектроскопия обратного рассеяния.
22. Определение распределения по глубине с помощью POP.
23. Каналирование ионов высокой энергии.
24. Вторичная ионная масс-спектрометрия.
25. Селективное травление. Ионное перемешивание.
26. Физические основы электронной спектроскопии.
27. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.
28. Электронная Оже-спектроскопия.
29. Спектроскопия потенциала появления. Пороговые методы.
30. Электронный микроанализ.
31. Растровая электронная спектроскопия.
32. Дифракционные методы исследования поверхности.
33. Основные физические явления, лежащие в основе ядерных методов анализа.
34. Активационный анализ.
35. Мгновеннорadiационный анализ.
36. Метод резонанса.
37. Электрон-позитронная спектроскопия.
39. Туннельный микроскоп.
40. Атомно-силовая микроскопия.
- 41.. Вольт-фарадные измерения.
- 42.. Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней
43. Влияние глубоких центров на свойства полупроводниковых микроструктур.
44. Спектроскопия адмиттанса.
45. Спектроскопия низкочастотных шумов.

Контрольные вопросы для лабораторных занятий:

1. Что метод компенсации при измерении удельного сопротивления?
2. Запишите уравнение движения носителя заряда в полупроводнике в поле электромагнитной волны?
3. Опишите принцип работы оптического спектрометра.
4. Какие нужно провести измерения для получения спектра отражения полупроводника?
5. Как провести расчет подвижности носителей заряда на основе полученных данных (гальваномагнитные методы)?
6. Как связана плазменная частота с концентрацией носителей заряда в полупроводнике?

Примерные темы семинарских занятий:

1. Зондовые методы измерения удельного сопротивления
2. Бесконтактные методы измерения удельного сопротивления.

3. Методы измерения подвижности и концентрации равновесных носителей заряда.
4. Методы измерения времени жизни неравновесных носителей заряда.
5. Методы измерения диффузионной длины неравновесных носителей заряда.
6. Методы измерения дрейфовой подвижности носителей заряда.
7. Методы измерения параметров полупроводниковых структур, основанные на применении фотолюминесценции и методики «накачка-зонд» (pump-probe).
8. Оптические методы измерения параметров полупроводниковых структур.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: ИПК-3.1 (Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники).

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Четырехзондовый и двухзондовый методы измерения удельного сопротивления полупроводников. Особенности применения для тонких слоев и пластин с проводящими и изолирующими границами.
2. Метод сопротивления растекания точечного контакта. Представление о высокочастотных бесконтактных методах измерения удельного сопротивления.
3. Метод Ван дер Пау измерения удельного сопротивления тонких пластин.
4. Определение концентрации и подвижности носителей заряда из измерений эффекта Холла и магниторезистивного эффекта.
5. Определение концентрации и подвижности носителей заряда на основе плазменного резонанса.
6. Измерения времени жизни, диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации носителей заряда методом подвижного светового зонда.
7. Измерения времени жизни и диффузионной длины носителей заряда методом модуляции проводимости в точечном контакте.
8. Измерения времени жизни и диффузионной длины носителей заряда методом подвижного светового зонда.
9. Измерения времени жизни носителей заряда по спектрам фотопроводимости.
10. Измерения диффузионной длины и скорости поверхностной рекомбинации носителей заряда по спектрам возбуждения и излучения фотолюминесценции.
11. Измерение параметров глубоких ловушек методом токов термостимулированной деполаризации.
12. Релаксационная спектроскопия глубоких уровней.
13. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия.
14. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ.
15. Вторичная ионная масс-спектроскопия. Спектроскопия рассеянных ионов. Электронная оже-спектроскопия.
16. Измерение толщины тонких слоев. Принцип работы прибора МИИ-4. Эллипсометрия.
17. Сканирующая зондовая микроскопия. Методы СТМ и АСМ.
18. Сканирующая зондовая микроскопия. Представления о ЭСМ, МСМ и ближнепольной оптической микроскопии.
19. Основные параметры выпрямительных диодов и схемы их измерения.
20. Основные параметры биполярных транзисторов и схемы их измерения.
21. Основные параметры полевых транзисторов и схемы их измерения.
22. Оптические константы полупроводников и методы их измерения.

23. Дифференциальный термический анализ. Атомно-адсорбционная спектроскопия. Масс-спектрометрия.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче экзамена. Результаты экзамена определяются оценками согласно таблице.

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач в области радиофизики и электроники.	ИПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники	Не имеет представления о физических принципах работы устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники	Имеет общее представление о принципах работы устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники	Описывает физические принципы работы устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники	Уверенно и детально описывает принцип действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Вопросы теста для оценки остаточных знаний по дисциплине
(верные ответы выделены курсивом)

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Что лежит в основе формулы для расчета удельного сопротивления в четырехзондовом методе измерения?	а) уравнения Максвелла. б) <i>формула для расчета распределения потенциала, создаваемого током через точечный контакт.</i> в) уравнение непрерывности.
2	Можно ли применить четырехзондовый метод измерения для определения удельного сопротивления толстого образца с боковой гранью, запыленной слоем металла?	а) нет. б) да. в) <i>да, с учетом поправочных функций.</i>
3	Зачем проводятся измерения при разных направлениях тока через образец и магнитного поля при измерении	а) чтобы набрать выборку данных для статистической обработки. б) для размагничивания образца.

	холловского напряжения?	<i>в) чтобы исключить влияние побочных гальваномагнитных эффектов и напряжения неэквивипотенциальности.</i>
4	Какой метод позволяет определять частоты фононных колебаний?	а) рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. б) <i>спектроскопия комбинационного рассеяния.</i> в) эллипсометрия.
5	Какие параметры полупроводника можно определить, измеряя сдвиг фазы фотолюминесценции?	а) <i>время жизни неравновесных носителей заряда.</i> б) подвижность носителей заряда. в) квантовый выход фотолюминесценции.
6	Изменение какой физической величины регистрируется сканирующим туннельным микроскопом для определения расстояния до поверхности образца?	а) <i>туннельного тока.</i> б) поверхностного потенциала. в) удельного сопротивления.
7	На основании измерения каких величин происходит идентификация химического состава образца в масс-спектрометрии?	а) массы ионов. б) подвижности носителей заряда. в) <i>отношения массы к заряду.</i>
8	Для анализа каким методом исследования готовятся угольные реплики поверхности образца?	а) дифференциальным термическим анализом. б) рентгеноструктурным анализом. в) <i>просвечивающей электронной микроскопией.</i>
9	Важным параметром какого полупроводникового прибора является максимальное обратное напряжение при заданной величине обратного тока?	а) полевого транзистора. б) тиристора. в) <i>выпрямительного диода.</i>
10	В какую цепь следует включить амперметр для измерения обратного тока эмиттера биполярного транзистора?	а) <i>в цепь эмиттера.</i> б) в цепь коллектора. в) между эмиттером и коллектором.
11	Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния это?	а) ионная спектроскопия низких энергий (1-20 кэВ) б) ионная спектроскопия средних энергий (20-200 кэВ) в) <i>ионная спектроскопия высоких энергий (200 кэВ-2 МэВ)</i>
12	В каком методе первичный пучок это пучок фотонов?	а) <i>Фотоэлектронная спектроскопия</i> б) Оже-спектроскопия в) Туннельная микроскопия
13	Какой метод позволяет проводить электронную спектроскопию химического анализа?	а) <i>Фотоэлектронная спектроскопия</i> б) Оже-спектроскопия в) Рентгеноспектральный микроанализ
14	Как определяется распределение примеси по глубине с помощью POP?	а) Послойное травливание тонких слоев материала б) <i>Учитывая потери энергии ионов при прохождении материала</i> в) Величиной пиков распределения обратно-рассеянных ионов
15	Метод позволяющий определить	а) Активационный анализ

	распределение примеси по глубине образца?	б) Мгновеннорадиационный анализ в) <i>Метод резонанса</i>
16	Когда наблюдается ионное перемешивание?	а) Резерфордовское обратное рассеяние б) При каналирование высоко-энергетических ионов в) <i>При распылении поверхности тяжёлыми низкоэнергетическими ионами</i>
17	Что является источником в РФЭС?	а) <i>На основе электронной бомбардировки мишеней Mg и Al</i> б) Ртутная лампа в) Синхротронное излучение
18	Правило Брэгга:	а) Зависимость потерь энергии от массы иона б) <i>Тормозная способность вещества, в чей состав входят несколько химических элементов, есть линейная комбинация тормозных способностей этих элементов</i> в) График зависимости удельных ионизационных потерь от расстояния, пройденного заряженной частицей в веществе
19	Какие частицы регистрируются в методе ВИМС?	а) Рассеянные первичные легкие ионы б) <i>Распыленные ионы материала</i> в) Продукты реакции ядер с легкими ионами
20	Какие частицы регистрируются в методе ЭОС?	а) Рассеянные первичные легкие ионы б) Распыленные ионы материала в) <i>Оже-электроны</i>

Информация о разработчиках

Прудаев Илья Анатольевич, Радиофизический факультет ТГУ, доцент.

Коханенко Андрей Павлович, Радиофизический факультет ТГУ, профессор.