



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

(подпись)

Патрушева О.В.

(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента ядерных технологий

(подпись)

Патрушева О.В.

(И.О. Фамилия)

«15» февраля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Методы прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников  
по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов,  
профиль «Материаловедение и управление свойствами материалов»  
Форма подготовки очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» утвержденного приказом Минобрнауки России от 02 июня 2020 г. № 701

И.о. директора Департамента ядерных технологий к.х.н. О.В. Патрушева.

Составитель: к.ф.-м.н. Штарев Д.С.

Владивосток  
2023

Оборотная сторона титульного листа РПД

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Департамента ядерных технологий, протокол от «11» февраля 2023 г. № 06.

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

## **Аннотация дисциплины**

### *Методы прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников*

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц / 180 академических часа. Является дисциплиной обязательной части ОП, формируемой участниками образовательных отношений, изучается на 4 курсе в 8 семестре и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 30 часов, практических – 20 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – 130 часа, из которых 27 часов выделено на экзамен

*Язык реализации: русский.*

**Цель:** освоение современных экспериментальных и теоретических методов прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников

#### **Задачи:**

- изучить теорию фотовозбуждения полупроводников;
- освоить методы определения механизмов протекания фотостимулированных процессов;
- познакомиться с экспериментальными методиками определения фотоактивности полупроводников;
- получить представления о способах предсказания фотоактивности полупроводников исходя их зонной структуры.

Для успешного изучения дисциплины «Методы прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников» у обучающихся должны быть сформированы предварительные компетенции:

- способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);
- способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);

- способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств (ОПК-5).

Полученные навыки при изучении дисциплины могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют формирование следующих компетенций, индикаторов достижения компетенций:

Тип задач	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Технологический	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения задач получения и контролю качества материалов, участвовать в обеспечении работ по производству новых материалов	ПК-3-2. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	Знает технику эксперимента по оценке фотоактивности полупроводниковых материалов Умеет проводить экспериментальное исследование фотоактивности полупроводниковых материалов Владеет методами оценки фотоактивности полупроводниковых материалов
	ПК-4 способен использовать на производстве знания о типах современных материалов, традиционных и новых технологических процессах, и операциях в области материаловедения	ПК-4-1. Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает методы получения фотоактивных полупроводниковых материалов Умеет управлять морфологией получаемых фотоактивных полупроводниковых материалов Владеет методами повышения фотоактивности полупроводниковых материалов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цель:** освоение современных экспериментальных и теоретических методов прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников

**Задачи:**

- изучить теорию фотовозбуждения полупроводников;
- освоить методы определения механизмов протекания фотостимулированных процессов;
- познакомиться с экспериментальными методиками определения фотоактивности полупроводников;
- получить представления о способах предсказания фотоактивности полупроводников исходя их зонной структуры.

Для успешного изучения дисциплины «Методы прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников» у обучающихся должны быть сформированы предварительные компетенции:

- способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);
- способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);
- способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств (ОПК-5).

Полученные навыки при изучении дисциплины могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Технологический	ПК-3 Способен выбирать технические средства и методы испытаний	ПК-3-2. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач	Знает технику эксперимента по оценке фотоактивности полупроводниковых материалов Умеет проводить экспериментальное

	для решения задач получения и контролю качества материалов, участвовать в обеспечении работ по производству новых материалов		исследование фотоактивности полупроводниковых материалов Владеет методами оценки фотоактивности полупроводниковых материалов
	ПК-4 способен использовать на производстве знания о типах современных материалов, традиционных и новых технологических процессах, и операциях в области материаловедения	ПК-4-1. Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает методы получения фотоактивных полупроводниковых материалов Умеет управлять морфологией получаемых фотоактивных полупроводниковых материалов Владеет методами повышения фотоактивности полупроводниковых материалов

## 2. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц 180 академических часа).

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Тема 1. Способы предсказания	7	4	-	-	-	10	27	Экзамен

	фотоактивности полупроводников исходя их зонной структуры								
2	Тема 2. Теория фотовозбуждения полупроводников	7	8	-	-		10		
3	Тема 3. Методы определения механизмов протекания фотостимулированных процессов	7	8		10		25		
4	Тема 4. Экспериментальные методики определения фотоактивности полупроводников	7	10		10		28		
	Итого:		30		20	-	103	27	

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

#### **Лекционные занятия (30 час.)**

#### **Тема 1. Способы предсказания фотоактивности полупроводников исходя их зонной структуры (2 час.)**

Условия, влияющие на фотокаталитическую активность полупроводника. Связь между шириной запрещенной зоны полупроводника и спектральной областью его чувствительности. Типология дефектов кристаллической решетки и их влияние на фотокаталитическую активность.

#### **Тема 2. Теория фотовозбуждения полупроводников (8 час.)**

Типы электронных переходов в полупроводнике при его фотовозбуждении. Собственное и примесное поглощение полупроводника. Хвостовые состояния в зонной структуре полупроводников в целом. Теория урбаха и урбаховские хвостовые состояния. Температурная динамика зонной структуры и урбаховской энергии.

#### **Тема 3. Методы определения механизмов протекания фотостимулированных процессов (8 час.)**

Основные типы активных частиц, образующихся при фотовозбуждении фотокатализаторов: фотоэлектроны, фотодырки, гидроксил-радикалы, ионы радикала супероксида. Понятие селективного поглотителя радикала. Виды селективных поглотителей радикалов. Альтернативные методы определения механизмов протекания фотостимулированных процессов, не основанные на использовании селективных поглотителей радикалов.

#### **Тема 4. Экспериментальные методики определения**

### **фотоактивности полупроводников (12 час.)**

Стандартная методика определения фотоактивности полупроводников по стандарту iso. Экспериментальные методы определения фотоактивности полупроводников в системе «твердое тело – газ». Экспериментальные методы определения фотоактивности полупроводников в системе «твердое тело – жидкость».

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические работы (32 час.)**

#### **Практическое занятие 1-5. Механизм протекания фотостимулированных процессов в системе «Газ-твердое тело» (10 час.)**

1. Условия, влияющие на фотокаталитическую активность полупроводника.

2. Фотовозбуждение полупроводников.

3. Интерпретация данных эксперимента по определению механизма фотокаталитической активности полупроводникового фотокатализатора в системе «газ-твердое тело».

#### **Практическое занятие 6-10. Определения механизма протекания фотостимулированных процессов в системе «жидкость-твердое тело» (10 час.)**

1. Понятие селективного поглотителя радикала.

2. Виды селективных поглотителей радикалов.

3. Стандартная методика определения фотоактивности полупроводников по стандарту ISO.

4. Интерпретация эксперимента по определению механизма фотокаталитической активности полупроводникового фотокатализатора в системе «жидкость-твердое тело».

## 5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п / п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Разделы 1-5	ПК-3.2	Знает технику эксперимента по оценке фотоактивности полупроводниковых материалов	УО-1 ПР-2	-
			Умеет проводить экспериментальное исследование фотоактивности полупроводниковых материалов	УО-1	
			Владеет методами оценки фотоактивности полупроводниковых материалов	УО-1	
		ПК-4.1	Знает методы получения фотоактивных полупроводниковых материалов	УО-1	
			Умеет управлять морфологией получаемых фотоактивных полупроводниковых материалов	УО-1	
			Владеет методами повышения фотоактивности полупроводниковых материалов	УО-1	
2	Экзамен				

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, Интернет ресурсами;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- выполнение лабораторных работ;
- подготовка к экзамену;
- другие виды деятельности, организуемые и осуществляемые образовательным учреждением и органами студенческого самоуправления.

## 7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210305>
3. Микушин, А. В. Физические основы электроники / А. В. Микушин. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — ISBN 978-5-507-45544-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311846>
4. Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении : учебное пособие / В. Г. Кульков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-2379-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209711>

### Дополнительная литература

(электронные и печатные издания)

1. Прянишников, В.А. Электроника: полный курс лекций / В.А. Прянишников. – СПб.: Корона принт, 2006. – 415 с.  
ЭК НБ ДВФУ:  
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:236768&theme=FEFU>
2. Электротехника: Учебное пособие / И.С. Рыбков. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 160 с.  
ЭБС «Znanium.com»:  
<http://znanium.com/go.php?id=369499>

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

#### «Интернет»

1. Лань. Электронно-библиотечная система. Сайт ЭБС «Elanbook.com»:  
<http://e.lanbook.com/>
2. ЭБС «Консультант студента». Электронная библиотека технического вуза. Сайт ЭБС «Консультант студента»: <http://www.studentlibrary.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium. Com! Сайт ЭБС «Znanium.com» : <http://znanium.com/>
4. НЭЛБУК. Электронная библиотека. Сайт электронной библиотеки НЭЛБУК: <http://www.nelbook.ru/>

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и лабораторных занятиях, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным занятиям.

Освоение дисциплины «Методы прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, лабораторных занятий, выполнением всех видов заданий и самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине «Методы прогнозирования и исследования фотоактивности полупроводников» является экзамен в 8 семестре.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup>	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
L607, L608, L561a, L566 аудитория для лекционных, практических занятий	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA - 1 шт. Парты и стулья	

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3. ФГОС

L560, L632, L633, аудитория для лекционных, практических занятий	Мультимедийная аудитория: экран проекционный SENSSCREEN ES-431150 150* настенно-потолочный моторизированный, покрытие Matte White, 4:3, размер рабочей поверхности 305*229, проектор BenQ MW 526 E	
L 323. Лаборатория электронной микроскопии и обработки изображений ДВФУ	Растровый электронный микроскоп, установка быстрой закалки из жидкого состояния, дифференциальный сканирующий калориметр	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы на лабораторных установках
Помещения для самостоятельной работы:		
A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов	<p>Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.;</p> <p>Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS</p> <p>Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой.</p>	<p>Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>