

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Современные методы оптической спектроскопии твердотельных
структур и объёмных материалов

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы
Новые полупроводниковые технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.03 Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способность разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач, строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1: Знает методы построения физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники ПК-1.2: Умеет использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения ПК-1.3: Имеет навыки разработки алгоритмов решения задач и использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования	ПК-1.1: Знать общие принципы работы лазера, типы и конструкции технологических лазеров, лазерные технологические процессы, используемые в микро- и наноэлектронике. ПК-1.2: Уметь использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования приборов, схем, устройств и установок лазерной техники ПК-1.3: Владеть навыками разработки алгоритмов решения задач и использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования. навыками работы с лазерной техникой и технологическими операциями лазерной обработки	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-7: Способность выполнять расчет и проектирование	ПК-7.1: Знает алгоритмы проектирования электронных приборов, схем	ПК-7.1: Знать основные физические	Задания	Экзамен: Контрольные

электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием ПК-7.2: Умеет использовать средства автоматизации проектирования ПК-7.3: Имеет навыки выполнения расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	принципы расчёта основных характеристик полупроводниковых приборов. ПК-7.2: Уметь использовать специализированные знания в области физики полупроводников и смежных областях для проектирования полупроводниковых приборов ПК-7.3: Владеет навыками проектирования полупроводниковых приборов		вопросы
--	--	---	--	---------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	30
- КСР	2
самостоятельная работа	24
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф	о ф	о ф	о ф	о ф

	о	о	о	о	о
Тема 1. Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии	17	4	8	12	5
Тема 2. Оптика дифракционной решётки	16	4	7	11	5
Тема 3. Принципы устройства и работы спектральных приборов	13	8		8	5
Тема 4. Практическое освоение особенностей ряда типовых оптических схем	13	0	8	8	5
Тема 5. Практические примеры	11	0	7	7	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	16	30	48	24

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии (законы излучения, спектры атомов, основные процессы взаимодействия излучения с веществом)

Тема 2. Оптика дифракционной решётки, основные параметры и типы дифракционных решеток

Тема 3. Принципы устройства и работы спектральных приборов, их основные типы и характеристики

Тема 4. Практическое освоение особенностей ряда типовых оптических схем для исследования объектов в лаборатории оптической спектроскопии, особенности настройки и калибровки оборудования

Тема 5. Практические примеры – измерение спектров пропускания, спектров фотолюминесценции, исследование кинетики затухания фотолюминесценции

Практические занятия (лабораторные работы) организуются в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает выполнение цикла лабораторных работ, в которых студенты, предварительно изучив предоставленную литературу на, соответствующую тематике дисциплины, обсуждают с преподавателем предложенную им задачу, при этом преподаватель проверяет в форме группового собеседования теоретические знания студентов (степень их подготовки), и принимает решение о допуске к выполнению практической части или необходимости дальнейшей дополнительной подготовке студентов.

В ходе собеседования преподаватель может задавать вопросы для проверки знаний студентов и высказывать конструктивные критические замечания к озвученным ответам, просить студентов уделить особое внимание какому-нибудь аспекту рассматриваемого устройства, или дополнительно ознакомиться/повторить содержательную часть предоставленных материалов.

В случае принятия решения о допуске к выполнению практической части работы, преподаватель в обязательном порядке знакомит студентов с правилами и техникой безопасности при работе, как с электрооборудованием, так и при работе с лазерными излучающими устройствами в том числе, предназначенных для работы в ИК диапазоне.

Самостоятельная работа студентов связана с применением компьютерных и информационно-коммуникационных технологий, а также современного исследовательского аналитического и технологического оборудования.

На проведение практических занятий (лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 30 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности: Сбор, обработка, анализ

и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи. Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары. Фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности. Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей. Использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем.

Выполнение проектно-конструкторских задач профессиональной деятельности: Анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. Определение цели, постановка задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ. Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований. Разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями.

- компетенций:

- ПК-1. Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач, строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;
- ПК-7. Способность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 30 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала, основной и вспомогательной учебной литературы, а также соответствующих разделов учебных и учебно-методических пособий, перечень которых приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является подготовка к выполнению лабораторных работ (практических занятий), анализ результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ, а также решение задач, заданных преподавателем для самостоятельного разбора.

В случае отклонения студента от графика учебного процесса по какой-либо причине, в рамках самостоятельной работы может выделяться время на выполнение той части лабораторной

работы, по которой имеет место отставание обучающегося от графика.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются свободные аудитории, доступ к компьютерной технике и, в случае необходимости, доступ к исследовательскому оборудованию, перечень которого приведен в п.8 настоящей рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Изобразить принципиальную оптическую схему спектрального прибора (какого-либо типа), использующего: дифракционную решётку, диспергирующую призму.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-7:

Предложить вариант(ы) оптической схемы и методики, пригодной для проведения спектроскопического эксперимента по исследованию заданной спектральной характеристики некоторого материала (по выбору преподавателя).

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса
не зачтено	предполагает неудовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компет	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компетенций)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы

		одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Перечислить и кратко охарактеризовать основные процессы взаимодействия излучений с твердыми телами

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-7

Перечислить основные параметры, характеризующие работу спектральной оптической системы

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»,

Оценка	Критерии оценивания
	ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Лебедева Вера Владимировна. Техника оптической спектроскопии : [учеб. пособие для физ. и физ.-мат. фак. ун-тов] / под ред. Ф. А. Королева. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1977. - 383 с. : ил. - 0.98., 10 экз.

Дополнительная литература:

1. Тимофеев В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур / Тимофеев В. Б. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 512 с. - Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области прикладных математики и физики в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Прикладные математика и физика», а также для студентов, обучающихся по другим направлениям и специальностям в области естественных и математических наук, техники и технологии. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-1745-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800074&idb=0>.
2. Спектроскопия твердого тела : [сб. ст.]. Сб. 4 / АН СССР, Комис. по спектроскопии, Журн. "Оптика и спектроскопия" ; [отв. ред. С. Э. Фриш]. - Л. : Наука, 1969. - 280 с., 3 л. ил. - 1.84., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. <https://biblio-online.ru/> - сайт электронной библиотеки «Юрайт», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
4. <https://e.lanbook.com> – сайт электронно-библиотечной системы «ЛАНЬ», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
5. <http://www.sciencedirect.com> – сайт международного издательства «Elsevier», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
6. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
7. <http://znanium.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znanium.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.
8. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

Практическое руководство по оптической спектроскопии твердотельных наноструктур и объёмных материалов. / А.П. Горшков, М.О. Марычев / Электронное уч. пособие. ННГУ, Нижний Новгород, 2007. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/80.pdf>

Толстой В.П. Введение в оптическую абсорбционную спектроскопию наноразмерных материалов. СПб.: Изд-во "СОЛО", 2014. – 187 с. <https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/2275/1/ТолстойВПВведение%20в%20оптическую%20спектроскопию...pdf>

Милославский В.К. Спектроскопия твердого тела: учебное пособие для студентов старших курсов, аспирантов и научных работников. /В.К. Милославский, Л.А. Агеев. –Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2013 г. – 276 с.
http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/9698/2/Miloslavsky_Ageev_Spektroskopiya_tverdogo_tela.pdf

Сизых А.Г., Герасимова М.А. Оптическая спектроскопия. – 244 с. Научная библиотека Сибирского федерального университета. http://files.lib.sfu.kras.ru/ebibl/umkd/127/u_course.pdf

А.М. Ефимов, Е.С. Постников. Физические основы и формализм оптики и спектроскопии оптических материалов. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. –111 с.
<http://books.ifmo.ru/file/pdf/1712.pdf>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное спектроскопическое и измерительное оборудование Лаборатории оптической спектроскопии; • лицензионное программное обеспечение (Spectra Sense (Acton Research Corp.), Digilab Resolutions Pro (Varian Inc.), SRS-272 (Stanford Research Systems)).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника.

Автор(ы): Марычев Михаил Олегович, кандидат физико-математических наук
Горшков Алексей Павлович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.