

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
Кафедра физики наноструктур и наноэлектроники

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол № 13 от «30» ноября 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Спецпрактикум

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Направленности (профили): твердотельная электроника и наноэлектроника

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Спецпрактикум» относится к факультативным дисциплинам формируемой участниками образовательных отношений части основной образовательной программы по направлению подготовки 11.04.04 – «Электроника и нанoeлектроника» и осваивается в течение второго семестра первого года обучения в магистратуре. Дисциплина «Спецпрактикум» является одним из завершающих разделов экспериментальной физики конденсированного состояния. Курс базируется на знаниях студентов, приобретенных в курсах общей физики, математической физики, квантовой механики и физики твердого тела.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов современного представления об основных экспериментальных методиках исследования твердотельных структур;
- формирование у студентов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 – «Электроника и нанoeлектроника».
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельной работы в решении практических задач, близких к сфере профессиональной деятельности.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-5. Готовность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, методически грамотно излагать материал и представлять его в виде научных отчетов, публикаций,	ПК-5.1. Знание методов анализа и систематизации результатов исследований, способов представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Знание методов анализа и систематизации результатов исследований и разработок в области нанoeлектроники, способов представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Тестовые вопросы
	ПК-5.2. Умение методически грамотно излагать материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Умение представлять материалы исследований и разработок в области нанoeлектроники в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	
	ПК-5.3. Навыки анализа и систематизации результатов исследований, представления материалов	Владение опытом анализа и систематизации результатов исследований и разработок в области нанoeлектроники, представления материалов в	

презентаций, методических пособий	в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	
-----------------------------------	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Спецпрактикум» составляет 1 зачетную единицу, всего 36 часов, из которых 32 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (лабораторные занятия), 1 час - мероприятия промежуточной аттестации, 3 часа составляет самостоятельная работа обучающегося в течение семестра.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Фотолюминесценция полупроводниковых сверхрешеток	6			6		6	
Излучательные характеристики р-п перехода	6			4		4	2
Комбинационное рассеяние света в твердых телах	5			4		4	1
Циклотронный резонанс в полупроводниках	6			6		6	
Методика измерения основных параметров многослойных рентгеновских зеркал	6			6		6	
Измерение температуры сверхпроводящего перехода и токонесущей способности пленки YBaCuO	6			6		6	
Промежуточная аттестация по дисциплине - зачет, 1 час							

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде индивидуальных собеседований, а также в рамках занятий лабораторного типа. Итоговый контроль осуществляется на зачёте.

4. Образовательные технологии

При изучении данного курса используются современные образовательные технологии. Предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерное моделирование, разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

На занятиях лабораторного типа используются компьютерные средства поддержки учебно-научного эксперимента. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий, написание отчетов по лабораторным работам с предоставлением докладов или кратких сообщений, а также теоретическую подготовку к лабораторным занятиям по рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов в области качественно-численного анализа конкретных современных задач нанофизики.

Формой промежуточной аттестации знаний студентов по дисциплине является зачет.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку рекомендованной литературы и дополнительного материала.

Проработка рекомендованной литературы осуществляется еженедельно после проведения лабораторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится при подготовке к зачёту по дисциплине.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ПК-5. Готовность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, методически грамотно излагать материал и представлять его в виде научных отчетов, публикаций, презентаций, методических пособий

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»		«зачет»				
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> методы поиска научной информации с помощью реферативных баз на русском и английском языках	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материала с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей
<u>Умения</u> коллективно решать научно-исследовательские задачи	Полное отсутствие умения коллективно решать научно-исследовательские задачи	Неумение коллективно решать научно-исследовательские задачи (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Умение использовать основные методы коллективного решения научно-исследовательских задач с негрубыми ошибками	Умение использовать все изученные методы коллективного решения научно-исследовательских задач с негрубыми ошибками	Умение использовать все изученные методы коллективного решения научно-исследовательских задач с незначительными погрешностями	Умение использовать все изученные методы коллективного решения научно-исследовательских задач	Умение использовать все изученные методы коллективного решения научно-исследовательских задач повышенной сложности
<u>Навыки</u> представления информации о результатах научного исследования в печатной форме и в форме устного доклада	Полное отсутствие навыка представления информации о результатах научного исследования	Не владение навыками представления информации о результатах научного исследования (демонстрация грубых ошибок, мешающих понять результаты исследования)	Владение основным и навыками представления информации о результатах научного исследования с негрубыми ошибками	Владение всеми изученными навыками представления информации о результатах научного исследования с негрубыми ошибками	Владение навыками представления информации о результатах научного исследования с незначительными погрешностями	Владение навыками представления информации о результатах научного исследования	Владение навыками представления информации о результатах научного исследования в творческой форме

Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%
--	----------	-----------	-----------	---------	-----------	-----------	------

По итогам зачета выставляется оценка «Зачтено» или «Не зачтено». Оценка «Не зачтено» означает отсутствие аттестации, оценка «Зачтено» выставляется при успешном прохождении аттестации.

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачёта (индивидуального собеседования), на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Не зачтено» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции ПК-5.

- Что такое фотолюминесценция (ФЛ), в чем состоит спектроскопия полупроводников и полупроводниковых структур по ФЛ?
- Чем определяется спектральное разрешение монохроматора?
- Что такое р-n переход, как выглядит энергетическая диаграмма р-n-перехода.
- Принцип работы и основные характеристики полупроводниковых диодов.
- На каких колебаниях решетки наблюдалось рассеяние света? Возможно ли в таком материале как Si рассеяние света на оптических фононах? Насколько изменяется частота падающего света при рассеянии на акустических фононах?
- Почему отраженное излучение лазера от образца нельзя пускать на монохроматоры и ФЭУ? Почему измерения проводятся на рассеянном излучении?
- Как влияет увеличение магнитного поля на частоту циклотронного резонанса?
- Назовите основное преимущество синхронного детектирования модулированного сигнала.
- Что такое многослойные рентгеновские зеркала? За счет какого эффекта достигаются высокие коэффициенты отражения многослойные рентгеновские зеркала?

- Описать постановку эксперимента (измерение зеркального коэффициента отражения, $\phi-2\phi$ сканирование).
- Почему сопротивление сверхпроводника, измеренное на постоянном токе при температуре ниже критической температуры перехода, уменьшается до нуля?
- Идея четырехзондового метода измерения сопротивления и области применимости этого метода.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. К. Зеегер «Физика полупроводников». М.: Мир. 1977. - 615с. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=85771&idb=0>
2. Зи С. Физика полупроводниковых приборов.-М.: Мир, 1984.- Т. 1. - 456 с. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=324623&idb=0>.

б) дополнительная литература:

1. Тинкхам М. Введение в сверхпроводимость. М.: Атомиздат, 1975. - 310 с. <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=76684&idb=0>
2. М. Кардона, Рассеяние света в твердых телах, М.:Мир, 1979. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/solidstate.htm>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Пакеты символьной математики Wolfram Mathematica и MathWorks MATLAB;
2. Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ <http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лабораторных занятий используется научно-исследовательское оборудование кафедры «Физика наноструктур и наноэлектроника».

Для самостоятельной работы и для графического представления результатов (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать на компьютерах кафедры «Физика наноструктур и наноэлектроника» с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 – «Электроника и наноэлектроника».

Автор:

н. с. отдела физики сверхпроводников Института физики микроструктур РАН, к.ф.-м.н.
Д.А. Рыжов

Рецензент:

в. н. с. отдела физики сверхпроводников ИФМ РАН, д. ф.-м. н.; профессор
межфакультетской базовой кафедры «Физика наноструктур и наноэлектроника»
Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского А.Ю. Аладышкин

Заведующий межфакультетской базовой кафедрой «Физика наноструктур и наноэлектроника» Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского
З.Ф. Красильник.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ, протокол б/н от «17» ноября 2022 г.

Председатель Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ А.А. Перов