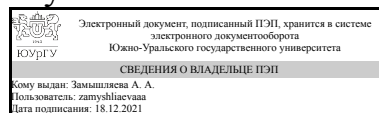


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт естественных и точных
наук



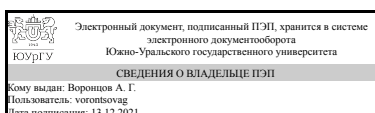
А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М1.05 Электроника структур пониженной размерности
для направления 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
уровень Магистратура
магистерская программа Наноэлектроника: квантовые технологии и материалы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

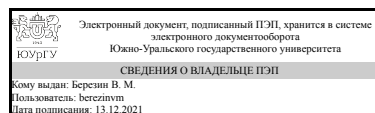
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению
подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом
Минобрнауки от 22.09.2017 № 959

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

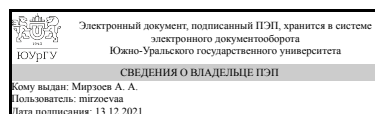
Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., проф., профессор



В. М. Березин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы
д.физ.-мат.н., снс



А. А. Мирзоев

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование знаний и практических навыков магистров по кинетическим эффектам в проводниках с пониженной размерностью: тонкие пленки, полосковые линии передачи, одномерные проводники и т.д. Теоретическое и экспериментальное исследование размерных эффектов электропроводности.

Краткое содержание дисциплины

Основы теории электронных кинетических эффектов в твердых тел (металлов, полуметаллов, полупроводников). Классические и квантовые размерные эффекты электропроводности. Расчет кинетических параметров электропроводности. Методы измерения электропроводности низкоразмерных образцов различной формы. Плотность состояний в проводниках пониженной размерности. Экспериментальные данные исследования размерных эффектов электропроводности в тонких пленках металлов, полуметаллов и полупроводников.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|--|--|
| ПК-2 Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию | Знает: Основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов Умеет: Использовать современные квантовомеханические методы для изучения структур пониженной размерности Имеет практический опыт: Использования суперкомпьютерных вычислений для решения задач из области физики структур пониженной размерности |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|--|---|
| Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники, Квазиклассические модели электронных устройств | Не предусмотрены |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|---|
| Атомистическое моделирование материалов наноэлектроники | Знает: Современные методы моделирования структуры и свойств материалов Умеет: Использовать современные программные пакеты для моделирования свойств интересующих |

| | |
|--|--|
| | материалов Имеет практический опыт: Применения современных методов моделирования для решения конкретных практических задач |
| Квазиклассические модели электронных устройств | Знает: Принципы построения квазиклассических моделей электронных устройств; условия применимости таких моделей Умеет: Строить квазиклассические модели устройств Имеет практический опыт: Программной реализации моделей |

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 3 | |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 108 | 108 | |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 48 | 48 | |
| Лекции (Л) | 16 | 16 | |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 0 | 0 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 32 | 32 | |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 53,75 | 53,75 | |
| с применением дистанционных образовательных технологий | 0 | | |
| Подготовка к лабораторным работам | 23,75 | 23.75 | |
| Подготовка к зачету | 30 | 30 | |
| Консультации и промежуточная аттестация | 6,25 | 6,25 | |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | зачет | |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|--|---|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Введение в предмет, цели и задачи дисциплины | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | Основы классической и квантовой теории электропроводности твердых тел, в том числе в форме тонких пленок | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 3 | Классификация размерных эффектов электропроводности в проводниках пониженной размерности | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 4 | Влияние пониженной размерности проводника на параметры электронных носителей. Проявление размерных эффектов электропроводности | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 5 | Изучение экспериментальных методов получения тонких пленок полуметаллов и полупроводников | 8 | 4 | 0 | 4 |
| 6 | Изготовление серии опытных образцов тонких пленок заданного | 8 | 0 | 0 | 8 |

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| | химического состава и их аттестация | | | | |
| 7 | Измерение поверхностного сопротивления полученной серии образцов и определение величины размерного эффекта | 8 | 0 | 0 | 8 |
| 8 | Измерение оптического коэффициента пропускания серии тонкопленочных образцов | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 9 | Измерение температурного коэффициента электропроводности серии тонкопленочных образцов | 8 | 0 | 0 | 8 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Введение в предмет. Цели и задачи дисциплины. | 2 |
| 2 | 2 | Классификация проблем структур пониженной размерности. Классический размерный эффект электросопротивления. | 2 |
| 3 | 2 | Квантовый размерный эффект. Расчет для тонких пленок. | 2 |
| 4 | 3 | Классификация размерных эффектов. | 2 |
| 5 | 4 | Плотность электронных состояний в структурах пониженной размерности. | 2 |
| 6 | 4 | Концентрация электронных носителей и их зависимость от толщины пленки. | 2 |
| 7 | 5 | Методы формирования тонких пленок с заданными параметрами. | 2 |
| 8 | 5 | Методы измерения электросопротивления тонких пленок. | 2 |

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 5 | Изучение экспериментальных методов формирования пленок полуметаллов. Устройство и принципы работы вакуумной системы «Тор интернейшнел» | 4 |
| 2 | 6 | Получение серий опытных образцов полуметаллов заданных толщин и химического состава. Аттестация образцов | 4 |
| 3 | 6 | Получение серий опытных образцов полуметаллов заданных толщин и химического состава. Аттестация образцов | 4 |
| 4 | 7 | Исследование поверхностного сопротивления с помощью прибора ИУС-3А | 4 |
| 5 | 7 | Исследование поверхностного сопротивления с помощью прибора ИУС-3А | 4 |
| 6 | 8 | Исследование оптических свойств серий образцов с помощью спектрофотометра КФК-3 | 4 |
| 7 | 9 | Измерение температурных зависимостей электросопротивления тонких пленок полуметаллов | 4 |
| 8 | 9 | Измерение температурных зависимостей электросопротивления нанопленок графена. | 4 |

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|----------------|--------------------------------|---------|------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием | Семестр | Кол- |
| | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|----------|
| | разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | | во часов |
| Подготовка к лабораторным работам | Методы формирования тонкопленочных структур. – Челябинск: 2010. ЕД Б-484 э.р. Березин В.М., стр 5-92 | 3 | 23,75 |
| Подготовка к зачету | Щука, А. А. Нанoeлектроника, Глава 3, стр 109-116; Технология тонких пленок Т. 2 Справочник: В 2 т. Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга, Глава 9-10, стр. 57-97 | 3 | 30 |

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------------|---|------------------|
| 1 | 3 | Промежуточная аттестация | Зачет | - | 5 | 5 баллов выставляется за полное и исчерпывающее ответы на все поставленные вопросы; 4 балла - ответы даны на все вопросы, но содержат непринципиальные ошибки и неточности; 3 балла - ответы даны с грубыми ошибками; 2 балла - ответы на вопросы даны неверно, студент не понимает сути вопросов; 1 балл - частично дан ответ на один вопрос с грубыми ошибками; 0 баллов - задания не выполнены. | зачет |
| 2 | 3 | Текущий контроль | Лабораторная работа 1 | 15 | 5 | 5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы; | зачет |

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|-----------------------|----|---|--|-------|
| | | | | | | 1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена. | |
| 3 | 3 | Текущий контроль | Лабораторная работа 2 | 15 | 5 | 5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы; 1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена. | зачет |
| 4 | 3 | Текущий контроль | Лабораторная работа 3 | 15 | 5 | 5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы; 1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена. | зачет |
| 5 | 3 | Текущий контроль | Лабораторная работа 4 | 15 | 5 | 5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей | зачет |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | | | <p>построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ;</p> <p>4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений;</p> <p>3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы;</p> <p>2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы;</p> <p>1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен;</p> <p>0 баллов - работа не выполнена.</p> | |
|--|--|--|--|--|---|--|

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|---|---|
| зачет | <p>Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации является обязательным. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится в форме письменного зачета. Студенты на зачете получают 2 вопроса по пройденному курсу. Максимальный балл за два вопроса равен 5 баллам. В течение полутра-двух часов студенты излагают ответы в письменном виде на поставленные вопросы, после чего сдают их на проверку экзаменатору. После проверки, экзаменатор выставляет баллы за выполненную работу. Если студент не согласен с полученными баллами, ему предоставляется возможность ответить на дополнительные вопросы по всему материалу курса. В течение зачета студентам запрещается пользоваться мобильными телефонами, другими средствами связи, вычислительной техники и другими источниками информации, и материалами.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Оценочные материалы

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | |
|-------------|---|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ПК-2 | Знает: Основные понятия, закономерности процессов, протекающих в наноразмерных структурах; методы исследования этих процессов | + | + | + | + | + |
| ПК-2 | Умеет: Использовать современные квантовомеханические методы для изучения структур пониженной размерности | + | + | + | + | + |
| ПК-2 | Имеет практический опыт: Использования суперкомпьютерных вычислений для решения задач из области физики структур пониженной размерности | + | + | + | + | + |

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Технология тонких пленок Т. 2 Справочник: В 2 т. Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга; Пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. - М.: Советское радио, 1977. - 768 с. ил.
2. Технология тонких пленок Т. 1 Справочник Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга; Пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. - М.: Советское радио, 1977. - 662 с.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. 1. Микроэлектроника.
2. 2. Микро- и наносистемная техника
3. 3. Физика твердого тела

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. В.М. Березин, Н.С. Забейворота Методы формирования тонкопленочных структур. – Челябинск: 2010.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. В.М. Березин, Н.С. Забейворота Методы формирования тонкопленочных структур. – Челябинск: 2010.

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Щука, А. А. Нанозлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. https://e.lanbook.com/book/135510 |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Агеев, И. М. Физические основы электроники и нанозлектроники : учебное пособие / И. М. Агеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 324 с. https://e.lanbook.com/book/131007 |
| 3 | Дополнительная литература | Электронный каталог ЮУрГУ | Березин, В. М. Физические основы твердотельной электроники и нанозлектроники [Текст] учеб. пособие В. М. Березин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физика наноразмерных систем ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2019. - 101, [1] с. ил. электрон. версия http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000568130 |

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено