

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники
(Е.Н. Бормонтов)

24.06.2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(компонента программы аспирантуры)

1. Научный компонент

1. Код и наименование научной специальности:

2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

2. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики полупроводников и микроэлектроники

3. Составители программы: Бормонтов Евгений Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор

4. Рекомендована: НМС физического факультета 23.06.2022 г. протокол № 6

5. Учебный год: 2022-2023, 2023-2024, 2024-2025, 2025-2026 **Семестр(ы):** 1-8

6. Цели и задачи дисциплины (компонента программы аспирантуры):

Целями освоения дисциплины являются:

- закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося в области современной микро- и наноэлектроники;
- приобретение обучающимся практических навыков и компетенций в сфере научно-исследовательской деятельности;
- получение профессиональных умений и опыта научно-исследовательской деятельности;
- подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, модели, опытные и промышленные образцы, селекционные достижения, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем, предусмотренных абзацем четвертым пункта 5 федеральных государственных требований.

Задачи дисциплины:

- самостоятельный выбор и обоснование цели, организация и проведение научного исследования по актуальной проблеме микро- и наноэлектроники, устройств на квантовых эффектах;
- выбор, обоснование и освоение методов, адекватных поставленной цели;
- освоение новых теорий, моделей, методов исследования, разработка новых методических подходов;
- работа с научной информацией с использованием новых технологий;
- аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов физическими методами, разработка нового комплекса программ по численному моделированию объектов различной физической природы
- обработка и критическая оценка результатов исследований;
- подготовка и оформление научных публикаций, отчетов, патентов и докладов, участие в семинарах, конференциях;
- изучение специальной литературы и другой научно-технической информации, достижений отечественной и зарубежной науки и техники в соответствии с темой научно-квалификационной работы (диссертации);
- проведение научных исследований в соответствии с темой диссертации;
- освоение современной научной аппаратуры.

7. Составляющие научного компонента программы аспирантуры:

В соответствии с учебным планом научный компонент включает в себя следующие элементы:

- 1.1. Научную деятельность, направленную на подготовку диссертации к защите;
- 1.2. Подготовку публикаций и (или) заявок на патенты;
- 1.3. Промежуточную аттестацию по этапам выполнения научного исследования

8. Планируемые результаты обучения (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы (компетенциями):

Код	Название компетенции	Планируемые результаты
НК-1	Свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в области микро и наноэлектроники	Знать: основные законы фундаментальных разделов физики. Уметь: применять основные законы фундаментальных разделов физики для интерпретации экспериментальных результатов. Владеть: навыками решения исследовательских задач современной микро- и наноэлектроники, квантовых устройств
НК-2	Использовать знания о современных проблемах, новейших достижениях физики для решения научно - исследовательских задач в области микро- и наноэлектроники	Знать: - современное состояние микро- и наноэлектроники; - физическую сущность процессов и явлений, протекающих в системах микро- и наноэлектроники; - принципы функционирования приборов микро- и наноэлектроники Уметь: учитывать современные тенденции развития микро- и наноэлектроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при моделировании и проектировании изделий и устройств микро- и наноэлектроники Владеть: навыками работы с современными автоматизированными системами с целью моделирования и проектирования изделий и устройств микро- и наноэлектроники
НК-3	Способность использовать на практике навыков составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, статей и докладов	Знать: основные методы научно-исследовательской деятельности. Уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. Владеть: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования
НК-4	Способность использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач современной микро-	Знать: современные методы исследования и информационно- коммуникационные технологии. Уметь: самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области микро- и наноэлектроники с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

	и наноэлектроники	Владеть: навыками самостоятельного осуществления научно- исследовательской деятельности в области микро- и наноэлектроники с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
НК-5	Способность свободно владеть знаниями и умениями, необходимыми для самоопределения в выборе собственного научно-педагогического пути и использования опыта прошлого в своей конкретной деятельности	Знать: современные образовательные технологии профессионального образования; Уметь: применять технические средства обучения; Владеть: понятийным аппаратом педагога, знаниями и умениями, необходимыми для самоопределения в выборе собственного научно-педагогического пути
НК-6	Способность использовать знания по технологии поиска информационной базы для проведения научно-педагогической и исследовательской работы и определения наукометрических показателей	Знать: педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии, в том числе при необходимости осуществлять электронное обучение, использовать дистанционные образовательные технологии, информационно-коммуникационные технологии, электронные образовательные и информационные ресурсы Уметь: применять информационно-коммуникационные технологии, электронные образовательные и информационные ресурсы, дистанционные образовательные технологии и технологии электронного обучения для освоения учебного предмета, курса, дисциплины; Владеть: знаниями по технологии поиска информационной базы для проведения научно-педагогической и исследовательской работы и определения наукометрических показателей

9. Объем в зачетных единицах/час — 210//7560

Форма промежуточной аттестации: 1,3,4,5,6,7,8 – зачет; 2,4,6,8 – зачет с оценкой

10. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)								
	Всего	По семестрам							
		1 сем.	2 сем.	3 сем.	4 сем.	5 сем.	6 сем.	7 сем.	8 сем.
Всего часов	7560	782	1080	792	1008	972	1188	756	972
В том числе:									
Индивидуальные занятия	28	4	6	2	2	4	4	2	4
Самостоятельная работа	7532	778	1074	790	1006	968	1184	754	968
Форма промежуточной аттестации		зачет	зачет с оценкой	зачет	зачет, зачет с оценкой	зачет	зачет, зачет с оценкой	зачет	зачет, зачет с оценкой

11. Содержание этапов научного компонента

№ п/п	Наименование раздела (этапа)	Содержание этапа
1	Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации на соискание ученой степени кандидата наук	<ol style="list-style-type: none"> 1. Совместное с научным руководителем обоснование актуальности, выбор объекта и предмета исследования, постановка цели и задач исследования. 2. Информационный поиск по теме диссертации. 3. Совместные с научным руководителем подбор и (или) разработка методик эксперимента, выделение этапов проведения исследования. 4. Проведение теоритической и экспериментальной работы по теме исследования (диссертации). 5. Анализ результатов эксперимента, подбор методов обработки результатов, оценка их достоверности и достаточности для работы над диссертацией. 6. Написание диссертации на соискание научной степени кандидата наук. 7. Оформление диссертации на соискание научной степени кандидата наук.
2	Подготовка публикаций по основным научным результатам диссертации	Подготовка публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях, в приравненных к ним научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus и международных базах данных, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной

		комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявок на патенты на изобретения.
--	--	---

12. Методические указания по выполнению этапов научного компонента:

1. Совместное с научным руководителем обоснование актуальности, выбор объекта и предмета исследования, постановка цели и задач исследования. При выборе темы исследования аспирант должен основываться на современном состоянии науки и принимать во внимание паспорт научной специальности. Цели и задачи исследования формулируются на основе выбранной темы.
2. Информационный поиск по теме диссертации. На данном этапе аспирант изучает статьи в реферируемых журналах, монографии и учебники, государственные отраслевые стандарты, отчеты НИР, теоретические и технические публикации, патентная информация, касающиеся темы исследования. При этом возможно использовать следующие методы поиска литературы: использование библиотечных каталогов и указателей, межбиблиотечный абонемент, реферативные журналы, автоматизированные средства поиска, просмотр периодической литературы.
3. Совместные с научным руководителем подбор и(или) разработка методик эксперимента, выделение этапов проведения исследования.
4. Проведение теоретической и экспериментальной работы по теме исследования (диссертации).
5. Анализ результатов эксперимента, подбор методов обработки результатов, оценка их достоверности и достаточности для работы над диссертацией.
6. Написание диссертации на соискание научной степени кандидата наук.
7. Оформление диссертации на соискание научной степени кандидата наук в соответствии с требованиями законодательства.

13. Перечень литературы, ресурсов интернет, необходимых для выполнения этапов научного компонента

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ковалев А.И. Прологомены к методам научных исследований : учебное пособие / А.И. Ковалев. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : ФЛИНТА, 2022. – 291 с. : ил., табл., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=607469 .
2	Аверченков В.И. Основы научного творчества : учебное пособие / В. И. Аверченков, Ю.А. Малахов. – 4-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2021. – 156 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93347 .
3	Горелов С.В. Основы научных исследований : учебное пособие / С.В. Горелов, В.П. Горелов, Е.А. Григорьев ; под ред. В.П. Горелова. – 2-е изд., стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – 534 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443846
4	Гиссин В.И. Планирование эксперимента и обработка результатов : учебное пособие : [16+] / В.И. Гиссин ; Министерство образования и науки РФ, Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону : Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2018. – 131 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=567016

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник

5	Безуглов И. Г. Основы научного исследования : учебное пособие для аспирантов и студентов-дипломников / И. Г. Безуглов, В. В. Лебединский, А. И. Безуглов - Москва : Академический Проект, 2020. - 194 с. (Gaudeamus) - ISBN 978-5-8291-2690-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785829126902.html
6	Лебедев С. А. Научный метод : история и теория / Лебедев С. А. - Москва : Проспект, 2018. - 448 с. - ISBN 978-5-392-24179-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785392241798.html
7	Колесникова Н. И. От конспекта к диссертации : учебное пособие по развитию навыков письменной речи / Н.И. Колесникова .— 3-е изд., испр. — М. : Флинта : Наука, 2002 .— 287 с

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Источник
8	Полнотекстовые базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из сети ВГУ (сайт научной библиотеки ВГУ, URL: http://www.lib.vsu.ru): ЭБС Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru
9	Научная электронная библиотека (http://elibrary.ru)
10	Интернет-журнал «эйдос». Рубрика «Дистанционное образование» [Электронный ресурс] : http://www.eidos.ru/journal

14. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Современные устройства и элементы нанoeлектроники : учебно-методическое пособие / Е. А. Бунтов, А. С. Вохминцев, Т. В. Штанг ; Мин-во науки и высш. образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 132 с.
2	Писарев А.Д., Удовиченко С.Ю. Биоморфный нейропроцессор на основе наноразмерного комбинированного мемристорно-диодного кроссбара / А.Д. Писарев, С.Ю. Удовиченко ; М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 228 с.
3	Мишина, Е. Д. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов ; под редакцией А. С. Сигова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 187 с. — ISBN 978-5-93208-545-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/166740
4	Физические основы микро- и нанoeлектроники : учебное пособие / А. А. Дурнаков ; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 247 с.
5	Нанoeлектроника: теория и практика учеб- ник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. -366 с.
6	Новиков, Ю.Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника: Учебное пособие / Ю.Н. Новиков. - СПб.: Лань П, 2016. - 528 с.
7	Щука, А.А. Нанoeлектроника: Учебное пособие / А.А. Щука. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012. - 342 с.
8	Парфенова Е.Л. Физические основы микро- и нанoeлектроники : учебное пособие : [для студ. вузов] / Е.Л. Парфенова, Л.А. Терентьева, М.Г. Хусаинов .— Ростов-на-Дону : Феникс, 2012 .— 234 с.
9	Усанов Д. А. Компьютерное моделирование наноструктур: учеб. пособие / Д. А. Усанов, Ал. В. Скрипаль, Ан. В. Скрипаль, А. В. Абрамов. – Саратов: СГУ, 2013. – 100 с.
10	Основы научных исследований: теория и практика : учебное пособие для студ. вузов / В.А. Тихонов [и др.] .— М. : Гелиос АРВ, 2006 .— 349 с.

15. Образовательные технологии, используемые при выполнении научного компонента, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>).

16. Материально-техническое обеспечение:

Для осуществления научно-исследовательской деятельности используется лабораторный фонд кафедры физики полупроводников и микроэлектроники физического факультета университета по моделированию и приборно-технологическому проектированию современных изделий электронной техники, научно-исследовательских подразделений физического факультета, лабораторий Центра коллективного пользования ВГУ, а также профильных организаций:

- лаборатория вычислительных систем и математического моделирования: компьютеры Pentium Dual Core (10 шт.);
- лаборатория СВЧ и МДП приборов: измерители характеристик полупроводниковых приборов Л2-56 (3 шт.), измерители RLC E7-12 (2 шт.), осциллографы С1-68 (3 шт.), источники питания 13PP30-30 (2 шт.), генераторы импульсов Г5-54 (2 шт.);
- лаборатория физики полупроводников: цифровые осциллографы АК ИП 4115/4А (6 шт.), функциональные генераторы Rigol DG1022 (6 шт.), учебный комплекс NI Elvis II, автоматизированный лабораторный стенд для исследования эффекта Холла, источники питания 13PP-30-30 (3 шт.), генератор сигналов Г4-153, компьютеры Pentium Dual Core (4 шт.);
- учебная лаборатория технологии полупроводниковых материалов и приборов: пост вакуумный универсальный ВУП-4, установка вакуумного многослойного напыления УВН-2М-1;
- учебная лаборатория неразрушающих методов контроля: макет установки эллипсометрии;
- лаборатория плазменной технологии: автомат индивидуальной плазмохимической обработки "Плазма-125М";
- лаборатория микро- и нанодизайна в электронике: компьютеры Pentium Dual Core (3 шт.).

Для проведения численных расчетов зонных спектров и электронного строения имеются программные пакеты Wien2k и Gaussian 7. Проектирование технологии и топологии приборов микро- и наноэлектроники проводятся с использованием современных средств приборно-технологического и схемотехнического проектирования ISE TCAD (Sentaurus), Cadence, Microwave, Tanner, LabView.

17. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

Текущий контроль

Оценочные средства

16.1.1 Текущая аттестация проводится в форме промежуточного отчета научному руководителю о проделанной работе.

Отчет должен содержать следующие составляющие: обработанный и систематизированный литературный материал по тематике НИД; экспериментальную часть: основные методики проведения исследования, статистической обработки, полученные результаты и их анализ с привлечением данных литературы; заключение, выводы; список литературных источников.

Отчет подписывается руководителем с указанием оценки.

Для оценивания результатов текущей аттестации используется 4-балльная шала:

«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерий оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Работа выполнена в полном объеме и в соответствии с утвержденным графиком. Подготовленные отчетные материалы содержат все составляющие.	Повышенный уровень	Отлично
Работа выполнена в соответствии с утвержденным графиком. Подготовленные отчетные материалы и представленный доклад не соответствует требованиям. Обучающийся допускает незначительные нарушения в последовательности изложения, небольшие неточности при формулировке выводов	Базовый уровень	Хорошо
Подготовленные отчетные материалы имеют ряд недочетов по объему, необходимым элементам и качеству представленного материала	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Работа не выполнена. Обучающийся не выполнил план работы. В представленных отчетных материалах отсутствуют необходимые элементы	-	Неудовлетворительно

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Отчет по итогам НИД.
2. Научные публикации, содержащие результаты прохождения научно-исследовательской деятельности: статьи, тезисы докладов, дипломы, свидетельства участника научных конференций.

Содержание (структура) отчета:

В результате прохождения НИД обучающийся предоставляет отчет. Отчет должен содержать следующие составляющие: обработанный и систематизированный литературный материал по тематике НИД; экспериментальную часть: основные методики проведения исследования, статистической обработки, полученные результаты и их анализ с привлечением данных литературы; заключение, выводы; список литературных источников.

Отчет обязательно подписывается руководителем с указанием оценки. Результаты прохождения НИД докладываются аспирантом на заседании кафедры в виде устного сообщения с демонстрацией презентации на заседании кафедры. По итогам доклада аспиранта, с учетом отзыва научного руководителя, выставляется зачет и (или) оценка.

При оценивании подготовки публикаций по основным научным результатам диссертации аспирант предоставляет копии статей (или подготовленные и отправленные статьи), в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях, в приравненных к ним научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus и международных базах данных, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявки на патенты на изобретения.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов

обучения.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено.

Критерий оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Работа выполнена в соответствии с утвержденным графиком. Подготовлены отчетные материалы и представлен отчет	Базовый уровень	зачтено
Работа не выполнена. Обучающийся не выполнил план работы. В представленных отчетных материалах отсутствуют необходимые элементы: нет отзыва научного руководителя, не сформулированы цель и задачи работы, не приведены или ошибочны предложенные методы и т.д.	-	Не зачтено

Критерий оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Предоставлены копии статей (или подготовленные и отправленные статьи), в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях, в приравненных к ним научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus и международных базах данных, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявки на патенты на изобретения	Базовый уровень	зачтено
Не предоставлены копии статей (или подготовленные и отправленные статьи), в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях, в приравненных к ним научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus и международных базах данных, определяемых в соответствии с рекомендацией Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также в научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных Russian Science Citation Index (RSCI), и (или) заявки на патенты на изобретения	-	Не зачтено

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4- балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерий оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Работа выполнена в полном объеме и в соответствии с утвержденным графиком. Подготовленные отчетные материалы содержат все составляющие.	Повышенный уровень	Отлично
Работа выполнена в соответствии с утвержденным графиком. Подготовленные отчетные материалы и представленный доклад не соответствует требованиям. Обучающийся допускает незначительные нарушения в последовательности изложения, небольшие неточности при формулировки выводов	Базовый уровень	Хорошо
Подготовленные отчетные материалы имеют ряд недочетов по объему, необходимым элементам и качеству представленного материала	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Работа не выполнена. Обучающийся не выполнил план работы. В представленных отчетных материалах отсутствуют необходимые элементы	-	Неудовлетворительно