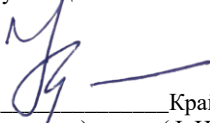




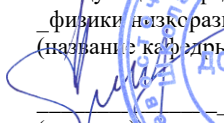
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


Крайнова Г.С.
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)
« 15 » сентября 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой
физики низкоразмерных структур
(название кафедры)


Саранин А.А.
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 15 » сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Наноэлектроника

Направление подготовки - 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Форма подготовки: очная

курс 3 семестр 6.
лекции 18 час.
практические занятия 54 час.
лабораторные работы 18 час.
в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 18 /лаб. 0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 90 час.
в том числе с использованием МАО 18 час.
самостоятельная работа 54 час.
в том числе на подготовку к экзамену (зачёту) час.
контрольные работы 6 семестр
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен
экзамен не предусмотрен
зачет 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 15 » сентября 2017 г.

Заведующий кафедрой: член-корр. РАН, профессор Саранин А.А.

Составитель: к.ф.-м.н. Доценко С.А.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's degree in 11.03.04 Electronics and nanoelectronics

Course title: Nanoelectronics.

Variable part of Block, 4 credits

Instructor: S.A. Dotsenko, Cand. of Phys. and math., associate Professor, associate Professor of the Chair of low dimensional structures, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

At the beginning of the course a student should be able to:

GPC-2 - an ability to discover main point of natural sciences problems during professional work, to use appropriate physical and mathematical theories;

GPC-3 - an ability to solve problems of analysis and calculation of electric circuits;

GPC-4 - an ability to use modern programs of making and editing of pictures and drafts, design and technological documentation;

GPC-5 - an ability to use main methods of processing and presentation of experimental data;

GPC-6 - an ability to search, to save, to process and to analyse information obtained from different sources and data bases, to present it as desired using information, computer and net technologies;

GPC-8 - an ability to use regulations in work;

GPC-9 - an ability to use computer, information technologies and to keep main information security requirements.

Learning outcomes:

GPC-7 - an ability to take into account modern development tendency of electronics, measuring and computer equipment, information technologies in professional work;

Course description:

The content of the course covers the following range of issues:

- Nanotransistors used traditional materials in their construction;

- Nanotransistors used new materials in their construction;
- Nanotransistors used principles of oneelectronics in their construction;
- Nanotransistors used principles of polytronics in their construction.

Main course literature:

1. Lozovskiy V.N., Konstantinova G.S., Lozovskiy S.V. Nanotechnology in electronics. Introduction to the specialty. Tutorial. Lan 2008, 336 p.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=232

2. Suzdalev I.P. Nanotechnology. Physical chemistry of nanoclusters, nanostructures and nanomaterials. Librocom, 2013, 592 p.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242083&theme=FEFU>

3. Gusev A.I. Nanomaterials, nanostructures, nanotechnologies. - 2nd ed., Corr. - M.: Fizmatlit, 2007. - 414 p.

http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Lan:/usr/vtls/ChamoHome/visualizer/data_lan/data_lan+%285574%29.xml&theme=FEFU

4. Timofeev V.B. Optical spectroscopy of bulk semiconductors and nanostructures. - M.: Lan, 2015. - 512 p.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56610

Form of final knowledge control: pass.

Аннотация рабочей программы учебной дисциплины

Дисциплина «Нанoeлектроника» разработана по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235, входит в базовую часть. Она преподается студентам бакалавриата на 3 курсе, в 6 семестре. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа: 90 часов аудиторной нагрузки (лекции 18 часов, лабораторные работы 18 часов, практические занятия 54 часа), 54 часа самостоятельной работы.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов:

- нанотранзисторные структуры, построенные на традиционных материалах;
- нанотранзисторные структуры, построенные на новых материалах;
- нанотранзисторные структуры, построенные на принципах одноэлектроники;
- нанотранзисторные структуры, построенные на принципах политроники.

Дисциплина логически и содержательно связана с предшествующими дисциплинами, такими как «Физические основы электроники», «Материалы электронной техники», «Кристаллография и кристаллофизика».

Цель: ознакомление студентов со структурой, стадиями изготовления, принципом работы, достоинствами и недостатками перспективных нанотранзисторных структур.

Задачи:

- ознакомить с классификацией структур нанoeлектроники;
- ознакомить с нанотранзисторными структурами на традиционных материалах;

- ознакомиться с нанотранзисторными структурами на новых материалах;
- дать представления об одноэлектронике и нанотранзисторных структурах, построенных на принципах одноэлектроники;
- дать представления о политронике и нанотранзисторных структурах, построенных на принципах политроники.

Для успешного изучения дисциплины «Наноэлектроника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);
- способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);
- готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);
- способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);
- способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);
- способность использовать нормативные документы в своей деятельности (ОПК-8);
- способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Знает	Современную компонентную базу структурных элементов изделий электроники и нанoeлектроники
	Умеет	Выбирать структуры нанотранзисторов для реализации современных потребностей измерительной и вычислительной техники
	Владеет	Навыками анализа современной электроники и нанoeлектроники

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Введение в нанoeлектронику (1 час.)

Тема 1. Направления нанoeлектроники (1 час.)

Переход от микроэлектроники к нанoeлектронике. Направления нанoeлектроники.

Раздел II. Нанотранзисторные структуры на традиционных материалах (7 час.)

Тема 1. Кремниевые транзисторы с изолированным затвором (1 час.)

МДП-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. МОП-транзистор со слаболегированными LDD-областями: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 2. КНИ (кремний на изоляторе)-транзисторы (1 час.)

КНИ-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. TeraHertz-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 3. Транзисторы на структурах SiGe (1 час.)

Технология формирования структур Si/SiGe и SiGe/Si. Модулированно-легированные транзисторы с затвором Шоттки на базе гетеропереходов Si/Si_{0.7}Ge_{0.3} (MODFET-транзисторы): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Транзистор типа «кремний ни на чем»: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 4. Многозатворные транзисторы (1 час.)

FinFET-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Tri-Gate-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Multi-Gate FinFET-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 5. Гетеротранзисторы (1 час.)

Полевой гетеротранзистор на основе AlGaAs-GaAs: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. НЕМТ-транзистор на основе Al_{0.3}Ga_{0.7}As/GaAs: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Гетеропереходной полевой транзистор с затвором Шоттки на основе AlGaN/GaN: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Полевой транзистор с затвором Шоттки на основе GaAs (MESFET): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 6. Гетероструктурный транзистор на квантовых точках (1 час.)

МДП-транзистор с квантовыми точками Ge: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Модуляционно легированные транзисторы с квантовыми точками InAs на базе гетеропереходов GaAs/Al_{0.7}Ga_{0.3}As: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 7. Биполярные транзисторы (1 час.)

Биполярные транзисторы на гетеропереходах (НВТ) на базе GaAs: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Раздел III. Нанотранзисторные структуры на новых материалах (4 час.)

Тема 1. Нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок (1 час.)

Полевой транзистор на основе нанотрубки компании Infineon Technologies AG: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Транзистор на Y-образной нанотрубке: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 2. Нанотранзисторы на основе графена (1 час.)

Графеновый транзистор на квантовой точке: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Полевой транзистор на основе графеновой ленты: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Графеновый транзистор с нанопроводником: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 3. Спиновый нанотранзистор (1 час.)

Кремниевый спиновый транзистор с ферромагнитными слоями $\text{Co}_{84}\text{Fe}_{16}$ и $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Спиновый полевой транзистор (транзистор Датта-Даса): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 4. Наноэлектромеханический транзистор (1 час.)

Наноэлектромеханический транзистор (транзистор Блайка): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Баллистический транзистор с отклоняющим полем: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Раздел IV. Одноэлектроника (2 час.)

Тема 1. Эффект одноэлектронного туннелирования (1 час.)

Одноэлектронный транзистор с квантовой точкой: структура, принцип работы, достоинства и недостатки. Стадии процесса одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница: причина появления, вид, параметры структуры, влияющие на нее.

Тема 2. Транзисторные структуры одноэлектроники (1 час.)

Кремниевый одноэлектронный транзистор с двумя затворами и одиночной квантовой точкой: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Квантово-точечный транзистор с поликремниевым затвором: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Элемент памяти МДП-типа с ультракоротким каналом: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Раздел V. Политроника (4 / час.)

Тема 1. Органические транзисторы (2 час.)

Полевой транзистор на органических полупроводниках с нижним и верхним расположением затвора: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Тонкопленочный полевой транзистор на органических полупроводниках: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Тема 2. Органические светоизлучающие диоды (2 час.)

Органические светодиоды пассивно-матричные (Passive-Matrix OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды активно-матричные (Active-Matrix OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды фосфоресцентные (Phosphorescent OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды прозрачные (Transparent and Top-emitting OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды гибкие (Flexible OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические

светодиоды расположенные вертикально в стопочку (Staked OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (54 час.)

Занятие 1. Спинтроника (9 час.)

1. Свойства магнитоупорядоченных структур.
2. Приборы на магнитостатических волнах.
3. Приборы спинтроники.

Занятие 2. Квантовые компьютеры (9 час.)

1. От битов к кубитам.
2. Квантовые вычисления.
3. Элементная база квантовых компьютеров.

Занятие 3. Молектроника (9 час.)

1. Молекулярный подход в наноэлектронике.
2. Молекулярные транзисторы и элементы логики.
3. Молекулярная память.

Занятие 4. Нанофотоника (9 час.)

1. Структуры с пониженной размерностью.
2. Устройства на фотонных кристаллах.
3. Фотонные транзисторы.
4. Лазерные наноструктуры.
5. Волоконные лазеры.

Занятие 5. Наноплазмоника (9 час.)

1. Кванты плазмы твердых тел.

2. Спазер – лазер на плазмонах.
3. Однофотонный транзистор.
4. Интегральные схемы на плазмонах.

Занятие 6. Мемристорная электроника (9 час.)

1. Мемристор и его свойства.
2. Кроссбар-архитектура.
3. Нанoeлектронные устройства памяти.

Лабораторные работы (18/ __ час.)

Лабораторная работа №1. Исследование морфологии транзисторной структуры (9 / __ час.)

Лабораторная работа №2. Исследование материала, из которого изготовлена транзисторная структура (9 / __ час.)

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Нанoeлектроника» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы /	Коды и этапы формирования	Оценочные средства - наименование
--------------	---	----------------------------------	--

	темы дисциплины	компетенций	текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен вопрос № 1
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
2	Раздел II	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен вопросы № 2-8
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен, задание
3	Раздел III	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен вопросы № 9-12
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен, задание
4	Раздел IV	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен вопросы № 13-14
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
5	Раздел V	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен вопросы № 15-16
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие. Лань 2008, 336 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=232

2. Суздаев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. Либроком, 2013, 592 стр.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242083&theme=FEFU>

3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2007. - 414 с.

http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Lan:/usr/vtls/ChamoHome/visualizer/data_lan/data_lan+%285574%29.xml&theme=FEFU.

4. Тимофеев В.Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур. – М.:Лань, 2015. – 512 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56610

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. А.А. Щука «Наноэлектроника» - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 342 с.

2. Н.Н. Герасименко, Ю.Н. Пархоменко «Кремний – материал наноэлектроники» - М.: Техносфера, 2007. – 352 с.

<http://www.t-library.net/read.php?id=510>

3. В. Денисенко «Новые физические эффекты в нанометровых МОП-транзисторах» Технологии – Т.12. – 2009. – с.157.

http://www.kit-e.ru/articles/device/2009_12_157.php

4. Н.М. Щелкачев, Я.В. Фоминов «Электрический ток в наноструктурах: кулоновская блокада и квантовые точечные контакты: Учебно-методическое пособие» - М.: МФТИ, 2010. - 39 с.

<http://window.edu.ru/resource/539/73539>

5. В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина «Физические основы нанoeлектроники: Учебное пособие» - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 83 с.

<http://window.edu.ru/resource/415/73415>

6. Епифанов Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 288 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2023

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Нанотехнологии <http://www.nanonewsnet.ru/> (про нанoeлектронику <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nanoelektronika-dostizheniya-perspektivy> и <http://www.nanonewsnet.ru/taxonomy/term/41/all>).
2. Словарь нанотерминов <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1407> (про нанoeлектронику <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/101/>).

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Nova 1.0 (Программа для получения изображения АСМ для лабораторной работы №1).
2. Image Analysis 2.1 или моложе (Программа обработки и анализа изображения АСМ для лабораторной работы №1)
3. Gatan Digital Micrograph 2.30 (Программа для получения изображения ПЭМ высокого разрешения для лабораторной работы №2).

4. ImageJ 1.42 или моложе (Программа получения и обработки картин быстрого фурье анализа выбранных областей изображения ПЭМ высокого разрешения для лабораторной работы №2).
5. Single Crystal 2.3 или моложе (Программа для моделирования электронной дифракции монокристаллов и расшифровки картин быстрого фурье анализа полученных для лабораторной работы №2).
6. Crystal Diffract 6.5 или моложе (Программа для определения значения межплоскостных расстояний $d(\text{теор})$ для наиболее интенсивных рефлексов, наблюдаемых в электронной дифракции монокристаллов для лабораторной работы №2).
7. Crystal Maker 9.2 или моложе (Программа для построения атомных структур монокристаллов и сохранения их в файлах в формате воспринимаемом программами Single Crystal 2.3 и Crystal Diffract 6.5).
8. Microsoft Office для дома и учебы 2013 или 365 (Программы для подготовки отчетов по лабораторным работам, реферата (Word) и докладов на практических занятиях (PowerPoint)).
9. Crystallography Open Database (открытая база данных по атомной структуре монокристаллов для программы Crystal Maker 9.2)
<http://www.crystallography.net/search.html>.
10. American Mineralogist Crystal Structure Database (разработанная для американских минералогов открытая база данных по атомной структуре монокристаллов для программы Crystal Maker 9.2)
<http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках дисциплины оцениваются: конспектирование лекций (12% вклад в итоговом рейтинге по дисциплине; дополнительное контрольное мероприятие (ДКМ)), подготовка и изложение докладов на 2 выбранные темы на практических занятиях (12%; 2 основных контрольных мероприятия (ОКМ)), вопросы к докладам изложенным другими студентами на практических занятиях

(13%; ДКМ), реферат на выбранную тему (25%; ОКМ), отчеты по 2 лабораторным работам (13%; 2 ОКМ) и знание теории, проверяемое на экзамене (25%; ОКМ). Максимальное количество баллов по любому контрольному мероприятию 100. Максимальный рейтинг по дисциплине 125%. Для получения «зачтено» студенту достаточно получить рейтинг по дисциплине 61% или более, при этом по каждому ОКМ нужно получить не менее 61 балла.

Посещаемость занятий не является контрольным мероприятием, но для лучшего освоения дисциплины следует приходить на занятия и конспектировать лекции. При конспектировании лекции особое внимание уделять названиям транзисторных (диодных) структур, их устройству, параметрам, стадиям изготовления, принципам работы, достоинствам и недостаткам. Правильно подготовленные конспекты помогут хорошо подготовиться к экзамену по дисциплине. При формировании оценки конспектирования лекций учитывается количество лекций, законспектированных студентом по данной дисциплине.

В течение первой недели обучения нужно выбрать 2 темы из списка тем докладов, не выбранные другими студентами и сообщить об этом преподавателю. При выборе темы рекомендуется ознакомиться со всеми темами докладов, просмотреть информацию по ним в рекомендованной литературе и интернете (в интернете рекомендуется вести поиск на русском и английском языках с помощью поисковика Google (www.google.com), для перевода содержимого найденных страниц с английского на русский язык можно воспользоваться Google Translate (<https://translate.google.ru/>), выбрать наиболее интересные для вас (их может быть более двух), расставить предпочтения и согласовать 2 темы, выбранные вами с другими студентами. Доклад готовят в виде презентации в PowerPoint в соответствии с методическими рекомендациями для подготовки презентации. При подготовке доклада нужно пользоваться как отечественной, так и иностранной литературой. При работе с литературой нужно особое внимание уделять истории развития рассматриваемой темы доклада, названиям транзисторных (диодных) структур, их устройству, параметрам, стадиям изготовления, принципам работы, достоинствам и недостаткам. Эти аспекты следует последовательно изложить в докладе, начиная с истории развития и оканчивая достоинствами и недостатками. Первый доклад нужно изложить на одном из практических занятий, проходящих с 3 по 9 неделю, а второй – с 11 по 17 неделю обучения включительно. При оценке доклада учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость изложения материала, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления. Методические рекомендации по оформлению презентации и список тем докладов приведены в разделе «Материалы для самостоятельной

работы студентов» УМКД.

После изложения доклада студенты могут задавать к нему вопросы. Вопросы задаются для уточнения деталей или прояснения некоторых моментов доклада. При формировании оценки по этому дополнительному контрольному мероприятию учитывается количество докладов, к которым студент задал один или более вопросов, не заданных другими студентами. Поэтому лучше сконцентрироваться на подготовке одного качественного вопроса во время доклада и задать его по окончании этого доклада, чем задать докладчику несколько поспешных непродуманных вопросов. Вопросы к оформлению и изложению доклада не учитываются при формировании оценки по этому дополнительному контрольному мероприятию.

Кроме того, нужно выполнить 2 лабораторные работы, подготовить отчеты по ним и сдать их на лабораторных занятиях. Первую лабораторную работу желательно сдать до 7 недели, а вторую – до 13 недели обучения включительно. Отчет нужно оформлять в соответствии с методическими рекомендациями к соответствующей лабораторной работе. Если выполнены полностью все задания к лабораторной работе, полученные результаты верны и отчет оформлен правильно, то студенту получает 100 баллов.

В течение первой и второй недель обучения нужно выбрать тему из списка тем рефератов, не выбранную другими студентами и сообщить об этом преподавателю. При выборе темы рекомендуется ознакомиться со всеми темами рефератов, просмотреть информацию по ним в рекомендованной литературе и интернете (в интернете рекомендуется вести поиск на русском и английском языках с помощью поисковика Google (www.google.com), для перевода содержимого найденных страниц с английского на русский язык воспользоваться Google Translate (<https://translate.google.ru/>), выбрать наиболее интересные для вас, расставить предпочтения и согласовать тему, выбранную вами с другими студентами. Реферат готовят в Word в соответствии с методическими рекомендациями для подготовки реферата и сдают преподавателю до 17 недели обучения включительно. При подготовке реферата нужно пользоваться как отечественной, так и иностранной литературой. При работе с литературой нужно особое внимание уделять истории развития рассматриваемой темы реферата, названиям транзисторных (диодных) структур, их устройству, параметрам, стадиям изготовления, принципам работы, достоинствам и недостаткам, сравнению со структурами, использовавшимися ранее для решения схожих задач в микроэлектронике. Эти аспекты следует последовательно изложить в реферате, начиная с истории развития и оканчивая сравнением. При оценке реферата учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость структуры работы, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически

мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления. Методические рекомендации по оформлению реферата и список тем рефератов приведены в разделе «Материалы для самостоятельной работы студентов» УМКД.

Экзамен является последним по времени контрольным мероприятием и реализуется на 18 неделе обучения в виде устного опроса в форме ответов на вопросы в билете, выбранном студентом. Вопросы в билете берутся из списка вопросов к экзамену. На подготовку ответов на вопросы в билете студенту предоставляется 20 минут. После ответов студента на вопросы преподаватель задает студенту дополнительные вопросы для уточнения глубины понимания и прочности освоения студентом программного материала дисциплины. По завершению ответа студентом на все заданные преподавателем вопросы производится оценка в баллах ответа студента на экзамене. При оценке ответа студента на экзамене учитываются глубина и прочность усвоения программного материала, полнота, последовательность и логическая стройность его изложения, умение увязывать теорию с практикой, правильное обоснование принятого решения, знание и умение строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Проектор для демонстрации презентаций.
2. Ноутбук Acer Aspire.
3. Атомно-силовой микроскоп Solver P47.
4. Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM4000EX.
5. Изображения наноструктур, полученные на атомно-силовом и просвечивающем электронном микроскопах.
6. Макет атомной структуры кристалла кремния.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)**

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Нанoeлектроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Форма подготовки: очная

г. Владивосток
2016

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	11-18 неделя	Подготовка к зачёту	18 часов	Зачёт
2	2-17 неделя	Подготовка 2 докладов	22 часа	Доклад
3	2-17 неделя	Написание реферата	14 часов	Реферат

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов состоит из работы над рекомендованной и любой доступной литературой по изучаемой дисциплине, подготовки докладов по выбранным темам в виде презентаций с использованием мультимедийного оборудования и написания реферата по выбранной теме реферата.

Преподаватель предлагает каждому студенту список тем для докладов и рефератов. Студент выбирает из невыбранных другими две темы для докладов и одну для реферата. Доклады подготавливаются в виде презентации в лицензионной программе Power Point (из пакета Office) и излагаются на практическом занятии. Реферат создают в лицензионной программе Word (из пакета Office) и предоставляют преподавателю в электронном виде для ознакомления.

Задания для самостоятельного выполнения

1. Поиск, чтение и анализ любой доступной литературы по изучаемой дисциплине. Написание реферата на одну из тем представленных в списке тем реферата не выбранную другими студентами.

2. Подготовка докладов по темам предложенным преподавателем в списке тем докладов, не выбранных другими студентами. За семестр нужно приготовить 2 доклада в виде презентаций с использованием мультимедийного оборудования.

Методические рекомендации для подготовки презентаций

Общие требования к презентации:

- презентация не должна быть меньше 10 слайдов;
- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название и номер доклада; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации; желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно было перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание (при обсуждении доклада это позволяет быстро перейти к слайду, к которому адресован вопрос студента);
- дизайн-эргономические требования: использовать только хорошо или достаточно хорошо сочетаемые цвета (таблицу сочетаемости цветов ищите в интернете), количество объектов (рисунков и таблиц) на слайде должно быть не более 3 (иначе слайд тяжел для восприятия), цвет текста темный на светлом фоне, монотонный приглушенный цвет фона выглядит предпочтительнее разноцветного или слишком яркого фона;
- каждый слайд, кроме первого, должен иметь заголовок, расположенный вверху слайда и отражающий содержание слайда; шрифт заголовка на 2 или более пунктов больше шрифта основного текста;
- под каждым рисунком должны располагаться подписи к рисунку, поясняющие содержание рисунка;
- важные параметры устройства или прибора можно свести в таблицу и оформить сверху таблицы поясняющую подпись к таблице;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий (список использованных терминов и их определения) и список литературы.

Порядок представления доклада и его оценка

Презентация докладывается студентом на практическом занятии. Далее следуют вопросы от преподавателя и студентов. После получения ответов на все заданные вопросы преподаватель оценивает доклад студента выставляя ему определенное количество баллов, которое входит в общее количество баллов студента, набранных им в течение семестра.

При оценке доклада учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость изложения материала, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления.

Темы докладов

1. Свойства магнитоупорядоченных структур.
2. Приборы на магнитостатических волнах.
3. Приборы спинтроники.
4. От битов к кубитам.
5. Квантовые вычисления.
6. Элементная база квантовых компьютеров.
7. Молекулярный подход в нанoeлектронике.
8. Молекулярные транзисторы и элементы логики.
9. Молекулярная память.
10. Структуры с пониженной размерностью.
11. Устройства на фотонных кристаллах.
12. Фотонные транзисторы.
13. Лазерные наноструктуры.
14. Волоконные лазеры.
15. Кванты плазмы твердых тел.
16. Спазер – лазер на плазмонах.
17. Однофотонный транзистор.
18. Интегральные схемы на плазмонах.

19. Мемристор и его свойства.
20. Кроссбар-архитектура.
21. Нанoeлектронные устройства памяти.

Критерии оценки:

✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно

✓ 85-76 баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы

✓ 75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

Методические указания к выполнению реферата

Цели и задачи реферата

Реферат (от лат. *refero* — докладываю, сообщаю) представляет собой краткое изложение проблемы практического или теоретического характера с формулировкой определенных выводов по рассматриваемой теме. Избранная студентом проблема изучается и анализируется на основе одного или нескольких источников. В отличие от курсовой работы, представляющей собой комплексное исследование проблемы, реферат направлен на анализ одной или нескольких научных работ.

Целями написания реферата являются:

- развитие у студентов навыков поиска актуальных проблем наноэлектроники;
- развитие навыков краткого изложения материала с выделением лишь самых существенных моментов, необходимых для раскрытия сути проблемы;
- развитие навыков анализа изученного материала и формулирования собственных выводов по выбранному вопросу в письменной форме, научным, грамотным языком.

Задачами написания реферата являются:

- научить студента максимально верно передать мнения авторов, на основе работ которых студент пишет свой реферат;
- научить студента грамотно излагать свою позицию по анализируемой в реферате проблеме;
- подготовить студента к дальнейшему участию в научно – практических конференциях, семинарах и конкурсах;
- помочь студенту определиться с интересующей его темой, дальнейшее раскрытие которой возможно осуществить при написании курсовой работы или диплома;
- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с мнением того или иного автора по данной проблеме.

Основные требования к содержанию реферата

Студент должен использовать только те материалы (научные статьи, книги, монографии, интернет ресурсы, пособия), которые имеют прямое

отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Содержание реферата должно быть конкретным, исследоваться должна только одна проблема (допускается несколько, только если они взаимосвязаны). Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения (начать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы). Реферат должен заканчиваться выведением выводов по теме.

По своей *структуре* реферат состоит из:

1. Титульного листа;

2. Введения, где студент формулирует проблему, подлежащую анализу и исследованию;

3. Основного текста, в котором последовательно раскрывается избранная тема. В отличие от курсовой работы, основной текст реферата предполагает разделение на 2-3 параграфа без выделения глав. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст;

4. Заключение, где студент формулирует выводы, сделанные на основе основного текста.

5. Списка использованной литературы. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и иные, которые были изучены им при подготовке реферата.

Объем реферата составляет 10-15 страниц машинописного текста, но в любом случае не должен превышать 15 страниц. Интервал – 1.5, размер шрифта – 14, поля: левое — 3 см, правое — 1.5 см, верхнее и нижнее — 1.5 см. Страницы должны быть пронумерованы. Абзацный отступ от начала строки равен 1.25 см.

Порядок сдачи реферата и его оценка

Реферат пишется студентом в течение семестра в сроки, установленные в плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине, и сдается преподавателю, ведущему дисциплину.

По результатам проверки студенту выставляется определенное количество баллов, которое входит в общее количество баллов студента, набранных им в течение семестра. При оценке реферата учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость структуры работы, умение работать с научной литературой, умение ставить проблему и анализировать ее, умение логически мыслить, владение профессиональной терминологией, грамотность оформления.

Темы рефератов

1. Гетероструктуры – материалы наноэлектроники.
2. Графен – перспективный двумерный монокристалл.
3. Нанотрубки – основа полевых нанотранзисторов.
4. Фуллерены, многообразие вариантов их применения.
5. Магнитные полупроводники, перспективы их применения.
6. Полимерные материалы в наноэлектронике.
7. Фотонные кристаллы: от теории к практике.
8. Пленки поверхностно-активных веществ в наноструктурах.
9. Бионаноструктуры.

Критерии оценки:

✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

✓ 85-76 баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки

при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы.

✓ 75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы.

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)**

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Нанoeлектроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Форма подготовки: очная

г. Владивосток
2016

Паспорт
фонда оценочных средств
по дисциплине наноэлектроника
(наименование дисциплины, вид практики)

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Знает	Современную компонентную базу структурных элементов изделий электроники и наноэлектроники
	Умеет	Выбирать структуры нанотранзисторов для реализации современных потребностей измерительной и вычислительной техники
	Владеет	Навыками анализа современной электроники и наноэлектроники

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен вопрос № 1
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ПР-4)	Экзамен, задание
2	Раздел II	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен вопросы № 2-8
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен, задание
3	Раздел III	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ПР-6)	Экзамен вопросы № 9-12

			Умеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ЛР-6)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Лабораторная работа (ЛР-6)	Экзамен, задание
4	Раздел IV	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Реферат (ЛР-4)	Экзамен вопросы № 13-14
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ЛР-4)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ЛР-4)	Экзамен, задание
5	Раздел V	ОПК-7	Знает	Устный опрос (УО-3), Реферат (ЛР-4)	Экзамен вопросы № 15-16
			Умеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ЛР-4)	Экзамен, задание
			Владеет	Устный опрос (УО-3), Реферат (ЛР-4)	Экзамен, задание

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Знает	Современную компонентную базу структурных элементов изделий электроники и нанoeлектроники	объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты	60-74
	Умеет	Выбирать структуры нанотранзисторов для реализации современных потребностей измерительной и вычислительной техники	уметь систематизировать научную информацию, выбирать структуры нанотранзисторов для решения поставленных задач	75-89
	Владеет	Навыками анализа современной электроники и нанoeлектроники	Уметь решать различные задачи в области экспериментального исследования	90-100

			наноструктур для нанотранзисторов и контроля характеристик нанотранзисторов	
--	--	--	---	--

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Вопросы к экзамену

1. Переход от микроэлектроники к нанoeлектронике. Направления нанoeлектроники.
2. МДП-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. МОП-транзистор со слаболегированными LDD-областями: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.
3. КНИ-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. TeraHertz-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.
4. Технология формирования структур Si/SiGe и SiGe/Si. Модулированно-легированные транзисторы с затвором Шоттки на базе гетеропереходов Si/Si_{0.7}Ge_{0.3} (MODFET-транзисторы): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Транзистор типа «кремний ни на чем»: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.
5. FinFET-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Tri-Gate-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Multi-Gate FinFET-транзистор: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

6. Полевой гетеротранзистор на основе AlGaAs-GaAs: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. НЕМТ-транзистор на основе $Al_{0.3}Ga_{0.7}As/GaAs$: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Гетеропереходной полевой транзистор с затвором Шоттки на основе AlGaN/GaN: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Полевой транзистор с затвором Шоттки на основе GaAs (MESFET): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

7. МДП-транзистор с квантовыми точками Ge: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Модуляционно легированные транзисторы с квантовыми точками InAs на базе гетеропереходов GaAs/ $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

8. Биполярные транзисторы на гетеропереходах (HBT) на базе GaAs: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

9. Полевой транзистор на основе нанотрубки компании Infineon Technologies AG: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Транзистор на Y-образной нанотрубке: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

10. Графеновый транзистор на квантовой точке: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Полевой транзистор на основе графеновой ленты: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Графеновый транзистор с нанопроводником: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

11. Кремниевый спиновый транзистор с ферромагнитными слоями $Co_{84}Fe_{16}$ и $Ni_{80}Fe_{20}$: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Спиновый полевой транзистор (транзистор Датта-Даса): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

12. Нанoeлектромеханический транзистор (транзистор Блайка): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Баллистический транзистор с отклоняющим полем: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

13. Одноэлектронный транзистор с квантовой точкой: структура, принцип работы, достоинства и недостатки. Стадии процесса одноэлектронного туннелирования. Кулоновская лестница: причина появления, вид, параметры структуры, влияющие на нее.

14. Кремниевый одноэлектронный транзистор с двумя затворами и одиночной квантовой точкой: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Квантово-точечный транзистор с поликремниевым затвором: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Элемент памяти МДП-типа с ультракоротким каналом: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

15. Полевой транзистор на органических полупроводниках с нижним и верхним расположением затвора: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Тонкопленочный полевой транзистор на органических полупроводниках: структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

16. Органические светодиоды пассивно-матричные (Passive-Matrix OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды активно-матричные (Active-Matrix OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды фосфоресцентные (Phosphorescent OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды прозрачные (Transparent and Top-emitting OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки. Органические светодиоды гибкие (Flexible OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

Органические светодиоды расположенные вертикально в стопочку (Staked OLED): структура, стадии изготовления, принцип работы, достоинства и недостатки.

критерии оценки:

✓ 100-86 баллов - если ответ показывает, что студент глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, правильно обосновывает принятое решение. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

✓ 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий что студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий что студент имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Знает не все простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

✓ 60-50 баллов - ответ, обнаруживающий что студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Не знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники

различного функционального назначения. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

Темы докладов

по дисциплине наноэлектроника
(наименование дисциплины)

1. Свойства магнитоупорядоченных структур.
2. Приборы на магнитостатических волнах.
3. Приборы спинтроники.
4. От битов к кубитам.
5. Квантовые вычисления.
6. Элементная база квантовых компьютеров.
7. Молекулярный подход в наноэлектронике.
8. Молекулярные транзисторы и элементы логики.
9. Молекулярная память.
10. Структуры с пониженной размерностью.
11. Устройства на фотонных кристаллах.
12. Фотонные транзисторы.
13. Лазерные наноструктуры.
14. Волоконные лазеры.
15. Кванты плазмы твердых тел.
16. Спазер – лазер на плазмонах.
17. Однофотонный транзистор.
18. Интегральные схемы на плазмонах.

19. Мемристор и его свойства.

20. Кроссбар-архитектура.

21. Нанoeлектронные устройства памяти.

Критерии оценки:

- ✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной теме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы. Фактических ошибок, связанных с пониманием темы, нет; презентация оформлена правильно
- ✓ 85-76 баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания темы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Фактических ошибок, связанных с пониманием темы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении презентации
- ✓ 75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих темы; понимает базовые основы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении презентации
- ✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой темы, в оформлении презентации.

Составитель _____ С.А. Доценко

(подпись)

« ___ » _____ 20 г.

Комплект лабораторных заданий

по дисциплине наноэлектроника
(наименование дисциплины)

К лабораторной работе №1

1. Обработать полученное изображение с помощью программы Image Analysis.
2. Определить количество не соответствующих технологической норме (бракованных) островков N_1 .
3. Получить маску от изображения.
4. Определить количество островков N , среднюю высоту островка $\langle h \rangle$, среднюю площадь поверхности островка $\langle S \rangle$.
5. Вычислить плотность не бракованных островков $\rho = (N - N_1) / S_0$ [см⁻²], степень интеграции $A = \lg(\rho)$, выход качественных транзисторов $G = (N - N_1) / N \cdot 100\%$ и эффективность использования Si пластины $Q = \langle S \rangle N_k / S_0 \cdot 100\%$.
6. Определить тип интегральной схемы, качество этой транзисторной структуры и насколько эффективно использована Si пластина.

К лабораторной работе №2

1. Обработать полученное изображение с помощью программ Gatan Digital Micrograph и ImageJ.
2. Определить расстояние b между парой рефлексов картины быстрого фурье-анализа, находящимися на одной линии с центральным рефлексом и равноотстоящими от него, и угол α между этой линией и горизонталью проведенной через центральный рефлекс.
3. Вычислить межплоскостные расстояния d из полученных значений b .
4. Сопоставить вычисленные значения d с близкими межплоскостными расстояниями $d(\text{теор})$ для плоскостей разных фаз, полученными с

помощью программ Crystal Maker и Crystal Diffract, с целью определить фазовый состав.

5. Сопоставить экспериментальные картины быстрого фурье-анализа и картины электронной дифракции, полученные для этих фаз с помощью программы Single Crystal.
6. Определить долю площади Q занятой каждой фазой.
7. Сравнить углы для разных фаз и определить возможные эпитаксиальные соотношения между фазами.
8. Суммировать полученную информацию о выращенной транзисторной структуре и сделать вывод о соответствии выращенной структуры запланированной.

Критерии оценки:

- ✓ 100 баллов выставляется студенту, если студент полностью выполнил все задания к лабораторной работе, полученные им результаты верны и отчет оформлен правильно.

Составитель _____ С.А. Доценко

(подпись)

« ___ » _____ 20 г.

Темы рефератов

по дисциплине наноэлектроника
(наименование дисциплины)

1. Гетероструктуры – материалы наноэлектроники.
2. Графен – перспективный двумерный монокристалл.
3. Нанотрубки – основа полевых нанотранзисторов.
4. Фуллерены, многообразие вариантов их применения.
5. Магнитные полупроводники, перспективы их применения.
6. Полимерные материалы в наноэлектронике.
7. Фотонные кристаллы: от теории к практике.
8. Пленки поверхностно-активных веществ в наноструктурах.
9. Бионаноструктуры.

Критерии оценки:

- ✓ 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.
- ✓ 85-76 баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы.
- ✓ 75-61 балл - студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы.
- ✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не

раскрыта структура темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

Составитель _____ С.А. Доценко

(подпись)

«___» _____ 20 г.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Наноэлектроника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Наноэлектроника» проводится в форме контрольных мероприятий (реферата по выбранной теме, 2 докладов и 2 лабораторных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (работа на занятии, конспектирование лекций);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы (доклады на практических занятиях и реферат).

В рамках учебной дисциплины оценивается: работа на занятии и конспектирование лекций. При оценке работы на занятии определяют количество докладов на практическом занятии, к которым студент задал один или более вопросов относящихся к теме докладов и не заданных другими студентами. Не учитываются вопросы к оформлению и изложению доклада. Контроль работы на занятии проводится в течении семестра на практических занятиях, является дополнительным контрольным мероприятием и оценивается на 18 неделе семестра количеством набранных баллов. Количество баллов, полученных студентом по этому контрольному мероприятию вычисляется по формуле: $O=100*M/N$, где O – количество баллов, M - количество докладов на практическом занятии, к которым студент задал один или более вопросов относящихся к теме докладов и не заданных другими студентами, N – суммарное количество докладов на практических занятиях, которые должны доложить студенты за семестр по данной

дисциплине за вычетом докладов студента, которому вычисляют количество баллов.

При контроле конспектирования лекций определяют количество лекций, законспектированных студентом по данной дисциплине за семестр. Контроль конспектирования лекций является дополнительным контрольным мероприятием и оценивается на 18 неделе семестра количеством набранных баллов. Количество баллов, полученных студентом по этому контрольному мероприятию вычисляется по формуле: $O=100*M/N$, где O – количество баллов, M – количество лекций, законспектированных студентом по данной дисциплине, N – суммарное количество лекций, которые проводит преподаватель за семестр по данной дисциплине.

Степень усвоения теоретических знаний оценивается на экзамене, который является основным контрольным мероприятием и проводится на 18 неделе семестра. На экзамене студент отвечает на вопросы в экзаменационном билете, который взял. Вопросы в билете берутся из списка вопросов к экзамену. После ответа студента на вопросы ведущий преподаватель задает студенту дополнительные вопросы для уточнения глубины понимания и прочности освоения студентом программного материала дисциплины. По завершению ответа студентом на все заданные ведущим преподавателем вопросы производится оценка в баллах ответа студента на экзамене в соответствии с критерием выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине.

Оценка уровня овладения практическими умениями и навыками проводится на лабораторных занятиях. Студент делает 2 лабораторные работы в сроки, установленные в рейтинг-плане, выполняет задания, описанные в комплекте лабораторных заданий, и оформляет отчеты в соответствии с требованиями оформления отчетов, описанными в методических указаниях для этих лабораторных работ. Если студент полностью выполнил все задания к лабораторной работе, полученные им результаты верны и отчет оформлен

правильно, то ведущий преподаватель выставляет ему 100 баллов за лабораторную работу.

Результаты самостоятельной работы студент демонстрирует при изложении докладов на практических занятиях и в реферате. Для подготовки докладов студент выбирает 2 темы из списка тем докладов не выбранные другими студентами и использует любые доступные источники информации в том числе из списка основной литературы. Студент излагает подготовленные доклады на практических занятиях в установленные в рейтинг-плане сроки. Преподаватель оценивает доклад в соответствии с критерием оценки доклада. Тему реферата студент выбирает из тем рефератов, не выбранных другими студентами. Реферат готовит в сроки, установленные в рейтинг-плане, и предоставляет его на 17 неделе ведущему преподавателю для оценки. Ведущий преподаватель в течение 18 недели прочитывает реферат и выставляет оценку студенту в соответствии с критерием оценки реферата. Если предоставленный студентом реферат является копией реферата, сданного ранее другим студентом (совпадение 70% и более), то он не оценивается преподавателем так как не является результатом самостоятельной работы студента.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Наноэлектроника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена в устной форме с использованием оценочных средств (устный опрос в форме ответов на вопросы экзаменационных билетов). Вопросы в билете берутся из списка вопросов к экзамену. После ответа студента на вопросы ведущий преподаватель задает вопросы студенту по изложенному материалу для уточнения глубины понимания студентом изложенного материала. По завершению ответа студентом на все заданные ведущим преподавателем вопросы производится оценка в баллах ответа студента на экзамене в

соответствии с критерием выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

«Нанoeлектроника»:

<i>Баллы (рейтинговой оценки)</i>	<i>Оценка экзамена/ экзамена (стандартная)</i>	<i>Требования к сформированным компетенциям</i>
От 86 до 100	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, правильно обосновывает принятое решение. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.
От 76 до 85	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов. Знает и умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. Однако допускается одна - две неточности в ответе.
От 61 до 75	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Знает не все простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.
От 50 до 60	«не зачтено»/ «неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Не знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа.