

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики,
д.ф.-м.н., профессор

С.Б. Вениг

2023 г.



Рабочая программа дисциплины
Ознакомительная практика

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 "Электроника и нанoeлектроника"

Профиль подготовки бакалавриата
«Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2023 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Яфаров Р.К. Вагарин А.Ю.		08.06.23
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		08.06.23
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		08.06.23
Специалист Учебного управления			

1. Цели учебной практики

Целями ознакомительной практики являются закрепление, мотивация и углубление теоретической подготовки студентов по осваиваемому профилю подготовки, приобретение ими первичных практических навыков и компетенций в сфере профессиональной деятельности, обеспечивающих скорейшую адаптацию бакалавра к реальным условиям научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности.

Задачи учебной практики

Задачами ознакомительной практики являются:

- ознакомление с основными направлениями работы структурных подразделений СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Образовательно-научного института наноструктур и биосистем (ОНИ НСиБС СГУ) и АО «НПП «Алмаз»
- ознакомление с достижениями в области создания современной элементной базы микро- и наноэлектроники, новых нанотехнологий и наноматериалов, а также методов исследования физических свойств нанокompозитных материалов и наносистем.
- ознакомление с технологическими методиками и оборудованием для реализации и контроля нанотехнологических процессов в наноэлектронике, имеющимся в СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Образовательно-научном институте наноструктур и биосистем (ОНИ НСиБС СГУ) и АО «НПП «Алмаз»
- ознакомление с моделями развития науки и технологий радиоэлектронной промышленности в мире, приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, критическими технологиями.

2. Тип (форма) учебной практики и способ ее проведения

Тип учебной практики – ознакомительная практика. По способу проведения практика является стационарной.

3. Место учебной практики в структуре ООП бакалавриата

Ознакомительная практика относится к обязательной части блока Б2 «Практика» и проходит у студентов очной формы обучения Института физики СГУ, обучающихся по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю подготовки «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем», по окончании летней экзаменационной сессии 2 учебного семестра. Практика базируется на ранее приобретенных студентами знаниях по физике, химии, введению в специальность и подготавливает студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин как «Современные аспекты инженерной деятельности в условиях наукоёмкого производства», Микроэлектроника и наноэлектроника», «Технология материалов и структур электроники» и др.

4. Результаты обучения по практике

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>1.1_ Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.</p> <p>2.1_ Б.УК-1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>3.1_ Б.УК-1. Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p> <p>4.1_ Б.УК-1. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p>5.1_ Б.УК-1. Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p><u>Знать</u> структуру, направления и организацию научных исследований в СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Образовательном-научном институте наноструктур и биосистем (ОНИ НСиБС СГУ) и АО «НПП «Алмаз»; основные достижения в области создания современной элементной базы микро- и нанoeлектроники, новые нанотехнологии и наноматериалы, методы исследования физических свойств нанокompозитных материалов и наносистем; служебные инструкции, основы техники безопасности, требования и правила эксплуатации технологического оборудования.</p>
<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>1.1_ Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проект совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>2.1_ Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>3.1_ Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время</p>	<p><u>Уметь</u> формулировать цель и задачи научного исследования, строить гипотезы и теоретически обосновывать проведение экспериментальных исследований, обрабатывать полученные экспериментальные результаты, анализировать и сопоставлять их с предварительным теоретическим анализом.</p> <p><u>Владеть</u> методологией научного исследования как общенаучной, так и конкретной отрасли науки, навыками выбора, подготовки и проведения экспериментов с использованием современной</p>

	<p>4.1_ Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p>технологической и диагностической аппаратуры, навыками общения с научными сотрудниками и высококвалифицированными специалистами в процессе проведения теоретических и экспериментальных исследований.</p>
<p>УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни</p>	<p>1.1_ Б.УК-6. Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p> <p>2.1_ Б.УК-6. Понимает важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p> <p>3.1_ Б.УК-6. Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p> <p>4.1_ Б.УК-6. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p> <p>5.1_ Б.УК-6. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p>	
<p>ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>1.1_ Б.ОПК-1. Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов.</p> <p>2.1_ Б.ОПК-1. Аргументированно</p>	

	<p>применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.</p> <p>3.1_Б.ОПК-1.</p> <p>Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	
--	--	--

5. Структура и содержание учебной практики

Общая трудоемкость «Ознакомительной практики» составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля и промежуточной аттестации
1.	Ознакомление со структурой и основными направлениями работы структурных подразделений Образовательно-Научного Института наноструктур и биосистем СГУ им. Н.Г. Чернышевского	10	Раздел отчета
2.	Ознакомление со структурой и основными направлениями работы производственно-технологических подразделений АО «НПП «Алмаз»	10	Раздел отчета
3.	Организационные вопросы Учебной практики в СФ ИРЭ РАН	10	Проверка знаний и правил пожарной безопасности и техники безопасности
4.	Ознакомление со структурой и основными направлениями работы структурных подразделений СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН	10	Раздел отчета
5.	Ознакомление с достижениями в области создания современной элементной базы микро- и наноэлектроники, новых нанотехнологий и наноматериалов, а также методами исследования физических свойств нанокompозитных материалов и наносистем.	10	Раздел отчета
6.	Ознакомление с технологическими методиками и оборудованием для	30	Раздел отчета

	реализации и контроля нанотехнологических процессов в наноэлектронике, имеющих в СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН		
7.	Ознакомление с моделями развития науки и технологий радиоэлектронной промышленности в мире, приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, критическими технологиями.	10	Раздел отчета
8.	Подготовка отчета по практике	18	
	Промежуточная аттестация		Зачёт
	Итого	108	

Формы проведения учебной практики

Ознакомительная практика проводится в форме ознакомления студентов с работой научно – исследовательских лабораторий СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Образовательно-научного института наноструктур и биосистем (ОНИ НСиБС СГУ) и производственно-технологических подразделений АО «НПП «Алмаз».

Место и время проведения учебной практики

Ознакомительная практика проводится в научно – исследовательских лабораториях СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Образовательно-научного института наноструктур и биосистем (ОНИ НСиБС СГУ), а также в производственно-технологических подразделениях АО «НПП «Алмаз» по окончании летней экзаменационной сессии 2 учебного семестра 1 курса в течение 2 недель.

Формы промежуточной аттестации (по итогам практики)

По итогам ознакомительной практики составляется отчет. Промежуточная аттестация по итогам практики проводится в форме защиты отчета. По результатам защиты отчёта в зимнюю сессию 3 семестра выставляется *зачёт*.

6. Образовательные технологии, используемые на учебной практике

При проведении ознакомительной практики используются следующие современные образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

При реализации программы практики предусмотрены встречи с известными специалистами и экспертами.

Условия прохождения практики для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

Ознакомительная практика для студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Выбор мест и способов прохождения ознакомительной практики для обучающихся инвалидов и лиц с ОВЗ осуществляется с учетом требований их доступности, а также рекомендованных условий и видов труда. В таком случае структура ознакомительной практики адаптируется под конкретные ограничения возможностей здоровья обучающегося, что отражается в индивидуальном здании на практику.

При проведении практики допускается использование дистанционных образовательных технологий. Практика не может проводиться исключительно с применением дистанционных образовательных технологий.

Предусмотрено использование индивидуальных графиков прохождения практики

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов на учебной практике

Самостоятельная работа студентов при прохождении ознакомительной практики проводится в течение всего периода практики и заключается в чтении и изучении литературы, углубленном ознакомлении со спецификой научных исследований в выбранном научном направлении, участие в проведении экспериментальных исследований, подготовке и сдаче отчета по практике.

Контрольные вопросы для проведения текущей аттестации

1. Критические технологии современной микро- и наноэлектроники
2. Основные научные направления исследований и организационная структура в СФ ИРЭ РАН
3. Нанотехнологии, наноматериалы и устройства наносистемной техники
4. Миниатюризация электровакуумных СВЧ-приборов. Вакуумные интегральные схемы (ВИС).
5. Углеродные наноструктуры. Углеродные нанотрубки и нанокластеры – новый материал для эмиссионной электроники.
6. Оптика диэлектрических микро- и наноструктур
7. Нано- химия и физика металлополимеров
8. Нелинейная динамика для медицины, климатологи и радиофизики

9. Приоритетные направления развития нанотехнологий.

Контрольные задания для проведения текущей аттестации

1. Самоорганизации нанокристаллитов кремния в плазме СВЧ газового разряда низкого давления. Классические и квантовые законы движения электронов. Размерное квантование энергии электронов. Формирование квантовых точек.
2. Получение атомно-чистых поверхностей кремния в низкоэнергетичной СВЧ плазме низкого давления. Физико – химические процессы при вакуумно-плазменном травлении материалов в низкотемпературной газоразрядной плазме. Атомная структура чистых поверхностей кремния различных кристаллографических ориентаций
3. Автоэлектронная эмиссия из наноуглеродных материалов. Туннелирование электронов через потенциальный барьер. Автоэлектронная эмиссия из металлов в вакуум. Автоэлектронная эмиссия из полупроводников. Применение автоэлектронной эмиссии. Создание диодных и триодных структур микроприборов на основе планарного наноалмазграфитового эмиттера
4. Современные методы зондовых исследований поверхности в микро- и нанoeлектронике. Сканирующая туннельная микроскопия. Методы получения изображений поверхности в СТМ. Методика измерения локальной работы выхода в СТМ. Туннельная спектроскопия.
5. Сканирующая атомно - силовая микроскопия. Потенциал Леннарда-Джонса. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Колебательные методики АСМ. Бесконтактный и "полуконтактный" режим колебаний кантилевера. Формирование и обработка СЗМ изображений. Восстановление поверхности по ее СЗМ изображению.
6. Периодические структуры в оптоэлектронике. Синтез 2-х и 3- х мерных сред с металлическими квантовыми точками. Разработка элементной базы нового поколения на основе пластиковой и молекулярной электроники (туннельные диоды, одно- и двух электронные транзисторы и т.д.).
7. Разработка приборов типа «свет- свет» для коммутации и модуляции оптических сигналов.
8. Разработка технологии изготовления фотонных кристаллов и микроструктурных волокон на основе оптического стекла с использованием стекловолоконной технологии.
9. Фото- и электролюминесценция в многослойных структурах на основе a-Si и его соединений с квантовыми точками Si.
10. Создание солнечных элементов на основе гетероструктурных соединений кремния с включениями нанокристаллов кремния.
11. Релаксация и реконструкция поверхностей элементарных полупроводников (монокристаллического кремния различных кристаллографических ориентаций).
12. Оптические и электрические свойства слоистых квантово-размерных структур на основе соединений кремния с квантовыми точками кремния.

8. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.2 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	0	0	0	30	0	40	0	70
3	0	0	0	0	0	0	30	30
Итого	0	0	0	30	0	40	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента **2 семестр**

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 30 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Участие в проведении научных исследований в соответствии с индивидуальным заданием на практику – от 0 до 40 баллов.

Промежуточная аттестация

Не предусмотрена

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по учебной практике «Ознакомительная практика» составляет **70** баллов.

3 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Не предусмотрена

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация (зачёт)

Промежуточная аттестация по учебной практике «Ознакомительная практика» проводится в форме защиты отчёта по практике. При этом учитывается качество оформления отчёта и ответы студента на задаваемые вопросы

При проведении промежуточной аттестации
ответ на «зачтено» оценивается от 10 до 30 баллов;
ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 9 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 3 семестр по учебной практике «Ознакомительная практика» составляет **30** баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 и 3 семестры по учебной практике «Ознакомительная практика» составляет **100** баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по учебной практике «Ознакомительная практика» в оценку (зачёт):

60 баллов и более	«зачтено» (при недифференцированной оценке)
меньше 60 баллов	«не зачтено»

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной практики

а) литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников: учебник. - 4-е изд., стер. - С-Пб. ; М.; Краснодар : Лань, 2010. – 390 с. (в НБ СГУ 43 экз.)
2. Шалимова К. В. Физика полупроводников [**Электронный ресурс**]: учебник. - 4-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2021. – 384 с. – ЭБС " ЛАНЬ " . — URL: <https://e.lanbook.com/book/167840>
3. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 9-е изд., стер. - С-Пб. ; М.; Краснодар : Лань, 2009. – 478 с. **Гриф МО** (в НБ СГУ 134 экз.)
4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 392 с. (в НБ СГУ 15 экз)
5. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников: учеб. пособие . - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. – 618 с. (в НБ СГУ 41 экз)
6. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников [**Электронный ресурс**] : учеб. пособие. – М. : Лань, 2021. - 624 с. **Гриф НМС МО РФ**. – ЭБС "ЛАНЬ" . — URL: <https://e.lanbook.com/book/168898>
7. Основы физики полупроводников: учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 335 с. (в НБ СГУ 30 экз.)
8. Фурсей А. Г. Автоэлектронная эмиссия [**Электронный ресурс**]. - Москва : Лань, 2021. - 320 с. – ЭБС «ЛАНЬ» . — URL: <https://e.lanbook.com/book/168421>
9. Погосов В. В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы: учеб. пособие. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 328 с. (в НБ СГУ 5 экз.)
10. Яфаров Р.К. Физика СВЧ вакуумно-плазменных нанотехнологий. М.: Физматлит, 2009. -216 с. (в НБ СГУ 3 экз.)
11. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний - материал нанoeлектроники. М. Техносфера, 2007. 352 с. (в НБ СГУ 3 экз.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Усанов Д.А., Яфаров Р.К. Исследование эффективности и равномерности возбуждения волноводно-резонаторных СВЧ устройств для вакуумно-плазменной обработки материалов на широкоформатных носителях: Учеб. пособие для студ. фак. Нано- и биомедицинских технологий. – Изд-во Саратов. ун-та, 2013.- 37 с. – Режим доступа:
http://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2014/04/15/lab_rezonator.doc
(дата обращения 28.08.21)
5. Усанов Д.А, Яфаров Р.К. Исследование поверхности материалов методом сканирующей туннельной микроскопии : Учеб. пособие для студ. факультета нано- и биомедицинских технологий. – Изд-во Саратов. ун-та, 2007.- 51 с. – Режим доступа: <http://solid.sgu.ru/Education/LabСТМ.pdf> (Дата обращения 28.08.21)
6. Усанов Д.А, Яфаров Р.К. Исследование поверхности материалов методом сканирующей атомно – силовой микроскопии. Учеб. пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – Изд-во Саратов. ун-та, 2006.- 23 с. – Режим доступа: <http://solid.sgu.ru/Education/LabАСМ.pdf> (Дата обращения 28.08.21)
7. Усанов Д.А, Яфаров Р.К. Исследование автоэлектронной эмиссии из нанотрубок и нанопроволок : Учеб. пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. – Изд-во Саратов. ун-та, 2006.- 23 с. – Режим доступа:
<http://solid.sgu.ru/Education/LabАЕМ.pdf> (Дата обращения 28.08.21)
8. Исследование самоорганизации нанокристаллитов в плазме СВЧ газового разряда низкого давления: Учеб. пособие для студ. фак. Нано- и биомедицинских технологий. – Изд-во Саратов. ун-та, 2006.- 23 с. . – Режим доступа: <http://solid.sgu.ru/Education/LabКТ.pdf> (Дата обращения 28.08.21)
9. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа:
<http://window.edu.ru/>
10. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа:
<http://library.sgu.ru/>

10. Материально-техническое обеспечение учебной практики

Ознакомительная практика проводится в научно – исследовательских лабораториях СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Образовательно-научного института наноструктур и биосистем (ОНИ НСиБС СГУ), а также в производственно-технологических подразделениях АО «НПП «Алмаз», оснащенных компьютерной техникой, измерительными приборами (оптическими, электронными, атомно- силовым и туннельным зондовыми, лазерным эллипсометрическим микроскопами), вакуумно- технологическим оборудованием для получения тонких диэлектрических пленок на основе кремния, углерода и их соединений, сухого плазменного травления, термического напыления металлических пленок и др., наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» с учётом профиля подготовки «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем».

Авторы
профессор Р.К. Яфаров

доцент А.Ю. Вагарин

Программа разработана в 2019 году и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 24 апреля 2019 года, протокол № 6.

Программа актуализирована в 2021г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 05 октября 2021 года, протокол № 3.

Программа актуализирована в 2023г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 8 июня 2023 года, протокол № 10.

Приложение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной практики

Рекомендуемая литература:

1. Измерения в СВЧ электротехнологических установках [Текст] : учеб. пособие для студентов специальности 140605 "Электротехнологические установки и системы" / Ю. С. Архангельский, С. Г. Калганова, Р. К. Яфаров ; Саратов. гос. техн. ун-т. - 2-е изд., доп. и перераб. - Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т [изд.], 2008. – 264 с. (в НБ СГУ 2 экз.)
2. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях: учебное пособие / В. А. Галперин, Е. В. Данилкин, А. И. Мочалов ; под ред. С. П. Тимошенко. - Москва : Бинوم. Лаборатория знаний, 2015. - 283 с.
3. Леденцов Н.Н., Устинов В.М., Щукин В.А., Копьев П.С., Алферов Ж.И., Бимберг Д. Гетероструктуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры. Обзор. ФТП, 1998, том 32, №4, стр. 385 – 410.
4. Шаныгин В.Я., Яфаров Р.К. Получение атомарно-чистых поверхностей кремния в низкоэнергетичной СВЧ-плазме низкого давления // ЖТФ, 2009.- Т.79.- Вып.12.- С.73-78.
5. Болховитянов Ю.Б., Пчеляков С.И., Чикичев С.И. Кремний – германиевые эпитаксиальные пленки: физические основы получения напряженных и полностью релаксированных гетероструктур. УФН. Том 171, № 7, с. 689 – 715.
6. Введение в физику поверхности / К. Оура [и др.] ; отв. ред. В. И. Сергиенко. М.: Наука. 2006. 490 с. (в НБ СГУ 1 экз.)
7. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с.
8. Иевлев В.М., Трусов Л.И., Холмянский В.А. Структурные превращения в тонких пленках. М., Металлургия. 1982. 247 с.