



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и космической физики



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.07.03 Специальный практикум по методам модификации поверхности

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 25 от « 21 » апреля 2020 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики
Протокол № 7
от « 27 » марта 2020 г.
Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор
Паперный В.Л.

Иркутск 2020 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины (модуля)	4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)	4
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями).....	5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий.....	5
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	5
6.1. План самостоятельной работы студентов	6
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	6
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	6
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	7
а) <i>основная литература</i>	7
б) <i>дополнительная литература</i>	7
в) <i>программное обеспечение:</i>	8
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	8
10. Образовательные технологии:	9
11. Оценочные средства (ОС)	10
 ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС	 13

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель программы – сформировать у студентов практические навыки получения и обработки поверхности материалов, применяемых в производстве наноматериалов, компонентов нанoeлектроники, микро- и наносистемной техники.

Задачи курса: изучение основных технологических процессов, с помощью которых в настоящее время создаются наноразмерные элементы и структуры, а также представление о наиболее эффективных методах контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов. Кроме того, студенты обучаются навыкам работы с соответствующим оборудованием на практических и лабораторных занятиях.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Специальный практикум по методам модификации поверхности» относится к вариативной части базового цикла Б1 и является обязательной дисциплиной (ОД).

Данная дисциплина опирается на знания, полученные по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Атомная физика», «Теоретическая физика», «Ядерная физика».

Практические работы в лаборатории позволяют студентам приобрести первоначальный опыт самостоятельной работы над научными проблемами.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения данной дисциплины направлен на формирование следующих **профессиональных компетенций (ПК)**:

- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

В результате изучения курса обучающиеся будут

знать:

- способы получения и измерения вакуума;
- основные методы создания центров окраски в оптических материалах;
- способы и технологии получения наночастиц в тонких пленках;
- принципы очистки и модификации различных поверхностей, в том числе методом плазмохимического травления.

уметь:

- самостоятельно анализировать и оценивать факты, явления и события;
- осуществлять поиск и обработку актуальной информации в ЭБС и периодических изданиях и выявлять современные тенденции в развитии элементной базы электроники;
- применять методы и средства измерения физических величин;
- оценивать характер и направление влияния внешних факторов на скорость и другие параметры технологических процессов плазменной обработки материалов.

иметь представление:

- о научно-технической лексике (терминологии), взаимосвязи между составом, структурой и комплексом свойств материалов, определяющих их применение.

владеть

- навыками выбора методов и условий обработки материалов различной природы;
- навыками анализа взаимосвязи технологических режимов и качества обработки.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		7			
Аудиторные занятия (всего)	60/1,67	60			
В том числе:		-	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)					
Лабораторные работы (ЛР)	54/1,5	54			
КСР	6/0,17	6			
Самостоятельная работа (всего)	48/1,33	48			
В том числе:	-	-	-	-	-
Отчет по лабораторной и/или практической работе	44/1,22	44			
Подготовка к зачету	2/0,06	2			
Текущие консультации	2/0,06	2			
Контактная работа (всего)	65/1,8	64,8			
Вид промежуточной аттестации (<u>зачет</u> , экзамен)		зачет			
Общая трудоемкость	часы	108	108		
	зачетные единицы	3	3		

5. Содержание дисциплины (модуля)**5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)**Раздел 1. Методы получения и измерения вакуума.

- 1.1. Теоретические основы.
- 1.2. Процессы откачки.
- 1.3. Техника получения вакуума.
- 1.4. Техника измерения давления разреженных газов.

Раздел 2. Центры окраски в оптических средах

- 2.1. Точечные дефекты в кристаллах.
- 2.2. Классификация центров окраски.

- 2.3. Методы получения точечных дефектов.
- 2.4. Применение кристаллов с центрами окраски в науке и технике.

Раздел 3. Плазменные технологии в нанoeлектронике.

- 3.1. Наноразмерные объекты.
- 3.2. Способы получения наночастиц.
- 3.3. Наноструктурные плёнки.

Раздел 4. Технология плазмохимической очистки и травления материалов.

- 4.1. Классификация процессов плазмохимического травления и очистки.
- 4.2. Механизм процесса плазмохимического травления.
- 4.3. Равномерность плазмохимического травления.
- 4.4. Технологические газы для плазмохимического травления
- 4.5. Методы исследование обрабатываемой поверхности.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)

Данный практикум является обязательным (согласно учебному плану) при подготовке бакалавров по соответствующему профилю. Он рассчитана на один семестра. Обеспечиваемых напрямую дисциплин нет. Знания и умения, полученные студентами в ходе выполнения экспериментов на лабораторных работах, могут пригодится при прохождении преддипломной практики.

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семин	Лаб. зан.	СРС	
1.	Раздел 1	1.1-1.4				12	10	22
2.	Раздел 2	2.1-2.4				14	12	26
3.	Раздел 3	3.1-3.3				14	12	26
4.	Раздел 4	4.1-4.5				14	12	26

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1.1-1.5	Методы получения и измерения вакуума	12	Отчёт	ПК1 ПК2
2.	2.3-2.4	Центры окраски в оптических средах	14	Отчёт	
3.	3.3-3.4	Плазменные технологии в нанoeлектронике	14	Отчёт	
4.	4.3	Технология плазмохимической очистки и травления материалов	14	Отчёт	

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Разделы 1-4	Аудиторная	Изучить теоретическую часть лабораторной работы	Методическое описание, авторское пособие [1]	4
2.	Разделы 1-4	Аудиторная	Изучить описание стенда, ход выполнения работы. Подключить приборы собрать схему (при необходимости). Подготовить к началу эксперимента	Методическое описание, авторское пособие [1]	4
3.	Разделы 1-4	Аудиторная	Провести эксперимент. Обработать экспериментальные данные.	Методическое описание, авторское пособие [1]	16
4.	Разделы 1-4	Внеаудиторная	оформление отчета; подготовка к защите	Вся рекомендуемая литература	24

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении лабораторных работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при оформлении отчетов лабораторных работ и подготовке к их защите.

Самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов также включает в себя подготовку к устным опросам по каждому из изучаемых разделов. Также самостоятельная работа подразумевает систематический подход к обучению, в соответствии с предложенным в разделе 6.1 графиком, что, в свою очередь, способствует получению зачета по данной дисциплине.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не планируются.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература

- 1) Паперный В.Л. Основы нанотехнологий. Плазменные технологии в нанoeлектронике [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / В. Л. Паперный. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-1102-6
- 2) Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел: учебное пособие [Электронный ресурс] / Г. Г. Владимиров. - Москва : Лань", 2016. - : ил. -). - Режим доступа: ЭБС "Издательство Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. - ISBN 978-5-8114-1997-5

б) дополнительная литература

- 1) Фаддеев, М. А. Элементарная обработка результатов эксперимента [Текст] : учеб. пособие / М. А. Фаддеев. - М. : Лань, 2008. - 117 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 115. - ISBN 978-5-8114-0817-7. - (3 экз)
- 2) Введенский, В. Ю. Экспериментальные методы физического материаловедения [Текст] : научное издание / В. Ю. Введенский, А. С. Лилеев, А. С. Перминов ; Нац. исслед. технол. ун-т "МИСиС". - М. : Изд-во МИСиС, 2011. - 309 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 308-309. - ISBN 978-5-87623-414-8. - (1 экз)
- 3) Седаков, А. Ю. Тонкопленочные элементы в микроэлектронике. Основы проектирования и изготовления [Текст] : научное издание / А. Ю. Седаков, В. К. Смолин ; ред. А. Ю. Седаков. - М. : Радиотехника, 2011. - 165 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 159-165. - ISBN 978-5-88070-292-3. - (1 экз)
- 4) Рощин В.М. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. 210100 "Электроника и микроэлектроника" : в 2 ч. / В. М. Рощин. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-94774-913-7. Ч. 2. - 2012. - ISBN 978-5-9963-1471-3
- 5) Шешин, Е. П. Вакуумные технологии : учеб. пособие / Е. П. Шешин. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 502 с. : ил. ; 22 см. - (Физтехковский учебник). - Библиогр.: с. 502. - ISBN 978-5-91559-012-9. - (1 экз)

сверено с ЭБС ИГУ

в) программное обеспечение:

- стандартные сервисы MS Windows для работы в глобальной сети Интернет;
- Microsoft Word и Microsoft Excel в составе пакета MS Office. Лицензия на новые версии периодически обновляется Центром новых информационных технологий ИГУ по всему университету

Специализированное программное обеспечение:

- программный пакет AvaSoft 8.0.1 для первичной обработки спектральных данных, получаемых «на лету» от высокочувствительного оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048;
- универсальное программное обеспечение AvaSoft-All, включая AvaSoft-Chem, AvaSoft-Color, AvaSoft-Irrad, AvaSoft-Process, AvaSoft-3D (№ 1409 от 12.12.2014).

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- • Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- • Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- • НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- • Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>.)
- • ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- • ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- • ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- • ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Лабораторный практикум включает в себя следующее оборудование: установки для исследования тлеющего разряда, плазменный реактор, установка для термо-вакуумного химического парофазного осаждения, импульсный вакуум-дуговой ионный имплантер, установка для плазмохимического травления. Кроме того, имеются соответствующие контрольно-измерительные приборы (от мультиметра до ультразвуковой ванны), различные инструменты (отвертки, ножи, линейки, штангенциркули, пассатижи, стеклорез, пинцеты).

Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

Материалы: научные статьи и монографии из рецензируемых журналов, набор щелочно-галоидных кристаллов, резиновые перчатки (одноразовые), дистиллированная вода, стекла в качестве подложек, образцы меди высокой чистоты, бязь для предварительной очистки образцов, оптические и покровные стекла.

10. Образовательные технологии

Курс основан на **оригинальных разработках авторов**. Проводятся следующие виды занятий: лекции, лабораторные работы.

Формы организация внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине:

- работа с учебным пособием авторов программы
- изучение научной и специальной учебной литературы;
- подготовка и написание отчетов (в электронном виде) по лабораторным работам;

Каждая лабораторная работа в пособии предваряется подробным теоретическим введением, которое может играть роль краткого конспекта лекций по данной теме. После теоретического введения даны описания физических принципов измерения исследуемых параметров, принципиальных схем и конкретных методик измерений, а также рекомендации по обработке результатов измерений.

В ходе лабораторных работ студент готовит отчет, включающий в себе следующие элементы: описание эксперимента, схема, таблицы экспериментальных данных, осциллограммы (в виде скриншотов), ответы на контрольные вопросы.

Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты. Последовательность выполнения работы задается следующим образом:

- 1) Проводится инструктаж по технике безопасности (ТБ) в лаборатории. После ознакомления с ТБ и ответа на несколько соответствующих вопросов преподавателя (или инженера), студенты ставят подпись в журнале по технике безопасности.
- 2) Студенты знакомятся с теоретическим материалом.
- 3) Знакомство с перечнем приборов и принадлежностей. Знакомство с порядком включения и выключения стенда. Собираение электрической схемы (если нужно), подключение приборов. Подготовка материалов для эксперимента (вырезания подложки, скалывание кристалла, предварительная очистка и др.)
- 4) Выполнение эксперимента согласно ходу работы, указанному в методичке.
- 5) Обработка экспериментальных данных. Внесение соответствующих таблиц, графиков, диаграмм в заготовку будущего электронного отчета.
- 6) Подготовка и оформление отчета по лабораторной работе. Ответы на контрольные вопросы в методичке. Четкое формулирование выводов по работе.
- 7) Подготовка к защите отчета (с учетом изучения теоретического материала).
- 8) Защита отчета.

11. Оценочные средства (ОС)

11.1. Оценочные средства для входного контроля

Входной контроль знаний не проводится.

11.2. Оценочные средства текущего контроля

Данная дисциплина обеспечивает главным образом формирование профессиональных компетенций (указаны выше) будущих бакалавров.

Текущий контроль успеваемости осуществляется по следующим критериям оценивания уровня приобретенных компетенций:

1) Пороговый уровень:

- **(знание)** дает определения основных понятий
 - воспроизводит основные физические факты, идеи
 - распознает физические объекты
 - знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
- **(умение)** умеет работать со справочной литературой
 - использует приборы, указанные в описании лабораторной (или практической) работы
 - умеет представлять результаты своей работы
- **(владение)** владеет терминологией предметной области знания
 - способен корректно представить знания в математической форме

2) Базовый уровень

- **(знание)** понимает связи между различными физическими понятиями
 - имеет представление о физических моделях процессов в плазме
 - аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
 - графически иллюстрирует задачу
- **(умение)** самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование
 - применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях;
 - умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
- **(владение)** критически осмысливает полученные знания
 - способен корректно представить знания в математической форме
 - компетентен в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)
 - владеет разными способами представления физической информации

3) Высокий уровень

- (**знание**) фактически и теоретически знает материал курса в пределах области исследования с пониманием границ применимости (знания глубокие, всесторонние)
- (**умение**) творчески подходит к решению физических задач (как теоретических, так и практических)
 - умеет абстрагировать проблемы, с которыми сталкивается при решении различных задач;
- (**владение**) может самостоятельно оценивать результаты своей работы;
 - способен совершенствовать действие работы, исходя из собственной оценки результатов
 - соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения

Примеры контрольных вопросов и упражнений

- 1) Оцените длину свободного пробега λ для газа, находящегося при нормальных условиях ($p=1 \text{ атм}$, $t=0^\circ\text{C}$). Эффективный диаметр при расчёте возьмите равным $\sigma \approx 3 \cdot 10^{-10}$ (азот).
- 2) Какие виды вакуумных насосов Вы знаете? Кратко опишите их устройство.
- 3) По какому принципу работает термопарный преобразователь давления?
- 4) Объясните принцип работы ионизационного манометра.
- 5) При каком давлении длина свободного пробега молекул остаточного газа становится сравнимой с линейным размером рабочего объёма?
- 6) Перечислите типы точечных дефектов.
- 7) Какие дефекты чаще всего называют центрами окраски?
- 8) К чему приводит появление точечных дефектов в кристаллическом теле?
- 9) Каким методом определяют наличие и тип дефектов в кристалле?
- 10) Почему при длительной работе СВЧ-реактора в данном лабораторном стенде не происходит накопление центров окраски? Наоборот, кристалл начинает обесцвечиваться.
- 11) Почему кремний является основным материалом современной микро- и нанoeлектроники?
- 12) Что такое наночастицы? Каковы размеры наночастиц?
- 13) Какие методы получения наночастиц вы знаете?
- 14) Почему материалы в масштабе «нано» ведут себя нетрадиционным путем и показывают свойства, отличающиеся от тех, которые они имеют в макро состоянии. Что делает наноматериалы уникальными?

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

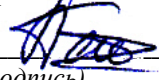
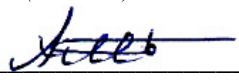
Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при защите отчета	Все темы	ПК-1, ПК-2

Примерный список вопросов и упражнений к зачёту:

- 1) Плазма – четвертое состояние вещества. Ионизованный газ. Квазинейтральность, экранировка заряда, дебаевский радиус. Основные характеристики плазмы.
- 2) Основные методы генерации плазмы. Модели для описания свойств плазмы.
- 3) Диагностика параметров плазмы. Применение плазмы в электронике.
- 4) Виды газовых разрядов: дуга, тлеющий разряд, корональный разряд. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. СВЧ-разряд.
- 5) Нанотехнологии. Методы получения наночастиц. Наноструктурные плёнки.
- 6) Поверхностный плазмонный резонанс.
- 7) Спектральный анализ наноструктурных объектов.
- 8) Плазмохимическое травление.
- 9) Методы исследования поверхности. Принцип работы сканирующего зондового микроскопа

Разработчики:

 (подпись)	профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н. (занимаемая должность)	<u>В.Л., Паперный</u> (инициалы, фамилия)
 (подпись)	доцент, к.ф.-м.н. (занимаемая должность)	<u>А.А., Черных</u> (инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
« 27 » марта 2020 г.

Протокол № 7, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.