



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

Институт наукоемких технологий и передовых материалов

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

(подпись)

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«28» февраля _____ 2023 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

и.о. директора департамента
Общей и экспериментальной физики

(подпись)

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

«28» февраля _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Транспортные свойства наноструктур

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль: Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями *Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Минобрнауки России*

от 29 сентября 2017 г. № 959 / *ОС ДВФУ, утвержденного*
от _____ 20 г. № _____.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

и.о. директора департамента общей и экспериментальной физики: канд. хим. наук, доцент Короченцев В.В.

Составитель: к.ф.-м.н. Бондаренко Л.В.

Владивосток
2023

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____ 2023г.№
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____ 202 г.№
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____ 202 г.№
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____ 202 г.№
5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____ 202 г.№

Аннотация дисциплины «Транспортные свойства наноструктур»

Учебная дисциплина «Транспортные свойства наноструктур» предназначена для магистрантов 2 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)».

Дисциплина «Транспортные свойства наноструктур» входит в часть формируемую участниками образовательных отношений цикла дисциплин образовательной программы, и является факультативной дисциплиной (ФТД.В.02), реализуется на 2 курсе в 3 семестре, завершается зачётом. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 1 З.Е. (36 часов). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), самостоятельная работа студента (18 час.), зачет.

Язык реализации – русский.

Цель изучения дисциплины - ознакомление с особенностями физических свойств материалов и их влияния на транспортные свойства наноструктур на основе полупроводниковых силицидов переходных металлов на кремнии, металлических наночастиц на диэлектрической подложке, и прочих электро-проводящих материалов.

Задачи:

- изучение способов формирования наноструктурированных материалов и гетероструктур;
- освоение методов диагностики транспортных свойств наноструктур;
- установление взаимосвязи между структурными свойствами материалов и их транспортными характеристиками.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-12 Способен осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники
		ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
Научно-педагогический	ПК-13 Способен проводить лабораторные и практические занятия со студентами, руководить курсовым проектированием и выполнением выпускных квалификационных работ бакалавров	ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе
		ПК-13.2 проводит учебные и консультативные занятия со студентами

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-12.1 осуществляет авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники	<u>Знает</u> нормативную документацию и требования к осуществлению авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
	<u>Умеет</u> осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых систем электронной техники на этапах проектирования и производства
	<u>Владеет</u> навыками сопровождения разрабатываемых систем электронной техники на основе своего авторства
ПК-12.2 применяет принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники	<u>Знает</u> принципы авторского сопровождения разрабатываемых систем электронной техники
	<u>Умеет</u> применять принципы авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники
	<u>Владеет</u> навыками осуществления авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники
ПК-13.1 использует современные образовательные технологии в учебном процессе	<u>Знает</u> современные образовательные технологии
	<u>Умеет</u> выделить наиболее подходящую образовательную технологию в соответствии со своей научно-педагогической задачей
	<u>Владеет</u> педагогическими навыками, отвечающими современным требованиям учебного процесса
ПК-13.2 проводит учебные и	<u>Знает</u> основы коммуникаций со студентами в учебной

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
консультативные занятия со студентами	и консультативной деятельности, требования к курсовому проектированию и выполнению выпускных квалификационных работ бакалавров
	<i>Умеет</i> проводить лабораторные, практические и консультативные занятия со студентами, осуществлять руководство курсовыми и выпускными квалификационными работами бакалавров
	<i>Владеет</i> методами и приемами проведения учебных и консультативных занятий со студентами, навыками руководства курсовыми и выпускными квалификационными работами бакалавров

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Тема 1. Объемные наноструктуры (3 час.)

Формирование зарощенных кремнием массивов островков полупроводниковых силицидов железа и хрома, сформированных на поверхности монокристаллического кремния. Создание многопериодных нанокompозитов со встроенными нанокристаллитами полупроводниковых силицидов в кремниевой матрице. Ионная имплантация и постимплантационная обработка для формирования наноструктур со встроенными кристаллитами полупроводниковых силицидов.

Тема 2. Определение кинетических параметров наноструктурированных систем (4 час.)

Механизмы переноса носителей заряда при низких и высоких температурах в нанокompозитах со встроенными нанокристаллитами полупроводниковых силицидов. Термоэлектрические свойства нанокompозитных материалов. Селективное легирование термоэлектриков.

Тема 3. Наноразмерные металлические частицы: получение, свойства (4 час.)

Металлические наночастицы: оптические свойства, обусловленные возбуждением плазмонов. Гранулированные металлические пленки: время дефазировки плазмона.

Тема 4. Фотовольтаические эффекты и фотопроводимость в квантоворазмерных гетероструктурах (4 час.)

Гетероструктуры, квантоворазмерные гетероструктуры. Спектроскопия фотоэдс и фототока на барьерах квантоворазмерных гетероструктур с металлом.

Тема 5. Колебательные зонные состояния в сверхрешетках (3 час.)

Размерно-ограниченные кристаллические среды. Квантованные конформентные оптические и акустические моды. Фононы в объемных и ограниченных структурах. Рамановское рассеяние на сложенных акустических фононах. Фононы в нанокристаллах. Расчеты колебательных спектров нанокристаллов.

II. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Транспортные свойства наноструктур» 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.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Тема 1.	ПК-12, ПК-13	знает	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			умеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			владеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
2.	Тема 2.	ПК-12, ПК-13	знает	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			умеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			владеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)

3.	Тема 3.	ПК-12, ПК-13	знает	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			умеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			владеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
4.	Тема 4.	ПК-12, ПК-12,	знает	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			умеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			владеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
5.	Тема 5.	ПК-12, ПК-13	знает	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			умеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)
			владеет	тест (ПР-1)	ответ на вопросы Собеседование (УО-1)

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.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Сверхпроводники и сверхпроводимость: словарь-справочник. Том 3. Применения и перспективы: словарь-справочник / И.А. Паринов. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2010. - 862 с. ISBN 978-5-9275-0461-9 (общий) ISBN 978-5-9275-0735-1 (Том 3) - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/550796>
2. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. Санкт-Петербург : Лань, 2013. 310 с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:727638&theme=FEFU>
3. Филяк М.М. Основные физические процессы в проводниках, полупроводниках и диэлектриках [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.М. Филяк. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 134 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54132.html> – ЭБС «IPRbooks».
4. Крахоткина Е.В. Численные методы в научных расчетах [Электронный ресурс] : учебное пособие. Курс лекций / Е.В. Крахоткина. — Электрон.

текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 162 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62884.html> – ЭБС «IPRbooks».

5. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учебник для бакалавров : учебник для технических вузов / Москва: Юрайт, 2012. – 317с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:666524&theme=FEFU>

Дополнительная литература

1. Щеулин А.С. Оптические и электрические свойства полупроводниковых кристаллов кадмия [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щеулин А.С., Рыскин А.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2010.— 31 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67427.html> — ЭБС «IPRbooks»

2. Исследование физических свойств материалов. Часть 3. Электрические свойства проводниковых материалов / Шишкин А.В., Дутова О.С. - Новосибир.: НГТУ, 2011. - 42 с.: ISBN 978-5-7782-1679-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556750>

3. Исследование физических свойств материалов. Ч. 1 Электрические свойства твердых диэлектриков/ШишкинА.В., ДутоваО.С. - Новосибир.: НГТУ, 2009. - 60 с.: ISBN 978-5-7782-1257-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/548065>

4. Шишкин А.В. Исследование физических свойств материалов. Часть 3. Электрические свойства проводниковых материалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Шишкин А.В., Дутова О.С.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 42 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45093.html> — ЭБС «IPRbooks»

5. Аплеснин, С.С. Магнитные и электрические свойства сильнокоррелированных магнитных полупроводников с четырехспиновым взаимодействием и с орбитальным упорядочением [Электронный ресурс] : монография / С.С. Аплеснин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2013. — 169 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48300>

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Предусмотрено 4 основных темы опросов:

- Определение транспортных параметров наноструктурированных образцов методом регистрации эффекта Холла.

- Изучение спектральных зависимостей фото-ЭДС и фототока в гетероструктурах.

- Исследование спектров люминесценции наногетероструктур.

- Изучение поглощения в структурно однородных и неоднородных полупроводниках.

Самостоятельная работа студентов при изучении данной дисциплины состоит из подготовки к опросу и письменных ответов на вопросы.

Целью осуществления данной деятельности является приобретение студентами, обучающимися по направлению «Электроника и наноэлектроника», навыков работы с научной литературой при подготовке к опросам; получение опыта обработки и интерпретации исходных результатов.

Методические указания к работе включают краткие теоретические сведения, необходимые для введения обучающихся в суть работы. Наличие этого материала это не исключает, а подразумевает использование лекционного материала и литературы из рекомендованного списка.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения занятий, исследований, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690014, Приморский край, г. Владивосток, ул. Радио 5, ИАПУ ДВО РАН, 302, 304, 306, 308, 310	Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики структур: Лаборатория технологии двумерной микроэлектроники: 1. Сверхвысоковакуумная установка поверхностного анализа MULTIPROBE ARUPS «Omicron»: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 40 до 500К), - ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением 2. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Omicron» STM VT-25: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 77 до 700 К) - электронная оже-спектроскопия, - дифракция медленных электронов.	Microsoft Office365/Microsoft /США/Платное ПО Microsoft Teams/Microsoft/С ША/Платное ПО

	3. Сверхвысоковакуумная установка для молекулярно- пучковой эпитаксии, оборудованная эффузионными ячейками Кнудсена (производства Dr. Erbell) и дифрактометром быстрых электронов Specs RHD-30. Количество посадочных рабочих мест для студентов - 8	
--	---	--

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя семестра	Подготовка к лекционному занятию	4 час.	Ответы на контрольные вопросы
2	3-4 недели семестра	Подготовка ответов на опросе	4 час.	Проверка работы
3	5 неделя семестра	Подготовка к лекционному занятию	4 час.	Ответы на контрольные вопросы
4	6-8 недели семестра	Подготовка ответов на опросе	4 час.	Проверка работы
5	9 неделя семестра	Подготовка к лекционному занятию	4 час.	Ответы на контрольные вопросы
6	10-12 недели семестра	Подготовка ответов на опросе	4 час.	Проверка работы
7	13 неделя семестра	Подготовка к лекционному занятию	4 час.	Ответы на контрольные вопросы
8	14-16 недели семестра	Подготовка ответов на опросе	4 час.	Проверка работы
9	18 неделя семестра	Подготовка к зачету	4 час.	Зачет
Итого			36 час.	