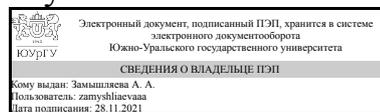


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



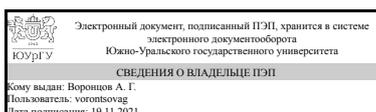
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.18.02 2D электроника  
для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Наноэлектроника: проектирование, технология, применение  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

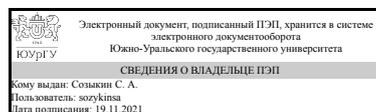
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

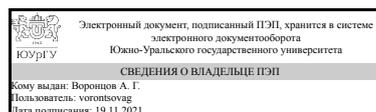
Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент (кн)



С. А. Созыкин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является знакомство студентов с отличительными особенностями устройств 2D электроники. Задачами дисциплины являются: 1) углубление знаний в области физики наноматериалов; 2) знакомство с методиками проведения исследований параметров компонентов устройств 2D электроники.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина содержит два раздела: 1) физика двумерных объектов; 2) создание двумерных объектов и их использование в электронной технике.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	Знает: методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков устройств 2D электроники

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Кинетические явления в наноразмерных системах, Квантовая и оптическая электроника, Основы технологий электронного приборостроения	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Основы технологий электронного приборостроения	Знает: перспективные технологии электронного приборостроения Умеет: квалифицированно решать разнообразные технологические задачи, возникающие при производстве и эксплуатации аппаратуры, включая обеспечение долговечности и надежности устройств Имеет практический опыт:
Квантовая и оптическая электроника	Знает: физические основы квантовой электроники и развивающихся на их основе технологий и устройств работающих в оптическом диапазоне; принципы действия, характеристики, параметры и технологические

	особенности важнейших узлов и элементов, используемых в оптических системах Умеет: проводить расчет параметров устройств, работающих в оптическом диапазоне Имеет практический опыт:
Кинетические явления в наноразмерных системах	Знает: кинетические явления, оказывающие влияние на работу узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: Имеет практический опыт:

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 40,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36	
Лекции (Л)	12	12	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	31,75	31,75	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к контрольной и самостоятельным работам	10	10	
Подготовка к докладу	11,75	11,75	
Подготовка к зачету	10	10	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Физика двумерных объектов	18	6	12	0
2	Создание двумерных объектов и их использование в электронной технике	18	6	12	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Энергетический спектр электронов и плотность состояний в низкоразмерных областях	2

2	1	Контактные явления	2
3	1	Наногетероструктуры	2
4	2	Метод химического осаждения из газовой фазы	2
5	2	Формирование наноразмерных структур с помощью проводящего зонда	2
6	2	Зондовые технологии создания элементной базы нанoeлектроники	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Теоретические аспекты формирования пленок на твердой межфазной поверхности	2
2	1	2D ван-дер-ваальсовский электрический контакт к монослою MoSi <sub>2</sub> N <sub>4</sub>	2
3	1	Квантовый транспорт в двумерном WS <sub>2</sub> с высокоэффективной инжекцией носителей через контакты из сплава индия	2
4	1	Электрический контакт между ультратонким топологическим полуметаллом Дирака и двумерным материалом	2
5	1	Двумерный материал Penta-PdPSe	2
6	1	Универсальные законы масштабирования в гетероструктурах Шоттки на основе двумерных материалов	2
7	2	История становления тонкопленочных технологий	2
8	2	Подложечные материалы	2
9	2	Кинетика роста тонких пленок	2
10	2	Снижение контактного сопротивления в двумерных электрических контактах на основе материалов с помощью инженерии шероховатости	2
11	2	Рентгеновская диагностика полупроводниковых гетероструктур	2
12	2	Задачи оптимизации наноразмерных полупроводниковых гетероструктур	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к контрольной и самостоятельным работам	1) Васильев, В. Ю. Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 107 с.: стр. 20-42; 2) Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 332 с.: стр. 147-158; 3) Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В. К. Неволин. — 2-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2014. —	8	10

	176 с.: стр. 49-166; 4) Антоненко, С. В. Технология тонких пленок : учебное пособие / С. В. Антоненко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2008. — 104 с.: стр. 6-80.		
Подготовка к докладу	Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 332 с.: стр. 5-330;	8	11,75
Подготовка к зачету	1) Васильев, В. Ю. Технология тонких пленок для микро- и наноэлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 107 с.: стр. 20-42; 2) Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 332 с.: стр. 147-158; 3) Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В. К. Неволин. — 2-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2014. — 176 с.: стр. 49-166; 4) Антоненко, С. В. Технология тонких пленок : учебное пособие / С. В. Антоненко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2008. — 104 с.: стр. 6-80.	8	10

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	8	Текущий контроль	Доклад на практическом занятии	3	3	3 балла: сдан конспект доклада и в ходе выступления студент продемонстрировал хорошее понимание сути обсуждаемых вопросов; 2 балла: сдан конспект доклада, но в ходе выступления студент продемонстрировал плохое понимание сути обсуждаемых вопросов; 1 балл: сдан только конспект, выступление не проводилось; 0 баллов: конспект доклада не сдан или он не в полной мере раскрывает тему.	зачет
2	8	Текущий	Контрольная	3	15	Контрольная работа состоит из 5	зачет

		контроль	работа			вопросов, предполагающих развернутый ответ. Задания оцениваются от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.	
3	8	Текущий контроль	Самостоятельная работа 1	1	3	Самостоятельная работа состоит из одного вопроса, предполагающего развернутый ответ. Ответ на задание оценивается от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.	зачет
4	8	Текущий контроль	Самостоятельная работа 2	1	3	Самостоятельная работа состоит из одного вопроса, предполагающего развернутый ответ. Ответ на задание оценивается от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.	зачет
5	8	Текущий контроль	Самостоятельная работа 3	1	3	Самостоятельная работа состоит из одного вопроса, предполагающего развернутый ответ. Ответ на задание оценивается от 0 (ответ полностью неверный) до 3 (полный правильный ответ) баллов. 1 балл выставляется за ответ, содержащий ошибочные утверждения. 2 балла выставляются за правильный, но не полный ответ.	зачет
6	8	Промежуточная аттестация	Зачет	-	10	Студент в ходе собеседования получает 10 вопросов. Ответ на каждый вопрос оценивается в 1 (полный верный ответ) или в 0 (неверный или неполный ответ).	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>Промежуточная аттестация может быть выставлена по результатам текущего контроля. Студент может повысить свой рейтинг пройдя контрольное мероприятие промежуточной аттестации, которое проводится в форме собеседования. Экзаменатор задает студенту 10 вопросов. Очередной вопрос озвучивается после получения ответа на предыдущий вопрос. Вопросы являются достаточно узкими и подразумевают ответы в 2-3 предложения. Тематика вопросов соответствует списку вопросов для подготовки к зачету.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

### 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-3	Знает: методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков устройств 2D электроники	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

Не предусмотрены

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Методы формирования тонкопленочных структур. В.М. Березин, Н.С. Забейворота

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Методы формирования тонкопленочных структур. В.М. Березин, Н.С. Забейворота

#### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Антоненко, С. В. Технология тонких пленок : учебное пособие / С. В. Антоненко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2008. — 104 с. — ISBN 978-5-7262-1036-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/75918">https://e.lanbook.com/book/75918</a> (дата обращения: 12.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Васильев, В. Ю. Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 107 с. — ISBN 978-5-7782-3915-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152159">https://e.lanbook.com/book/152159</a> (дата обращения: 12.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Журналы	eLIBRARY.RU	Федин, И. В. AlGaIn/GaN-диоды с барьером Шоттки на основе Ni, Mo, Hf и Ti / И. В. Федин, Е. В. Ерофеев // Электронные средства и системы управления. Материалы

			докладов Международной научно-практической конференции. – 2018. – № 1-1. – С. 50-53. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=39252021">https://elibrary.ru/item.asp?id=39252021</a>
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-3986-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/113943">https://e.lanbook.com/book/113943</a> (дата обращения: 12.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В. К. Неволин. — 2-е изд., испр. — Москва : Техносфера, 2014. — 176 с. — ISBN 978-5-94836-382-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/73521">https://e.lanbook.com/book/73521</a> (дата обращения: 12.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Корнев, Е. А. Микроструктурные детекторы рентгеновских информационно-измерительных систем : учебное пособие / Е. А. Корнев. — Оренбург : ОГУ, 2018. — 306 с. — ISBN 978-5-7410-2252-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/159867">https://e.lanbook.com/book/159867</a> (дата обращения: 11.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	305 (16)	Персональный компьютер, проектор
Практические занятия и семинары	305 (16)	Персональный компьютер, проектор