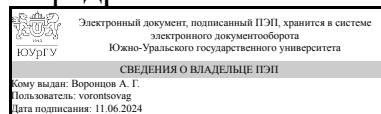


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



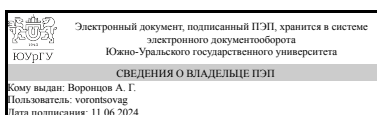
А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.16.02 2D электроника  
для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Нанoeлектроника: проектирование, технология, применение  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

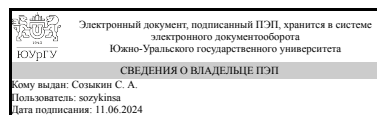
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



С. А. Созыкин

## 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,<br>Квантовая и оптическая электроника,<br>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: |
| Кинетические явления в наноразмерных системах  | Знает: кинетические явления, оказывающие влияние на работу узлов, блоков электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения Умеет: 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: |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 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                              |
| Подготовка к докладу                                                       | 11,75       | 11,75                              |
| Подготовка к зачету                                                        | 10          | 10                                 |
| Подготовка к контрольной и самостоятельным работам                         | 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 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 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. — | 8       | 10           |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |    |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|
|                                                    | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |    |
| 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. — 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. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Учитывается 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;<br>2 балла: сдан конспект доклада, но в ходе выступления студент продемонстрировал плохое понимание сути обсуждаемых вопросов;<br>1 балл: сдан только конспект, выступление не проводилось;<br>0 баллов: конспект доклада не сдан или он не в полной мере раскрывает тему. | зачет            |
| 2    | 8        | Текущий контроль | Контрольная работа                | 3   | 15         | Контрольная работа состоит из 5 вопросов, предполагающих развернутый                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | зачет            |

|   |   |                          |                          |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
|---|---|--------------------------|--------------------------|---|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|   |   |                          |                          |   |    | 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                        | 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. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

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

Типовые контрольные задания по каждому 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. Федина, 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                                                                                                                 |