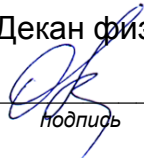


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

  
подпись

(Овчинников О.В.)  
расшифровка подписи

05.06.2025

**ПРОГРАММА ПРАКТИКИ**

*Б2.В.01(У) Учебная практика, технологическая*

*Код и наименование(тип) практики/НИР в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: **11.03.04**

**Электроника и нанoeлектроника**

2. Профиль подготовки/специализация: \_\_\_\_\_

**Интегральная электроника и нанoeлектроника**

3. Квалификация (степень) выпускника: **бакалавр**

4. Форма обучения: **очная**

5. Кафедра, отвечающая за реализацию практики: \_\_\_\_\_

**физики полупроводников и микроэлектроники**

6. Составители программы: \_\_\_\_\_

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

**Быкадорова Галина Владимировна, к.т.н., доцент**

7. Рекомендована: **НМС физического факультета, 04.06.2025, протокол № 6**

*(наименование recommending структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

8. Учебный год: **2028-2029**

Семестр(ы): **6**

## 9. Цель практики

Целями учебной практики, технологической являются: знакомство с базовыми технологическими процессами изготовления изделий микро- и нанoeлектроники, закрепление и углубление знаний и умений, полученных в процессе теоретического обучения в рамках учебного плана; формирование элементов общенаучных, социально-личностных компетенций; приобретение практических навыков, компетенций, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности, способствующих успешному освоению специальных дисциплин, изучаемых на последующих курсах в соответствии с требованиями и квалификационной характеристикой бакалавра, установленными ФГОС ВО по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

### Задачи учебной практики, технологической:

Задачами учебной практики, технологической являются:

- ознакомление обучающихся с основными технологическими процессами изготовления изделий микро- и нанoeлектроники;
- методы контроля технологических сред и измерений технологических процессов;
- расчет основных параметров и режимов технологических процессов;
- ознакомление с основным технологическим оборудованием производства изделий микроэлектроники и принципами его работы.

## 10. Место практики в структуре ОПОП

Место практики в структуре ОПОП: часть, формируемая участниками образовательных отношений блока Б2.

Освоение дисциплины «Учебная практика, технологическая» базируется на предшествующих дисциплинах учебного плана: «Физика полупроводников», «Математика», «Материалы электронной техники», «Основы технологии электронной компонентной базы», «Технология и анализ материалов микро- и нанoeлектроники», «Введение в интегральную электронику и нанoeлектронику».

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций обобщенных трудовых функций с выбранными трудовыми функциями профессиональных стандартов 40.035 Инженер-конструктор аналоговых сложно-функциональных блоков (СФ-блоков) и 40.058 Инженер-технолог по производству радиоэлектронных средств.

Знания, полученные при освоении дисциплины «Учебная практика, технологическая» необходимы при освоении профессиональных дисциплин учебного плана, прохождении производственных практик и выполнении выпускной квалификационной работы в области микро- и нанoeлектроники.

## 11. Вид практики, способ и форма ее проведения

Тип практики (ее наименование): *учебная, технологическая*

Способ проведения практики: *стационарная, выездная*

Форма проведения практики: *дискретная*.

**12. Планируемые результаты обучения при прохождении практики (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

| Код  | Наименование компетенции                                                                                      | Код(ы) | Индикатор(ы)                                                                                                                | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3 | Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | ПК-3.1 | Выбирает конструкционные материалы и определяет типоразмеры заготовок для изделий микроэлектроники                          | <i>Знать:</i> - основные конструкционные материалы;<br>- основные параметры технологических процессов производства;<br>- методы контроля технологических сред и технологических процессов                                                                                                |
| ПК-7 | Способен проводить технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники             | ПК-7.1 | Выбирает необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники                              | <i>Знать:</i> - основные параметры технологических процессов;<br>- основные параметры технологических процессов производства;<br>- методы контроля технологических сред и технологических процессов;<br><i>Уметь:</i> - рассчитать основные параметры и режимы технологических процессов |
|      |                                                                                                               | ПК-7.2 | Осуществляет эксплуатацию технологического оборудования и технологической оснастки на производстве изделий микроэлектроники | <i>Знать:</i> - основное технологическое оборудование производства изделий микроэлектроники и принципы его работы;<br><i>Уметь:</i> - рассчитать основные режимы технологического оборудования                                                                                           |
|      |                                                                                                               | ПК-7.3 | Решает технологические проблемы, возникающие в процессе производства изделий микроэлектроники                               | <i>Уметь:</i> - рассчитать основные параметры и режимы технологических процессов с целью оптимизации параметров изготавливаемых полупроводниковых приборов                                                                                                                               |

**13. Объем практики в зачетных единицах / ак. час. – 2 зет / 72 ак. часа.**

**Форма промежуточной аттестации - зачет.**

**14. Трудоемкость по видам учебной работы**

| Вид учебной работы             | Трудоемкость |              |               |
|--------------------------------|--------------|--------------|---------------|
|                                | Всего        | По семестрам |               |
|                                |              | 6 семестр    |               |
|                                |              | ч.           | в форме ПП, ч |
| Всего часов                    | 72           | 72           | 36            |
| в том числе:                   |              |              |               |
| Контактная работа              | 1            | 1            |               |
| Самостоятельная работа         | 71           | 71           | 24            |
| Форма промежуточной аттестации |              | зачет        |               |
| Итого:                         | 72           | 72           | 24            |

## 15. Содержание учебной практики, технологической

| № п/п | Разделы (этапы) практики            | Виды работ на учебной практике, технологической                                                                                    | Объем учебной работы, ч |                        |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|
|       |                                     |                                                                                                                                    | Контактные часы         | Самостоятельная работа |
| 1     | Организационные мероприятия         | Проведение инструктажа по технике безопасности при работе в лабораториях и по порядку прохождения практики                         | 1                       |                        |
| 2     | Ознакомительный этап                | Обзор технологий и оборудования, используемых в разработке и производстве основных типов изделий электронной техники.              |                         | 5                      |
| 3     | Практический этап                   | Освоение методов контроля технологических сред и измерений технологических процессов производства изделий микро- и нанoeлектроники |                         | 24                     |
|       |                                     | Решение задач по расчету параметров технологических процессов и режимов технологического оборудования                              |                         | 24                     |
|       |                                     | Обработка и анализ полученной информации, подготовка отчета по практике. Собеседование по результатам практики                     |                         | 12                     |
| 4     | Представление отчетной документации | Публичная защита отчета на итоговом занятии в группе                                                                               |                         | 6                      |

## 16. Перечень учебной литературы, ресурсов сети «Интернет», необходимых для прохождения практики

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной практики, технологической определяется исходя из предметной области и практических задач, поставленных перед студентами.

а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Легостаев, Н. С. Материалы электронной техники : учебное пособие / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР) ; Кафедра промышленной электроники .— Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014 .— 230 с. : схем., табл., ил. — <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480509">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480509</a> >. |
| 2     | Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие. 1 / Л.Н. Орликов .— Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 .— 98 с. — <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=209014">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=209014</a> >.                                                                                                                                                                                               |
| 3     | Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие. 2 / Л.Н. Орликов ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования ; Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР).— Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012 .— 101 с. — <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .—                                                                                |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=209016">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=209016</a> >.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4 | Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : учебное пособие / А.А. Барыбин, В.А. Бахтина, В.И. Томилин, Н.П. Томилина .— Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011 .— 236 с. — <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> .— ISBN 978-5-7638-2396-7 .— <URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229593">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229593</a> >. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. — 9-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-0368-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167773">https://e.lanbook.com/book/167773</a> (дата обращения: 15.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                |
| 2     | Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем : монография / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. — Москва : Техносфера, 2020. — 782 с. — ISBN 978-5-94836-603-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/181223">https://e.lanbook.com/book/181223</a> (дата обращения: 15.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 3     | Курносов, Анатолий Иванович. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы" / А.И. Курносов, В.В. Юдин .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1979 .— 366 с. [21]                                                                                                      |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

|    |                                                                                                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. | <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ         |
| 8. | <a href="http://www.intuit.ru">http://www.intuit.ru</a> - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» |
| 9. | Научная электронная библиотека elibrary.ru                                                           |

## 17. Образовательные технологии, применяемые при проведении практики и методические указания для обучающихся по прохождению практики

Учебная практика, технологическая проводится в форме контактной и самостоятельной работы. В начале практики обучающимся выдаются рекомендации по порядку прохождения практики, по выполнению заданий, по организации самостоятельной работы, по формированию и представлению отчетов.

В соответствии с конкретными решаемыми задачами обучающиеся используют:

- ✓ развивающие проблемно-ориентированные технологии;
- ✓ личностно-ориентированные технологии;
- ✓ информационные технологии.

При организации учебной практики, технологической используются следующие образовательные и профессионально-ориентированные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- информационные технологии: компьютерные технологии, в том числе доступ в Интернет для получения профессиональной информации, представленной на сайтах отечественных и зарубежных компаний, занимающихся компьютеризацией исследований в области электроники и наноэлектроники; программные продукты, имеющиеся в учебных лабораториях кафедры физики полупроводников и микроэлектроники, научных подразделениях физического факультета и Центра коллективного пользования ВГУ;
- развивающие проблемно-ориентированные технологии (постановка и решение проблемных задач, допускающих различные пути их разработки; «междисциплинарное» обучение, предполагающее при решении профессиональных задач использование зна-

ний из разных научных областей, группируемых в контексте конкретной решаемой задачи);

- личностно ориентированные обучающие технологии, позволяющие выстраивать для студента индивидуальную образовательную траекторию на практике с учетом его научных интересов и профессиональных предпочтений;

- использование технологий презентации и самопрезентации при представлении студентом итогов прохождения практики, определение студентом путей профессионального самосовершенствования;

- рефлексивные технологии, позволяющие практиканту осуществлять самоанализ научно-исследовательской работы, осмысление достижений и итогов практики.

Обучающиеся, осваивающие ОПОП ВО в период прохождения практики:

- выполняют индивидуальные задания, предусмотренные программой практики; соблюдают действующие в организациях правила внутреннего трудового распорядка;
- соблюдают требования охраны труда и пожарной безопасности;
- готовят отчет о прохождении практики.

Подготовительный этап включает: проведение собрания по организации практики: знакомство обучающихся с целями, задачами, требованиями к практике и формой отчетности; распределение заданий; инструктаж по охране труда и пожарной безопасности. Все обучающиеся перед началом практики должны получить на кафедре задание на практику, пройти инструктаж о порядке прохождения практики и по технике безопасности. При прохождении практики, предусматривающей выполнение работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), обучающиеся проходят соответствующие медицинские осмотры (обследования) в порядке, установленном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. No 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 21 октября 2011 г., регистрационный No 22111) с изменениями, внесенными приказами Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 мая 2013 г. N296н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 3 июля 2013 г., регистрационный No 28970) и от 5 декабря 2014 г. No 801н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 3 февраля 2015 г., регистрационный No 35848).

По прибытии на практику обучающиеся проходят инструктаж по противопожарной безопасности и охране труда, проходит ознакомление с организацией (местом проведения практики). Обучающиеся знакомятся с правилами внутреннего трудового распорядка, выполнение которых обучающиеся подтверждают росписью в соответствующем журнале, изучают нормативно-техническую документацию.

Подготовка отчета: обработка материалов практики, подбор и структурирование материала для раскрытия соответствующих тем для отчета. Оформление отчета. Предоставление отчета руководителю. На заключительном этапе практики обучающийся должен обобщить материал, собранный в период прохождения практики, определить его достаточность и достоверность, оформить отчет по практике. По окончании практики руководитель практики от организации составляет на обучающегося характеристику. По завершении практики обучающиеся в последний день практики представляют на кафедру отчетную документацию по практике.

Отчетная документация обучающихся по прохождению практик:

- индивидуальное задание;

- отчет по результатам прохождения практики обучающегося, включающий текстовые, табличные и графические материалы, отражающие решение предусмотренных заданием на практику задач. В отчете приводится анализ поставленных задач; выбор необходимых методов и инструментальных средств для решения поставленных задач; результаты решения задач практики; общие выводы.

## **18. Материально-техническое обеспечение практики**

Аудитория для самостоятельной работы студентов: Сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.

Для проведения численных экспериментов используется следующее программное обеспечение:

- лицензионное: Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; программный комплекс для ЭВМ – MathWorks Total Academic Headcount, Университетская лицензия, договор 3010-07/01-19 от 09.01.19; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020; NI Multisim13.0 Договор № 0331100013513000142\_153581 от 18.11.2013 на поставку учебного комплекса NI ELVIS II Circuit Design Bundle (For Academic Use Only)

- свободно распространяемое: MATLAB Classroom (сублицензионный контракт 3010-07/01-19 от 09.01.19); LibreOffice (GNU Lesser General Public License (LGPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://ru.libreoffice.org/about-us/license/>); Lazarus (GNU Lesser General Public License (LGPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://www.lazarus-ide.org/index.php>); Free Pascal (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://www.freepascal.org/faq.html>); Python 2/3 (Python Software Foundation License (PSFL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://docs.python.org/3/license.html>); TeXstudio (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://texstudio.org/>); Maxima (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <http://maxima.sourceforge.net/faq.html>).

При прохождении студентом производственной практики, преддипломной на предприятиях и в организациях для выполнения научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ используется оборудование и специализированное программное обеспечение по месту прохождения данного вида производственной практики согласно договорам:

- АО «НИИЭТ», договор о практической подготовке обучающихся № 825 от 11.06.2021, срок действия до 31.12.2026;
- АО «ВЗПП-Микрон», договор о практической подготовке обучающихся № 120/25 25/05-120 от 29.05.2025, срок действия до 22.05.2030;
- АО «ВЗПП-Сборка», договор о практической подготовке обучающихся № 25/05-82 от 29.05.2025, срок действия до 31.08.2030;
- АО «ПКК Миландр», договор о практической подготовке обучающихся № 2028-СОС-0822 - 22/09-4 от 19.09.2022, срок действия до 31.08.2027;
- ЗАО «Тезис-Интехна», договор о практической подготовке обучающихся № 25/05-52 от 23.05.2025, срок действия до 31.12.2030;
- АО «КТЦ Электроника», договор о практической подготовке обучающихся № 219 от 24.02.2021, срок действия до 01.12.2026.

Для подготовки отчетов и презентаций по результатам прохождения учебной практики, технологической могут быть использованы аудитории для самостоятельной работы студентов и электронно-библиотечная система (электронная библиотека) Воронежского государственного университета.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по учебной практике

| № п/п                                               | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции     | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                  | Организационные мероприятия              | ПК-3           | ПК-3.1                                  | Программа практики.<br>Индивидуальные задания<br>В отчете раздел о месте проведения практики с характеристикой оборудования для метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники |
| 2                                                   | Ознакомительный этап                     | ПК-7           | ПК-7.1                                  | В отчете раздел об основных параметрах технологических процессов<br>Текущий опрос.<br>В отчете раздел о правилах эксплуатации технологического оборудования                                                        |
| 3                                                   | Практический этап                        | ПК-3,<br>ПК-7  | ПК-3.1,<br>ПК-7.1,<br>ПК-7.2,<br>ПК-7.3 | Выполнение заданий по расчету основных параметров технологических процессов<br>Выполнение заданий по расчету основных режимов работы технологического оборудования                                                 |
| 4                                                   | Представление отчетной документации      | ПК-7           | ПК-7.3                                  | Отчет по практике                                                                                                                                                                                                  |
| Промежуточная аттестация:<br>форма контроля – зачет |                                          |                |                                         | Защита отчета по практике                                                                                                                                                                                          |

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Вопросы для текущего контроля

1. Назовите основные этапы фотолитографических процессов?
2. Опишите этап загонки примесей при формировании активных областей методом диффузии.
3. Опишите этап разгонки примесей при формировании активных областей методом диффузии.
4. Почему используется двухстадийная диффузия?
5. Какое оборудование используется при формировании легированных областей методом диффузии?
6. Какое оборудование необходимо для термического окисления?



7. Какие методы контроля толщины диэлектрических слоев окиси кремния Вы знаете?
8. Как контролируется количество внедренной примеси при ионной имплантации?
9. Опишите принцип действия ионно-лучевого ускорителя «Везувий».
10. Правила эксплуатации электронно-лучевых ускорителей.

Практические задания  
по расчету основных параметров технологических процессов

1. Построить профиль распределения примеси определить глубину залегания  $p$ – $n$ -перехода в случае двухстадийной диффузии фосфора в кремний  $p$ -типа с удельным сопротивлением  $10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ , проводимой в режиме:  $T_1 = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_1 = 10 \text{ мин}$ ,  $T_2 = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 2 \text{ ч}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С. 182-183).
2. Рассчитать профиль распределения концентрации примеси в  $n$ – $p$ – $n$ -структуре, полученной последовательной диффузией бора и фосфора в кремний с электропроводностью  $n$ -типа и удельным сопротивлением  $0,15 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  и проводимой для двухстадийной диффузии фосфора в кремний, проводимой в режимах:  $T_1 = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_1 = 1 \text{ ч}$ ,  $T_2 = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 2 \text{ ч}$ . Поверхностная плотность атомов бора  $N_a = 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ , диффузия фосфора ведётся из неограниченного источника примеси с поверхностной концентрацией, равной предельной растворимости. (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С. 186-187).
3. Определить температуру разгонки мышьяка, предварительно внедрённого с помощью ионной имплантации в кремний с электропроводностью  $p$ -типа и удельным сопротивлением  $1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ , если распределение должно обладать глубиной залегания  $p$ – $n$ -перехода  $x_j = 0,5 \text{ мкм}$ , поверхностной концентрацией  $C_0 = 1,5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ , а длительность процесса составляет 1 час.  
Вычислить количество атомов мышьяка  $N$ , которое должно быть внедрено в кремний. (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С. 188-189).
4. Определить режим диффузии, проводимой в одну стадию при постоянной поверхностной концентрации для условий задания 3. (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.189).
5. Определить температуры и длительности процессов загонки и разгонки в случае двухстадийной диффузии бора в кремний с электропроводностью  $n$ -типа и удельным сопротивлением  $10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ , если искомое распределение должно иметь следующие параметры:  $C_{02} = 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ,  $x_j = 2,5 \text{ мкм}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.190).
6. Определить режим загонки ( $T_{a1}$ ,  $t_{a1}$ ,  $N_a$ ) и разгонки ( $T_{a2}$ ,  $t_{a2}$ ) при базовой диффузии бора и режим загонки ( $T_d$ ,  $t_d$ ) при эмиттерной диффузии фосфора в кремний, если задано:  $C_B = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ,  $x_{j\phi} = 1,2 \text{ мкм}$ , ,  $x_{jk} = 3,5 \text{ мкм}$ ,  $C_{0a} = 3,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ,  $C_{0d} = 1,2 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.191).
7. Определить количество атомов бора, которое необходимо ввести в структуру методом ионной имплантации при создании области базы, и режим разгонки ( $T_{a2}$ ,  $t_{a2}$ ), а также количество атомов фосфора  $N_d$ , которое необходимо ввести с помощью ионной имплантации для создания эмиттерной области, и режим разгонки ( $T_d$ ,  $t_d$ ), если концентрация донорной примеси в исходном эпитаксиальном слое кремния с электропроводностью  $n$ -типа составляет  $C_B = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ,  $x_{j\phi} = 1,0 \text{ мкм}$ , ,  $x_{jk} = 2,0 \text{ мкм}$ ,  $C_{0a} =$

$3,0 \cdot 10^{-18} \text{ см}^{-3}$ ,  $C_{0д} = 5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.192).

8. Рассчитать профиль распределения концентрации примеси в транзисторной структуре, образованной имплантацией  $^{11}\text{B}^+$  и  $^{31}\text{P}^+$  в кремний с электропроводностью  $n$ -типа, если  $C_B = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ,  $E_a = 100 \text{ кэВ}$ ,  $N_a = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ ,  $E_d = 200 \text{ кэВ}$ ,  $N_d = 1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.215).
9. Построить распределение концентрации ионов бора в кремнии, внедрённых с энергией 40 кэВ и дозой облучения  $6,2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$  через плёнку диоксида толщиной  $d_1 = 0,2 \text{ мкм}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.217).
10. Определить энергию ионов и дозу облучения, необходимые для создания  $p$ – $n$ -перехода на глубине  $x_j = 0,3 \text{ мкм}$  с помощью имплантации фосфора в кремний с электропроводностью  $p$ -типа и с  $C_B = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , если необходимо обеспечить  $C_{\text{max}} = 5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.221).
11. Рассчитать коэффициент распыления золота ионами криптона с энергией 3 кэВ. (Алгоритм решения задачи в учебнике Курносов А.И. *Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем* / А.И. Курносов, В.В. Юдин . - М.: Высшая школа, 1986. – С.240).

#### Практические задания по расчёту основных режимов работы технологического оборудования

1. Ионный пучок с величиной тока 10 мкА имеет полуугловое расхождение  $10^\circ$  после прохождения квадратной апертурной диафрагмы  $8 \times 8 \text{ см}$ , расположенной на расстоянии 6 см от мишени. Используя измеритель тока, определить время процесс, необходимое для ионной имплантации с дозой  $10^{13} \text{ см}^{-2}$ :
  - а) для однократно ионизированных моноатомных частиц;
  - б) для трижды ионизированных двухатомных частиц.Используя интегратор заряда, измеряющий произведение тока на время имплантации и калиброванный для однократно ионизированных моноатомных частиц, определить дозу, соответствующую дозе трижды ионизированных двухатомных частиц  $10^{13} \text{ см}^{-2}$ .
2. Величина тока ионного пучка ускорителя составляет 10 мкА. Расстояние между отклоняющими пластинами (система сканирования в плоскости  $x, y$  равно 2 см, а них подаётся пилообразное напряжение развёртки величиной 2 кВ. Энергия имплантируемых ионов  $^{75}\text{As}$  равна 10 кэВ. За счёт плотности заряда ионного пучка может быть снижена напряженность электрического поля для сканирования пучка.
  - а) какова величина снижения напряженности электрического поля в центре пучка?
  - б) может ли установка быть перенастроена на величину тока пучка ионов 1 мкА без изменения её размеров?
  - в) оцените варианты сканирования пучков с большой величиной тока.

#### Требования к выполнению заданий

Анализ результатов текущей аттестации включает оценку:

- выполнения обучающимися всех видов работ, предусмотренных рабочими планами по практике;
- степени освоения разделов, темы практики;

- имеющих в процессе прохождения практики недостатков и определение путей их устранения;
- уровня овладения соответствующими компетенциями, навыками самостоятельной работы, путей и средств их развития;
- посещаемости занятий обучающимися.

Обработку и анализ результатов текущей аттестации обучающихся осуществляет руководитель практики, который предоставляет результаты анализа в обобщенном виде заведующему кафедрой.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью отчета по практике.

Промежуточная аттестация в форме зачета осуществляется руководителем учебной практики от кафедры физики полупроводников и микроэлектроники.

В конце учебной практики студент обязан оформить отчет и сдать его на проверку руководителю от кафедры. Объем отчета 10-15 страниц формата А4, включая иллюстрации. Руководитель составляет отзыв с оценкой работы студента. Защита отчета происходит на последнем занятии практики. Студент готовит доклад с презентацией о проделанной работе продолжительностью 5 мин.

Каждому студенту задаются вопросы по всем разделам учебной практики.

Практика для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее – ОВЗ) организуется и проводится на основе индивидуального лично ориентированного подхода.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ могут проходить практику как совместно с другими обучающимися (в учебной группе), так и индивидуально (по личному заявлению).

Выбор мест прохождения практики для инвалидов и лиц с ОВЗ осуществляется с учетом требований их доступности для данной категории обучающихся. При определении места прохождения практики для инвалидов и лиц с ОВЗ учитываются рекомендации медико-социальной экспертизы, отраженные в индивидуальной программе реабилитации инвалида (при наличии), относительно рекомендованных условий и видов труда. При необходимости для прохождения практики создаются специальные рабочие места в соответствии с характером нарушений, а также с учетом выполняемых обучающимся-инвалидом или обучающимся с ОВЗ трудовых функций, вида профессиональной деятельности и характера труда.

Обучающиеся данной категории могут проходить практику в профильных организациях (на предприятиях, в учреждениях), определенных для учебной группы, в которой они обучаются, если это не создает им трудностей в прохождении практики и освоении программы практики.

При наличии необходимых условий для освоения программы практики и выполнения индивидуального задания (или возможности создания таких условий) практика обучающихся данной категории может проводиться в структурных подразделениях ВГУ.

При определении места практики для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ особое внимание уделяется безопасности труда и оснащению (оборудованию) рабочего места. Рабочие места, предоставляемые предприятием (организацией, учреждением), должны (по возможности) соответствовать следующим требованиям:

- для инвалидов по зрению - слабовидящих: оснащение специального рабочего места общим и местным освещением, обеспечивающим беспрепятственное нахождение указанным лицом своего рабочего места и выполнение трудовых функций, видеомониторинг, лупами;

- для инвалидов по зрению - слепых: оснащение специального рабочего места тифлотехническими ориентирами и устройствами, с возможностью использования крупного рельефно-контрастного шрифта и шрифта Брайля, акустическими навигационными средствами, обеспечивающими беспрепятственное нахождение указанным лицом своего рабочего места и выполнение трудовых функций;

- для инвалидов по слуху-слабослышащих: оснащение (оборудование) специального рабочего места звукоусиливающей аппаратурой, телефонами громкоговорящими;

- для инвалидов по слуху - глухих: оснащение специального рабочего места визуальными индикаторами, преобразующими звуковые сигналы в световые, речевые сигналы в текстовую бегущую строку, для беспрепятственного нахождения указанным лицом своего рабочего места и выполнения работы;

- для инвалидов с нарушением функций опорно-двигательного аппарата: оборудование, обеспечивающее реализацию эргономических принципов (максимально удобное для инвалида расположение элементов, составляющих рабочее место), механизмами и устройствами, позволяющими изменять высоту и наклон рабочей поверхности, положение сиденья рабочего стула по высоте и наклону, угол наклона спинки рабочего стула, оснащение специальным сиденьем, обеспечивающим компенсацию усилия при вставании, специальными приспособлениями для управления и обслуживания этого оборудования.

Индивидуальные задания формируются руководителем практики от университета с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья каждого конкретного обучающегося данной категории и должны соответствовать требованиям выполнимости и посильности.

При необходимости (по личному заявлению) содержание практики может быть полностью индивидуализировано (при условии сохранения возможности формирования у обучающегося всех компетенций, закрепленных за данной практикой).

Объем, темп, формы работы устанавливаются индивидуально для каждого обучающегося данной категории. В зависимости от нозологии максимально снижаются противопоказанные (зрительные, звуковые, мышечные и др.) нагрузки.

Применяются методы, учитывающие динамику и уровень работоспособности обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ. Для предупреждения утомляемости обучающихся данной категории после каждого часа работы делаются 10-15-минутные перерывы.

Для формирования умений, навыков и компетенций, предусмотренных программой практики, производится большое количество повторений (тренировок) подлежащих освоению трудовых действий и трудовых функций.

Особенности руководства практикой

Осуществляется комплексное сопровождение инвалидов и лиц с ОВЗ во время прохождения практики, которое включает в себя:

- учебно-методическую и психолого-педагогическую помощь и контроль со стороны руководителей практики от университета и от предприятия (организации, учреждения);

- корректирование (при необходимости) индивидуального задания и программы практики;

- помощь ассистента (ассистентов) и (или) волонтеров из числа обучающихся или работников предприятия (организации, учреждения). Ассистенты/волонтеры оказывают обучающимся данной категории необходимую техническую помощь при входе в здания и помещения, в которых проводится практика, и выходе из них; размещении на рабочем месте; передвижении по помещению, в котором проводится практика; ознакомлении с индивидуальным заданием и его выполнении; оформлении дневника и составлении отчета о практике; общении с руководителями практики.

Учебные и учебно-методические материалы по практике представляются в различных формах так, чтобы инвалиды с нарушениями слуха получали информацию визуально (программа практики и индивидуальное задание на практику печатаются увеличенным шрифтом; предоставляются видеоматериалы и наглядные материалы по содержанию

практики), с нарушениями зрения – аудиально (например, с использованием программ-синтезаторов речи) или с помощью тифлоинформационных устройств.

Особенности проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Во время проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации разрешаются присутствие и помощь ассистентов (сурдопереводчиков, тифлосурдопереводчиков и др.) и/или волонтеров и оказание ими помощи инвалидам и лицам с ОВЗ.

Форма проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации для обучающихся-инвалидов и лиц с ОВЗ устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При необходимости обучающемуся предоставляется дополнительное время для подготовки ответа и (или) защиты отчета.

#### Требования к выполнению заданий, критерии оценивания

При определении оценки учитываются следующие показатели:

- уровень профессиональной подготовки;
- качество и своевременность выполнения профессиональных задач по практике;
- содержание и качество оформления отчета;
- ответы на вопросы;
- характеристика работы студента руководителем практики.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой практической деятельности.

При прохождении практики студент должен выполнять организационные и дисциплинарные требования:

- посещение занятий и консультаций руководителя практики;
- полнота и своевременность реализации программы практики;
- своевременное предоставление отчетной документации в полном объеме (не позднее даты окончания практики) и в полном соответствии с предъявляемыми программой практики требованиями к ее содержанию и качеству оформления.

Критерии оценки работы студентов на учебной практике, технологической:

- оценка «*зачтено*» выставляется при соответствии работы студентов всем вышеуказанным показателям. Компетенции в целом сформированы. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ОПОП;

- оценка «*незачтено*» выставляется в случае несоответствия работы студента всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой учебной практики.