**СИЛЛАБУС**

**Весенний семестр 2020-2021 уч. год**

**по образовательной программе «6В071 – ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Код дисциплины** | **Название дисциплины** | **Самостоятельная работа студента (СРС)** | **Кол-во часов** | | | | | **Кол-во кредитов** | | **Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя (СРСП)** |
| **Лекции (Л)** | **Практ. занятия (ПЗ)** | | **Лаб. занятия (ЛЗ)** | |
| MICR2211 | микроэлектроника | 98 | 15 | 30 | |  | | 5 | | 7 |
| **Академическая информация о курсе** | | | | | | | | | | |
| **Вид обучения** | **Тип/характер курса** | **Типы лекций** | | | **Типы практических занятий** | | **Кол-во СРС** | | | **Форма итогового контроля** |
| дневной | элективный | онлайн | | | онлайн | | 15 | | | экзамен |
| **Лектор** | Сванбаев Е.А., к.ф..-м. н. | | | | | | **Оф./ч.** | | По расписанию | |
| **e-mail** | E-mail: [svanbaev.eldos@gmail.com](mailto:svanbaev.eldos@gmail.com) | | | | | |
| **Телефоны** | Телефон: 8-775-8464415 | | | | | |

|  |
| --- |
| **Академическая презентация курса** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Цель дисциплины** | **Ожидаемые результаты обучения (РО)**  В результате изучения дисциплины обучающийся будет способен: | **Индикаторы достижения РО (ИД)**  (на каждый РО не менее 2-х индикаторов) |
| Целью дисциплины является усвоение основ теории базовых элементов современной микроэлектроники. | **РО 1** - продемонстрировать полученные знания и понимание физической сущности явлений, происходящих при изготовлении и эксплуатации современных микроэлектронных приборов;  - общей свойств, роли и перспектив развития полупроводниковой электроники; | **ИД 1.1** понимание физической сущности явлений, происходящих при изготовлении и эксплуатации современных микроэлектронных приборов;  **ИД 1.2** роли и перспектив развития полупроводниковой электроники  **ИД 1.3** |
| **РО 2** функциональные: быть способным  - включать новое знание в контекст базового знания специальности, интерпретировать его содержание;  - анализировать учебную ситуацию, предлагать направление её решения;  - использовать методы исследования, расчета, анализа и т.д., свойственные микроэлектронике в индивидуальной или групповой учебно-исследовательской деятельности; | **ИД 2.1** базовое знания специальности, интерпретировать его содержание;  **ИД 2.2** использовать методы исследования, расчета, анализа и т.д., свойственные микроэлектронике |
| **РО 3** системные: быть способным  - обобщать, интерпретировать и оценивать полученные результаты обучения в контексте дисциплины, учебного модуля, содержания midterm exam (конкретно);  - анализировать динамику решения научных проблем курса (научные обзоры исследования конкретной проблемы);  - сделать анализ результатов изучения курса, обобщить их в виде научного эссе, презентации, рецензии, научного обзора и т.д.); | **ИД 3.1** интерпретировать и оценивать полученные результаты обучения в контексте дисциплины  **ИД 3.2**. анализировать динамику решения научных проблем курса |
| **РО 4** социальные: быть способным  - к конструктивному учебному и социальному взаимодействию и сотрудничеству в группе;  предлагать к рассмотрению проблему, аргументировать её важность;  - воспринимать критику и критиковать;  - работать в команде; | **ИД 4.1** способным к конструктивному учебному и социальному взаимодействию и сотрудничеству в группе  **ИД 4.2** воспринимать критику и критиковать |
| **РО 5** метакомпетенции: быть способным  - осознавать роль прослушанного курса в реализации индивидуальной траектории обучения.  \* При формулировании компетенций обязательно использовать систему глаголов дескрипторов. (См. Приложение 2) | **ИД 5.1** осознавать роль прослушанного курса в реализации индивидуальной траектории обучения  **ИД 5.2** обязательно использовать систему глаголов дескрипторов  **ИД 5.3** |
| **Пререквизиты** | Учебные курсы, которые должны быть освоены студентами до изучения данной дисциплины. Основы физики полупроводников, оптика. | |
| **Постреквизиты** | Полупрводниковые приборы, цифровая электроника | |
| **Литература и ресурсы** | **Учебная литература**:  **Основная:**   1. Данилина Т.И. Технология тонкопленочных микросхем. - Томск: ТМЦ ДО, 2006. – 152 с. 2. Данилина Т.И. Перспективные технологии производства СБИС. - Томск: ТМЦ ДО, 2000. – 99с. 3. Микропроцессороные системы : учебное пособие для вузов /под общ.ред. Д.В. Пузанкова. – СПб.: Политехника, 2002. – 935 с.   **Дополнительнаялитература**   1. Мартынов В.Н., Кольцов Г.И. Полупроводниковая оптоэлектроника. – М.:МИСИС, 1999.-400 с. 2. С.Зи. Физика полупроводниковых приборов. Т 2, «Мир», 1985 г., 456 с. 3. Игнатов А. Н.Оптоэлектроника и нанофотоника: Учебное пособие.— СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 544 с. | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Академическая политика курса в контексте университетских морально-этических ценностей** | **Правила академического поведения:**  Всем обучающимся необходимо зарегистрироваться на МООК. Сроки прохождения модулей онлайн курса должны неукоснительно соблюдаться в соответствии с графиком изучения дисциплины.  **ВНИМАНИЕ!** Несоблюдение дедлайнов приводит к потере баллов! Дедлайн каждого задания указан в календаре (графике) реализации содержания учебного курса, а также в МООК.  **Академические ценности:**  - Практические/лабораторные занятия, СРС должна носить самостоятельный, творческий характер.  - Недопустимы плагиат, подлог, использование шпаргалок, списывание на всех этапах контроля.  - Студенты с ограниченными возможностями могут получать консультационную помощь по е-адресу guliya\_nurbakova@mail.ru, |
| **Политика оценивания и аттестации** | **Критериальное оценивание:** оценивание результатов обучения в соотнесенности с дескрипторами (проверка сформированности компетенций на рубежном контроле и экзаменах).  **Суммативное оценивание:** оценивание активности работы в аудитории (на вебинаре); оценивание выполненного задания.  95-100%: А 90-94 %:A-  85-89 %: В+ 80-84 %:B 75-79 %:B-  70-74 %: С+ 65-69 %:C 60-64 %:C-  55-59 %: D+ 50-54 %:D 0-49 %:F |

**Календарь (график) реализации содержания учебного курса**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Неделя | Название темы | РО | ИД | Кол-во часов | Максимальный балл | Форма оценки знаний | Форма проведения занятия  /платформа |
| **Модуль 1** | | | | | | |  |
| 1 | **Л1.**. Введение. История и перспективы планарной технологии микроэлектроники. Технология получения монокристаллического кремния и кремниевых пластин. ОСЧ материалы в микроэлектронике. | РО 1 | ИД 1.1. | 1 |  | ВС 1 | Видеолекция  в MS Teams |
| 1 | **ПЗ 1**. Концентрация примесив ОСЧ кремнии 5N, 6N, 7N, 8N, 9N | РО 3 | ИД 3.1. | 2 | 10 | ТЗ 1 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 1, ТЗ 1** | | | | | | |
| 2 | **Л 2.** p-n переход. Методы формирования p-n перехода. Сплавление, диффузия, ионная имплантация, эпитаксия. | РО 2 | ИД 2.2 | 1 |  | ВС 2 | Видеолекция  в MS Teams |
| 2 | **ПЗ 2.** Глубина и профиль примеси при диффузии от Т и при ионной имплатации от энергии. | РО 4 | ИД 4.1. | 2 | 10 | ТЗ 2 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 2, ТЗ 2** | | | | | | |
| 3 | **Л 3.** Основы планарной технологии. Фотолитография. Фоторезисты. Фотошаблоны. Контактная и проекционная фотолитография. Физические ограничения. Дифракционный предел. Электронно лучевая литография. | РО 2 | ИД 2.1.  ИД 2.2 | 1 |  | ВС 3 | Видеолекция  в MS Teams |
| 3 | **ПЗ 3.** Дифракционный предел фотолитографии для красного синего и УФ света. | РО 4 | ИД 4.2. | 2 | 10 | ТЗ 3 | Вебинар  в MS Teams |
| 3 | **СРСП 1 Консультация по выполнению СРС1** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
| 3 | **СРС 1.**  Контактная и проекционная фотолитография. | РО 2  РО 5 | ИД 2.2  ИД 5.2 |  | 25 | ИЗ 1 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 3, ТЗ 3, ИЗ 1** | | | | | | |
| **Модуль 2** | | | | | | | |
| 4 | **Л 4.** Чистые комнаты.Вакуум в технологии производства микросхем. Вакуумные насосы. Термопарные и газоразрядные вакуумметры. Форвакуум, высокий вакуум, свервысокий вакуум. | РО1 | ИД 1.2. | 1 |  | ВС 4 | Видеолекция  в MS Teams |
| 4 | **ПЗ 4.** Расчет концентрации атомов в вакуумной камере. | РО 3 | ИД 3.1.-3.3 | 2 | 10 | ТЗ 4 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 4, ТЗ 4** | | | | | | |
| 5 | **Л 5.** Топология микросхем. Тонкие пленки в микроэлектронике. Металлические, диэлектрические, керметные и полупроводниковые пленки. Начальные стадии роста пленки. Роль дефектов. Поверхностное сопротивление. | РО 1 | ИД 1.2 | 1 |  | ВС 5 | Видеолекция  в MS Teams |
| 5 | **ПЗ 5.**.  Рассчет поверхностное сопротивления медной алюминиевой серебряной пленки 1 мкм, 10 нм. | РО 4 | ИД 4.1 | 2 | 10 | ТЗ 5 | Вебинар  в MS Teams |
| 5 | **СРСП 2 Консультация по выполнению СРС 2** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
| 5 | **СРС**  Тонкопленочные резисторы в микроэлектронике. | РО 5 | ИД 5.2 |  | 25 | ИЗ 2 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 5, ТЗ 5, ИЗ 5** | | | | | | |
| 5 | **РК 1** | | | | 100 |  |  |
| 6 | **Л 6.** Монокристаллические, поликристаллические, нанокристаллические и аморфные материалы в современной микроэлектронике. Удельное сопротивление полупроводника. | РО 1 | ИД 1.2 | 1 |  | ВС 6 | Видеолекция  в MS Teams |
| 6 | **ПЗ 6.** Поверхностное сопротивление 1 мкм кремниевой пленки при концентрации примеси 1015 до 1021 см-3. | РО 3 | ИД 3.1  И.Д 3.2 | 2 | 10 | ТЗ 6 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 6, ТЗ 6** | | | | | | |
| 7 | **Л 7.** Технология тонких пленок в микроэлектронике. Термическое и электронно-лучевое испарение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. | РО 3 | ИД 3.1  И.Д 3.2 | 1 |  | ВС 7 | Видеолекция  в MS Teams |
| 7 | **ПЗ 7.**  Рассчет массы навески для толщины напыленной пленки 0,1 – 1 мкм для расстояний 5-15 см от испарителя. | РО 2 | ИД 2.1 | 2 | 10 | ТЗ 7 | Вебинар  в MS Teams |
| 7 | **СРСП 3 Консультация по выполнению СРС 3** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
| 7 | **СРС 3** Многослойные пленки в микроэлектронике | РО 5 | ИД 5.2 |  | 25 | ИЗ 3 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 7, ТЗ 7, ИЗ 3** | | | | | | |
| 8 | **Л 8.** Газовый разряд в технологии напыления пленок.Катодное и магнетронное распыление на постоянном токе. СВЧ магнетронное распыление. | РО 2 | ИД 2.1  ИД 2.2 | 1 |  | ВС 8 | Видеолекция  в MS Teams |
| 8 | **ПЗ 8.**  Промышленная установка магнетронного напыления. | РО 3 | ИД 3.1  ИД 3.2 | 2 | 10 | ТЗ 8 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 8, ТЗ 8** | | | | | | |
| 9 | **Л 9.** Технологический маршрут изготовления микросхем. | РО 1 | ИД 1.1  И.Д 1.2 | 1 |  | ВС 9 | Видеолекция  в MS Teams |
| 9 | **ПЗ 9.**  Технологический маршрут изготовления тонкопленочного конденсатора. | РО 3 | ИД 3.1  И.Д 3.2 | 2 | 10 | ТЗ 9 | Вебинар в MS Teams |
| 9 | **СРСП 4 Консультация по выполнению СРС 4** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
| 9 | **СРС 4.** Технологический маршрут изготовления полевого транзистора. | РО 5 | ИД 5.2 |  | 25 | ИЗ 4 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 9, ТЗ 9, ИЗ 4** | | | | | | |
| 10 | **Л 10.**  Формирования пленок методом газотранспортных реакций. Рост пленок по механизму пар- кристалл и пар-жидкость-кристалл. | РО 1  РО 2 | ИД 1.1  И.Д 2.2 | 1 |  | ВС 10 | Видеолекция  в MS Teams |
| 10 | **ПЗ 10.** Рассчет толщины пленок в CVD методе. | РО 3 | ИД 3.1  И.Д 3.2 | 2 | 10 | ТЗ 10 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 10, ТЗ 10** | | | | | | |
| 10 | **МТ (MidtermExam)** | | | | 100 |  |  |
| 11 | **Л 11.** Нанотехнология и наноэлектроника. Островковая пленка.Нанотрубки и наностержни. Анодирование в растворах. Пористый кремний. Наношаблоны. Нанопорошки. | РО 4 | ИД 4.1  И.Д 4.2 | 1 |  | ВС 11 | Видеолекция  в MS Teams |
| 11 | **ПЗ 11.** Рассчет осровков металладля обеспечения роста нанотрубок0,5-1 нм. | РО 2 | ИД 2.1 | 2 | 10 | ТЗ 11 | Вебинар  в MS Teams |
| 11 | **СРСП 5 Консультация по выполнению СРС 5** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
| 11 | **СРС 5.**  Полевой транзистор из нанорубки. | РО 5 | ИД 5.1 |  | 25 | ИЗ 5 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 11, ТЗ 11, ИЗ 5** | | | | | | |
| 12 | **Л 12.** Основы зонной теории. Формирование валентной зоны. Зона проводимости и запрещенная зона. Собственный и легированный полупроводники.. | РО 4 | ИД 4.1 | 1 |  | ВС 12 | Видеолекция  в MS Teams |
| 12 | **ПЗ 12.** Высота барьерар-n перехода. | РО 3 | ИД 3.1 | 2 | 10 | ТЗ 12 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 12, ТЗ 12** | | | | | | |
| 13 | **Л 13.** Уровень Ферми. р-n переход. Толщина р-n перехода Тунельно тонкий р-n переход. Многослойные нано пленки. Полупроводниковые сверхрешетки. | РО 1 | ИД 1.2 | 1 |  | ВС 13 | Видеолекция  в MS Teams |
| 13 | **ПЗ 13.** Рассчет емкостир-n перехода. | РО 4 | ИД 4.2 | 2 | 10 | ТЗ 13 | Вебинар  в MS Teams |
| 13 | **СРСП 6 Консультация по выполнению СРС 6** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
| 13 | **СРС 6.** | РО 5 | ИД 5.2 |  | 25 | ИЗ 6 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 13, ТЗ 13, ИЗ 6** | | | | | | |
| 14 | **Л 14.** Многослойные прозрачные пленки. Диэлектрические зеркала и светофильтры. Применение в лазерах, волоконной связи, оптических спектрометрах и астрономии. | РО 4 | ИД 4.1  ИД 4.2 | 1 |  | ВС 14 | Видеолекция  в MS Teams |
| 14 | **ПЗ 14.** Рассчет толщины диэлекрическойантиотражающей или зеркальной пленки. | РО 4. 5 | ИД 4.1  ИД 4.2 | 2 | 10 | ТЗ 14 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 14, ТЗ 14** | | | | | | |
| 15 | **Л 15.** Программируемая  микроэлектроника. Среда автоматизированного проектирования Xilinx ISE 2. Среда моделирования MatLab/Simulink. Оптоэлектронные микросхемы. Чисто оптические микросхемы. Фотоника. | РО 5 | ИД 5.1  ИД 5.2 | 1 |  | ВС 15 | Видеолекция  в MS Teams |
|  | **ПЗ 15.** | РО 2 | ИД 2.1  ИД 2.2 | 2 | 10 | ТЗ 15 | Вебинар  в MS Teams |
|  | **СРСП 7 Консультация по выполнению СРС 7** |  |  |  |  |  | Чат в МООК ТВ |
|  | **СРС 7.**  Фотонные микросхемы. | РО 5 | ИД 5.1  ИД 5.2  ИД 5.3 |  | 25 | ИЗ 7 |  |
|  | **Суббота 23.00 – ДЕДЛАЙН сдачи ВС 15, ТЗ 15, ИЗ 6** | | | | | | |
|  | **РК 2** | | | | 100 |  |  |

[С о к р а щ е н и я: ВС – вопросы для самопроверки; ТЗ – типовые задания; ИЗ – индивидуальные задания; КР – контрольная работа; РК – рубежный контроль.

З а м е ч а н и я:

- Форма проведения Л и ПЗ**:**вебинар в MS Teams/Zoom(презентация видеоматериалов на 10-15 минут, затем его обсуждение/закрепление в виде дискуссии/решения задач/...)

- Форма проведения КР**:** вебинар (по окончании студенты сдают скрины работ старосте, староста высылает их преподавателю) / тест в СДО Moodle.

- Все материалы курса (Л, ВС, ТЗ, ИЗ и т.п.) см. по ссылке (см. Литература и ресурсы, п. 6).

- После каждого дедлайна открываются задания следующей недели.

- Задания для КР преподаватель выдает в начале вебинара.]

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедрыфизики твердого тела и нелинейной физики

от « \_\_ » \_\_\_2020 г., протокол № \_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.К. Ибраимов

(подпись)

Одобрена на заседании методического бюро факультета.

« \_\_» \_\_\_\_ 2020 г., протокол № \_\_

Председатель методбюро факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Т.Габдуллина

(подпись)

Программа утверждена на Ученом совете факультета .

« \_\_» \_\_\_\_ 2020 г., протокол № \_\_

Председатель ученого совета,

Декан факультета\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Е. Давлетов

Лектор \_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.А.Сванбаев