

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники
и электроники

/ В.А. Небольсин /

31 августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Физические основы сенсорики»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 мес.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

Е.Ю. Плотникова

И.о. заведующего кафедрой
полупроводниковой электроники
и наноэлектроники

А.В. Строгонов

Руководитель ОПОП

А.В. Арсентьев

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: изучение принципов работы и технологии изготовления микро- и наноразмерных датчиков физических величин, а также областей их применения.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение классификации основных типов приборов измерения и контроля;
- изучение физических принципов работы датчиков;
- приобретение навыков программного и аппаратного обеспечения цифровой обработки сигналов для автоматизации измерений и контроля с использованием микроконтроллеров Atmel на модулях Arduino (Uno/Nano) и сред разработки Arduino/Genuino или LabView.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Физические основы сенсорики» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы сенсорики» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1: способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

ПК-2: способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения;

ПК-6: готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники;

ПК-8: способность разрабатывать модели исследуемых процессов, материалов, элементов, приборов, устройств твердотельной электроники и микроэлектронной техники.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать основы простейших физических моделей приборов, схем, устройств и установок;

	уметь составлять компьютерные модели различных видов сенсоров;
	владеть навыками обработки алгоритмов моделирования нанoeлектронных сенсоров.
ПК-2	знать подходы к экспериментальным исследованиям параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники;
	уметь разрабатывать и проводить эксперименты по исследованию различных физических систем;
	владеть навыками обработки экспериментальных данных различного вида.
ПК-6	знать основные виды современного технологического оборудования, пригодного для создания сенсоров различного назначения;
	уметь анализировать и использовать на практике технологический процесс для формирования сенсоров разного вида;
	владеть навыками поиска информации по принципам работы и устройству современных технологических процессов и технологического оборудования.
ПК-8	знать основы языков программирования (C/C++/C#) в степени, достаточной для составления управляющих сенсорами программ;
	уметь программировать датчики в среде разработки (Arduino);
	владеть методиками составления базовых алгоритмов управления различными видами сенсоров.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы сенсорики» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	96	96
Контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость час зач. ед.	180	180
	5	5

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
Аудиторные занятия (всего)	20	20
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа	151	151
Контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Сбор данных. Полупроводниковые датчики.	Датчики. Сигналы и системы. Виды датчиков. Пассивные датчики. Активные датчики. Абсолютные датчики. Относительные датчики.	2	2	-	12	16
2	Механические микросенсоры.	Объемная микромеханика. Поверхностная микромеханика. Применение кремния для измерения деформации. Датчики давления. Акселерометры. Методы детектирования деформации. Датчики потока. Датчики угловой скорости.	2	2	4	12	20
3	Датчики на ПАВ	ПАВ. Резонаторные датчики на ПАВ. Датчики на основе линий задержки на ПАВ. Датчики массы. Газовые сенсоры. Датчики влажности. Датчики температуры. Датчики магнитного поля.	2	2	-	12	16
4	Химические микросенсоры.	Ионы в растворах. Измерение pH. Ионно-селективные полевые транзисторы. Газовые сенсоры на основе полевых транзисторов. Биосенсоры.	2	2	4	12	20
5	Оптические сенсоры.	Корпускулярно-волновой дуализм. Определения и единицы. Фотометрические единицы системы СИ. Чувствительность глаза. Практические фотометрические единицы. Диффузный источник. Источники света. Типы сенсоров. Коммерчески-доступные приборы. ПЗС как оптические сенсоры.	2	2	-	12	16
6	Датчики температуры.	Тепловой датчик ИК излучения. Термисторы. Температурные сенсоры в ИС.	2	2	4	12	20
7	Детекторы ионизирующего излучения	Радиоактивность. Регистрация и спектры. Процессы поглощения. Твердотельные детекторы.	2	2	-	12	16
8	Магнитные датчики	Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Магнитодиод. Магнитотранзистор.	2	2	4	12	20
Всего			16	16	16	96	144
Контроль							36
Итого							180

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Сбор данных. Полупроводниковые датчики.	Датчики. Сигналы и системы. Виды датчиков. Пассивные датчики. Активные датчики. Абсолютные датчики. Относительные датчики.	1	2	-	18	21
2	Механические микросенсоры.	Объемная микромеханика. Поверхностная микромеханика. Применение кремния для измерения деформации. Датчики давления. Акселерометры. Методы детектирования деформации. Датчики потока. Датчики угловой скорости.	1	-	2	19	22
3	Датчики на ПАВ	ПАВ. Резонаторные датчики на ПАВ. Датчики на основе линий задержки на ПАВ. Датчики массы. Газовые сенсоры. Датчики влажности. Датчики температуры. Датчики магнитного поля.	1	2	-	19	22
4	Химические микросенсоры.	Ионы в растворах. Измерение pH. Ионно-селективные полевые транзисторы. Газовые сенсоры на основе полевых транзисторов. Биосенсоры.	1	-	2	19	22
5	Оптические сенсоры.	Корпускулярно-волновой дуализм. Определения и единицы. Фотометрические единицы системы СИ. Чувствительность глаза. Практические фотометрические единицы. Диффузный источник. Источники света. Типы сенсоров. Коммерчески-доступные приборы. ПЗС как оптические сенсоры.	1	2	-	19	22
6	Датчики температуры.	Тепловой датчик ИК излучения. Термисторы. Температурные сенсоры в ИС.	1	-	2	19	22
7	Детекторы ионизирующего излучения	Радиоактивность. Регистрация и спектры. Процессы поглощения. Твердотельные детекторы.	1	-	-	19	20
8	Магнитные датчики	Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Магнитодиод. Магнитотранзистор.	1	-	-	19	20
Всего			8	6	6	151	171
Контроль							9
Итого							180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Разработка проекта измерителя выбранной физической величины (на основе одного выбранного датчика) на микросхеме Atmel
2. Отладка работы отдельных управляющих элементов и датчиков на платформе Arduino
3. Сборка отдельных блоков схемы проекта
4. Реализация комплексного проекта измерителя / управляющего комплекса на платформе Arduino

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Физические основы сенсорики» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать основы простейших физических моделей приборов, схем, устройств и установок;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь составлять компьютерные модели различных видов сенсоров;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками обработки алгоритмов моделирования нанoeлектронных сенсоров.	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать подходы к экспериментальным исследованиям параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать и проводить эксперименты по исследованию различных физических систем;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками обработки экспериментальных данных различного вида.	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	знать основные виды современного технологического оборудования, пригодного для создания сенсоров различного назначения;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь анализировать и использовать на практике технологический процесс для формирования сенсоров разного вида;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками поиска информации по принципам работы и устройству современных технологических процессов и технологического оборудования.	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-8	знать основы языков программирования (C/C++/C#) в степени, достаточной для составления управляющих сенсорами программ;	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь программировать датчики в среде разработки (Arduino);	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методиками составления базовых алгоритмов управления различными видами сенсоров.	Знание лекционного материала; умение программировать датчики по варианту	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, в 9 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-1	знать основы простейших физических моделей приборов, схем, устройств и установок;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь составлять компьютерные модели различных видов сенсоров;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками обработки алгоритмов моделирования нанoeлектронных сенсоров.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	знать подходы к экспериментальным исследованиям параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь разрабатывать и проводить эксперименты по исследованию различных физических систем;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками обработки экспериментальных данных различного вида.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-6	знать основные виды современного технологического оборудования, пригодного для создания сенсоров различного назначения;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь анализировать и использовать на практике технологический процесс для формирования сенсоров различного вида;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	владеть навыками поиска информации по принципам работы и устройству современных технологических процессов и технологического оборудования.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-8	знать основы языков программирования (C/C++/C#) в степени, достаточной для составления управляющих сенсорами программ;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь программировать датчики в среде разработки (Arduino);	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методиками составления базовых алгоритмов управления различными видами сенсоров.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Устройство, воспринимающее внешние воздействия и реагирующее на них изменением электрических сигналов – это:

1. оптрон;
2. датчик;
3. видеокарта;
4. мультиметр.

2. ПАВ (в датчиках) – расшифровывается как:

1. поливинилацетат;
2. поверхностно-активное вещество;
3. поверхностно-акустическая волна;
4. психоактивное вещество.

3. В датчике температуры на ПАВ отслеживается изменение:

1. температуры контактов;
2. теплового расширения подложки;
3. термического отжига пленки;
4. теплоактивности среды.

4. Термодетекторы и квантовые детекторы относятся к:

1. лазерам;
2. светодиодам;
3. фотодетекторам;
4. термопарам.

5. К какому классу приборов относят болометр?
1. датчик влажности;
 2. датчик магнитного поля;
 3. датчик объема;
 4. датчик температуры.
6. Какой физический эффект используется в бесконтактных переключателях?
1. эффект Пельтье;
 2. эффект Зеебека;
 3. эффект Холла;
 4. эффект Комптона.
7. В чем измеряют время отклика полупроводниковых фотодетекторов?
1. в наносекундах;
 2. в миллисекундах;
 3. в секундах;
 4. в минутах.
8. В рубиновом лазере импульсная накачка производится:
1. лампой-вспышкой;
 2. трансформатором;
 3. зеркалом;
 4. ничем из перечисленного.
9. Выберите органический материал для датчика:
1. полупроводник;
 2. плазма;
 3. проводник;
 4. биологическая ткань.
10. Что не относится к характеристикам датчика?
1. чувствительность;
 2. быстрое действие;
 3. научное измерение;
 4. мертвая зона.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. ARDUINO biaxial XY joystick module “KY-023” – XY-осевой джойстик, основан на аналоговых потенциометрах и кнопке – подключение на плату
2. ARDUINO biaxial XY joystick module “KY-023” – XY-осевой джойстик, основан на аналоговых потенциометрах и кнопке – подключение к модулям
3. ARDUINO biaxial XY joystick module “KY-023” – XY-осевой джойстик, основан на аналоговых потенциометрах и кнопке – различные методы подключения
4. ARDUINO flame sensor module “KY-026” – датчик пламени инфракрасный (длина волны от 760 нм до 1100 нм) – подключение на плату
5. ARDUINO flame sensor module “KY-026” – датчик пламени инфракрасный (длина волны от 760 нм до 1100 нм) – подключение к модулям
6. ARDUINO flame sensor module “KY-026” – датчик пламени инфракрасный (длина волны от 760 нм до 1100 нм) – различные методы подключения
7. Arduino 3-color LED module “KY-016” – 3-х цветный RGB светодиодный модуль – подключение на плату

8. Arduino 3-color LED module “KY-016” – 3-х цветный RGB светодиодный модуль – подключение к модулям
9. Arduino 3-color LED module “KY-016” – 3-х цветный RGB светодиодный модуль– различные методы подключения
10. Arduino 3-color LED module “KY-016” – 3-х цветный RGB светодиодный модуль – разработка проекта

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Arduino 3-color full-color LED smd module “KY-009” – 3-х цветный RGB модуль с SMD светодиодом – программирование дискретного прибора
2. Arduino 3-color full-color LED smd module “KY-009” – 3-х цветный RGB модуль с SMD светодиодом – подключение в модуль
3. Arduino 3-color full-color LED smd module “KY-009” – 3-х цветный RGB модуль с SMD светодиодом – настройка индикации
4. Arduino 3-color full-color LED smd module “KY-009” – 3-х цветный RGB модуль с SMD светодиодом – подключение с герконами
5. Arduino 3-color full-color LED smd module “KY-009” – 3-х цветный RGB модуль с SMD светодиодом – подключение с датчиком пульса
6. ARDUINO colorful flashing LED Module KY-034 automatically – автоматически мигающий яркий 7-цветный светодиодный модуль– программирование дискретного прибора
7. ARDUINO colorful flashing LED Module KY-034 automatically – автоматически мигающий яркий 7-цветный светодиодный модуль – подключение в модуль
8. ARDUINO colorful flashing LED Module KY-034 automatically – автоматически мигающий яркий 7-цветный светодиодный модуль – настройка индикации
9. ARDUINO colorful flashing LED Module KY-034 automatically – автоматически мигающий яркий 7-цветный светодиодный модуль – подключение с герконами
10. ARDUINO colorful flashing LED Module KY-034 automatically – автоматически мигающий яркий 7-цветный светодиодный модуль – подключение с датчиком пульса

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Классификация датчиков. Типы датчиков.
2. Некоторые физические эффекты, используемые в датчиках физических величин
3. Элементы общей теории измерительных преобразователей (датчиков)
4. Общие сведения о датчиках.
5. Обобщенный генераторный преобразователь
6. Метод электромеханических аналогий
7. Статические характеристики датчиков
8. Метрологические характеристики датчиков
9. Динамические характеристики датчиков
10. Типовые динамические звенья
11. Электронные устройства датчиков
12. Операционный усилитель
13. Усилители заряда
14. Аналогово-цифровые преобразователи
15. Генераторы сигналов
16. Основные разновидности упругих элементов датчиков

17. Расчетные соотношения упругих элементов датчиков
18. Материалы упругих элементов датчиков
19. Статические и динамические характеристики упругих элементов датчиков
20. Оптические элементы датчиков
21. Фотометрия
22. Источники оптического излучения
23. Оптические материалы
24. Линзы
25. Свето пропускающие окна
26. Плоские и сферические зеркала
27. Волоконные световоды
28. Покрывтия, поглощающие тепловое излучение
29. Резистивные датчики. Основные характеристики
30. Реостатные датчики перемещений
31. Тензорезистивные датчики
32. Полупроводниковые тензодатчики
33. Емкостные датчики. Общие сведения
34. Емкостные датчики давления
35. Датчики уровня
36. Емкостный датчик перемещений (неровности поверхности)
37. Измерительные схемы емкостных датчиков
38. Пьезоэлектрические датчики. Общие сведения
39. Пьезоэлектрические материалы
40. Классификация пьезоэлектрических датчиков
41. Методы исследования пьезоэлектрических датчиков
42. Пьезоэлектрические резонаторы
43. Пьезокерамические трансформаторы
44. Пространственная энергосиловая структура пьезокерамического элемента
45. Обратная связь в пьезоэлектрических датчиках
46. Биморфные и триморфные пьезоэлементы
47. Резонансные пьезодатчики
48. Датчики на основе доменно-диссипативных пьезотрансформаторов
49. Электроакустические преобразователи
50. Электромагнитные преобразователи. Основные разновидности
51. Индуктивные преобразователи
52. Взаимоиндуктивные преобразователи
53. Индукционные преобразователи
54. Магнитоупругие и магнитоанизотропные преобразователи
55. Датчики Холла
56. Магниторезистивные преобразователи
57. Магнитодиоды
58. Магнитотранзисторы
59. Датчики температуры. Общие сведения
60. Терморезистивные преобразователи температуры
61. Термоэлектрические преобразователи температуры
62. Радиационные пирометры
63. Акустические термометры
64. Кварцевые термодатчики

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 3 балла.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент 4 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов.

При получении оценок «Отлично», «Хорошо» и «Удовлетворительно» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Сбор данных. Полупроводниковые датчики.	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
2	Механические микросенсоры.	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
3	Датчики на ПАВ	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
4	Химические микросенсоры.	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
5	Оптические сенсоры.	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
6	Датчики температуры.	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
7	Детекторы ионизирующего излучения	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ
8	Магнитные датчики	ПК-1, ПК-2, ПК-6, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. **Новокрещенова Е.П.** Введение в сенсорику: учеб. пособие / Е.П. Новокрещенова. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. – 111 с.
2. **Рембеза Е.С.** Датчики на основе магнитных и оптических эффектов: учеб. пособие / Е.С. Рембеза, С.И. Рембеза. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. – 182 с.
3. **Рембеза Е.С.** Физические принципы работы датчиков силы и давления: учеб. пособие / Е.С. Рембеза, С.И. Рембеза. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. – 158 с.
4. **Физические методы исследования материалов твердотельной электроники:** учеб. пособие / С.И. Рембеза, Б.М. Синельников, Е.С. Рембеза, Н.И. Каргин. – Ставрополь: Северо-Кавказский ГТУ, 2002. – 432 с. – ISBN 5-9296-0105-4
5. **Вавилов В.Д.** Микросистемные датчики физических величин [Электронный ресурс]: монография / В.Д. Вавилов, С.П. Тимошенко, А.С. Тимошенко. – М.: Техносфера, 2018. – 550 с. – ISBN 978-5-94836-498-8. URL: <http://www.iprbookshop.ru/84690.html>
6. **Сажин С.Г.** Средства автоматического контроля технологических параметров [Электронный ресурс] / С.Г. Сажин. – 1-е изд. – СПб.: Лань, 2014. – 368 с. – ISBN 978-5-8114-1644-8. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50683

Дополнительная литература

7. **Датчики:** справочное пособие / Под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. – М.: Техносфера, 2012. – 624 с. – ISBN 978-5-94836-316-5. URL: <http://www.iprbookshop.ru/16974.html>
8. **Рембеза Е.С.** Физические принципы измерения оптических явлений и магнитных полей: учеб. пособие / Е.С. Рембеза, С.И. Рембеза. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. – 184 с.
9. **Рембеза Е.С.** Физические принципы работы и конструкции датчиков температуры: учеб. пособие / Е.С. Рембеза, С.И. Рембеза. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. – 158 с.
10. **Джексон Р.Г.** Новейшие датчики: учебник-монография / Р.Г. Джексон; пер. с англ. В.В. Лучинина. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с. – ISBN 978-5-94836-111-6; 0-7503-09889
11. **Фрайден Д.** Современные датчики: справочник / Д. Фрайден; пер. с англ. Ю.А. Заболотной; под ред. Е.Л. Свинцова. – М.: Техносфера, 2006. – 592 с. – (Мир электроники). – ISBN 5-94836-050-4; 0-387-00750-4 (англ.)
12. **Шарапов В.М.** Пьезоэлектрические датчики / В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова. – М.: Техносфера, 2006. – (Мир электроники). – ISBN 5-94836-100-4
13. **Рембеза С.И.** Введение в сенсорику: учеб. пособие. Ч. 1 / С.И. Рембеза, Е.П. Новокрещенова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2001. – 82 с.
14. **Рембеза С.И.** Введение в сенсорику: учеб. пособие. Ч. 2 / С.И. Рембеза, Е.П. Новокрещенова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2003. – 87 с.
15. **Методические указания к выполнению практических заданий по дисциплинам «Физические основы сенсорики» для студентов направления 210100.62 «Электроника и наноэлектроника» (профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника») и «Твердотельные сенсоры и их применение» для студентов направления 223200.68 «Техническая физика» (магистерская программа подготовки «Физика и техника полупроводников») очной формы обучения / Каф. полупроводниковой электроники**

и нанoeлектроники; Сост. Е.П. Новокрещенова. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. (№ 228-2012)

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

Используемые электронные библиотечные системы:

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»:
<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям «Инженерно-технические науки», «Физика»: <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

Информационные справочные системы:

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования: <http://fgosvo.ru/>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>;
- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ: <http://online.mephi.ru/>;
- открытое образование: <https://openedu.ru/>;
- физический информационный портал: <http://phys-portal.ru/index.html>
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: <https://cntd.ru>
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ:
<https://old.education.cchgeu.ru>
- Лаборатории электронных средств обучения, ЛЭСО ГОУ ВПО «СибГУТИ»:
www.labfor.ru

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Лекционная аудитория 311/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций: мультимедиа-проектором, стационарным экраном, наборами демонстрационного оборудования (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека.

проектор BenQ MP515 DLP;
экран ScreenMedia настенный.
огнетушитель.

2. Дисплейный класс для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов, укомплектованный специализированной мебелью и оснащенный персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, ауд. 209/4 (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179), оснащенный необходимым оборудованием:

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.
учебно-лабораторный стенд LESO1 (10 штук);
учебно-лабораторный стенд LESO3 (15 штук);
компьютер-сборка каф.9;
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/М/20" LCD);
компьютер-сборка каф.7;
компьютер-сборка каф.3;
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/М/23" LCD);
компьютер-сборка каф.5;
компьютер-сборка каф.4;
компьютер-сборка каф.8;
компьютер-сборка каф.2;
компьютер-сборка каф.6;
компьютер-сборка каф.10;
комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;
компьютер-сборка каф.1;
экран Projecta ProScreen настенный рулонный;
проектор BenQ MP515 DLP;
огнетушитель.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы сенсорики» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков обработки алгоритмов моделирования наноэлектронных сенсоров. Занятия проводятся путем решения стандартных и прикладных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится тестированием. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2: при осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется образовательный портал ВГТУ – https://old.education.cchgeu.ru	31.08.2021	
2			
3			
4			