ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.В.ДВ.03.01 «Современные твердотельные датчики»

Направление подготовки

03.03.01 «Прикладные математика и физика»

Направленность (профиль) подготовки

Электроника, квантовые системы и нанотехнологии

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань, 2026 г.

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

ПК-1.1 - проводит моделирование и исследования функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

ПК-5.1 - проводит предварительные измерения опытных образцов изделий "система в корпусе";

ПК-5.2 - обрабатывает результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий "система в корпусе".

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах. При оценивании результатов освоения лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой. Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый должен составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки, схемы и т.п.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	2	3	4
1	Введение	ПК-1.1	экзамен
2	Метрологические характеристики датчиков в статическом и динамическом режимах	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	экзамен
3	Датчики гальваноэлектрические и гальваномагнитные	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	лабораторные работы, экзамен

4	Датчики, использующие принцип изменения импеданса	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	лабораторные работы, экзамен
5	Датчики на диодных и транзисторных структурах. Интегральные датчики и интеллектуальные преобразователи	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	лабораторные работы, экзамен
6	Твердотельные датчики на основе диэлектриков и новых материалов	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	лабораторные работы, экзамен
7	Микро- и наносенсоры	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	экзамен
8	Биосенсоры	ПК-1.1, ПК-5.1, ПК-5.2	экзамен
9	Новые технологии в производстве современных твердотельных датчиков	ПК-1.1	экзамен
10	Заключение	ПК-1.1	экзамен

Формы текущего контроля

Текущий контроль по дисциплине «Современные твердотельные датчики» проводится в виде тестовых опросов по отдельным темам дисциплины, проверки заданий, выполняемых самостоятельно и на лабораторных занятиях, а также экспресс – опросов и заданий по лекционным материалам и лабораторным работам. Учебные пособия по дисциплине «Современные твердотельные датчики», рекомендуемые для самостоятельной работы обучающихся, содержат необходимый теоретический материал, тестовые вопросы по каждому из разделов дисциплины. Результаты ответов на вопросы тестовых заданий контролируются преподавателем.

Формы промежуточного контроля

Формой промежуточного контроля по дисциплине является теоретический экзамен. К экзамену допускаются обучающиеся, полностью выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом и настоящей программой. Форма проведения экзамена – устный ответ, по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины.

Критерии оценки компетенций обучающихся и шкалы оценивания

Формирование у обучающихся во время обучения в семестре указанных выше компетенций на этапах лабораторных занятий, а также самостоятельной работы оценивается по критериям шкалы оценок: «зачтено» – «не зачтено». Освоение материала дисциплины и контролируемых компетенций обучающегося служит основанием для допуска обучающегося к этапу промежуточной аттестации – теоретическому зачету.

Целью проведения промежуточной аттестации (экзамена) является проверка общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретенных студентом при изучении дисциплины «Современные твердотельные датчики».

Уровень теоретической подготовки определяется составом приобретенных компетенций, усвоенных им теоретических знаний и методов, а также умением осознанно, эффективно использовать их при решении задач целенаправленного применения различных видов твердотельных микро- и наноструктур для создания современных твердотельных микро- и наносенсоров.

Экзамен организуется и осуществляется, как правило, в форме собеседования. Средством, определяющим содержание собеседования студента с экзаменатором, являются экзаменационный билет, содержание которого определяется ОПОП и Рабочей программой. Экзаменационный билет включает в себя, как правило, два вопроса, один из которых относятся к указанным выше теоретическим разделам дисциплины и один – практическому применению твердотельных микро- и наноструктур для создания современных твердотельных мик-

ро- и наносенсоров..

Оценке на заключительной стадии экзамена подвергаются устные ответы экзаменующегося на вопросы экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора. Применяются следующие критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень усвоения материала, предусмотренного программой;
- умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;
- полнота, аргументированность, убежденность ответов на вопросы;
- качество ответа (общая композиция, логичность, убежденность, общая эрудиция);
- использование дополнительной литературы при подготовке к этапу промежуточной аттестации.

Для количественной оценки экзаменующегося применяется четырехбальная шкала оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», что соответствует шкале «компетенции студента полностью соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента в основном соответствуют требованиям ФГОС ВО», «компетенции студента не соответствуют требованиям ФГОС ВО».

К оценке уровня знаний и практических умений и навыков рекомендуется предъявлять следующие общие требования.

«Отлично»:

глубокие и твердые знания программного материала программы дисциплины, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов); полные, четкие, логически последовательные, правильные ответы на поставленные вопросы; умение выделять главное и делать выводы.

«Хорошо»:

достаточно полные и твёрдые знания программного материала дисциплины, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых явлений (процессов); последовательные, правильные, конкретные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, свободное устранение замечаний о недостаточно полном освещении отдельных положений при постановке дополнительных вопросов.

«Удовлетворительно»:

знание основного программного материала дисциплины, понимание сущности и взаимосвязи основных рассматриваемых явлений (процессов); понимание сущности обсуждаемых вопросов, правильные, без грубых ошибок ответы на поставленные вопросы, несущественные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.

«Неудовлетворительно»:

отсутствие знаний значительной части программного материала дисциплины; неправильный ответ хотя бы на один из вопросов, существенные и грубые ошибки в ответах на дополнительные вопросы, недопонимание сущности излагаемых вопросов, неумение применять теоретические знания при решении практических задач, отсутствие навыков в обосновании выдвигаемых предложений и принимаемых решений.

Типовые контрольные темы, темы курсовой работы и вопросы по дисциплине «Наносенсоры»

Вопросы к лабораторным занятиям по дисциплине

	Лабораторная работа № 1 «Датчики магнитного поля. Датчики Холла.»
1	Физические принципы, законы, используемые для измерения величины и направления вектора магнитной индукции (напряженности магнитного поля)
2	Датчики Холла. Метрологические и конструктивные характеристики
3	Магнитодиоды, магниторезисторы, магнитотранзисторы. Принципы работы, характеристики
4	Индуктивные, индукционные датчики магнитных полей. Датчики Виганда. Датчики

	Джозефсона
5	Применение датчиков магнитного поля в биомедицинских и технических системах
	Лабораторная работа № 2 «Резистивные и гальванические термодатчики.»
1	Общая характеристика температурных датчиков
2	Термоэлектрический эффект: эффект Томсона, Пельтье, Зеебека
3	Термогальванические законы: закон последовательности температур, промежуточных металлов, закон Вольта и правило Магнуса
4	Температура опорного спая. Методы компенсации температуры рабочего спая
5	Металлические и полупроводниковые термометры. Линейность и термочувствительность. Конструктивное исполнение
6	Термисторы с отрицательным и положительным ТКС
7	Сравнительная характеристика гальванических и терморезистивных датчиков
	Лабораторная работа № 3 «Интегральные датчики температуры.»
1	Общая характеристика температурных датчиков
2	Законы и физические принципы, используемые для измерения температуры
3	Характеристика ДТ на основе биполярных транзисторов
4	Интегральные датчики температуры
5	Сравнение метрологических характеристик полупроводниковых и других классов температурных датчиков
	Лабораторная работа № 4 «Пороговые датчики температуры»
1	Вольт-амперные характеристики S-типа и N-типа
2	S-диод, его ВАХ, зависимость характеристик от температуры, физический механизм возникновения отрицательного сопротивления
3	Однопереходный транзистор, его схемы включения и ВАХ
4	Тиристор, его структура и принцип действия
5	ВАХ тиристора, зависимость напряжения включения от температуры
6	Практическое применение пороговых датчиков температуры

Вопросы к экзамену

	Тема 1 «Введение
1.1	Современное состояние рынка твердотельных датчиков. Тенденции и перспективы его развития.
1.2	Требования, предъявляемые к современным датчикам.
1.3	Основные физические принципы и законы, используемые в основе работы твердотельных датчиков
Тема 2 «Метрологические характеристики датчиков в статическом и динамическом режимах»	
2.1	Определение датчика – первичного измерительного преобразователя (ПИП).
2.2	Пределы применяемости датчиков. Градуировка датчиков
2.3	Характеристики датчиков в статическом режиме.
2.4	Передаточная функция
2.5	Чувствительность датчиков в статическом режиме.
2.6	Разрешающая способность. «Мертвая» зона.
2.7	Линейность передаточной характеристики
2.8	Характеристики датчиков в динамическом режиме.
2.9	Передаточная, переходная функции.
2.10	Системы датчиков 0-го, 1-го и 2-го порядков
2.11	Примеры датчиков систем 0-го, 1-го и 2-го порядков
2.12	Частотная характеристика датчиков систем нулевого, первого и второго порядков
2.13	Быстродействие: время установления для систем нулевого, первого и второго порядков
2.14	Погрешности измерений с помощью датчиков

Тема 3 «Датчики гальваноэлектрические и гальваномагнитные»	
3.1	Датчики гальваноэлектрические. ТермоЭДС
3.2	Термогальванические эффекты: эффект Томсона, Пельтье, Зеебека.
3.3	Термопара: принцип работы, конструкции, характеристики
3.4	Датчики гальваномагнитные
3.5	Гальваномагнитные эффекты: Эффект Холла
3.6	Датчики Холла. Конструкции. Характеристики
Тема 4 «Датчики, использующие принцип изменения импеданса»	
4.1	Датчики температуры, использующие принцип изменения сопротивления: металлические ТС
4.2	Датчики температуры, использующие принцип изменения сопротивления: термисторы
4.3	Датчики температуры, использующие принцип изменения сопротивления: полупроводниковые датчики температуры
4.4	Датчики давления, использующие принцип изменения сопротивления. Тензорезистивный эффект в металлах. Металлические тензорезисторы: характеристики, конструкции, материалы.
4.5	Датчики давления, использующие принцип изменения сопротивления. Тензорезистивный эффект в полупроводниках. Полупроводниковые тензорезисторы: метрологические характеристики, конструкции, материалы
4.6	Датчики магнитного поля, использующие принцип изменения сопротивления. Магниторезистивный эффект в металлах и полупроводниках. Магниторезисторы: конструкции и метрологические характеристики
4.7	Оптические датчики, использующие принцип изменения сопротивления. Фоторезистивный эффект в полупроводниках. Фоторезисторы: конструкция, материалы, метрологические характеристики
Тема 5 «Датчики на диодных и транзисторных структурах. Интегральные датчики и интеллектуальные преобразователи»	
5.1	Датчики на p-n- переходах. Диодные и транзисторные датчики температуры. Метрологические характеристики, конструкции, достоинства и недостатки
5.2	Датчики на p-n- переходах. Тензочувствительность p-n- перехода, гетероперехода, контакта Шоттки
5.3	Датчики на p-n- переходах. Тензодиоды на p-n переходе, гетеропереходе, барьере Шоттки. Принцип работы. параметры, достоинства и недостатки
5.4	Датчики на p-n- переходах. Инжекционные тензодиоды, S-тензодиоды
5.5	Датчики на p-n- переходах. Тензотранзисторы с затвором Шоттки. Однопереходный тензотранзистор
5.6	Датчики на p-n- переходах. Магнитодиоды, магнитотранзисторы. Принцип работы. параметры, достоинства и недостатки. Магниточувствительные S-диоды
5.7	Датчики на p-n- переходах. Фотодиоды: Фотогенераторный и фотодиодный режимы работ
5.8	Датчики на p-n- переходах. Фотодиоды: на барьере Шоттки, p-n переходе, p-i-n структуре. Принцип работы и метрологические характеристики
5.9	Датчики на p-n- переходах. Фотодиоды: на гетеропереходе, ижекционные. Принцип работы и метрологические характеристики
5.10	Датчики на p-n- переходах. Фототранзисторы, фототиристоры. Схемы включения. Метрологические характеристики
5.11	Датчики на p-n- переходах. Транзисторные датчики химического состава. Ионоселективные полевые транзисторы
5.12	Интегральный датчик температуры AD 590
5.13	Интегральные датчики давления, магнитного поля, светового потока
Тема 6 «Твердотельные датчики на основе диэлектриков и новых материалов»	

6.1	Твердотельные датчики на основе диэлектриков. Пьезоэлектрические и пьезорезонансные датчики и излучатели
6.2	Пироэлектрические преобразователи
6.3	Датчики на поверхностных акустических волнах (ПАВ)
6.4	Диэлектрические, ионоселективные мембраны
6.5	Датчики на основе новых материалов. Датчики на основе сплава Metglass.
6.6	Датчики на основе новых материалов. Датчики давления, радиоактивного излучения, температуры на основе аморфных полупроводников
6.7	Датчики на основе новых материалов. Датчики на сверхпроводниках. Датчики Виганда
6.8	Датчики на основе новых материалов. Датчики на основе твердых электролитов. Ячейка Кларка
	Тема 7 «Микро- и наносенсоры»
7.1	Нанотехнологии в технике датчиков измерительных систем
7.2	Микроминиатюрные сенсоры
7.3	МЭМС/ НЭМС преобразователи
7.4	Наносенсоры
	Тема 8 «Биосенсоры»
8.1	Обработка информации в биодатчиках
8.2	Основные свойства биосенсоров
8.3	Тканевые, клеточные, ферментативные и другие виды биосенсоров
8.4	Хемочувствительные полупроводниковые структуры
8.5	Микробиодатчики на основе ионоселективных полевых транзисторов
	Тема 9 «Новые технологии в производстве современных твердотельных датчиков»
9.1	Технология «кремний на сапфире» (КНС)
9.2	Технология МОП структур с иммобилизованными тканевыми, ферментативными и клеточными затворами (биосенсоры). Методы иммобилизации.
9.3	Технология микромеханических и наномеханических структур
9.4	Нанотехнологии в электронике
	Тема 10 «Заключение»
10.1	Последние достижения и разработки в технике твердотельных датчиков. Перспективы использования в измерительных системах

Составил
к.т.н., доцент кафедры микро- и наноэлектроники Вишняков Н.В.

Зав. кафедрой микро- и наноэлектроники
д.ф.-м.н., доцент Литвинов В.Г.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
ПОДПИСАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ **03.11.26** 18:29 (MSK) Простая подпись