

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета  Небольсин В.А.
«26»  2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Устройства из композиционных материалов»

Направление подготовки 16.04.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Профиль Прикладная физика твердого тела

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2019

Автор программы



/Калгин А.В./

И.о. заведующего кафедрой
Физики твердого тела



/Костюченко А.В./

Руководитель ОПОП



/Калгин А.В./

Воронеж 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование у обучающихся наиболее общих представлений о современных устройствах из композиционных материалов

1.2. Задачи освоения дисциплины: формирование знаний о базовых технологиях и основных технологических операциях получения композиционных материалов и устройств на их основе; формирование умений критически оценивать достоинства, недостатки технологии получения композитных материалов и перспектив использования их в устройствах в качестве функционального материала; формирование навыков использования методов получения и исследования структуры и свойств композиционных материалов для элементной базы функциональной электроники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Устройства из композиционных материалов» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Устройства из композиционных материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-6 - способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств

ДПК-2 - способность самостоятельно разрабатывать новые материалы, элементы, приборы и устройства электронной техники, работающие на новых физических принципах

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-6	знать организационно-методические и нормативные документы для выполнения научно-исследовательских работ
	уметь осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбирать методику и средства решения задачи
	владеть навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований
ДПК-2	знать новые физические принципы, используемые при разработке новых устройств из

	композиционных материалов
	уметь использовать новые физические принципы при разработке новых устройств из композиционных материалов
	владеть способностью самостоятельно разрабатывать новые устройства из композиционных материалов, работающие на новых физических принципах

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Устройства из композиционных материалов» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	108	108
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	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.	СРС	Всего, час
1	Магнитоэлектрический эффект	История открытия магнитоэлектрического эффекта. Прямой и обратный магнитоэлектрический эффект	4	2	18	24
2	Магнитоэлектрические материалы	Магнитоэлектрические монокристаллы. Магнитоэлектрические композиты	4	2	18	24
3	Магнитоэлектрический эффект в монокристаллах	Магнитоэлектрический эффект в антиферромагнетиках. Магнитоэлектрический эффект в ферромагнетиках	4	2	18	24
4	Магнитоэлектрический эффект в композиционных материалах	Магнитоэлектрический эффект в смесевых композитах. Магнитоэлектрический эффект в слоистых (многослойных) композитах. Магнитоэлектрический эффект в тонкопленочных нанокompозитах. Магнитоэлектрический эффект в самосмещенных композитах	2	4	18	24

5	Теоретические модели магнитоэлектрического эффекта	Метод эффективных параметров. Метод эквивалентной цепи. Метод функций Грина. Модель, основанная на свободной энергии	2	4	18	24
6	Практическое применение магнитоэлектрических композиционных материалов	Сенсоры магнитного поля. Датчики тока. Электрически переключаемые постоянные магниты. Устройства на доменных границах. Магнитоэлектрическая MRAM. Спиновый полевой транзистор. Беспроводная передача энергии и энергосберегающие технологии. СВЧ-устройства. СВЧ-фазовращатели. Фильтр с управляемой характеристикой	2	4	18	24
Итого			18	18	108	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 3 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Разработка датчика магнитного поля на основе композита типа магнитостриктор-пьезоэлектрик».

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами при освоении теоретического материала дисциплины «Устройства из композиционных материалов» в форме аудиторных занятий: лекций и практик;

- приобретение опыта самостоятельной работы с научной, технической, справочной, патентной литературой, ГОСТами и т.д.;

- практическое применение знаний, полученных при изучении общепрофессиональных дисциплин.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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-6	знать организационно-методические и нормативные документы для выполнения	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих

	научно-исследовательских работ		программах	программах
	уметь осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбирать методику и средства решения задачи	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ДПК-2	знать новые физические принципы, используемые при разработке новых устройств из композиционных материалов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать новые физические принципы при разработке новых устройств из композиционных материалов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью самостоятельно разрабатывать новые устройства из композиционных материалов, работающие на новых физических принципах	Тест	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 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-6		Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
		Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
		Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ДПК-2		Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
		Тест	Выполнение теста на 90-	Выполнение теста на 80-	Выполнение теста на 70-	В тесте менее 70%

			100%	90%	80%	правильных ответов
	Тест		Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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. Как определяется коэффициент прямого магнитоэлектрического преобразования α_E для смесевых композитов, если U – переменное напряжение, b – толщина образца, а H – переменное магнитное поле?

а) $\alpha_E = b/(U \cdot H)$;

б) $\alpha_E = U/(b \cdot H)$;

в) $\alpha_E = H/(U \cdot b)$;

г) $\alpha_E = (b \cdot H)/U$.

2. Из каких фаз состоит магнитоэлектрический композит?

а) ферромагнетик-диэлектрик;

б) ферромагнетик-сегнетоэлектрик;

в) сверхпроводник-пьезоэлектрик;

г) сверхпроводник-ферромагнетик.

3. Как изменяется магнитоэлектрический коэффициент по напряжению при увеличении объемной доли магнитной фазы?

а) увеличивается;

б) уменьшается;

в) остается неизменным;

г) проходит через пик.

4. Размерность коэффициента обратного магнитоэлектрического преобразования:

а) $(V \cdot см)/Гс$;

б) $(Гс \cdot см)/V$;

в) $(Гс \cdot V)/см$;

г) $V/(Гс \cdot см)$.

5. В основе действия каких устройств лежит идея сдвига резонансной линии ферромагнитного резонанса под действием управляющего электрического поля?

а) СВЧ-устройства;

б) устройства магнитной памяти;

в) устройства спиновой электроники;

г) устройства на доменных границах.

6. Магнитоэлектрический эффект – это

а) возникновение в материале намагниченности, индуцированной электрическим полем, или поляризации, индуцированной магнитным полем;

б) изменение диэлектрической проницаемости материала под действием магнитного поля;

в) изменение электрического сопротивления материала в магнитном поле;

д) изменение оптических свойств материала в магнитном поле.

7. В основе работы магнитоэлектрического фильтра с управляемой характеристикой лежит идея

а) управления частотой магнитного резонанса;

б) управления электрическими токами с помощью изменения напряжения на затворе;

в) изменения свойств магнитоэлектрического резонатора в электрическом и магнитном полях на частотах электромеханического и магнитоакустического резонансов;

д) движения и трансформации магнитных доменных границ в электрическом поле.

8. Чем ограничено широкое применение магнитных кристаллов в магнитоэлектрических устройствах?

а) большими величинами магнитоэлектрических коэффициентов;

б) низкими температурами Кюри;

в) сложностью технологии получения;

г) малым ассортиментом.

9. Зависит ли сила магнитоэлектрической связи в композитах от взаимной ориентации электрической и магнитной полей?

а) зависит;

б) не зависит;

в) в разных композитах по-разному;

г) зависит только при температурах выше температур Кюри и Нееля.

10. Магнитоэлектрические композиты с внутренним магнитным полем смещения в отсутствие внешнего постоянного магнитного поля называют

а) слоистыми;

б) самосмещенными;

в) тонкопленочными;

г) смесевыми.

11. Можно ли магнитоэлектрический эффект использовать для измерения напряженности магнитного поля?

а) да;

б) нет;

в) зависит от величины напряженности магнитного поля;

г) зависит от атмосферного давления.

12. Можно ли магнитоэлектрический эффект использовать для измерения напряженности электрического поля?

а) да;

б) нет;

в) зависит от величины напряженности электрического поля;

г) зависит от атмосферного давления.

13. Слоистые магнитоэлектрические композиты имеют связность типа

- а) 0-3;
- б) 3-3;
- в) 1-1;
- г) 2-2.

14. Что располагается в матрице смесевых магнитоэлектрических композитов?

- а) слоистый наполнитель из магнитной или электрической фазы;
- б) дисперсный наполнитель из магнитной или электрической фазы;
- в) стержневой наполнитель из магнитной или электрической фазы;
- г) волокнистый наполнитель из магнитной или электрической фазы.

15. Что из себя представляет смесевый магнитоэлектрический композит?

а) многокомпонентный материал, состоящий из электрической/магнитной основы (матрицы), армированной магнитным/электрическим наполнителем в виде слоев.

б) многокомпонентный материал, состоящий из электрической/магнитной основы (матрицы), армированной магнитным/электрическим наполнителем в виде частиц.

в) многокомпонентный материал, состоящий из электрической/магнитной основы (матрицы), армированной магнитным/электрическим наполнителем в виде волокон.

г) многокомпонентный материал, состоящий из электрической/магнитной основы (матрицы), армированной магнитным/электрическим наполнителем в виде стержней.

16. Какая из технологий не используется для изготовления слоистых магнитоэлектрических композитов с толщиной слоев от 10 нм до 1 мкм?

- а) термическое осаждение;
- б) магнетронное напыление;
- в) пленочная керамическая технология;
- г) лазерная абляция

17. Согласно термодинамическому рассмотрению, эффективность магнитоэлектрического взаимодействия может быть большой только в материалах с большими величинами

- а) диэлектрической и магнитной проницаемостей;
- б) магнитострикционных коэффициентов;
- в) пьезоэлектрических модулей и сопротивления;
- г) упругих податливостей.

18. Как определяется коэффициент обратного магнитоэлектрического преобразования α_B для двухслойного композита, если B – магнитная индукция в магнитном слое композита; U – переменное напряжение, прикладываемое к обкладкам пьезоэлектрического слоя; a b – толщина пьезоэлектрического слоя?

- а) $\alpha_B = b/(U \cdot B)$;

б) $\alpha_B = V/(b \cdot U)$;

в) $\alpha_B = (V \cdot b)/U$;

г) $\alpha_B = U/(V \cdot b)$.

19. Как зависят магнитоэлектрические коэффициенты монокристаллов сегнетомагнетиков от напряженности магнитного поля?

а) линейно;

б) квадратично;

в) не зависят от напряженности магнитного поля;

г) экспоненциально.

20. Размерность коэффициента прямого магнитоэлектрического преобразования

а) $(V \cdot \text{см})/\text{Э}$;

б) $(\text{см} \cdot \text{Э})/V$;

в) $(V \cdot \text{Э})/\text{см}$;

г) $V/(\text{см} \cdot \text{Э})$.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач
Решение стандартных задач не предусмотрено.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
Решение прикладных задач не предусмотрено.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету
Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. История открытия магнитоэлектрического эффекта. Прямой и обратный магнитоэлектрический эффект.

2. Магнитоэлектрические монокристаллы.

3. Магнитоэлектрические композиты.

4. Магнитоэлектрический эффект в антиферромагнетиках.

5. Магнитоэлектрический эффект в ферромагнетиках.

6. Магнитоэлектрический эффект в смешанных композитах.

7. Магнитоэлектрический эффект в слоистых (многослойных) композитах.

8. Магнитоэлектрический эффект в тонкопленочных нанокompозитах.

9. Магнитоэлектрический эффект в самосмещенных композитах.

10. Метод эффективных параметров.

11. Метод эквивалентной цепи.

12. Метод функций Грина.

13. Модель, основанная на свободной энергии.

14. Сенсоры магнитного поля.

15. Датчики тока.

16. Электрически переключаемые постоянные магниты.

17. Устройства на доменных границах.

18. Магнитоэлектрическая MRAM.

19. Спиновый полевой транзистор.

20. Беспроводная передача энергии и энергосберегающие технологии.

21. СВЧ-устройства.

22. СВЧ-фазовращатели.

23. Фильтр с управляемой характеристикой.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Магнитоэлектрический эффект	ПК-6, ДПК-2	Тест
2	Магнитоэлектрические материалы	ПК-6, ДПК-2	Тест
3	Магнитоэлектрический эффект в монокристаллах	ПК-6, ДПК-2	Тест
4	Магнитоэлектрический эффект в композиционных материалах	ПК-6, ДПК-2	Тест
5	Теоретические модели магнитоэлектрического эффекта	ПК-6, ДПК-2	Тест
6	Практическое применение магнитоэлектрических композиционных материалов	ПК-6, ДПК-2	Тест, защита курсового проекта

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 экзаменатором и выставляется оценка согласно методики 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 экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики 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 экзаменатором и выставляется оценка, согласно

методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. *Калгин А.В. Физика пьезоэлектрических кристаллов и магнитоэлектрических композитов: Учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 166 с.*

2. *Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 352 с.*

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

Microsoft Office Word 2013/2007, Microsoft Office Excel 2013/2007, Microsoft Office Power Point 2013/2007, Windows Professional 8.1 (7 и 8), Adobe Acrobat Reader, Mozilla Firefox.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. *Лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.*

2. *Дисплейный класс, оснащенный компьютерами с необходимым программным обеспечением.*

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Устройства из композиционных материалов» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

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 расчета параметров магнитоэлектрических композиционных материалов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - 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.