

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.19
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Отчет	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошниченко А.Ю.
	Идентификатор	Rpa1ba695-MiroshnichenAY-fd29ca

А.Ю.
Мирошниченко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины является формирование знаний по классификации, назначению и применению электротехнических материалов. Понимание физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации и изучение основных электрофизических, оптических, физико-механических характеристик электротехнических материалов.

Задачи дисциплины

- Изучение студентами основных явлений и процессов, происходящих в электротехнических материалах;
- Приобретение студентами знаний о различных классах материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике;
- Приобретение студентами навыков и знаний в области электротехнических материалов для дальнейшего их использования в специальных курсах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-5 Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности	ИД-2 _{ОПК-5} Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик и методов исследования электротехнических материалов, выбирает электротехнические материалы в соответствии с требуемыми характеристиками	знать: - наиболее существенные физические процессы, протекающие в электротехнических материалах с целью оценки влияния электрических и магнитных полей на параметры этих материалов; - различные классы материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике. уметь: - использовать математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах; - Прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: температуры, электрических и магнитных полей, освещения и радиационных воздействий, давления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика и электротехника (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы	23	3	4	4	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 34-58</p>
1.1	Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы	23		4	4	-	-	-	-	-	-	-	15	

														[5], 153-162
2	Проводниковые материалы.	22	4	4	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Проводниковые материалы."
2.1	Проводниковые материалы.	22	4	4	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Проводниковые материалы." материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Проводниковые материалы. и подготовка к контрольной работе <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Проводниковые материалы." <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
3	Магнитные материалы	22	4	4	-	-	-	-	-	-	-	14	-	[1], 459-482 <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Магнитные материалы"
3.1	Магнитные материалы	22	4	4	-	-	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Магнитные материалы" материалу. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы

													<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Магнитные материалы и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Магнитные материалы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 251-270</p>
4	Полупроводниковые материалы	23	4	4	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Полупроводниковые материалы"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Полупроводниковые материалы" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Полупроводниковые материалы и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые материалы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 385-400</p>
4.1	Полупроводниковые материалы	23	4	4	-	-	-	-	-	-	15	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	16	16	-	-	-	-	-	0.3	58	17.7	
	Итого за семестр	108.0	16	16	-	-	-	-	-	0.3	75.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы

1.1. Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы

Введение в курс «Электротехнические материалы» Роль и значение материалов в производстве и эксплуатации электротехнических установок и электроэнергетических систем. Общая классификация материалов по электрофизическим свойствам и применению. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Особенности строения твердых тел. Виды химической связи. Строение кристаллических тел, полиморфизм. Образование и свойства энергетических зон. Классификация материалов по ширине запрещенной зоны. Распределение электронов в зонах для диэлектриков, проводников и полупроводников. Неупорядоченные среды, аморфные тела, полимерные материалы. Диэлектрические материалы Классификация диэлектриков. Физические процессы в диэлектриках. Пассивные диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Конденсаторные и изоляционные материалы. Электропроводность диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, напряжения, влажности, времени выдержки в электрическом поле. Тангенс угла диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь. Диэлектрическая проницаемость и потери в диэлектриках Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного электрического поля для различных типов диэлектриков. Тангенс угла диэлектрических потерь. Схемы замещения. Эквивалентные схемы диэлектриков на высоких частотах. Виды диэлектрических потерь. Основные методы исследования диэлектриков и определения их параметров. Пробой диэлектриков Пробой диэлектриков. Физические процессы в диэлектриках при электрическом, тепловом, и электрохимическом механизмах пробоя. Пробой газов. Закон Пашена. Неоднородные электрические поля. Неоднородные композиционные материалы. Пробой твердых диэлектриков. Основные электрофизические, физико-механические и теплофизические и общие физико-химические свойства диэлектриков. Керамические диэлектрики Керамические диэлектрики, основы технологии их изготовления. Неорганические стекла, ситаллы. Электропроводность керамических материалов. Полимерные материалы Полимеры. Состав, электрофизические свойства, методы создания и обработки полимеров. Основы создания смесевых и наполненных полимерных изоляционных и полупроводящих композиций. Реакции полимеризации и поликонденсации. Термопласты/реактопласты. Композиционные материалы. Слоистые пластики. Свойства текстолитов и гетинаксов..

2. Проводниковые материалы.

2.1. Проводниковые материалы.

Виды проводниковых материалов Общие сведения о проводниках. Природа проводимости и основные характеристики проводниковых материалов. Классификация проводниковых материалов. Металлы высокой проводимости. Металлы и их сплавы со средним значением температуры плавления. Тугоплавкие металлы. Легкоплавкие металлы. Благородные металлы. Контактные материалы. Физическая природа электропроводности металлов. Теория Друде. Статическая электропроводность. Зависимость удельного электрического сопротивления металлов от температуры и частоты электрического поля. Контактная разность потенциалов. Влияние температуры, концентрации примесей, структурных дефектов на удельное сопротивление металлов Электропроводность металлов на высоких частотах. Электрические характеристики сплавов. Поверхностный эффект в металлах. Сплавы металлов Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления сплава от состава, ТКр сплава. Сплавы высокого сопротивления. Металлы, используемые в качестве нагревательных элементов при

высокотемпературном выращивании кристаллов. Сплавы с полной взаимной растворимостью в твердом состоянии и эвтектические сплавы. Физические ограничения для электропроводности металлов и сплавов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и термопары..

3. Магнитные материалы

3.1. Магнитные материалы

Свойства ферро- и ферримагнетиков Классификация веществ по магнитным свойствам. Ферро-, антиферро- и ферримагнетизм. Физическая природа ферромагнетизма. Доменные структуры. Намагничивание ферромагнетика. Обменное взаимодействие. Петля гистерезиса. Магнитная проницаемость и ее зависимость от напряженности магнитного поля. Электротехнические стали Электротехнические стали, имеющие большие индукции насыщения. Литые высококоэрцитивные сплавы. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Сплавы на основе редкоземельных металлов (РЗМ). Получение, свойства и применение ферритов. Магнитные материалы специального назначения..

4. Полупроводниковые материалы

4.1. Полупроводниковые материалы

Полупроводниковые материалы и их основные свойства Полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Общие сведения о полупроводниках. Кристаллические структуры. Собственные и примесные полупроводники. Легирование. Донорные и акцепторные полупроводники. Карбид кремния. Зависимость от температуры основных параметров полупроводников. Электропроводность полупроводников. Подвижность. Выращивание монокристаллов. Эффект Холла. Эффект Пельтье..

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. №1 Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах.;
2. №2 Исследование электрической прочности твердых диэлектриков;
3. №3 Исследование магнитных материалов.;
4. №4 Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов..

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проводниковые материалы."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Магнитные материалы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые материалы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Проводниковые материалы."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Магнитные материалы"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Полупроводниковые материалы"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
различные классы материалов, используемых в электроэнергетике и электротехнике	ИД-2ОПК-5		+			Отчет/КМ2. Лабораторная работа "Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов." (4 часа).
наиболее существенные физические процессы, протекающие в электротехнических материалах с целью оценки влияния электрических и магнитных полей на параметры этих материалов	ИД-2ОПК-5	+				Отчет/КМ1. Лабораторная работа "Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах."
Уметь:						
Прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: температуры, электрических и магнитных полей, освещения и радиационных воздействий, давления	ИД-2ОПК-5				+	Контрольная работа/КМ4. Контрольная работа «Проводниковые материалы, магнитные материалы, полупроводниковые материалы».
использовать математические модели для описания процессов, происходящих в различных материалах	ИД-2ОПК-5			+		Отчет/КМ3. Лабораторная работа "Исследование магнитных материалов (4 часа)."

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. КМ1. Лабораторная работа "Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах." (Отчет)
2. КМ2. Лабораторная работа "Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов." (4 часа). (Отчет)
3. КМ3. Лабораторная работа "Исследование магнитных материалов (4 часа)." (Отчет)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ4. Контрольная работа «Проводниковые материалы, магнитные материалы, полупроводниковые материалы». (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для электротехнических и электромеханических специальностей вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 2008 . – 535 с. - ISBN 978-5-06-005950-2 .;
2. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы : Учебник для электротехнических и энергетических специальностей вузов / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, В. М. Тареев . – 7-е изд., перераб. и доп . – Л. : Энергоатомиздат, 1985 . – 304 с.;
3. Мирошниченко, А. Ю. Диэлектрические материалы : учебное пособие по курсу "Электротехническое материаловедение" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. Ю. Мирошниченко, Д. С. Холодный, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 140 с. - ISBN 978-5-7046-1787-7 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8859>;
4. Сорокин В. С., Антипов Б. Л., Лазарева Н. П.- "Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (448 с.)
<https://e.lanbook.com/book/168852>;
5. Холодный С.Д. , Серебрянников С.В. , Боев М.А. - "Методы испытаний и диагностики в электроизоляционной и кабельной технике", Издательство: "Издательский дом МЭИ",

Москва, 2016 - (232 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72237.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. GPSS World Student.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Б-108, Лаборатория термической обработки материалов	парта, стол преподавателя, стол, стул, тумба, доска меловая, оборудование учебное, кондиционер, инвентарь учебный, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Х-202в, Помещение кафедры "Технологии металлов"	стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехническое материаловедение

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КМ1. Лабораторная работа "Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков (электроизоляционных материалов) на высоких частотах." (Отчет)
- КМ-2 КМ2. Лабораторная работа "Определение температурных зависимостей электрических сопротивлений проводниковых и полупроводниковых материалов." (4 часа). (Отчет)
- КМ-3 КМ3. Лабораторная работа "Исследование магнитных материалов (4 часа)." (Отчет)
- КМ-4 КМ4. Контрольная работа «Проводниковые материалы, магнитные материалы, полупроводниковые материалы». (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы					
1.1	Диэлектрические материалы и протекающие в них процессы		+			
2	Проводниковые материалы.					
2.1	Проводниковые материалы.			+		
3	Магнитные материалы					
3.1	Магнитные материалы				+	
4	Полупроводниковые материалы					
4.1	Полупроводниковые материалы					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25