

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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН РЭФ

д.т.н. Хрусталева В. А.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Материалы электронной техники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и микроэлектроника, профиль:
Микроэлектроника и микроэлектроника

Курс: 2, семестр : 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	81
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	36
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	7
10	Самостоятельная работа, час.	63
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

ФГОС введен в действие приказом №218 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 07.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, протокол заседания кафедры №5 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Бердинский А. С.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Гайслер В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гайслер В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; в части следующих результатов обучения:	
34. классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;	
37. знать основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока	
38. свойства различных групп материалов: диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов;	
Компетенция ФГОС: ОПК.5 способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных; в части следующих результатов обучения:	
35. методы обработки экспериментальных данных современными программными пакетами	
Компетенция ФГОС: ОПК.6 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий; в части следующих результатов обучения:	
у3. использовать справочный материал по выбору требуемых материалов для конкретных устройств	
у5. прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: давления, температуры, электрических и магнитных полей, освещения	
Компетенция ФГОС: 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; в части следующих результатов обучения:	
31. физическую сущность процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации;	
Компетенция ФГОС: 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; в части следующих результатов обучения:	
у1. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Материалы электронной техники</i>	
ПК.1.31 физическую сущность процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации;	
1. - о месте и роли новых материалов электронной техники в развитии науки, техники и технологии	Лекции; Самостоятельная работа
2. - об основных эксплуатационных характеристиках материалов при использовании их в современной электронной аппаратуре	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.2.34 классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;	
3. - о классификации материалов по свойствам и техническому назначению	Лекции; Самостоятельная работа
4. - классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	Лекции
ОПК.2.37 знать основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока	

5. - основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.2.38 свойства различных групп материалов: диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов;	
6. - методы оценки основных свойств материалов электронной техники;	Лекции; Самостоятельная работа
7. - свойства различных групп материалов: диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.2.у1 владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и наноэлектроники;	
8. - о новейших методах получения, экспериментального исследования материалов электронной техники;	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
9. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и наноэлектроники	Лабораторные работы
10. - исследования основных характеристик материалов электронной техники;	Лабораторные работы
ОПК.5.35 методы обработки экспериментальных данных современными программными пакетами	
11. - методы обработки экспериментальных данных современными программными пакетами	Лабораторные работы
12. оформления отчетной научно-исследовательской документации	Лабораторные работы
ОПК.6.у3 использовать справочный материал по выбору требуемых материалов для конкретных устройств	
13. - использовать справочный материал по выбору требуемых материалов для конкретных устройств	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
14. применения справочного аппарата по выбору требуемых материалов и компонентов электронной техники для конкретных применений	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.6.у5 прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: давления, температуры, электрических и магнитных полей, освещения	
15. прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: давления, температуры, электрических и магнитных полей, освещения	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению				

1. Роль и значение материалов в производстве приборов электронной техники, основные требования, предъявляемые к ним. . Общая классификация материалов по составу, свойствам и применению. Особенности внутреннего строения вещества. Атом водорода. Понятие атомных орбиталей. Понятие электронных оболочек. Магнитный момент атома. Ионизация атома. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Кристаллы. Дефекты в строении кристаллических тел. Полиморфизм. Аморфные тела. Элементы зонной теории твердого тела. Образование и свойства энергетических зон. Распределение электронов в зонах. Выводы зонной теории. Проводники, полупроводники и диэлектрики	0	6	1, 3, 4, 6, 7	Конспектирование теоретического материала
Дидактическая единица: основные физические процессы в диэлектриках (поляризация, пробой, диэлектрические потери) и способы их описания				
2. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков	0	10	13, 14, 15, 2, 3, 5, 6, 7	Конспектирование теоретического материала
Дидактическая единица: физическая природа электропроводности металлов, сплавов, полупроводников и композиционных материалов				

3. Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава и ТКР сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения.	0	4	13, 14, 15, 2, 3, 5, 6, 7	Конспектирование теоретического материала
4. Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках	0	8	13, 14, 15, 2, 3, 5, 6, 7	Конспектирование теоретического материала
Дидактическая единица: физические процессы в магнитных материалах				
5. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам. Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах	0	8	13, 14, 15, 2, 3, 5, 6, 7	Конспектирование теоретического материала

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению				
1. Освоение работы программного пакета ORIGIN	0	4	11, 12	Обработка результатов измерения, представленных в виде входного массива данных. Построение графиков зависимостей и определение дополнительных параметров.
Дидактическая единица: основные физические процессы в диэлектриках (поляризация, пробой, диэлектрические потери) и способы их описания				

2. Изучение электропроводности твердых диэлектриков	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Изучение электропроводности твердых диэлектриков: 1. Определение удельного поверхностного сопротивления и удельного объемного сопротивления твердых диэлектриков в зависимости от температуры. 2. Определение энергии активации носителей заряда в диэлектрике
3. Изучение основных электрических свойств сегнетоэлектриков	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Изучение основных электрических свойств сегнетоэлектриков и их зависимости от напряженности электрического поля.
4. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь различных диэлектриков	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Определение зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь различных диэлектриков от температуры
5. Определение тангенса угла диэлектрических потерь в сильных электрических полях/ Изучение электрической прочности газообразных диэлектриков.	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Экспериментальное определение зависимости тангенса угла диэлектрических потерь от U для диэлектрика с газовыми включениями. Определение напряжения, при котором наступает ионизация газа в порах. Установление влияния напряжения на емкость и диэлектрическую проницаемость диэлектрика./ Исследовать зависимость пробивного напряжения $U_{пр}$ и электрической прочности $E_{пр}$ воздуха от расстояния между электродами в однородном и неоднородном электрических полях.
Дидактическая единица: физическая природа электропроводности металлов, сплавов, полупроводников и композиционных материалов				
6. Исследование электрических свойств проводниковых материалов	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Определить сопротивление и его зависимость от температуры для некоторых металлов и сплавов. Выполнить расчет температурного коэффициента сопротивления.
7. Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводниковых материалов	0	4	10, 11, 12, 13, 8, 9	Определить зависимость сопротивления от температуры неизвестного полупроводника. Выполнить расчет ширины запрещенной зоны и определить материал образца. Выполнить расчет собственной концентрации носителей заряда.
Дидактическая единица: физические процессы в магнитных материалах				

8. Изучение основных магнитных свойств ферромагнетиков	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Изучение основных магнитных свойств ферромагнетиков в зависимости от напряженности магнитного поля
9. Исследование температурной зависимости магнитной проницаемости и тангенса угла магнитных потерь ферритов	0	4	10, 11, 12, 8, 9	Установить зависимость магнитной проницаемости и величины тангенса угла магнитных потерь ферритового кольца от температуры (определить точку Кюри).

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Диэлектрики, проводники, полупроводники и магнитные материалы				
1. Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла, ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения A3B5, A2B6 и A4B4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи.	0	10	13, 14, 15, 2, 3, 5, 6, 7, 8	Изучение материала для подготовки реферата по выбранной теме.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				

1	Контрольные работы	1, 3, 8	6	0
Подготовка к выполнению контрольной работы: Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120188 Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523 Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf				
2	РГЗ	1, 3, 8	15	0
Выполнение и оформление РГЗ: Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3, 8	16	0
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы: Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120188 Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523				
4	Дополнительная учебная деятельность	2, 3	0	7
: Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523 Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf				
5	Подготовка к аттестации	1, 3	16	0
Подготовка к экзамену: Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf				
6	Самостоятельное изучение теоретического материала	13, 14, 15, 2, 3, 5, 6, 7, 8	10	0

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf>

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:Информация о правилах оценивания дисциплины высылается старостам соответствующих групп
Контроль	Портал НГТУ:Внесение информации о текущем контроле на контрольных неделях
Размещение учебных материалов	ЭБС:Методические материалы размещены в электронном каталоге библиотеки

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 3		
<i>Лекция:</i>	1	3
<i>Лабораторная №2:</i>	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vts000120188 "		
<i>Лабораторная №2:</i>	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vts000120188 "		
<i>Лабораторная №2:</i>	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vts000120188 "		
<i>Лабораторная №2:</i>	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vts000120188 "		
<i>Лабораторная №2:</i>	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf "		
<i>Лабораторная №2:</i>	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf "		

Лабораторная №2:	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf "		
Лабораторная №2:	3	4
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf "		
Контрольные работы:	5	10
Контролирующие материалы приводятся в "Бялик А. Д. Материалы электронной техники. Диэлектрики : [учебное пособие] / А. Д. Бялик, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 38, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234363 "		
РГЗ:	5	15
Контролирующие материалы приводятся в "Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523 "		
Экзамен:	15	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523 "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Защита ЛР	Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.2	34. классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;	+	+		+
	37. знать основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока	+		+	+
	38. свойства различных групп материалов: диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов;	+	+	+	+
ОПК.5	35. методы обработки экспериментальных данных современными программными пакетами	+			+
ОПК.6	у3. использовать справочный материал по выбору требуемых материалов для конкретных устройств	+		+	+
	у5. прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: давления, температуры, электрических и магнитных полей, освещения			+	+
ПК.1	31. физическую сущность процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации;	+	+	+	+
ПК.2	у1. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;	+		+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Сорокин В. С. Материалы и элементы электронной техники. В 2 т.. Т. 1 : [учебник для вузов по направлению подготовки бакалавров, магистров и специалистов 210100 "Электроника и микроэлектроника"] / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - М., 2006. - 439, [1] с. : ил., табл.
2. Сорокин В. С. Материалы и элементы электронной техники. В 2 т.. Т. 2 : [учебник для вузов по направлению подготовки и специальностям "Электроника и микроэлектроника"] / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - М., 2006. - 376, [1] с. : ил.

Дополнительная литература

1. Богородицкий Н. П. Электротехнические материалы : Учебник для электротехн. и энерг. спец. вузов / Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М. - Л., 1985. - 304 с. : ил.
2. Петров К. С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника : учебное пособие для вузов / К. С. Петров. - СПб. [и др.], 2006. - 521 с. : ил.
3. Пасынков В. В. Материалы электронной техники : учебник для вузов по специальностям "Полупроводники и диэлектрики", "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы" / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - М., 1986. - 367 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Бялик А. Д. Материалы электронной техники. Диэлектрики : [учебное пособие] / А. Д. Бялик, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 38, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234363
2. Бялик А. Д. Материалы электронной техники. Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : [учебное пособие] / А. Д. Бялик, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2017. - 95, [3] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235439
3. Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники : методические указания к лабораторным работам № 1-4 для 2 курса ЭМФ, РЭФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Гаревский и др.]. - Новосибирск, 2009. - 71, [3] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000120188
4. Новиков И. Л. Материаловедение : конструкционные и электротехнические материалы, материалы и элементы электронной техники : практикум к лабораторным работам : учебно-методическое пособие / И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. радиотехники, электроники и физики. - Новосибирск, 2010. - 52, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/novikov.pdf>
5. Материалы электронной техники : программа, методические указания, темы рефератов и расчетно-графическое задание для 2 курса РЭФ направлений 210100, 222900 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. Л. Новиков, Р. П. Дикарева]. - Новосибирск, 2013. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179523

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Origin

9. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	Презентационное оборудование(мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления). Предназначен для проведения лекций и семинарских занятий

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс	Компьютеры используются для выполнения лабораторных работ

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Материалы электронной техники приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	34. классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;	Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков Роль и значение материалов в производстве приборов электронной техники, основные требования, предъявляемые к ним. . Общая классификация материалов по составу, свойствам и применению. Особенности внутреннего строения вещества. Атом водорода. Понятие атомных орбиталей. Понятие электронных оболочек. Магнитный момент атома. Ионизация атома. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Кристаллы. Дефекты в строении кристаллических тел. Полиморфизм. Аморфные тела. Элементы зонной теории твердого тела. Образование и свойства энергетических зон. Распределение электронов в зонах. Выводы зонной теории.	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники»; «Магнитные материалы».	Экзамен. Вопросы №1 - №6

		Проводники, полупроводники и диэлектрики Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава и ТКР сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам. Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
ОПК.2	37. знать основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока	Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла, ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения АЗВ5, А2В6 и	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники»; «Магнитные материалы».	Экзамен. Вопросы №7 - №12

		A4B4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков. Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава и ТКР сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам. Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные		
--	--	--	--	--

		свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
ОПК.2	з8. свойства различных групп материалов: диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов;	Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла, ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения A3B5, A2B6 и A4B4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники»; «Магнитные материалы».	Экзамен. Вопросы №12 - №18

		диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков Роль и значение материалов в производстве приборов электронной техники, основные требования, предъявляемые к ним. . Общая классификация материалов по составу, свойствам и применению. Особенности внутреннего строения вещества. Атом водорода. Понятие атомных орбиталей. Понятие электронных оболочек. Магнитный момент атома. Ионизация атома. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Кристаллы. Дефекты в строении кристаллических тел. Полиморфизм. Аморфные тела. Элементы зонной теории твердого тела. Образование и свойства энергетических зон. Распределение электронов в зонах. Выводы зонной теории. Проводники, полупроводники и диэлектрики Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава от температуры и ТКР сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам. Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных		
--	--	---	--	--

		материалах Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
ОПК.5 способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	з5. методы обработки экспериментальных данных современными программными пакетами	Изучение основных магнитных свойств ферромагнетиков Изучение основных электрических свойств сегнетоэлектриков Изучение электропроводности твердых диэлектриков Исследование температурной зависимости магнитной проницаемости и тангенса угла магнитных потерь ферритов Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводниковых материалов Исследование электрических свойств проводниковых материалов Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь различных диэлектриков Определение тангенса угла диэлектрических потерь в сильных электрических полях/ Изучение электрической прочности газообразных диэлектриков. Освоение работы программного пакета ORIGIN	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники»; «Магнитные материалы».	Экзамен. Вопросы №19 - №25
ОПК.6 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	у3. использовать справочный материал по выбору требуемых материалов для конкретных устройств	Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла, ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники»; «Магнитные материалы».	Экзамен. Вопросы №26 - №32

		соединения АЗВ5, А2В6 и А4В4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи. Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводниковых материалов Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава и ТКР сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам.		
--	--	---	--	--

		Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
ОПК.6	у5. прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: давления, температуры, электрических и магнитных полей, освещения	Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла, ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения A3B5, A2B6 и A4B4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники»; «Магнитные материалы».	Экзамен. Вопросы №32 - №38

		сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава и ТКР сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам. Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
ПК.1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и	31. физическую сущность процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых	Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла,	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и	Экзамен. Вопросы №39 - №45

установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	, диэлектрических и магнитных материалов в различных условиях эксплуатации;	ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения A3B5, A2B6 и A4B4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи. Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, частоты приложенного поля для различных типов диэлектриков. Физическая природа электропроводности диэлектриков. Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры, влажности, напряжения, времени выдержки под напряжением. Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Физическая сущность различного вида диэлектрических потерь. Пробой диэлектриков. Важнейшие физические процессы в диэлектриках при тепловом, чисто электрическом и электрохимическом механизмах пробоя. Важнейшие тепловые свойства диэлектриков Роль и значение материалов в производстве приборов электронной техники, основные требования, предъявляемые к ним. . Общая классификация материалов по составу, свойствам и применению. Особенности внутреннего строения вещества. Атом водорода.	написание реферата по темам: «Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники», «Магнитные материалы».	
--	--	---	---	--

		Понятие атомных орбиталей. Понятие электронных оболочек. Магнитный момент атома. Ионизация атома. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Кристаллы. Дефекты в строении кристаллических тел. Полиморфизм. Аморфные тела. Элементы зонной теории твердого тела. Образование и свойства энергетических зон. Распределение электронов в зонах. Выводы зонной теории. Проводники, полупроводники и диэлектрики Физическая природа электропроводности металлов: классическая и квантовая теории. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Электрические свойства сплавов. Зависимость удельного сопротивления сплава от состава. Теплопроводность металлов. Контактная разность потенциалов, термо-ЭДС и температурный коэффициент линейного расширения. Физические процессы в магнитных материалах. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по магнитным свойствам. Физическая природа ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в магнитных материалах Физические процессы в полупроводниках и их свойства. Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Неравновесные носители заряда. Время жизни и диффузионная длина. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках		
ПК.2 способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментально	у1. владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов вакуумной,	Газообразные и жидкие диэлектрики. Слоистые пластики. Электроизоляционные лаки, клеи, герметики, компаунды. Неорганические стекла, ситаллы. Керамика. Сегнетоэлектрики.	Контрольная работа по теме "Диэлектрики"; Выполнение РГЗ; решение задач и написание реферата по темам:	Экзамен. Вопросы №40 - №46

о исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	плазменной, твердотельной, микроволновой электроники и нанoeлектроники;	Пьезоэлектрики. Жидкие кристаллы. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводимость и возможности ее использования. Контактные материалы. Сплавы высокого сопротивления. Припой и флюсы. Германий, кремний. Физико-химические и электрические свойства. Очистка и выращивание монокристаллов. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения A3B5, A2B6 и A4B4. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитотвердые материалы. Литые высококоэрцитивные сплавы. Магниты из порошков. Магнитотвердые ферриты. Материалы для магнитной записи. Изучение основных магнитных свойств ферромагнетиков Изучение основных электрических свойств сегнетоэлектриков Изучение электропроводности твердых диэлектриков Исследование температурной зависимости магнитной проницаемости и тангенса угла магнитных потерь ферритов Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводниковых материалов Исследование электрических свойств проводниковых материалов Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь различных диэлектриков Определение тангенса угла диэлектрических потерь в сильных электрических полях/ Изучение электрической прочности газообразных диэлектриков.	«Диэлектрики», «Полупроводники», «Проводники», «Магнитные материалы».	
---	---	---	---	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.5, ОПК.6, ПК.1, ПК.2.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит три вопроса по материалам лекций и практических занятий. Время подготовки ответов на вопросы 60 минут.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.5, ОПК.6, ПК.1, ПК.2, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Паспорт экзамена

по дисциплине «Материалы электронной техники», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов по первой или второй темам, второй вопрос выбирается из диапазона вопросов по третьей или четвертой темам (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4). В качестве третьего вопроса в билет входит текст задачи. Примеры задач приведены в п. 5.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Материалы электронной техники»

1. Схемы замещения диэлектриков с потерями
2. Способы определения типа проводимости. Методы определения удельного сопротивления полупроводниковых материалов
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭ _____ Гайслер В.А.
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 5 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 15 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 25 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Материалы электронной техники»

Тема первая «Диэлектрики»

1. Основные виды поляризации диэлектриков
2. Классификация диэлектриков по виду поляризации
3. Основные виды электропроводности диэлектриков
4. Схемы замещения диэлектриков с потерями
5. Зависимость тангенса диэлектрических потерь от частоты и температуры для полярных и неполярных диэлектриков
6. Пробой диэлектриков
7. Теории теплового и электрического пробоя
8. Стекла. Применение, состав
9. Керамика.

Тема вторая «Полупроводники»

10. Классификация полупроводниковых материалов. Преимущества полупроводниковых приборов.
11. Деление полупроводников по типу проводимости: собственные, донорные, акцепторные. Зонные диаграммы.
12. Зависимость удельного сопротивления от температуры. Пояснить график.
13. Каким параметром определяется значение максимальной рабочей температуры.
14. Способы определения типа проводимости. Методы определения удельного сопротивления полупроводниковых материалов.
15. Эффект Холла. Подвижность.
16. Кремний. Свойства, применение, преимущество перед другими полупроводниковыми материалами. Марки.
17. Германий. Свойства и применение. Марки.
18. Халькогениды. Свойства. Применение
19. Узкозонные полупроводники. Применение.
20. Соединения третьей и пятой групп. Достоинства. Недостатки. Применение.
21. Стеклообразные, аморфные, органические полупроводники.
22. Материалы для фотосопротивлений и фотоэлементов.
23. Материалы для диодов и транзисторов. Пример усиления транзистором.
24. Материалы для терморезисторов.
25. Материалы для детекторов ИК излучения.

Тема третья «Проводники»

26. Общая классификация и основные свойства проводников (теплопроводность, ТЭДС, прочность и т.д.). Переходные и непереходные металлы
27. Функции металлов в РЭА и ЭВА
28. Классификация металлов в электротехнике. Характеристика каждой группы.
29. Криопроводники
30. Материалы высокой проводимости и требования, предъявляемые к ним
31. Медь. Получение, свойства, применение. Твердая и мягкая медь. Водородная болезнь меди.
32. Сплавы меди. Свойства, применение.
33. Алюминий. Преимущества алюминия в микроэлектронике перед другими металлами. Недостатки алюминия.
34. Сталеалюминий, биметаллические проводники. Термические биметаллы.
35. Требования, предъявляемые к электровакуумным металлам и сплавам. Применение.
36. Тугоплавкие металлы. Свойства. Применение.
37. Благородные металлы. Свойства и применение.
38. Металлы с низкой температурой плавления. Применение
39. Припои и флюсы.
40. Сплавы высокого сопротивления для резисторов и нагревательных элементов.
41. Углерод. Его модификации и применение

Тема четвертая «Магнитные материалы»

42. Общая характеристика магнитных материалов
43. Основные характеристики магнитных материалов
44. Магнитомягкие материалы
45. Магнитотвердые материалы
46. Ферриты

5. Примеры задач к экзамену по дисциплине «Материалы электронной техники»

Задача по теме «Диэлектрики».

Между латунными электродами площадью S помещена керамическая пластина толщиной $h = 5$ мм, имеющая диэлектрическую проницаемость $\epsilon = 7$, тангенс угла диэлектрических потерь при комнатной температуре $\operatorname{tg} \delta_0 = 2 \cdot 10^{-4}$, температурный коэффициент $\alpha_{\operatorname{tg} \delta} = 5 \cdot 10^{-3}$ 1/К. Определить допустимое напряжение U между электродами на рабочей частоте $f = 50$ МГц, если температура, до которой нагревается пластина в электрическом поле, не превышает $T = 373$ К. При расчете полагать, что суммарный коэффициент теплопередачи от диэлектрика во внешнюю среду $\sigma = 30$ Вт / (м² К), а температура окружающей среды $T_0 = 293$ К.

Задача по теме «Полупроводники».

Дан образец примесного кремния p – типа длиной $l = 5$ мм, шириной $b = 2$ мм, толщиной $h = 1$ мм. Вычислить концентрацию примеси в образце, если его активное сопротивление $R = 100$ Ом. Подвижности электронов и дырок равны соответственно $\mu_n = 0,12$ м²/(В·с) и $\mu_p = 0,025$ м²/(В·с), собственная концентрация носителей заряда $n_i = 2,5 \cdot 10^{16}$ м⁻³. Определить отношение электронной проводимости к дырочной.

Задача по теме «Проводники».

Удельное сопротивление меди, содержащей некоторое количество примеси (олова), при температуре $T_1 = 300$ К, составляет $\rho = 0,0258$ мкОм·м. Определить отношение удельных сопротивлений меди при температурах $T_1 = 300$ К и $T_2 = 4,2$ К.

Задача по теме «Магнитные материалы».

Кольцевой ферритовый сердечник со средним диаметром $d_{\text{ср}} = 25$ мм имеет воздушный зазор длиной $z = 1$ мм. При пропускании тока $I = 0,17$ А через обмотку сердечника, состоящую из $W = 500$ витков, в зазоре создается магнитная индукция $B_0 = 0,01$ Тл. Определить магнитную проницаемость феррита.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Материалы электронной техники», 3 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по теме «Диэлектрики» и включает 10 заданий.

Контрольная работа выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если выполнено 2 задания. Оценка составляет 0 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если выполнено 4 задания. Оценка составляет 3 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если выполнено 7 заданий. Оценка составляет 7 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если выполнено 10 заданий. Оценка составляет 10 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

1. Описать виды поляризации.
2. Основной механизм поляризации в ионных диэлектриках: с плотной упаковкой, с неплотной упаковкой.
3. Графический способ определения температурного коэффициента диэлектрической проницаемости.
4. Связь емкости и диэлектрической проницаемости.
5. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости ионных диэлектриков.
6. Примеры веществ с ионной и дипольной поляризацией.
7. Спонтанная поляризация.
8. Зависимость тока в диэлектрике от времени при включении на постоянное напряжение.
9. Что такое угол диэлектрических потерь?
10. Зависимость $\tan \delta$ от частоты для полярного диэлектрика.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Материалы электронной техники», 3 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны выполнить РГЗ, которое должно состоять из решения индивидуального набора задач из и реферата по теме назначенной преподавателем. Тексты задач и темы рефератов находятся в методических пособиях.

Для получения дополнительных баллов можно представить презентацию по материалам реферата.

Обязательные структурные части РГЗ:

1. Комплект решенных задач
2. Реферат
3. Презентация (по желанию)

Оцениваемые позиции: 1. Правильное решение комплекта задач; 2. Полнота изложения и понимание материала реферата.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), оценка составляет 2 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально, задачи решены с ошибками, оценка составляет 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если задачи решены правильно, реферат выполнен на хорошем уровне, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если составлен отличный реферат, отражающий свойства материалов электронной техники, задачи решены правильно, оценка составляет 15 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем рефератов РГЗ(Р)

Диэлектрики (свойства и применение)

1. Монокристаллические диэлектрики и материалы на их основе.
2. Стекла и ситаллы.
3. Керамические материалы. Классификация и применение.
4. Жидкие кристаллы.
5. Лакоткани.
6. Клеи и герметики, их классификация и назначение.
7. Диэлектрики с особыми свойствами. Пьезоэлектрики.
8. Электреты.
9. Биополимеры.

10. Газообразные диэлектрики: азот и гелий. Применение в электронике.
11. Пирозлектрические материалы.
12. Синтетические полимеры. Эпоксидные смолы.
13. Синтетические полимеры. Полиэфирные смолы.
14. Синтетические полимеры. Кремнийорганические смолы.
15. Эластомеры. Натуральный каучук. Синтетический каучук.
16. Природные и искусственные полимеры.
17. Керамика для СВЧ-устройств.
18. Сегнетоэлектрики.
19. Турмалин, особенности строения и применения.
20. Слоистые пластики.
21. Стекла в оптоволоконной технике (свойства, изготовление, особенности применения).
22. Слюда. Виды природной слюды: мусковит и флогопит, их особенности и области применения.
23. Жидкие диэлектрики.

Магнитные материалы (свойства и применение)

1. Магнитомягкие низкочастотные материалы (железо и низкоуглеродистая сталь).
2. Магнитомягкие низкочастотные материалы (кремнистая электротехническая сталь, сплавы).
3. Магнитодиэлектрики.
4. Материалы для магнестрикционных преобразователей.
5. Металлопластические и металлокерамические магниты.
6. Магнитные материалы специального назначения.
7. Магнитотвердые материалы.
8. Ферриты для СВЧ-устройств.
9. Наноманитные материалы.
10. Магнитные пленки.
11. Материалы с гигантским магнитосопротивлением.
12. Пермаллой.
13. Магнитомягкие низкочастотные материалы (железо и низкоуглеродистая сталь).
14. Магнитомягкие низкочастотные материалы (кремнистая электротехническая сталь, сплавы).
15. Магнитомягкие аморфные материалы.
16. Магнитные материалы для записи и хранения информации.
17. Магнитотвердые материалы из порошков.
18. Материалы для магнитных лент и дисков.
19. Магнитная анизотропия.
20. Доменные структуры в тонких магнитных пленках.
21. Магнитные сердечники катушек индуктивности и трансформаторов.

Полупроводниковые материалы (свойства и применение)

1. Поликристаллический и аморфный кремний, основные свойства, получение, применение.
2. Полупроводниковые материалы для инфракрасной техники.
3. Карбид кремния, свойства и применение.
4. Арсенид галлия. Свойства, применение.
5. Фосфид галлия. Свойства, применение.
6. Твердый раствор кремний-германий.
7. Тройные твердые растворы A^3B^5 .
8. Узкозонные полупроводники.
9. Широкозонные полупроводники.
10. Стеклообразные полупроводники.
11. Органические полупроводники.
12. Халькогениды металлов.
13. Полупроводниковые материалы, их функции в РЭА.
14. Полупроводниковые сенсоры.
15. Полупроводниковые резистивные материалы.
16. Материалы для термисторов и варисторов.
17. Соединения и твердые растворы A^4B^4 .
18. Функции полупроводников в РЭА.
19. Полупроводниковые гетероструктуры.
20. Материалы для фотоэлементов и фотосопротивлений.
21. Материалы для ИК-детекторов.
22. Соединения A^3B^5 .
23. Соединения A^2B^6 .

Проводниковые материалы (свойства и применение)

1. Цветные металлы.
2. Проводниковые материалы с высоким удельным сопротивлением.
3. Металлы и их функции в радиоэлектронике и электровакуумной технике.
4. Сплавы для электровакуумных приборов.
5. Металлопленочные, хромосилицидные, полупроводниковые резистивные материалы.
6. Сплавы на основе железа.
7. Благородные металлы. Их роль и назначение в РЭА.
8. Алюминий и его сплавы.
9. Сплавы для термопар.
10. Медь и ее сплавы.
11. Тугоплавкие металлы.
12. Металлы с невысокой и низкой температурой плавления.
13. Проводящие модификации углерода и материалы на их основе.
14. Литий. Свойства и применение.
15. Железо, электротехническая сталь.
16. Материалы для металлизации в РЭА.
17. Биметаллы и сплавы для электровакуумных приборов.
18. Припой и флюсы.
19. Материалы для конденсаторов.
20. Контактные материалы: на основе благородных и неблагородных металлов.
21. Низкотемпературные сверхпроводящие материалы.
22. Высокотемпературные сверхпроводящие материалы.
23. Аморфные металлические соединения.

5. В состав РГЗ(Р) входит решение 4-х задач по темам: диэлектрические материалы; полупроводниковые материалы; проводниковые материалы; магнитные материалы. Ниже приведены примеры задач и их решения.

1. Вычислить поляризованность монокристалла каменной соли, считая, что смещение ионов под действием электрического поля от положения равновесия составляет 1 % расстояния между ближайшими соседними ионами. Элементарная ячейка кристалла имеет форму куба, расстояние между соседними ионами $a = 0,28$ нм.

Решение. Поляризованность диэлектрика P численно равна отношению электрического момента dp элемента диэлектрика к объему этого диэлектрика:

$$P = dp / dV.$$

Если считать, что $dV = a^3$, то $dp = q\Delta x$, где q – заряд иона, равный заряду электрона; Δx – смещение ионов под действием поля. Тогда

$$P = \frac{q\Delta x}{a^3} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,8 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-2}}{(0,28 \cdot 10^{-9})^3} \approx 0,02 \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2} \right].$$

2. Найти положение уровня Ферми в собственном германии при $T = 300 \text{ K}$, если известно, что эффективные массы электронов и дырок равны $m_n^* = 0,55 m_0$ и $m_p^* = 0,388 m_0$ соответственно, где m_0 – масса свободного электрона.

Решение. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике определяется выражением

$$E_F = \frac{E_C + E_V}{2} + \frac{kT}{2} \ln \frac{N_V}{N_C} = E_i + \frac{kT}{2} \ln \frac{N_V}{N_C},$$

где E_i – энергия уровня середины запрещенной зоны; E_C – энергия уровня дна зоны проводимости; E_V – энергия уровня потолка валентной зоны; k – постоянная Больцмана; T – температура.

$2N_C$ и $2N_V$ – эффективные плотности состояний для электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне соответственно; N_C и N_V определяются согласно выражениям:

$$N_C = \left(\frac{2\pi k T m_n^*}{h^2} \right)^{3/2}; \quad N_V = \left(\frac{2\pi k T m_p^*}{h^2} \right)^{3/2},$$

где h – постоянная Планка; m_n^* , m_p^* – эффективная масса электрона и дырки соответственно.

В нашем случае $N_C = 10^{25} \text{ м}^{-3}$, $N_V = 6,04 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$.

Таким образом, положение уровня Ферми можно определить как:

$$1) E_F - E_i = -6,78 \cdot 10^{-3} \text{ эВ};$$

$$2) E_F - E_V = 0,326 \text{ эВ}.$$

Следовательно, уровень Ферми в собственном германии при комнатной температуре расположен на 6,78 мэВ ниже середины запрещенной зоны, но на 326 мэВ выше потолка валентной зоны.

3. Вычислить длину свободного пробега электронов в меди при температуре $T = 300 \text{ К}$, если ее удельное сопротивление при этой температуре равно $\rho = 0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$.

Решение. Удельное сопротивление металлов ρ связано с длиной свободного пробега электронов L следующим соотношением:

$$\rho = \left(\frac{3}{8\pi} \right)^{1/3} \frac{h}{q^2 n^{2/3} L},$$

где h – постоянная Планка; n – концентрация свободных электронов. Эта концентрация определяется выражением

$$n = d \frac{N_0}{A} = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3},$$

где d – плотность материала; N_0 – число Авогадро, A – молярная масса меди.

Таким образом, длина свободного пробега электрона в рассматриваемом металле равна $L = 3,89 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

4. В сердечнике трансформатора суммарные удельные магнитные потери на гистерезис и на вихревые токи при частотах 1 и 2 кГц составляют соответственно 2 и 6 Вт/кг (при неизменной максимальной индукции в сердечнике). Рассчитать магнитные потери на вихревые токи в сердечнике при частоте 2 кГц.

Решение. Суммарные потери за один цикл перемагничивания линейно зависят от частоты:

$$W = P_a / f = P_H / f + P_T / f = \eta B_m^n + \xi B_m^2 f,$$

где η , n , ξ – коэффициенты, зависящие от свойств материала и формы сердечника. Подставляя исходные данные, запишем для двух частот:

$$\eta B_m^n + \xi B_m^2 \cdot 10^3 = \frac{2}{10^3};$$

$$\eta B_m^n + \xi B_m^2 \cdot 2 \cdot 10^3 = \frac{6}{2 \cdot 10^3}.$$

Вычитая из первого уравнения второе, получаем $\xi B_m^2 = 10^{-6}$. Тогда

$$P_T = \xi B_m^2 f^2 = 10^{-6} (2 \cdot 10^3)^2 = 4 \text{ Вт/кг}.$$

Новосибирский государственный технический университет

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
по дисциплине « Материалы электронной техники»

ВЫПОЛНИЛ:
ФАКУЛЬТЕТ:
ГРУППА:
ВАРИАНТ:
ДАТА ВЫПОЛНЕНИЯ:
ОТМЕТКА О ВЫПОЛНЕНИИ:
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

НОВОСИБИРСК год выполнения
Министерство образования и науки РФ

Новосибирский государственный технический университет

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

РЕФЕРАТ

по дисциплине « Материалы электронной техники»

ТЕМА: (пишутся две темы вместе)

ВЫПОЛНИЛ:

ФАКУЛЬТЕТ:

ГРУППА:

ВАРИАНТ:

ДАТА ВЫПОЛНЕНИЯ:

ОТМЕТКА О ВЫПОЛНЕНИИ:

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ:

НОВОСИБИРСК год выполнения