



Федеральное агентство по рыболовству
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»
Калининградский морской рыбопромышленный колледж

Утверждаю
Заместитель начальника колледжа
по учебно-методической работе
А.И.Колесниченко

ОП.05 ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ

Методическое пособие для выполнения самостоятельных работ
по специальности

11.02.03 Эксплуатация оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов

МО-11 02 03-ОП.05. СР

РАЗРАБОТЧИК	О.В. Сынашенко, А.С. Капитанова
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ	В.Я.Марисенков
ГОД РАЗРАБОТКИ	2022
ГОД ОБНОВЛЕНИЯ	2025

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.2/31

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №1 ТЕПЛОВЫЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОВОДНИКОВ	5
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №2 СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ.....	6
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №3 ТОНКИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ, ИХ СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ	7
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №4 ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ	9
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 5 ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ РЕЗИСТОРЫ, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ.....	11
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №6 КОНДЕНСАТОРЫ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ	12
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №7 ТИПЫ И КОНСТРУКЦИИ КАБЕЛЕЙ.....	14
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №8 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАГНИТООПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ.....	15
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №9 МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ.....	17
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 10: «ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ»	18
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 11: «ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ТЕХНИКИ»	23
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ	31

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.3/31

Введение

Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся составлены в соответствии с рабочей программой по учебной дисциплине ОП.05 «Электрорадиоматериалы и радиокомпоненты».

Основные части электрических машин, аппаратов и электротехнических устройств выполнены из специальных электротехнических материалов, обладающих свойствами, отличными от свойств обычных конструкционных материалов.

Для создания современных экономичных и надежных в работе электротехнических и радиоэлектронных устройств необходим правильный выбор соответствующих электрорадиоматериалов. Эти задачи можно выполнить только при наличии глубоких знаний свойств электрорадиоматериалов и особенностей поведения их в электрических и магнитных полях, где они используются. Для радиоспециалиста важным является знание и понимание устройства, параметров и области применения различных радиокомпонентов.

Разработка новых материалов и непрерывное совершенствование уже известных происходит одновременно с общим развитием электротехники и электроники и расширением требований промышленности к качеству материалов.

Развитие радиоэлектроники выдвинуло на одно из первых мест проблему быстреего совершенствования электрорадиоматериалов высокого качества, полностью отвечающих новейшим техническим требованиям и изготавливаемых из отечественного сырья по самой совершенной технологии.

Для понимания электрических, магнитных, механических свойств материалов и других их особенностей необходимо исследовать структуру и химический состав материалов.

По мере развития электротехники и радиоэлектроники все большее значение приобретает правильный выбор электрорадиоматериалов и радиокомпонентов, помогающий успешно решать возникающие задачи.

Постоянно делаются серьезные открытия в науке и технике, появляются новые материалы и радиокомпоненты, разрабатываются и внедряются в промышленность новейшие технологии получения и обработки материалов.

Для будущего радиоспециалиста важно приобрести основные сведения как о применяемых в этот период, так и о новых перспективных радиоматериалах и радиокомпонентах, создаваемых в нашей стране и за рубежом.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.4/31

Выполнение самостоятельной работы направлено на формирование следующих элементов компетенций:

ПК 1.5. Проводить профилактическое и регламентируемое техническое обслуживание оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 2.3 Проводить ремонт судового радиооборудования в море на уровне замены блоков/модулей.

ПК 3.1 Осуществлять монтаж оборудования радиосвязи и средств электрорадионавигации судов, включая подведение питающих силовых и сигнальных линий передач и антенн.

ПК 3.2 Осуществлять демонтаж оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 3.3. Выполнять операции по коммутации и сопряжению отдельных элементов оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

ПК 3.4 Выполнять операции по установке и введению в действие оборудования радиосвязи и электрорадионавигации судов.

Перечень самостоятельных работ

№ п/п	Темы самостоятельных работ	Количество часов
1	Самостоятельная работа № 1: «Тепловые и физико-химические свойства проводников»	2
2	Самостоятельная работа № 2: «Сверхпроводимость материалов»	2
3	Самостоятельная работа № 3: «Тонкие диэлектрические пленки, их свойства и применение».	2
4	Самостоятельная работа № 4: «Применение жидких кристаллов»	2
5	Самостоятельная работа № 5: «Тонкопленочные резисторы, их применение в интегральных микросхемах»	2
6	Самостоятельная работа № 6: «Конденсаторы интегральных микросхем»	2
7	Самостоятельная работа № 7: «Типы и конструкции кабелей»	2
8	Самостоятельная работа № 8: «Материалы для магнитооптических устройств»	2
9	Самостоятельная работа № 9: «Магнитные материалы для устройств записи информации»	2
10	Самостоятельная работа № 10: «Применение электромагнитных реле»	2
11	Самостоятельная работа № 11: «История развития полупроводниковой техники»	1
	Итого	21

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.5/31

Самостоятельная работа №1 Тепловые и физико-химические свойства проводников

Цель работы:

- Углубление и расширение теоретических знаний по теме;
- Формирование умений пользоваться справочной литературой;
- Развитие познавательных способностей;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Знание свойств и характеристик проводниковых материалов необходимо для обобщения, углубления и расширения сведений о проводниках.

Во время работы над данной темой полезно иметь под рукой таблицу периодической системы Д.И. Менделеева.

Очень важно уяснить физическую сущность основных параметров, характеризующих физические, механические, тепловые свойства проводников.

Известно, что теплопроводность – свойство материала проводить тепло. Надо знать, что металлы с высокой проводимостью являются хорошими проводниками тепла. Причем, с повышением температуры удельная теплопроводность металлических проводников уменьшается.

Для измерения температур пользуются термопарами, действие которых основано на термоЭДС, возникающей в цепи из двух различных и соответственно подобранных металлов.

Надо иметь в виду, что в обычных условиях термоЭДС является нежелательным явлением (например, в измерительных приборах, образцовых резисторах, при соединении медных и алюминиевых материалов), так как она ведет к возникновению погрешности измерений, разрушению металла и т.п.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите вопрос темы самостоятельной работы и подготовьте конспект по учебнику «Электротехнические материалы», авторы Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. (с. 190-197);

2. Используя «Справочник молодого радиста» Бодиловского В.Г. (таблица 1, с.5), внимательно изучите и проанализируйте основные справочные данные по проводниковым материалам, сравнивая их по основным свойствам и параметрам.

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.6/31

3. Ответьте на вопросы для самоконтроля и закрепления темы:

1). Какое строение имеют металлы?

2). Перечислите физические характеристики металлических материалов.

3). Напишите формулу, определяющую величину коэффициента линейного теплового расширения металла.

4). Как определить предел прочности проводникового материала и его относительное удлинение при растяжении?

5). Напишите выражение, определяющее температурный коэффициент удельного сопротивления проводника, и поясните его физический смысл.

6). Как определяется удельное сопротивление материала и в каких единицах оно измеряется?

7). На какие основные группы подразделяются проводниковые материалы по электропроводности?

Самостоятельная работа №2 Сверхпроводимость материалов

Цель работы:

- Формирование умения самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины, используя дополнительную литературу;
- Закрепление и расширение знаний по теме;
- Отработка умений пользоваться справочной литературой;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

При изучении этой темы важно понять сущность явления сверхпроводимости и физические причины, приводящие к этому явлению в проводниках.

Необходимо знать и запомнить, что сверхпроводимость возникает лишь при определенных условиях, при определенных низких температурах. Следует обратить внимание на то, что не все металлы приобретают это свойство. Естественно, надо иметь представление о том, какие конкретно металлы обладают сверхпроводимостью.

Учтите, что к сверхпроводникам относятся не только чистые металлы, но также сплавы и химические соединения. Эти сверхпроводники, в отличие от чистых сверхпроводниковых металлов, обладают рядом особенностей.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.7/31

Рассмотрите, где и для каких целей можно использовать свойство сверхпроводимости, а также разберитесь, что ограничивает применение этого свойства.

Уяснив суть явления сверхпроводимости, надо рассмотреть криопроводимость.

Обратите внимание на особенности этого явления и области его использования.

Знание вопросов темы данной работы необходимы для изучения и понимания такого направления функциональной электроники, как «криоэлектроника». Функциональная электроника будет изучаться в дисциплине «Электронная техника».

Порядок выполнения работы:

1. Изучите вопросы, связанные с явлением сверхпроводимости по учебнику «Электротехнические материалы» Богородицкого Н.П., Пасынкова В.В., Тареева Б.М. (с. 205-212). Занесите в конспект тезисы по этой теме.

2. Используя «Справочник молодого радиста» Бодиловского В.Г., определите температуры, при которых возникает явление сверхпроводимости для таких материалов, как иридий, ртуть, тантал, алюминий (таблица 1, с. 5). Выпишите в конспект основные параметры предложенных материалов.

3. Ответьте на вопросы для самоконтроля и закрепления знаний:

- 1). В чем состоит физическая сущность явления сверхпроводимости?
- 2). Поясните, при каких условиях проявляется явление сверхпроводимости.
- 3). Назовите материалы, обладающие свойством сверхпроводимости.
- 4). Как выглядит диаграмма состояния сверхпроводников первого рода и в чем физический смысл диаграммы?
- 5). Для каких целей можно использовать сверхпроводимость?
- 6). Поясните, чем ограничено применение сверхпроводимости.
- 7). В чем состоит физическая сущность криопроводимости и в чем ее отличие от сверхпроводимости?
- 8). Назовите области использования криопроводимости.

Самостоятельная работа №3 Тонкие диэлектрические пленки, их свойства и применение

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.8/31

Цель работы:

- Приобретение навыков работы со справочной литературой;
- Расширение и углубление теоретических знаний;
- Привитие умений анализировать имеющиеся справочные данные;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Для полной оценки свойств диэлектрических материалов, кроме электрических характеристик, необходимо знать их физико-механические и химические свойства.

При изучении этих свойств следует обратить внимание на такие тепловые свойства, как теплостойкость, морозостойкость, определяющие диапазон рабочих температур диэлектрика.

Верхний предел положительных температур при эксплуатации материалов определяется температурой, выше которой происходит заметное ухудшение электрических параметров диэлектриков. Нижний предел отрицательных температур обычно ограничивается сохранением эластичности, гибкости материала, его механической прочностью.

Рассмотрите подробнее важное свойство диэлектриков – влагостойкость. Она характеризуется гигроскопичностью, водопоглощаемостью, смачиваемостью. Наличие влаги в материале или на его поверхности сильно ухудшает электрические свойства.

Конкретно, уменьшается удельное сопротивление и электрическая прочность диэлектрика, повышается диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь. Наиболее заметное ухудшение диэлектрических характеристик происходит у пористых диэлектриков, содержащих растворимые в воде примеси, образующие электролиты.

Следует изучить и знать химические свойства материалов, которые характеризуются химической стойкостью, растворимостью, кислотностью и радиационной стойкостью.

Помните, что совокупность основных свойств диэлектриков определяет область их использования.

Порядок выполнения работы:

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.9/31

1. Изучите вопрос о названных выше свойствах изоляционных материалов по учебнику «Электроматериаловедение» Дроздова Н.Г., Никулина Н.В. (с. 111-125). Тезисы по изученному материалу занести в конспект лекций.

2. Используя «Справочник молодого радиста» Бодиловского В.Г. (таблица 19, с. 24-25), внимательно рассмотрите и проанализируйте основные справочные данные диэлектриков;

3. Ответьте на вопросы для закрепления материала темы и самоконтроля:

1). Перечислите основные механические параметры изоляционных материалов. В каких единицах они измеряются?

2). Перечислите тепловые характеристики электроизоляционных материалов.

3). Какая разница между теплостойкостью и нагревостойкостью твердого диэлектрика?

4). Перечислите основные физико-химические характеристики электроизоляционных материалов.

5). Что понимается под вязкостью жидких диэлектриков и в каких единицах она измеряется?

6). Чем различаются понятия «водопоглощаемость» и «гигроскопичность» материала?

7). Как определяются механические свойства и параметры диэлектриков?

8). Известно, что относительное удлинение при растяжении равно 1,5 %. Поясните, что это значит?

9). Как проявляется воздействие на изоляционные материалы радиоактивных излучений?

Самостоятельная работа №4 Применение жидких кристаллов

Цель работы:

- Формирование умения самостоятельного изучения отдельных тем дисциплины, используя дополнительную литературу;
- Закрепление и расширение знаний по теме;
- Отработка умений пользоваться справочной литературой;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.10/31

Кварц относится к группе минеральных диэлектриков. Из минеральных диэлектриков наибольшее применение получили кварц, мрамор, асбест и асбоцемент.

Кварц представляет собой естественный минеральный диэлектрик, обладающий весьма высокими диэлектрическими свойствами. Надо уяснить, что эти свойства зависят от наличия примесей.

Различают кварц кристаллический и аморфный. Следует хорошо разобраться со структурой кристалла кварца. Это важно, так как кварц обладает различными диэлектрическими свойствами в зависимости от направления в кристалле.

Обратите внимание на то, что кристаллический кварц является пьезоэлектриком, то есть он под действием механических воздействий, например, растяжения или сжатия, приобретает на сторонах пластинки (определенным образом вырезанной из кристалла) электрические заряды противоположного знака. От направления механического воздействия зависит полярность возникающего на гранях кристалла напряжения.

Если кубик или пластинку кварца подвергнуть воздействию внешнего переменного электрического напряжения, то он будет сжиматься и растягиваться, то есть в нем будут создаваться упругие деформации, в результате которых он будет вибрировать. Это свойство кристалла кварца широко используется для создания ультразвуковых колебаний. Ценным свойством кварца является очень высокая стабильность частоты механических колебаний, которая определяется геометрическими размерами кварцевой пластины и направлением деформации.

Знание этого особого свойства кварца потребуется при изучении таких дисциплин, как «Радиотехнические цепи и сигналы», «Радиопередающие устройства», «Радиоприемные устройства».

Имейте в виду, что применение электроизоляционных изделий из плавленого аморфного кварца ограничивается из-за высокой температуры плавления кварца (1800-2000 С) и сложности обработки кварцевого стекла.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите вопрос о кварце и его свойствах по учебнику Дроздова Н.Г., Никулина Н.В. «Электроматериаловедение» (стр.255-257). Тезисы по изученному материалу занесите в конспект лекций.

2. Ответьте на вопросы для самоконтроля и закрепления темы:

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.11/31

- 1). Какие виды кварца различают в зависимости от его структуры?
- 2). В чем состоит физическая сущность прямого пьезоэффекта? От чего зависит величина возникающих зарядов и их знаки?
- 3). В чем состоит физическая сущность обратного пьезоэффекта?
- 4). Как выглядит эквивалентная схема кварцевой пластины?
- 5). Почему возможно применение кварцевой стабилизации частоты в автогенераторах?

Самостоятельная работа № 5 Тонкопленочные резисторы, их применение в интегральных микросхемах

Цель работы:

- Расширение и углубление теоретических знаний;
- Формирование умения самостоятельного изучения вопросов с использованием поисковой сети Интернет;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по изучению темы:

Резисторы различного сопротивления и мощности широко используются в радиоэлектронной аппаратуре и составляют более половины всех радиокомпонентов.

Они разнообразны как по конструктивным, так и по электрическим параметрам. Внимательно ознакомьтесь с основными параметрами резисторов. К ним относятся – номинальное сопротивление, номинальная мощность, допустимое отклонение от номинала, уровень собственных шумов, собственная индуктивность и емкость.

Рассмотрите конструкцию и эксплуатационные данные проволочных, непроволочных постоянных и регулируемых резисторов.

Далее надо разобраться с резисторами, используемыми в интегральных микросхемах. При этом следует уяснить особенности изготовления резисторов в различных по технологии ИМС – пленочных, гибридных, полупроводниковых и совмещенных. Надо понять, какие материалы и как технологически служат для получения пленочных резисторов в ИМС.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.12/31

Важно разобраться, какими методами можно получить резисторы в полупроводниковых и совмещенных ИМС и как с помощью р-п перехода реализуются резисторы с достаточно широким диапазоном номинальных сопротивлений.

Имейте в виду, что глубокое знание этого вопроса будет необходимо при изучении интегральных микросхем в дисциплине «Электронная техника».

Порядок выполнения работы:

1. Изучить вопрос темы, используя учебник «Основы электроники и микроэлектроники» Б.С. Гершунского (с. 175-176);
2. Найти информацию по изучаемому вопросу в поисковой сети Интернет и сделать выписки в конспект;
3. Ответить на вопросы для самоконтроля и закрепления темы:
 - 1). Назовите основные параметры резисторов и поясните их физический смысл.
 - 2). Какие номинальные мощности резисторов получили наибольшее распространение?
 - 3). Как определить номинальную мощность резистора, если она не указана в маркировке?
 - 4). Чем объясняются собственные шумы резистора и на что они влияют?
 - 5). Как разрабатываются и выполняются резисторы в пленочных ИМС?
 - 6). Какие материалы используются для изготовления резисторов в пленочных и гибридных ИМС?
 - 7). Как формируются резисторы в полупроводниковых ИМС?
 - 8). Какие технологические методы используются для изготовления резисторов в полупроводниковых и совмещенных ИМС?

Самостоятельная работа №6 Конденсаторы для интегральных микросхем

Цель работы:

- Расширение и углубление теоретических знаний;
- Формирование умения самостоятельного изучения вопросов с использованием поисковой сети Интернет;

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.13/31

- Создание междисциплинарных связей.

Методические указания по выполнению работы:

Конденсаторы различной емкости и различных типов широко используются в радиоэлектронной аппаратуре и занимают второе место после резисторов по объему использования.

Они разнообразны как по конструктивным, так и по электрическим параметрам. Внимательно ознакомьтесь с основными параметрами конденсаторов. К ним относятся – номинальная емкость, номинальное напряжение, допустимое отклонение от номинала, температурный коэффициент емкости.

Рассмотрите конструкцию и эксплуатационные данные различных типов постоянных, переменных и подстроечных конденсаторов.

Далее надо разобраться с конденсаторами, используемыми в интегральных микросхемах. При этом следует уяснить особенности изготовления конденсаторов в различных по технологии ИМС – пленочных, гибридных, полупроводниковых и совмещенных. Надо понять, какие материалы и как технологически служат для получения пленочных конденсаторов в ИМС.

Важно разобраться, какими методами можно получить конденсаторы в полупроводниковых и совмещенных ИМС. Обратите особое внимание на то, как с помощью р-п перехода реализуются конденсаторы с достаточно широким диапазоном номинальных емкостей.

Имейте в виду, что глубокое знание этого вопроса будет необходимо при изучении интегральных микросхем в дисциплине «Электронная техника».

Порядок выполнения работы:

1. Изучить вопрос темы, используя учебник «Основы электроники и микроэлектроники» Б.С. Гершунского (с.176-177);
2. Найти информацию по изучаемому вопросу в поисковой сети Интернет и сделать выписки в конспект;
3. Ответить на вопросы для самоконтроля и закрепления темы:
 - 1). Назовите основные параметры конденсаторов и поясните их физический смысл.
 - 2). Какая емкость р-п перехода чаще всего используется для создания конденсаторов в интегральных микросхемах?

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.14/31

3). В чем состоит физический смысл температурного коэффициента емкости конденсаторов? Поясните, для каких целей чаще используют конденсаторы с малым положительным ТКЕ.

4). Что показывает величина номинального напряжения конденсатора?

5). Как разрабатываются и выполняются конденсаторы в пленочных ИМС?

Самостоятельная работа №7 Типы и конструкции кабелей

Цель работы:

- Расширение и углубление теоретических знаний;
- Привитие навыков работы со справочной литературой;
- Приобретение умений читать маркировку кабельных изделий;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

К кабельным изделиям относят обмоточные, монтажные провода, шнуры и установочные провода, а также всевозможные виды кабелей. Обмоточные медные провода предназначены для изготовления обмоток трансформаторов, дросселей, реле, катушек колебательных контуров, обмоток в электрических машинах и т.п. Они могут иметь эмалевую, волокнистую, пленочную и комбинированную (эмалево-волокнистую) изоляцию.

Рассмотрите такие свойства эмалевых проводов, как эластичность, термостойкость, электроизоляционные свойства, отметьте преимущества и недостатки эмалевой и волокнистой изоляции. Сравните электроизоляционные свойства капрона, натурального шелка, хлопчатобумажной ткани, а также их стойкость к истиранию, воздействию растворителей, температуры.

Необходимо ознакомиться с марками выпускаемых промышленностью и чаще всего используемых проводов, с их основными данными. Научитесь расшифровывать характеристики и вид изоляции по типу марки провода.

Обратите внимание на особенности обмоточных проводов высокого сопротивления, применяемых для изготовления проволочных резисторов (их состав, изоляцию, удельное сопротивление).

Запомните основные марки и характеристики монтажных проводов в различной изоляции, используемых для монтажа радиоэлектронной аппаратуры.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.15/31

Сравните их основные данные. Эти знания потребуются при прохождении учебной электромонтажной и радиомонтажной практик и далее в практической работе.

При изучении радиочастотных кабелей рассмотрите их основные электрические характеристики (волновое сопротивление, погонная емкость, затухание, рабочее напряжение). Это будет важно при изучении, например, дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы». Полезно сравнить между собой характеристики различных кабелей. Обратите внимание на конструктивные особенности коаксиальных кабелей.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить вопрос о кабельных изделиях и написать конспект, используя учебник «Электроматериаловедение» Дроздова Н.Г., Никулина Н.В. (с. 41-62).

2. Ответить на вопросы для самоконтроля и закрепления темы:

1). Как расшифровывается характеристика изоляции проводов следующих марок: ПБО, ПЭВ-1, ПЭВД, ПЭВШО, ПЭЛ, ПЭЛШД, ПЭТК?

2). Что такое литцендраты, для какой цели они применяются и как маркируются?

3). Какие материалы применяются для изготовления проводов высокого сопротивления?

4). Определите по марке обмоточного провода высокого сопротивления вид его изоляции и материал, из которого он изготовлен: ПЭБОК, ПЭК, ПЭНК.

5). Какие виды изоляции бывают у монтажных проводов?

6). Какие преимущества многопроволочных проводов перед однопроволочными?

7). Расшифруйте марки: МГВ, МГВЛ, МГШ, МГШВЭ.

8). Расшифруйте марку кабеля: РК-75-4-15.

Самостоятельная работа №8 Материалы для магнитооптических устройств

Цель работы:

- Углубление и расширение теоретических знаний;
- Привитие умений пользоваться технической и справочной литературой;
- Формирование навыков анализировать изучаемый материал;

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.16/31

- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Приступая к изучению этого вопроса, необходимо повторить общие сведения о магнитных свойствах материалов, вспомнить понятия магнитного потока, магнитной проницаемости, магнитной индукции и напряженности магнитного поля.

Надо иметь в виду, что магнитные свойства материалов обусловлены движением электронов в атомах. Самое широкое применение в радиоэлектронике нашли ферромагнитные материалы. Магнитные свойства этих материалов объясняются наличием в них намагниченных до насыщения микрообластей – магнитных доменов.

Далее следует разобраться с сущностью процесса намагничивания в цепях переменного тока, обратив особое внимание на явление гистерезиса.

Петля гистерезиса и кривая первоначального намагничивания полностью характеризуют физические процессы в материале.

Очень важно понять суть таких основных параметров магнитных материалов, как остаточная магнитная индукция и коэрцитивная сила.

Учтите, что чем больше коэрцитивная сила, тем шире петля гистерезиса, тем большую энергию необходимо затратить на перемагничивание. Наклон петли гистерезиса зависит от магнитной проницаемости материала.

Основные потери электрической энергии при использовании ферромагнитных материалов в переменных магнитных полях обусловлены потерями на гистерезис (перемагничивание), потерями на вихревые токи.

Далее следует понять, как влияет величина коэрцитивной силы на применение магнитного материала. Это необходимо знать для изучения классификации и далее использования магнито - мягких и магнито - твердых материалов.

Знание и понимание вопроса о циклическом перемагничивании очень важно для изучения отдельных тем в таких дисциплинах, как «Электротехника», «Электропитание судового оборудования» и других.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите вопрос работы по учебнику «Электрорадиоматериалы» Лысаченко И.А. (с. 62-68).

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.17/31

2. Используя «Справочник молодого радиста» Бодиловского В.Г. (таблица 10, с.16), рассмотрите и проанализируйте параметры наиболее часто применяемых магнитных материалов. Запишите эти справочные данные в конспект.

3. Ответьте на вопросы для закрепления темы и самоконтроля:

- 1). Поясните, чем объясняются магнитные свойства материалов?
- 2). Поясните, что представляет собой магнитный домен?
- 3). Какие материалы относятся к ферромагнитным материалам и в чем их особенности?
- 4). Поясните, в чем состоит физический смысл явления гистерезиса.
- 5). Как определяются по петле гистерезиса магнитная проницаемость, коэрцитивная сила, остаточная магнитная индукция, максимальная магнитная индукция?
- 6). Что показывает остаточная магнитная индукция?
- 7). Где следует использовать материалы с большой коэрцитивной силой?
- 8). Каковы причины возникновения потерь энергии в магнитных материалах и от чего зависит их величина?

Самостоятельная работа №9 Магнитные материалы для устройств записи информации

Цель работы:

- Углубление и расширение теоретических знаний;
- Формирование навыков получения информации с использованием поисковой сети Интернет;
- Привитие навыков работы с технической и справочной литературой;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

При изучении этих материалов важно понять основные требования, предъявляемые к магнитным материалам в цепях высокой частоты – высокая магнитная проницаемость, постоянство ее при изменении напряженности магнитного поля, малая коэрцитивная сила и, главное, большое удельное сопротивление.

Исходя из этих требований, на высоких частотах используются ф е р р и т ы.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.18/31

Ферриты, относящиеся к ферромагнетикам, представляют собой магнитную керамику, полученную путем спекания мелких порошков оксидов металлов. Следует изучить технологию изготовления ферритов и рассмотреть материалы, на основе которых их изготавливают.

Характерной особенностью ферритов является большое удельное сопротивление, которое во много раз больше, чем сопротивление металлических ферромагнетиков. Как следствие этого, ферриты имеют малые потери на вихревые токи в переменных магнитных полях.

Обратите внимание на механические свойства ферритов. Они твердые, хрупкие и допускают только шлифовку и полировку.

При изучении вопроса о ферритах следует внимательно рассмотреть классификацию ферритов по свойствам и применению. Важно разобраться с принципом маркировки ферритов.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите вопрос о ферритах по учебнику «Электротехнические материалы» Богородицкого Н.П., Пасынкова В.В., Тареева Б.М. (с. 281-291).

2. Используя «Справочник молодого радиста» Бодиловского В.Г. (таблица 14, с.19), рассмотрите и проанализируйте основные свойства ферритов. Для любых трех марок ферритов занесите основные параметры в конспект.

3. В поисковой сети Интернет найдите информацию о ферритах и просмотрите ее.

4. Ответьте на вопросы для самоконтроля и закрепления знаний:

- 1). Поясните, что такое ферриты и каков их состав.
- 2). Назовите основные этапы технологического процесса получения ферритов.
- 3). В чем состоят основные свойства и особенности ферритов?
- 4). На какие виды делятся ферриты по составу и применению?
- 5). Какая величина удельного сопротивления ферритов?
- 6). Почему у ферритов малые потери на вихревые токи?
- 7). Какова конструкция сердечников из ферритов?
- 8). Приведите примеры применения ферритов.

Самостоятельная работа № 10: «Применение электромагнитных реле»

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.19/31

Цель работы:

- Углубление и расширение теоретических знаний;
- Формирование навыков получения информации с использованием поисковой сети Интернет;
- Привитие навыков работы с технической и справочной литературой;
- Создание междисциплинарных связей.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Устройство электромагнитного реле

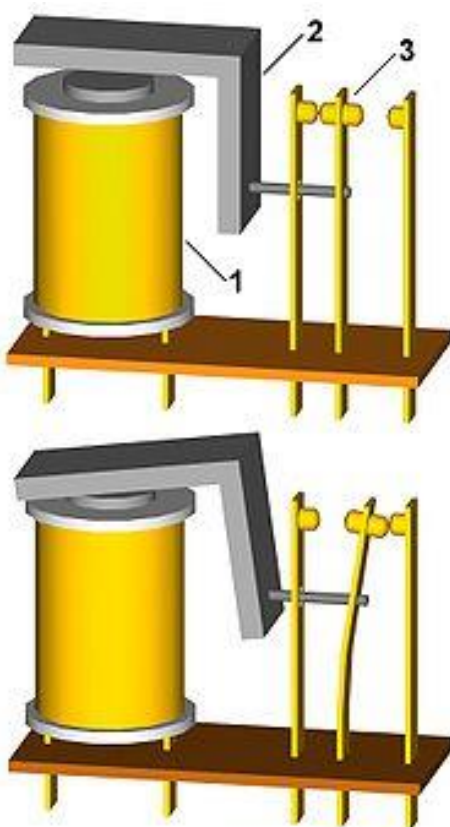


Рисунок – 1 Устройство электромагнитного реле

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.20/31

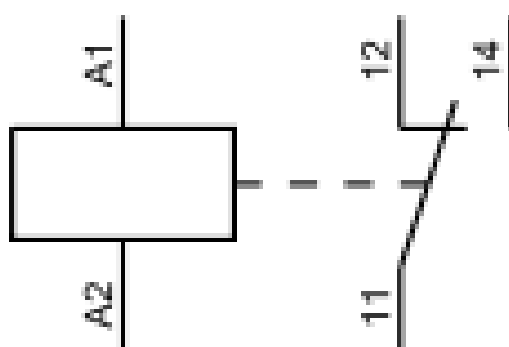
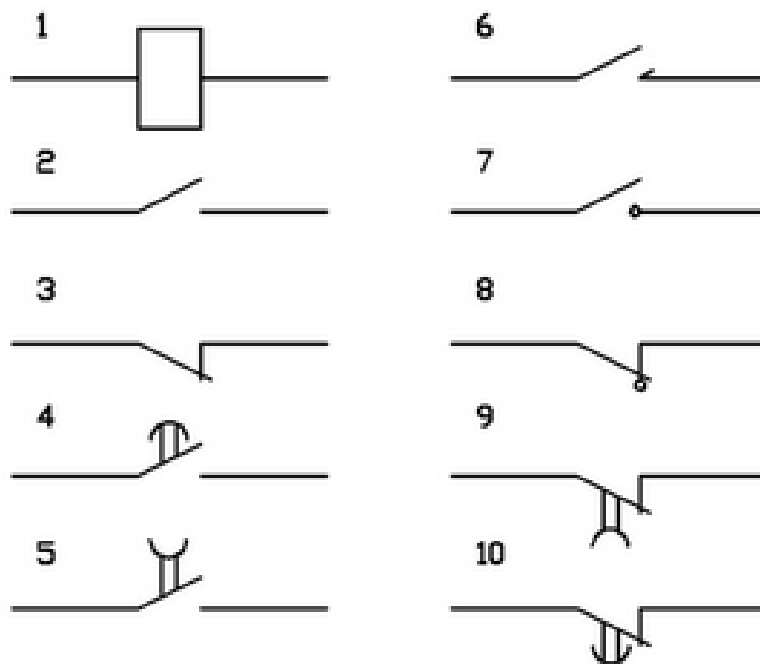
Принцип действия реле, сверху — нормальное (обесточенное) состояние реле, снизу — включённое состояние реле. 1 — электромагнит (обмотка с ферромагнитным сердечником); 2 — подвижный якорь; 3 — контактная система (переключатель).

Основные части электромагнитного реле: электромагнит, якорь и переключатель. Электромагнит представляет собой электрический провод, намотанный на катушку с ярмом из ферромагнитного магнитомягкого материала. Якорь - это обычно пластина из магнитного материала, через толкатели воздействующая на контакты.

Обозначение на схемах

На принципиальных электрических схемах реле обозначается следующим образом: 1 — обмотка реле (A1, A2 — управляющая цепь), 2 — контакт замыкающий, 3 — контакт размыкающий, 4 — контакт замыкающий с замедлителем при срабатывании, 5 — контакт замыкающий с замедлителем при возврате, 6 — контакт импульсный замыкающий, 7 — контакт замыкающий без самовозврата, 8 — контакт размыкающий без самовозврата, 9 — контакт размыкающий с замедлителем при срабатывании, 10 — контакт размыкающий с замедлителем при возврате, 11 — общий контакт, 11-12 — нормально замкнутые контакты, 11-14 — нормально разомкнутые контакты.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.21/31



Работа электромагнитных реле основана на использовании электромагнитных сил, возникающих в металлическом сердечнике при прохождении тока по виткам его катушки. Детали реле монтируются на основании и закрываются крышкой. Над сердечником электромагнита установлен подвижный якорь (пластина) с одним или несколькими контактами. Напротив них находятся соответствующие парные неподвижные контакты.

В исходном положении якорь удерживается пружиной. При подаче управляющего сигнала электромагнит притягивает якорь, преодолевая её усилие, и замыкает и/или размыкает контакты в зависимости от конструкции реле. После отключения управляющего напряжения пружина возвращает якорь в исходное положение. В некоторые модели могут быть встроены электронные элементы. Это

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.22/31

резистор, подключенный к обмотке катушки для более чёткого срабатывания реле, или (и) конденсатор, параллельный контактам для снижения искрения и помех или полупроводниковый диод, служащий для блокировки перенапряжений на обмотке реле при его обесточивании вследствие электромагнитной индукции.

Управляемая цепь электрически никак не связана с управляющей, то есть они гальванически изолированы друг от друга (в электротехнике используется термин «сухой контакт»). Более того, в управляемой цепи величина тока может быть намного больше, чем в управляющей. Источником управляющего сигнала могут быть слаботочные электрические схемы (например, дистанционного управления), различные датчики (света, давления, температуры и т. п.), и другие приборы которые выдают малые величины тока и/или напряжения.

Таким образом, реле, по сути, выполняют роль дискретного усилителя тока, напряжения и мощности в электрической цепи. Это свойство реле, кстати, имело широкое применение в самых первых дискретных (цифровых) вычислительных машинах. Впоследствии реле в цифровой вычислительной технике были вытеснены сначала лампами, потом транзисторами и микросхемами — работающими в ключевом (переключательном) режиме. В настоящее время производятся попытки возродить релейные вычислительные машины с использованием нанотехнологий.

В настоящее время в электронике и электротехнике реле используют в основном для управления большими токами. В цепях с небольшими токами для управления чаще всего применяются транзисторы или тиристоры.

При работе со сверхбольшими токами (десятки-сотни ампер; например, при очистке металла методом электролиза) для исключения возможности пробоя контакты управляемой цепи исполняются с большой контактной площадью и погружаются в масло (так называемая «масляная ячейка»).

Реле широко применяются в бытовой электротехнике, в особенности для автоматического включения и выключения электродвигателей (пускозащитные реле), а также в электрических схемах автомобилей. Например, пускозащитное реле обязательно имеется в бытовом холодильнике, а также в стиральных машинах. В этих устройствах реле намного надёжнее электроники, так как оно устойчиво к броску тока при запуске электродвигателя и особенно к сильному броску напряжения при его отключении

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.23/31

Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство электромагнитного реле, название и назначение его компонентов.
2. Рассмотреть и отметить в конспекте обозначение реле на принципиальных электрических схемах.
3. Рассмотреть принцип работы электромагнитных реле. В отчёте изобразить электромагнитное реле и коротко описать принцип работы и область применения электромагнитных реле.
4. Ответить на вопросы для самоконтроля и закрепления темы.

Вопросы для самоконтроля:

1. На чём основана работа электромагнитных реле?
2. Зачем к обмотке катушки в некоторых моделях подключают резистор?
3. Какую роль играет конденсатор, подключенный параллельно контактам реле?
4. Какую деталь включают в состав электромагнитного реле для блокировки перенапряжений на обмотке при его обесточивании?
5. Что происходит при подаче управляющего сигнала?
6. Назовите примеры источников управляющего сигнала.
7. Как управляемая цепь связана с управляющей?
8. На рисунке 1 покажите основные части электромагнитного реле.
9. Назовите примеры применения электромагнитного реле.

Самостоятельная работа № 11: «История развития полупроводниковой техники»

Время работы - 1 час

Цель работы:

1. Знакомство с историей развития полупроводниковой техники.

Методические рекомендации по выполнению работы:

Приступая к работе, необходимо из дисциплин «Электротехника», «Электронная техника», «Электрорадиоматериалы и радиокомпоненты» повторить, что относится к полупроводниковой технике, какие устройства вы

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.24/31

уже изучили, их назначение и применение. Большой вклад в развитие полупроводниковой техники, вместе с зарубежными, внесли Российские физики. О некоторых из них можно прочесть в этой работе, о других – в учебниках и другой литературе.

Последние новости и события в области электроники смотрите на сайте Дайджест новостей микроэлектроники.

1. Развитие полупроводниковой техники

Хотя в современном понимании полупроводниковая техника стала развиваться в 40-е годы прошлого века, ее зарождением следует считать 1904 год. Российский физик-экспериментатор О. Лосев впервые в мире создал полупроводниковый детектор на основе галена (сернистый свинец). Он же впервые создал усилительный полупроводниковый прибор на базе цинкита [1-4] и обнаружил люминесценцию полупроводниковых структур.

Первый транзистор был создан в 1947 году Дж. Бардином, У. Бреттейном и У. Шокли. Это было открытие полупроводниковой эры, родившей огромное количество типов диодов и транзисторов, а позднее- интегральных микросхем. Много выдающихся ученых внесли свой вклад в данное направление. Среди них были и российские физики.

1947 год. В современном понимании полупроводниковая техника стала бурно развиваться в середине XX века. Многие выдающиеся ученые внесли свой вклад в данное направление, однако создателями первого транзистора, в 1947 году, стали американцы Дж. Бардин, У. Бреттейн и У. Шокли. Их открытие стало началом полупроводниковой эры, родившей огромное количество типов диодов и транзисторов, а позднее - интегральных микросхем.

1948-1950 годы. Во всех странах шли научные исследования в области полупроводников. Так физик В.Е.Лошкарев еще в 1946 году открыл биполярную диффузию неравновесных носителей тока в полупроводниках. Разработка инженером А.В.Красиловым и его группой германиевых диодов для радиолокационных станций. Во Фрязино (Моск. обл.) в НИИ-160 (НИИ "Исток"). А.В.Красиловым и С.Г.Мадоян впервые наблюдался транзисторный эффект. Создатели отечественного транзистора А.В.Красилов и С.Г.Мадоян опубликовали первую в СССР статью о транзисторах под названием "Кристаллический триод". Лабораторные образцы германиевых транзисторов были разработаны Б.М.Вулом,

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.25/31

А.В.Ржановым, В.С.Вавиловым и др. (ФИАН), В.М.Тучкевичем, Д.Н.Наследовым (ЛФТИ), С.Г.Калашниковым, Н.А.Пениным и др. (ИРЭ АН СССР).

1955 год. Изобретатель транзистора Уильям Шокли (William Shockley) основал в Санта-Кларе компанию Shockley Semiconductor Laboratories и привлек в нее 12 молодых ученых, занимавшихся в разных фирмах германиевыми и кремниевыми транзисторами. К сожалению коллектив просуществовал не долго, буквально через два года 8 ученых покинули компанию.

1956 год. Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн были удостоены Нобелевской премии по физике "за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта". На церемонии презентации Э.Г. Рудберг, член Шведской королевской академии наук, назвал их достижение "образцом предвидения, остроумия и настойчивости в достижении цели".

1957 год. Ученые, покинувшие компанию Shockley Semiconductor Laboratories, объединяют личные средства и приступают к разработке технологии массового производства кремниевых транзисторов по методу двойной диффузии и химического травления. Эта технология позволяла одновременно получать на одной пластине сразу сотни транзисторов. Имена большинства этих людей стали в дальнейшем знаковыми для электронной отрасли: Гордон Мур (Gordon E. Moore), Шелдон Робертс (C.Sheldon Roberts), Евгений Клайнер (Eugene Kleiner), Роберт Нойс (Robert N. Noyce), Виктор Гринич (Victor H. Grinich), Джулиус Бланк (Julius Blank), Джин Хоерни (Jean A. Hoerni) и Джей Ласт (Jay T. Last). Для серьезной работы собранных средств было совершенно недостаточно и тогда в качестве инвестора выступила компания Fairchild Camera and Instrument и 1 октября 1957 года была основана компания FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. А уже через полгода FAIRCHILD SEMICONDUCTOR получила первую прибыль - компания IBM закупила 100 транзисторов по цене \$150 за штуку.

1958 год. К тому времени разработками полупроводников независимо занимались несколько компаний. Ученых объединял один вопрос: "Как в минимум места вместить максимум компонентов?". Роберт Нойс из Fairchild Semiconductor Corporation и Джек Килби, работающий в Texas Instruments изобрели практически идентичную модель интегральной схемы. Разница состояла в том, что Килби воспользовался германием, а Нойс предпочёл кремний.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.26/31

1959 год. Роберт Нойс и Джек Килби отдельно друг от друга получили патенты на свои изобретения — началось противостояние двух компаний, которое закончилось мирным договором и созданием совместной лицензии на производство чипов.

60-е годы. Fairchild Semiconductor Corporation пустила чипы в свободную продажу, их сразу стали использовать в производстве калькуляторов и компьютеров вместо отдельных транзисторов, что позволило значительно уменьшить размер и увеличить производительность. Вообще, начало 60-х это сильный подъем в полупроводниковой отрасли. Многие инженеры и ученые, стоявшие у истоков создания полупроводников начинают основывать собственные фирмы. Так Джин Хоерни, Евгений Клайнер, Джей Ласт и Шелдон Робертс в 1961 году основали компанию Amelco, из которой в последствии «выросли» Intersil, Maxim и Ixys. В 1967 Чарли Спорк уходит в National Semiconductor. В 1968 году Гордон Мур и Роберт Нойс основали Intel. В том же году Виктор Гринич основывает собственную компанию Escort Memory Systems.

В СССР в 1963 году создан Центр микроэлектроники в г. Зеленограде. Инженер Ф.А.Щиголь разработал планарный транзистор 2Т312 и его бескорпусной аналог 2Т319, ставший основным активным элементом гибридных схем. В 1964 году на заводе "Ангстрем" при НИИ точной технологии созданы первые интегральные схемы ИС-"Тропа" с 20 элементами на кристалле, выполняющие функцию транзисторной логики с резистивными связями. В НИИМЭ в Зеленограде создана технология и начат выпуск первых планарных транзисторов "Плоскость". Под руководством Б.В.Малина в НИИ-35 (ныне НИИ "Пульсар") была создана первая серия кремниевых интегральных схем ТС-100 (степень интеграции - 37 элементов на кристалле). В 1966 году в НИИ "Пульсар" начал работать первый экспериментальный цех по производству планарных интегральных схем. В НИИМЭ под руководством доктора наук К.А.Валиева начат выпуск логических и линейных интегральных схем. В 1968 НИИ "Пульсар" выпустил партию первых гибридных тонкопленочных ИС с планарными бескорпусными транзисторами типов КД910, КД911, КТ318, предназначенных для телевидения, радиовещания и связи. В НИИ МЭ разработаны цифровые и линейные ИС массового применения (серия 155). В 1969 году физик Ж.И.Алферов сформулировал и практически реализовал свои идеи

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.27/31

управления электронными и световыми потоками в классических гетероструктурах на основе системы арсенид галлия-арсенид алюминия.

70-е годы. Последующее десятилетие отметилось дальнейшим ростом рынка электронных компонентов. Строились заводы по производству микросхем, образовывались новые компании. Старые компании постепенно перепрофилировались в соответствии с новыми требованиями времени, переходя от производства ламп к производству полупроводников, номенклатура которых постоянно расширяется - это аналоговые и цифровые микросхемы, диоды, ВЧ транзисторы и тиристоры. Так например, кампания ANALOG DEVICES, начав в 1965 году со штатом в 45 человек, активно развиваясь, к 1974 году увеличила число сотрудников до 894, а в 1979 году стала публичной, выпустив на рынок свои акции. Компания MOTOROLA, начиная свой бизнес в 30-х годах с производство автомобильных радиоприемников, в 1974 году выпускает на рынок микроконтроллер MC6800, который на долгие годы становится №1 в автомобильной и бытовой электронике.

Что касается СССР, к сожалению не было развития в сторону массового производства, однако наука на месте не стояла и к началу 1970 года в стране насчитывалось 69 серий интегральных схем, из которых 7 серий – по МОП технологии, 32 серии – по биполярной технологии. В 1973 – созданы интегральные схемы для наручных часов со степенью интеграции 1500 транзисторов на кристалл размером 2х2 мм². Под руководством Э.Е Иванова на заводе "Ангстрем" за пять месяцев был разработан и выпущен калькулятор на основе собственных БИС, а в 1974 году в научном центре на заводе "Ангстрем" под руководством В.Л. Дшхуняна созданы первые отечественные микропроцессоры. В 1975 году организован промышленный выпуск цифровых ИС серий 100 и 500 с быстродействием 2 нс для ЭВМ "Эльбрус-2", создана БИС ЗУ динамического типа емкостью 4 Кбит. К середине 70-х была достигнута степень интеграции 20 000 транзисторов на кристалл, а к концу десятилетия создана первая однокристалльная микро-ЭВМ, эквивалентная мини-ЭВМ.

70-е годы были отмечены еще одним знаковым событием. К тому времени стало очевидно, что при постоянном росте сложности интегральных схем задача их промышленной разработки без создания средств компьютерной автоматизации будет попросту нереализуема. Появились инструменты автоматизации, которые

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.28/31

сейчас объединены в рамках EDA (Electronic Design Automation). Поначалу они были представлены средствами CAE (Computer Aided Engineering) - для разработчика принципиальных схем и средствами CAD (Computer Aided Design) - для инженера-конструктора. Самой серьезной проблемой для разработчиков ранних ИС было отсутствие возможности создания физического прототипа разрабатываемого устройства. Ошибки, допущенные при проектировании принципиальной схемы устройства, обнаруживались только после изготовления интегральной схемы. При обнаружении ошибки нужно было менять проект, заново создавать комплект фотошаблонов и повторять весь производственный цикл. Для решения этой проблемы в 70-е годы в университете Беркли (Berkeley), который входил в число лидеров разработки средств компьютерного инжиниринга (CAE), была разработана программа SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). Предназначалась она для моделирования ИС на электрическом уровне и позволяла проверять правильность работы схемы на уровне виртуальной компьютерной модели. Эта программа и по сей день используется для моделирования аналоговых схем. По мере распространения цифровых схем, для проверки правильности функционирования стали разрабатывать и использовать средства логического моделирования. Одной из первых таких программ была система Hi-Lo.

80 годы. Десятилетие 80-х, несмотря на спад в электронной промышленности США, также отмечены успехами в этой области. Под руководством Гордона Кэмпбелла создается первая 64k (8096x8) EEPROM с единственным напряжением питания +5 В. 80-е годы стали временем "второй волны" в мировой электронной промышленности. Именно тогда появились такие компании как Cypress, Seeq, Sierra, Maxim, Atmel, Xilinx, Linear Technology "вышедшие" в большинстве своем из компаний "первой волны" - NatSemi, Intel, Signetics, AMD.

В Советском Союзе в 1980 году заводом "Микрон" изготовлена 100 000 000 интегральная схема. В 1983 году в НИИМЭ организован промышленный выпуск базовых матричных кристаллов БМК И-200 и БМК И-300 для отечественных ЭВМ. В 1984 в НИИТТ был разработан первый персональный компьютер ДВК-1, а на заводе "Ангстрем" он стал выпускаться серийно. В 1985 году в НИИМЭ получены тестовые образцы кристаллов ИС с топологической нормой 0,5 мкм. с использованием электронно-лучевой литографии. Во второй половине 80-х годов создан первый 32-разрядный микропроцессор и налажен выпуск СБИС памяти емкостью 1 М.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.29/31

Что касается САПР, то в начале 80-х годов компании Daisy, Valid и Mentor Graphics разработали свои системы на базе рабочих станций (Sun, Apollo), в рамках которых объединялись ввод принципиальной схемы, система моделирования и средства конструкторского проектирования. Таким образом, произошло объединение средств САЕ и САД. В 1985 году эти фирмы с большим успехом вышли на мировой рынок. Это и было рождением индустрии EDA.

90 годы. Это десятилетие характеризуется дальнейшим наращиванием объемов производства полупроводников, происходит все большая степень интеграции микросхем. Бурный рост персональной компьютерной техники приводит к разработкам сложных специализированных устройств. Крупные корпорации выводят свое производство в Китай и страны Юго-Восточной Азии. Совсем по-другому обстоят дела в нашей стране. Государственное финансирование снизилось до минимума. Ряд ведущих предприятий электроники - на грани закрытия, другие после акционирования утратили производственный профиль деятельности. Эффективно работающие предприятия составляют всего несколько процентов от общего количества. К середине 90-х годов российская электроника имела годовые объемы вложений 150 млн. долларов, а мировой рынок оценивается в 210 млрд. долларов. В России только на заводах "Ангстрем" и "Микрон" в Зеленограде можно производить СБИС с топологической нормой 1,2 мкм. В 1997 Правительством создана холдинговая компания "Российская электроника", в которую вошли 32 предприятия и научно-исследовательских институтов бывшей электронной промышленности. На заводе "Микрон" введена производственная линия по выпуску СБИС с проектными нормами 0,8 мкм. на пластинах 150 мм. В НИИМЭ разработана элементная база БикМОП ИС на основе самосовмещенной технологии. В 1998 году на СП "Корона" начато промышленное производство СБИС на пластинах кремния диаметром 150 мм с топологическими нормами 0,8 мкм. И пожалуй самое замечательное событие произошло на пороге нового тысячелетия. В 2000 году академик Ж.И.Алферов удостоен Нобелевской премии, за исследования начатые еще в 1970 году - за основополагающие работы в области информационных и коммуникационных технологий, в частности за открытие явления суперинжекции в гетероструктурах, открытие идеальных гетероструктур арсенид алюминия-арсенид галлия, создание полупроводниковых лазеров на двойных гетероструктурах,

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.30/31

создание первых биполярных гетеротранзисторов, солнечных батарей на гетероструктурах.

В настоящее время главенствует направление микроминиатюризации полупроводниковых приборов. Последние достижения таковы: в США, в 2006 году создан транзистор из одиночной молекулы углерода. И уже в том же, 2006 году, ученым из IBM удалось впервые в мире создать полнофункциональную интегральную микросхему на основе углеродной нанотрубки, способную работать на терагерцевых частотах. Вполне вероятно, что развитие нанoeлектроники будет связано с сопоставимой по масштабу оптимизацией, аналогичной уменьшению микроэлектронной компонентной базы в 60-е годы минувшего столетия. Возможно, что на основе интегрированных нанoeлектронных чипов возникнет совершенно новая элементная база, которая будет отличаться высокой компактностью, низким энергопотреблением и невиданным ранее быстродействием.

Порядок выполнения работы:

1. По изложенному материалу отметить этапы развития электронной техники.
2. На сайтах интернет найти биографии некоторых (на выбор) физиков и подготовить краткий доклад об их достижениях.
3. Свяжите проработанный материал с изучаемым на уроках.

МО-11 02 03-ОП.05.СР	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ЭЛЕКТРОРАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ	С.31/31

Используемые источники литературы

Виды источников	Наименование рекомендуемых учебных изданий
Основные	Сборник ГОСТов «Обозначения условные графические в схемах».
	Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. «Электротехнические материалы», Л., Энергоатомиздат
Дополнительные,	Нефедцев Е.В. «Радиоматериалы и радиокомпоненты», Томск, Издательство Томского межвузовского центра дистанционного образования, 2010.
	Петров К.С. «Электрорадиоматериалы, радиокомпоненты и электроника», С.-П., Изд-во «Питер».
	Алиев И.И. «Справочник по электротехнике и электрооборудованию», Ростов-на-Дону, Феникс, 2003.
	Бокуняев А.А. «Справочная книга радиолюбителя-конструктора». М., Радио и связь, 1990.
Электронные образовательные ресурсы	1. ЭБС «Book.ru», https://www.book.ru 2. ЭБС «ЮРАЙТ» https://www.biblio-online.ru 3. ЭБС «Академия», https://www.academia-moscow.ru 4. Издательство «Лань», https://e.lanbook.com 5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://www.biblioclub.ru
Периодические издания	Журнал «Радио»; Журнал «Эксплуатация морского транспорта»; Журнал «Морские вести России»; Журнал «Морской Флот»; Журнал «Стандарты и качество». Научно-технический сборник российского морского регистра судоходства.