

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Автономное профессиональное образовательное учреждение Удмуртской  
Республики «Техникум радиозлектроники и информационных технологий имени  
А.В. Воскресенского»**

**Практические работы  
по учебному предмету ОП.07 Материаловедение, электрорадиоматериалы и  
радиокомпоненты**

**Разработала**

**Т.Е. Мышкина**

**Ижевск, 2023**

## Практическая работа №1

**Тема:** Исследование удельного электрического сопротивления электротехнических материалов

### Основные теоретические сведения:

Основной характеристикой электротехнических материалов является удельная электропроводность -  $\gamma$ , Сименс/м, как коэффициент пропорциональности между плотностью тока  $j$  (А/м<sup>2</sup>) и напряженностью электрического поля  $E$  (В/м) в законе Ома  $j = \gamma \cdot E$ .

Удельная электропроводность зависит только от свойств материала. Этой характеристикой обычно пользуются в теории. На практике, для оценки электропроводности материалов и систем более широко используется обратная величина - удельное электрическое сопротивление -  $\rho$ , Ом·м,  $\gamma \rho = 1$ . (1.2) Для основных групп электротехнических материалов значение  $\rho$  составляет:

- проводники -  $\rho < 10^{-5}$  Ом·м;
- диэлектрики -  $\rho > 10^8$  (до  $10^{16}$ ) Ом·м;
- полупроводники -  $\rho = 10^{-5} \dots 10^8$  Ом·м.

Что касается магнитных материалов, по величине удельной проводимости (удельному сопротивлению) они могут быть проводниками, полупроводниками или диэлектриками. Среди материалов, применяемых в электротехнических устройствах и приборах, особое место занимают сплавы с высокими упругими свойствами, которые применяются для упругих элементов (токопроводящие пружины, подвески, растяжки, мембраны и т.д.), и сплавы с особыми свойствами теплового расширения (сплавы инварного типа). Различают сплавы с минимальным коэффициентом линейного расширения, предназначенные для деталей приборов с повышенными требованиями постоянства линейных размеров при изменении температуры, и сплавы с заданным коэффициентом линейного расширения - для создания вакуум плотных спаев с другими материалами (стеклом, керамикой и т.д.).

### Задание:

1. Определить температурный коэффициент сопротивления проводниковых материалов. Полученные результаты записать в таблицу:

материал	Сопротивление при температуре, Ом								
	15°C	25°C	35°C	45°C	55°C	65°C	75°C	85°C	95°C
Медь									
Нихром									
константан									

Для определения ТКС принимается длина образца 3м, диаметр 0,25мм.

2. Построить графики температурной зависимости сопротивления и удельного сопротивления.
3. Проанализировать построенные графики температурной зависимости сопротивления и удельного сопротивления.
4. Рефлексия.

### Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа №2

**Тема:** Анализ свойств и строения материалов.

**Задание:**

1. Выпишите в предложенную таблицу полупроводниковые материалы:

материал	кристаллическая решетка	прочность	упругость	пластичность	хрупкость

2. Проанализируйте составленную таблицу, дайте ответ на вопрос: как отличаются свойства от строения материала.

3. Рефлексия.

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа № 3

**Тема:** Анализ классификации полупроводниковых материалов.

**Задание:**

1. зарисуйте классификацию полупроводниковых материалов. (их несколько)

2. какой фактор заложен в основу классификации

3. распишите разность в свойствах полупроводников различных групп.

4. запишите применение полупроводниковых материалов, различных групп

5. рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа № 4

**Тема:** Анализ электропроводности полупроводниковых материалов.

**Задание:**

1. заполните таблицу:

материал	электропроводность	факторы влияющие на проводимость


2. какое влияние оказывает физическое воздействие на полупроводник, как это используется
3. какое влияние оказывает температура, как это используется
4. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 5**

**Тема:** Анализ классификации проводниковых материалов

**Задание:**

1. зарисуйте классификацию проводниковых материалов.
2. какой фактор заложен в основу классификации
3. распишите разность в свойствах проводниковых материалов различных групп.
4. запишите применение проводниковых материалов, различных групп
5. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 6**

**Тема:** Сравнительный анализ алюминия и меди по электрическим, механическим, тепловым характеристикам, способу получения, весу, содержанию в природе и др.

**Задание:**

1. заполните предложенную таблицу:

	медь	алюминий
Химическая формула		
Название руды		
Способ получения		
Масса		
Содержание в природе		
Прочность		
Пластичность		
Хрупкость		

Коррозионная стойкость		
Электропроводность		
Удельное сопротивление		

2. проанализируйте целесообразность применения каждого материала
3. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 7**

**Тема:** Заполнение таблицы классификации проводниковых материалов по электропроводности

**Задание:**

1. составьте таблицу проводниковых материалов
2. разбейте материалы по проводимости
3. проанализируйте проводимость различных материалов
4. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 8**

**Тема:** Заполнение таблицы проводниковых материалов по электрическим, механическим, тепловым характеристикам

**Основные теоретические сведения:**

Свойство металлов объясняется хорошей проводимостью электрического тока, а это значит металл обладает большой плотностью свободных электронов. Малое удельное сопротивление имеют химически чистые металлы. Как правило, сплавы по сравнению с чистыми металлами обладают большим удельным сопротивлением. Известно, что с повышением температуры сопротивление металлов увеличивается. Производя расчеты с целью выбора проводниковых материалов это необходимо учитывать, так как они нагреваются во время прохождения по ним электрического тока.

В среднем температурный коэффициент сопротивления чистых металлов составляет  $4 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Удельное сопротивление отдельных проводников при понижении температуры уменьшается, например: удельное сопротивление алюминия равно  $0,05 \text{ нОм}\cdot\text{м}$  при температуре жидкого водорода  $20^\circ \text{ К}$ , т.е. в 524 раза меньше, чем при температуре  $20^\circ\text{C}$   $293^\circ\text{К}$ .

При охлаждении до определенной критической температуры, близкой к абсолютному нулю, у многих проводников, кроме золота, меди, серебра и некоторых других металлов, электрическое сопротивление скачкообразно падает до нуля. Это свойство называется у проводников сверхпроводимостью.

Широкое практическое применение в настоящее время находит явление сверхпроводимости, например, при сооружении трансформаторов, мощных электромагнитов, электрических машин, кабелей. Поддержание низких температур связано пока с большими материальными затратами, так как при работе электроустановок и электрооборудования обходится слишком дорого. Применяя проводниковые материалы в электроустановках, обращают внимание на плотность применяемых материалов, их удельное сопротивление и температурный коэффициент сопротивления, химические и механические свойства, температуру их плавления.

Различают проводниковые материалы по механическим свойствам: прочность при растяжении, изгибании, твердость, и т.п. При конструировании и проектировании электроустановок учитывают эти свойства. Химические свойства учитывают при выборе и применении проводниковых материалов. Например, если проводники требуется использовать в условиях повышенной влажности, то их помещают в герметические оболочки или даже в некоторых случаях защищают антикоррозионными покрытиями. Также выбирая проводники важно учитывать свойство соединения путем сварки и пайки.

В качестве проводников электрического тока могут быть использованы как твердые тела, так и жидкости, а при соответствующих условиях и газы. Важнейшими практически применяемыми в электротехнике твердыми проводниковыми материалами являются металлы и их сплавы.

**К важнейшим параметрам**, характеризующим свойства проводниковых материалов, относятся:

- 1) удельная проводимость ( или обратная ей величина — удельное сопротивление );
- 2) температурный коэффициент удельного сопротивления ТК;
- 3) коэффициент теплопроводности
- 4) контактная разность потенциалов и термоэлектродвижущая сила (ЭДС);
- 5) работа выхода электронов из металла;
- 6) предел прочности при растяжении.

#### **Задание:**

1. Составьте таблицу: в левой графе укажите проводниковые материалы основные параметры
2. Заполните составленную таблицу. Проводниковые материалы берем твердые, жидкие, газообразные
3. Проанализируйте составленную таблицу
4. Рефлексия

#### **Критерии оценивания**

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 9**

**Тема:** Анализ материалов высокой проводимости и высокого сопротивления

К материалам высокой проводимости предъявляют следующие требования: минимальное удельное сопротивление –  $\rho$ ; достаточно высокие механические свойства; способность легко обрабатываться; способность давать контакты с малым переходным сопротивлением при пайке, сварке и других методах соединения; коррозионная стойкость.

Материалами высокого сопротивления являются металлические сплавы, образующие твердые растворы, некоторые оксиды, силициды и карбиды, а также чистые металлы в очень тонких

слоях. Материалы высокого сопротивления должны быть высокостабильными, иметь удельное сопротивление не менее  $0,3 \text{ мк}\cdot\text{Ом}\cdot\text{м}$ , очень низкий температурный коэффициент удельного сопротивления ТКр и малую термо-ЭДС относительно меди.

**Задание:** результаты выполнения задания можно оформлять в виде таблицы

1. Выпишите материалы высокой проводимостью
2. На каждый материал выпишите требования, предъявляемые к материалам высокой проводимости.
3. Выпишите материалы высокого сопротивления
4. На каждый материал выпишите требования, предъявляемые к материалам высокого сопротивления.
5. Рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### Практическая работа №10

**Тема:** Анализ материалов для подвижных, скользящих и размыкающих контактов

#### Основные теоретические сведения:

Скользящие контакты обеспечивают переход электрического тока от неподвижной части устройства к подвижной.

**Материалы для размыкающих контактов** работают в сложных условиях, поскольку в процессе работы между контактными поверхностями **размыкающих контактов** могут возникать электрические разряды в виде искры или дуги. Этот процесс сопровождается электрической эрозией (разрушением поверхности), которая является причиной нарушения нормальной работы соответствующего прибора. На поверхностях **размыкающих контактов** образуются оксидные пленки, поэтому они подвержены также коррозии или химическому износу. Выбор **материалов для размыкающих контактов** ведут по значению коммутлируемого тока или по мощности размыкания электрических цепей

Выбор материалов для размыкающих контактов ведут по значению коммутлируемого тока или по мощности размыкания электрических цепей.

По значению коммутлируемого тока разрывные контакты делят на слаботочные (работают при токах до единиц ампер) и сильноточные (работают при токах, больших единиц ампер).

По значению мощности контакты этого типа делят на маломощные и мощные.

*Слаботочные (маломощные)* размыкающие контакты изготавливают из благородных и тугоплавких металлов и сплавов на их основе типа твердых растворов.

В широкой номенклатуре контактов применяется чистое серебро, которое обеспечивает высокую электропроводность и низкое переходное электрическое сопротивление, однако имеет недостаточную стойкость к эрозии, и серебряные контактные поверхности легко свариваются между собой. Чистое серебро не используют также для особо точных размыкающих контактов с малой силой контактного нажатия (малонагруженных) и в сочетании с материалами, содержащими серу (например, резина, эбонит).

*Сильноточные (мощные)* размыкающие контакты изготавливают из металлокерамических материалов, получаемых методами порошковой металлургии.

**Задание:** результаты можно оформить в виде таблицы

1. выписать материалы для контактов
2. выписать значения коммутируемого тока и мощности размыкания электрических цепей для каждого материала
3. связать применение этих материалов с выписанными характеристиками
4. рефлексия

Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

## Практическая работа № 11

**Тема:** Анализ типов припоев и контактолов

**Основные теоретические сведения:**

**Припой** — материал, применяемый при пайке для соединения заготовок и имеющий температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы.

Припой состоит большей частью из олова с добавлением различных материалов. В структуру припоя могут входить следующие компоненты:

Олово (Sn) – представляет собой мягкий металл с температурой плавления + 231,9 С градусов. Олово растворяется в соляной и серной кислоте. Большая часть органических кислот на него не действуют. При воздействии комнатных температур олово не подвергается окислению, однако при ее снижении ниже +18 С и особенно ниже -50 С происходит разрушение кристаллической решетки металла, в результате чего олово приобретает серый оттенок.

Свинец (Pb) – очень популярный металл в изготовлении припоя за счет легкоплавкости. В чистом виде металл очень мягкий, легко обрабатываемый. У свинца окисляется только верхняя часть, контактируемая с воздухом. Металл легко растворяется в щелочи и кислотах, содержащих азот и органику.

Кадмий (Cd) – применяется для изготовления легкоплавких припоев в малых дозах совместно с оловом, висмутом или свинцом. В чистом виде – токсичен, температура его плавления + 321 С. Зачастую кадмий применяется в антикоррозийных целях.

Висмут (Bi) – один из самых легкоплавких металлов при использовании его в составе припоя с температурой плавления + 271 С. Висмут хорошо растворим в азотной кислоте, а так же в подогретом растворе серной кислоты.

Сурьма (Sb) – тугоплавкий металл с температурой плавления + 630,5 С. Не подвержен воздействию воздуха. Не окисляется. В припое дает эффект глянца. Металл токсичен.

Цинк (Zn) – хрупкий металл синевато-серого цвета с температурой плавления + 419 С. Быстро окисляется на воздухе. Используется в припоях аппаратуры, работающей во влажных условиях, за счет того, что покрывает под воздействием влаги пленкой окиси, защищающей места пайки. Цинк легко растворим в кислотах. Цинк вместе с медью применяется для твердых припоев, а так же кислотных флюсов.

Медь (Cu) – металл с самой высокой температурой плавления в изготовлении припоя + 1083 С. Не поддается воздействию воздуха, однако верхним слоем окисляется при попадании влаги. Медь применяется в тугоплавких припоях.

Припои разделяют на легкоплавкие и тугоплавкие.

Для всех составов можно выделить перечень основных свойств:

- смачиваемость – показывает, насколько хорошо припой обволакивает и прилипает к паяемым деталям;



- прочность – определяет способность выносить механические усилия и нагрузки, для этого в состав могут добавлять бор, железо, никель, цинк или кобальт;
- пластичность – способность к деформации, достигается за счет присадок из марганца, висмута, лития и т.д.;
- устойчивость к высоким температурам – важна для пайки твердыми сплавами, которые находятся в котельных, печах, трубопроводах, нагревательных приборах, свойство достигается путем добавления вольфрама, циркония, ванадия, гафния, ниобия и т.д.
- устойчивость к коррозионному разрушению – повышается путем легирования медью или никелем.

#### Критерии выбора

- типы соединяемых элементов, из какого материала изготовлены, их толщина и параметры соединяемых поверхностей;
- способ пайки, для которого подбирается припой – медным жалом классического паяльника, феном, паяльной станцией и т.д.;
- допустимый температурный режим – температура плавления припоя должна быть меньше температуры плавления соединяемых элементов;
- наличие механического воздействия – определяется статическая или динамическая, возможно, вибрационная;
- устойчивость к агрессивной среде – для преждевременного разрушения припоя его тип должен предусматривать устойчивость к влаге, температуре, газам, пыли и прочим факторам, воздействующим на него в процессе эксплуатации.

**Контактолами** ( иначе электропроводящий клей) называются мало-низкие или пастообразные композиции из различных синтетических смол, используемые в качестве токопроводящих клеев и покрытий.

Токопроводящим наполнителем являются мелкодисперсные горошки металлов или графита для регулирования вязкости используют растворители. Полимерные связующие определяют низкую плотность, высокую прочность и эластичность, а также хорошие адгезионные свойства электропроводящих композиций.

Электрические свойства определяются свойствами дисперсного наполнителя - его электропроводностью, концентрацией, формой и размером частиц, В настоящее время известно более 50 типов контактолов.

Наиболее высокой проводимостью и стабильностью свойств обладают контактолы с содержанием серебра. Их используют для склеивания поверхностей серебра, меди, стекла, керамики.

Если серебро предварительно обработано растворами жирных кислот, то такой клей используется для монтажа элементов радиоэлектроники, таких как ниточные резисторы, фоторезисторы и другие элементы.

Некоторые виды клея, имеющие высокую термостойкость и большой срок службы, используются в производстве керамических конденсаторов и для монтажа интегральных схем. А контактол К-20 обладает максимальной для подобных материалов электропроводностью ( $\rho = 0,5 \text{ мкОм м}$ ).

Марки и характеристики некоторых проводящих клеев приводятся ниже: клей марки К-17: наполнитель - серебро,  $\rho = 1 - 2 \text{ мкОм м}$ , температура отверждения 170 - 200 °С, максимальная рабочая температура - 200 0С, срок службы 6 месяцев; клей К-20: наполнитель тот же, температура отверждения 20 - 80 °С, максимальная рабочая температура 80 0С, срок службы 6 месяцев.

**Задание:** результаты выполнения можно оформить в виде таблицы

1. Выпишите припои по мере возрастания температуры плавления (начиная с самой малой температуры плавления)

2. Выпишите припои по мере возрастания температуры пайки припоя (начиная с самой малой температуры пайки)
3. Выберите припои имеющие высокую электропроводность
4. Выберите припои имеющие высокую механическую прочность.
5. Запишите тип контактола и тип его связующего.
6. Запишите преимущества и недостатки различных наполнителей
7. Рефлексия

**Критерии оценивания**

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

**Практическая работа № 12**

**Тема:** Изучение свойств и характеристик твердых диэлектриков

**Основные теоретические сведения:**

Учебник Л.В. Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 5 «диэлектрические материалы»)

**Задание:**

1. дайте определение твердым диэлектрикам
2. основные характеристики диэлектриков. заполните таблицу

характеристика	компаунд	мусковит	гетинакс	слюда	фарфор	бумага
Плотность, кг/м <sup>3</sup>						
Температура плавления, °С						
Предел прочности при растяжении, Н/м <sup>2</sup>						
Разрушающее напряжение при изгибе, Н/м <sup>2</sup>						
Разрушающее напряжение при растяжении, Н/м <sup>2</sup>						
Удельное эл.сопротивление, Ом*м						
Диэлектрическая проницаемость						
Электрическая прочность, МВ/м						
Тангенс угла диэлектрических потерь						

3. определите самый устойчивый к изменению характеристик материал

4. укажите, как могут влиять характеристики на область применения диэлектрических материалов  
 5. рефлексия

### Практическая работа № 13

**Тема:** Анализ применения конденсаторов

**Основные теоретические сведения:**

Петров К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: Учебное пособие-СПб.:Питер, 2006.

**Задание:**

1. проведите расшифровку выданных вам конденсаторов.

маркировка	Тип конденсатора	ёмкость	Рабочее напряжение	конструкция	применение	особенности

2. проведите анализ зависимости конструкции, типа , применение  
 3. рефлексия

**Критерии оценивания**

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий

Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий

Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### Практическая работа № 14

**Тема:** Анализ применения жидких и газообразных диэлектриков

**Основные теоретические сведения:**

Учебник Л.В. Журавлева «Электроматериаловедение» (глава 5 «диэлектрические материалы»)

**Задание:**

1. дайте определение жидким и газообразным диэлектрикам  
 2. основные характеристики диэлектриков. заполните таблицу

характеристика	совтол	АК-15	нигрол	элегаз	азот	водород
Плотность, кг/м <sup>3</sup>						
Удельное эл.сопротивление, Ом*м						
Диэлектрическая проницаемость						
Электрическая прочность, МВ/м						

Тангенс угла диэлектрических потерь						
---	--	--	--	--	--	--

3. определите самый устойчивый к изменению характеристик диэлектрик
4. укажите, как могут влиять характеристики на область применения диэлектрических материалов
5. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### Практическая работа № 15

**Тема:** Устройства резистора и конденсатора с учётом свойств материалов

**Основные теоретические сведения:**

Учебник Л.В. Журавлева «Электроматериаловедение»

**Здание:**

1. зарисуйте конструкцию резисторов
2. отметьте материалы применяемые в конструкции
3. зарисуйте конструкцию конденсаторов
4. отметьте материалы применяемые в конструкции
5. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания
- Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий
- Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий
- Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### Практическая работа № 16

**Тема:** Устройство импульсного трансформатора, дросселя переменной катушки индуктивности с учётом свойств материалов

**Основные теоретические сведения:**

Учебник Л.В. Журавлева «Электроматериаловедение»

**Задание:**

1. зарисуйте устройство импульсного трансформатора, укажите материалы всех составляющих частей
2. обоснуйте применение материалов
3. зарисуйте устройство дросселя переменной катушки индуктивности, укажите материалы всех составляющих частей
4. обоснуйте применение материалов
5. рефлексия

Критерии оценивания

- Оценка «5» ставится, если выполнены все задания

Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий  
Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий  
Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 17**

**Тема:** Устройство полевого и биполярного транзисторов с учётом свойств материалов

#### **Основные теоретические сведения:**

Учебник Л.В. Журавлева «Электроматериаловедение»

#### **Задание:**

1. зарисуйте устройство полевого транзистора, укажите материалы всех составляющих частей
2. обоснуйте применение материалов
3. зарисуйте устройство биполярного транзистора, укажите материалы всех составляющих частей
4. обоснуйте применение материалов
5. рефлексия

#### Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания  
Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий  
Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий  
Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий

### **Практическая работа № 18**

**Тема:** Устройство гибридной интегральной микросхемы с учётом свойств материалов

#### **Основные теоретические сведения:**

Учебник Л.В. Журавлева «Электроматериаловедение»

#### **Задание:**

1. зарисуйте устройство гибридной интегральной микросхемы, укажите материалы всех составляющих частей
2. обоснуйте применение материалов
3. рефлексия

#### Критерии оценивания

Оценка «5» ставится, если выполнены все задания  
Оценка «4» ставится, если выполнено не менее 80% заданий  
Оценка «3» ставится, если выполнено не менее 60% заданий  
Оценка «2» ставится, если выполнено менее 60% заданий