

**Задание. Изучить параграф 3.4 и составить конспект. Материал для конспекта начинается на этом слайде.**

## **Материалы с высоким удельным сопротивлением (§3,4)**

**Дата**

Эта группа проводниковых материалов имеет удельное электрическое сопротивление  $\rho \geq 0,3 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$ , носит название резистивных.

Их сопротивление значительно выше сопротивления исходных элементов, из которых они получены.

Их делят на проволочные, непроволочные (пленочные) и материалы для термопар.

**Проволочные резистивные М** в зависимости от рабочей температуры подразделяют:

1. Сплавы с  $T_{\text{раб}}$  до  $500^{\circ}\text{C}$  медные (константаны и манганины), сплавы на основе золота, серебра, палладия, платины. Используют для резисторов, потенциометров и термодатчиков.
2. Сплавы с  $T_{\text{раб}}$  до  $1200^{\circ}\text{C}$  на основе железа, никеля и хрома (нихромы, фехрали, хромали). Используют для реостатов и нагревательных элементов.
3. Сплавы с  $T_{\text{раб}}$  выше  $1200^{\circ}\text{C}$  на основе тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена, титана), керамические материалы. Используют для изготовления нагревателей электрических печей.

*Далее посмотрите презентацию до 21 слайда, она рассказывает об одном из самых распространенных радиоэлементов, в котором используются проволочные и пленочные резистивные М. Кратко запишите информацию со слайда 21. Далее составьте краткий конспект по § 3.4.1 описав манганин, константан, нихром, фехраль, хромаль, их состав, свойства и область применения.*

**Пленочные резистивные М** в зависимости от исходных М подразделяют на металлопленочные, металлооксидные, углеродистые и композиционные.

*Далее продолжите работать с презентацией с 22 по 25 слайд и § 3.4.2 описав четыре вида пленочных резисторов. Далее с 26 слайдом и § 3.7.2.*

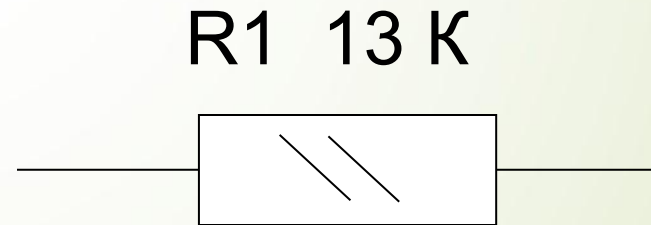
**Материалы для термопар (§ 3.4.3 )** предназначены для измерения температур:

1. До  $350^{\circ}\text{C}$  медь - константан, медь - копель
2. До  $600^{\circ}\text{C}$  железо - константан, железо - копель, хромель – копель
3. До  $1000^{\circ}\text{C}$  хромель – алюмель
4. До  $1600^{\circ}\text{C}$  платинородий-платина





Резистор - это элемент,  
предназначенный для  
перераспределения и регулирования  
электрической энергии между  
элементами схемы.





*Резисторы являются наиболее распространенными элементами радиоэлектронной аппаратуры и используются практически в каждом электронном устройстве.*

**Их применяют:**

- **в схемах делителей напряжения;**
- **в качестве добавочных сопротивлений и шунтов в измерительных приборах;**
- **в качестве регуляторов напряжения и тока, регуляторов громкости, тембра звука и т.д.**

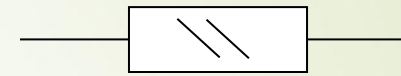
*В сложных приборах количество резисторов может достигать до нескольких тысяч штук.*



# Классификация:

## 1. Постоянные

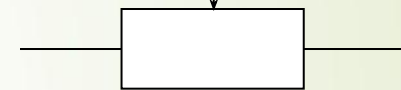
R1 5,6 K



## 2. Переменные:

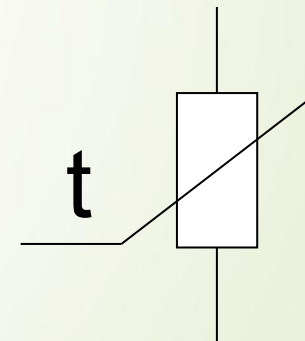
регулируемые, подстроечные

R14 100 K



## 1. Специальные (полупроводниковые):

варисторы, терморезисторы, фоторезисторы

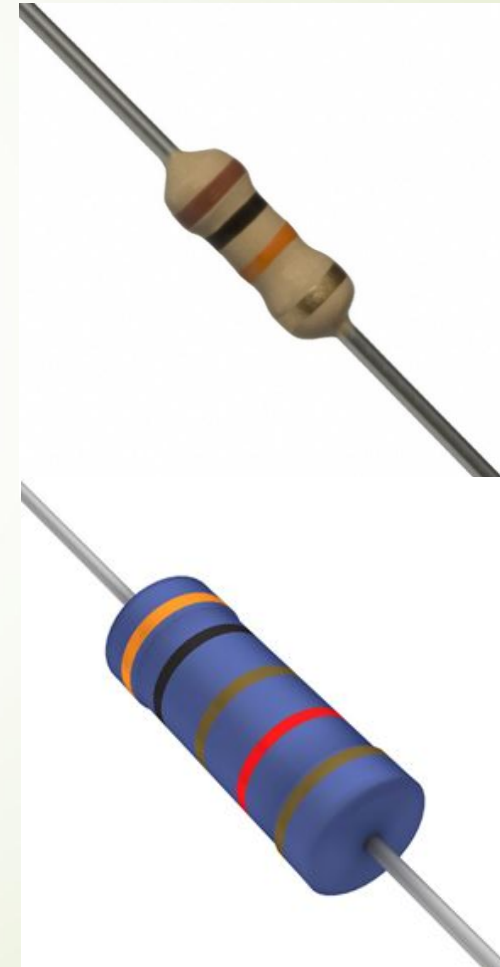
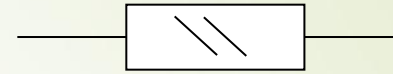


# Постоянные резисторы

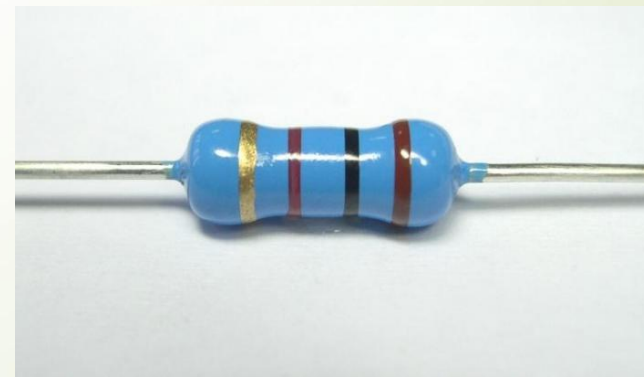
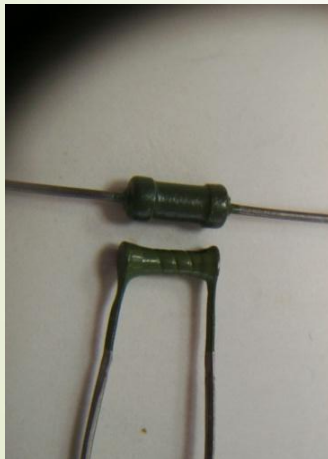
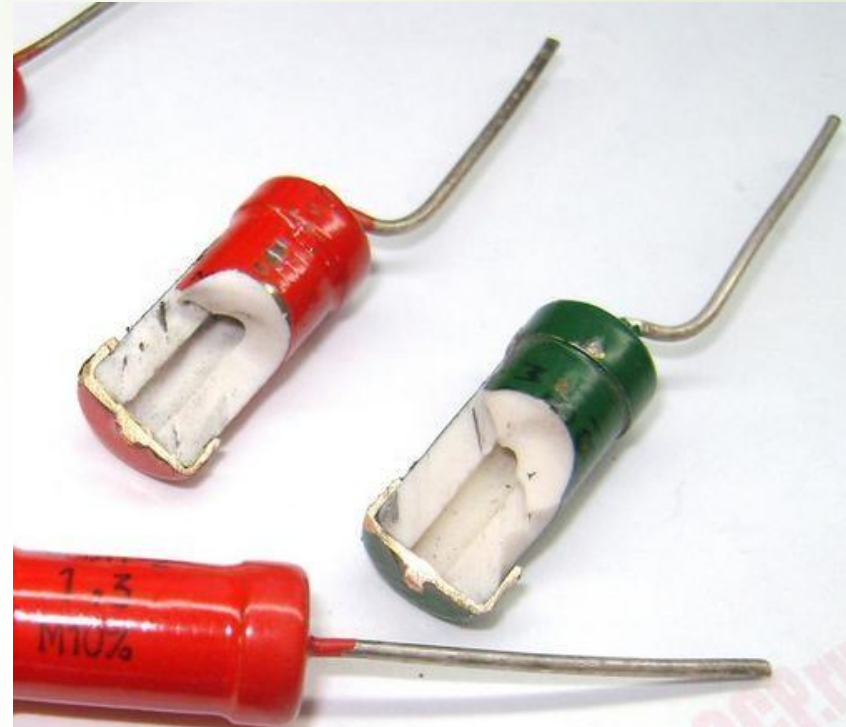


- общего применения,
- точные,
- прецизионные,
- высокочастотные,
- высокоомные,
- высоковольтные.

Классификация



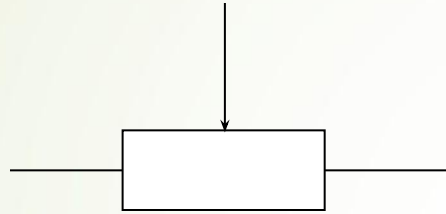
# Постоянные резисторы



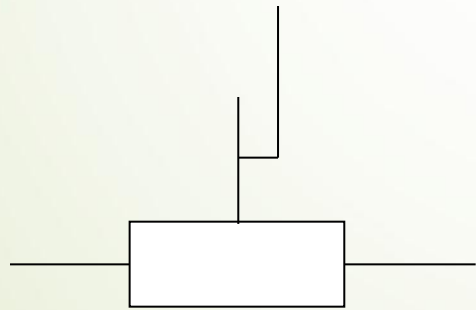
# Переменные резисторы



- регулировочные



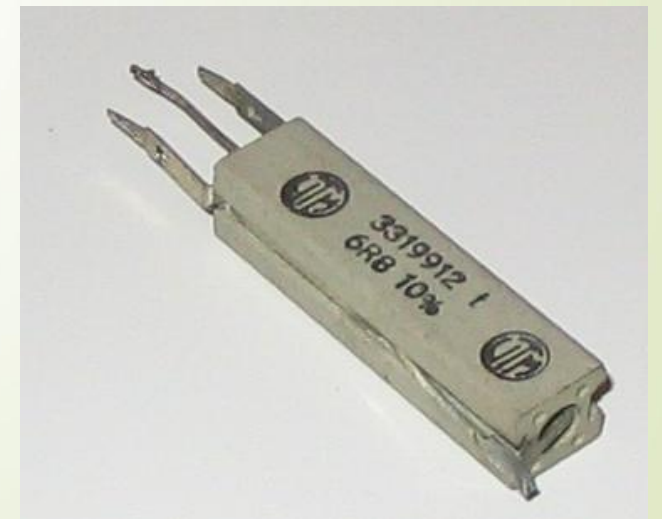
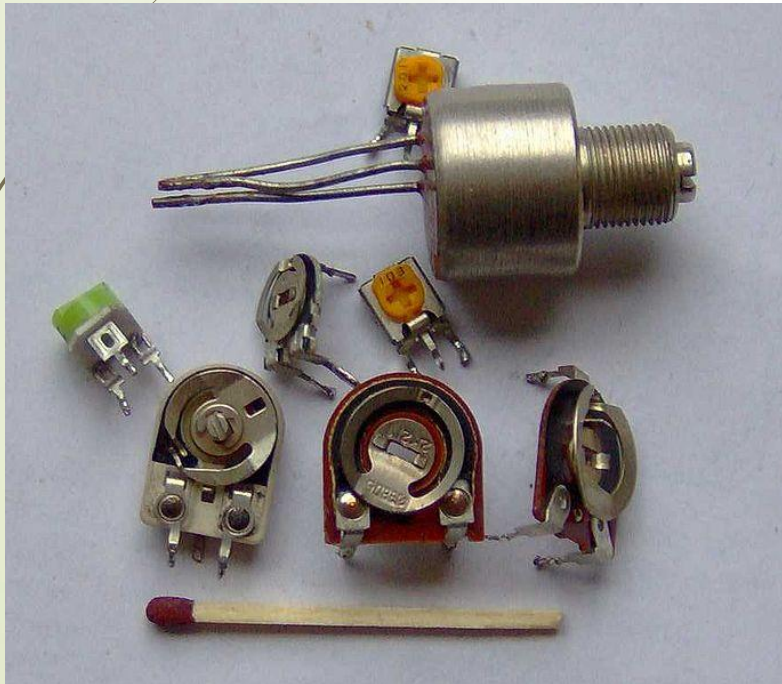
- подстроечные





# Переменные резисторы

9

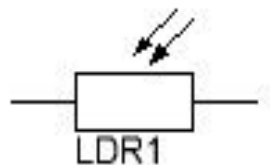
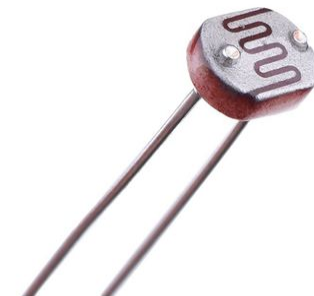
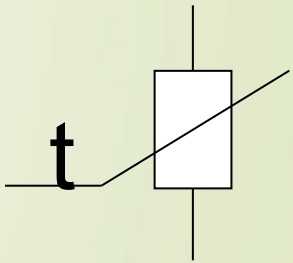
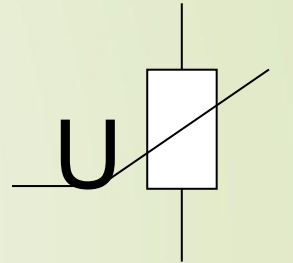


# Специальные резисторы

сопротивление нелинейно зависит от внешних факторов:

- величины приложенного напряжения (варисторы)
- температуры (терморезисторы)
- освещения (фоторезисторы)

Классификация



# Параметры резисторов



# Параметры резисторов

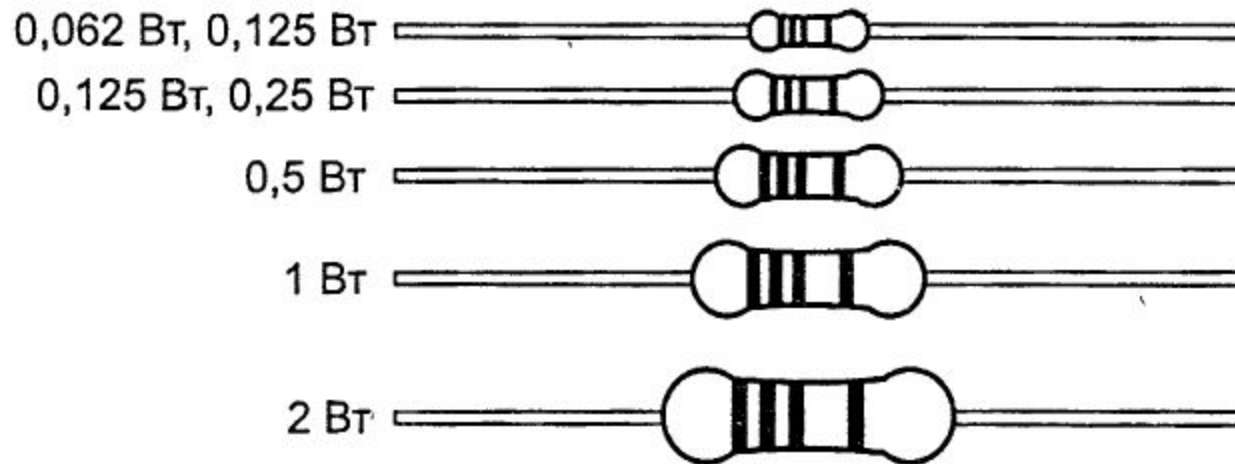
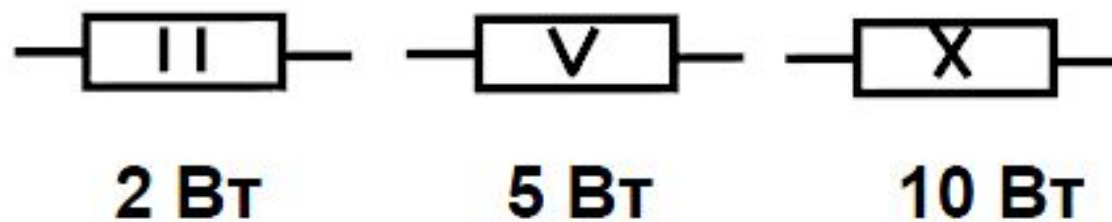
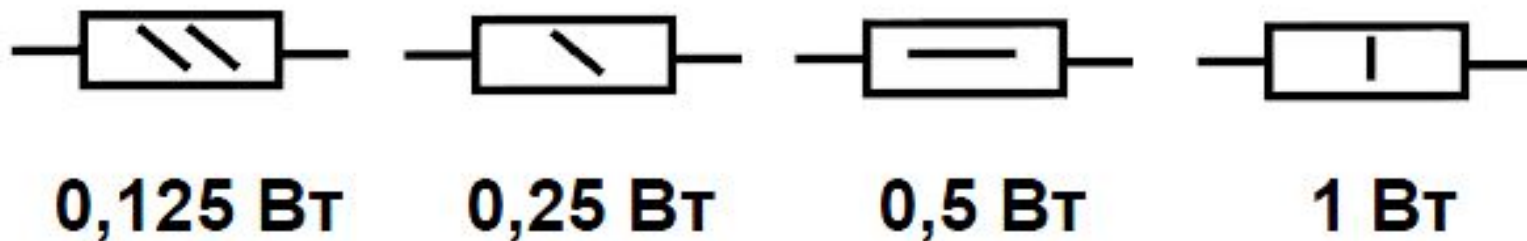


## **1. Номинальная мощность рассеяния $P_R$ , Вт.**

Это наибольшая допустимая мощность, которую резистор может рассеивать при заданных условиях эксплуатации в течение гарантированного срока службы (обычно 10 тыс. часов).

$P_R = I^2 R$  – мощность электрического тока, рассеиваемая резистором, Вт;  $I$  – ток через резистор, А;  $R$  – электрическое сопротивление резистора, Ом;

# Обозначение номинальной мощности





# Параметры резисторов

**2. Сопротивление.** Это величина, которая определяет способность резисторов препятствовать протеканию тока в электрической цепи. Используя эти качества резисторы применяют для регулирования тока на определенном участке цепи.

Сопротивление измеряется в омах (Ом), килоомах (кОм) и мегаомах (МОм):

Промышленностью выпускаются резисторы различных номиналов в диапазоне сопротивлений от 0,01 Ом до 1 ГОм.

# Параметры резисторов



# Параметры резисторов



## 3. Допускаемое отклонение фактического сопротивления от номинального (класс точности)

Указывается на корпусе резистора в виде буквенного кода, состоящего из одной буквы. Каждой букве присвоено определенное числовое значение допуска, пределы которого определены ГОСТ 9964-71 и приведены в таблице.

Буквенный код допуска отечественных резисторов

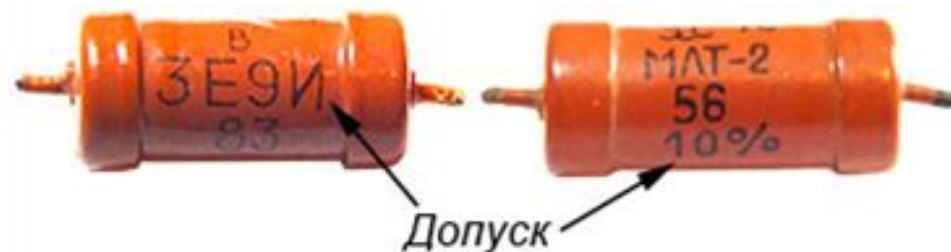
Допуск, %	±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Код	В	С	И	Л	Р	Д	У	Ж

Буквенный код допуска зарубежных резисторов

Допуск, %	±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1
Код	М	К	J	G	F	D	C	B

3Е9И - 3,9 Ом ±5%

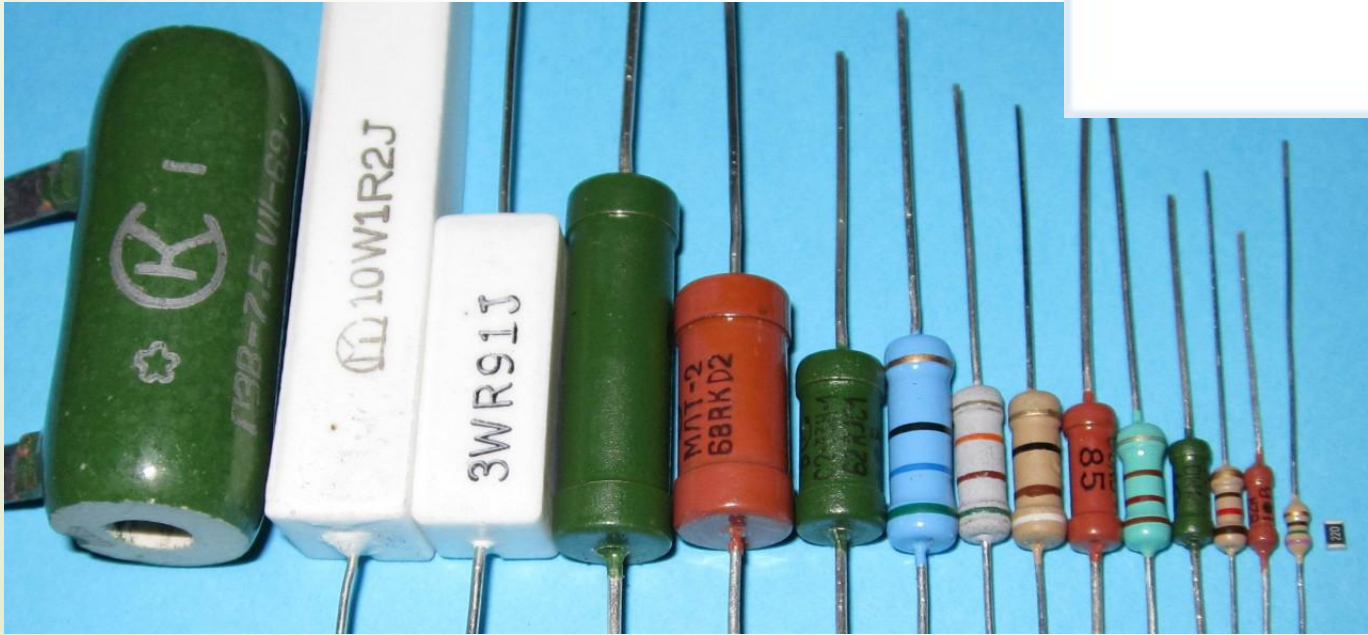
56 - 56 Ом ±10%





# Система обозначений

Система обозначений



Цветовая маркировка



Буквенно-цифровая маркировка



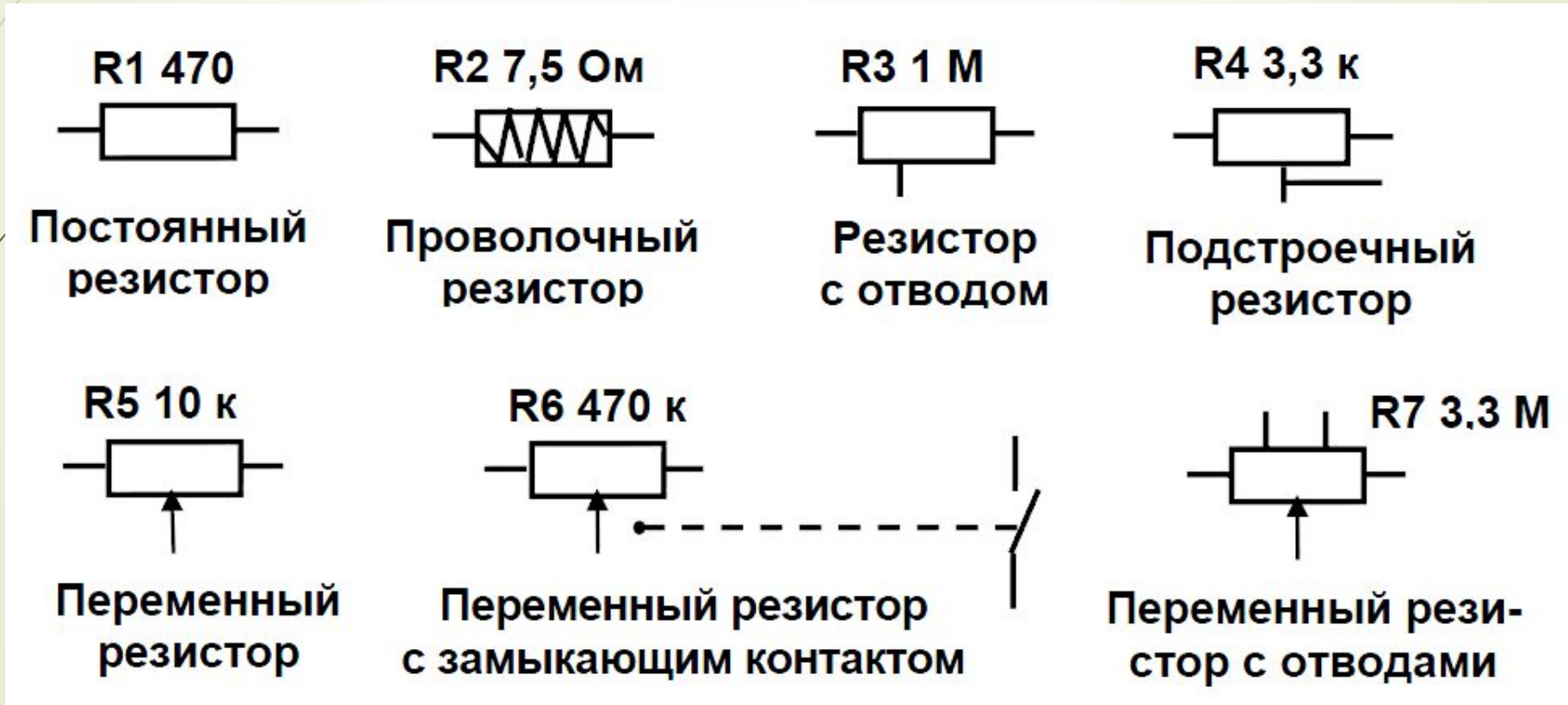
Цифровая маркировка





# Система обозначений

## Условно-графическое обозначение на принципиальных схемах



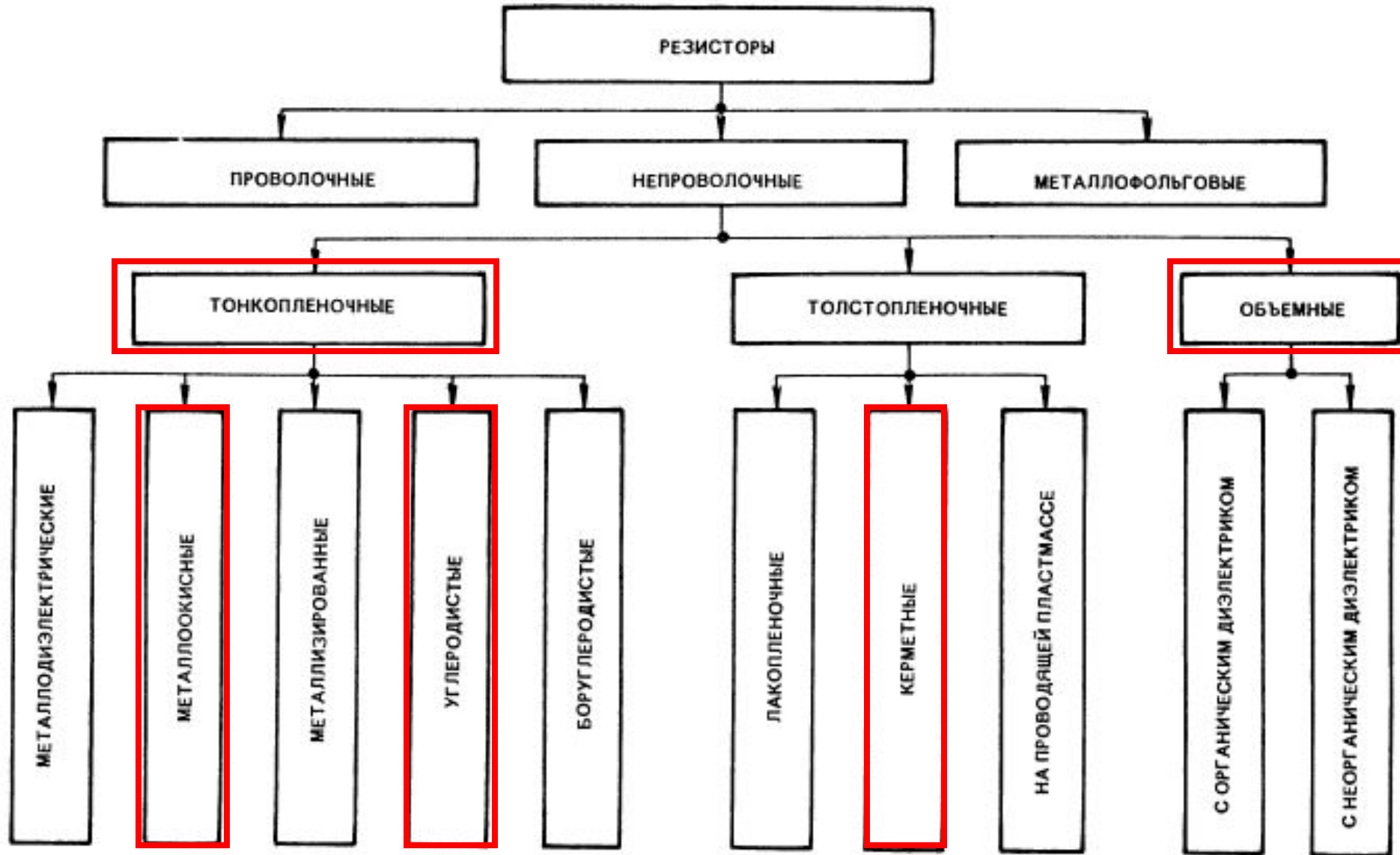
# Цветовое кодирование миниатюрных резисторов



	1 кольцо	2 кольцо	3 кольцо	множитель	допуск
черный	0	0	0	1	
коричневый	1	1	1	10	1%
красный	2	2	2	100	2%
оранжевый	3	3	3	1000	
желтый	4	4	4	10000	
зеленый	5	5	5	100000	0,5%
голубой	6	6	6	1000000	0,25%
фиолетовый	7	7	7	10000000	0,1%
серый	8	8	8	0,1% золото	5% золото
белый	9	9	9	0,01% сереб	10% серебро

sesaga.ru

# Классификация по материалу резиста



# РЕЗИСТОРЫ ПРОВОЛОЧНЫЕ



Проводящим элементом резисторов служит проволока, намотанная на керамическое основание.

Резисторы выпускаются следующих типов:

- ПТМН - многослойные нихромовые малогабаритные;
- ПТМК - многослойные константановые малогабаритные
- ПТ - проволочные точные;
- ПЭ - эмалированные трубчатые невлагостойкие
- ПЭВ - эмалированные трубчатые влагостойкие;
- ПЭВР - эмалированные трубчатые влагостойкие регулируемые;
- ПЭВТ - термостойкие влагостойкие (тропические);

Все проволочные резисторы рекомендуется использовать в цепях постоянного и переменного тока с частотой не выше 50 Гц.



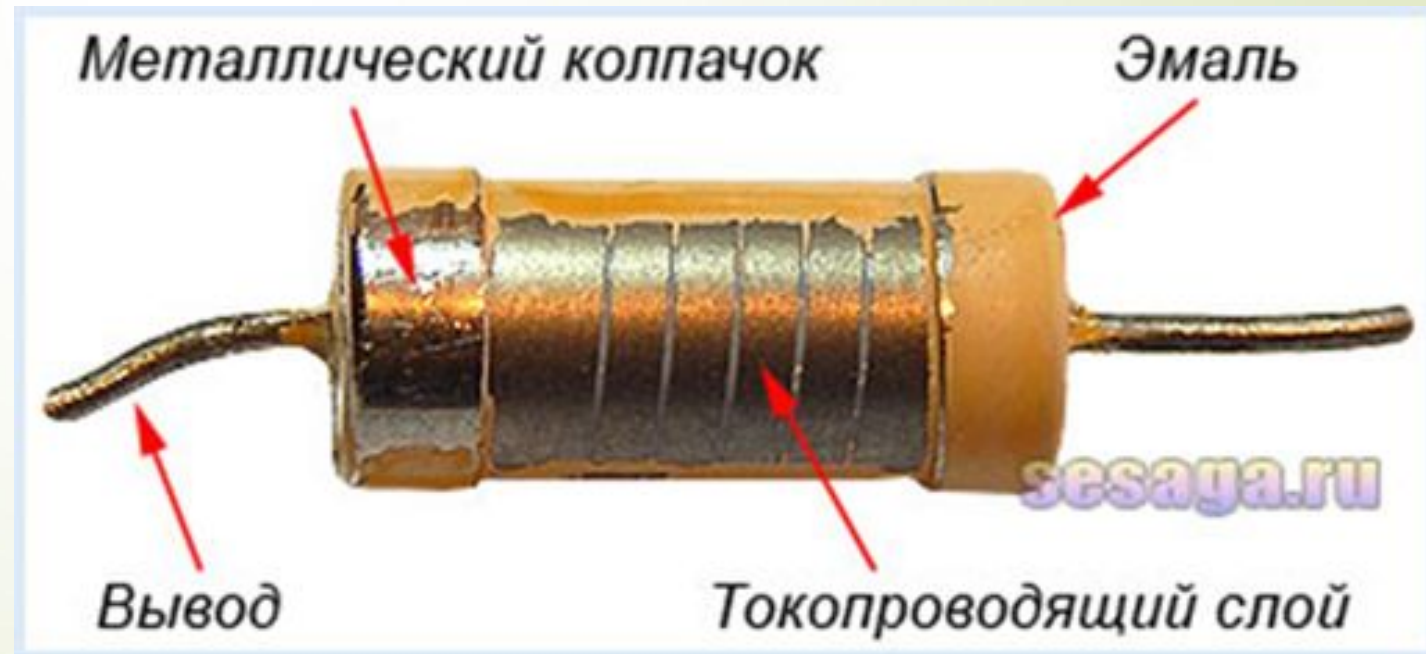


## РЕЗИСТОРЫ ПЛЕНОЧНЫЕ

Резистивный элемент выполнен в виде проводящей пленки, нанесенной на основание из керамики, стекла, слоистых пластиков и др. Выделяют тонкие пленки 0,1-10 мкм и толстые пленки.

Резистивный элемент бывает металлопленочный, металлооксидный, углеродистый и композиционный.

Непроволочные (пленочные) резисторы используются для работы в электрических цепях постоянного и переменного тока, в которых протекают небольшие токи нагрузки.



# РЕЗИСТОРЫ МЕТАЛЛОПЛЕНОЧНЫЕ И МЕТАЛЛООКСИДНЫЕ



Проводящим элементом у резисторов этого вида является пленка сплава (тантал, титан, хром, никель, палладий и сплавы на их основе) или окиси металла. Они имеют малый уровень шумов (не более 5мкВ/В), хорошую частотную характеристику, стойки к температурным изменениям. Температурный коэффициент  $TК_p$  у этих резисторов может быть как положительным, так и отрицательным. Вот их основные типы:

- МЛТ - металлопленочные лакированные теплостойкие;
- ОМЛТ - повышенной надежности; МТ - металлопленочные теплостойкие;
- МУН - металлопленочные ультравысокочастотные незащищенные;
- МГП - металлопленочные герметизированные прецизионные;
- МОУ - металлопленочные ультравысокочастотные;
- МОН - металлоокисные низкоомные (дополняют шкалу номиналов резисторов МЛТ);
- С2-6 - металлоокисные;
- С2-7Е - металлоокисные низкоомные (дополняют шкалу номиналов резисторов МТ).



## РЕЗИСТОРЫ УГЛЕРОДИСТЫЕ

В углеродистых резисторах проводящим слоем является пленка из графита, сажи, пиролитического углерода. Эти резисторы имеют высокую стабильность параметров, небольшой отрицательный температурный коэффициент  $TК_p$ , они стойки к импульсным нагрузкам.

Резисторы выпускаются нескольких типов, названия которых расшифровываются следующим образом. **Типы резисторов:**

- ВС - высокой стабильности;
- ОВС - повышенной надежности,
- ВСЕ - с осевыми выводами;
- УЛМ - углеродистые лакированные малогабаритные;
- УЛС - углеродистые лакированные специальные;
- УЛИ - углеродистые лакированные измерительные;
- УНУ - углеродистые незащищенные ультравысокочастотные стержневые;
- УНУ-Ш - углеродистые незащищенные ультравысокочастотные шайбовые;
- ИВС - импульсные высокостабильные.



# РЕЗИСТОРЫ КОМПОЗИЦИОННЫЕ



Токопроводящие композиционные материалы – это смеси мелкодисперсных порошков металлов и соединений с органической и неорганической связкой.

Токопроводящий слой композиционных резисторов представляет собой смесь порошков металлов (серебра, палладия, золота, родия) или оксиды серебра, палладия, карбид кремня, вольфрама.

с органической связкой (эпоксидная, глифталевая, кремнийорганическая смолы),  $T_{\text{раб}} < 150^{\circ}\text{C}$  или неорганической связкой (полимеры, порошкообразные стекла, эмали)  $T_{\text{раб}}$  до  $350^{\circ}\text{C}$ . Такие соединения позволяют получить проводящие элементы любой формы в виде массивного тела или пленки, имеют большое  $\rho$ , слабо зависят от  $T$ , сравнительно простая технология изготовления. Резисторы обладают высокой надежностью.

К недостаткам композиционных резисторов относятся зависимость сопротивления от приложенного напряжения, заметное старение, относительно высокий уровень собственных шумов, а также зависимость сопротивления от частоты. Типы резисторов:

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ОБЪЕМНЫЕ

- ТВО - теплостойкие, влагостойкие, объемные с неорганической связкой;
- КОИ - с органической связкой;

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ

- КИМ - композиционные изолированные для малогабаритной аппаратуры;
- КПМ - композиционные лакированные малогабаритные;
- КВМ - композиционные вакуумные (в стеклянном баллоне).



## Композиция Кермет

Кермет — это композиция в виде порошка. В состав входит оксид кремния и до 90% порошка хрома (вместо хрома могут включаться серебро и палладий в соотношении 5:4).

Керметы сочетают свойства керамик (высокие твердость и сопротивление износу, тугоплавкость, жаропрочность) и металлов (электропроводность, теплопроводность, пластичность.)

Композиционные материалы типа кермета получили название металлоглазуревых. Пасту наносят на подложку, подвергают термообработке при 1100°C и получают толстопленочный слой толщиной 20-25 мкм.

Эти пасты должны обладать определенной текучестью, чтобы не искажать рисунок схемы. Тиксотрипность – способность пасты под действием механических нагрузок растекаться. После снятия давления затвердевать, сохраняя рисунок.

Пасты могут быть проводящие (на основе серебра и золота) и резистивные (на основе оксида таллия, индия, олова, кадмия)