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 р ≥0,3мкОм*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 $T_{раб}$ до 500^0С медные (константаны и манганины), сплавы на основе золота, серебра, палладия, платины. Используют для резисторов, потенциометров и термодатчиков.
2. Сплавы с $T_{раб}$ до 1200^0С на основе железа, никеля и хрома (нихромы, фехрали, хромали). Используют для реостатов и нагревательных элементов.
3. Сплавы с $T_{раб}$ выше 1200^0С 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.

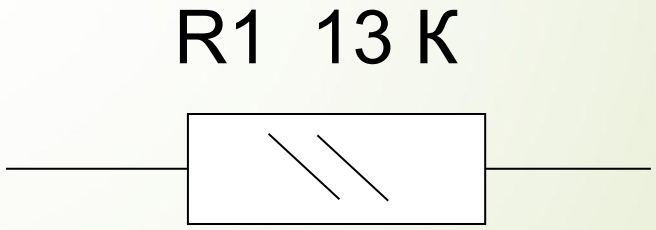
Далее продолжите работать с презентацией с 22 по 25 слайд и § 3.4.2 описав четыре вида пленочных резисторов. Далее с 26 слайдом и § 3.7.2.

Материалы для термопар *(§ 3.4.3)* предназначены для измерения температур:
1. До 350^0С медь - константан, медь - копель
2. До 600^0С железо - константан, железо - копель, хромель – копель
3. До 1000^0С хромель – алюмель
4. До 1600^0С платинородий-платина

Резисторы

Функции

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:

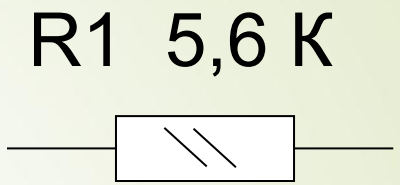
- в схемах делителей напряжения;

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

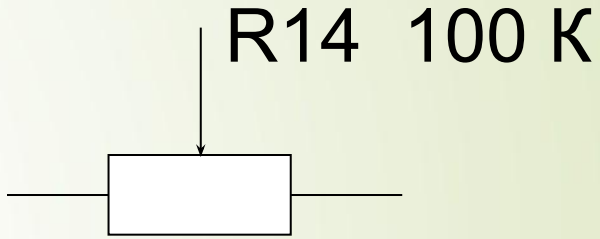
В сложных приборах количество резисторов может достигать до нескольких тысяч штук.

Классификация:

1. **Постоянные**

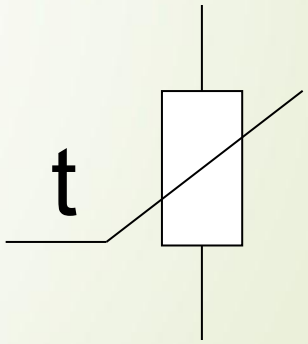


2. **Переменные:**



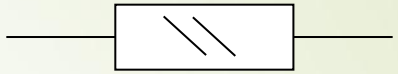
регулировочные, подстроечные

1. **Специальные (полупроводниковые):**

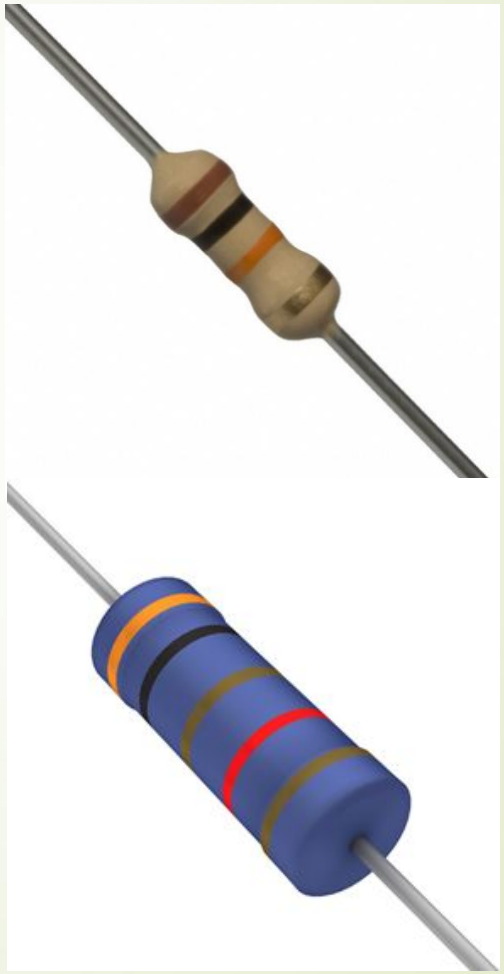


варисторы, терморезисторы, фоторезисторы

Постоянные резисторы

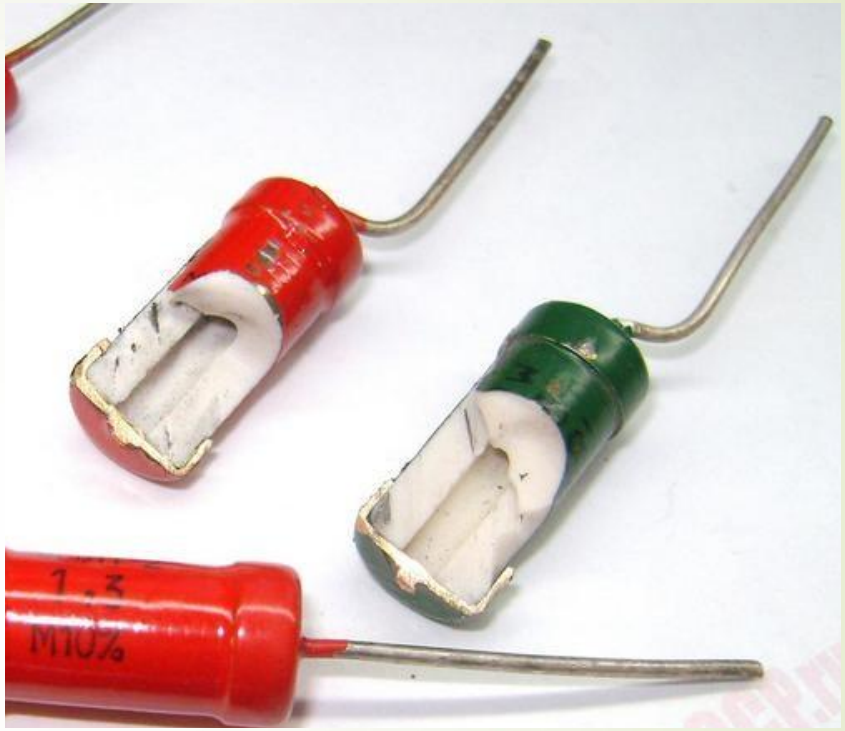


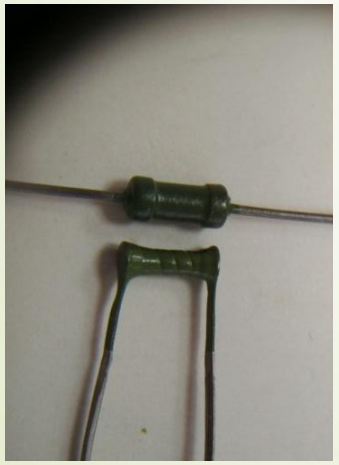
- общего применения,
- точные,
- прецизионные,
- высокочастотные,
- высокоомные,
- высоковольтные.



Классификация

Постоянные резисторы

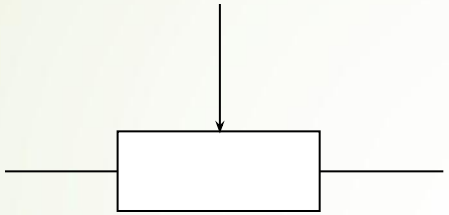




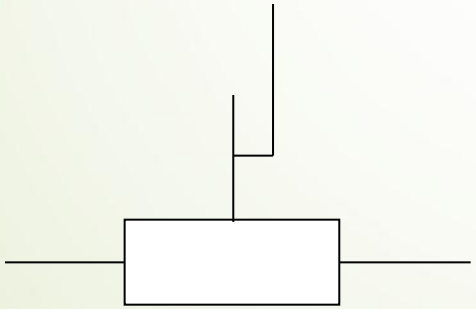
Классификация

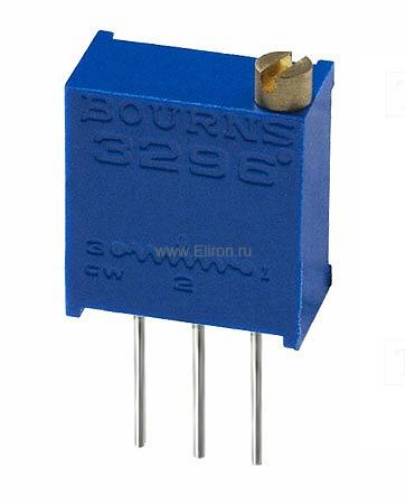
Переменные резисторы

- регулировочные

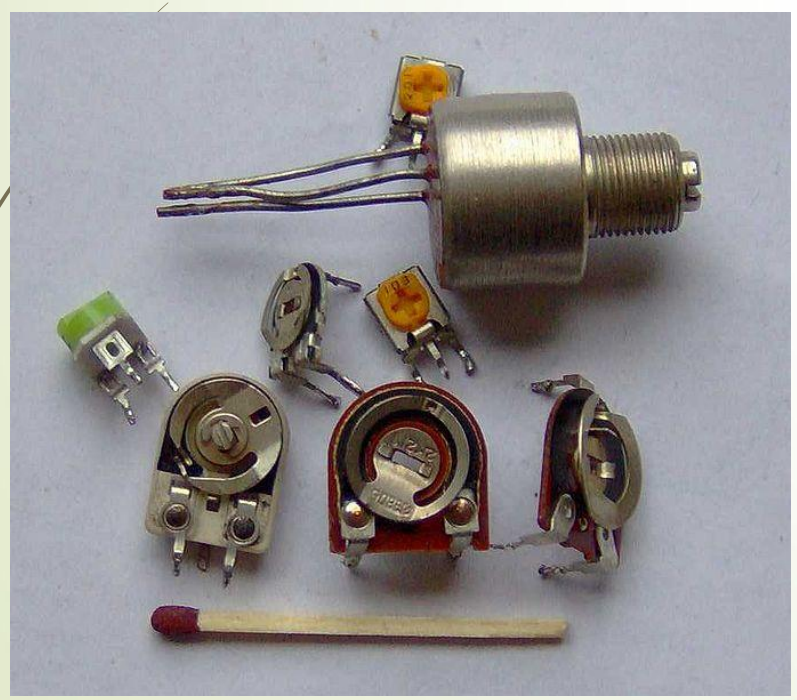


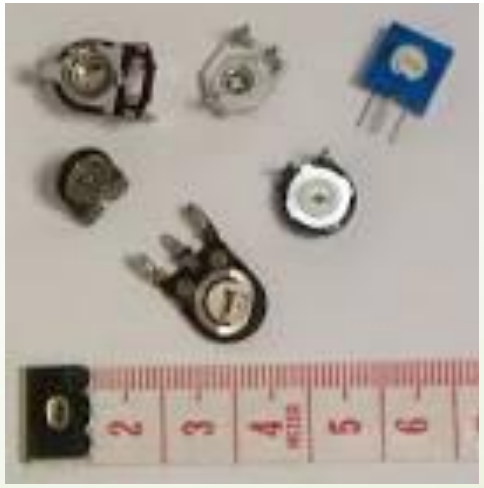
- подстроечные

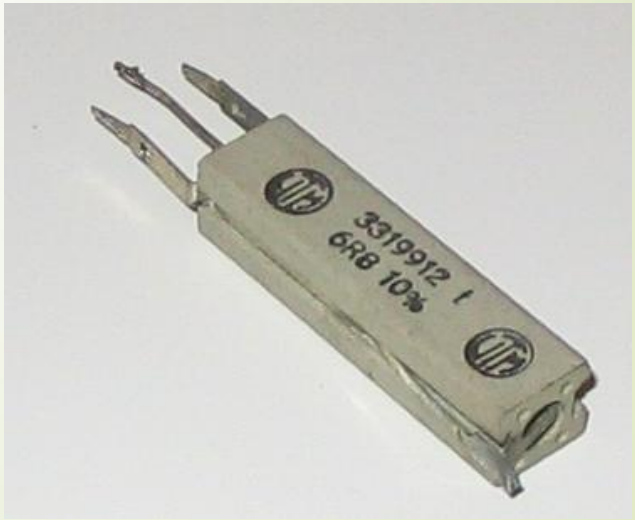




Переменные резисторы



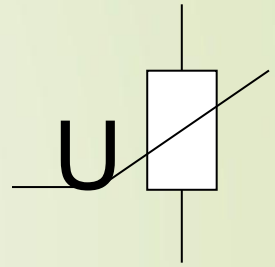




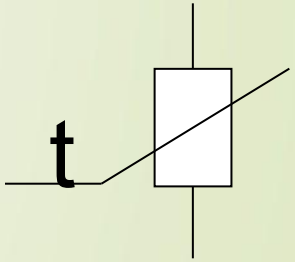
Специальные резисторы

сопротивление нелинейно зависит от внешних факторов:

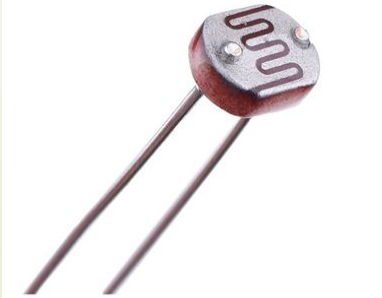
- величины приложенного напряжения (варисторы)

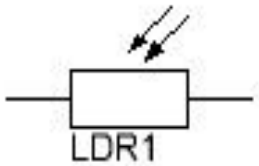


- температуры (терморезисторы)



- освещения (фоторезисторы)





Классификация

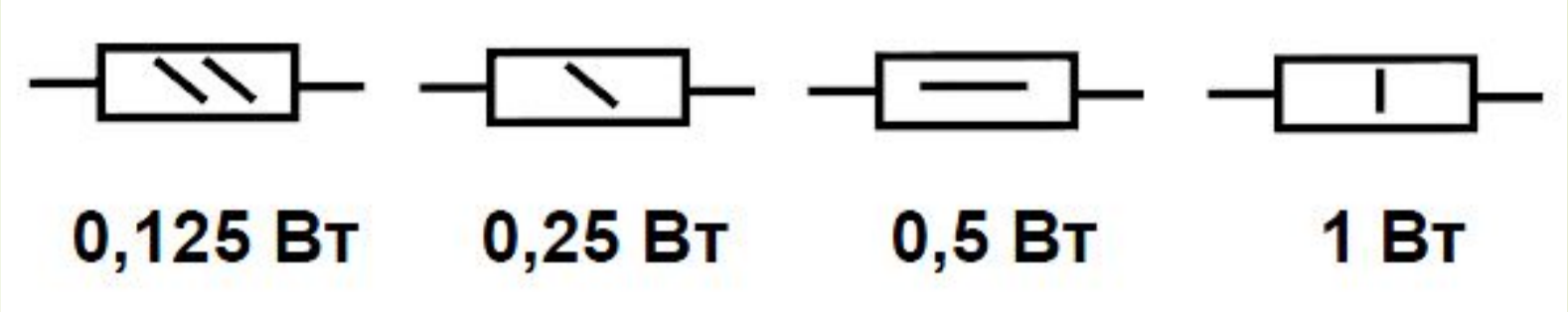
Параметры резисторов

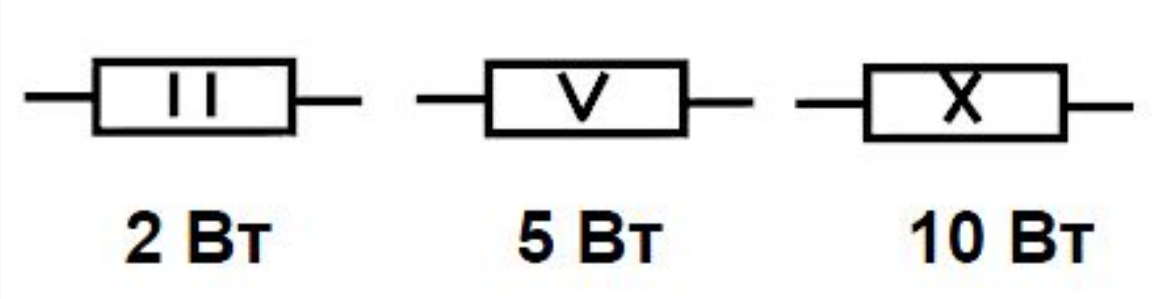
Параметры резисторов

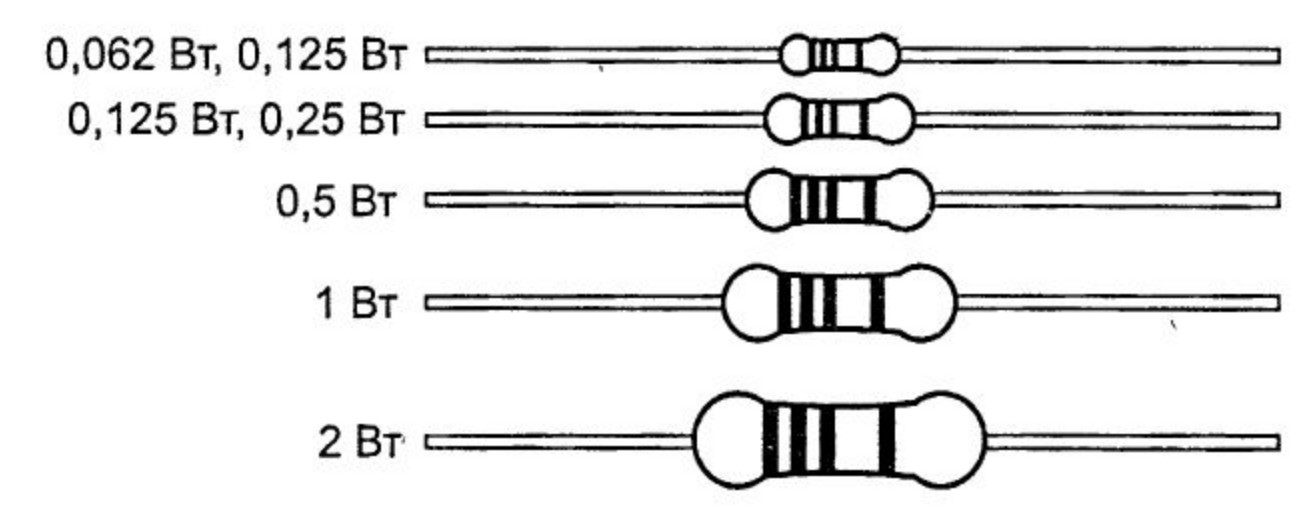
1. Номинальная мощность рассеяния $P_н$, Вт. Это наибольшая допускаемая мощность, которую резистор может рассеивать при заданных условиях эксплуатации в течение гарантированного срока службы (обычно 10 тыс. часов).

$\mathbf{P_R = I^2R}$ – 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 1ГОм.

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.

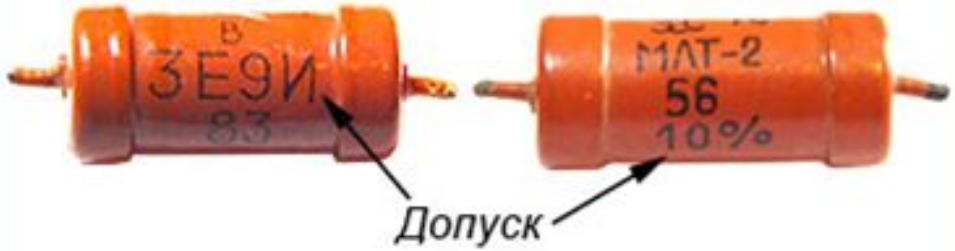
Буквенный код допуска отечественных резисторов

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

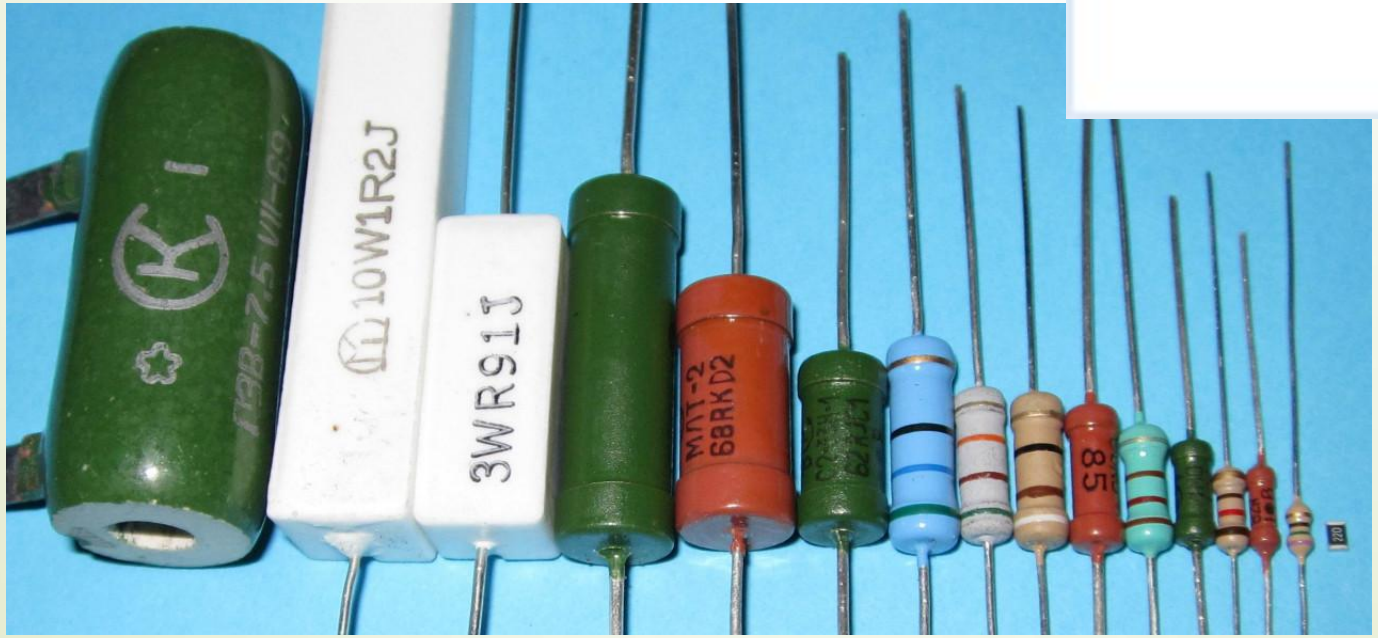
Буквенный код допуска зарубежных резисторов

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

3Е9И - 3,9 Ом ±5% 56 - 56 Ом ±10%

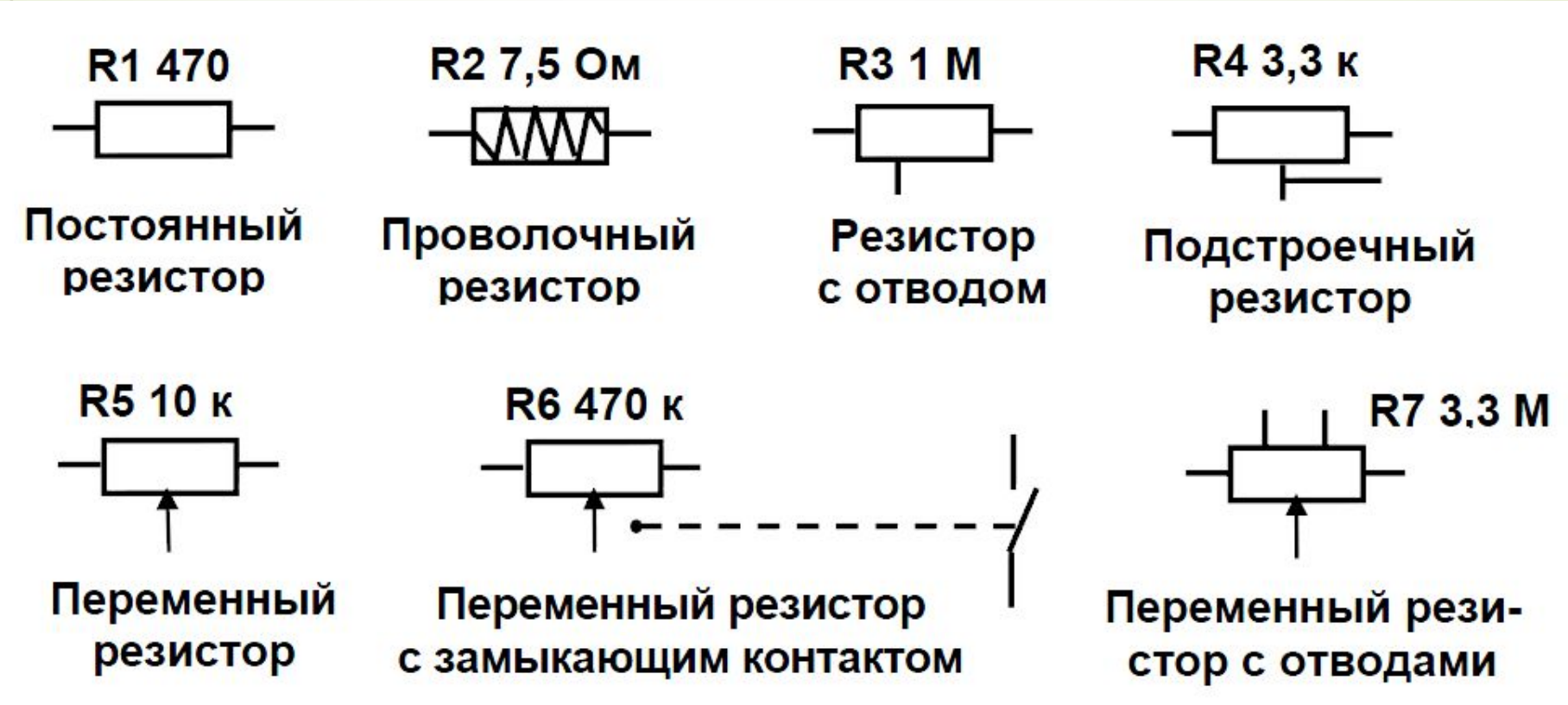


Система обозначений

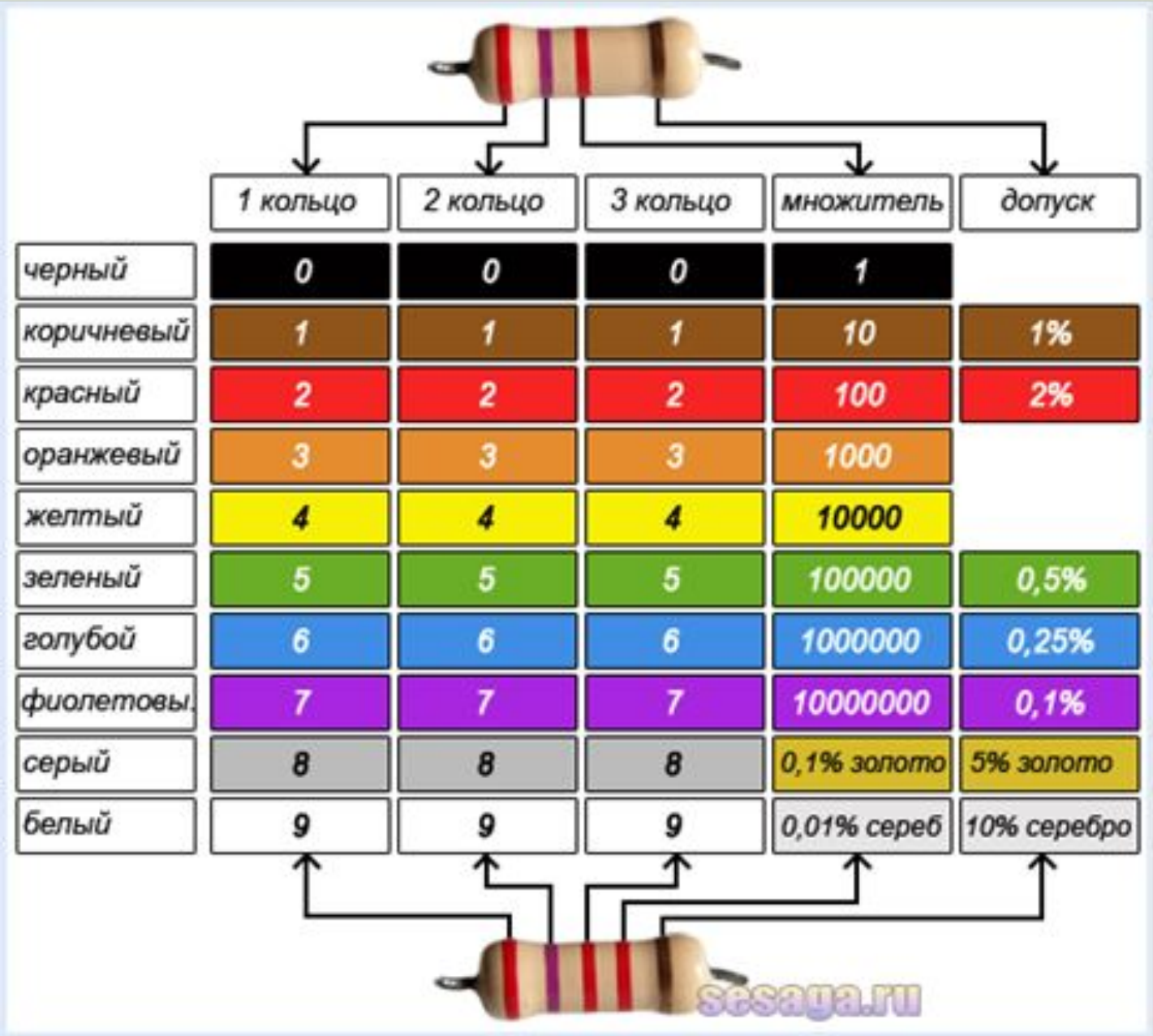


Система обозначений

Условно-графическое обозначение на принципиальных схемах

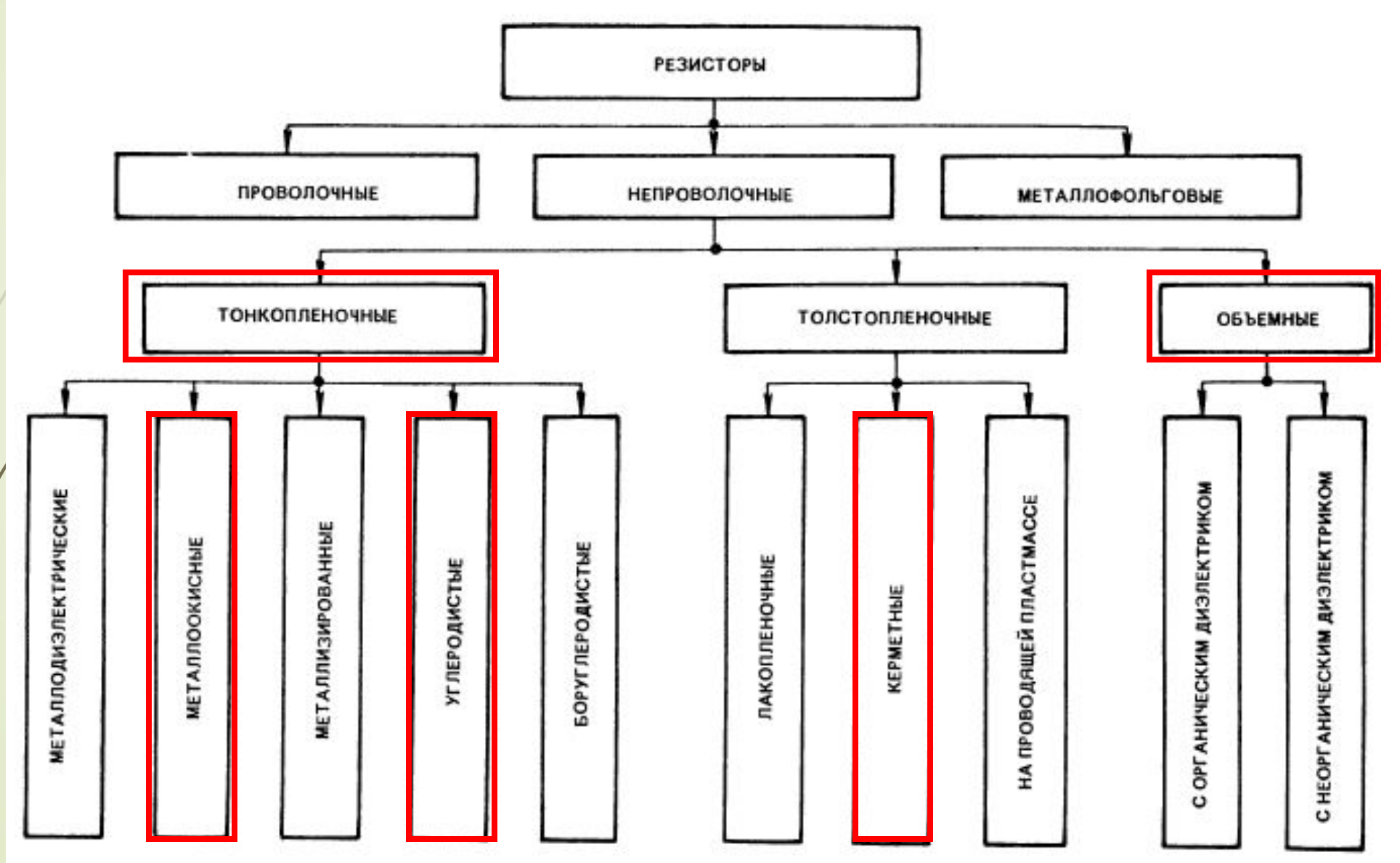


Цветовое кодирование миниатюрных резисторов



	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%
фиолетовы	7	7	7	10000000	0,1%
серый	8	8	8	0,1% золото	5% золото
белый	9	9	9	0,01% сереб	10% серебро

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 $ТК_р$ 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 $ТК_р$, 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 поршков 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), $T_{раб}$<150°С или неорганической связкой (полимеры, порошкообразные стекла, эмали) $T_{раб}$ до350°С. Такие соединения позволяют получить проводящие элементы любой формы в виде массивного тела или пленки, имеют большое р, слабо зависят от Т, 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°С 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)