



# «Электротехнические материалы»

## Лабораторная работа №6

Lab\_6\_el\_mat\_1MM\_LNA\_23-04-2015

Доцент Лалазарова Н.А.

# Лабораторная работа №6

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗИСТОРОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИКИ ДЛЯ ПРОВОЛОЧНОГО РЕЗИСТОРА

**Цель работы** - изучить конструкции резисторов и технологию изготовления низкотемпературной керамики для проволочного резистора.

### **Приборы и материалы:**

1. Резисторы различных типов.
2. Глиняное сырьё.
3. Весы.
4. Набор сит.
5. Сосуд объёмом 0,1 л.
6. Сферическая чаша.
7. Сушильный шкаф.



# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

**Резисторы** предназначены для перераспределения и регулирования электрической энергии между элементами микросхем.



Принцип действия резисторов основан на использовании свойства материалов оказывать сопротивление протекающему через них электрическому току.

Особенностью резисторов является то, что электрическая энергия в них превращается в тепло, которое рассеивается в окружающую среду.

По постоянству значения сопротивления резисторы подразделяются на постоянные, переменные и специальные.

# РЕЗИСТОРЫ

Резисторы постоянного и переменного сопротивлений могут быть **по виду токопроводящего элемента** проволочные и непроволочные, объёмные и плёночные.

Сдвоенный  
переменный  
резистор 100K



Основным элементом конструкции постоянного резистора является **резистивный элемент**, который может быть либо плёночным, либо объёмным.

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Величина объёмного сопротивления материала зависит от количества свободных носителей заряда в материале, температуры, напряженности поля и т.д. и определяется известным соотношением:

где  $\rho$  - удельное электрическое сопротивление материала,  
 $l$  - длина резистивного слоя,  
 $s$  - площадь поперечного сечения резистивного слоя.

# МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕЗИСТОРОВ

Резисторы изготавливают из сплавов, компоненты которых образуют твёрдые растворы. К ним предъявляются следующие требования: небольшая величина температурного коэффициента сопротивления ( $\alpha_R$ ), высокая рабочая температура ( $T_p$ ), стабильность свойств во времени, большая механическая прочность и невысокая стоимость.

Таким требованиям удовлетворяют: **манганин** ( $\rho=0,45$  мкОм·м;  $T_p=200^\circ\text{C}$ ),



**константан** ( $\rho=0,5$  мкОм·м;  $T_p=500^\circ\text{C}$ ),  
**нихром** ( $\rho=1,0$  мкОм·м;  $T_p=1100^\circ\text{C}$ ),

Подстроечные резисторы

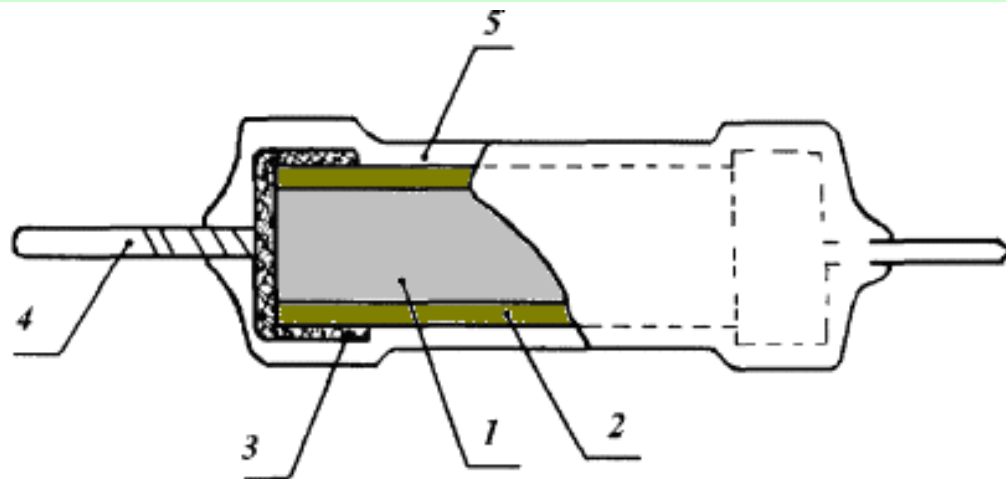
**фехраль** ( $\rho=1,5$  мкОм·м;  $T_p=1200^\circ\text{C}$ ), **пиролитический углерод** ( $\rho=10$  мкОм·м).

# ПЛЁНОЧНЫЙ РЕЗИСТОР

На рисунке представлено устройство пленочного резистора. На диэлектрическое цилиндрическое основание 1 нанесена резистивная пленка 2. На торцы цилиндра надеты контактные колпачки 3 из проводящего материала с припаянными к ним выводами 4.

Для защиты резистивной пленки от воздействия внешних факторов резистор покрывают защитной пленкой 5.

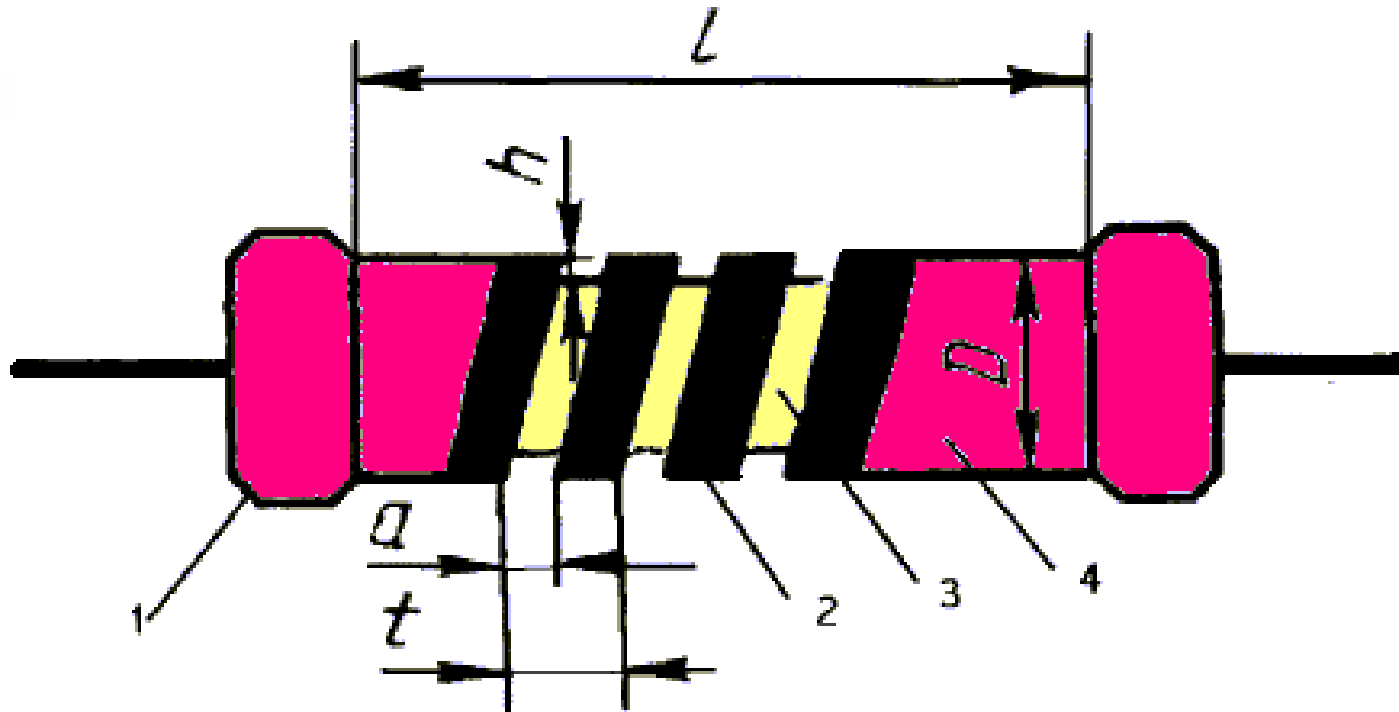
Такая конструкция резистора обеспечивает получение сравнительно небольших сопротивлений (сотни Ом).



Конструкция плёночного резистора:  
1 – цилиндрическое основание; 2 – резистивная плёнка; 3 – контактные колпачки; 4 – выводы; 5 – защитная плёнка

# ПЛЁНОЧНЫЙ РЕЗИСТОР

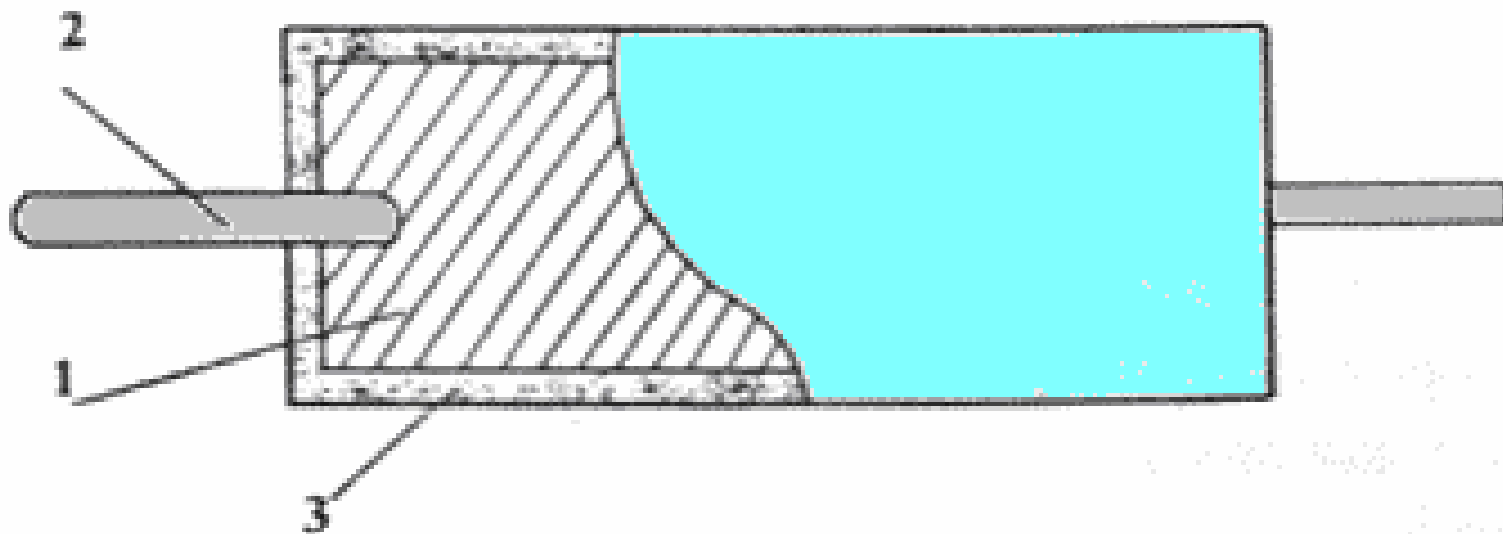
Для увеличения сопротивления резистора резистивную пленку 2 наносят на поверхность керамического цилиндра 1 в виде спирали.



Конструкция плёночного резистора со спиральной плёнкой: 1 – керамический цилиндр; 2 - резистивная плёнка; 3 – спиральные канавки; 4 – защитная оболочка

# ОБЪЁМНЫЙ РЕЗИСТОР

На рис.3 показана конструкция объемного резистора, представляющего собой стержень 1 из токопроводящей композиции круглого или прямоугольного сечения с запрессованными проволочными выводами 2. Снаружи стержень защищен стеклоэмалевой или стеклокерамической оболочкой 3.

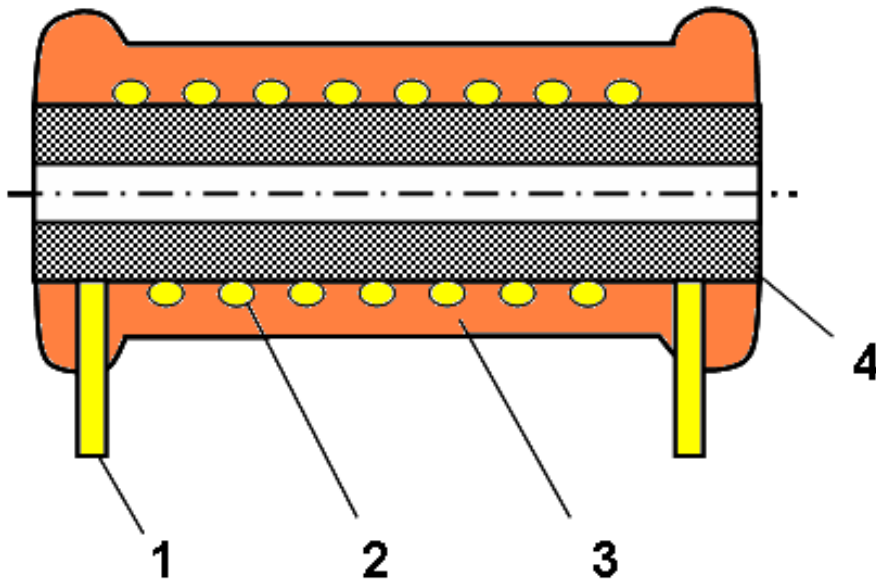


Конструкция объемного резистора: 1 – стержень из резистивного материала; 2 – выводы; 3 – защитная оболочка



# ПРОВОЛОЧНЫЙ РЕЗИСТОР

Постоянный проволочный резистор представляет собой изоляционный каркас, на который намотана проволока с высоким удельным электрическим сопротивлением. Снаружи резистор покрывают термостойкой эмалью, спрессовывают пластмассой либо герметизируют металлическим корпусом, закрываемым с торцов керамическими шайбами.

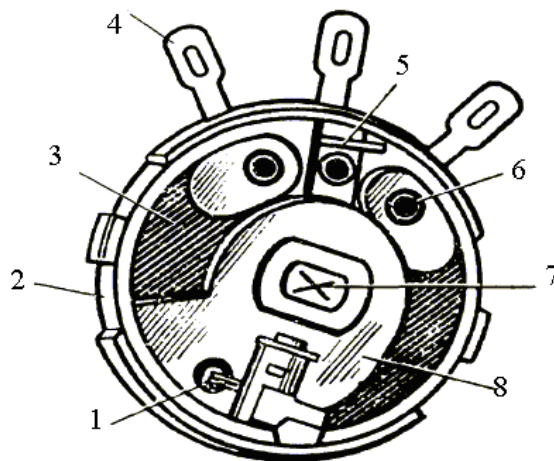


Устройство проволочного резистора: 1 – проволочный вывод; 2 – проволока; 3 – корпус или покрытие, 4 – изоляционный каркас

# ПЕРЕМЕННЫЙ РЕЗИСТОР

Переменный непроволочный резистор круглой формы состоит из подвижной и неподвижной частей. Неподвижная часть представляет собой пластмассовый корпус 2, в котором смонтирован токопроводящий элемент 3, имеющий подковообразную форму. Посредством заклепок 6 он крепится к круглому корпусу.

Эти заклепки соединены с внешними выводами 4. Подвижная часть представляет собой вращающуюся ось, с торцом которой 7 посредством чеканки соединена изоляционная планка 8,



на которой смонтирован подвижный контакт 1 (токосъемник), соединенный с внешним выводом. Угол поворота оси составляет  $270^\circ$  и ограничивается стопором 5.

Конструкция переменного непроволочного резистора круглой формы

# СВОЙСТВА РЕЗИСТОРА

Свойства резисторов характеризуются следующими основными параметрами:

1) **номинальным сопротивлением**;

2) **классом точности** – допустимым отклонением фактического сопротивления от номинального;

3) **номинальной мощностью** рассеивания  $P_{\text{ном}}$ , которая определяет допустимую электрическую нагрузку, которую способен выдержать резистор в течение длительного времени при заданной стабильности сопротивления;

4) **электрической прочностью** – наибольшим напряжением, приложенным к резистору, не вызывающим нарушения его работоспособности в течение заданного времени.

5) **температурным коэффициентом сопротивления**, который характеризует относительное изменение сопротивления при изменении температуры.

# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕЗИСТОРА

Технология изготовления постоянного проволочного резистора с керамическим каркасом включает следующие операции:

- 1) подготовку формовочной массы;
- 2) навивку и обжиг спиралей из нихрома;
- 3) формовку тела резистора со спиральями;
- 4) обжиг тела резистора;
- 5) изготовление фланцев;
- 6) изготовление защитного покрытия из кремнийорганической резины;
- 7) сборку резистора;
- 8) испытание резистора.

# **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**1) Изучить конструкции резисторов: проволочного, плёночного, объёмного.**

**2) Изучить параметры, характеризующие свойства резисторов.**

**3) Изучить технологию изготовления постоянного проволочного резистора с керамическим каркасом.**

**4) Подготовить сырьё для изготовления низкотемпературного керамического каркаса проволочного резистора:**

**4.1 Пробу глины массой 0,3 кг высушить в сушильном шкафу до постоянной массы.**

**4.2 Высушенную глину подвергнуть ручной сортировке: удалить из неё каменистые включения и посторонние примеси.**

**5. Определить насыпной (объёмный) вес (массу) глины.**

**Насыпным (объёмным) весом (массой называется вес единицы объёма сыпучего материала в естественном состоянии.**

**Он определяется следующим образом:**

**5.1 Подготовленную глину насыпать в предварительно взвешенную ёмкость объёмом 0,1 л.**

**5.2 Излишне всыпанный материал удалить линейкой.**

# ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.3 Заполненный глиной сосуд взвесить

5.4 Глину из сосуда высыпать в сферическую чашу для технологической операции.

5.5 Насыпной вес вычислить по формуле:

$$\gamma_{об} = (M_1 - M_0) / V$$

где  $V$  – объём сосуда,

$M_1$  – вес сосуда с глиной,

$M_0$  – вес сосуда без глины.

6. Провести затворение глины водой.

6.1 Порцию глины массой 0,1 кг поместить в сферическую чашу, сделать лунку и влить воду в количестве мл.

6.2 Глину перемешать с водой вручную, растирая и разминая тщательно все комочки до получения однородной массы.

6.3 Перемешанную глину протереть через сито с диаметром отверстий 2 мм, поместить в сборную ёмкость и плотно закрыть.

# ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

7. Определить формовочную влажность глины.

7.1 Из подготовленной в п.6 глины взять порцию, которой заполнить предварительно взвешенную металлическую ёмкость.

7.2 Ёмкость вместе с глиной взвесить и поместить в сушильный шкаф, где глина должна сохнуть до постоянного веса при температуре 100-110°C.

7.3 Высушенную пробу охладить и взвесить.  
Произвести расчёт формовочной влажности по формуле:

$$W_0 = (g_1 - g_2) \cdot 100 / g_1$$

где  $W_0$  – относительная влажность глины, %;

$g_1$  – масса влажной навески с ёмкостью;

$g_2$  - масса абсолютно сухой навески с ёмкостью.

Результаты замеров и расчётов занести в протокол (табл.1).

**Нормальной формовочной влажностью** считается такая, при которой затворённая глина сохраняет приданную ей форму без ползучей деформации и при раскатывании не прилипает к рукам и к металлу.

# ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Таблица 1      **Определение насыпного веса и формовочной влажности**

Определение насыпного веса				Определение формовочной влажности		
$V$	$M_0$	$M_1$	$\gamma_{об}$	$g_1$	$g_2$	$W_0$



# ОТЧЁТ О РАБОТЕ

Отчёт о работе должен включать:

- 1) Цель работы.
- 2) Теоретические основы работы; схемы резисторов, их основные параметры.
- 3) Стадии производства резистора.
- 4) Технологию подготовки сырья для низкотемпературной керамики.
- 5) Экспериментальные данные в виде таблицы 1.

# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Для чего предназначены резисторы?
- 2) Каков принцип действия резисторов?
- 3) Из каких материалов изготавливают резистивные элементы?
- 4) Какие бывают резисторы по у токопроводящего элемента?
- 5) Какими основными параметрами характеризуются свойства резисторов?
- 6) Какие основные операции включает технология изготовления проволочного резистора с керамическим каркасом?
- 7) В чём состоит суть подготовки сырья для изготовления низкотемпературного керамического каркаса проволочного резистора?
- 8) Как определить насыпной (объёмный) вес (массу) глины?
- 9) Как определяют формовочную влажность глины?

# **ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**1. Изучить материалы для изготовления резисторов.**

**2. Ознакомиться с современными конструкциями резисторов.**

**3. Изучить технологии изготовления проволочных резисторов.**

**4. Изучить технологии изготовления объёмных резисторов.**



# Кафедра технології металлов и матеріалознавства

## Лалазарова Наталиа Алексеевна

**E-mail: [lalaz1991@mail.ru](mailto:lalaz1991@mail.ru)**

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М**

**Tel.(8-057 )707-37-92**