

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Автономное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля

Дисциплина «Материалы электронной техники»

# ПРОВОДНИКИ. МЕДЬ

Гормаков А.Н., доц. каф. ТПС  
ИНК НИ ТПУ, 2017 г.

# Электрические свойства материалов

В электротехнических и электронных узлах приборов применяют проводниковые, полупроводниковые, электроизоляционные, магнитные и другие материалы.

Для эффективного их применения необходима информация о параметрах электрических, магнитных и других специфических свойств.

# Электропроводность

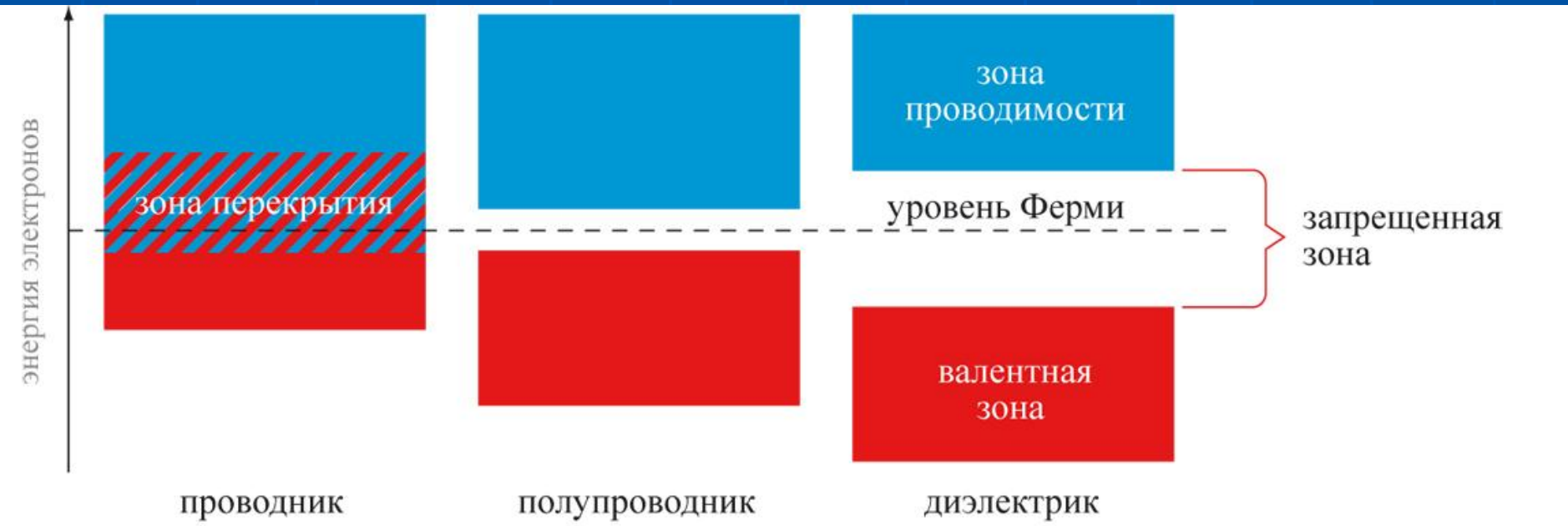
*Электропроводность* – свойство материалов проводить электрический ток, обусловленное наличием в них заряженных частиц – носителей тока.

Электрическое сопротивление – свойство материалов как проводников противодействовать электрическому току.

Природу электропроводности твердых материалов объясняет зонная теория - квантовая теория энергетического спектра электронов в твердых телах, согласно которой этот спектр состоит из чередующихся зон разрешенных и запрещенных энергий.

Согласно этой теории можно выделить три группы материалов:

- проводники,
- полупроводники,
- диэлектрики.



- у проводников запрещенная зона отсутствует,
- у полупроводников она не превышает 3,5 ЭВ,
- у диэлектриков она составляет десятки кЭВ.

Электрическое сопротивление материалов характеризуют *удельным электрическим сопротивлением*

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}; \quad \text{Ом} \cdot \text{м} \quad \text{или} \quad \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}},$$

где  $R$  – электрическое сопротивление;

$S$  – площадь поперечного сечения образца;

$l$  – длина образца.

Материал	Удельное сопротивление $\rho$ (Ом · м) при 20°
Серебро	$1.59 \times 10^{-8}$
Медь	$1.68 \times 10^{-8}$
Золото	$2.44 \times 10^{-8}$
Алюминий	$2.82 \times 10^{-8}$
Вольфрам	$5.60 \times 10^{-8}$
Цинк	$5.90 \times 10^{-8}$
Никель	$6.99 \times 10^{-8}$
Литий	$9.28 \times 10^{-8}$



Удельное электрическое сопротивление проводников и непроводников зависит от температуры. Сопротивление металлических проводников увеличивается с повышением температуры.

У полупроводников сопротивление сильно уменьшается при повышении температуры

У некоторых материалов при температуре, близкой к абсолютному нулю, сопротивление скачком уменьшается до нуля (явление сверхпроводимости).

Сопротивление константана (60%Cu, 40%Ni) и манганина (86%Cu, 2%Ni, 12%Mn) очень слабо зависит от температуры

$$\rho_t = \rho_{20} \left[ 1 + \alpha \left( t - 20^{\circ} \text{C} \right) \right]$$

- где:  $\rho_{20}$  – удельное электрическое сопротивление при  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,
- $\rho_t$  – удельное электрическое сопротивление при температуре  $t$ ,
- $\alpha$  – температурный коэффициент электрического сопротивления

*Медь* – металл красновато – розового цвета с кристаллической структурой в виде ГЦК. По электропроводности медь занимает второе место после серебра. Поэтому медь является важнейшим материалом для изготовления электропроводников (проводов, шин, кабелей и т.п.). Медь также имеет высокую теплопроводность, в связи с чем широко применяется в теплообменниках (радиаторы, холодильн. и т.п.).



Медь и ее сплавы хорошо свариваются всеми видами сварки и легко поддаются пайке. На основе меди получены сплавы с очень ценными свойствами.

Однако медь относится к тяжелым металлам, ее плотность  $8940 \text{ кг/м}^3$ .

Медь отлично обрабатывается давлением, но плохо резанием и имеет плохие литейные свойства, поскольку дает большую усадку.

Медь выпускают следующих марок  
(ГОСТ 859 –2001):

катодную – МВ4к, М00к, М0ку, М1к;

бескислородную – М00б, М0б, М1б;

катодную переплавленную – М1у;

раскисленную – М1р, М2р, М3р.

По содержанию примесей различают марки  
меди

М00 (99,99 % Cu),

М0 (99,95 % Cu),

М1 (99,9 % Cu),

М2 (99,7 % Cu), М3 (99,5 % Cu).

По составу медные сплавы  
подразделяют на:

латуни,

бронзы,

медно-никелевые сплавы.

## Латуни

*Латунь* (ГОСТ17711 – 93) – сплав  
меди с цинком.

Помимо Zn в латунь добавляют  
различные легирующие элементы.



Химические элементы используемые в  
медных сплавах обозначаются  
следующими индексами в марке сплавов:

<b>Al – А</b>	<b>Ba – Бр</b>	<b>W – ВАМ, ВНМ, ВЭЛ</b>	<b>Bi – Би</b>
<b>V – В</b>	<b>Cd – ГМ</b>	<b>Ga – Гл</b>	<b>Ge – Г</b>
<b>Fe – Ж</b>	<b>As – МШ</b>	<b>Ni- Н</b>	<b>Sn – О</b>
<b>Pb – С</b>	<b>P – Ф</b>	<b>Co – К(Ко)</b>	<b>Au – Зл</b>
<b>Si – Кр (К)</b>	<b>Mg – МГ</b>	<b>Mn – Мц</b>	<b>Cu – М</b>
<b>Se – Ст</b>	<b>Ag – Ср</b>	<b>Sb – Су</b>	<b>Tu – Ти</b>
<b>Zn – Ц</b>			

Все латуни по технологическому признаку подразделяют на две группы: **деформируемые**, из которых изготавливают листы, трубы, проволоку и другие полуфабрикаты, и литейные – для фасонного литья.

**Литейные** латуни обладают хорошей жидкотекучестью и обладают хорошими антифрикционными свойствами.

Двойные латуни маркируют буквой Л и цифрами, показывающими содержание меди (остальное цинк). Например, Л90 – Cu 90 %; Zn10 %.

Латуни перерабатывают в изделия: обработкой, давлением, литьём, резанием. Латуни хороший конструкционный материал.

*Алюминиевые латуни* имеют повышенные механические характеристики и коррозионную стойкость. ЛА 85 – 0,5 (Cu – 85 %; Al – 0,5 %, остальное Zn).

*Многокомпонентные латуни:*

ЛАНКМЦ 75 – 2 – 2,5 – 0,5 – 0,5 (Cu – 75 %; Al – 2 %; Ni – 2,5 %; Si – 0,5 %; Mn – 0,5 %, остальное Zn).

*Марганцевые латуни* обладают высокими механическими свойствами, обрабатываются давлением в горячем и холодном состоянии, стойки к коррозии. ЛМЦ 58 – 2; Cu – 58% (Mn – 2 %; Zn – 40 %).

*Свинцовые латуни* обладают антифрикционными свойствами, обрабатываются резанием. Марки: ЛС 63 – 3; ЛС 74 – 3.

*Кремнистые латуни* обладают высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в морской воде. Марки: ЛК80 – 3; ЛКС65–1,5– 3.

# Бронзы

*Бронзы* – сплавы меди, основными компонентами которых являются: олово, алюминий, бериллий, кремний, свинец и др.

Бронзы обозначают буквами Бр и цифрами, аналогично маркировке латуней.

*Литейные бронзы* – содержат до 6 % Sn, их используют для изготовления деталей ответственных углов трения.



*Оловянные бронзы* (ГОСТ 613 – 79)

обладают высокими  
антифрикционными свойствами,  
нечувствительны к перегреву,  
морозостойки, немагнитны.

Например, бронза БРОЦСН – 3 – 7 – 5 – 1 имеет следующий состав: Sn – 3%; Zn – 7 %; Pb – 5 %; Ni – 1 %, остальное Cu. Недостаток оловянных бронз – склонность к образованию пор в отливках, малая жидкотекучесть.

Деформированные оловянные бронзы содержат до 80% Sn, из них изготавливают пружины и деформируемые детали.

Бериллиевая бронза БрБ2 обладает хорошими упругими свойствами, из неё изготавливают пружины.

## Сплавы меди с никелем

Медно-никелевые сплавы являются основными сплавами для изготовления технических резисторов (мельхиор, нейзильбер).

В качестве жаростойких сплавов для работы при температуре не выше  $400 - 500\text{ }^{\circ}\text{C}$  можно применять медно-никелевые сплавы типа *константан*, содержащие  $40 - 50\%$  Ni.

Сплавы меди с никелем и другими легирующими элементами – это бронзы особого вида: мельхиор, нейзильбер, копель и др.

*Мельхиор* – МНЖМц 30 – 1 – 1 (Ni и Co 29 – 33 %; Fe 0,5 – 1 %; Mn 0,5 – 1 %, остальное Cu).

*Нейзильбер* – МНЦС 16 – 29 – 1,8 (Ni и Co 15 – 16,7 %; Pb 1,6 – 2 %; Cu 51 – 55 %, остальное Zn).

*Копель* - Ni и Co 44 % , Mn 0,1 – 1  
%, остальное Cu.

*Куниали* – МНА13-3, МНА6 – 1,5.

*Манганин* - МНЦ18 – 20.