

# **Электротехническое и конструкционное Материаловедение**

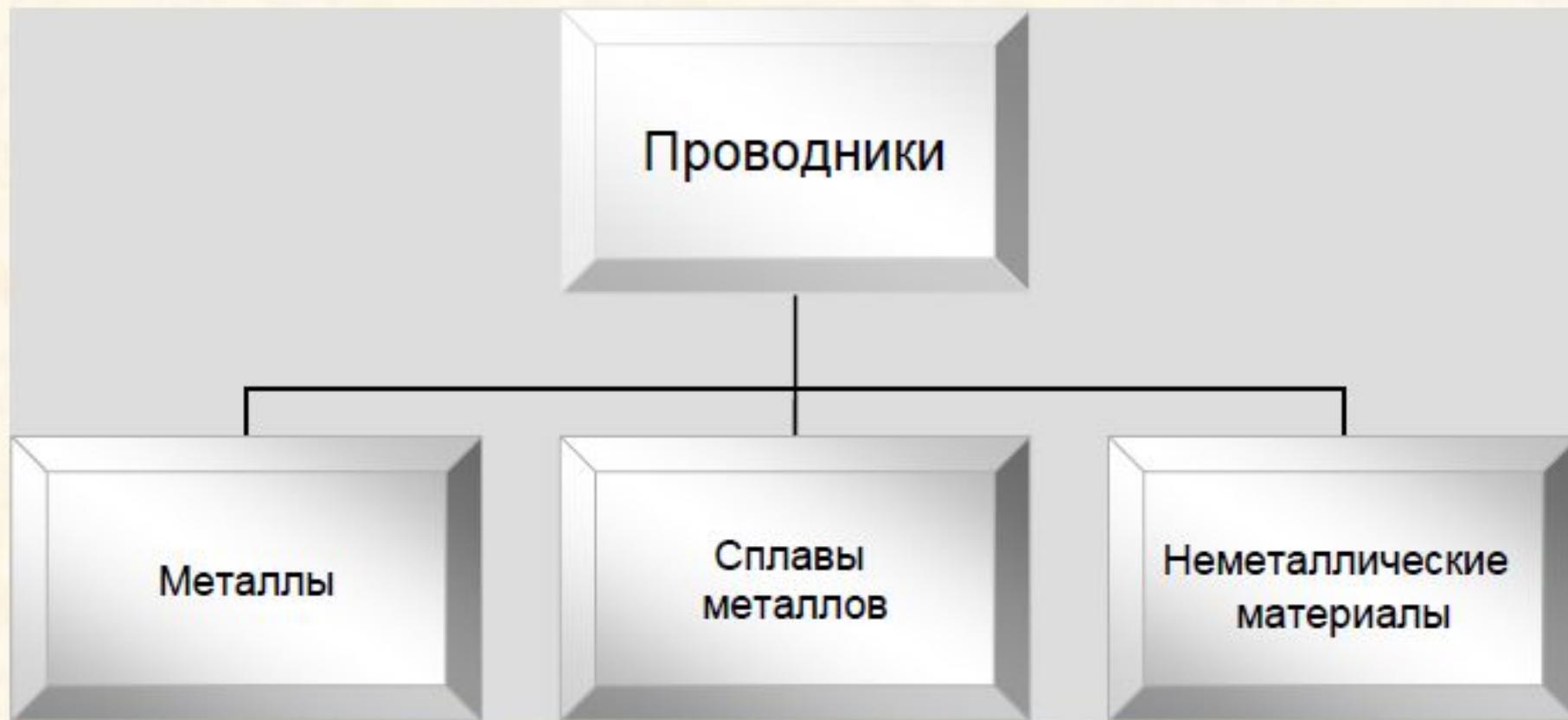
**Тема 1.**

**Классификация  
электротехнических  
материалов**

Электротехнические материалы – это материалы, имеющие специфические свойства по отношению к электрическому и магнитному полям



Проводники - это материалы, основным электрическим свойством которых является сильно выраженная по сравнению с другими ЭТМ электропроводность.



# *Проводники - металлы*

Металлы с высокой удельной электропроводностью – применяются для изготовления радиомонтажных проводов и кабелей и в качестве тонких пленок в ИС:

Cu ( $\rho=0,017$  мкОм $\cdot$ м); Al ( $\rho=0,028$  мкОм $\cdot$ м);

Благородные металлы – главное свойство – высокая химическая стойкость:

Ag; Au; Pt - платина; Pd - палладий.

Тугоплавкие металлы – температура плавления выше 1700°С:

W – вольфрам; Mo - молибден; Cr – хром;  
Re – рений.

Металлы с выраженными магнитными свойствами – температура плавления около 1500°С:

Fe - железо; Ni - никель; Co - кобальт.

# **Проводники – сплавы металлов**

**Сплавы высокого сопротивления** – главное свойство – высокое удельное сопротивление более  $\rho=0,4$  мкОм $\cdot$ м. Применяются в резисторах и электронагревательных элементах :

**Манганин (86% Cu; 12% Mn; 2% Ni);**

**Константан (60% Cr; 40% Ni).**

**Сверхпроводящие сплавы** – сплавы ниobia со свойствами сверхпроводимости:

**Nb<sub>3</sub>Sn; Nb<sub>3</sub>Ga; Nb<sub>3</sub>Ge.**

**Припои** – низкотемпературные сплавы:

**мягкие** – сплавы олова со свинцом с температурой плавления до 300°С – **ПОС-10** – содержит 10% олова;

**твёрдые** – сплавы олова со свинцом с температурой плавления выше 300°С –

**ПМЦ** – медно-цинковые;

**ПСз** – серебряные.

## **Проводники – неметаллические проводящие материалы**

**Углеродистые материалы** – главное свойство – малое удельное сопротивление, хорошая теплопроводность, химическая стойкость – графит.

**Композиционные проводящие материалы** – механическая смесь проводящего наполнителя с диэлектрической связкой:  
**контактолы** – токопроводящие клеи и краски;  
**керметы** – для изготовления тонкопленочных резисторов (**Cr-SiO**).

**Проводящие материалы на основе окислов** – для изготовления контактных и резистивных слоев – **SnO<sub>2</sub>; In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**.

## **Классификация магнитных материалов по реакции на внешнее магнитное поле**

Различают 5 групп:

- **Диамагнетики** – это материалы, атомы которых не обладают собственным магнитным моментом  
**(золото, серебро, медь, кремний, германий).**
- **Парамагнетики** - это материалы, атомы которых обладают собственным магнитным моментом. Под воздействием внешнего магнитного поля магнитные моменты атомов ориентируются в направлении поля и усиливают его  
**(щелочные и щелочно-земельные металлы, соли железа, кобальта, никеля).**

# **Классификация магнитных материалов по реакции на внешнее магнитное поле**

**(окончание)**

**Ферромагнетики** – имеют доменную структуру. Размер и форма доменов формируются из условия минимума свободной энергии системы, когда магнитный поток замыкается внутри образца, а за его пределами магнитное поле отсутствует. Под воздействием внешнего поля меняется форма доменов, происходит намагничивание образца (**железо, никель, кобальт**).

**Антиферромагнетики** – материалы, атомы которых имеют антипараллельную ориентацию магнитных моментов, вследствие чего собственный магнитный момент равен нулю (**хром, марганец**).

**Ферримагнетики** – это материалы с собственным магнитным моментом. В данных материалах обменное взаимодействие происходит косвенно, через ионы кислорода (**феррит никеля  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ , являющийся результатом соединения  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{NiO}$** ).

## **Классификация магнитных материалов по виду петли гистерезиса**

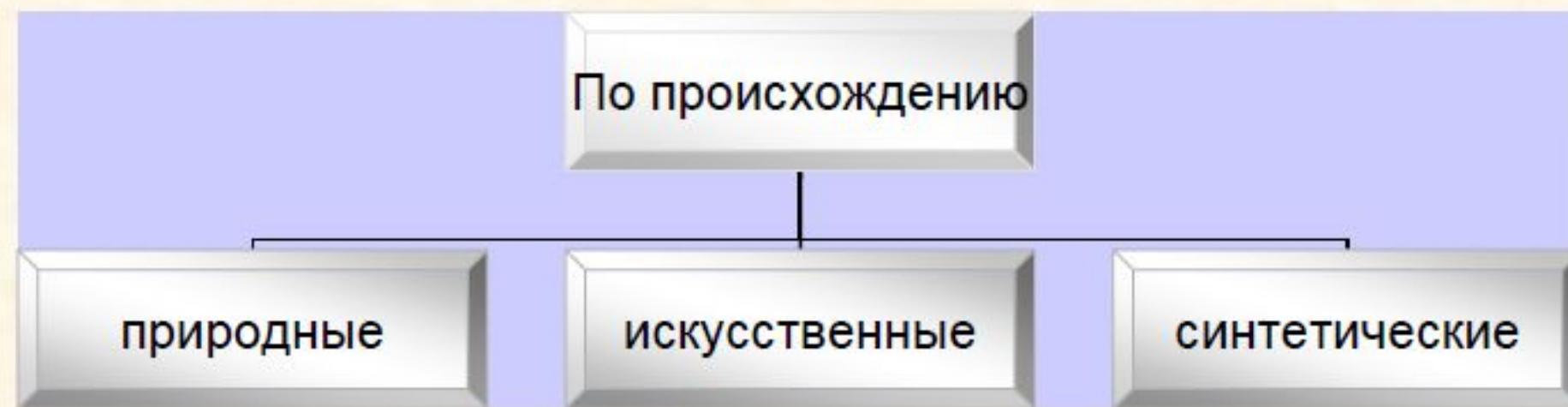
**Магнитомягкие** – характеризуются узкой петлей гистерезиса и малыми потерями на перемагничивание. Применяются для изготовления сердечников электромагнитов, трансформаторов (**низкоуглеродистые стали**).

**Магнитотвердые** материалы с широкой петлей гистерезиса. Они трудно намагничиваются, но долго хранят энергию (материалы для изготовления постоянных магнитов, например, **железо-никель-алюминевые сплавы** ).

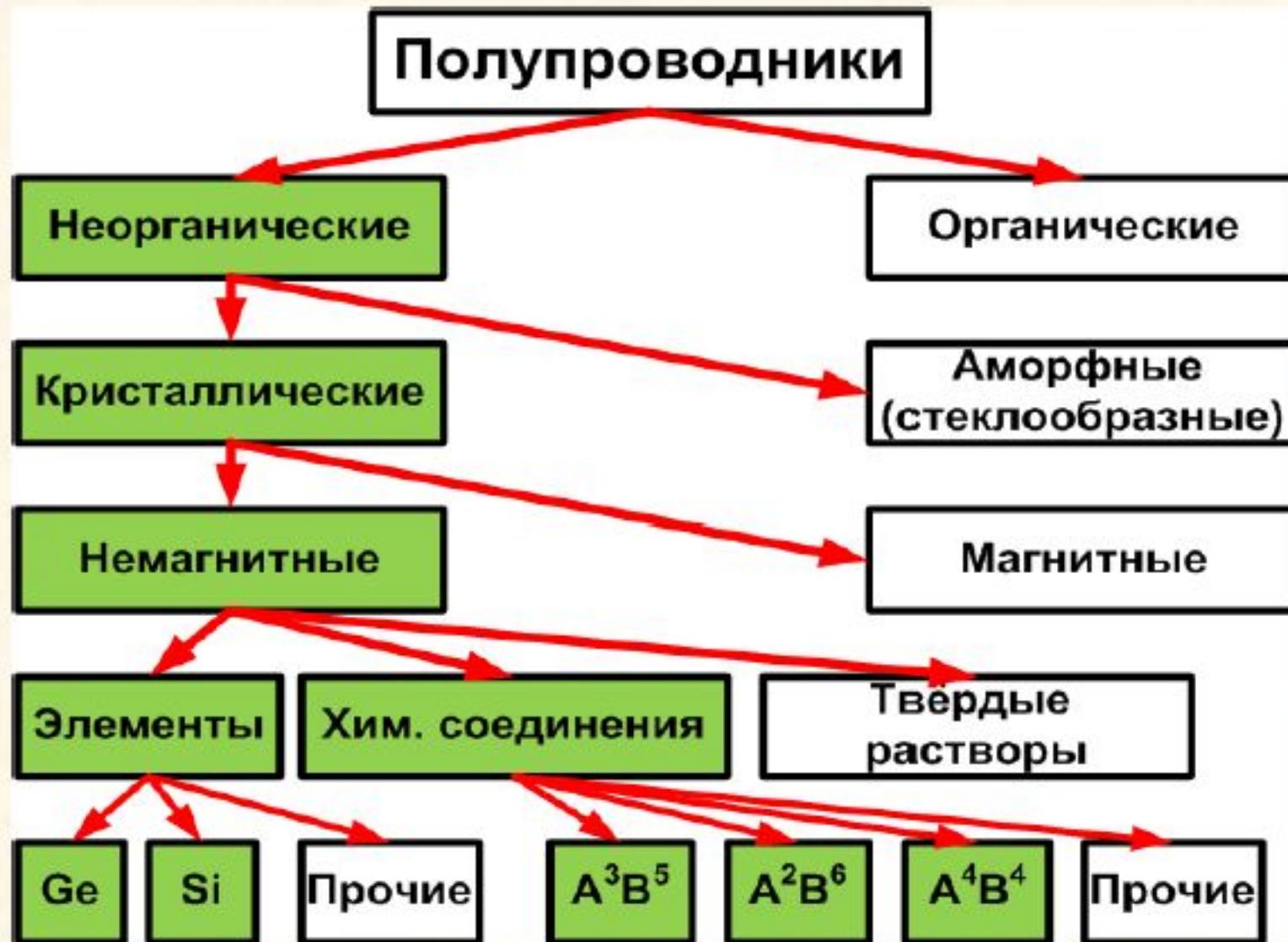
Электроизоляционные материалы – диэлектрические материалы, предназначенные для препятствования протекания электрического тока путями, нежелательными для работы электротехнического устройства.



# Классификация электроизоляционных материалов



Полупроводниковые материалы – материалы, способные сильно изменять свои свойства под влиянием внешних энергетических воздействий.



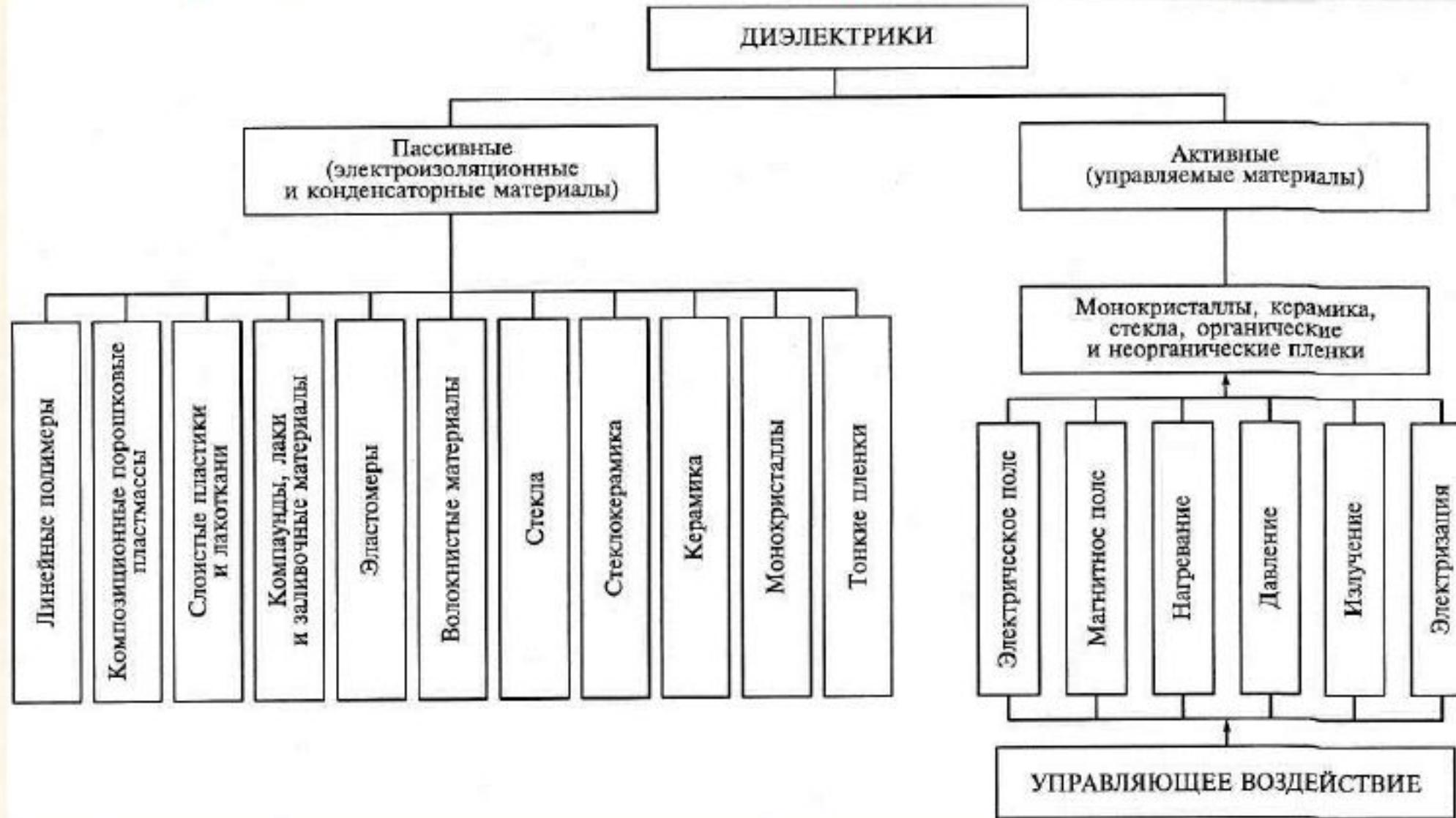
# Сравнительная характеристика основных элементарных полупроводников

Свойства	Ед. изм	Германий	Кремний
<b>Период решетки</b>	нм	<b>56,6</b>	<b>54,2</b>
<b>Температура плавления</b>	°C	<b>936</b>	<b>1414</b>
<b>Собственное удельное сопротивление при 20 °C</b>	Ом·м	<b>0,47</b>	<b>2000</b>
<b>Собственная концентрация носителей заряда</b>	$\text{м}^{-3}$	<b><math>2,5 \cdot 10^{19}</math></b>	<b><math>10^{16}</math></b>
<b>Ширина запрещенной зоны</b> <b>при 0 К</b>	эВ	<b>0,746</b>	<b>1,165</b>
		<b>0,665</b>	<b>1,12</b>
<b>Подвижность электронов</b>	$\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	<b>0,39</b>	<b>0,14</b>
<b>Подвижность дырок</b>	$\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	<b>0,19</b>	<b>0,05</b>
<b>Диэлектрическая проницаемость</b>	-	<b>16</b>	<b>12,5</b>

Электроизоляционные материалы – диэлектрические материалы, предназначенные для препятствования протекания электрического тока путями, нежелательными для работы электротехнического устройства.

- **Характерные особенности диэлектриков:**
  - Поляризация в электрическом поле;
  - Высокое удельное сопротивление;
  - Незначительное рассеяние энергии электрического поля;
  - Электрическая прочность.
- **Свойства диэлектриков существенно зависят от следующих факторов:**
  - Температура и влажность внешней среды;
  - Условия тепло-отвода;
  - Частота и равномерность электрического поля;
  - Степень однородности самого диэлектрика;
  - Агрегатное состояние диэлектрика.

# Классификация диэлектриков, применяемых в электронной технике



# **Рекомендуемая литература**

- Справочник по электротехническим материалам. В 3-х т. Под ред. Ю.В. Корицкого и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
- Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: Учебное пособие/ К.С.Петров. – СПб.: Питер, 2003.
- Ю.С. Забродин. Промышленная электроника.
- Богородицкий, М.П. Электротехнические материалы [Текст]: учеб. для вузов / М.П. Богородицкий, В.В. Пасынков, Б.М. Тареев. - Л. Энергоатомиздат, 1985.-364 с.
- Музылёва И.В. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» [Текст]/И.В. Музылёва. – Липецк: ЛГТУ, 2005. – 16 с.