

Лекция 1. Общие сведения о материалах электронной техники

Введение

Целью курса является изучение физической сущности явлений, протекающих в электрорадиоматериалах (ЭРМ), их свойств, областей использования и правил выбора. ЭРМ называются материалы и компоненты, несущие электрическую нагрузку или электрическую совместно с механической. Остальные материалы, несущие только механическую нагрузку, называются конструкционными материалами и элементами конструкций. Конечно, радиоинженер должен знать как ЭРМ, так и конструкционные материалы. Некоторые ЭРМ, например, пластмассы, являются одновременно и конструкционными материалами.

Современный научно-технический прогресс в области радиоэлектроники прежде всего связан с разработкой и использованием новых материалов. Надежность электронной аппаратуры, быстродействие, экономичность, рабочие температуры, стойкость к ударам, излучениям определяются не столько схемой и конструкцией, сколько использованными материалами. Практика постоянно предъявляет все более жесткие и разнообразные требования к свойствам и сочетанию свойств материалов.

Различные виды классификации материалов

Материалы, применяемые в электронике делятся на активные и пассивные. Пассивные радиоматериалы используются для изготовления резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности и т.д., т.е. элементов, не связанных с преобразованием информации. Электротехнические материалы, используемые для изготовления транзисторов, диодов, лазеров и т.д., т.е. элементов, связанных с преобразованием информации, называются активными материалами. На практике различные радиоматериалы подвергаются воздействию как электрических и магнитных полей, так и их совокупности. Поэтому основная классификация материалов проводится по воздействию на них внешнего электрического или магнитного поля. Также материалы классифицируют по агрегатному состоянию, по структуре, по типу связи и пр. Рассмотрим различные виды классификаций.

По поведению в **электрическом** поле материалы делят на проводники, полупроводники и диэлектрики.

Проводниковыми называют материалы, основным электрическим свойством которых является сильно выраженная электропроводность. Удельное электрическое сопротивление таких материалов $\rho < 10^{-5}$ Ом·м. Их применение в технике обусловлено в основном этим свойством. Все проводники можно классифицировать согласно схеме (рис. 1)

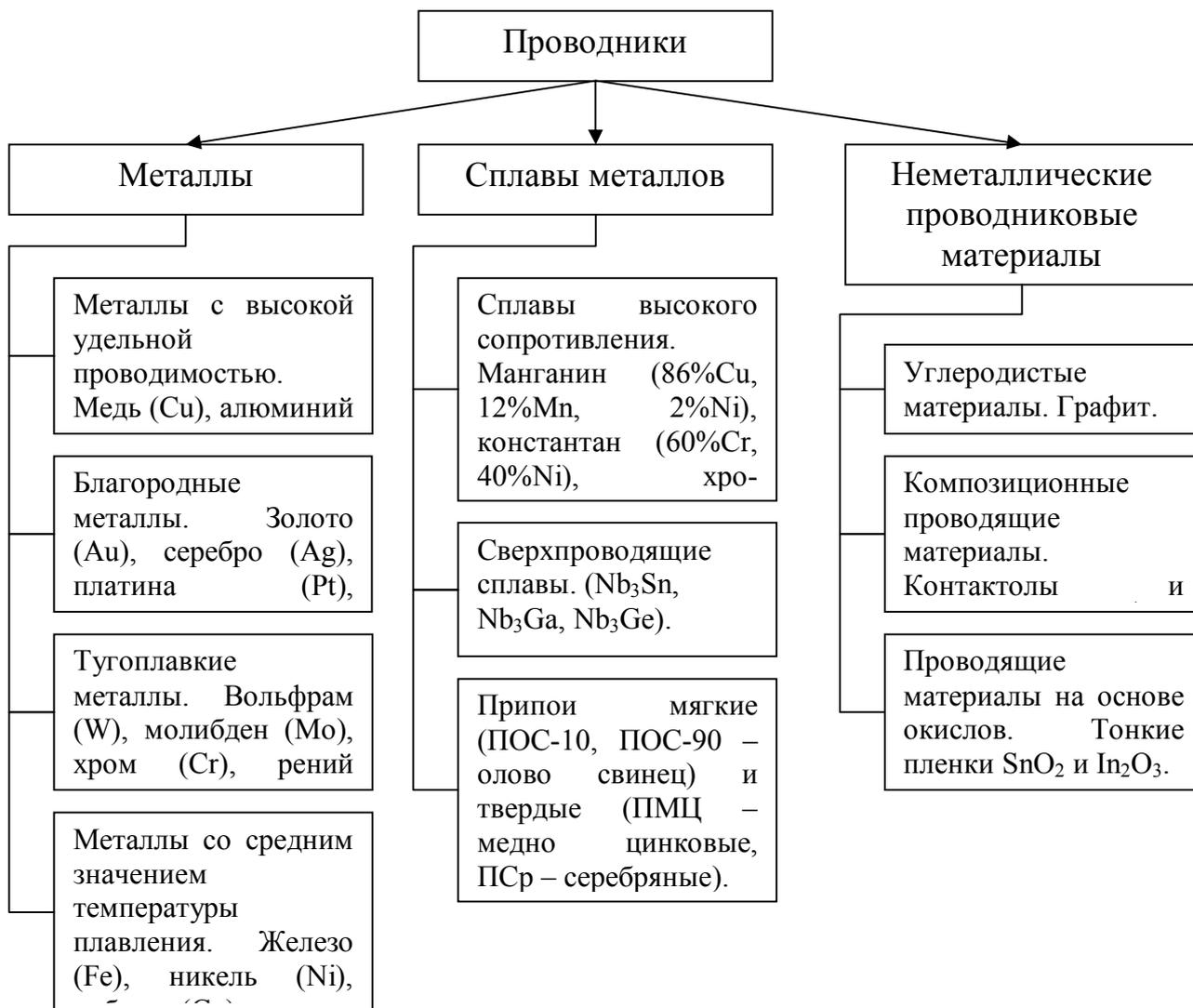


Рис. 1. Классификация проводниковых материалов

* Контакттолы – маловязкие или пастообразные композиции, применяемые в качестве токопроводящего клея или краски. Связующим веществом в них являются синтетические смолы, а токопроводящим наполнителем – мелкодисперсные порошки металлов (серебро, никель, палладий).

Керметы – металлодиэлектрические композиции с неорганическим связующим веществом. Они обладают высоким удельным поверхностным сопротивлением, поэтому применяются для изготовления тонкопленочных резисторов.

Полупроводниковыми называют материалы, являющиеся по удельной проводимости промежуточными между проводниковыми и диэлектрическими материалами и отличительным свойством которых является сильная зависимость удельной проводимости от концентрации и вида примесей или различных дефектов, а также в большинстве случаев от внешних воздействий (температуры, освещенности и т.п.). Удельное электрическое сопротивление полупроводников в зависимости от строения и

состава, а также условий их эксплуатации может меняться в пределах $10^{-5} < \rho < 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Классификация полупроводников приведена на рис. 2.

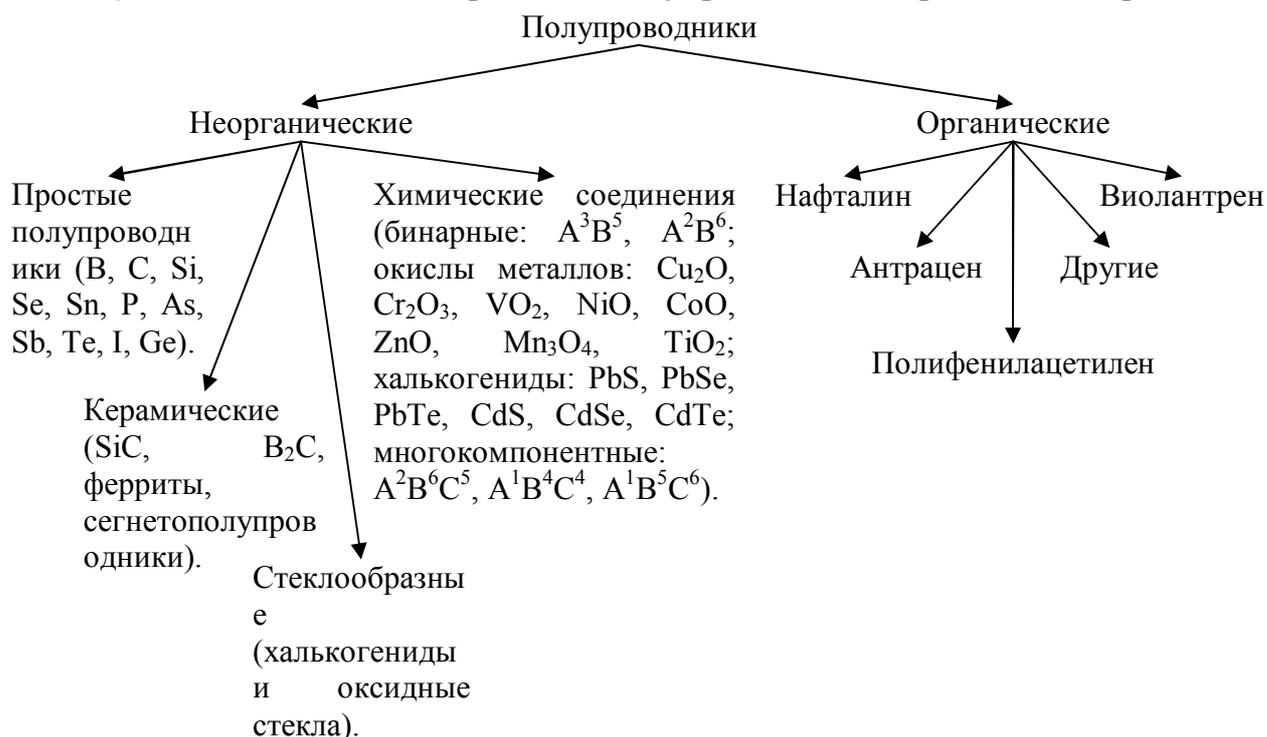


Рис. 2. Классификация полупроводниковых материалов

Халькогены – химические элементы VIa группы периодической системы: кислород, сера, селен, теллур, полоний.

Диэлектрическими называют материалы, обладающие незначительной электропроводностью. Удельное электрическое сопротивление диэлектриков $\rho > 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. У лучших диэлектриков удельное сопротивление превосходит $10^{16} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Четкую границу между значениями удельного сопротивления различных классов материалов провести достаточно сложно. Например, многие полупроводники при низких температурах ведут себя подобно диэлектрикам, а вырожденные полупроводники при высоких температурах – подобно металлам. Качественное различие состоит в том, что для металлов проводящее состояние является основным, а для полупроводников и диэлектриков – возбужденным.

Основным электрическим свойством диэлектриков является способность к поляризации, и в них возможно существование электростатического поля. Под поляризацией диэлектрика понимают процесс упорядочения его связанных электрических зарядов под действием электрического поля.

При применении диэлектриков довольно четко определилась необходимость использования как пассивных, так и активных свойств этих материалов.

Пассивные свойства диэлектрических материалов используются, когда их применяют в качестве электроизоляционных материалов и диэлектриков конденсаторов обычных типов. Однако резкой границы между активными и

пассивными диэлектриками не существует. Один и тот же материал в различных условиях его эксплуатации может выполнять функции изолятора или конденсатора, либо активные функции управляющего или преобразующего элемента.



Рис. 3. Классификация пассивных диэлектриков

Классификация активных диэлектриков представлена на рис. 4.

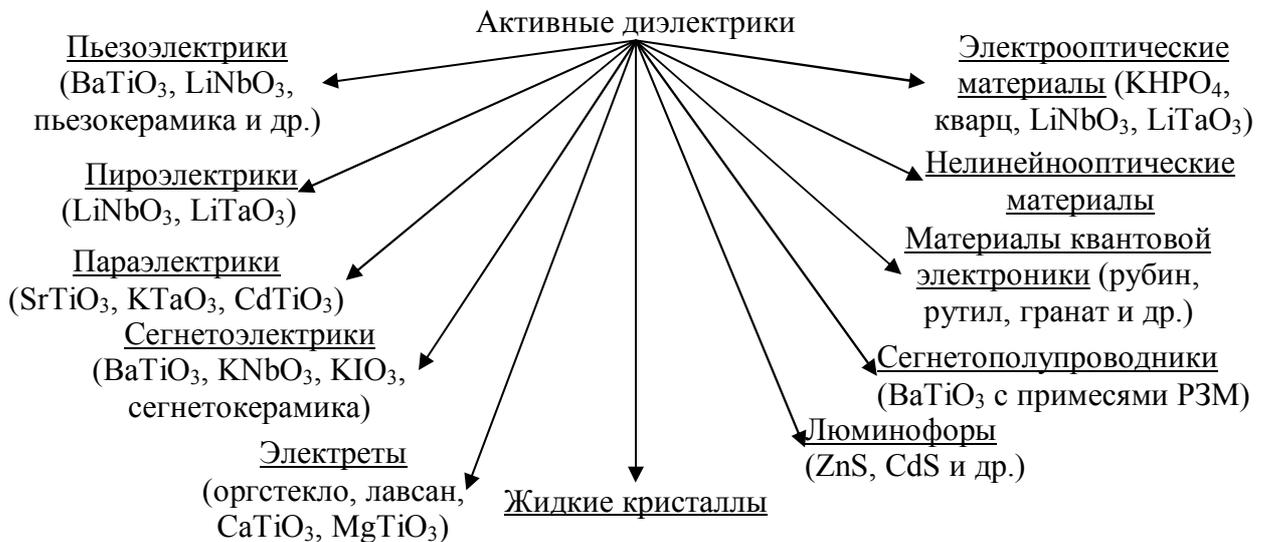


Рис. 4. Классификация активных диэлектриков

Пьезоэлектрики – диэлектрики, которые обладают сильно выраженным пьезоэлектрическим эффектом. Прямым пьезоэлектрическим эффектом называют явление поляризации диэлектрика под действием механических напряжений.

Пироэлектрический эффект – изменение спонтанной поляризованности диэлектриков при изменении температуры.

Параэлектрики – диэлектрики, для которых нелинейная зависимость поляризации P от электрического поля E проявляется уже в слабых полях и является безгистерезисной.

Сегнетоэлектрики – кристаллические диэлектрики, обладающие в определенном диапазоне температур спонтанной поляризацией, которая существенно меняется под влиянием внешних воздействий. Зависимость от внешнего электрического поля гистерезисная.

Сегнетополупроводники – кристаллы, обладающие одновременно сегнетоэлектрическими и полупроводниковыми свойствами.

Электреты – диэлектрики, длительное время сохраняющие поляризованное состояние после снятия внешнего воздействия, вызвавшего поляризацию, и создающие электрическое поле в окружающем пространстве (электрические аналоги постоянного магнита).

Жидкие кристаллы – вещества в состоянии, промежуточном между твердым кристаллическим и жидким. Жидкие кристаллы сохраняя основные черты жидкости, например текучесть, обладают характерной особенностью твердых кристаллов – анизотропией свойств.

Люминофоры – специально синтезируемые вещества, способность к люминесценции которых при различных способах возбуждения используется для практических целей.

По **магнитным свойствам** материалы делятся на диамагнетики (магнитная проницаемость $\mu < 1$, но $\mu \approx 1$), парамагнитные ($\mu > 1$, но $\mu \approx 1$), ферромагнитные ($\mu \gg 1$), ферримагнитные ($\mu \gg 1$).

Диамагнетик – вещество, намагничивающееся навстречу направлению внешнего магнитного поля. У диамагнетиков атомы или молекулы в отсутствие внешнего магнитного поля не имеют магнитных моментов.

Парамагнетик – вещество, способное намагничиваться в сильном магнитном поле. После снятия магнитного поля намагниченность пропадает, т.е. магнитные моменты ориентируются хаотично.

У ферромагнитных материалов магнитные моменты соседних одинаковых решеток выстраиваются в одном направлении (рис.1). На самом деле магнитное выравнивание атомов обычно не распространяется на неограниченный объем ферромагнитного материала: намагничивание ограничивается объемом, содержащим от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч атомов, и такой объем вещества принято называть доменом (от английского *domain* — «область»). Таким образом, в ферромагнетике формируется множество доменов, в каждом из которых магнитное поле ориентировано по-своему.

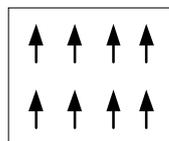


Рис. 1

Ферримагнитные материалы имеют две подрешетки, магнитные моменты которых противоположны. При этом если они одинаковы (рис. 2 а), то материалы называются скомпенсированными ферримагнетиками (или антиферромагнетиками). Если магнитные моменты соседних подрешеток различны (рис. 2 б), то материалы называются нескомпенсированными ферримагнетиками. Именно последние имеют $\mu \gg 1$.

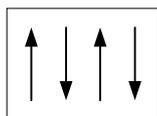


Рис. 2 а

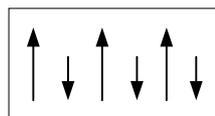


Рис. 2 б

По **агрегатному** состоянию материалы делят на твердые, жидкие, газообразные. По **структуре** – на монокристаллические, поликристаллические, аморфные и смешанные.

Монокристаллы состоят из одинаковых кристаллических ячеек, расположенных в правильном порядке (кубических, ромбических, тетрагональных, тригональных, гексагональных, орторомбических и др.). Атомы или ионы располагаются в узлах решетки, в центре, в центре грани. Монокристаллы анизотропны, т.е. их свойства различны в разных направлениях.

Поликристаллические материалы состоят из большого числа мелких кристалликов, хаотически ориентированных в разных направлениях. Они изотропны, т.е. их свойства одинаковы в любом направлении.

Аморфные материалы характеризуются хаотическим расположением атомов или ионов.

Смешанные материалы – в аморфную среду вкраплены кристаллики.

Связь между атомами бывает ионной, ковалентной (атомной), металлической, молекулярной.

На самостоятельное изучение следующие темы:

Сам. изуч. «Методы исследования материалов и элементов электронной техники»

Материал изучается в КФТИ КНЦ РАН