

Применение материалов в технике с учетом их электрических свойств и характеристик

Студенты группы 10401121 Бельский А. А., Клепчуков Д. С., Славянков Д. М.

Научный руководитель – Корнеева Е. К.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь, г. Минск

Электрические свойства материалов играют ключевую роль в современном мире, определяя поведение веществ в электрических полях и их способность проводить электрический ток. Эти свойства являются основой для разработки различных электронных устройств: от простых проводников до сложных полупроводниковых систем.

Материалы можно классифицировать на три основные группы в зависимости от их электрических свойств:

1. Проводники – материалы, легко проводящие электрический ток. Примеры включают металлы, такие как медь и алюминий. Проводимость этих материалов обусловлена наличием свободных электронов, которые могут свободно перемещаться под воздействием электрического поля. Механизм проводимости: в проводниках электроны находятся в делокализованном состоянии, что позволяет им свободно перемещаться при приложении электрического поля, что приводит к высокой электропроводности. Проводники используются в электрических проводах, кабелях и различных компонентах электроники.

2. Изоляторы – материалы не проводят электрический ток или делают это очень слабо. Примеры изоляторов включают резину, стекло и пластик. Изоляция возникает из-за отсутствия свободных зарядов, что препятствует движению электрического тока. Механизм изоляции: в изоляторах отсутствуют свободные электроны, что препятствует движению электрического тока. При приложении электрического поля возникает высокая диэлектрическая проницаемость, но ток не проходит.

3. Полупроводники обладают промежуточными свойствами между проводниками и изоляторами. Они могут проводить электрический ток при определенных условиях, например, при добавлении примесей (допирования) или изменении температуры. Допирование изменяет концентрацию носителей заряда (электронов и дырок), что позволяет управлять проводимостью. Наиболее известные полупроводники – это кремний и германий [1].

Электрические свойства материалов находят широкое применение в различных областях:

- Электроника: полупроводники используются в транзисторах, диодах и интегральных схемах, которые составляют основу современной электроники.

- Энергетика: проводники необходимы для передачи электрической энергии на большие расстояния. Металлы с высокой проводимостью, такие как медь и алюминий, широко применяются в кабелях и проводах.

- Изоляция: изоляторы используются для защиты проводников и обеспечения безопасности в электрических системах. Они предотвращают утечки тока и короткие замыкания [2].

В технике используются материалы с высокими и проводимостью, и сопротивлением. Медь и алюминий обладают самым малым из всех металлов (за исключением серебра) электрическим сопротивлением, поэтому они в основном используются для производства электрических проводов, в которых потери электроэнергии должны быть минимальными. Медь как материал для электрических проводов предпочтительнее, так как она хорошо проводит тепло и электрический ток, механически прочный и коррозионно-стойкий. Электропроводность чистого алюминия составляет около 60% электропроводности меди, но это компенсируется вдвое меньшей плотностью, алюминия, позволяющей делать провода из него более толстыми. Недостатком алюминия является его недостаточная стойкость при изгибах и перегибах [3].

Такие материалы, как вольфрам, нихром, фехраль, хромаль и др., имеют большое электрическое сопротивление и применяются в тех случаях, когда электрическую энергию необходимо превратить в свет или тепло. Чистый вольфрам в виде проволоки используют для производства нитей ламп накаливания благодаря его высокой рабочей температуре – 2200...2500 °С. Большая светоотдача, а также очень высокая температура испарения гарантируют длительный срок их службы. Вольфрамовые прутки и проволоку применяют для изготовления нагревательных элементов высокотемпературных печей (до 2500 °С). Удельное электрическое сопротивление вольфрама составляет 5,03 мкОм·м. Вольфрам и молибден являются дорогими и дефицитными металлами, поэтому там, где это возможно, стараются заменить эти металлы другими.

Константан – это сплав меди с никелем (39...41%) и марганцем (1...2%), обладающий удельным электрическим сопротивлением 0,48 мкОм·м, которое слабо зависит от изменения температуры. Этот материал используют для изготовления резисторов, элементов измерительных приборов и термопар.

Манганин – медный сплав, легированный 11,5...13,5% марганца и 2,5...3,5% никеля, обладающий стабильным удельным электрическим сопротивлением при изменении температуры. Его удельное электрическое сопротивление составляет 0,4 мкОм·м. Из манганина делают проволоку и ленты для электронагревательных приборов.

Нихром – сплав никеля (65...80%) с хромом (15...30%) и некоторыми добавками кремния, алюминия и других элементов, обладающий удельным электрическим сопротивлением 1,08 мкОм·м. Сплав характеризуется высокой жаростойкостью и используется для изготовления нагревателей электрических печей, бытовых приборов, резисторов, реостатов. Сплав нихрома, в котором до 20% никеля заменено железом, называется ферронихромом.

Хромаль – жаростойкий (до 1000...1400 °С) сплав железа с хромом (15...30 %) и алюминием (4,5...6,0), имеющий удельное электрическое сопротивление 1,3...1,5 мкОм·м. Хромаль марок Х23Ю5Т и Х27Ю5 используют для изготовления нагревателей сопротивления электрических цепей. Зарубежные аналоги хромали – это канталь, мегапир.

Фехраль – жаростойкий (до 1100 °С) сплав железа с хромом (8...12,5 %) и алюминием (3,5...5,5 %), имеющий высокое удельное электрическое сопротивление – 1,1...1,35 мкОм·м. Используется фехраль для производства нагревательных элементов электрических установок.

Молибден – тугоплавкий металл с удельным электрическим сопротивлением 5,17 мкОм·м, применяемый в производстве осветительных и электровакуумных приборов, а также для изготовления электронагревателей, например, для колпаковых печей, работающих в атмосфере азота и водорода.

В качестве нагревателей электрических печей служат силитовые стержни, которые получают при спекании смеси порошков корборунда и кремния. Такие нагреватели способны длительное время работать при высокой температуре до 2000 °С в воздушной атмосфере.

Электрические свойства материалов являются важной областью исследований, определяющей развитие технологий в электронике, энергетике и других сферах. Понимание этих свойств позволяет создавать более эффективные устройства и системы, что имеет значительное значение для прогресса человечества. В будущем ожидается дальнейшее развитие новых материалов с уникальными электрическими свойствами, что откроет новые горизонты для научных исследований и практического применения [4].

Список использованных источников

1. Костин, А. Н. Физика полупроводников / А. Н. Костин. – М.: Наука, 2015.
2. Иванов, И. П. Электрические свойства материалов / И. П. Иванов. – М.: Энергия, 2018.
3. Громов, В. А. Основы электроники / В. А. Громов – М.: Высшая школа, 2020.
4. Герасимова, Н. С. Пособие по курсу «Материаловедение» : учеб. пособие / Н.С. Герасимова – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 48 с.