

Обзор современных сверхпроводниковых технологий и материалов в технике

Студент Игнатенко Р.В.

Научный руководитель – к.т.н. Ковальчук А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Сверхпроводимость – это свойство некоторых материалов обладать нулевым электрическим сопротивлением при достижении ими критической температуры. Сверхпроводимостью обладают металлы и их сплавы, полупроводники, а также керамические материалы и другие вещества. Существуют даже сверхпроводящие сплавы и материалы. У них один из элементов или все элементы, входящих в его состав, могут и не быть сверхпроводниками. Например, сплавы ртути с золотом и оловом. Сверхпроводящее состояние в материале возникает не постепенно, а скачкообразно – при достижении температуры ниже критической. Выше этой температуры металл, сплав или иной материал находится в нормальном состоянии, а ниже ее – в сверхпроводящем. Для некоторых веществ переход в сверхпроводящее состояние становится возможным при определенных внешних условиях.

Сверхпроводимость сопровождается эффектами исчезновения электрического сопротивления и выталкивания магнитного поля из объема сверхпроводящего материала. Важное значение имеют критический ток и критическое магнитное поле – определенное значение напряженности магнитного поля, по достижении которого сверхпроводник теряет свойство сверхпроводимости. Явление сверхпроводимости может быть продемонстрировано следующим образом: если взять проводник, закольцевать его, сделав замкнутый электрический контур, охладить его до температуры ниже критической и подвести к нему электрический ток, а после чего убрать источник электрического тока, то электрический ток в таком проводнике будет существовать неограниченно долгое время.

В настоящее время разработаны сверхпроводники, обладающие свойством сверхпроводимости при комнатной температуре. Например, охлаждая металлическую ртуть при температуре, близкой к абсолютному нулю (4,15 К), удельное электрическое сопротивление ртути падает практически до нуля. Широко применяемыми металлами, переходящими в сверхпроводящее состояние при низких температурах, также являются свинец и олово. В соответствии с характером перехода из сверхпроводящего состояния в нормальное, при увеличении магнитного поля различают сверхпроводники I рода (Pb, Hg, In, Sn, Al) и II рода (Nb, V, Tc). Сверхпроводники I рода переходят в нормальное состояние скачкообразно, при строго определенной критической напряженности поля, а у сверхпроводников II рода этот переход совершается постепенно. Высокотемпературными сверхпроводниками называют сверхпроводники с критической температурой выше температуры существования жидкого азота (77 К). [1]

ругих электронных устройств), токопроводов сверхпроводящих магнитных систем и других.

Сплав БТЦ-ВД, изготавливается методом вакуумно-дуговой выплавки. Критический ток на единицу ширины холоднокатаной ленты толщиной 20 мкм и шириной 90-100 мм не ниже $(8,5-9,0) \cdot 10$ А/м, температура сверхпроводящего перехода 8,5-9,0 К, временное сопротивление разрыву 100-110 Н/мм. Сплав устойчив к коррозии в воздушной атмосфере и химически агрессивных средах. Сплав БТЦ-ВД применяют для изготовления сверхпроводниковых топологических генераторов коммутаторов в системах ввода и вывода энергии сверхпроводящих магнитов, различных криогенных конструкций, аппаратов формирования магнитных полей, томографов (медицинских), спектрографов, детекторов столкновения частиц и многих других. [2]

В электронике сверхпроводимость находит широкое применение в компьютерных технологиях. Промышленное применение сверхпроводимости связано с генерированием, передачей и эффективным использованием электроэнергии, а также при получении сверхсильных магнитных полей. Кроме того, сверхпроводники широко применяются в генераторах тока и электродвигателях.

Сверхпроводящие соленоиды позволяют получать однородные магнитные поля напряженностью свыше 10^7 А/м в достаточно большой области пространства, в то время как пределом обычных электромагнитов с железными сердечниками являются напряженности порядка 10^6 А/м. К тому же в сверхпроводящих магнитных системах циркулирует незатухающий ток, поэтому не требуются внешних источников питания. В будущем, следует предполагать, что сверхпроводимость будет широко использоваться в энергетике, промышленности, на транспорте и гораздо шире в медицине и электронике. [3]

Литература

1. В. Л. Гинзбург, Е. А. Андрюшин. Сверхпроводимость. – М.: Альфа-М, 2006. – 72 с.
2. Мнян М.Г. Сверхпроводники в современном мире. Книга для учащихся – М.: Просвещение, 1991. – 87 с.
3. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. 2-е издание, М.: МЦНМО, 2000. – 171 с.