

СВЕРХПРОВОДНИКИ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Дулеба В. В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Бычек И. В. – канд. техн. наук, доцент

Приведена классификация сверхпроводников, рассмотрены их основные свойства: нулевое электрическое сопротивление, эффект Мейснера-Оксенфельда, куперовские пары, эффект Джозефсона. Представлены области применения сверхпроводников.

Сверхпроводимость – это свойство некоторых материалов обладать строго нулевым электрическим сопротивлением (при постоянном токе) при достижении ими температуры ниже определённого значения (критическая температура). Впервые, сверхпроводимость «заметил» в 1911 году голландский физик Хейке Камерлинг-Оннес, который при охлаждении гелием ртутной проволоки до 4 К обнаружил, что электрический ток проходит по ней без сопротивления. Сверхпроводящее состояние возникает скачкообразно при температуре, которая называется температурой перехода. Выше этой температуры металл или полупроводник находится в нормальном состоянии, а ниже ее – в сверхпроводящем.

Существует несколько критериев для классификации сверхпроводников:

- по отклику на магнитное поле (I и II рода);
- по критической температуре (низкотемпературные и высокотемпературные);
- по материалу (чистый химический элемент, сплавы, керамика, органические сверхпроводники).

Принципиальными свойствами сверхпроводников являются нулевое электрическое сопротивление (для постоянного электрического тока электрическое сопротивление сверхпроводника равно нулю) и наличие критических свойств – критическое магнитное поле (значение поля, выше которого сверхпроводник находится в нормальном состоянии), критический ток (максимальный постоянный ток, который может выдерживать сверхпроводник без потери сверхпроводящего состояния), критическая температура. К одним из основных свойств сверхпроводников относятся эффект Мейснера-Оксенфельда и эффект Джозефсона. Эффект Мейснера (вытеснение постоянного магнитного поля из сверхпроводника) приводит ко многим интересным явлениям, например, левитации сверхпроводника в магнитном поле (преодоление гравитации, при котором объект «парит» в пространстве, не касаясь поверхности твёрдой или жидкой опоры). В сверхпроводнике, так же, как и в металле, в переносе тока участвуют электроны проводимости. Существенное различие между теми и другими заключается в том, что если в металле электроны движутся некоррелированно под действием приложенного электрического поля, то в сверхпроводнике возникает корреляция в движении электронов. Физической причиной возникновения корреляции в движении электронов является существующее в сверхпроводнике эффективное притяжение между ними. Это притяжение как бы объединяет электроны с противоположно направленными спинами в пары, называемые куперовскими парами. На основе эффекта Джозефсона построены самые чувствительные приборы для измерения магнитного поля – сверхпроводящие квантовые интерференционные устройства, сквиды [1]. Они входят в состав сверхчувствительных магнитометров, измеряющих магнитное поле Земли, а также используемых в медицине для получения магнитограмм различных органов.

В наши дни сверхпроводящие элементы – неотъемлемая часть самых точных приборов для измерения малых напряжений и магнитных полей, без них невозможно создать высокочувствительные детекторы излучений и сверхсильные магниты. Сверхпроводники лежат в основе устройств для магнитно-резонансной томографии, поскольку обладают достаточной чувствительностью, чтобы зафиксировать изменения магнитных полей головного мозга, в тысячи раз более слабые, чем окружающее нас магнитное поле Земли. Явление сверхпроводимости используется для получения сильных магнитных полей в циклотронах. Отсутствие потерь на нагревание при прохождении постоянного тока через сверхпроводник делает привлекательным применение сверхпроводящих кабелей для доставки электричества, так как один тонкий подземный кабель способен передавать мощность, которая традиционным методом требует создания цепи линии электропередач с несколькими кабелями много большей толщины. Проблемами, препятствующими широкому использованию, является стоимость кабелей и их обслуживания – через сверхпроводящие линии необходимо постоянно прокачивать жидкий азот. Несмотря на колоссальные усилия и финансовые затраты, поиск высокотемпературных сверхпроводников продвигается с большим трудом. Один барьер все же никак не удастся преодолеть – необходимость создавать и поддерживать очень низкие температуры. Но как только теория и эксперимент здесь придут к взаимному согласию, мы станем свидетелями новой научно-технической революции.

Список использованных источников:

1. Гинзбург, В.Л. Сверхпроводимость / В.Л. Гинзбург, Е.А. Андрюшин. – Москва: Издательство «Альфа-М», 2006. – 112 с.