

УДК 621.316.99

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Голота А.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Тетерина Л.В.

Сверхпроводимость – это способность вещества пропускать ток, не оказывая ему ни малейшего сопротивления.

Явление, заключающееся в полном исчезновении электрического сопротивления проводника при его охлаждении ниже критической температуры, было открыто в 1911 году, однако практическое использование этого явления началось в середине шестидесятых годов, после того как были разработаны сверхпроводящие материалы, пригодные для технических применений.

Сверхпроводимость – физическое явление, наблюдаемое у некоторых веществ (сверхпроводников), при охлаждении их ниже определенной критической температуры T_k , и состоящее в обращении в нуль электрического сопротивления постоянному току и выталкивания магнитного поля из объема образца.

Основой для открытия явления сверхпроводимости стало развитие технологий охлаждения материалов до сверхнизких температур. В 1877 году французский инженер Луи Кайете и швейцарский физик Рауль Пикте независимо друг от друга охладили кислород до жидкого состояния. В 1883 году Зигмунт Врублевски и Кароль Ольшевски выполнили сжижение азота. В 1898 году Джеймсу Дьюару удалось получить и жидкий водород. В 1911 году голландский физик Х. Камерлинг-Оннес открыл явление сверхпроводимости.

Открытие высокотемпературных сверхпроводников, критическая температура которых с запасом превышает температуру кипения жидкого азота, принципиально меняет экономические показатели сверхпроводниковых устройств, поскольку стоимость хладагента и затраты на поддержание необходимой температуры снижаются в 50-100 раз. Кроме того, открытие высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) сняло теоретический запрет на дальнейшее повышение критической температуры с 30 вплоть до комнатной.

Сверхпроводимость исчезает под действием следующих факторов: повышение температуры, действие достаточно сильного магнитного поля, достаточно большая плотность тока в образце, изменение внешнего давления.

В 1913г. немецкие физики Мейснер и Оксенфельд решили экспериментально проверить, как именно распределяется магнитное поле вокруг сверхпроводника. Результат оказался неожиданным. Независимо от условий проведения эксперимента магнитное поле внутрь проводника не проникало. Поразительный факт заключался в том, что сверхпроводник, охлажденный ниже критической температуры в постоянном магнитном поле, самопроизвольно выталкивает это поле из своего объема, переходя в состояние, при котором магнитная индукция $B = 0$, т.е. состояние идеального диамагнетизма.

Бардин, Купер и Шриффер в 1957г. построили долгожданную микроскопическую теория сверхпроводимости. Эта теория, известная сегодня под названием «теория БКШ», не только позволила с уверенностью сказать, что механизм сверхпроводимости действительно ясен, но и впервые привела к установлению связи между критической температурой T_k и параметрами металлов.

Каждый электрон несет с собой определенное количество энергии, которая измеряется в электрон-вольтах, это внесистемная единица измерения, но используется в атомной и ядерной физике, в физике элементарных частиц и в других близких областях науки. Запрещенная зона – область значений энергии, которыми не может обладать электрон в идеальном кристалле. То есть, это такая зона, через которую не может проходить электрон, иначе ему придется находиться между валентной зоной и зоной проводимости.

Наличие энергетической щели в электронном спектре считалось характерным признаком сверхпроводимости без энергетической щели – бесщелевая сверхпроводимость. Существование щели само по себе вовсе не является обязательным условием проявления сверхпроводящего состояния. Тем более что бесщелевая сверхпроводимость, как оказалось явление не столь уж и редкое. Главное – это наличие связанного электронного состояния – куперовской пары. Именно это состояние может проявлять сверхпроводящие свойства и в отсутствие энергетической щели.

Эффект Джозефсона – явление протекания сверхпроводящего тока через тонкий слой диэлектрика, разделяющий два сверхпроводника. Такой ток называют джозефсоновским током, а такое соединение сверхпроводников – джозефсоновским контактом.

Существует несколько критериев для классификации сверхпроводников: по отклику на магнитное поле (сверхпроводники I и II рода), по их критической температуре (низкотемпературные и высокотемпературные), по материалу (чистый химический элемент, сплавы, керамика и органические сверхпроводники).

Преимущества высокотемпературных сверхпроводников: резкое снижение затрат на охлаждение, высокое значение критических параметров, повышение стабильности

Сверхпроводимость может использоваться в самых разных сферах. Впервые она была применена при создании магнитов с высокими полями. С помощью сверхпроводников может быть обеспечена магнитная левитация, позволяющая высокоскоростным поездам двигаться плавно, без шума и трения. Создаются ВТСП электродвигатели для судов и промышленности, которые обладают существенно меньшими массогабаритными параметрами при равной мощности. Сверхпроводимость интересна с точки зрения микроэлектроники и компьютерной техники. Низкотемпературные сверхпроводники применяются в медицинских диагностических аппаратах (томографах), и даже в таких проектах, как большой адронный коллайдер и международный термоядерный реактор.

Одно из самых очевидных применений сверхпроводников связано с передачей электроэнергии. ВТСП кабели могут передавать значительную мощность при минимальном сечении, то есть обладают пропускной способностью другого порядка, нежели традиционные кабели. При прохождении тока через сверхпроводник не выделяется тепло, и практически отсутствуют потери, то есть решается главная проблема распределительных сетей.

Для существенного увеличения пропускной способности линий электропередач можно использовать сверхпроводящие кабели. Используя такой кабель, можно получить ряд преимуществ: повышенная пожарная безопасность, снижение потерь, увеличение удельной мощности, высокая плотность потребления; ветвление электрических сетей.

Применение высокотемпературной сверхпроводящей линии дает ощутимые преимущества: защита от каскадных отключений, возможность регулирования потока мощности. Высокотемпературные сверхпроводящие линии тока имеют возможность значительно снизить нагрузки на параллельных и резервных линиях, из-за своей способности пропускания большой мощности. И это одно из главных преимуществ такой системы, ввиду того, что проблема увеличения токов к.з. является весьма важной в крупных городах.

Литература

Лутинов В. С. Физические основы сверхпроводимости. Учебное пособие для вузов – М.: Высш. шк., 1989.