**Высокотемпературная сверхпроводимость**

Открытие в конце 1986 года нового класса высокотемпературных сверхпроводящих материалов радикально расширяет возможности практического использования сверхпроводимости для создания новой техники и окажет революционизирующее воздействие на эффективность отраслей народного хозяйства.

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. В связи с тем, что критические температуры этих материалов не превышали 20 К, все созданные сверхпроводниковые устройства эксплуатировались при температурах жидкого гелия, т.е. при 4-5 К. Несмотря на дефицитность этого хладоагента, высокие энергозатраты на его ожижение, сложность и высокую стоимость систем теплоизоляции по целому ряду направлений началось практическое использование сверхпроводимости. Наиболее крупномасштабными применениями сверхпроводников явились электромагниты ускорителей заряженных частиц, термоядерных установок, МГД-генераторов. Были созданы опытные образцы сверхпроводниковых электрогенераторов, линий электропередачи, накопителей энергии, магнитных сепараторов и др. В последние годы в различных капиталистических странах началось массовое производство диагностических медицинских ЯМР-томографов со сверхпроводниковыми магнитами, потенциальный рынок которых оценивается в несколько млрд. долларов.

Открытие высокотемпературных сверхпроводников, критическая температура которых с запасом превышает температуру кипения жидкого азота, принципиально меняет экономические показатели сверхпроводниковых устройств, поскольку стоимость хладоагента 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. Так, со времени открытия этого явления критическая температура повышена с 30 - 130 К.

Государственная научно-техническая программа предусматривает широкий комплекс работ, включающих в себя фундаментальные и прикладные исследования, направленные на решение проблемы технической реализации высокотемпературной сверхпроводимости.

В соответствии со структурой программы главными направлениями работ являются:

***1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ И СВОЙСТВ ВТСП.***

Основными задачами этого направления являются фундаментальные исследования по выяснению механизма высокотемпературной сверхпроводимости, разработка теории ВТСП, прогнозирование поиска новых соединений с высокими критическими параметрами и определение их физико-химических свойств.

***2. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА ВТСП МАТЕРИАЛОВ.***

По данному направлению будут проводиться исследования влияния высоких давлений, механических и тепловых воздействий, ионизирующих излучений, электромагнитных полей и других внешних факторов на свойства ВТСП материалов и выработка рекомендаций по вопросам создания ВТСП материалов с оптимальными технологическими и техническими характеристиками.

***3. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВТСП МАТЕРИАЛОВ.***

Главными задачами исследований по данному направлению являются разработка теоретических основ получения высокотемпературных сверхпроводящих материалов с заданными свойствами, синтез новых материалов с необходимыми для технической реализации параметрами, разработка технологий получения высокотемпературных сверхпроводников заданных технических форм. Ключевыми вопросами этого направления и всей программы в целом является создание технологичных и стабильных тонкопленочных структур, приемлемых для реализации в слаботочной технике, и особенно сильноточных токонесущих элементов в виде проводов, лент, кабелей и др. для использования в сильноточной технике.

***4. СЛАБОТОЧНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТСП.***

Создание конкретных технических изделий на основе ВТСП материалов наиболее реально в ближайшее время именно в слаботочной технике, т.е. в микроэлектронике и вычислительной технике.

В рамках программы предполагается разработка и освоение серийного производства трех классов электронных сверхпроводниковых приборов:

- СКВИДы (приборы на основе джозефсоновских переходов) как детекторы слабых магнитных полей для применения в медицине (магнитоэнцефалография), геологии и геофизике (поиск полезных ископаемых, изучение геологического строения земной коры, прогноз землетрясений), материаловедении (неразрушающий контроль материалов, конструкций), военной технике (обнаружение магнитных аномалий, в частности, глубинных подводных лодок), научных исследованиях, связи и навигации.

Широкое освоение и внедрение СКВИД магнитометрического метода измерений позволит в короткий срок качественно изменить многие виды измерительной техники, повысить в сотни и более раз чувствительность приборов и точность измерений, подвести измерительные возможности широкой номенклатуры датчиков к теоретическому пределу, вывести измерительную технику на высший качественно новый уровень.

- Аналого-цифровые приборы (АЦП), использующие сверхбыстрые (доли пикосекунды) переключения от джозефсоновского к "гиверовскому" режиму работы, для применений в новейших системах связи, цифровых вычислительных устройствах для обработки и анализа аналоговых сигналов и др.

- Приборы, основанные на эффекте появления на джозефсоновском переходе постоянного напряжения при подаче на него СВЧ сигнала, для использования в прецизионных измерительных системах (например, эталон Вольта).

Широкое применение ВТСП найдет в вычислительной технике. Уже в настоящее время разработаны, изготовлены и испытаны макеты ячейки памяти, сверхчувствительный элемент считывания на ВТСП пленках с кратным снижением энерговыделения по сравнению с полупроводниковыми усилителями считывания, сверхскоростные линии связи, которые позволят увеличить производительность систем в 10 - 100 раз. Внедрение ВТСП в вычислительную технику даст кратное увеличение ее быстродействия и степени интеграции. Так, переход на ВТСП соединения и снижение рабочей температуры полупроводниковых суперЭВМ позволит повысить их производительность с 10х9 до 10х12 операций/сек.

Одной из перспективных областей применения ВТСП будет космическая техника - бортовые и "забортовые" измерительная аппаратура и вычислительные системы (возможна работа без специальных устройств охлаждения, так как "теневая" температура у спутников - 90 К). При этом при переходе на ВТСП удельная масса охлаждающей системы снизится в 50 раз, объем уменьшится в 1000 раз, надежность возрастет в 10 раз.

Широкие перспективы использования ВТСП открываются в СВЧ-технике и в создании датчиков видимого и ИК диапазона с высокой чувствительностью.

***5. СИЛЬНОТОЧНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВТСП.***

Применение ВТСП в сильноточной технике будет иметь наиболее радикальные экономические последствия для народного хозяйства.

Это направление включает в себя создание электроэнергетических устройств и систем, вырабатывающих, передающих и преобразующих электроэнергию в промышленных масштабах. Основой этого направления является способность сверхпроводников нести без потерь высокие плотности (10х9-10х10 А/м2) транспортного тока в сильных магнитных полях при температурах ниже критической. Это свойство сверхпроводников позволяет создавать электроэнергетическое оборудование различного назначения с улучшенными массогабаритными характеристиками, более высоким КПД и значительно (в десятки раз) сниженными эксплуатационными расходами.

Так, при передаче по кабельным линиям электропередач мощностей свыше 20 млн. кВт на расстояние свыше 2000 км ожидается снижение электрических потерь на 10%, что соответствует сбережению от 7 до 10 млн. т.у.т. в год. При этом приведенные затраты на сверхпроводящую кабельную ЛЭП могут быть не больше, чем на высоковольтную ЛЭП традиционного исполнения. Синхронные сверхпроводящие генераторы для ТЭС, АЭС и ГЭС будут иметь на 0,5-0,8% более высокий КПД и на 30%

меньшие весогабаритные показатели. Предполагается создание сверхпроводниковых индуктивных накопителей энергии, которые по сравнению с гидроаккумулирующими станциями, единственным типом накопителей энергии, нашедшим промышленное применение в энергетике, будут обладать существенно более высоким КПД (до 97-98% вместо 70%). В рамках программы предполагается создание широкой гаммы электротехнических и электроэнергетических устройств, при этом масштабы суммарной экономии электроэнергии за счет массового применения ВТСП будут столь велики, что позволят радикальным образом пересмотреть сложившуюся экстенсивную стратегию развития топливно-энергетического комплекса.

Согласно структуре программы, предусматривается разработка и выпуск сверхпроводящих устройств и систем, создание которых экономически и технически целесообразно на основе традиционных гелиевых сверхпроводников. Это сверхпроводящие сепараторы, ЯМР-томографы, магнитные системы для удержания плазмы в ТОКОМАКах и ускорителях заряженных частиц и др. Создание таких систем кроме реального экономического эффекта от их внедрения заложит необходимую техническую и технологическую основу для быстрого перехода на ВТСП по мере создания технологичных ВТСП проводников.

***6. КРИОСТАТИРОВАНИЕ.***

Поскольку несмотря на значительное повышение критических температур новых сверхпроводящих материалов их абсолютное значение остается на уровне криогенных температур, одним из важнейших направлений исследований и разработок является создание высокоэкономичных, надежных автоматизированных ожижительных и рефрижераторных азотных установок, систем криостатирования для конкретных сверхпроводящих изделий, а также поиск принципиально новых методов получения холода в диапазоне рабочих температур ВТСП.

Предусматривается создание систем диагностики и контроля параметров криостатирующих устройств.

Кроме того, для изделий и систем, создаваемых на основе традиционных сверхпроводников, будут разработаны и изготовлены гелиевые установки нового поколения с высокими технико-экономическими показателями.

***7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОГРАММЕ ВТСП.***

В рамках этого направления предусматривается проведение широкого комплекса работ по научно-техническому прогнозированию и технико-экономическому обоснованию применения ВТСП, разработка и внедрение автоматизированных информационных систем, создание баз данных по ВТСП. Кроме того будет осуществляться комплексная программа подготовки и переподготовки кадров различной квалификации для работ по проблематике ВТСП.