

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Марчук М. С.

Смирнова Г. Ф. – доцент кафедры физики

Высокотемпературная сверхпроводимость – сверхпроводимость, наблюдаемая при относительно больших температурах. Долгое время под высокотемпературной сверхпроводимостью понималось резкое понижение сопротивления вплоть до нулевой отметки при температуре около 30 К, однако сегодня её наиболее часто ассоциируют с температурой в 77 К (точкой кипения азота).

До 1986 года наиболее высокотемпературным сверхпроводником являлся интерметаллид Nb_3Ge – сверхпроводник с критической температурой 23,2 К. Превалировавшая в это время теория БКШ (теория Бардина, Купера, Шриффера) ставила под сомнение возможность преодоления этого барьера. Однако в 1986 году при исследовании Ва – La – Cu – оксида Карлу Алексу Мюллеру и Йоханнесу Георгу Беднорцу – специалистам «IBM Research Division, Zurich Research Laboratory» - удалось сдвинуть температуру падения сопротивления до 35 К. К этому моменту уже неоднократно появлялись сообщения о высокотемпературной сверхпроводимости, которые, тем не менее, оказывались невозпроизводимыми. В связи с важностью сделанного открытия и несмотря на невозможность проведения магнитных измерений, чтобы показать наличие эффекта Мейсснера – Оксенфельда, в журнале «Цайтшрифт фюр физик» была опубликована статья под названием «Возможная высокотемпературная сверхпроводимость в системе Ва – La – Cu - O». Рентгеновская дифракционная картина образцов показывала наличие по крайней мере двух различных фаз. В соответствии с показаниями микроструктурного анализа, в обеих структурах La частично заменялся Ва. Однако вопрос о том, являются ли эти соединения веществами, в которых переменная валентность меди приводит к сверхпроводящему переходу, до сих являлся неразрешенным. В сентябре 1986 года после установки измерителя восприимчивости был получен важный результат: образцы, обладающие падением сопротивления, демонстрировали переход от пара- к диамагнетизму при низких температурах. После того, как было получено подтверждение наличия эффекта Мейсснера – Оксенфельда, La_2CuO_4 с добавлением Ва можно было окончательно назвать сверхпроводящим соединением.

В феврале 1987 года профессор Ч. В. Чу из Хьюстонского университета подтвердил результаты исследований. Он также смог увеличить температуру перехода исследуемого оксида в сверхпроводящее состояние с 35 К до 50 К путем приложения гидростатического давления. При замене La на Y удалось добиться огромного скачка критической температуры до 92 К. С этого момента для демонстрации эффекта Мейсснера можно было применять не дорогостоящий жидкий гелий, а более дешевый хладагент – жидкий азот. Интересным оказывается то, что высокотемпературная сверхпроводимость наблюдается не у интерметаллидов, имеющих органическую или полимерную структуру, а у оксидной керамики, которая обыкновенно проявляет диэлектрические или полупроводниковые свойства.

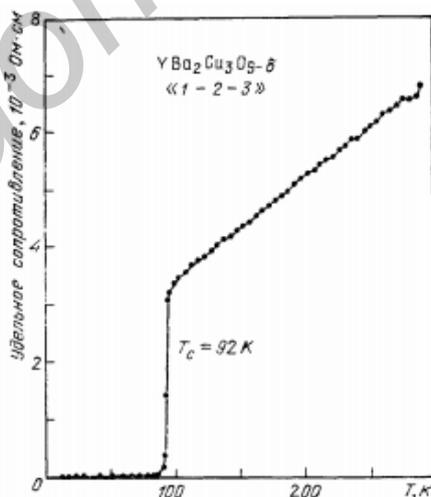


Рис. 2 - Сопротивление монокристаллического образца $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ как функция температуры

Маеда синтезировал серию соединений вида $Bi_2Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+4}$, среди которых фаза $n = 3$ имеет $T_c = 108$ К, а $T_c = 110$ К. По прошествии месяца американский физик А. Херман смог синтезировать сверхпроводник $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$ с критической температурой 125 К. В 1993 года международная команда исследователей, в которой значимую роль играли российские химики Е. Антипов и С. Путилин, синтезировала ртуть-содержащие сверхпроводники состава $HgBa_2Ca_{x-1}Cu_xO_{2x+2+\delta}$ ($x = 1 - 6$). Температура перехода в

сверхпроводящее состояние возрастает от первого члена до третьего, а затем уменьшается. на сегодняшний день наибольшей температурой сверхпроводимости обладает $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$ с критической температурой 135 К. При наложении внешнего давления в 350 тысяч атмосфер температура перехода возрастает до 164 К, что лишь на 19 К уступает минимальной температуре, зарегистрированной в природных условиях на поверхности Земли.

До сих пор интересной для изучения является природа высокотемпературной сверхпроводимости. Поскольку при теоретическом исследовании сверхпроводников-купратов при помощи теории БКШ (теория Бардина, Купера, Шриффера) оказывается, что критическая температура не должна превышать 1 К, что не соответствует экспериментальным результатам.

Ещё К. Мюллер и Г. Беднорц выяснили, что, как и в случае низкотемпературных сверхпроводников, высокотемпературная сверхпроводимость связана с образованием куперовской пары. Изучение сил, вызывающих спаривание и сегодня остается актуальным. Некоторые ученые связывают образование куперовских пар с магнитным резонансом, однако магнитный резонанс отсутствует в сверхлегированных материалах, которые, тем не менее, остаются сверхпроводящими. Материаловеды Аргонской национальной лаборатории полагают, что, хотя магнитный резонанс не принимает участия в образовании электронных пар, есть серьезные основания считать природу связующих сил магнитной.

На данный момент не существует единой теории, описывающей природу высокотемпературных сверхпроводников. Изучение механизма высокотемпературной сверхпроводимости остается актуальным.

Список использованных источников:

1. Нобелевские лекции по физике — 1987. Bednorz J. Georg, K. Alex. Müller. Perovskite-Type Oxides — the New Approach to High-Tc Superconductivity: Nobel Lecture. Stockholm, December 8, 1987. — Перевод О. В. Долгова. [Электронный источник] http://www.femto.com.ua/phys_world/phys_world-0036.html
2. [Электронный источник] <http://www.chem.msu.su/rus/journals/xr/tretyak.html>
3. [Электронный источник] <http://ufn.ru/ru/articles/1988/9/d/>
4. [Электронный источник] <http://ufn.ru/ru/articles/1988/9/d/>

ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО ТЕРМОСТАБИЛЬНОГО СПЛАВА «ALUGLASS» ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Малаховский Т.А.

Ташлыкова-Бушкевич И.И. – к. ф.-м.н. наук, доцент

Существуют специальные термостабильные сплавы, сопротивление которых практически не изменяется при нагревании, их температурные коэффициенты сопротивления очень малы. К таким сплавам относятся манганин и константан [1,7], а зависимость сопротивления сплава алюминия и оксида кремния (силумина) от температуры не изучена.

Так как сопротивление металлов в зависимости от увеличения температуры растёт, а полупроводники при увеличении температуры становятся проводниками электрического тока, т.е. их сопротивление с ростом температуры уменьшается, то в данной работе мы решили проверить зависимость сопротивления сплава алюминия и оксида кремния от изменения температуры.

Цель исследования: получение сплавов алюминия и стекла при естественной кристаллизации и в однородном электрическом поле и исследование зависимости их сопротивления от температуры.

Гипотеза:

1. Зависимость сопротивления полученного псевдосплава от изменения температуры незначительна по сравнению с аналогичным параметром алюминия и силумина.
2. Зависимость сопротивления полученного псевдосплава от температуры определяется соотношением стекла и алюминия.
3. Кристаллизация псевдосплава в однородном электрическом поле приводит к уменьшению зависимости его сопротивления от температуры.

Если в технической литературе описываются технологии получения чистых металлов и сплавов из них, то мы в нашей исследовательской работе совершили попытку соединить проводник электрического тока и изолятор, чтобы получить новый материал, сопротивление которого не будет зависеть от температуры.

В результате исследования были получены 6 образцов сплава алюминия и стекла «Aluglass» с различным массовым соотношением стекла и алюминия, а также с различными условиями кристаллизации сплава. Получение сплава проводилось двумя способами: путём естественной кристаллизации и путём кристаллизации в однородном электрическом поле, образованном между двумя плоскопараллельными металлическими пластинами, подключёнными к разноимённым полюсам электрофорной машины.

Мы изучили и сравнили зависимость сопротивления алюминия, сплавов с различным процентным содержанием стекла, полученных путём естественной кристаллизации, силумина и сплава, кристаллизация которого происходила в однородном электрическом поле, в виде графиков зависимости сопротивления материалов от температуры.