

**АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ
АМОРФНЫХ ПЛЕНОК Re – Ta – H
ПРИ СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ ПЕРЕХОДЕ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

И.В.Золотухин, В.М.Федоров, В.С.Железный, Ю.В.Бармин

Обнаружено резкое увеличение электросопротивления в аморфных пленках Re – Ta – H при сверхпроводящем переходе во внешнем магнитном поле.

Аморфные пленки толщиной 5 – 10 мкм были получены ионно-плазменным напылением системы Re – Ta^{1,2} с последующим электролитическим наводороживанием. Структура

пленок исследовалась рентгеновским методом. Состав определялся методами рентгеновской оже- и фото-электронной спектроскопии.

Электросопротивление пленок измерялось в интервале температур 4,2 – 300 К в перпендикулярном магнитном поле сверхпроводящего соленоида до 12 кЭ. Измерительный ток не превышал 50 мкА. В образцах с содержанием водорода 7 ат.% $\leq C \leq 14$ ат.% вблизи T_c наблюдался максимум электросопротивления, во всем остальном интервале температур электросопротивление почти не изменялось ($R_{ост} / R_{300} \sim 1,03$). При увеличении внешнего магнитного поля максимум электросопротивления смещался в сторону более низких температур, а его ширина увеличивалась. Гистерезис не превышал 0,05 К. Критическую температуру сверхпроводящего перехода в магнитном поле мы определяли как температуру максимума электросопротивления. Составы образцов, в которых обнаружен эффект приведены в таблице.

Влияние состава пленок Re – Ta – H на температуру сверхпроводящего перехода T_c и величину эффекта :

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{R_{max} - R_{ост}}{R_{ост}}$$

Состав	T_c , К	$\Delta R/R$, %
Re ₈₄ Ta ₉ H ₇	7,29	10
Re ₈₃ Ta ₉ H ₈	7,20	20
Re ₈₁ Ta ₉ H ₁₀	7,08	126
Re ₇₉ Ta ₉ H ₁₂	7,05	115
Re ₇₇ Ta ₉ H ₁₄	7,05	33

Температурная зависимость относительного электросопротивления ($R/R_{ост}$) аморфного сплава Re₉₆Ta₉H₁₀, в котором наблюдался максимальный эффект представлена на рис. 1.

Для сверхпроводящего перехода в отсутствие внешнего поля ($T_c = 7,08$ К) аномалии в поведении электросопротивления не обнаружено (см. рис. 1, кривая 1).

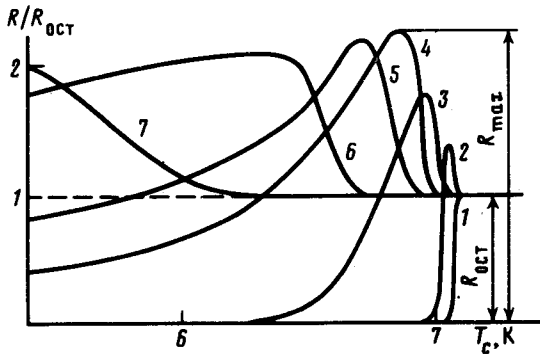


Рис. 1

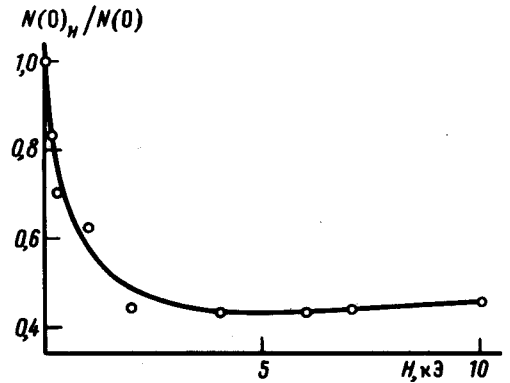


Рис. 2

Рис. 1. Кривые сверхпроводящего перехода в различных магнитных полях для аморфного сплава: 1 – $H = 0$; 2 – $H = 300$ Э; 3 – $H = 1$ кЭ; 4 – $H = 2$ кЭ; 5 – $H = 4$ кЭ; 6 – $H = 8$ кЭ; 7 – $H = 12$ кЭ

Рис. 2. Плотность электронных состояний $N(0)_H$ аморфного сплава Re₈₁Ta₉H₁₀ в зависимости от приложенного поля (нормировано к $N(0)$ в отсутствие поля)

Как известно, плотность электронных состояний на поверхности Ферми, рассчитанная без учета перенормировки за счет электрон-фононного взаимодействия³, равна

$$N(0) = \frac{\pi}{4k_B e \rho_{max}} \left(\frac{\partial H_c}{\partial T} \right)_{T_c}$$

Зависимость $N(0)$ от приложенного поля приведена на рис. 2, который показывает, что переход, в основном, имеет электронную природу и связан с изменением электронного спектра. Так как $N(0) \sim n^{1/3}$ (n — концентрация электронов проводимости), мы можем качественно объяснить наблюдаемую аномалию. Известно, что уровень Ферми в кристаллическом $\text{Re}(T_c = 1,7 \text{ К})$ лежит вблизи минимума плотности электронных состояний⁴, поэтому $d-d$ связи между атомами Re в кристалле локализованы и носят ковалентный характер. Как показано в работе⁵, аморфизация Re приводит к разрушению части связей ковалентного типа и, как следствие, к возрастанию n и, следовательно, T_c . Мы считаем, что введение водорода повышает вероятность образования ковалентных пар. В магнитном поле рост вероятности образования ковалентных пар может оставить конкуренцию сверхпроводимости, поскольку в этом случае вместо куперовских пар появляются ковалентные. Уменьшение электронной концентрации ведет при этом к увеличению электросопротивления. Считая, что резкий спад $N(0)$ (см. рис. 2) связан с переходом, можно определить $N(0)_H / N(0)$ как меру относительного изменения электронной концентрации ($n_H/n \sim 0,46$ для сплава $\text{Re}_{91}\text{Ta}_9\text{H}_{10}$).

Таким образом, сосуществование ковалентности и сверхпроводимости проявляется в росте сопротивления за счет образования ковалентных пар при подавлении сверхпроводимости в магнитном поле.

Литература

1. Colver M.M., Hammond R.H. J. Appl. Phys., 1978, 49, 2420.
2. Золотухин И.В., Бармин Ю.В. Возможности применения метода высокоскоростного распыления для получения аморфных материалов. Кн. Аморфные металлические материалы. М.: Наука, 1984, с. 139.
3. Bergmann J. J. Low. Temp. Phys., 1974, 28, 552.
4. Немцов С.А. ФММ, 1965, 19, 550.
5. Федоров Ю.М., Золотухин И.В. ФТТ, 1983, 25, 1203.