

О МИНИМУМЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО  
МЕТАЛЛА (Сс)

Е. Е. Семенов

Известно, что целый ряд металлов, содержащих примеси, обнаруживают в области низких температур аномальное поведение электросопротивления, проявляющееся в наличии минимума на кривой хода  $R(T)$ .

Это экспериментально обнаружено у таких слабомагнитных металлов, как  $Ag, Au, Cu, Mg, Zn, Mo, Al$  [1-6] с малыми добавками определенных металлических примесей, причем ряд авторов связывает появление минимума электросопротивления с существованием локальных магнитных моментов.

В последнее время явление минимума электросопротивления получило теоретическое объяснение, из которого следует, что минимум электросопротивления появляется как при отрицательном обменном взаимодействии электронов проводимости с атомами примеси в результате сложения убывающего с температурой обычного электросопротивления и растущего обменного сопротивления [7,8], так и при положительном обменном взаимодействии [9].

Настоящее сообщение посвящено обнаружению минимума электросопротивления у такого металла с магнитным упорядочением, как хром, в его антиферромагнитном состоянии.

Явление было найдено и изучено на образцах хрома различной чистоты, мерилем которой служило остаточное электросопротивление

$R_{1,5^{\circ}K} / R_{300^{\circ}K}$ , равное  $7,6 \cdot 10^{-2}$ ,  $6,8 \cdot 10^{-2}$  и  $8 \cdot 10^{-3}$ , соответственно ( $R_{1,5^{\circ}K}$  - величина электросопротивления образцов при  $1,5^{\circ}K$ ,  $R_{300^{\circ}K}$  - при  $300^{\circ}K$ ).

Все исследованные образцы хрома имели минимум электросопротивления ниже  $15^{\circ}K$ .

На рис. 1 приведены данные измерений для трех образцов различной чистоты. У самого грязного образца (кривая 1 - масштаб по оси ординат справа) минимум электросопротивления проявляется при самой высокой температуре ( $\sim 11^{\circ}K$ ) и является самым глубоким -  $\Delta R/R = (R_{1,5^{\circ}K} - R_{T_{мин}}) / R_{T_{мин}} \approx 0,2\%$  ( $R_{T_{мин}}$  - величина электросопротивления при температуре минимума). Для более чистого хрома (кривая 2 - масштаб по оси ординат справа) минимум электросопротивления также ясно обнаруживается, но уже при более низкой температуре ( $\sim 10^{\circ}K$ ) и глубина его составляет только  $\sim 0,07\%$ . Такую же глубину минимума электросопротивления имеет и самый чистый хром (кривая

3 - масштаб по оси ординат слева), хотя температура минимума у него еще более низкая ( $\sim 5^{\circ}\text{K}$ ).

Ни глубина минимума, ни температура его не изменились после отжига образцов в вакууме лучше  $10^{-7}$  мм рт.ст. при  $\sim 1300^{\circ}\text{C}$ .

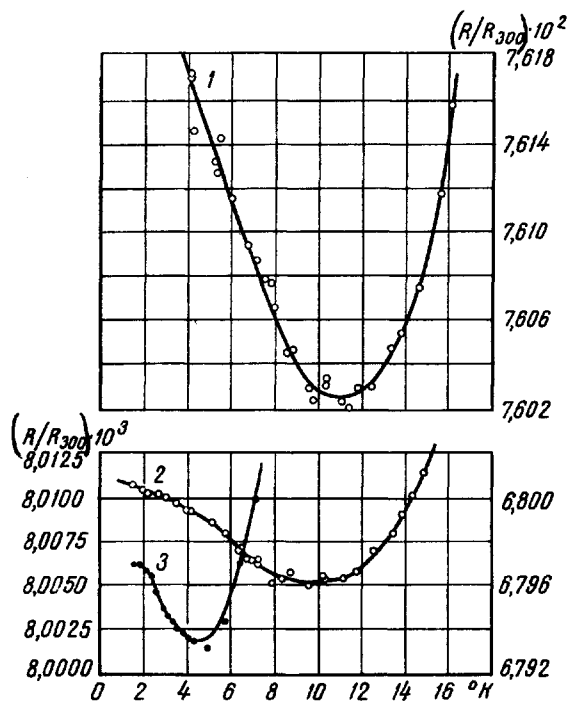


Рис. 1. Зависимость величины относительного электросопротивления  $R/R_{300}$  от температуры.  $R$  - величина электросопротивления при данной температуре,  $R_{300}$  - при  $300^{\circ}\text{K}$

Предварительные измерения минимума электросопротивления образца хрома с остаточным электросопротивлением  $\sim 8 \cdot 10^{-3}$  в продольном магнитном поле  $\sim 30000$  э показали, что минимум не исчезает в этом поле. Это является необычным, так как известно, например, что у других металлов минимум электросопротивления исчезает в полях  $(10-20) \cdot 10^3$  э [4,5].

К сожалению, нет пока количественных данных о составе примесей образцов, однако можно отметить, что даже у самого чистого из них присутствуют железо в количестве 0,01%, никель  $6 \cdot 10^{-3}\%$  и марганец  $\sim 5 \cdot 10^{-4}\%$ .

Если воспользоваться для качественной оценки примесей остаточным электросопротивлением, то для имеющихся образцов хрома зависимость температуры минимума от величины остаточного электросопротивления представляется плавной кривой на рис. 2. Интересно, что кривая имеет совершенно аналогичный вид, как и для золота [1].

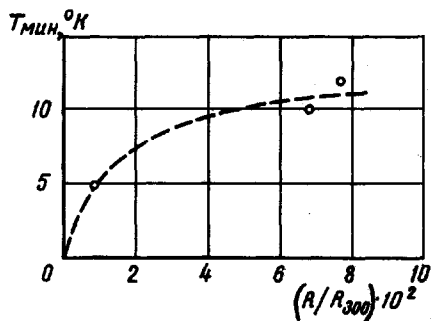


Рис. 2. Зависимость температуры минимума электросопротивления  $T_{\min}, ^\circ K$  от величины остаточного электросопротивления.  $R$  - величина электросопротивления при  $1,5^\circ K$ ,  $R_{300}$  - при  $300^\circ K$

Можно обратить внимание на то, что минимум электросопротивления обнаружен у антиферромагнитного металла (хрома) с большим внутренним магнитным полем, возможно, поэтому влияние внешнего магнитного поля  $\sim 30000$  э оказывается еще несущественным.

В заключение автор выражает благодарность А.И.Сомову за предоставление образцов чистого хрома, Л.С.Лазаревой за предоставление сверхпроводящего соленоида, Б.Г.Лазареву и М.И.Каганову за интерес к работе и обсуждение результатов, А.И.Судовцову и В.М.Кузьменко за помощь в измерениях.

Физико-технический институт  
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию  
4 апреля 1966 г.

#### Литература

- [1] De Haas, W.J. de Boer, J.H. van den Berg. Physica, 1, III5, 1934.
- [2] N.M.Nakhimovich. J.Physics, 2, 141, 1941.
- [3] Л.С.Кан, Б.Г.Лазарев. Докл. АН СССР, 81, 1027, 1951.
- [4] A.N.Cerritsen, J.O.Linde. Physica, 17, 573, 584, 1951.
- [5] А.Е.Алексеевский, Д.П.Гайдуков. ЖЭТФ, 31, 947, 1956; Д.П.Гайдуков. ЖЭТФ, 34, 836, 1958; 35, 804, 1958.

- [6] G.J. van den Berg. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Low Temperature Physics (ed.G.M.Graham and A.C.Hollis-Hallet, University of Toronto Press 1961).
- [7] J.Kondo. Progr. Theor. Phys., 32, 37, 1964.
- [8] A.A.Абрикосов. ЖЭТФ, 48, 990, 1965; Письма ЖЭТФ, I, вып. I, 53, 1965.
- [9] A.D.Brailsford, A.W.Overhauser. J.Phys. Chem. Solids, 15, 140, 1960.