

ОБНАРУЖЕНИЕ ПАЛЛАДИЕВЫХ КЛАСТЕРОВ

В СПЛАВЕ $\text{Au}_{0,6}\text{Pd}_{0,4}$

Л.А.Угодникова, В.М.Бейлин, Ю.Н.Циовкии

Известно, что в сплавах $\text{Ag}-\text{Pd}$, $\text{Au}-\text{Pd}$ и $\text{Cu}-\text{Ni}$ близких по составу к эквивалентному, наблюдается минимум в температурной зависимости электросопротивления при низких температурах.

Для сплавов системы $\text{Cu}-\text{Ni}$ наблюдаемые аномалии непосредственно связывают с наличием никелевых кластеров [1]. Аналогичные особенности в зависимости $R = f(T)$ в системе $\text{Au}-\text{Pd}$ авторы [2] связывают со "спиновыми пакетами", обусловленными особым состоянием палладия. С другой стороны, методом диффузного рентгеновского рассеяния обнаружен ближний порядок в сплаве $\text{Au}_{0,6}\text{Pd}_{0,4}$ [3]. Можно предположить, что в системе $\text{Au}-\text{Pd}$ формируются палладиевые кластеры, по аналогии с никелевыми кластерами в системе $\text{Cu}-\text{Ni}$.

Обнаружение кластеров из-за малости их размеров и отсутствия четко выраженных границ требует специальных методик, таких как ЯМР, ЯГР, диффузное рентгеновское рассеяние и рассеяние нейтронов, исследования с помощью электронного микроскопа. Однако, в отдельных случаях, по-видимому, можно обнаружить кластеры, помещая в них характерные примесные атомы, контроль за которыми с помощью простых физических методик позволит исследовать, по крайней мере, их ближайшее окружение.

Данная работа предпринята в целях проверки выше высказанного предположения о существовании палладиевых кластеров в сплаве $\text{Au}_{0,6}\text{Pd}_{0,4}$. Для этого было использовано свойство атомов железа и

кобальта поляризовать ближайшее окружение в сплавах Pd – Fe и Pd – Co. Наблюдаемые в этих сплавах "гигантские" магнитные моменты ($10 - 12 \mu_B$) однозначно связываются с железо-палладиевыми и кобальт-палладиевыми спиновыми кластерами, размер которых, согласно [4], равен в диаметре 10 \AA .

Мы предположили (из сравнения растворимости железа и кобальта в палладию и обогащенной золотом матрице [5]), что при растворении железа и кобальта в сплаве $\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}$ вероятность попадания примеси в палладиевые кластеры велика. В результате поляризации ближайшего окружения с атомами примеси будут связаны "гигантские" магнитные моменты, присутствие которых легко обнаружить по магнитным и электрическим свойствам.

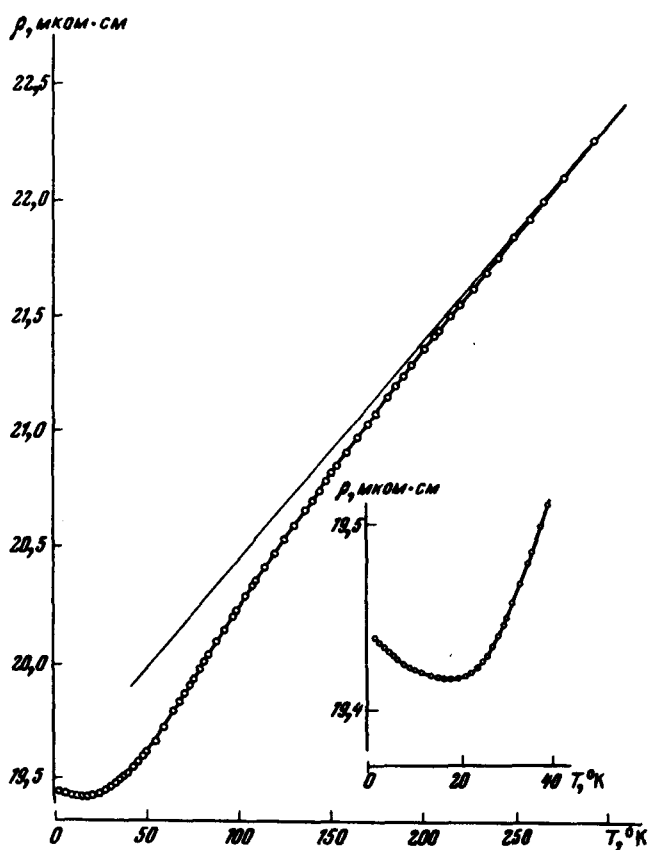


Рис. 1. Температурная зависимость электросопротивления сплава $\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}$

В данной работе исследовались температурные зависимости магнитной восприимчивости и электросопротивления сплавов $\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}$; $(\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4})\text{Fe}_{0.01}$; $(\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4})\text{Fe}_{0.005}$; $(\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4})\text{Co}_{0.005}$. Согласно металлографическим и рентгеноструктурным исследованиям отожженные от 800°C образцы были однофазны. Образцы были в виде проволок $\phi 0,1 \text{ мм}$. Удельные значения магнитной восприимчивости и электросопротивления сплава $\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}$ при комнатной температуре не отличались от имеющих в литературе данных [6].

В температурной зависимости электросопротивления сплава $\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}$ при $T = 20^\circ\text{K}$ обнаружен минимум. Зависимость $R = f(T)$ имеет ано-

мальный вид и при более высоких температурах (рис. 1). Особенности температурной зависимости электросопротивления согласно [2] обусловлены "спиновыми пакетами", связанными с атомами палладия, а по терминологии [1] — кластерами атомов палладия.

Как видно из рис. 2 добавление 1 ат. % железа в сплав приводит к сильному росту парамагнитной восприимчивости с понижением температуры, а также к резкому изменению температурного коэффициента электросопротивления (в 18 раз при $T = 80^\circ\text{K}$).

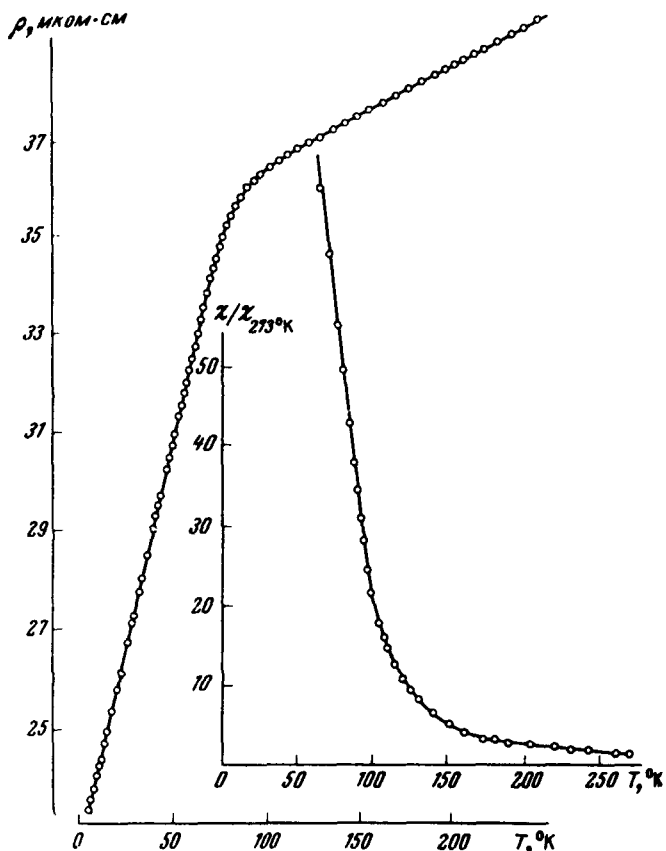


Рис. 2. Температурная зависимость электросопротивления и относительной магнитной восприимчивости сплава $(\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4})\text{Fe}_{0.01}$

Сильный рост магнитной восприимчивости с понижением температуры, выполнение закона Кюри – Вейсса для обратной восприимчивости с $\Theta_p = 40^\circ\text{K}$ и резкое изменение температурного коэффициента электросопротивления при $\Theta_c = 35^\circ\text{K}$ наблюдаются и для сплавов $(\text{Au}_{0.6}\text{Pb}_{0.4})\text{Fe}_{0.005}$ и $(\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}\text{Co}_{0.005})$. В этих сплавах рассчитанный из магнитной восприимчивости средний магнитный момент на атом примеси равен $10\mu_B$.

На основании полученных результатов и сравнения величин магнитных моментов атомов примеси и температур упорядочения рассматриваемых сплавов с соответствующими величинами для растворов Pd – Fe и Pd – Co [7] можно сделать следующие выводы: 1) в сплаве $\text{Au}_{0.6}\text{Pd}_{0.4}$ имеются сильно обогащенные палладием малые области, (кластеры); 2) примеси кобальта и железа, по-видимому, преимущественно распределены в этих областях; 3) можно предположить, что размеры обнаружен-

ных кластеров близки к размеру спиновых кластеров в сплавах Pd-Fe и Pd - Co и согласно [4], составляют 10Å.

Институт физики металлов
Академии наук СССР
УНЦ

Поступила в редакцию
13 февраля 1974 г.

Литература

- [1] R.W.Hought, M.P.Sarachik, I.S.Kouvel. *Solid State Comm.* **8**, 1943, 1970.
 - [2] L.R.Edwards, C.W.Chen, S.Legvold. *Solid State Comm.* **8**, 1403, 1970.
 - [3] W.Copeland, M.E.Nicholson. *Acta Metallurgica*, **12**, 321, 1964.
 - [4] G.Low. *Proc. of Intern. Conf. on magnetism. Nottingham, 1964*, p. 133.
 - [5] Е.М.Савицкий, В.П.Полякова, М.А.Тылкина. Сплавы палладия, 1967.
 - [6] H.L.Logie, I.Jachson, I.C.Anderson, F.R.N.Nabarro. *Acta Metallurgica*, **9**, 707, 1961.
 - [7] R.M.Bosort, P.A.Wolf. *Phys. Rev.*, **122**, №4, 1961; B.Matthias, M.Peter, H.Williams, A.Clogston, E.Corenzwit, R.Sherwood. *Phys. Rev. Lett.*, **5**, 542, 1960; *Phys. Rev.*, **125**, 541, 1962.
-