

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМ Pd–Co – Sn

Н.Е.Алексеевский, Ю.А.Самарский, А.П.Кирьянов, В.И. Цебро

Как известно, небольшое содержание кобальта в палладии приводит к возникновению примесного ферромагнетизма, т.е. ферромагнетизма систем, в которых магнитные центры находятся далеко друг от друга. Исследование сплавов Pd–Co было проведено в целом ряде работ [1–6]. В частности, в работе [2] были измерены эффективные магнитные поля на ядрах Co^{60} при помощи методики ориентированных ядер и получена зависимость значений $H_{\text{эф}}$ от концентрации Co в Pd. Представляло интерес продолжить исследование свойств ферромагнитных сплавов Pd, в частности, измерить эффективные магнитные поля на парамагнитных ядрах олова, добавленного в сплав Pd–Co, по расщеплению линии резонансного поглощения γ -излучения без отдачи, и выяснить влияние олова на температуру Кюри данных сплавов.

Для измерений были изготовлены образцы Pd–Co с содержанием Co (ат. %):

0,1; 0,4; 1,5; 2,0; 2,4; 3,5; 5,0; 7,0; 8,3; 8,6; 10,4

и образцы Pd–Co–Sn со следующим содержанием кобальта и олова:

Co, ат. %	Sn, ат. %
0,4	0,15; 0,6; 0,9; 1,7; 3,0; 5,0;
1,5	0,7; 1,9; 3,8; 6,0;
2,4	3,0
4,0; 5,0; 7,0; 8,6;	5,0

В качестве исходных материалов были взяты: Pd с отношением сопротивлений $\rho_{300}/\rho_{4,2} = 3,000$, аналогично использовавшемуся в работе [7], и спектрально чистые кобальт и олово. Образцы сплавлялись в высокочастотной печи и прокатывались в фольгу толщиной $\sim 65 \text{ мк}$. Состав образцов контролировался количественным химическим анализом. При этом расхождение между шихтовым составом и составом образца не превышало 10% по кобальту.

Для измерений точек Кюри использовался баллистический метод. В области промежуточных температур ($4,2 + 30^\circ \text{K}$) для измерения температуры использовался прибор, описанный в работе [11]. В области более высоких температур ($30 + 300^\circ \text{K}$) использовался медленно отогреваемый массивный медный блок с большой теплоемкостью, на котором

был закреплен образец. При этом температура образца измерялась медь-константановой термопарой.

Снятие кривых резонансного поглощения γ -квантов проводилось на установке, описанной в работе [8].

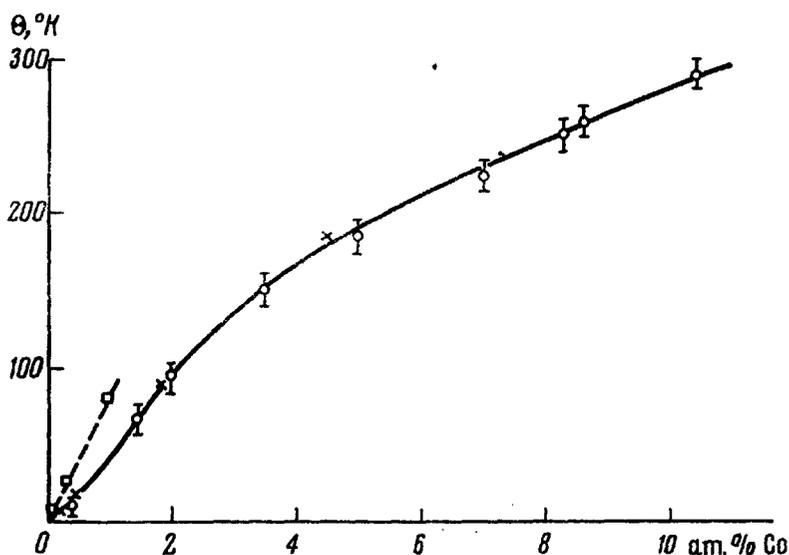


Рис. 1. Зависимость точек Кюри от концентрации Co в Pd. —x— данные работы [4], —□— данные работы [5], \odot — данные настоящей работы

Проведенные измерения для бинарных сплавов Pd—Co показали, что зависимость точек Кюри от концентрации Co в Pd хорошо согласуется с данными работы Данлэпа и Дэша [4], в то время как точки, полученные Бозортом и др. [5], лежат выше приведенной кривой (рис. 1)¹⁾.

Была также получена зависимость точек Кюри в системе Pd—Co—Sn для двух концентраций Co: 1,5 и 0,4 ат.% как функции содержания олова (рис. 2). Характер кривых напоминает зависимость, полученную Бозортом и др. [5] для системы Pd—Co—Rh. Однако, уменьшение температуры Кюри θ при увеличении концентрации олова более резкое, чем при увеличении концентрации родия.

¹⁾ Следует отметить, что отжиг в вакууме уменьшал размытие кривой изменения магнитного момента от температуры и слегка увеличивал значения точек Кюри. Однако, это увеличение не выходило за пределы погрешности, указанной на кривой.

Измерение резонансного поглощения γ -лучей с энергией $23,8 \text{ кэВ}$ для температур выше и ниже точек Кюри было проведено для сплавов Pd-Co-Sn, содержащих постоянную концентрацию естественного олова (около 5 ат.%), а концентрация кобальта изменялась от 0,4 до 8,6 ат.%. На рис. 3 представлены типичные кривые резонансного поглощения для температур 4,2; 77; 300°K и концентраций Co, равных 4,0 и 8,6 ат.%. Из этих кривых видно, что магнитное поле на ядре олова не является достаточно большим для получения разрешенных линий сверхтонкой структуры. Последняя проявляется только в заметном уширении линии резонансного поглощения.

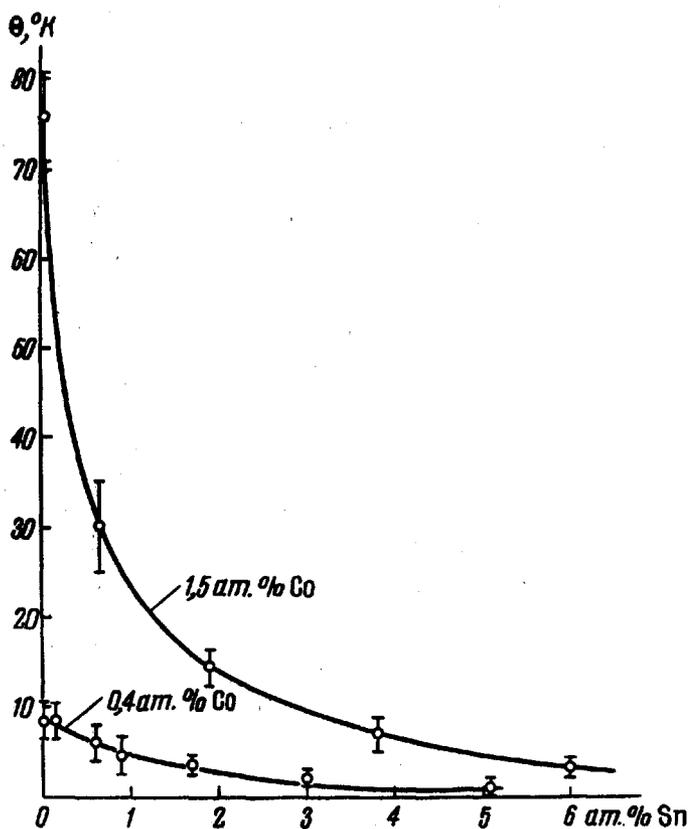


Рис. 2. Зависимость точек Кюри от концентрации олова в системе Pd-Co-Sn при фиксированных концентрациях Co, равных 0,4 и 1,5 ат.%

По полученным данным для $T = 4,2^\circ\text{K}$, где все исследованные сплавы были ферромагнитны, построена зависимость полуширины линии поглощения, как функции концентрации кобальта (рис. 4). Отметим, что толщина используемых резонансных поглотителей подбиралась

постоянной и равной 65 ± 5 мк так, что в пределах точности измерений изменение $\Gamma_{\text{набл}}$ обусловлено только магнитным уширением. Если форму линии рассматривать как неразрешенный дублет, то можно оценить величину эффективного поля на ядрах олова [9, 10]. В случае максимальной рассмотренной концентрации 8,6 ат.%, проведенная оценка дала значение $H = 12 \pm 2$ кэ.

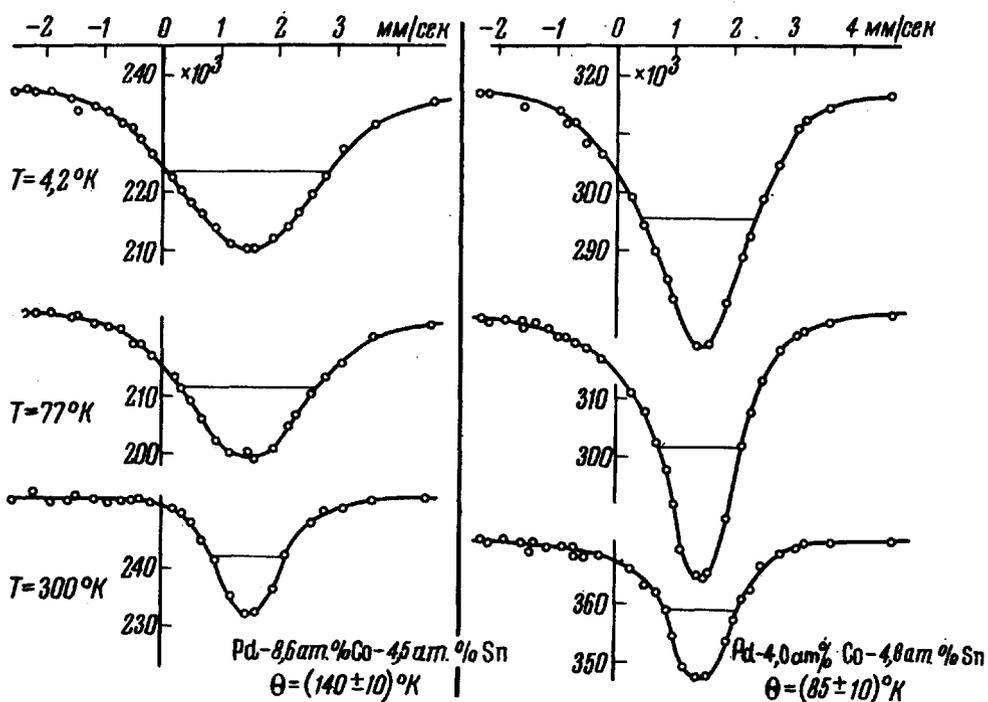


Рис. 3. Типичные кривые резонансного поглощения на ядрах Sn^{119} для температур 4,2; 77; 300° К при двух концентрациях кобальта

Полученные результаты на бинарных сплавах Pd—Co хорошо согласуются с данными других авторов, и могут быть, по-видимому, объяснены длиннодействующей поляризацией типа Рудерман—Киттель—Иосида. Косвенное взаимодействие, как это рассматривается в работе Лоу и Холдена [3], в этом случае происходит через дырочную часть поверхности Ферми палладия, представляющей сетку открытых гофрированных цилиндров [7]. Введение небольших количеств олова, по-видимому, должно ослаблять такое косвенное взаимодействие, уменьшая спиновую длину пробега носителей. Поля, возникающие на ядрах олова, могут быть вызваны поляризацией атомов Pd, охва-

тывающей до 200 атомов матрицы [3]. Не исключено также, что возникновение поля на ядрах олова может быть вызвано рассеянием на

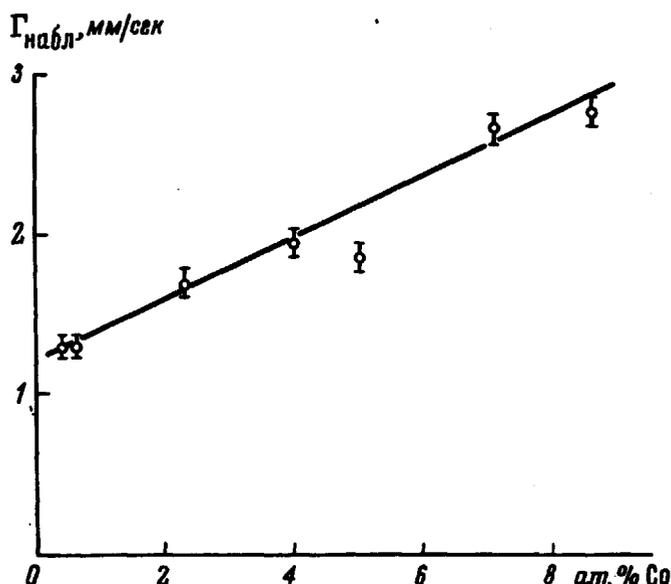


Рис. 4. Значение полуширины линии резонансного поглощения в системе Pd - Co - Sn при $T = 4,2^\circ\text{K}$ в зависимости от концентрации кобальта. Концентрация олова 5 ат.%

атомах олова поляризованных носителей, осуществляющих косвенный обмен.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Г.Э.Карстенсу и А.А.Григорьеву за помощь в работе, а также всем сотрудникам лаборатории, помогавшим при проведении многочисленных измерений.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
7 октября 1968 г.

Литература

- [1] R. M. Bozorth, P. A. Wolff, D. D. Davis, V. B. Compton, J. H. Wernick. *Phys. Rev.*, 122, 1157, 1961.
- [2] В.П.Парфенова, Н.Е.Алексеевский, А.Л.Ерзинкян, В.С.Шпинель. *ЖЭТФ*, 53, 492, 1967.
- [3] G. G. Low, T. M. Holden. *Proc. Phys. Soc.*, 89, 119, 1966.
- [4] B. D. Dunlap, I. G. Dash. *Phys. Rev.*, 155, 460, 1967.
- [5] R. M. Bozorth, D. D. Davis, J. H. Wernick. *J. Phys. Soc. of Jap.*, 17, Sup. B - 1, 1962.

- [6] B. Window. *Phys. Lett.*, **24A**, 659, 1967.
- [7] Н.Е.Алексеевский, Г.Э.Карстенс, В.В.Можаев. *ЖЭТФ*, **46**, 1979, 1964.
- [8] Н.Е.Алексеевский, А.П.Кириянов, В.И.Нижанковский, Ю.А.Самарский. *Письма ЖЭТФ*, **2**, 269, 1965.
- [9] S. S. Hanna, L. Meyer-Schutzmeister, R. S. Preston, D. H. Vincent. *Phys. Rev.*, **120**, 2211, 1960.
- [10] J. F. Boyle, D. St. P. Bunbury, G. Edwards. *Phys. Rev. Lett.*, **5**, 553, 1960.
- [11] Н.Е.Алексеевский. *ЖЭТФ*, **49**, 159, 1965.