

Письма в ЖЭТФ, том 19, вып. 11, стр. 676 – 679

5 июня 1974 г.

КРИТИЧЕСКИЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ГИДРИДА ПАЛЛАДИЯ

*Н.Е.Алексеевский, Ю.А.Самарский, Г.Вольф¹⁾,
В.И.Цебро, В.М.Закосаренко*

Измерены критические магнитные поля гидридов Pd с различными T_K и вычислен коэффициент электронной теплоемкости γ . Оказалось, что независимо от концентрации водорода $\gamma = 0,28 \pm 0,02 \text{ мкал/моль } ^\circ\text{К}^2$. По-видимому, рост T_K с увеличением концентрации H связан с возрастанием константы электрон-фононного взаимодействия.

Сверхпроводимость гидрида палладия, недавно обнаруженная Скоскевичем [1], изучалась в ряде работ [2 – 5]. Сверхпроводящие гидриды в этих работах получались различными методами: электрохимическим, ионной имплантацией, гидрированием под давлением, совместной конденсацией палладия и водорода на охлажденную жидким гелием подложку. При

¹⁾ Секция химии, Бергакадеми, Фрейберг, ГДР.

в этом основное внимание уделялось получению гидридов с максимально высокими температурами сверхпроводящего перехода T_K . Найденные значения T_K в зависимости от концентрации водорода изменялись от 2 до 9°К.

Представляло интерес провести измерения критических магнитных полей для гидридов Pd, имеющих различные значения T_K и оценить для них величину коэффициента электронной теплоемкости γ . Для этой цели были приготовлены образцы в виде фольг размером $30 \times 3 \times 0,08 \text{ mm}^3$ из чистого Pd с отношением сопротивлений $R_{300^\circ\text{K}} / R_{4,2^\circ\text{K}} \approx 3000$.

Гидрирование проводилось в растворе серной кислоты при температуре ниже 0°C и плотности тока $\sim 150 \text{ ma/cm}^2$. Различные значения T_K получались при изменении времени гидрирования. После гидрирования образцы быстро охлаждались жидким азотом и помещались в гелиевый криостат. Магнитное поле напряженностью до 3000 э создавалось медным соленоидом, охлаждаемым жидким азотом. Кривые сверхпроводящих переходов снимались по сопротивлению четырехконтактным методом. Критическая температура определялась по середине кривой перехода.

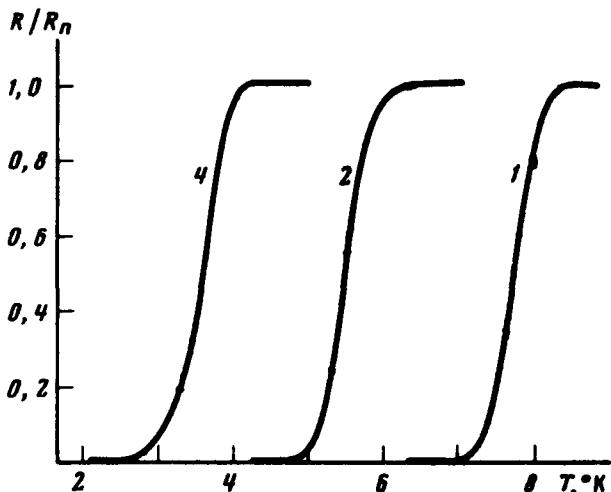


Рис. 1. Нормированные кривые сверхпроводящих переходов для некоторых образцов с различным содержанием водорода в отсутствие магнитного поля. Номера кривых соответствуют номерам образцов в таблице

На рис. 1 показаны кривые перехода в нулевом магнитном поле для нескольких образцов с различным содержанием водорода¹⁾.

На рис. 2 представлены зависимости критического магнитного поля H_{K2} от температуры. Из рисунка видно, что с ростом T_K , т. е. с увеличением концентрации водорода в Pd – H, величина dH_{K2}/dT падает, так что значение $H_{K2}(0)$ остается приблизительно постоянным для всех исследованных образцов.

¹⁾ Следует отметить, что значения ширины перехода ΔT для исследованных нами образцов меньше значений приводимых другими авторами [1, 2].

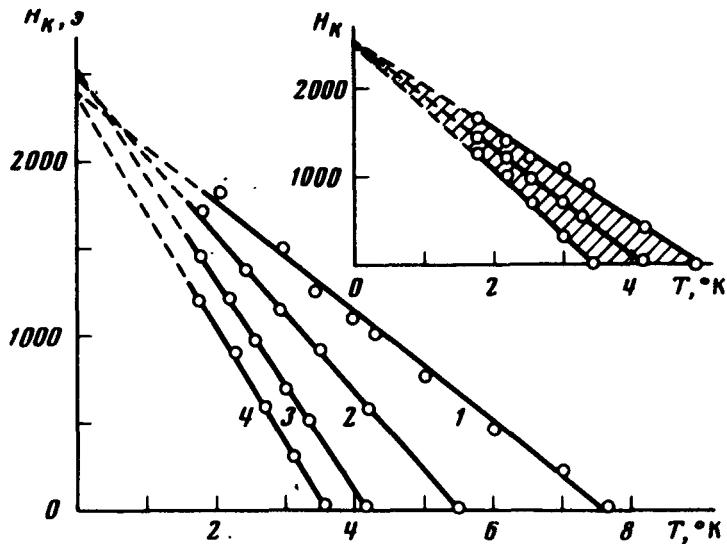


Рис. 2. Зависимости $H_{K_2}(T)$ для образцов с различными T_K . Номера кривых соответствуют номерам образцов с таблице. Все кривые построены по середине перехода. В правом верхнем углу изображена зависимость $H_{K_2}(T)$ для образца 3, построенная по началу, середине и концу перехода, из которой видно, что ширина перехода уменьшается с увеличением поля

Обращает на себя внимание тот факт, что для образцов с малыми значениями T_K ширина перехода уменьшается с увеличением магнитного поля (см. рис. 2). (Для образцов с большими T_K величина $\Delta T(H)$ практически не изменяется). Основные результаты измерений приведены в таблице.

Образец	$T_K, ^\circ\text{К}$	$\Delta T, ^\circ\text{К}$	dH_{K_2}/dT $\text{э} / ^\circ\text{К}$	$H_{K_2}(0)$ э	ρ_n $10^{-5} \text{ ом} \cdot \text{см}$	γ $\text{мкал}/\text{моль} (^{\circ}\text{К}^2)$
1	7,7	0,9	315	2430	0,60	0,28
2	5,5	0,7	455	2500	0,85	0,28
3	4,2	1,1	600	2520	1,04	0,30
4	3,6	0,9	660	2380	1,27	0,27
5	3,4	1,7	645	2190	1,23	0,26
6	6,2	1,1	350	2180	0,61	0,29

Примечание

Образцы 1 – 5 получены введением различных количеств водорода в одну и ту же фольгу (Pd с отношением $R_{300^\circ\text{K}}/R_{4,2^\circ\text{K}} \approx 3000$). Образец 6 приготовлен из палладия меньшей чистоты ($R_{300^\circ\text{K}}/R_{4,2^\circ\text{K}} \approx 300$)

Из полученных нами dH_{K_2}/dT и остаточного сопротивления ρ_n можно рассчитать значения коэффициента электронной теплоемкости γ .

$$\gamma = 2,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\rho_n} \frac{dH_{K_2}}{dT}$$

подобно тому, как это делалось в работах [6, 7]. При этом для образцов с различными T_K величина γ в пределах точности измерений оказывается постоянной и равной $(0,28 \pm 0,02) \text{ мкал/моль} (\text{°К})^2$.

Из измерений магнитной восприимчивости X в системе Pd – H [8] известно, что с увеличением концентрации водорода вплоть до значения $H/Pd = 0,66$ величина X уменьшается, что возможно является следствием подавления флюктуаций спиновой плотности в Pd и уменьшения плотности $N(0)$. Возникновение сверхпроводимости в Pd – H в работе [9] объясняется подавлением флюктуаций спиновой плотности. При этом увеличение T_K с концентрацией водорода при $H/Pd > 0,7$ рассматривается как следствие дальнейшего уменьшения эффективной спиновой константы связи $\mu_{\text{спр}}$ и кулоновского псевдопотенциала μ из-за уменьшения плотности состояний $N(0)$, сопровождаемого также уменьшением константы электрон-фононного взаимодействия λ .

Следует однако заметить, что предполагаемое в работе [9] одновременное уменьшение $N(0)$ и λ в интервале концентраций H/Pd от 0,7 до единицы не согласуется с постоянством γ в этой области концентраций, полученным в нашей работе, а также в работе [10] при измерениях теплоемкости образцов Pd – H. Из данных по теплоемкости [10], а также из полученных нами предварительных результатов по исследованию эффекта Мессбауэра на примесных ядрах Sn^{119} в сверхпроводящем гидриде палладия, следует, что дебаевская температура системы Pd – H при гелиевой температуре практически не отличается от θ_D чистого Pd.

Таким образом, для объяснения концентрационной зависимости T_K в системе Pd – H при $H/Pd > 0,7$ остается предположить, что при увеличении концентрации водорода возрастает константа электрон-фононного взаимодействия λ . При этом механизмы, предложенные в [9] вероятно имеют второстепенное значение.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23 апреля 1974 г.

Литература

- [1] T.Skoskiewicz. Phys. stat. sol., **11**, K123, 1972.
- [2] B.Strizker. W.Bückel. Z. Physik, **257**, 1, 1972.
- [3] L.Sansores, R.E.Glover. Bull. Am. Soc., **18**, 704, 1973.
- [4] J.E.Schirber. Phys. Lett., **45 A**, 141, 1973.
- [5] J.M.E.Harper, R.Hammond, T.H.Geballe. Bull. Am. Soc., **18**, 326, 1973.
- [6] Н.Е.Алексеевский, В.И.Нижанковский, В.Ф.Шамрай, Ч.Базан, Е.Тройнин. ФММ, **34**, 972, 1972.
- [7] Н.Е.Алексеевский, В.М.Закосаренко. Письма в ЖЭТФ, **18**, 94, 1973.
- [8] B.Svensson. Ann. Phys., **18**, 299, 1933.
- [9] K.H.Bennemann, J.W.Garland. Z. Physik, **260**, 367, 1973.
- [10] C.A.Mackliet, A.J.Schindler. Phys. Rev., **146**, 463, 1966.