

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 6 — 1972

УДК 539.144

С. К. ГОДОВИКОВ, Р. Н. КУЗЬМИН, Е. Д. ПОЛИТОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОАКТИВНЫХ МЁССБАУРОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ Co^{57}

Проведено подробное исследование параметров моделей ранее предложенных авторами высокоактивных мёссбауэровских источников Co^{57} , обсуждена взаимосвязь параметров с физическими свойствами матриц.

В работах [1—4] были предложены матрицы с высоким содержанием кобальта, на основе которых можно приготавливать металлургическим методом высокоактивные источники мёссбауэровского изотопа Co^{57} . В настоящей статье продолжены исследования в этой области.

Методика измерения параметров аналогична описанной в [1—2]. Результаты обработки мёссбауэровских спектров представлены в таблице (данные для комнатной температуры взяты из [1—2]).

Из таблицы видно, что охлаждение источников от 293 до 77° К не вызывает изменения ширины линий источников, за исключением (CoAl), для которого $\Gamma_{\text{ист}}$ возрастает от 3,0 до 3,8 Г.

Соединение CoAl было изучено более тщательно путем исследования нерадиоактивного сплава CoAl , приготовленного в индукционной печи в алундовом тигле. Измерение зависимости магнитной восприимчивости от температуры показало, что этот сплав является ферромагнетиком с точкой Кюри $\sim 280^\circ\text{K}$. Затем на основе этого сплава был приготовлен источник, также обнаруживший увеличение магнитного сверхтонкого расщепления при понижении температуры. Таким обра-

Параметры источников с большим содержанием кобальта

Источник	Вероятность эффекта Мёссбауэра		Ширина линии испускания в единицах Г		Изомерный сдвиг относительно нитропрусида Na	
	293°К	77°К	293°К	77°К	293°К	77°К
$\text{CoVe}_{\text{металл}}$	$0,84 \pm 0,07$	$0,90 \pm 0,10$	$3,0 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,2$	$0,45 \pm 0,02$	$0,58 \pm 0,02$
$\text{CoVe}_{\text{дифф}}$	$0,77 \pm 0,05$	$0,87 \pm 0,05$	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$0,27 \pm 0,02$	$0,43 \pm 0,02$
CoAl	$0,79 \pm 0,09$	$0,90 \pm 0,10$	$3,0 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,2$	$0,55 \pm 0,02$	$0,65 \pm 0,02$
CoSi	$0,75 \pm 0,05$	$0,75 \pm 0,10$	$2,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$0,53 \pm 0,02$	$0,63 \pm 0,02$
Co—Cr	$0,78 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,10$	$3,0 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2$	$0,23 \pm 0,02$	$0,36 \pm 0,02$
Co—Rh	$0,67 \pm 0,05$	$0,70 \pm 0,10$	$2,3 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,4$	$0,35 \pm 0,02$	$0,51 \pm 0,02$

зом, в системе Co—Al [5] поведение линии магнитного превращения фазы CoAl требует уточнения в области температур ниже $\sim 470^\circ\text{K}$.

Для источника CoVe исследовались пути уменьшения $\Gamma_{\text{ист}}$ за счет устранения возможных загрязнений сплава материалом кварцевого тигля. Для этого был приготовлен сплав CoVe в индукционной печи с применением тигля из окиси бериллия, наиболее подходящего для бериллиевых сплавов. Измерение магнитной восприимчивости в интервале температур $77^\circ\text{—}293^\circ\text{K}$ и рентгенографические исследования показали, что в полученном однородном сплаве отсутствуют какие-либо примеси металлического кобальта. Для источника, приготовленного термодиффузионным методом на основе этого сплава, были найдены:

$\Gamma_{\text{ист}} = 2,5\text{Г}$ (при 77°K и 293°K), $f_{77^\circ\text{K}} = 0,87 \pm 0,05$ и $f_{293^\circ\text{K}} = 0,77 \pm 0,05$.

При тщательном соблюдении методики приготовления сплава CoVe ширина линии испускания для соответствующего источника может быть достаточно мала.

Для источника CoVe характерна неизменность $\Gamma_{\text{ист}}$ при окислении сплава. Так, после 10 час отжига на воздухе при 1270°K источника CoVe, приготовленного термодиффузионным методом, ширина линии испускания и вероятность эффекта в пределах экспериментальных ошибок не изменились, а изомерный сдвиг при этом увеличился приблизительно на $0,07\text{ м/сек}$, что составляет $\sim 20\%$ по отношению к положению линии CoVe.

Большие значения вероятностей эффекта и их слабая температурная зависимость качественно согласуются с выводами теории эффекта Мёссбауэра для многоатомных решеток, учитывающей влияние оптических ветвей в спектре колебаний кристалла [6].

Помимо предложенных ранее источников на основе интерметаллических соединений и твердых растворов, в настоящей работе также был исследован источник, приготовленный путем термодиффузии Co^{57} в металлический кобальт. Такой источник может быть использован в трех различных вариантах.

Во-первых, можно использовать одиночную линию испускания в парамагнитной области (выше 1410°K), уширенную не более чем до $\sim 2\text{ Г}$ из-за диффузионных процессов [7].

Во-вторых, можно в принципе использовать брегговское рассеяние одного из шести компонентов спектра испускания в ферромагнитной области, задавая соответствующую постоянную скорость движения источнику и используя рассеиватель с одиночной мёссбауэровской линией. К сожалению, эта схема не обладает достаточной светосилой.

И, наконец, применение машинной обработки спектров позволяет использовать также и шестикомпонентный спектр Co^{57} , обладающий достаточно узкими линиями испускания, что может иметь преимущества в разделении на компоненты сложных мёссбауэровских спектров.

В настоящей работе подробно исследовался первый из описанных вариантов.

Были сняты мёссбауэровские спектры источника в интервале температур $293\text{—}1440^\circ\text{K}$.

Источник, помещенный в откачанную до $10^{-3}\text{ мм рт. ст.}$ кварцевую ампулу с тонким дном ($\sim 0,3\text{ мм}$), нагревался электропечью, поглотитель (нержавеющая сталь IX18H9, изомерный сдвиг относительно нитропруссиде натрия равен $0,16\text{ м/сек}$) при этом брался при комнатной температуре. На рис. 1,2 приведены зависимости эффективного магнитного поля на ядре и сдвига центра тяжести линии от температуры.

Известно, что величина эффективного поля на ядре Fe^{57} в Fe пропорциональна намагниченности матрицы [8]. Эта пропорциональность

возникает в основном вследствие того, что основной вклад в поле на ядрах создается поляризацией внутренних s -электронов внешними d -электронами атома.

Наблюдаемое отклонение кривой зависимости $H(T^0)/H_0$ от кривой намагниченности для матрицы кобальта объясняется, по-видимому, существованием большой локальной плотности состояний вблизи примесного атома Fe^{57} и наличием у него квазинезависимого локализован-

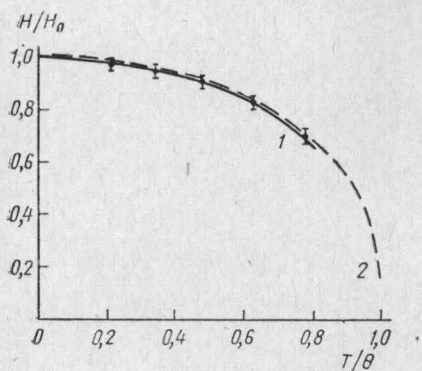


Рис. 1. Температурные зависимости (в приведенных единицах): 1 — эффективного магнитного поля для Co^{57} в Co ; 2 — намагниченности насыщения кобальта

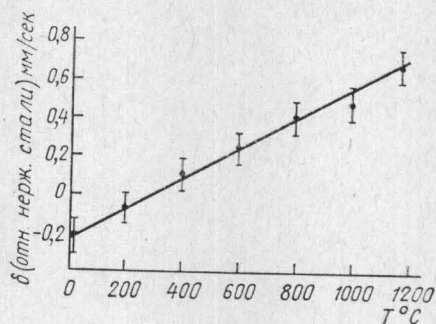


Рис. 2. Температурные сдвиги линий для Co^{57} в Co

ного момента. Это связано с более слабым обменным взаимодействием между атомами примеси и атомами матрицы, чем между атомами матрицы. Аналогичное явление наблюдалось для ядер Fe^{57} в Ni [9], но в этом случае кривая зависимости эффективного поля проходит выше кривой намагниченности.

По зависимости $\delta(T^0)$ можно определить величину температурного сдвига на один градус: $-(2,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-15}$ 1/град.

В пределах экспериментальной ошибки это значение согласуется с теоретическим для Fe^{57} , вычисленным в высокотемпературном пределе, а также с экспериментальным значением для Fe^{57} в Fe [10] ($-2,4 \cdot 10^{-15}$ 1/град и $-2,3 \cdot 10^{-15}$ 1/град соответственно).

По зависимости вероятности эффекта от температуры была определена дебаевская температура источника Co^{57} в матрице Co (440 ± 40)°К.

В соответствии с формулой для высокотемпературного приближения $f = \exp(-6RT/k\theta_0)$ (где R — энергия отдачи, k — постоянная Больцмана, θ_D — дебаевская температура), значение вероятности эффекта при 1440°К (для кубической модификации Co) $\sim 0,4$, ширина линии испускания при этом не превосходит ~ 2 Г.

Авторы выражают благодарность В. И. Чечерникову за предоставленную возможность проведения магнитных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годовиков С. К., Кузьмин Р. Н. «Приборы и техника эксперимента», 3, 261, 1970.
2. Годовиков С. К., Кузьмин Р. Н. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астроном., 11, № 2, 220, 1971.
3. Годовиков С. К., Кузьмин Р. Н. Ломоносовские чтения, тезисы докладов, секция физики. Изд-во МГУ, 1970, стр. 76.

4. Годовиков С. К., Кузьмин Р. Н. Авторское свидетельство № 1289005. Открытия, изобретения, промышленные знаки СССР, 1971 г.
5. Хансен Н., Андерко К. Структуры двойных сплавов. М., Metallurgizdat, 1962.
6. Каган Ю. ЖЭТФ, **41**, 765, 1961.
7. Singwi K. S., Sjölander A. Phys. Rev., **120**, 1092, 1960.
8. Preston R. S., Heberle J., Hannq S. S. Phys. Rev., **128**, 2207, 1962.
9. Dash J. G., Dunlap B. D., Howard D. G. Phys. Rev., **141**, 376, 1966.
10. Kovats T. A., Walker J. C. Phys. Rev., **181**, 610, 1969.

Поступила в редакцию
4.6 1971 г.

Кафедра
физики твердого тела
