

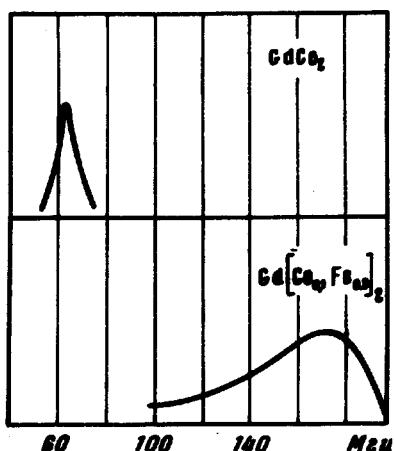
СКАЧОК СВЕРХТОНКОГО ПОЛЯ НА ЯДРАХ Co^{59} В ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ С ГАДОЛИНИЕМ

К.П.Белов, В.А.Васильковский, Н.М.Костун,

А.К.Куприянов, С.А.Никитин

Методом ЯМР обнаружен скачок сверхтонкого поля на ядрах Co^{59} в интерметаллических соединениях $\text{Gd}(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_2$, который связывается с изменением степени делокализации $3d$ -электронов.

Нами получены спектры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) некоторых образцов системы $\text{Gd}(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_2$, обладающих кристаллической решеткой типа кубической фазы Лавеса.



Форма линий ЯМР образцов GdCo_2 и $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$

Магнитные характеристики сплавов

GdCo_2 и $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$

Состав	Сверхтонкое поле, кэ	Намагниченность насыщения, $\text{гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$	Значение магнитного момента $3d$ -подрешетки	Температура Кюри, $^{\circ}\text{рад К}$
GdCo_2	67,0	67,0	1,1	408
$\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$	170	96,0	1,85	812

Линии ЯМР образцов GdCo_2 и $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$ записывались на спектрометре спинового эха при температуре $4,2\text{K}$. Длительность первого и второго импульса составляла 10 мксек , задержка между ними 60 мксек , частота повторения серии 1 Гц . Форма сигналов ЯМР этих

образцов представлена на рисунке, а значения сверхтонких полей в таблице, где приведены также результаты магнитных измерений. Из рисунка видно, что центр тяжести линий ЯМР Co^{59} в образце GdCo_2 лежит вблизи 62 MHz , а в $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$ около 165 MHz , т.е. среднее сверхтонкое поле на ядрах Co^{59} изменяется в 2,7 раза, что значительно больше изменения, наблюдавшегося в других соединениях железо-cobальта [1 – 4].

В то же время, вычисленные нами из измерений намагниченности значения среднего магнитного момента $3d$ -подрешетки $\bar{\mu}_{3d}$ показывают, что изменение $\bar{\mu}_{3d}$ при переходе от GdCo_2 к $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$ не превышает 80%. Для сравнения изменения сверхтонкого поля с изменением магнитного момента кобальта мы выделили μ_{Co} из значений μ_{3d} представляя последний в виде

$$\bar{\mu}_{3d} = x \mu_{\text{Co}} + (1 - x) \mu_{\text{Fe}}. \quad (1)$$

При этом необходимо учесть, что электронная структура атомов Fe в соединениях типа RFe_2 является устойчивой, вследствие чего отношение $H_{\text{ст}}^{\text{Fe}} / \mu_{\text{Fe}} = \text{const}$ сохраняет свою силу для рассматриваемого класса соединений. Наши измерения ЯМР Fe^{57} показывают, что сверхтонкие поля на железе при переходе от GdFe_2 к $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2$ изменяются всего в 1,08 раза. Так как в соединении $\text{GdFe}_2 \mu_{\text{Fe}} = 1,7 \mu_B$ [2], то на основании [1] находим для $\text{Gd}(\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9})_2 \mu_{\text{Fe}} = 1,83 \mu_B$ и $\mu_{\text{Co}} = 1,8 \mu_B$.

Таким образом, изменение сверхтонкого поля на ядрах Co^{59} в изученных образцах не пропорционально изменению магнитного момента атомов кобальта. Это аномальное поведение сверхтонкого поля можно объяснить, если учесть, что поле $H_{\text{ст}}$ имеет несколько источников, а именно:

$$H_{\text{ст}} = H_{\text{оп}} + H_{\text{орб}} + H_{\text{Co}}^{4s} + H_{3d}^{\text{сосед}} + H_{4f}^{\text{сосед}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{оп}}$ – поле, возникающее за счет обменной поляризации атомного остова собственным магнитным моментом атома, $H_{\text{орб}}$ и H_{Co}^{4s} – вклады, связанные с орбитальным моментом и поляризацией $4s$ -электронов собственным моментом атома Co, а $H_{4f}^{\text{сосед}}$ и $H_{3d}^{\text{сосед}}$ – вклады соседних атомов из $4f$ - и $3d$ -подрешетки соответственно.

Вклады $H_{\text{оп}}$, $H_{\text{орб}}$ и H_{Co}^{4s} в той или иной мере пропорциональны величине магнитного момента атома, причем для кобальта $H_{\text{оп}}$ близко к теоретическому значению $125 \text{ эз} / \mu_B$ [5]. Используя это обстоятельство, Кристофер и Тейлор [4] оценили вклад $H_{4f}^{\text{сосед}}$ в соединении GdCo_2 и нашли его равным +80 эз. Что касается вклада $H_{3d}^{\text{сосед}}$, то известно [6], что соседние атомы Fe создают отрицательное сверхтонкое поле, тогда как для Co [7] вклады от окружения положительны вплоть до четвертой координационной сферы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что скачок сверхтонкого поля на ядрах Co^{59} связан с резким изменением величины $H_{3d}^{\text{сосед}}$. Сравнение температур Кюри, исследованных образцов показывает, что при переходе от $\text{Gd}[\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9}]_2$ к GdCo_2 энергия обменного взаимо-

действия уменьшается. В рамках теории Фриделя [8] это означает изменение длины волны λ и амплитуды осцилляций спиновой плотности коллективизированных $3d$ -электронов, что должно приводить к смещению узлов этих осцилляций вследствие возрастания величины $\lambda/d \sim \sim 1/k_F d$, где d – постоянная решетки, а k_F – волновой вектор Ферми для d -полосы. Это изменение спиновой плотности и приводит к сильному изменению вклада $H_{3d}^{\text{сосед}}$ в сверхтонкое поле.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Донецкий
физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
2 июля 1974 г.

После переработки
10 октября 1974 г.

Литература

- [1] A.Piercy, K.Taylor. J. Phys., 4C, 1112, 1968.
 - [2] K.N.R.Taylor. Adv. Phys., 87, 551, 1971.
 - [3] S.Kobayashi, K.Asayama. J. Phys., 21, 65, 1966.
 - [4] K.Taylor, J.Cristopher. J. Phys., 2C, 2237, 1967.
 - [5] A.Freeman, R.Watson. Phys. Rev., 123, 2027, 1961.
 - [6] M.B.Stearns. Phys. Rev., 4B, 4081, 1961.
 - [7] G.Gruner, K.Tompa. J. Phys., 3F, 189, 1973.
 - [8] T.Friedel, G.Leman, S.Olszewski. J. Appl. Phys., 32, 325S, 1961.
-