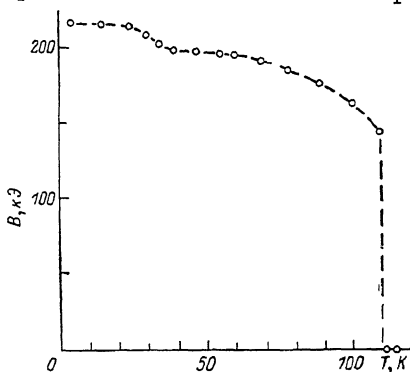


МАГНИТНЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД ПЕРВОГО РОДА  
В ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКОМ СОЕДИНЕНИИ  $Nd_2In$ 

Н. Н. Делягин, Г. Т. Муджири, В. И. Нестеров

Интерметаллические соединения  $R_2In$  ( $R$  — редкоземельный элемент) образуются почти со всеми редкими землями и кристаллизуются в одной и той же структуре типа  $Ni_2In$  [1, 2]. Эти соединения имеют интересные и разнообразные магнитные свойства, однако данные об этих свойствах очень не полны. Соединения имеют относительно высокие температуры магнитных фазовых переходов (до 190—200 К для  $Gd_2In$ ). При низких температурах большинство соединений, вероятно, ферромагнитно, однако для некоторых из них получены указания на изменение типа магнитного упорядочения в разных температурных диапазонах [1-3]. Данные о магнитной структуре соединений  $R_2In$  практически отсутствуют. Температурные зависимости намагниченности нередко имеют аномальный вид [1, 2], однако эти аномалии трудно интерпретировать только на основе макроскопических измерений. Характер магнитных фазовых переходов для большинства соединений также не определен.

С целью получения данных о свойствах соединений  $R_2In$  на микроскопическом уровне мы применили методику мессбауэровского немагнитного



Температурная зависимость магнитного сверхтонкого поля  $B$  для примесных атомов  $^{119}Sn$  в  $Nd_2In$ .

зонда, измерив температурные зависимости параметров сверхтонкой структуры спектров мессбауэровского поглощения для примесных атомов  $^{119}Sn$ , замещающих в интерметаллидах  $R_2In$  атомы  $In$ . Эффективность методики для изучения электронной и магнитной структуры редкоземельных магнетиков была показана ранее [4] на примере других интерметаллидов редких земель. В данной работе основное внимание уделяется результатам, полученным для ферромагнитного соединения  $Nd_2In$ . Измерения проведены в диапазоне температур 4.6—120 К с упорядоченным сплавом  $Nd_2In$ , в котором около 0.5 % атомов  $In$  были замещены атомами  $^{119}Sn$ . Измерены температурные зависимости магнитного сверхтонкого поля, квадратурного сдвига компонент сверхтонкой структуры и изомерный сдвиг.

Температурная зависимость локального магнитного поля, действующего на ядра примесных атомов  $Sn$  в ферромагнитной фазе, показана на рисунке. Эта зависимость имеет две особенности: аномальное уменьшение магнитного поля в диапазоне 25—40 К и скачкообразное исчезновение магнитного поля при повышении температуры до 111 К. Вторая из этих особенностей соответствует скачкообразному обращению в нуль параметра магнитного порядка и означает, что магнитный переход в  $Nd_2In$  является фазовым переходом первого рода. При понижении температуры переход наблюдается при 110 К, т. е. переход характеризуется гистерезисом шириной около 1 К. Такой характер фазового перехода следует рассматривать как указание на сильную радиальную зависимость обменного взаимодействия или на конкуренцию обменных взаимодействий разного типа.

Аномальное уменьшение локального магнитного поля в диапазоне 25—40 К естественно объяснить возникновением слабой неколлинеарности магнитных моментов ионов  $\text{Nd}^{3+}$ . Полученные результаты позволяют объяснить происхождение аномалий магнитной восприимчивости, которые наблюдались в работе [1]. Найденное значение температуры магнитного перехода хорошо согласуется со значением 112 К, полученным в работе [2].

При температуре 4.6 К магнитное сверхтонкое поле, квадрупольный сдвиг и изомерный сдвиг равны соответственно 219(1) кЭ,  $-0.09(3)$  мм/с и 1.97(3) мм/с. Градиент электрического поля в области ядра примесного атома аксиально-симметричен и должен иметь положительный знак. Для  $^{119}\text{Sn}$  это соответствует отрицательной константе квадрупольного взаимодействия. В этом случае отрицательный знак квадрупольного сдвига означает, что при низких температурах магнитное сверхтонкое поле и магнитные моменты ионов  $\text{Nd}^{3+}$  ориентированы вдоль гексагональной кристаллографической оси. Уменьшение магнитного поля в диапазоне 25—40 К соответствует отклонению моментов от этой оси на средний угол около  $20^\circ$ .

Аналогичные измерения, проведенные нами для других соединений  $\text{R}_2\text{In}$  ( $\text{R}=\text{Sm}, \text{Gd}-\text{Tm}$ ), показали, что во всех остальных случаях магнитные переходы при температуре Кюри являются непрерывными фазовыми переходами.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Gamari-Seale H., Anagnostopoulos T., Yakinthos J. K. // J. Appl. Phys. 1979. V. 50. N 1. P. 434—437.  
 [2] Bazela W., Szutula A. // J. Less-Common Met. 1988. V. 138. N 1. P. 123—128.  
 [3] McAlister S. P. // J. Phys. F. 1984. V. 14. N 5. P. 2167—2175.  
 [4] Делягин Н. Н., Муджири Г. Т., Нестеров В. И., Рейман С. И. // ЖЭТФ. 1984. Т. 86. № 3. С. 1016—1025; Делягин Н. Н., Крылов В. И., Морева Н. И., Муджири Г. Т., Нестеров В. И., Рейман С. И. // ЖЭТФ. 1985. Т. 88. № 1. С. 300—308.

Московский государственный  
университет им. М. В. Ломоносова  
НИИЯФ  
Москва

Поступило в Редакцию  
20 февраля 1989 г.

УДК 535.375

Физика твердого тела, том 31, в. 7, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 7, 1989

## СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ И КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ВИСМУТОВЫХ КРИСТАЛЛАХ (2112)

С. Дурчок,<sup>1</sup> М. Ф. Лимонов, Ю. Ф. Марков, М. Неврива,<sup>1</sup>  
Э. Поллерт,<sup>1</sup> А. Триска<sup>1</sup>

В настоящее время известны различные фазы висмутового семейства соединений на основе  $\text{Bi}-\text{Sr}-\text{Ca}-\text{Cu}-\text{O}$ , обладающие высокотемпературной сверхпроводимостью (ВТСП), причем наиболее исследованной является структура  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+x}$  (2212). Спектры комбинационного рассеяния (СКР) этих кристаллов приведены в [1, 2]. Целью настоящей работы являлся синтез и исследование другого соединения —  $\text{Bi}_2\text{Sr}_1\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{7+x}$  (2112), СКР которого ранее не изучались.

<sup>1</sup> Физический институт ЧСАН, г. Прага.