

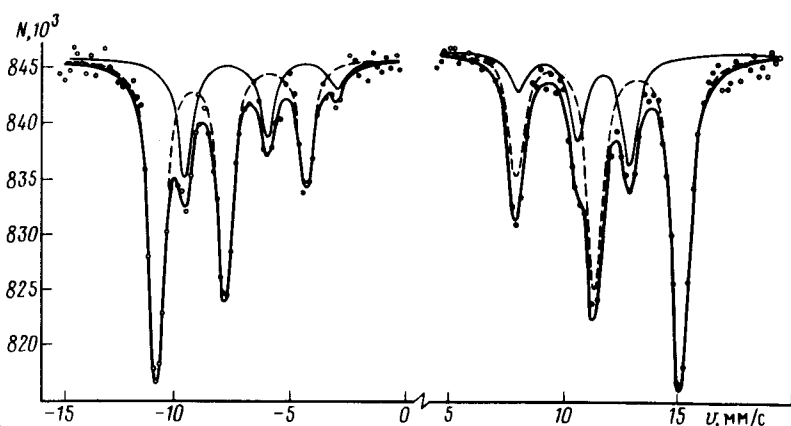
**АНИЗОТРОПИЯ МАГНИТНОГО СВЕРХТОНКОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ Sn-119
В ФЕРРОМАГНЕТИКЕ SmAl_2**

*Н.Н.Делягин, В.И.Крылов, Н.И.Морева, Г.Т.Муджири,
В.И.Нестеров, С.И.Рейман*

Методом мессбауэровской спектроскопии обнаружена сильная анизотропия сверхтонкого взаимодействия для примесных атомов ^{119}Sn в SmAl_2 . Для двух ориентаций намагниченности относительно локальной оси симметрии (под углами 0 и 70°) при температуре 5 К магнитные сверхтонкие поля равны соответственно 16,3 и 18,9 Т. Анизотропия отражает несферичность распределения $4f$ -электронов иона самария.

Для ионов редкоземельных металлов с отличным от нуля орбитальным моментом характерна пространственная анизотропия распределения $4f$ -электронов, с которой связаны многие важные свойства редкоземельных магнетиков (магнитная анизотропия, гигантская магнитострикция, анизотропия обменного взаимодействия). Несферичность распределения $4f$ -электронов может проявляться и в анизотропии сверхтонкого взаимодействия. Особый интерес представляет изучение этой анизотропии в интерметаллидах редких земель для немагнитных атомов (т.е. для атомов с нулевым собственным магнитным моментом). В этом случае сверхтонкое взаимодействие определяется магнитным окружением и, следовательно, параметры сверхтонкого взаимодействия содержат информацию об особенностях межатомного взаимодействия и о механизмах переноса спиновой плотности от магнитных (редкоземельных) ионов на немагнитный атом. Влияние несферичности $4f$ -электронов на сверхтонкое взаимодействие для немагнитных атомов до настоящего времени, по-видимому, не исследовалось.

В данной работе мы обнаружили сильную анизотропию сверхтонкого взаимодействия для примесных атомов ^{119}Sn , замещающих атомы Al в ферромагнитном интерметаллиде SmAl_2 . Параметры сверхтонкого взаимодействия измерены методом мессбауровской спектроскопии с поликристаллическим образцом SmAl_2 , содержащим 0,6 ат.% олова, обогащенного изотопом ^{119}Sn до 92%. Сплав был приготовлен плавкой в дуговой печи в атмосфере чистого аргона и отожжен в вакууме при 900°C в течение 8 ч. Для повышения разрешающей способности в качестве детектора γ -излучения использовался резонансный CaSnO_3 -детектор. Детали техники измерений и методики обработки спектров приведены в работах $1, 2$. В SmAl_2 узлы Al имеют ромбоэдрическую симметрию с осью третьего порядка, направленной вдоль одной из осей симметрии тетраэдров, центрирующих октанты кубической решетки ионов Sm^{3+} ; все узлы Al структурно эквивалентны. Ось легкого намагничивания направлена вдоль оси $[111]$ ³. При этом возникают две группы Al узлов (a - и b -узлы с отношением заселенностей 1 : 3), для которых угол между осью третьего порядка и направлением намагниченности равен соответственно 0° и $70^\circ 32'$. В результате для a - и b -узлов оказываются различными как анизотропный вклад в магнитное сверхтонкое поле, так и квадрупольный сдвиг компонент сверхтонкой структуры $1, 3$, что позволяет исследовать анизотропию сверхтонких взаимодействий с поликристаллическим образцом без приложения внешнего магнитного поля. Магнитный момент иона Sm^{3+} в SmAl_2 очень мал ($\sim 0,2 \mu_B$), поэтому дипольный вклад в магнитное сверхтонкое взаимодействие не превышает $0,1 \text{ T}$ ³.



Спектр мессбауровского поглощения для примесных атомов ^{119}Sn в SmAl_2 , измеренный при 5 К. Тонкими сплошной и штриховой линиями показаны парциальные спектры, соответствующие атомам Sn в a - и b -узлах

Спектр поглощения, измеренный при 5 К, показан на рисунке. Компоненты сверхтонкой структуры хорошо разрешены, что позволяет однозначно интерпретировать спектр как суперпозицию двух секстетов с отношением интенсивностей 1:3 (атомы Sn, замещаю-

щие атомы Al в a - и b -узлах). Магнитные сверхтонкие поля (B), квадрупольные сдвиги компонент сверхтонкой структуры (Δ) и изомерные сдвиги (IS) для a - и b -узлов найдены равными: $B(a) = 16,3 \pm 0,1$ Т, $\Delta(a) = -0,31 \pm 0,03$ мм/с, $IS(a) = 1,92 \pm 0,04$ мм/с; $B(b) = 18,9 \pm 0,08$ Т, $\Delta(b) = 0,21 \pm 0,05$ мм/с, $IS(b) = 1,93 \pm 0,02$ мм/с. (Изомерные сдвиги даны относительно источника CaSnO_3 , находящегося при комнатной температуре). Измерения сдвига компонент во внешнем магнитном поле показали, что магнитные сверхтонкие поля положительны (параллельны полному магнитному моменту иона самария и антипараллельны его спиновому моменту).

Большое различие величин $B(a)$ и $B(b)$ соответствует сильной анизотропии магнитного сверхтонкого взаимодействия, которая возникает в результате взаимодействия атома Sn с несферическим распределением магнитных электронов иона Sm^{3+} . Можно предположить, что $4f$ -электроны иона Sm^{3+} имеют большую протяженность в направлении, перпендикулярном моменту иона, и меньшую — в направлении, совпадающем с направлением момента. В этом случае большая величина B для атомов Sn в b -узлах соответствует меньшему эффективному расстоянию между атомом Sn и магнитными электронами иона Sm^{3+} . Такая корреляция сверхтонкого поля и расстояния согласуется с радиальной зависимостью сверхтонкого взаимодействия, найденной для примесных атомов Sn в интерметаллидах гадолиния². Константа квадрупольного взаимодействия e^2qQ также сильно анизотропна. Квадрупольные сдвиги Δ для a - и b -узлов равны $\Delta(a) = e^2qQ/4$, $\Delta(b) = -e^2qQ/12$ ¹, откуда $e^2qQ(a) = -1,2 \pm 0,2$ мм/с, $e^2qQ(b) = -2,5 \pm 0,6$ мм/с. Видно, что уменьшение эффективного расстояния между атомом Sn и $4f$ -электронами сопровождается более сильной деформацией валентных орбиталей атома Sn. Эта деформация не затрагивает s -компоненту электронной волновой функции, поскольку изомерные сдвиги для a - и b -узлов одинаковы.

Литература

1. Делягин Н.Н., Нестеров В.И., Рейман С.И. ЖЭТФ, 1983, 84, 1580.
2. Делягин Н.Н., Муджири Г.Т., Нестеров В.И., Рейман С.И. ЖЭТФ, 1984, 86, 1016.
3. Kaplan N., Dormann E., Buschow K.H.J., Lebenbaum D. Phys. Rev., 1973, B7, 40.

Институт ядерной физики
Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
21 марта 1984 г.