

СУПЕРОБМЕННОЕ ИНДУЦИРОВАНИЕ
МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЯДРАХ НЕМАГНИТНЫХ
АТОМОВ

В.И.Гольданский, В.А.Труханов,
М.Н.Девишева, В.Ф.Белов

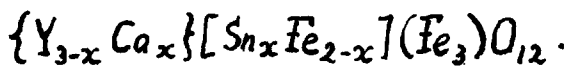
Ниже сообщается об экспериментальном обнаружении явления косвенного обменного индуцирования магнитных полей на ядрах немагнитных атомов.

Проводившиеся до сих пор исследования показывали, что индуцирование магнитных полей на ядрах диамаг-

нитных атомов возможно либо при прямом взаимодействии этих атомов с магнитными атомами (ионами), либо через электроны проводимости. В качестве примеров приведем возникновение магнитных полей на диамагнитных ядрах, растворенных в ферромагнетиках (явление, открытое Б.Н.Самойловым, В.В.Скляревским и Е.П.Степановым [1]), и на ядрах фтора в солях переходных металлов [2]. С помощью эффекта Мёссбауэра недавно было обнаружено также взаимодействие между парамагнитными атомами через электроны проводимости, приводящее к возникновению антиферромагнетизма сильно разбавленных растворов железа в золоте [3,4].

Индукирование магнитных полей на ядрах путем косвенного обменного взаимодействия наблюдалось лишь как следствие упорядочения электронных спинов для ядер магнитных атомов, например для ядер железа в ферритах.

Полученные нами результаты доказывают возникновение магнитных полей на ядрах немагнитных атомов Sn^{419} , введенных в структуру феррита-граната с общей химической формулой $Y_{3-x}Ca_xSn_xFe_{5-x}O_{12}$. Магнитные и кристаллографические исследования этой системы указывают на то, что при малых концентрациях олова практически все ионы Sn размещаются в октаэдрических узлах, и структурная формула состава в общепринятых обозначениях имеет вид [5]:



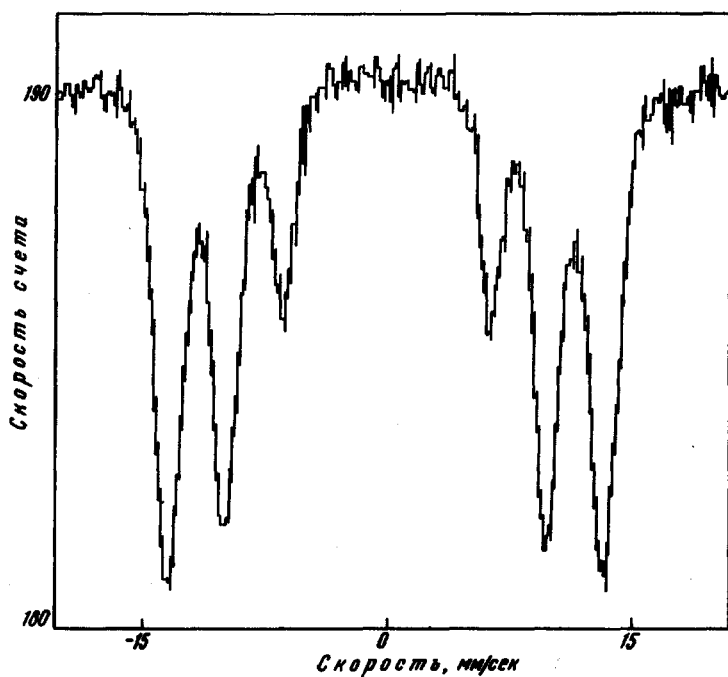


Рис.1. Мёссбауэровский спектр граната
 $\{Y_{3-x}Ca_x\}[Sn_xFe_{2-x}](Fe_3)O_{12}$
 (при $x = 0,25$) по олову. Температура $77^{\circ}K$.
 По оси ординат — число отсчетов (в тысячах)

Феррит готовился обычным методом спекания составных окислов.

Исследования с помощью ядерного гамма-резонанса (эффект Мёссбауэра) дают на примере образца с $x=0,25$ четкую картину сверхтонкого магнитного расщепления основного и первого возбужденного состояний ядер ^{119}Sn (рис.1).

В этой системе взаимодействие ионов Sn^{119} с магнитными ионами железа осуществляется, видимо, по механизму косвенного обмена через ионы кислорода, причем такой косвенный обмен индуцирует на ядрах олова весьма большие магнитные поля - более 200 кЭ при $t = -196^\circ\text{C}$. Отсутствие химического сдвига центра тяжести спектра по отношению к источнику, представлявшему собой $\text{Sn}^{119}\text{O}_2$, свидетельствует против прямых взаимодействий атомов олова и железа (химический сдвиг Sn в Fe был бы равен $\sim 1,6 \text{ мм/сек}$ [6]).

Гамма-резонансный спектр для железа (полученный с источником Co^{57} в хроме) обладает типичной для двух подрешеток иттриевого феррита-граната тонкой структурой с двумя значениями магнитных полей на железе. Величины магнитных полей на ядрах Sn^{119} и на ядрах Fe^{57} в двух подрешетках при различных температурах приведены на рис.2.

Очевидно, что магнитное поле на ядрах Sn^{119} с ростом температуры убывает одновременно с убыванием поля на ядрах Fe^{57} и исчезает совсем, когда ионы железа переходят в парамагнитное состояние. На этом же графике приведена температурная зависимость проводимости для двух образцов ферритов с меньшим и большим содержанием олова. Заметим, что проводимость весьма мала и притом возрастает с увеличением температуры, тогда как магнитное поле на ядрах железа и олова при этом уменьшается.

Вычисленная из полученных спектров ядерного гамма-резонанса величина магнитного момента первого возбужденного состояния ^{119}Sn составляет $(0,67 \pm 0,01)$ я.м., что совпадает с данными [6].

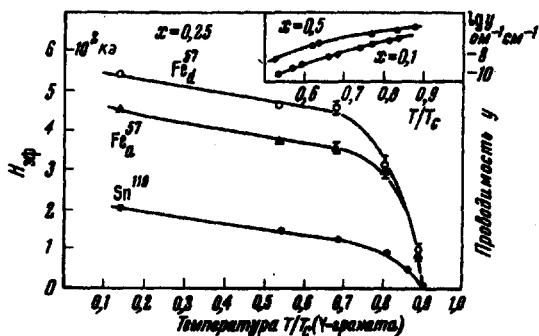


Рис.2. Зависимость величины магнитного поля на ядрах железа (в двух подрешетках d и a) и ядрах олова при $x = 0,25$, а также проводимости гранатов (при разных x) от температуры. Температура дана в долях от температуры Кюри иттриевого граната ($x = 0$), равной $T_C = 273^\circ \text{C}$

Авторы искренне признательны Ю.М.Кагану, обратившему ранее внимание на важность экспериментов по поляризации ядер в матрице ферродиелектриков [7], за весьма полезные обсуждения. Приятно также поблагодарить Е.Ф.Макарова за помощь в работе, С.С.Курочкина за

предоставление 2048-канального анализатора, обеспечившего снятие спектров с высоким разрешением, и Е.Л.Франкевича за помощь в измерении проводимости образцов.

Институт химической физики
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
15 февраля 1965 г.

Литература

- [1] Б.Н.Самойлов, В.В.Скляревский, Е.П.Степанов. ЖЭТФ, 36, 644, 1959.
- [2] M. Tinkham. Proc. Roy. Soc., A236, 535, 549, 1956.
- [3] R.J. Borg, Rex Booth, C.E. Violet. Phys. Rev. Lett, 11, 464, 1963.
- [4] P.P. Craig; W.A. Steyert. Phys. Rev. Lett, 13, 802, 1964.
- [5] S. Geller, R.M. Bozorth, M.A. Gilles, C.E. Miller. Phys. Chem. Solids, 12, 111, 1959.
- [6] O.C. Kistner, A.W. Sunyar, J.B. Swan. Phys. Rev., 123, 179, 1961.
- [7] Ю.М.Каган. Вступительная статья к сб. "Эффект Мёсбауэра". Изд. иностр. лит., М., 1962.