

05.2; 05.3; 11, 12

© 1990

ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ОБЪЕМНЫЕ МАГНИТНЫЕ
СВОЙСТВА $FeVO_3$ В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕЕЛЯ

А.С. Камзин, Л.А. Григорьев

Современная тонкопленочная микроэлектроника требует знания свойств поверхностных и приповерхностных слоев материалов и сравнения их со свойствами объема. С другой стороны, исследование процессов, происходящих в поверхностных слоях при фундаментальных явлениях, каковыми являются фазовые переходы, представляет существенный интерес.

Ядерная гамма-резонансная спектроскопия в геометрии пропускания гамма-квантов через образец (ЯГРС), широко используемая в исследованиях магнитных свойств материалов, практически не применима для изучения поверхностных слоев, однако в работах [1, 2] было показано, что мессбауэровская спектроскопия (МС) в геометрии обратного рассеяния при регистрации электронов конверсии (конверсионная электронная МС или КЭМС) или рентгеновского характеристического излучения (рентгеновская МС или РМС) позволяет исследовать свойства поверхностного слоя толщиной до 3000 Å или несколько мкм соответственно.

В данной работе приведены результаты комплексных исследований кристаллов $FeVO_3$, а именно: методом КЭМС – свойства поверхностного слоя толщиной до 3000 Å, РМС – слоя толщиной ~10 мкм; методом ЯГРС – объемные свойства материала, как это было предложено в [3–5]. В соединении $FeVO_3$ при температурах ниже $T_N = 348.3$ К магнитные моменты ионов Fe^{3+} упорядочены антиферромагнитно и слабо скошены в плоскости (111), которая является легкой плоскостью намагничивания, а ось третьего порядка [111] трудной. Исследования FeV_3 методом ЯГРС были проведены в [6, 7], т.е. изучались объемные свойства кристалла. Критические параметры были определены в [6–8].

Измерения эффекта Мессбауэра проводились на монокристаллах в виде пластинок толщиной ~100 мкм, выращенных методом спонтанной кристаллизации из раствора в расплаве как с естественным содержанием изотопа Fe^{57} , так и с обогащением до 100%. Пучок гамма-квантов во всех экспериментах был направлен параллельно оси [111]. Для регистрации электронов конверсии или рентгеновского излучения использовались пропорциональные детекторы [9, 10]. Температура образца поддерживалась с точностью $\pm 0.1^\circ$, перепад температуры по образцу не превышал 0.05° . Математическая обработка экспериментальных спектров была проведена по методу наименьших квадратов с подгонкой под лоренсов-

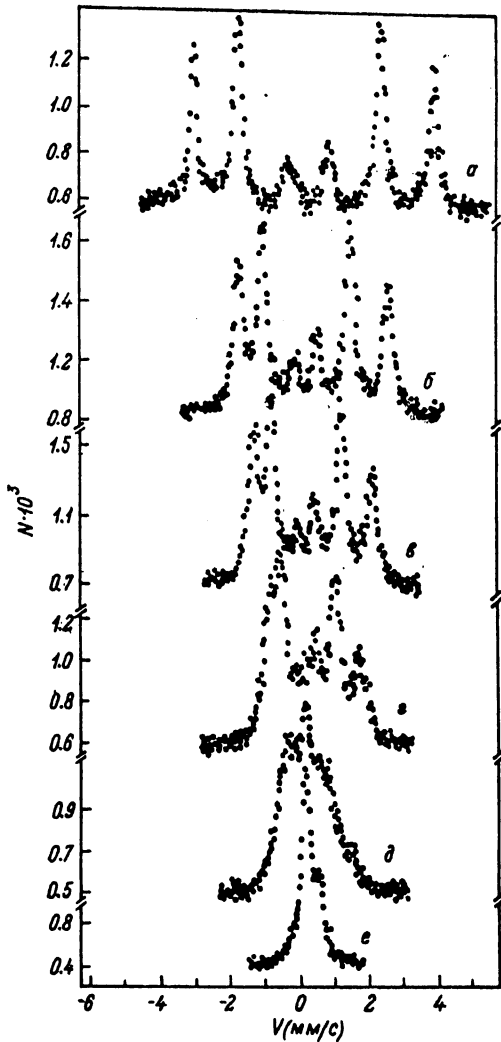


Рис. 1. КЭС-спектры $FeBO_3$ при температурах: а - 330 К, б - 341 К, в - 343 К, г - 344 К, д - 344.2 К, е - 346 К.

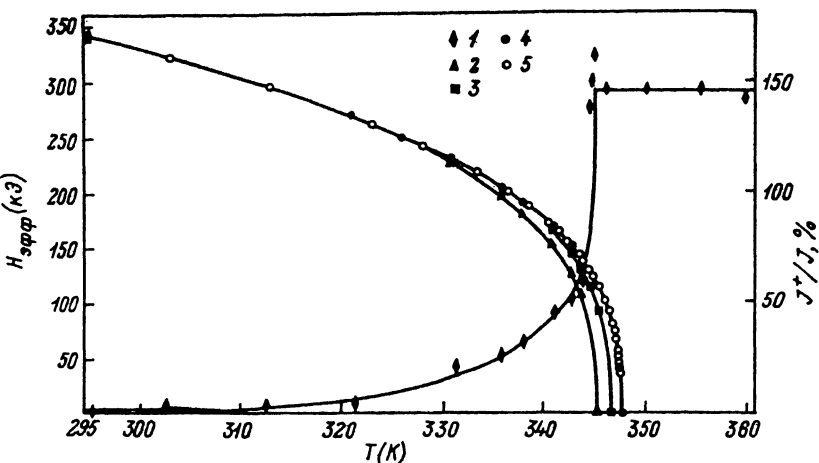


Рис. 2. Температурные зависимости вероятности поглощения (1) и магнитных полей на ядрах ионов железа, находящихся: в поверхностном слое 2000 Å и ~8 мкм - (2, 3), в объеме - (4, 5). Данные (5) из [6].

скую форму линий зеемановского секстета или парамагнитного дублета с независимыми интенсивностями, положениями и ширинами.

На рис. 1 приведены конверсионные электронные мессбауэровские спектры, снятые при различных температурах. Спектры, полученные методом ЯГРС, аналогичны приведенным в [6]. Анализ экспериментальных результатов показал, что при температурах ниже 345 К ЯГР, РМ и КЭМ спектры представляют собой хорошо разрешенные линии зеемановского секстета с соотношением линий, близким к соотношению 3:4:1:1:4:3. Это означает, что направление эффективного магнитного поля перпендикулярно пучку гамма-квантов, а магнитные моменты в поверхностном слое и объеме кристалла лежат в плоскости пластинки, которой соответствует легкая плоскость (111). Это согласуется с результатами исследований, проведенными в объеме кристалла [6, 7].

ЯГР спектры, полученные при исследованиях объема кристалла в области температур выше T_N (см. рис. 1 в [6]), состоят из линий парамагнитного дублета, указывая на то, что кристалл находится в парамагнитном состоянии. Аналогичные спектры при регистрации электронов конверсии наблюдаются при температурах выше 345.3 К, тогда как при использовании метода РМС такие дублеты были получены при температурах выше 347.3 К.

Экспериментальные спектры, полученные в области температур на несколько десятых долей градуса ниже T_N в случае исследо-

ваний методом ЯГРС, 1.0° ниже 347.3 K при использовании РМС и 1.5° ниже 345.3 K при измерениях методом КЭМС, представляют собой суперпозицию линий зеемановского секстета и парамагнитного дублета.

Эти результаты позволяют сделать вывод, что в $FeVO_3$ структура поверхностного слоя толщиной не менее 1000 \AA при температурах, достаточно удаленных от точки Нееля, аналогична структуре в объеме кристалла.

Из экспериментальных спектров были найдены параметры сверхтонкого взаимодействия. На рис. 2 приведены температурные зависимости эффективных магнитных полей на ядрах ионов железа, расположенных в различных слоях кристалла. Значения полей, полученные авторами [6] и нами при исследованиях объемных свойств методом ЯГРС, совпадают (см. рис. 2).

Температура, при которой наблюдается исчезновение эффективного магнитного поля, определялась двумя способами. Первый способ основан на том, что при этом зеемановское расщепление линий отсутствует, а остается только парамагнитный дублет, и суммарная ширина наблюдаемых линий становится минимальной. При другом способе регистрируется мессбауэровское излучение при неподвижном источнике гамма-квантов. В случае $FeVO_3$ этот метод применим, поскольку одна из линий парамагнитного дублета находится около „нуля“ скоростей (см. рис. 1). Суть способа заключается в том, что при нагревании исследуемого образца в области температур ниже точки перехода наблюдается резкое увеличение резонансного поглощения мессбауэровского излучения. После перехода вещества в парамагнитное состояние количество гамма-квантов, поглощаемых образцом, остается неизменным (в области температур не очень далеких от точки перехода). Это и наблюдается на рис. 2.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Swanson K.R., Spijkerman J.J. // J. Appl. Phys. 1970. V. 41. P. 3155.
- [2] Thomas J.M., Tricher M.J., Winterbottom A.P. // J. Chem. Soc. Faraday II. 1975. V. 71. P. 1708.
- [3] Камзин А.С., Прокопов А.Р. Ш Всес. сов. „Когерентное взаимодействие излучения с веществом“, Тезисы, М., 1985.
- [4] Камзин А.С., Русаков В.П. II Сов. по ядерно-спектроскопическим исследованиям СТВ, Тезисы, Грозный: ЧИГУ, 1987.
- [5] Камзин А.С., Русаков В.П., Григорьев Л.А. Международная конференция „Физика переходных металлов“, Тезисы, Киев, 1988.
- [6] Eibschutz M., Pfeiffer L., Nielsen J.W. // J. Appl. Phys. 1970. V. 41. P. 1276.

- [7] E i b s c h u t z M., L i n e s M.E. // Phys. Rev. B. 1973. V. 7. P. 4907.
- [8] Дорошев В.Д., Ковтун Н.М., Селезнев В.Н., Сирюк В.М., Украинцев Э.Н. ФТТ. 1975. Т. 17. С. 514.
- [9] Камзин А.С., Русаков В.П. // ПТЭ. 1988. Т. 5. С. 55.
- [10] Камзин А.С., Григорьев Л.А. Конференция по применению мессбауэровской спектроскопии в материаловедении, Тезисы, Ижевск, 1989.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
3 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 15

12 августа 1990 г.

04; 10

© 1990

ПУЧКОВЫЙ *He-Zn* ЛАЗЕР НА $\lambda=610$ НМ
С ПЕННИНГОВСКОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ
СТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКОЙ

А.В. Карелин, Д.Ю. Нагорный,
В.Ф. Тарасенко, С.И. Яковленко

1. В последнее время существенно возрос интерес к лазерам на парах металлов, накачиваемых электронным пучком [1-5]. Применение для накачки электронного пучка позволяет увеличить рабочее давление в объеме активной среды, что наиболее перспективно для создания широкоапертурных лазерных систем большой мощности. В данной работе сообщается о первом получении генерации на оранжевой линии (610.3 нм) в смеси *He-Zn* при накачке наносекундным электронным пучком и приводятся результаты теоретического моделирования генерации, показывающие, что очистка нижнего лазерного уровня осуществляется за счет реакции Пеннинга и столкновений с электронами.

2. Накачка смеси *He-Zn* осуществлялась от ускорителя РАДАН-220 [6], электронный пучок инжектировался в лазерную камеру под углом 30° и фокусировался импульсными магнитами, установка подробнее описана в [4]. Внутренний диаметр лазерной камеры составлял 14 мм, длина нагреваемой области равнялась 40 см. Полный объем кюветы был примерно в 1.5 раза больше объема нагреваемой области лазерной камеры. Применялся буферный газ гелий, который предварительно напускался в холодную лазерную камеру. Указанные ниже давления гелия даны для холодного газа. Плотность тока пучка в активной области состав-