

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С342г2
К-30

9/VI-75

P14 - 8726

2064/2-75

Л.П.Каун, Б.Липпольд, М.М.Лукина; В.Матц,
Б.Н.Савенко, К.Хенниг

НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ PrFeO_3
И NdFeO_3 МЕТОДОМ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

1975

P14 - 8726

Л.П.Каун, Б.Липпольд, М.М.Лукина*, В.Матц,
Б.Н.Савенко, К.Хенниг

НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ PrFeO_3
И NdFeO_3 МЕТОДОМ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

Направлено в журнал "Кристаллография"

*Московский государственный университет

Кристаллическая симметрия ортоферритов общей формулы $RFeO_3$, где R - ион редкоземельного элемента или иттрия, описывается ромбической пространственной группой $D_{2h}^{16} - Pbnm$ ^{/1/}. Это орторомбически искаженная структура перовскита. Магнитная структура ортоферритов изучалась различными способами. Известно, что при температурах $620\text{ K} < T_n < 750\text{ K}$ ионы железа упорядочиваются антиферромагнитно по G-типу вдоль одной из орторомбических a-, b-, c-осей, причем у некоторых ортоферритов с понижением температуры наблюдается переориентация спинов^{/2/}. Обычно при этом магнитная структура типа G_x переходит к G_z . Редкоземельные ионы находятся при температурах выше температуры жидкого гелия в парамагнитном неупорядоченном состоянии^{/2/}.

Нахождение направления антиферромагнитной оси с помощью нейтронной дифракции базируется обычно на определении относительной интенсивности дублета $\{011\}$: $\{101\}$. Отношения интенсивностей рефлексов этого дублета 3 : 1, 1 : 3 и 1 : 1 указывают на магнитную структуру типа G_x , G_y , G_z соответственно^{/3/}. При отклонении относительной интенсивности от этих соотношений появляется неопределенность в направлении оси спинов, которая могла бы быть разрешена, если бы удалось расщепить другие пары рефлексов, таких, как $\{013\}$, $\{103\}$ или $\{211\}$, $\{121\}$ ^{/3/}. К сожалению, из-за малой дисторсии перовскитной ячейки у легких редкоземельных ортоферритов, к которым относятся $PrFeO_3$ и $NdFeO_3$, даже расщепление $\{011, 101\}$ дублета с помощью широко распространенного метода дифракционных измерений с монокристаллом в качестве монохроматора на стацио-

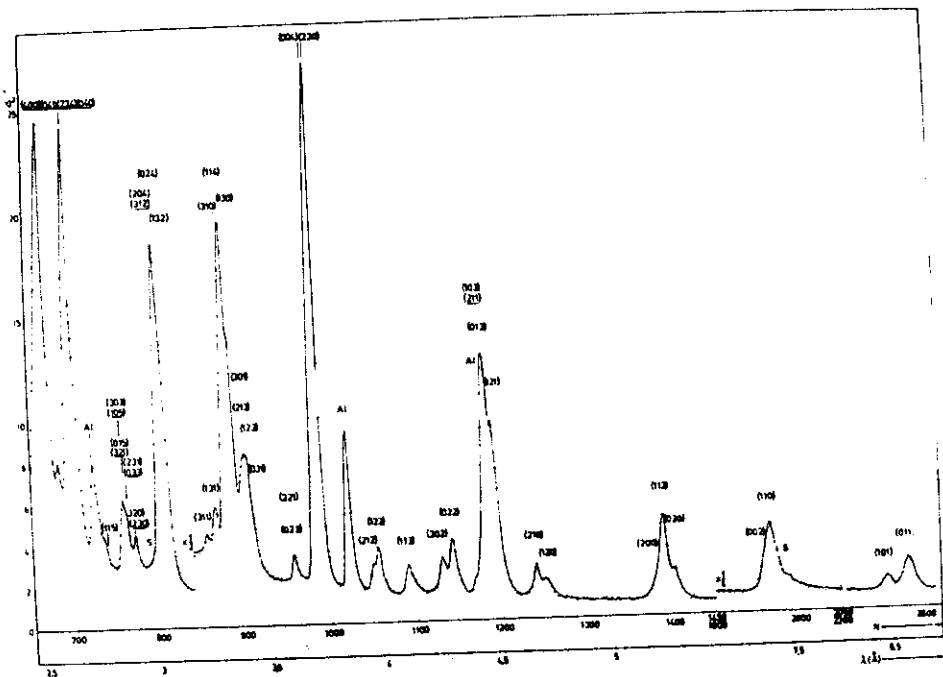


Рис. 1. Нейтронограмма порошка PrFeO_3 . Угол рассеяния 140° , ширина каналов 32 мксек, температура образца 300 К. N - номер канала, λ - длина волны, I - число отсчетов на канал за 45 часов измерения.

нарном реакторе наталкивается на большие трудности. Правда, увеличением длины волны до $\lambda = 2,4 \text{ \AA}$ Пинто и Шейк /4/ добились успеха в расщеплении {0 11, 101} дублета на NdFeO_3 , в то время как для PrFeO_3 этой длины волны оказывается еще недостаточно. Целью настоящей работы являлось нейтронографическое исследование магнитной структуры PrFeO_3 и NdFeO_3 методом времени пролета, так как этот метод позволяет получить высокое разрешение в области больших межплоскостных расстояний /5,6/.

На рис. 1 показана нейтронограмма порошка PrFeO_3 , полученная на импульсном реакторе ИБР-30

в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Образец находился при комнатной температуре, угол рассеяния $2\theta = 140^\circ$ (θ - угол Брэгга). На осях отложено число отсчетов в каналах временного анализатора в зависимости от длины волны λ . Приведены индексы орторомбической ячейки. Разрешающая способность в области {101, 011} дублета при используемой пролетной базе 34 м составляет 0,6%. Как видно из рис. 1 и 2,

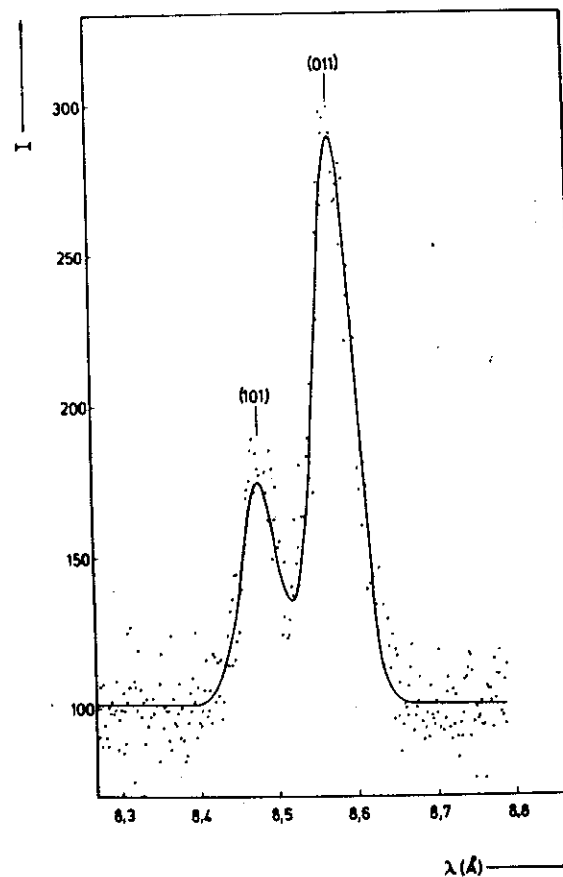


Рис. 2. Рефлексы (101) и (011) в PrFeO_3 . Угол рассеяния 140° , температура образца 300 К, λ - длина волны.

Таблица I

Вещество Температура	$PrFeO_3$	$NdFeO_3$
	300 К 80 К	2,58±0,20 — 2,53±0,23 1,04±0,02

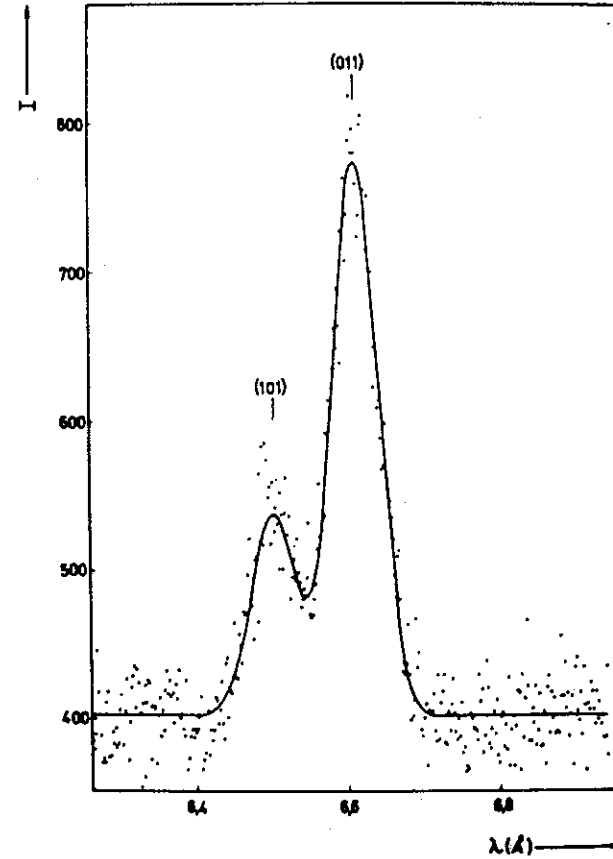


Рис. 3а. Рефлексы (101) и (011) в $NdFeO_3$: температура образца $T = 300$ К, λ - длина волны, I - число отсчетов на канал, угол рассеяния - 95° .

при такой разрешающей способности {101} и {011} пики почти полностью разделены. Несмотря на высокое разрешение ($\sim 1\%$), группа {013,103,211,121} рефлексов еще не разделена.

На рис. 3 а,б показан {101,011} дублет в $NdFeO_3$ при комнатной температуре и 80 К соответственно. Изменение соотношения интенсивностей этих двух пиков с понижением температуры подтверждает найденный

Пинто и Шейком /4/ поворот спинов от G_x - к G_z -типу. Наши измерения показали, что для $PrFeO_3$ с понижением температуры до 10К отношение интенсивностей остается неизменным. Численные значения отношения интенсивностей I_{011}/I_{101} , полученные аппроксимацией по методу наименьших квадратов (сплошная линия на рис. 2 и 3), представлены в табл. 1.

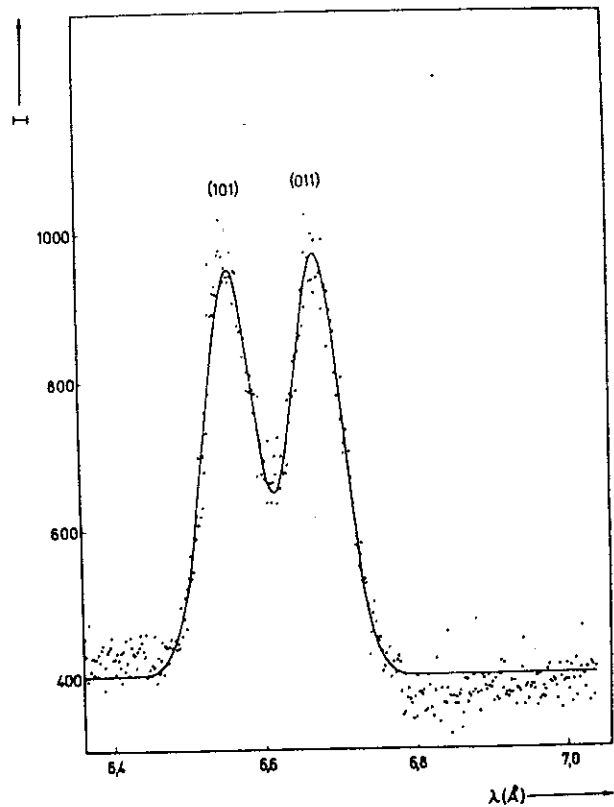


Рис. 36. Рефлексы (101) и (011) в $NdFeO_3$: температура образца $T = 80$ К, λ - длина волны, I - число отсчетов на канал, угол рассеяния - 95° .

Таблица 2

Вещество Тип магн. структ.	$NdFeO_3$	2,983	0,969
	$PrFeO_3$	2,981	0,977
		G_x	G_z

Отношения интенсивностей I_{011} / I_{101} для магнитной структуры типа G_x и G_z для этих веществ, рассчитанные по формуле интегральной интенсивности ^{/3/}, модифицированной для нашего метода, приведены в табл.2. Намечающееся несовпадение экспериментальных и расчетных величин в случае магнитной структуры типа G_x для обоих веществ можно понять как отклонение антиферромагнитной оси от кристаллической оси a в таком виде, что ось спинов лежит где-то на эллиптическом конусе, угол раствора которого в плоскости $ab \sim 13^\circ$ и в плоскости $ac \sim 20^\circ$ относительно оси a ^{/3/}. Для более точного определения углов между антиферромагнитной осью и кристаллическими осями a, b и c необходимо, кроме относительной интенсивности I_{011} / I_{101} рефлексов, знать и относительную интенсивность магнитных компонент, например, I_{121} / I_{211} рефлексов, что требует лучшей чем 0,3% разрешающей способности установки.

Авторы выражают благодарность А.М.Кадомцевой за полезные дискуссии.

Литература

1. M.Merzio, J.P.Remeika and P.D.Derrier. Acta Crystallogr., B26, 2008 (1970).
2. L.White. J.Appl.Phys..40, 3, 1061 (1969).
3. Z.Fridman, H.Pinto, H.Shaked, G.Gorodetsky and Shtrikman.Int.J.Magnetism, v.2, 409 (1971).
4. H.Pinto and H.Shaked. Solid State Comm.. 10, 663 (1972).
5. А.С.Даревский, Т.А.Мачехина, С.Набыванец, И.Сосновска, Е.Сосновски. Препринт ОИЯИ, 2411, Дубна, 1965.
6. И.Сосновска, Е.Сосновски, С.В.Киселев, Р.П.Озеров. Препринт ОИЯИ, Р-1909, Дубна, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 марта 1975 года.