

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СТАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОНОКРИСТАЛЛОВ КАЛИЕВОГО ФЕРРИТА β -ТИПА

© А. Д. Балаев, В. Н. Васильев, Е. Н. Матвейко

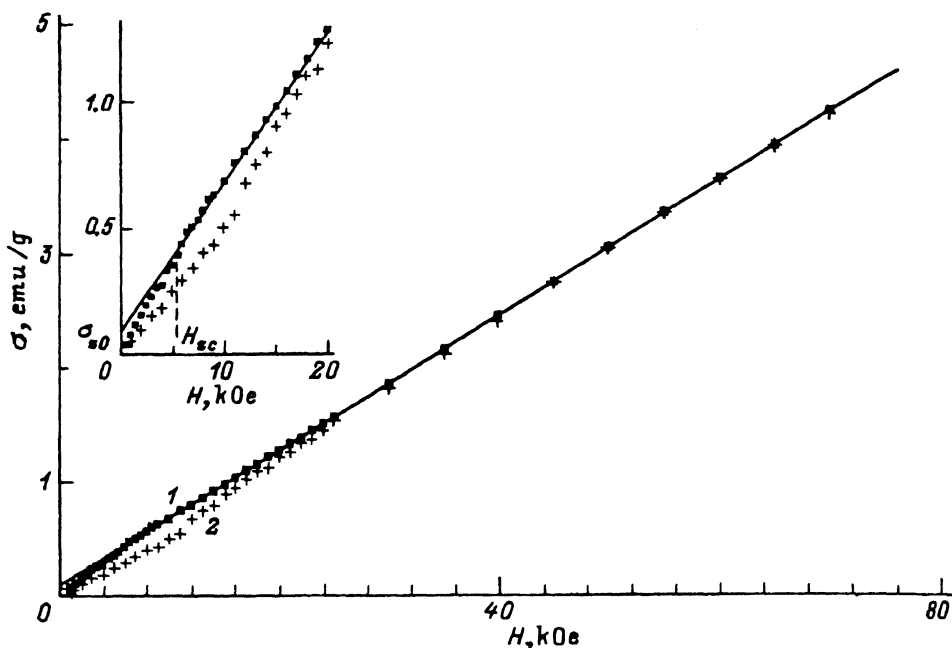
Институт физики им. Л. В. Киренского
Сибирского отделения Российской академии наук,
660036 Красноярск, Россия
(Поступила в Редакцию 24 мая 1996 г.)

Измерялись полевые зависимости магнитных характеристик калиевого феррита β -типа. Проведены оценки эффективных внутренних полей.

$\text{KFe}_{11}\text{O}_{17}$ обладает гексагональной структурой типа β -алюмина ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$), относящейся к пространственной группе симметрии D_{6h}^4 [1]. Из исследования температурной зависимости магнитной восприимчивости, измеренной в магнитном поле около 2 кОе, известно, что $\text{KFe}_{11}\text{O}_{17}$ является антиферромагнетиком с температурой Нееля $T_N = 800$ К [2]. В области магнитного упорядочения восприимчивость калиевого феррита изотропна и монотонно возрастает и понижением температуры. С помощью резонансного [3] и мессбауэровского [4] исследований показано, что калиевый феррит является антиферромагнетиком с анизотропией типа «легкая плоскость» (ЛП). Однако поведение исследуемого кристалла в широком интервале полей пока не изучено, не идентифицированы все возможные магнитные состояния и не установлены их характеристики.

Цель данной работы состояла в том, чтобы с помощью измерений полевых зависимостей намагниченности и их сопоставления с феноменологической теорией двухподрешеточного антиферромагнетика [5] оценить значения эффективных внутренних полей, характеризующих магнитные свойства калиевого феррита β -типа.

В качестве образцов для измерений удельной намагниченности использовались те же монокристаллы калиевого феррита, что и в [3]. Полевые и температурные зависимости удельной намагниченности в исследуемых кристаллах измерялись с помощью автоматизированного вибрационного магнитометра со сверхпроводящим соленоидом, позволяющим исследовать магнетики с восприимчивостью $\chi \sim 10^{-6}$ ему/(г·Г), в полях до 70 кОе и диапазоне температур 4.2–300 К (магнитометр лаборатории сильных магнитных полей Института физики СО РАН).



Полевые зависимости удельной намагниченности $KFe_{11}O_{17}$.

1 — $\sigma_z(H)$, 2 — $\sigma_{\perp}(H)$. H_{\perp} — внешнее поле, параллельное одной из осей второго порядка.

На рисунке представлены типичные полевые зависимости продольной $\sigma_z(H)$ и перпендикулярной $\sigma_{\perp}(H)$ намагниченностей, измеренных на одном из образцов $KFe_{11}O_{17}$ при $T = 4.2$ К. В пределах экспериментальных погрешностей гистерезисных явлений не обнаружено. Полевые зависимости намагниченности при различных температурах (4.2, 77, 300 К) имеют аналогичный характер. Особенности полученных нами результатов являются заметная анизотропия намагниченности калиевого феррита в начальной области полей (в отличие от данных работы [2]) и наличие слабоферромагнитного момента вдоль главной оси кристалла.

Согласно теории [5], при намагничивании кристалла вдоль главной оси возможны два магнитных состояния: антиферромагнитное, для которого

$$\sigma_z = 8M_0 H_e H_z / (8(H_E + H_a) + H_t), \quad (1)$$

и слабоферромагнитное, для которого

$$\sigma_z = M_0(H_z - H_t)/(H_E + H_a) = \chi H_z + \sigma_{z0}. \quad (2)$$

Эти состояния разделены критическим полем

$$H_{cz} = (8(H_E + H_a)H_e + H_t^2)/H_t. \quad (3)$$

Здесь H_E — эффективное поле обмена, H_a — эффективное поле анизотропии второго порядка, соответствующее вектору ферромагнетизма,

Значения эффективных полей (O_e)

H_E	H_b	H_a	H_t	H_e
$2.75 \cdot 10$	$8.525 \cdot 10$	$5.5 \cdot 10$	$-1.361 \cdot 10$	-0.08

H_e и H_t — эффективные поля анизотропии четвертого и шестого порядков. При намагничивании в базисной плоскости кристалла высокополевое состояние, в котором все спины перпендикулярны направлению внешнего поля, описывается зависимостью

$$\sigma_{\perp} = M_0 H_{\perp} / H_E. \quad (4)$$

Таким образом, видно, что экспериментальные данные и результаты теории [5] находятся в полном качественном согласии. С помощью приведенных формул и экспериментальных данных рисунка были оценены значения эффективных полей (см. таблицу). При этом использовались расчетные значения величин объема элементарной ячейки $v_0 = 7.2346 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3$, плотности $\rho = 4.28 \text{ g/cm}^3$ и удельной подрешеточной намагниченности $M_0 = 164.92 \text{ emu/g}$. При оценке эффективного поля внеплоскостной анизотропии второго порядка H_g , характеризующего вектор антиферромагнетизма, использовано значение отношения $H_b/H_E = 0.031$, полученное из данных работы [3]. В данном случае можно констатировать, что величины эффективных полей, оцененные на основе различных экспериментальных методик и единой теории, не противоречат друг другу.

Таким образом, проведенные измерения подтверждают вывод работ [3,4] о том, что $\text{KFe}_{11}\text{O}_{17}$ является антиферромагнетиком с магнитной анизотропией типа ЛП. Обнаружен и исследован продольный слабый ферромагнетизм, предсказанный ранее для подобных кристаллов, исходя из симметричных соображений, в рамках модели двухподрешеточного антиферромагнетика [5]. На основе этой теории и экспериментальных данных проведены оценки основных микроскопических параметров исследуемого кристалла.

Список литературы

- [1] С.А. Beevers, М.А.С. Ross. Z. Krist. **97**, 59 (1937).
- [2] E.W. Gorter. J. Appl. Phys. **34**, 4, Pt 2, 1253 (1963).
- [3] В.Н. Васильев, Е.Н. Матвейко, А.И. Круглик, А.И. Панкрац, Г.А. Петраковский, К.А. Саблина. ФТТ **34**, 10, 3047 (1992).
- [4] О.А. Ваюков, Г.А. Петраковский, К.А. Саблина, Е.Н. Матвейко. ФТТ **35**, 6, 1449 (1993).
- [5] Е.А. Туров. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. М. (1963). 221 с.