

## БАЗИСНАЯ МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ СЛАБОГО ФЕРРОМАГНЕТИКА $\text{FeVO}_3$

*В.Д.Дорошев, И.М.Крылин, С.Н.Лукин, А.Н.Молчанов,  
А.Д.Прохоров, В.В.Руденко, В.Н.Селезнев*

Методом антиферромагнитного резонанса измерена магнитная анизотропия в базисной плоскости кристаллов  $\text{FeVO}_3$ . Обнаружено существование температуры компенсации, при которой константа гексагональной анизотропии меняет знак. В окрестности точки компенсации наблюдается температурный гистерезис резонансного поля.

Методом антиферромагнитного резонанса (АФМР) в диапазоне длин волн  $8 \div 30$  мм и интервале температур  $1,5 \div 300$  К исследована гексагональная магнитная анизотропия кристаллов ромбоэдрического слабого ферромагнетика  $\text{FeVO}_3$  (пространственная группа симметрии  $D_{3d}^6$ )<sup>1)</sup>. Поле анизотропии определялось из сдвига резонансной линии низкочас-

---

<sup>1)</sup> До настоящей работы гексагональная анизотропия кристаллов бората железа наблюдалась при  $T = 77$  К методом акустического резонанса [5].

$$\left( \frac{\omega}{\gamma} \right)^2 = H (H + H_D) + H_{\Delta 1}^2 + 36 H_E H_{eq} \cos 6 \phi$$

при вращении постоянного магнитного поля  $H$  в базисной плоскости кристалла.

В приведенном выражении  $\gamma = ge/2mc$  – гиромагнитное отношение,  $H_D$  – поле Дзялошинского,  $H_{\Delta 1}^2$  и  $36 H_E H_{eq}$  являются, соответственно, изотропной и анизотропной энергетическими щелями,  $H_E$  – обменное поле,  $H_{eq}$  – поле гексагональной анизотропии в плоскости (111),  $\phi$  – угол между внешним магнитным полем и одной из плоскостей симметрии кристалла. Эффективные поля  $H_D$  и  $H_E$  в  $FeVO_3$  определены в [3] и [4], соответственно.

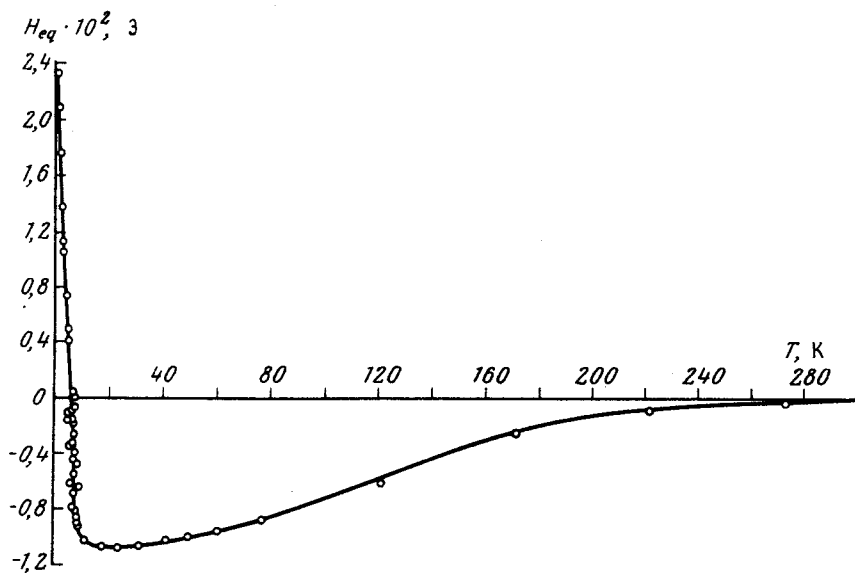


Рис. 1. Температурная зависимость поля гексагональной анизотропии  $H_{eq}$  (кристалл №1)

На рис. 1 представлена температурная зависимость поля анизотропии  $H_{eq}$  (кристалл №1). В области температур 1,5 – 77 К измерения проведены на частоте 35,9 ГГц, в области 77 – 300 К на частотах 12,2 – 8 ГГц. Из рисунка видно, что имеется температура компенсации  $T_K = 5$  К ( $T \rightarrow T_K$  из области низких температур), при которой эффективное поле магнитной анизотропии  $H_{eq}$  меняет знак. Это должно приводить к тому, что ниже температуры компенсации (в отсутствии внешних воздействий и без учета размагничивающих полей) энергетически выгодным является состояние, когда вектор антиферромагнетизма

$$l = \frac{M_1 - M_2}{2M_0}$$

( $M_1$  и  $M_2$  — подрешеточные магнитные моменты) параллелен одной из осей второго порядка  $C_2$ . В области температур  $T_K < T < 300$  К  $\Gamma$  перпендикулярен  $C_2$  и согласно [5] лежит под небольшим углом к базисной плоскости кристалла. Отметим, что при регистрации АФМР в окрестности  $T_K$  наблюдается температурный гистерезис резонансного поля. Кроме того, в области температур ниже 3 К при ориентации  $\mathbf{H}$  вдоль  $C_2$  наблюдается слабое расщепление линии АФМР, величина которого не превышает 159 при 1,5 К.

Измерения, проведенные на различных кристаллах  $\text{FeVO}_3$  при температурах жидкого гелия, показывают существенный разброс значений поля гексагональной анизотропии (см. таблицу).

№ кристалла	1	2	3	4	5	6
Технология выращивания	[7]			[3]		
$H_{eq} = 10^2, 3$ ( $T = 4,2$ К)	0,7	1,6	1,7	3,7	—	—
$H_{eq} = 10^2, 9$ ( $T = 77$ К)	-0,9	—	—	-0,7	-0,8	-0,7

В то же время, при  $T = 77$  К величины  $H_{eq}$  незначительно меняются от кристалла к кристаллу и близки к данным работы [5].

Зависимость  $H_{eq}(T)$ , снятая для кристалла №4, который наиболее существенно отличается по параметрам поля гексагональной анизотропии при  $T = 4,2$  К от образца №1, носит характер, аналогичный рис.1. Однако, величины  $H_{eq}$  этих кристаллов в области  $1,5 \div 10$  К различаются сильно, хотя при более высоких температурах поля гексагональной анизотропии отличаются несущественно. Температура компенсации в образце №4 ( $T \rightarrow T_K$  из области низких температур) сдвинута на 2,5 К относительно  $T_K$  в образце №1 и равна 7,5 К.

При вращении  $\mathbf{H}$  в базисной плоскости ширина линии ( $\Delta H_{1/2}$ ) АФМР при низких температурах изменяется по закону  $\cos 6\phi$ , что, видимо, связано с периодическим выходом вектора антиферромагнетизма  $\mathbf{l}$  из плоскости (111) при изменении угла  $\phi$ . Выход из плоскости (111) обусловлен наличием в термодинамическом потенциале [6] члена четвертого порядка  $q [l_x^3 - 3l_y^2 l_x] l_z$ , частично ответственного за энергию базисной анизотропии кристалла. При  $T \rightarrow T_K$  снизу в окрестности  $6 \div 8$  К  $\Delta H_{1/2}$  ( $\mathbf{H} \parallel C_2$ ) быстро возрастает (рис.2) и в точке компенсации приближается к значению  $\Delta H_{1/2}$  ( $\mathbf{H} \perp C_2$ ), свидетельствуя в пользу того, что вблизи  $T_K$  происходит спинпереориентационный фазовый переход во внешнем поле, при котором вектор  $\mathbf{l}$ , ориентированный перпендикулярно одной из осей  $C_2$  под небольшим углом к (111), ложится в базисную плоскость кристалла и становится параллельным оси  $C_2$ .

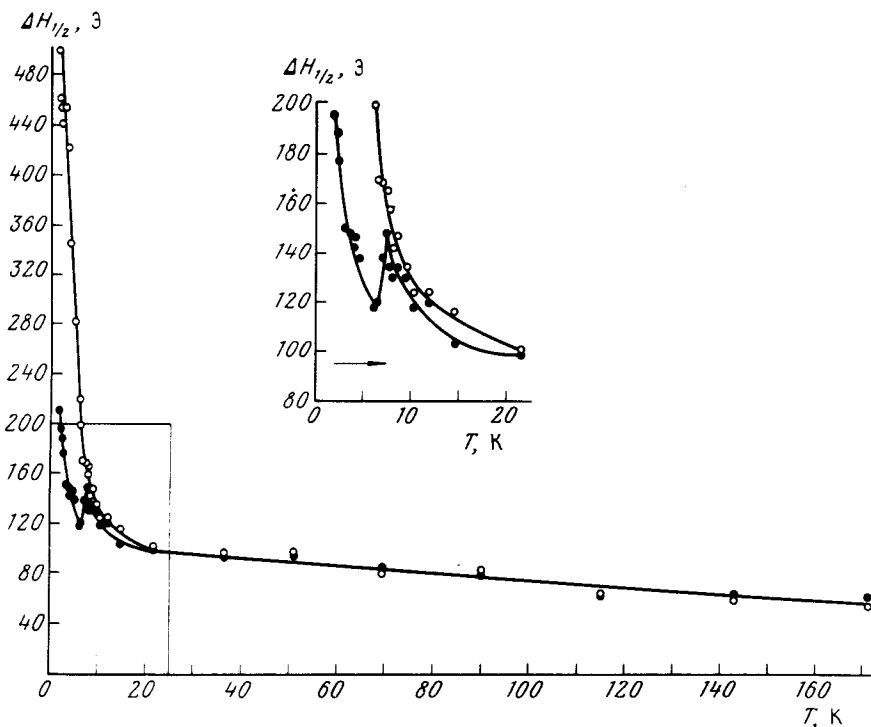


Рис. 2. Зависимость ширины линии АФМР ( $\Delta H_{1/2}$ ) монокристалла  $\text{FeVO}_3$  (кристалл №4), измеренной на частоте 35,9 ГГц при ориентации внешнего магнитного поля в базисной плоскости кристалла ( $\bullet - H \parallel C_2$ ,  $\circ - H \perp C_2$ ). Область вблизи точки компенсации выделена, стрелкой показано направление изменения температуры

Приведенные результаты позволяют считать, что в кристаллах бора-железа, синтезированных с использованием технологических режимов [3, 7] имеются примеси, эффективно влияющие при низких температурах на ширину линии АФМР и энергию анизотропии в базисной плоскости. С другой стороны изменение знака  $H_{eq}$  и соответствующая спиновая переориентация в базисной плоскости могут являться неотъемлемым свойством чистого  $\text{FeVO}_3$  также как, например, переход Морина в  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Для выяснения этого вопроса будут предприняты дополнительные исследования.

Симферопольский  
государственный университет  
им. М.В.Фрунзе

Донецкий  
физико-технический институт  
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
20 января 1979 г.

### Литература

[1] Е.А.Туров, Н.Г.Гуссейнов. ЖЭТФ, 38, 1326, 1960.

- [2] А.С.Боровик-Романов, Е.Г.Рудашевский. ЖЭТФ,, 47, 2095, 1964.
- [3] Л.В.Великов, А.С.Прохоров, Е.Г.Рудашевский, В.Н.Селезнев. ЖЭТФ, 66, 1847, 1974.
- [4] В.Г.Барьяхтар, В.Д.Дорошев, Н.М.Ковтун, В.М.Сирюк. Тезисы 19 Всесоюзного совещания по физике низких температур. Минск, 1976, стр. 561.
- [5] M.H. Seavy. Sol. St. Comm., 12, 49, 1973.
- [6] Е.А.Туров. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. Москва, 1963.
- [7] V.V.Rudenko, V.N.Seleznev, R.P.Smolin. Abstracts of the 4-th International Conference on Crystall Growth, Tokyo, 1974, p,671.
-