

carriers. Features of spectroscopy manifestation of  $\text{Eu}^{2+}$  and  $\text{Eu}^{3+}$  ions, as well as energy transfer host to impurity centers are discussed.

*The work was partially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (through the basic part of the government mandate, project No. FEUZ-2020-0060) and RFBR (project No. 20-03-00851).*

## **АНТИФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В КРИСТАЛЛАХ СЕМЕЙСТВА $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ С УГЛОВОЙ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРОЙ**

Миронов Р.И.<sup>1</sup>, Панкрац А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

E-mail: [ro.mironoff228@yandex.ru](mailto:ro.mironoff228@yandex.ru)

## **ANTIFERROMAGNETIC RESONANCE IN CRYSTALS OF THE FAMILY $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ WITH ANGULAR MAGNETIC STRUCTURE**

Mironov R.I.<sup>1</sup>, Pankrats A.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Institute of Engineering Physics and Radio Electronics Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

With diamagnetic dilution of the  $\text{PrFe}_3(\text{BO}_3)_4$  subsystem with nonmagnetic yttrium, the anisotropic contribution of the  $\text{Pr}^{3+}$  subsystem decreases; in the concentration range  $x = 0.67-0.45$ , a transition from the LO to the LP magnetic structure occurs through the formation of angular magnetic structure

Семейство антиферромагнитных кристаллов  $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$  интересно тем, что подсистемы ионов  $\text{Pr}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  характеризуются, соответственно, легкоосным (ЛО) и легкоплоскостным (ЛП) типами магнитной анизотропии. В чистом  $\text{PrFe}_3(\text{BO}_3)_4$  анизотропный ЛО вклад подсистемы  $\text{Pr}^{3+}$  является преобладающим. При диамагнитном разбавлении этой подсистемы немагнитным иттрием анизотропный вклад подсистемы  $\text{Pr}^{3+}$  уменьшается, и в области концентраций  $x = 0.67 \div 0.45$  происходит переход от ЛО к ЛП магнитной структуре через образование угловых магнитных структур [1].

Целью работы является изучение антиферромагнитного резонанса (АФМР) в кристаллах  $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$  в области формирования угловых магнитных структур.

На рис. 1 приведены частотно-полевые зависимости (ЧПЗ) АФМР, измеренные при  $T = 4,2$  К и  $H \parallel c$  в кристалле  $\text{Pr}_{0,67}\text{Y}_{0,33}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ , в котором по данным нейтронных исследований [1] антиферромагнитный вектор магнитной структуры наклонен под углом  $23^\circ$  к оси кристалла. В магнитных полях меньше 12 кЭ

наблюдаются две линейно зависящие от поля ветви ЧПЗ, характерные для ЛО антиферромагнетика с начальным расщеплением  $\sim 56$  GHz. Выше 12 кЭ наблюдается единственная ветвь ЧПЗ с начальным расщеплением  $\sim 32$  GHz, вид которой характерен для ЛП антиферромагнетика. Таким образом, в кристалле  $\text{Pr}_{0,67}\text{Y}_{0,33}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$  в магнитном поле 12 кЭ происходит индуцированный магнитным полем ориентационный переход ЛО  $\rightarrow$  ЛП с изменением знака и величины поля анизотропии.

Ранее [1] при исследовании магнитных свойств монокристалла  $\text{Pr}_{0,75}\text{Y}_{0,25}\text{Fe}(\text{BO}_3)_4$  в магнитном поле вдоль тригональной оси обнаружены необычные двухступенчатые переходы спиновой переориентации со скачками намагниченности в полях 21 и 29 кЭ. В работе [1] этот эффект объяснен тем, что при намагничивании кристалла в области магнитных полей между 21 и 29 кЭ формируется промежуточная угловая фаза с углом наклона антиферромагнитного вектора, отличающимся от соответствующего угла наклона исходного состояния. Спектры АФМР, при  $T=4,2$  К и  $H\parallel c$  для этого монокристалла представлены на рис. 2. Экспериментальные ЧПЗ представляют собой два набора идентичных зависимостей, характерных для ЛО антиферромагнетика и соответствующих двум значениям начального расщепления спектра АФМР 76 GHz и 95 GHz. Анализ этих данных позволяет предположить, что в действительности двухступенчатый характер спиновой переориентации обусловлен тем, что этот кристалл содержит две области с различным соотношением ионов  $\text{Pr}^{3+}$  и  $\text{Y}^{3+}$ . В результате этого две области с разной концентрацией празеодима характеризуются различными значениями полей ЛО анизотропии, что и приводит к различным значениям начальных расщеплений спектра АФМР и полей спин-флоп переходов в этих областях. Следовательно

1. A.I.Pankrats, A.A.Demidov, C.Ritter, D.A.Velikanov, S.V.Semenov, V. I.Tugarinov, V.L.Temerov and I.A.Gudim. Transformation from an easy-plane to an easy-axis antiferromagnetic structure in the mixed rare-earth ferrobates  $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ : magnetic properties and crystal field calculations. J.Phys.: Condens. Matter 28 (2016) 396001 (18pp).