

МИРЭА – Российский Технологический Университет

XXV Международная конференция

НОВОЕ В
МАГНЕТИЗМЕ И
МАГНИТНЫХ
МАТЕРИАЛАХ



СБОРНИК ТРУДОВ



1 – 6 июля 2024 года

Москва

УДК 537.612.3

ББК 222.234

Си34

**Си34 Новое в магнетизме и магнитных материалах. Сборник трудов XXV
Международной конференции 1 – 5 июля 2024 г. – Москва – 2024 – 1000 с.**

ISBN 978-5-4465-1869-2

УДК 537.632

Магнитный круговой дихроизм и поглощение кристалла $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$ в области $f-f$ переходов**Соколов В.В.**

к.ф.м.н., н.с., Институт физики им. Л.В. Киренского, ФИЦ КНЦ СО РАН

Малаховский А.В.

д.ф.-м.н., с.н.с., Институт физики им. Л.В. Киренского, ФИЦ КНЦ СО РАН

Каримов Д.Н.

к.ф.м.н., в.н.с., Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН

Аннотация. Работа посвящена изучению спектров поглощения и магнитного кругового дихроизма (МКД) кристалла $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$. С помощью спектров поглощения и МКД определены и проанализированы температурные зависимости парамагнитной магнитооптической активности $f-f$ переходов в гольмии.

Ключевые слова: ионы Ho^{3+} , $f-f$ переходы, магнитный круговой дихроизм.

Magnetic circular dichroism and absorption of $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$ crystal in the region of $f-f$ transitions**Sokolov V.V.**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher, Kirensky Institute of Physics, Federal Research Center KSC SB RAS

Malakhovskii A.V.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Kirensky Institute of Physics, Federal Research Center KSC SB RAS

Karimov D.N.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Research Centre «Crystallography and Photonics» of Russian Academy of Sciences

Annotation. The work is devoted to study of absorption and magnetic circular dichroism (MCD) spectra of $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$ crystal. Temperature dependencies of paramagnetic magneto-optical activity of $f-f$ transitions in holmium were determined and analyzed using absorption spectra and MCD.

Keywords: Ho^{3+} ions, $f-f$ transitions, magnetic circular dichroism.

В данной работе измерены спектры оптического поглощения и магнитного кругового дихроизма (МКД) кристалла $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$ в области $f-f$ переходов ${}^5I_8 \rightarrow {}^5F_3$, 5F_2 , 3K_8 и 5G_5 в ионе гольмия в интервале температур 3.6 – 90 К (пример при 5 К представлен на рис.1).

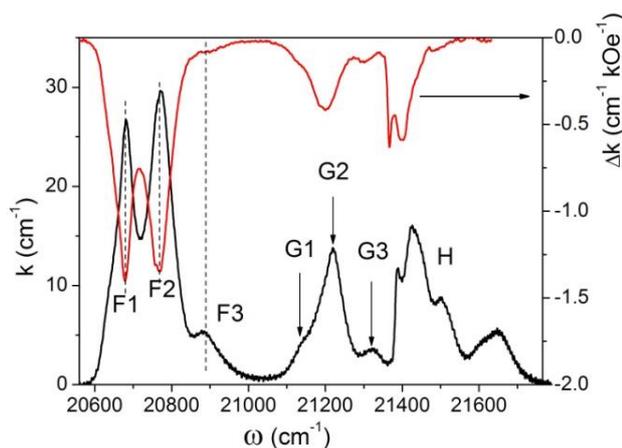


Рис.1. Спектры поглощения (k) и МКД (Δk) кристалла $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$ при 5 К в области переходов ${}^5I_8 \rightarrow {}^5F_3$, 5F_2 , 3K_8 (полосы F, G и H).

Таблица 1. Правила отбора для электродипольных переходов в симметрии C_{4v} .

	A_1	A_2	B_1	B_2	E
A_1	π	0	0	0	σ
A_2	0	π	0	0	σ
B_1	0	0	π	0	σ
B_2	0	0	0	π	σ
E	σ	σ	σ	σ	π

При переходе от свободного атома к октаэдру и далее к симметрии C_{4v} возбужденные состояния иона Ho^{3+} преобразуются следующим образом [1]:

$$\text{F-band: } {}^5F_3 (J=3) \rightarrow T_1 + T_2 + A_2 \rightarrow A_2 + B_1 + B_2 + 2E. \quad (1)$$

$$\text{G-band: } {}^5F_2 (J=2) \rightarrow E + T_2 \rightarrow A_1 + B_1 + B_2 + E. \quad (2)$$

$$\text{H-band: } {}^3K_8 (J=8) \rightarrow A_1 + 2E + 2T_1 + 2T_2 \rightarrow A_1 + 4B_1 + 4B_2 + 4E. \quad (3)$$

$$\text{J-band: } {}^5G_5 (J=5) \rightarrow E + 2T_1 + T_2 \rightarrow A_1 + 2A_2 + B_1 + B_2 + 3E. \quad (4)$$

Согласно правилам отбора табл. 1 и разложений (1, 2 и 4), при низких температурах полосы F и G должны содержать три, а полоса J — пять σ -поляризованных линий при переходах из E-состояния в синглеты, и эти линии должны проявляться в МКД. Эти линии действительно проявляются в полосах F, G и J (рис. 1). π -поляризованные линии не наблюдаются, хотя они могли бы присутствовать в спектрах из-за случайной ориентации кластеров гольмия. В полосе H аналогичного расщепления согласно (3) для переходов в синглеты не наблюдается. По-видимому, это следствие пространственной неоднородности кристалла.

При рассмотрении спектров МКД обнаружено, что при низких температурах спектр МКД имеет парамагнитный вид и практически совпадает со спектром поглощения (рис. 1), а при более высоких температурах начинает преобладать диамагнитный спектр. При 90 К (и выше) МКД переходов F1 и F2 из основного состояния сохраняет парамагнитную форму. Отсутствие диамагнитной составляющей в спектре МКД переходов F1 и F2 из основного

состояния можно объяснить пространственной интеграцией спектра МКД из-за пространственной неоднородности кристалла.

Интегральная по полосе поглощения парамагнитная магнитооптическая активность (МОА) описывается уравнением:

$$c = \frac{\langle \Delta k(\omega) \rangle_0}{\langle k(\omega) \rangle_0} = C \frac{\mu_B H}{k_B (T - \theta)} \quad (5)$$

Нулевые моменты полос поглощения и МКД и соответствующий параметр «с», представленные в (5), были получены в функции от температуры. Постоянная Кюри-Вейсса кристалла $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$ $\theta = -11$ К была определена из магнитных измерений [2]. Затем по уравнению (5) находили параметр «С» полос поглощения в функции от температуры (рис. 2). Безразмерный параметр «С» МОА в (3) не должен зависеть от температуры, если МОА перехода следует (5).

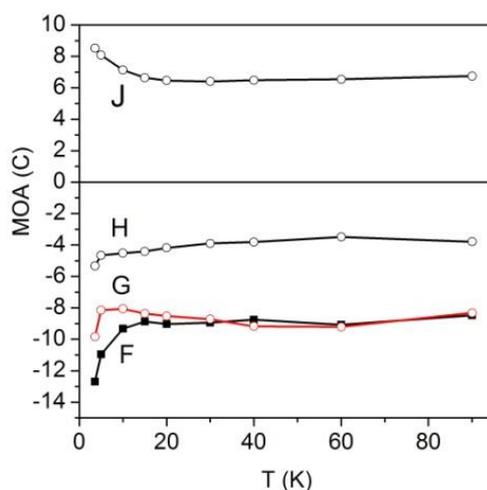


Рис.2. Интегральная магнитооптическая активность полос поглощения кристалла $\text{Na}_{0.4}\text{Ho}_{0.6}\text{F}_{2.2}$

На Рис. 2 наблюдается аномальное поведение МОА полос поглощения при температурах ниже 10 К: они увеличиваются по абсолютной величине с понижением температуры. При этом интенсивность полос поглощения уменьшается с понижением температуры. Это возможно, если наблюдаемые переходы происходят не с самого нижнего уровня, а переходы с самого нижнего уровня являются слабыми. В то же время, чтобы результирующая МОА росла, МОА переходов с нижнего уровня должна быть больше, чем у основных наблюдаемых переходов. Было определено, что этому условию удовлетворяет квазидублет $M_J = \pm 8$.

Список использованной литературы:

1. El'yashevitch M.A., Spectra of rare earths, Moscow, GIT-TL, 1953 (in Russian).
2. Bohigas X., Lluma J., Tejada J., Krivandina E. A., and Sobolev B. P., Magnetic Susceptibility of Sodium Rare-Earth Fluorites $\text{Na}_{0.5-x}\text{R}_{0.5+x}\text{F}_{2+2x}$ ($R = \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}, \text{Tm}, \text{Yb}$) and Some Ordered Phases // Crystallography Reports. –2001. – №46. – С. 483–487.