

УДК 537.622.5:535.56:548.713

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Академик АН БССР Н. Н. СИРОТА, И. Д. ЛОМАКО,
В. М. ЛОМАКО

ВРАЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ В НЕКОТОРЫХ ОРТОФЕРРИТАХ САМАРИЙ-ТЕРБИЕВОЙ СИСТЕМЫ

В данной работе приводятся результаты исследования вращения плоскости поляризации линейно поляризованного света при прохождении его через пластинки ортоферритов системы $\text{Sm}_x\text{Tb}_{1-x}\text{FeO}_3$ ($x=0; 0,2; 0,55$) в зависимости от направления в кристалле электрического вектора падающего луча.

Впервые исследовавший редкоземельные ортоферриты С. Геллер ⁽¹⁾ установил их ромбическую симметрию: для части — голоэдрическую группу $D_{2h}^{16} = Pnma$, для большинства же — гемиедрическую $C_{2v}^{22} = Pn2a$, которая допускает вращение плоскости поляризации. При прохождении линейно поляризованного света через пластинку двупреломляющего кристалла ортоферрита вращение плоскости поляризации имеет место только при совпадении направления распространения лучей с оптическими осями ^(2, 3). По направлениям, не совпадающим с направлением оптической оси, возникает эллиптическая поляризация лучей, распространяющихся внутри кристалла. В ортоферритах вращение плоскости поляризации налагается на эллиптическое двоякопреломление и может рассматриваться как небольшое возмущение последнего.

Кристаллы ортоферритов исследуемой квазибинарной системы выращивались из раствора в расплаве по ранее описанной методике ⁽⁴⁾. Кристаллы обычно росли в виде прямоугольных параллелепипедов. Для оптических исследований выбирались сравнительно крупные кристаллы с достаточно совершенной естественной огранкой. Пластинки толщиной 50—180 мкм изготавливались параллельно плоскости (110) или (001). Ориентация пластинок проводилась рентгенографически по положению рефлексов на эпиграмме. Эпиграммы получены на аппарате УРС-60 в Fe K-излучении с использованием камеры КРОС-1; расстояние от кассеты до образца составляло 40 мм.

На рис. 1 приведена типичная эпиграмма для состава TbFeO_3 . Согласно ранее проведенным исследованиям ⁽⁵⁾, параметры решетки изменяются в системе $\text{Sm}_x\text{Tb}_{1-x}\text{FeO}_3$ практически линейно от $a=5,399$ Å и $c=7,709$ Å для SmFeO_3 до $a=5,326$ Å и $c=7,633$ Å для TbFeO_3 ; параметр b остается почти неизменным.

Приведенная эпиграмма для ортоферрита TbFeO_3 свидетельствует, что ориентация плоскости пластинок соответствует плоскости (001). В TbFeO_3 ось слабого ферромагнетизма при комнатной температуре совпадает с кристаллографической осью [001], а в SmFeO_3 она направлена вдоль [100].

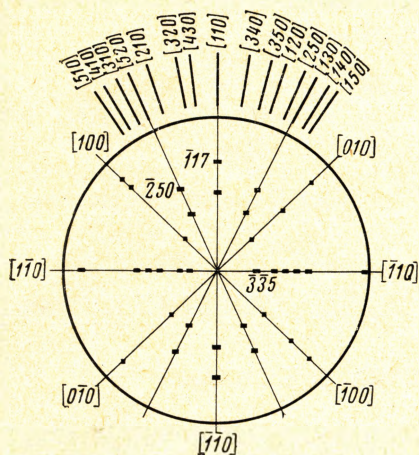


Рис. 1. Эпиграмма TbFeO_3 , плоскость (001)

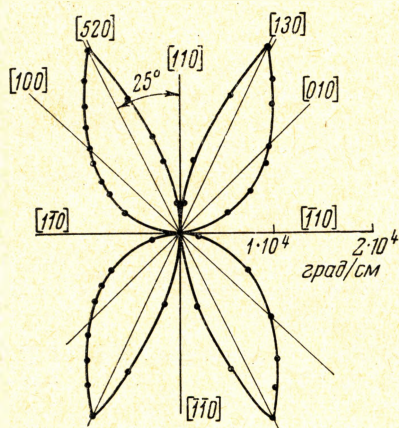


Рис. 2. Угловая зависимость вращения плоскости поляризации TbFeO_3 , плоскость (001)

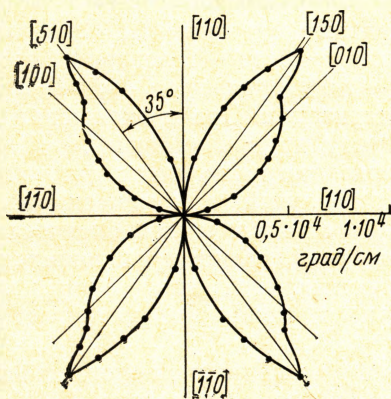


Рис. 3. Угловая зависимость вращения плоскости поляризации $\text{Tb}_{0,8}\text{Sm}_{0,2}\text{FeO}_3$, плоскость (001)

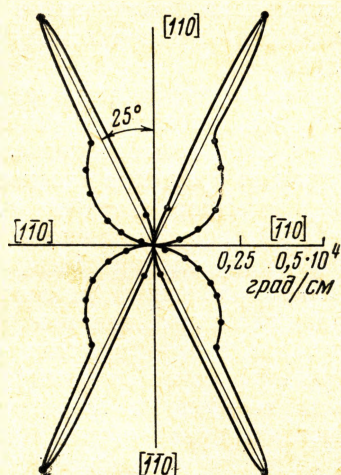


Рис. 4. Угловая зависимость вращения плоскости поляризации $\text{Tb}_{0,45}\text{Sm}_{0,55}\text{FeO}_3$, плоскость (001)

На рис. 1 рефлексy, соответствующие отражающим плоскостям, изображены пятнами, прямые линии совпадают с кристаллографическими направлениями, рассчитанными по углам, сторонами которых являются две отражающие плоскости. Угловые зависимости вращения плоскости поляризации измерялись путем вращения образцов в плоскости, перпендикулярной направлению распространения света. Источником света служил гелий-неоновый лазер с $\lambda=0,63$ мкм. Длина волны излучения лазера ЛГ-36 практически совпадает с линией поглощения в спектре исследуемых кристаллов ⁽⁶⁾, обусловленной электронными переходами в октаэдрических позициях на возбужденные уровни терма ⁴G. Коэффициенты поглощения исследуемых образцов составляли 150—200 см⁻¹ при $\lambda=0,63$ мкм. От лазера луч проходит через поляризатор, прерывается механическим

модулятором и падает на образец, укрепленный в держателе, ось вращения которого совпадает с оптической осью установки. Вышедший из образца луч проходит через анализатор и принимается кремниевым фотодиодом. Сигнал от фотодиода усиливается узкополосным усилителем У2-6 и подается на синхронный детектор СД-1. Звуковой генератор обеспечивает возбуждение модулятора и выдает опорный сигнал на синхродетектор. Держатели образца и анализатора снабжены лимбами, позволяющими измерять углы поворота анализатора с точностью до 1° .

Для каждого направления электрического вектора поляризованного падающего луча отсчет угла вращения плоскости поляризации кристалла осуществлялся методом компенсации до минимального значения сигнала на выходе синхродетектора.

Направление электрического вектора падающего поляризованного луча изменяется поворотом кристалла на угол φ . При измерениях отсчет угла φ при повороте кристалла производился против часовой стрелки от направления 110 в плоскости (001).

Рис. 2, 3 и 4 демонстрируют анизотропию угла вращения плоскости поляризации для феррита TbFeO_3 и твердых растворов $\text{Tb}_{0,8}\text{Sm}_{0,2}\text{FeO}_3$ и $\text{Tb}_{0,46}\text{Sm}_{0,55}\text{FeO}_3$. Как указано на рис. 2, ось симметрии, соответствующая наименьшему (нулевому) углу вращения, совпадает с кристаллографическим направлением [110], а максимум угла вращения, отстоящий от этой оси на угол 25° , совпадает с кристаллографическими направлениями [520] и [130]. Для TbFeO_3 угол между максимальными значениями составляет примерно $50\text{--}52^\circ$. Характер анизотропии угла вращения плоскости поляризации кристалла $\text{Tb}_{0,8}\text{Sm}_{0,2}\text{FeO}_3$ аналогичен наблюдаемому у кристалла TbFeO_3 : минимум угла вращения совпадает с осью [110], а максимум с направлением [520], отстоящим от [110] на 25° . У образца $\text{Tb}_{0,46}\text{Sm}_{0,55}\text{FeO}_3$ максимальное вращение плоскости поляризации совпадает с кристаллографическим направлением [510] и составляет с осью симметрии угол, близкий 35° . При увеличении содержания феррита самария в твердых растворах $\text{Sm}_x\text{Tb}_{1-x}\text{FeO}_3$ до $x=0,55$ максимум угла вращения смещается от направления [520] к направлению [510], а угол между максимальными значениями составляет 70° . Как следует из сопоставления эпиграмм (рис. 1) с полярными диаграммами углов вращения плоскости поляризации, кристаллографическое направление, соответствующее оси второго порядка, является биссектрисой угла оптических осей в кристаллах ромбической системы. В соответствии с кристаллографической симметрией обе оптические оси ортоферритов эквивалентны друг другу и, следовательно, величины углов вращения по этим направлениям равны.

Определенная нами величина удельного вращения для TbFeO_3 составляет $2,2 \cdot 10^4$ град/см и превышает значение, сообщенное в (7), — $5,1 \cdot 10^3$ град/см.

Впервые построенные нами полярные диаграммы вращения углов плоскости поляризации в ортоферритах системы $\text{Sm}_x\text{Tb}_{1-x}\text{FeO}_3$ позволяют уточнить кристаллографические особенности магнитооптической анизотропии и указать направления, отвечающие максимумам эффекта. Как следует из приведенных диаграмм, направления, отвечающие максимумам величины углов вращения плоскости поляризации, находятся в полном кристаллографическом соответствии со структурой исследуемых ортоферритов.

Отсутствие достаточно строгой теории для кристаллов ромбической системы (существует теория для кристаллов кубической системы (^{8,9})) и необходимых данных о величинах главных показателей преломления затрудняет проведение количественных расчетов. Обращают на себя внимание высокие абсолютные величины вращения плоскости поляризации,

наблюдаемые на исследованных образцах ортоферритов. В частности, для $Tb_{0,45}Sm_{0,55}FeO_3$ максимальная величина вращения плоскости поляризации составляет величину порядка $1 \cdot 10^4$ град/см.

Институт физики твердого тела и полупроводников
Академии наук БССР
Минск

Поступило
5 I 1976

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ S. Geller, E. A. Wood, Acta Cryst., v. 9, 563 (1956). ² М. В. Четкин, Ю. И. Щербаков, ФТТ, т. 11, 1620 (1969). ³ А. В. Шубников, Основы оптической кристаллографии, М., 1958. ⁴ И. Д. Ломако, А. П. Гесь, в сб.: Кинетика и механизм кристаллизации, Минск, 1973, стр. 252. ⁵ Н. Н. Сирота, И. Д. Ломако, ДАН БССР, т. 18, № 9, 788 (1974). ⁶ Н. Н. Сирота, И. Д. Ломако, Изв. АН БССР, № 1, 1976. ⁷ W. J. Tabor, A. W. Anderson, L. G. Van Uitert, J. Appl. Phys., v. 41, N 7, 3018 (1970). ⁸ Р. В. Писарев, ЖЭТФ, т. 58, в. 4, 1421 (1970). ⁹ А. Ф. Константинова, Н. Р. Иванов, Кристаллография, т. 14, 283 (1969).