

ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО И ДЕФОРМАЦИОННОГО ВКЛАДОВ В ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ В СЛАБОФЕРРОМАГНИТНОЙ ФАЗЕ ГЕМАТИТА ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)

В. С. Меркулов, Е. П. Рудашевский, А. Ле Галль¹⁾

Экспериментально показано, что 98% всего двулучепреломления в $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при распространении света вдоль оси C_3 обусловлено анизотропией поляризуемости, связанной с намагниченностями подрешеток и их ориентацией относительно кристаллографических осей.

Несмотря на то, что в последнее время исследовалось двулучепреломление в ряде антиферромагнетиков [1, 2], прямое доказательство доминирующего вклада в двулучепреломление от спиновой подсистемы, по сравнению с вкладом вследствие магнитострикции решетки, отсутствовало.

Для экспериментального исследования этого вопроса был выбран монокристалл гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, кристаллографическая структура D_{3d}^6), в котором исследовалось распространение света вдоль главного кристаллографического направления ($k \parallel C_3$). Измерения проводились при комнатной температуре в слабоферромагнитной фазе гематита.

Схема эксперимента изображена на рис. 1. Образец 3, представляющий собой пластинку $2,35 \times 2,33 \times 0,30$ мм³, закреплялся в микропрессе 8, позволявшем прилагать растягивающие механические напряжения $p \perp k$. Внешнее магнитное поле H было ориентировано так, что $H \perp p$, $H \perp k$.

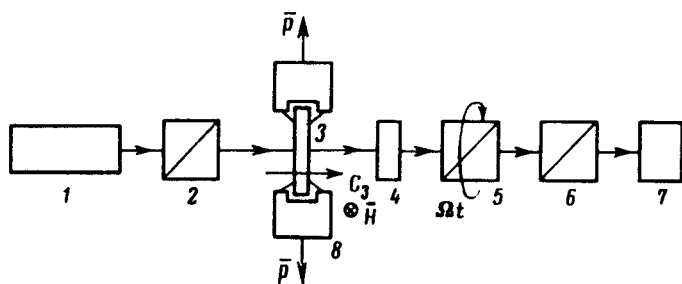


Рис. 1. Схема установки для измерения двулучепреломления

¹⁾ Лаборатория магнетизма и оптики твердого тела СНРС, Белльвю, Франция.

Источником излучения служил гелий-неоновый лазер $1. (\lambda = 1,15 \text{ мк})$. В качестве поляризатора 2 и анализатора 6 использовались призмы Глана — Томпсона. На образец падало излучение, поляризованное под углом 45° к H и p . За образцом помещалась слюдяная пластинка $\lambda/4$, главные оси которой составляли угол 45° с H . Модуляция светового потока осуществлялась вращающейся призмой Глана — Томпсона 5 . Интенсивность излучения, попадающего на фотоприемник 7 , имеет следующий вид:

$$I \sim I_0 [1 + \cos(2A - (\pi/2) - 2\Omega t)] [1 + \sin(2\Omega t - \alpha)],$$

где I_0 — интенсивность излучения лазера, A — угол поворота анализатора от положения, скрещенного с поляризатором, α — сдвиг фаз между E_x и E_y компонентами излучения, прошедшего через образец, Ω — частота вращения призмы Глана — Томпсона. I содержит постоянные члены и члены с частотами 2Ω и 4Ω .

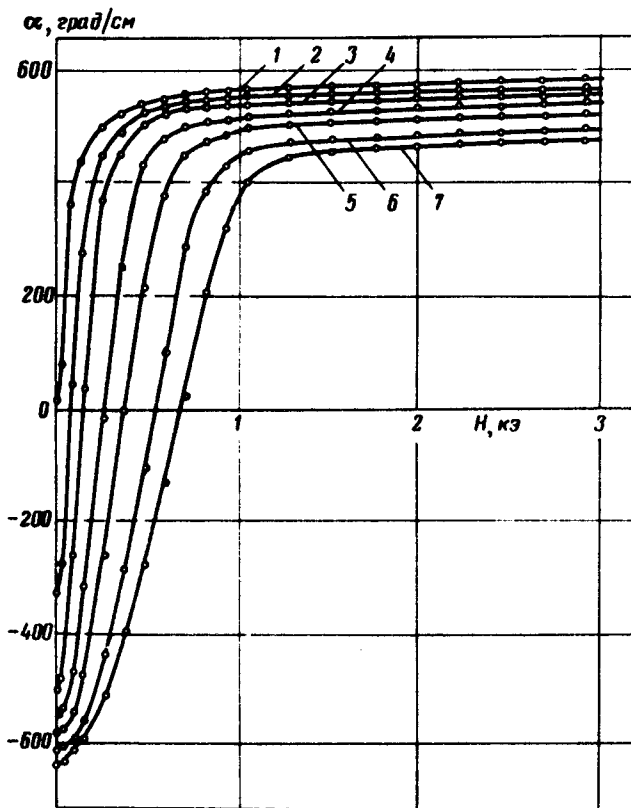


Рис. 2. Зависимость сдвига фаз α между компонентами E_x и E_y прошедшего света как функция магнитного поля H при различных растягивающих напряжениях p : кривая 1. — $p = 4,2 \text{ бар}$, 2. — $19,8 \text{ бар}$, 3. — $33,4 \text{ бар}$, 4. — $54,4 \text{ бар}$, 5. — $81,9 \text{ бар}$, 6. — $109,3 \text{ бар}$, 7. — $133,5 \text{ бар}$.

В эксперименте измерялась амплитуда второй гармоники:

$$I(2\Omega) \sim I_0 \sin(A - (\alpha/2)).$$

При $A_0 = \alpha/2$, $I(2\Omega) = 0$. Преимущество методики с использованием вращающейся призмы Глана — Томпсона заключается в том, что при

малых отклонениях Δ от A_0 $I(2\Omega) \sim A - A_0$, тогда как при обычной модуляции с помощью прерывателя $I(\Omega) \sim (A - A_0)^2$.

Результаты измерения приведены на рис. 2. При давлении $p_1 = 4,2 \text{ бар}$: (минимальная нагрузка, соответствующая весу держателя образца) двулучепреломление резко возрастает при увеличении магнитного поля, а при $H > 1 \text{ кэ}$ остается практически неизменным, что соответствует переходу гематита из многодоменного состояния в однодоменное по вектору слабоферромагнитного момента m . В постоянных магнитных полях $H > 2 \text{ кэ}$ при увеличении механического напряжения двулучепреломление линейно уменьшалось. При наложении давления $p_2 = 3 \text{ бар}$, компенсирующего спонтанную магнитострикцию решетки [3, 4], происходит уменьшение двулучепреломления на величину $\alpha_2 = 12 \text{ град/см}$, что составляет около 2% от всего эффекта двулучепреломления.

Из графика видно, что при уменьшении магнитного поля при фиксированной нагрузке происходит изменение знака α . При $H = 0$ величина $|\alpha|$ близка по величине к значению $|\alpha|$ при $H > 2 \text{ кэ}$. Это говорит о том, что происходит поворот вектора антиферромагнетизма l из состояния $l \perp H$ в состояние $l \perp p$.

Таким образом, можно сделать заключение, что в слабоферромагнитной фазе гематита двулучепреломление в основном обусловлено магнитной подсистемой и связано с ориентацией вектора антиферромагнетизма l .

В заключение авторы выражают глубокую благодарность академику А.М.Прохорову за поддержку и обсуждение работы.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20 июня 1975 г.

Литература

- [1] А.С.Боровик-Романов, Н.М.Крейнес, М.А.Талалаев, А.А.Панков. ЖЭТФ, 64, 1762, 1973; ЖЭТФ, 66, 782, 1974.
- [2] Р.В.Писарев, И.Г.Синий, Г.А.Смоленский. Письма в ЖЭТФ, 9, 112, 1969.
- [3] Н.М.А.Угрюхарт, J.E.Goldman. Phys. Rev., 101, 1443, 1956.
- [4] Р.З.Левитян, А.С.Пахомов, В.А.Щуров. ЖЭТФ, 56, 1242, 1969.