

ПРЯМОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ФОТОНАМАГНИЧИВАНИЯ ФЕРРОМАГНЕТИКА CdCr₂Se₄ ЦИРКУЛЯРНО-ПОЛЯРИЗОВАННЫМ СВЕТОМ

Г.М.Генкин, Ю.Н.Ноздрин, И.Д.Токман, В.Н.Шагин

Обнаружен эффект фотонамагничивания ΔM многодоменного кристалла Cd_{1-x}Ag_xCr₂Se₄ ($x = 0,02\%$) при $T = 7\text{ К}$ циркулярно-поляризованным светом лазера ($\lambda = 1,06\text{ мк}$, мощность $P \leq 10\text{ Вт/см}^2$). Измерены зависимости ΔM от поляризации и мощности света, от магнитного поля H_0 . Величина ΔM максимальна для круговой поляризации света, при смене направления вращения поляризации ΔM меняет знак, для линейной поляризации $\Delta M = 0$. Во внешних магнитных полях, близких к насыщению, $\Delta M = 0$. Результаты объясняются механизмом перестройки доменной структуры.

Известно, что оптическое излучение может приводить к изменению магнитных свойств магнетиков. Под действием поляризованного света изменяется динамическая магнитная проницаемость и форма петли гистерезиса — фотоферромагнитный эффект в ферромагнитном полупроводнике CdCr₂Se₄¹⁻³. Циркулярно-поляризованный же свет может приводить к намагничиванию ферромагнетика⁴⁻⁶. Следует подчеркнуть, что фотонамагничивание имеет место, когда ферромагнетик находится в размагниченном (многодоменном) состоянии. В экспериментах на EuS^{4,5} фотонамагничивание циркулярно-поляризованным светом обнаружилось косвенным методом — по изменению циркулярного дихроизма под действием света.

В настоящем сообщении приводятся результаты прямого наблюдения фотонамагничивания циркулярно-поляризованным светом кристалла Cd_{1-x}Ag_xCr₂Se₄ ($x = 0,02\%$). Линейно-поляризованное, амплитудно-модулированное излучение лазера ($\lambda = 1,06\text{ мк}$, мощностью $P \leq 10\text{ Вт/см}^2$) проходило через кварцевый компенсатор Бабинне, который позволял менять поляризацию света, и падало на образец нормально плоскости (101). Вокруг образца размерами $0,35 \times 1,5 \times 1,5\text{ мм}^3$ в плоскости максимального сечения была намотана катушка, с которой снималась ЭДС, наводимая изменяющимся, вследствие модуляции мощности света, магнитным потоком. Частота модуляции мощности света изменялась в диапазоне $0,8 - 2,5\text{ кГц}$. При приеме сигнала использовался метод синхронного детектирования.

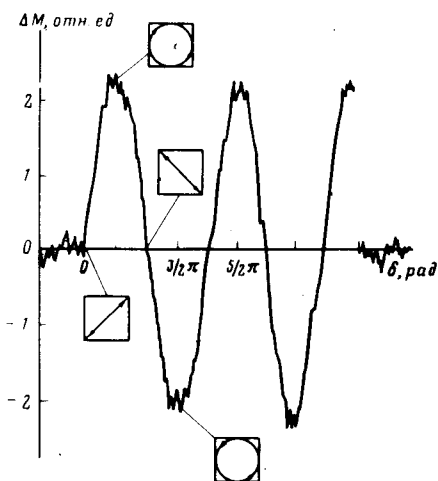


Рис.1. Зависимость величины фотонамагниченности ΔM от поляризации излучения $\lambda = 1,06$ мк при $H_0 = 0$. δ — разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами компенсатора Бабине. В квадратах указана поляризация света

На рис.1 приведена зависимость фотонамагниченности от поляризации света в нулевом внешнем магнитном поле. Из рисунка видно, что величина фотонамагниченности и ее знак зависят от поляризации света. Для круговой поляризации величина намагниченности максимальна (ЭДС равна 10^8 В/виток при $P \approx 10$ Вт/см², что соответствует фотонамагниченности порядка $10^1 \div 10^2$ Гс), при смене направления вращения поляризации она меняет знак. Для линейно-поляризованного света фотонамагниченность отсутствует. Зависимость величины фотонамагничивания от мощности циркулярно-поляризованного света приведена на рис.2.

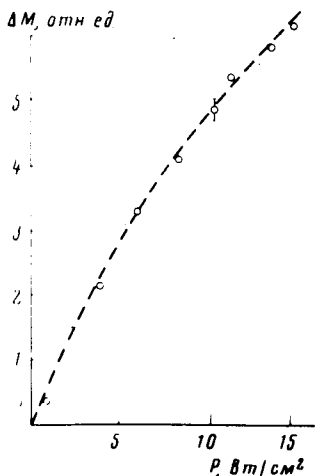


Рис. 2

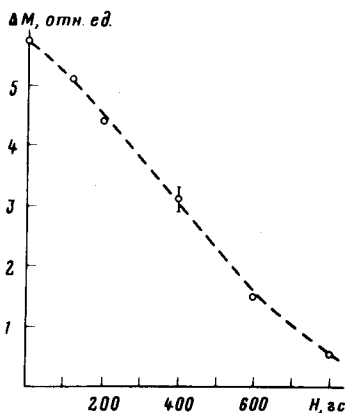


Рис. 3

Рис.2. Зависимость величины фотонамагниченности ΔM от мощности P циркулярно-поляризованного света при $H_0 = 0$

Рис.3. Зависимость величины фотонамагниченности от внешнего (поперечного по отношению к лучу света) магнитного поля H_0

Эта зависимость близка к линейной. Было проведено исследование влияния внешнего магнитного поля на эффект. Зависимость фотонамагничивания для циркулярно-поляризованного света от поперечного (по отношению к лучу лазера) внешнего магнитного поля H_0 приве-

дена на рис.3. Видно, что величина фотонамагниченности с ростом H_0 уменьшается и стремится к нулю в полях, близких к полям насыщения¹⁾. При увеличении частоты модуляции света от 0,8 до 2,5 кГц величина ЭДС увеличивалась линейно с частотой.

Перейдем к обсуждению полученных результатов. В отсутствие внешнего магнитного поля ферромагнетик имеет доменную структуру с нулевой полной намагниченностью. Так как в кристалле $CdCr_2Se_4$ в области собственного поглощения на длине волны $\lambda = 1,06$ мк имеется круговой дихроизм⁷, то при освещении циркулярно-поляризованным светом этой длины волны, в доменах, с противоположно ориентированным направлением намагниченности, создается различная концентрация фотоэлектронов и в результате эффективная константа обменного взаимодействия оказывается различной. Это должно приводить⁶ к фотонамагничиванию кристалла за счет увеличения объема одних и уменьшения объема других доменов. При смене направления вращения поляризации света перестройка доменной структуры происходит в противоположную сторону (домены, которые ранее увеличивались, уменьшаются, и наоборот). Тем самым фотонамагниченность меняет направление. Для линейной поляризации света коэффициент поглощения одинаков в доменах с противоположно направленными векторами намагниченности и поэтому фотонамагниченность отсутствует. Тем самым зависимость эффекта от поляризации света находит объяснение. В этой же модели понятна и зависимость эффекта от внешнего магнитного поля – в полях насыщения доменная структура отсутствует и поэтому фотонамагничивание не имеет места. Зависимость эффекта от мощности света P также соответствует предлагаемой интерпретации – по⁶ фотонамагничивание ΔM пропорционально P . Линейность зависимости ЭДС от частоты модуляции мощности света говорит о малости времен фотонамагничивания ($\tau_{\text{фн}} < 10^{-8}$ сек).

Отметим, что наблюдаемый эффект, наряду с исследованием самого механизма фотонамагничивания, может быть использован для исследования лазерного излучения (поляризации, интенсивности).

В заключение авторы выражают благодарность Т.Г.Аминову и В.Т.Калинникову за любезно предоставленные кристаллы и О.Ф.Гришину за их обработку.

Литература

1. Lems W., Rijnierse P.J., Bongers P.F., Enz V. Phys. Rev. Lett., 1968, 21, 1643.
2. Веселаго В.Г., Вигелева Е.С., Виногорова Г.И., Калинин В.Т., Махоткин В.Е. Письма в ЖЭТФ, 1972, 15, 316.
3. Анзина Л.В., Веселаго В.Г., Рудов С.Г. Письма в ЖЭТФ, 1976, 23, 520.
4. Афанасьев М.М., Захарченя Б.П., Компан М.Е., Флейшер В.Г., Шульман С.Г. Письма в ЖЭТФ, 1975, 21, 486.
5. Афанасьев М.М., Компан М.Е., Меркулов И.А. ЖЭТФ, 1976, 71, 2068.
6. Генкин Г.М., Токман И.Д. Письма в ЖЭТФ, 1981, 33, 119.
7. Голик Л.Л., Кунькова З.Э., Аминов Т.Г., Калинин В.Т. ФТТ, 1980, 22, 877.

¹⁾ Величина поля насыщения $H_0^{\text{нас}}$ экспериментально определялась нами для данного образца.