

РАССЕЯНИЕ СВЕТА НА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СПИНОВЫХ ВОЛНАХ
В $Y_3Fe_5O_{12}$ ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ НАКАЧКЕ

В.Н.Веницкий, В.В.Еременко, Э.В. Матюшкин

Экспериментально обнаружено неупругое рассеяние света на параметрических спиновых волнах с $k \neq 0$ в $Y_3Fe_5O_{12}$ при возбуждении нелинейного ферромагнитного резонанса (НФМР) методом продольной накачки. В спектре рассеянного света содержатся сателлиты, частоты которых отличаются от частоты падающего света ($\lambda = 0,63$ мкм) на величину $\nu/2$ (ν — частота СВЧ поля накачки).

Исследованию магнитных возбуждений в кристаллах при параллельной накачке ($\mathbf{h}_\omega \parallel \mathbf{H}$) оптическими методами посвящено сравнительно мало работ [1 — 4]. Суть этих работ состояла в том, что с помощью магнитооптических эффектов Фарадея (ЭФ) [1 — 3] и Коттона — Мутона (ЭКМ) [4] регистрировалось изменение компоненты намагниченности кристалла, параллельной внешнему постоянному магнитному полю (z -компоненты) при возбуждении нелинейного ферромагнитного резонанса (НФМР).

Однако, величина z -компоненты намагниченности даёт информацию лишь об общем числе возбужденных магнонов (параметрических, промежуточных и тепловых). На вопрос о том, какие же магноны рождаются при НФМР, можно ответить путем исследования неупругого рассеяния света на спиновых волнах. Единственное, известное нам, исследование подобного рода проведено для случая поперечной накачки в антиферромагнитном $CoCO_3$, где было обнаружено усиление тепловых магнонов с частотой, равной половине частоты накачки [5].

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования рассеяния света ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$) на параметрических спиновых волнах в тонкой пластинке $Y_3Fe_5O_{12}$ (толщиной 25 мкм), намагниченной в плоскости, при продольной накачке. Все измерения проведены при фиксированной мощности СВЧ поля ($\Lambda \approx 3$ см), величина которой в 16 раз превышала минимальный пороговый уровень. При меньших уровнях мощности накачки уверенно зарегистрировать процесс рассеяния не удалось. Температура образца — комнатная. Чтобы избежать сильного нагрева кристалла, СВЧ мощность модулировалась прямоугольными импульсами длительностью 4 мксек, следующими с частотой 500 иц.

Схема экспериментальной установки, в основном, сходна со схемой, подробно описанной в [6]. Однако, последняя подвергалась некоторой модернизации, состоящей в следующем: 1) расширен диапазон регистрируемых углов рассеяния (от нуля до 15°), 2) для повышения абсолютной чувствительности фотоприемного тракта, наряду со схемой, позволяющей регистрировать импульсную составляющую модуляции интенсивности света, введена схема селективного счета фотонов.

Проведены измерения двух типов.

1. Исследовалась импульсная составляющая интенсивности рассеянного света на выходе анализатора, скрещенного с поляризатором.

при этом свет, падающий на образец, поляризован перпендикулярно постоянному магнитному полю. Чтобы исключить маскировку слабого эффекта рассеяния более сильным (даже при оптимальной поляризации падающего света) эффектом магнитного двупреломления, центральный пучок проходящего света перекрывался диафрагмой. Наличие этой диафрагмы и размеры входного отверстия объектива ограничивали область значений волнового вектора квазичастиц, на которых регистрировалось рассеяние, диапазоном $5 \cdot 10^2 < k < 2,6 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$.

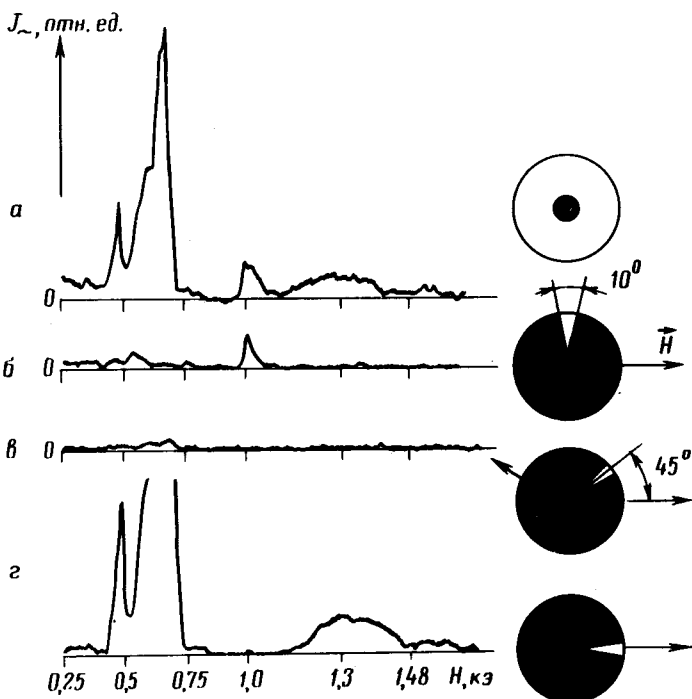


Рис. 1. Распределение импульсной составляющей интенсивности рассеяния в плоскости, перпендикулярной падающему на образец лучу света. В случае (а) чувствительность фотоприемника вдвое меньше, чем в случаях (б - в)

На рис. 1, а приведена экспериментальная зависимость величины импульсного оптического сигнала от напряженности постоянного магнитного поля при наличии только центральной диафрагмы. На этой зависимости четко виден ряд максимумов. Прежде всего обратим внимание на максимум при $H \approx 1000 \text{ э}$. Нетрудно убедиться в том, что это значение поля близко к значению критического поля $H_{\text{сн}} = 993 \text{ э}$ для образца данной формы и известной частоты накачки $\nu = 9250 \text{ Мгц}$. Именно при $H \rightarrow H_{\text{сн}}$ ожидается рождение параметрических магнонов с $k \rightarrow 0$ и $\theta_k = 90^\circ$ (θ_k — угол между направлениями \mathbf{k} и \mathbf{H}) [7], рассеяние на которых мы можем регистрировать.

С целью измерения углов θ_k квазичастиц, рассеяние на которых мы наблюдаем, использовалась секторная диафрагма, рис. 1 (б, в, г). Составляя полевые зависимости оптического сигнала при различных

ориентациях прозрачного сектора относительно направления \mathbf{H} , можно сделать следующие заключения: 1) при $H \approx H_{\text{сн}}$ возбуждаются, в основном, квазичастицы с $\mathbf{k} \perp \mathbf{H}$, т. е. с $\theta_k = 90^\circ$; 2) в интервалах полей $440 < H < 800$ э и $1170 < H < 1410$ э рассеяние света обусловлено квазичастицами с θ_k близкими к нулю. Более подробные измерения показали, что в малых полях $-30^\circ < \theta_k < 30^\circ$, максимальный же сигнал — при $\theta_k = 0$.

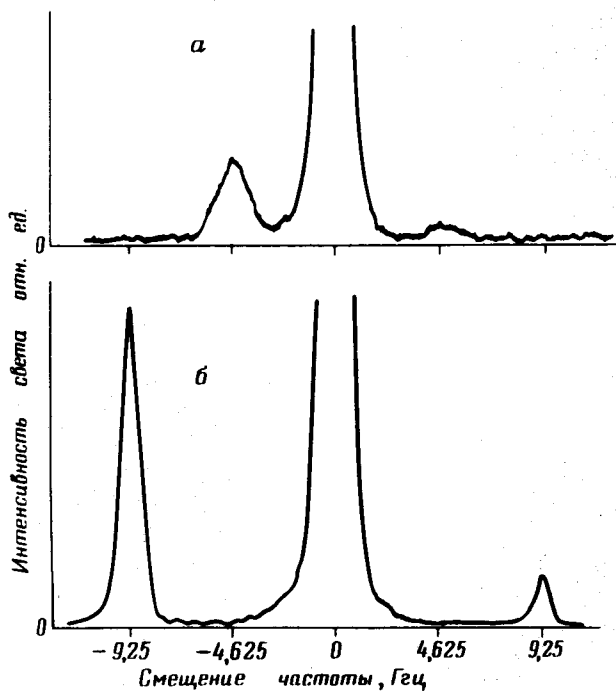


Рис. 2. Спектры рассеянного света: (а) — при продольной накачке ($\mathbf{h} \parallel \mathbf{H}$), $H \approx H_{\text{сн}}$; положение секторной диафрагмы соответствует рис. 1, б; (б) — при поперечной накачке ($\mathbf{h} \perp \mathbf{H}$). Спектры получены методом селективного счета фотонов

П. С помощью сканируемого интерферометра Фабри — Перо исследован спектр рассеянного света. На рис. 2, а представлена экспериментальная интерферограмма света, рассеянного при $H \approx H_{\text{сн}}$. Зарегистрированный спектр содержит спутник, частота которого отличается от частоты падающего света на половину частоты СВЧ поля. Второй спутник виден гораздо хуже. Наблюдаемая асимметрия спутников по интенсивности обусловлена вкладом ЭКМ [8]. Для сравнения, на рис. 2, б показан спектр света на выходе анализатора при возбуждении в кристалле однородной прецессии намагниченности с частотой накачки ($\mathbf{h} \perp \mathbf{H}$). В спектре рассеянного света в полях $H \neq H_{\text{сн}}$ спутники обнаружены не были, это свидетельствует о том, что частота рассеянного света близка к частоте падающего света (либо совпадает с последней).

Исходя из результатов описанных экспериментов, можно сделать следующие выводы: 1. Наличие смещенной частоты в спектре рассеянного света, изменение углового параметра θ_k и вид полевой зависимости интенсивности рассеянного света в области полей, близких к $H_{\text{сн}}$, позволяют утверждать, что нами обнаружено неупругое рассеяние света на параметрических спиновых волнах с частотой $\nu/2$, $\theta_k = 90^\circ$ и

волновыми векторами в интервале $5 \cdot 10^2 < k < 2,6 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$. 2. Рассеяние света в области полей $440 < H < 800 \text{ э}$ мы связываем с возбуждением низкочастотных фанонов. В рассматриваемой области полей НФМР неустойчив, что приводит к появлению низкочастотных колебаний намагниченности, а благодаря магнитострикции — к возбуждению звука.

Природа рассеяния в полях $1170 < H < 1410 \text{ э}$ пока не ясна.

Физико-технический институт
низких температур
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
23 января 1978 г.

Литература

- [1] И.А.Дерюгин, В.И.Мыкитюк, А.А.Соломко, В.Н.Редчик. Письма в ЖЭТФ, 11, 573, 1970.
 - [2] H. Le Gall, J.P.Jamet. Papet at the International Conference on Magnetism. Moscow, August, 1973.
 - [3] В.Аraujo, С.Рibeiro, S.Rezende. Solid Stat. Comm., 11, 649, 1972.
 - [4] В.Н.Веницкий, В.В.Еременко, Э.В.Матюшкин. ЖЭТФ, 67, 1433, 1974.
 - [5] В.Г.Жотиков, Н.М.Крейнес. Письма в ЖЭТФ, 26, 496, 1977.
 - [6] V.V.Eremenko, V.N.Venitski, E.V.Matyushkin. Proceedings of the Conference "Radio and microwave spectroscopy". Poznan, 1977.
 - [7] F.R.Morgenthaler. J. Appl. Phys., 31, 5, 955, 1960.
 - [8] В.Н.Веницкий, В.В.Еременко, Э.В.Матюшкин. ЖЭТФ, 72, 17, 1977.
-