

НАБЛЮДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ СПИНОВЫХ ВОЛН В ФЕРРОМАГНЕТИКЕ ПРИ 4,2 К

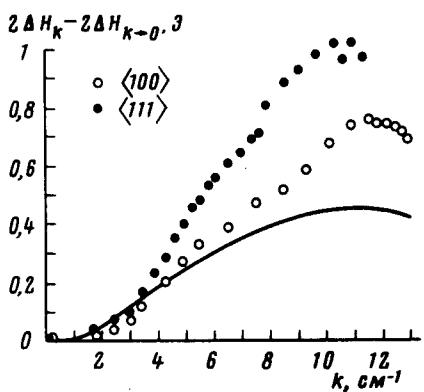
*A.H.Анисимов, A.G.Гуревич, A.I.Меркулов,
A.C.Шукюров, L.M.Эмирлан*

Измерена зависимость параметра релаксации спиновых волн в CdCr_2Se_4 от волнового числа при 4,2 К. В эту зависимость для направления $<100>$ (в котором мало сказывается влияние быстрорелаксирующих ионов) основной вклад вносит процесс трехмагнонного дипольного слияния.

Собственные процессы релаксации спиновых волн в ферромагнетиках, т. е. такие процессы, которые происходят и в идеальных кристаллах и поэтому принципиально неустранимы, подробно изучены теоретически (см., например, [1 – 3]). Экспериментальное исследование затухания спиновых волн в иттрий-железном гранате (ИЖГ) [4] показало, что в высококачественных и содержащих малое количество примесей монокристаллах этого ферримагнетика при температурах выше ~ 100 К вклады собственных – трех- и четырехмагнонных процессов в затухание спиновых волн являются существенными. Этими процессами при таких температурах почти полностью определяется зависимость параметра релаксации спиновых волн $2\Delta H_k$ от волнового числа k .

Однако с понижением температуры вклады собственных процессов быстро уменьшаются, и при температуре жидкого гелия затухание спиновых волн в ИЖГ определяется несобственными процессами — обусловленными примесными быстрорелаксирующими ионами и рассеянием на неоднородностях [5]. Вклады собственных процессов релаксации в затухание спиновых волн при низких (гелиевых) температурах не были до сих пор обнаружены и в других веществах. Эти вклады должны возрастать с уменьшением константы неоднородного обмена D . В частности, вклады трехмагнонных дипольных процессов слияния и расщепления [1] и четырехмагнонного обменного рассеяния [2, 3] пропорциональны D^{-2} . Поэтому их легче обнаружить в веществах с малыми D . Таким веществом является ферромагнетик CdCr_2Se_4 . Величина D для него была определена [6] из температурной зависимости намагниченности [7] и оказалась равной $3,35 \cdot 10^{-10} \text{ Э} \cdot \text{см}^2$. Эта величина более, чем на порядок меньше, чем для ИЖГ.

Параметр релаксации спиновых волн $2\Delta H_k$ определялся путем измерения порогов параметрического возбуждения спиновых волн при продольной накачке на частоте 9,4 ГГц; для снижения необходимой мощности генератора и повышения чувствительности использовался диэлектрический резонатор. Такие измерения в CdCr_2Se_4 были проведены и ранее [6], но недостаточно высокое качество кристалла не дало возможности надежно выделить вклад собственных процессов релаксации. В данной работе был использован высококачественный монокристалл, выращенный методом газового транспорта [8] и имеющий рекордно узкую линию ферромагнитного резонанса (1,6 Э для направления $<100>$ в интервале температур 7 + 80 К [9]).



Зависимости параметра релаксации спиновых волн от k для монокристалла CdCr_2Se_4 . Точки — эксперимент при двух направлениях постоянного магнитного поля, сплошная линия — расчет для трехмагнонного дипольного слияния. $T = 4,2 \text{ К}$.

Результаты измерения зависимостей $2\Delta H_k$ от k при температуре жидкого гелия показаны на рисунке. На этом же рисунке приведен результат расчета вклада трехмагнонного дипольного слияния согласно [1]. Вклад четырехмагнонного обменного рассеяния в данном случае (низкая температура и большая намагниченность) на три порядка меньше, а трехмагнонное расщепление запрещено законами сохранения при $k < 1,27 \cdot 10^6 \text{ см}^{-1}$. Ранее было показано [4], что результаты расчетов вклада трехмагнонного слияния хорошо согласуются с экспериментальными данными (для ИЖГ) при сравнительно высоких температурах. Од-

нако в данном случае (низкая температура и высокая намагниченность) приближения, принятые в [1], выполняются несколько хуже, и расчет носит приближенный характер.

Из рисунка видно прежде всего, что имеет место анизотропия зависящей от k части параметра релаксации спиновых волн. Наиболее крутая зависимость $2\Delta H_k(k)$ наблюдается для направления $<111>$, для которого имеет место пик угловой зависимости $2\Delta H_{k \rightarrow 0}$ [9], обусловленный влиянием быстрорелаксирующих ионов Cr^{2+} . Для направления $<100>$, в котором влияние ионов Cr^{2+} почти не сказывается, расчетная (для процесса трехмагнитного дипольного слияния) и экспериментальная зависимости $2\Delta H_k - 2\Delta H_{k \rightarrow 0}$ от k мало различаются до $k \sim 5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-1}$, а затем расхождение между ними достигает 40%. Принимая во внимание, что расчет в данном случае является приближенным, можно сделать вывод, что процесс трехмагнитного дипольного слияния во всяком случае вносит существенный вклад в затухание спиновых волн. Для того направления ($<100>$), в котором ионный вклад невелик, этим процессом определяется характер зависимости $2\Delta H_k$ от волнового числа.

Таким образом, в данной работе по-видимому впервые удалось уверенно наблюдать вклад собственного процесса релаксации, а именно — трехмагнитного дипольного слияния, в затухание спиновых волн в ферромагнетике при температуре жидкого гелия.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20 июля 1981 г.

Институт прикладной физики
Академии наук Молдавской ССР

Литература

- [1] Sparks M. Phys. Rev., 1967, 160, 364.
- [2] Вакс Б.Г., Ларкин А.И., Пикин С.А. ЖЭТФ, 1967, 53, 1089.
- [3] Wang J.S.-Y.. Phys. Rev. B, 1972, 6, 1908.
- [4] Гуревич А.Г., Анисимов А.Н. Известия АН СССР, серия физическая, 1978, 42, 1667.
- [5] Гранкин В.Л., Мелков Г.А., Рябченко С.М. ФТТ, 1975, 17, 358.
- [6] Щукюров А.С., Гуревич А.Г., Анисимов А.Н., Эмириян Л.М., Аминов Т.Г. ФТТ, 1980, 22, 2499.
- [7] Stauss G.H., Rubinstein M., Feinleeb J., Dwight K., Menyuk N., Wold A. J. Appl. Phys., 1968, 39, 667.
- [8] Меркулов А.И., Радауцан С.И., Тээлэеван В.Е. Изв. АН СССР, сер. Неорганические материалы, 1978, 14, 1535.
- [9] Гуревич А.Г., Меркулов А.И., Анисимов А.Н., Эмириян Л.М., Щукюров А.С., Яковлев Ю.М., Петров В.В. ФТТ, 1981, 23, 912.