

КРИТИЧЕСКАЯ ТОЧКА ЛИФШИЦА В ОРТОФЕРРИТЕ ИТРИЯ В СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

И.К.Камилов, Х.К.Алиев, А.М.Омаров, Н.Н.Омарова

Измерена дифференциальная восприимчивость ортоферрита иттрия в интервале магнитных полей 0 – 35 Э и температур 283 – 670 К. Показано, что в $YFeO_3$ существует критическая точка Лифшица, возникающая за счет перестройки доменной структуры.

В последние годы интенсивно изучаются мультикритические явления, связанные с фазовыми переходами (ФП) из однородного состояния (ОС) в соизмеримую и несоизмеримую структуры (НС) ^{1,2}. Подобного рода переходы, но обусловленные перестройкой доменной структуры, теоретически были предсказаны в магнитоупорядоченных кристаллах и экспериментально обнаружены в квазиодноосных эпитаксиальных пленках ферритов-гранатов ³. В частности, было показано, что в пленках и пластинах одноосных ферритов-гранатов существуют критические точки Лифшица, разделяющие линии ФП из ОС в НС при $H \parallel$ ОЛН (оси легкого намагничивания).

Для изучения переходов в НС идеальными объектами могут служить ортоферриты, имеющие структуру искаженного перовскита, в которых антисимметричный обмен Дзюлошинского – Мориа создает поперечный слабый ферромагнетизм со спиновой конфигурацией $G_x F_z$ ⁴. При высоких температурах слабоферромагнитный момент F_z и вектор антиферромагнетизма G_x всех ортоферритов направлен вдоль осей [001] и [100] соответственно. Благодаря строгой одноосной магнитной анизотропии, малому значению намагниченности насыщения M_s и высокому коэффициенту доменообразования ортоферритов уже в слабых магнитных полях $H \ll H_A$ (H_A – поле анизотропии) создаются предпосылки для перестройки доменной структуры, а, следовательно, и реализации переходов из ОС в НС.

В данном сообщении приводятся первые экспериментальные доказательства существования критической точки Лифшица в объемных кристаллах ортоферрита иттрия при $H \parallel$ ОЛН, полученные из данных по температурной и полевой зависимостям дифференциальной магнитной восприимчивости. Восприимчивость χ измерялась модуляционным методом на частоте 78 Гц в интервале температур 283 – 670 К и магнитных полей 0 – 35 Э. Исследован объемный кристалл со средним размагничивающим полем, равным 16,6 Э.

Типичные кривые зависимостей $\chi(H)$ и $\chi(T)$ представлены на рис. 1 и рис. 2. Из рис. 1 видно, что на изотерме, соответствующей $T = 283$ К, наблюдаются два скачка восприимчивости, один из которых приходится на значение H , совпадающее с размагничивающим полем образца. С увеличением температуры скачки χ смещаются в сторону слабых полей, и при $T = 635$ К сохраняется только одна аномалия. Эти особенности χ проявляются и на температурной зависимости восприимчивости (см. рис. 2). В нулевом магнитном поле с увеличением T восприимчивость остается практически постоянной до $T = 590$ К, а затем спадает до нуля без аномалий, свойственных магнитоупорядоченным кристаллам ⁵. При $T = 643,4$ К, равной температуре Кюри T_c , χ проходит через небольшой максимум, который наблюдается как при нагреве, так и при охлаждении. В магнитных полях до 3,3 Э характер зависимости χ от T не изменяется, но при этом температура, на которую приходится безгистерезисный максимум смещается в сторону низких температур с ростом H . Начиная с $H = 3,43$ Э на кривой $\chi(T)$ наблюдаются два скачка восприимчивости, которые с увеличением H смещаются в сторону низких температур. В поле 14,7 Э остается один скачок χ , приходящий на $T = 290$ К. Охлаждение из парамагнитной фазы в магнитоупорядоченную при $H > 3,43$ Э происходит необратимо и во всем исследованном интервале температур восприим-

чивость остается постоянной и равной нулю. Это обстоятельство свидетельствует о значительном "переохлаждении" однородного состояния, т.е. состояния, в котором нет доменной структуры и направление намагниченности совпадает с H .

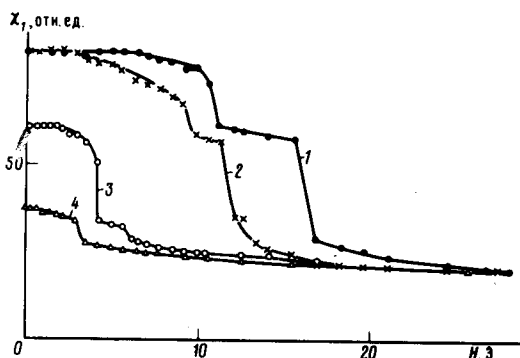


Рис. 1

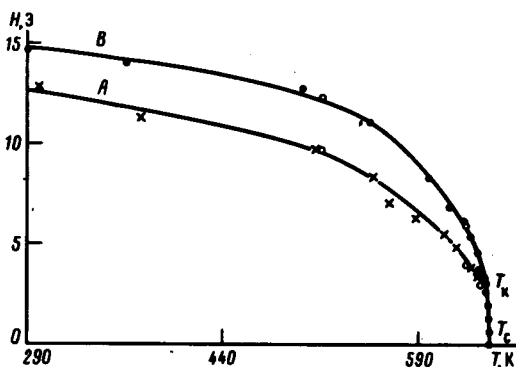


Рис. 3

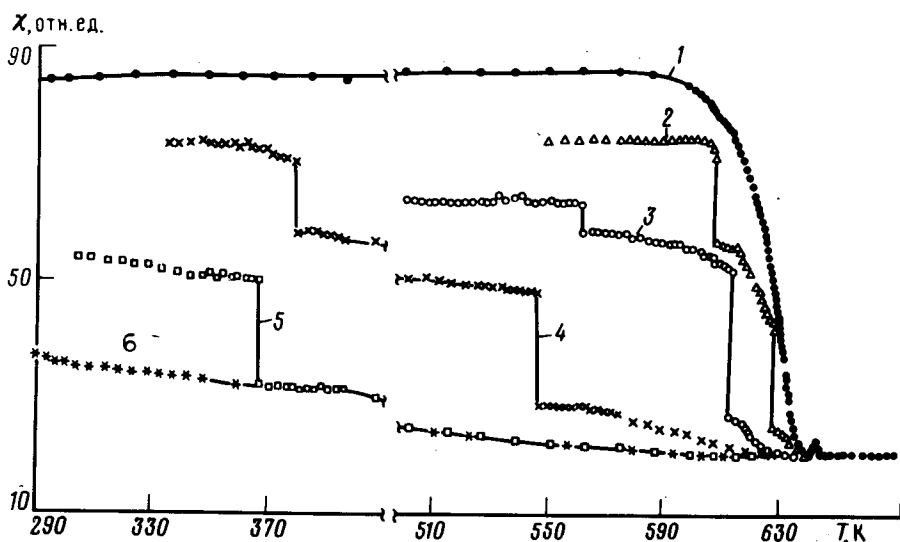


Рис. 2

Рис. 1. Изотермы полевой зависимости восприимчивости $YFeO_3$ для различных T : 1 – 283,16 К; 2 – 515 К; 3 – 626,4 К; 4 – 635 К

Рис. 2. Температурные зависимости χ в магнитном поле: 1 – 0 Э; 2 – 5,6 Э; 3 – 7 Э; 4 – 11,2 Э; 5 – 14 Э; 6 – 15,4 Э

Рис. 3. $H - T$ диаграмма ортоферрита иттрия

Из этих экспериментальных данных следует, что в интервале магнитных полей 0 – 3,3 Э происходит ФП второго рода, тогда как при $H > 3,43$ Э наблюдается, по крайней мере, два ФП первого рода. Фазовая диаграмма, соответствующая указанным переходам, приведена на рис. 3. Особенности $H - T$ диаграммы $YFeO_3$ могут быть качественно объяснены следующим образом. В ортоферрите иттрия $H_p \ll H_A$ ($H_A \sim 10^5$ Э) и поэтому следует ожидать образования доменной структуры без замыкающих областей. В нулевом магнитном поле образуется полосовая доменная структура (ПДС) лабиринтного типа⁶, которая с увеличением H переходит в регулярную ПДС, так как в объемных кристаллах цилиндрические домены неустойчивы. Дальнейшее увеличение H осуществляет переход в однородно

намагниченное состояние при $H = H_p$. Вблизи T_c и $H < 3,3$ Э, как было показано в ³, образуется необычная ПДС, для которой амплитуда неоднородности M меньше, чем намагниченность индуцируемая магнитным полем. Следовательно, на фазовой диаграмме кривая $T_c T_k$ соответствует линии ФП второго рода, на которой осуществляется переход из несоизмеримой (доменной) структуры в однородное состояние, $T_k A$ и $T_k B$ — линии потери устойчивости переходов из одного вида НС в другой и в ОС. На линии $T_k A$ теряет устойчивость фаза с аморфной доменной структурой относительно перехода в ПДС, а на $T_k B$ — теряет устойчивость регулярная ПДС относительно перехода в ОС. Линии потери устойчивости обратных переходов на эксперименте не проявляются.

Таким образом, критическая точка с координатами $T_k = 638$ К и $H_k = 3,3 \pm 0,1$ Э, разделяющая линии ФП первого и второго рода, может быть интерпретирована как точка Лифшица.

Авторы признательны А.Я.Червоненкису за предоставление качественных кристаллов, на которых были проведены эти исследования.

Литература

1. Изюмов Ю.А., Лаптев В.М. Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума "Неоднородные электронные состояния", Новосибирск, 1984, с. 24.
2. Hornreich R.M. J. Magn. Magn. Mater., 1980, 15 — 18, 387.
3. Дикштейн И.Е., Лисовский Ф.В., Мансветова Е.Г., Тарасенко В.В. ФТТ, 1983, 25, 2545.
4. Белов К.П., Звездин А.К., Кадомцева А.М., Левитин Р.З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979.
5. Камшов И.К., Алиев Х.К. УФН, 1983, 140, 639.
6. Sherwood R.C., Remeika J.P., Williams H.J. J. Appl. Phys., 1959, 30, 217.

Поступила в редакцию

10 июля 1984 г.

После переработки

3 октября 1984 г.