

## ПАРАПРОЦЕСС В ФЕРРИТЕ-ГРАНАТЕ ИТТРИЯ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ В ОКРЕСТНОСТИ ТОЧКИ КЮРИ

*К.П.Белов, Н.В.Шебалдин*

В ферро- и антиферромагнетиках в окрестности точки Кюри и Нееля благодаря интенсивному развитию спиновых флуктуаций должны иметь место релаксационные процессы и сопутствующие им релаксационные потери энергии [1]. Воздействие внешнего магнитного поля на спиновую систему (как постоянного, так и переменного), т.е. парапроцесса, должно изменять эти потери [2]. Экспериментально эти явления еще не наблюдались в ферро- и антиферромагнетиках. Между тем разработка методов их измерения дала бы дополнительную возможность для изучения магнитных фазовых переходов.

В переменных магнитных полях восприимчивость парапроцесса вблизи точки Кюри должна иметь комплексный вид:  $\chi_{\Pi} = \chi'_{\Pi} - i\chi''_{\Pi}$ . Мнимая часть восприимчивости  $\chi''_{\Pi}$  определяет потери на парапроцесс. Согласно [1] в температурной зависимости этого параметра вблизи точки Кюри должны наблюдаться аномалии.

Целью настоящей работы было экспериментальное обнаружение упомянутых явлений в высокочастотном магнитном поле в феррите-гранате иттрия. Монокристалл феррита имел форму эллипсоида вращения, оси которого имели размеры  $25 \times 8 \times 8$  мм. Выбор феррита-граната иттрия объясняется тем, что он обладает малыми потерями на вихревые токи а также малой магнитострикцией и малым внутренним трением в окрестности точки Кюри, что обеспечивает малый уровень мешающих эффектов. К тому же этот материал обладает сравнительно высокой намагниченностью, что обуславливает большой парапроцесс вблизи точки Кюри.

Измерительная катушка с исследуемым образцом размещалась в цилиндрической кварцевой печи с бифилярной обмоткой, расположенной в дюаре. Температурная стабилизация (с учетом температурного градиента) обеспечивалась с точностью  $\pm 0,5^\circ$ . На исследуемый образец вдоль оси [111] с помощью специальной обмотки накладывалось слабое магнитное поле напряженностью  $H_{\sim} = 10$  мэ частоты  $3,174 \cdot 10^6$  гц и постоянные подмагничивающие поля  $H_0$  различной напряженности от 0 до 525 э. Изменение параметров измерительной катушки фиксировалось куметром и реакцией на генератор. Расчетным путем определялись значения  $\chi'$  и  $\chi''$ .

На рис.1 приведены температурные зависимости  $\chi'$  в окрестности точки Кюри, снятые в различных постоянных магнитных полях. Видно,

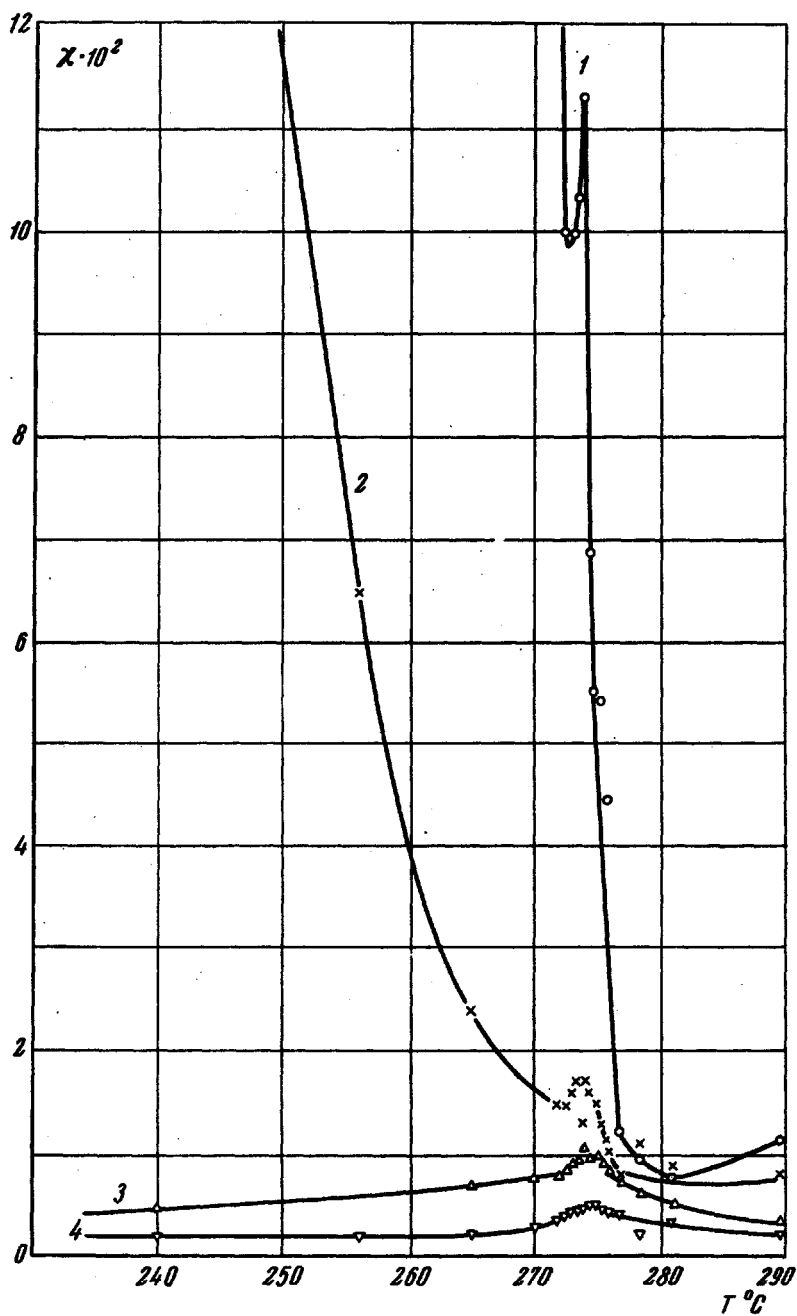


Рис.1. Температурная зависимость действительной части восприимчивости, снятой для монокристалла феррита-граната иттрия в районе точки Кюри в поле  $H_{\sim} = 10$  эс ( $f = 3,174 \cdot 10^6$  тг) при постоянных подмагничивающих полях: 1 -  $H_0 = 0$  э, 2 -  $H_0 = 87$  э, 3 -  $H_0 = 175$  э, 4 -  $H_0 = 525$  э

что на точку Кюри приходится максимум  $\chi''$ , вызванный полем  $H_{\sim} = 10$  мэ частоты  $3,174 \cdot 10^6$  эц, уменьшающийся по мере увеличения  $H_0$ , т.е. по мере подавления спиновых флуктуаций полем  $H_0$  эффект действия поля  $H_{\sim}$  на спиновую систему уменьшается. Особый интерес представляет кривая, снятая в нулевом поле  $H_0$ , тем более, что в статическом режиме аналогичную зависимость получить невоз-

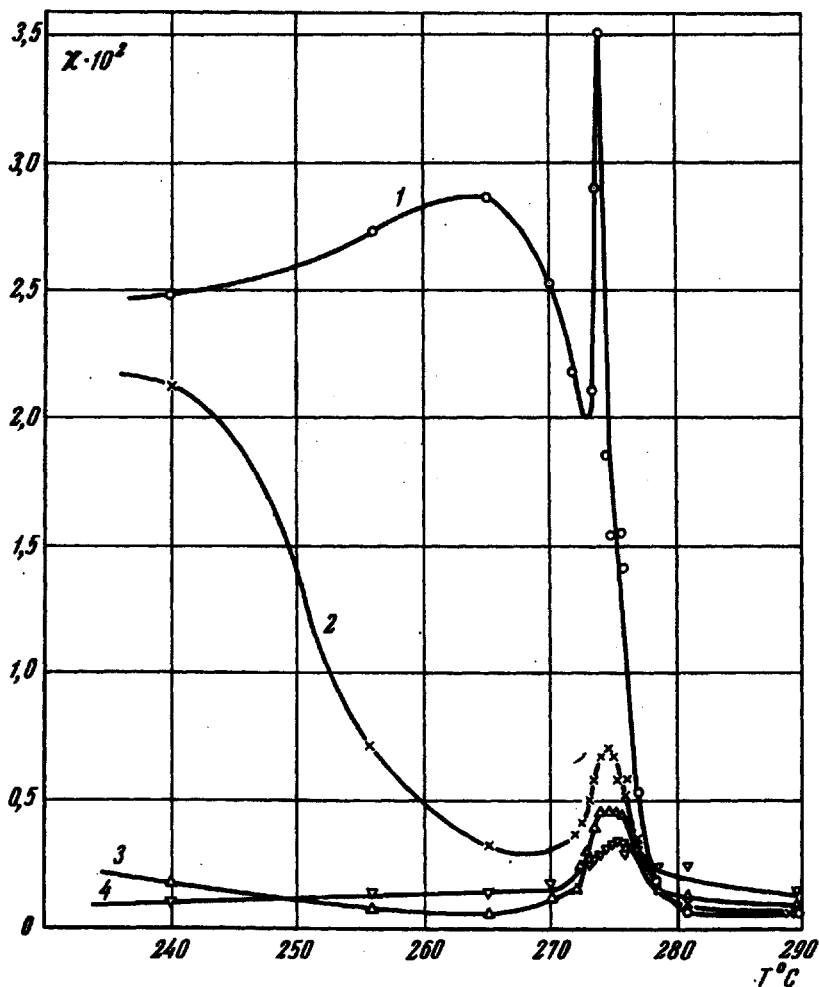


Рис.2. Температурная зависимость мнимой части восприимчивости для монокристалла феррита-граната иттрия, снятая в районе точки Кюри в поле  $H_{\sim} = 10$  мэ ( $f = 3,174 \cdot 10^6$  эц) при постоянных подмагничивающих полях: 1 - 0 э, 2 - 87 э, 3 - 175 э, 4 - 525 э

можно. Кривая представляет собой не что иное, как кривую начальной восприимчивости парапроцесса, искаженную при температурах ниже точки Кюри доменными процессами. Несмотря на сильное влияние последних, все же удалось обнаружить четкий максимум высокочастотной вос-

примчивости парапроцесса, положение которого на оси абсцисс дает точное значение температуры Кюри [2]. Однако, экспериментального подтверждения так называемого правила "двойки" нам получить не удалось из-за сильного мешающего влияния доменных процессов (смещения и вращения).

С увеличением  $H_0$  величина максимума  $\chi''_{\Pi}$  падает приблизительно по экспоненциальному закону, причем положение его смещается по оси абсцисс в сторону более высоких температур, как это имеет место в случае статических характеристик парапроцесса.

На рис.2 даны температурные зависимости мнимой восприимчивости  $\chi''$  при тех же фиксированных значениях постоянных магнитных полей. В точке Кюри наблюдаются максимумы мнимой части восприимчивости парапроцесса  $\chi''_{\Pi}$ , т.е. максимумы поглощения высокочастотной энергии. Величина этого максимума уменьшается с ростом  $H_0$  (т.е. по мере подавления спиновых флуктуаций) и одновременно немного смещается по оси абсцисс в сторону более высоких температур.

Мы предполагаем, что максимум высокочастотных потерь в точке Кюри, вызванный воздействием поля  $H_{\sim}$  на спиновую систему, обусловлен в основном, релаксационными процессами в этой системе, которые в точке Кюри приобретают высокую интенсивность. Что касается влияния спин-решеточного взаимодействия, то оно, по-видимому, также дает свой вклад в максимум  $\chi''_{\Pi}$  вблизи точки Кюри. Более подробные данные о физической природе потерь на парапроцесс в точке Кюри возможно будет дать только после проведения серии исследований с ферромагнитными кристаллами, легированными добавками, оказывающими влияние на указанные выше механизмы релаксации.

Физический факультет  
Московского  
государственного университета  
им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию  
26 января 1968 г.

### Литература

- [1] Л.Д.Ландау, И.М.Халатников. ДАН СССР, 96, 469, 1954.  
[2] К.П.Белов. Магнитные превращения. Физматгиз, М., 1959.