Вестник
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
№ 1 — 1963

В. И. ЧЕЧЕРНИКОВ, И. С. ЛЮБУТИН

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ И РЕЗОНАНСНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ в Cr_2O_3, MnO и NiO

Исследована температурная зависимость магнитной восприимчивости (χ) и резонансного поглощения в поликристаллических антиферромагнитных веществах Cr_2O_3, NiO и MnO. Определены значения магнитного момента (P_p), парамагнитной точки Кюри (Θ_p) и полуширины резонансной линии поглощения (ΔH). Изучена также зависимость χ от напряженности магнитного поля.

1. Исследованию магнитных свойств антиферромагнетиков уделяется большое внимание. Однако многие вопросы, связанные с существованием антиферромагнитного состояния вещества, остаются еще не выясненными. Особый интерес представляют те исследования, которые проводятся при различных температурах.

В данной работе излагаются результаты исследования температурной зависимости магнитной восприимчивости и резонансного поглощения в поликристаллических антиферромагнитных соединениях Cr_2O_3, MnO и NiO, образцы которых любезно были нам предоставлены Р. З. Левитиным. До настоящего времени магнитная восприимчивость этих соединений изучалась в узком температурном интервале и в основном в области низких температур [1—6]. Поэтому представляло интерес исследовать зависимость χ от T в широком температурном интервале, особенно при температурах выше точки антиферромагнитного превращения, и зависимость магнитной восприимчивости от напряженности магнитного поля. У Cr_2O_3 последняя зависимость вообще не изучалась. В настоящей работе проводились одновременно исследования температурной зависимости магнитной восприимчивости и резонансного поглощения.

2. Магнитная восприимчивость исследовалась в температурном интервале от 100 до 1300° К. Для измерения восприимчивости использовался метод Фарадея—Сексмита [7]. Образцы имели форму цилиндриков диаметром 1 *мм* и высотой 3 *мм*. Измерения осуществлялись в атмосфере аргона. На рис. 1 показана зависимость магнитной восприимчивости от температуры для Cr_2O_3 и NiO. В обоих случаях с увеличением температуры χ вначале растет, а затем, пройдя через максимум, начинает уменьшаться. Для Cr_2O_3 наблюдается острый максимум, который

соответствует температуре 314° К. У NiO имеется более широкий максимум, соответствующий 640° К. Исследования зависимости восприимчивости от напряженности магнитного поля показали, что χ у Cr_2O_3 зависит от H как выше, так и ниже антиферромагнитной точки Кюри ($\Theta_{аф}$ =314° К). Из рис. 1 следует, что восприимчивость с увеличением поля при $T > \Theta_{аф}$ уменьшается. В антиферромагнитной области эта зависимость выражена менее ярко. У NiO тоже обнаружена зависимость восприимчивости от поля, при этом χ с увеличением значения

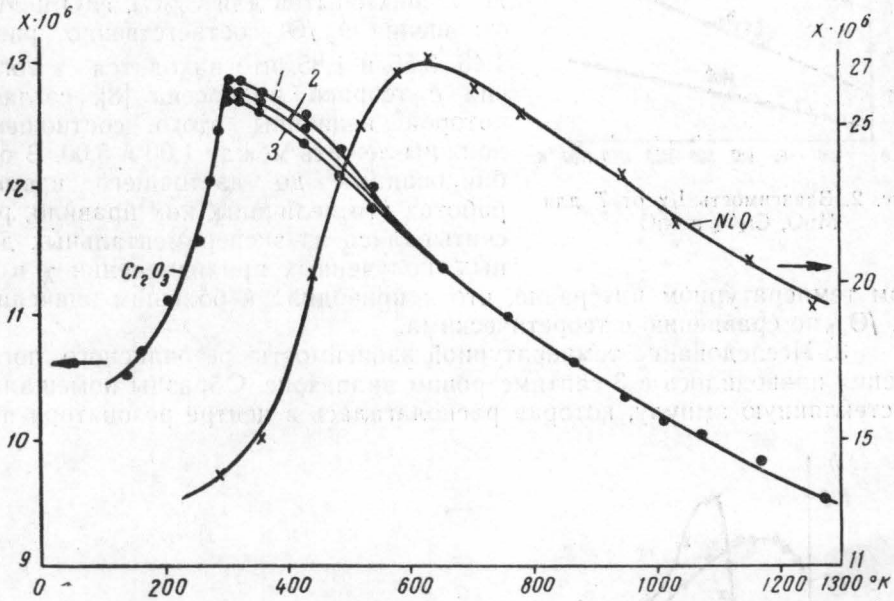

Рис. 1. Зависимость χ от T для Cr_2O_3, *1* — 10 500 *эрст*, *2* — 15 300 *эрст*, *3* — 18 200 *эрст* и NiO при 18 200 *эрст*

поля также уменьшается. В данном случае зависимость χ от T, вероятно, обусловлена наличием ферромагнитных примесей. Отсутствие зависимости восприимчивости от поля отмечено только при температурах выше 1040° К. Следует подчеркнуть, что у Cr_2O_3 температура $\Theta_{аф}$ не зависит от напряженности поля, а у NiO она смещается с увеличением поля в сторону низких температур. Исследование зависимости восприимчивости от температуры в парамагнитной области дало нам возможность проверить выполнимость закона Кюри—Вейсса и определить температуру парамагнитной точки Кюри, константу Кюри—Вейсса и магнитный момент. Значения этих величин приведены в таблице.

	θ_p^o, К	$\theta_{аф}^o$, К	C, град.	P_p, μ_B
Cr_2O_3	— 450	314	3,4	5,2
NiO	—2270	640	2,82	4,75
MnO	— 227	122*	3,06	4,98

* Значение температуры $\theta_{аф}$ для MnO взято из работы [1].

На рис. 2 дана зависимость обратной величины восприимчивости $1/\chi$ от температуры. Видно, что для всех исследованных антиферромагнетиков эта зависимость имеет линейный вид в широком температурном интервале, т. е. выполняется закон Кюри—Вейсса. Исследование MnO проводилось только при температурах выше антиферромагнитной точки Кюри. Поведение этого антиферромагнетика ниже $\Theta_{аф}$ и в районе этой температуры было подробно изучено ранее [1, 4]. Из наших опытов для Cr_2O_3, NiO и MnO отношения $\Theta_p/\Theta_{аф}$ соответственно равны 1,43, 3,55 и 1,85, что находится в согласии с теорией Андерсена [8], согласно которой величины этого соотношения должны лежать между 1,00 и 5,00. В опубликованных до настоящего времени работах эти величины, как правило, рассчитывались из экспериментальных данных, полученных при измерении χ в узком температурном интервале, что и приводило к бо́льшим значениям $\Theta_p/\Theta_{аф}$ по сравнению с теоретическими.

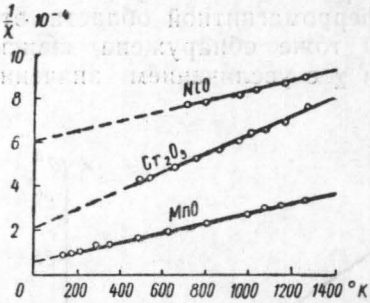

Рис. 2. Зависимость $1/\chi$ от T для MnO, Cr_2O_3 и NiO

3. Исследование температурной зависимости резонансного поглощения проводилось в 3-сантиметровом диапазоне. Образцы помещались в стеклянную ампулу, которая располагалась в центре резонатора пря-

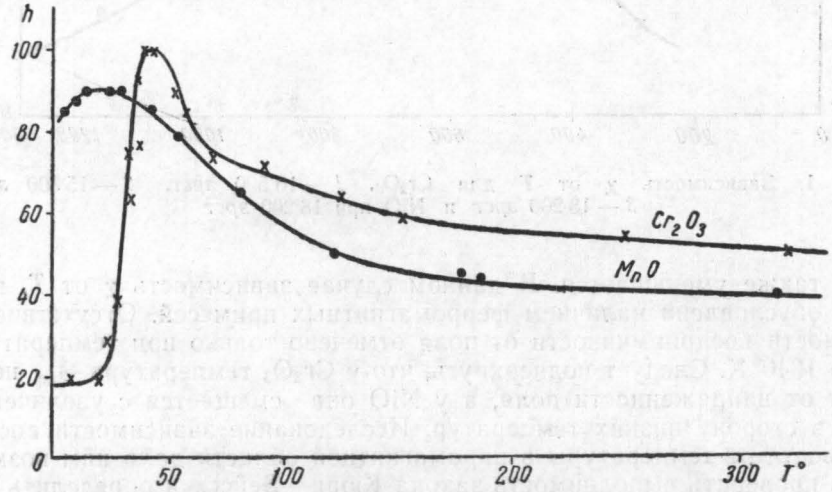

Рис. 3. Зависимость высоты максимумов резонансного поглощения от T для Cr_2O_3, MnO

моугольной формы. Образцы брались в виде шариков диаметром 1—1,5 *мм*. Шарики приготовлялись в специальных мельницах и имели высокую степень полировки. На рис. 3 дана зависимость высоты максимумов резонансного поглощения от температуры для Cr_2O_3 и MnO. У Cr_2O_3 при температурах ниже антиферромагнитной точки Кюри поглощение резко убывает до небольшого остаточного значения. Для MnO уменьшение поглощения заметно уже в парамагнитной области, причем максимум поглощения наблюдается при температурах значительно выше $\Theta_{аф}$. Полуширина резонансной линии у Cr_2O_3 в парамагнитной

области остается постоянной (рис. 4). Резкое ее увеличение отмечается вблизи антиферромагнитной точки Кюри. Что касается MnO, то у этого антиферромагнетика рост ΔH начинается уже при комнатной температуре. Значение фактора g для обоих антиферромагнетиков в исследованном интервале температур не зависит от T. Для Cr_2O_3

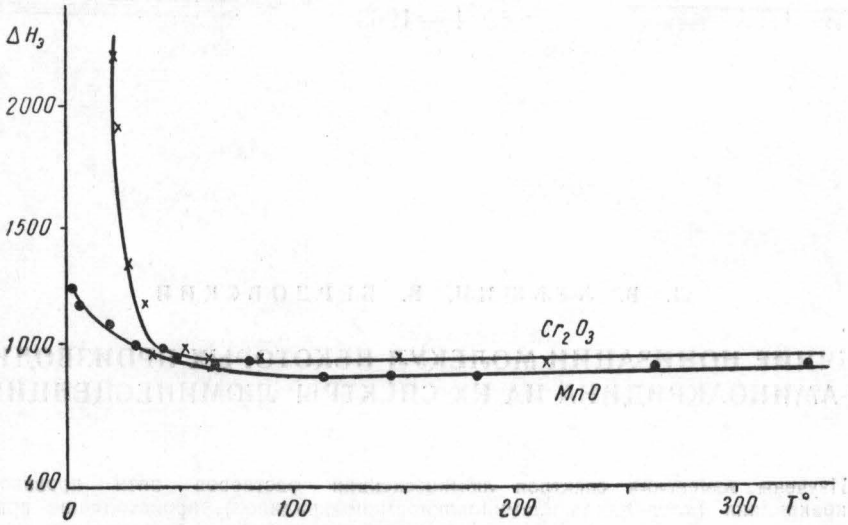

Рис. 4. Зависимость полуширины резонансной линии от T для Cr_2O_3, MnO

$g = 1{,}87$, а для MnO $g = 1{,}90$. В соединении NiO, которое исследовалось только при температурах ниже антиферромагнитной точки Кюри, поглощение обнаружено не было.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bizzete H. J. Phys. radium, **12**, 161, 1951.
2. La Blanchetais C. H. J. Phys. radium, **12**, 765, 1951.
3. Trombe M. F. J. Phys. radium, **12**, 22, 1951.
4. Sguire C. F. Phys. Rev., **56**, 922, 1937.
5. Foëx G. J. Phys. radium, **12**, 5, 1961.
6. Banewicz I. I., Heidelberg R. F., Luxem A. H. J. Phys. Chem., **65**, Nr. 4, 615, 1961.
7. Чечерников В. И. «Вестн. Моск. ун-та», сер. мат., мех., астрон., физ., химии, № 1, 47, 1957.
8. Anderson P. Phys. Rev., **79**, 705, 1950.

Поступила в редакцию
8.5 1962 г.

Кафедра
магнетизма