

Письма в ЖЭТФ, том 9, стр.400-404

5 апреля 1969 г.

АНИФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В NiCl_2

M.O.Кострюкова, Л.М.Каширская

Слоистые галогениды переходных металлов группы железа характеризуются наличием сильного ферромагнитного взаимодействия в слоях металлических ионов и относительно слабого антиферромагнитного взаимодействия между слоями; их магнитные свойства впервые предсказаны Ландау [1].

В безводном хлористом никеле Ni Cl_2 ионы Ni расположены в слоях, чередующихся со слоями галоида; перпендикулярно слоям направлена ось симметрии C_3 , а в плоскости слоя лежат три оси второго порядка (кристаллическая структура NiCl_2 типа D_{3d}^5).

NiCl_2 переходит в антиферромагнитные состояния при $T_N \sim 52^\circ\text{K}$ и ниже T_N полностью изотропен [2]. В связи с этим можно считать, что спины лежат в базисной плоскости кристалла, анизотропия в которой невелика и намагниченности подрешеток в относительно слабых полях устанавливаются перпендикулярно полю.

Как показывает теория [3] для слоистых антиферромагнетиков с анизотропией типа "легкая плоскость", также как и у обычных антиферромагнетиков с намагниченностью подрешеток, лежащей в плоскости базиса [4, 5], спектр антиферромагнитного резонанса содержит низкочастотную ветвь, частота которой определяется величиной внешнего поля.

В настоящей работе резонансное поглощение на монокристалле NiCl_2 было исследовано в области температур от 2 до 78°K на частоте $41,2\text{ Гц}$.

При измерениях использовалась обычная закороченная волноводная секция, погруженная в дюар. Часть волновода под калкой прибора была выполнена из нержавеющей стали для уменьшения теплоподвода к ванне; на весь волновод одевалась рубашка, содержащая теплообменный

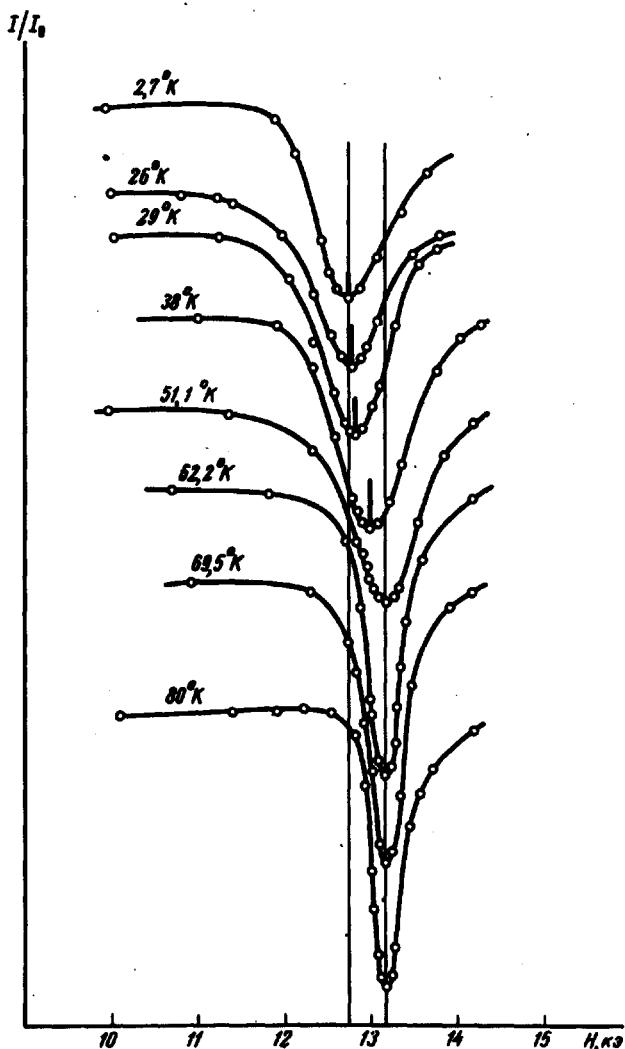


Рис.1

гелий. Образец крепился непосредственно на закорачивающей волновод втулке. Резонанс наблюдался по изменению отраженной СВЧ мощности при введении внешнего поля, создаваемого электромагнитом. При измерениях статическое поле H и СВЧ поля были взаимно перпендикулярны.

Для получения температур от 4,2 до 52°К был применен метод, предложенный в работе [6]; от 52 до 78°К использовалась азотная ванна, а ниже 4,2°К – ванна с жидким гелием.

На рис. 1 приведены линии резонансного поглощения, снятые на частоте $41,2 \text{ Гц}$ для разных температур между 2 и 78°K , то есть как в парамагнитной, так и в антиферромагнитной областях для монокристаллического NiCl_2 ($T_M = 52^\circ\text{K}$). На этом рисунке отложено отношение величины сигнала с детектора для разных H к сигналу в нулевом магнитном поле, поле H при этом ориентировано в плоскости базиса.

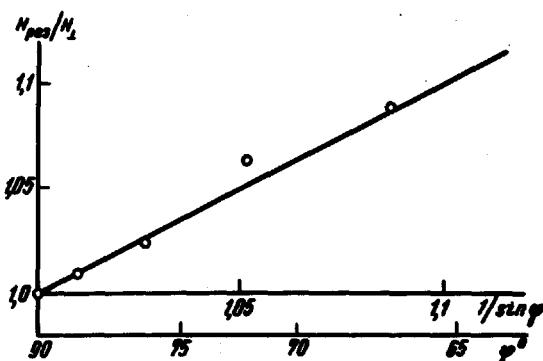


Рис.2

Положение парамагнитной линии при 78°K соответствует g -фактору $2,23$ и ширина линии составляет $\sim 450 \text{ э}$. Парамагнитная линия почти не смещается с понижением температуры до T_M , но расширяется вблизи точки Кюри. Интенсивность линии в антиферромагнитной области заметно не меняется с температурой до 2°K и ее ширина составляет примерно 950 э .

В антиферромагнитной области наблюдается смещение резонансного поля при понижении температуры ниже T_M . При изменении температуры от $T = 52$ до 2°K резонансное поле уменьшается приблизительно на 450 э .

На рис. 2 представлена зависимость резонансного поля $H_{\text{рез}}$ от ориентации поля относительно главной оси кристалла C_3 , снятая при $T = 4,2^\circ\text{K}$. Результаты даны в координатах $H_{\text{рез}}/H_1$ и $1/\sin\phi$, где H_1 – значение резонансного поля в плоскости базиса и ϕ – угол между осью C_3 и направлением поля; в этих координатах зависимость близка к линейной. Как видно, при возбуждении резонансного поглощения эффективна компонента поля, лежащая в плоскости базиса.

Температурная зависимость резонансного поля для $\omega = 41,2 \text{ Гц}$, когда поле ориентировано в плоскости базиса, приведена на рис. 3 в координатах $H_{\text{рез}}/(\omega/i)$ и T .

Из теории следует [7], что любая анизотропия в базисной плоскости для обычного антиферромагнетика с анизотропией типа "легкая плоскость" приводит к появлению щели Δ в низкочастотной ветви АФМР

$(\omega/i)^2 = H^2 + \Delta^2$, где $\Delta^2 = 2H_A H_E$ (H_E – обменное поле и H_A – поле анизотропии). Используя эту формулу для слоистого антиферромагнитного NiCl_2 , мы рассчитали величину щели Δ в зависимости от T по данным $H_{\text{рез}}$, измеренным на частоте 41,2 Гц. Эти данные представлены на рис. 3, а; при низких температурах Δ составляет приблизительно 3,5 кэ.

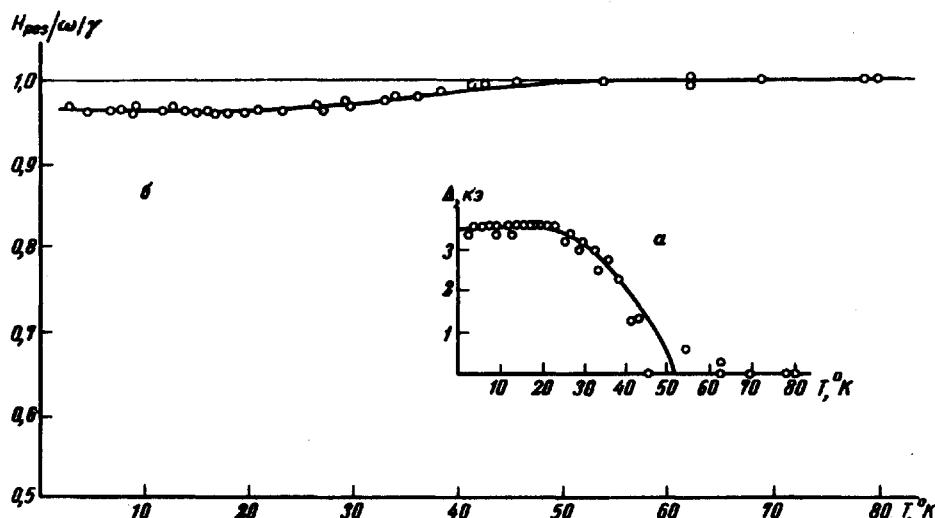


Рис. 3

Наличием щели в низкочастотной ветви АФМР можно объяснить исчезновение резонанса на частоте 9,2 Гц, наблюдавшееся ранее в NiCl_2 [8]. При измерениях на частоте 9,2 Гц в области водородных температур величина $H_{\text{рез}}$ падает и наблюдается сильное поглощение в нулевом поле, когда щель достигает ~ 3 кэ. При дальнейшем понижении температуры интенсивность резонансного поглощения резко уменьшается и при низких температурах сохраняется лишь небольшое остаточное поглощение, обусловленное, возможно, дефектами образца. Наблюдаются также небольшая периодическая зависимость величины $H_{\text{рез}}$ от ориентации внешнего поля в плоскости базиса. Величина Δ меняется при этом на $\sim 15\%$ с периодом $\sim 60^\circ$.

В заключение авторы выражают благодарность А.С.Боровику-Романову и Л.А.Прозоровой за полезные обсуждения и А.И.Шальникову за внимание к работе.

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

Поступило в редакцию
14 февраля 1969 г.

Литература

- [1] Л.Д.Ландау. *Sow. Phys.*, 4, 675, 1933.
- [2] Н. Bizette, C. Terrier, B. Tsai. *C. R. Paris*, 243, 1295, 1956.
- [3] A. Yoshimori. *Phys. Rev.*, 130, 1312, 1963.
- [4] А.С.Боровик-Романов. *ЖЭТФ*, 36, 766, 1959.
- [5] Е.А.Туров. *ЖЭТФ*, 36, 1254, 1959.
- [6] A. C. Rose-Innes, R. F. Broom. *J. Sci. Instr.*, 33, 31, 1956.
- [7] Е.А.Туров. *Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов*, Изд. АН СССР, 1963.
- [8] М.О.Кострюкова, И.Л.Скворцова. *ЖЭТФ*, 47, 2069, 1964.

Письма в *ЖЭТФ*, том 9, стр. 404-407

5 апреля 1969 г.

ДАВЛЕНИЕ РАДИАЦИИ НА ОБЪЕКТ, ИЗМЕНЯЮЩИЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ. ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ВОЛНЫ НА МЕНЯЮЩИХСЯ НЕОДНОРОДНОСТЯХ

Г.А.Аскарьян

Обычно при расчете поглощения волны и ее давления на малый кусок среды (сгусток плазмы, макрочастица и т.п.) предполагают, что его объем, форма или свойства остаются неизменными, а давление связано с рассеянием или обычным поглощением излучения внутри среды.

Мы рассмотрим поглощение радиации и силу радиационного давления волны, падающей на объект, меняющий свою поляризуюемость из-за изменения объема, формы ориентации или свойств вещества. Эти процессы, меняющие энергию диполя во внешнем поле, приводят к изменению энергии волны из-за работы, совершаемой объектом над полем или полем над объектом и могут существенно изменить (усилить или уменьшить) давление радиации на объект.

1. Давление электромагнитной волны на частицу, меняющую свою поляризуюемость

Усредненная сила давления на малую (по сравнению с длиной волны) частицу