

Письма в ЖЭТФ, том 12, стр. 105 – 108

20 июля 1970 г.

БИРЕЗОНАНСНОЕ УДВОЕНИЕ ЧАСТОТЫ АНТИФЕРРОМАГНЕТИКОМ

Л.А.Прозорова, Г.Я.Котюжанский

В настоящей работе экспериментально обнаружено "бирезонансное" удвоение частоты в антиферромагнетике предсказанное Ожогиним [1]. Этот эффект существенным образом связан с видом спектра антиферромагнитного резонанса (АФМР) и может быть наблюден в антиферромагнетиках с анизотропией типа "легкая плоскость".

Из решения линеаризованных уравнений Ландау — Лифшица для 2-х подрешеточной модели такого антиферромагнетика следует, что спектр АФМР [2] состоит из 2-х ветвей, частоты которых определяются следующим образом (при $H \perp C$):

$$(\nu_1/\gamma)^2 = H(H + H_D) + H_\Delta^2 \quad (1)$$

$$(\nu_2/\gamma)^2 = ? H_A H_E + H H_D \quad (2)$$

Из этих же уравнений, кроме того, следует, что в колебаниях спинов, соответствующих 1-ой и 2-ой ветвям спектра принимают участие разные компоненты векторов $\vec{\ell} = \vec{\ell}_0 + \vec{\lambda}$ и $\vec{m} = \vec{m}_0 + \vec{\mu}$, а именно: колебания в 1-й ветви описываются переменными μ_y, μ_x, λ_x , а колебания во 2-ой $\mu_x, \lambda_y, \lambda_z$. Рассмотрение нелинеаризованных уравнений движения моментов показывает, что при возбуждении колебаний, соответствующих 1-ой ветви на частоте $\nu = \nu_1$ в движении спинов принимают участие и компоненты $\mu_x, \lambda_y, \lambda_z$, которые колеблются с частотой 2ν . Колебания компоненты μ_x должны привести к излучению антиферромагнетиком электромагнитных волн удвоенной (по отношению к возбуждающей) частоты. Амплитуда излучения будет резонансно возрастать, если излучаемая частота близка к собственной частоте колебаний 2-ой ветви, т. е. при выполнении условия

$$2\nu_1 = \nu_2 \quad (3)$$

Это явление теоретически было рассмотрено Ожогиным и названо им "бирезонансным удвоением частоты".

Данная работа посвящена экспериментальному изучению удвоения частот СВЧ-мощности антиферромагнетиком. В качестве исследуемых объектов были выбраны антиферромагнетики с анизотропией типа "легкая плоскость" $MnCO_3$ и $CsMnF_3$,¹⁾ обе ветви АФМР для которых хорошо изучены [3, 4, 5, 6]. Измерения проводились на магнитном спектрометре, аналогичном описанному в [7]. Источником СВЧ-мощности служил импульсный магнетрон 8 см диапазона М1-88. Исследуемый кристалл помещался в закороченный 8 мм волновод так, чтобы H лежало в базисной плоскости и $h_{свч}$ было ему перпендикулярно. Сигнал удвоенной частоты отфильтровывался от основного с помощью заградительного волновода, подавался на детектор и затем на пиковый вольтметр В4-1А. Амплитуда сигнала удвоения в зависимости от величины магнитного поля регистрировалась на 2-х координатном самописце. Абсолютные измерения излучаемой на 2-ой гармонике мощности не производились.

Для выполнения условия, при котором можно наблюдать бирезонансное удвоение частоты (3), мы воспользовались тем фактом, что ν_2 , определяемая щелью в спектре, зависит от температуры и обращается в 0 при $T = T_N$, в то время как ν_1 меняется с температурой слабо. Поэтому при $\nu = 37$ Гц условие (3) может быть выполнено для $CsMnF_3$ при $T_{бр} = 41,8^\circ K$, а для $MnCO_3$ при $T_{бр} = 28,2^\circ K$.

1) Авторы благодарят И.И.Икорникову и С.В.Петрова за любезное представление образцов.

Для получения таких температур использовался вакуумный криостат [6], а в качестве хладагентов жидкий неон и жидкий гелий.

При величине магнитного поля H , соответствующей возбуждению колебаний 1-ой ветви наблюдалось появление сигнала удвоенной частоты при $T < T_N$. В парамагнитной области эффекта удвоения замечено не было.

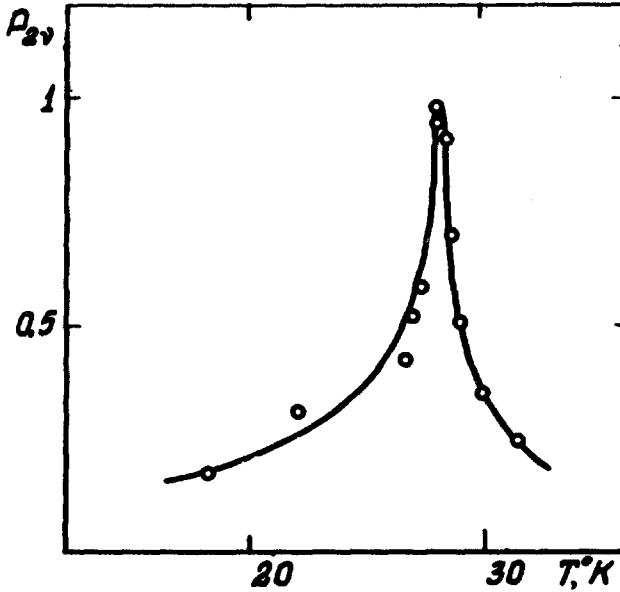


Рис. 1. Температурная зависимость мощности сигнала удвоенной частоты для $MnCO_3$

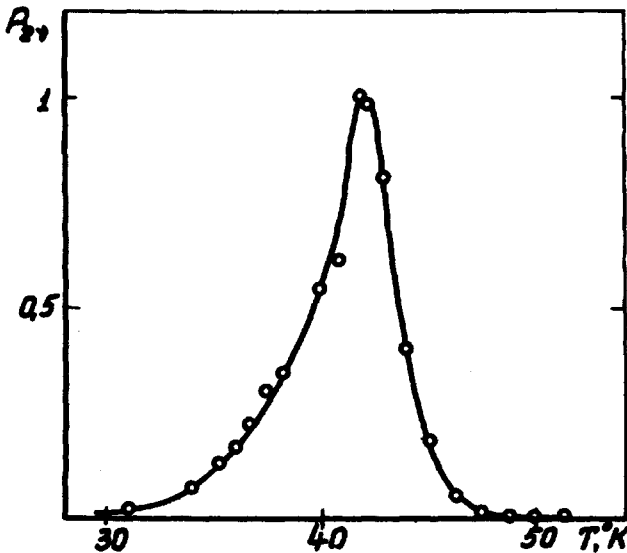


Рис. 2 Температурная зависимость мощности сигнала удвоенной частоты для $CsMnF_3$

На рис. 1 и 2 приведены температурные зависимости амплитуды сигнала удвоенной частоты для $MnCO_3$ и $CsMnF_3$. Для обоих исследованных антиферромагнетиков при плавном изменении температуры наблюдалось резкое возрастание амплитуды и изменение фазы сигнала на π в окрестности $T = T_{бр}$, что соответствует бирезонансному удвоению частоты.

Величина и форма пика "бирезонанса" согласуются с теорией, если использовать экспериментальные значения для ширины резонансных линий и температурной зависимости $\nu_2(T)$.

Авторы выражают глубокую благодарность академику П.Л.Капице за постоянный интерес к работе, А.С.Боровику-Романову и В.И.Ожогину за ценные дискуссии и А.Г.Неделяеву и В.В.Казарину за помощь при наладке аппаратуры.

Институт физических проблем
Академия наук СССР

Поступила в редакцию
18 июня 1970 г.

Литература

- [1] В.И.Ожогин. ЖЭТФ, 58, 2079, 1970.
 - [2] А.С.Боровик-Романов. ЖЭТФ, 36, 75, 1959.
 - [3] K.Lee, A.M.Prti s, G.L.Wi tt. Phys. Rev., 132, 144, 1969.
 - [4] А.С.Боровик-Романов, Б.Я.Котюжанский, Л.А.Прозорова, ЖЭТФ, 58, 1811, 1970.
 - [5] А.С.Боровик-Романов, Н.М.Крейнес, Л.А.Прозорова, ЖЭТФ, 45, 64, 1963.
 - [6] Л.А.Прозорова, А.С.Боровик-Романов. ЖЭТФ, 55, 1727, 1968.
 - [7] Г.Д.Богомолов, Ю.Ф.Игонин, Л.А.Прозорова, Ф.С.Русин. ЖЭТФ, 54, 1069, 1968.
-