

СВЯЗЬ ДВУХ ТИПОВ КОЛЕБАНИЙ СПИНОВ ПРИ
АНТИФЕРРОМАГНИТНОМ РЕЗОНАНСЕ

А.С.Боровик-Романов, Л.А.Прозорова

В антиферромагнетике с двумя подрешетками существуют два различных типа колебаний спиновой системы, соответствующие однородным по всему кристаллу колебаниям намагниченности каждой из подрешеток [1]. Зависимость частот этих колебаний от величины приложенного поля определяет две ветви спектра антиферромагнитного резонанса. В случае одноосного антиферромагнетика с анизотропией типа "легкая плоскость" эти две ветви пересекаются в сильном поле $H = \sqrt{H_A H_E}$ (H_A - поле анизотропии, H_E - обменное поле). В настоящей работе нами обнаружено сильное смещение резонансных частот вблизи точки пересечения, обусловленное взаимной связью между колебаниями обоих типов.

Объектом исследования был монокристалл $MnCO_3$ ^I). Это - антиферромагнетик со слабым ферромагнетизмом. Без учета сверхтонкого взаимодействия выражения для частот антиферромагнитного резонанса

ν_1 и ν_2 имеют вид [3,4] :

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

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

где γ - гиромагнитное отношение, H_D - поле Дзялошинского, H - внешнее поле, приложенное в базисной плоскости. Вид этого спектра при $T = 4,2^\circ K$ схематически показан на рис. 1. Значение H_D взято из

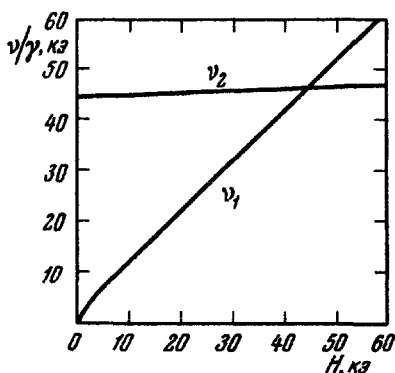


Рис. 1. Спектр антиферромагнитного резонанса в $MnCO_3$

работы одного из авторов [3], величина $H_A H_E$ - из работы Ричардса [5].

Образец крепился на закорачивающем волновод поршне. Наблюдение антиферромагнитного резонанса производилось по изменению отраженного СВЧ-сигнала в зависимости от величины статического поля. В качестве источника мощности СВЧ использовалась лампа ОВ-60022 [6]. Магнитное поле создавалось соленоидом из сверхпроводящей проволоки марки 65-БТ²⁾. Конец волновода с образцом был термоизолирован и помещен в вакуумную рубашку, которая находилась в жидком гелии. Это позволило изменять температуру образца от 2 до 4°K.

Полученные результаты наиболее наглядно могут быть представлены на графиках зависимости резонансного поля от температуры при фиксированной частоте.

На рис. 2 пунктирными прямыми 1 и 2 изображены результаты, полученные нами, соответственно, на частотах 125 и 117 Ггц в случае, когда внешнее поле было строго параллельно базисной плоскости кри-

таля. Эти результаты хорошо согласуются с формулами (1) и (2). Действительно, на графике зависимости H от T первая ветвь должна изображаться почти горизонтальной прямой, так как при использо-

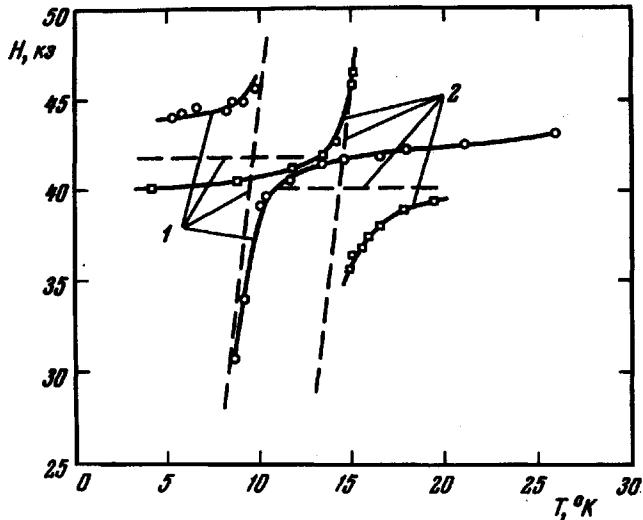


Рис. 2. Зависимость резонансного поля от температуры для угла $\alpha = 0^\circ$ (пунктирные прямые) и $\alpha \sim 2^\circ$ (сплошные кривые). 1 - $\nu = 125$, 2 - $\nu = 117$ ГГц

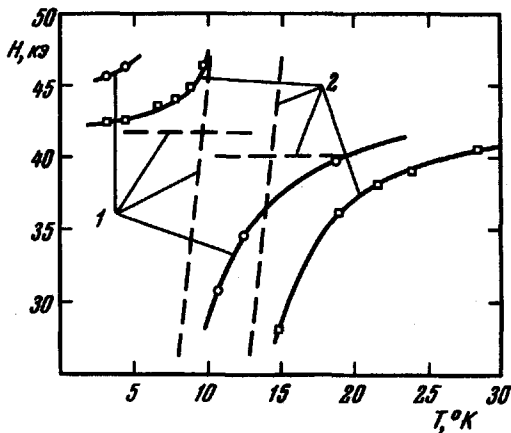


Рис. 3. Зависимость резонансного поля от температуры для угла $\alpha \sim 6^\circ$ (сплошные кривые). 1 - $\nu = 125$, 2 - $\nu = 117$ ГГц

ных частотах $H \gg H_d$. Частота же второй ветви относительно слабо зависит от поля. Поэтому даже малому убыванию величин H_A и H_E с температурой соответствует чрезвычайно крутой рост резонансного поля.

Было обнаружено, что даже при малом отклонении направления внешнего поля от базисной плоскости зависимость резонансного поля от температуры резко меняется. Сплошные кривые на рис. 2 получены при угле между полем и базисной плоскостью $\alpha \sim 2^\circ$. Вид этих кривых свидетельствует о возникновении сильного взаимодействия обоих типов колебаний, обуславливающего сдвиг резонансных полей на величину $\sim 1,5$ кэ. Был также проведен эксперимент, в котором угол α был $\sim 6^\circ$. При этом (см. рис. 3) сдвиг резонансных полей достигал величины ~ 5 кэ.

Можно показать, что если воспользоваться гамильтонианом для ромбоэдрических кристаллов группы D_{3d}^6 [3,4], то в первом приближении уравнение для нахождения антиферромагнитного резонанса при внешнем поле, составляющем небольшой угол α с базисной плоскостью, имеет вид:

$$\nu^4 - \nu^2(\nu_1^2 + \nu_2^2 + \gamma^2 H_0^2 \sin^2 \alpha) + \nu_1^2 \nu_2^2 = 0$$

Качественно наши результаты согласуются с решениями этого уравнения.

Более подробное сравнение эксперимента с расчетом будет произведено после завершения измерений на других частотах.

Авторы глубоко благодарны П.Л.Капице за постоянный интерес к работе. Сердечно благодарим И.Е.Дзялошинского за полезные дискуссии, К.И.Рассохина и В.С.Закирова за помощь при проведении эксперимента.

Институт физических проблем

им. С.И.Вавилова

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

16 мая 1966 г.

Литература

- [1] F. Keffer, Ch. Kittel. Phys. Rev., **85**, 329, 1952.
- [2] Н.Д.Икорникова. Кристаллография, **6**, 745, 1961.
- [3] А.С.Боровик-Романов. ЖЭТФ, **36**, 766, 1959.
- [4] Е.А.Туров. ЖЭТФ, **36**, 1254, 1959.
- [5] P.L.Richards. J.Appl. Phys., **35**, 850, 1964.
- [6] М.Б.Голанд, Р.И.Виленская, Е.А.Змилова, З.Ф.Каплун, А.А.Нигерев,

- 1) Нами использованы синтетические кристаллы $MnCO_3$, изготовленные в Институте кристаллографии АН СССР Н.Д.Икорниковой [1]. Авторы благодарят ее за предоставление образцов.
- 2) Авторы благодарны Н.Н.Михайлову и Л.Н.Васильеву, изготовившим соленоид и предоставившим его в наше распоряжение.