**Спектр спиновых волн в антиферромагнетиках с неколлинеарными магнитными подрешетками**

Кызыргулов И.Р.

Как известно, кристалл приближенно имеет коллинеарную антиферромагнитную структуру [1, 2]. Ряд экспериментальных работ указывает на наличие слабого ферромагнитного момента в плоскостях , направленного перпендикулярно плоскости и имеющего противоположные направления в соседних плоскостях [3, 4]. Ферромагнитный момент возникает при выходе магнитных моментов ионов из базисной (001) плоскости при повороте их на небольшой угол вследствие поворота октаэдров в ортофазе. Другими словами, магнитные моменты подворачиваются в плоскости (010) на малый угол [5]. Но поскольку в соседних плоскостях октаэдры развернуты в противофазе, это приводит к противоположной направленности ферромагнитных моментов в соседних плоскостях, что означает, антиферромагнитную модуляцию вдоль оси [001]. Из исследований инфракрасных спектров, неупругого рассеяния нейтронов и двухмагнонного рассеяния света определена величина угла скоса, которая оказалось равной [4, 6].

Исследуем влияние неколлинеарности магнитных подрешеток на спектры спиновых волн в кристалле как поправку к спектру, найденному в работе [7].

Будем исходить из гамильтониана, в котором учитывается энергия магнитной системы:

, (1)

 ,

где - тензор однородного обменного взаимодействия, - тензор анизотропии, - тензор неоднородного обменного взаимодействия, - намагниченности подрешеток, , . Тензор выберем в виде

,

где I - постоянная внутриплоскостного взаимодействия (в CuO2 - плоскости), , - постоянные межплоскостного взаимодействия.

Далее ввиду эквивалентности подкластеров можно ввести следующую систему обозначений:

,

, ,

.

Аналогичных обозначений будем придерживаться и для компонент тензоров c учетом соотношения из орторомбичности кристаллической структуры

, , .

Эксперименты по неупругому нейтронному рассеянию дают значение для постоянной внутриплоскостного обменного взаимодействия [8] и верхнюю оценку для постоянных межплоскостного обменного взаимодействия . Приведенные экспериментальные данные позволяют считать в нашем приближении .

Запишем гамильтониан (1) в представлении приближенного вторичного квантования. Намагниченности подрешеток можно выразить через операторы Гольштейна-Примакова:

, (2)

 (2.1)

где - равновесная намагниченность - той подрешетки, , g - фактор Ланде, - магнетон Бора.

Подставляя (2) в (1) и переходя к фурье-представлению операторов

,

получим:

, (3)

, (3.1)

. (3.2)

Перейдем к исследованию конкретного случая. Введем сферические координаты базисных векторов (2.1). Учитывая малую величину угла откоса, напишем:

, , ,

, ,

,

,

, . (4)

Тогда в соответствии с системой инвариантов группы коэффициенты (3.1-3.2) будут иметь вид:

, (5.1)

 (5.2)

Отсюда, используя выбор ортов (4) и учитывая направления равновесных намагниченностей, получим:

, ,

, (6)

где .

Выпишем компоненты в явном виде ввиду их важности для дальнейшего.

,

,

,

, (7)

,

,

,

. (8)

Для упрощения диагонализации гамильтониана (3) введем вместо операторов операторы согласно следующим формулам:

,

,

,

. (9)

Тогда с учетом (6) гамильтониан (3) в новых операторах имеет вид:

, (10)

где

,

,

,

 (11)

и аналогично выражаются через компоненты матрицы В.

Разделим и на слагаемые, не содержащие величину , и слагаемые, содержащие :

, .

В гамильтониане (10) с помощью канонического u-v-преобразования Боголюбова

, (12)

,

,

перейдем к магнонным операторам . Диагонализованный гамильтониан имеет стандартный вид:

, (13)

где - энергия спиновых волн коллинеарного антиферромагнетика, - поправка к энергии, связанная с неколлинеарностью подрешеток.

,

,

,

.

Если , , то поправки к спектрам спиновых волн, определяемые неколлинеарностью магнитных подрешеток, будут иметь порядок:

, ,

, .

Линейная зависимость поправки от обменного параметра I и квадратичная зависимость от угла откоса может привести в некоторых случаях к немалым изменениям спектра спиновой волны.

Выражаю благодарность научному руководителю М.Х.Харрасову за предоставленную задачу и постоянную помощь.

**Список литературы**

Vaknin D., Sinha S.K., Moncton D.E. et al. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. P. 2802-2805.

Shirare C., Endoh Y., Birgineau R.J. et al. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 59. P. 1613-1616.

Kastner M.A., Birgeneau R.J., Thurston T.R. et al. // Phys. Rev. B. 1988. V. 38. P. 6636-6640.

Thio T., Thurston T.R., Preyer N.W. et al. // Phys. Rev. B. 1988. V. 38. P. 905-908.

Endoh Y., Yamada K., Birgeneau R.J. et al. // Phys. Rev. B. 1983. V. 37. P. 7443-7453.

Боровик-Романов А.С., Буздин А.И., Крейнес Н.М., Кротов С.С. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. С. 600-603.

Абдуллин А.У., Савченко М.А., Харрасов М.Х. // ДАН. 1995. Т. 342. № 6. С. 753-756.

Hayden S.M., Aeppli G., Osborn R. et al. // Phys. Rev. Lett. 1991. V. 67. P. 3622-3625.