

СПЕКТРЫ СВЯЗАННЫХ МАГНИТОУПРУГИХ ВОЛН ДВУОСНОГО СИЛЬНО АНИЗОТРОПНОГО ФЕРРОМАГНЕТИКА С УЧЕТОМ БИКВАДРАТИЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Мицай Ю. Н., доктор физ.-мат. наук, профессор,

Фридман Ю. А., канд. физ.-мат. наук, доцент, Кожемяко О. В., аспирант

1. Спектральные и термодинамические свойства магнетиков с негейзенберговским обменом активно изучаются в последнее время, поскольку недавно синтезирован ряд веществ с подобными свойствами TmGd, TmZn и другие [1,2]. Задача настоящей работы – изучить магнитоупругие волны в таких системах, не исследованные ранее. Точный учет одноионной анизотропии проведем, используя технику операторов Хаббарда. Гамильтониан подобной системы следующий:

$$H = - \frac{1}{2} \sum_{n,n'} \left\{ (n - n') \bar{S}_n \bar{S}_{n'} + K(n - n') (\bar{S}_n \bar{S}_{n'})^2 \right\} - B_2^0 \sum_n \left\{ (\dot{S}_n)^2 - S(S+1) \right\} \quad (1)$$

$$- B_2^2 \sum_n \left\{ (S^-)^2 + (S^+)^2 \right\} + v \sum_n S_n^i S_n^i u_{ii}(n) + \int dr \left\{ \frac{\lambda + \eta}{2} (u_{xx}^2 + u_{yy}^2 + u_{zz}^2) + \eta (u_{xy}^2 + u_{xz}^2 + u_{yz}^2) + \lambda (u_{xx} u_{yy} + u_{yy} u_{zz} + u_{xx} u_{zz}) \right\}$$

где S_n^a – спиновые операторы в узле n ($a = \pm, -, z$), $I(n - n') > 0$ – константа гейзенберговского обмена, $K(n - n') > 0$ – константа биквадратичного обмена, B_2^0, B_2^2 – константы ОА, v – константа МУ связи, $u_{ii}(n)$ – компоненты тензора деформаций, λ, η – упругие модули.

2. Фазовая диаграмма возможных состояний этой системы на плоскости B_0^2, B_2^2 была получена в [3]. На этой плоскости возможна реализация следующих фаз: FM_z, FM_x – фазы с векторным параметром порядка, направленным соответственно вдоль осей OZ и OX и две фазы KU_1 и KU_2 – с тензорным параметром порядка – квадрупольные.

Дисперсионное уравнение в KU_1 -фазе распадается на два. Решения первого уравнения определяют спектр квазимагнонов вблизи линии ФП KU_1 - FM_z -фаза:

$$\omega_1(k) = \sqrt{(2B_2^2 + a_0 + \gamma k^2)(B_2^2 - I_0 + K_0 + a_0)} \quad (2)$$

а спектр τ -поляризованных квазифононов в длинноволновом пределе имеет вид:

$$\omega_2^2(k) = \omega_\tau^2 (I - a_0 / (I_0 - K_0)) \quad (3)$$

Второе уравнение описывает высокочастотную магнонную ветвь, которая с упругой подсистемой не взаимодействует. Однако это уравнение становится определяющим в поведении системы в окрестности ФП KU_1 - FM_x -фаза. Его решения определяет спектр магнонов:

$$\omega_1(k) = \sqrt{(3B_2^0 + B_2^2 + a_0 + \gamma k^2)(3B_2^0 + B_2^2 - 2(I_0 - K_0) + a_0)} \quad (4)$$

а спектр t -поляризованных фононов аналогичен выражению (3).

Из выражений (2)-(4) следует, что упругая и магнитная подсистемы слабо взаимодействуют. Это взаимодействие приводит к небольшому уменьшению скорости τ - и t -поляризованного звука и сдвигу линий ФП КУ₁-ФМ₂-фаза и КУ₁-ФМ₁-фаза на величину a_0 (по сравнению со случаем отсутствия МУ связи [3]): $B_2^2 = I_0 - K_0 - a_0$, $B_2^2 = -3B_2^0 + 2(I_0 - K_0) - a_0$. Магнонная ветвь при этом оказывается мягкой модой, и по этой ветви возбуждений идет ФП. Анализ формул (2), (3) на линии $B_2^2 = I_0 - K_0$, т.е. линии ФП без учета МУ взаимодействия [3], показывает, что спектр квазифононов при $2B_2^2 < \gamma k^2 < 2B_2^2 + a_0$ равен: $\omega^2(k) = \omega_t^2(k) \gamma k^2 / (2B_2^2 + a_0)$. На линии $B_2^2 = -3B_2^0 + 2(I_0 - K_0)$ спектр квазифононов при $3B_2^0 + B_2^2 < \gamma k^2 < 3B_2^0 + B_2^2 + a_0$ можно представить в виде: $\omega^2(k) = \omega_t^2(k) \gamma k^2 / (3B_2^0 + B_2^2 + a_0)$.

В спектре квазимагнонов на определенных выше линиях ФП образуются щели, равные соответственно $\omega(0) = \sqrt{a_0(I_0 - K_0 + a_0)}$ и $\omega(0) = \sqrt{a_0(2(I_0 - K_0) + a_0)}$.

Такое поведение спектров элементарных возбуждений свидетельствует о том, что ФП КУ₁-ФМ₁-фаза и КУ₁-ФМ₂-фаза при наличии дополнительного внешнего воздействия (например, внешнего магнитного поля, перпендикулярного легкой оси) реализовывался бы как переориентационный, т.е. мягкой модой являлась бы квазифононная ветвь, а в спектре квазимагнонов появлялась бы МУ щель, как обычно и происходит при ориентационных ФП.

Аналогичный анализ дисперсионного уравнения в КУ₂-фазе показывает, что магнитная и упругая подсистемы взаимодействуют слабо, что приводит к небольшой перенормировке скорости t -поляризованного звука $\omega^2(k) = \omega_t^2(I - a_0/2(I_0 - K_0))$ и сдвигу линии ФП КУ₂-ФМ₁-фаза на величину a_0 : $B_2^2 = -3B_2^0 - 2(I_0 - K_0) + a_0$.

Литература.

1. Aeonard R., Morin P. Phys. Rev. **B19**, 8, 1979, p.3869
2. Morin P., Rouchy I., Schitt D. Phys. Rev. **B17**, 9, 1978, p.3684
3. Вальков В.В., Мацулев Г.Н., Овчинников С.Г. ФТТ **31**, 6, 1989, с.60