

Марганцевый гранат $Mn_3Al_2Ge_3O_{12}$ представляет собой неколлинеарный антиферромагнетик, переход в упорядоченное состояние которого происходит при $T = 6.5$ К [1]. В упорядоченном состоянии магнитные ионы марганца формируют двенадцать неколлинеарных подрешеток, схемы магнитного упорядочивания ионов марганца изображены на рис. 1.

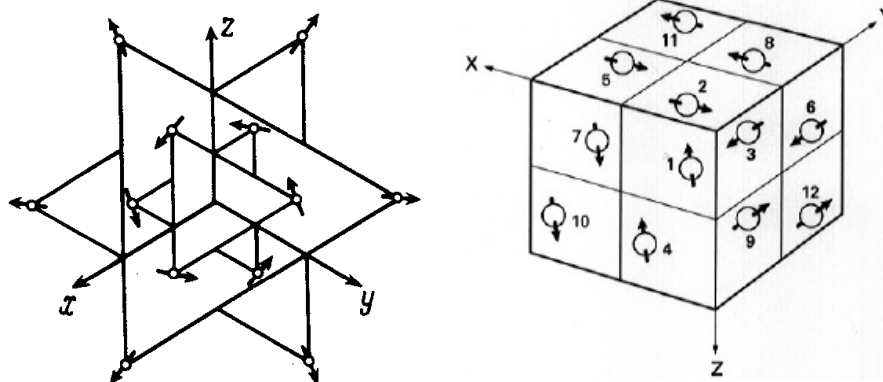


Рис.1. Схемы магнитного упорядочивания магнитных ионов марганца в $Mn_3Al_2Ge_3O_{12}$. Магнитная ячейка, как и кристаллографическая, содержит 12 атомов [1,2].

Нами была измерена частотно-полевая зависимость АФМР для трех основных ориентаций магнитного поля относительно кристалла: $H \parallel [100]$, $H \parallel [110]$, $H \parallel [111]$. Измерения проводились при температуре 1.8 К в диапазоне частот от 1 до 124 ГГц и в полях вплоть до 7 Тл. Результаты измерений представлены на рис. 2. Наши измерения расширяют ранее опубликованные данные [2]. Во всех ориентациях наблюдаются три моды магнитного резонанса, в нулевом поле наблюдается две щели, равные 40 и 70 ГГц. Для поля, приложенного вдоль $[100]$ наблюдается спин переориентационный переход: поворот спиновой плоскости, заканчивающийся в поле около 25 кЭ. Низкочастотная ветвь АФМР в этом поле смягчается.

Спиновая динамика этого магнетика описывается в рамках теории Андреева-Марченко [2,3]. Однако, аналитическое решение уравнений спиновой динамики для произвольного направления поля оказывается не всегда возможным. Для решения этой задачи нами был разработан алгоритм численного решения задачи спиновой динамики для произвольной ориентации магнитного поля и для общего вида энергии анизотропии [4]. Результаты численного моделирования частотно-полевой зависимости АФМР для $Mn_3Al_2Ge_3O_{12}$ представлены на рис. 2.

Согласно теоретическим расчетам, в ориентации $H \parallel [100]$ частота должна строго зануляться в поле перехода (рис. 2). При этом в окрестности перехода смягчающаяся электронная мода АФМР должна была бы пересечь моду ЯМР ядер марганца, частота которой около 600 МГц [5]. Такое пересечение приводит к «расталкиванию» электронной

и ядерной мод. Наблюдение сигнала АФМР поглощения на низких частотах до 950 МГц позволило нам произвести оценку величины этого расталкивания сверху: оно не превышает 1 ГГц.

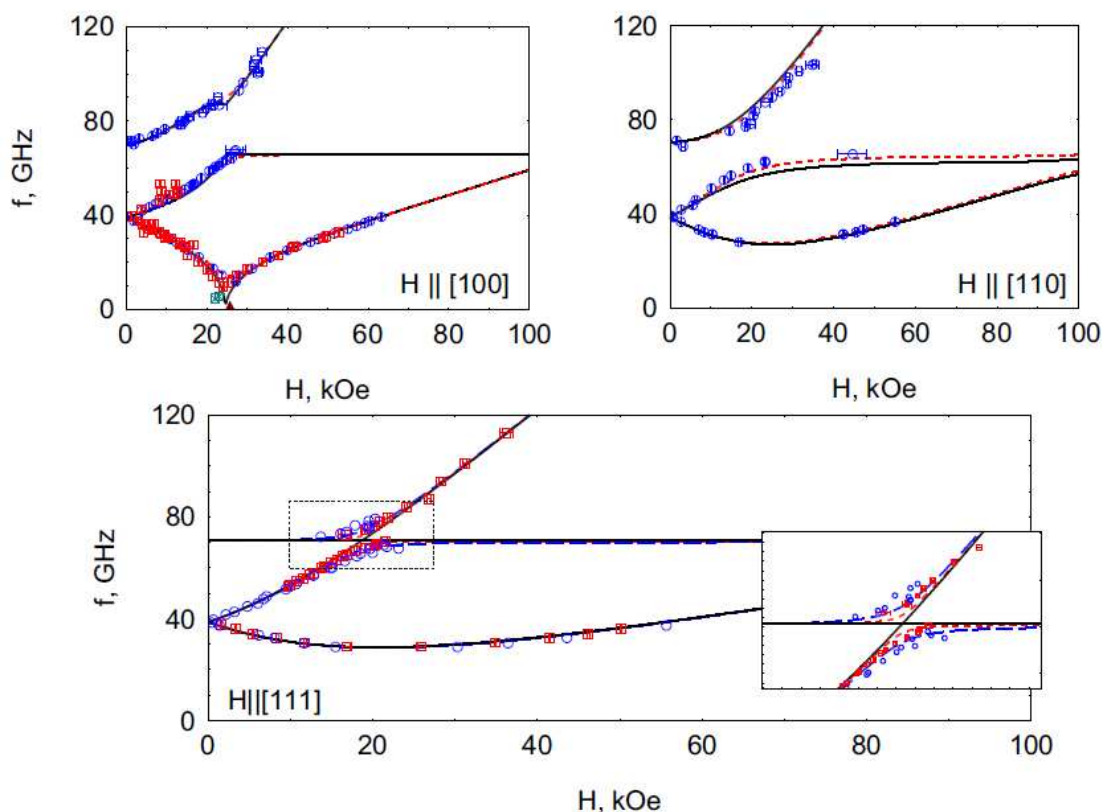


Рис.2. Частотно-полевая зависимость АФМР для различных ориентаций образцов $Mn_3Al_2Ge_3O_{12}$ относительно поля: $H||[100]$, $H||[110]$ – две верхние панели, $H||[111]$ – нижняя панель. Символы соответствуют экспериментальным данным, полученным на различных спектрометрах при температуре 1.8 К. Сплошные линии – теоретические расчеты в точной ориентации, пунктирные – в ориентации с отклонением поля от точных на 5° , для ориентации $H||[111]$, крупным пунктиром показаны результаты расчета для отклонения поля на 10° .

Авторы благодарны проф. Б. В. Миллю (МГУ) за предоставленные кристаллы марганцевого граната, а также проф. В. И. Марченко и А. М. Тихонову (ИФП РАН) за полезные обсуждения. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-02-00688.

Литература

1. Валянская Т.В., Плахтий В., П., Соколов В.И. – ЖЭТФ – 1976. – Т. 144 – 198 с.
2. Прозорова Л.А., Марченко В.И., Красняк Ю.В. – Письма в ЖЭТФ – 1985. – Т. 41. – 12 – С. 522-524
3. Андреев А.Ф., Марченко В. И. – УФН – 1980. – 130 – 1
4. Glazkov V.N., Soldatov T.A., Krasnikova Y.V. – Appl. Magn. Reson. – 2016. – 47 – P.1069
5. Тихонов А.М., Павлов Н.Г., Удалов О.Г. – Письма в ЖЭТФ – Т. 96 – С.568-571