

Письма в ЖЭТФ, том 10, стр. 511–515

5 декабря 1969 г.

**О НАБЛЮДЕНИИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ
ПРИ СИЛЬНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ
АНТИФЕРРОМАГНЕТИКА $\alpha = \text{Fe}_2\text{O}_3$**

П.П.Максименков, В.В.Суриц

В работе сообщается об экспериментальном обнаружении высокочастотных (ВЧ) — $\sim 1 \text{ МГц}$ — колебаний намагниченности и упругих колебаний в антиферромагнитном (АФ) монокристалле гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), которые возникали при действии определенного уровня СВЧ накачки.

Эксперименты проводились при комнатной температуре, на частоте 9300 МГц , при продольной и поперечной поляризации СВЧ поля накачки. Постоянное подмагничивающее поле прикладывалось в базисной плоскости кристалла. Использовались образцы в форме сфер и пластин с шириной резонансной кривой (измеренной на частоте $\sim 37 \text{ ГГц}$) от 500 до 1000 э. ВЧ колебания наблюдались на экране спектроанализатора С4-8 после детектирования сигнала СВЧ, отраженного от резонатора с образцом.

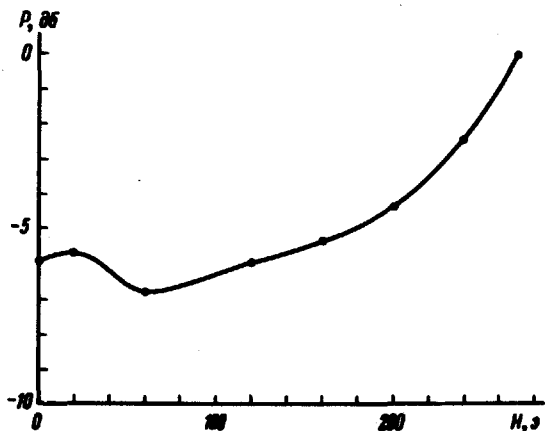


Рис. 1. Кривая порога ВЧ колебаний намагниченности при продольной накачке

На рис. 1 приведена кривая порога возбуждения ВЧ колебаний намагниченности при продольной поляризации поля накачки. Видно, что: 1) ВЧ колебания возбуждаются только в определенной области подмагничивающих полей, 2) на пороговой кривой наблюдается четко выраженный минимум.

При поперечной поляризации поля накачки пороговая кривая сохраняет приблизительно такой же вид, но минимум ее сдвигается в сторону более высоких значений подмагничивающих полей.

Спектральный состав ВЧ колебаний намагниченности имеет следующие особенности: при небольшом превышении порога спектр состоит из одной составляющей на частоте $\sim 1 \text{ МГц}$; с ростом уровня накачки число составляющих увеличивается, хотя сами они не уширяются; наиболее высокочастотная составляющая соответствует примерно 10 МГц . Частота отдельной ВЧ составляющей плавно растет при увеличении постоянного поля, а также с ростом уровня накачки. Эти изменения составляют несколько десятков килогерц). При некоторых значениях постоянного поля и уровня накачки наблюдаются резкие "перескоки" частот ВЧ составляющих на несколько сотен килогерц, причем, такие "перескоки" носят гистерезисный характер.

Пороговые значения полей накачки сравнительно малы: они лишь в несколько раз превышают таковые для иттриевого феррита. Интенсивность ВЧ колебаний намагниченности с ростом уровня накачки быстро нарастает до максимального значения, которое в дальнейшем почти не меняется. Интенсивность при поперечной накачке примерно на порядок больше, чем при продольной.

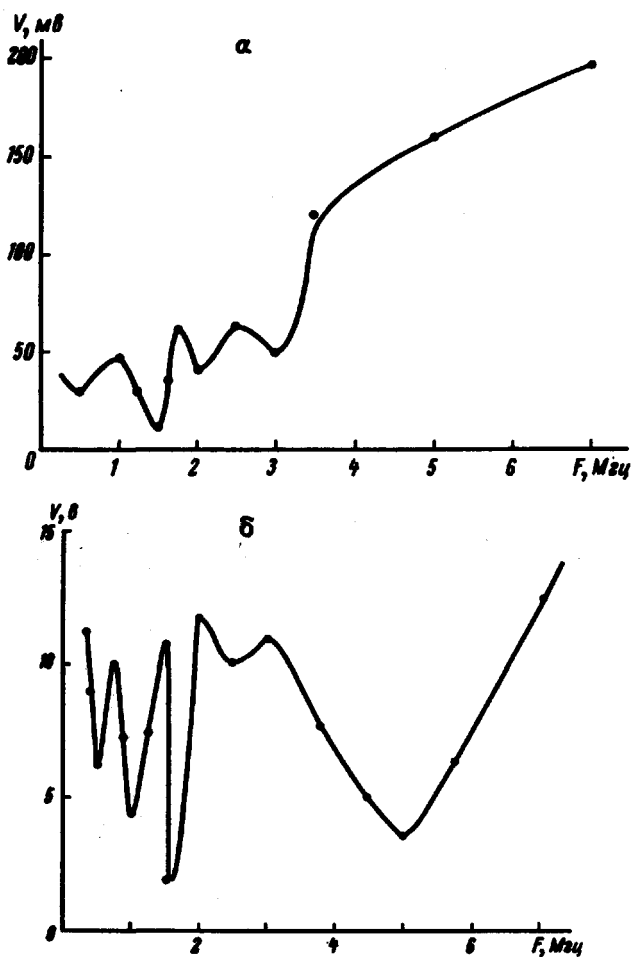


Рис. 2. Кривые зависимости напряжения в рамке *а* и на пьезоэлектрической пластине *б* от частоты дополнительного модулирующего сигнала, при которых происходит полное подавление ВЧ колебаний (продольная накачка)

В данных экспериментах были обнаружены также ВЧ упругие колебания образца. Они снимались с образца при помощи пьезоэлектрической пластины, прикрепляемой к внешней стенке резонатора. Сигнал с этих пластин подавался на спектроанализатор С4-8. Было установлено, что

порог возбуждения, спектр и интенсивность ВЧ упругих колебаний хорошо коррелирует с таковыми, полученными при изучении ВЧ колебаний намагниченности. При жестком закреплении образца (запрессовка в полистирол) интенсивность упругих колебаний спадала примерно на 20 дБ, в то время как интенсивность ВЧ колебаний намагниченности практически не менялась. Интересно, что интенсивность ВЧ упругих колебаний в АФ α -Fe₂O₃ приблизительно на порядок превышает интенсивность ВЧ упругих колебаний в монокристалле иттриевого феррита при нелинейном ферромагнитном резонансе [1].

Оба вида ВЧ колебаний могли быть полностью подавлены путем создания в образце переменного магнитного поля. Такое поле создавалось либо при помощи рамки, намотанной на образец, либо через магнитострикцию путем возбуждения в кристалле упругих колебаний (для создания последних использовались вышеупомянутые пьезоэлектрические пластины). Кривые подавления ВЧ колебаний при продольной поляризации поля накачки представлены на рис. 2 а, б. Видно, что оптимальная частота подавления ВЧ колебаний и тем и другим способом равна примерно 1,5 МГц.

Характеристики (включая подавление) ВЧ колебаний, обнаруженных в АФ кристалле гематита аналогичны характеристикам автомодуляции нелинейного ферромагнитного резонанса [2]. В исследованных АФ кристаллах ферритовая фаза отсутствовала. Последнее было установлено путем одновременного наблюдения ВЧ колебаний в гематите и в иттриевом феррите при изменении температуры. Оказалось, что при температуре около 250°К (когда α -Fe₂O₃ переходит в новое антиферромагнитное состояние) ВЧ колебания в АФ кристалле резко исчезали, а в иттриевом феррите они заметно не менялись. Поэтому можно предположить, что ВЧ колебания в АФ кристалле гематита являются следствием параметрического возбуждения спиновых волн и их неустойчивости. Вполне вероятно, однако, что в описанных явлениях может проявляться и доменная структура АФ, поскольку в постоянных полях, где они наблюдаются, образец может быть не полностью насыщенным. В связи с этим большой интерес представляют аналогичные эксперименты в более коротковолновом диапазоне длин волн.

Институт радиотехники
и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
17 октября 1969 г.

Литература

- [1] Я.А.Моносов, В.В.Сурин. Письма в ЖЭТФ, 9, 664, 1969.
[2] И.Е.Дикштейн, Я.А.Моносов, В.В.Сурин. ФТТ, 10, 1907, 1968.

Письма в ЖЭТФ, том 10, стр. 515–517

5 декабря 1969 г.

КОРРЕЛЯЦИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ ПРОВОДИМОСТИ ДЛЯ СПЛАВОВ ВАНАДИЯ С ГАЛЛИЕМ И НИОБИЯ С ТИТАНОМ

А.И.Головашкин, И.С.Левченко, И.Е.Лексина,

Г.П.Мотулевич, А.А.Шубин

Проведены исследования сверхпроводящих и оптических свойств сплавов ванадия с галлием и ниобия с титаном. Сплавы ванадия с галлием получались путем одновременного испарения в вакууме из разных испарителей ванадия и галлия. Метод изготовления таких сплавов описан ранее [1]. Сплавы ниобия с титаном выплавлялись в дуговой печи в атмосфере очищенного аргона. Метод изготовления этих сплавов описан в работе [2]. Были изготовлены образцы следующих составов: для сплава V–Ga 70, 74, 85, 92, 93, 96 и 97 атомных процентов V, для сплава Nb–Ti 25, 40, 52, 75, 85 и 100 атомных процентов Nb. Сплавы ванадия с галлием имеют решетку β -вольфрама, сплавы ниобия с титаном — объемно-центрированную кубическую.

Температура сверхпроводящего перехода T_c измерялась резистивным методом. За T_c принималась температура, соответствующая половине остаточного сопротивления. Концентрация электронов проводимости N и эффективная частота соударений электронов с фононами определялись оптическим методом [1, 3].

В результате измерений была обнаружена корреляция между T_c и N , показанная на рисунке. Из рисунка видно, что для обеих систем сплавов зависимость T_c от N проходит через максимум. Значения N , соответствующие максимуму T_c , равны $2,2 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$ для сплавов V–Ga и $4,1 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$ для сплавов Nb–Ti. Отметим, что в работе [4] наблюдалась аналогичная немонотонная зависимость T_c от N для полупро-