

ОБ АНИЗОТРОПИИ АВТОМОДУЛЯЦИИ НЕЛИНЕЙНОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

В.В.Сурич, Ф.Н.Шакирзянов

В настоящей работе сообщается об экспериментальном наблюдении анизотропии автомодуляции в области основного ферромагнитного резонанса.

Эксперименты проводились в режиме импульсной накачки (длительность импульса ~ 10 мксек, частота повторения импульсов ~ 100 кГц) на частоте ~ 9300 МГц. Использовались образцы сферической формы диаметром $\sim 1,4$ мм, изготовленные из монокристалла иттриевого феррита и помещенные в волноводную секцию по схеме "на проход". Образцы ориентировались в плоскости (110) магнитным способом.

Экспериментально исследовалась анизотропия порога возбуждения¹⁾ и интенсивности автомодуляции.

Порог возбуждения автомодуляции определялся следующим образом. Вначале при возможно малом уровне мощности устанавливалась величина подмагничивающего поля, равная резонансному значению. Затем уровень мощности увеличивался при неизменной величине подмагничивающего поля. При некотором уровне мощности на вершине огибающей импульса скачкообразно возникали колебания частотой ~ 1 МГц — автомодуляция [1]. Этот уровень мощности и принимался за пороговое значение.

¹⁾Измерение порога возбуждения нелинейного ферромагнитного резонанса не проводилось.

Отчет интенсивности автомодуляции производился в момент достижения ею максимального значения в том же подмагничивающем поле (при мощности, превышающей пороговое значение примерно в 2 раза). В этом случае наблюдение автомодуляции производилось на экране спектроанализатора С4-8.

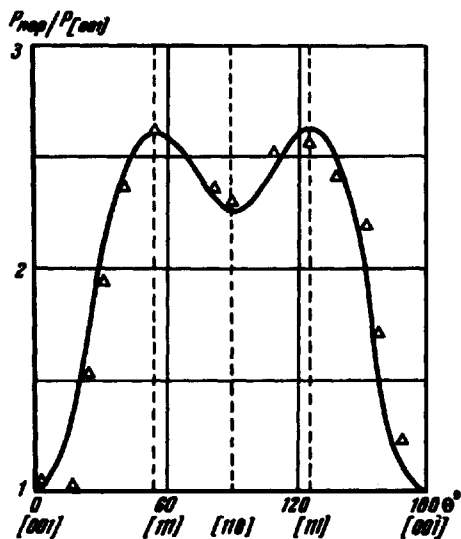


Рис.1. Анизотропия пороговой мощности возбуждения автомодуляции. Сплошная кривая — расчет по формуле (1), Δ — экспериментальные данные

На рис. 1 приведена зависимость пороговой мощности $P_{\text{пор}}$ возбуждения автомодуляции от угла θ между направлением подмагничивающего поля и осью $[001]$. Видно, что порог возбуждения автомодуляции сильно анизотропен. Отношение наибольшего (при намагничивании по оси $[111]$) к наименьшему (при намагничивании по оси $[011]$) значению пороговой мощности составляет $\sim 2,6$ раза.

Было обнаружено, что экспериментальные результаты по измерению порога можно аппроксимировать эмпирической зависимостью вида

$$P_{\text{пор}}/P_{[001]} = P_1 + P_2 - \left(\frac{3}{16} + \frac{5}{4} \cos 2\theta + \frac{15}{16} \cos 4\theta \right), \quad (1)$$

где $P_{1,2}$ — коэффициенты, определяемые из опыта, $P_{[001]}$ — минимальное значение порога возбуждения автомодуляции, наблюдаемое при намагничивании по оси $[001]$.

На рис. 2 приведена зависимость интенсивности автомодуляции от угла θ . Обращает на себя внимание также сильная анизотропия интенсивности. Наибольшая интенсивность — $A_{[001]}$ — наблюдается при намагничивании по оси $[001]$, наименьшая — $A_{[111]}$ — по оси $[111]$. Отношение этих значений составляет $\sim 1,8$ раза.

Экспериментальные результаты по измерению интенсивности удовлетворительно аппроксимируются эмпирической зависимостью вида

$$\frac{A}{A_{[111]}} = A_1 - A_2 \left(-\frac{3}{16} + \frac{5}{4} \cos 2\theta + \frac{15}{16} \cos 4\theta \right), (2)$$

где $A_{1,2}$ – коэффициенты, определяемые из опыта.

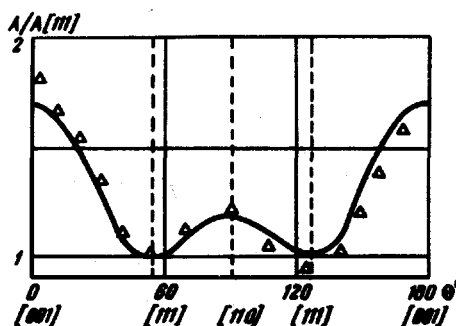


Рис.2. Анизотропия интенсивности автомодуляции. Сплошная кривая – расчет по формуле (2), Δ – экспериментальные данные

Измерялась также анизотропия интенсивности автомодуляции при подстройке на ее максимальное значение путем изменения величины подмагничивающего поля и уровня мощности накачки. Анизотропия этой интенсивности сохраняет такой же вид, как и изображенный на рис. 2, но разница между максимальным и минимальным значениями составляет уже ~ 10 раз.

Обнаруженная в данных опытах анизотропия порога возбуждения и интенсивности автомодуляции, вообще говоря, является необычной, поскольку кристаллографическая анизотропия в монокристалле иттриевого феррита мала.

Интересно, что эмпирические зависимости (1) и (2) совпадают с таковыми, описывающими анизотропию частоты и ширины кривой ферромагнитного резонанса [2].

Поступила в редакцию

Московский энергетический институт

19 сентября 1969 г.

Литература

[1] Ю.С. Дифанов, Я.А. Моносов, В.В. Сурин. ФТТ, 11, 764, 1969.

[2] А.Г. Гуревич. Ферриты на сверхвысоких частотах. Физматгиз, 1960.